

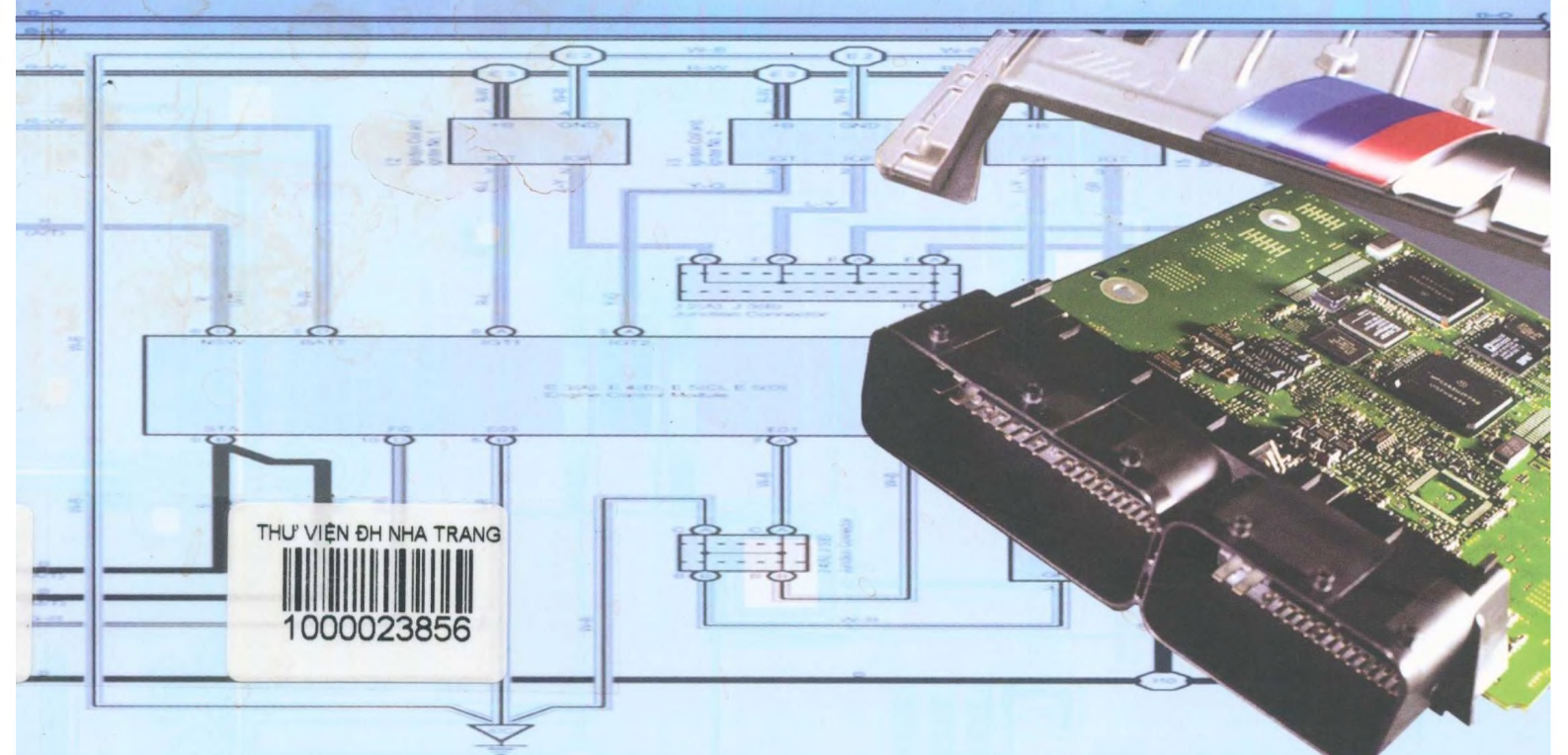


PGS-TS ĐỖ VĂN DŨNG



ĐIỆN ĐỘNG CƠ
&

ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ



THƯ VIỆN ĐH NHA TRANG

1000023856

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HCM 2013

***Tưởng nhớ GS-TSKH FesenKo M.N. (1922-2004),
người thầy đã dẫn dắt tôi đi theo con đường khoa học.***

LỜI NÓI ĐẦU

Trong những năm gần đây, công nghệ ô tô đã phát triển với tốc độ chóng mặt. Hệ thống điện động cơ và điều khiển động cơ đã có sự thay đổi vượt bậc, nhằm tăng công suất động cơ, giảm tiêu hao nhiên liệu, tăng tiện nghi và an toàn, giảm độ độc hại của khí thải, đáp ứng yêu cầu ngày càng cao của người tiêu dùng và các tiêu chuẩn phát thải ngày càng khắt khe.

Ngày nay, động cơ đốt trong là một hệ thống cơ điện tử phức tạp, bao gồm các lĩnh vực: cơ khí, điện - điện tử và công nghệ thông tin. Trên hầu hết các hệ thống điện động cơ và điều khiển động cơ đều có mặt các máy tính được lập trình thông minh, điều khiển các quá trình hoạt động. Các hệ thống mới lần lượt ra đời, được ứng dụng rộng rãi và nhanh chóng trên các loại động cơ xăng lẫn diesel, sử dụng không những trên ô tô mà còn trên tàu thủy, tàu hỏa và các động cơ tĩnh tại.

Để giúp cán bộ kỹ thuật và sinh viên ngành Công nghệ ô tô và các ngành liên quan bắt kịp các tiến bộ kỹ thuật công nghệ trong những lĩnh vực nêu trên, giáo trình “Điện động cơ và điều khiển động cơ” đã ra đời. Giáo trình được biên soạn theo chương trình mới, xây dựng theo phương pháp tiếp cận CDIO. Để học tốt môn học này, người dạy và người học cần thay đổi phương pháp giảng dạy và học tập theo hướng tích hợp kiến thức, kỹ năng, thái độ vào từng bài học, tăng sự chủ động tìm kiếm và xử lý các thông tin liên quan, tổ chức học theo tình huống, giải quyết vấn đề, đồng thời tăng cơ hội học tập theo nhóm cùng với báo cáo, thuyết trình và viết tiểu luận.

Tác giả xin chân thành cảm ơn GS Tom Denton – Học viện Kỹ thuật Hoàng gia Vương quốc Anh và GS Ribbens William - MIT đã cho phép sử dụng tài liệu của mình để tham khảo. Tác giả cũng cảm ơn sự cộng tác KS Nguyễn Trung Hiếu và tập thể cán bộ giảng dạy Bộ môn Điện tử Ô tô, Khoa Cơ khí Động lực – Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP HCM. Rất mong nhận được những ý kiến đóng góp từ bạn đọc để lần tái bản sau giáo trình sẽ hoàn chỉnh hơn.

TP.HCM, tháng 02/2013.

PGS- TS Đỗ Văn Dũng

Email: dodzung@hcmute.edu.vn

Facebook: <http://www.facebook.com/dodzung>

MỤC LỤC

Chương I: Khái quát về hệ thống điện và điện tử trên ô tô	11
1.1 Tổng quát về mạng điện và các hệ thống điện và điện tử trên ô tô .11	
1.1.1 Hệ thống khởi động (Starting system)	11
1.1.2 Hệ thống cung cấp điện (Charging system)	11
1.1.3 Hệ thống đánh lửa (Ignition system).....	11
1.1.4 Hệ thống chiếu sáng và tín hiệu (Lighting and Signal system)	11
1.1.5 Hệ thống thông tin (Information system)	11
1.1.6 Hệ thống điều khiển động cơ (Engine control system).....	11
1.1.7 Hệ thống điều khiển ô tô (Automotive control system).....	11
1.1.8 Hệ thống điều hòa nhiệt độ (Air conditioning system).....	12
1.1.9 Các hệ thống phụ.....	12
1.2 Các yêu cầu kỹ thuật đối với hệ thống điện	14
1.2.1 Nhiệt độ làm việc	14
1.2.2 Độ ẩm	14
1.2.3 Sự rung xóc	14
1.2.4 Xung điện áp	14
1.2.5 Độ bền	14
1.2.6 Nhiễm điện từ	14
1.2.7 Tĩnh điện	14
1.3 Nguồn điện trên ô tô	14
1.4 Các phụ tải điện trên ô tô	15
1.4.1 Phụ tải làm việc liên tục	15
1.4.2 Phụ tải làm việc không liên tục	15
1.4.3 Phụ tải làm việc trong khoảng thời gian ngắn.....	15
1.5 Các thiết bị bảo vệ và điều khiển trung gian	15
1.6 Ký hiệu và quy ước trong sơ đồ mạch điện	17
1.7 Dây điện và bố trí dây điện trong hệ thống điện ô tô	22
1.7.1 Ký hiệu màu và ký hiệu số.....	22
1.7.2 Tính toán chọn dây	23
1.8 Hệ thống đa dẫn tín hiệu (multiplexed wiring system) và mạng CAN (controller area network)	25
Chương II: Ấc quy khởi động	28
2.1 Nhiệm vụ và phân loại ắc quy ô tô	28
2.1.1 Nhiệm vụ.....	28
2.1.2 Phân loại.....	28
2.2 Cấu tạo và quá trình điện hoá ắc quy chì-axit	29
2.2.1 Cấu tạo	29
2.2.2 Các quá trình điện hóa trong ắc quy	31
2.3 Thông số và các đặc tính của ắc quy chì-axit	32
2.3.1 Thông số.....	32

2.3.2	Đặc tính	33
2.3.3	Hiện tượng tự phóng điện	38
2.4	Các phương pháp nạp điện cho ắc quy	38
2.4.1	Nạp bằng hiệu điện thế không đổi	38
2.4.2	Phương pháp nạp dòng không đổi.....	39
2.4.3	Phương pháp nạp hai nấc	39
2.4.4	Phương pháp nạp hỗn hợp.....	40
2.5	Chọn và bố trí ắc quy.....	40
2.6	Các loại accu khác.....	40
2.6.1	Ắc quy Sắt – Niken	40
2.6.2	Ắc quy Cadimi – Niken	41
2.6.3	Ắc quy Bạc - Kẽm.....	41
2.6.4	Pin nhiên liệu (fuel cell).....	41
Chương III	Máy khởi động.....	46
3.1	Nhiệm vụ và sơ đồ hệ thống khởi động tiêu biểu	46
3.2	Máy khởi động.....	46
3.2.1	Yêu cầu, phân loại theo cấu trúc	46
3.2.2	Cấu tạo máy khởi động	49
3.2.3	Sơ đồ tính toán và đặc tính cơ bản của máy khởi động	51
3.3	Các cơ cấu điều trung gian trong hệ thống khởi động.....	56
3.3.1	Relay khởi động trung gian.....	56
3.3.2	Relay cài khớp.....	57
3.3.3	Relay bảo vệ khởi động.....	57
3.3.4	Relay đổi đầu điện áp.....	59
3.4	Hệ thống hỗ trợ khởi động cho động cơ diesel	60
3.4.1	Nhiệm vụ và phân loại	60
3.4.2	Hệ thống xông trước và trong khi khởi động ô tô.....	60
3.4.3	Hệ thống xông sau khi khởi động	62
3.4.4	Hệ thống xông nhanh và cầm chừng êm Q.S.S.I (Quick Start and Silent Idling).....	67
Chương IV:	Hệ thống cung cấp điện trên ô tô	71
4.1	Nhiệm vụ và yêu cầu	71
4.1.1	Nhiệm vụ	71
4.1.2	Yêu cầu	71
4.1.3	Những thông số cơ bản hệ thống cung cấp điện	72
4.2	Sơ đồ tổng quát, sơ đồ cung cấp điện và phân bố tải.....	72
4.2.1	Sơ đồ tổng quát và sơ đồ cung cấp điện	72
4.2.2	Chế độ làm việc giữa ắc quy - máy phát và sự phân bố tải.....	74
4.3	Máy phát điện.....	76
4.3.1	Phân loại và đặc điểm cấu tạo	76
4.3.2	Đặc tính máy phát điện	88
4.4	Bộ điều chỉnh điện (Bộ tiết chế)	94

4.4.1	Cơ sở lý thuyết điều chỉnh điện áp trên ô tô và phương pháp điều chỉnh..	94
4.4.2	Lý thuyết điều chỉnh gián đoạn.....	97
4.4.3	Các bộ tiết chế tiêu biểu.....	101
4.5	Tính toán chế độ tải và chọn máy phát điện trên ô tô	116
Chương V	Hệ thống đánh lửa	122
5.1	Nhiệm vụ, yêu cầu và phân loại hệ thống đánh lửa	122
5.1.1	Nhiệm vụ.....	122
5.1.2	Yêu cầu	122
5.1.3	Phân loại.....	122
5.2	Lý thuyết đánh lửa cho động cơ xăng	124
5.2.1	Các thông số chủ yếu của hệ thống đánh lửa	124
5.2.2	Lý thuyết đánh lửa trong ô tô.....	128
5.3	Sơ đồ cấu trúc khối và sơ đồ mạch cơ bản.....	137
5.3.1	Sơ đồ cấu trúc khối	137
5.3.2	Sơ đồ cấu tạo cơ bản	137
5.4	Cấu tạo của hệ thống đánh lửa	138
5.4.1	Sơ đồ và cấu tạo phần tử	138
5.4.2	Cấu tạo hệ thống đánh lửa bán dẫn (thế hệ 2).....	148
5.4.3	Các biện pháp nâng cao đặc tính đánh lửa.....	149
5.4.4	Lý thuyết và phương pháp tính toán thay thế các chi tiết trong hệ thống đánh lửa	153
5.5	Hệ thống đánh lửa bán dẫn.....	159
5.5.1	Phân loại.....	159
5.5.2	Hệ thống đánh lửa bán dẫn có vít điều khiển.....	160
5.5.3	Cảm biến đánh lửa	162
5.5.4	Hệ thống đánh lửa bán dẫn dùng cảm biến điện từ loại nam châm cố định.....	170
5.5.5	Hệ thống đánh lửa bán dẫn dùng cảm biến điện từ loại nam châm quay .	171
5.5.6	Hệ thống đánh lửa bán dẫn cảm biến bán dẫn (cảm biến Hall)	172
5.5.7	Hệ thống đánh lửa sử dụng cảm biến quang	173
5.5.8	Hiệu chỉnh góc ngậm điện trong hệ thống đánh lửa	174
5.5.9	Hệ thống đánh lửa điện dung (CDI - capacitor discharged ignition)..	179
Chương VI	Hệ thống điều khiển động cơ	188
6.1	Hệ thống phun nhiên liệu điện tử	188
6.1.1	Đặc điểm hệ thống và phân loại.....	188
6.1.2	Sơ đồ khối của hệ thống phun xăng điện tử.....	194
6.1.3	Ưu điểm của hệ thống phun xăng	194
6.2	Các loại cảm biến trong hệ thống điều khiển động cơ.....	195
6.2.1	Những vấn đề chung về cảm biến	195
6.2.2	Cảm biến khí nạp (Airflowmeter)	196

6.2.3	Cảm biến tốc độ động cơ và vị trí trục khuỷu (vị trí piston).....	209
6.2.4	Cảm biến vị trí.....	215
6.2.5	Cảm biến nhiệt độ	218
6.2.6	Cảm biến oxy và cảm biến tỷ lệ hòa khí sensor.....	221
6.2.7	Cảm biến tốc độ xe (VSS - vehicle speed sensor)	225
6.2.8	Cảm biến kích nổ (knock or detonation sensor)	227
6.2.9	Một số tín hiệu ngõ vào khác	228
6.2.10	Tín hiệu giao tiếp giữa các ECU trên xe	231
6.3	Bộ điều khiển điện tử (ECU – Electronic Control Unit hoặc ECM Electronic Control Module).....	233
6.3.1	Tổng quan	233
6.3.2	Cấu tạo ECU	235
6.3.3	Cấu trúc ECU	236
6.3.4	Mạch giao tiếp ngõ vào	237
6.3.5	Mạch giao tiếp ngõ ra.....	238
6.4	Điều khiển đánh lửa.....	239
6.4.1	Cơ bản về đánh lửa theo chương trình (thế hệ 3 & 4).....	239
6.4.2	Hệ thống đánh lửa lập trình có bộ chia điện	244
6.4.3	Hệ thống đánh lửa lập trình không có bộ chia điện (Distributorless ignition system).....	245
6.5	Điều khiển phun nhiên liệu	256
6.5.1	Điều khiển phun xăng	256
6.6	Điều khiển chế độ không tải ISC – Idle Speed Control	283
6.6.1	Chế độ khởi động	283
6.6.2	Chế độ sau khởi động.....	283
6.6.3	Chế độ hâm nóng	284
6.6.4	Chế độ máy lạnh	284
6.6.5	Chế độ tải máy phát	285
6.6.6	Chế độ hộp số tự động	285
6.6.7	Cấu tạo van điều khiển tốc độ không tải	286
6.7	Bướm ga điện tử (ETC - Electronic Control Throttle).....	291
6.7.1	Khái quát về bướm ga điều khiển điện tử	291
6.7.2	Phân loại các loại bướm ga điều khiển bằng điện tử	293
6.7.3	Cấu tạo bướm ga điều khiển bằng điện tử	296
6.7.4	Các chế độ điều khiển của ECU trong hệ thống bướm ga điều khiển bằng điện tử.....	301
6.7.5	Các chức năng dự phòng của bướm ga điều khiển bằng điện tử	302
6.7.6	Ưu điểm của bướm ga điều khiển bằng điện tử so với bướm ga truyền thống.....	303
6.8	Hệ thống điều khiển thời điểm phối khí thông minh	304
6.9	Hệ thống tuần hoàn khí xả EGR (Exhaust Gas Recirculation system).....	308
6.10	Hệ thống điều khiển phun dầu điện tử CDI hay CRDI – Common Rail Direct Injection.....	312

6.10.1	Lĩnh vực áp dụng	313
6.10.2	Hoạt động và các chức năng	314
6.10.3	Đặc tính phun	316
6.10.4	Chức năng chống ô nhiễm.....	318
6.10.5	Cấu tạo, nguyên lý làm việc hệ thống common rail.....	320
6.11	Hệ thống tự chẩn đoán (self – diagnosis system).....	344
6.11.1	Hệ thống tự chẩn đoán cổ điển.....	344
6.11.2	Hệ thống tự chẩn đoán OBD-2.....	346
6.12	Lý thuyết điều khiển hệ thống phun xăng điện tử	359
6.12.1	Một số mô hình tính toán lưu lượng khí nạp động cơ.....	359
6.12.2	Đặc tính động cơ	361
6.12.3	Thành phần hòa khí và điều khiển phun nhiên liệu	366
6.12.4	Lý thuyết điều khiển phun xăng điện tử.....	374
Chương VII	Hệ thống điều khiển quạt làm mát động cơ.....	394
7.1	Giới thiệu chung và phân loại	394
7.2	Motor quạt làm mát.....	395
7.3	Điều khiển làm mát độc lập.....	397
7.3.1	Hệ thống điều khiển quạt kết nước bằng công tắc nhiệt thường đóng (normally closed)	397
7.3.2	Hệ thống điều khiển quạt kết nước bằng công tắc nhiệt thường mở (normally open).....	397
7.3.3	Hệ thống điều khiển quạt làm mát kết hợp với hệ thống điều hòa nhiệt độ.....	398
7.4	Điều khiển quạt làm mát qua hộp điều khiển	400
7.4.1	Hệ thống điều khiển quạt với hộp điều khiển độc lập.....	400
7.4.2	Hệ thống điều khiển quạt với ECU động cơ	402

Chương I

KHÁI QUÁT VỀ HỆ THỐNG ĐIỆN VÀ ĐIỆN TỬ Ô TÔ

A. MỤC TIÊU DẠY HỌC

Sau khi học xong chương này, người học có khả năng:

- Nhận biết tổng quan về các hệ thống điện và điện tử trên ô tô.
- Trình bày được các yêu cầu kỹ thuật của hệ thống điện và điện tử trên ô tô.
- Giải thích được các ký hiệu trong mạch điện ô tô.
- Giải thích được cách tính toán chọn dây dẫn trên ô tô.
- Hiểu được nguyên lý làm việc của mạng CAN (Controller Area Network).

B. NỘI DUNG

1.1 Tổng quát về mạng điện và các hệ thống điện và điện tử trên ô tô

Hệ thống điện và điện tử ô tô ngày nay rất đa dạng, có thể phân loại theo chức năng của chúng, bao gồm các hệ thống dưới đây:

1.1.1 Hệ thống khởi động (Starting system): Bao gồm ắc quy, máy khởi động điện (starting motor), các relay điều khiển và relay bảo vệ khởi động. Đối với động cơ diesel có trang bị thêm hệ thống xông (sấy) máy (glow system).

1.1.2 Hệ thống cung cấp điện (Charging system): gồm ắc quy, máy phát điện (alternator), bộ tiết chế điện (voltage regulator), các relay và đèn báo nạp.

1.1.3 Hệ thống đánh lửa (Ignition system): Bao gồm các bộ phận chính: ắc quy, khóa điện (ignition switch), bộ chia điện (distributor), biến áp đánh lửa hay bobine (ignition coils), hộp điều khiển đánh lửa (igniter), bugie (spark plugs).

1.1.4 Hệ thống chiếu ánh sáng và tín hiệu (Lighting and signal system): gồm các đèn chiếu sáng, các đèn tín hiệu, còi, các công tắc và các relay.

1.1.5 Hệ thống thông tin (Information system): gồm các đồng hồ và đèn báo trên tableau: đồng hồ tốc độ động cơ (tachometer), đồng hồ đo tốc độ xe (speedometer), đồng hồ đo nhiên liệu và nhiệt độ nước làm mát động cơ...

1.1.6 Hệ thống điều khiển động cơ (Engine control system): gồm hệ thống điều khiển phun xăng (fuel injection control), đánh lửa (ignition timing control), góc phối cam (valve variable timing), mã hóa động cơ (engine immobilizer). Ngoài ra, trên các động cơ diesel ngày nay sử dụng hệ thống điều khiển nhiên liệu bằng điện tử (EDC – electronic diesel control hoặc CRDI - common rail injection)

1.1.7 Hệ thống điều khiển ô tô (Automotive control system): bao gồm hệ thống điều khiển phanh chống hãm cứng ABS (antilock brake system), hộp số tự động (automatic transmission control), điều khiển lái (steering control), túi khí (SRS – supplemental

restraint system), lực kéo (traction control), hành trình (cruise control)...

1.1.8 Hệ thống điều hòa nhiệt độ (Air conditioning system): bao gồm máy nén (compressor), giàn nóng (condenser), lọc ga (dryer), van tiết lưu (expansion valve), giàn lạnh (evaporator) và các chi tiết điều khiển như relay, thermostat, hộp điều khiển, công tắc A/C... Một số hệ thống điều hòa không khí được điều khiển bằng máy tính có tên gọi là *hệ thống điều hòa tự động* (automatic climate control).

1.1.9 Các hệ thống phụ:

Hệ thống gạt nước, xịt nước (wiper and washer system).

Hệ thống điều khiển cửa (door lock control system).

Hệ thống điều khiển kính (power window system).

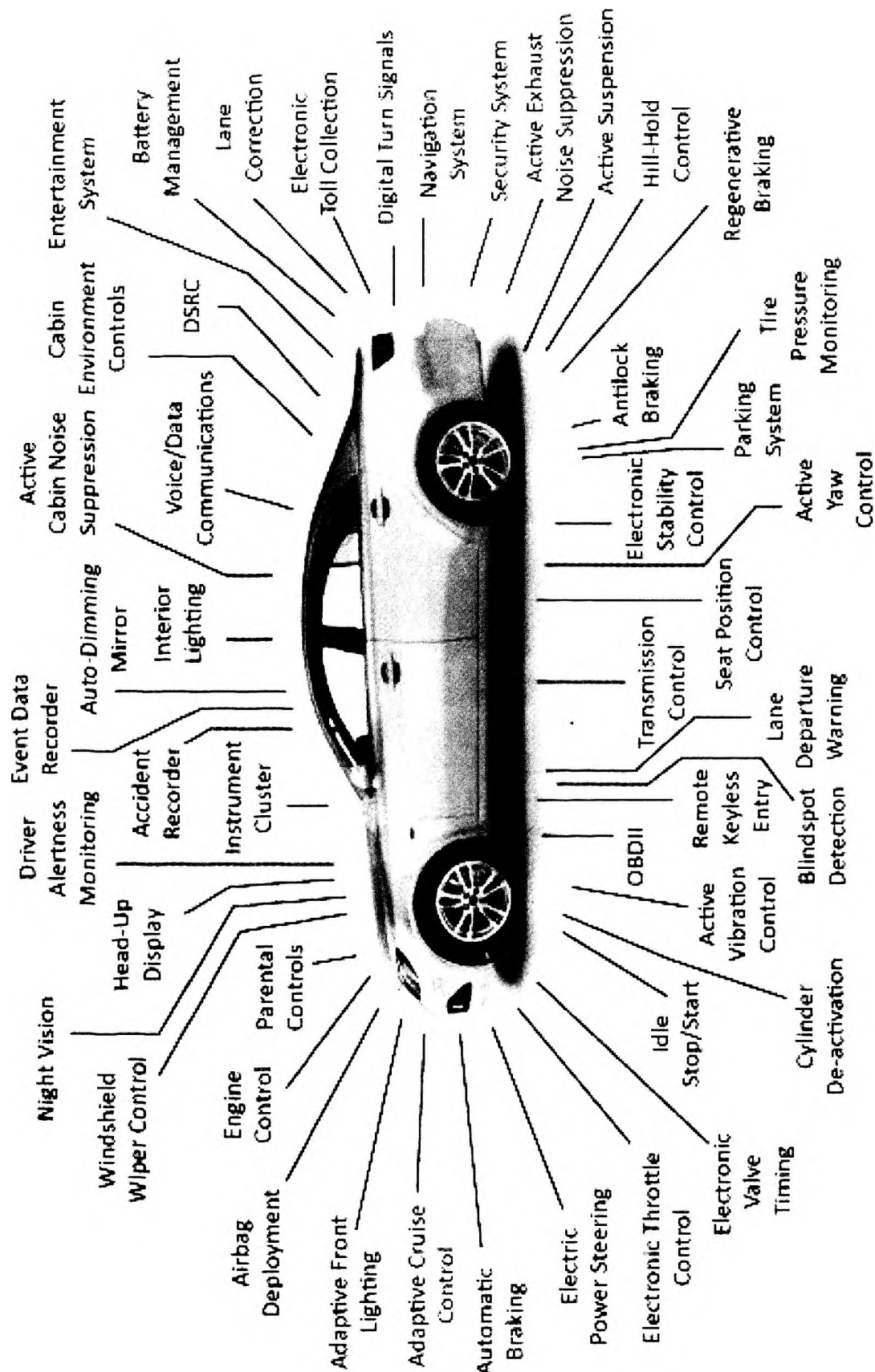
Hệ thống điều khiển kính chiếu hậu (mirror control).

Hệ thống định vị (navigation system)

Hệ thống chẩn đoán tích hợp (IDS – intergrated diagnostic system)

Hệ thống kiểm soát áp suất lốp (Tyre Pressure Monitoring System)

Trên hình 1.1 trình bày các hệ thống điều khiển điện tử trên một ô tô hiện đại. Mỗi hệ thống điều khiển điện tử trong hình đều gắn liền với các hộp điều khiển được lập trình thông minh và chính xác.



Hình 1.1: Các hệ thống điện trên ô tô hiện đại.

1.2 Các yêu cầu kỹ thuật đối với hệ thống điện

1.2.1 Nhiệt độ làm việc

Tùy theo vùng khí hậu, thiết bị điện trên ô tô được chia ra làm nhiều loại:

- Ở vùng lạnh và cực lạnh như ở Nga, Canada.
- Ở vùng ôn đới như ở Nhật Bản, Mỹ, châu Âu ...
- Nhiệt đới (Việt Nam, các nước Đông Nam Á, châu Phi...).
- Loại đặc biệt thường dùng cho các xe quân sự (sử dụng cho tất cả mọi vùng khí hậu).

Ngoài ra, nhiệt độ làm việc cũng liên quan đến vị trí lắp đặt của các bộ phận điện và điện tử trên xe. Vùng khoang động cơ có nhiệt độ khá cao trong khi nhiệt độ tương đối ôn hòa trong salon xe.

1.2.2 Độ ẩm

Các thiết bị điện phải chịu được độ ẩm cao thường có ở các nước nhiệt đới. Độ ẩm cao kết hợp với không khí ô nhiễm sẽ tạo ra hỗn hợp acid loãng, gây chập mạch hoặc hư chân các linh kiện và làm tăng điện trở tiếp xúc các giắc nối.

1.2.3 Sự rung xóc

Các bộ phận điện trên ô tô phải chịu sự rung xóc với tần số từ 50 đến 250 Hz, chịu được lực với gia tốc $150m/s^2$.

1.2.4 Xung điện áp

Các thiết bị điện ô tô phải chịu được xung điện áp cao với biên độ lên đến vài trăm volt xuất phát từ các cuộn dây khi có sự chuyển mạch.

1.2.5 Độ bền

Tất cả các hệ thống điện trên ô tô phải được hoạt động tốt trong khoảng $0,9 \div 1,25 U_{\text{định mức}}$ ($U_{\text{đm}} = 14 \text{ V}$ hoặc 28 V) ít nhất trong thời gian bảo hành của xe.

1.2.6 Nhiễu điện từ

Các thiết bị điện và điện tử phải chịu được nhiễu điện từ xuất phát từ hệ thống đánh lửa hoặc các nguồn khác.

1.2.7 Tĩnh điện

Các hạt mang điện (âm và dương) sẽ hình thành trong quá trình ma sát (giữa lốp xe với mặt đường, giữa quần áo ni với vỏ bọc ghế...). Các điện tích trái dấu tạo ra một điện áp khá lớn sẽ phóng qua các chi tiết gây hư hỏng.

1.3 Nguồn điện trên ô tô

Nguồn điện trên ô tô là nguồn điện một chiều được cung cấp bởi ắc quy (12V hoặc 24V), nếu động cơ chưa làm việc, hoặc bởi máy phát điện (14V hoặc 28V) nếu động cơ đang làm việc. Để tiết kiệm dây dẫn, thuận tiện khi lắp đặt sửa chữa..., trên đa số các xe, người ta sử dụng thân sườn xe (car body) làm dây dẫn chung (single conductor system) với hai kiểu: 99% các xe có thân xe đấu vào cọc âm ắc quy (mass âm) hoặc 1% thân xe đấu vào cọc dương (mass dương).

Điện áp: Trên ô tô hiện đại có nhiều nấc điện áp khác nhau. Nhỏ nhất là điện áp phát ra từ cảm biến oxy (0.9V), cảm biến kích nổ 1.2-2.4V, nguồn cung cấp cho các cảm biến 5V, 7V, 8V, 9V, điện áp thường dùng 12/14V hoặc 24/28V, điện áp cấp cho kim phun dầu điện tử, các đèn neon: 80-110V, cấp đến bugie: 20-40kV, khởi động đèn xenon: 80 kV...

Các thiết bị điện và điện tử dần thay thế các thiết bị cơ khí trên ô tô ngày nay, bởi vậy, công suất máy phát điện trên xe ngày càng tăng và số dây dẫn ngày càng nhiều. Trên một số xe cao cấp, công suất máy phát lên đến 4.5 kW. Nhằm tiết kiệm nhiên liệu (nhờ giảm thất thoát nhiệt trên dây) và lượng dây đồng, người ta đang nghiên cứu chuyển đổi hệ thống 12/14V hiện nay sang 72/84V. Một số xe đã dùng cáp quang để truyền dữ liệu giữa các hộp điều khiển điện tử (ECU – electronic control unit).

1.4 Các loại phụ tải điện trên ô tô

Các loại phụ tải điện trên ô tô được mắc song song và có thể được chia làm ba loại:

1.4.1 Phụ tải làm việc liên tục: gồm bơm nhiên liệu (50 ÷ 70W), hệ thống đánh lửa (20W), kim phun (70 ÷ 100W)...

1.4.2 Phụ tải làm việc không liên tục: gồm các đèn pha (mỗi cái 60W), cốt (mỗi cái 55W), đèn kích thước (mỗi cái 10W), radio car (10 ÷ 15W), các đèn báo trên tableau (mỗi cái 2W)...

1.4.3 Phụ tải làm việc trong khoảng thời gian ngắn: gồm đèn báo rẽ (4 x 21W + 2 x 2W), đèn thắng (2 x 21W), motor điều khiển kính (150W), quạt làm mát động cơ (200W), quạt điều hòa nhiệt độ (2 x 80W), motor gạt nước (30 ÷ 65W), còi (25 ÷ 40W), đèn sương mù (mỗi cái 35 ÷ 50W), còi lui (21W), máy khởi động (800 ÷ 3.000W), môi thuốc (100W), anten (dùng motor kéo (60W)), hệ thống xông máy cho động cơ diesel (100 ÷ 150W), ly hợp điện tử của máy nén trong hệ thống lạnh (60W)...

Ngoài ra, người ta cũng phân biệt phụ tải điện trên ô tô theo công suất, điện áp làm việc ...

1.5 Các thiết bị bảo vệ và điều khiển trung gian

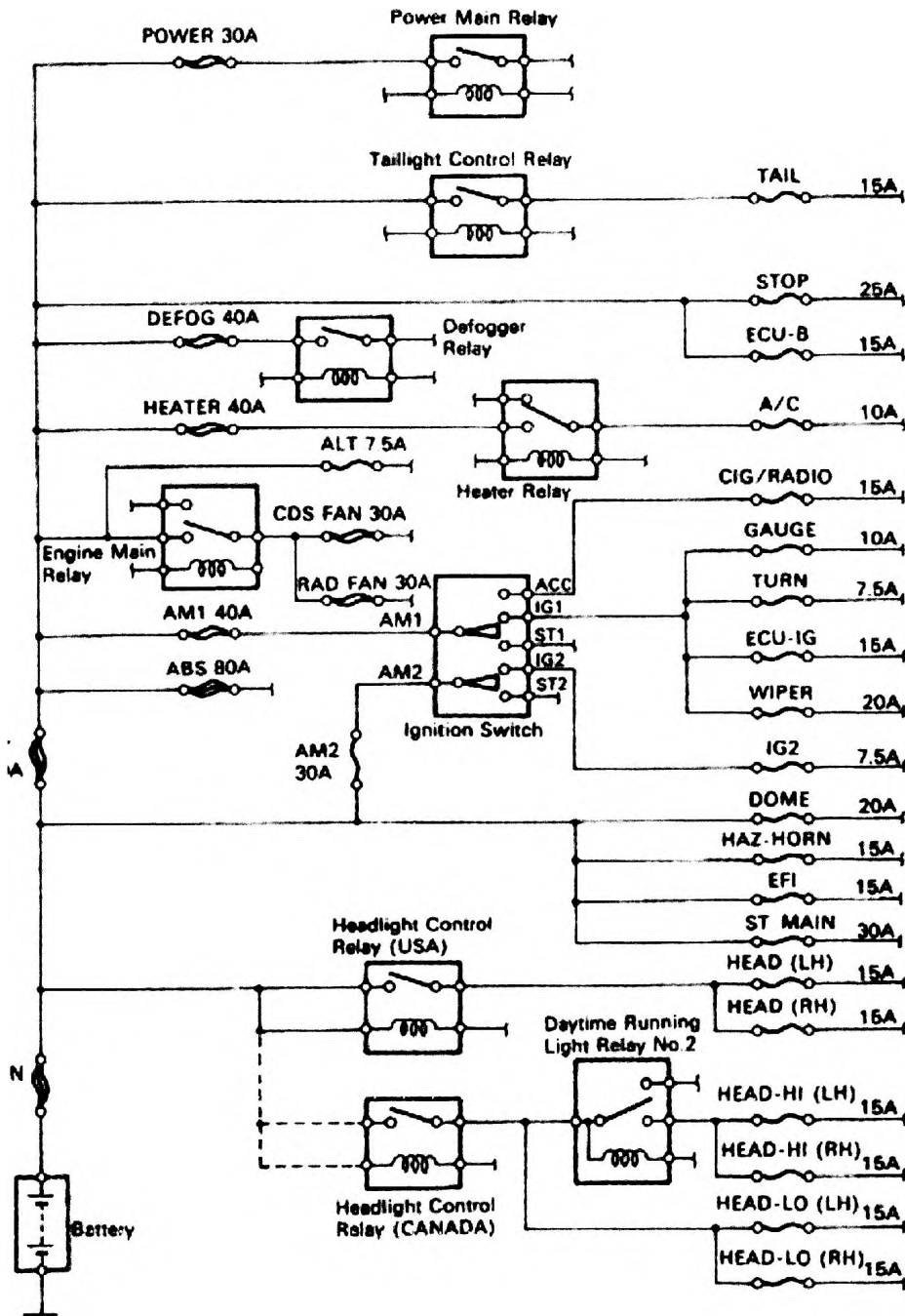
Các phụ tải điện trên xe hầu hết đều được mắc qua cầu chì. Tùy theo tải cầu chì có giá trị thay đổi từ 5 ÷ 30A. Cầu chì tổng (Fusible link) là những cầu chì lớn hơn 40 A được mắc ở các mạch chính của phụ tải điện lớn hoặc chung cho các cầu chì cùng nhóm làm việc, thường có giá trị vào khoảng 40 ÷ 120A. Ngoài ra, để bảo vệ mạch điện trong trường hợp quá dòng, trên một số hệ thống điện ô tô, người ta sử dụng bộ ngắt mạch (CB – circuit breaker) khi quá dòng.

Trên hình 1.2 trình bày sơ đồ hộp cầu chì của xe TOYOTA CAMRY 1999.

Để các phụ tải điện làm việc, mạch điện nối với phụ tải phải kín. Thông thường, phải có các công tắc đóng mở trên mạch. Công tắc trong mạch điện xe hơi có nhiều dạng: thường đóng (normally closed), thường mở (normally open) hoặc hỗn hợp (changeover switch). Ta có thể tác động để thay đổi trạng thái đóng mở (ON – OFF) bằng cách nhấn, xoay, mở bằng chìa khóa. Trạng thái của công tắc cũng có thể được thay đổi bằng các

yếu tố như: áp suất, nhiệt độ...


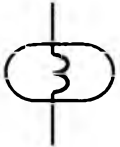
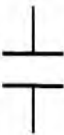
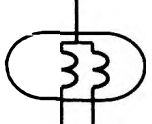
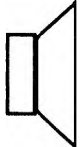
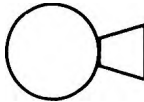

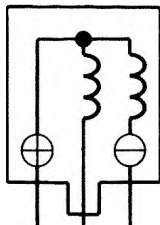





Trong các ô tô hiện đại, để tăng độ bền và giảm kích thước của công tắc, người ta thường đấu dây qua relay. Relay có thể được phân loại theo dạng tiếp điểm: thường đóng (NC – normally closed), thường mở (NO – normally opened), hoặc kết hợp cả hai loại - relay hỗn hợp (changeover relay).






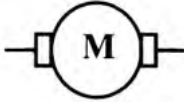
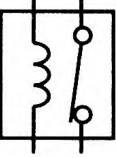

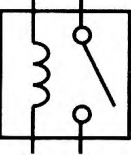
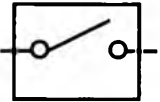
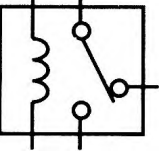
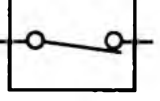

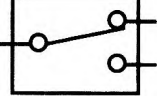



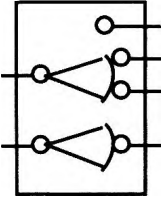



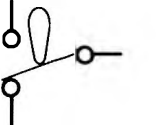


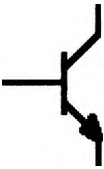
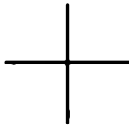
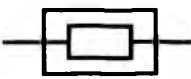

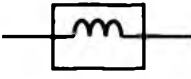
Hình 1.2: Sơ đồ hộp cầu chì xe TOYOTA CAMRY 1999.




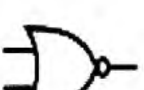
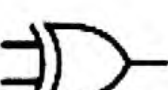
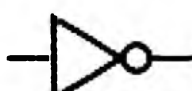
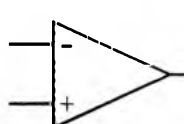
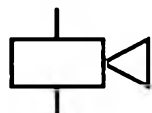
1.6 Ký hiệu và quy ước trong sơ đồ mạch điện

CÁC KÝ HIỆU TRONG MẠCH ĐIỆN Ô TÔ

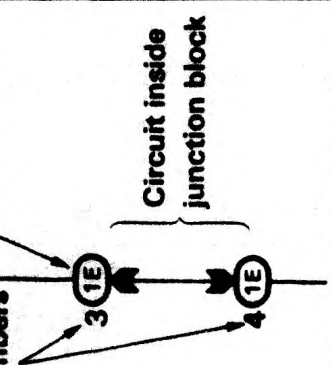
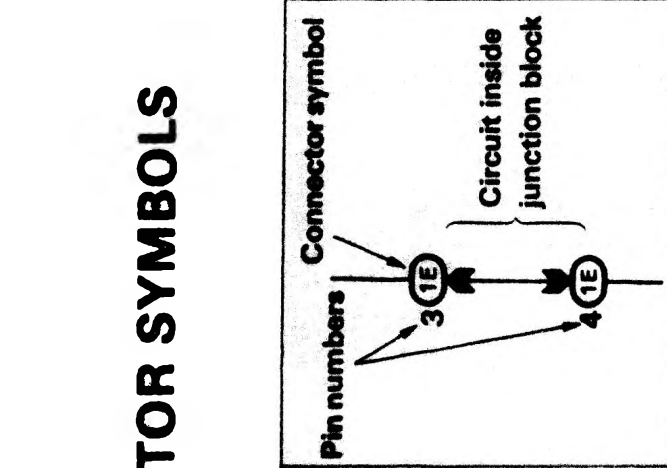
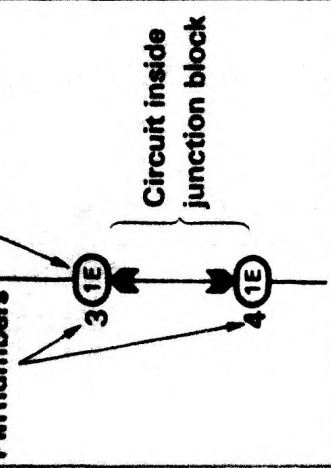
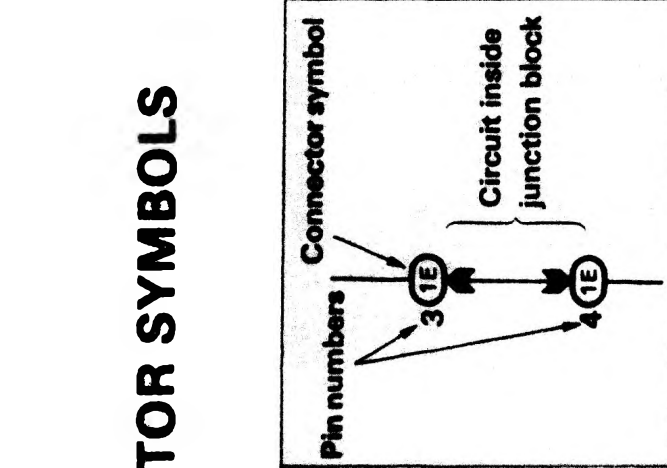
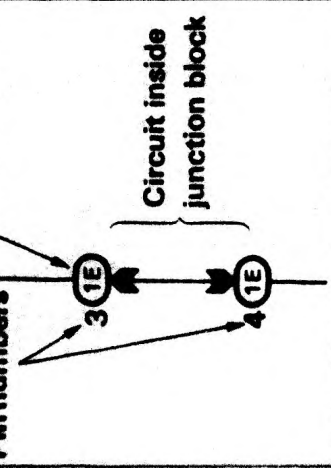
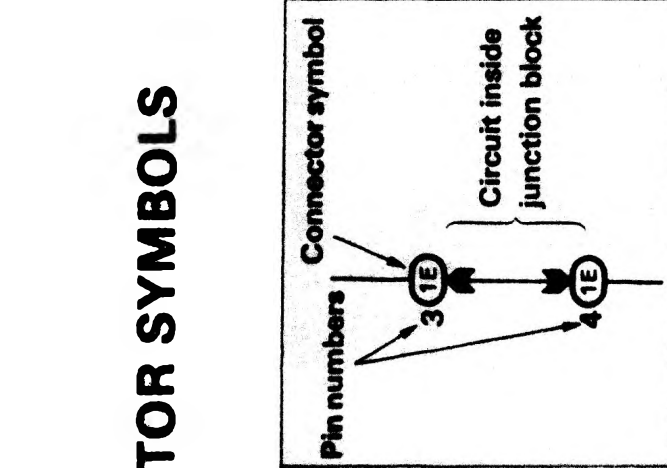
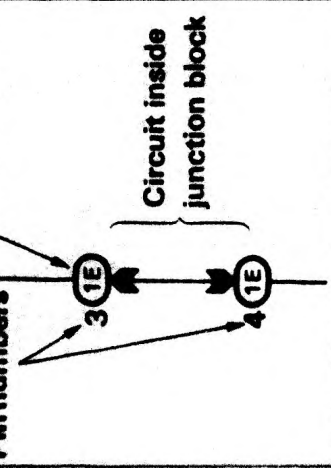
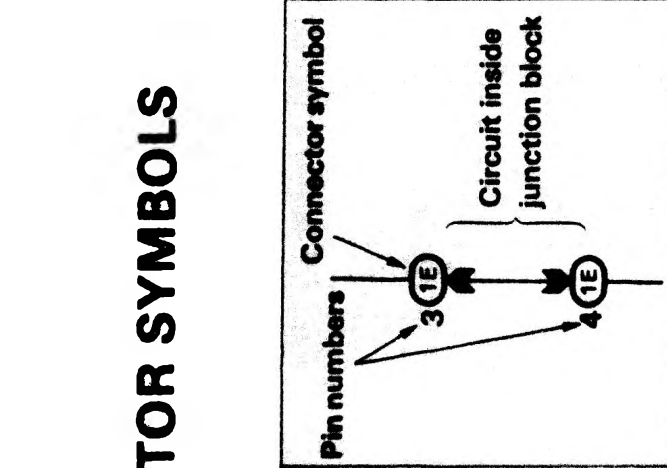
 <p>Nguồn ắc quy (Battery)</p>	 <p>Bóng đèn 1 tim (Single Filament Lamp)</p>
 <p>Tụ điện (Capacitor)</p>	 <p>Bóng đèn 2 tim (Double Filament Lamp)</p>
 <p>Loa (Speaker)</p>	 <p>Còi (Horn)</p>
 <p>Cái ngắt mạch (Circuit Breaker)</p>	 <p>Bobine (Ignition Coils)</p>
 <p>Diode</p>	
 <p>Diode zener</p>	 <p>Bóng đèn</p>
 <p>Bộ chia điện (Distributor)</p>	 <p>LED (Light Emitting Diode)</p>

 <p>Cầu chì (Fuse)</p>	 <p>Đồng hồ loại kim (Analog Meter)</p>
 <p>Dây cháy hay cầu chì chính (Fusible Link)</p>	 <p>Đồng hồ hiện số (Digital Meter)</p>
 <p>Nối mass (thân xe)</p>	 <p>Động cơ điện (Motor)</p>
 <p>Relay thường đóng (NC -Normally Closed Relay)</p>	 <p>Ăng ten (Antenna)</p>
 <p>Relay thường hở (NO- Normally Open Relay)</p>	 <p>Công tắc thường mở</p>
 <p>Relay kép (Changeover Relay)</p>	 <p>Công tắc thường đóng</p>
 <p>Điện trở (Resistor)</p>	 <p>Công tắc kép</p>

 <p>Điện trở nhiều nấc (Tapped Resistor)</p>	 <p>Công tắc máy (Ignition Switch)</p>
 <p>Biến trở (Variable Resistor)</p>	 <p>Công tắc lưỡi gà (Cảm biến tốc độ)</p>
 <p>Quang trở (LDR- Light Dependent Resistor)</p>	 <p>Công tắc tác động bằng cam</p>
 <p>Nhiệt điện trở (Thermistor)</p>	 <p>Transistor PNP</p>
 <p>Transistor NPN</p>	 <p>Không nối</p>
 <p>Đoạn dây nối</p>	 <p>Nối</p>
 <p>Van từ (Solenoid)</p>	

 Cổng AND	 Cổng NAND
 Cổng OR	 Cổng NOR
 Cổng XOR	 Cổng đảo
 Khuếch đại thuật toán (Operational Amplifier)	 Mồi thuốc (Cigarette Lighter)

CONNECTOR SYMBOLS

<p>1A . 1B ,</p>	<p>Connected to junction block No. 1</p>	<p>Pin numbers</p>  <p>Connector symbol</p>	<p>Connector symbol</p> <p>Connector color</p> <p>1E BLACK</p> 
<p>2A . 2B ,</p>	<p>Connected to junction block No. 2</p>	<p>Pin number</p> 	<p>Connector symbol</p> <p>BLACK</p> 
<p>3A . 3B ,</p>	<p>Connected to junction block No. 3</p>	<p>Pin number</p> 	<p>Connector symbol</p> <p>BLACK</p> 
<p>A1 . B1 ,</p>	<p>Connecting wire harnesses</p>	<p>Pin number</p> 	<p>Connector symbol</p> <p>BLACK</p> 

Hình 1.3: Các ký hiệu và quy ước trong sơ đồ mạch điện.

1.7 Dây điện và bố trí dây điện trong hệ thống điện ô tô

1.7.1 Ký hiệu màu và ký hiệu số

Trong khuôn khổ giáo trình này, tác giả chỉ giới thiệu hệ thống màu dây và ký hiệu quy định theo tiêu chuẩn châu Âu. Các xe sử dụng hệ thống màu theo tiêu chuẩn này là: Ford, Volkswagen, BMW, Mercedes... Các tiêu chuẩn của các loại xe khác, người học có thể tham khảo trong các tài liệu hướng dẫn thực hành điện ô tô.

Bảng 1.1: Ký hiệu màu dây hệ châu Âu.

Màu	Ký hiệu	Đường dẫn
Đỏ	Rt	Từ ắc quy
Trắng/ Đen	Ws/ Sw	Công tắc đèn đầu
Trắng	Ws	Đèn pha (chiếu xa)
Vàng	Ge	Đèn cốt (chiếu gần)
Xám	Gr	Đèn kích thước và báo rẽ chính
Xám/ Đen	Gr/Sw	Đèn kích thước trái
Xám/ Đỏ	Gr/Rt	Đèn kích thước phải
Đen/ Vàng	Sw/Ge	Đánh lửa
Đen/ Trắng/ Xanh lá	Sw/ Ws/ Gn	Đèn báo rẽ
Đen/ Trắng	Sw/ Ws	Báo rẽ trái
Đen/ Xanh lá	Sw/ Gn	Báo rẽ phải
Xanh lá nhạt	LGn	Âm bobine
Nâu	Br	Mass
Đen/ Đỏ	Sw/ Rt	Đèn phanh

Bảng 1.2: Ký hiệu đầu dây hệ châu Âu.

1	Âm bobine
4	Dây cao áp
15	Dương công tắc máy
30	Dương ắc quy
31	Mass
49	Ngõ vào cục chóp
49a	Ngõ ra cục chóp
50	Điều khiển đèn
53	Gạt nước
54	Đèn phanh
55	Đèn sương mù
56	Đèn đầu
56a	Đèn pha
56b	Đèn cốt
58	Đèn kích thước
61	Báo sặc
85, 86	Cuộn dây relay
87	Tiếp điểm relay

1.7.2 Tính toán chọn dây

Các hư hỏng trong hệ thống điện ô tô ngày nay chủ yếu bắt nguồn từ dây dẫn vì đa số các linh kiện bán dẫn đã được chế tạo với độ bền khá cao. Ô tô càng hiện đại, số dây dẫn càng nhiều thì xác suất hư hỏng càng lớn. Tuy nhiên, trên thực tế rất ít người chú ý đến đặc điểm này, kết quả là trục trặc của nhiều hệ thống điện ô tô xuất phát từ những sai lầm trong đấu dây. Phần này sẽ giới thiệu những kiến thức cơ bản về dây dẫn trên ô tô, giúp người đọc giảm bớt những sai sót trong sửa chữa hệ thống điện ô tô.

Dây dẫn trong ô tô thường là dây đồng có bọc cách điện là nhựa PVC. So với dây điện dùng trong nhà, dây điện trong ô tô dẫn điện và được cách điện tốt hơn. (Rất tiếc là do nguồn cung cấp loại dây này ít, nên ở nước ta, thợ điện và giáo viên dạy điện ô tô vẫn sử dụng dây điện nhà để đấu điện xe). Cách cách điện bọc ngoài dây đồng không những có điện trở rất lớn ($10^{12}\Omega/mm$) mà còn phải chịu được xăng dầu, nhớt, nước và nhiệt độ cao, nhất là đối với các dây dẫn chạy ngang qua nắp máy (của hệ thống phun

xăng và đánh lửa). Một ví dụ cụ thể là dây điện trong khoang động cơ của một hãng xe nổi tiếng vào bậc nhất thế giới chỉ có khả năng chịu nhiệt được trong thời gian bảo hành ở môi trường khí hậu nước ta. Ở môi trường nhiệt độ và độ ẩm cao, tốc độ lão hóa nhựa cách điện tăng đáng kể. Hậu quả là lớp cách điện của dây dẫn bắt đầu bong ra gây tình trạng chập mạch trong hệ thống điện.

Thông thường tiết diện dây dẫn phụ thuộc vào cường độ dòng điện chạy trong dây. Tuy nhiên, điều này lại bị ảnh hưởng không ít bởi nhà chế tạo vì lý do kinh tế. Dây dẫn có kích thước càng lớn thì độ sụt áp trên đường dây càng nhỏ, nhưng dây cũng sẽ nặng hơn. Điều này đồng nghĩa với tăng chi phí do phải mua thêm đồng. Vì vậy, nhà sản xuất cần phải cân đối giữa hai yếu tố vừa nêu. Bảng 1.3 sẽ cho ta thấy độ sụt áp của dây dẫn trên một số hệ thống điện ô tô và mức độ cho phép.

Bảng 1.3: Độ sụt áp tối đa trên dây dẫn kể cả môi nối.

Hệ thống (12V/14V)	Độ sụt áp (V)	Sụt áp tối đa (V)
Hệ thống chiếu sáng	0.1	0.6
Hệ thống cung cấp điện	0.3	0.6
Hệ thống khởi động	1.5	1.9
Hệ thống đánh lửa	0.4	0.7
Các hệ thống khác	0.5	1.0

Nhìn chung, độ sụt áp cho phép trên đường dây thường nhỏ hơn 10% điện áp định mức. Đối với hệ thống 24/28V thì các giá trị trong bảng 1.3 phải nhân đôi.

Tiết diện dây dẫn được tính bởi công thức:

$$S = \frac{I \cdot \rho \cdot l}{\Delta U}$$

Trong đó:

ΔU : độ sụt áp cho phép trên đường dây (theo bảng 1.3)

I : cường độ dòng điện chạy trong dây tính bằng Ampere là tỷ số giữa công suất của phụ tải điện và hiệu điện thế định mức.

ρ : 0.0178 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ điện trở suất của đồng.

S : tiết diện dây dẫn.

l : chiều dài dây dẫn.

Từ công thức trên, ta có thể tính toán để chọn tiết diện dây dẫn nếu biết công suất của phụ tải điện mà dây nối đến và độ sụt áp cho phép trên dây.

Đề có độ uốn tốt và bền, dây dẫn trên xe được bện bởi các sợi đồng có kích thước nhỏ. Các cỡ dây điện sử dụng trên ô tô được giới thiệu trong bảng 1.4.

Bảng 1.4: Các cỡ dây điện và nơi sử dụng.

Cỡ dây: số sợi/ đường kính	Tiết diện (mm²)	Dòng điện liên tục (A)	Ứng dụng
9/ 0.30	0.6	5.75	Đèn kích thước, đèn đuôi
14/ 0.25	0.7	6.00	Radio, CD, đèn trần
14/ 0.3	1.0	8.75	Hệ thống đánh lửa
28/ 0.3	2.0	17.50	Đèn đầu, xông kính
65/ 0.3	5.9	45.00	Dây dẫn cấp điện chính
120/ 0.3	8.5	60.00	Dây sạc
61/ 0.90	39.0	700.00	Dây đê

Búi dây

Dây điện trong xe được gộp lại thành búi dây. Các búi dây được quấn nhiều lớp bảo vệ, cuối cùng là lớp băng keo. Trên nhiều loại xe, búi dây có thể được đặt trong ống nhựa PVC. Ở những xe đời cũ, búi dây điện trong xe chỉ gồm vài chục sợi. Ngày nay, do sự phát triển vũ bão của hệ thống điện và điện tử ô tô, búi dây có thể có hơn 1.000 sợi.

Khi đấu dây hệ thống điện ô tô, ngoài quy luật về màu, cần tuân theo các quy tắc sau đây:

1. Chiều dài dây giữa các điểm nối càng ngắn càng tốt.
2. Các mối nối giữa các đầu dây cần phải hàn.
3. Số mối nối càng ít càng tốt.
4. Dây ở vùng động cơ phải được cách nhiệt.
5. Bảo vệ bằng cao su những chỗ băng qua khung xe.

1.8 Hệ thống đa dẫn tín hiệu (Multiplexed wiring system) và mạng CAN (Controller Area Network)

Như ở trên đã nêu, mức độ phức tạp của hệ thống dây dẫn trên ô tô ngày càng tăng. Ngày nay, kích thước, trọng lượng và hồng học xuất phát từ hệ thống dây dẫn đều đã đạt mức độ bão động. Trên một số loại xe, số dây dẫn trong búi dây đã lên đến 1.200 và cứ sau 10 năm thì số dây tăng gấp đôi.

Ví dụ, chỉ riêng dây chạy vào cửa xe phía tài xế cần khoảng 60 sợi mới đủ để điều

khien hết các chức năng của các thiết bị điện đặt trong cửa: nâng hạ kính, khóa, chống trộm, điều khiển kính chiếu hậu, loa... Số điểm nối (connector) trên xe cũng tăng tỷ lệ thuận với số dây dẫn và khả năng hư hỏng do độ sụt áp lớn cũng tăng theo. Bên cạnh đó, các hệ thống điều khiển bằng vi xử lý ngày càng nhiều trên xe. Hiện nay các hệ thống điều khiển bằng vi xử lý như điều khiển động cơ (xăng, lửa, ga tự động, góc mở xupáp...), hệ thống phanh chống hãm cứng, kiểm soát lực kéo, hộp số tự động đã trở thành tiêu chuẩn của các loại xe thường dùng. Các hệ thống trên hoạt động độc lập nhưng vẫn sử dụng chung một số cảm biến và trao đổi với nhau một số thông tin càng làm tăng độ phức tạp của hệ thống dây dẫn. Có thể giải quyết vấn đề trên bằng cách sử dụng một máy tính để điều khiển tất cả các hệ thống. Tuy nhiên, giá thành sẽ rất cao vì số lượng không nhiều. Cách giải quyết thứ hai là dùng một đường truyền dữ liệu chung (common data bus), giúp trao đổi thông tin giữa các hộp điều khiển và tín hiệu của các cảm biến có thể dùng chung. Tất cả các dữ liệu có thể truyền trên một dây và số dây trên xe có thể giảm xuống còn 3; một dây dương, một dây mass và một dây tín hiệu. Ý tưởng này đã tìm được ứng dụng trong các thiết bị viễn thông cách đây nhiều năm nhưng ngày nay mới bắt đầu áp dụng trên xe. Hệ thống dây đa tín hiệu đã được Lucas bắt đầu thử nghiệm từ những năm 70 và vài năm trở lại đây đã xuất hiện trên một số xe. Song song với hệ thống dây đa tín hiệu, BOSCH đã triển khai hệ thống mạng CAN trên xe Mercedes.

Có ba lĩnh vực ứng dụng của mạng CAN trên ô tô:

- Mạng dùng cho các ECU trên xe
- Điện thân xe và hệ thống tiện nghi trên xe.
- Các thiết bị viễn thông.

Chi tiết về CAN người học tự tìm hiểu trên mạng.

C. NHIỆM VỤ HỌC TẬP Ở NHÀ VÀ CÁC CÂU HỎI ÔN TẬP

PHẦN TỰ HỌC

1. Đọc các tài liệu tham khảo liên quan, hệ thống đa dẫn, mạng CAN.
2. Ôn lại các kiến thức cơ bản về điện và điện tử, dụng cụ đo điện.
3. Tìm hiểu về hệ thống điện 1 dây chung trên ô tô (Single wire system)
4. Đọc chương 1, 2, 3, 4 trong sách ebook: Tom Denton, Automobile Electrical and electronic systems. 3rd Edition. Elsevier. 2004.
5. Đọc CD tài liệu đào tạo của BMW về điện và điện tử ô tô.
6. Tìm hiểu các loại công tắc và relay được sử dụng trên xe ô tô.
7. Đường dẫn các tài liệu tham khảo
 - Các bài giảng trực tuyến về điện và điện tử trên ô tô:

www.autoshop101.com

- Kho tài liệu chuyên ngành của Khoa Cơ Khí Động Lực:
www1.hcmute.edu.vn/ckd/ hoặc www.hcmute.edu.vn/Default.aspx?PageId=5ab09b3e-7bed-4ac4-b34e-cb7ab65a1737
- Diễn đàn trao đổi và thảo luận:
www.facebook.com/pages/Cơ-khí-động-lực-Sư-phạm-Kỹ-thuật-TpHCM/119699678083494

CÂU HỎI ÔN TẬP

Câu hỏi tư luận

Câu 1: Một hệ thống dây dẫn điện cho đèn kích thước có các thông số sau:

- Điện áp nguồn 14 V.
- Tải bao gồm 04 bóng đèn, loại 12V/ 21 W.
- Sụt áp cho phép trên đường dây 0.4 V.
- Dây dẫn được làm bằng đồng có điện trở suất $0.0178 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.
- Chiều dài dây dẫn điện 5 m.
- Số sợi dây trong lõi là 9.

a) Tính tiết diện của 1 sợi dây trong lõi.

b) Nếu mắc thêm 2 bóng đèn công suất như trên vào mạch đèn kích thước đó thì độ sụt áp trên đường dây sẽ là bao nhiêu. Mắc như vậy sẽ ảnh hưởng thế nào đến hệ thống đã thiết kế cũ.

Câu 2: Trình bày ảnh hưởng của khí hậu Việt nam lên các linh kiện điện tử trên ô tô: nhiệt độ làm việc, độ ẩm, ô nhiễm môi trường...

Câu hỏi trắc nghiệm (Trả lời Đúng hoặc Sai)

Câu 1: Nếu tăng điện trở cầu dưới trong cầu phân áp sẽ làm giảm điện áp rơi ở điện trở cầu trên.

Câu 2: Xung điện áp cao trên xe xuất phát từ các cuộn dây.

Câu 3: Relay có điện trở cuộn dây nhỏ phải mắc song song với diode dập xung.

Câu 4: Phụ tải điện mắc càng xa ắc quy thì dây dẫn của nó càng nhỏ.

Câu 5: Relay thường đóng thường đi với công tắc thường mở.

Câu 6: Xung điện áp cao từ các cuộn dây trên xe chỉ xuất hiện khi dòng qua cuộn dây ổn định.

Câu 7: Điện trở trong của ắc quy có thể xác định bằng Ohm kế.

Câu 8: Trên ô tô, ắc quy thường được bố trí gần máy phát.

Câu 9: Nếu tăng điện áp làm việc của hệ thống điện ô tô sẽ giúp tiết kiệm xăng.

Chương II

ẮC QUY KHỞI ĐỘNG

A. MỤC TIÊU DẠY HỌC

Sau khi học xong chương này, người học có khả năng:

- Trình bày được cấu tạo và các quá trình điện hóa trong ắc quy khởi động.
- Nắm được thông số, các đặc tính phóng nạp, đặc tuyến Volt-Ampere của ắc quy chì - acid.
- So sánh ưu điểm và nhược điểm các loại ắc quy khác nhau.
- So sánh đánh giá các phương pháp nạp, phương pháp nạp nhanh và nạp nạp tự động.
- Giải thích được các hiện tượng hư hỏng.
- Tìm kiếm thông tin về các loại ắc quy dùng cho xe lai và xe điện, so sánh sự khác biệt của chúng với ắc quy khởi động.

B. NỘI DUNG

2.1 Nhiệm vụ và phân loại ắc quy ô tô

2.1.1 Nhiệm vụ

Ắc quy trong ô tô thường được gọi là ắc quy khởi động để phân biệt với loại ắc quy sử dụng ở các lĩnh vực khác. Ắc quy khởi động trong hệ thống điện thực hiện chức năng của một thiết bị chuyển đổi hóa năng thành điện năng và ngược lại. Đa số ắc quy khởi động là loại ắc quy chì - axit. Đặc điểm của loại ắc quy nêu trên là có thể tạo ra dòng điện có cường độ lớn, trong khoảng thời gian ngắn ($5 \div 10s$), có khả năng cung cấp dòng điện lớn ($200 \div 800A$) mà độ sụt thế bên trong nhỏ, thích hợp để cung cấp điện cho máy khởi động để khởi động động cơ.

Ắc quy khởi động còn cung cấp điện cho các tải điện quan trọng khác trong hệ thống điện, cung cấp từng phần hoặc toàn bộ trong trường hợp động cơ chưa làm việc hoặc đã làm việc mà máy phát điện chưa phát đủ công suất (động cơ đang làm việc ở chế độ số vòng quay thấp): cung cấp điện cho đèn đậu (parking lights), radio cassette, CD, các bộ nhớ (đồng hồ, hộp điều khiển...), hệ thống báo động...

Ngoài ra, ắc quy còn đóng vai trò bộ lọc và ổn định điện thế trong hệ thống điện ô tô khi điện áp máy phát dao động.

Điện áp cung cấp của ắc quy là 6V, 12V hoặc 24V. Điện áp ắc quy thường là 12V đối với xe du lịch hoặc 24V cho xe tải. Muốn có điện áp cao hơn ta đấu nối tiếp các ắc quy 12V lại với nhau. Trên các xe điện và xe lai, điện áp thay đổi từ 42V \div 550V tùy loại xe.

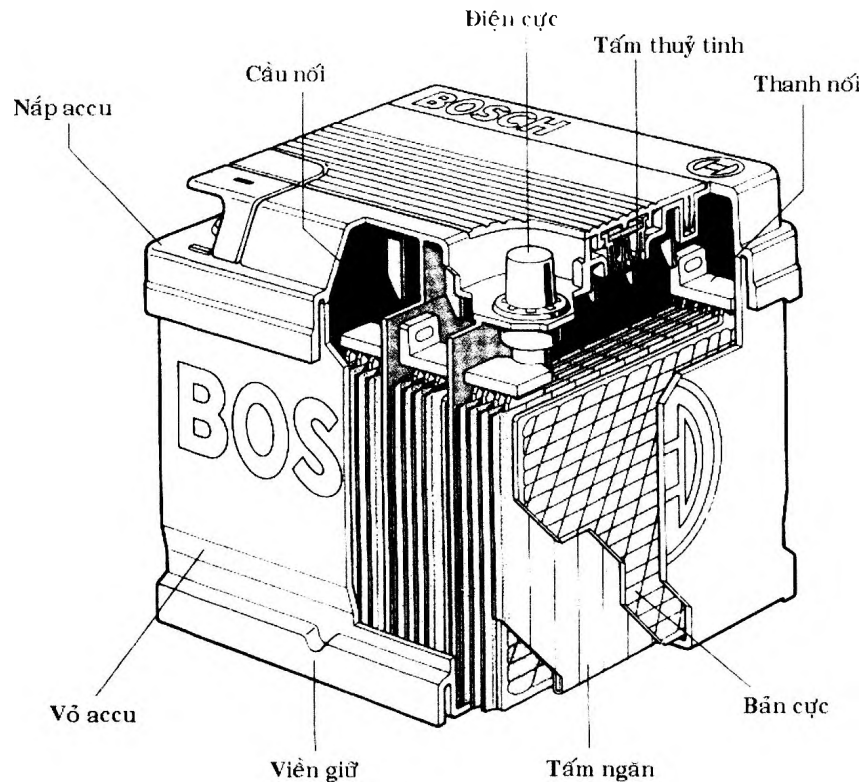
2.1.2 Phân loại

Trên ô tô có thể sử dụng hai loại ắc quy để khởi động: ắc quy axit và ắc quy kiềm. Nhưng thông dụng nhất từ trước đến nay vẫn là ắc quy axit, vì so với ắc quy kiềm, nó có sức điện động của mỗi cặp bản cực cao hơn, có điện trở trong nhỏ và đảm bảo chế độ khởi động tốt, mặc dù ắc quy kiềm cũng có khá nhiều ưu điểm.

2.2 Cấu tạo và quá trình điện hoá ắc quy chi-axit

2.2.1 Cấu tạo

Ắc quy axit bao gồm vỏ bình, có các ngăn riêng, thường là ba ngăn hoặc 6 ngăn tùy theo loại ắc quy 6V hay 12V.

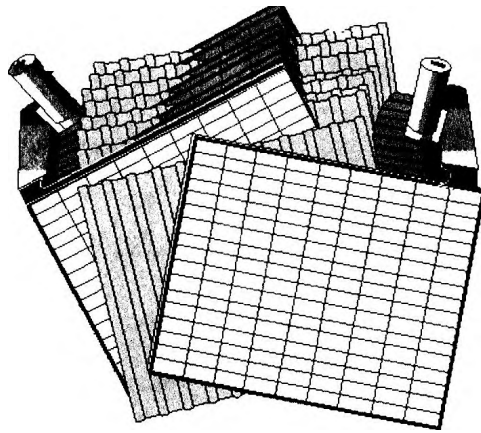


Hình 2.1: Cấu tạo bình ắc quy axit.

Trong mỗi ngăn đặt khối bản cực có hai loại bản cực: bản dương và bản âm. Các tấm bản cực được ghép song song và xen kẽ nhau, ngăn cách với nhau bằng các tấm ngăn. Mỗi ngăn như vậy được coi là một ắc quy đơn. Các ắc quy đơn được nối với nhau bằng các cầu nối và tạo thành bình ắc quy. Ngăn đầu và ngăn cuối có hai đầu tự do gọi là các đầu cực của ắc quy. Dung dịch điện phân trong ắc quy là axit sunfuric, được chứa trong từng ngăn theo mức qui định thường không ngập các bản cực quá $10 \div 15 \text{ mm}$.

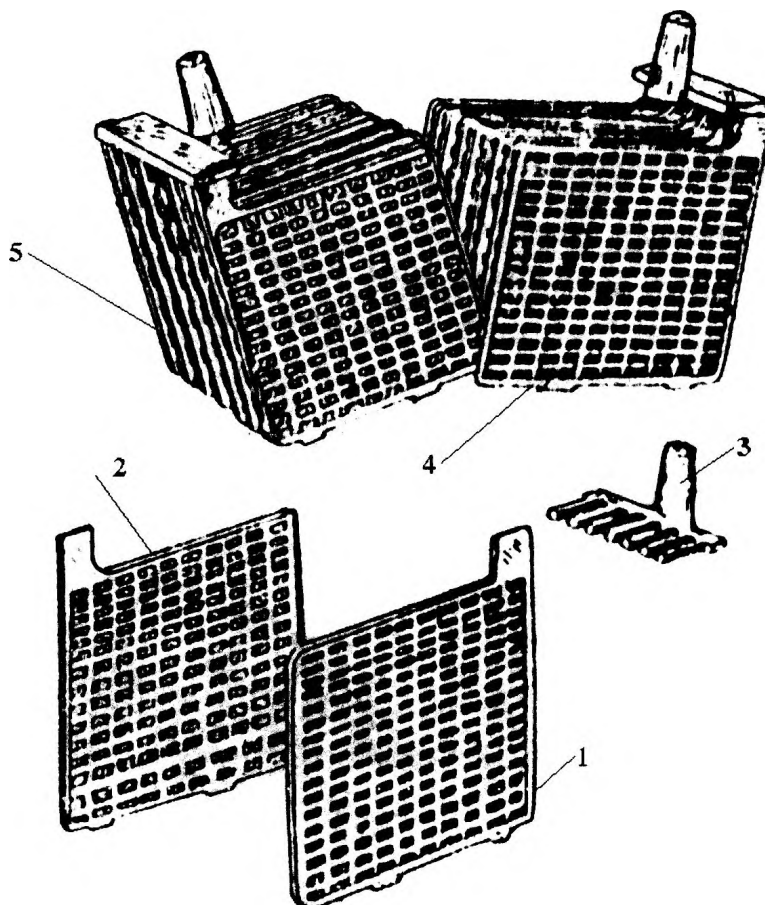
Vỏ ắc quy được chế tạo bằng các loại nhựa ebônit hoặc cao su cứng, có độ bền và khả năng chịu được axit cao. Bên trong vỏ được ngăn thành các khoang riêng biệt, ở đáy có sống đỡ khối bản cực tạo thành khoảng trống (giữa đáy bình và khối bản cực) nhằm chống việc chập mạch do chất tác dụng rơi xuống đáy trong quá trình sử dụng.

Khung của các tấm bản cực được chế tạo bằng hợp kim chì – stibi (Sb) với thành phần $87 \div 95\% \text{ Pb} + 5 \div 13\% \text{ Sb}$. Các lưới của bản cực dương được chế tạo từ hợp kim Pb-Sb có pha thêm $1,3\% \text{ Sb} + 0,2\% \text{ Kali}$ và được phủ bởi lớp bột dioxit chì PbO_2 , ở dạng xốp tạo thành bản cực dương. Các lưới của bản cực âm có pha $0,2\% \text{ Ca} + 0,1\% \text{ Cu}$ và được phủ bởi bột chì. Tấm ngăn giữa hai bản cực làm bằng nhựa PVC và sợi thủy tinh có tác dụng chống chập mạch giữa các bản cực dương và âm, nhưng cho axit đi qua được.



Hình 2.2: Cấu tạo khối bản cực.

Dung dịch điện phân là dung dịch acid sulfuric H_2SO_4 có nồng độ $1,22 \div 1,27 \text{ g/cm}^3$, hoặc $1,29 \div 1,31 \text{ g/cm}^3$ nếu ở vùng khí hậu lạnh. Độ dung dịch quá cao sẽ làm hỏng nhanh các tấm ngăn, rúng bản cực, các bản cực dễ bị sunfat hóa, khiến tuổi thọ của ắc quy giảm. Nồng độ quá thấp làm điện thế ắc quy giảm.

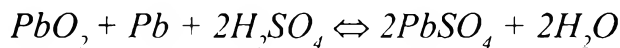


Hình 2.3: Cấu tạo chi tiết bản cực.

1. Bản cực âm; 2. Bản cực dương; 3. Vấu cực; 4. Khối bản cực âm; 5. Khối bản cực dương

2.2.2 Các quá trình điện hóa trong ắc quy

Trong ắc quy thường xảy ra hai quá trình hóa học thuận nghịch đặc trưng là quá trình nạp và phóng điện, và được thể hiện dưới dạng phương trình sau:



Trong quá trình phóng điện, hai bản cực từ PbO_2 và Pb biến thành $PbSO_4$. Như vậy khi phóng điện, axit sunfuric bị hấp thụ để tạo thành sunfat chì, còn nước được tạo ra, do đó, nồng độ dung dịch H_2SO_4 giảm.

Quá trình phóng điện

	Bản cực âm	Dung dịch điện phân	Bản cực dương
Chất ban đầu	Pb	$2H_2SO_4 + 2H_2O$	PbO_2
Quá trình ion hóa	\downarrow	$\downarrow \uparrow$	\downarrow
Quá trình tạo dòng	$Pb^{++} - 2e^-$	$SO_4^{--}, SO_4^{--}, 4H^+$	$4OH^- \cdot Pb^{++++}$ $\downarrow \leftarrow 2e^-$
Chất được tạo ra	$PbSO_4$	$4H_2O$ $-2H_2O$ $2H_2O$	$PbSO_4$

Quá trình nạp điện

	Bản cực âm	Dung dịch điện phân	Bản cực dương
Chất được tạo ra cuối quá trình phóng	$PbSO_4$	$4H_2O$	$PbSO_4$
Quá trình ion hóa	$\downarrow \uparrow$	$\downarrow \uparrow$	$\downarrow \uparrow$
Quá trình tạo dòng	$\frac{2e^-}{+}$	$2H^+, 4OH^-, 2H^+$	$\frac{2e^-}{-}$
Chất ban đầu	Pb	$H_2SO_4 \quad H_2SO_4$	PbO_2

Sự thay đổi nồng độ dung dịch điện phân trong quá trình phóng và nạp là một trong những dấu hiệu để xác định mức phóng điện của ắc quy trong sử dụng.

2.3 Thông số và các đặc tính của ắc quy chì-axit

2.3.1 Thông số

2.3.1.1 Sức điện động của ắc quy

Sức điện động của ắc quy phụ thuộc chủ yếu vào sự chênh lệch điện thế giữa hai tấm bản cực khi không có dòng điện ngoài.

- Sức điện động trong một ngăn

$$e_a = \varphi^+ - \varphi^- (V)$$

- Nếu ắc quy có n ngăn $E_a = n.e_a$.

Sức điện động còn phụ thuộc vào nồng độ dung dịch, trong thực tế có thể xác định theo công thức thực nghiệm:

$$E_o = 0,85 + \rho_{25} o_c \quad (2.1)$$

E_o : sức điện động tĩnh của ắc quy đơn (tính bằng volt).

ρ : nồng độ của dung dịch điện phân được tính bằng (g/cm^3) quy về $+25^\circ C$.

$$\rho_{25} o_c = \rho_{do} - 0,0007(25 - t)$$

t : nhiệt độ dung dịch lúc đo.

ρ_{do} : nồng độ dung dịch lúc đo.

2.3.1.2 Hiệu điện thế của ắc quy

- Khi phóng điện $U_p = E_a - R_a \cdot I_p \quad (2.2)$

- Khi nạp điện $U_n = E_a + R_a \cdot I_n \quad (2.3)$

Trong đó: I_p - cường độ dòng điện phóng.

I_n - cường độ dòng điện nạp.

R_a - điện trở trong của ắc quy.

2.3.1.3 Điện trở trong ắc quy

$$R_a = R_{\text{điện cực}} + R_{\text{bản cực}} + R_{\text{tấm ngăn}} + R_{\text{dung dịch}}$$

Điện trở trong ắc quy phụ thuộc chủ yếu vào điện trở của điện cực và dung dịch. Pb và PbO_2 đều có độ dẫn điện tốt hơn $PbSO_4$. Khi nồng độ dung dịch điện phân tăng, sự có mặt của các ion H^+ và SO_4^{2-} cũng làm giảm điện trở dung dịch. Vì vậy, điện trở trong của ắc quy tăng khi bị phóng điện và giảm khi nạp. Điện trở trong của ắc quy cũng phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường. Khi nhiệt độ thấp, các ion sẽ dịch chuyển chậm trong dung dịch nên điện trở tăng.

2.3.1.4 Độ phóng điện của ắc quy

Để đánh giá tình trạng của ắc quy, ta sử dụng thông số độ phóng điện. Độ phóng điện của ắc quy tính bằng % và được xác định bởi công thức:

$$\% Q = \frac{\rho_n - \rho_{đ}(25^{\circ}C)}{\rho_n - \rho_p} \quad (2.4)$$

$$\rho_n - \rho_p = 0,16 \text{ g/cm}^3$$

Trong đó:

ρ_n : nồng độ dung dịch lúc nạp no.

$\rho_{đ}$: nồng độ dung dịch lúc đo đã qui về $25^{\circ}C$.

ρ_p : nồng độ dung dịch lúc ắc quy đã phóng hết.

2.3.1.5 Năng lượng ắc quy

Năng lượng của ắc quy lúc phóng điện:

$$W_p = 3600 \cdot Q_p \cdot U_p \quad (J) \quad (2.5)$$

$$W_p = 3600 \frac{I_p \cdot t_p}{n} \sum_i^n U_{pi}$$

n - số lần đo.

Năng lượng của ắc quy lúc nạp điện:

$$W_n = 3600 \frac{I_p \cdot t_p}{n} \sum_i^n U_{pi} \quad (2.6)$$

Trong đó: Q_p : dung lượng của ắc quy.

U_p : điện thế phóng của ắc quy.

t_n : thời gian nạp ắc quy.

2.3.1.6 Công suất của ắc quy

$$P_a = IE = I(IR + IR_a) \quad (2.7)$$

R : điện trở tải bên ngoài.

$$P_a = I^2R + I^2R_a$$

Công suất đưa ra mạch ngoài (đưa vào tải điện)

$$P_l = IE - I^2R_a$$

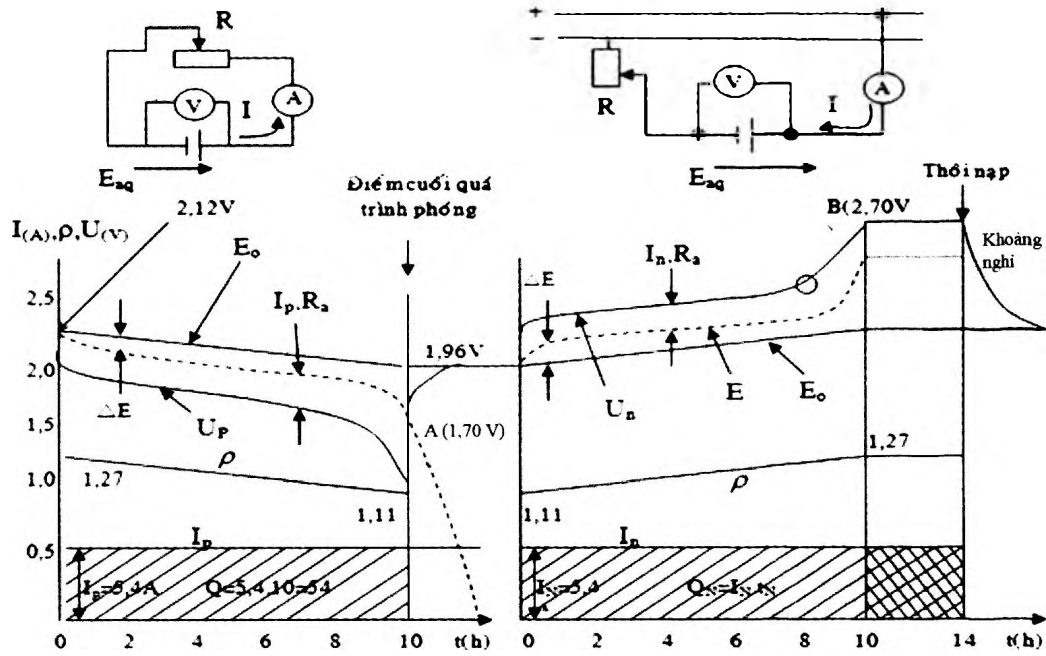
$$dP/dI = E - 2R_a I \text{ đạt cực đại khi bằng không} \Rightarrow I = \frac{E}{2R_a} \quad (2.8)$$

Như vậy, khi $R = R_a$, ắc quy sẽ cho công suất lớn nhất.

2.3.2 Đặc tính

2.3.2.1 Đặc tuyến phóng nạp của ắc quy

Đặc tuyến phóng của ắc quy đơn: khi phóng điện bằng dòng điện không đổi thì nồng độ dung dịch giảm tuyến tính (theo đường thẳng). Nồng độ axit sulfuric phụ thuộc vào lượng axit tiêu tốn trong thời gian phóng và trữ lượng dung dịch trong bình.



a) Sơ đồ phóng và đặc tuyến phóng.

b) Sơ đồ nạp và đặc tuyến nạp.

Hình 2.4: Đặc tuyến phóng - nạp của ắc quy axit-chì.

Trên đồ thị có sự chênh lệch giữa E_a và E_o trong quá trình phóng điện là vì nồng độ dung dịch chứa trong chất tác dụng của bản cực bị giảm do tốc độ khuếch tán dung dịch đến các bản cực chậm, khiến nồng độ dung dịch thực tế ở trong lòng bản cực luôn luôn thấp hơn nồng độ dung dịch trong từng ngăn.

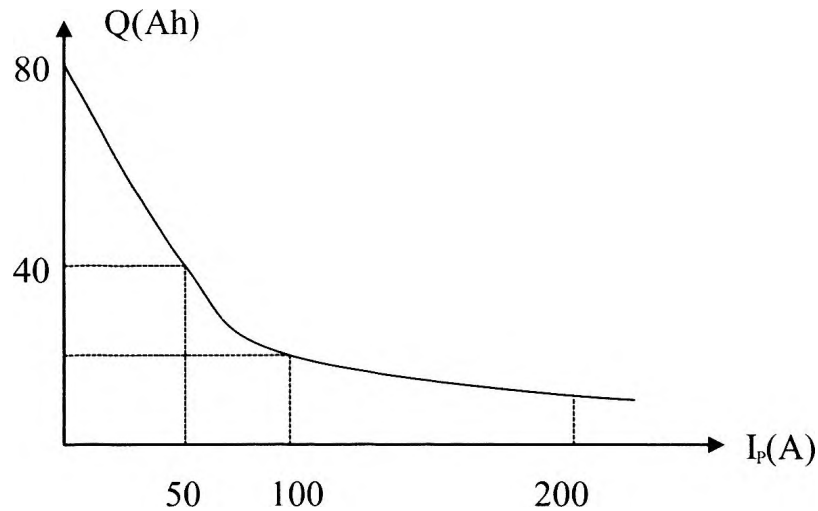
Hiệu điện thế U_p cũng thay đổi trong quá trình phóng. Ở thời điểm bắt đầu phóng điện, U_p giảm nhanh và sau đó giảm tỷ lệ với sức giảm nồng độ dung dịch. Khi ở trạng thái cân bằng, U_p gần như ổn định. Ở cuối quá trình phóng (vùng gần điểm A) sunfat chì được tạo thành trong các bản cực sẽ làm giảm tiết diện của các lỗ thấm dung dịch và làm cản trở quá trình khuếch tán, khiến cho trạng thái cân bằng bị phá hủy. Kết quả là nồng độ dung dịch chứa trong bản cực, sức điện động E_a và hiệu điện thế U_p giảm nhanh và có chiều hướng giảm đến không. Hiệu điện thế tại điểm A được gọi là điện thế cuối cùng.

Khi nạp điện, trong lòng các bản cực axit sunfuric tái sinh. Nồng độ của dung dịch chứa trong các bản cực trở nên đậm đặc hơn, do đó E_a khi nạp lớn hơn E_o một lượng bằng ΔE , còn hiệu điện thế khi nạp: $U_n = E_a + I_n \cdot R_a$. Ở cuối quá trình nạp sức điện động và hiệu điện thế tăng lên khá nhanh do các ion H^+ và O^{2-} bám ở các bản cực sẽ gây ra sự chênh lệch điện thế và hiệu điện thế ắc quy tăng vọt đến giá trị 2,7V. Đó là dấu hiệu của cuối quá trình nạp. Khi quá trình nạp kết thúc và các chất tác dụng ở các bản cực trở lại trạng thái ban đầu, dòng điện I_n trở nên thừa. Nó chỉ điện phân nước tạo thành oxy và hydro và thoát ra dưới dạng bọt khí.

2.3.2.2 Dung lượng của ắc quy

Lượng điện năng mà ắc quy cung cấp cho phụ tải trong giới hạn phóng điện cho phép được gọi là dung lượng của ắc quy.

$$Q = I_p \cdot t_p \quad (A.h) \quad (2.9)$$



Hình 2.5: Sự phụ thuộc của dung lượng ắc quy vào dòng phóng.

Như vậy dung lượng của ắc quy là đại lượng biến đổi phụ thuộc vào chế độ phóng điện. Người ta còn đưa ra khái niệm dung lượng định mức của ắc quy Q_5, Q_{10}, Q_{20} mang tính quy ước ứng với một chế độ phóng điện nhất định như chế độ 5 giờ, 10 giờ, 20 giờ phóng điện ở nhiệt độ $+30^\circ C$. Dung lượng của ắc quy được đặc trưng cho phần gạch chéo (hình 2.4). Chế độ phóng ở đây là chế độ định mức nên dung lượng này chính bằng dung lượng định mức của ắc quy.

$$Q_{dm} = Q = 5,4A \cdot 10h = 54Ah$$

Trên đồ thị (hình 2.6) biểu diễn sự thay đổi điện áp ắc quy theo thời gian phóng trong trường hợp ắc quy phóng với dòng điện lớn.

$$I = 3Q_{dm} \text{ (Chế độ khởi động) ở nhiệt độ } +25^\circ C \text{ và } -18^\circ C.$$

Các yếu tố ảnh hưởng tới dung lượng của ắc quy:

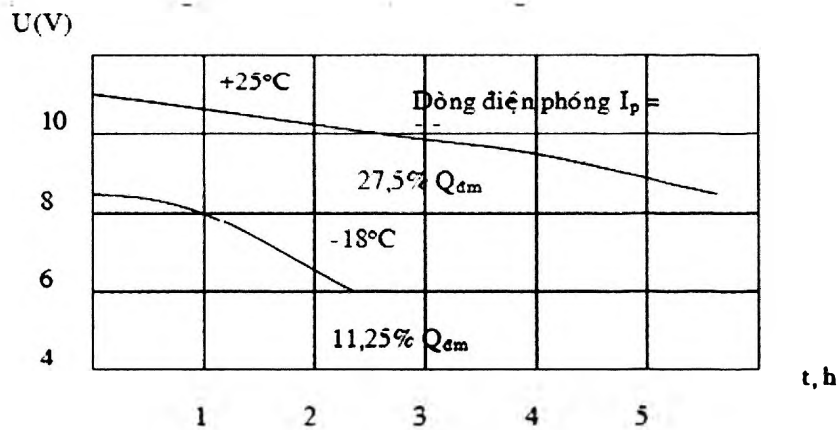
- Khối lượng và diện tích chất tác dụng trên bản cực.
- Dung dịch điện phân.
- Dòng điện phóng.
- Nhiệt độ môi trường.
- Thời gian sử dụng.

Dung lượng của ắc quy phụ thuộc lớn vào dòng phóng. Phóng dòng càng lớn thì dung lượng càng giảm, tuân theo định luật Peukert.

$$I_p^n \cdot t_p = const \quad (2.10)$$

Trong đó: n là hằng số tùy thuộc vào loại ắc quy ($n = 1,4$ đối với ắc quy chì).

Trên hình 2.5 trình bày sự phụ thuộc của dung lượng ắc quy vào cường độ phóng. Từ hình 2.6, ta có thể thấy khi ắc quy phóng điện ở nhiệt độ thấp thì dung lượng của nó giảm nhanh. Khi nhiệt độ tăng, dung lượng cũng tăng. Nhưng khi nhiệt độ của dung dịch điện phân cao quá (lớn hơn $+ 45^{\circ}\text{C}$), các tấm ngăn và bản cực rất mau hỏng, làm cho tuổi thọ của ắc quy giảm đi nhiều.



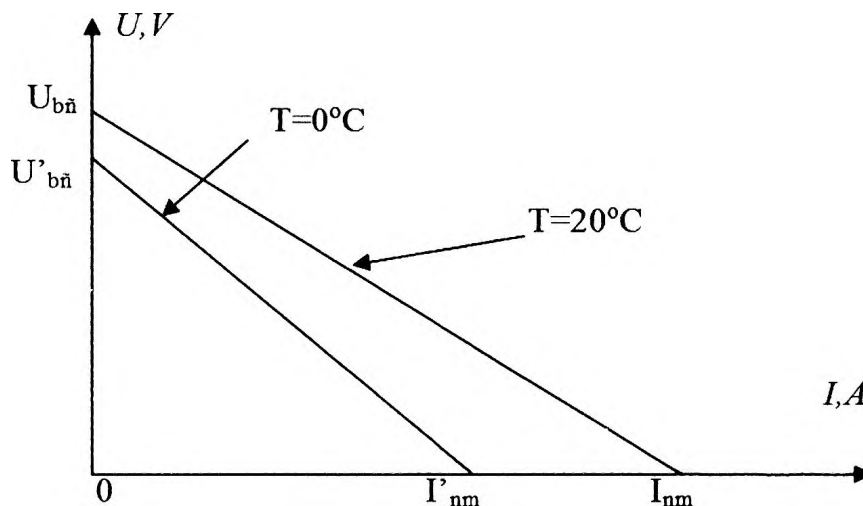
Hình 2.6: Đặc tuyến phóng của ắc quy axit ở những nhiệt độ khác nhau.

Ở các nước có khí lạnh, ắc quy thường có thông số dòng khởi động lạnh CCA (Cold Cranking Amps).

Tham khảo: batteryuniversity.com/

2.3.2.3 Đặc tuyến volt-ampere

Đặc tuyến VOLT-AMPERE của ắc quy là mối quan hệ giữa hiệu điện thế của ắc quy và cường độ dòng điện phóng ở nhiệt độ khác nhau.



Hình 2.7: Đặc tuyến Volt – Ampere của ắc quy.

Phương trình mô tả đặc tuyến Volt – Ampere của ắc quy:

$$U_a = U_{bd} - I_p R_a$$

Trong đó: U_{bd} : ban đầu xác định theo công thức thực nghiệm.
 I_{nm} : dòng ngắn mạch lúc $U_a = 0$.

$$U_{bd} - I_{nm} R_a = 0$$

$$I_{nm} = U_{bd} / R_a \quad (2.11)$$

$$U_{bd} = n(2,02 + 0,00136t - 0,001\Delta Q_p).$$

$$I_{nm} = n_+ I_+.$$

$$I_+ = 2,24 + 1,75t - 0,4\Delta Q_p \quad (2.12)$$

- n : số ngắn ắc quy.
- t : nhiệt độ của dung dịch điện phân ($^{\circ}C$).
- ΔQ_p : độ phóng điện ắc quy ($\%Q_p$).
- n_+ : số bản cực (+) được ghép song song trong một ngăn.
- I_+ : cường độ dòng điện đi qua một bản cực dương lúc ngắn mạch.

Từ đặc tuyến Volt – Ampere ta có thể xác định điện trở trong của ắc quy:

$$R_a = \frac{U_{bd}}{I_{nm}}$$

2.3.2.4 Đặc tuyến làm việc của ắc quy trên ô tô

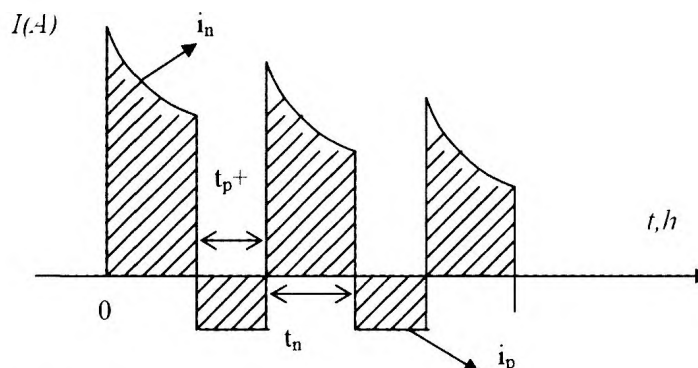
Ắc quy làm việc trên ô tô theo chế độ phóng nạp luân phiên tùy theo tải của hệ thống điện. Điện thế nạp ổn định nhờ có bộ tiết chế.

$$U_{mf} = 13,8 \text{ đến } 14,2V$$

$$I_n = (U_{mf} - U_a) / \Sigma R \downarrow \quad (2.13)$$

$$\Sigma R = R_a + R_{dd} + R_{mf}$$

Trong đó: R_{dd} : điện trở dây dẫn.
 R_{mf} : điện trở các cuộn stator máy phát.



Hình 2.8: Chế độ phóng nạp của ắc quy trên xe.

Để đánh giá mức cân bằng năng lượng trên xe, người ta xem xét hệ số cân bằng:

$$K_{cb} = \frac{\int_0^{t_a} i_n d_t}{\int_0^{t_p} i_p d_t}$$

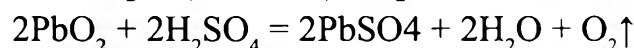
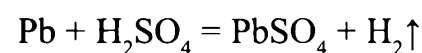
Nếu $K_{cb} > 1$: ắc quy được nạp đủ.

Nếu $K_{cb} < 1$: ắc quy bị phóng điện.

η : hiệu suất nạp.

2.3.3 Hiện tượng tự phóng điện

Ở nhiệt độ cao sẽ xảy ra phản ứng dưới đây làm chì và oxít chì biến thành sunfat chì:



Dòng điện cục bộ trên các tấm bản cực do sự hiện diện của các ion kim loại, hoặc do sự chênh lệch nồng độ giữa lớp dung dịch lên trên và bên dưới ắc quy, cũng làm giảm dung lượng ắc quy. Do hiện tượng tự phóng điện, ắc quy để lâu không sử dụng cũng sẽ dần dần hết điện.

2.4 Các phương pháp nạp điện cho ắc quy

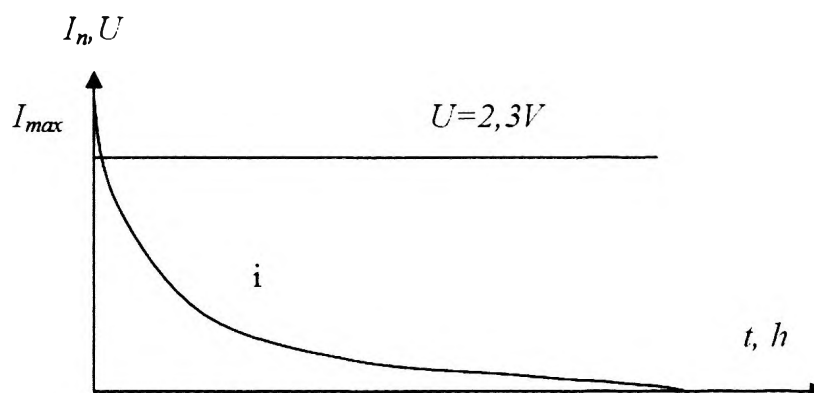
Có hai phương pháp nạp điện cho ắc quy

2.4.1 Nạp bằng hiệu điện thế không đổi

Trong cách nạp này, tất cả các ắc quy được mắc song song với nguồn điện nạp và bảo đảm điện thế của nguồn nạp (U_{ng}) bằng $2,3V - 2,5V$ trên một ắc quy đơn với điều kiện $U_{ng} > U_a$.

Cường độ dòng nạp thay đổi theo công thức:

$$I_n = (U_{ng} - E_a) / \Sigma R$$



Hình 2.9: Nạp bằng hiệu điện thế không đổi.

$$I_{max} \approx I \div 1,5 Q_{dm}$$

Khi nạp, E_a tăng, I giảm nhanh theo đặc tuyến hyperbol.

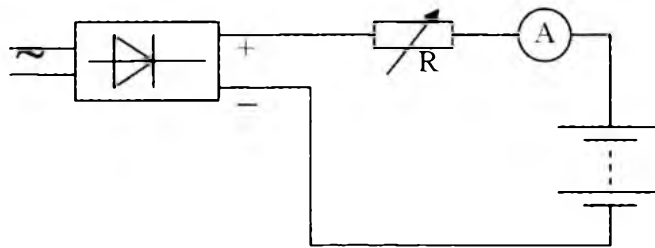
Nhược điểm của phương pháp nạp này là:

- Dòng điện nạp ban đầu rất lớn có thể gây hỏng bình ắc quy.
- Dòng khi giảm về 0 thì ắc quy chỉ nạp khoảng 90%.

2.4.2 Phương pháp nạp dòng không đổi

Theo cách này dòng điện nạp được giữ ở một giá trị không đổi trong suốt thời gian nạp bằng cách thay đổi giá trị điện trở của biến trở R . Thông thường, người ta nạp bằng dòng có cường độ $I_n = 0,1Q_{dm}$. Giá trị lớn nhất của biến trở R có thể xác định bởi công thức:

$$R = (U_{ng} - 2,6n) / 0,5I_n$$



Hình 2.10: Sơ đồ nạp ắc quy với dòng không đổi.

Theo phương pháp này tất cả các ắc quy được mắc nối tiếp nhau và chỉ cần đảm bảo điều kiện tổng số các ắc quy đơn trong mạch nạp không vượt quá trị số $U_{ng}/2,7$. Các ắc quy phải có dung lượng như nhau, nếu không, ta sẽ phải chọn cường độ dòng điện nạp theo ắc quy có điện dung nhỏ nhất và như vậy ắc quy có dung lượng lớn sẽ phải nạp lâu hơn.

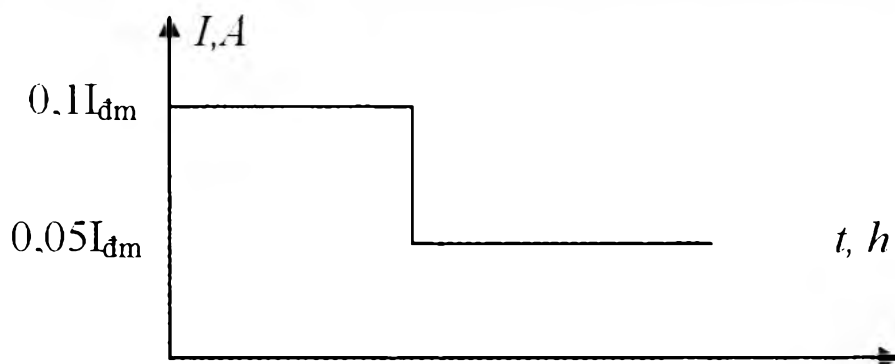
n : số ắc quy đơn mắc nối tiếp.

$0,5$: hệ số dự trữ.

U_{ng} : hiệu điện thế nguồn nạp.

2.4.3 Phương pháp nạp hai nấc

Trong phương pháp này, đầu tiên người ta nạp ắc quy với cường độ $0,1I_{dm}$ khi ắc quy bắt đầu sôi, giảm xuống còn $0,05I_{dm}$. Phương pháp nạp hai nấc đảm bảo cho ắc quy được nạp no hơn và không bị nóng.



Hình 2.11: Nạp 2 nấc.

2.4.4 Phương pháp nạp hỗn hợp

Đầu tiên, nạp bằng phương pháp hiệu điện thế không đổi và sau đó nạp bằng phương pháp dòng không đổi. Có thể nạp nhanh đối với bình bị cạn hết điện, nhưng phải giảm thời gian nạp.

2.5 Chọn và bố trí ắc quy

Để chọn ắc quy ta dựa vào các ký hiệu ghi trên vỏ bình ắc quy, trên các cầu nối giữa các ngăn hoặc trên nhãn hiệu đính ở vỏ bình, chủ yếu là dung lượng định mức của ắc quy, và cường độ dòng lớn nhất mà ắc quy có thể phóng mà dòng này phụ thuộc vào công suất của máy khởi động.

Ắc quy thường đặt trước đầu xe, gần máy khởi động sao cho chiều dài dây nối từ máy khởi động đến ắc quy không quá 1m. Điều này đảm bảo rằng độ sụt áp trên dây dẫn khi khởi động là nhỏ nhất. Nơi đặt ắc quy không được quá nóng để tránh hỏng bình do nhiệt.

2.6 Các loại ắc quy khác

Ngoài ắc quy chì – axit còn có các loại ắc quy kiềm khác như: ắc quy sắt – niken (Fe – Ni), ắc quy cadmi – niken (Cd – Ni) và ắc quy bạc – kẽm (Ag – Zn). Trong đó hai loại đầu thông dụng hơn cả và đã được dùng để khởi động một số ô tô và máy kéo.

2.6.1 Ắc quy sắt – niken

Về cấu tạo, ắc quy sắt – niken có thể chia thành hai loại: loại thỏi và loại không thỏi. Đối với ắc quy loại thỏi, mỗi ngăn gồm mười hai bản cực dương và mười ba bản cực âm. Các bản cực cách điện với nhau bằng các que êbônit có đường kính 1,9 đến 2,0 mm. Các bản cùng dấu cũng được hàn vào các vấu cực và tạo thành các phân khối bản cực dương và các phân khối bản cực âm như ắc quy axit. Phần nhô cao của vấu cực là cực của mỗi ắc quy đơn. Từng khối bản cực được đặt trong các bình sắt có đồ dung dịch điện phân gồm dung dịch KOH với $\rho = 1,20 \div 1,25 \text{ g/cm}^3$ và khoảng 18 ÷ 20 gam LiOH cho 1 lít dung dịch. Các bản cực được ngăn cách với vỏ bình bằng lớp nhựa vinylat.

Bản cực ắc quy kiềm loại thỏi được chế tạo bằng cách ghép hàng loạt thỏi chất tác dụng lại với nhau. Để đảm bảo độ cứng vững và tiếp xúc tốt, người ta kẹp chặt đầu thỏi bằng cách dập chặt với tai bản cực. Mỗi thỏi chất tác dụng gồm một hộp nhỏ bằng thép

lá chứa chất tác dụng. Chất tác dụng ở bản cực âm là bột sắt đặc biệt thuần khiết, còn ở bản cực dương là hỗn hợp 75% NiO.OH và 25% bột than hoạt tính.

Mỗi ngăn có nút và nắp riêng. Vì sức điện động của mỗi ắc quy đơn chỉ bằng 1,38V nên muốn có bình ắc quy 12V, người ta phải ghép nối tiếp 9 ngăn ắc quy đơn lại với nhau, tạo thành 3 tổ ắc quy. Như vậy trọng lượng của mỗi bình ắc quy kiềm nặng hơn bình ắc quy axit khá nhiều, mặc dù cùng thể hiệu.

Loại ắc quy không phân thối được chế tạo theo kiểu ép bột kim loại có cấu trúc xốp mịn. Chất tác dụng được ép vào trong các lỗ nhỏ trên bề mặt phân nhánh của các bản cực. Kết cấu như vậy cho phép giảm trọng lượng của bình ắc quy xuống $1,4 \div 1,6$ lần so với loại thối.

2.6.2 Ắc quy cadimi – niken

Loại ắc quy này chỉ khác loại ắc quy sắt - niken về thành phần hóa học của chất tác dụng ở bản cực âm, còn cấu tạo và quá trình hóa học của ắc quy cadimi - niken tương tự như ắc quy sắt – niken.

2.6.3 Ắc quy bạc - kẽm

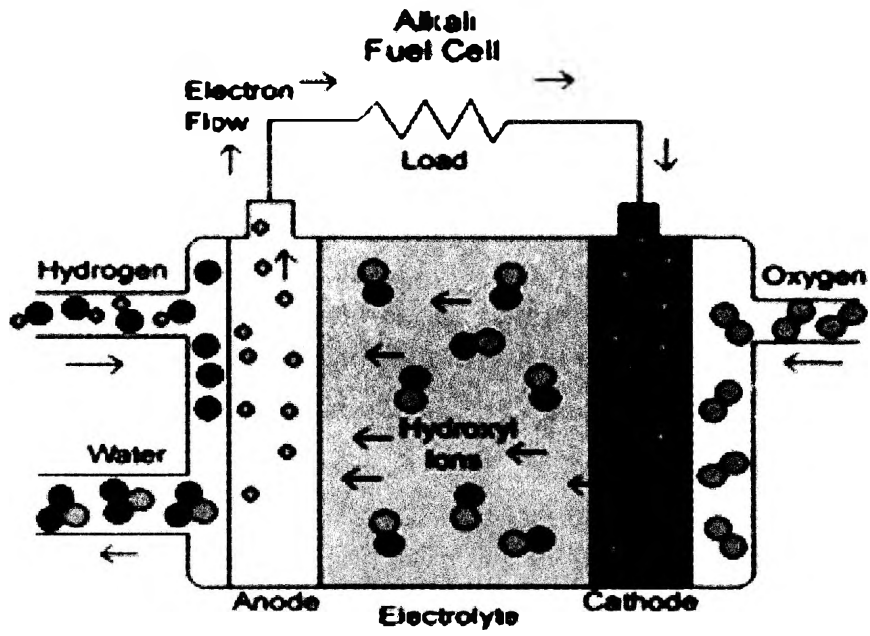
Đây là loại ắc quy có hệ số hiệu dụng trên một đơn vị trọng lượng và trên một đơn vị thể tích lớn hơn hai loại trên, nhưng vì bạc chiếm tới 30% trọng lượng chất tác dụng nên việc sử dụng chúng trên ô tô hiện nay là không thực tế. Các cực của ắc quy này là kẽm và oxit bạc, còn dung dịch điện phân, cũng giống như trong các ắc quy khác là KOH. Một trong những ưu điểm quan trọng của ắc quy loại này là với kích thước không lớn lắm, chúng có thể cho dòng lớn. Nhược điểm của nó là tuổi thọ ngắn.

Bảng 2.1 Điện áp và năng lượng riêng của một số loại ắc quy.

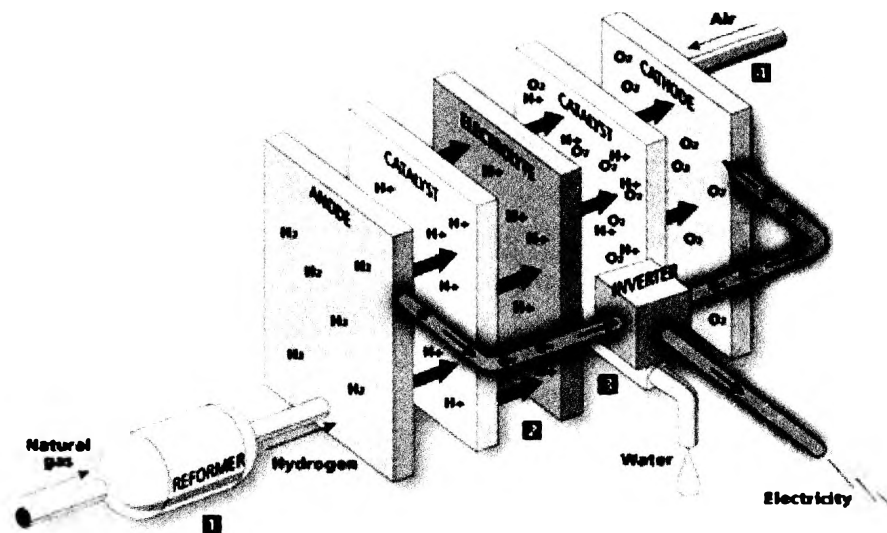
Loại ắc quy	Điện áp trên một ngăn	Năng lượng riêng
Ắc quy chì – axit	2.1V	30Wh/Kg
Sắt – niken/ cadmi	1.22V	45Wh/Kg
Niken – kim loại – hydrat	1.2V	50 – 80 Wh/Kg
Natri – lưu huỳnh	2.0 – 2.5V	90 – 100 Wh/Kg
Natri – niken – clorua	2.58V	90 – 100 Wh/Kg
Lithium	3.5V	100 Wh/Kg
Pin nhiên liệu H ₂ /O ₂	~30V	500 Wh/Kg

2.6.4 Pin nhiên liệu (fuel cell)

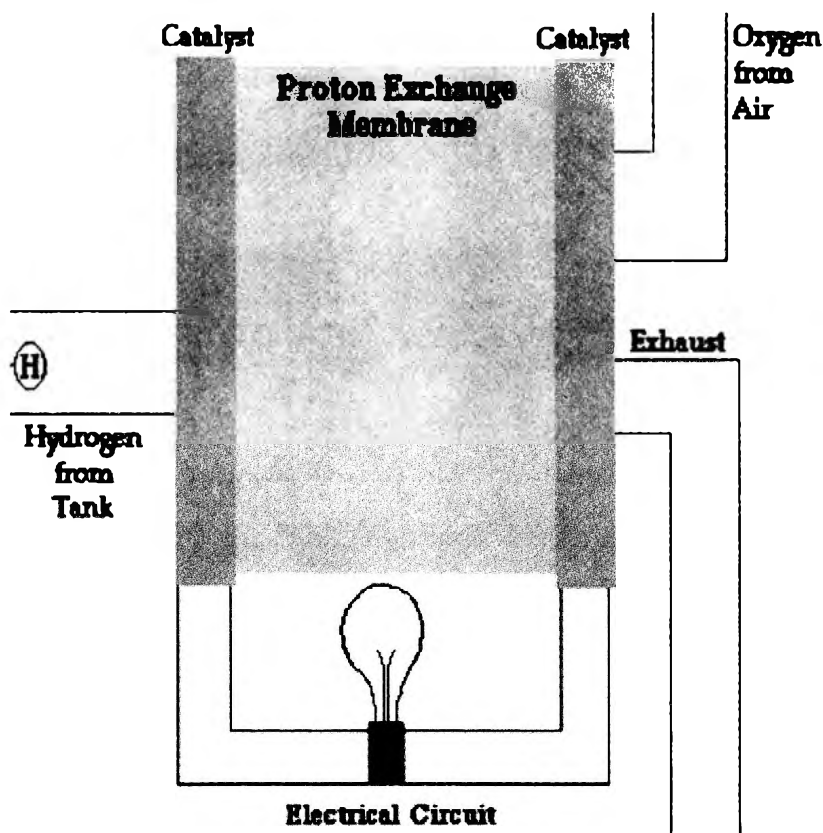
Trong những năm 70 xuất hiện pin nhiên liệu. Loại pin này đang được nghiên cứu và đã bắt đầu ứng dụng trên một số ô tô điện. Trên hình 2.12, 2.13, 2.14 trình bày một số dạng pin nhiên liệu thường gặp. Nguyên lý của pin nhiên liệu dựa vào việc tách electron của nguyên tử hydro để biến thành dòng điện bằng các phương pháp khác nhau.



Hình 2.12: Sơ đồ nguyên lý pin nhiên liệu dạng kiềm.



Hình 2.13: Sơ đồ pin nhiên liệu dùng khí đốt.



Hình 2.14: Sơ đồ pin nhiên liệu dùng Hydro.

C. NHIỆM VỤ HỌC TẬP Ở NHÀ VÀ CÁC CÂU HỎI ÔN TẬP

PHÂN TỰ HỌC

1. Tìm hiểu và báo cáo về các loại pin sử dụng cho xe điện và xe lai.
2. Tìm hiểu về các loại pin sử dụng trong điện thoại.
3. Hướng nghiên cứu và phát triển của pin và ắc quy trong thời gian tới.
4. Các phương pháp nạp điện tự động cho ắc quy.

CÂU HỎI ÔN TẬP

Câu hỏi tự luận

- Câu 1:** Trình bày quá trình điện hóa xảy ra trong ắc quy chì-acid khi phóng?
- Câu 2:** Trình bày quá trình điện hóa xảy ra trong ắc quy chì-acid khi nạp ?
- Câu 3:** Trình bày đặc tuyến phóng của ắc quy chì-acid ?

Câu 4: Trình bày đặc tuyến nạp của ắc quy chì-acid ?

Câu 5: Trình bày các thông số chủ yếu của ắc quy chì-acid ?

Câu 6: Phát biểu và giải thích định luật **Peukert**. Các yếu tố ảnh hưởng đến dung lượng ắc quy ?

Câu 7: Vẽ đặc tuyến **Volt-Ampere** của ắc quy chì-acid ?

Câu 8: Trình bày các phương pháp nạp điện cho ắc quy ?

Câu 9: Trình bày các phương pháp nạp điện cho ắc quy? Trên ô tô ắc quy được nạp điện theo phương pháp nào? Nêu ưu và nhược điểm của phương pháp nạp đó?

Câu 10: Vì sao chỉ được châm thêm nước cất vào ắc quy mà không được châm nước thường ?

Câu 11: Hiện nay dung dịch để châm nước bình bán ở các cơ sở sửa chữa xe gắn máy thường là dung dịch acid loãng. Nêu tác hại và giải thích ?

Câu 12: Hãy nêu các nguyên nhân làm mau cạn dung dịch trong ắc quy acid-chì ?

Câu 13: Vì sao ắc quy mau hư hơn khi nồng độ dung dịch quá cao? Tại sao ta không được cho ắc quy phóng hết điện?

Câu 14: Tại sao bản cực dương mau hư hơn bản cực âm?

Câu 15 : Tại sao ắc quy mau hư khi làm việc ở nhiệt độ thấp?

Câu 16: Vì sao khi không sử dụng ắc quy trong một thời gian ắc quy sẽ tự hết điện ?

Câu 17: Vì sao điện trở trong của ắc quy tăng khi nhiệt độ môi trường giảm ?

Câu 18: Tại sao khi điện áp máy phát tăng cao thì ắc quy sẽ mau hư? Tuổi thọ của ắc quy phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường làm việc như thế nào?

Câu 19: Giải thích lý do tại sao người ta không dùng ắc quy chì-acid trên ô tô hiện nay cho xe điện và xe lai?

Câu 20: Một ắc quy bị chập (ngắn mạch) 1 giây sẽ gây ra các tác động nào đối với các hệ thống điện và điện tử trên ô tô ?

Câu 21: Để xác định một ắc quy còn tốt phải dựa trên những thông số nào. Nêu cách kiểm tra từng thông số đó ?

Câu 22: Về mặt lý thuyết năng lượng dự trữ trong một ắc quy $12V - 50 Ah$ có thể đề được bao nhiêu lần nếu máy khởi động có công suất $2.0kW$ và mỗi lần đề trong thời gian $10s$?

Trắc nghiệm (Trả lời Đúng hoặc Sai)

Câu 1: Một ắc quy dung lượng $70Ah$ sẽ có thể phóng dòng $70A$ trong vòng 1 giờ.

Câu 2: Cuối quá trình nạp, điện áp ắc quy sẽ giảm đột ngột .

Câu 3: Cuối quá trình nạp, điện áp ắc quy sẽ giảm đột ngột.

Câu 4: Điện trở trong của ắc quy có thể xác định bằng Ohm kế.

Câu 5: Dòng phóng của ắc quy càng lớn làm ắc quy mau hết điện là do dung dịch acid không thể thấm sâu vào trong bản cực.

Câu 6: Bản cực âm sẽ mau hư hơn bản cực dương.

Câu 7: Sử dụng nồng độ dung dịch ắc quy càng cao khi nhiệt độ môi trường càng thấp.

Câu 8: Số bản cực âm nhiều bản cực dương 1 bản để giúp bản cực dương không bị vênh.

Câu 9: Sử dụng nước cứng để châm ắc quy sẽ làm ắc quy mau cạn nước.

Câu 10: Nếu một ngăn của ắc quy bị chập mạch, ắc quy sẽ mau sôi khi nạp.

Câu 11: Phản ứng hóa học trong ắc quy khi phóng và nạp xảy ra chủ yếu ở phía cực dương.

Câu 12: Nồng độ dung dịch điện phân sẽ giảm dần khi ắc quy bị phóng điện.

Câu 13: Điện trở trong của ắc quy tăng khi nhiệt độ tăng.

Câu 14: Khi gắn thêm nhiều phụ tải điện có công suất lớn, ta phải thay ắc quy có dung lượng lớn hơn.

Câu 15: Dung lượng của ắc quy trên xe tỷ lệ nghịch với công suất của động cơ đốt trong.

Câu 16: Sulfat chì $PbSO_4$ hình thành trên bản cực sẽ làm tăng độ xốp của bản cực.

Chương III

HỆ THỐNG KHỞI ĐỘNG

A. MỤC TIÊU DẠY HỌC

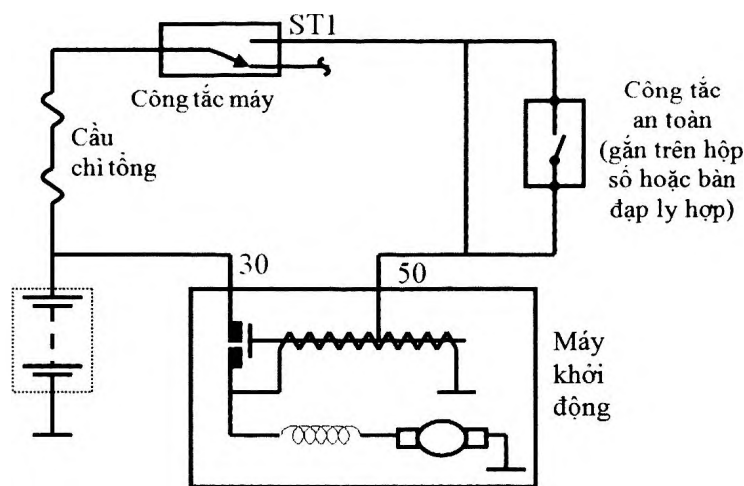
Sau khi học xong chương này, người học có khả năng:

- Trình bày được nguyên lý hoạt động của một hệ thống khởi động cơ bản.
- Phân loại được các hệ thống khởi động.
- Trình bày, giải thích được các đặc tính cơ bản của máy khởi động.
- Trình bày và giải thích được nguyên lý hoạt động của mạch bảo vệ khởi động.
- Phân loại được các hệ thống hỗ trợ khởi động cho động cơ Diesel.

B. NỘI DUNG

3.1 Nhiệm vụ và sơ đồ hệ thống khởi động tiêu biểu

Động cơ đốt trong cần có một hệ thống khởi động riêng biệt truyền cho trục khuỷu động cơ một moment với một số vòng quay nhất định nào đó để khởi động được động cơ. Cơ cấu khởi động chủ yếu trên ô tô hiện nay là khởi động bằng động cơ điện một chiều. Tốc độ khởi động của động cơ xăng phải trên 50 v/p, đối với động cơ diesel phải trên 100 v/p.



Hình 3.1: Sơ đồ mạch khởi động tổng quát.

Trên sơ đồ hình 3.1, máy khởi động bao gồm: relay các khớp với cuộn hút Wh, cuộn giữ Wg, và động cơ điện một chiều với cuộn stator Ws và cuộn rotor Wr.

3.2 Máy khởi động

3.2.1 Yêu cầu, phân loại theo cấu trúc

3.2.1.1 Yêu cầu kỹ thuật đối với hệ thống khởi động

- Máy khởi động phải quay được trục khuỷu động cơ với tốc độ thấp nhất mà động cơ có thể nổ được.

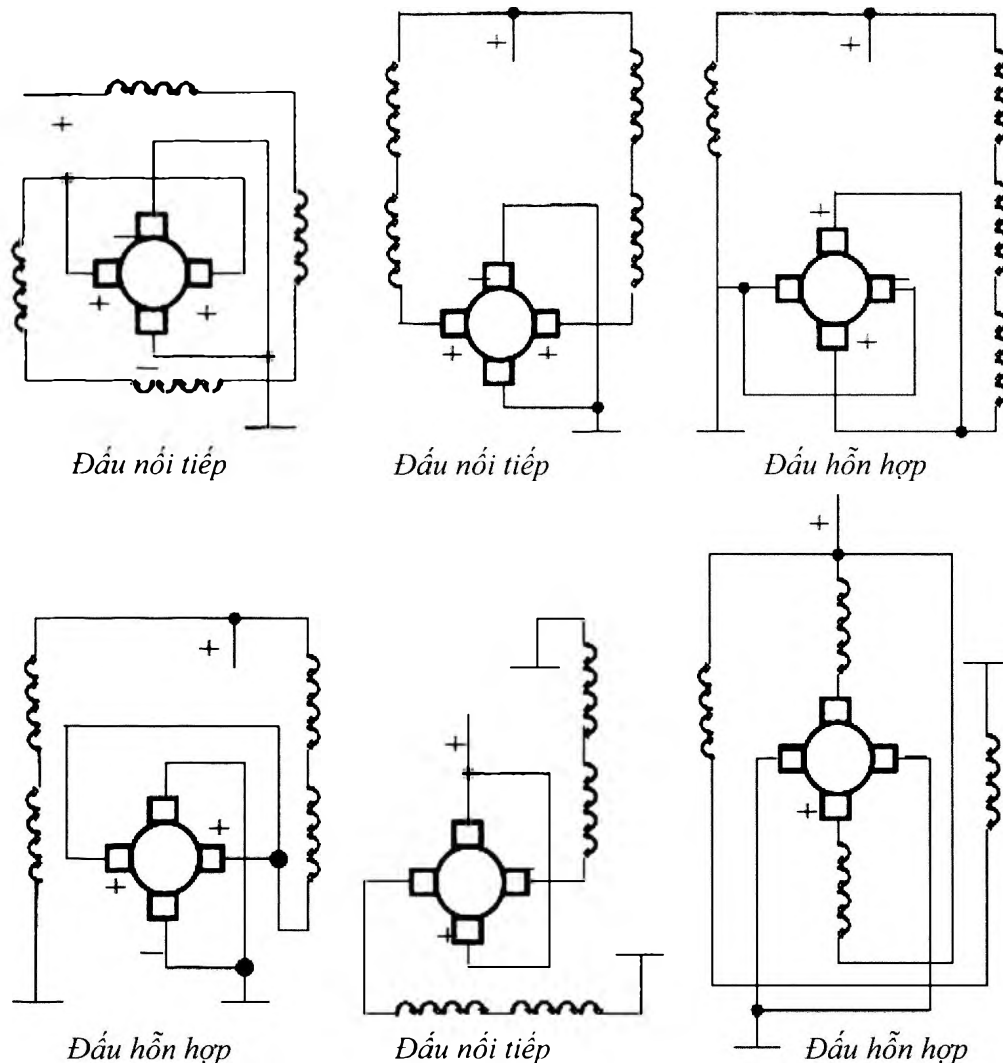
- Nhiệt độ làm việc không được quá giới hạn cho phép.
- Phải bảo đảm khởi động lại được nhiều lần.
- Tỷ số truyền từ bánh răng của máy khởi động và bánh răng của bánh đà nằm trong giới hạn (từ 9 đến 18).
- Chiều dài, điện trở của dây dẫn nối từ ác quy đến máy khởi động phải nằm trong giới hạn quy định ($< 1\text{m}$).
- Moment truyền động phải đủ để khởi động động cơ.

3.2.1.2 Phân loại

Để phân loại máy khởi động ta chia máy khởi động ra làm hai thành phần: Phần motor điện và phần truyền động. Phần motor điện được chia ra làm nhiều loại theo kiểu đấu dây, còn phần truyền động phân theo cách truyền động của máy khởi động đến động cơ.

Motor điện trong máy khởi động là loại mắc nối tiếp và mắc hỗn hợp.

- **Theo kiểu đấu dây:** Tùy thuộc theo kiểu đấu dây mà ta phân ra các loại sau:



Hình 3.2: Các kiểu đấu dây của máy khởi động.

- **Phân loại theo cách truyền động:** có hai cách truyền động

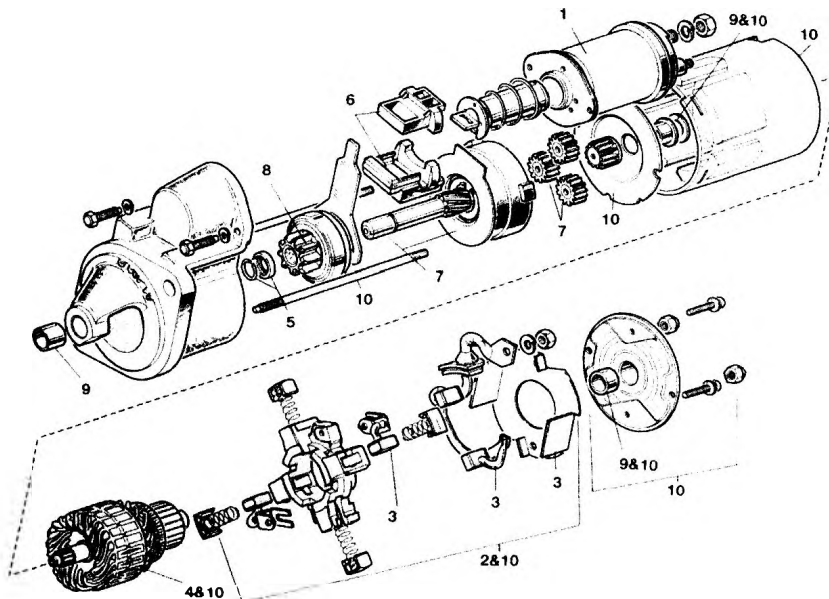
- » **Truyền động trực tiếp với bánh đà:** loại này thường dùng trên xe đời cũ và những động cơ có công suất lớn, được chia ra làm ba loại:

- * **Truyền động quán tính:** bánh răng ở khớp truyền động tự động văng theo quán tính để ăn khớp với bánh đà. Sau khi động cơ nổ, bánh răng tự động trở về vị trí cũ.

- * **Truyền động cưỡng bức:** khớp truyền động của bánh răng khi ăn khớp vào vòng răng của bánh đà, chịu sự điều khiển cưỡng bức của một cơ cấu các khớp.

- * **Truyền động tổ hợp:** bánh răng ăn khớp với bánh đà cưỡng bức nhưng việc ra khớp tự động như kiểu ra khớp của truyền động quán tính.

- » **Truyền động phải qua hộp giảm tốc**

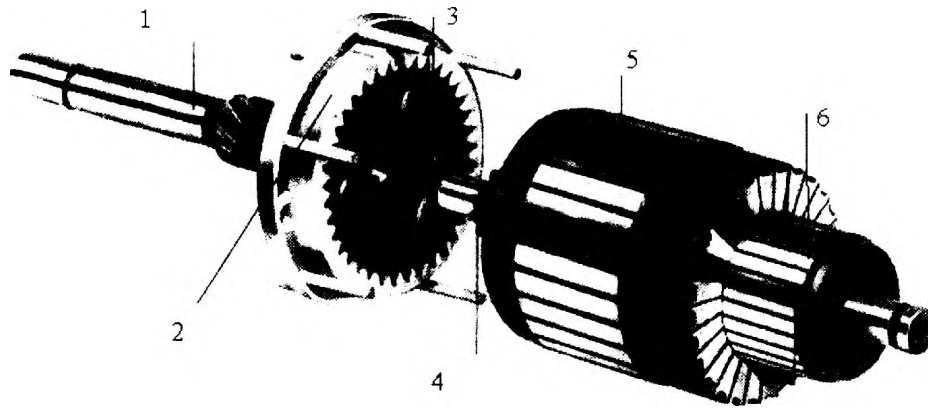


Hình 3.3: Cấu tạo máy khởi động có hộp giảm tốc.

Đối với máy điện (máy phát và động cơ), kích thước sẽ nhỏ lại nếu tốc độ hoạt động lớn. Vì vậy, để giảm kích thước của motor khởi động người ta thiết kế chúng để hoạt động với tốc độ rất cao, sau đó qua hộp giảm tốc để tăng moment.

Loại này được sử dụng nhiều trên xe đời mới. Phần motor điện một chiều có cấu tạo nhỏ gọn và có số vòng quay khá cao. Trên đầu trục của motor điện có lắp một bánh răng nhỏ, thông qua bánh răng trung gian truyền xuống bánh răng của hộp truyền động (hộp giảm tốc). Khớp truyền động là một khớp bi một chiều có ba rãnh, mỗi rãnh có hai bi đĩa đặt kế tiếp nhau. Bánh răng của khớp đầu trục của khớp truyền động được cài với bánh răng của bánh đà (khi khởi động) nhờ một relay gài khớp. Relay gài khớp có một ty đẩy, thông qua viên bi đẩy bánh răng vào ăn khớp với bánh đà.

Một số hãng sử dụng máy khởi động có cơ cấu giảm tốc kiểu bánh răng hành tinh như trên hình 3.4.

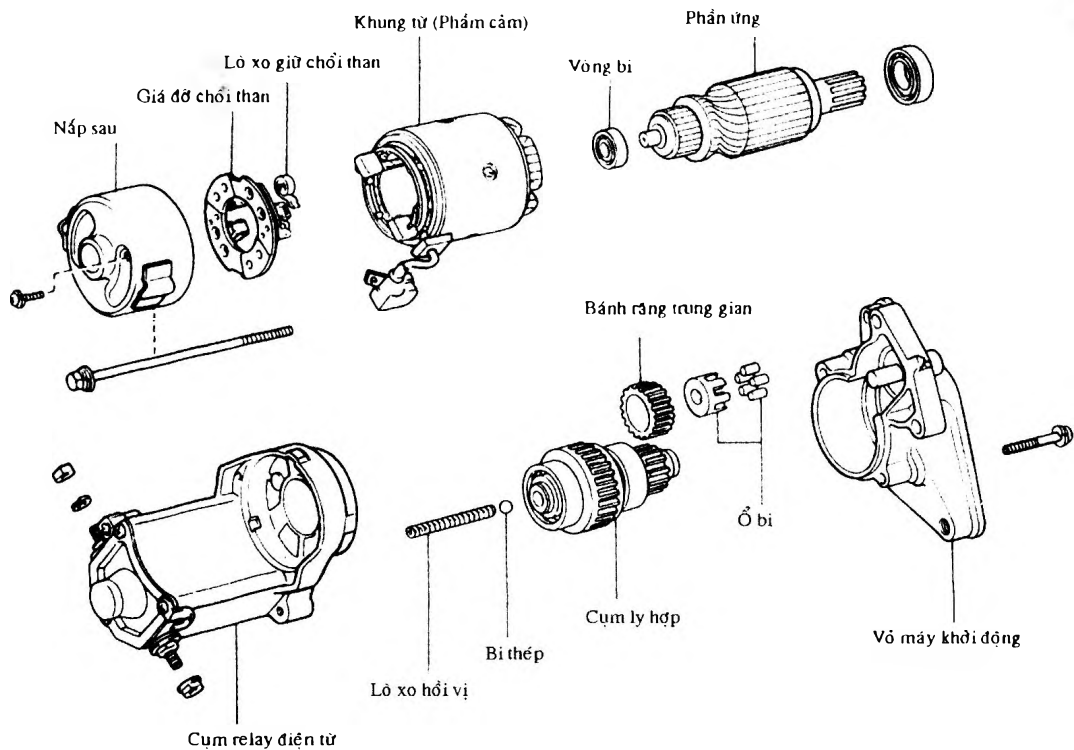


1. Trục thứ cấp; 2. Vòng răng; 3. Bánh răng hành tinh;
4. Bánh răng mặt trời; 5. Phần ứng; 6. Cô góp

Hình 3.4: Cấu tạo hộp giảm tốc kiểu bánh răng hành tinh.

3.2.2 Cấu tạo máy khởi động

Trên hình 3.5 trình bày cấu tạo máy khởi động có hộp giảm tốc, được sử dụng phổ biến trên các ô tô du lịch hiện nay.



Hình 3.5: Cấu tạo máy khởi động.

Máy khởi động hiện là cơ cấu sinh moment quay và truyền cho bánh đà của động cơ. Đối với từng loại động cơ mà các máy khởi động điện có thể có kết cấu cũng như có đặc tính khác nhau, nhưng nói chung chúng thường có ba bộ phận chính: Động cơ điện, khớp truyền động và cơ cấu điều khiển.

3.2.2.1 Motor khởi động

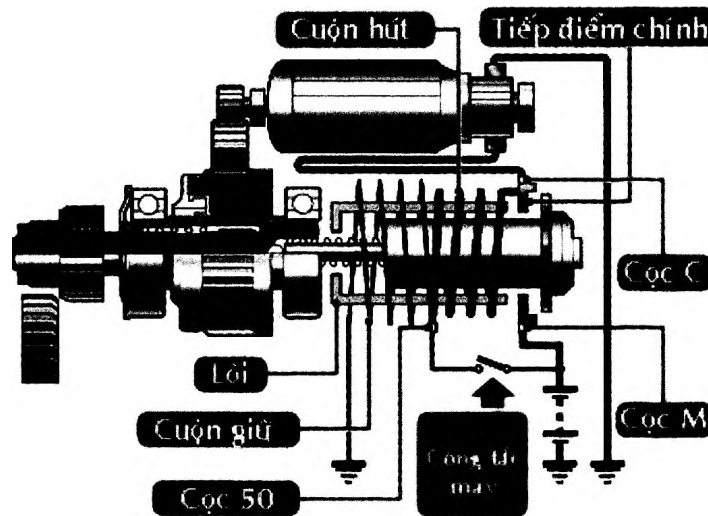
Là bộ phận biến điện năng thành cơ năng. Trong đó: stator gồm vỏ, các má cực và các cuộn dây kích thích; rotor gồm trục, khối thép từ, cuộn dây phần ứng và cổ góp điện, các nắp với các giá đỡ chổi than và chổi than, các ổ trượt ...

3.2.2.2 Relay giải khớp và công tắc từ

Dùng để điều khiển hoạt động của máy khởi động. Có hai phương pháp điều khiển: điều khiển trực tiếp và điều khiển gián tiếp. Trong điều khiển trực tiếp, ta phải tác động trực tiếp vào mạng giải khớp để giải khớp và đóng mạch điện của máy khởi động. Phương pháp này ít thông dụng. Điều khiển gián tiếp thông qua các công tắc hoặc relay là phương pháp phổ biến trên các mạch khởi động hiện nay.

3.2.2.3 Nguyên lý hoạt động

Relay giải khớp bao gồm: cuộn hút và cuộn giữ. Hai cuộn dây trên có số vòng như nhau nhưng tiết diện cuộn hút lớn hơn cuộn giữ và quấn cùng chiều nhau.



Hình 3.6: Sơ đồ làm việc của hệ thống khởi động.

Khi bật công tắc ở vị trí ST thì dòng điện sẽ rẽ thành hai nhánh:

$$\begin{aligned}
 (+) & \begin{cases} \rightarrow W_g \rightarrow \text{mass} \\ \rightarrow W_h \rightarrow W_{st} \rightarrow \text{Brush} \rightarrow W_{\text{rotor}} \rightarrow \text{mass} \end{cases}
 \end{aligned}$$

Dòng qua cuộn giữ và hút sẽ tạo ra lực từ để hút lõi thép đi vào bên trong (tổng lực từ của hai cuộn). Lực hút sẽ đẩy bánh răng của máy khởi động về phía bánh đà, đồng thời đẩy lá đồng nối tắt cọc (+) ắc quy xuống máy khởi động. Lúc này, hai đầu cuộn hút đẳng thế và sẽ không có dòng đi qua mà chỉ có dòng qua cuộn giữ.

Do lõi thép đi vào bên trong mạch từ khiến từ trở giảm nên lực từ tác dụng lên lõi thép tăng lên. Vì thế, chỉ cần một cuộn W_g vẫn giữ được lõi thép.

Khi động cơ đã nổ, tài xế trả công tắc về vị trí ON, mạch hở nhưng do quán tính, dòng điện vẫn còn. Do đó hai bánh răng còn dính và dòng vẫn còn qua lá đồng. Như

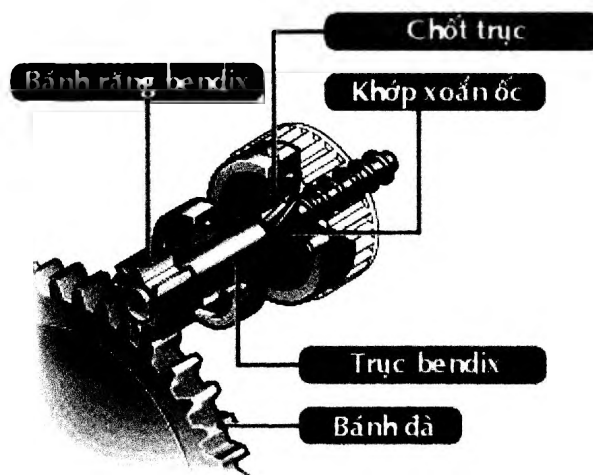
vậy dòng sẽ đi từ: $(+) \rightarrow W_h \rightarrow W_{ng} \rightarrow \text{mass}$.

Lúc này, hai cuộn dây mắc nối tiếp nên dòng như nhau, dòng trong cuộn giữ không đổi chiều, còn dòng qua cuộn hút ngược với chiều ban đầu. Vì vậy, từ trường hai cuộn triệt tiêu nhau. Kết quả là, dưới tác dụng của lực lò xo, bánh răng và lá đồng sẽ trở về vị trí ban đầu.

Đối với xe có hộp số tự động, mạch khởi động có thêm công tắc an toàn (Inhibitor switch). Công tắc này chỉ nối mạch khi tay số ở vị trí N, P. Trên một số xe có hộp số cơ khí, công tắc an toàn được bố trí ở bàn đạp ly hợp.

3.2.2.4 Khớp truyền động

Là cơ cấu truyền moment từ phần động cơ điện đến bánh đà, đồng thời bảo vệ cho động cơ điện qua ly hợp một chiều.

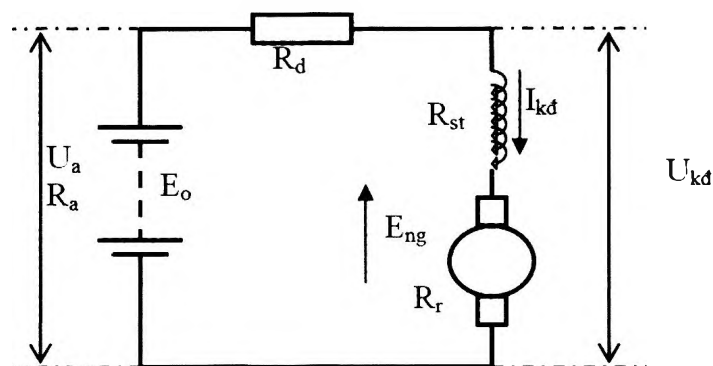


Hình 3.7: Cấu tạo khớp truyền động.

3.2.3 Sơ đồ tính toán và đặc tính cơ bản của máy khởi động

3.2.3.1 Sơ đồ tính toán

Để xác định các đặc tuyến cơ bản của máy khởi động (chủ yếu là phần động cơ điện), ta khảo sát mạch điện của một máy khởi động loại mắc nối tiếp. Sơ đồ tính toán được trình bày trên hình 3.8.



Hình 3.8: Sơ đồ tính toán máy khởi động.

3.2.3.2 Đặc tuyến và đánh giá hư hỏng thông qua các đặc tuyến

- Đặc tuyến tốc độ máy khởi động $n = f(I)$

$$e = B l v$$

$$e = \frac{B.l.\pi.n D}{60}$$

$$e = B.l\tau.\frac{P.n}{30}$$

$$e = \Phi.\frac{P.n}{30}$$

Sức điện động ngược E_{ng} sinh ra trong cuộn dây phân ứng khi máy khởi động quay:
Trong đó:

- B : cường độ từ trường của nam châm
- l : chiều dài khung dây
- v : vận tốc dài khung dây
- P : số cặp cực
- ϕ : từ thông qua khung dây

$$V = \frac{\omega.D}{2} \quad \text{và} \quad \omega = \frac{\pi.n}{30}$$

$$\tau = \frac{\pi.D}{2P}$$

$$E_{ng} = \frac{N}{2a}.e = \frac{NP}{a.60} \Phi.n$$

$$E_{ng} = C_e.n.\Phi$$

a : số đôi mạch mắc song song trong rotor

C_e : hằng số

$$C_e = pn/a.60$$

N : số dây dẫn trong rotor

$$n = \frac{E_{ng}}{C_e.\Phi}$$

Từ sơ đồ trên hình 3.8 ta có:

$$U_a = E_o - IR_a$$

$$U_{kd} = U_a - IR_{kd}$$

Đối với sơ đồ trên, theo định luật Kirchhoff, ta có thể viết:

$$E_0 - E_{ng} = IR_{aq} + IR_d + IR_{kd} + \Delta U_{ch}$$

$$E_{ng} = E_0 - \Delta U_{ch} - I \sum R$$

Trong đó:

R_d : điện trở dây cáp áp quy

R_{kd} : điện trở các cuộn dây rotor và stator

ΔU_{ch} : độ sụt áp trên chổi than

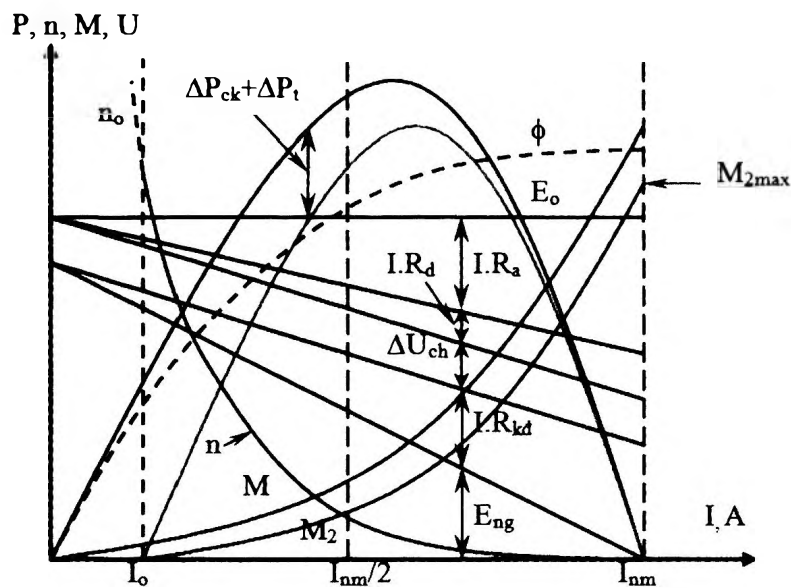
$\Delta U_{ch} = 1,3V$ đối với máy khởi động 12V

$\Delta U_{ch} = 2,5V$ đối với máy khởi động 24V

E_{ng} được xác định: $E_{ng} = E_0 - \Delta U_{ch} + IR_{aq} + IR_d + IR_{kd}$

$$\Delta U = I \cdot r_{ch}$$

$$n = \frac{E_{ng}}{C_e} = \frac{E_0 - \Delta U_{ch} - I \sum R}{C_e}$$



Hình 3.9: Đặc tuyến máy khởi động.

Ở chế độ tải nhỏ, dòng điện qua máy khởi động nhỏ và từ thông của cuộn kích phụ thuộc tuyến tính vào cường độ dòng điện $\phi \cong K_\phi I$.

$$n \approx \frac{E_0 - \Delta U_{ch} - I \sum R}{C_e \cdot K_\phi \cdot I}$$

$$n = \frac{a_1}{I - a_2}$$

Vì vậy, tốc độ máy khởi động phụ thuộc vào cường độ dòng điện theo quy luật *hyperbol*:

$$a_1 = \frac{E_0 - \Delta U_{ch}}{C_e \cdot K_\phi}$$

$$a_2 = \frac{\sum R}{C_e \cdot K_\phi}$$

Ở chế độ tải lớn, dòng qua máy khởi động lớn và mạch từ bị bão hòa. Lúc này đặc tuyến $n = f(I)$ trở nên tuyến tính:

$$\phi = \text{const}$$

$$n = b_1 - b_2 \cdot I$$

Dòng điện trong máy khởi động lớn nhất khi bánh răng máy khởi động ăn khớp với bánh đà. Lúc đó $E_{ng} = 0$ và $I = I_{nm}$.

• **Đặc tuyến moment kéo $M = f(I)$**

Moment kéo được tạo nên do lực tác dụng tương hỗ giữa từ trường của các cuộn kích và dòng điện trong các dây dẫn phản ứng (rotor).

$$M = FD/2$$

Trong đó: F: tổng lực tác dụng lên các khung dây
D: đường kính của rotor

$$F = N \cdot f$$

với f : lực tác dụng lên một khung

N: số khung có trong rotor

$$f = B \cdot l \cdot i = \frac{B \cdot l \cdot I}{2a}$$

$i = \frac{I}{2a}$: dòng điện chạy trong một khung

$$M = \frac{N \cdot B \cdot l \cdot I}{2a} \times \frac{D}{2}$$

$$M = \frac{N \cdot B \cdot l \cdot I \cdot P}{2a \cdot \pi} \times \frac{\pi \cdot D}{2P}$$

$$M = \frac{P \cdot N}{2a \pi} \times B \cdot l \cdot \tau \cdot I$$

$$M = C_M \cdot \Phi \cdot I$$

Khi tải nhỏ: $\phi = K_\phi \cdot I$
 $M = C_M \cdot K_\phi \cdot I^2$

Khi tải lớn: $F = \text{const}$
 $M \cong K_M \cdot I$

Moment đạt cực đại khi $n = 0$. Như vậy, lúc tải nhỏ đặc tuyến phụ thuộc vào cường độ dòng theo quy luật parabol và khi tải lớn đặc tuyến chuyển sang dạng tuyến tính.

• **Đặc tuyến công suất $P = (I)$**

Tích số moment kéo và vận tốc góc của rotor sẽ là công suất điện từ P , tức là công suất do các lực điện từ làm quay rotor tạo nên.

$$P = M \cdot \omega$$

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

$$P = C_M \cdot \Phi \cdot I \times \frac{\pi}{30} \times \frac{E_{ng}}{C_e \cdot \Phi} \quad \text{với: } n = \frac{E_{ng}}{C_e \cdot \Phi}$$

$$P = \frac{PN}{2a} \Phi \cdot I \frac{\pi}{30} \times \frac{E_{ng}}{PN \cdot \Phi} \cdot 60 \cdot a$$

$$P = I \cdot E_{ng}$$

$$P = I(E_0 - \Delta U_{ch} - I \sum R)$$

$$P = I(E_0 - \Delta U_{ch}) - I^2 \sum R$$

Lấy đạo hàm phương trình P để tìm giá trị cực đại:

$$\frac{dP}{dI} = E_0 - \Delta U_{ch} - 2I \sum R = 0$$

$$I_{p \max} = \frac{E_0 - \Delta U_{ch}}{2 \sum R} = \frac{I_{nm}}{2}$$

Khi $n = 0$ thì $E_{ng} = 0$

$$E_0 - \Delta U_{ch} - I_{nm} \sum R = 0$$

$$I_{nm} = \frac{E_0 - \Delta U_{ch}}{2 \sum R}$$

I_{nm} là dòng điện cực đại mà máy khởi động tiêu thụ khi nó bị hãm chặt. Thay giá trị $I_{p \max}$ vào phương trình P , ta được công suất điện từ cực đại.

$$P_{\max} = \frac{(E_0 - \Delta U_{ch})^2}{2 \sum R} - \frac{(E_0 - \Delta U_{ch})^4}{4 \sum R} \sum R$$

$$P_{\max} = \frac{(E_0 - \Delta U_{ch})^2}{4 \sum R}$$

$$P_1 = U_{kd} \cdot I = [E_{ng} + (R_s + R_r) \cdot I] \cdot I = E_{ng} \cdot I + (R_s + R_r) \cdot I^2$$

$$P_1 = P + \Delta P_d$$

$$\Delta P = I^2(R_s + R_r) = I^2 \cdot R_{kd}$$

$$P = P_2 + \Delta P_{ck} + \Delta P_t$$

Trong đó:

- P_1 : công suất ắc quy đưa đến máy khởi động.
- ΔP_d : mất mát công suất về điện do nhiệt sinh ra trên dây.
- P_2 : công suất hữu ích.
- ΔP_{ck} : công suất mất mát do cơ khí (ổ bi, chổi than).
- ΔP_t : công suất mất mát về từ, chủ yếu là dòng Fucô.

$$P_1 = P_2 + \Delta P_d + \Delta P_{ck} + \Delta P_t$$

$$P_1 = P_2 + \Delta P$$

Hiệu suất của máy khởi động

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - \Delta P}{P_1} \approx 0,7$$

Đánh giá hư hỏng qua các đặc tính

Căn cứ vào các đặc tuyến, ta chia hoạt động của máy khởi động ra làm ba chế độ:

- Chế độ không tải ứng với máy khởi động quay ở tốc độ không tải n_0 , lúc đó công sinh ra đủ thắng $\Delta P_d, \Delta P_{ck}, \Delta P_t$.
- Chế độ công suất cực đại ứng với cường độ dòng điện gần bằng $I_{nm}/2$.
- Chế độ hãm (lock test) chặt ứng với $I = I_{nm}$ khi $n = 0$ và $M = M_{max}$

Trên thực tế, ta có thể ứng dụng các chế độ làm việc thứ nhất và thứ ba để chẩn đoán hư hỏng của máy khởi động.

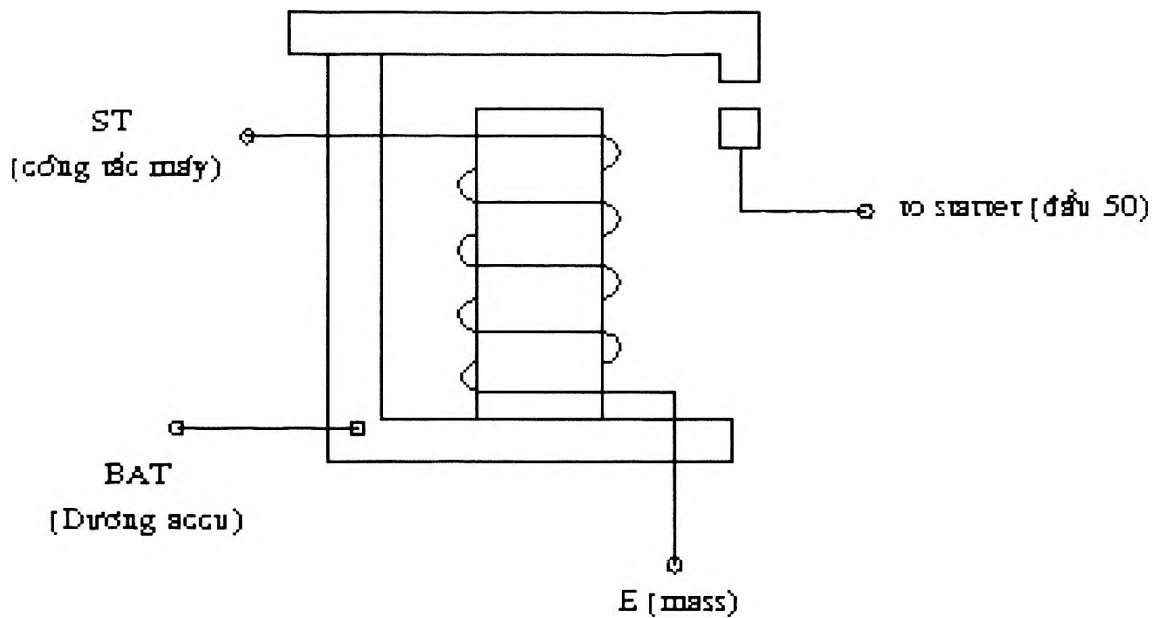
Ở chế độ thứ nhất, nếu tốc độ không tải đo được của máy khởi động nhỏ hơn giá trị cho phép của nhà chế tạo n_0 và cường độ dòng điện không tải lớn hơn bình thường thì hư hỏng xảy ra chủ yếu ở phần cơ: xem xét các ổ đỡ và chổi than.

Ở chế độ thứ ba, nếu dòng ngắn mạch lớn hơn giá trị cho phép trong khi moment kéo nhỏ hơn thì hư hỏng chủ yếu xảy ra ở phần điện: chập mạch các vòng dây hoặc chạm mass.

3.3 Các cơ cấu điều trung gian trong hệ thống khởi động

3.3.1 Relay khởi động trung gian

Relay khởi động là thiết bị dùng để đóng mạch điện cung cấp điện cho máy khởi động. Thiết bị này có tác dụng làm giảm dòng qua công tắc máy.



Hình 3.10: Relay khởi động.

3.3.2 Relay cài khớp

Relay cài khớp dùng để đẩy bánh răng máy khởi động vào ăn khớp với vòng răng bánh đà và đóng tiếp điểm đưa dòng điện đến motor điện, giữ yên tiếp điểm cho đến hết thời gian khởi động.

3.3.3 Relay bảo vệ khởi động

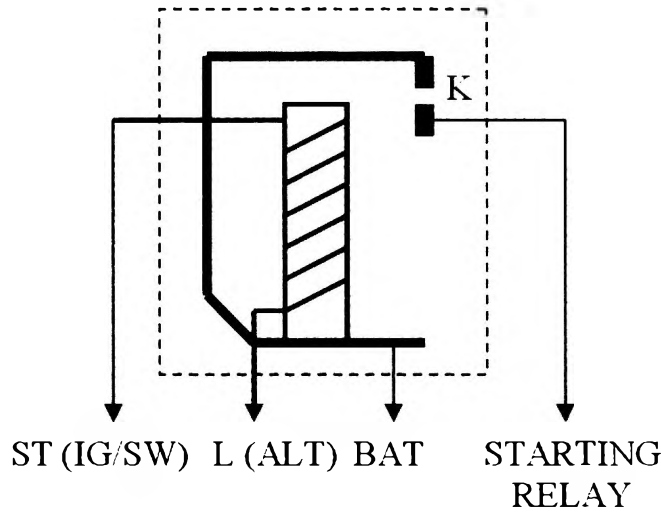
3.3.3.1 Công dụng

Relay bảo vệ khởi động là thiết dùng để bảo vệ máy khởi động trong những trường hợp sau:

- Khi tài xế không thể nghe được tiếng động cơ nổ.
- Khởi động bằng điều khiển từ xa.
- Khởi động lại nhiều lần.

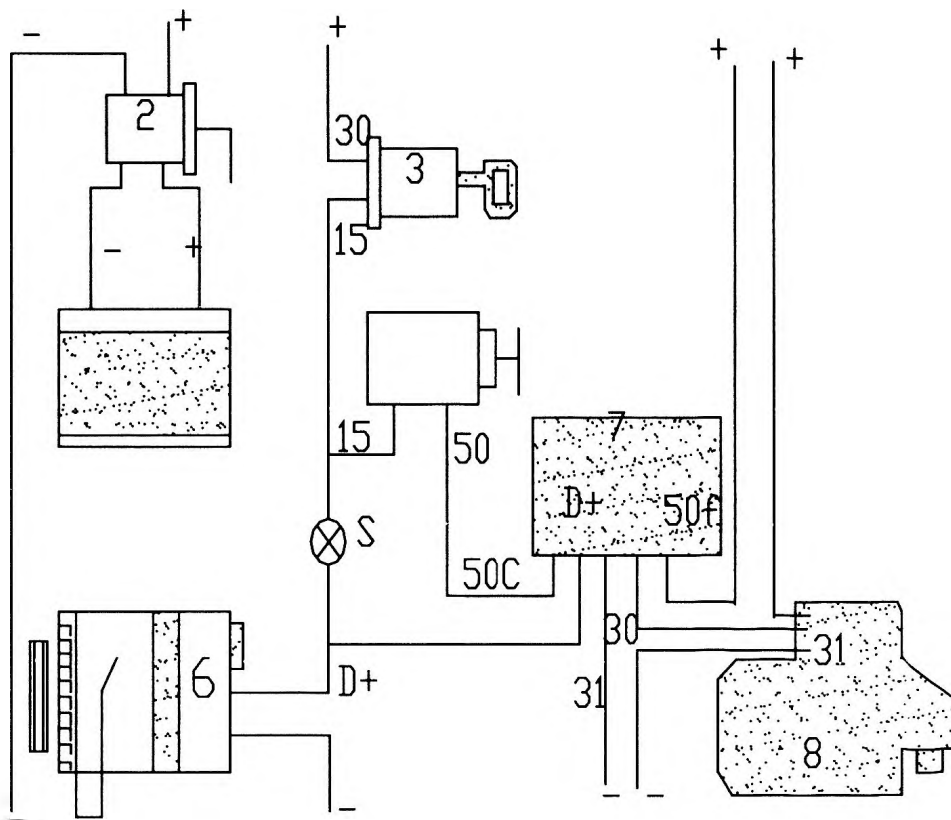
Thiết bị dùng bảo vệ khởi động còn gọi là relay khóa khởi động. Relay khóa khởi động hoạt động tùy thuộc vào tốc độ quay của động cơ. Ta có thể lấy tín hiệu này từ máy phát (dây L của đèn báo sạc và diode phụ).

Khi khởi động, điện thế ở đầu L của máy phát tăng. Khi động cơ đạt tốc độ đủ lớn (động cơ đã nổ), relay khóa khởi động sẽ ngắt dòng điện đưa đến relay của máy khởi động, cho dù tài xế vẫn còn bật công tắc khởi động. Ngoài ra, relay khóa khởi động không cho phép khởi động khi động cơ đang hoạt động.



Hình 3.11: Relay bảo vệ khởi động.

Khi bật công tắc khởi động, dòng điện qua W_{bv} qua cuộn kích máy phát về mass làm đóng tiếp điểm K, dòng điện đến relay khởi động. Khi động cơ hoạt động, máy phát điện bắt đầu làm việc (đầu L có điện áp bằng điện áp ắc quy nhưng máy chưa tắt công tắc khởi động), dòng điện qua W_{bv} mất khiến khóa K mở, ngắt dòng đến relay khởi động làm cho máy khởi động không hoạt động nữa.

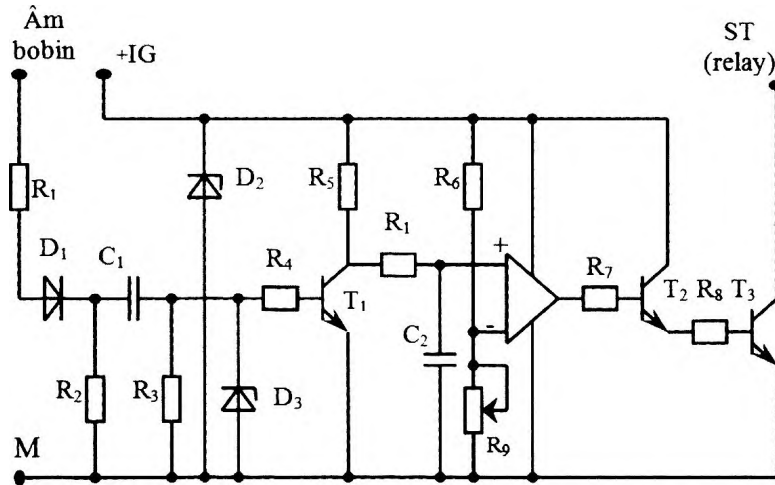


Hình 3.12: Sơ đồ thực tế mạch bảo vệ khởi động.

1. ắc quy;
2. Công tắc nguồn;
3. Công tắc máy;
4. Công tắc khởi động;
5. Đèn báo nạp;
6. Máy phát;
7. Relay bảo vệ khởi động;
8. Máy khởi động.

3.3.3.2 Mạch bảo vệ khởi động điều khiển bằng điện tử

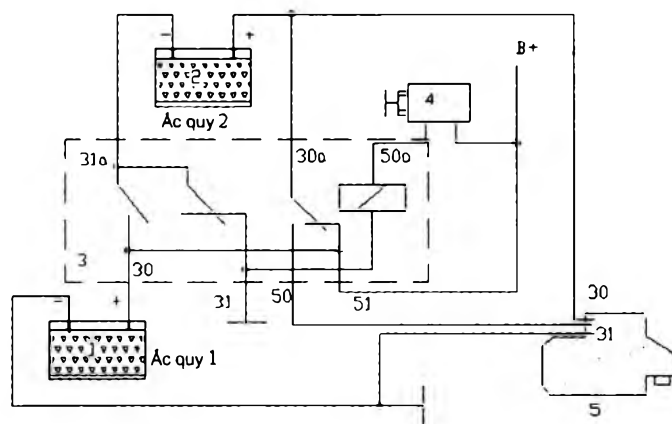
Trong loại này, người ta sử dụng mạch biến đổi tần số sang điện thế bằng cách lấy tín hiệu tần số từ dây trung hoà (N) của máy phát hoặc đầu âm bobine. Tín hiệu tốc độ động cơ thể hiện qua tần số đánh lửa được đưa đến ngõ vào của mạch bảo vệ, làm thay đổi tần số đóng mở của T_1 . Hiệu điện thế trung bình trên tụ C_2 phụ thuộc vào tần số này. Vì vậy, khi động cơ hoạt động, transistor T_3 sẽ ở trạng thái đóng và mạch khởi động sẽ không hoạt động.



Hình 3.13: Mạch bảo vệ khởi động dùng OP-AMP.

3.3.4 Relay đổi đầu điện áp

Một số xe có công suất lớn sử dụng hệ thống điện 12/24V. Hệ thống điện 12V dùng cung cấp cho các phụ tải còn hệ thống điện 24V dùng để khởi động. Hình 3.14 trình bày sơ đồ đấu dây của mạch đổi điện áp. Trên sơ đồ này, máy khởi động có hiệu điện thế làm việc là 24 V trong khi các phụ tải điện khác và máy phát có điện áp định mức là 12V. Để chuyển đổi điện áp trong lúc khởi động, thường bố trí relay đổi điện áp, relay này có nhiệm vụ đấu nối tiếp hai bình ắc quy 12V để có 24V khi khởi động. Khi kết thúc khởi động, hai bình ắc quy sẽ được mắc song song để máy phát nạp điện cho chúng.



Hình 3.14: Mạch khởi động với relay đổi điện 12V-24V.

3.4 Hệ thống hỗ trợ khởi động cho động cơ diesel

3.4.1 Nhiệm vụ và phân loại

3.4.1.1 Nhiệm vụ

Một trong những nét đặc biệt của các động cơ diesel là chúng có số vòng quay khởi động tối thiểu lớn hơn nhiều so với động cơ xăng.

Số vòng quay khởi động của động cơ xăng là $50 \div 120$ v/p, còn ở động cơ diesel là $70 \div 150$ v/p. Ở số vòng quay này, vào cuối quá trình nén, áp suất và nhiệt độ động cơ mới đạt đủ giá trị để đốt cháy dầu do vòi phun phun vào buồng cháy. Tuy vậy, nếu nhiệt độ khí trời và nhiệt độ động cơ thấp, việc khởi động vẫn gặp nhiều khó khăn. Để hỗ trợ việc khởi động động cơ đồng thời giảm ô nhiễm khi nhiệt độ nước còn thấp, trên các động cơ ngày nay thường trang bị hệ thống xông máy hoặc xông khí nạp.

3.4.1.2 Phân loại

Có hai hệ thống xông máy: xông nóng buồng đốt và xông nóng khí nạp.

- Xông nóng buồng đốt

Các bougie xông được đặt trong buồng đốt phụ của động cơ. Nhờ năng lượng điện của ắc quy các dây điện trở của bougie được nung nóng đến nhiệt độ khoảng $800 \div 1.000^\circ\text{C}$.

Hệ thống này có hai loại bougie: loại một điện cực và loại hai điện cực.

Loại một điện cực: Dùng điện đưa trực tiếp đến đầu cực bougie xông qua điện trở rồi về mass. Loại này thường có điện trở lớn. Các bougie được mắc song song trong mạch nên nếu một bougie bị đứt thì các bougie khác vẫn làm việc bình thường.

Loại hai điện cực: Điện trở bougie được nối trực tiếp với điện cực ngoài. Các điện trở bougie đều được cách điện và mắc nối tiếp trong mạch. Loại này có điện trở nhỏ.

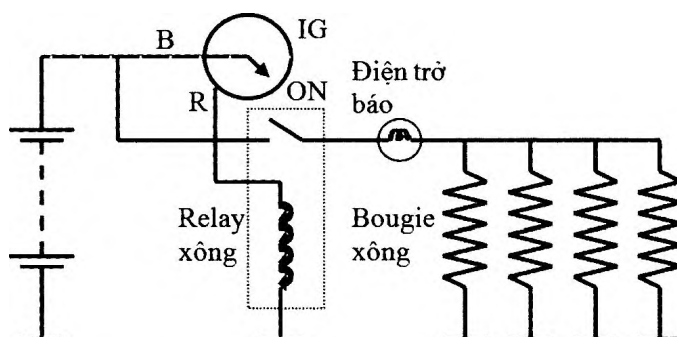
- Xông nóng không khí nạp

Dùng điện trở đặt tại ống góp hút sau lọc gió, sử dụng nguồn điện ắc quy để xông. Loại này ít phổ biến.

3.4.2 Hệ thống xông trước và trong khi khởi động ô tô

Hệ thống xông trước vào trong khi khởi động ô tô có hai loại xông thường và xông nhanh.

- Hệ thống xông thường

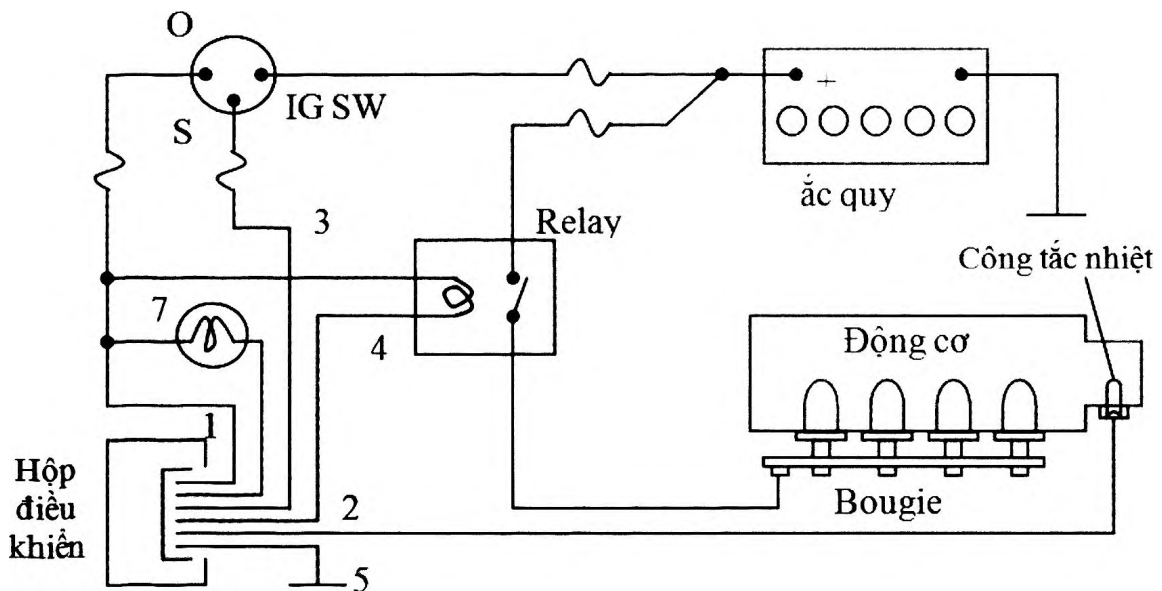


Hình 3.15: Sơ đồ hệ thống xông điều khiển thường.

Hệ thống xông này thường có trên các xe đời cũ. Các bougie xông được mắc nối tiếp với điện trở báo xông. Các bougie không được điều khiển tự động ngắt mà phụ thuộc vào tài xế. Khi bật công tắc xông ở vị trí (R), tài xế sẽ đợi đến khi điện trở báo xông nóng đỏ mới chuyển công tắc qua vị trí khởi động. Trong một số trường hợp, thời gian cần thiết để các bougie xông đạt nhiệt độ làm việc được định sẵn và báo bằng đèn báo xông. Khi đèn báo xông tắt, thời gian xông cần thiết đã đủ.

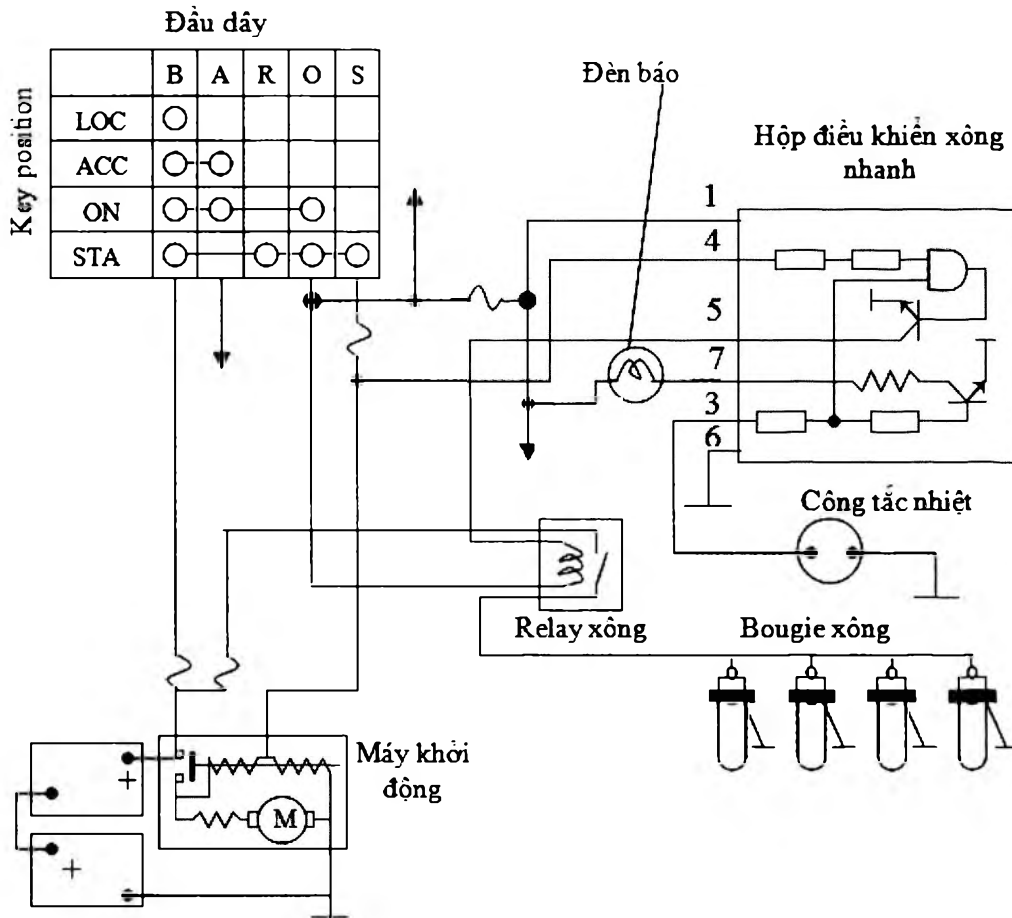
- Hệ thống xông nhanh

Hệ thống xông nhanh giúp cải thiện khả năng khởi động và giảm bớt khói khi khởi động lạnh (hình 3.16). Trong loại xông này, nếu nhiệt độ làm mát nhỏ hơn 60°C , công tắc nhiệt sẽ ở trạng thái OFF. Tín hiệu này được gửi về bộ điều khiển. Nếu công tắc máy ở vị trí ON đèn báo xông sẽ sáng, đồng thời điều khiển nối mass cho relay xông hoạt động, cung cấp dòng rất lớn đến các bougie xông để xông nhanh. Điện trở bougie loại này khá nhỏ. Đèn báo xông tắt sau 3,5 giây, báo cho tài xế biết động cơ đã sẵn sàng cho việc khởi động. Lúc này, nhiệt độ bougie xông đạt khoảng 800°C . Khi động cơ đã nổ và công tắc máy trả về vị trí ON, bộ điều khiển sẽ ngắt relay xông sau 18 giây (hình 3.16).



Hình 3.16: Sơ đồ nguyên lý hệ thống xông nhanh (IZUSU).

Khi nhiệt độ nước làm mát lớn hơn 60°C , công tắc nhiệt chuyển sang vị trí ON đèn báo xông tắt sau 0,3 giây.



Hình 3.17: Sơ đồ thực tế hệ thống xông nhanh.

3.4.3 Hệ thống xông sau khi khởi động

Trên một số xe đời mới, người ta sử dụng hệ thống xông nhanh (QOS – Quick On Start) kèm theo điều khiển chế độ cảm chừng êm (hình 3.18). Hệ thống xông này bao gồm hai relay xông. Relay 1 phục vụ cho việc xông nhanh giống như đã trình bày trong phần trên. Sau khi động cơ đã nổ relay 2 làm việc, dòng điện tới bougie xông đi qua điện trở phụ, tiếp tục xông ở mức độ thấp hơn, đảm bảo động cơ nổ êm và không khói khi nhiệt độ nước làm mát còn thấp.

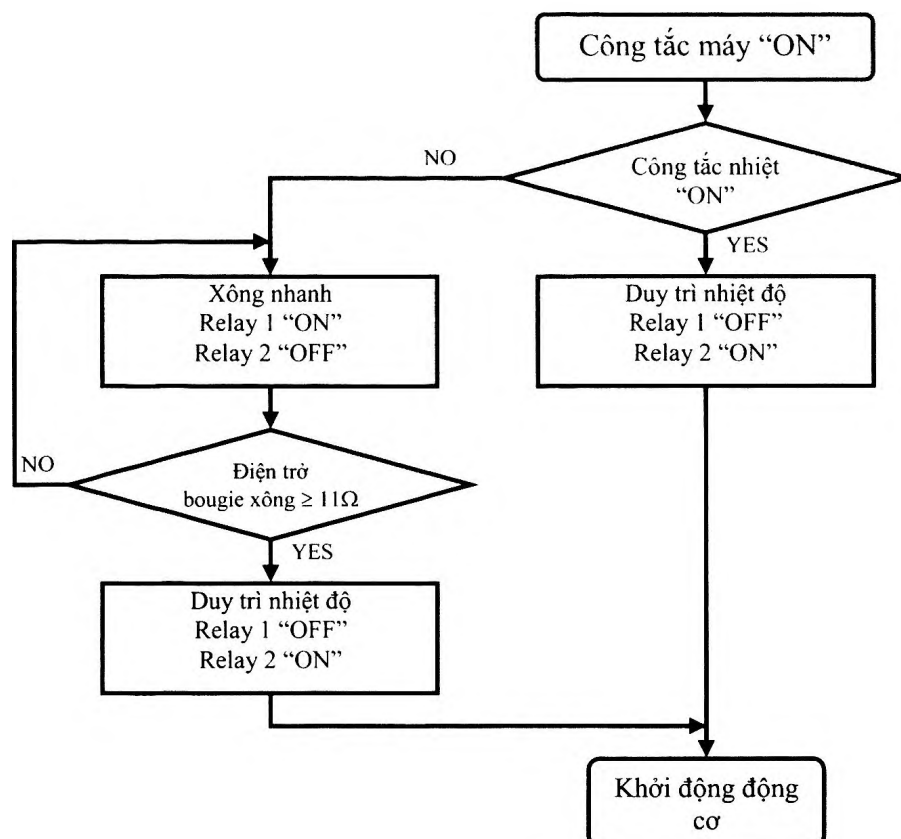
Các bougie xông được nối song song với nhau và cùng nối tiếp với điện trở điều khiển. Khi công tắc khởi động được bật, dòng điện chạy qua điện trở điều khiển và bougie xông, làm cho bougie nóng lên.

Khi bougie xông hồng:

1. Điện trở tổng tăng bởi vì các bougie xông được nối song song.
2. Dòng điện giảm.
3. Dầu nung của bougie xông không đủ thời gian.

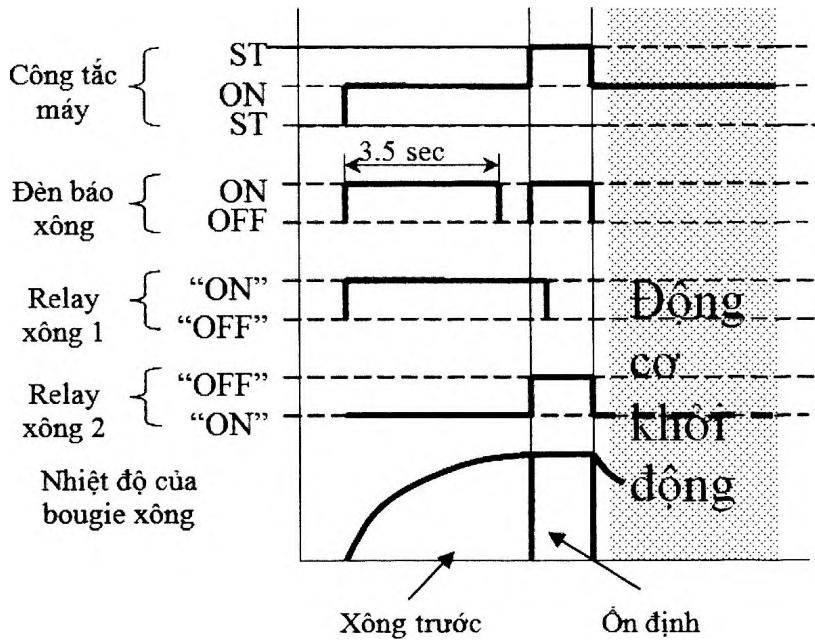
Như vậy, quá trình khởi động xấu đi. Lúc này, dòng điện qua điện trở cũng giảm, và thời gian yêu cầu qua mạch phải kéo dài. Nói cách khác, dòng điện trong mạch bị giảm đi. Hệ thống xông nhanh dò nhiệt độ động cơ và điều khiển dòng điện chạy qua mạch bougie xông để điều khiển xông nhanh trước khi khởi động.

Tên	Chức Năng
Bộ điều khiển (Controller)	<ol style="list-style-type: none"> Điều khiển mạch xông đến khi nhiệt độ bougie xông đạt 900°C. Có mạch định thời để điều khiển đèn báo xông sáng trong 3,5s (hoặc 0,3s khi nhiệt độ động cơ đạt 60°C). Dựa vào giá trị điện trở nhận được trong cảm biến dòng và điện trở bougie xông sẽ điều khiển nhiệt độ xông. Điều khiển relay xông theo nhiệt độ động cơ.
Relay xông	Điều khiển mạch xông nhanh trước khi khởi động và xông ổn định sau khởi động.
Điện trở phụ	Điện trở cố định làm cho điện áp trên bougie xông giảm trong chế độ xông ổn định.
Điện trở cảm biến dòng	Là cơ sở để nhận biết điện trở bougie xông.
Bougie xông	Nung nóng dây nung bên trong bougie.
Công tắc nhiệt	Nhận biết nhiệt độ động cơ (có thấp hơn 60°C) và gửi tín hiệu đến hộp điều khiển.

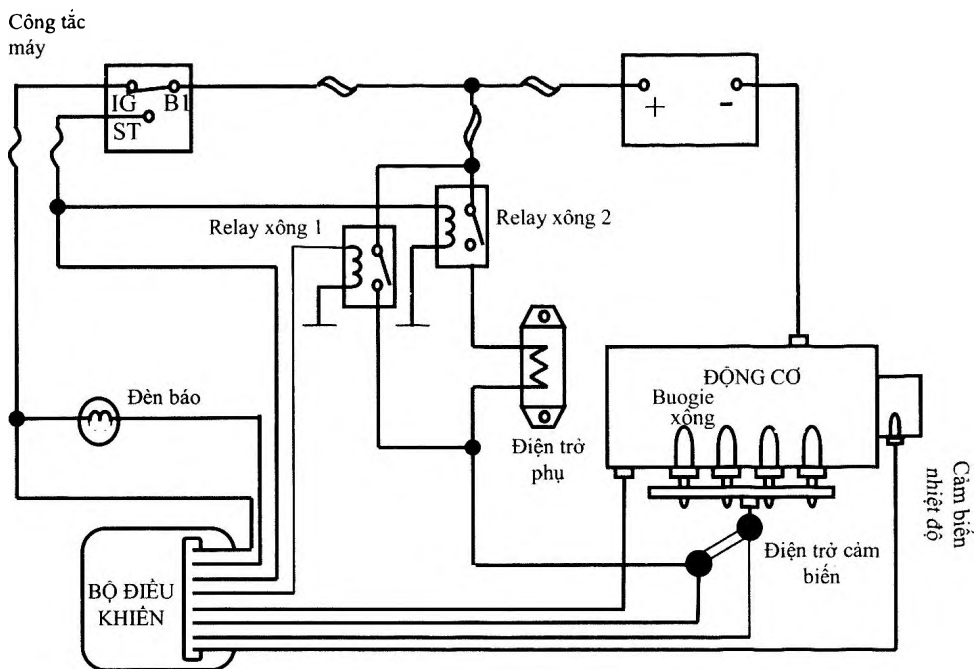


Hình 3.18: Sơ đồ thuật toán điều khiển xông nhanh.

Dữ liệu về nhiệt độ động cơ (có hay không theo giá trị đặt trước) được đưa đến bộ điều khiển dưới dạng tín hiệu ON – OFF. Hơn nữa, dựa vào giá trị điện trở của bougie xông và điện trở cảm biến, có thể tìm ra nhiệt độ bougie xông có đủ lớn cho động cơ khởi động hay không. Nhờ tín hiệu này, bộ điều khiển tín ra thời gian xông trước và cho ra quyết định có nên tiếp tục xông hay không. Sau khi công tắc khởi động được bật, bộ điều khiển sẽ kiểm soát thời gian xông. Hoạt động của hệ thống khi nhiệt độ nước thấp hơn 60°C được mô tả trên giản đồ hình 3.19, còn sơ đồ mạch xông được trình bày trên hình 3.20.



Hình 3.19: Giản đồ hoạt động hệ thống xông nhanh khi nhiệt độ nước thấp hơn 60°C.



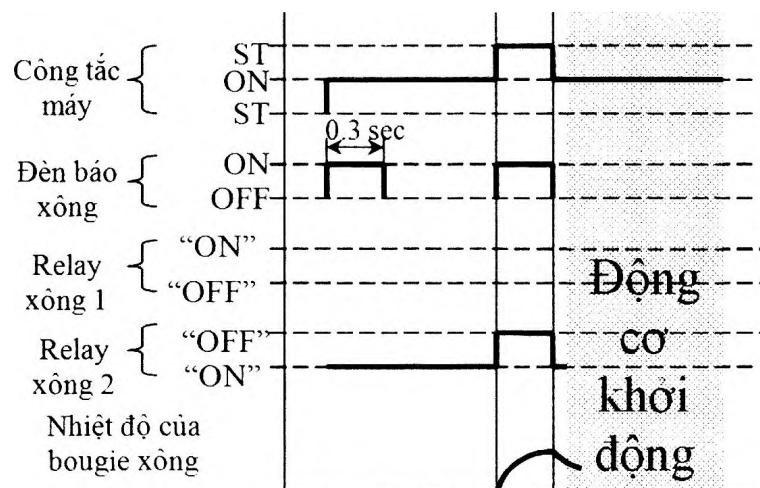
Hình 3.20: Sơ đồ mạch hệ thống xông nhanh.

3.4.3.1 Khi nhiệt độ động cơ thấp hơn 60°C

- Khi công tắc máy ON
 - Đèn báo sáng.
 - Relay xông 1 đóng, một dòng điện lớn đi qua bougie xông để mạch xông nóng lên nhanh chóng.
 - Đèn báo xông tắt sau khoảng 3,5 giây (khi đèn tắt báo hiệu động cơ có thể sẵn sàng khởi động).
- Khi công tắc máy ở vị trí start
 - Bắt đầu khởi động và hệ thống xông nhanh vẫn tiếp tục xông (đèn báo sáng lại đồng thời với công tắc đang bật ở start).
 - Relay xông 2 cũng đóng nhưng dòng điện trong mạch giảm bởi điện trở phụ.
 - Nhiệt độ bougie xông đạt gần 900°C khoảng 7 giây sau khi bắt đầu xông và relay xông 1 tắt dưới khiển của bộ điều khiển bằng cách dò giá trị điện trở của điện trở cảm biến dòng.
 - Tương tự như trên, dòng điện chạy qua relay xông 2 và điện trở phụ để duy trì nhiệt độ bougie xông khoảng 900°C.
 - Sự đóng ngắt của chế độ xông ổn định nhằm cho dây nung của bougie xông khởi dứt khi nhiệt độ tăng lên quá mức bình thường.
 - Mạch xông trước bị ngắt khi động cơ nổ và công tắc được trả về vị trí ban đầu (đèn báo xông cũng tắt).

3.4.3.2 Khi nhiệt độ động cơ cao hơn 60°C

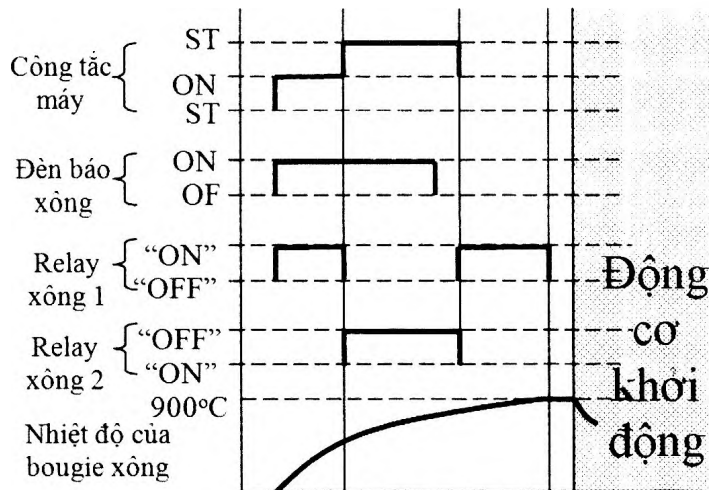
- Khi công tắc máy ON
 - Đèn báo xông sáng và tắt sau khoảng 0,3 giây cho biết động cơ sẵn sàng khởi động.
 - Công tắc nhiệt vẫn còn ON khi nhiệt độ động cơ trên 60°C, relay xông 1 giữ nguyên trạng thái trong chế độ điều khiển xông nhanh.
- Khi công tắc máy ở vị trí START
 - Relay xông 2 đóng, đưa điện áp máy phát đến điện trở phụ trong chế độ xông ổn định, nhờ vậy động cơ có thể sẵn sàng cho việc khởi động (đèn báo xông sáng trở lại đồng thời với công tắc ở vị trí START).



Hình 3.21: Giản đồ hoạt động hệ thống xông nhanh khi nhiệt độ nước cao hơn 60°C.

3.4.3.3 Trường hợp công tắc máy bật sang vị trí ST trước khi đèn báo xông tắt (Đường chằm chằm chỉ trường hợp điều khiển bình thường)

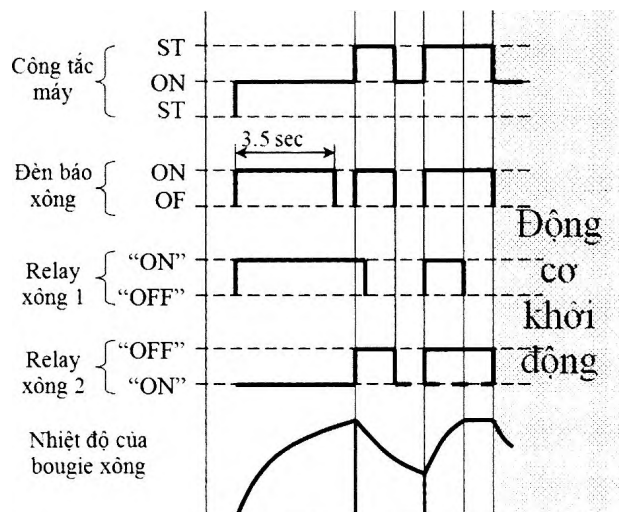
Khi bật công tắc khởi động trước khi đèn báo xông tắt, nhiên liệu không cháy bởi vì nhiệt độ bougie xông không đạt đến nhiệt độ cho phép khởi động. Kết quả là động cơ quay nhưng không nổ cho đến khi nhiệt độ bougie xông tăng lên đến mức yêu cầu và cần thời gian khởi động dài. Nói cách khác, lúc bật công tắc đề, động cơ khởi động rất khó khăn.



Hình 3.22: Giản đồ hoạt động hệ thống xông nhanh khi bật đề trước khi đèn báo xông tắt.

3.4.3.4 Trường hợp công tắc khởi động bật một thời gian sau khi đèn báo xông tắt:

Khi nhiệt độ bougie đạt được 900°C và công tắc khởi động chưa bật sang vị trí [ST], mạch bảo vệ bougie xông trong bộ điều khiển ngắt relay xông 1 và nhiệt độ bougie xông giảm xuống. Tiếp theo, khi công tắc khởi động bật [ST] và nhiệt độ giảm xuống. Khi công tắc bật sang [ST] và nhiệt độ dưới 650°C, bộ điều khiển sẽ điều khiển đóng relay xông 1 để tăng nhiệt độ lên trên 650°C, chế độ xông ổn định tiếp tục.

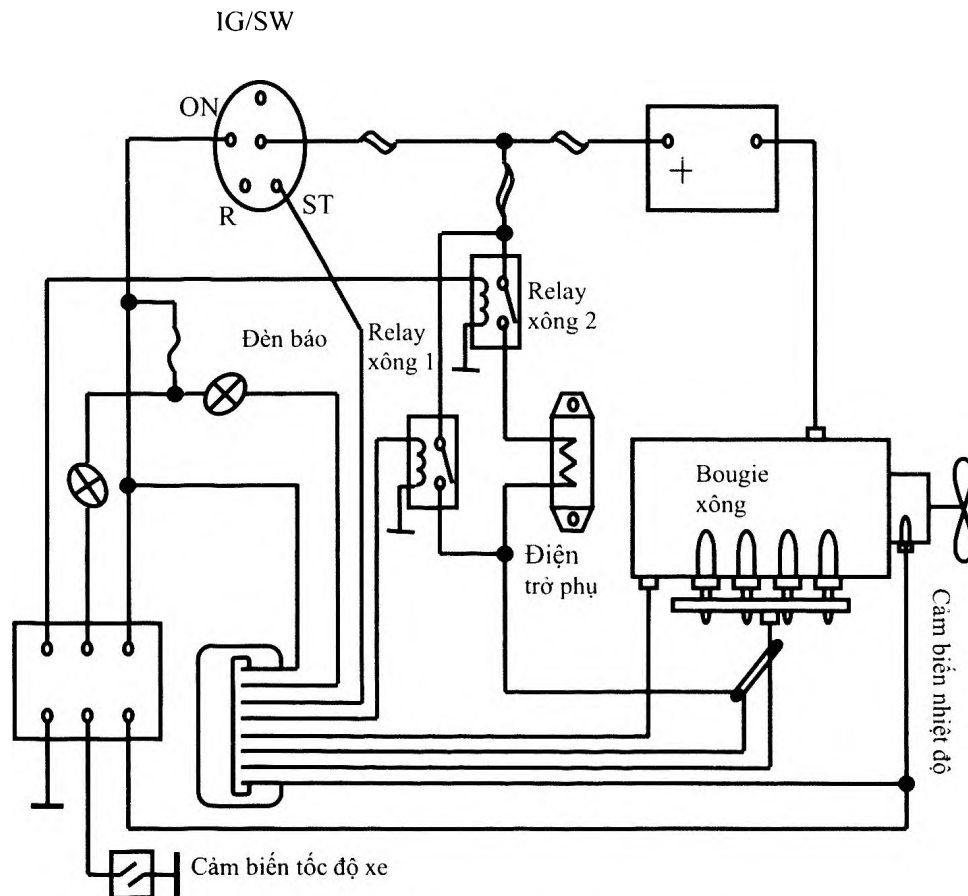


Hình 3.23: Giản đồ hoạt động hệ thống xông nhanh khi bật đề sau khi đèn báo xông tắt.

3.4.4 Hệ thống xông nhanh và cầm chừng êm Q.S.S.I (Quick Start and Silent Idling)

Sự khác nhau giữa Q.O.S và Q.S.S.I là Q.S.S.I có thêm giai đoạn xông sau khi khởi động.

Hệ thống xông trễ giữ cho mạch xông hoạt động một khoảng thời gian sau khi động cơ khởi động để bảo đảm nhiên liệu cháy hoàn toàn, nhờ thế, làm giảm kích nổ ở tốc độ cầm chừng, đồng thời giảm khói trắng thoát ra sau khi động cơ khởi động lạnh cũng như là một biện pháp cải thiện đặc tuyến tăng tốc của động cơ.



Hình 3.24: Sơ đồ hệ thống xông nhanh và cầm chừng êm.

Hệ thống xông sau khi khởi động dựa trên cơ sở thiết kế của hệ thống xông nhanh và một số phần bao gồm:

Bộ phận	Chức năng
Bộ định thời; bougie xông	Điều khiển khoảng thời gian 3 phút sau khi bật công tắc đề.
Cảm biến tốc độ xe	Đồng hồ tốc độ được báo dựa vào cảm biến tốc độ xe.

Công tắc lưỡi gà được gắn trong bộ phận đo tốc độ. Nó được gắn bên phải gần nam châm của cảm biến tốc độ. Lưỡi gà sẽ được hút và nhả khi nam châm quay. Tín hiệu

xung ON – OFF từ sự hút nhà của lưỡi gà được gửi đến bộ timer 4 lần trong một vòng của dây cáp tốc độ.

• **Hoạt động**

– **Khi nhiệt độ động cơ dưới 60oC**

Hệ thống này có một chức năng là vẫn tiếp tục điều khiển xông thậm chí sau động cơ khởi động miễn là cần thiết. Đó là chức năng được thêm vào trong hệ thống này so với hệ thống Q.O.S. Sự điều khiển của hệ thống này tương tự như hệ thống Q.O.S khi nhiệt độ động cơ trên 60oC và quá trình xông dừng khi công tắc khởi động được giữ ở vị trí ON sau khi khởi động động cơ.

– **Khi công tắc khởi động bật sang ON**

Đèn báo xông sáng.

Relay xông [1] cũng hoạt động và cho một dòng điện. Đèn báo xông tắt sau khoảng 0,3 giây để báo rằng động cơ sẵn sàng khởi động.

– **Khi công tắc khởi động bật sang START**

Khởi động động cơ và quá trình xông tiếp tục (đèn báo xông sáng trở lại khi công tắc vẫn ở vị trí START).

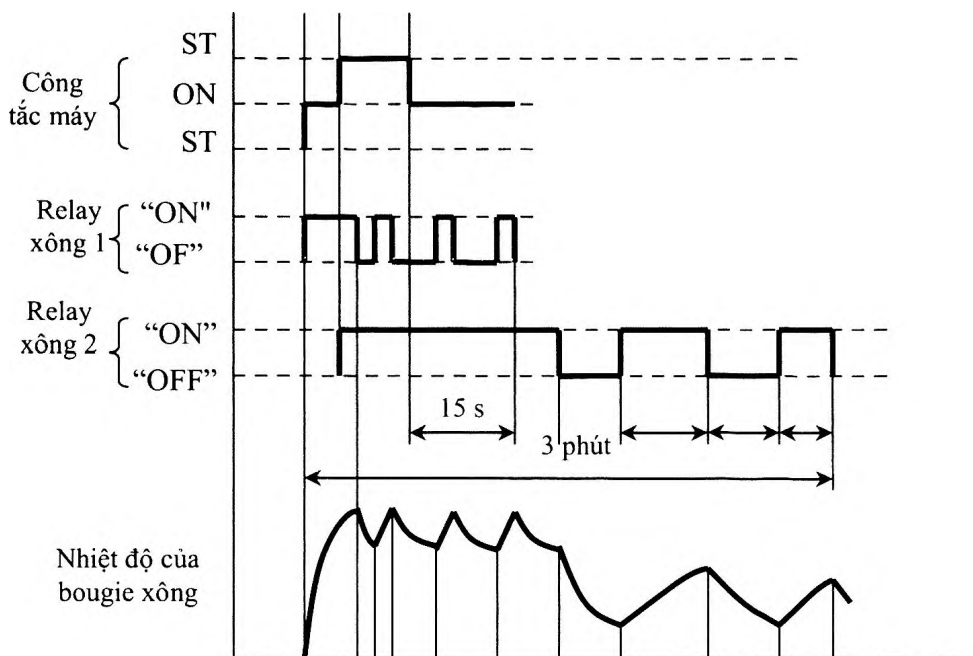
Relay xông [2] hoạt động nhưng dòng điện bị giảm đi do lúc này điện trở phụ được thêm vào trong mạch.

Khi bougie xông đạt đến nhiệt độ khoảng 900oC, bộ điều khiển điều khiển relay xông [1] ngưng hoạt động nhờ vào tín hiệu báo về từ điện trở cảm biến dòng.

Kết quả là dòng điện chảy qua relay xông [2] và giảm áp qua điện trở phụ đưa mạch vào chế độ xông ổn định.

Khi nhiệt độ bougie xông giảm, relay xông [1] hoạt động trở lại cho đến khi nhiệt độ đạt lại khoảng 900oC.

Điều này sẽ lặp đi lặp lại và nhiệt độ bougie xông sẽ dao động quanh 900oC.



Hình 3.25 Giản đồ hoạt động của hệ thống xông nhanh và cảm chừng êm.

– **Khi động cơ được khởi động và công tắc khởi động trả về vị trí ON**

Đèn báo xông tắt nhưng relay xông [2] vẫn hoạt động.

Sau khi công tắc khởi động trả về vị trí ON, relay xông [1] vẫn hoạt động cho chế độ xông nhanh trong thời gian khoảng 15 giây khi nhiệt độ bougie xông thấp.

Relay xông [2] hoạt động trong khoảng 3 giây sau khi công tắc trả về ON để điều khiển hệ thống xông sau khi khởi động.

Hơn nữa, khi 4 điều kiện dưới đây được thỏa mãn sau khi động cơ khởi động, quá trình xông ổn định sẽ hỗ trợ quá trình cháy tốt hơn trong suốt thời gian khởi động ban đầu:

1. Trong vòng 3 phút sau khi bắt đầu quá trình xông (từ điểm A à B).
2. Nhiệt độ động cơ dưới 60°C (công tắc nhiệt OFF).
3. Tốc độ xe sau khi động cơ khởi động là 18 km/h hoặc thấp hơn.
4. Động cơ đang hoạt động.

Trên các động cơ phun dầu điện tử (commonrail diesel injection) hiện nay, hệ thống xông được điều khiển từ hộp ECU (SV tự tham khảo tài liệu và đọc trong chương 6).

C. NHIỆM VỤ HỌC TẬP Ở NHÀ VÀ CÁC CÂU HỎI ÔN TẬP

PHẦN TỰ HỌC

1. Đọc thêm các tài liệu tham khảo liên quan trên mạng (autosshop 101, howstuffworks, howcarswork...)
2. Đọc chương 07 trong sách ebook: Tom Denton. Automobile Electrical and electronic systems. 3rd Edition. Elsevier, 2004.
3. Tìm hiểu và báo cáo về các loại motor khởi động cho xe gắn máy và ô tô.
4. Đọc giáo trình điện tử: Hệ thống khởi động.
5. Tìm hiểu về hệ thống Start –Stop và Stop – Standby.
6. Tìm hiểu hệ thống khởi động bằng siêu tụ.
7. Hướng phát triển của hệ thống khởi động và bảo vệ khởi động.

CÂU HỎI ÔN TẬP

Câu hỏi tự luận

Câu 1: Vẽ sơ đồ của hệ thống khởi động có relay khởi động, relay bảo vệ khởi động từ công tắc bàn đạp ly hợp và mạch bảo vệ khởi động khi động cơ đã nổ (mạch bảo vệ chỉ vẽ khối)?

Câu 2: Vẽ sơ đồ cấu tạo của một máy khởi động có motor điện đấu theo kiểu nối tiếp (ắc quy, công tắc máy, relay đề, relay cài khớp và motor điện)?

Câu 3: Trình bày và vẽ đặc tính tốc độ $n=f(I)$?

Câu 4: Trình bày và vẽ đặc tính moment kéo $M=f(I)$?

Câu 5: Trình bày và vẽ đặc tính công suất $P=f(I)$?

Câu 6: Đánh giá hư hỏng của máy khởi động qua các đặc tính?

Câu 7: Hiện tượng gì xảy ra khi cuộn giữ trong máy khởi động bị đứt, giải thích?

Câu 8: Nêu phương pháp đổi chiều quay của máy khởi động?

Câu 9: Vẽ sơ đồ mạch và trình bày nguyên lý làm việc, công dụng của các linh kiện trong mạch bảo vệ khởi động bằng điện tử (dùng OP-AMP)?

Câu 10: Trình bày nguyên lý đo sức nén trong xy lanh thông qua hệ thống khởi động?

Câu hỏi trắc nghiệm đúng sai

Câu 1: Máy khởi động trên các xe Nhật sử dụng hộp giảm tốc kiểu bánh răng hành tinh.

Câu 2: Khi bắt đầu bật công tắc khởi động, cuộn hút được mắc nối tiếp với motor khởi động.

Câu 3: Nếu đấu ngược cực ắc quy, máy khởi động sẽ quay theo chiều ngược so với chiều cũ.

Câu 4: Máy khởi động sẽ phát điện khi làm việc.

Câu 5: Dòng vào máy khởi động đạt giá trị cực đại tại thời điểm bánh đà bắt đầu quay.

Câu 6: Khi dòng vào máy khởi động lớn, đặc tuyến moment có dạng hyperbol.

Câu 7: Dòng không tải của máy khởi động tăng có thể ổ bị bị kẹt.

Câu 8: Trong mạch bảo vệ khởi động bằng điện tử, tụ điện mắc với ngõ vào của OP-AMP có điện áp tỷ lệ thuận với tốc độ động cơ.

Câu 9: Dòng vào máy khởi động sẽ lớn khi trời nóng.

Câu 10: Khi máy khởi động bắt đầu quay, chỉ có dòng điện đi qua cuộn giữ.

Câu 11: Dòng khởi động sẽ có giá trị lớn khi nhiệt độ động cơ thấp.

Câu 12: Máy khởi động trên ô tô hiện đại sử dụng motor điện tốc độ cao để tăng moment khởi động.

Câu 13: Dòng điện từ ắc quy vào máy khởi động dao động theo kỳ (thì) làm việc của động cơ.

Câu 14: Khi máy khởi động bắt đầu quay, chỉ có dòng điện đi qua cuộn giữ.

Câu 15: Dòng khởi động sẽ có giá trị lớn khi nhiệt độ động cơ thấp.

Câu 16: Máy khởi động trên ô tô hiện đại sử dụng motor điện tốc độ cao để tăng moment khởi động.

Câu 17: Dòng điện từ ắc quy vào máy khởi động dao động theo kỳ (thì) làm việc của động cơ.

Chương IV

HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN TRÊN Ô TÔ

A. MỤC TIÊU DẠY HỌC

Sau khi học xong chương này, người học có khả năng:

- Trình bày được những thông số cơ bản của hệ thống cung cấp điện.
- Hiểu và vận dụng sự phân bố tải giữa máy phát và ắc quy để phân tích các pan của hệ thống cung cấp điện.
- Trình bày được phân loại và đặc điểm cấu tạo của máy phát điện xoay chiều trên ô tô.
- Giải thích được các đặc tính của máy phát điện.
- Hiểu lý thuyết điều khiển gián đoạn.
- Phân loại và trình bày được nguyên lý hoạt động của các loại tiết chế thông dụng.

B. NỘI DUNG

4.1 Nhiệm vụ và yêu cầu

Để cung cấp năng lượng cho các phụ tải điện trên ô tô, cần phải có bộ phận tạo ra nguồn năng lượng có ích. Nguồn năng lượng này được tạo ra từ máy phát điện trên ô tô. Khi động cơ hoạt động, máy phát cung cấp điện cho các phụ tải điện và nạp điện cho ắc quy. Để bảo đảm toàn bộ hệ thống hoạt động một cách hiệu quả, an toàn, năng lượng đầu ra của máy phát (nạp vào ắc quy) và năng lượng yêu cầu cho các tải điện phải thích hợp với nhau.

Yêu cầu đặt ra cho máy phát phụ thuộc vào kiểu và cấu trúc máy phát lắp trên xe hơi, được xác định bởi việc cung cấp năng lượng điện cho các tải điện và ắc quy. Có hai loại máy phát: máy phát một chiều (*generator*) và máy phát điện xoay chiều (*alternator*). Các máy phát một chiều được sử dụng trên xe thế hệ cũ nên trong quyển sách này không đề cập đến.

4.1.1 Nhiệm vụ

Máy phát điện xoay chiều là nguồn năng lượng chính trên ô tô. Nó có nhiệm vụ cung cấp điện cho các phụ tải điện và nạp điện cho ắc quy trên ô tô. Nguồn điện phải bảo đảm một hiệu điện thế ổn định ở mọi chế độ phụ tải điện và thích ứng với mọi điều kiện môi trường làm việc.

4.1.2 Yêu cầu

Máy phát phải luôn tạo ra một hiệu điện thế ổn định (13,8V – 14,2V đối với hệ thống điện 14V) trong mọi chế độ làm việc của phụ tải điện. Máy phát phải có cấu trúc và kích thước nhỏ gọn, trọng lượng nhỏ, giá thành thấp và tuổi thọ cao. Máy phát cũng phải có độ bền cao trong điều kiện nhiệt độ và độ ẩm lớn, có thể làm việc ở những vùng có nhiều bụi bẩn, dầu nhớt và độ rung động lớn. Việc duy tu và bảo dưỡng càng ít càng tốt.

4.1.3 Những thông số cơ bản hệ thống cung cấp điện

Hiệu điện thế định mức: Phải bảo đảm $U_{dm} = 14V$ đối với những xe sử dụng hệ thống điện $12V$, $U_{dm} = 28V$ đối với những xe sử dụng hệ thống điện $24V$.

Công suất máy phát: Phải đảm bảo cung cấp điện cho tất cả các tải điện trên xe hoạt động. Thông thường, công suất của các máy phát trên ô tô hiện nay vào khoảng $P_{mf} = 700 - 1.500W$.

Dòng điện cực đại: Là dòng điện lớn nhất mà máy phát có thể cung cấp $I_{max} = 70 - 300A$.

Tốc độ cực tiểu và tốc độ cực đại của máy phát: n_{max} , n_{min} phụ thuộc vào tốc độ của động cơ đốt trong.

$$n_{min} = n_i \times i$$

Trong đó:

i : tỉ số truyền

n_i : tốc độ không tải của động cơ

$i = 1,5 - 2$.

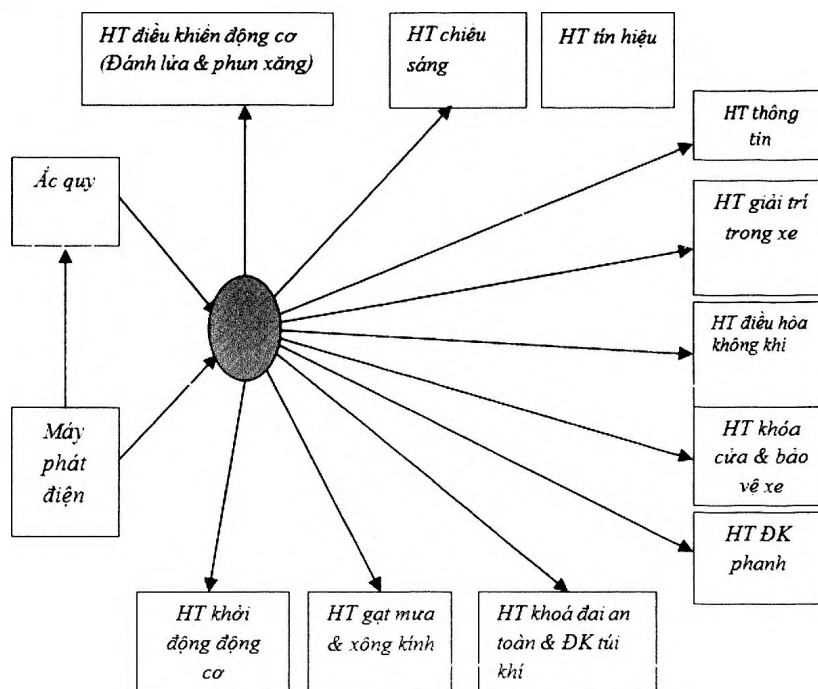
Hiện nay trên xe đời mới sử dụng máy phát cao tốc nên tỉ số truyền i cao hơn.

Nhiệt độ cực đại của máy phát t'_{max} : là nhiệt độ tối đa mà máy phát có thể hoạt động. Các máy phát có công suất nhỏ dưới 2kW thường được giải nhiệt bằng không khí nhờ các cánh quạt đặt trong hoặc ngoài máy phát. Một số máy phát công suất lớn có hệ thống giải nhiệt bằng chất lỏng.

Hiệu điện thế hiệu chỉnh: là hiệu điện thế làm việc của bộ tiết chế $U_{hc} = 13,8 - 14,2V$.

4.2 Sơ đồ tổng quát, sơ đồ cung cấp điện và phân bố tải

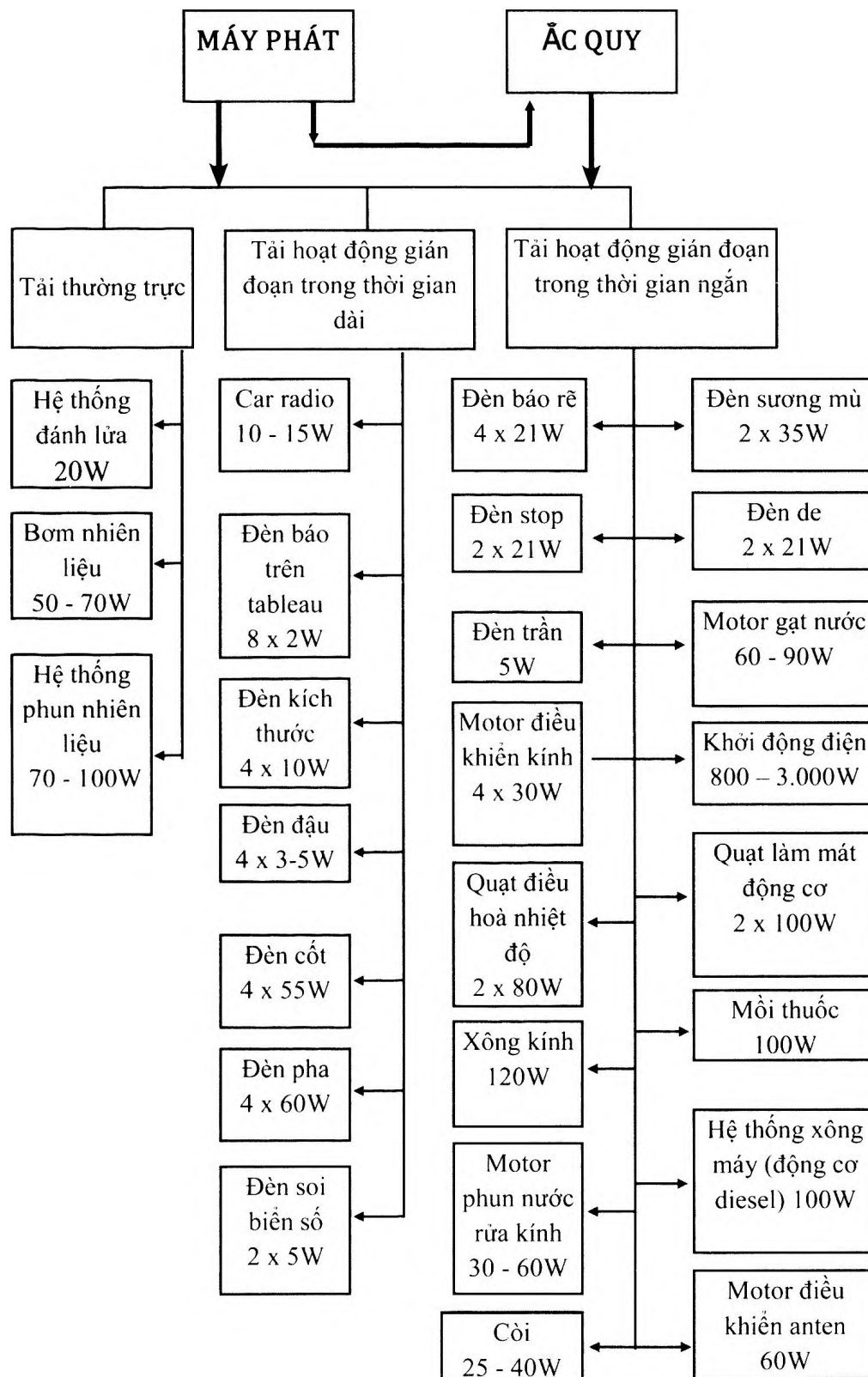
4.2.1 Sơ đồ tổng quát và sơ đồ cung cấp điện



Hình 4.1: Sơ đồ hệ thống cung cấp điện tổng quát.

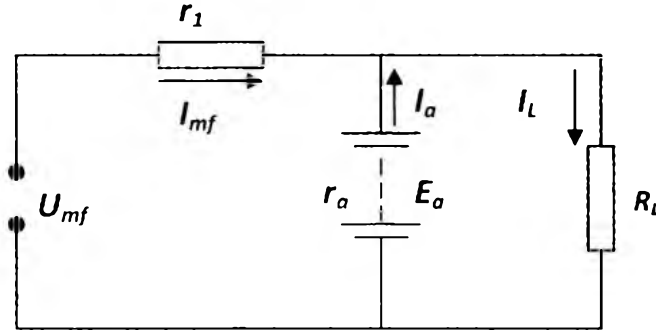
4.2.1.1 Sơ đồ các tải công suất điện trên ô tô

Phụ tải điện trên ô tô có thể chia làm 3 loại: tải thường trực là những phụ tải điện liên tục hoạt động khi xe đang chạy, tải gián đoạn trong thời gian dài và tải gián đoạn trong thời gian ngắn. Trên hình 4.2 trình bày sơ đồ phụ tải điện trên ô tô hiện đại.



Hình 4.2: Sơ đồ phụ tải điện trên ô tô.

4.2.2 Chế độ làm việc giữa ắc quy - máy phát và sự phân bố tải



Hình 4.3: Sơ đồ tính toán hệ thống cung cấp điện.

Sự phân bố tải giữa máy phát và ắc quy được thể hiện trên hình 4.3. Theo định luật *Kirchhoff* ta có thể viết:

$$U_{mf} = r_1 \cdot I_{mf} + I_L \cdot R_L \quad (4.1)$$

$$E_a = r_a \cdot I_a + I_L \cdot R_L \quad (4.2)$$

$$I_L = I_a + I_{mf} \quad (4.3)$$

Hay $r_1 \cdot I_{mf} + 0 \cdot I_a + I_L \cdot R_L = U_{mf}$

$$0 \cdot I_{mf} + r_a \cdot I_a + I_L \cdot R_L = E_a$$

$$I_{mf} + I_a - I_L = 0$$

$$I_{mf} = \frac{\begin{vmatrix} U_{mf} & 0 & R_L \\ E_a & r_a & R_L \\ 0 & 1 & -1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} r_1 & 0 & R_L \\ 0 & r_a & R_L \\ 1 & 1 & -1 \end{vmatrix}} = \frac{U_{mf}(-r_a - R_L) + R_L \cdot E_a}{r_1(-r_a - R_L) - R_L \cdot r_a} \quad (4.4)$$

$$I_{mf} = \frac{U_{mf}(r_a + R_L) - R_L E_a}{r_1(r_a + R_L) + R_L r_a} = \frac{R_L(U_{mf} - E_a) + r_a U_{mf}}{R_L(r_a + r_1) + r_1 r_a} \quad (4.5)$$

$$I_a = \frac{\begin{vmatrix} r_1 & U_{mf} & r_L \\ 0 & E_a & R_L \\ 1 & 0 & -1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} r_1 & 0 & U_{mf} \\ 0 & r_a & R_L \\ 1 & 1 & -1 \end{vmatrix}} = \frac{-(U_{mf} - E_a)R_L + E_a \cdot r_1}{R_L(r_a + r_1) + r_1 \cdot r_a} \quad (4.6)$$

$$I_L = \frac{\begin{vmatrix} r_1 & 0 & U_{mf} \\ 0 & r_a & E_a \\ 1 & 1 & 0 \\ r_1 & 0 & R_L \\ 0 & r_a & R_L \\ 1 & 1 & -1 \end{vmatrix}}{R_L(r_a + r_1) + r_1 r_a} = \frac{U_{mf} \cdot r_a + E_a \cdot r_1}{R_L(r_a + r_1) + r_1 r_a} \quad (4.7)$$

Trong đó:

- I_{mf} : dòng điện máy phát.
- E_a, r_a : sức điện động và điện trở trong của ắc quy.
- R_L : điện trở tương đương các phụ tải điện.
- I_L : dòng điện qua các phụ tải điện.
- I_a : dòng điện nạp vào ắc quy.
- r_1 : điện trở các cuộn dây máy phát và dây dẫn.

Căn cứ vào biểu thức của các cường độ dòng điện nêu trên, ta có thể chia sự phân tải giữa máy phát và ắc quy làm ba chế độ:

Chế độ thứ nhất: đây là chế độ không tải ứng với trường hợp không mắc điện trở ngoài (máy phát chạy không tải). Khi đó $R_L \rightarrow \infty \rightarrow I_L = 0$. Ở chế độ này, máy phát chủ yếu nạp cho ắc quy và dòng điện nạp phụ thuộc vào sự chênh lệch giữa hiệu điện thế hiệu chỉnh của máy phát và sức điện động của ắc quy.

$$I_{mf} = \frac{U_{mf} - E_a}{r_a + r_1}$$

$$I_a = \frac{E_a - U_{mf}}{r_a + r_1}$$

Chế độ thứ hai: là chế độ tải trung bình. Khi các phụ tải điện đang hoạt động có điện trở tương đương $R_L < \infty$, sao cho $I_L < I_{mf}$, máy phát sẽ đảm nhận nhiệm vụ cung cấp điện cho các phụ tải điện này và dòng nạp sẽ giảm. Ở chế độ này, máy phát cung cấp điện cho hai nơi: một phần cho ắc quy và một phần cho phụ tải điện.

Khi điện trở tương đương của các phụ tải đạt giá trị $R_L = \frac{E_a \cdot r_1}{U_{mf} - E_a}$ dòng nạp bằng không.

Chế độ thứ ba: là chế độ quá tải xảy ra trong trường hợp mở quá nhiều phụ tải điện. Khi đó $R_L \rightarrow 0$. Nếu điện trở tương đương của các phụ tải điện đang làm việc $R_L < (E_a \cdot r_1) / (U_{mf} - E_a)$, ắc quy bắt đầu phóng điện, hỗ trợ một phần điện năng cho máy phát.

4.3 Máy phát điện

4.3.1 Phân loại và đặc điểm cấu tạo

4.3.1.1 Phân loại

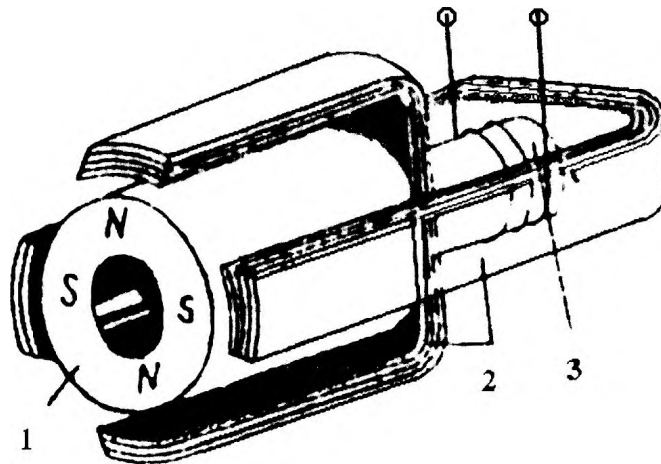
Trong hệ thống điện ô tô hiện nay thường sử dụng ba loại máy phát điện xoay chiều sau:

- Máy phát điện xoay chiều kích thích bằng nam châm vĩnh cửu, thường được sử dụng trên các xe gắn máy.
- Máy phát điện xoay chiều kích thích bằng điện từ có vòng tiếp điện, sử dụng trên các ô tô.
- Máy phát điện xoay chiều kích thích bằng điện từ không có vòng tiếp điện sử dụng chủ yếu trên máy kéo và các xe chuyên dụng.

4.3.1.2 Đặc điểm cấu tạo

- **Máy phát kích từ bằng nam châm vĩnh cửu**

Phần lớn máy phát điện xoay chiều kích thích bằng nam châm vĩnh cửu đang được sử dụng đều có rotor là nam châm quay. Mạch từ của máy phát này khác nhau chủ yếu ở kết cấu của rotor và có thể chia làm bốn loại chính: rotor nam châm tròn, rotor nam châm hình sao với má cực hoặc không má cực, rotor hình móng và rotor nam châm xếp. Đơn giản nhất là loại rotor nam châm tròn.



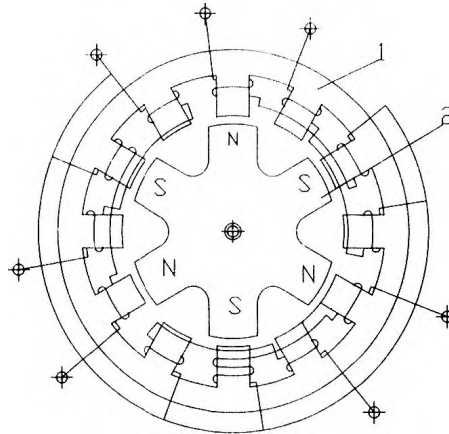
1. Nam châm vĩnh cửu; 2. Cực từ thép; 3. Cuộn dây stator.
Hình 4.4: Mạch từ của máy phát điện rotor nam châm tròn.

Ưu điểm của loại này là chế tạo đơn giản, còn nhược điểm là hiệu suất mạch từ rất thấp. Rotor loại này chỉ ứng dụng trong các máy phát điện công suất không quá 100VA (thường cho xe đạp và xe gắn máy). Các máy phát điện xoay chiều với rotor nam châm hình sao loại có cực ở stator và không có má cực ở rotor thông dụng hơn cả.

Việc chế tạo các máy phát điện có các má cực ở stator khá đơn giản. Stator có thể có 6 hoặc 12 cực, còn rotor thường là nam châm có 6 cực.

Nhược điểm: khó nạp từ cho rotor, độ bền cơ khí kém. Với kết cấu mạch từ như vậy góc lệch pha sẽ là 90° và máy phát điện có khả năng làm việc như máy phát điện hai pha.

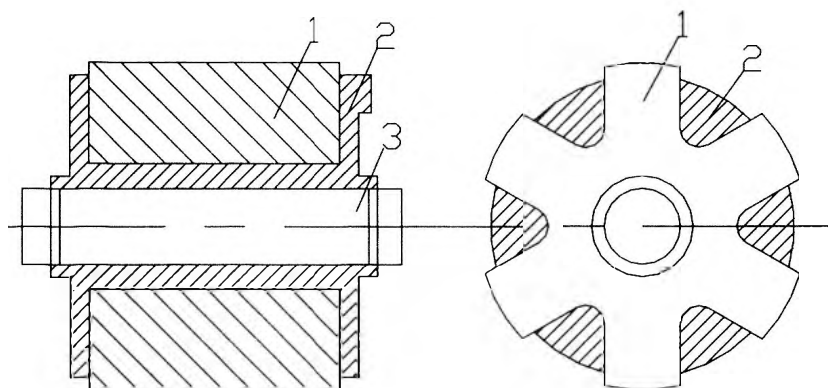
Rotor nam châm hình sao loại này được ứng dụng chủ yếu trong các máy phát điện của máy kéo công suất nhỏ. Ngoài ra có thể gặp những máy phát điện mà rotor của chúng có phần má cực bằng thép ở đầu các cánh nam châm. Trong những máy phát điện như vậy, tác dụng khử từ do phản từ phần ứng gây nên cũng ít hơn loại không có má cực. Kết cấu rotor có má cực còn cho phép tăng chiều dài má cực, tiết kiệm dây đồng, giảm được trọng lượng và kích thước của máy phát điện, đặc tính tự điều chỉnh tốt hơn và công suất máy phát điện có thể lớn hơn.



1. Stator; 2. Rotor.

Hình 4.5: Mạch từ máy phát điện loại kích thích bằng nam châm vĩnh cửu.

Việc phát hiện ra những vật liệu nam châm mới có lực từ lớn cho phép tăng công suất của các máy phát điện kích thích bằng nam châm vĩnh cửu mà, trong một số trường hợp chúng có thể thay thế các máy phát điện xoay chiều kích thích kiểu điện từ. Với những vật liệu này người ta có thể chế tạo những rotor hình móng. Đó là nam châm tròn được nạp cực theo chiều trục. Ở hai đầu của nó người ta đặt hai tấm bích làm bằng thép ít cacbon có các móng bố trí sao cho các móng của hai tấm bích xen kẽ nhau. Hai tấm bích này sẽ chịu ảnh hưởng của hai cực từ khác dấu (N và S) ở hai mặt bên của nam châm và các móng của tấm bích cũng mang dấu của từ trường đó, sẽ trở thành những cực từ xen kẽ nhau ở rotor. Để tránh mất mát từ trường, trục rotor được chế tạo bằng thép không dẫn từ.



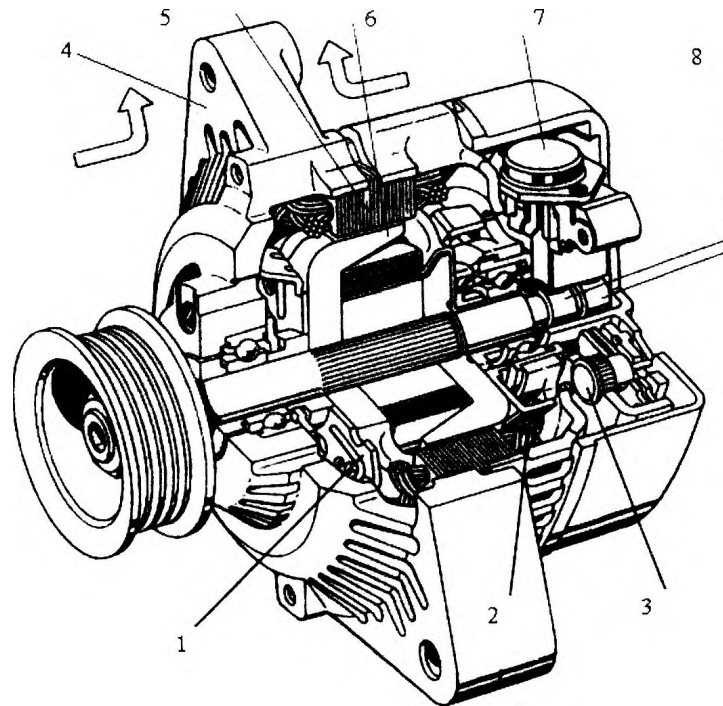
1. Nam châm hình sao; 2. Hợp kim không dẫn từ; 3. Trục rotor.

Hình 4.6: Rotor nam châm hình sao loại không có má cực.

Rotor hình móng có nhiều ưu điểm như: nạp từ có thể tiến hành sau khi đã lắp ghép và từ trường phân bố đều hơn; vận tốc tiếp tuyến của rotor hình móng có thể đạt tới $100m/s$. Hơn nữa, có thể lắp hàng loạt nam châm trên trục và, bằng cách này, có thể giảm trị số từ thông quy định cho mỗi nam châm đến hai lần hoặc hơn, tùy thuộc vào số nam châm; giảm đường kính của các nam châm, tăng công suất của các máy phát điện rotor hình móng.

- **Máy phát kích từ kiểu điện từ loại có có vòng tiếp điện (có chổi than)**

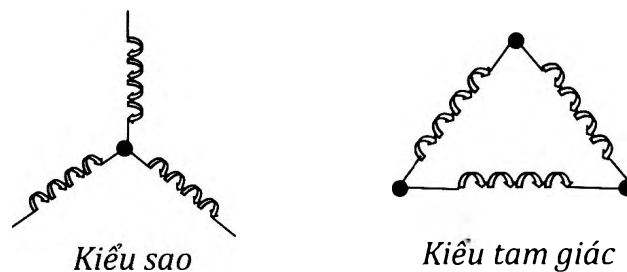
Máy phát điện loại này gồm có 3 phần chính là stator, rotor và bộ chỉnh lưu.



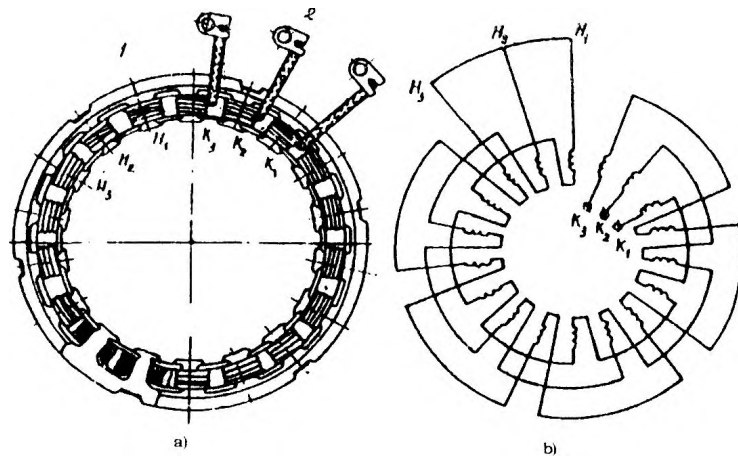
1,2. Quạt làm mát; 3. Bộ chỉnh lưu; 4. Vỏ; 5. Stator; 6. Rotor;
7. Bộ tiết chế và chổi than; 8. Vòng tiếp điện

Hình 4.7: Cấu tạo máy phát điện xoay chiều kích thích kiểu điện từ.

- **Stator:** gồm khối thép từ được lắp ghép bằng các lá thép ghép lại với nhau, phía trong có xẻ rãnh đều để xếp các cuộn dây phân ứng. Cuộn dây stator có ba pha mắc theo kiểu hình sao, hoặc theo kiểu hình tam giác (Hình 4.8).

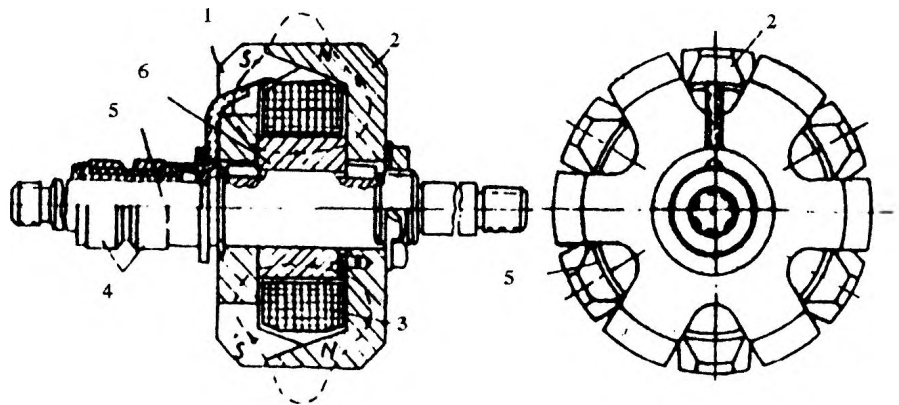


Hình 4.8: Các kiểu đấu dây.



a. Bộ tri chung: 1. Khối thép từ stator; 2. Cuộn dây ba pha stator.
b. Sơ đồ cuộn dây ba pha mắc theo hình sao.

Hình 4.9: Stator của máy phát điện xoay chiều.



1. Chùm cực từ tính S; 2. Chùm cực từ tính N; 3. Cuộn dây kích thích;
4. Các vòng tiếp điện; 5. Trục rotor; 6. Ống thép từ.

Hình 4.10: Rotor máy phát điện xoay chiều kích thích bằng điện từ có vòng tiếp điện.

- **Rotor:** bao gồm trục 5 và ở phía cuối trục có lắp các vòng tiếp điện 4, còn ở giữa có lắp hai chum cực hình móng 1 và 2. Giữa hai chum cực là cuộn dây kích thích 3 được quấn trên ống thép dẫn từ 6. Các đầu dây kích thích được hàn vào các vòng tiếp điện (hình 4.10).

Khi có dòng điện một chiều đi qua cuộn dây kích thích W_{kt} thì cuộn dây và ống thép dẫn từ trở thành một nam châm điện mà hai đầu ống thép là hai từ cực khác dấu. Dưới ảnh hưởng của các từ cực, các móng trở thành các cực của rotor, giống như cách tạo cực của loại rotor hình móng với nam châm vĩnh cửu.

- **Máy phát kích từ kiểu điện từ không có vòng tiếp điện**

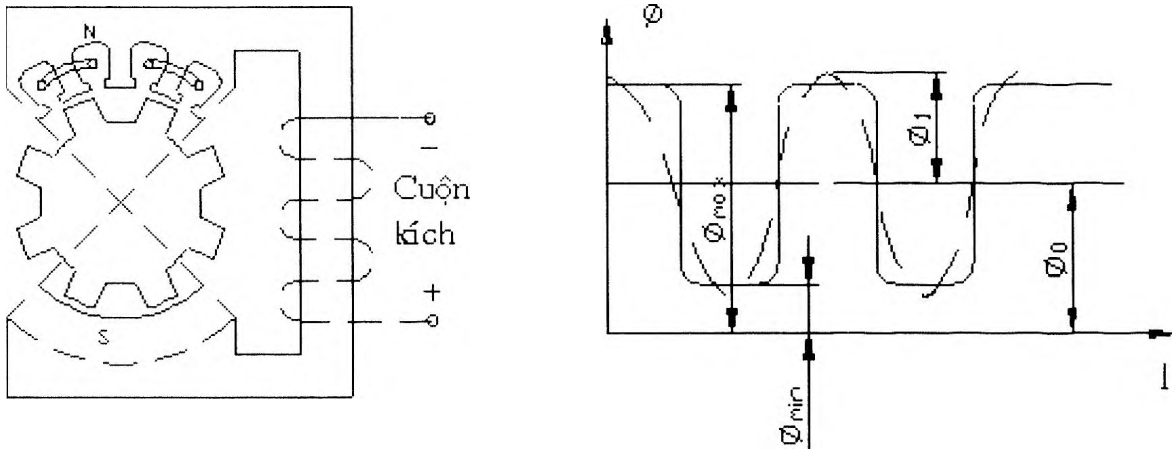
* **Cơ sở lý thuyết và nguyên lý hoạt động**

Vòng tiếp xúc và chổi than làm hạn chế tuổi thọ của máy phát. Nếu bỏ đi vòng tiếp

xúc và chổi thì tuổi thọ của máy phát sẽ tăng lên và chỉ phụ thuộc vào sự mài mòn của các ổ đỡ và sự lão hóa của lớp vỏ cách điện của các cuộn dây. Các máy phát không có chổi than gọi là máy phát không tiếp điểm (không có vòng tiếp điện). Các loại máy phát này rất cần thiết cho ô tô và máy kéo làm việc ở vùng đầm lầy hoặc nhiều bụi.

Nguyên lý làm việc của máy phát loại này như sau:

Ta sẽ xem xét một nam châm điện cùng với rotor quay (hình 4.11) được kết hợp bằng lõi sắt chế tạo từ thép từ mềm và một cuộn kích trong đó có dòng điện một chiều. Các đầu cực nam châm điện có dạng hình trụ được khoét rãnh: giữa các cực rotor ở dạng bánh xích làm bằng thép từ mềm.



Hình 4.11: Sơ đồ máy phát xoay chiều không chổi than và sự thay đổi từ thông.

Giả thiết rằng: trên chiều dài của cung rãnh nam châm điện (stator) có một số răng của rotor chẵn, bước răng của stator $tz1$ và của rotor $tz2$ có quan hệ $tz1 = tz2/2$ và ở rãnh stator ta đặt cuộn dây có bước bằng độ chia răng của stator.

Nếu độ mở của rãnh nhỏ thì khi rotor quay, tổng từ trở của mạch từ không đổi. Vì vậy khi sức từ động Fk của cuộn kích thích không đổi thì từ thông qua toàn bộ mạch từ cũng không đổi. Không phụ thuộc vào vị trí của rotor, phần lớn từ thông sẽ đi qua các răng của rotor và chỉ có một phần nhỏ là qua rãnh. Trên hình 4.11b mô tả hình trái của nam châm điện theo khe hở (phần che khuất của rãnh stator được bỏ qua).

Khi rotor quay, vị trí các răng của nó so với các răng của stator sẽ thay đổi và từ thông qua mỗi một răng của stator sẽ giảm xuống một cách tuần hoàn từ cực đại (tâm của các răng trùng nhau) đến cực tiểu (tâm răng stator trùng tâm rãnh rotor). Sự thay đổi của từ thông trong các răng của stator làm do sự xuất hiện sức điện động trong cuộn ứng. Cuộn dây trên các răng stator là cuộn dây phần ứng.

Đường cong từ thông trong khe hở không khí chiều dài l của đường tròn phần ứng đối với từng vị trí đã lựa chọn của rotor được thể hiện trên hình 4.11 b. Rõ ràng là hàm $\Phi = f(l)$ – đối xứng với trục Oy . Vì vậy, khi viết dưới dạng chuỗi Fourier, ta có dạng:

$$\Phi = \Phi_0 + \Phi_1 \cos l + \Phi_3 \cos 3l + \Phi_5 \cos 5l + \dots$$

Trong đó:

$$\Phi_0 : \text{Thành phần cố định của từ thông } \Phi_0 = 0,5(\Phi_{\max} + \Phi_{\min}).$$

Φ_1 : Biên độ của sóng đa hài bậc nhất bằng $0,5(\Phi_{max} + \Phi_{min})$.

Nếu bỏ qua các sóng đa hài bậc cao, ta được:

$$\Phi = \Phi_o + \Phi_1 \cos l.$$

Khi rotor quay với vận tốc $\omega = 2\pi f$ thì sự thay đổi của từ thông trong rãnh là:

$$\Phi = \Phi_o + \Phi_1 \cos \omega t.$$

Sự thay đổi của từ thông tại răng stator tạo ra một sức điện động trong cuộn dây nằm trên răng là:

$$e_{ke} = \omega_k \cdot d\Phi/dt.$$

Trong đó: ω_ϕ - Số vòng dây trong cuộn dây.

Giá trị tức thời của sức điện động tại pha cuộn ứng:

$$e_\phi = \omega_\phi \cdot d\Phi/dt = \omega k_{o1} \omega_\phi \Phi_1 \sin \omega t = E_m \sin \omega t.$$

Trong đó:

ω_ϕ : Số vòng dây trong pha, bằng $Z_s \omega_k$

E_m : Biên độ của sức điện động pha, bằng $\omega \cdot K_{o1} \omega_\phi \Phi_1$.

Z_s : Số cuộn dây mắc nối tiếp ở pha.

Giá trị sức điện động hiệu dụng của pha khi có xem xét đến dạng thực của từ thông trong khe hở:

$$E_\phi = 4k_\phi k_{o1} \frac{Z_2 n}{60} \omega_\phi 0,5(\Phi_{max} - \Phi_{min}) = 2k_\phi k_{o1} \frac{Z_2 n}{60} \omega_\phi (\Phi_{max} - \Phi_{min})$$

Khi thiết kế máy phát cần giảm Φ_{min} , tức $\Phi_{min} \rightarrow 0$, lúc đó:

$$E_\phi = 2k_\phi k_{o1} \frac{Z_2 n}{60} \omega_\phi \Phi_{max} \quad (4.8)$$

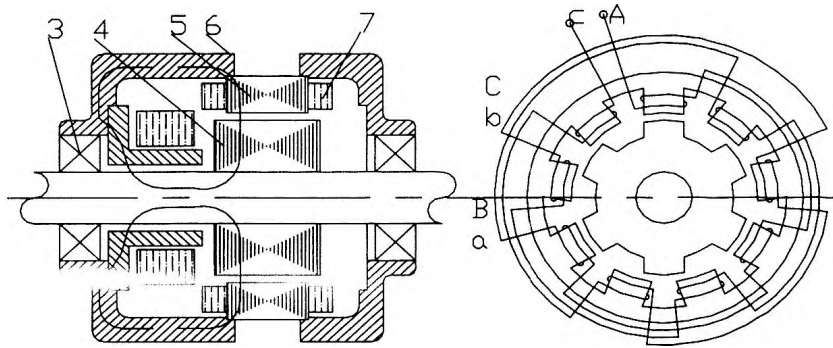
Như vậy: Khi rotor quay, trong các vòng của cuộn dây stator sẽ cảm ứng một sức điện động xoay chiều có tần số biến đổi tỉ lệ với vận tốc rotor.

Như vậy: Máy phát không tiếp điểm hay còn gọi là máy phát điện cảm ứng là máy mà từ thông chính ở điểm bất kỳ stator chỉ thay đổi về giá trị mà không thay đổi về dấu.

Nếu như lấy đặc điểm mạch từ của phần ứng làm tiêu chuẩn phân loại thì máy phát điện cảm ứng có thể được chia làm loại kích thích dọc trục (cuộn kích nằm dọc trục máy) và loại kích thích hướng tâm (cuộn kích nằm dọc theo các đường kính). Sự phân bố của các cuộn kích thích sẽ có ảnh hưởng lớn lên kết cấu của máy phát cũng như lên các đặc tính và tính chất của nó. Hiện nay, người ta thường dùng loại kích thích dọc trục (trên các máy kéo).

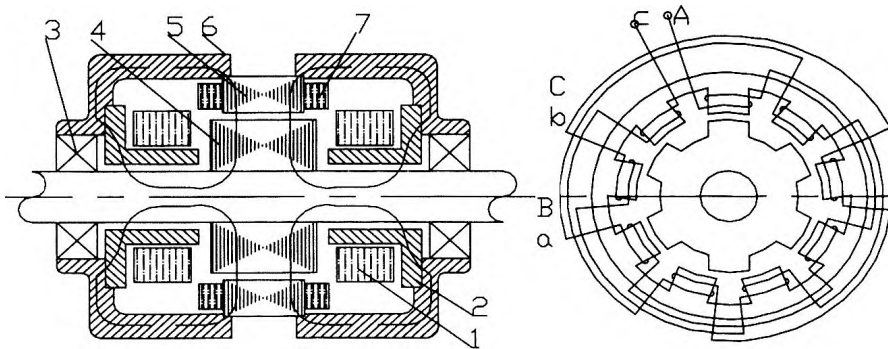
- **Kết cấu máy phát cảm ứng**

Dưới đây là các sơ đồ kết cấu của máy phát cảm ứng kích thích dọc trục: kích thích một phía (Hình 4.12) và hai phía (Hình 4.13).



Hình 4.12: Kết cấu máy phát kích thích một phía.

1. Cuộn kích; 2. Ống lót; 3. Trục; 4. Rotor; 5. Lõi thép stator; 6- Nắp bằng thép từ; 7- Cuộn pha; 8- Nắp nhôm; A,B,C- Đầu các pha; a,b,c- Cuối các pha.



Hình 4.13: Kết cấu máy phát kích thích hai phía.

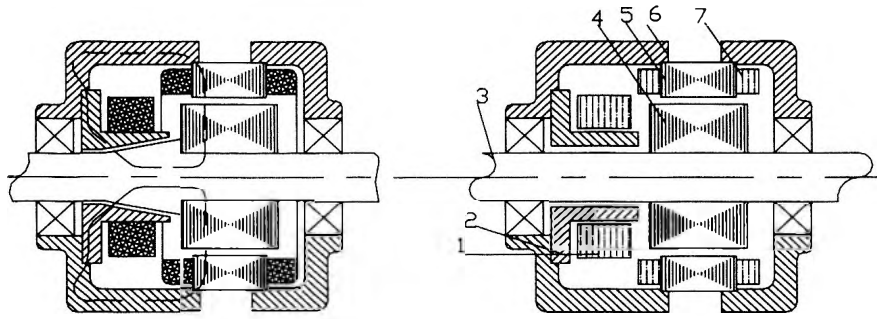
Trên trục 3 của máy phát người ta ép một bánh xích 6 răng chế tạo từ vật liệu sắt từ. Trục cùng ổ lăn được đặt ở nắp 6. Ở máy phát kích thích hai phía thì cả hai nắp làm từ vật liệu sắt từ. Tại các nắp này có ống lót dạng mặt bích 2 (bạc lót này được lắp kín chặt (có độ hở theo mặt bích nhỏ) để có thể bỏ qua). Các bạc lót này được lắp trên trục 3 có khe hở giữa chúng là $\delta = 0,15 \div 0,30 \text{ mm}$.

Lõi phần ứng 5 (của stator) được hình thành từ các tấm thép kỹ thuật điện có 9 rãnh phân bố đều nhau. Các rãnh của phần ứng dạng hở. Tại các rãnh của phần ứng có cuộn dây ba pha 7. Các cuộn dây ở một pha được mắc nối tiếp nhau, còn chính các pha được đấu dạng tam giác.

Nắp đáy 6 được chế từ vật liệu từ tính, còn nắp kia từ hợp kim nhôm.

Cuộn kích thích 1 sẽ tạo nên từ thông trong mạch từ. Khi rotor quay thì từ thông này sẽ trở thành không đổi về trị số và chiều. Từ thông sẽ được khép mạch khi đi qua khe hở giữa ống lót 2 và trục 3, theo trục 3, qua bánh xích 4, qua khe hở công tác rotor và stator 5, qua nắp từ 6 và ống lót 2.

Đường đi và hướng của từ thông được thể hiện bởi đường gạch và các mũi tên. Do khi trục rotor quay thì từ thông chỉ thay đổi về trị số tại các răng của rotor và cụm stator, nên các đoạn này của mạch từ được chế tạo từ các tấm sắt từ mềm chiều dày $0,5 - 1 \text{ mm}$. Từ thông tại các nắp đáy, ống lót, trục sẽ hầu như không thay đổi. Vì vậy, chúng được chế tạo từ thép lá sắt từ mềm có chiều dày $12 \div 25 \text{ mm}$.



Hình 4.14: Cấu tạo máy phát xoay chiều không chổi than.

Nhằm tăng công suất trên một đơn vị khối lượng của máy phát người ta chế tạo máy phát cảm ứng dạng kích thích một phía dùng ống lót mặt bích dạng nón và trục dạng côn, có kết cấu được thể hiện trên hình 4.14.

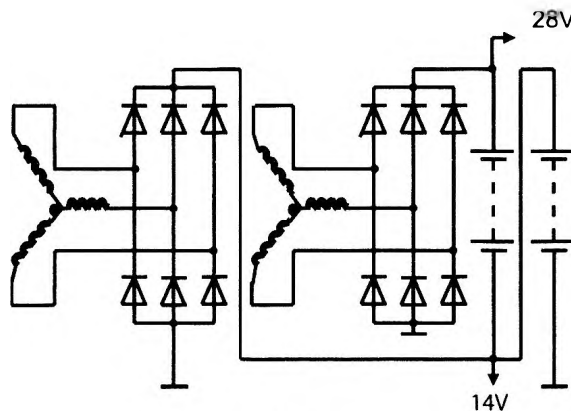
Máy phát cho phép giảm từ trở nhờ tăng diện tích khe hở không làm việc, vì vậy, nâng được công suất do máy phát sinh ra. Song ống lót và trục dạng nón dẫn đến công nghệ chế tạo phức tạp, tốn kim loại, làm giá thành của máy phát cao. Trên một số máy phát, người ta khắc phục nhược điểm này bằng cách sử dụng hệ thống kích thích phối hợp dùng cuộn kích thích và nam châm vĩnh cửu.

• **Máy phát xoay chiều hai nấc điện áp 14/28V**

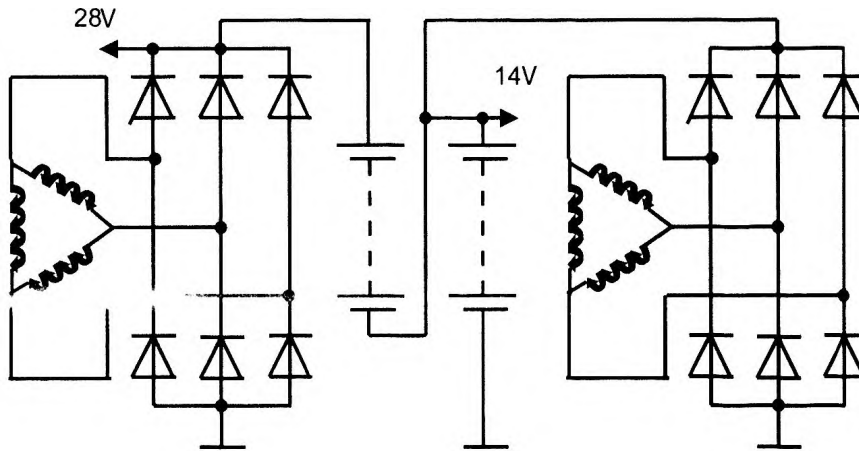
Đối với các loại xe có công suất (P) lớn (ô tô tải), người ta sử dụng nguồn điện $U = 24V$ để cung cấp cho máy khởi động và các phụ tải điện.

Để nâng cao mức điện áp cung cấp cho hệ thống khởi động và các phụ tải điện, hiện nay trên các xe thường dùng hai ắc quy và relay đổi đầu điện áp, bằng cách đấu nối tiếp hai ắc quy lại với nhau để được điện áp là $24V$ trong lúc sử dụng tải có công suất lớn (máy khởi động, bơm điện ...) và đấu song song hai ắc quy để có điện áp $12V$ khi dùng các phụ tải điện có công suất bình thường. Khi sử dụng tải có công suất lớn hơn ($P = U.I$) với điện áp $U = 12V$ thì dòng qua tải rất lớn nên phải dùng loại dây dẫn có tiết diện lớn. Thêm vào đó, nhiệt lượng sinh ra trên dây dẫn tỉ lệ với bình phương cường độ dòng điện. Nếu ta nâng mức điện áp lên $U = 24V$ thì dòng qua tải sẽ giảm, vì thế có thể dùng dây dẫn có tiết diện nhỏ hơn và mất mát năng lượng trên dây dẫn sẽ giảm, giúp tiết kiệm nhiên liệu.

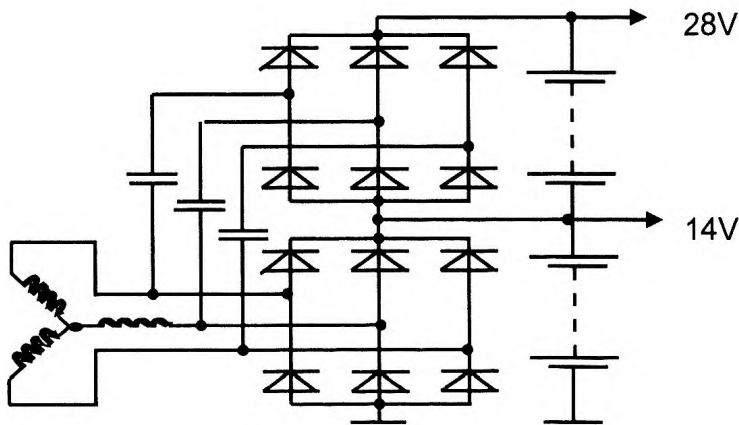
Để có được cùng một lúc hai nấc điện áp $28V$ và $14V$ thì máy phát phải thiết kế có hai nấc điện áp tương ứng. Sơ đồ mạch điện của máy phát loại này được thiết kế theo các mạch trên hình 4.15.



Hình 4.15a



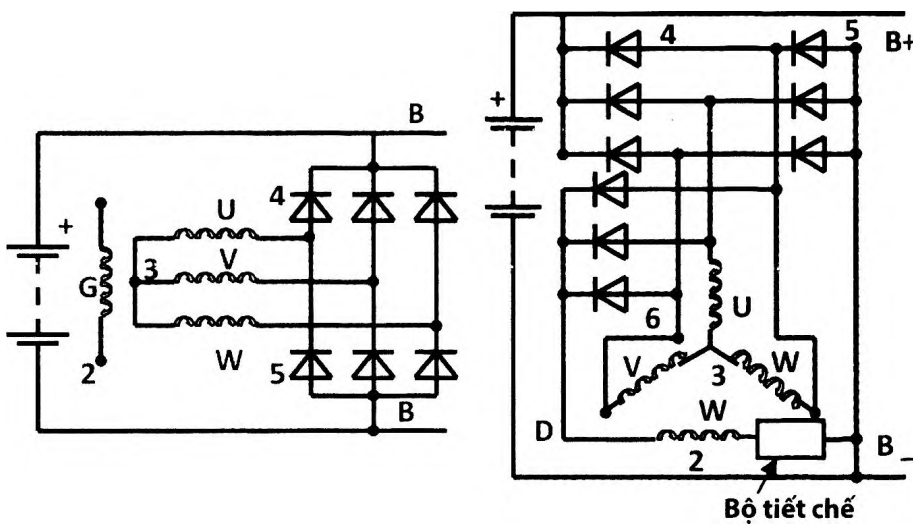
Hình 4.15b



Hình 4.15c

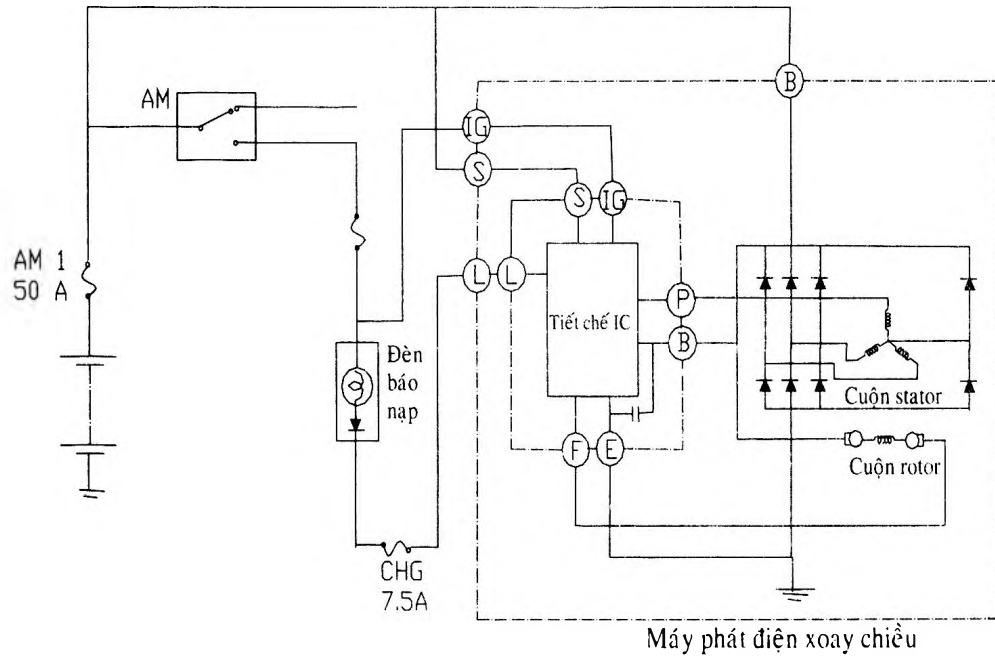
Hình 4.15: Các kiểu máy phát hai nấc điện áp.

• Bộ chỉnh lưu



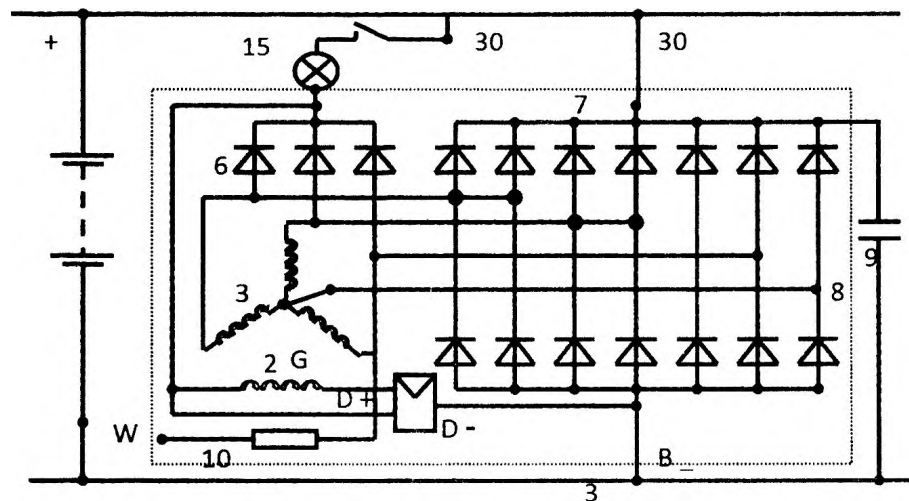
Hình 4.16 a: Bộ chỉnh lưu 6 diode.

Để biến đổi dòng điện xoay chiều của máy phát sang dòng điện một chiều, ta dùng bộ chỉnh lưu 6 diode, 8 diode hoặc 14 diode. Đối với máy phát có công suất lớn ($P > 1000 W$), sự xuất hiện sóng đa hài bậc 3 trong thành phần của hiệu điện thế pha do ảnh hưởng của từ trường các cuộn pha lên cuộn kích làm giảm công suất máy phát.



Hình 4.16b: Bộ chỉnh lưu 8 diode.

Vì vậy người ta sử dụng cặp diode mắc từ dây trung hoà để tận dụng sóng đa hài bậc 3, làm tăng công suất máy phát khoảng 10 – 15% (hình 4.16b). Trong một số máy phát, người ta còn sử dụng ba diode nhỏ (diode trio) mắc từ các pha để cung cấp cho cuộn kích đồng thời đóng ngắt đèn báo nạp (hình 4.16c).



1. Ắc quy; 2. Cuộn kích (G); 3. Cuộn dây stator; 4. Diode chỉnh lưu (+); 5. Diode chỉnh lưu (-); 6. Diode trio; 7. Các diode công suất; 8. Diode chỉnh lưu dòng trung hòa; 9. Tự điện; 10. Đầu cuối của cuộn dây máy phát (W).

Hình 4.16c: Bộ chỉnh lưu 14 diode.

• **Hoạt động của bộ chỉnh lưu**

Trên hình 4.17 là sơ đồ của máy phát chỉnh lưu 3 pha có bộ nắn dòng mắc theo sơ đồ nắn dòng hai nửa chu kỳ, ba pha. Các cuộn dây stator được đấu dạng sao. Với kiểu mắc này thì quan hệ giữa điện áp và cường độ dòng điện trên dây và trên pha là:

$$U_n = \sqrt{3} U_\phi \text{ và } I_n = I_\phi$$

Ta giả thiết rằng tải của máy phát là điện trở thuần.

Điện áp tức thời trên các pha A, B, C là:

$$U_A = U_m \sin \omega t$$

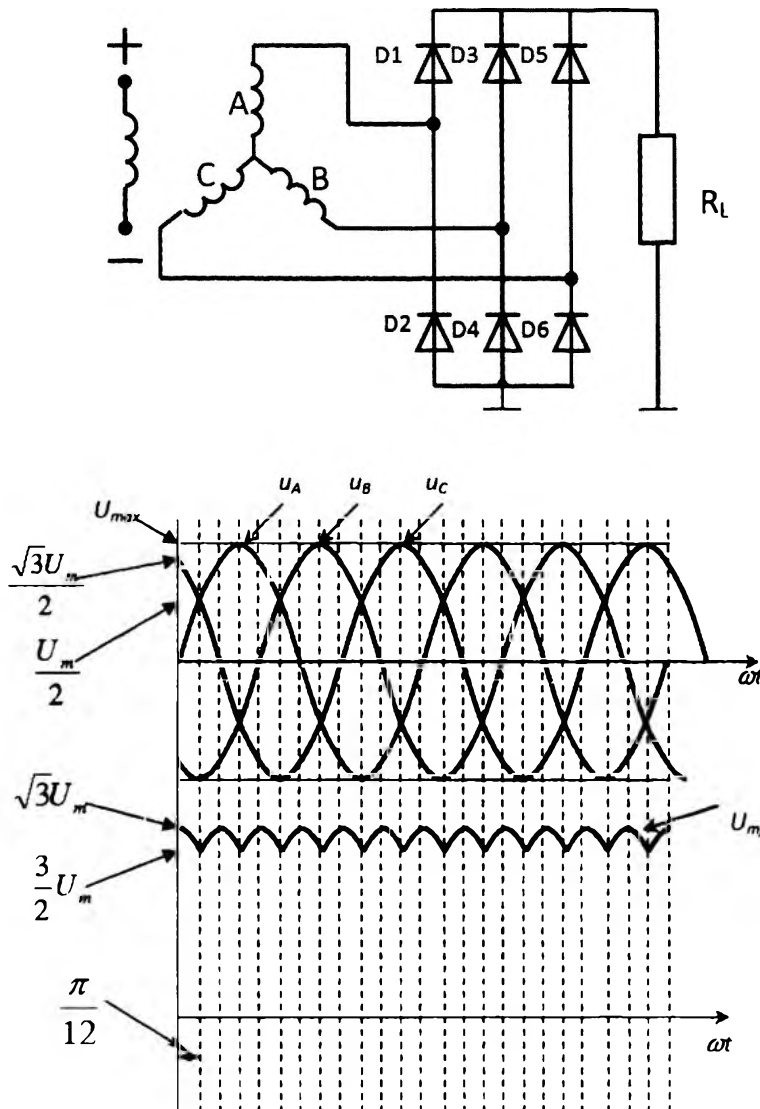
$$U_B = U_m \sin(\omega t - 2\pi/3)$$

$$U_C = U_m \sin(\omega t + 2\pi/3)$$

Trong đó:

U_m : điện áp cực đại của pha;

$\omega = 2\pi f = 2\pi.n.p/60$ là vận tốc góc.



Hình 4.17: Sơ đồ chỉnh lưu máy phát ba pha và điện áp sau khi đã chỉnh lưu.

Ta cũng giả thiết là các diode mắc ở hướng thuận có điện trở R_f vô cùng bé ($R_f = 0$) còn ở hướng ngược thì rất lớn ($R_n = \infty$).

Trên sơ đồ chỉnh lưu ba pha này có 6 diode; 3 diode ở nhóm trên hay còn gọi là các diode dương (D_1, D_3, D_5), có catod được nối với nhau; Nhóm dưới còn gọi là các diode âm (D_2, D_4, D_6) có các anode được nối với nhau. Ở hướng dẫn điện, một diode nhóm trên dẫn điện khi anode của nó có điện thế cao hơn, còn ở nhóm dưới diode dẫn có điện thế thấp hơn. Vì vậy, ở một thời điểm bất kỳ đều có 2 diode hoạt động, một diode cực tính dương (phía trên) và một diode cực tính âm (phía dưới). Mỗi diode sẽ cho dòng điện qua trong $1/3$ chu kỳ ($T/3$).

Điện thế dây của máy phát được đưa lên bộ chỉnh lưu. Điện áp chỉnh lưu được xác định bởi các tung độ nằm giữa các đường cong trên và dưới (hình 4.17c) của điện áp pha U_A, U_B, U_C . Vì vậy, điện áp chỉnh lưu tức thời U_{mf} sẽ thay đổi và tần số xung động của điện áp chỉnh lưu lớn hơn tần số của điện áp pha 6 lần:

Trị số nhỏ nhất của điện áp chỉnh lưu bằng $1,5U_m$, và lớn nhất là $1,73 U_m$.

Sự thay đổi của điện áp chỉnh lưu:

$$\Delta U_{mf} = (1,73 - 1,5).U_m = 0,23 U_m = 0,325 U_\Phi \quad (4.9)$$

Từ đồ thị ở hình 4.17c, ta có thể xác định giá trị tức thời của điện áp chỉnh lưu.

$$u_{mf} = \sqrt{3} U_m \cdot \cos \omega t \quad (4.10)$$

Trị trung bình của điện áp chỉnh lưu (công thức 4.10)

$$U_{mf} = \frac{1}{T/6} \int_{-T/12}^{T/12} \sqrt{3} \cos \omega t \cdot dt = \frac{6}{T} \sqrt{3} U_m \frac{1}{\omega} \sin \omega t \Big|_{-T/12}^{T/12}$$

$$U_{mf} = \frac{3\sqrt{3}.U_m}{\pi} = 1,65.U_m \quad (4.11)$$

Với:

$$\omega T = 2\pi; \quad f = 1/T$$

$$U_{mf} = 1,65 \sqrt{2} U_\Phi = 2,34 U_\Phi = 1,35 U_d$$

U_Φ : điện thế hiệu dụng pha.

U_d : điện thế hiệu dụng dây.

Như vậy, đối với mạch chỉnh lưu cầu ba pha thì giá trị trung bình của điện áp lưu lớn gấp 2,34 lần so với điện áp pha và 1,35 lần so với điện áp dây. Xung độ của điện áp chỉnh lưu có thể biểu diễn qua điện áp chỉnh lưu trung bình, bằng cách đưa vào công thức (4.10) giá trị U_{mf} xác định từ (4.11).

$$\Delta U_{mf} = \frac{0,23 U_{mf}}{1,65} = 0,139 U_{mf}$$

% xung độ của điện áp chỉnh lưu:

$$\Delta U_{mf} = \frac{100U_{mf}}{U_{mf}} = 13,9 \%$$

Ví dụ ở trị trung bình của điện áp chỉnh lưu là $14V$ thì độ xung độ là $1,95V$. Lúc này, giá trị cực đại của điện áp chỉnh lưu bằng $14V$, còn trị cực tiểu là $12,7V$.

Khi nối điện trở thuần R vào bộ chỉnh lưu thì dòng chỉnh lưu (trị tức thời):

$$i_{mf} = \frac{U_{mf}}{R}$$

Hình dạng của dòng chỉnh lưu cũng tương tự như hình dạng của điện áp chỉnh lưu, tức là dòng chỉnh lưu dao động với biên độ:

$$I_m = \frac{U_m}{R}$$

Giá trị trung bình của dòng chỉnh lưu được tính bởi:

$$I_{mf} = \frac{6}{T} \int_{-T/12}^{T/12} I_m \cdot \cos \omega t \cdot dt = 3 \frac{I_m}{\pi} = 0,955 I_m \quad (4.12)$$

Như đã nêu, mỗi một diode sẽ cho dòng điện đi qua trong $1/3$ chu kỳ ($T/3$). Vì vậy, giá trị tức thời dòng điện qua các diode i_1, i_2, \dots, i_6 có đặc tính xung (hình 4.17) và giá trị trung bình của dòng điện qua một diode bằng $I_{mf}/3$

Dòng điện chạy trong các cuộn pha của máy phát có thể được xác định khi ta xét nút nối

$$i_A + i_2 - i_1 = 0 \rightarrow i_A = i_1 - i_2$$

Như vậy, dòng pha không sin và ngắt quãng.

Giá trị hiệu dụng dòng pha:

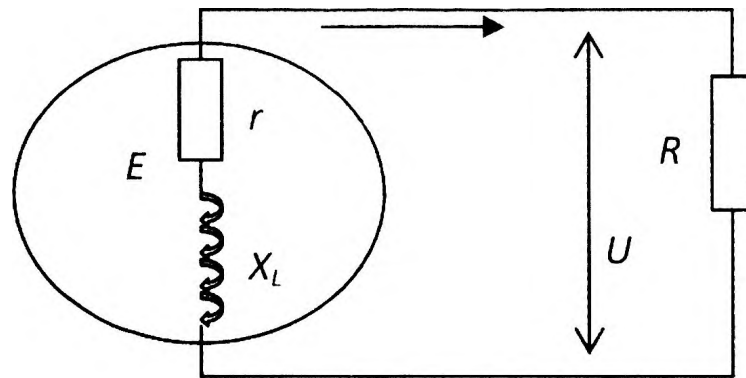
$$I_\phi = \sqrt{\frac{T}{4} \int_{-T/3}^{T/3} I_m^2 \cdot \sin^2 \omega t \cdot dt} = 0,755 I_m \quad (4.13)$$

$$\text{Từ đó: } I_\phi = 0,815 I_{mf}$$

4.3.2 Đặc tính máy phát điện

4.3.2.1 Đặc tính của máy phát xoay chiều kích thích bằng nam châm vĩnh cửu

Trên hình 4.18 là sơ đồ và đặc tính tải theo số vòng quay của máy phát điện xoay chiều kích thích bằng nam châm vĩnh cửu (không có cơ cấu điều chỉnh tự động) làm việc với phụ tải điện thuần (các bóng đèn).



Hình 4.18: Sơ đồ tính toán máy phát xoay chiều kích thích bằng nam châm vĩnh cửu.

Điện trở của các đèn ký hiệu là R , còn điện trở thuần và cảm kháng của cuộn dây stator ký hiệu là r và X_L , trong đó X_L là cảm kháng của máy phát điện.

Ở chế độ không tải, tức là khi $I_{mf} = 0$, thế hiệu của máy phát điện bằng sức điện động cảm ứng trong cuộn dây stator:

$$U_o = E = 4k.f.\Phi_o = 4k.w.(p.n/60)\Phi_o = C_o.n.\Phi_o \quad (4.14)$$

Trong đó:

Φ : từ thông của một cặp cực nam châm ở chế độ không tải.

w : tổng số vòng dây của cuộn dây stator.

k : hệ số tính đến dạng đường cong của sức điện động cảm ứng.

p : số đôi cực nam châm của rotor.

n : số vòng quay của rotor (min^{-1}).

f : tần số của dòng điện cảm ứng trong cuộn stator, Hz.

$$C_e = 4k.w.p/60: \text{Hằng số}$$

Khi đóng phụ tải điện sức điện động cảm ứng sẽ tạo nên dòng điện của máy phát.

$$I_{mf} = \frac{E}{\sqrt{(r+R)^2 + X_L^2}}$$

Trong đó cảm kháng phụ thuộc vào tần số của máy phát.

$$X_L = 2\pi.f.L = 2\pi.(p.n/60)L = C_x.n$$

$$C_x = \pi.p.L/30 : \text{Hằng số.}$$

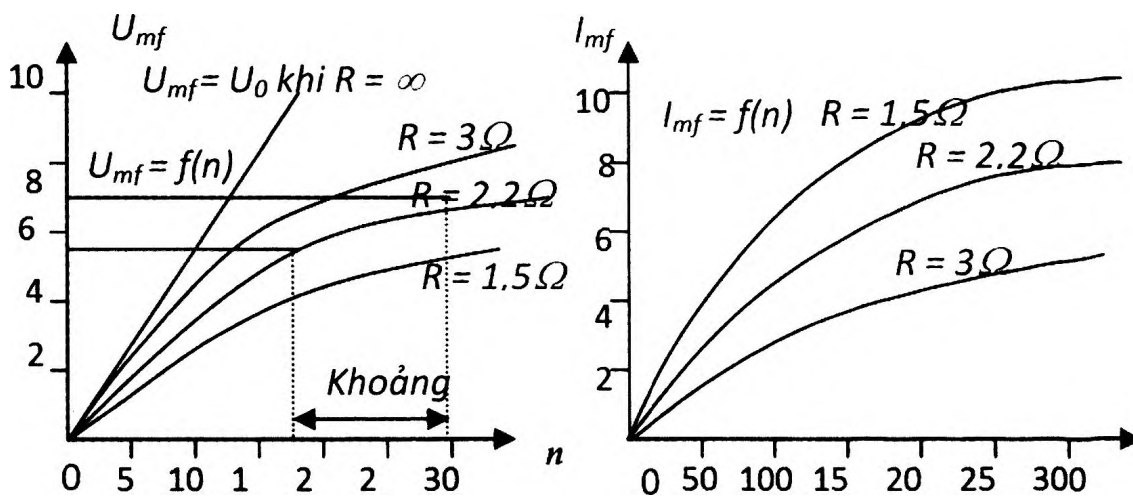
Thay biểu thức E vào X_L vào phương trình I_{mf} :

$$I_{mf} = \frac{C_e \cdot n \cdot \Phi_o}{\sqrt{(r + R)^2 + C_x^2 \cdot n^2}} \quad (4.15)$$

Phân tích phương trình trên ở tốc độ thấp, ta thấy giá trị $C_x^2 \cdot n^2$ rất bé so với $(r + R)^2$ và có thể bỏ qua, lúc đó:

$$I_{mf n \rightarrow 0} = \frac{C_e \cdot \Phi_o}{r + R} n$$

Như vậy ở số vòng quay thấp (đoạn đầu của đồ thị) dòng điện phụ thuộc vào số vòng quay một cách tuyến tính.



Hình 4.19: Đặc tính của máy phát điện xoay chiều kích bằng nam châm vĩnh cửu.

Ở số vòng quay cao giá trị $C_x^2 \cdot n^2$ rất lớn so với $(r + R)^2$ nên có thể bỏ qua, khi đó:

$$I_{mf n \rightarrow \infty} = \frac{C_e \cdot \Phi_o}{C_x} = const$$

Khi số vòng quay của máy phát điện tăng, dòng điện của nó sẽ tiến gần tới giá trị không đổi, còn hiệu điện thế của máy phát sẽ bằng độ sụt thế ở mạch ngoài, tức là $U_{mf} = I_{mf} R$. Nếu chọn điện trở tải cố định thì điện thế của máy phát sẽ thay đổi tỉ lệ thuận với dòng điện. Trong thực tế, điện trở của bóng đèn có tăng lên khi cường độ dòng điện qua nó tăng, do đó hiệu điện thế máy phát tăng nhanh hơn cường độ dòng điện.

Phương trình thu được còn cho thấy điện thế của máy phát điện thay đổi tỉ lệ với sự thay đổi của điện trở tải trong khoảng từ $U_{mf} = 0$ với $R = 0$ đến $U_{mf} = U_o$ với $R = \infty$, vì trong máy phát điện loại này, chỉ có dòng điện I_{mf} được tự điều chỉnh và hạn chế, còn điện thế U_{mf} là hàm của I_{mf} và R .

Qua nghiên cứu đặc tính, chúng ta thấy rõ rằng máy phát điện xoay chiều loại này có thể sử dụng bình thường ở số vòng quay giới hạn và với một trị số định mức của phụ tải điện.

Nhược điểm này hạn chế khả năng sử dụng các máy phát điện xoay chiều kích thích bằng nam châm vĩnh cửu, vì trong thực tế sử dụng cần phải thay đổi phụ tải điện.

4.3.2.2 Đặc tuyến máy phát xoay chiều kích thích bằng điện từ

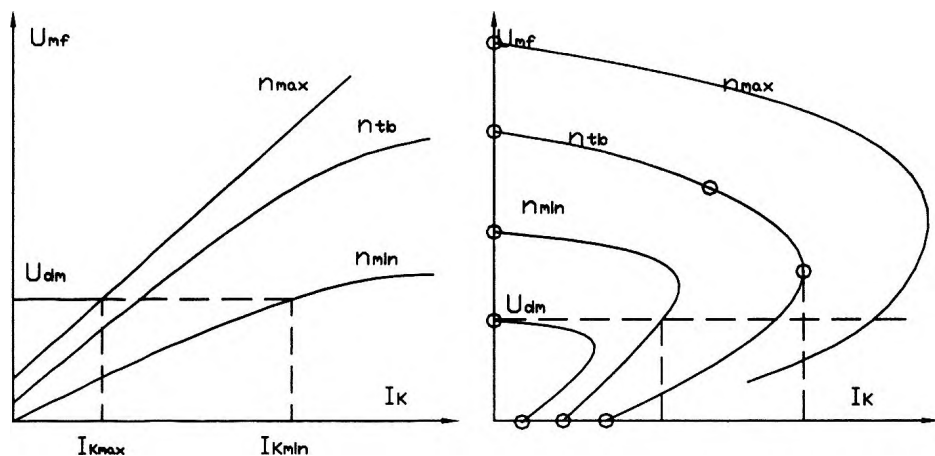
Đặc tính của các máy phát xoay chiều được xác định bằng các mối quan hệ giữa các đại lượng cơ bản sau:

- Điện thế của pha U_ϕ
- Điện thế dây U_d
- Điện thế chỉnh lưu
- Dòng điện của pha
- Dòng điện tải máy phát
- Dòng điện kích I_k
- Số vòng quay của máy phát n

4.3.2.3 Đặc tuyến không tải

Là những đường cong đặc trưng cho mối quan hệ điện thế của máy phát và dòng điện kích thích: $U_{mf} = f(I_k)$ khi số vòng quay không đổi $n_{mf} = const$ và dòng điện tải $I_{mf} = 0$.

Đặc tuyến không tải được xác định từ phương trình phụ thuộc của sức điện động máy phát vào số vòng quay. Vì dòng điện kích và từ thông tương ứng (ở khe hở không khí) phụ thuộc vào số vòng quay của máy phát điện, nên sức điện động không tỉ lệ thuận với số vòng quay của máy phát điện. Do đó đặc tính không tải của máy phát điện gồm những đường cong tương ứng với số vòng quay (Hình 4.20).



Hình 4.20:

- Đặc tuyến không tải ứng với số vòng quay khác nhau.
- Đặc tuyến ngoài ứng với số vòng quay khác nhau.

Theo đặc tính, ta xác định được hệ số đặc trưng số vòng của máy phát.

$$K_n = n_{max}/n_{min} = 8 \div 10$$

Sức điện động pha được xác định bởi:

$$E_\phi = 4k \cdot \omega_\phi \cdot n \cdot \Phi \cdot p / 60.$$

Trong đó

k : Hệ số phụ thuộc vào kết cấu máy phát.

($k = 1,1$ đối với máy phát xoay chiều)

ω_ϕ : Số vòng dây quấn trên một cuộn dây pha

Φ : Từ thông đi qua khe hở giữa rotor và stator

4.3.2.4 Đặc tuyến ngoài

Là những đường cong đặc trưng cho mối quan hệ giữa điện thế máy phát điện sau chỉnh lưu và dòng điện tải (hình 4.20b).

$$U_{mf} = f(I_{mf})$$

Với $n = \text{const}$;

$U_k = U_{\text{âm}} = \text{const}$, và điện trở kích thích $R_k = \text{const}$.

Khi tải máy phát tăng điện thế U_{mf} giảm nhanh.

Nguyên nhân giảm điện thế khi điện tải tăng là do độ sụt áp tăng (độ sụt áp trong diode, độ sụt áp trên điện trở thuần và cảm kháng của cuộn dây), do ảnh hưởng của phản ứng làm từ thông qua stator giảm và do hiện tượng phản từ.

Điện trở toàn phần của pha trong cuộn stator:

$$Z_\phi = \sqrt{R_\phi^2 + X_L^2}$$

$$X_L = \omega \cdot L = \frac{2\pi \cdot p \cdot n \cdot L}{60}$$

$$Z_\phi = \sqrt{R_\phi^2 + \left(2\pi \cdot n \cdot p \cdot \frac{L}{60}\right)^2}$$

Trong đó:

R_ϕ : điện trở thuần của pha.

X_L : trở kháng của pha.

L : độ cảm của cuộn pha.

Giá trị của Z_ϕ phụ thuộc vào số vòng quay n , vì vậy, khi n tăng lên thì độ cong của điện áp U_{mf} tăng lên.

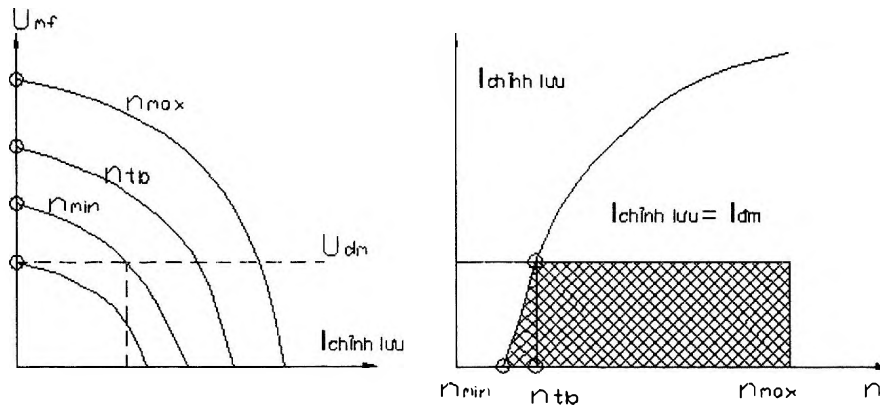
4.3.2.5 Đặc tuyến tải theo số vòng quay

Đặc tuyến tải theo số vòng quay là những đường cong đặc trưng cho quan hệ giữa dòng điện tải và số vòng quay (hình 4.21a).

$$I_f = f(n); U_f = U_{dm}; I_k = const.$$

Ở độ cao, dòng điện phát ra tăng chậm và giá trị cực đại của nó không vượt qua giá trị cực đại đã định, tức là máy phát có tính chất tự hạn chế dòng (hình 4.21).

$$I_{mf\max} = 2/3 I_{k\max}$$



Hình 4.21: Đặc tuyến tải theo số vòng quay.

$$I_{mf} = \frac{E_{mf}}{\sqrt{(R + R_L)^2 + \left(2\pi \frac{p.n.L}{60}\right)^2}} = \frac{C_e.n.\Phi}{\sqrt{(R + R_L)^2 + \left(2\pi \frac{p.n.L}{60}\right)^2}}$$

Với: $C_e = 4KK_1\omega_\phi.p/60$
 $K_1 = 2,34$

Ở tốc độ thấp:

$$(R + R_L)^2 \gg \left(\frac{2.\pi.n.p.L}{60}\right)^2$$

Vi vậy:

$$I_{mf} \rightarrow \frac{C_e n\phi}{R + R_L}$$

Ở tốc độ cao:

$$(R + R_L)^2 \ll \left(\frac{2.\pi.n.p.L}{60}\right)^2$$

Do đó:

$$I_{mf} \rightarrow \frac{C_e \phi}{2\pi Lp/60} = const$$

Như vậy, máy phát điện xoay chiều có khả năng tự hạn chế dòng ở tốc độ cao.

4.4 Bộ điều chỉnh điện (Bộ tiết chế)

4.4.1 Cơ sở lý thuyết điều chỉnh điện áp trên ô tô và phương pháp điều chỉnh

Khi điều chỉnh điện áp và cường độ dòng điện của máy phát trong các hệ thống cung cấp điện, đối tượng điều chỉnh là máy phát và ắc quy. Hoạt động đồng thời của máy phát cùng ắc quy xảy ra khi có sự thay đổi vận tốc quay của phần ứng (rotor) của máy phát, của tải và của nhiệt độ trong phạm vi rộng. Để các bộ phận tiếp nhận điện năng làm việc bình thường thì điện thế của lưới điện phải không đổi. Vì vậy, cần phải có sự điều chỉnh điện thế.

Trong quá trình vận hành, máy phát có thể có những trường hợp khi tải vượt quá trị số định mức. Điều này sẽ dẫn đến hiện tượng bị cháy, làm giảm khả năng chuyển đổi mạch hoặc quá nhiệt, dẫn đến tăng tải trên các chi tiết cơ khí của hệ thống dẫn động máy phát. Vì vậy, cần có thiết bị đảm bảo sự hạn chế dòng điện của máy phát. Tất cả các chức năng này ở hệ thống cung cấp điện cho ô tô, máy kéo được thực hiện tự động nhờ bộ điều chỉnh điện thế và dòng điện.

Điện áp của máy phát một chiều hoặc xoay chiều có thể được biểu diễn bởi công thức:

$$U_{mf} = C_e \cdot n \cdot \Phi - 2U_o - R_{td} I_{mf} \quad (4.16)$$

Trong đó:

C_e : hằng số kết cấu của máy phát.

$C_e = pn/60 \cdot a$ (đối với máy phát một chiều).

$C_e = 4 \cdot k_p \cdot k_\phi \cdot k_o \cdot p \cdot w_\phi / 60$ (đối với máy phát xoay chiều)

k_p : hệ số chỉnh lưu, xác định qua tỉ số giữa điện áp chỉnh lưu trung bình và điện áp pha.

n : vận tốc quay của rotor máy phát.

$2U_o$: độ sụt áp trên bộ chỉnh lưu của máy phát (với máy phát một chiều $2U_o$ là độ sụt áp trên chổi than).

R_{td} : điện trở tương đương của máy phát có tính đến độ sụt áp trong máy phát và bộ chỉnh lưu (với máy phát xoay chiều

R_{td} : là một biến số phụ thuộc vào vận tốc quay của rotor).

I_{mf} : dòng điện của máy phát.

K_o : hệ số dây quấn.

K_ϕ : hệ số dạng từ trường.

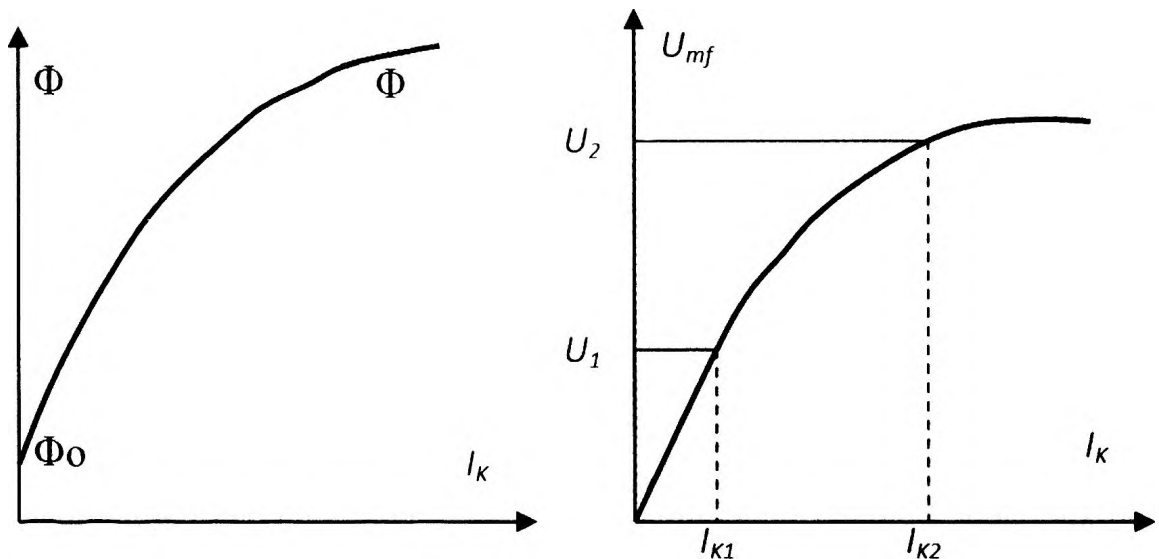
Từ thông của máy phát được kích thích bằng điện từ có thể biểu diễn qua dạng kích thích.

$$\Phi = \frac{\Phi_o + I_k}{(a + b \cdot I_k)}$$

Trong đó:

Φ_o : từ dư.

a, b : các hệ số của đường cong từ hóa.



Hình 4.22: Đặc tuyến từ và hiệu điện thế máy phát phụ thuộc vào dòng kích.

Để xác định các hệ số a, b trên đường đặc tính không tải (hình 4.22), ta chọn hai điểm: điểm 1 trên đoạn thẳng, điểm 2 trên đoạn bão hòa. Bỏ qua ảnh hưởng của từ dư Φ_0 và độ sụt áp trên bộ chỉnh lưu $2U_0$ đối với những điểm đã chọn, ta có thể viết:

$$U_1 = C_e \cdot n \cdot I_{k1} / (a + bI_{k1}).$$

$$U_2 = C_e \cdot n \cdot I_{k2} / (a + bI_{k2}).$$

Giải hệ phương trình này ta được:

$$a = [C_e \cdot n \cdot I_{k1} \cdot I_{k2} (U_2 - U_1)] / [U_1 \cdot U_2 (I_{k2} - I_{k1})].$$

$$b = [C_e \cdot n \cdot (U_1 \cdot I_{k2} - U_2 \cdot I_{k1})] / [U_1 \cdot U_2 (I_{k2} - I_{k1})].$$

Nếu tính đến những giả thiết đã nêu, phương trình (4.16) sẽ có dạng:

$$U_{mf} = C_e \cdot n \cdot I_k / (a + b \cdot I_k) - R_{\text{đ}} I_{mf} \quad (4.17)$$

Như vậy, để cho điện áp máy phát không thay đổi khi vận tốc của phần ứng và tải thay đổi trong phạm vi rộng, cần phải thay đổi dòng điện kích thích. Quy luật thay đổi dòng kích thích có thể xác định từ (4.17).

$$I_k = [(U_{mf} + R_{\text{đ}} I_{mf}) \cdot a] / [C_e \cdot n - (U_{mf} + R_{\text{đ}} I_{mf}) \cdot b] \quad (4.18)$$

Vì vậy, khi vận tốc phần ứng máy phát tăng thì dòng điện kích thích phải giảm, còn khi tải tăng thì dòng điện kích thích tăng. Phạm vi thay đổi của vận tốc phần ứng, mà khi ấy điện thế của máy phát phải giữ cố định được xác định bởi hệ số tốc độ:

$$K_n = \frac{n_{\text{max}}}{n_{\text{min}}}$$

$$(K_n = 6 \div 8 \text{ đối với ô tô, } 3 \div 4 \text{ đối với máy kéo})$$

Hệ số dòng kích thích được xác định bởi $K_I = I_{kmax} / I_{kmin}$ có thể suy ra từ phương trình (4.18) từ điều kiện:

Ở tốc độ: n_{min} – dòng kích thích có giá trị cực đại I_{kmax}

n_{max} – dòng kích thích có giá trị cực tiểu I_{kmin} .

Ta có:

$$K_I = \frac{[C_e \cdot n_{max} (U_{mf} + R_{td} \cdot I_{mf})] \cdot t}{[C_e \cdot n_x (U_{mf} + R_{td} \cdot I_{mf})] \cdot b}$$

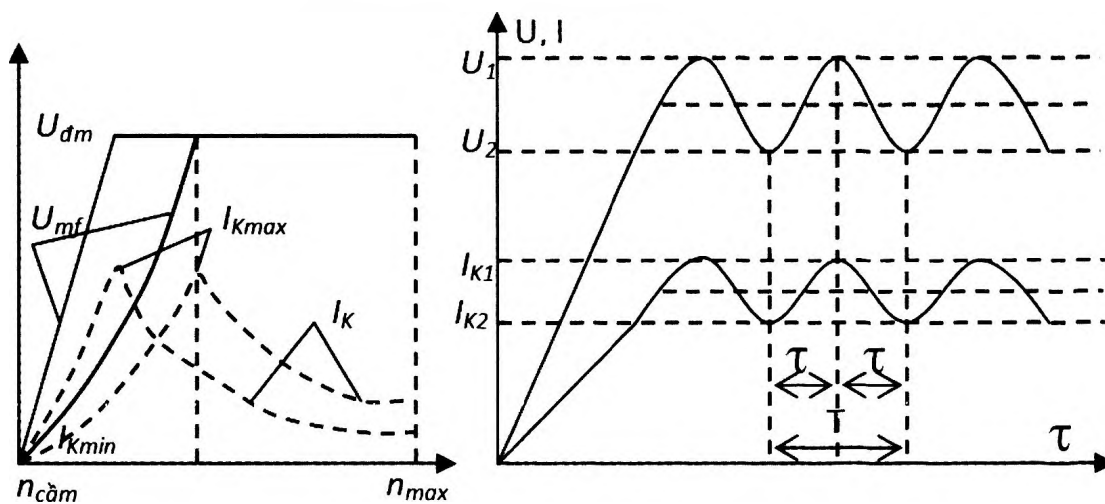
Như vậy, hệ số dòng kích thích sẽ lớn hơn so với hệ số điều chỉnh theo vận tốc phần ứng. Điều này xảy ra là do đường cong từ hóa có đặc tính phi tuyến. Độ điều chỉnh (số lần) lớn nhất về dòng kích thích có thể thực hiện ở chế độ không tải thường là ở máy phát chỉnh lưu có độ bão hòa sâu của mạch từ; hệ số của các máy phát loại này là 15 ÷ 20.

Khi giải phương trình (4.17) theo vận tốc quay của phần ứng, ta được:

$$n = (U_{mf} + R_{td} I_{mf}) \cdot (a + b \cdot I_k) / C_e \cdot I_k$$

Từ phương trình này ta thấy khi tải tăng lên (ở I_{kmax} , $U_{mf} = const$) thì vận tốc phần ứng mà khi đó máy phát tạo ra điện thế không đổi, cũng tăng lên.

Theo phương trình (4.17), (4.18) khi thay đổi vận tốc phần ứng và tải, ta có thể xây dựng đặc tính làm việc của máy phát (hình 4.22a).



Hình 4.23a: Đặc tính hiệu chỉnh điện thế của máy phát

4.4.1.1 Phương pháp điều chỉnh điện thế

Căn cứ vào phương pháp điều chỉnh dòng kích thích, các bộ điều chỉnh điện thế được phân làm hai loại:

- **Bộ điều chỉnh hoạt động liên tục**

Bộ điều chỉnh hoạt động liên tục có tín hiệu ở đầu vào và đầu ra của tất cả các phần

từ có dạng là một hàm liên tục theo thời gian. Ở những bộ điều chỉnh này, dòng kích thích và điện trở thay đổi theo thời gian và phụ thuộc vào vận tốc của phần ứng và tải máy phát. Dòng điện kích thích ở một hệ thống như vậy:

$$I_k = U_{mf} / (R_k + R_{bs}).$$

$$U_{mf} = U_{dm} = 13,8V.$$

Trong đó:

$$R_{bs} = U_{mf} \left[\frac{C_e \cdot n}{(U_{mf} + R_{td} \cdot I_{mf}) \cdot a} - \frac{b}{a} \right] - R_k$$

R_{bs} – Điện trở bổ sung của biến trở trong mạch kích thích.

Vì vậy để đảm bảo điện thế không đổi của máy phát thì điện trở phụ R_{bs} cần tăng khi tăng vận tốc phần ứng và giảm khi tăng tải trên máy phát.

• Bộ điều chỉnh hoạt động gián đoạn

Bộ điều chỉnh hoạt động gián đoạn thực hiện việc thay đổi tín hiệu theo mức độ hoặc thực hiện điều biến bề dài xung. Các phần tử chủ yếu của bộ điều chỉnh loại này là các relay khác nhau. Quá trình điều chỉnh điện áp xảy ra như sau:

Khi điện áp máy phát $U_{mf} < U_n$ thì sẽ xuất hiện quá trình tự kích thích các thông số và cấu trúc điều chỉnh sẽ thay đổi dạng bước nhảy. Do vậy, dòng điện kích thích giảm xuống và, tại mạch kích thích, các thông số và cấu trúc điều chỉnh sẽ trở lại giá trị cũ. Quá trình lặp lại có tính tuần hoàn. Lúc này, điện thế trung bình của máy phát U_{mf} và dòng kích thích I_k sẽ không thay đổi ở vận tốc phần ứng và tải của máy phát đã cho. Sự thay đổi vận tốc quay của phần ứng hoặc của tải sẽ ảnh hưởng lên dòng điện kích thích trung bình và điện thế trung bình sẽ không đổi.

Để điều chỉnh điện thế, dòng điện của máy phát trên ô tô, về nguyên tắc, ta dùng bộ điều chỉnh hoạt động gián đoạn.

4.4.2 Lý thuyết điều chỉnh gián đoạn

Quá trình điều chỉnh điện áp máy phát dòng một chiều hoặc máy phát xoay chiều có thể được mô tả bởi phương trình vi phân:

$$U_1 = i_k \cdot R_k + L_k \frac{di_k}{dt} \quad 0 < t < t_1 \quad (4.19)$$

$$U_2 = i_k \cdot R'_k + L'_k \frac{di_k}{dt} \quad 0 < t < t_2 \quad (4.20)$$

Trong đó:

U_1 và U_2 : điện thế đặt vào mạch kích thích tương ứng với thời gian xung và ngưng.

R_k và R'_k : điện trở của mạch kích thích tương ứng với thời gian xung và ngưng.

L_k và L'_k : cảm kháng của mạch kích thích tương ứng với thời gian xung và ngưng.

$$i_1(t) = (I_2 - U_1 / R_k) e^{\frac{t}{T_k}} + U_1 / R_k \quad (0 < t < t_1) \quad (4.21)$$

$$i_2(t) = (I_2 - U_1 / R_k) e^{\frac{t}{cT_k}} + U_1 / R_k \quad (0 < t < t_1) \quad (4.22)$$

Giả sử rằng U_1 và U_2 là các thông số tổng quát tính đến sức điện động nghịch, đến độ sụt áp trên các phần tử bán dẫn ...

Như vậy các thông số tổng quát sẽ là R_k, R'_k, L_k, L'_k . Nếu như các giá trị $U_{mf}, U_k, R_k, R'_k, L_k, L'_k$ là các hằng số và dòng điện trong mạch kích thích liên tục thì việc giải các phương trình vi phân (4.19) và (4.20) có thể tiến hành như sau:

Trong đó:

K : hệ số tính đến sự thay đổi cấu trúc điều khiển bằng:

$$K = (U_2 R_k) / (U_1 R'_k)$$

C : hệ số tính đến sự thay đổi các thông số của mạch

$$\text{tính bằng: } T'_k / T_k = L'_k R_k / L_k$$

T_k, T'_k : hằng số điện từ của mạch kích thích tương ứng.

$$T_k T'_k = L_k / R'_k \text{ và } L'_k / R_k$$

Giá trị ban đầu của dòng điện I_1 và I_2 có thể xác định từ điều kiện biên.

$$i_1(0) = i_2(t_2);$$

$$i_1(t_1) = i_2(0)$$

$$I_2 = (I_1 - KU_1 / R_k) e^{\frac{t_2}{cT_k}} + KU_1 / R_k$$

$$(I_2 - U_1 / R_k) e^{\frac{t_1}{T_k}} + U_1 / R_k = I_1 \quad (4.23)$$

Đối với các điều kiện biên:

$$I_1 = \frac{U_1}{R_k} \left[\frac{(1 - e^{-\gamma t_k}) + K(1 - e^{-\frac{(1-\gamma)t_k}{c}} e^{-\gamma t_k})}{1 - \exp\left(-\left(\gamma + \frac{1-\gamma}{c}\right)t_k\right)} \right]$$

$$I_2 = \frac{U_1}{R_k} \left[\frac{(1 - K - e^{-\gamma t_k}) e^{-\frac{(1-\gamma)t_k}{c}} + K}{1 - \exp\left(-\left(\gamma + \frac{1-\gamma}{c}\right)t_k\right)} \right]$$

Giải hệ phương trình ta được

Trong đó:

$\gamma = t_1 / T$: độ dài tương đối của các xung.

$t_k = T/T_k$: độ dài tương đối của chu kỳ chuyển mạch relay.

$T = t_1 + t_2$: chu kỳ chuyển đổi relay.

$$\Delta I_k = I_1 - I_2 = \frac{U_1}{R_k} \left[\frac{(1-K).(1-e^{-\gamma t_k}).(1-e^{-\frac{(1-\gamma)t_k}{c}})}{1-\exp\left(-\left(\gamma + \frac{1-\gamma}{c}\right)t_k\right)} \right] \quad (4.24)$$

Xung động của dòng kích thích

Thế các giá trị I_1 và I_2 vào phương trình (4.21) và (4.22), ta xác định được quy luật biến thiên dòng điện trong các khoảng thời gian t_1 và t_2 .

Trị trung bình của dòng kích thích được xác định bằng cách lấy tích phân:

$$I_{k_{tb}} = \frac{1}{T} \left[\int_0^{t_1} i_1(t) dt + \int_0^{t_2} i_2(t) dt \right] \quad (4.25)$$

Thế $i_1(t)$ và $i_2(t)$ vào (4.25) sau khi lấy tích phân và biến đổi ta được:

$$I_{k_{tb}} = \frac{U_1}{R_k} [\gamma(1-K) + K] \cdot \left\{ 1 - \frac{(1-K)(1-c)(1-e^{-\gamma t_k})(1-e^{-\frac{(1-\gamma)t_k}{c}})}{t_k [\gamma(1-K) + K] (1-e^{-\left(\gamma + \frac{1-\gamma}{c}\right)t_k}} \right\} \quad (4.26)$$

Trong trường hợp tổng quát, giá trị trung bình của dòng điện kích thích khi điều chỉnh gián đoạn phụ thuộc vào những yếu tố sau:

- Độ dài tương đối của xung γ .
- Độ dài tương đối của chu kỳ chuyển mạch relay.
- Các thông số của mạch kích thích (hệ số c).
- Kết cấu điều chỉnh (hệ số K).

Sự thay đổi của các giá trị đã nêu có thể làm cơ sở cho các phương pháp điều chỉnh điện áp máy phát. Trong các bộ điều chỉnh điện áp của các máy phát điện trên ô tô, ta dùng các điều chỉnh: bề rộng xung (thay đổi γ), tần số (bằng cách thay đổi t_k), điều chỉnh phối hợp (thay đổi γ và t_k).

Các bộ điều chỉnh kiểu gián đoạn có thể được phân làm 12 nhóm:

- Nhóm 1: khi $c = 1, k, c = 0$.

- Nhóm 2: khi $c = 1, k = -1$.
- Nhóm 3: khi $c = 1, k > 0$.
- Nhóm 4: khi $c = 1, k < 0$.
- Nhóm 5 ÷ 8: ($c > 1, k = 0, k = -1, k > 0, k < 0$).
- Nhóm 9 ÷ 12 ($c < 1, k = 0, k = -1, k > 0, k < 0$).

Hệ số dòng kích thích lớn nhất tương ứng với chế độ không tải:

$$U_{mf} = C_e \cdot n \cdot I_k / (a + b \cdot I_k)$$

Đương nhiên sự phụ thuộc này đúng đối với điện áp làm việc U_1 , điện áp trả U_2 và điện áp trung bình của máy phát U_{tb} .

$$U_1 = C_e \cdot n \cdot I_1 / (a + b \cdot I_1)$$

$$U_2 = C_e \cdot n \cdot I_2 / (a + b \cdot I_2)$$

$$U_{tb} = C_e \cdot n \cdot I_{ktb} / (a + b \cdot I_{ktb})$$

Trong đó: I_{ktb} : Dòng kích thích trung bình.

Giải các phương trình này đối với I_1, I_2, I_{ktb} , ta được:

$$\begin{aligned} I_1 &= aU_1 / (C_e \cdot n - bU_1) \\ I_2 &= aU_2 / (C_e \cdot n - bU_2) \\ I_{ktb} &= aU_{tb} / (C_e \cdot n - bU_{tb}) \end{aligned} \quad (4.27)$$

Các thông số chủ yếu của relay bộ điều chỉnh hoạt động kiểu gián đoạn là: điện thế làm việc U_1 của relay và hệ số phản hồi $K_{ph} = U_2 / U_1 < 1$.

Qua các thông số relay, ta có thể biểu thị điện áp trung bình U_{tb} do bộ điều chỉnh tác động gián đoạn tạo ra.

$$U_{tb} = 0,5(U_1 + U_2) = 0,5(1 + K_{ph}) \cdot U_1$$

Cũng như độ thay đổi điện áp điều chỉnh:

$$\Delta U_{mf} = U_1 - U_2 = (1 - K_{ph}) \cdot U_1$$

Xung động của dòng kích thích.

$$\Delta I_k = I_1 - I_2 = \frac{a(C_e \cdot n \cdot \Delta U_{mf})}{(C_e \cdot n)^2 - 2bC_e \cdot n \cdot U_{tb} + b^2(U_{tb}^2 - 0,25\Delta U_{mf}^2)} \quad (4.28)$$

Nếu bỏ qua số hạng $0,25\Delta U_{mf}^2$ thì xung lượng của dòng kích thích giảm khi tăng vận tốc của phản ứng. Điều này là do đường cong từ hóa của máy phát có đặc tính phi tuyến.

Cân bằng các vế phải của các phương trình (4.24), (4.25), (4.27) và (4.28), ta được:

$$\frac{U_1}{R_k} [\gamma(1-K) + K] \cdot \left[1 - \frac{(1-K).(1-C).(1-e^{-\gamma t_k}).(1-e^{-\frac{(1-\gamma)t_k}{c}})}{t_k [\gamma(1-K) + K].(1-e^{-\left(\gamma + \frac{1-\gamma}{c}\right)t_k})} \right] = \frac{aU_{tb}}{C_e.n - b.U_{tb}} \quad (4.29)$$

$$\frac{U_1}{R_k} \left[\frac{(1-K).(1-e^{-\gamma t_k}).(1-e^{-\frac{(1-\gamma)t_k}{c}})}{1-e^{-\left(\gamma + \frac{1-\gamma}{c}\right)t_k}} \right] = \frac{a.C_e.n.\Delta U_{mf}}{(C_e.n - b.U_{tb})^2} \quad (4.30)$$

Phương trình (4.29) và (4.30) xác định γ và t_k . Như vậy, tần số đóng mở $f_{mf} = 1/T = 1/(t_k.T_k)$ phụ thuộc vào vận tốc phản ứng máy phát.

Nếu cần phải xác lập γ và t_k theo tải thì ở công thức (4.29) và (4.30) ta thay U_{tb} bằng giá trị $U_{tb} + R_{td}I_{mf}$.

Như đã thấy γ và t_k phụ thuộc vào các thông số của relay (U_{tb} , ΔU_{mf}), các thông số máy phát a , b , C_e , R_k , L_k , và sơ đồ mạch điều chỉnh (k , c). Để xác định quy luật phụ thuộc γ và t_k vào vận tốc của phản ứng và tải ta cần biết giá trị của các thông số đã nêu.

4.4.3 Các bộ tiết chế tiêu biểu

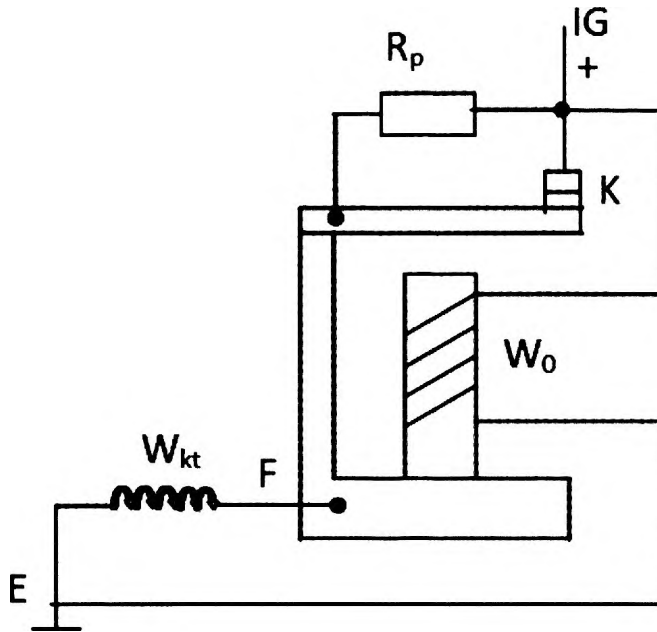
4.4.3.1 Phân loại tiết chế

Tùy thuộc vào cấu tạo và nguyên lý làm việc của các tiết chế điện thế người ta chia thành hai loại: tiết chế loại rung, tiết chế bán dẫn.

• Bộ tiết chế loại rung

Việc điều chỉnh điện áp dạng rung (hình 4.23) thuộc loại điều chỉnh relay mà ở đó chức năng của bộ phận điều chỉnh do relay điện từ thực hiện. Nhờ có các tiếp điểm của relay mà các điện trở phụ được nối với mạch kích thích.

Nếu điện áp của máy phát nhỏ hơn điện thế U_1 điện áp hoạt động của relay điện từ, thì tiếp điểm K đóng và cuộn kích thích ω_1 của máy phát được mắc vào đầu ra của máy phát. Khi điện áp máy phát đạt giá trị U_1 thì tiếp điểm K sẽ bị ngắt, điện trở phụ R_p được mắc vào mạch kích thích. Dòng điện trong cuộn kích thích và điện áp máy phát giảm xuống. Khi điện thế của máy phát giảm xuống đến điện áp phản hồi relay U_2 , các tiếp điểm của relay được đóng lại. Dòng điện trong cuộn kích thích và điện thế máy phát bắt đầu tăng lên. Khi điện áp máy phát đạt điện áp làm việc của relay thì các tiếp điểm lại bị ngắt. Quá trình lại tiếp tục một cách tuần hoàn.



Hình 4.23b: Sơ đồ nguyên lý tiết chế loại rung.

Việc điều chỉnh dòng điện kích thích được thực hiện bằng cách thay đổi thời gian đóng tiếp điểm tương đối γ và chu kỳ tương đối τ . Do bộ phận điều chỉnh của bộ điều chỉnh loại rung là relay điện từ nên, để xác định mức độ và chất lượng điều chỉnh cần phải biết các đặc tính của nó. Đương nhiên là việc ngắt các tiếp điểm có thể thực hiện khi lực kéo của lò xo F_k và lực điện từ F_{dt} của relay bằng nhau.

Lực điện từ: $F_{dt} = 0,5 \cdot \phi_{\delta}^2 / (\mu_o \cdot S)$

Trong đó:

ϕ_{δ} : từ thông ở khe hở không khí giữa lõi sắt và phần ứng của relay.

S : tiết diện của lõi sắt.

μ_o : độ từ thẩm không khí

Từ thông ở khe hở có thể xác định bởi suất từ động do dòng điện chạy trong cuộn chính ω_o và trở từ R_M :

$$\phi_{\delta} = I_o \omega_o / R_M$$

Dòng điện I_o khi relay hoạt động (các tiếp điểm bị ngắt) sẽ là U_1 / R_o .

Trong đó:

R_o : điện trở của cuộn chính relay.

Trở từ (nếu bỏ qua từ trở của thép) tỉ lệ thuận với khe hở không khí giữa lõi sắt và phần ứng relay: $R_M = C' \delta$.

Như vậy lực điện từ của relay có thể biểu diễn bởi:

$$F_{dt} = \left(\frac{U_1 \omega_o}{R_o C' \delta} \right)^2 \frac{1}{2 \mu_o S} = F_k$$

Giải phương trình đối với điện thế hoạt động của relay ta tìm được:

$$U_1 = C \frac{R_o}{\omega_o} \delta \sqrt{F_k}$$

Trong đó:

$$C = C' \sqrt{2\mu_o} . S$$

Như vậy, điện áp hoạt động của relay phụ thuộc vào sức căng lò xo F_k , khe hở δ và thông số R_o và ω_o của cuộn điều khiển relay.

Đối với các relay điện từ dùng trong các bộ điều chỉnh dạng rung, hệ số phản hồi của relay $K_p = 0,8 \div 0,9$. ($K_p = U_2/U_1$)

Trị trung bình của điện áp do bộ điều chỉnh điện áp rung tạo ra được xác định theo công thức:

$$U_{\text{đmtb}} = \frac{(1 + K_p) CR_o \delta \sqrt{F_k}}{2\omega_o} \quad (4.31)$$

Điện áp điều chỉnh phụ thuộc vào sức căng lò xo và giá trị khe hở δ . Khi thay đổi khe hở không khí sẽ thay đổi hệ số phản hồi relay. Trong thực tế, việc điều chỉnh điện áp được thực hiện bằng cách thay đổi sức căng lò xo F_k .

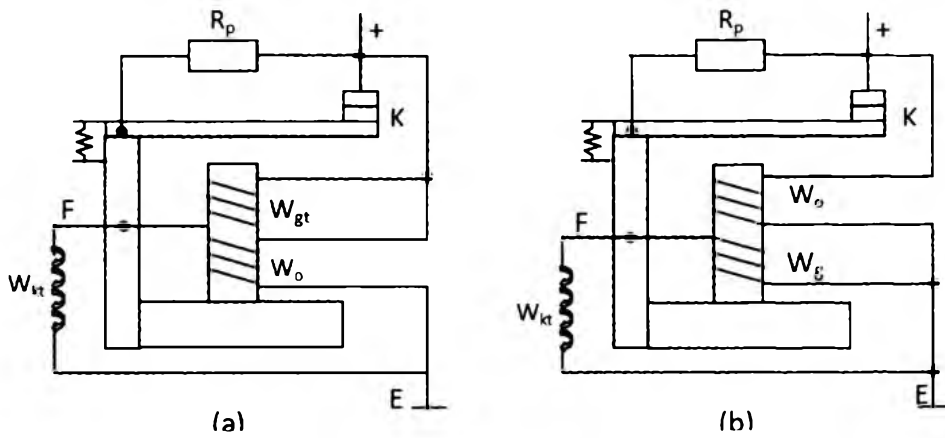
Khi khảo sát hoạt động của bộ điều chỉnh điện áp, ta giả thiết là các tiếp điểm của relay đóng và ngắt tức thời ở U_1 và U_2 . Thực tế, do quán tính điện từ của cuộn điều khiển relay và quán tính cơ học, tiếp điểm sẽ bị giữ thêm một khoảng thời gian sau khi ngắt và đóng. Điều này làm giảm hệ số phản hồi của relay. Vì vậy, ΔU_{mf} tăng và làm giảm tần số chuyển đổi mạch. Kết quả của các tính toán cho thấy tần số chuyển đổi của bộ biến đổi điện áp đơn giản dạng rung là rất thấp: $10 \div 20 \text{ Hz}$.

Tần số chuyển đổi thấp của điện áp làm các bóng đèn nhấp nháy và tạo ra tia lửa tại các tiếp điểm do việc tăng lượng điện tích đi qua tiếp điểm đang mở.

Để tăng tần số đóng mở relay ta cần tăng hệ số phản hồi (giảm $\Delta U_{đm}$), tăng độ nhạy của relay hoặc điện trở phụ. Việc tăng điện trở phụ làm tăng công suất ngắt trên các tiếp điểm. Để giảm ΔU_{mf} người ta dùng các loại mạch hồi tiếp mềm và cứng khác nhau.

• **Các bộ điều chỉnh điện áp có các liên kết phản hồi hoặc tăng tốc:**

Việc giảm độ biến thiên điện áp $\Delta U_{đm}$ ở các bộ điều chỉnh điện áp dạng rung có thể được thực hiện khi dùng các cuộn dây gia tốc và các điện trở gia tốc.



Hình 4.24: Sơ đồ tiết chế với cuộn gia tốc.

Cuộn dây gia tốc W_{gt} được quấn trên lõi sắt relay điện từ và được mắc song song với các tiếp điểm của relay (hình 4.24a) hoặc cuộn dây kích thích W_{kt} của máy phát (hình 4.24b). Lúc này sức từ động của cuộn dây gia tốc sẽ trùng về phương với sức từ động của cuộn dây chính W_0 của bộ biến đổi điện áp. Nếu cuộn dây gia tốc được mắc song song với cuộn kích thích thì, khi tiếp điểm đóng, điện áp trên cuộn gia tốc và cuộn chính bằng điện thế máy phát. Nếu relay với cuộn gia tốc có cùng điện áp làm việc U_l như ở relay có một cuộn dây chính, thì ở cùng một độ căng lò xo, sức từ động làm việc của hai relay như nhau.

Khi tiếp điểm hở, điện thế trên cuộn dây gia tốc giảm đột ngột một giá trị là $I_k R_p$. Điều này dẫn đến hiện tượng đóng lại tiếp điểm ở điện áp của máy phát cao hơn, tức là điện áp phản hồi U_2 tăng lên:

Do đó: $\Delta U_{mf} = U_1 - U_2$ giảm xuống còn hệ số phản hồi của relay tăng. Khi ΔU_{mf} giảm, tần số đóng mở sẽ tăng.

Do các cuộn dây (gia tốc và cuộn kích thích) được mắc song song nên ở thời điểm bất kỳ, điện áp của chúng sẽ bằng nhau ($U_{gt} = U_k$)

$$\text{Nếu xem } U_{gt} = I_{gt} R_{gt}; U_k = I_k R_k \text{ thì } I_{gt} = I_k (R_k / R_{gt})$$

Như vậy, dòng điện trong cuộn gia tốc tỉ lệ thuận với dòng kích thích của máy phát, tức là ở mạch hiệu chỉnh sẽ có mạch hồi tiếp theo dòng kích thích.

Vì vậy, khi đưa vào cuộn dây gia tốc, tần số đóng mở của relay sẽ tăng lên. Song, khi tăng vận tốc rotor máy phát (dòng kích thích giảm) thì điện áp trung bình trên đầu ra của máy phát tăng.

Điện trở gia tốc ở sơ đồ điều chỉnh điện áp dạng rung có dạng là một phần điện trở phụ R_p . Relay điện từ có một cuộn dây điều khiển chính W_0 được đấu vào đầu ra của máy phát qua điện trở gia tốc. Điện trở tính toán của điện trở phụ:

$$R_p = R_{gt} + R'_p$$

Thường thì ở các bộ điều chỉnh điện áp có điện trở gia tốc giá trị $R_{gt} \ll R'_p$. Khi đấu mạch cuộn dây chính với điện trở gia tốc sẽ đảm bảo được việc tăng tần số đóng mở relay.

Tại thời điểm các tiếp điểm đóng, điện áp trên cuộn dây chính là:

$$U_0 = U_{mf} - I_0 [(R_{gt} R'_p) / (R_{gt} + R'_p)] \approx U_{dm} - I_0 R_p$$

Khi các tiếp điểm bị ngắt, dòng điện kích thích do hiện tượng tự cảm sẽ bảo toàn về giá trị và hướng. Dòng điện qua điện trở gia tốc sẽ sinh ra độ sụt áp. Vì vậy, điện thế đặt lên cuộn dây chính của bộ điều chỉnh sẽ giảm xuống và $U_o = U_{mf} - (I_o + I_k)R_p$

Như vậy, các tiếp điểm của relay được đóng lại ở điện thế cao hơn của máy phát. Điện áp phản hồi U_2 của relay tăng lên còn $\Delta U_{mf} = U_1 - U_2$ giảm xuống và tần số đóng mở relay tăng.

Việc đưa điện trở gia tốc để làm tăng tần số đóng mở relay sẽ dẫn đến hiện tượng: khi vận tốc rotor máy phát tăng, giá trị điện áp trung bình trên đầu ra của máy phát tăng. Sơ đồ có điện trở tăng tốc rất đơn giản. Nó được sử dụng rộng rãi trong các bộ điều chỉnh điện áp dạng rung. Để giảm hiện tượng vừa nêu, trong các bộ điều chỉnh điện áp dạng rung, ta dùng cuộn dây cân bằng (cuộn khử) và các điện trở cân bằng. Cuộn cân bằng W_{cb} (hình 4.25a) được mắc nối tiếp với cuộn kích thích W_{kt} , còn sức từ động F_{cb} ngược hướng với sức từ động F_o của cuộn chính W_o của bộ điều chỉnh điện áp.

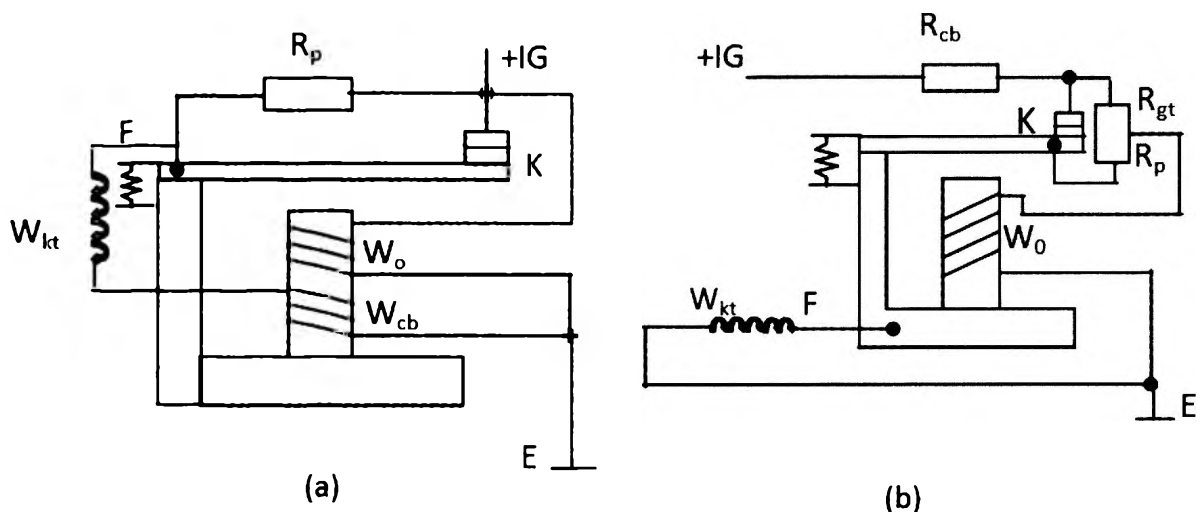
Nếu ta xem xét bộ điều chỉnh điện áp có cuộn chính và cuộn cân bằng mà không có các liên kết gia tốc thì sức từ động toàn phần là:

$$F_{tp} = F_o - F_{cb} = U_{mfib} W_o / R_o - I_k W_{cb}$$

Lúc đó trị trung bình của điện áp được duy trì bởi bộ điều chỉnh là:

$$U_{đmtb} = \frac{(1 + K_{ph}) \cdot R_o}{2W_o} (C \cdot \delta \sqrt{F_{lx}} + I_k W_{cb})$$

Sự hiện diện của cuộn dây cân bằng làm giảm điện áp khi tăng vận tốc của rotor. Nhờ vậy cuộn cân bằng thực hiện được việc bù lại sai số của việc điều chỉnh trong các bộ điều chỉnh điện áp dạng rung có liên kết gia tốc.



Hình 4.25: Sơ đồ tiết chế với cuộn cân bằng và điện trở cân bằng.

Điện trở R_{cb} (hình 4.25b) được mắc nối tiếp vào mạch kích thích của máy phát. Điện áp máy phát cao hơn điện áp được đưa lên bộ điều chỉnh dạng rung một lượng $I_k R_{cb}$.

Sơ đồ của bộ điều chỉnh điện áp dùng điện trở cân bằng R_{cb} rất đơn giản. Song nhược

điểm của nó là việc tăng điện trở của mạch kích thích sẽ làm tăng tốc độ không tải của máy phát. Như vậy, bộ điều chỉnh dạng rung để điều chỉnh chính xác điện áp phải có cuộn điều khiển chính, cuộn gia tốc và cuộn cân bằng.

- **Vấn đề ổn định nhiệt cho bộ điều chỉnh điện áp dạng rung**

Từ phương trình (4.31) ta thấy hiệu điện thế hiệu chỉnh sẽ tỉ lệ với điện trở R_0 của cuộn dây chính. Khi nhiệt độ thay đổi, điện trở R_0 thay đổi. Ví dụ khi tăng 100°C , R_0 tăng lên 40%. Vì vậy, điện áp điều chỉnh cũng sẽ thay đổi. Để đảm bảo độ ổn định theo nhiệt của điện áp điều chỉnh, ta mắc điện trở bù nhiệt nối tiếp với cuộn dây chính làm bằng nicrôm hoặc constantan (loại có điện trở không phụ thuộc nhiệt độ).

Ngoài cách mắc điện trở bù nhiệt, người ta còn dùng giá treo relay điện từ bằng tấm lưỡng kim nhiệt. Tấm này cấu tạo từ hai kim loại được hàn với nhau. Một tấm làm từ hợp kim sắt niken có hệ số dẫn nở nhiệt thấp và tấm kia từ thép Cr - Ni hoặc Mo - Ni – có hệ số dẫn nở lớn. Do sự biến dạng của tấm lưỡng kim nhiệt sẽ xuất hiện lực ngược chiều với độ căng lò xo. Trong trường hợp này tổng lực tác dụng lên mỏ treo sẽ giảm khi nhiệt độ môi trường tăng lên.

Để khử ảnh hưởng nhiệt lên điện áp điều chỉnh người ta còn dùng các sun từ làm bằng thép niken. Từ trở của sun từ tăng khi nhiệt độ tăng. Sun được mắc giữa ách từ và lõi sắt. Ở nhiệt độ cao, sun sẽ bị khử từ còn từ thông tại khe hở khí δ sẽ phụ thuộc vào sức từ động và từ trở của khe hở không khí. Ở nhiệt độ thấp, sun sẽ trở nên dẫn từ và một phần từ thông do sức từ động tạo nên sẽ được khép mạch theo sun này.

- **Độ bền của bộ điều chỉnh điện áp loại rung**

Trong quá trình làm việc, các tiếp điểm chịu tác động ăn mòn về cơ, hóa và điện, ảnh hưởng lên độ bền của bộ điều chỉnh điện áp dạng rung.

Tác động cơ học dưới dạng va đập của các tiếp điểm động lên các tiếp điểm cố định sẽ dẫn đến hiện tượng nén cục bộ và nứt các tiếp điểm. Tác động hoá học sẽ làm cho các tiếp điểm bị oxy hóa và các phản ứng hoá học khác của kim loại với các loại khí chứa trong môi trường dẫn tới tình trạng rỉ sét, kết quả là trên bề mặt tiếp điểm hình thành các màng có điện trở riêng cao. Tác động về điện thường ở dưới dạng tia lửa điện hồ quang sẽ làm xuất hiện sự ăn mòn. Lúc này một tiếp điểm bị lõm còn tiếp điểm kia lồi.

Vật liệu phổ biến để chế tạo tiếp điểm thường là vonfram, có độ cứng lớn và nhiệt độ nóng chảy rất cao (3.370°C). Độ bền ăn mòn của vonfram cao hơn bạc hay platin. Nhược điểm của tiếp điểm vonfram là khi bị rỉ sẽ tạo nên các màng sunphit và màng oxyt.

Trong các bộ điều chỉnh dạng rung người ta dùng cặp tiếp điểm (vonfram – vonfram bạc) có tính dẫn điện và độ bền cao hơn.

Thông thường, hồ quang có thể xuất hiện khi tiếp điểm bị ngắt, còn tia lửa điện xuất hiện lúc đóng và lúc ngắt tiếp điểm. Tia lửa xuất hiện ở cường độ dòng điện không lớn và hiệu điện thế trên các tiếp điểm cao hơn 300V .

Ảnh hưởng của tác động về điện lên khả năng làm việc của các tiếp điểm có thể được đặc trưng bởi công suất ngắt:

$$P_{ng} = I_{ng} \cdot U_{ng}$$

Trong đó: I_{ng} , U_{ng} là cường độ và điện áp trên các tiếp điểm ở thời điểm ngắt.

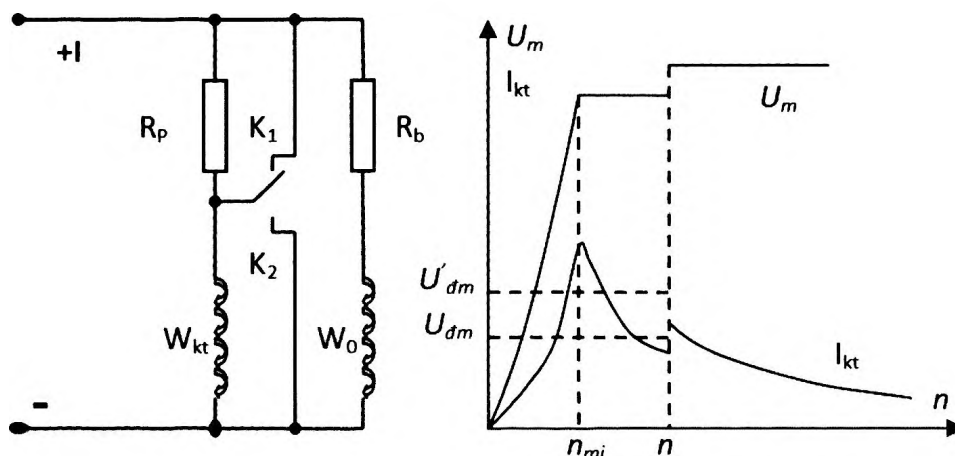
Để cặp tiếp điểm vonfram – vonfram làm việc ổn định thì công suất ngắt không được vượt quá 300V.A. Công suất ngắt cực đại chỉ có thể có ở vận tốc nhỏ nhất của rotor máy phát, khi mà $I_k = I_{kmax}$.

$$P_{ng} = I_{kmax}^2 \cdot R_p = I_{kmax}^2 (k_1 - 1) \cdot R_k = U_{mfib} \cdot I_{kmax} \quad (4.32)$$

Vì vậy: $I_{kmin} < P_k \cdot U_{mfib} (k_1 - 1)$.

Trong thực tế, ở các mạch của bộ tiết chế, để đảm bảo giới hạn điều chỉnh đã nêu theo vận tốc của rotor có tính đến sự làm việc ổn định của relay ta chọn giá trị R_p lớn hơn.

Độ bền của các tiếp điểm bộ điều chỉnh dạng rung có thể tăng khi điều chỉnh hai nấc. Bộ điều chỉnh điện áp hai nấc dạng rung (hình 4.26) có hai cặp tiếp điểm K_1 và K_2 . Nếu $n_{min} < n < n_{tb}$ thì có tiếp điểm K_1 mở hoặc đóng. Như vậy khi làm việc ở chế độ này, bộ điều chỉnh điện áp thuộc nhóm II ($c < 1, K > 0$).



Hình 4.26: Sơ đồ và đặc tuyến làm việc của tiết chế hai nấc.

Điện trở phụ được lựa chọn để giữ điện áp không đổi chỉ đến n_{tb} (hình 4.26b) và được xác định bởi công thức:

$$R_p = U_{dm} / I_k - R_k$$

Khi tiếp tục tăng vận tốc rotor thì K_2 sẽ hoạt động. Lúc này, điện áp hiệu chỉnh sẽ tăng lên một ít do phải tạo thêm lực từ để vượt qua khe hở.

Cấp điều chỉnh thứ hai thuộc nhóm 5 ($c > 1, K = 0$). Do điện trở phụ R_p ở bộ điều chỉnh hai cấp nhỏ hơn nhiều so với một cấp cho nên công suất ngắt trên các tiếp điểm cũng thấp hơn. Điều kiện hoạt động của cặp tiếp điểm thứ hai cũng tốt hơn nhờ khi ngắt, dòng kích thích không lớn.

Nhược điểm của bộ điều chỉnh điện áp hai cấp là độ ổn định thấp. Để giảm độ chênh lệch điều chỉnh điện áp ở hai nấc, khe hở phải nhỏ. Do đó, khi mặt vít bị bẩn, tiếp điểm sẽ bị kẹt, làm cho hoạt động của bộ điều chỉnh sai lệch.

Phương pháp khác để giảm công suất ngắt của bộ điều chỉnh điện áp dạng rung là sử dụng bộ điều chỉnh điện áp đôi. Ở loại này, dòng kích sẽ đi qua hai cặp tiếp điểm mắc song song.

• **Tiết chế bán dẫn**

Nhược điểm cơ bản của bộ điều chỉnh điện áp dùng tiếp điểm dạng rung là dòng điện kích thích bị hạn chế và độ bền của bộ điều chỉnh thấp. Các phương pháp giảm công suất ngắt được sử dụng không khắc phục được hết các nhược điểm đã nêu mà chỉ có thể mở rộng phạm vi sử dụng các bộ điều chỉnh điện áp dạng rung.

Bộ điều chỉnh điện áp dạng rung trong quá trình sử dụng cần phải điều chỉnh và bảo dưỡng thường xuyên do phần tử quyết định là lò xo có độ đàn hồi phụ thuộc vào điều kiện vận hành.

Để khắc phục những nhược điểm của bộ điều chỉnh điện áp dạng rung, người ta sản xuất các bộ điều chỉnh điện áp không tiếp điểm (tiết chế bán dẫn), sử dụng các linh kiện bán dẫn: diode, diode ổn áp (diode zener), transistor. Có 2 loại tiết chế bán dẫn khác biệt ở transistor mắc nối tiếp với cuộn kích. Nếu dùng transistor loại PNP thì cuộn kích được nối trực tiếp ra mass, còn dùng transistor loại NPN thì một đầu cuộn kích sẽ được nối với dương qua công tắc máy.

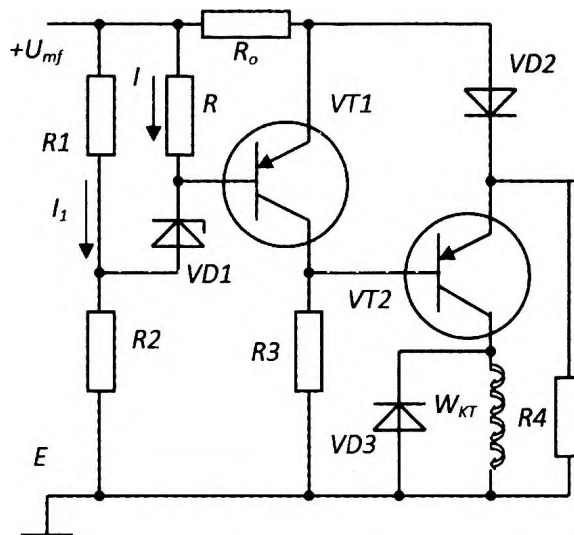
4.4.3.2 Sơ đồ cấu tạo và nguyên lý làm việc tiết chế dùng transistor PNP

Bộ điều chỉnh điện áp không tiếp điểm loại dùng transistor được thể hiện ở hình 4.27. Bộ điều chỉnh điện áp transistor cấu tạo từ bộ phận đo (mạch R1 – R2 – R – VD1) và thiết bị điều chỉnh có dạng một transistor PNP (các VT1, VT2, diode VD2, các biến trở R₃, R₄, và R_o). Tải của transistor là cuộn dây kích thích W_{kt} của máy phát được mắc song song với diode VD3.

Nếu điện áp trên điện trở R₁ nhỏ hơn điện áp mở của diode zener VD1 thì diode sẽ không dẫn và cường độ dòng điện trong mạch R-VD1 gần như bằng không. Điện áp đặt lên môi nối BE của transistor:

$$U_{E1} = U_R - U_{R_o} < 0$$

Vì vậy, transistor VT1 sẽ ở trạng thái ngắt. Điện áp U_{EC1} hầu như bằng với điện áp của máy phát và được đặt lên lớp tiếp giáp BE của transistor theo hướng thuận. Transistor VT2 sẽ ở trạng thái bão hoà, được xác định bởi điện trở R₃.



Hình 4.27: Sơ đồ tiết chế bán dẫn loại dùng transistor PNP.

Do điện trở R_o và độ sụt áp VD2 nhỏ, nên ta có thể xem điện áp của máy phát hầu như được đưa lên cuộn kích thích. Như vậy, đảm bảo sự tự kích của máy phát.

Nếu hiệu điện thế của máy phát bằng với hiệu điện thế hoạt động U_1 của tiết chế, thì trong mạch R – VD1 sẽ xuất hiện dòng điện $I = I_2$. Điện áp trên lớp chuyển tiếp BE của transistor thứ nhất đạt giá trị ngưỡng $U_{OE1} = IR - U_{Ro} = IR - I_k R_o$. Transistor VT1 được chuyển từ trạng thái ngắt về trạng thái bão hoà khiến điện áp U_{EC1} giảm và transistor VT2 từ trạng thái bão hoà chuyển về trạng thái ngắt. Dòng điện kích thích giảm làm tăng điện áp trên mối nối BE của VT1 đột ngột. $U_{E1} = IR - I_k R_o$ và chuyển nó từ trạng thái ngắt về trạng thái bão hoà.

Khi VT1 chuyển sang trạng thái bão hoà:

$$U_{E2} = U_{EC1} - U_{Ro} < 0$$

Nên VT2 sẽ chuyển về trạng thái ngắt. Sự dịch chuyển của lớp tiếp giáp BE của VT2 ở hướng ngược được thực hiện bởi sự lựa chọn các thông số của mạch VT2- R_4 .

Việc chuyển VT2 về trạng thái ngắt đồng nghĩa với việc ngắt cuộn kích W_{kt} khỏi máy phát. Dòng kích trong mạch W_{kt} – VD3 giảm xuống. Sự giảm của dòng kích dẫn đến giảm hiệu điện thế hiệu chỉnh của máy phát.

Khi điện áp của máy phát đạt tới điện áp phản hồi U_2 của tiết chế thì điện áp trên lớp chuyển tiếp BE của VT2 sẽ đạt giá trị ngưỡng, tức là:

$$U_{E2} = U_{EC1} - U_{Ro} = U_{OE2}$$

Lúc này VT2 bắt đầu chuyển từ trạng thái ngắt sang trạng thái bão hoà, làm tăng dòng kích. Sự tăng lên của dòng kích làm giảm điện áp trên lớp chuyển tiếp BE của transistor thứ nhất.

$$U_{E1} = IR - I_k R_o = U_{OE1}$$

Từ trạng thái bão hoà, transistor chuyển về trạng thái ngắt, còn VT2 từ trạng thái ngắt về trạng thái bão hoà. Như vậy, hiệu ứng relay trong bộ điều chỉnh điện áp này đạt được là nhờ điện trở R_o đảm bảo được liên kết dương ngược.

Ở điện áp hoạt động của transistor, ta có các phương trình sau:

$$\begin{aligned} U_1 &= I_1(R_1 + R_2) + IR_2 \\ U_1 &= I(R + R_2) + U_{OZ} + (I + I_1) R_2 \end{aligned} \quad (4.33)$$

Điều kiện transistor đóng mở:

$$U_{E1} = IR - I_k R_o$$

Giải hệ phương trình (33.4) đối với điện áp hoạt động có xem xét điều kiện đóng mở ta tìm được:

$$U_1 = U_{OZ} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + \frac{U_{OE1} + I_k R_o}{RR_1} \left[R + R_2 + R_Z (R_1 + R_2) - R_2^2 \right] \quad (4.34)$$

Trong đó R_Z và U_{OZ} là điện trở và điện áp mở của diode zener VD1.

Như vậy, điện áp làm việc của transistor phụ thuộc vào cầu phân áp R_1 và R_2 . Khi

tăng R_1 hoặc giảm R_2 , điện áp làm việc giảm và ngược lại. Điện áp làm việc cũng phụ thuộc vào cường độ dòng điện kích thích và do đó phụ thuộc vào vận tốc của rotor máy phát.

Đối với điện áp phản hồi của transistor U_2 khi bỏ qua độ sụt áp trên R_o (vì R_o bé) thì ta có các phương trình:

$$\begin{cases} U_2 = U_{O2} + I_{O2}R_{O2} + \beta_1 I_{BE2}R_3 + U_{OE2} \\ U_2 = U_{D2} + (R_{D2} + R_4) I_{R4} \\ U_2 = I' [R_1 + R_2 + (I_{\sigma 1} - I')R_2] \\ U_2 = U_{OZ} + I'(R + R_2 + R_Z) + I_{B1}(R_Z + R_2) + I'_1 R_2 \\ U_{OE1} = I'R - R_{E1}(1 + \beta_1)R_{BE2} \end{cases} \quad (4.35)$$

Trong đó I', I' là cường độ dòng điện chạy qua R_1, R_2 và diode VT2 ở điện áp phản hồi U_2 . U_{OZ}, U_{D2} là điện áp làm việc của diode zener VD1 và diode VD2. β_1 là hệ số khuếch đại của transistor VT1.

Giải hệ phương trình (4.35) ta xác định được điện áp phản hồi của relay transistor:

$$U_2 = C/D.$$

Trong đó:

$$C = (R_1 + R_2)U_{OZ} - \frac{U_{OE1}}{R_{E1}(1 + \beta_1)} [R_1(R_Z + R_2) + R_2R_Z] + \frac{1}{R_1R_2R} [(U_{D1} + U_{D2})(1 + \beta_1)R_{E1} - \beta_1R_3U_{OE1}]A.$$

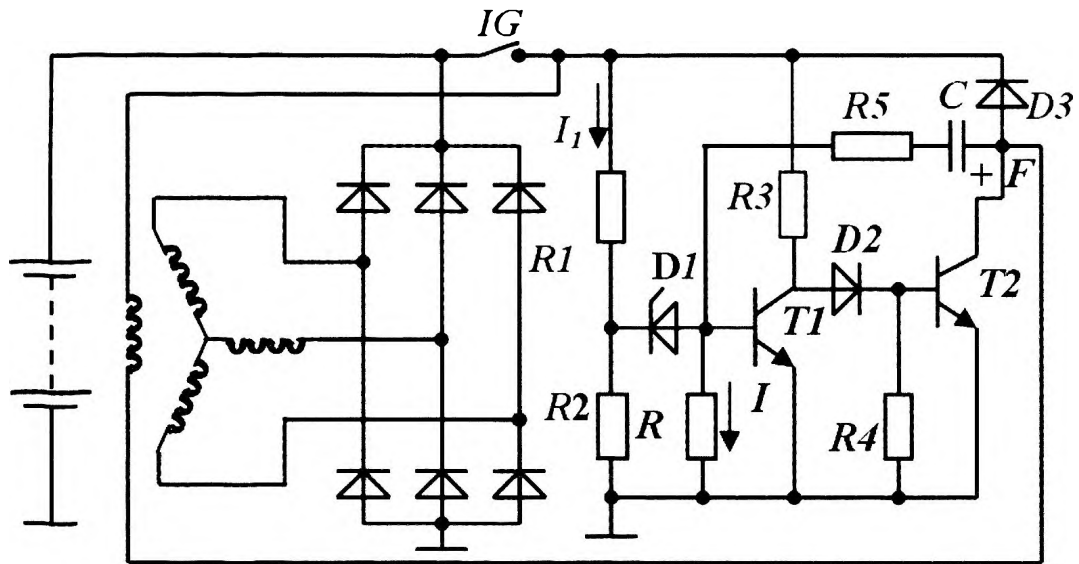
$$D = R_1 \frac{R_{E1}(1 + \beta_1)}{\beta_1R_3R} A.$$

$$A = (R_1 + R_2) \left[\frac{R_ZR}{R_{E1}(1 + \beta_1)} + R + R_Z \right] + R_1R_2 \left[\frac{R}{R_{E1}(1 + \beta_1)} + 1 \right]$$

Như vậy, điện áp phản hồi U_2 của tiết chế không phụ thuộc vào dòng kích thích. Khi xác định được điện áp làm việc và điện áp phản hồi, ta có thể tìm được các thông số khác của transistor. Đối với tiết chế bán dẫn, hệ số phản hồi $K_{ph} = 0,9 \div 0,98$. Nếu tính gần đúng mức điện áp được duy trì bởi bộ tiết chế điện áp loại dùng transistor là:

$$U_{dmb} \approx U_2 (1 + R_2/R_1)$$

4.4.3.3 Sơ đồ cấu tạo và nguyên lý làm việc của tiết chế dùng transistor NPN



Hình 4.28: Sơ đồ tiết chế dùng transistor NPN.

Tiết chế bán dẫn loại này gồm hai thành phần: thành phần đo R_1, R_2, D_1 và thành phần hiệu chỉnh T_1, T_2 .

Nguyên lý làm việc như sau: Khi bật công tắc máy, dòng điện từ ắc quy đến tiết chế, đến $R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow mass$. Điện áp đặt vào $D_1 = U_{R_2} / (R_1 + r_2) < U_{OZ}$ điện thế làm việc của D_1 , nên T_1 đóng. Do đó, dòng đi theo mạch $R_3 \rightarrow D_2 \rightarrow R_4 \rightarrow mass$.

Khi số vòng quay n máy phát tăng cao, hiệu điện thế tăng và điện áp đặt vào D_1 tăng khiến nó dẫn làm T_1 dẫn bão hòa và T_2 đóng.

Dòng điện trong cuộn W_{kt} giảm khiến điện áp máy phát giảm theo. D_1 sẽ đóng trở lại làm T_1 đóng và T_2 mở. Quá trình này lại lặp đi lặp lại.

Khi cường độ dòng điện I_{kt} giảm trên W_{kt} xuất hiện một sức điện động tự cảm và diode D_3 dùng để bảo vệ transistor T_2 .

Trong sơ đồ này, người ta sử dụng mạch hồi tiếp âm bao gồm R_5 và tụ C . Khi T_2 chớm đóng, điện áp tại cực C tăng làm xuất hiện dòng nạp $I_c (W_{kt} \rightarrow T_1 \rightarrow C \rightarrow R_5 \rightarrow R \rightarrow mass)$.

Điện thế tại chân B của T_1 tăng vì $U_{BE1} = R(I + I_c \uparrow)$ khiến T_1 chuyển nhanh sang trạng thái bão hòa và T_2 chuyển nhanh sang trạng thái đóng.

Khi T_2 chớm mở, tụ C bắt đầu phóng theo mạch $+ C \rightarrow T_2 \rightarrow R \rightarrow R_5 \rightarrow - C$. Dòng phóng đi qua điện trở R theo chiều ngược lại và điện áp đặt vào mối nối BE của T_1 có giá trị: $U_{BE1} = (I - I_c)R$ khiến T_1 chuyển nhanh sang trạng thái đóng và T_2 chuyển nhanh sang trạng thái bão hòa. Như vậy, mạch hồi tiếp giúp tăng tần số đóng mở của tiết chế, giúp tăng chất lượng điện áp hiệu chỉnh và giảm nhiệt tỏa ra trên transistor.

Lúc bắt đầu hoạt động, hiệu điện thế làm việc của tiết chế được xác định:

$$U_1 = I_1 R_1 + R_2 (I_1 - I)$$

$$U_1 = I_1 R_1 + U_{OZ} + R_2 I + IR.$$

Trong đó:

$I = U_{BE1} / R$. Thế giá trị I vào 2 phương trình trên, ta được:

$$U_1 (R_1 + R_2) - R_2 U_{BE1} / R$$

$$U_1 = R_1 I_1 + U_{OZ} + R_2 U_{BE1} / R + U_{BE1}$$

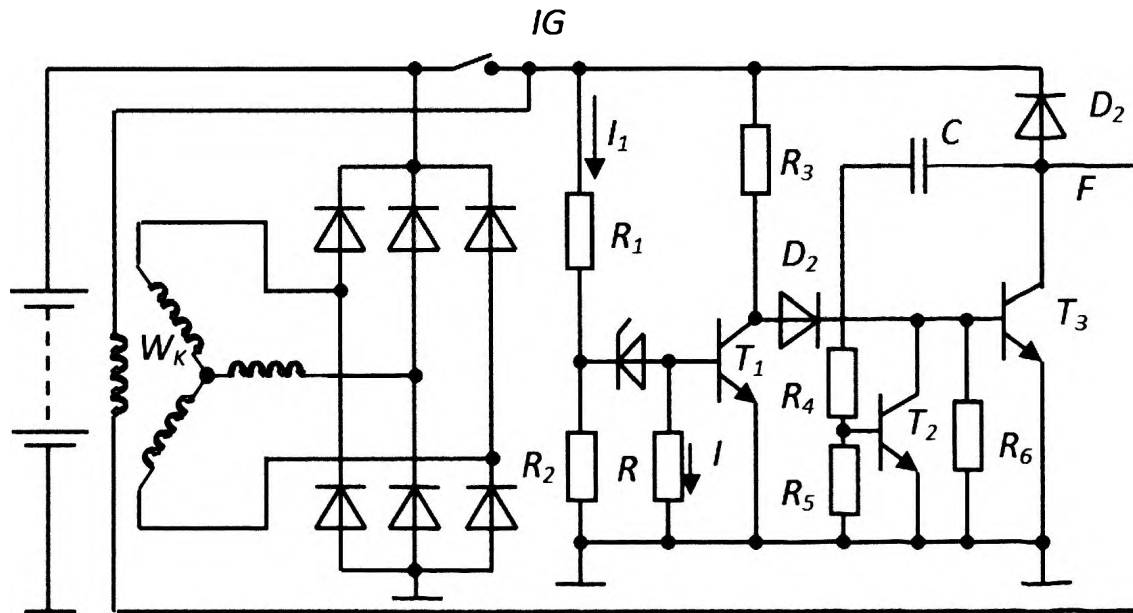
Giải hệ phương trình trên qua U_1 , ta thu được:

$$U_1 = (1 + R_1/R_2)[U_{OZ} + (R_2 + R)U_{BE1}/R] + R_1 U_{BE1}/R$$

Như vậy, muốn tăng hiệu điện thế hiệu chỉnh ta tăng R_1 hoặc giảm R_2 .

4.4.3.4 Mạch bảo vệ tiết chế

Trên hình 4.29 trình bày sơ đồ tiết chế với mạch bảo vệ gồm C, R_4, R_5, T_2, D_3 để đề phòng trường hợp cuộn kích bị ngắn mạch.



Hình 4.29: Sơ đồ tiết chế dùng transistor NPN có mạch bảo vệ.

Khi cuộn kích bị ngắn mạch, đầu F bị nối trực tiếp với dương và tụ C sẽ được nạp với dòng:

$$i_c = \frac{U_a}{R_4 + R_5} \cdot R^{\tau}$$

Trong đó:

τ_c : hằng số mạch nạp

U_a : điện áp áp quy.

$$\tau_c = (R_4 + R_5)C$$

$$U_{R5} = U_{BE2} = \frac{U_a}{R_4 + R_5} \cdot R_5 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Độ sụt áp trên R_5 làm T_2 mở và T_3 đóng nên mạch được bảo vệ. T_3 sẽ tiếp tục đóng đến thời điểm t_m khi dòng nạp không đủ để mở T_2 , tức là:

$$\frac{U_a}{R_4 + R_5} \cdot R_5 e^{-\frac{t_m}{\tau}} = U_{OE2}$$

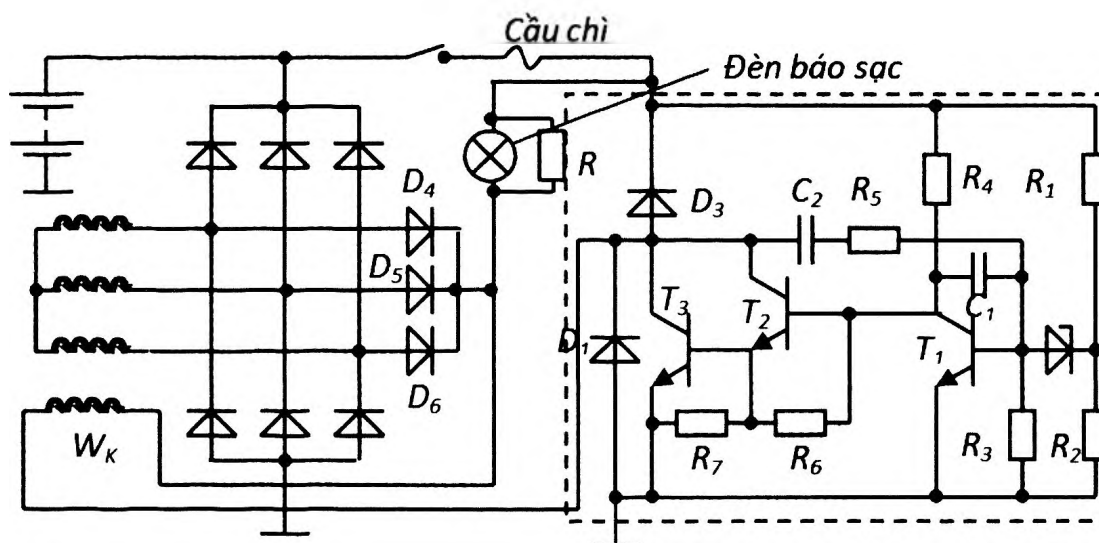
$$\Rightarrow t_m = \tau \ln \frac{U_a \cdot R_5}{(R_4 + R_5) \cdot U_{OE2}}$$

Lúc này, T_2 chuyển sang trạng thái đóng và T_3 chuyển sang trạng thái khuếch đại. Tụ C sẽ phóng điện qua T_3 và quá trình lại lặp lại như cũ.

4.4.3.5 Một số mạch thực tế trên xe

Trên hình 4.30 ÷ 4.33 trình bày các mạch tiết chế phổ biến.

Tiết chế vi mạch xe Nhật kiểu A

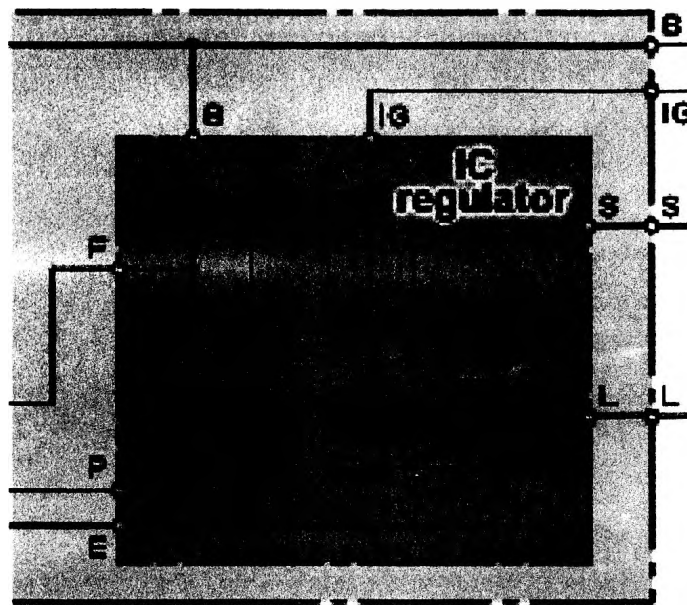


Hình 4.30a: Sơ đồ tiết chế vi mạch xe Nhật.

Mạch cung cấp điện cho cuộn kích và báo nạp được thực hiện bởi 3 diode nhỏ (diode trio) mắc từ đầu của các cuộn pha (D_4, D_5, D_6). Khi bật công tắc máy và động cơ chưa hoạt động, dòng qua đèn báo nạp đi qua cuộn kích làm tăng khả năng tự kích của máy phát. Khi máy phát hoạt động, đèn báo nạp tắt vì hai đầu đèn đẳng thế và lúc này, dòng cấp cho cuộn kích sẽ đi trực tiếp từ 3 diode trio. Nguyên lý làm việc của bộ tiết chế loại này tương tự như các mạch ta đã khảo sát ở phần trên nhưng các linh kiện được chế tạo theo công nghệ vi mạch và tiết chế được đặt bên trong máy phát.

Tiết chế vi mạch xe Nhật kiểu M

Điểm khác biệt của sơ đồ tiết chế vi mạch kiểu M là cách điều khiển đèn báo sạc. Nhờ điện áp lấy trên một pha cấp vào đầu P của tiết chế vi mạch sẽ điều khiển trạng thái hoạt động của transistor TR2 và TR3 theo tình trạng của máy phát.

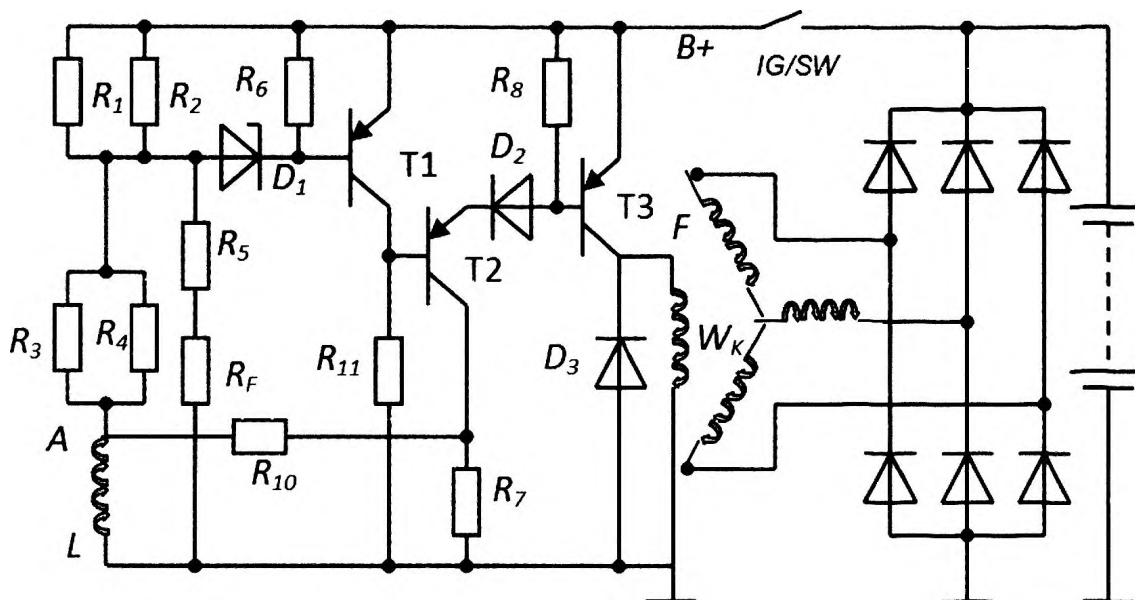


Hình 4.30b: Sơ đồ tiết chế vi mạch kiểu M.

Mạch tiết chế PP 350 (ZIL)

Trên hình 4.31 trình bày sơ đồ tiết chế PP350 trên xe Zil (Nga). Điểm lưu ý trong sơ đồ này là mạch hồi tiếp gồm điện trở R_{10} mắc từ điểm A sang B.

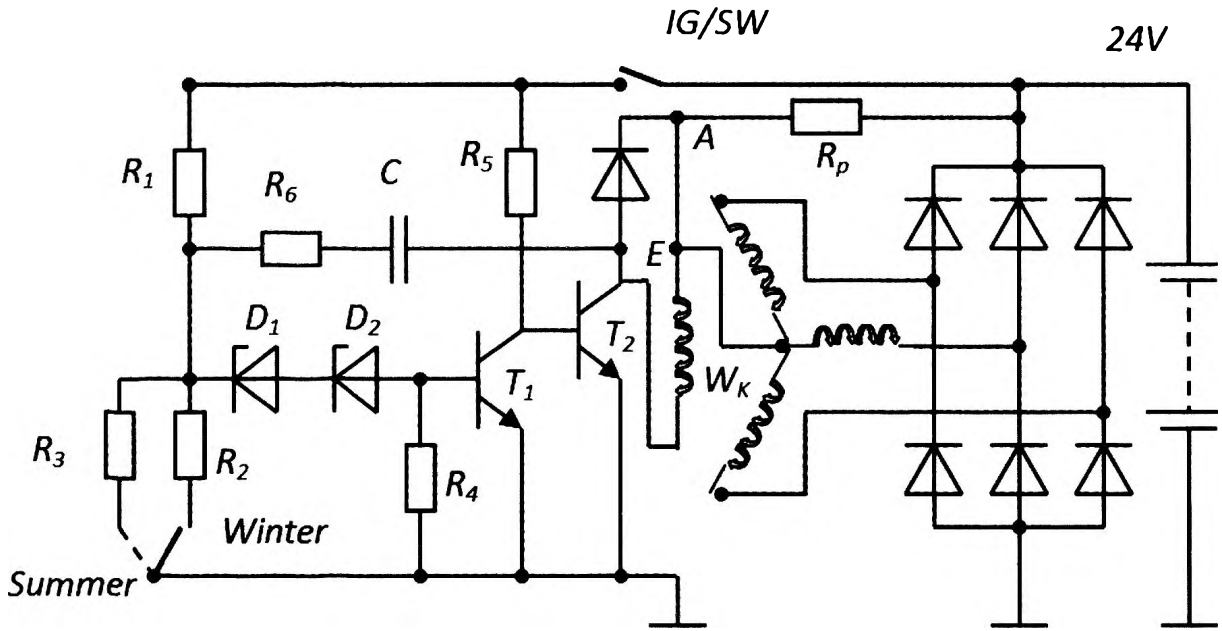
Hoạt động của mạch hồi tiếp như sau: Khi T_1 chớm đóng, T_2 chớm mở, điện thế tại B lớn hơn tại A làm dòng điện từ B sang A: $R_{10} \rightarrow L \rightarrow \text{mass}$. Điện thế ở A tăng, dòng qua R_1 và R_2 giảm khiến độ sụt áp trên R_1, R_2 giảm, làm T_1 đóng nhanh và T_2 mở nhanh.



Hình 4.31: Sơ đồ tiết chế PP350.

Trong trường hợp ngược lại, khi T_1 chớm mở và T_2 chớm đóng, điện thế điểm B cao hơn A. Vì vậy, xuất hiện dòng từ A sang B. Dòng này đi qua R_1, R_2 khiến D_1 mở nhanh làm T_1 mở nhanh và T_2 đóng nhanh.

Tiết chế vi mạch trên máy phát xe KAMAZ được trình bày trên hình 4.32.

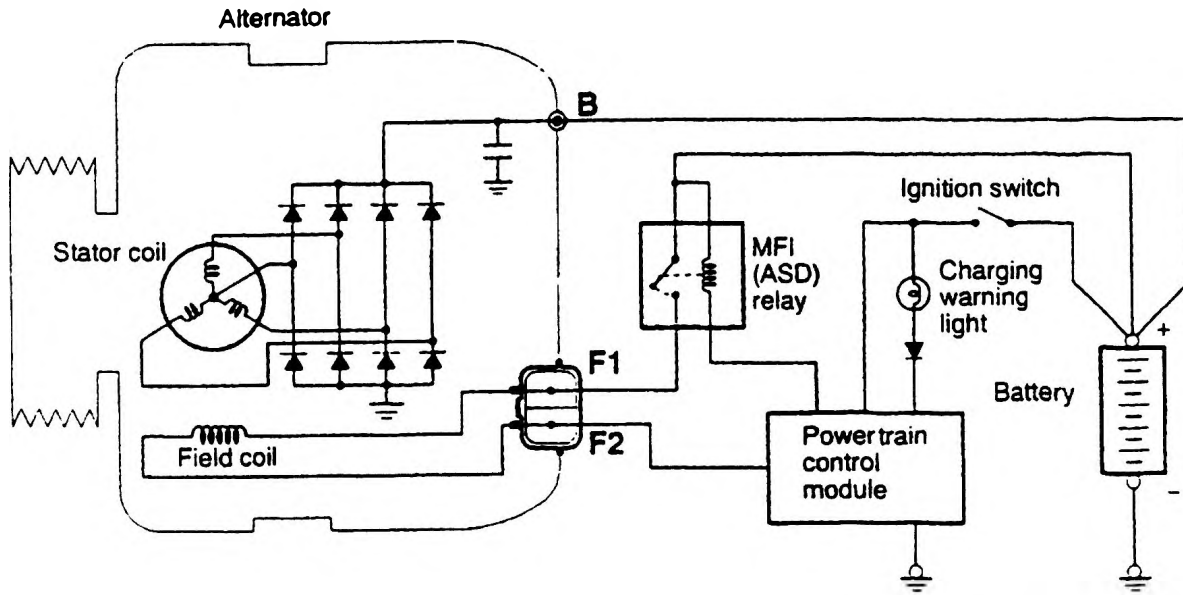


Hình 4.32: Sơ đồ tiết chế vi mạch xe KAMAZ.

Trong sơ đồ này, do điện áp hiệu chỉnh ở mức 28V nên người ta sử dụng 2 diode zener D_1 và D_2 mắc nối tiếp. Để đồng nhất hoá chi tiết của máy phát, cuộn dây kích hoạt động ở điện áp 14V và được mắc vào đầu dây trung hoà. Ở thời điểm bật công tắc máy mà động cơ chưa hoạt động, cuộn kích máy phát được cấp một dòng nhỏ qua R_p để tự kích.

Trên tiết chế loại này còn có công tắc chuyển đổi điện áp hiệu chỉnh theo mùa bằng cách thay đổi giá trị điện trở của cầu phân áp.

Ngày nay, trên các ô tô hiện đại, người ta không còn sử dụng bộ tiết chế vi mạch nữa mà sử dụng PCM điều khiển động cơ để kiểm soát điện áp phát ra của máy phát và điều khiển luôn đèn báo sạc (xem hình 4.33).



Hình 4.33: Sơ đồ tiết chế tích hợp trong PCM.

4.5 Tính toán chế độ tải và chọn máy phát điện trên ô tô

Để xác định đúng loại máy phát cần lắp trên ô tô với điều kiện đảm bảo công suất cấp cho các phụ tải điện, ta phải tính toán chọn máy phát phù hợp theo các bước dưới đây:

- Tính toán công suất tiêu thụ cần thiết cho tất cả các tải điện hoạt động liên tục.

Ví dụ: $P_{w1} = 350W$.

Bảng 4.1: Tiêu thụ điện của các tải điện hoạt động liên tục.

Tải điện hoạt động liên tục	Công suất (W)
Hệ thống đánh lửa	20
Bơm nhiên liệu	70
Hệ thống phun nhiên liệu	100
Radio, cassette	12
Đèn đầu (pha hoặc cos)	110
Đèn kích thước	10
Đèn bảng số	10
Đèn soi sáng tableau	10
Tổng công suất	$P_{w1} = 350W$

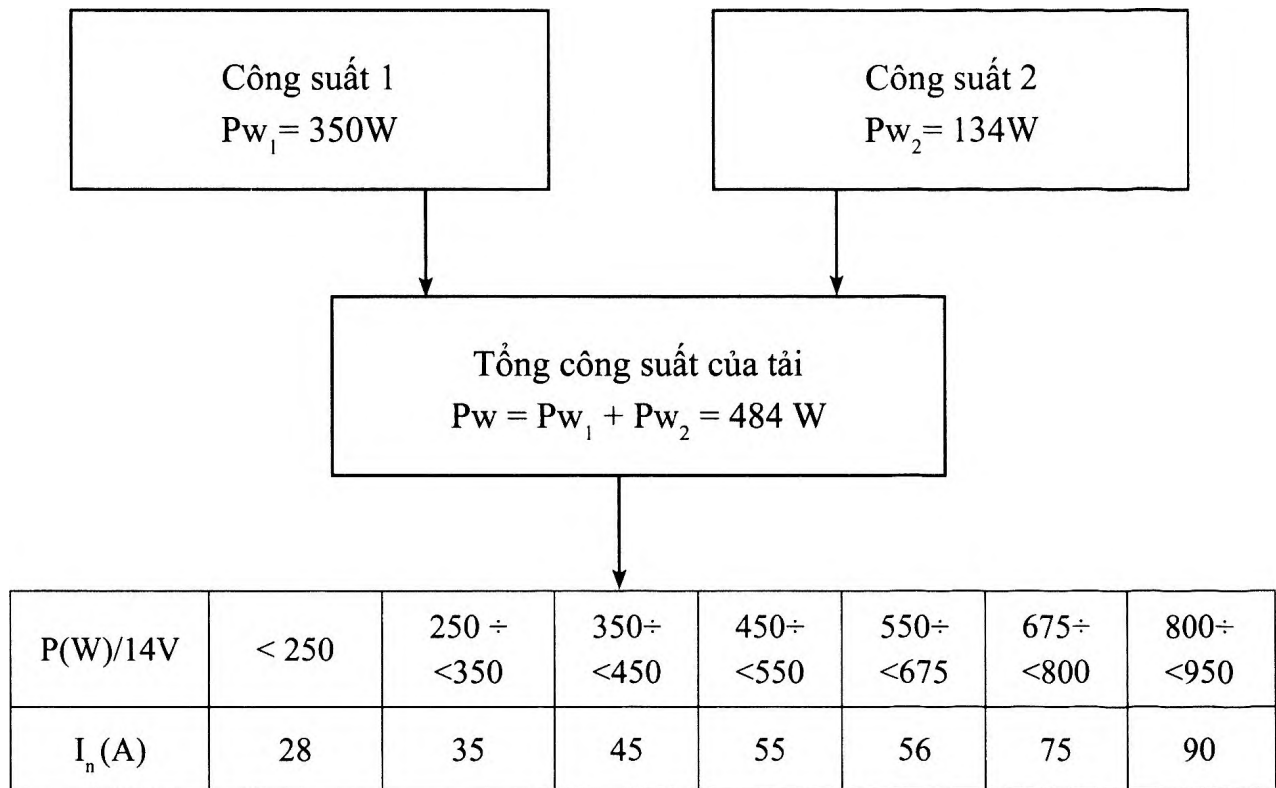
- Tính toán công suất tiêu thụ cần thiết cho tất cả các tải điện hoạt động gián đoạn theo bảng 4.2, ta có $P_{w_2} = 143W$.

Bảng 4.2: Tiêu thụ điện của các tải điện hoạt động gián đoạn.

Tải điện hoạt động gián đoạn	Giá trị thực (W)	Hệ số	Công suất tương đương (W)
Quạt điều hòa gián nóng và gián lạnh	80	0.5	40
Xông kính	120	0.5	60
Gạt nước	60	0.25	15
Quạt điện tản nhiệt		0.1	
Đèn lái		0.1	
Đèn thắng	42	0.1	4.2
Đèn tín hiệu báo rẽ	70	0.1	4.2
Đèn sương mù	70	0.1	7
Đèn báo sương mù	35	0.1	3.5
Tổng công suất	$P_{w_2} = 134W$		

- Lấy tổng các công suất tiêu thụ ($P_{w_1} + P_{w_2} = P_w = 484W$) chia cho điện áp định mức ta được cường độ dòng điện theo yêu cầu.

Sơ đồ tính toán hoặc kiểm tra máy phát K1-14V 23/55A.



Như vậy, ta phải chọn máy phát có công suất từ 450W đến 550W với dòng phát định mức 55A.

C. NHIỆM VỤ HỌC TẬP Ở NHÀ VÀ CÁC CÂU HỎI ÔN TẬP

PHẦN TỰ HỌC

1. Đọc các tài liệu tham khảo liên quan.
2. Đọc chương 06 trong sách ebook: Tom Denton. Automobile. Electrical and electronic systems. 3rd Edition. Elsevier. 2004.
3. Đọc giáo trình điện tử: “ Hệ thống cung cấp điện”
4. Tìm hiểu và báo cáo về các loại máy phát sử dụng cho ô tô.
5. Tìm hiểu và báo cáo về các loại tiết chế vi mạch
6. Tìm hiểu và báo cáo về các loại máy phát kiểm soát bởi ECU.
7. Hướng nghiên cứu và phát triển của hệ thống cung cấp điện trong tương lai.

CÂU HỎI ÔN TẬP

Câu hỏi tư luận

Câu 1: Trình bày sự phân bố tải giữa máy phát – ắc quy. Nêu các chế độ tải của máy phát?

Câu 2: Vẽ và trình bày nguyên lý làm việc của sơ đồ mạch chỉnh lưu trong máy phát ba pha? Vẽ dạng sóng chỉnh lưu ở ngõ ra của máy phát. Xác lập công thức tính U_{mf} ?

Câu 3: Trình bày các thông số của máy phát điện xoay chiều kích thích kiểu điện từ?

Câu 4: Vẽ và giải thích đặc tính không tải và đặc tính ngoài của máy phát điện xoay chiều kích thích kiểu điện từ?

Câu 5: Vẽ và giải thích đặc tính tải theo số vòng quay của máy phát điện xoay chiều kích thích bằng điện từ. Tại sao máy phát xoay chiều có khả năng tự hạn chế dòng?

Câu 6: Vẽ và giải thích sơ đồ hệ thống máy phát - tiết chế bán dẫn loại dùng transistor NPN? Nêu cách kiểm tra tiết chế bán dẫn trên?

Câu 7: Vẽ và giải thích sơ đồ hệ thống máy phát - tiết chế bán dẫn loại dùng transistor PNP? Nêu cách kiểm tra tiết chế bán dẫn trên?

Câu 8: Trình bày sơ đồ và nguyên lý hoạt động của tiết chế loại sử dụng transistor PNP. Cần tăng hay giảm điện trở cầu dưới (R_2) để điện áp bắt đầu hiệu chỉnh của tiết chế tăng từ $14V$ lên $16V$. Lập biểu thức tính lại điện trở cầu dưới (R_2') theo R_1 & R_2 trước đó?

Câu 9: Trình bày sơ đồ và nguyên lý hoạt động của tiết chế loại sử dụng transistor NPN. Cần tăng hay giảm điện trở cầu dưới (R_2) để điện áp tiết chế tăng từ $14V$ lên $16V$. Lập biểu thức tính lại điện trở cầu dưới (R_2') theo R_1 & R_2 trước đó?

Câu 10: Trình bày sơ đồ và nguyên lý hoạt động của tiết chế loại sử dụng transistor NPN?

a) Cho $R_1 = 10 k\Omega$, điện áp Zener $V_Z = 3.3 V$. Tính R_2 để điện áp bắt đầu hiệu chỉnh ở $14V$?

b) Cần phải mắc song song hay nối tiếp vào R_2 một điện trở R' để điện áp bắt đầu hiệu chỉnh ở $15V$. Tính giá trị R' ?

Câu 11: Trình bày sơ đồ và nguyên lý làm việc của bộ hiệu chỉnh điện thế bán dẫn trên xe KAMAZ. Cách tăng điện áp hiệu chỉnh?

Câu 12: Trình bày sơ đồ và nguyên lý làm việc của bộ hiệu chỉnh điện thế bán dẫn PP 350?

Câu 13: Trình bày sơ đồ và nguyên lý hoạt động của mạch hiệu chỉnh điện áp loại dùng cho máy phát trên xe KAMAZ. Tiết chế loại này đang hiệu chỉnh điện áp ở $28.0 V$ ở chế độ mùa hè với điện trở cầu trên $R_1 = 2.0 k\Omega$?

a) Tìm giá trị điện trở cầu dưới R_2 (ở chế độ mùa hè) nếu điện áp mở của mỗi Zener là $3.0 V$?

b) Vào mùa đông, điện áp hiệu chỉnh phải tăng đến giá trị $30.0 V$. Vậy phải bật công tắc để nối với một điện trở cầu dưới có giá trị bằng bao nhiêu?

Câu hỏi trắc nghiệm đúng sai

Câu 1: Diode mắc song song với cuộn dây kích từ giúp transistor trong tiết chế tăng nhanh tần số đóng mở.

Câu 2: Máy phát xoay chiều chỉ có khả năng tự hạn chế dòng khi quay ở tốc độ cao.

Câu 3: Diode trung hòa không có trong máy phát mắc kiểu tam giác.

Câu 4: Khả năng tự hạn chế dòng của máy phát là nhờ cảm kháng của các cuộn dây pha.

Câu 5: Diode trung hòa chỉ sử dụng trên các máy phát có đường kính pu-li lớn.

Câu 6: Điện áp của dây trung hòa so với dương ác quy bằng $1/3$ điện áp ác quy.

Câu 7: Mạch hồi tiếp trong tiết chế giúp tăng dòng nạp ác quy.

Câu 8: Trong các mạch điện loại âm chờ, người ta thường dùng transistor loại n-p-n để điều khiển.

Câu 9: Lý do transistor n-p-n được sử dụng nhiều trong hệ thống điện tử ô tô liên quan đến hệ thống điện một dây chung.

Câu 10: Muốn điều chỉnh điện áp phát ra của máy phát, người ta thay đổi tải của nó.

Câu 11: Giảm đường kính pu-li máy phát giúp tăng dòng phát cực đại.

Câu 12: Đầu L của máy phát (nối với đèn báo sạc) là đầu ra của 3 diod trung hòa.

Câu 13: Các diod trung hòa trong bộ chỉnh lưu có công suất lớn hơn các diod pha.

Câu 14: Mắc thêm các diod trung hòa giúp tăng công suất máy phát ở tốc độ cao.

Câu 15: Điện áp sau khi chỉnh lưu dao động tuần hoàn với chu kỳ $T/12$.

Câu 16: Từ $-T/12 < t < T/12$ điện áp chỉnh lưu có đặc tuyến hình sin.

Câu 17: Điện áp tức thời sau khi chỉnh lưu thay đổi từ $0,5 U_m$ đến $1,5 U_m$.

Câu 18: Dòng chạy trong các cuộn dây pha là dòng xoay chiều.

Câu 19: Trong kiểu máy phát mắc hình sao, điện áp phát ra là điện áp chênh lệch giữa hai pha.

Câu 20: Nếu một diod chỉnh lưu bị đứt, điện áp tức thời có lúc sẽ giảm về không (0).

Câu 21: Nếu có một diod chỉnh lưu bị ngắn mạch, cuộn dây pha sẽ bị cháy ngay sau đó.

Câu 22: Trong tiết chế dùng cho máy phát loại cuộn kích từ đầu mat (mass) chờ, nếu giảm điện trở cầu trên R1 sẽ làm giảm điện áp hiệu chỉnh.

Câu 23: Điện áp máy phát tăng cao khi diode Zener trong tiết chế bị đứt.

Câu 24: Trong tiết chế dùng cho máy phát loại cuộn kích từ đầu dương chờ, nếu mắc song song với cầu trên (R1) một điện trở sẽ khiến điện áp hiệu chỉnh tăng.

Câu 25: Để lắp tiết chế (loại dùng transistor n-p-n) xe tải cho xe du lịch ta có thể mắc nối tiếp vào mạch Zener thêm một diode Zener cùng loại.

Câu 26: Tại thời điểm $t=0$ điện áp tức thời trên hai pha có giá trị tuyệt đối bằng

$$\frac{\sqrt{3}U_m}{2}$$

Câu 27: Điện áp trên một pha đạt cực trị khi điện áp hai pha còn lại bằng không.

Câu 28: Mỗi diod chỉnh lưu có dòng đi qua trong $1/3$ chu kỳ.

Câu 29: Trong các cuộn dây pha lúc nào cũng có dòng chạy qua.

Câu 30: Trong tiết chế kiểu PP350, nếu không có điện trở bù nhiệt, điện áp hiệu chỉnh sẽ giảm khi nhiệt độ tăng.

Câu 31: Điện trở cầu dưới trong tiết chế KAMAZ có giá trị nhỏ hơn vào mùa hè.

Chương V

HỆ THỐNG ĐÁNH LỬA

A. MỤC TIÊU DẠY HỌC

Sau khi học xong chương này, người học có khả năng:

- Trình bày được các thông cơ bản và yêu cầu của hệ thống đánh lửa cho động cơ xăng.
- Trình bày được cấu tạo của một hệ thống đánh lửa điện cảm và điện dung.
- Hiểu và vận dụng được lý thuyết đánh lửa vào thực tế.
- Tính toán được các thông số của hệ thống đánh lửa.
- Phân tích chức năng của một số bộ phận trong các mạch đánh lửa.
- Vận dụng các kiến thức đã học để kiểm tra đánh giá hư hỏng của hệ thống đánh lửa.

B. NỘI DUNG

5.1 Nhiệm vụ, yêu cầu và phân loại hệ thống đánh lửa

5.1.1 Nhiệm vụ

Hệ thống đánh lửa trên động cơ có nhiệm vụ biến nguồn điện xoay chiều hoặc một chiều có hiệu điện thế thấp (*12 hoặc 24V*) thành các xung điện thế cao (từ *15.000 đến 40.000V*). Các xung điện áp cao này sẽ được phân bố đến bougie của các xy lanh đúng thời điểm để tạo tia lửa điện đốt cháy hòa khí.

5.1.2 Yêu cầu

Một hệ thống đánh lửa làm việc tốt phải bảo đảm các yêu cầu sau:

- Hệ thống đánh lửa phải sinh ra hiệu điện thế thứ cấp đủ lớn để phóng điện qua khe hở bougie trong tất cả các chế độ làm việc của động cơ.
- Tia lửa trên bougie phải đủ năng lượng và thời gian phóng để sự cháy bắt đầu.
- Góc đánh lửa sớm phải đúng trong mọi chế độ hoạt động của động cơ.
- Các phụ kiện của hệ thống đánh lửa phải hoạt động tốt trong điều kiện nhiệt độ cao và độ rung xóc lớn.
- Khe hở điện cực bougie phải nằm trong khoảng cho phép.

5.1.3 Phân loại

Ngày nay, hệ thống đánh lửa được trang bị trên động cơ ô tô có rất nhiều loại khác nhau. Dựa vào cấu tạo, hoạt động, phương pháp điều khiển, người ta phân loại hệ thống đánh lửa theo các cách phân loại sau:

5.1.3.1 Phân loại theo phương pháp tích lũy năng lượng

- Hệ thống đánh lửa điện cảm (*TI – Transistorized Ignition system*).
- Hệ thống đánh lửa điện dung (*CDI – Capacitor Discharged Ignition system*).

5.1.3.2 Phân loại theo phương pháp điều khiển bằng cảm biến

- Hệ thống đánh lửa sử dụng vít lửa (breaker).
- Hệ thống đánh lửa sử dụng cảm biến điện từ (electromagnetic sensor) gồm hai loại: loại nam châm đứng yên và loại nam châm quay.
- Hệ thống đánh lửa sử dụng cảm biến biến Hall.
- Hệ thống đánh lửa sử dụng cảm biến biến quang.
- Hệ thống đánh lửa sử dụng cảm biến từ trở.
- Hệ thống đánh lửa sử dụng cảm biến cộng hưởng từ.

5.1.3.3 Phân loại theo các phân bố điện cao áp

- Hệ thống đánh lửa có bộ chia điện (distributor ignition system).
- Hệ thống đánh lửa trực tiếp hay không có bộ chia điện (distributorless ignition system).

5.1.3.4 Phân loại theo phương pháp điều khiển góc đánh lửa sớm

- Hệ thống đánh lửa với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng cơ khí (Mechanical Spark Advance).
- Hệ thống đánh lửa với bộ điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử (ESA – Electronic Spark Advance).

5.1.3.5 Phân loại theo kiểu ngắt mạch sơ cấp

- Hệ thống đánh lửa sử dụng vít lửa (Conventional Ignition System).
- Hệ thống đánh lửa sử dụng Transistor (Transistorized Ignition System).
- Hệ thống đánh lửa sử dụng Thyristor (CDI).

5.1.3.6 Phân loại theo lịch sử phát triển

Từ khi động cơ xăng ra đời cho đến nay có thể chia hệ thống đánh lửa thành 5 thế hệ:

- Hệ thống đánh lửa thế hệ 1: đánh lửa ác quy hoặc magneto với cơ cấu đóng ngắt dòng sơ cấp bằng vít, cơ cấu điều chỉnh góc đánh lửa sớm bằng cơ khí với bộ đánh lửa sớm ly tâm và áp thấp. Dòng qua vít bị hạn chế nên độ tự cảm L1 cuộn dây sơ cấp lớn khiến lửa yếu dần khi tốc độ động cơ tăng cao.
- Hệ thống đánh lửa thế hệ 2: đánh lửa transistor. Transistor thay thế vít lửa giúp tăng dòng sơ cấp và giảm L1 nhưng cơ cấu điều khiển đánh lửa sớm vẫn sử dụng loại cơ khí.
- Hệ thống đánh lửa thế hệ 3: đánh lửa theo chương trình (programmed ignition) tức đánh lửa có hộp ECU điều khiển. Góc đánh lửa sớm tối ưu được xác định bởi hộp ECU giúp loại bỏ cơ cấu điều khiển đánh lửa bằng cơ khí.
- Hệ thống đánh lửa thế hệ 4: đánh lửa không bộ chia điện (distributorless ignition) hay đánh lửa trực tiếp (direct ignition) với cơ cấu phân bố tia lửa bằng điện tử đã thay thế bộ chia điện và dây cao áp.
- Hệ thống đánh lửa thế hệ 5: đánh lửa bằng tia laser giúp bỏ bougie và bobine. Trong 4 thế hệ đầu, thành phần của hệ thống đánh lửa luôn có bobine. Vì vậy, phần

lý thuyết đánh lửa sẽ chủ yếu đề cập đến các hệ thống đánh lửa 4 thế hệ đầu. Chương 05 cũng dừng ở đánh lửa thế hệ thứ hai. Các thế hệ đánh lửa 3 và 4 được giới thiệu trong chương 6.

5.2 Lý thuyết đánh lửa cho động cơ xăng

5.2.1 Các thông số chủ yếu của hệ thống đánh lửa

5.2.1.1 Hiệu điện thế thứ cấp cực đại U_{2m}

Hiệu điện thế thứ cấp cực đại U_{2m} là hiệu điện thế cực đại đo được ở hai đầu cuộn dây thứ cấp khi tách dây cao áp ra khỏi bougie. Hiệu điện thế thứ cấp cực đại U_{2m} phải đủ lớn để có khả năng tạo được tia lửa điện giữa hai điện cực của bougie, đặc biệt là lúc khởi động.

5.2.1.2 Hiệu điện thế đánh lửa U_{dl}

Hiệu điện thế thứ cấp mà tại đó quá trình đánh lửa trên bougie xảy ra, được gọi là hiệu điện thế đánh lửa (U_{dl}). Đó là điện áp mà nhờ nó tạo ra một điện trường đủ lớn để các hạt điện tử từ điện cực giữa bay ra và tạo ra sự va đập với các nguyên tử có trong hòa khí để tạo ra sự phân rã electron theo kiểu “thác lũ”. Nói cách khác, đây là điện áp phóng điện giữa hai điện cực và tạo ra tia lửa trên bougie nhằm mồi cháy hòa khí. Như vậy, điện áp đánh lửa càng cao thì càng khó đánh lửa và ngược lại.

Hiệu điện thế đánh lửa là một hàm phụ thuộc vào nhiều yếu tố, tuân theo định luật Pashen.

$$U_{dl} = K \frac{P \cdot \delta}{T}$$

Trong đó:

P : áp suất trong buồng đốt tại thời điểm đánh lửa.

δ : khe hở bougie.

T : nhiệt độ ở điện cực trung tâm (giữa) của bougie tại thời điểm đánh lửa.

K : hằng số phụ thuộc vào thành phần của hỗn hợp hòa khí.

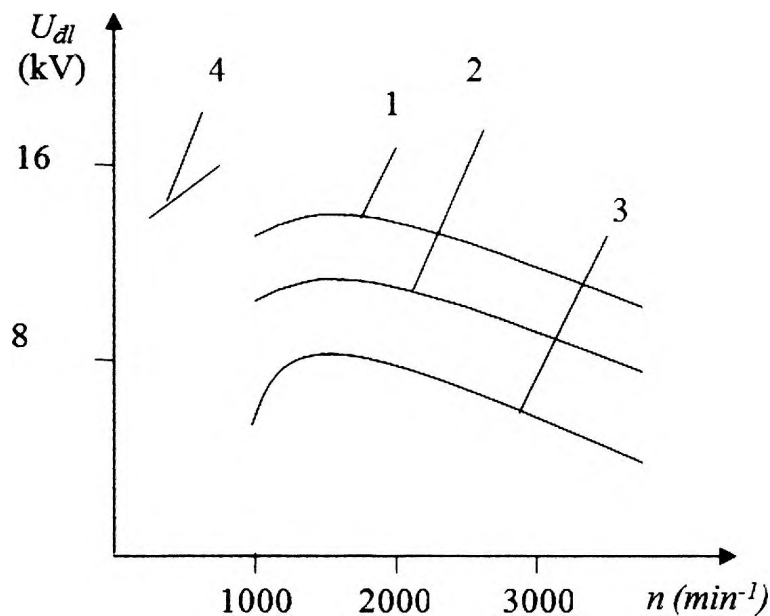
Ở chế độ khởi động lạnh, hiệu điện thế đánh lửa U_{dl} tăng khoảng 20 đến 30% do nhiệt độ điện cực bougie thấp.

Khi động cơ tăng tốc độ, thoát tiên, U_{dl} tăng, do áp suất nén tăng, nhưng sau đó U_{dl} giảm từ từ do nhiệt độ điện cực bougie tăng và áp suất nén giảm do quá trình nạp xấu đi.

Hiệu điện thế đánh lửa có giá trị cực đại ở chế độ khởi động và tăng tốc, có giá trị cực tiểu ở chế độ ổn định khi công suất cực đại (hình 5.1).

Trong quá trình vận hành xe mới, sau 2.000 km đầu tiên, U_{dl} tăng 20% do điện cực bougie bị mài mòn. Sau đó U_{dl} tiếp tục tăng do khe hở bougie tăng. Vì vậy, để giảm U_{dl} phải hiệu chỉnh lại khe hở bougie sau mỗi 10.000 km.

Nên lưu ý rằng, tuổi thọ của bobine liên quan mật thiết đến hiệu điện thế đánh lửa. Khe hở bougie quá lớn hoặc giết máy bằng cách kéo hở dây cao áp ra khỏi bougie sẽ làm điện áp đánh lửa tăng cao, dẫn đến việc đánh thủng lớp giấy cách điện giữa các lớp dây trong cuộn thứ cấp.



1. Toàn tải; 2. Nửa tải; 3. Tải nhỏ; 4. Khởi động và cầm chừng.

Hình 5.1: Sự phụ thuộc của hiệu điện thế đánh lửa vào tốc độ và tải của động cơ.

5.2.1.3 Hệ số dự trữ K_{dt}

Hệ số dự trữ là tỷ số giữa hiệu điện thế thứ cấp cực đại U_{2m} và hiệu điện thế đánh lửa U_{dt} :

$$K_{dt} = \frac{U_{2m}}{U_{dt}}$$

Đối với hệ thống đánh lửa thường, do U_{2m} thấp nên K_{dt} thường nhỏ hơn 1,5. Trên những động cơ xăng hiện đại với hệ thống đánh lửa điện tử, hệ số dự trữ có giá trị khá cao ($K_{dt} = 1,5 \div 2,0$), đáp ứng được việc tăng tỷ số nén, tăng số vòng quay và tăng khe hở bugie.

5.2.1.4 Năng lượng dự trữ W_{dt}

Năng lượng dự trữ W_{dt} là năng lượng tích lũy dưới dạng từ trường trong cuộn dây sơ cấp của bobine. Để đảm bảo tia lửa điện có đủ năng lượng để đốt cháy hoàn toàn hòa khí, hệ thống đánh lửa phải đảm bảo được năng lượng dự trữ trên cuộn sơ cấp của bobine ở một giá trị xác định:

$$W_{dt} = \frac{L_1 \times I_{ng}^2}{2} = 50 \div 150 \quad (mJ)$$

Trong đó:

W_{dt} : năng lượng dự trữ trên cuộn sơ cấp.

L_1 : độ tự cảm của cuộn sơ cấp của bobine.

I_{ng} : cường độ dòng điện sơ cấp tại thời điểm transistor công suất ngắt.

5.2.1.5 Tốc độ biến thiên của hiệu điện thế thứ cấp S

$$S = \frac{du_2}{dt} = \frac{\Delta u_2}{\Delta t} = 300 \div 600 \quad \text{V}/\mu\text{s}$$

Trong đó:

S : tốc độ biến thiên của hiệu điện thế thứ cấp.

Δu_2 : độ biến thiên của hiệu điện thế thứ cấp.

Δt : thời gian biến thiên của hiệu điện thế thứ cấp.

Tốc độ biến thiên của hiệu điện thế thứ cấp S càng lớn thì tia lửa điện xuất hiện tại điện cực bougie càng mạnh, nhờ đó dòng không bị rò qua muội than trên điện cực bougie, năng lượng tiêu hao trên mạch thứ cấp giảm.

5.2.1.6 Tần số và chu kỳ đánh lửa

Đối với động cơ 4 kỳ, số tia lửa xảy ra trong một giây hay còn gọi là tần số đánh lửa, được xác định bởi công thức:

$$f = \frac{nZ}{120} \quad (\text{Hz})$$

Đối với động cơ 2 kỳ:

$$f = \frac{nZ}{60} \quad (\text{Hz})$$

Trong đó:

f : tần số đánh lửa.

n : số vòng quay trục khuỷu động cơ (min^{-1}).

Z : số xylanh động cơ.

Chu kỳ đánh lửa T là thời gian giữa hai lần xuất hiện tia lửa.

$$T = 1/f = t_d + t_m$$

t_d : thời gian vít ngậm hay transistor công suất dẫn bão hòa. Thời gian này là thời gian để dòng điện kịp tăng trong cuộn sơ cấp và còn gọi là thời gian tích lũy năng lượng hay thời gian ngậm (dwell).

t_m : thời gian vít hở (mở) hay transistor công suất ngắt.

Tần số đánh lửa f tỷ lệ thuận với vòng quay trục khuỷu động cơ và số xylanh. Khi tăng số vòng quay của động cơ và số xylanh, tần số đánh lửa f tăng và, do đó chu kỳ đánh lửa T giảm xuống. Vì vậy, khi thiết kế hệ thống đánh lửa thế hệ 1 & 2, cần chú ý đến 2 thông số chu kỳ và tần số đánh lửa để đảm bảo, ở số vòng quay cao nhất của động cơ, tia lửa vẫn mạnh.

5.2.1.7 Góc đánh lửa sớm θ

Góc đánh lửa sớm là góc quay của trục khuỷu động cơ tính từ thời điểm xuất hiện tia lửa điện tại bougie cho đến khi piston lên tới từ điểm thượng.

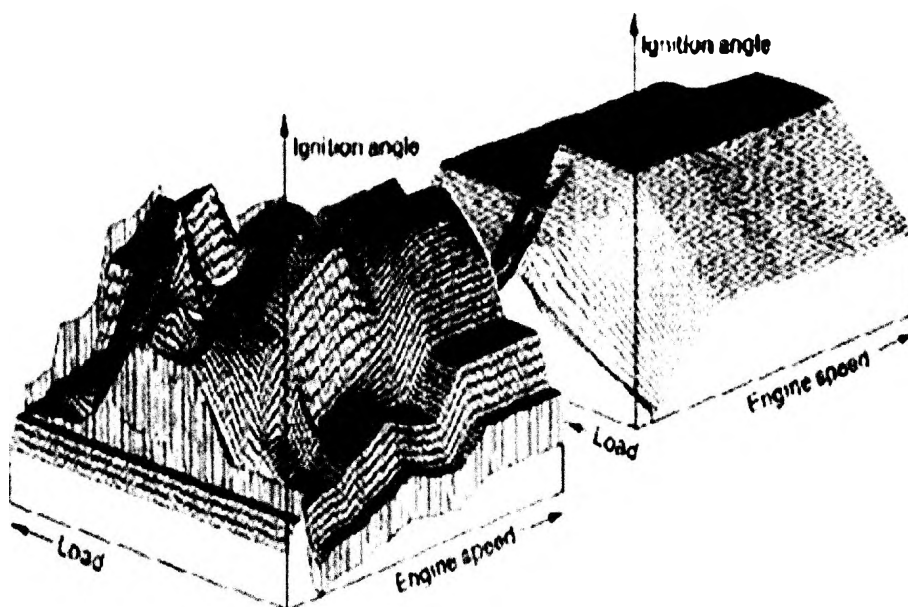
Góc đánh lửa sớm ảnh hưởng rất lớn đến công suất, tính kinh tế và độ ô nhiễm của khí thải động cơ. Góc đánh lửa sớm tối ưu phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố:

$$q_{opt} = f(p_{bd}, t_{bd}, p, t_{wt}, t_{kn}, n, N_o \dots)$$

Trong đó:

- p_{bd} : áp suất trong buồng đốt tại thời điểm đánh lửa.
- t_{bd} : nhiệt độ buồng đốt.
- p : áp suất trên đường ống nạp.
- t_{wt} : nhiệt độ nước làm mát động cơ.
- t_{kn} : nhiệt độ khí nạp.
- n : tốc độ động cơ.
- N_o : chỉ số octane của xăng.

Ở thể hệ đánh lửa 1 & 2, góc đánh lửa sớm chỉ được điều khiển theo hai thông số: tốc độ (bộ số ly tâm) và tải (bộ số áp thấp) của động cơ. Tuy nhiên, hệ thống đánh lửa ở một số xe, có trang bị thêm van nhiệt và sử dụng bộ phận đánh lửa sớm theo hai chế độ nhiệt độ. Trên các thể hệ đánh lửa 2 & 3, góc đánh lửa sớm được điều khiển tối ưu theo chương trình phụ thuộc vào các thông số nêu trên. Trên hình 5.2 trình bày bản đồ góc đánh lửa sớm theo tốc độ và tải động cơ trên xe đời mới (thể hệ 3 & 4) và xe đời cũ (thể hệ 1 & 2).



Hình 5.2: Bản đồ góc đánh lửa sớm theo tốc độ và tải động cơ trên các thể hệ đánh lửa.

5.2.1.8 Năng lượng tia lửa và thời gian phóng điện

Thông thường, tia lửa điện bao gồm hai thành phần là thành phần điện dung và thành phần điện cảm. Năng lượng của tia lửa được tính bằng công thức:

$$W_p = W_c + W_L$$

Trong đó:

$$W_c = \frac{C_2 \cdot U_{dl}^2}{2}$$

$$W_L = \frac{L_2 \cdot i_2^2}{2}$$

W_p : năng lượng của tia lửa.

W_c : năng lượng của thành phần tia lửa có tính điện dung.

W_L : năng lượng của thành phần tia lửa có tính điện cảm.

C_2 : điện dung ký sinh của mạch thứ cấp của bougie (F).

U_{dl} : hiệu điện thế đánh lửa.

L_2 : độ tự cảm của mạch thứ cấp (H).

i_2 : cường độ dòng điện mạch thứ cấp (A).

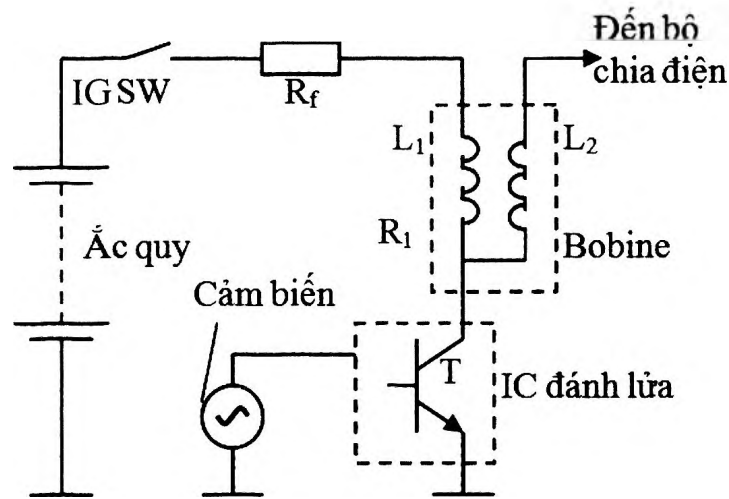
Tùy thuộc vào loại hệ thống đánh lửa mà năng lượng tia lửa có đủ cả hai thành phần điện cảm (thời gian phóng điện dài) và điện dung (thời gian phóng điện ngắn) hoặc chỉ có một thành phần.

Thời gian phóng điện giữa hai điện cực của bougie tùy thuộc vào loại hệ thống đánh lửa. Tuy nhiên, hệ thống đánh lửa phải đảm bảo năng lượng tia lửa đủ lớn và thời gian phóng điện đủ dài để đốt cháy được hòa khí ở mọi chế độ hoạt động của động cơ.

5.2.2 Lý thuyết đánh lửa trong ô tô

Trong động cơ xăng 4 kỳ, hòa khí, sau khi được đưa vào xy lanh và được trộn đều nhờ sự xoáy lốc của dòng khí, sẽ được piston nén lại. Ở một thời điểm thích hợp cuối kỳ nén, hệ thống đánh lửa sẽ cung cấp một tia lửa điện cao thế gây bén cháy hòa khí và sinh công cho động cơ. Để tạo được tia lửa điện giữa hai điện cực của bougie, quá trình đánh lửa được chia làm ba giai đoạn: quá trình tăng trường của dòng sơ cấp hay còn gọi là quá trình tích lũy năng lượng, quá trình ngắt dòng sơ cấp và quá trình xuất hiện tia lửa điện ở điện cực bougie.

5.2.2.1 Quá trình tăng trưởng dòng sơ cấp



Hình 5.3: Sơ đồ nguyên lý hệ thống đánh lửa.

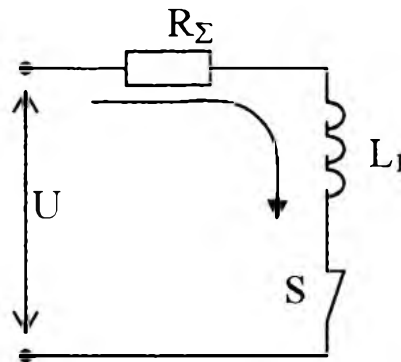
Trong sơ đồ của hệ thống đánh lửa hình 5.3:

R_f : điện trở phụ.

R_1 : điện trở của cuộn sơ cấp.

L_1, L_2 : độ tự cảm của cuộn sơ cấp và thứ cấp của bobine.

T : transistor công suất được điều khiển nhờ tín hiệu từ cảm biến hoặc vít lửa.



Hình 5.4: Sơ đồ tương đương của mạch sơ cấp của hệ thống đánh lửa.

Khi transistor công suất T dẫn, trong mạch sơ cấp sẽ có dòng điện i_1 từ (+) ắc quy đến $R_f \rightarrow L_1 \rightarrow T \rightarrow mass$. Dòng điện i_1 tăng từ từ do sức điện động tự cảm sinh ra trên cuộn sơ cấp L_1 chống lại sự tăng của cường độ dòng điện. Ở giai đoạn này, mạch thứ cấp của hệ thống đánh lửa gần như không ảnh hưởng đến quá trình tăng dòng ở mạch

sơ cấp. Hiệu điện thế và cường độ dòng điện xuất hiện ở mạch thứ cấp không đáng kể nên ta có thể coi như mạch thứ cấp hở. Vì vậy, ở giai đoạn này, ta có sơ đồ tương đương được trình bày trên hình 5.4. Trên sơ đồ, giá trị điện trở trong của ắc quy được bỏ qua, trong đó:

$$R_{\Sigma} = R_l + R_f$$

$$U = U_a - \Delta U_T$$

U_a : hiệu điện thế của ắc quy.

ΔU_T : độ sụt áp trên transistor công suất ở trạng thái dẫn bão hòa hoặc độ sụt áp trên vít lử.

Từ sơ đồ hình 5.4, ta có thể thiết lập được phương trình vi phân sau:

$$i_1 R_{\Sigma} + L_1 \frac{di_1}{dt} = U \quad (5.1)$$

Giải phương trình vi phân (5-1) ta được:

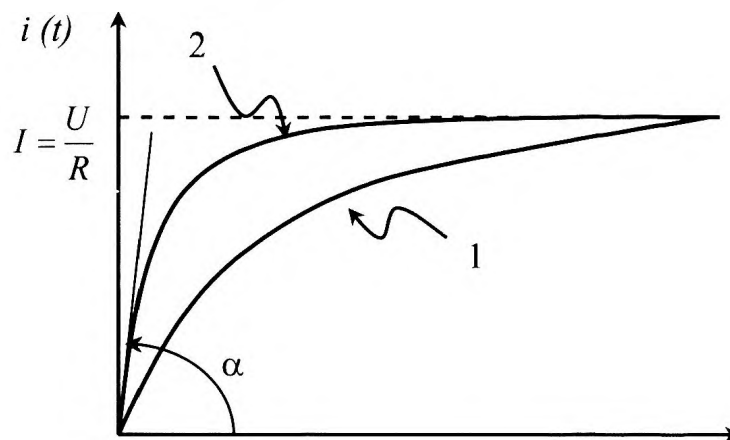
$$i_1(t) = \frac{U}{R_{\Sigma}} \left(1 - e^{-\frac{R_{\Sigma}}{L_1} t} \right)$$

Gọi $\tau_l = L_l/R_{\Sigma}$ là hằng số điện từ của mạch.

$$i_1(t) = (U/R_{\Sigma}) (1 - e^{-t/\tau_l}) \quad (5.2)$$

Lấy đạo hàm (5.2) theo thời gian t , ta được tốc độ tăng trưởng của dòng sơ cấp (hình 5.5). Như vậy, tốc độ tăng dòng sơ cấp phụ thuộc chủ yếu vào độ tự cảm L_l .

$$\frac{di_1}{dt} = \frac{U}{L_1} e^{-t/\tau_l} \quad \frac{di_1}{dt} \Big|_{t=0} = \frac{U}{L_1} = \operatorname{tg} \alpha \quad \frac{di_1}{dt} \Big|_{t=\infty} = 0$$



Hình 5.5: Quá trình tăng trưởng dòng sơ cấp i_1 .

Đối với hệ thống đánh lửa thể hệ 1, bobine có độ tự cảm lớn (đường 1), tốc độ tăng dòng sơ cấp chậm hơn so với hệ thống đánh lửa các thể hệ sau (2, 3, 4) sử dụng bobine có độ tự cảm nhỏ (đường 2). Chính vì vậy, trong hệ thống đánh lửa vít, năng lượng đánh lửa sẽ yếu dần khi tốc độ động cơ tăng cao. Trên các hệ thống đánh lửa thể hệ sau, hiện tượng này được khắc phục nhờ sử dụng bobine có L_1 nhỏ.

Đồ thị 5.5 cho thấy độ tự cảm L_1 của cuộn sơ cấp càng lớn thì tốc độ tăng trưởng dòng sơ cấp i_1 càng giảm.

Gọi t_d là thời gian transistor công suất dẫn, cường độ dòng điện sơ cấp I_{ng} tại thời điểm đánh lửa khi transistor công suất ngắt là:

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{\Sigma}} (1 - e^{-t_d/\tau_1}) \quad (5.3)$$

Trong đó:

$$t_d = \gamma_d \cdot T = \gamma_d \cdot 120 / (n \cdot Z). \quad (5.3a)$$

T : chu kỳ đánh lửa (s).

n : số vòng quay trục khuỷu động cơ (min^{-1}).

Z : số xylanh của động cơ.

γ_d : thời gian tích lũy năng lượng tương đối.

Trên các hệ thống đánh lửa vít, tỷ lệ thời gian tích lũy năng lượng $\gamma_d = 2/3$ hay 66.6%, còn ở các thể hệ sau nhờ cơ cấu hiệu chỉnh thời gian tích lũy năng lượng (góc ngậm) hay kiểm soát góc ngậm (dwell control) nên $\gamma_d < 2/3$.

$$\Rightarrow I_{ng} = \frac{U}{R_{\Sigma}} (1 - e^{-\gamma_d \frac{120}{nZ} \frac{1}{\tau_1}}). \quad (5.4)$$

Từ biểu thức (5.4), ta thấy I_{ng} phụ thuộc vào tổng trở của mạch sơ cấp (R_{Σ}), độ tự cảm của cuộn sơ cấp (L_1), số vòng quay trục khuỷu động cơ (n), và số xylanh (Z). Nếu R_{Σ} , L_1 , Z không đổi thì khi tăng số vòng quay trục khuỷu động cơ (n), cường độ dòng điện I_{ng} sẽ giảm.

Tại thời điểm đánh lửa, năng lượng đã được tích lũy trong cuộn dây sơ cấp dưới dạng từ trường:

$$W_{dt} = \frac{I_{ng}^2 \cdot L}{2} = \frac{L_1}{2} \times \frac{U^2}{R_{\Sigma}^2} (1 - e^{-t_d/\tau_1})^2$$

$$W_{dt} = \frac{L_1 \cdot U^2}{2R_{\Sigma}^2} = \frac{L_1}{2} \times \frac{U^2}{R_{\Sigma}^2} (1 - 2e^{-a} + e^{-2a}) \quad (5.5)$$

Trong đó:

W_{dt} : Năng lượng tích lũy trong cuộn sơ cấp.

$$a = \frac{t_d}{\tau_1} = \frac{R_\Sigma}{L_1} t_d$$

Hàm $W_{dt} = f(a)$ (5.5) đạt được giá trị cực đại, tức nhận được năng lượng từ hệ thống cấp điện nhiều nhất khi:

$$a = \frac{R_\Sigma}{L_1} t_d = 1,256 \quad (5.6)$$

Đối với hệ thống đánh lửa vít và hệ thống đánh lửa bán dẫn loại không có mạch hiệu chỉnh thời gian tích lũy năng lượng t_d , điều kiện (5.6) không thể thực hiện được vì t_d là giá trị thay đổi phụ thuộc vào tốc độ n của động cơ (công thức 5.3a). Sau khi đạt được giá trị U/R_Σ , dòng điện qua cuộn sơ cấp sẽ gây tiêu phí năng lượng vô ích, tỏa nhiệt trên cuộn sơ cấp và điện trở phụ. Trên các hệ thống đánh lửa thế hệ 3 & 4, nhược điểm trên được khắc phục nhờ mạch hiệu chỉnh thời gian tích lũy năng lượng t_d (dwell control).

Lượng nhiệt tỏa ra trên cuộn sơ cấp của bobine W_n được xác định bởi công thức sau:

$$\begin{aligned} W_n &= \int_0^{t_d} i_1^2 \cdot R_1 \cdot dt \\ W_n &= \int_0^{t_d} \frac{U^2}{R_\Sigma^2} R_1 (1 - 2e^{-t/\tau_1} + e^{-2t/\tau_1}) dt \\ W_n &= \frac{U^2}{R_\Sigma^2} R_1 \left[t + 2\tau_1(1 - e^{-2t/\tau_1}) + (\tau_1/2)(1 - e^{-2t/\tau_1}) \right] \Big|_0^{t_d} \\ W_n &= \frac{U^2}{R_\Sigma^2} R_1 (t_d + 2\tau_1 e^{-t/\tau_1} - (\tau_1/2) e^{-2t/\tau_1}) \end{aligned} \quad (5.7)$$

Công suất tỏa nhiệt P_n trên cuộn dây sơ cấp của bobine:

$$\begin{aligned} P_n &= \frac{1}{T} \int_0^{t_d} i_1^2 R_1 dt \\ P_n &= \frac{U^2}{R_\Sigma^2} R_1 \left[\frac{t_d}{T} - 2 \frac{\tau_1}{T} (1 - e^{-t_d/\tau_1}) + \frac{\tau_1}{2T} (1 - e^{-2t_d/\tau_1}) \right] \end{aligned} \quad (5.8)$$

Khi công tắc máy ở vị trí ON mà động cơ không hoạt động, công suất tỏa nhiệt trên bobine là lớn nhất:

$$P_{n\max} \approx \frac{U^2}{R_{\Sigma}^2} R_1$$

Thực tế khi thiết kế, $P_{n\max}$ phải nhỏ hơn $30W$ để tránh tình trạng nóng bobine. Vì nếu $P_{n\max} \geq 30W$, nhiệt lượng sinh ra trên cuộn sơ cấp lớn hơn nhiệt lượng tiêu tán. Trên các hệ thống đánh lửa theo chương trình (có ECU), khi bật công tắc máy vẫn không có dòng qua cuộn sơ cấp.

Trong thời gian tích lũy năng lượng, trên cuộn thứ cấp cũng xuất hiện một sức điện động tương đối nhỏ, chỉ xấp xỉ $1.000 V$.

$$e_2 = K_{bb} L_1 \frac{di_1}{dt}$$

Trong đó:

e_2 : sức điện động trên cuộn thứ cấp.

K_{bb} : hệ số biến áp của bobine.

Sức điện động này bằng 0 khi dòng điện sơ cấp đạt giá trị cực đại U/R_{Σ} .

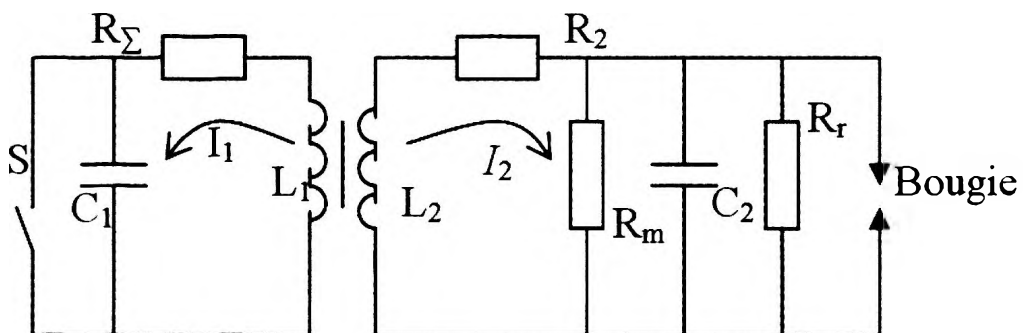
5.2.2.2 Quá trình ngắt dòng sơ cấp

Khi transistor công suất ngắt, dòng điện sơ cấp và từ thông do nó sinh ra giảm đột ngột. Trên cuộn thứ cấp của bobine sẽ sinh ra một hiệu điện thế vào khoảng từ $15 kV \div 40 kV$. Giá trị của hiệu điện thế thứ cấp phụ thuộc vào rất nhiều thông số của mạch sơ cấp và thứ cấp. Để tính toán hiệu điện thế thứ cấp cực đại, ta sử dụng sơ đồ tương đương được trình bày trên hình 5.6.

Trong sơ đồ này:

R_m : điện trở mất mát.

R_r : điện trở rò qua điện cực bougie.



Hình 5.6: Sơ đồ tương đương của hệ thống đánh lửa.

Bỏ qua hiệu điện thế ác quy vì hiệu điện thế ác quy rất nhỏ so với hiệu điện thế xuất hiện trên cuộn sơ cấp lúc transistor công suất ngắt và xét trường hợp không tải, có nghĩa là dây cao áp được tách ra khỏi bougie. Tại thời điểm transistor công suất ngắt, năng lượng từ trường tích lũy trong cuộn sơ cấp của bobine được chuyển thành năng lượng điện trường chứa trên tụ điện C_1 và C_2 và một phần mất mát. Để xác định hiệu điện thế thứ cấp cực đại U_{2m} ta lập phương trình cân bằng năng lượng lúc transistor công suất ngắt:

$$\frac{I_{ng}^2 \cdot L_1}{2} = \frac{C_1 \cdot U_{1m}^2}{2} + \frac{C_2 \cdot U_{2m}^2}{2} + A$$

Trong đó:

C_1 : điện dung của tụ điện mắc song song với vít lửa hoặc transistor công suất.

C_2 : điện dung ký sinh trên mạch thứ cấp.

U_{1m} , U_{2m} : hiệu điện thế trên mạch sơ cấp và thứ cấp lúc transistor công suất ngắt.

A : năng lượng mất mát do dòng rò, dòng fucô trong lõi thép của bobine

$$U_{2m} = K_{bb} \cdot U_{1m}$$

$K_{bb} = W_2/W_1$: hệ số biến áp của bobine.

W_1 , W_2 : số vòng dây của cuộn sơ cấp và thứ cấp.

$$\Rightarrow I_{ng}^2 \cdot L_1 = C_1 + \frac{U_{2m}^2}{K_{bb}^2} + C_2 \cdot U_{2m}^2$$

$$U_{2m}^2 \times \left(\frac{C_1}{K_{bb}^2} + C_2 \right) = I_{ng}^2 \cdot L_1$$

$$U_{2m} = K_{bb} I_{ng} \sqrt{\frac{L_1}{C_1 + K_{bb}^2 \cdot C_2}} \cdot \eta$$

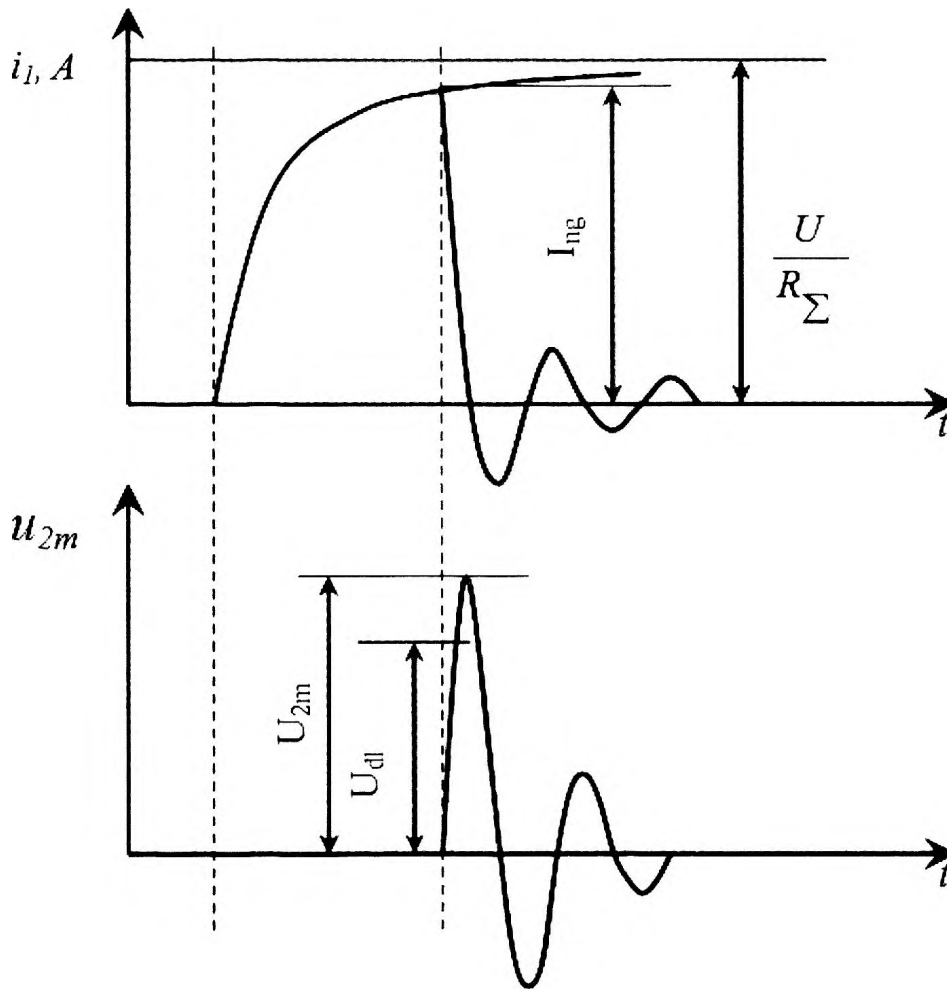
$$U_{2m} = K_{bb} \sqrt{\frac{L_1 \cdot I_{ng}^2}{C_1 + K_{bb}^2 \cdot C_2}} \cdot \eta$$

$$U_{2m} = K_{bb} \sqrt{\frac{2W_{dt}}{C_1 + K_{bb}^2 \cdot C_2}} \cdot \eta$$

(5.9)

η : Hệ số tính đến sự mất mát trong mạch dao động,

$\eta = 0,7, 0,8$.



Hình 5.7: Qui luật biến đổi của dòng điện sơ cấp i_1 và hiệu điện thế thứ cấp u_{2m} .

Qui luật biến đổi dòng điện sơ cấp i_1 và hiệu điện thế thứ cấp u_{2m} được biểu diễn trên hình 5.7.

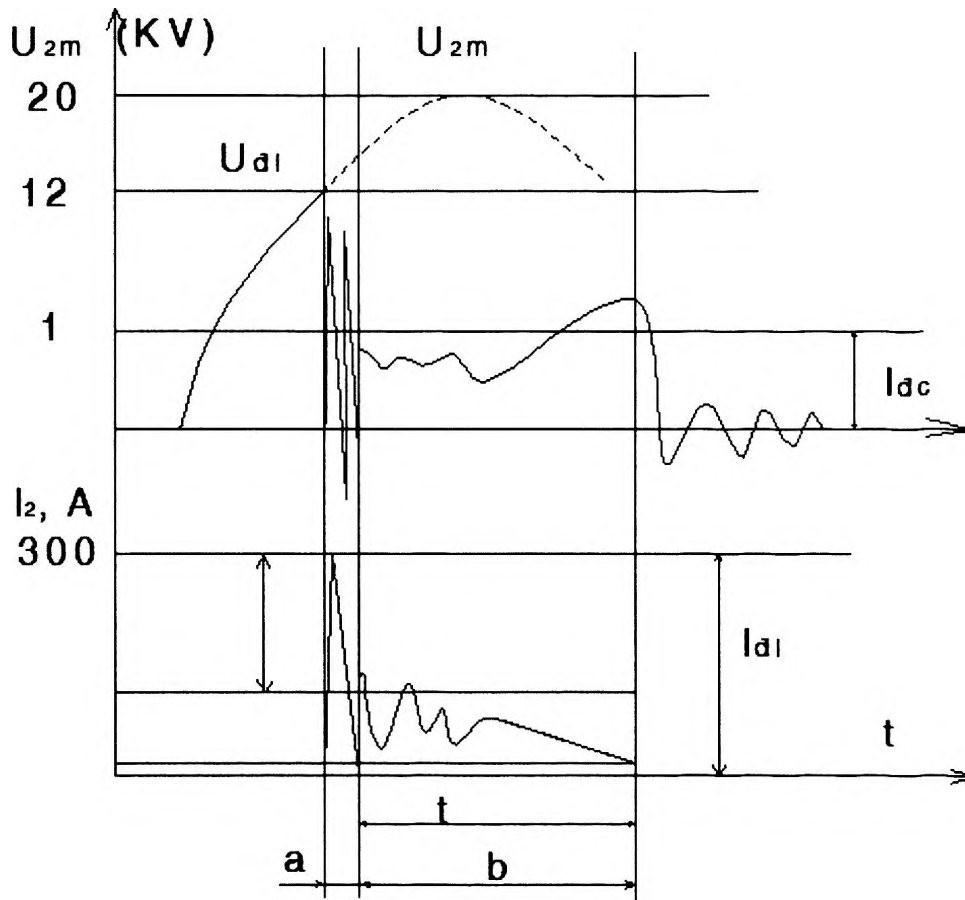
Khi transistor công suất ngắt, cuộn sơ cấp sẽ sinh ra một sức điện động khoảng $100 - 300V$.

Quá trình phóng điện ở điện cực bougie:

Khi điện áp thứ cấp u_2 đạt đến giá trị U_{dl} , tia lửa điện sẽ xuất hiện giữa hai điện cực của bougie. Bằng thí nghiệm người ta chứng minh được rằng tia lửa xuất hiện ở điện cực bougie gồm hai thành phần là thành phần điện dung và thành phần điện cảm.

Thành phần điện dung của tia lửa do năng lượng tích lũy trên mạch thứ cấp được qui ước bởi điện dung ký sinh C_2 . Tia lửa điện dung được đặc trưng bởi sự sụt áp và tăng dòng đột ngột.

Dòng có thể đạt vài trăm Ampere (hình 5.8). Mặc dù năng lượng không lớn lắm ($C_2 \times U_{dl}^2$)/2 nhưng công suất phát ra bởi thành phần điện dung của tia lửa nhờ thời gian rất ngắn ($1\mu s$) nên có thể đạt hàng chục, có khi tới hàng trăm kW.



a. Thời gian tia lửa điện dung. b. Thời gian tia lửa điện cảm.

Hình 5.8: Qui luật biến đổi hiệu điện thế thứ cấp u_{2m} và cường độ dòng điện thứ cấp i_2 khi transistor công suất ngắt.

Tia lửa điện dung có màu xanh sáng kèm theo tiếng nổ lách tách đặc trưng.

Dao động với tần số cao ($10^6 \div 10^7 \text{ Hz}$) và dòng lớn, tia lửa điện dung gây nhiễu vô tuyến và mài mòn điện cực bougie. Để giải quyết vấn đề nêu trên, mạch thứ cấp (như nắp bộ chia điện, rotor, dây cao áp) thường được mắc thêm điện trở. Trong các ô tô đời mới, người ta dùng dây cao áp có lõi bằng than để tăng điện trở.

Do tia lửa xuất hiện trước khi hiệu điện thế thứ cấp đạt giá trị U_{2m} nên năng lượng của tia lửa điện dung chỉ là một phần nhỏ của năng lượng phóng qua bougie. Phần năng lượng còn lại sẽ hình thành tia lửa điện cảm. Dòng qua bougie lúc này chỉ vào khoảng $20 \div 40 \text{ mA}$. Hiệu điện thế giữa hai cực bougie giảm nhanh đến giá trị $400 \div 500 \text{ V}$. Thời gian kéo dài của tia lửa điện cảm gấp 100 đến 1.000 lần thời gian tia lửa điện dung và thời gian này phụ thuộc vào loại bobine, hệ hờ bougie và chế độ làm việc của động cơ. Thường thì thời gian tia lửa điện cảm vào khoảng 1 đến 1,5 ms. Tia lửa điện cảm có màu vàng tím, còn được gọi là đuôi lửa.

Trong thời gian xuất hiện tia lửa điện, năng lượng tia lửa W_p được tính bởi công thức:

$$W_p = \int_0^{t_p} U_{d1} i_2(t) dt$$

t_p : thời gian xuất hiện tia lửa điện trên điện cực bougie.

Trên thực tế, ta có thể sử dụng công thức gần đúng:

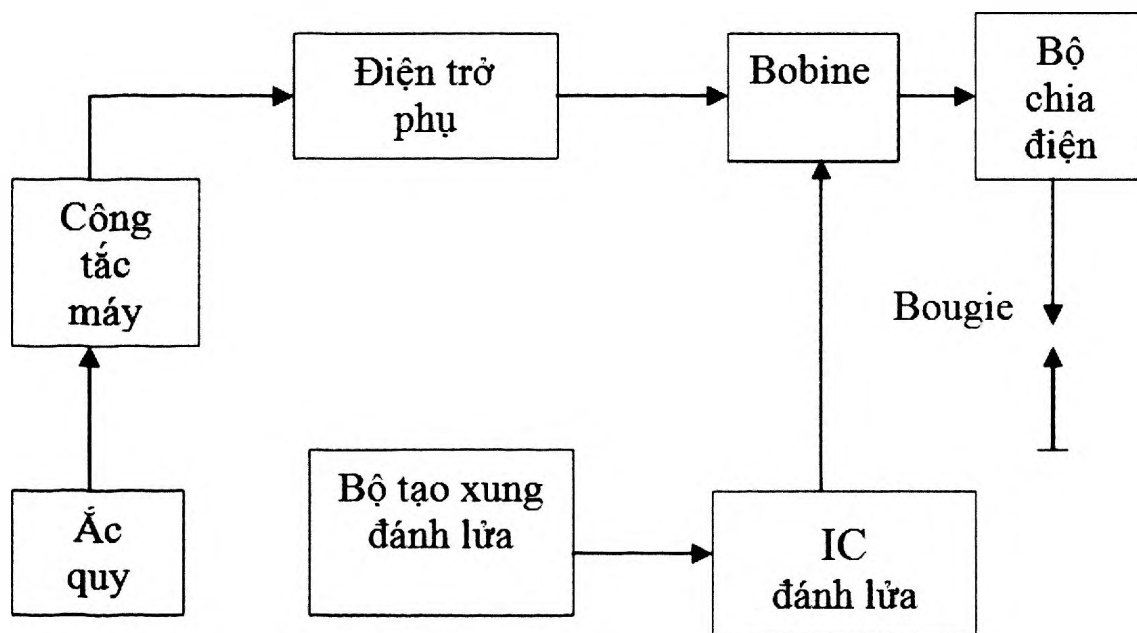
$$W_p \approx 0,5 \cdot I_{p_{tb}} \cdot U_{p_{tb}} \cdot t_{p_{tb}}$$

Trong đó: $I_{p_{tb}}$, $U_{p_{tb}}$ và $t_{p_{tb}}$ lần lượt là cường độ dòng điện trung bình, hiệu điện thế trung bình và thời gian xuất hiện tia lửa trung bình giữa hai điện cực của bougie.

Kết quả tính toán và thực nghiệm cho thấy rằng, ở tốc độ thấp của động cơ, W_p có giá trị khoảng $20 \div 50 \text{ mJ}$.

5.3 Sơ đồ cấu trúc khối và sơ đồ mạch cơ bản

5.3.1 Sơ đồ cấu trúc khối

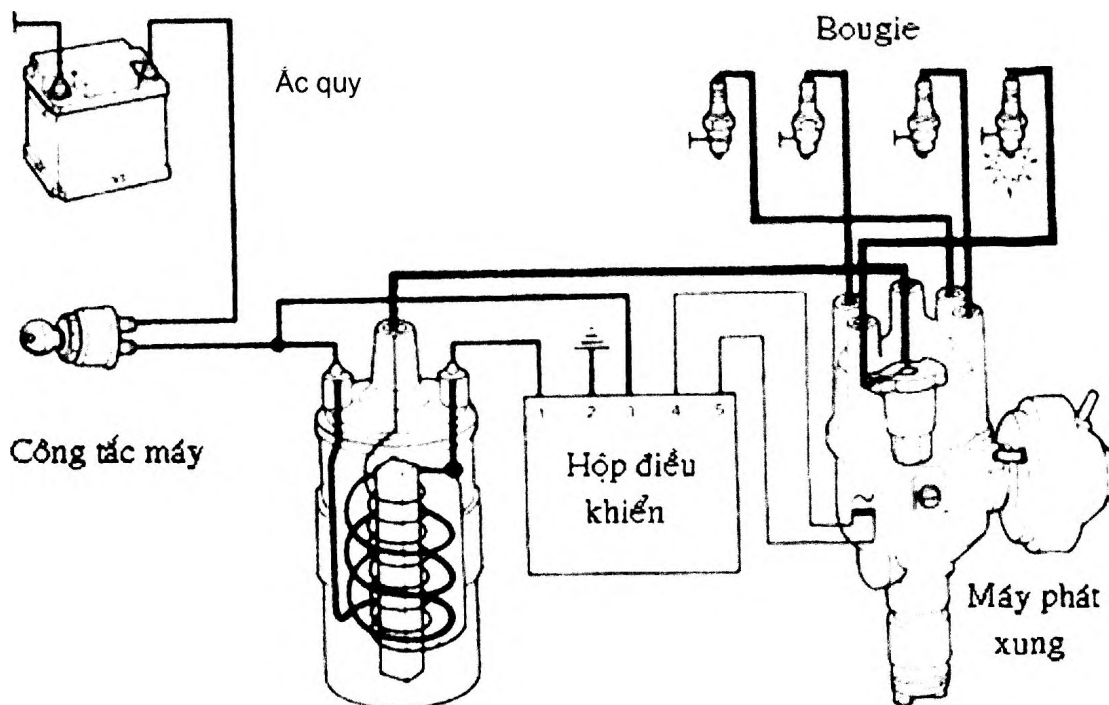


Hình 5.9: Sơ đồ cấu trúc chung của hệ thống đánh lửa.

Trên hình 5.9 trình bày sơ đồ cấu trúc chung của các kiểu hệ thống đánh lửa khác nhau. Trong sơ đồ này điểm khác biệt chủ yếu giữa các hệ thống đánh lửa là cách tạo xung để đóng ngắt dòng sơ cấp thông qua transistor công suất trong IC đánh lửa.

5.3.2 Sơ đồ cấu tạo cơ bản

Trên hình 5.10 trình bày sơ đồ hệ thống đánh lửa thể hệ thứ hai.



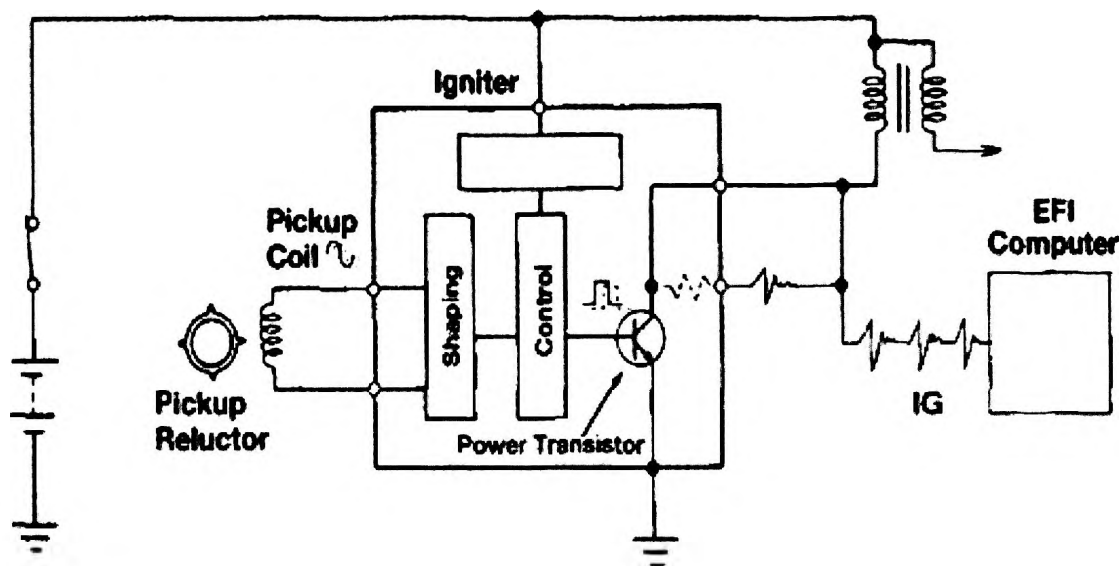
Hình 5.10: Sơ đồ mạch điện cơ bản của hệ thống đánh lửa bán dẫn.

5.4 Cấu tạo của hệ thống đánh lửa

5.4.1 Sơ đồ và cấu tạo phần tử

5.4.1.1 Sơ đồ chung của hệ thống đánh lửa thể hệ 2 (đánh lửa transistor)

Những thiết bị chủ yếu của HTĐL này là biến áp đánh lửa (bobine), điện trở phụ, bộ chia điện, bougie đánh lửa, khoá điện và nguồn điện một chiều (ắc quy hoặc máy phát). Sơ đồ của hệ thống đánh lửa này được trình bày trên hình 5.11:

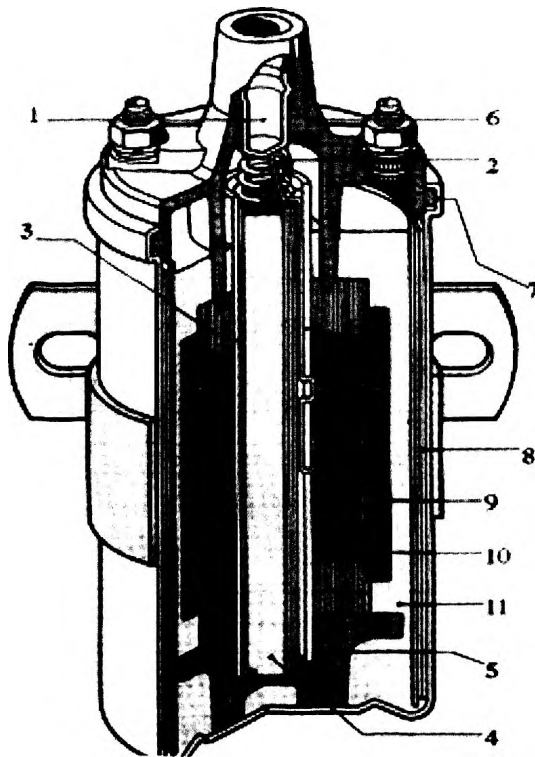


Hình 5.11: Sơ đồ hệ thống đánh lửa thể hệ 2.

5.4.1.2 Cấu tạo các chi tiết

Biến áp đánh lửa (bobine)

Đây là một loại biến áp cao thế đặc biệt nhằm biến những xung điện có hiệu điện thế thấp (6, 12 hoặc 24V) thành các xung điện có hiệu điện thế cao ($12.000 \div 40.000V$) để phục vụ cho việc tạo ra tia lửa ở bougie. Ta có thể coi bobine như một loại máy phát đặc biệt với cuộn dây kích từ (nam châm) là cuộn sơ cấp còn cuộn dây phát điện chính là cuộn thứ cấp. Do cả hai cuộn dây đều cố định nên để tạo ra sự biến thiên về từ thông người ta đóng ngắt dòng điện.



- | | |
|----------------------|-------------------|
| 1. Lỗ cắm dây cao áp | 7. Vỏ |
| 2. Lò xo nổi | 8. Ống thép từ |
| 3. Giấy cách điện | 9. Cuộn sơ cấp |
| 4. Lõi thép từ | 10. Cuộn thứ cấp |
| 5. Sứ cách điện | 11. Đệm cách điện |
| 6. Nắp cách điện | |

Hình 5.12: Cấu tạo bobine.

Trên hình 5.12 vẽ mặt cắt dọc của một biến áp đánh lửa (bobine).

Lõi thép từ được ghép bằng các lá thép biến thể dày $0,35mm$ và có lớp cách mặt để giảm ảnh hưởng của dòng điện xoáy (dòng Fucô). Lõi thép được chèn chặt trong ống các tông cách điện mà trên đó người ta quấn cuộn dây thứ cấp, gồm rất nhiều vòng dây ($W_2 = 19.000 \div 26.000$ vòng) đường kính $0,07 \div 0,1 mm$. Giữa các lớp dây của cuộn W_2 có hai lớp giấy cách điện mỏng với chiều rộng của lớp giấy rất lớn so với khoảng quấn dây để tránh trùng chéo các lớp dây và tránh bị phóng điện qua phần mặt bên của cuộn dây. Lớp dây đầu tiên kể từ ống các tông trong cùng và bốn lớp dây tiếp theo đó người ta không quấn các vòng dây sát nhau mà quấn cách nhau khoảng $1 \div 1,5 mm$. Đầu của vòng dây đầu tiên đó được hàn ngay với lõi thép rồi thông qua lò xo dẫn lên điện cực trung tâm (cực cao thế) của nắp cách điện.

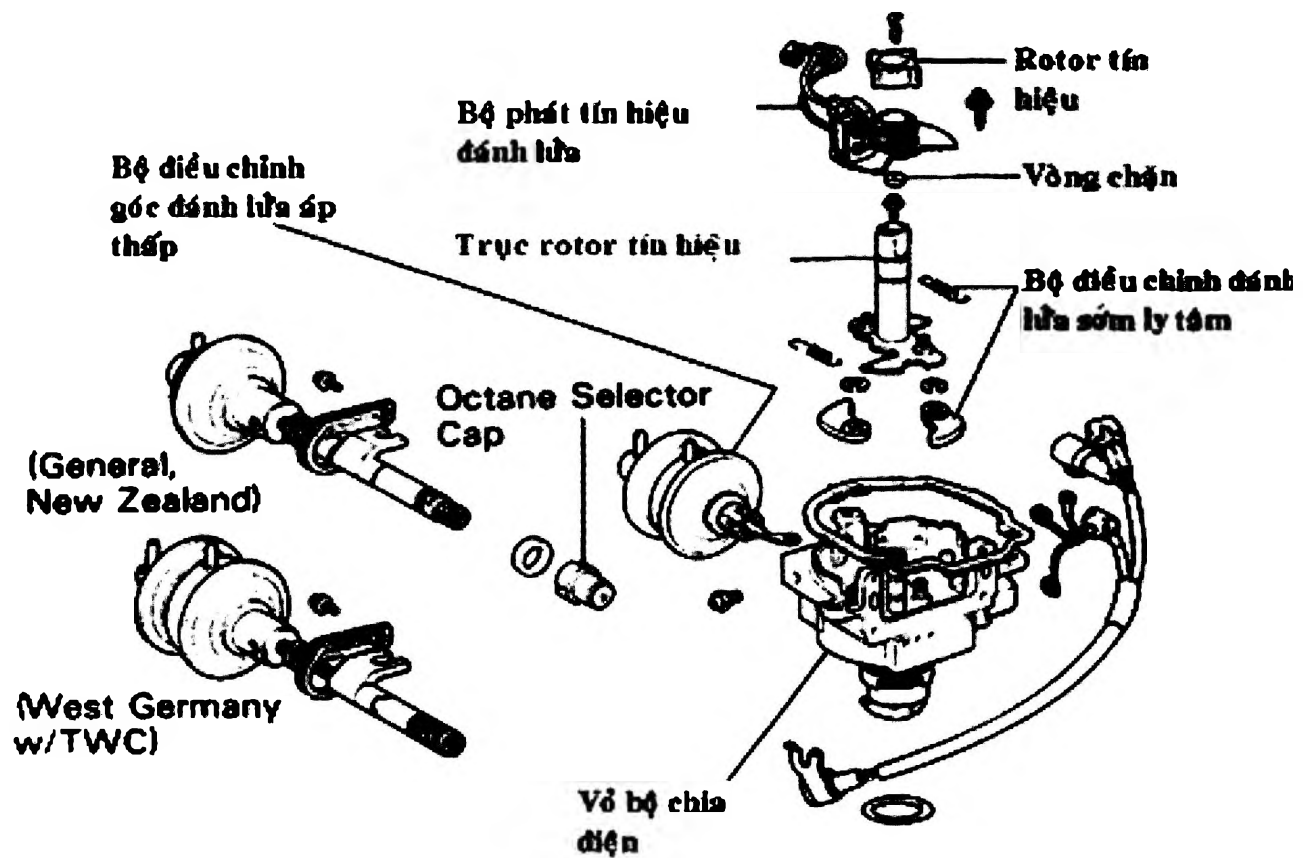
Cuộn thứ cấp, sau khi đã quấn xong, được cố định trong ống các tông cách điện, mà trên đó có quấn cuộn dây sơ cấp với số vòng dây không lớn lắm ($W_1 = 250 \div 400$ vòng), cỡ dây $0,69 \div 0,8 mm$. Một đầu của cuộn sơ cấp được hàn vào một vít bắt dây

khác trên nắp. Toàn bộ khối gồm các cuộn dây và lõi thép đó được đặt trong ống thép từ, ghép bằng những lá thép biến thể uốn cong theo mặt trụ hờ và các khe hờ của những lá thép này đặt chệch nhau. Cuộn dây và ống thép đặt trong vỏ thép và cách điện ở phía đáy bằng miếng sứ, nắp là nắp cách điện làm bằng vật liệu cách điện cao cấp.

Đa số các bobine trước đây có dầu biến thể bên trong để giải nhiệt, nhưng yêu cầu làm kín tương đối khó. Hiện nay, việc điều khiển thời gian ngậm điện bằng điện tử giúp các bobine ít nóng. Đồng thời, để đảm bảo năng lượng đánh lửa lớn ở tốc độ cao, người ta tăng cường độ dòng ngắt và giảm độ tự cảm cuộn dây sơ cấp. Chính vì vậy, các bobine ngày nay có kích thước rất nhỏ, có mạch từ kín và không cần dầu biến áp để giải nhiệt. Các bobine loại này được gọi là bobine khô.

Bộ chia điện

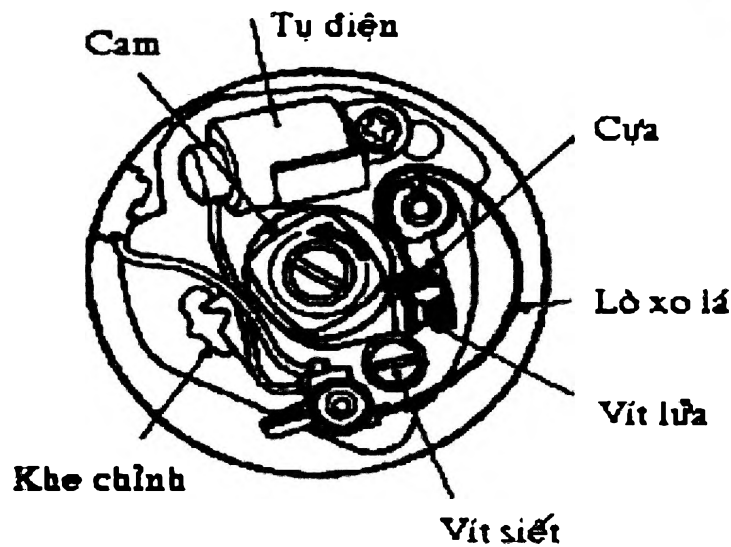
Bộ chia điện là một thiết bị quan trọng trong hệ thống đánh lửa. Nó có nhiệm vụ tạo nên những xung điện ở mạch sơ cấp của HTĐL và phân phối điện cao thế đến các xy lanh theo thứ tự nổ của động cơ đúng thời điểm. Bộ chia điện có thể chia làm ba bộ phận: bộ phận tạo xung điện, bộ phận chia điện cao thế và các cơ cấu điều chỉnh góc đánh lửa.



Hình 5.13: Cấu tạo bộ chia điện.

Bộ phận tạo xung điện

Hình 5.14 giới thiệu bộ phận tạo xung kiểu vít lửa, gồm những chi tiết chủ yếu như: cam, mâm tiếp điểm, tụ điện.



Hình 5.14: Bộ phận tạo xung của bộ chia điện.

Cam lắp lỏng trên trục bộ chia điện và mắc vào bộ điều chỉnh ly tâm. Mâm tiếp điểm trong các bộ chia điện gồm hai mâm: mâm trên (mâm di động), mâm dưới (mâm cố định) và giữa chúng có ô bi. Trong bộ chia điện của một số xe có thể chỉ có một mâm. Ở mâm trên có: giá má vít tĩnh, cần tiếp điểm (giá má vít động) để tạo nên tiếp điểm; miếng dạ bôi trơn và lao cam; chốt để mắc với bộ điều chỉnh góc đánh lửa; giá bắt dây; và đôi khi có thể đặt ngay trên mâm tiếp điểm. Giữa mâm trên và mâm dưới có dây nối mass. Mâm trên có thể quay tương ứng với mâm dưới một góc để phục vụ cho việc điều chỉnh góc đánh lửa sớm.

Má vít tĩnh phải tiếp mass thật tốt còn cần tiếp điểm có thể quay quanh chốt, phải cách điện với mass và được nối với vít bắt dây ở phía bên của bộ chia điện bằng các đoạn dây và thông qua lò xo. Tiếp điểm bình thường ở trạng thái đóng nhờ lò xo lá, còn khe hở giữa các má vít, khi nó ở trạng thái mở hết, thường bằng $0,3 \div 0,5 \text{ mm}$ và được điều chỉnh bằng cách nới vít hãm, rồi xoay vít điều chỉnh lệch tâm để phần lệch tâm của vít điều chỉnh sẽ tác dụng lên bên nặng của giá má vít tĩnh làm cho nó xoay quanh chốt một ít, dẫn đến thay đổi khe hở của tiếp điểm.

Khi phân cam quay, các vấu cam sẽ lần lượt tác động lên gôi cách điện của cần tiếp điểm làm cho tiếp điểm mở ra, còn khi vấu cam đi qua, tiếp điểm lại đóng lại dưới tác dụng của lò xo lá.

Các cơ cấu điều chỉnh góc đánh lửa: Bộ phận này gồm ba cơ cấu điều chỉnh góc đánh lửa.

- Bộ điều chỉnh góc đánh lửa ly tâm.
- Bộ điều chỉnh góc đánh lửa chân không.

- Bộ điều chỉnh góc đánh lửa theo trị số octane.

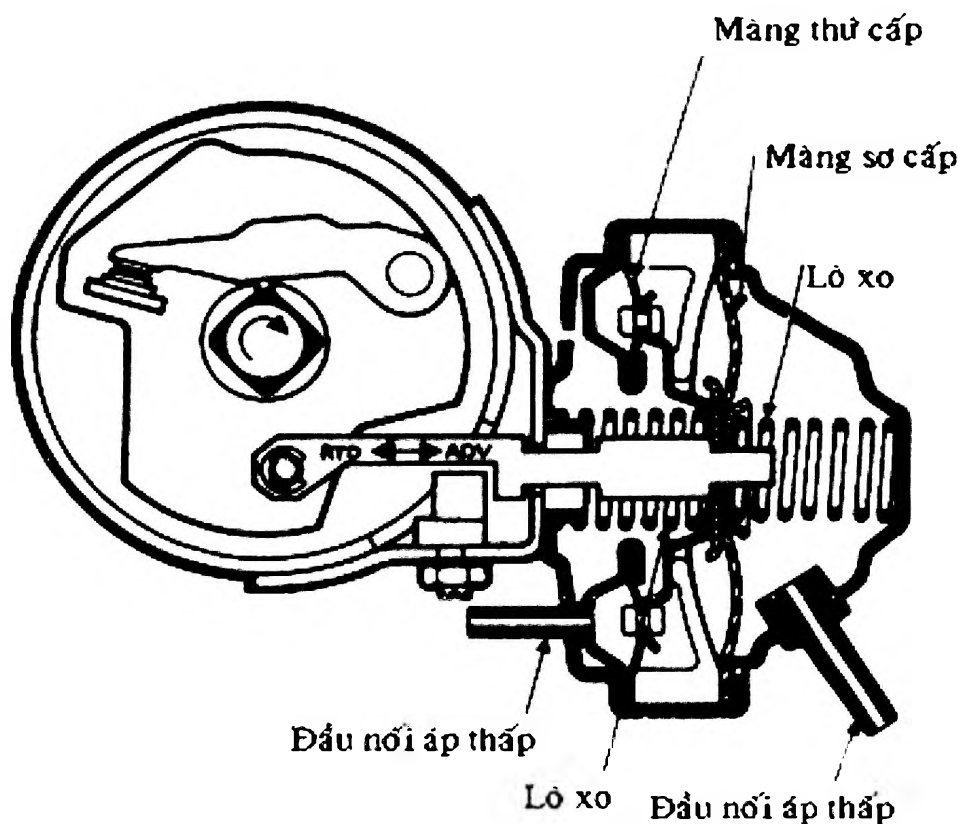
Bộ điều chỉnh góc đánh lửa ly tâm: Tên gọi đầy đủ là bộ điều chỉnh góc đánh lửa sớm theo số vòng quay kiểu ly tâm. Bộ điều chỉnh này làm việc tự động tùy thuộc vào tốc độ của động cơ.

Về cấu tạo, bộ điều chỉnh góc đánh lửa ly tâm gồm (hình 5.13): giá đỡ quả văng được lắp chặt với trục của bộ chia điện; hai quả văng được đặt trên giá và có thể xoay quanh chốt quay của quả văng đồng thời cũng là giá móc lò xo; các lò xo một đầu mắc vào chốt còn đầu kia móc vào giá trên quả văng và luôn luôn kéo các quả văng về phía trục. Trên mỗi quả văng có một chốt và qua hai chốt này bộ điều chỉnh ly tâm được gài vào hai rãnh trên thanh ngang của phân cam.

Bộ điều chỉnh góc đánh lửa chân không:

Bộ điều chỉnh góc đánh lửa chân không còn có tên gọi đầy đủ là bộ điều chỉnh góc đánh lửa sớm theo phụ tải động cơ, kiểu chân không. Cơ cấu này cũng làm việc tự động tùy thuộc vào mức tải của động cơ.

Cấu tạo bộ điều chỉnh góc đánh lửa sớm theo phụ tải được trình bày trên hình 5.15. Bộ điều chỉnh gồm: một hộp kín bằng cách ghép hai nửa lại với nhau. Màng đàn hồi ngăn cách giữa hai buồng, một buồng luôn luôn thông với khí quyển và chịu áp suất của khí quyển, còn buồng kia thông với lỗ ở phía bướm ga bằng ống nối và chịu ảnh hưởng của sự thay đổi áp suất ở phía dưới bướm ga.



Hình 5.15: Cấu tạo bộ điều chỉnh góc đánh lửa chân không.

Trên màng có gắn cần kéo, mà một đầu được mắc vào chốt của mâm tiếp điểm (mâm trên). Lò xo luôn ép màng về một phía và sức căng của lò xo được điều chỉnh bằng các đệm. Toàn bộ bộ điều chỉnh được bắt vào thành bên của bộ chia điện bằng hai vít.

Bộ điều chỉnh góc đánh lửa theo trị số octane của nhiên liệu

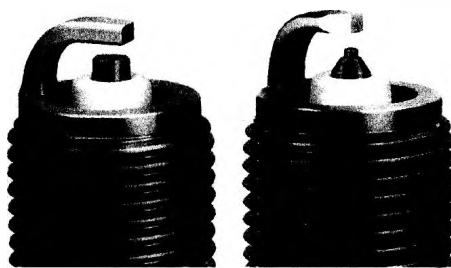
Bộ điều chỉnh này có mặt trên một số động cơ ô tô có thể dùng nhiều loại xăng khác nhau với trị số octane và tốc độ cháy của chúng khác nhau, do vậy góc đánh lửa sớm phải thay đổi theo trị số octane.

Bougie và cách chọn lựa bougie

Bougie đóng vai trò rất quan trọng trong hoạt động của động cơ xăng. Đó là nơi xuất hiện tia lửa ban đầu để đốt cháy hòa khí, vì vậy, nó ảnh hưởng trực tiếp đến công suất của động cơ, lượng tiêu hao nhiên liệu cũng như độ ô nhiễm của khí thải. Do điện cực bougie đặt trong buồng đốt nên điều kiện làm việc của nó rất khắc nghiệt: nhiệt độ ở kỳ cháy có thể lên đến $2.500^{\circ}C$ và áp suất đạt $50kg/cm^2$. Ngoài ra bougie còn chịu sự thay đổi đột ngột về áp suất lẫn nhiệt độ, các dao động cơ khí, sự ăn mòn hoá học và điện thế cao áp. Chính vì vậy, các hư hỏng trên động cơ xăng thường liên quan đến bougie.

Hiệu điện thế cần thiết đặt vào bougie để có thể phát sinh tia lửa tuân theo định luật Pashen. Khả năng xuất hiện tia lửa trên điện cực bougie ở hiệu điện thế cao (khó đánh lửa) hay thấp (dễ đánh lửa) phụ thuộc vào áp suất trong xy lanh ở cuối quá trình nén, khe hở bougie và nhiệt độ của điện cực trung tâm của bougie. Áp suất trong xy lanh càng cao thì càng khó đánh lửa. Vì vậy, những động cơ có tỷ số nén cao đòi hỏi phải sử dụng hệ thống đánh lửa có điện thế thứ cấp (của bobine) cao hơn. Điều đó cũng có nghĩa là khi thử bougie ở ngoài thấy xuất hiện tia lửa nhưng khi gắn vào động cơ chưa chắc có lửa. Khe hở càng lớn thì quá trình bén cháy sẽ tốt hơn nhưng càng khó đánh lửa và mau mòn điện cực. Khe hở lớn cũng sẽ làm giảm tuổi thọ của bobine. Trong trường hợp này, ta sẽ nghe thấy tiếng “lụp bụp” đặc trưng khi lên ga cao vì mất lửa. Nếu khe hở nhỏ quá, diện tích tiếp xúc của tia lửa với hoà khí ít, làm giảm công suất động cơ (máy yếu), tăng ô nhiễm và tiêu hao nhiên liệu (vì không đốt hết). Khe hở quá nhỏ cũng làm bougie dễ bị “chết” do muội than bám vào điện cực. Khe hở cho phép của bougie phụ thuộc vào hiệu điện thế cực đại của cuộn dây thứ cấp trong bobine đã được thiết kế cho từng loại động cơ. Vì vậy, ta phải chỉnh khe hở theo thông số của nhà chế tạo.

Các thông số về bougie (chủng loại, khe hở...) thường được nhà chế tạo cung cấp và được ghi ở trong khoang động cơ. Tuy nhiên, đối với một số xe nhập từ Mỹ hoặc châu Âu, ta không nên sử dụng bougie ghi trên xe vì điều kiện làm việc của động cơ lẫn điều kiện khí hậu ở nước ta đều khác. Do điện cực bougie bị mòn trong quá trình phóng tia lửa điện (tốc độ mòn trung bình đối với bougie loại thường: $0.01 \div 0.02mm/1.000km$), ta phải chỉnh lại khe hở định kỳ. Thời gian bảo dưỡng bougie phụ thuộc vào loại bougie và tình trạng động cơ. Bougie có điện cực làm bằng đồng (loại rẻ tiền) phải chỉnh khe hở sau mỗi $10.000 km$. Bougie có điện cực platin (loại đắt tiền) chỉ phải bảo dưỡng sau $80.000 km$ tính từ lúc thay. Loại bougie này thường được sử dụng trên các xe khó mở bougie. Đối với bougie platin, khi bảo dưỡng, chỉ chỉnh khe hở mà không được đánh sạch điện cực bằng giấy nhám vì điện cực chỉ được hàn một lớp mỏng kim loại quý hiếm này.



Loại thường

Loại platin

Hình 5.15b: Phân biệt hai loại bougie.

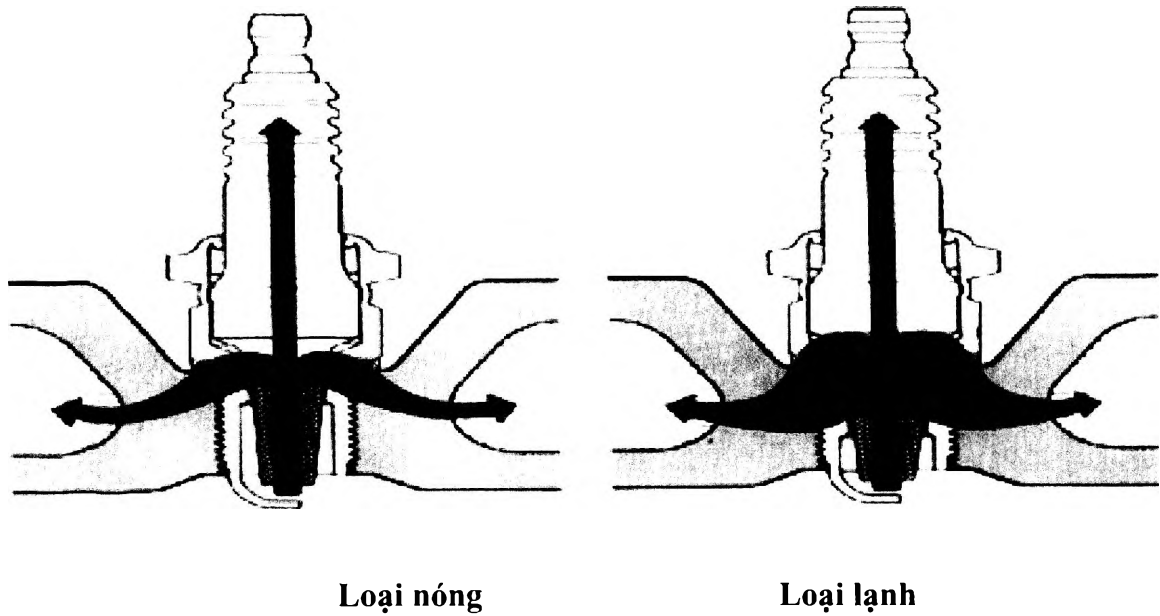
Cực tính của điện áp thứ cấp đặt vào bougie để tạo ra tia lửa cũng rất quan trọng. Nếu bạn đấu đúng đầu dây của cuộn sơ cấp (đầu + nối với điện trở phụ hoặc công tắc máy, đầu - nối với IC đánh lửa hoặc vít lửa), thì điện thế đặt vào điện cực trung tâm phải mang dấu âm. Trong trường hợp ngược lại, nếu đầu lộn dây, điện áp cần thiết để tạo ra tia lửa trên bougie sẽ tăng lên khoảng 40%, tức khó đánh lửa hơn. Sở dĩ như vậy là vì các hạt điện tử trong trường hợp sau khó xuất phát từ điện cực bì do nhiệt độ của nó thấp hơn điện cực giữa.

Bougie nóng và bougie lạnh

Bougie được chia làm hai loại nêu trên liên quan đến khả năng tự làm sạch (self cleaning) trong buồng đốt. Nhiệt độ tối ưu ở điện cực trung tâm của bougie khi tia lửa bắt đầu xuất hiện thường khoảng 850°C , vì ở nhiệt độ này, các chất bám vào điện cực bougie như muội than sẽ tự bốc cháy (nhiệt độ tự làm sạch). Nếu nhiệt độ quá thấp ($<500^{\circ}\text{C}$), muội than sẽ tích tụ trên bougie làm chập điện cực, dễ gây mất lửa khi khởi động động cơ vào buổi sáng hoặc khi giàu xăng. Nhiệt độ quá cao ($>1.000^{\circ}\text{C}$) sẽ dẫn đến cháy sớm (chưa đánh lửa mà hoà khí đã bốc cháy) làm hư piston. Điều đó giải thích tại sao ở một số xe đời cũ, khi ta đã tắt công tắc máy (tức bougie không còn đánh lửa) mà động cơ vẫn nổ (hiện tượng dieseling).

Để giữ được nhiệt độ tối ưu ở điện cực trung tâm của bougie, người ta thiết kế chiều dài phần sứ cách điện ở điện cực này khác nhau dựa vào điều kiện làm việc của động cơ, vì vậy, bougie được chia làm hai loại: nóng và lạnh. Nếu động cơ làm việc thường xuyên ở chế độ tải lớn hoặc tốc độ cao dẫn tới nhiệt độ buồng đốt cao, nên sử dụng bougie lạnh, với phần sứ ngắn (xem hình) để tải nhiệt nhanh. Ngược lại, nếu thường chạy xe ở tốc độ thấp và chờ ít người, chúng ta chuyển sang sử dụng bougie nóng với phần sứ dài hơn. Trong trường hợp chọn sai bougie, ví dụ, dùng bougie nóng thay vào một động cơ đang sử dụng bougie lạnh, sẽ thấy máy yếu đi do tình trạng cháy sớm, nhất là khi chạy ở tốc độ cao. Trong trường hợp ngược lại, bougie sẽ bám đầy muội than khi xe thường xuyên chạy ở tốc độ thấp, dễ gây “mất lửa”.

Ta có thể phân biệt bougie nóng và bougie lạnh qua chỉ số nhiệt của bougie. Chỉ số (được ghi trên bougie) càng thấp thì bougie càng “nóng” và ngược lại.



Hình 5.15c: Truyền nhiệt trong hai loại bougie.

Cách đọc thông số trên bougie

Do ký hiệu trên các loại bougie khác nhau, trong khuôn khổ quyển sách này, chỉ giới thiệu cách đọc dòng chữ ghi trên bougie NGK (Nhật) là loại phổ biến nhất ở nước ta.

B	P	R	6	E	S	-	11
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------

Chữ đầu tiên cho ta biết đường kính ren và lục giác:

Chữ	Đường kính ren	Lục giác
A	18mm	25.4mm
B	14mm	20.8mm
C	10mm	16.0mm
D	12mm	18mm

Chữ thứ hai chỉ đặc điểm cấu tạo chủ yếu liên quan đến hình dạng của điện cực trung tâm.

Chữ thứ ba có thể có hoặc không: Nếu có chữ R, bên trong bougie có đặt điện trở chống nhiễu.

Chữ thứ tư rất quan trọng vì cho ta biết chỉ số nhiệt của bougie. Đối với bougie NGK, chỉ số này thay đổi từ 2 (nóng nhất) đến 12 (lạnh nhất). Xe đua thường sử dụng bougie có chỉ số nhiệt từ 9 trở lên.

Chữ thứ năm là ký hiệu của chiều dài phần ren:

Ký hiệu	Chiều dài phần ren
Không có chữ	12.0mm đối với đường kính ren 18mm
	9.5mm đối với đường kính ren 14mm
L	11.2mm
H	12.7mm
E	19.0mm
F (loại ren côn)	A-F : 10.9mm
	B-F: 11.2mm
	BM-F: 7.8mm
	BE-F: 17.5mm

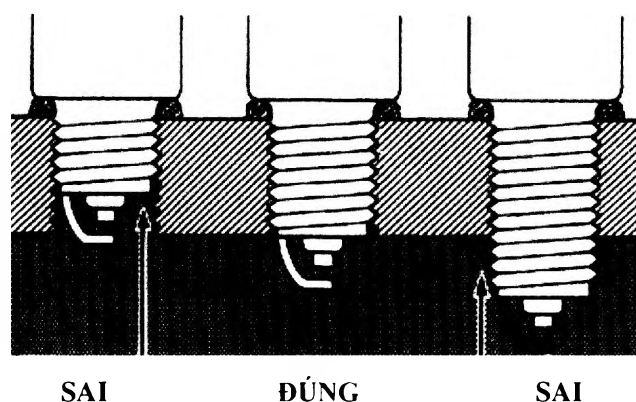
Chữ thứ sáu chỉ đặc điểm chế tạo: S - loại thường; A hoặc C - loại đặc biệt; G, GP hoặc GV - dùng cho xe đua có điện cực làm bằng kim loại hiếm; P- có điện cực Platin.

Chữ thứ bảy ký hiệu khe hở bougie:

Số	Khe hở
9	0.9mm
11	1.1mm
13	1.3mm
15	1.5mm

Siết bougie

Thông thường, nếu chọn đúng loại, mặt ren đầu của bougie khi siết xong phải trùng với mặt nắp máy. Nếu chiều dài phần ren quá ngắn hoặc quá dài muội than sẽ bám vào góc tạo ra giữa bougie và nắp máy (xem hình, mũi tên chỉ chỗ muội than bám). Nếu chiều dài phần ren lớn quá, đỉnh piston có thể chạm vào điện cực bougie.



Hình 5.15d: Cách lắp bougie.

Trị số lực siết

Trước khi siết bằng dụng cụ nên vận tay cho đến khi thấy cứng. Một số xe có bougie đặt sâu, ta phải dùng đầu nổi để đặt bougie vào. Nếu thả rơi sẽ làm chập đầu điện cực. Trị số lực siết cũng là điểm đáng lưu ý. Nếu siết quá lỏng, bougie sẽ bị nóng (dẫn đến cháy sớm) do nhiệt thoát ít. Siết quá chặt sẽ làm hỏng ren cả của bougie lẫn nắp máy. Vì vậy, cần tuân theo bảng trị số lực siết dưới đây:

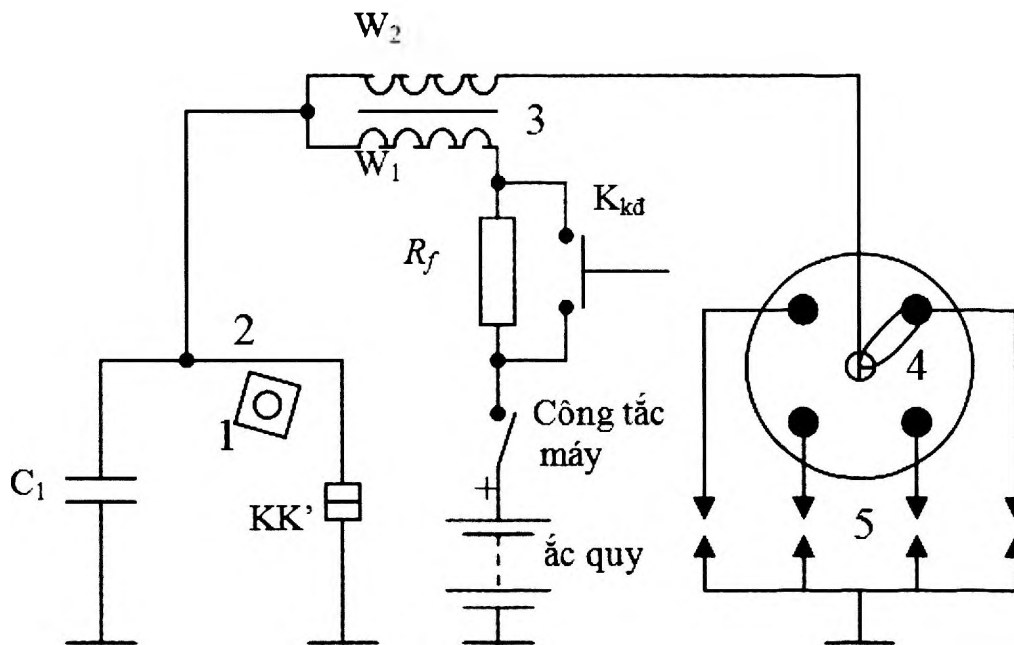
Loại bougie	Đường kính ren	Nắp máy gang	Nắp máy nhôm
Loại thường (có vòng đệm)	18mm	35÷45N.m	35÷40N.m
	14mm	25÷35N.m	25÷30N.m
	12mm	15÷25N.m	15÷20N.m
	10mm	10÷15N.m	10÷12N.m
	8mm	8÷10N.m	8÷10N.m
Loại côn (không vòng đệm)	18mm	20÷30N.m	20÷30N.m
	14mm	15÷25N.m	10÷20N.m

Sau khi siết đúng trị số theo bảng trên, đối với bougie loại thường, nên quay cần siết thêm một góc 180° nếu bougie mới sử dụng lần đầu, và 45° , nếu bougie sử dụng lại. Trong trường hợp bougie côn, góc quay thêm là 22.5° .

5.4.1.3 Nguyên lý làm việc của hệ thống đánh lửa

Cam 1 của bộ chia điện quay nhờ truyền động từ trục cam của động cơ và làm nhiệm vụ mở tiếp điểm KK', cũng có nghĩa là ngắt dòng điện sơ cấp của biến áp đánh lửa 3. Khi đó, từ thông đi qua cuộn thứ cấp do dòng điện sơ cấp gây nên sẽ mất đi đột ngột, làm xuất hiện một sức điện động cao thế trong cuộn thứ cấp W_2 . Điện áp này sẽ qua con

quay chia điện 4 và dây cao áp đến các bougie đánh lửa 5 theo thứ tự thì nỏ của động cơ. Khi điện áp thứ cấp đạt giá trị đánh lửa, giữa hai điện cực của bougie sẽ xuất hiện tia lửa điện để đốt cháy hỗn hợp trong xylanh.

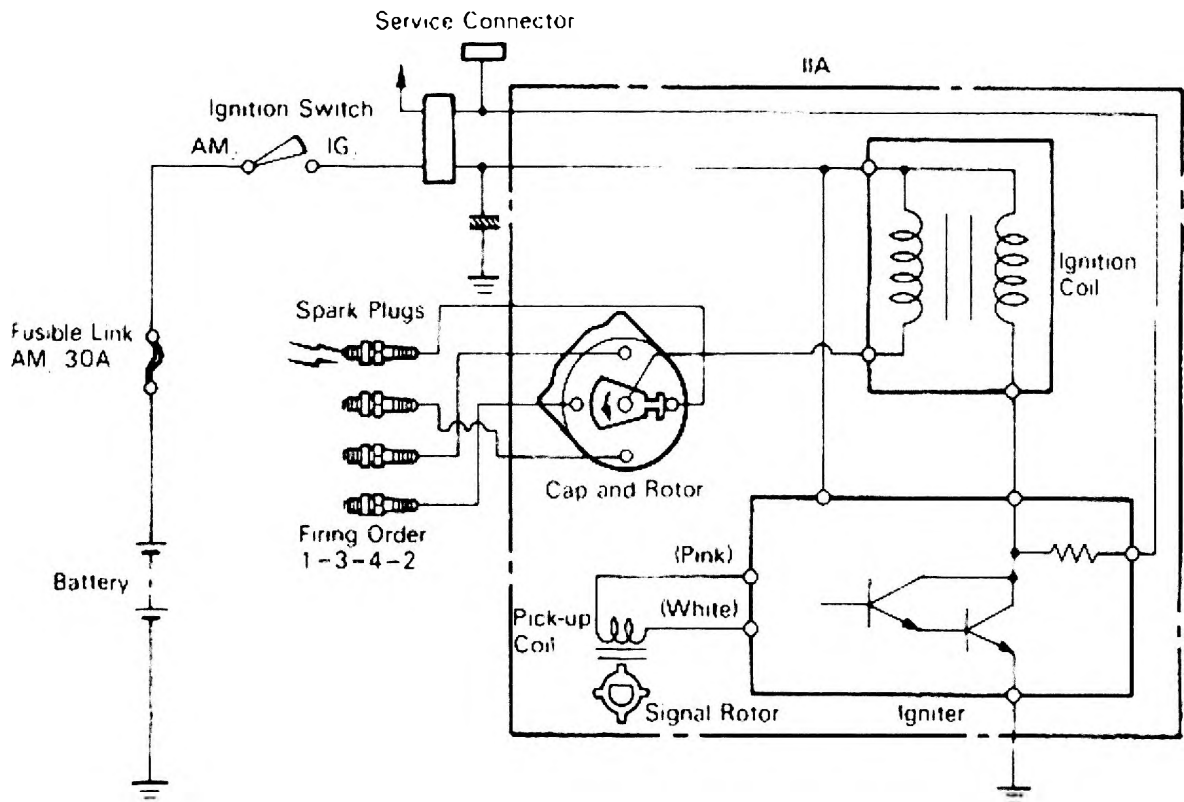


Hình 5.16: Sơ đồ nguyên lý hệ thống đánh lửa thường (thế hệ 1).

Cũng vào lúc tiếp điểm KK' chớm mở, trên cuộn dây sơ cấp W_1 sinh ra một sức điện động tự cảm. Sức điện động này được nạp vào tụ C_1 nên sẽ dập tắt tia lửa trên vít. Khi vít đã mở hẳn, tụ điện sẽ xả qua cuộn dây sơ cấp của bobine. Dòng phóng của tụ ngược chiều với dòng tự cảm khiến từ thông bị triệt tiêu đột ngột. Như vậy, tụ C_1 còn đóng vai trò gia tăng tốc độ biến thiên của từ thông, tức nâng cao hiệu điện thế trên cuộn thứ cấp.

5.4.2 Cấu tạo hệ thống đánh lửa bán dẫn (thế hệ 2)

Khác với hệ thống đánh lửa có vít, cấu tạo của hệ thống đánh lửa bán dẫn loại dùng cảm biến điện từ được trình bày trên hình 5.17. Trong sơ đồ này, một cảm biến điện từ loại nam châm đứng yên (*pick-up coil*) được lắp trong bộ chia điện. Cảm biến này sẽ điều khiển trạng thái của transistor công suất qua mạch khuếch đại trong IC đánh lửa (igniter) để đóng ngắt dòng điện qua cuộn sơ cấp. Người ta có thể sử dụng nhiều loại cảm biến khác nhau (điện từ, quang, Hall) được trình bày chi tiết trong phần 5.5.

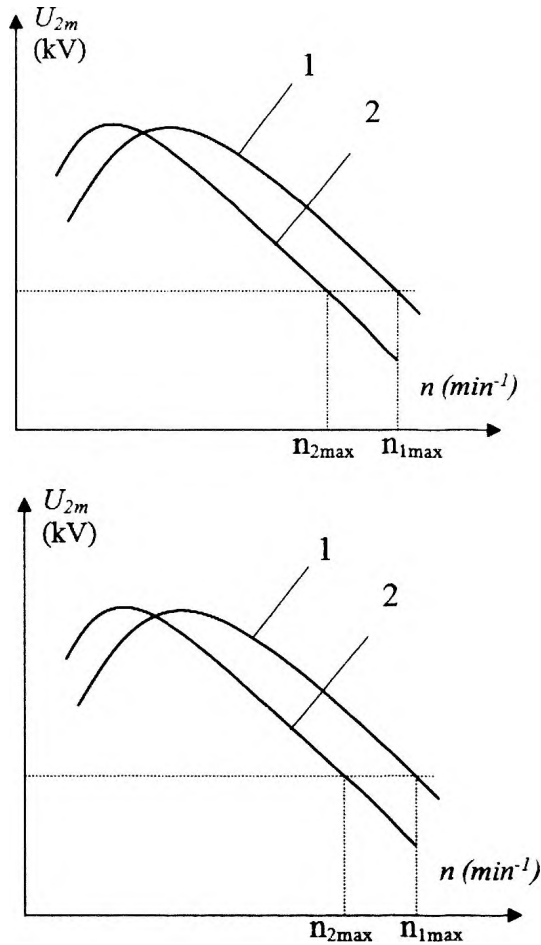


Hình 5.17: Sơ đồ nguyên lý hệ thống đánh lửa bán dẫn (thể hệ hai).

5.4.3 Các biện pháp nâng cao đặc tính đánh lửa

5.4.3.1 Biện pháp sử dụng điện trở phụ R_f

Điện trở phụ có hệ số nhiệt điện trở dương được mắc nối tiếp vào mạch sơ cấp. Đối với loại hệ thống đánh lửa không có bộ điều khiển điện tử thì việc mắc thêm điện trở phụ sẽ cải thiện được một phần đặc tính đánh lửa ở tốc độ cao (hình 5.18). Khi động cơ làm việc ở tốc độ thấp, thời gian tích lũy năng lượng trong mạch sơ cấp dài, I_{ng} lớn, làm nhiệt độ tỏa trên R_f cao, điện trở R_f tăng làm tăng tổng trở R_a trên mạch sơ cấp. Kết quả là dòng I_{ng} giảm. Điều này hạn chế được một phần năng lượng lãng phí vô ích do thời gian tích lũy năng lượng trên cuộn sơ cấp quá dài. Khi động cơ làm việc ở tốc độ cao, vì thời gian tích lũy năng lượng ngắn nên I_{ng} giảm làm nhiệt độ tỏa ra trên R_f giảm, điện trở R_f giảm và dòng I_{ng} được tăng lên. Kết quả là U_{2m} tăng.

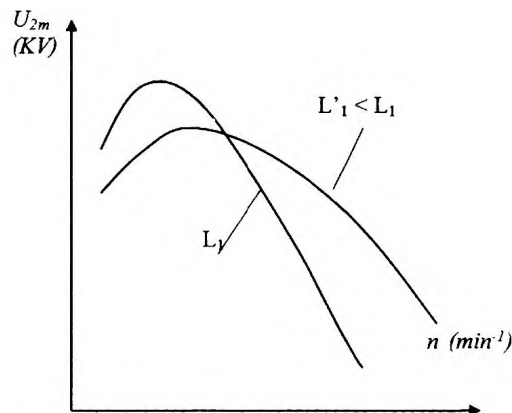


1. Có điện trở phụ R_r . 2. Không có điện trở phụ R_r .

Hình 5.18: Đặc tuyến đánh lửa.

5.4.3.2 Chọn thông số của bobine

Như ta đã biết, hiệu điện thế thứ cấp U_{2m} phụ thuộc vào số vòng quay của động cơ. Giá trị của U_{2m} phần lớn phụ thuộc vào giá trị dòng điện sơ cấp khi transistor công suất ngắt (I_{ng}). Sự phụ thuộc của I_{ng} và U_{2m} vào số vòng quay động cơ được biểu diễn như trên đồ thị hình 5.19.



Hình 5.19: Sự phụ thuộc của U_{2m} vào tốc độ động cơ.

Để đảm bảo dòng I_{ng} lớn khi động cơ chạy ở tốc độ cao, ta phải tăng tốc độ tăng trưởng của dòng sơ cấp.

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{\Sigma}} (1 - 2e^{-t_d/\tau_1})$$

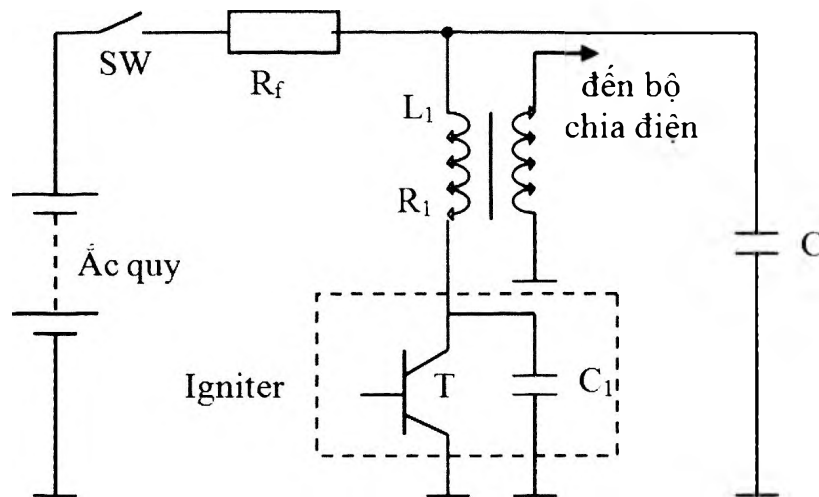
Từ công thức trên, ta thấy tốc độ tăng trưởng của dòng sơ cấp phụ thuộc vào hằng số điện từ τ_1 của mạch:

$$\tau_1 = \frac{L_1}{R_{\Sigma}}$$

Tỷ số này càng nhỏ thì dòng điện sơ cấp tăng trưởng càng nhanh, vì vậy nếu R_{Σ} cố định, người ta cố gắng giảm L_1 . Ngược lại, nếu L_1 cố định thì nên chọn R_{Σ} lớn. Tuy nhiên, nếu giảm L_1 quá nhiều sẽ làm giảm năng lượng từ trường tích lũy trong mạch sơ cấp:

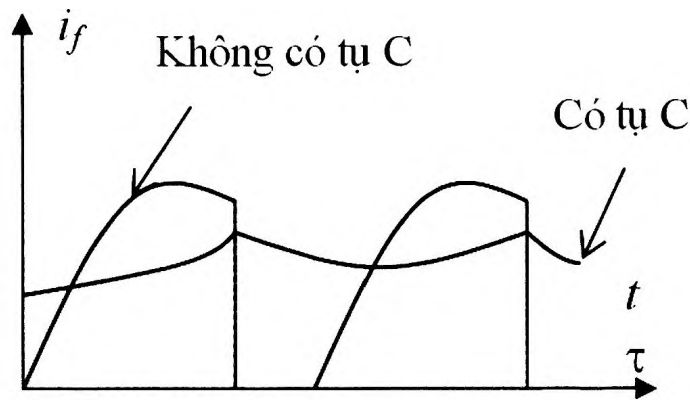
$$W_{dt} = \frac{L_1 \cdot I_{ng}^2}{2}$$

5.4.3.3 Biện pháp sử dụng tụ điện



Hình 5.20: Sơ đồ mạch điện hệ thống đánh lửa có sử dụng tụ điện để cải thiện đặc tuyến đánh lửa.

Một tụ C được gắn song song với cuộn sơ cấp của bobine như hình vẽ (hình 5.19). Khi transistor T dẫn sẽ có dòng i_1 từ (+) ắc quy $\rightarrow R_f \rightarrow L1 \rightarrow T \rightarrow mass$. Khi transistor T ngắt, dòng I_f sẽ tiếp tục nạp cho tụ C. Khi transistor dẫn trở lại, dòng điện qua cuộn sơ cấp L1 sẽ được hỗ trợ thêm do sự phóng của tụ C. Đồ thị hình 5.20 cho ta thấy dòng I_f sẽ không bị ngắt đột ngột như khi không có tụ C mà nó sẽ tăng hoặc giảm từ từ do có sự phóng nạp của tụ C. Điều này còn có tác dụng tốt là giảm được xung điện áp ở máy phát và nhiễu sóng điện từ khi transistor công suất đóng mở trong quá trình làm việc của hệ thống đánh lửa.



Hình 5.21: Dòng điện qua R_f khi có và không có tụ C.

Giá trị của tụ C được chọn trong giới hạn sau:

$$-\sqrt{\frac{b^2}{4} - d} + \frac{b}{2} < C < \sqrt{\frac{b^2}{4} - d} + \frac{b}{2}$$

Trong đó:

$$b = \frac{2L_l}{R_l R_f} + \frac{4L_l}{R_l^2}$$

$$d = \frac{L_l^2}{R_l R_f} = \frac{\tau_l^2}{R_d^2}$$

Dòng sơ cấp i_{tc} tuân theo quy luật sau:

$$i_{tc} = \frac{U}{R_l + R_f} + \frac{U}{R_f \cdot C \cdot L_l \cdot \beta \cdot \gamma} \cdot e^{\alpha} \sin(\beta t - \varphi) + \frac{U_{tc}}{L_l \beta} e^{\alpha} \sin \beta t$$

Trong đó:

$$\alpha = -0,5 \left[\frac{R_l}{L_l} + \frac{1}{R_f C} \right]$$

$$\beta = 0,5 \sqrt{\frac{4}{C L_l} - \left[\frac{R_l}{L_l} + \frac{1}{R_f C} \right]}$$

$$\gamma = \alpha^2 + \beta^2$$

$$\varphi = \arccos(\alpha/\beta)$$

U_{tc} : Hiệu điện thế trên tụ vào thời điểm transistor T dẫn.

$$U_{tc} = \frac{e^{tm/R_f C} - \frac{R_f}{R_l + R_f} + \frac{\rho_2 e^{\alpha_2}}{R_f \cdot C \cdot L_l \cdot \beta \cdot \gamma} \cdot \sin(\beta t_d + \xi_2 - \varphi)}{e^{tm/R_f C} - \frac{\rho_2 e^{\alpha_d}}{R_f \cdot C \cdot L_l \cdot \beta \cdot \gamma} \sin(\beta t_d + \xi_1 - \varphi)} U$$

Trong đó:

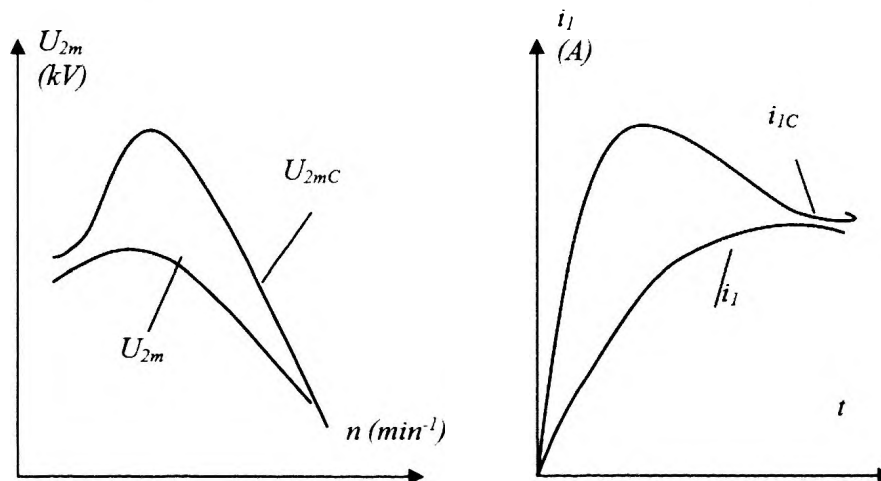
$$\rho_1 = \sqrt{(L_1\alpha + R_1 + R_f)^2 + L^2_1\beta^2}$$

$$\rho_2 = \sqrt{(L_1\alpha + R_1)^2 + L^2_1\beta^2}$$

$$\xi_1 = \arccos \frac{L_1\alpha + R_1 + R_f}{\rho_1}$$

$$\xi_2 = \arccos \frac{L_1\alpha + R_1}{\rho_2}$$

Đồ thị hình 5.22 biểu diễn đặc tuyến của hiệu điện thế thứ cấp U_{2m} và sự tăng trưởng của dòng điện sơ cấp i_1 khi có tụ C và không có tụ C .



Hình 5.22: Sự tăng trưởng của dòng điện sơ cấp i_1 và hiệu điện thế thứ cấp U_{2m} khi có và không có tụ điện C .

5.4.4 Lý thuyết và phương pháp tính toán thay thế các chi tiết trong hệ thống đánh lửa

5.4.4.1 Lý thuyết

Phương pháp cân bằng năng lượng để xác định hiệu điện thế thứ cấp cực đại U_{2m} trong hệ thống đánh lửa tuy đơn giản nhưng không cho phép thiết lập sự phụ thuộc của hiệu điện thế thứ cấp vào thời gian $u_2(t)$ và có tốc độ biến thiên của hiệu điện thế thứ cấp du_2/dt . Hiện nay, khi yêu cầu đối với hệ thống đánh lửa ngày càng gắt gao thì việc chọn lựa các chi tiết của hệ thống đánh lửa để thay thế nhất thiết phải được tính toán đồng thời theo các giá trị: hiệu điện thế thứ cấp cực đại U_{2m} , năng lượng dự trữ trong từ trường W_{dt} và tốc độ biến thiên của hiệu điện thế thứ cấp du_2/dt . Phương pháp tính toán nêu trên được tác giả quyển sách này phát triển vào năm 1995.

Để xác định $u_2(t)$, ta xem hệ thống đánh lửa hoạt động ở chế độ không tải, tức xét trường hợp dây cao áp được tách khỏi bougie và chuyển điện dung ký sinh của mạch

thứ cấp C_2 sang mạch sơ cấp thông qua điện dung tương đương.

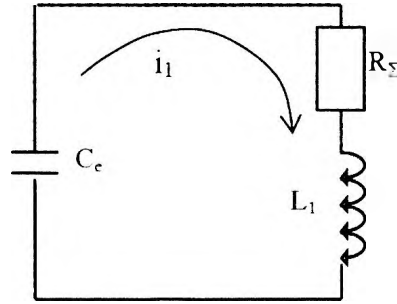
$$C_e = C_1 + K_{bb}^2 C_2$$

Trong đó:

C_1 : điện dung của tụ điện mắc song song với transistor công suất.

K_{bb} : hệ số biến áp của bobine.

Khi đó, sơ đồ thay thế tính toán hệ thống đánh lửa tại thời điểm transistor công suất đóng sẽ có dạng được trình bày như hình 5.23.



Hình 5.23: Sơ đồ thay thế hệ thống đánh lửa ở thời điểm transistor công suất ngắt.

Đối với sơ đồ trên có thể viết phương trình vi phân:

$$R_{\Sigma} i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + \frac{1}{C_e} \int_0^t i_1 dt = 0 \quad (5.10)$$

Trong đó:

$$R_{\Sigma} = R_1 + R_f$$

R_1 : điện trở cuộn sơ cấp của bobine.

R_f : điện trở phụ.

Chuyển phương trình trên qua dạng toán tử, ta có:

$$R_{\Sigma} I_1(p) + L_1 p I_1(p) - L_1 i_1(0) + \frac{I_1(p)}{C_e p} = 0 \quad (5.11)$$

Lưu ý rằng $i_1(0) = I_{ng}$ - cường độ dòng điện qua cuộn sơ cấp của bobine tại thời điểm transistor công suất đóng.

Từ (5.11) ta có:

$$I_1(p) = \frac{L_1 I_{ng}}{L_1 + R_{\Sigma} + 1/pC_e}$$

Hiệu điện thế xuất hiện trên cuộn sơ cấp gần bằng với hiệu điện thế trên tụ tương đương.

$$U_1(p) = \frac{I_1(p)}{pC_e} = \frac{I_{ng}}{C_e} \times \frac{1}{p^2 + R_{\Sigma} p / L_1 + 1 / C_e L_1}$$

Nghiệm của phương trình đặc trưng là cặp nghiệm ảo.

Trong đó:

$$\rightarrow p_{1,2} = \alpha \pm \beta$$

$$\alpha = -0,5 \frac{R_{\Sigma}}{L_1}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{L_1 C_e} - \frac{R_{\Sigma}^2}{4L_1^2}}$$

Chuyển sang hàm góc ta thu được biểu thức hiệu điện thế trên cuộn sơ cấp:

$$U_1(t) = I_{ng} e^{\alpha t} \sqrt{\frac{4L_1^2}{C_e(4L_1 - R_{\Sigma}^2 C_e)}} \sin \beta t \quad (5.12)$$

Hiệu điện thế trên mạch thứ cấp:

$$U_2(t) = K_{bb} I_{ng} e^{\alpha t} \cdot \sqrt{\frac{4L_1^2}{C_e(4L_1 - R_{\Sigma}^2 C_e)}} \sin \beta t \quad (5.13)$$

Như vậy hiệu điện thế trên cuộn thứ cấp có dạng tắt dần và đạt giá trị cực đại

$$U_{2m} \text{ khi } \beta t_m = \pi/2 \text{ hay } t_m = 0, 5\pi/\beta.$$

Thay thế giá trị t_m vào (5.13) và tính đến các mất mát, ta được:

$$U_{2m} = K_{bb} I_{ng} e^{\pi\alpha/2\beta} \cdot \sqrt{\frac{4L_1^2}{C_e(4L_1 - R_{\Sigma}^2 C_e)}} \times \eta$$

Trong đó η : Hệ số tính đến mất mát trong quá trình tăng hiệu điện thế thứ cấp:

Đề ý rằng $e^{\pi\alpha/2\beta} \approx 1$ do $\alpha \ll \beta$; và $4L_1 \gg R_{\Sigma}^2 C_e$

Ta có thể viết:

$$U_{2m} = K_{bb} I_{ng} \eta \cdot \sqrt{\frac{L_1^2}{C_1 + K_{bb}^2 C_2}} \quad (5.14)$$

Hay:

$$U_{2m} = K_{bb} \eta \cdot \sqrt{\frac{2W_{dt}}{C_1 + K_{bb}^2 C_2}} \quad (5.15)$$

Trong đó năng lượng dự trữ $W_{dt} = 0,5 L_1 I_{ng}^2$.

Như vậy, biểu thức xác định U_{2m} thu được từ phương pháp mới giống như kết quả của phương pháp cân bằng năng lượng.

Tần số dao động của hiệu điện thế thứ cấp:

$$f = \frac{\beta}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L_1 C_e} - \frac{R_\Sigma^2}{4L_1}}$$

Vì
$$\frac{1}{L_1 C_e} \gg \frac{R_\Sigma^2}{4L_1}$$

Nên
$$f \approx \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 (C_1 + K_b^2 C_2)}} \quad (5.16)$$

Tốc độ biến thiên của hiệu điện thế thứ cấp:

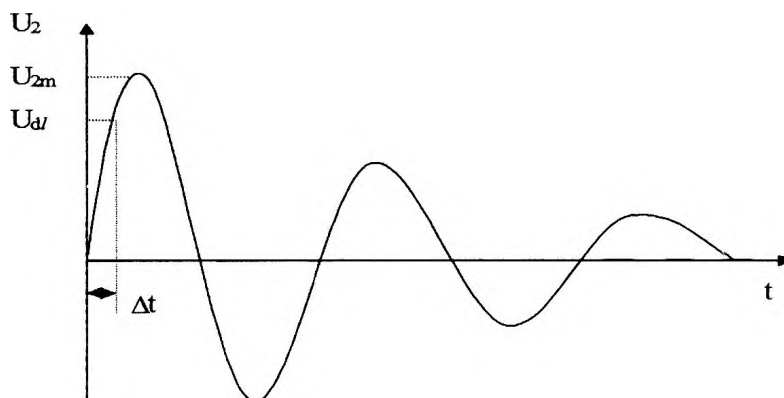
$$S = \frac{du_2}{dt} \approx \frac{\Delta U_2}{\Delta t} \quad (5.17)$$

Chọn $\Delta U_2 = U_{dt}$. Hiệu điện thế cần thiết để tạo ra tia lửa trên bougie (hình 5.23).

$$U_{dt} = \frac{U}{K_{dt}}$$

K_{dt} : hệ số dự trữ của hiệu điện thế thứ cấp trên hệ thống đánh lửa.

Để đảm bảo cho hệ thống đánh lửa làm việc ổn định ở mọi chế độ của động cơ, ta chọn $K_{dt} \geq 1,5 \div 1,8$.



Hình 5.24: Sự biến thiên của hiệu điện thế thứ cấp.

Từ hình 5.24 ta có:

$$U_{2m} \sin(\beta \Delta t) = U_{dl}$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{1}{\beta} \arcsin(1/K_{dt})$$

$$\Delta t = \sqrt{L_1(C_1 + K_{bb}^2 C_2)} \cdot \arcsin(1/K_{dt}) \quad (5.18)$$

Từ (5.17) và (5.18) ta thu được:

$$S = \frac{K_{bb} I_{ng} \sqrt{\frac{L_1}{C_1 + K_{bb}^2 C_2}}}{K_{dt} \sqrt{L_1(C_1 + K_{bb}^2 C_2)} \cdot \arcsin(1/K_{dt})}$$

Hay

$$S = \frac{K_{bb} \sqrt{\frac{2W_{dt}}{L_1}} x \eta}{K_{dt} \cdot L_1 \cdot (C_1 + K_{bb}^2 C_2) \cdot \arcsin(1/K_{dt})} \quad (5.19)$$

Đặt:

$$A = \frac{\sqrt{\frac{2W_{dt}}{L_1}}}{S \cdot K_{dt} \cdot \arcsin(1/K_{dt})} \times \eta \quad (5.20)$$

Ta có biểu thức để tính giá trị C_1 :

$$C_1 = K_{bb} A - K_{bb}^2 C_2 \quad (5.21)$$

Thế giá trị này vào (5.15) và giải, ta tìm được biểu thức để tính toán hệ số biến áp của bobine:

$$K_{bb} = \frac{A \cdot U_{2m}^2}{2 \cdot W_{dt} \cdot \eta^2} \quad (5.22)$$

5.4.4.2 Tính toán thay thế các chi tiết của hệ thống đánh lửa

Để tính toán thay thế các chi tiết của hệ thống đánh lửa, cho trước các thông số cần thiết của hệ thống đánh lửa mới ở chế độ khởi động: hiệu điện thế ắc quy U_{akd} , hiệu điện thế thứ cấp cực đại U_{2mkd} , năng lượng tích lũy trong từ trường cuộn sơ cấp của bobine W_{dt} , tốc độ biến thiên của hiệu điện thế thứ cấp du/dt và điện dung ký sinh trên mạch thứ cấp C_2 .

Dựa vào các công thức (5.14) và (5.21) trong phần lý thuyết, ta có thể tính toán các thông số chính của các chi tiết của hệ thống đánh lửa mới thay thế với điều kiện đảm bảo các yêu cầu đặt ra như trên.

Điện trở cuộn sơ cấp của bobine

$$R_1 = \frac{U_{akd} - \Delta U_t}{I_{ng}} \quad (5.23)$$

Trong đó $\Delta U_t = (1,5 \div 2) V$: độ sụt áp trên transistor công suất ở trạng thái bão hòa. Độ tự cảm của cuộn sơ cấp được tính bởi công thức:

$$L_1 = \frac{2 \cdot W_{dt}}{I_{ng}^2}$$

Cường độ dòng điện I_{ng} là giá trị thay đổi để chọn lựa. Vì vậy, ta nên tính nhiều phương án khác nhau, giá trị tính toán đưa vào bảng 5.1. Các tính toán được thực hiện theo số liệu cho trước như sau: $U_{2mkd} = 24 kV$; $U_{akd} = 6V$; $W_{dt} = 80 mJ$; $du/dt = 360 V/ms$; $K_{dt} = 1,5$; $C_2 = 10^{-10}F$; $\eta = 0,8$.

Khi lựa chọn các phương án, cần chú ý rằng việc sử dụng transistor cao áp công suất lớn ở ngõ ra của hệ thống đánh lửa bị giới hạn bởi cường độ dòng điện cực gộp cực đại I_{Cmax} và hiệu điện thế U_{CEmax} ở mức 400 đến 600V.

Bảng 5.1: Kết quả tính toán với các dòng I_{ng} khác nhau.

I_{ng}	5	6	7	8
R_p, W	0,90	0,75	0,64	0,56
L_p, mH	6,40	4,40	3,26	2,50
K_{bb}	58	70	82	94
C_p, mF	0,25	0,37	0,49	0,64
R_f, W	1,50	1,25	1,10	0,94

Khi lựa chọn phương án nên lưu ý: nếu tăng cường độ dòng ngắt I_{ng} sẽ làm giảm hằng số thời gian của mạch sơ cấp:

$$\tau_1 = \frac{L_1}{R_1} = \frac{2 \cdot W_{dt}}{(U_{akd} - \Delta U_t) I_{ng}}$$

Giá trị điện trở phụ R_f có thể xác định ở tốc độ cầm chừng của động cơ (ché độ không tải).

$$R_f = \frac{U_a - \Delta U_t}{I_{ng}} - R_1$$

Trong đó:

U_a : hiệu điện thế ắc quy khi động cơ hoạt động ở tốc độ không tải.

$$U_a = 13,5V$$

Transistor công suất của mạch điều khiển đánh lửa phải có giá trị sau:

$$U_{CEmax} = (1, 2, 1, 5)U_{2mkd}/K_{bb}$$

$$U_{Cmax} = (1, 2, 1, 5)I_{ng}$$

Đối với mạch điều khiển đánh lửa igniter nên chọn loại có cơ cấu kiểm soát góc ngậm hay hiệu chỉnh thời gian tích lũy năng lượng t_d . Nếu sử dụng bobine không có điện trở phụ, mạch điều khiển phải có đủ 4 kênh:

- Kênh điều khiển thời điểm đánh lửa.
- Kênh hiệu chỉnh thời gian tích lũy năng lượng t_d .
- Kênh hạn chế dòng qua cuộn sơ cấp của bobine.
- Kênh ngắt mạch đánh lửa khi công tắc máy ở vị trí ON mà động cơ không hoạt động.

Nếu sử dụng bobine có gắn điện trở phụ thì mạch điều khiển chỉ cần kênh 1 và 2.

5.5 Hệ thống đánh lửa bán dẫn

5.5.1 Phân loại

Hầu hết các loại ô tô đều được trang bị hệ thống đánh lửa bán dẫn vì loại này có ưu thế là tạo được tia lửa mạnh ở điện cực bougie, đáp ứng tốt ở các chế độ làm việc của động cơ, tuổi thọ cao. Qua quá trình phát triển hệ thống đánh lửa điện tử được chế tạo, cải tiến với nhiều loại khác nhau, song có thể chia thành hai loại chính sau:

5.5.1.1 Hệ thống đánh lửa bán dẫn điều khiển trực tiếp

Trong hệ thống này, các linh kiện điện tử được tổ hợp thành một mạch được gọi là igniter, bộ phận này có nhiệm vụ đóng ngắt mạch sơ cấp nhờ các tín hiệu đánh lửa từ cảm biến. Hệ thống đánh lửa bán dẫn loại này còn có thể chia làm hai loại:

- Hệ thống đánh lửa bán dẫn có vít điều khiển: vít điều khiển có cấu tạo giống như trong hệ thống đánh lửa thường nhưng chỉ làm nhiệm vụ điều khiển đóng mở transistor.
- Hệ thống đánh lửa bán dẫn không có vít: transistor công suất được điều khiển bằng một cảm biến đánh lửa.

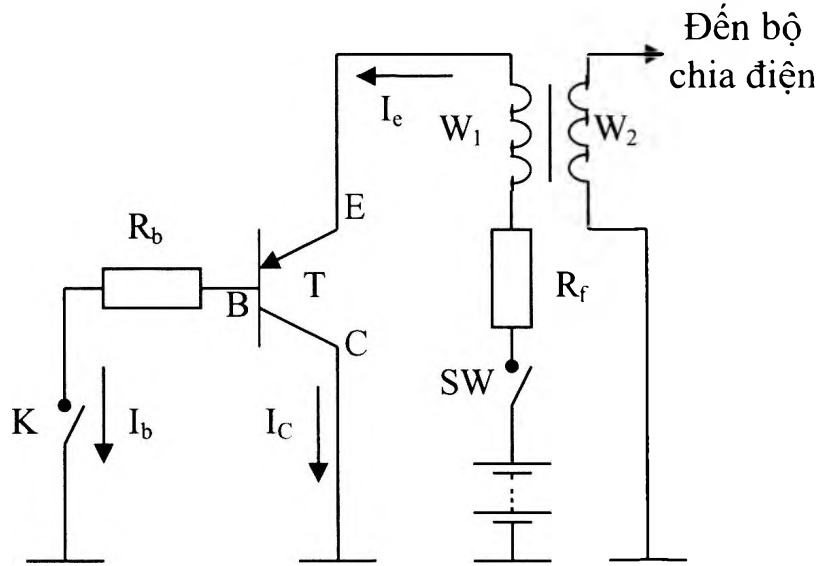
5.5.1.2 Hệ thống đánh lửa điều khiển bằng kỹ thuật số

Hệ thống đánh lửa điều khiển bằng kỹ thuật số còn được gọi là hệ thống đánh lửa theo chương trình. Dựa vào các tín hiệu như: tốc độ động cơ, vị trí trục khuỷu, vị trí bướm ga, nhiệt độ động cơ... mà bộ điều khiển (ECU – Electronic Control Unit) sẽ điều khiển để Igniter tạo ra tia lửa ở mạch thứ cấp vào đúng thời điểm đánh lửa. Trong hệ thống đánh lửa loại này, góc đánh lửa sớm tối ưu và góc ngậm điện được lưu trong bộ nhớ của ECU. Vì vậy, trong bộ chia điện không còn cơ cấu đánh lửa sớm ly tâm và áp thấp nữa. Hệ thống đánh lửa điều khiển bằng kỹ thuật số được trình bày ở chương 6.

5.5.2 Hệ thống đánh lửa bán dẫn có vít điều khiển

Hệ thống đánh lửa bán dẫn có vít điều khiển hiện nay rất ít được sản xuất. Tuy nhiên, ở Việt Nam vẫn còn nhiều loại xe cũ trước kia có trang bị hệ thống này.

Hình 5.25 trình bày một sơ đồ đơn giản của hệ thống đánh lửa bán dẫn có vít điều khiển.



Hình 5.25: Sơ đồ hệ thống đánh lửa bán dẫn có vít điều khiển.

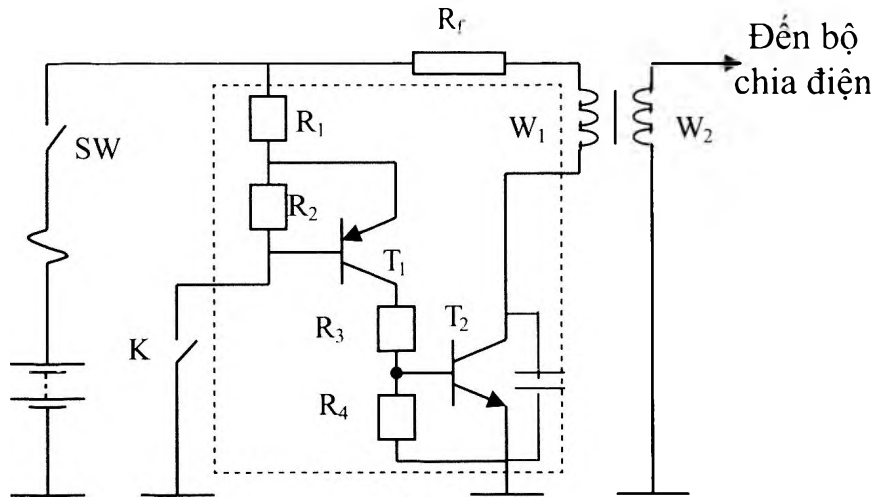
Cuộn sơ cấp W_1 của bobine được mắc nối tiếp với transistor T , còn tiếp điểm K được nối với cực gốc của transistor T . Do có transistor T nên điều kiện làm việc của tiếp điểm được cải thiện rất rõ, bởi vì dòng qua tiếp điểm chỉ là dòng điều khiển cho transistor nên thường không lớn hơn $1A$.

Nguyên lý làm việc của sơ đồ như sau:

Khi công tắt máy IGSW đóng, cực E của transistor T được cấp điện thế dương, còn điện thế ở cực C của transistor có giá trị âm. Khi cam không đội, tiếp điểm K đóng, sẽ xuất hiện dòng điện qua cực gốc của transistor theo mạch sau: (+) ắc quy \rightarrow SW \rightarrow R_f \rightarrow W_1 \rightarrow cực E \rightarrow cực B \rightarrow R_b \rightarrow K \rightarrow (-) ắc quy. R_b là điện trở phân cực được tính toán sao cho dòng I_b vừa đủ để transistor dẫn bão hòa. Khi transistor dẫn dòng qua cuộn sơ cấp đi theo mạch: (+) ắc quy \rightarrow SW \rightarrow R_f \rightarrow W_1 \rightarrow cực E \rightarrow cực C \rightarrow mass (âm ắc quy). Dòng sơ cấp của bobine có thể được tính bằng tổng dòng điện $I_b + I_c$ của transistor T . Dòng điện này tạo nên một năng lượng tích lũy dưới dạng từ trường trên cuộn sơ cấp của bobine và khi tiếp điểm K mở, dòng $I_b = 0$, transistor T khóa lại, dòng sơ cấp I_1 qua W_1 bị ngắt thì năng lượng này được chuyển hóa thành năng lượng để đánh lửa, và một phần thành sức điện động tự cảm trong cuộn W_1 của bobine.

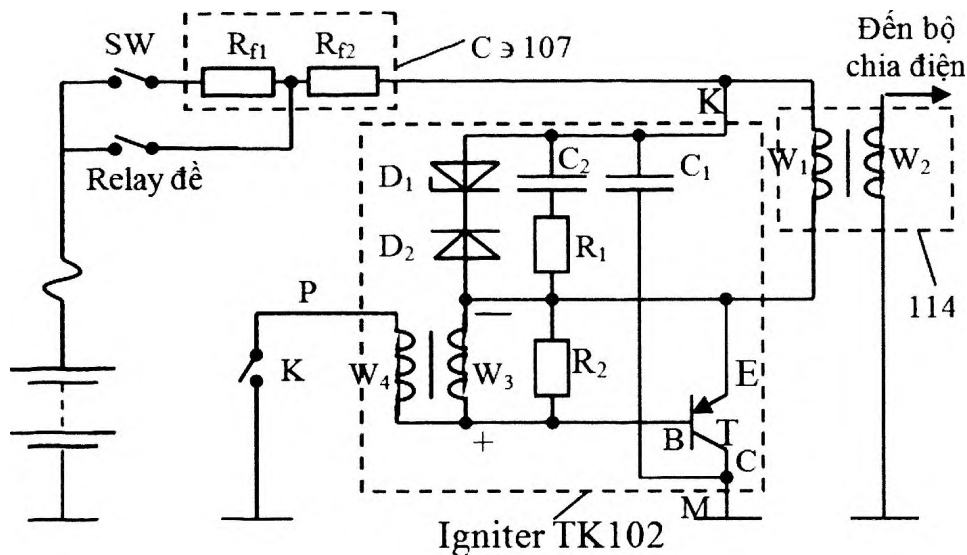
Sức điện động tự cảm trong cuộn W_1 ở hệ thống đánh lửa thường có giá trị khoảng $200 \div 400V$. Do vậy, không thể dùng các bobine của hệ thống đánh lửa thường cho một số sơ đồ đánh lửa bán dẫn vì transistor sẽ không chịu nổi điện áp cao đặt vào giữa các cực $E - C$ của transistor khi nó ở trạng thái khóa. Trong các hệ thống đánh lửa bán dẫn người ta thường sử dụng các bobine có hệ số biến áp lớn và có độ tự cảm L_1 nhỏ hơn loại thường hoặc người ta có thể mắc thêm các mạch bảo vệ cho transistor.

Trên thực tế, sơ đồ của hệ thống đánh lửa bán dẫn có tiếp điểm phức tạp hơn. Để sử dụng transistor công suất loại *NPN*, người ta có thể dùng hai transistor như trong sơ đồ hình 5.26 của hãng *Motorola*, hoặc như sơ đồ hình 5.27 cho loại TK102 với transistor loại *PNP*.



Hình 5.26: Sơ đồ hệ thống đánh lửa của Motorola.

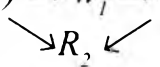
Sơ đồ hình 5.27 bao gồm một hộp điện trở C \exists 107, igniter TK102, bobine B114 và bộ chia điện.



Hình 5.27: Sơ đồ hệ thống đánh lửa TK102.

Nguyên lý làm việc như sau

Bật công tắc máy *IGSW*, điện được cung cấp đến igniter qua R_{f1} và R_{f2} . Nếu vít hờ, transistor *T* ở trạng thái khóa, trong cuộn sơ cấp không có dòng điện. Khi vít K đóng lại, xuất hiện ba dòng điện đi theo các nhánh sau:

- Dòng I_0 : ... (+) $\rightarrow w_1 \rightarrow w_3 \rightarrow w_4 \rightarrow K \rightarrow mass$.

- Dòng I_b : ... (+) $\rightarrow w_1 \rightarrow cực E \rightarrow cực B \rightarrow w_4 \rightarrow K \rightarrow mass$.
- Dòng I_c : ... (+) $\rightarrow w_1 \rightarrow cực E \rightarrow cực C \rightarrow mass$.

Dòng sơ cấp I_l có thể tính: $I_l = I_0 + I_b + I_c$.

Sự tăng dòng qua W_4 làm cảm ứng trên cuộn và W_3 một sức điện động có chiều như hình vẽ, có tác dụng hồi tiếp dương làm cho T_3 chuyển nhanh sang trạng thái dẫn bão hòa. Dòng qua W_1 tăng, thực hiện quá trình tích lũy năng lượng trên bobine. Trong hệ thống TK 102 cải tiến, người ta bỏ cuộn W_4 nhờ sử dụng điện áp tự cảm trên cuộn W_3 để đóng ngắt transistor T.

Đến thời điểm đánh lửa, vít K mở ra, dòng qua W_4 của biến áp xung bị ngắt đột ngột làm cảm ứng trên cuộn W_3 một sức điện động có chiều trên hình vẽ làm phân cực ngược mỗi nối BE của transistor T làm cho nó chuyển nhanh sang trạng thái khóa. Dòng qua T bị ngắt đột ngột làm cảm ứng trên cuộn dây W_2 một điện thế cao gởi đến bộ chia điện. Đồng thời, lúc này trên W_1 cũng xuất hiện một sức điện động tự cảm. Sức điện động tự cảm mắc nối tiếp với sức điện động của ắc quy sẽ đặt một điện áp vài trăm volt vào giữa cực E và C lúc nó chớm đóng, có thể phóng thủng transistor. Sức điện động này được dập tắt bởi mạch R_1-C_2 . Trong trường hợp dây cao áp bị treo, sức điện động trên cuộn sơ cấp vượt quá $80V$, Zener D_1 sẽ mở để khép kín sức điện động này nhằm bảo vệ transistor T.

Tụ C_1 có tác dụng bảo vệ mạch, chống các xung điện áp cao lan truyền trên đường dây.

So với hệ thống đánh lửa thường, hệ thống đánh lửa bán dẫn có tiếp điểm có nhiều ưu điểm, đặc biệt là đảm bảo được tia lửa điện có năng lượng lớn ở tốc độ cao. Tuy nhiên, do dòng qua vít quá nhỏ không thể xảy ra quá trình tự làm sạch nên phải thường xuyên chùi vít bằng xăng. Sự mài mòn cơ học của vít cũng là một nhược điểm của loại hệ thống đánh lửa này.

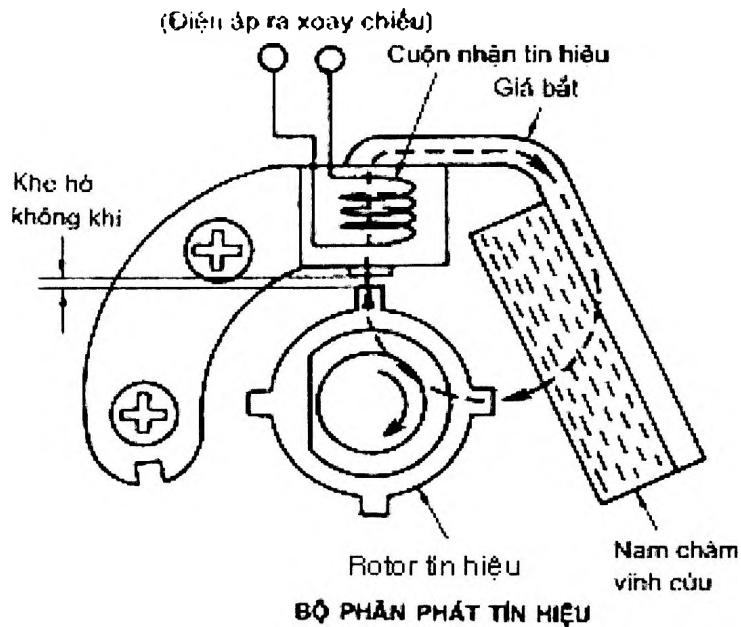
5.5.3 Cảm biến đánh lửa

Trong hệ thống đánh lửa bán dẫn không vít điều khiển, cảm biến đánh lửa sẽ thay thế vít điều khiển và làm nhiệm vụ tạo ra hoặc làm mất tín hiệu điện áp hoặc tín hiệu dòng điện vào đúng thời điểm đánh lửa để gởi về igniter điều khiển các transistor công suất đóng hoặc mở. Thông thường, trong hệ thống đánh lửa người ta thường dùng cảm biến Hall, cảm biến điện từ, cảm biến quang, cảm biến từ trở, trong đó, ba loại cảm biến đầu là phổ biến nhất. Các loại cảm biến này cũng có thể được dùng trong các hệ thống đánh lửa theo chương trình sẽ được trình bày ở phần sau. Ngoài công dụng phát tín hiệu, các cảm biến này còn có thể dùng để xác định tốc độ động cơ, vị trí trục khuỷu, thời điểm phun của kim phun.

Trong phần này, chúng ta sẽ lần lượt nghiên cứu cấu tạo, hoạt động của từng loại cảm biến.

5.5.3.1 Cảm biến điện từ

- Loại nam châm cố định



Hình 5.28: Cảm biến điện từ loại nam châm cố định.

Cảm biến được đặt trong bộ chia điện bao gồm một rotor có số răng cảm biến tương ứng với số xylanh động cơ, một cuộn dây quấn quanh một lõi sắt từ cạnh một thanh nam châm vĩnh cửu. Cuộn dây và lõi sắt được đặt đối diện với các răng cảm biến rotor và được cố định trên vỏ bộ chia điện. Khi rotor quay, các răng cảm biến sẽ lần lượt tiến lại gần và lùi ra xa cuộn dây. Khe hở nhỏ nhất giữa răng cảm biến của rotor và lõi thép từ vào khoảng $0,2$, $0,5$ mm.

Khi rotor ở vị trí như hình 5.29a, điện áp trên cuộn dây cảm biến bằng 0 . Khi răng cảm biến của rotor tiến lại gần cực từ của lõi thép, khe hở giữa rotor và lõi thép giảm dần và từ trường mạnh dần lên. Sự biến thiên của từ thông xuyên qua cuộn dây sẽ tạo nên một sức điện động e (hình 5.29b).

$$e = k \cdot \omega \cdot n \frac{d\Phi}{d\alpha}$$

Trong đó:

k : hệ số phụ thuộc chất liệu từ của lõi thép và khe hở giữa lõi thép và răng cảm biến của rotor.

ω : số vòng dây quấn trên lõi thép từ.

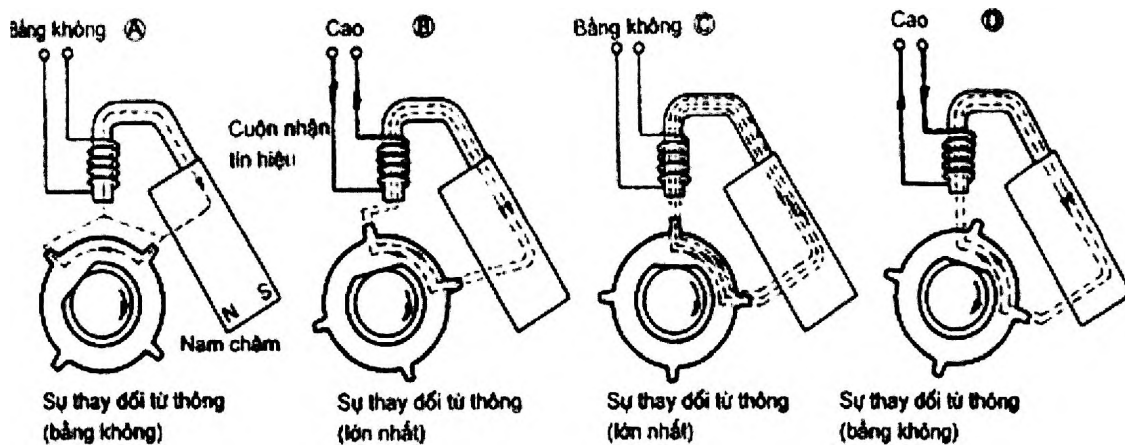
n : tốc độ quay của rotor.

$\frac{d\Phi}{d\alpha}$: tốc độ biến thiên của từ thông trong lõi thép từ.

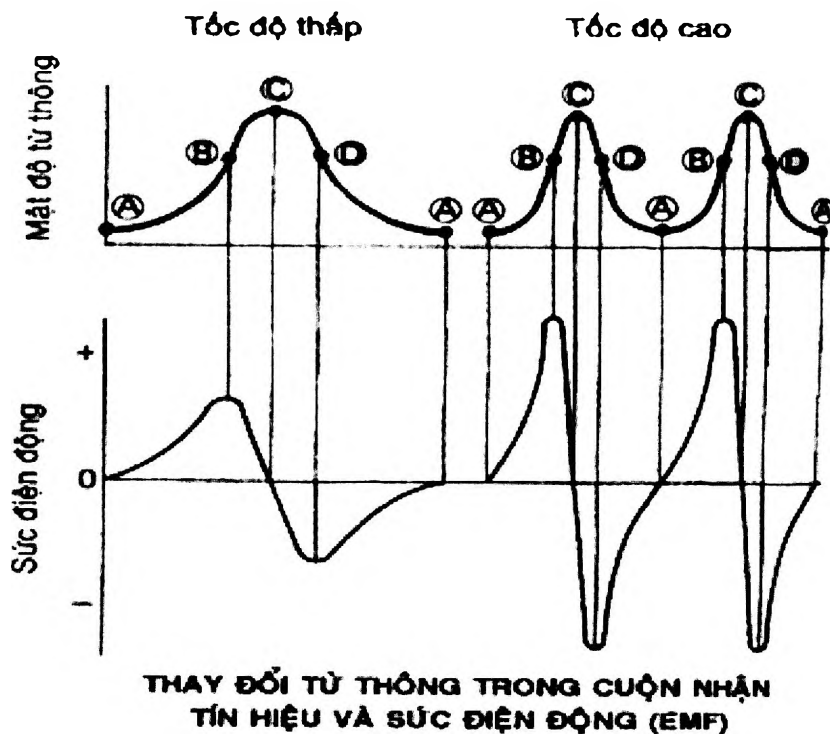
Khi răng cảm biến của rotor đối diện với lõi thép, độ biến thiên của từ trường bằng 0 và sức điện động trong cuộn cảm biến nhanh chóng giảm về 0 (hình 5.29c).

Khi rotor đi xa ra lõi thép, từ thông qua lõi thép giảm dần và sức điện động xuất hiện trong cuộn dây cảm biến có chiều ngược lại (hình 5.29d). Sức điện động sinh ra ở hai đầu dây cuộn cảm biến phụ thuộc vào tốc độ của động cơ.

Ở chế độ khởi động, sức điện động phát ra, chỉ vào khoảng 1-2V. Ở tốc độ cao nó có thể lên đến vài chục volt.



Vị trí tương đối của rotor với cuộn nhận tín hiệu



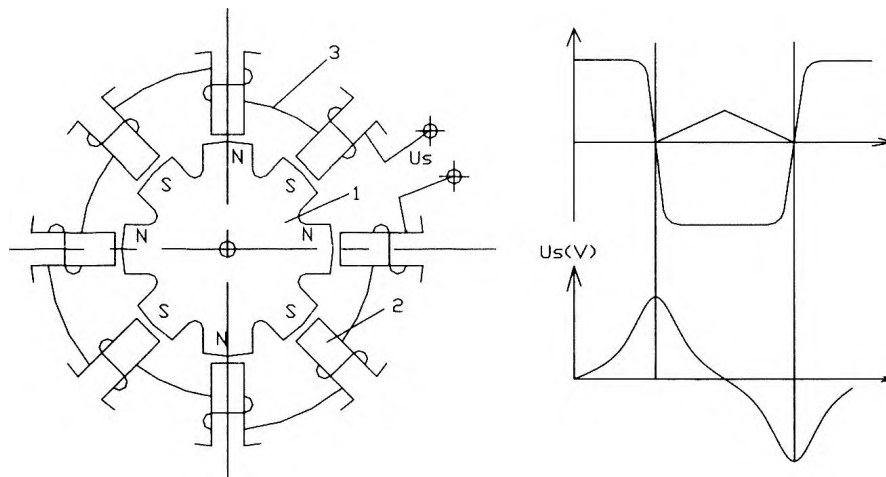
THAY ĐỔI TỪ THÔNG TRONG CUỘN NHẬN TÍN HIỆU VÀ SỨC ĐIỆN ĐỘNG (EMF)

Hình 5.29: Nguyên lý làm việc của cảm biến điện từ loại nam châm đứng yên.

Hình 5.29 mô tả quá trình biến thiên của từ thông lõi thép và xung điện áp ở hai đầu ra của cuộn dây cảm biến. Chú ý rằng, xung tín hiệu này khá nhọn.

Cảm biến điện từ loại nam châm đứng yên có ưu điểm là rất bền, xung tín hiệu có dạng nhọn nên ít ảnh hưởng đến sự sai lệch về thời điểm đánh lửa. Tuy nhiên, xung điện áp ra ở chế độ khởi động nhỏ, vì vậy ở đầu vào của igniter phải sử dụng transistor có độ nhạy cao và phải chống nhiễu cho dây tín hiệu. Điện trở của cảm biến tỷ lệ thuận với số răng của rotor.

- **Cảm biến điện từ loại nam châm quay**



1. Rotor nam châm ; 2. Lõi thép từ; 3. Cuộn dây cảm biến

Hình 5.30: Cảm biến điện từ loại nam châm quay cho loại động cơ 8 xylanh.

Đối với loại này, nam châm được gắn trên rotor, còn cuộn dây cảm biến được quấn quanh một lõi thép và cố định trên vỏ bộ chia điện. Khi nam châm quay, từ trường xuyên qua cuộn dây biến thiên tạo nên một sức điện động sinh ra trong cuộn dây. Do từ trường qua cuộn dây đổi dấu nên sức điện động sinh ra trong cuộn dây lớn. Ở chế độ không tải, tín hiệu điện áp ra khoảng $2V$. Xung điện áp có dạng như trên hình 5.30.

Do tín hiệu điện áp ở chế độ khởi động lớn nên igniter dùng cho loại này ít bị nhiễu. Tuy nhiên, xung tín hiệu điện áp không nhọn nên khi tăng tốc độ động cơ, thời điểm đánh lửa sẽ thay đổi.

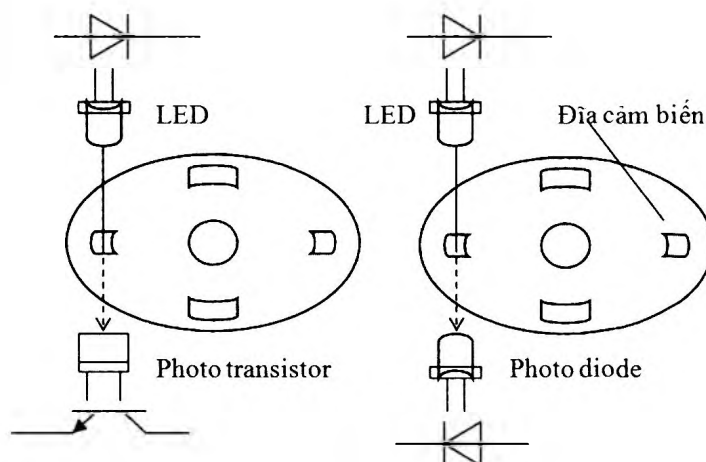
5.5.3.2 Cảm biến quang

Cảm biến quang bao gồm hai loại, khác nhau chủ yếu ở phần tử cảm quang:

- Loại sử dụng một cặp *LED – photo transistor*.
- Loại sử dụng một cặp *LED – photo diode*.

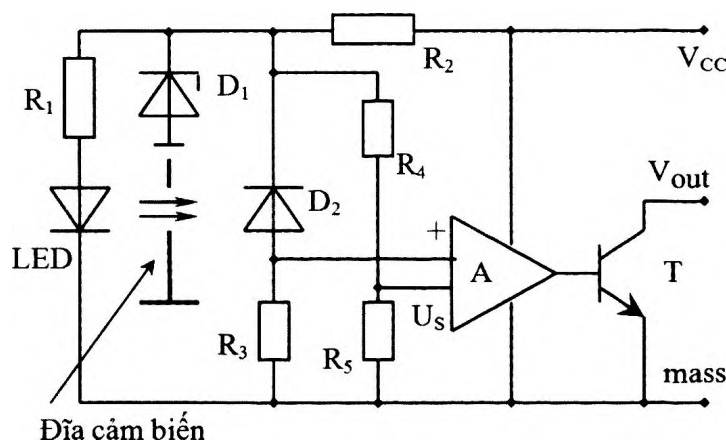
Phần tử phát quang (*LED – lighting emission diode*) và phần tử cảm quang (photo transistor hoặc photo diode) được đặt trong bộ chia điện có vị trí tương ứng như hình 5.31. Đĩa cảm biến được gắn vào trục của bộ chia điện và có số rãnh tương ứng với số xylanh động cơ.

Điểm đặc biệt của hai loại phần tử cảm quang này là khi có dòng ánh sáng chiếu vào, nó sẽ trở nên dẫn điện và ngược lại, khi không có dòng ánh sáng, nó sẽ không dẫn điện. Độ dẫn điện của chúng phụ thuộc vào cường độ dòng ánh sáng.



Hình 5.31: Nguyên lý làm việc cảm biến quang.

Khi đĩa cảm biến quay, dòng ánh sáng phát ra từ LED sẽ bị ngắt quãng làm phân tử cảm quang dẫn ngắt liên tục, tạo ra các xung vuông dùng làm tín hiệu điều khiển đánh lửa.



Hình 5.32: Sơ đồ mạch điện của cảm biến quang.

Hình 5.32 là sơ đồ mạch của một loại cảm biến quang. Cảm biến bao gồm ba đầu dây: một đầu dương (V_{cc}), một đầu tín hiệu (V_{out}) và một đầu mass. Khi đĩa cảm biến chắn ánh sáng từ LED qua photo diode D_1 , D_2 không dẫn, điện áp tại ngõ vào (+) sẽ thấp hơn điện áp so sánh U_s ở ngõ vào (-) trên Op-Amp A nên ngõ ra của Op-Amp A ở mức thấp làm transistor T ngắt, tức V_{out} đang ở mức cao. Khi có ánh sáng chiếu vào D_2 , D_2 dẫn, điện áp ở ngõ vào (+) sẽ lớn hơn điện áp so sánh U_s và điện áp ngõ ra của Op-Amp A ở mức cao làm transistor T dẫn, V_{out} lập tức chuyển sang mức thấp. Đây chính là thời điểm đánh lửa. Xung điện áp tại V_{out} sẽ là xung vuông thông qua igniter điều khiển transistor công suất. Do tín hiệu ra là xung vuông nên thời điểm đánh lửa không bị ảnh hưởng khi thay đổi số vòng quay của trục khuỷu động cơ.

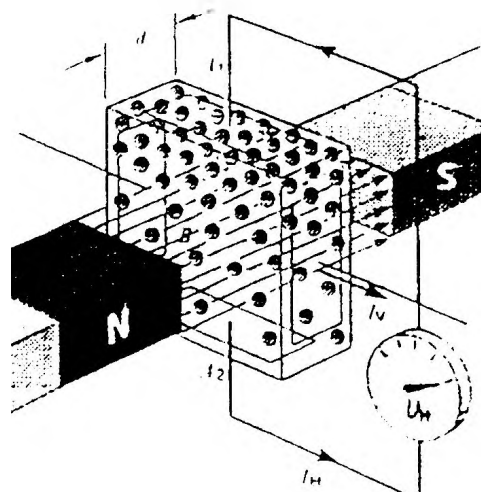
5.5.3.3 Cảm biến Hall (cảm biến bán dẫn)

Cảm biến Hall được chế tạo dựa trên hiệu ứng Hall.

- **Hiệu ứng Hall**

Một tấm bán dẫn loại N có kích thước như hình vẽ được đặt trong từ trường đều B sao cho vectơ cường độ từ trường vuông góc với bề mặt của tấm bán dẫn (hình 5.33). Khi cho dòng điện I_v đi qua tấm bán dẫn có chiều từ trái sang phải, các hạt điện tử đang dịch chuyển với vận tốc \vec{v} trong tấm bán dẫn sẽ bị tác dụng bởi lực Lorentz là tích có hướng của hai vector \vec{B} và \vec{v} . \vec{F}_L có chiều hướng từ dưới lên trên.

$$\vec{F} = q \cdot [\vec{B} \cdot \vec{v}]$$



Hình 5.33: Hiệu ứng Hall.

Nếu vector \vec{B} vuông góc với vector \vec{v} ta có thể viết:

$$F_L = q \cdot B \cdot v \quad \text{do } \sin\alpha = 1$$

Trong đó: q là điện tích của hạt.

Như vậy, dưới tác dụng của lực Lorentz, các hạt điện tử sẽ bị dồn lên phía trên của tấm bán dẫn khiến giữa hai bề mặt A_1 và A_2 xuất hiện hai lớp điện tích trái dấu. Sự xuất hiện hai lớp điện tích trái dấu này tạo ra một điện trường E giữa hai bề mặt A_1 và A_2 , ngăn cản quá trình dịch chuyển của các hạt điện tử, do chúng bị tác dụng bởi lực Coulomb F_c .

$$F_c = q \cdot E$$

Khi đạt trạng thái cân bằng, giữa hai bề mặt A_1 và A_2 của tấm bán dẫn, sẽ xuất hiện một hiệu điện thế ổn định U_H .

Khi cân bằng ta có:

$$\begin{aligned} F_L &= F_c \\ \Rightarrow q \cdot E &= q \cdot B \cdot v \\ \Rightarrow E &= B \cdot v \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \frac{U_H}{a} = B \cdot v$$

$$\Rightarrow U_H = B \cdot v \cdot a \quad (5.24)$$

Từ định nghĩa cường độ dòng điện ta có:

$$I_v = j.S$$

$$I_v = q.\rho.v.a.d$$

$$\Rightarrow v = \frac{I_v}{q.\rho.v.a.d} \quad (5.25)$$

Trong đó:

- j : vectơ mật độ dòng điện.
- ρ : mật độ của hạt điện tử.
- d : bề dày của tấm bán dẫn.
- a : chiều cao của tấm bán dẫn.

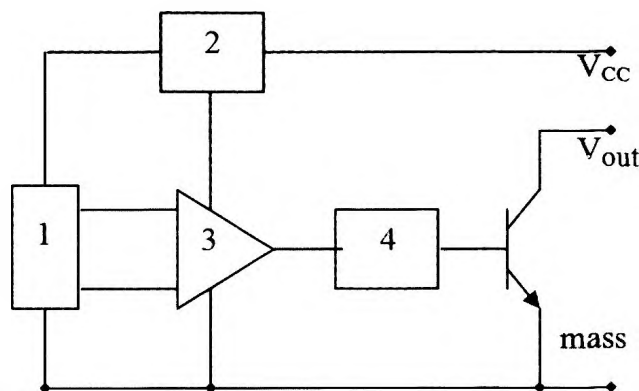
Thế (5.25) vào (5.24) ta được:

$$U_H = \frac{B.I_v}{q.\rho.d}$$

Điện áp U_H chỉ vào khoảng vài trăm mV . Nếu dòng điện I_v được giữ không đổi thì khi thay đổi từ trường B , điện thế U_H sẽ thay đổi. Sự thay đổi từ trường làm thay đổi điện thế U_H tạo ra các xung điện áp được ứng dụng trong cảm biến Hall. Hiện tượng vừa trình bày trên được gọi là hiệu ứng Hall (là tên của người đã khám phá ra hiện tượng này).

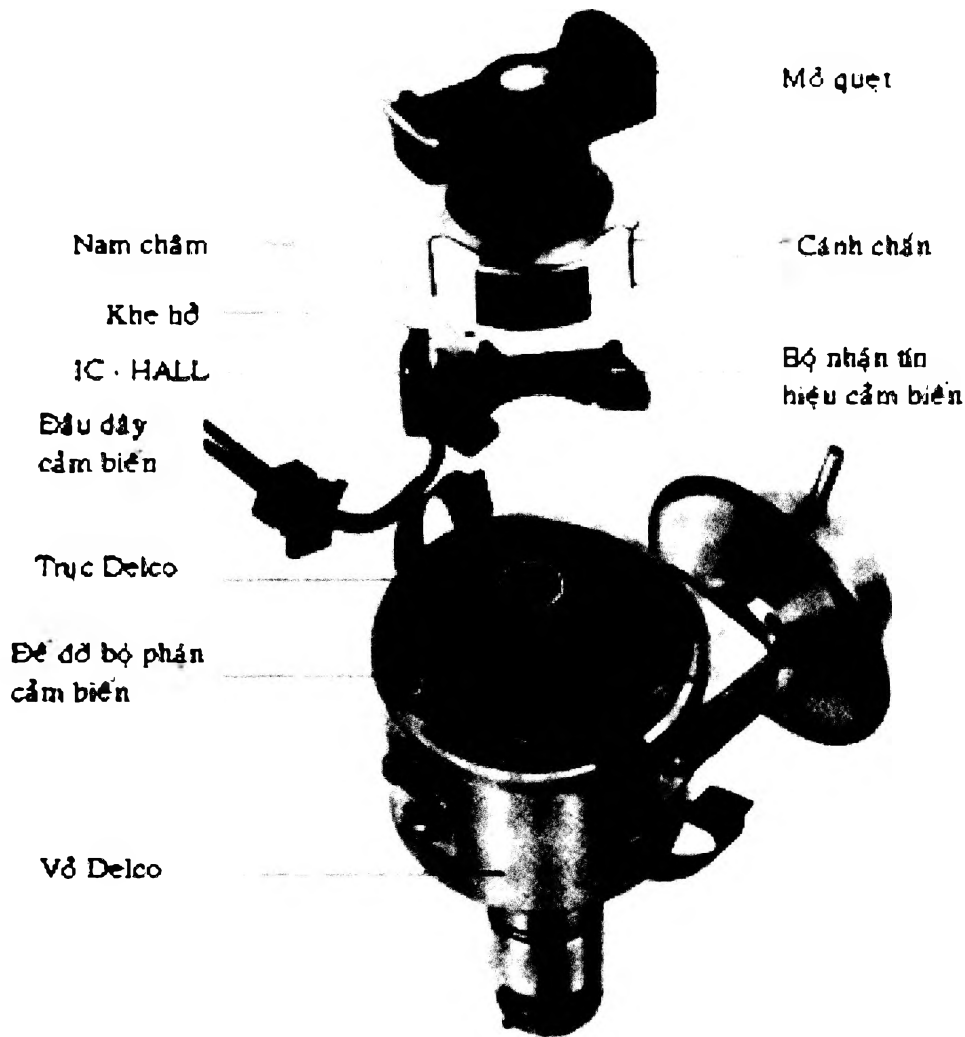
• Cảm biến Hall

Do điện áp U_H rất nhỏ nên trong thực tế, để điều khiển đánh lửa người ta phải khuếch đại và xử lý tín hiệu trước khi đưa đến Igniter. Hình 5.34a là sơ đồ khối của một cảm biến Hall. Cảm biến Hall được đặt trong bộ chia điện, gồm một rotor bằng thép có các cánh chắn và các cửa sổ cách đều nhau gắn trên trục của bộ chia điện. Số cánh chắn sẽ tương ứng với số xylanh của động cơ. Khi rotor quay, các cánh chắn sẽ lần lượt xen vào khe hở giữa nam châm và IC Hall (Hình 5.34b).



1. Phân tử Hall; 2. Ôn áp; 3. Op-Amp; 4. Bộ xử lý tín hiệu

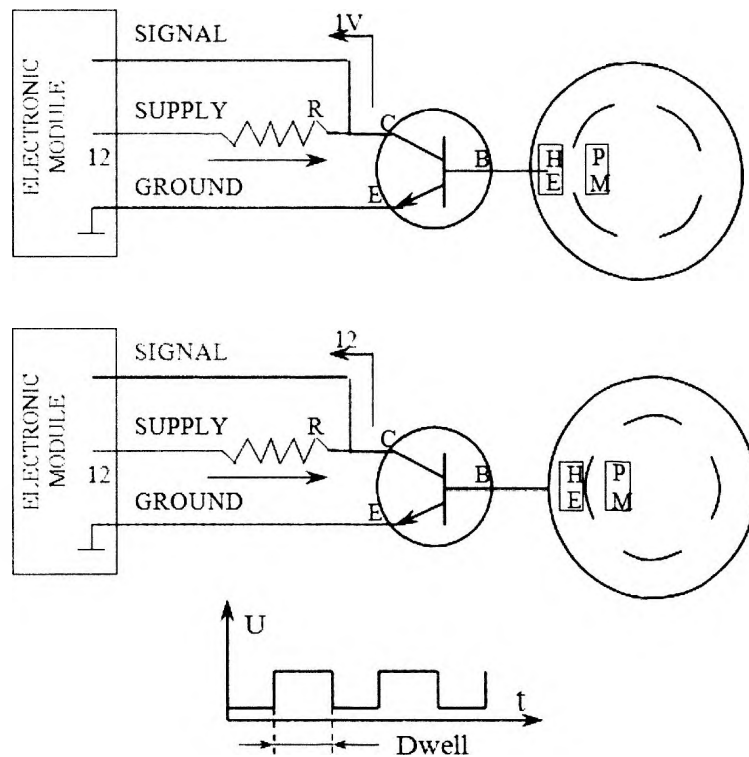
Hình 5.34a: Sơ đồ cấu tạo cảm biến Hall.



Hình 5.34b: Cấu tạo bộ chia điện với cảm biến Hall.

Để khảo sát hoạt động của cảm biến Hall, ta xét hai vị trí làm việc của rotor ứng với khe hở IC Hall (hình 5.35). Khi cánh chắn ra khỏi khe hở giữa IC Hall và nam châm, từ trường sẽ xuyên qua khe hở tác dụng lên IC Hall làm xuất hiện điện áp điều khiển transistor T_p , làm cho T_p dẫn. Kết quả là trên đường dây tín hiệu (cực C), điện áp sẽ giảm xuống chỉ còn $1V$ (hình 5.35). Khi cánh chắn đi vào khe hở giữa nam châm và IC Hall (hình 5.35), từ trường bị cánh chắn bằng thép khép kín, không tác động lên IC Hall, tín hiệu điện áp từ IC Hall mất làm transistor T_p ngắt. Tín hiệu điện áp ra lúc này bằng điện áp từ igniter nối với ngõ ra của cảm biến Hall.

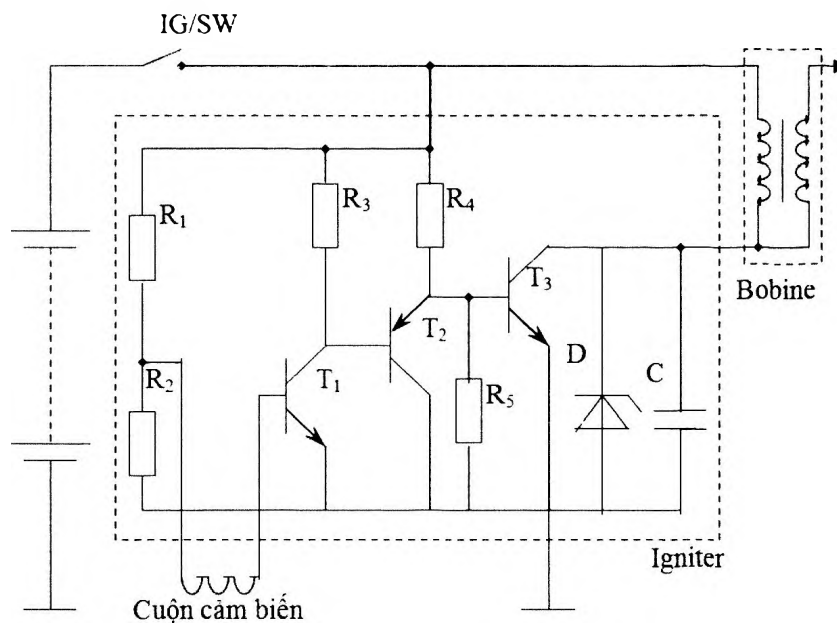
Như vậy, khi làm việc, cảm biến Hall sẽ tạo ra một xung vuông làm tín hiệu đánh lửa. Bề rộng của cánh chắn xác định góc ngậm điện (dwell angle)(hình 5.35). Do xung điều khiển là xung vuông nên tốc độ động cơ không ảnh hưởng đến thời điểm đánh lửa.



Hình 5.35: Nguyên lý làm việc của cảm biến Hall.

5.5.4 Hệ thống đánh lửa bán dẫn dùng cảm biến điện từ loại nam châm cố định.

Hệ thống đánh lửa bán dẫn sử dụng cảm biến điện từ loại nam châm cố định được sử dụng phổ biến trên các loại xe ô tô vì nó có cấu tạo khá đơn giản, dễ chế tạo và ít hư hỏng. Nó được sử dụng chủ yếu trên các xe Nhật. Sơ đồ mạch điện loại này được trình bày trên hình 5.36.



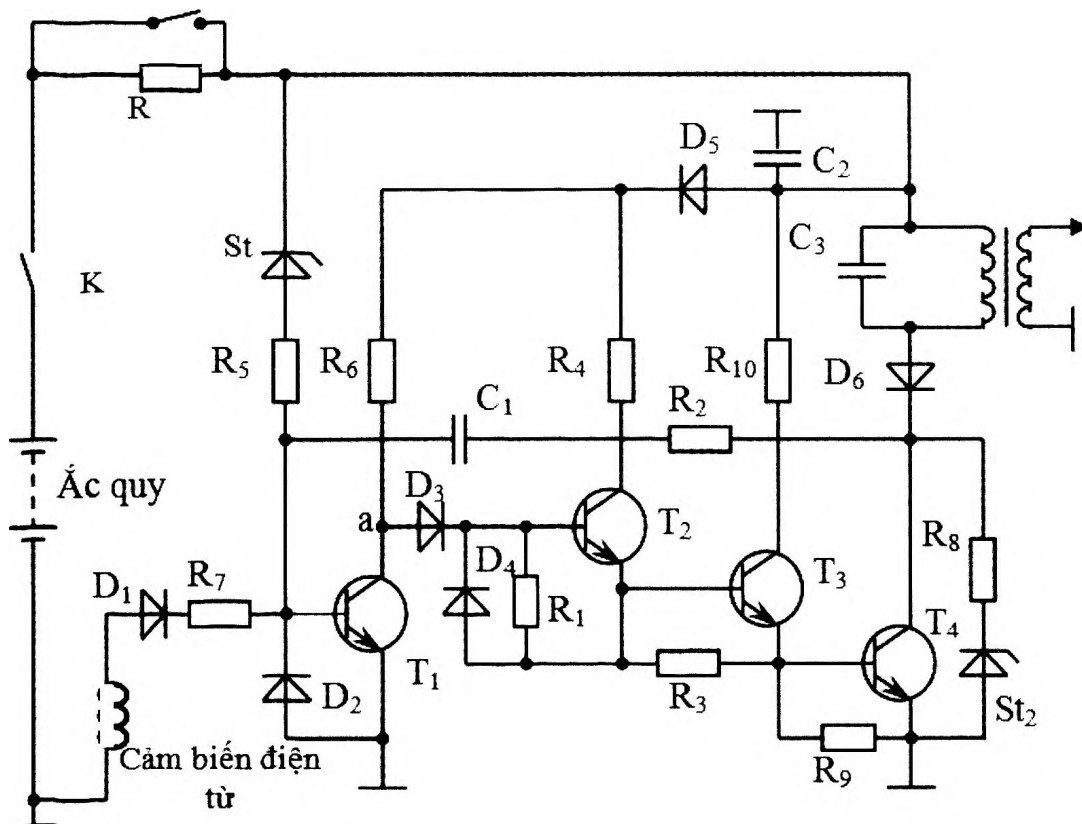
Hình 5.36: Hệ thống đánh lửa bán dẫn sử dụng cảm biến điện từ loại nam châm cố định (HONDA).

Khi cuộn dây cảm biến không có tín hiệu điện áp hoặc điện áp âm, transistor T_1 ngắt nên T_2 ngắt, T_3 dẫn cho dòng qua cuộn sơ cấp về mass.

Khi răng của rotor cảm biến tiến lại gần cực của cuộn dây cảm biến, trên cuộn dây sẽ xuất hiện một sức điện động xoay chiều, nửa bán kỳ dương cùng với điện áp đệm trên điện trở R_2 sẽ kích cho transistor T_1 dẫn, T_2 dẫn theo và T_3 sẽ ngắt. Dòng qua cuộn sơ cấp ở bobine bị ngắt đột ngột tạo nên một sức điện động cảm ứng lên cuộn thứ cấp một điện áp cao và được đưa đến bộ chia điện.

Tham khảo thêm hệ thống đánh lửa tương tự của Toyota.

5.5.5 Hệ thống đánh lửa bán dẫn dùng cảm biến điện từ loại nam châm quay



Hình 5.37: Sơ đồ cảm biến đánh lửa bán dẫn dùng cảm biến điện từ loại nam châm quay.

Nguyên lý hoạt động của hệ thống đánh lửa

Transistor T_4 có nhiệm vụ đóng ngắt dòng điện sơ cấp của bobine. Các transistor T_1 , T_2 , T_3 có nhiệm vụ khuếch đại các xung của cảm biến đánh lửa, vì biên độ điện áp của nó không đủ để điều khiển trực tiếp T_3 .

Khi bật công tắc máy và rotor của cảm biến không quay thì T_1 khoá vì điện thế ở hai cực E và cực B bằng nhau ($U_{eb} = 0$). Khi đó điện thế ở cực B của T_2 cao hơn điện thế ở cực E, tức là $U_{eb} > 0$, nên xuất hiện dòng điện điều khiển: (+) ắc quy \rightarrow KD \rightarrow R \rightarrow D₅ \rightarrow R₆ \rightarrow điểm a \rightarrow D₃ \rightarrow cực gốc T_2 \rightarrow R₃ \rightarrow R₉ \rightarrow (-) ắc quy. Do vậy T_2 mở làm cho T_3 mở; đồng thời xuất hiện dòng điện điều khiển T_4 chạy qua cực CE của T_3 kích

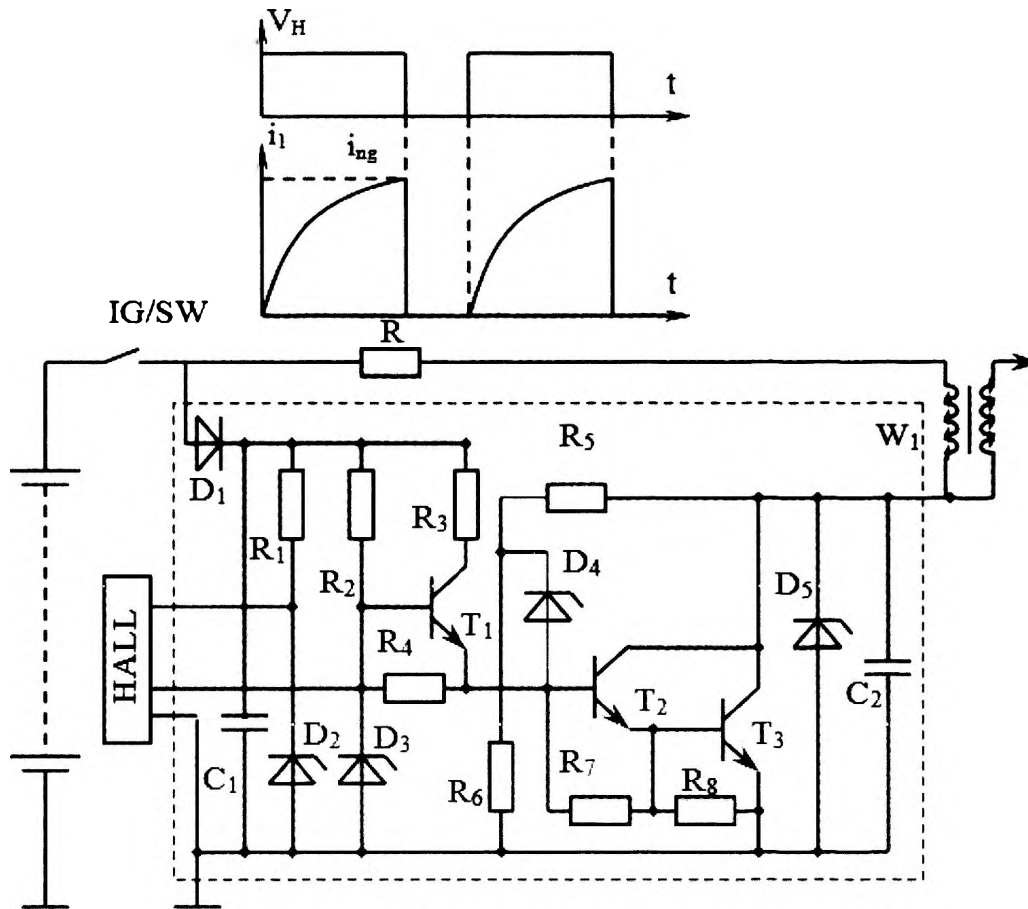
cho T_4 mở. Khi T_4 dẫn, điện trở của nó rất nhỏ, do đó hầu như toàn bộ dòng điện sơ cấp của bobine sẽ qua T_4 theo mạch: (+) ắc quy \rightarrow $KD \rightarrow$ cuộn sơ cấp bobine $\rightarrow D_6 \rightarrow$ tiếp giáp phát - góp của $T_4 \rightarrow$ (-) ắc quy. Dòng điện sơ cấp tạo nên từ thông trong lõi thép của bobine.

Khi rotor cảm biến quay, trong cuộn dây của nó phát ra những xung điện xoay chiều. Nửa xung dương sẽ tạo nên dòng điện điều khiển transistor T_1 như sau: từ cuộn dây cảm biến $\rightarrow D_1 \rightarrow R_7 \rightarrow$ tiếp giáp E-B của $T_1 \rightarrow$ (-) ắc quy và T_1 mở. Khi T_1 mở, điểm a coi như được nối với (-) ắc quy vì độ sụt áp trên T_1 lúc này không đáng kể. Khi đó cực B của T_2 được nối với điện thế âm qua D_3 khiến T_2 khoá, đồng thời T_3, T_4 cũng khoá theo nên dòng điện sơ cấp của bobine bị triệt tiêu nhanh chóng, dẫn tới sự biến thiên từ thông và sinh ra sức điện động lớn (đến 30 kV) trong cuộn dây thứ cấp của bobine. Xung điện cao áp này tạo nên tia lửa điện ở bougie để đốt cháy hỗn hợp nỏ trong xylanh động cơ.

5.5.6 Hệ thống đánh lửa bán dẫn sử dụng cảm biến bán dẫn (cảm biến Hall)

Igniter của hệ thống bao gồm 6 đầu dây, một đầu nối mass, ba đầu nối với cảm biến Hall, một đầu nối dương sau công tắc chính (IG/SW) và một đầu nối với âm bobine.

Sơ đồ mạch điện và đồ thị biểu diễn sự tương quan giữa tín hiệu xung điện áp của cảm biến Hall và sự tăng trưởng của dòng sơ cấp qua bobine được trình bày trên hình 5.38.



Hình 5.38: Hệ thống đánh lửa bán dẫn với cảm biến Hall (BOSCH).

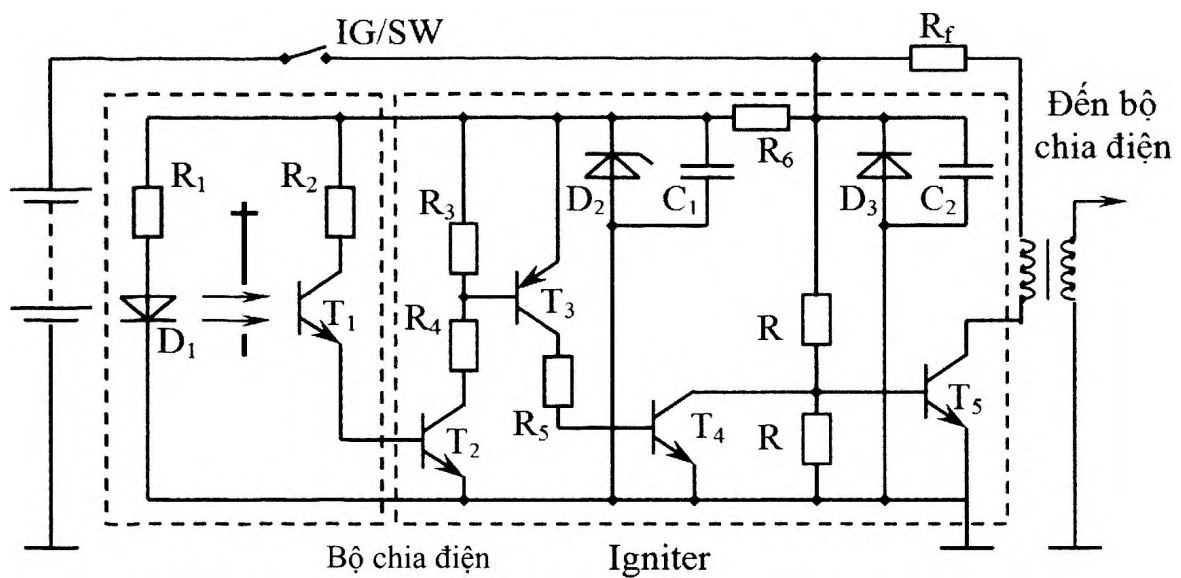
Nguyên lý làm việc của hệ thống

Khi bật công tắc máy, mạch điện sau công tắc IGSW được tách làm hai nhánh, một nhánh qua điện trở phụ R_1 đến cuộn sơ cấp và cực C của transistor T_3 , một nhánh sẽ qua diode D_1 cấp cho igniter và cảm biến Hall. Nhờ R_1, D_2 điện áp cung cấp cho cảm biến Hall luôn ổn định. Tụ điện C_1 có tác dụng lọc nhiễu cho điện áp ngõ vào. Diode D_1 có nhiệm vụ bảo vệ IC Hall trong trường hợp mắc lộn cực ắc quy, còn diode D_3 có nhiệm vụ ổn áp khi hiệu điện thế nguồn cung cấp quá lớn như trường hợp tiết chế của máy phát bị hư.

Khi đầu dây tín hiệu của cảm biến Hall có điện áp ở mức cao, tức lúc cánh chắn bằng thép xen giữa khe hở trong cảm biến Hall, làm T_1 dẫn. Khi T_1 dẫn, T_2 và T_3 dẫn theo. Lúc này dòng sơ cấp i_1 qua W_1 , qua T_3 về mass tăng dần. Khi tín hiệu điện từ cảm biến Hall ở mức thấp, tức là lúc cánh chắn bằng thép ra khỏi khe hở trong cảm biến Hall, transistor T_1 ngắt làm T_2, T_3 ngắt theo. Dòng sơ cấp i_1 bị ngắt đột ngột tạo nên một sức điện động ở cuộn thứ cấp W_2 đưa đến các bougie.

Tụ điện C_2 có tác dụng làm giảm sức điện động tự cảm trên cuộn sơ cấp W_1 đặt vào mạch khi T_2, T_3 ngắt. Trong trường hợp sức điện động tự cảm quá lớn do sút dây cao áp chẳng hạn, R_5, R_6, D_4 sẽ khiến transistor T_2, T_3 mở trở lại để giảm xung điện áp quá lớn có thể gây hư hỏng cho transistor. Diode Zener D_5 có tác dụng bảo vệ transistor T_3 khỏi bị quá áp vì điện áp tự cảm trên cuộn sơ cấp của bobine.

5.5.7 Hệ thống đánh lửa sử dụng cảm biến quang



Hình 5.39: Hệ thống đánh lửa cảm biến quang (Motorola).

Hình 5.39 trình bày một sơ đồ hệ thống đánh lửa bán dẫn được điều khiển bằng cảm biến quang của hãng Motorola. Cảm biến quang được đặt trong bộ chia điện phát tín hiệu đánh lửa gửi về igniter để điều khiển đánh lửa.

Khi đĩa cảm biến ngăn dòng ánh sáng từ LED D_1 sang photo transistor T_1 khiến nó ngắt. Khi T_1 ngắt, các transistor T_2, T_3, T_4 ngắt, T_5 dẫn, cho dòng qua cuộn sơ cấp về mass. Khi đĩa cảm biến cho dòng ánh sáng đi qua, T_1 dẫn nên T_2, T_3, T_4 dẫn, T_5 ngắt.

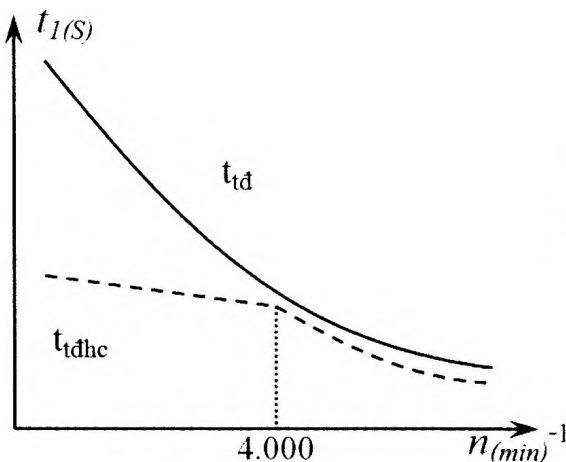
Dòng sơ cấp bị ngắt sẽ tạo một sức điện động cảm ứng lên cuộn thứ cấp một điện áp cao và được đưa đến bộ chia điện.

5.5.8 Hiệu chỉnh góc ngậm điện trong hệ thống đánh lửa

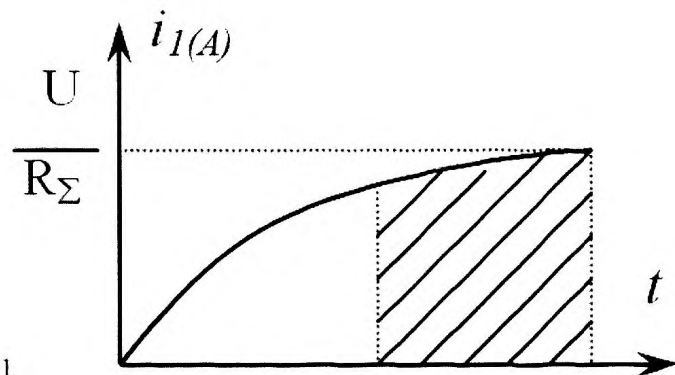
Như đã biết, thời gian tích lũy năng lượng t_d góc ngậm điện trên cuộn sơ cấp phụ thuộc vào vòng quay n của xylanh và số xylanh Z .

$$t_d = \frac{2}{3} \cdot \frac{120}{n \cdot Z}$$

Đối với một động cơ bất kì số xylanh Z là cố định, vì vậy thời gian tích lũy năng lượng t_d chủ yếu phụ thuộc vào số vòng quay động cơ. Dựa vào đồ thị hình 5.40 và hình 5.41 ta nhận thấy: ở số vòng quay thấp, thời gian tích lũy năng lượng t_d rất dài. Cũng từ đồ thị hình 5.41, khi động cơ chạy ở tốc độ thấp, thời gian t_d kéo dài sẽ gây lãng phí một năng lượng khá lớn (phần gạch chéo trên đồ thị) và làm nóng bobine. Ngược lại, ở tốc độ n cao t_d quá nhỏ, không đủ thời gian để dòng cuộn sơ cấp kịp đạt giá trị U/R_Σ có nghĩa là năng lượng đánh lửa và hiệu điện thế thứ cấp sẽ giảm.



Hình 5.40: Thời gian ngậm phụ thuộc tốc độ động cơ.

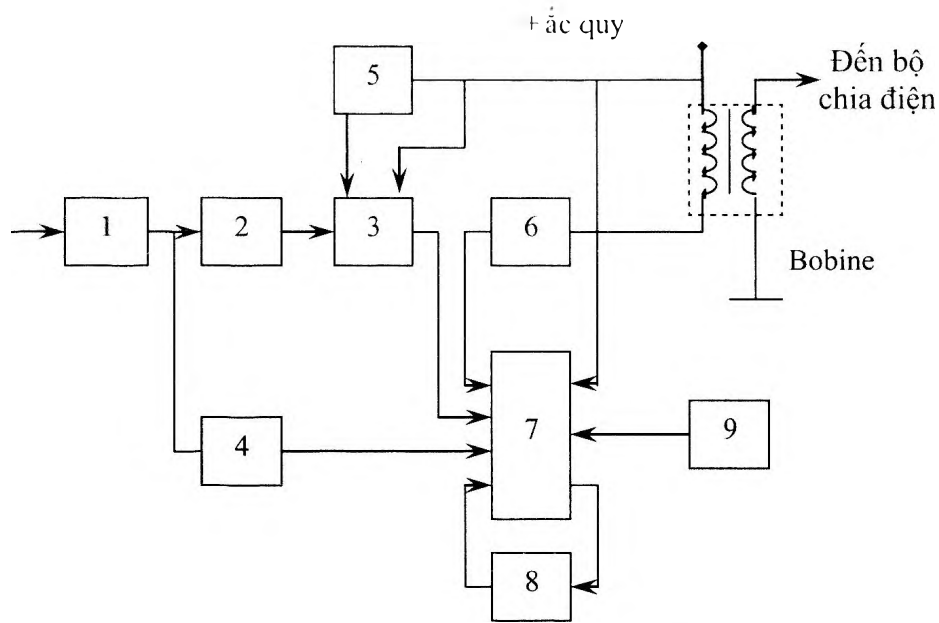


Hình 5.41: Tốc độ tăng trưởng dòng sơ cấp.

Để tiết kiệm năng lượng và tránh gây nóng bobine khi động cơ làm việc ở số vòng quay thấp, người ta đưa vào igniter mạch hiệu chỉnh thời gian tích lũy năng lượng, sao cho đặc tính của nó có dạng gần giống như đường chấm gạch trên hình 5.40. Bộ phận này chỉ làm việc khi số vòng quay động cơ nhỏ hơn 4.000 vòng/phút.

Để tăng giá trị I_{ng} ở tốc độ cao, người ta sử dụng bobine có L_l rất nhỏ ($4 \div 5 \text{ mH}$), do đó R_l cũng nhỏ ($0,5 \div 1 \Omega$) nhưng không cần sử dụng điện trở phụ. Vì vậy, trong igniter phải có mạch tự hạn chế cường độ dòng qua cuộn sơ cấp của bobine.

Một igniter được thiết kế có chức năng hiệu chỉnh thời gian tích lũy năng lượng t_d và một vài chức năng khác có sơ đồ khối như sau:



- | | |
|---|---|
| 1. Bộ chuyển tín hiệu thành xung vuông. | 6. Hạn chế biên độ xung điện áp sơ cấp. |
| 2. Cụm biến đổi độ hồng xung. | 7. Công ra. |
| 3. Cụm hiệu chỉnh thời gian. | 8. Hạn chế dòng sơ cấp. |
| 4. Cụm điều khiển ngắt dòng. | 9. Bảo vệ mạch khi mắc lộn cực ắc quy |
| 5. Ôn áp. | |

Hình 5.42: Sơ đồ khối hệ thống đánh lửa với mạch điều khiển hiệu chỉnh thời gian tích lũy năng lượng t_d .

Tín hiệu từ cảm biến được đưa vào (1). Tín hiệu đưa vào nếu là xung nhọn thì (1) có nhiệm vụ biến xung nhọn thành xung vuông trước khi biến đổi độ hồng xung (2) tức giảm thời gian tích lũy năng lượng. Cụm hiệu chỉnh thời gian tích lũy năng lượng t_d (3) sẽ nhận tín hiệu từ (2) và điện thế nguồn ắc quy cung cấp để hiệu chỉnh thời gian t_d , sau đó gửi tín hiệu đến công ra (7). Công ra (7) là transistor công suất nhận tín hiệu xung từ (3), (4), (6), (8) để đóng mở transistor cho dòng sơ cấp tại thời điểm transistor ngắt đạt giá trị mong muốn. Ôn áp (5) có nhiệm vụ ôn áp cho cụm (3) để cụm này làm việc chính xác. Cụm điều khiển ngắt dòng (4) sẽ tự động ngắt dòng qua bobine, nếu như bật công tắc máy sau 2, 7 giây mà không khởi động, để tránh tình trạng cháy bobine. Cụm (9) có tác dụng bảo vệ mạch khi mắc ngược cực ắc quy, đảm bảo cho các linh kiện điện tử trong Igniter không bị hư. Cụm (6) có nhiệm vụ hạn chế biên độ xung điện áp sơ cấp khi xung điện áp tăng quá cao trong trường hợp sút dây cao áp chẳng hạn, để bảo vệ mạch. Bộ hạn chế dòng (8) sẽ hạn chế để dòng điện sơ cấp ở một giá trị nhất định cũng với mục đích là để bảo vệ mạch igniter.

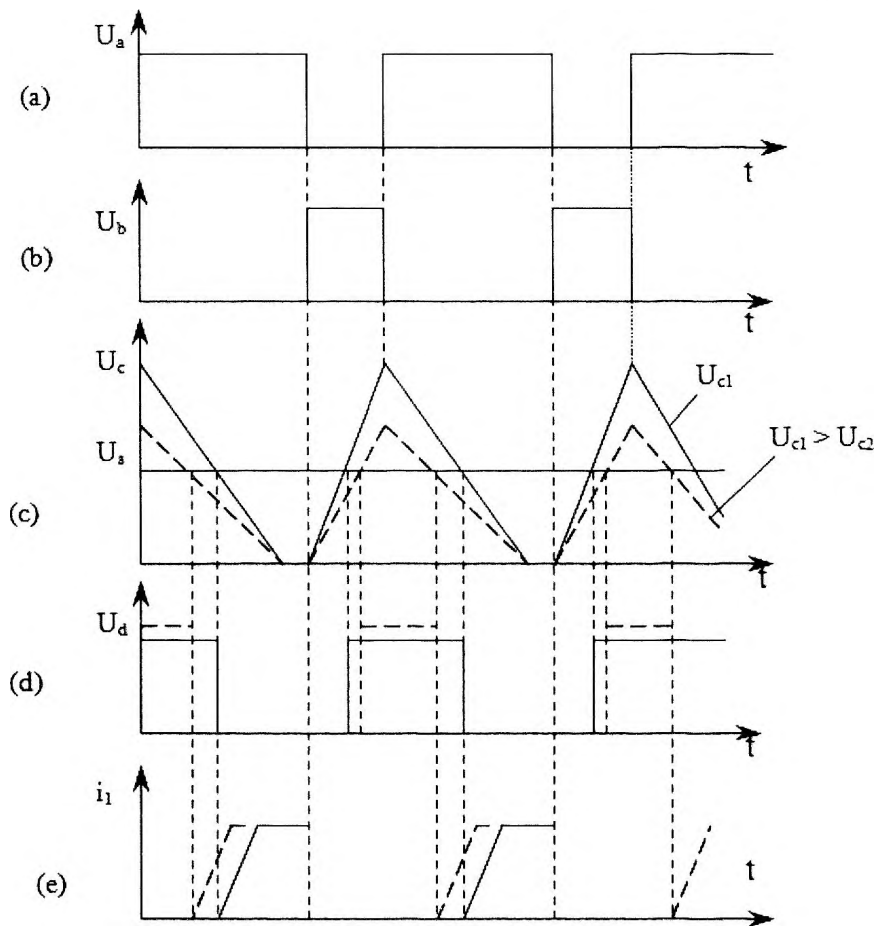
5.5.8.1 Sơ đồ thực tế

Igniter với chức năng tự động điều khiển thời gian tích lũy năng lượng và hạn chế dòng sơ cấp mạch điện trên hình 5.44 bao gồm 6 đầu dây: ba đầu dây nối với cảm biến Hall, một đầu dây dương sau công tắc máy IGSW, một đầu dây nối với âm bobine và một đầu dây nối với mass.

5.5.8.2 Hoạt động của mạch hiệu chỉnh thời gian tích lũy năng lượng t_d

Tín hiệu ở đầu ra của cảm biến Hall có dạng xung vuông như trên đồ thị hình 5.43a. Tín hiệu U_a sau khi qua transistor T_1 (T_1 đóng vai trò cổng NOT), tại đầu ra b tín hiệu sẽ bị đảo pha (hình 5.43b). Tín hiệu điện áp U_b sẽ điều khiển sự phóng hoặc nạp của tụ C_3 của mạch tích phân A_1 . Tín hiệu sóng vuông U_b từ chân C của transistor T_1 sau khi qua mạch tích phân, sẽ biến thành xung răng cưa ở ngõ ra của A_1 . Xung điện áp tại điểm C có dạng trên đồ thị hình 5.43c.

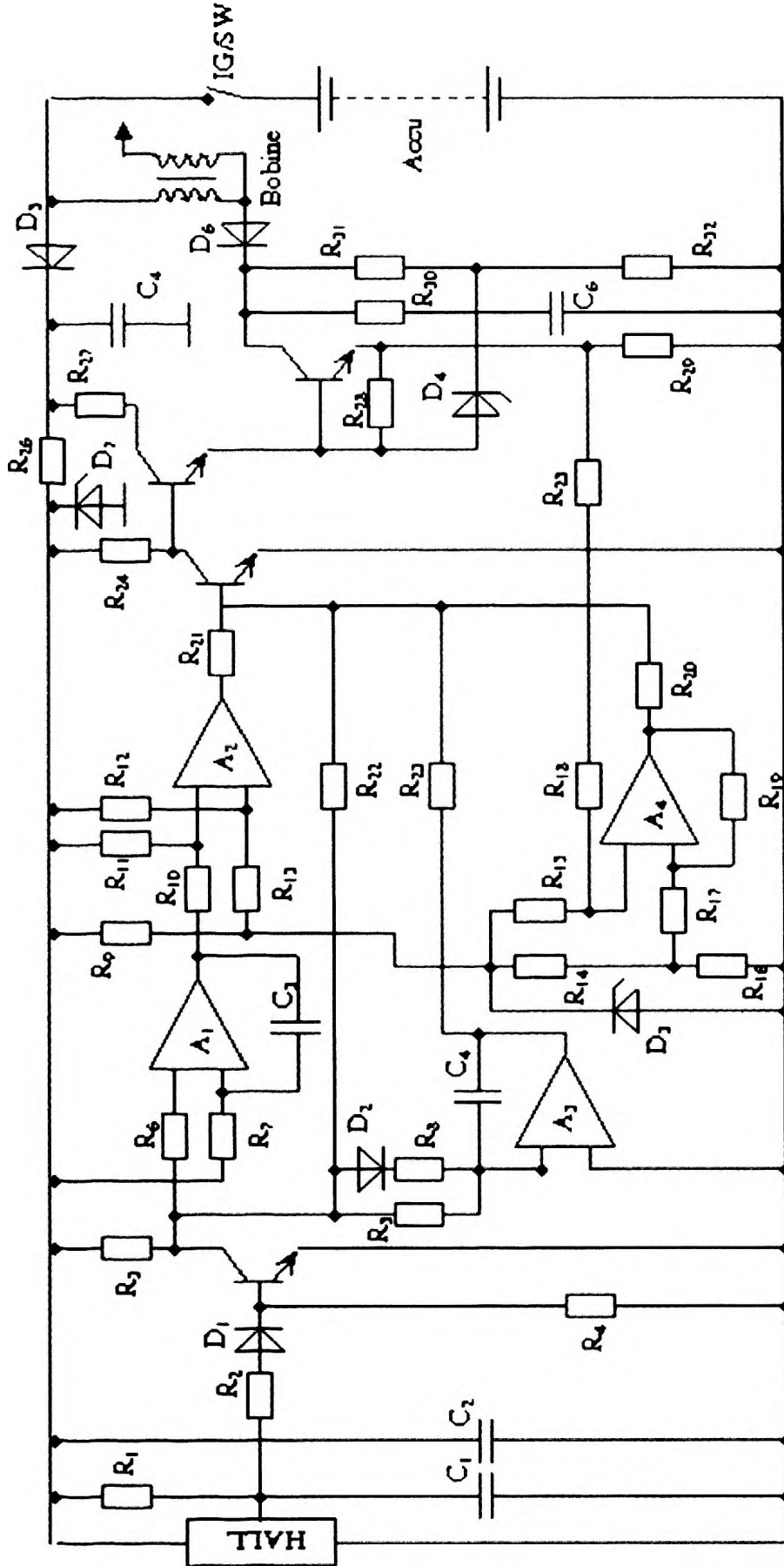
Tín hiệu này được đưa tới đầu vào không đảo của bộ so sánh A_2 . Đầu đảo của bộ so sánh A_2 (-) được đặt một điện áp không đổi U_s . Tại đây U_c sẽ được so sánh với U_s . Khi $U_c > U_s$ ngõ ra của A_2 ở mức cao và ngược lại khi $U_c < U_s$ ngõ ra của A_2 sẽ ở mức thấp.



Hình 5.43: Hệ thống đánh lửa làm việc khi tốc độ động cơ $n = n_l$

Khi U_d ở mức thấp, transistor T_2 sẽ ngắt, transistor T_3, T_4 dẫn, dòng sơ cấp i_1 bắt đầu tăng trưởng (hình 5.43e). Khi U_b chuyển sang mức cao (thời điểm đánh lửa), tín hiệu sẽ được gửi qua R_{22} đến T_2 làm T_2 dẫn, lúc này T_3, T_4 ngắt nên dòng sơ cấp i_1 ngắt đột ngột tạo nên một sức điện động cảm ứng trên cuộn thứ cấp W_2 ở bobine.

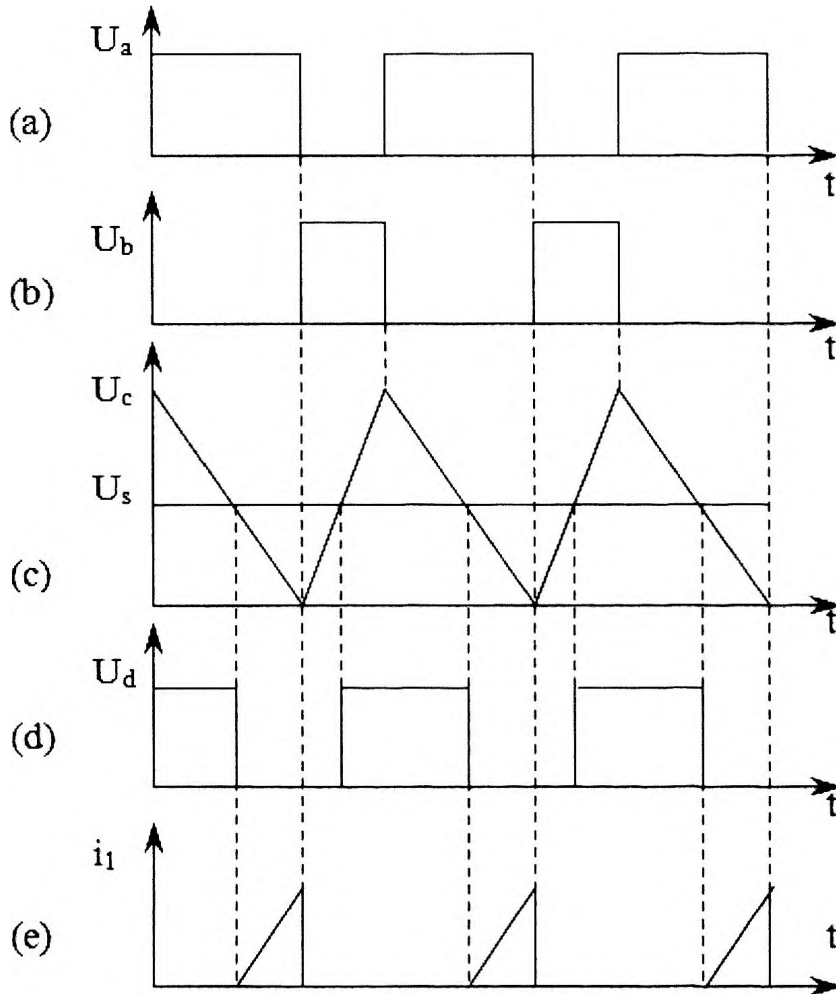
Mạch điều chỉnh thời gian t_d còn tác dụng hiệu chỉnh theo điện áp ắc quy. Nếu điện áp ắc quy thấp (lúc khởi động ...), tụ C_3 sẽ được nạp và xả ở mức điện áp thấp (đường ngắt quãng trong hình vẽ). Thời điểm U_c cắt U_s sớm hơn và, nhờ vậy T_3, T_4 mở sớm nhằm giúp tăng dòng qua cuộn sơ cấp của bobine.



Hình 5.44: Sơ đồ hệ thống đánh lửa với mạch điều khiển hiệu chỉnh thời gian tích lũy năng lượng t_d .

Trên hình 5.45 trình bày sự thay đổi hiệu điện thế và cường độ dòng trong mạch ở tốc độ cao. Ta thấy ở tốc độ $n_2 > n_1$, t_d gần như không đổi.

Khi tốc độ động cơ $n > n_{gh}$ ($n_{ng} = 4.000 \text{ v/ph}$), do thời gian quá ngắn tụ C_3 nạp chưa đạt điện áp U_{s2} , bộ so sánh sẽ bị khóa và lúc này U_e sẽ trùng với tín hiệu U_a , tức hệ thống làm việc bình thường mà không hiệu chỉnh vì số vòng quay động cơ đã đủ lớn (xem hình 5.45).



Hình 5.45: Hệ thống đánh lửa làm việc khi tốc độ động cơ $n_2 > n_1$.

Cụm ngắt dòng A_3 khi động cơ không làm việc hoạt động tương tự bộ tích phân A_1 . Khi U_b ở mức thấp, tụ C_4 nạp chậm nhờ hằng số thời gian nạp lớn. Hằng số thời gian được lựa chọn lớn hơn chu kỳ liên tiếp của các xung ở đầu cảm biến tương ứng với tốc độ quay nhỏ nhất của động cơ. Do đó, khi các xung từ điểm b vào cụm ngắt A_3 , ở đầu ra của nó (do tụ C_4 nạp chậm) chỉ có một điện áp không ảnh hưởng đến sự làm việc của T_2 . Khi động cơ không làm việc mà công tắc IGSW vẫn bật, nhờ nạp điện lâu, điện áp ở ngõ ra của cụm A_3 sẽ tăng từ từ trong vòng $7s$, lúc này T_2 sẽ dẫn nên T_3 , T_4 luôn luôn ngắt và dòng sơ cấp sẽ không đi qua cuộn sơ cấp của bobine được. Khi T_2 dẫn, tia lửa không xuất hiện trên bougie do T_2 mở từ từ.

Cụm hạn chế dòng A_4 dùng để hạn chế dòng sơ cấp i_1 khi dòng tăng quá cao, vì các bobine loại mới nhằm mục đích tăng I_{ng} ở tốc độ cao nên có giá trị R_1, L_1 rất nhỏ. Dòng điện sơ cấp i_1 đi qua điện trở cảm biến dòng R_{29} sẽ được so sánh với điện áp chuẩn U_{s2} ở đầu đảo của A_4 (-). Khi điện áp rơi trên R_{29} (điện áp rơi U_r tỷ lệ với dòng sơ cấp I_1 : $U_r = R_{29} \cdot i_1$) lớn hơn điện áp so sánh U_{s4} (xác định dòng cần hạn chế), thì ngõ ra của tụ ở mức điện áp cao làm T_2 mở, khiến T_3, T_4 bị khóa lại, cường độ dòng i_1 giảm khiến độ sụt áp trên R_{29} giảm và ngõ ra của A_4 sẽ xuống mức thấp. Quá trình này lặp đi lặp lại giữ cho dòng sơ cấp không vượt quá giá trị định sẵn. R_{19} là điện trở hồi tiếp giúp tăng tốc độ đóng mở mạch.

Tụ C_1 có tác dụng chống nhiễu cho tín hiệu ra của cảm biến Hall, tụ điện C_2 chống nhiễu cho toàn mạch điện. Diode D_4 , tụ điện C_6 và các điện trở R_{30}, R_{31}, R_{32} có tác dụng bảo vệ transistor công suất T_4 khi mạch sơ cấp xuất hiện sức điện động quá lớn, lúc này D_4 sẽ mở cho dòng qua làm transistor T_4 mở để dập tắt xung điện áp.

5.5.9 Hệ thống đánh lửa điện dung (CDI - capacitor discharged ignition)

5.5.9.1 Sơ đồ và nguyên lý làm việc

Hệ thống đánh lửa điện dung hiện nay thường được sử dụng trên xe thể thao, xe đua, động cơ có piston tam giác và trên xe gắn máy. Hệ thống đánh lửa điện dung có thể được chia làm hai loại: loại có vít điều khiển và loại không có vít điều khiển hoặc có thể phân loại theo cách tạo ra điện áp nạp tụ: xoay chiều (CDI - AC) và một chiều (CDI - DC)

Đối với hệ thống đánh lửa điện dung, năng lượng trong mạch sơ cấp của bobine được tích lũy dưới dạng điện trường chứa trong tụ C:

$$W_c = \frac{C \cdot U^2}{2}$$

Trong đó:

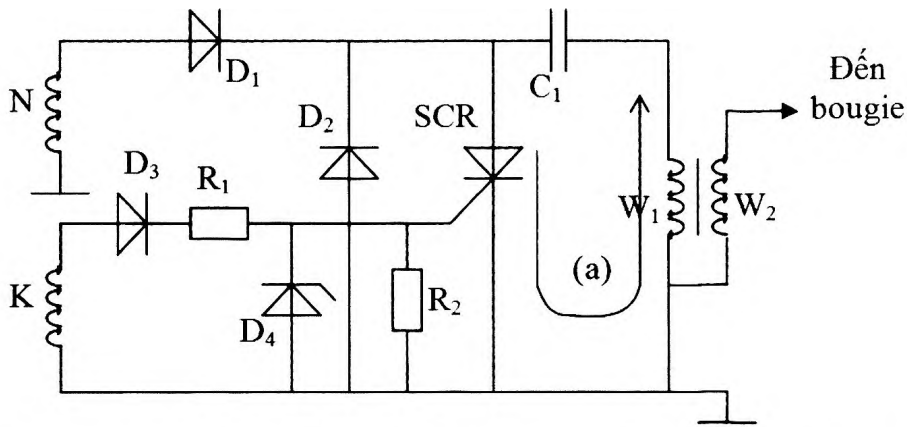
C : điện dung của tụ điện (F);

U : điện áp trên tụ điện (V).

Thông thường, người ta chọn tụ điện C có giá trị nằm trong khoảng từ $0,5 \div 3 \mu F$, vì theo tính toán và thực nghiệm, nếu điện dung của tụ C lớn thì khi tốc độ cao sẽ không đủ thời gian để tụ C được nạp đầy. Còn nếu điện dung nhỏ thì sẽ ảnh hưởng đến năng lượng đánh lửa. Hiệu điện thế nạp trên tụ thường nhỏ hơn $400V$, vì nếu lớn hơn sẽ gây hiện tượng rò điện ở mạch thứ cấp trong bobine.

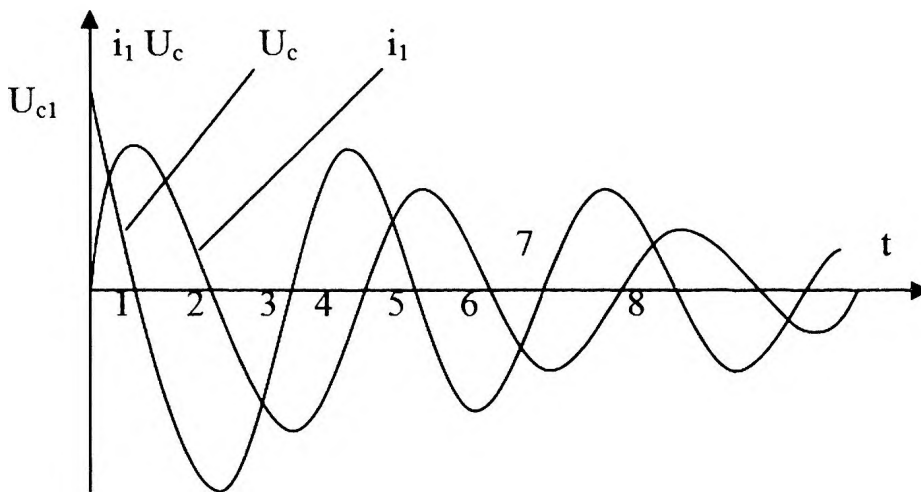
Quá trình tích lũy năng lượng trong tụ điện được thực hiện ở dạng xung điện liên tục. Trong trường hợp năng lượng tích lũy ở dạng xung, tụ điện được nạp bởi các xung điện một chiều trong thời gian trước lúc đánh lửa. Trong trường hợp còn lại, năng lượng tích lũy trong tụ nhờ những xung một chiều biến thiên nhờ nguồn điện một chiều trong suốt thời gian giữa hai lần đánh lửa.

Hình 5.46 trình bày một sơ đồ đơn giản của hệ thống đánh lửa điện dung trên xe gắn máy.



Hình 5.46: Sơ đồ hệ thống đánh lửa CDI trên xe gắn máy (với $D_2 // SCR$).

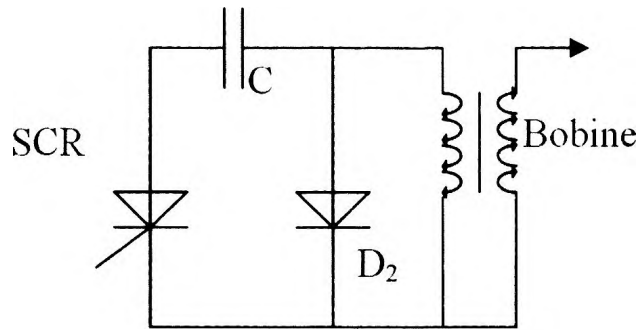
Khi SCR ngắt, tụ điện C_1 sẽ nạp nhờ nguồn điện N đã chỉnh lưu qua diode D_1 . Khi có tín hiệu đánh lửa từ cuộn dây điều khiển K, SCR dẫn, tụ điện C_1 sẽ xả theo chiều mũi tên (a): (+) tụ điện $C_1 \rightarrow SCR \rightarrow mass \rightarrow W_1 \rightarrow (-)$ tụ điện C_1 . Sự biến thiên dòng điện đột ngột trên cuộn sơ cấp W_1 sẽ cảm ứng lên cuộn thứ cấp W_2 , một sức điện động cao áp đưa tới các bougie đánh lửa. Tuy nhiên, sau khi tụ điện C_1 đã xả hết, do sức điện động tự cảm trong cuộn dây W_1 , tụ C_1 sẽ được nạp theo chiều ngược lại. Nhờ điện áp ngược (điện áp trên tụ), SCR sẽ được đóng lại. Khi C_1 xả ngược, D_2 có nhiệm vụ dập tắt điện áp ngược bảo vệ cho SCR.



Hình 5.47: Hiệu điện thế trên tụ và cường độ dòng điện qua cuộn sơ cấp bobine ($D_2 // SCR$).

Trong trường hợp mắc D_2 song song SCR, dòng qua cuộn sơ cấp sẽ lệch pha với hiệu điện thế trên tụ. Hiệu điện thế và cường độ dòng điện có dạng dao động tắt dần nếu thời gian mở SCR lớn hơn thời gian phóng điện. Trong trường hợp ngược lại, dao động thường kết thúc vào khoảng $t_1 \div t_2$ (hình 5.49).

Trên một số mạch, để giảm thời gian nạp tụ, người ta mắc D_2 song song với cuộn dây sơ cấp (hình 5.48).



Hình 5.48: Hệ thống đánh lửa điện dung với diode D_2 mắc song song cuộn sơ cấp.

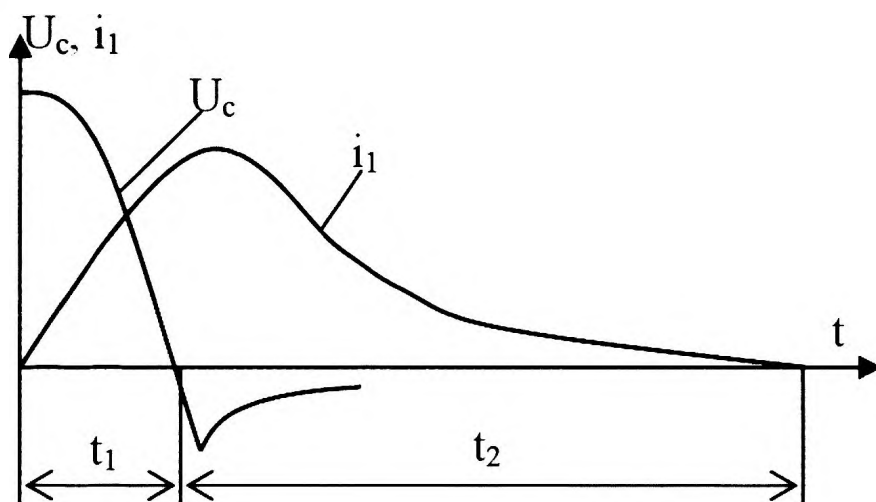
Mạch này cho phép chuyển đổi gần như toàn bộ năng lượng chứa trong tụ sang mạch thứ cấp nên ngày càng được sử dụng rộng rãi. Đường biểu diễn hiệu điện thế và cường độ dòng điện được trình bày trên hình 5.49.

Hiệu điện thế thứ cấp cực đại trong hệ thống đánh lửa CDI được xác định bởi công thức:

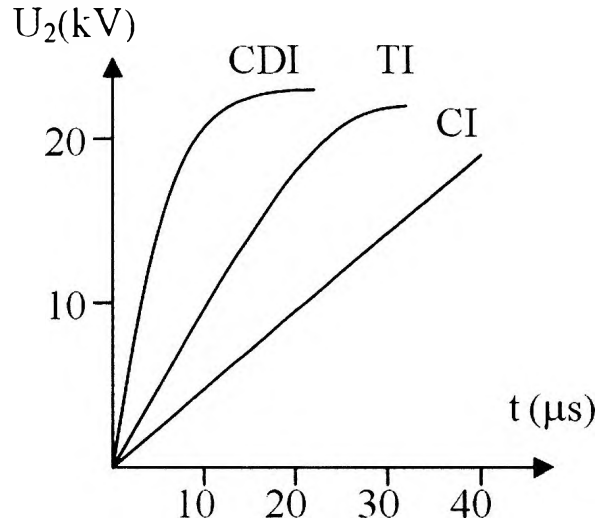
$$U_{2m} = U_{c1} \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} \eta$$

- U_{c1} : hiệu điện thế trên tụ lúc bắt đầu phóng.
- C_1 : điện dung tụ điện.
- C_2 : điện dung ký sinh trên mạch dao động.
- η : hệ số phụ thuộc vào dạng dao động.

Như vậy, hiệu điện thế thứ cấp ít phụ thuộc vào C_1 , mà phụ thuộc vào hiệu điện thế nạp được trên C_1 nhiều hơn.



Hình 5.49: Hiệu điện thế trên tụ và cường độ dòng điện qua cuộn sơ cấp của bobine (với D_2 mắc song song cuộn sơ cấp).



Hình 5.50: So sánh thời gian tăng trưởng của hiệu điện thế thứ cấp của hệ thống đánh lửa CDI, TI và hệ thống đánh lửa thường.

Đồ thị hình 5.50 biểu diễn thời gian tăng trưởng của hiệu điện thế thứ cấp của hệ thống đánh lửa bán dẫn loại điện dung (CDI), loại điện cảm (TI) và hệ thống đánh lửa thường. Ở hệ thống đánh lửa điện dung, thời gian hiệu điện thế thứ cấp đạt $20kV$ chỉ vào khoảng $10 \mu s$. Một điểm khác biệt giữa hệ thống đánh lửa điện dung và hệ thống đánh lửa điện cảm nữa là thời gian tồn tại tia lửa ở bougie của loại điện dung rất ngắn, chỉ vào khoảng $0,1 \div 0,4 ms$, trong khi loại điện cảm là từ $1 \div 2ms$. Nếu so sánh giữa hai cách mắc diode sẽ thấy cách mắc thứ hai làm tăng thời gian phóng điện ở bougie.

5.5.9.2 Sơ đồ thực tế

• Sơ đồ hệ thống đánh lửa CDI-DC điều khiển vít có mạch chống rung BOSCH

Sơ đồ này được sử dụng trên xe Porsche, Alfa-Romeo, Maserati (hình 5.51).

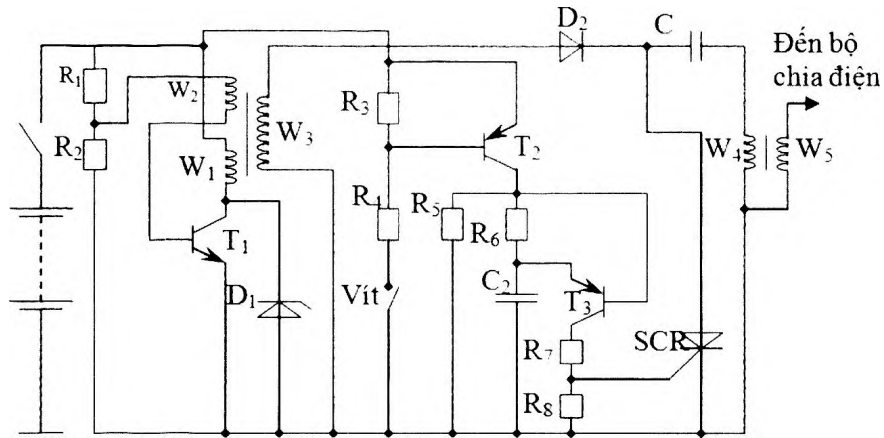
Với mục đích tăng năng lượng đánh lửa ($CU^2/2$) hệ thống đánh lửa điện dung trên ô tô người ta trang bị bộ đổi điện để tăng điện áp mạch sơ cấp từ $12 VDC$ lên $300 \div 400 VDC$.

Nguyên lý làm việc của mạch đổi điện như sau:

Khi bật công tắc máy, qua cầu phân thế R_1, R_2 , điện thế trên R_2 được đưa đến cực B thông qua W_2 làm T_1 bắt đầu mở. Dòng qua T_1 tăng dần cảm ứng lên W_2 một sức điện động khiến T_1 dẫn bão hòa làm tăng nhanh dòng qua W_1 . Khi dòng qua W_1 đạt giá trị bão hòa, tốc độ biến thiên dòng giảm cảm ứng lên W_2 một sức điện động có chiều ngược lại làm đóng T_1 . Sau đó quá trình tiếp tục được lặp lại.

Sự thay đổi dòng qua W_1 sẽ cảm ứng lên W_3 một sức điện động dạng sóng vuông có biên độ xấp xỉ $400 V$ và nạp cho tụ C qua diode D_2 .

Trên các hệ thống đánh lửa bằng vít, ở tốc độ cao thường xảy ra hiện tượng rung vít làm giảm thời gian tích lũy năng lượng t_d . Sơ đồ này có mạch điện tử có thể chống rung vít rất hiệu quả.



Hình 5.51: Sơ đồ hệ thống đánh lửa CDI điều khiển bằng vít có mạch chống rung BOSCH.

Khi vít đóng, dòng qua $R_3 \rightarrow R_4$ làm T_2 mở. Dòng cực góp T_2 đi qua R_5 và nạp tụ C_2 qua R_6 phân cực nghịch cực $B-E$ của T_3 làm nó đóng.

Khi vít mở, T_2 đóng, tụ C_2 phóng điện qua R_6 và R_5 và phân cực thuận cực $B-E$ của T_3 làm T_3 dẫn. Lúc đó, tụ C_2 sẽ phóng điện qua T_3 và R_7, R_8 kích cho SCR mở và tụ C sẽ phóng điện qua cuộn sơ cấp và ở cuộn thứ cấp của bobine sẽ xuất hiện sức điện động cao thế.

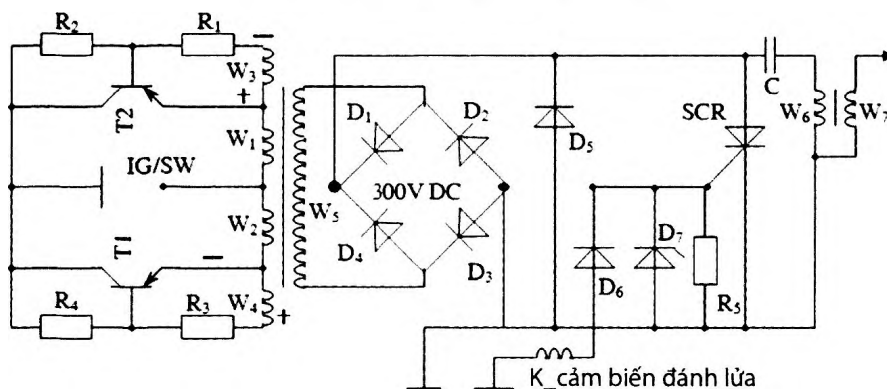
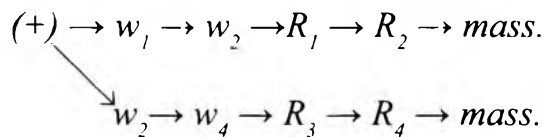
Nếu xảy ra hiện tượng rung vít, tức lặp lại quá trình mở vít do sự rung của lò xo lá trên vít búa, T_3 sẽ mở trong thời gian ngắn nhưng hiệu điện thế trên tụ C_2 tại thời điểm này không kịp đạt giá trị có thể phóng điện qua R_7, R_8 do đó SCR vẫn đóng và tụ C không xả.

• **Sơ đồ hệ thống đánh lửa CDI không vít có bộ đảo điện sử dụng hai transistor**

Hình 5.52 trình bày một sơ đồ hệ thống đánh lửa điện dung có bộ đảo điện sử dụng hai transistor.

Nguyên lý làm việc của hệ thống như sau:

Khi bật công tắc máy, dòng điện sẽ cung cấp đến các cuộn dây như sau:



Hình 5.52: Sơ đồ hệ thống đánh lửa CDI không vít có bộ đảo điện sử dụng 2 transistor.

Lúc đầu transistor T_1 và T_2 cùng chớm mở nhưng do sai số chế tạo nên sẽ có một transistor mở trước (giả sử T_1 mở trước). Lúc đó dòng điện qua W_1 tăng nhanh, cảm ứng lên cuộn W_3 một sức điện động có chiều như hình vẽ, đồng thời nó cũng cảm ứng lên cuộn W_4 một sức điện động có chiều ngược lại (do cuộn dây W_3 và W_4 quấn ngược chiều nhau) làm transistor T_2 đóng hoàn toàn. Khi transistor T_1 dẫn bão hòa, tốc độ biến thiên của dòng điện đi qua nó sẽ giảm, làm sức điện động trên cuộn W_3 đổi chiều, do đó sức điện động trên cuộn W_4 cũng có chiều ngược lại làm T_2 dẫn nhanh khiến T_1 đóng nhanh. Quá trình cứ tiếp diễn và sự biến thiên dòng điện trong hai cuộn W_1 và W_2 sẽ cảm ứng lên cuộn thứ cấp W_5 của bộ đảo điện một điện áp xoay chiều khoảng $300V$ và được chỉnh lưu thành dòng một chiều cung cấp cho tụ. Quá trình đánh lửa của hệ thống hoạt động tương tự như đã trình bày trên sơ đồ hình 5.46.

Ưu và nhược điểm của hệ thống đánh lửa điện dung

Qua phân tích hoạt động và các đặc tính đặc trưng của hệ thống đánh lửa điện dung, ta thấy hệ thống có các ưu điểm sau:

Đặc tính của hệ thống đánh lửa gần như không phụ thuộc vào tốc độ động cơ vì thời gian nạp điện rất ngắn do tụ điện đã được chọn sao cho ở tốc độ cao nhất, tụ điện vẫn nạp đầy giữa hai lần đánh lửa.

Hiệu điện thế thứ cấp, tăng trưởng nhanh nên tăng được độ nhạy đánh lửa, không phụ thuộc vào điện trở rò trên bougie.

Tuy nhiên, do thời gian xuất hiện tia lửa ở bougie ngắn ($0,3 \div 0,4 ms$) nên trong một điều kiện nhất định nào đó của hòa khí trong buồng đốt có thể tia lửa không đốt cháy được hòa khí. Vì vậy, đối với hệ thống đánh lửa CDI phải sử dụng bougie với khe hở điện cực lớn để tăng diện tích tiếp xúc của tia lửa nên bougie sẽ rất mau mòn.

C. NHIỆM VỤ HỌC TẬP Ở NHÀ VÀ CÁC CÂU HỎI ÔN TẬP

PHẦN TỰ HỌC

1. Tìm kiếm và đọc các tài liệu tham khảo liên quan.
2. Đọc chương 08 trong sách ebook: Tom Denton. Automobile Electrical and Electronic Systems. 3rd Edition. Elsevier. 2004.
3. Đọc giáo trình điện tử: “ Hệ thống đánh lửa”
4. Tìm hiểu và báo cáo về các hệ thống đánh lửa thế hệ 2 trên các ô tô lưu hành tại Việt Nam.
5. Tìm hiểu và báo cáo về các loại igniter dùng cho hệ thống đánh lửa điện cảm và đánh lửa điện dung.
6. Phương pháp điều khiển đồng hồ tốc độ động cơ (Tachometer).
7. Hướng nghiên cứu và phát triển của hệ thống đánh lửa trong tương lai.

CÂU HỎI ÔN TẬP

Câu hỏi tự luận

Câu 1: Vẽ sơ đồ mạch và trình bày nguyên lý làm việc, công dụng của các linh kiện trong IC của hệ thống đánh lửa dùng cảm biến điện từ loại nam châm đứng yên? Cách kiểm tra cảm biến điện từ trong hệ thống này?

Câu 2: Vẽ sơ đồ mạch và trình bày nguyên lý làm việc, công dụng của các linh kiện trong IC đánh lửa dùng cảm biến điện từ loại nam châm quay? Cách kiểm tra cảm biến điện từ trong hệ thống này?

Câu 3: Vẽ sơ đồ mạch và trình bày nguyên lý làm việc, công dụng của các linh kiện trong IC đánh lửa dùng cảm biến quang? Cách kiểm tra cảm biến quang trong hệ thống này?

Câu 4: Vẽ sơ đồ mạch và trình bày nguyên lý làm việc, công dụng của các linh kiện trong IC đánh lửa dùng cảm biến Hall? Cách kiểm tra cảm biến Hall và IC đánh lửa dùng cảm biến Hall?

Câu 5: Trình bày các phương án bảo vệ transistor công suất trong các mạch đánh lửa bán dẫn (chỉ vẽ mạch công suất bao gồm ắc quy, công tắc máy, bobine, transistor công suất và các phương án bảo vệ)?

Câu 6: Giải thích xu hướng giảm độ tự cảm của cuộn dây sơ cấp của bobine trong quá trình phát triển của hệ thống đánh lửa? Vẽ sơ đồ nguyên lý tự hạn chế dòng sơ cấp?

Câu 7: Trình bày sự khác biệt giữa CDI-AC và CDI-DC. Vẽ sơ đồ mạch và trình bày nguyên lý làm việc, công dụng của các linh kiện trong mạch đánh lửa điện dung kiểu BOSCH có mạch chống rung?

Câu 8: Cho hệ thống đánh lửa của một động cơ 4 kỳ, 4 xylanh có các thông số sau: Điện thế cung cấp $U = 12\text{ V}$ (bỏ qua độ sụt áp trên transistor công suất và ắc quy), Điện trở cuộn sơ cấp bobine $R_1 = 1\Omega$, không có điện trở phụ.

a) Cho $L_1 = 5\text{ mH}$. Vẽ đặc tuyến biểu diễn sự phụ thuộc của dòng điện trong cuộn sơ cấp theo thời gian $i_1(t)$ ở tốc độ 800 v/p (vòng / phút)?

b) Tính L_1 biết năng lượng đánh lửa giảm một nửa so với năng lượng cực đại tại tốc độ $n = 4000\text{ v/p}$?

Câu 9: Cho hệ thống đánh lửa của một động cơ với 4 xylanh, 4 kỳ, có các thông số sau: điện trở cuộn sơ cấp $R_1 = 0.5\Omega$, $L_1 = 10\text{ mH}$, hiệu điện thế cung cấp $U = 10.0\text{ V}$. Hệ thống đánh lửa có mạch tự hạn chế dòng ở 10A. Bỏ qua độ sụt áp trên transistor công suất và ắc quy.

a) Hãy tính tốc độ động cơ khi năng lượng đánh lửa bắt đầu giảm?

b) Năng lượng thấp nhất có thể tạo ra tia lửa trên bougie bằng 80 mJ. Hãy tính tốc độ cao nhất của động cơ?

Câu 11: Cho hệ thống đánh lửa của một động cơ với 8 xylanh, 4 kỳ có các thông số sau: điện trở cuộn sơ cấp $R_1 = 0.5\Omega$, không có điện trở phụ, độ tự cảm của cuộn sơ cấp $L_1 = 5.0\text{ mH}$, hiệu điện thế cung cấp $U = 12\text{ V}$. Bỏ qua độ sụt áp trên transistor công suất.

a) Vẽ đặc tuyến biểu diễn sự phụ thuộc của dòng điện trong cuộn sơ cấp theo thời gian

$i_f(t)$ ở tốc độ $n = 4000 \text{ min}^{-1}$?

b) Tính cường độ dòng ngắt và năng lượng đánh lửa ở tốc độ $n = 1000 \text{ min}^{-1}$?

Câu 12: Cho hệ thống đánh lửa của một động cơ 4 xylanh, 4 kỳ có các thông số sau: điện trở cuộn sơ cấp $R_f = 0.5 \Omega$, điện trở phụ $R_j = 0.5 \Omega$, độ tự cảm của cuộn sơ cấp $L_f = 10 \text{ mH}$, hiệu điện thế cung cấp $U = 10 \text{ V}$. Bỏ qua độ sụt áp trên transistor công suất.

a) Tính cường độ dòng ngắt I_{ng} và năng lượng nhiệt tỏa ra trên cuộn sơ cấp ở tốc độ $n = 2000 \text{ min}^{-1}$ và $n = 6000 \text{ min}^{-1}$?

b) Định nghĩa góc ngậm điện? Tại sao người ta phải kiểm soát góc ngậm (dwell control). Lập bảng trị số góc ngậm phải nạp vào EPROM theo tốc độ động cơ (từ 500 min^{-1} đến 6000 min^{-1})?

Câu 13: Cho hệ thống đánh lửa của một động cơ 4 xylanh, 4 kỳ có các thông số sau: điện trở cuộn sơ cấp $R_f = 0.5 \Omega$, điện trở phụ $R_j = 0.5 \Omega$, hiệu điện thế cung cấp $U = 10 \text{ V}$. Bỏ qua độ sụt áp trên transistor công suất.

a) Tính giá trị độ tự cảm L_f để cường độ dòng ngắt giảm 02 lần so với dòng cực đại ở tốc độ 5000 rpm ?

b) Tính năng lượng đánh lửa ở tốc độ 2000 rpm ?

c) Nếu lấy hệ thống đánh lửa trên lắp cho một động cơ 4 kỳ, 12 xy lanh thì hiện tượng gì sẽ xảy ra?

Câu 14: Cho hệ thống đánh lửa bán dẫn của một động cơ với 4 xylanh, 4 kỳ, có các thông số sau: điện trở cuộn sơ cấp $R_f = 1.0 \Omega$, điện trở phụ $R_j = 1.0 \Omega$, $L_f = 10 \text{ mH}$, hiệu điện thế cung cấp $U = 10.0 \text{ V}$. Bỏ qua độ sụt áp trên transistor công suất.

a) Biết rằng cường độ dòng ngắt nhỏ hơn ba lần so với dòng ngắt cực đại, hãy tính tốc độ mà động cơ đang hoạt động?

b) Dòng điện ngắt I_{ng} ở tốc độ động cơ $n = 5000 \text{ min}^{-1}$ sẽ giảm bao nhiêu lần so với dòng cực đại trong mạch nếu tăng độ tự cảm của cuộn sơ cấp lên 2 lần?

Câu 15: Cho hệ thống đánh lửa bán dẫn của một động cơ với 4 xylanh, 4 kỳ, có các thông số sau: điện trở cuộn sơ cấp $R_f = 1.0 \Omega$, điện trở phụ $R_j = 1.0 \Omega$, hiệu điện thế cung cấp $U = 10.0 \text{ V}$. Bỏ qua độ sụt áp trên transistor công suất.

a) Biết rằng năng lượng đánh lửa cực đại đạt 125 mJ , hãy tính tốc độ động cơ khi cường độ dòng điện ngắt bằng $I_{ng} = 3 \text{ A}$?

b) Dòng điện ngắt I_{ng} ở tốc độ động cơ $n = 5000 \text{ min}^{-1}$ sẽ giảm bao nhiêu lần so với dòng cực đại trong mạch nếu tăng độ tự cảm của cuộn sơ cấp lên 2 lần?

Câu hỏi trắc nghiệm đúng sai

Câu 1: Mắc song song với cảm biến nhiệt độ khí nạp một điện trở sẽ làm tăng góc đánh lửa sớm.

Câu 2: Xung điện áp cao từ các cuộn dây trên xe chỉ xuất hiện khi dòng qua cuộn dây ổn định

Câu 3: Trong hệ thống đánh lửa trực tiếp dùng bobine đôi, cả 2 bougie gắn cùng bobine

đánh lửa ở kỳ nén.

Câu 4: Bobine đơn trong đánh lửa trực tiếp có diode mắc song song với cuộn thứ cấp.

Câu 5: Động cơ có tỷ số nén cao sẽ khó đánh lửa ở bougie.

Câu 6: Điện áp của cuộn thứ cấp đặt vào điện cực giữa phải có dấu dương.

Câu 7: Khe hở bougie lớn làm bougie mau mòn.

Câu 8: Khe hở bougie không ảnh hưởng đến tuổi thọ của bobine.

Câu 9: Nếu sử dụng đúng loại, bougie nóng có điện áp đánh lửa thấp hơn bougie lạnh.

Câu 10: Dòng I_{ng} trong cuộn sơ cấp phụ thuộc vào nhiệt độ bobine.

Câu 11: Khi động cơ hoạt động, dòng I_{ng} lớn nhất ở tốc độ không tải.

Câu 12: Ở hệ thống đánh lửa thế hệ thứ nhất, dòng I_{ng} tăng theo tốc độ động cơ.

Câu 13: Góc ngậm theo tỷ lệ % trong hệ thống đánh lửa thế hệ 3 sẽ thay đổi theo tốc độ động cơ.

Câu 14: Góc ngậm trong hệ thống đánh lửa thế hệ 1 không thay đổi theo tốc độ động cơ.

Câu 15: Thời gian ngậm trong hệ thống đánh lửa có hộp ECU phụ thuộc vào điện trở cuộn sơ.

Câu 16: Tốc độ tăng trưởng của dòng sơ cấp phụ thuộc vào điện trở cuộn sơ R_1 .

Câu 17: Hệ thống đánh lửa khiến chất lượng điện áp của máy phát giảm.

Câu 18: Tụ điện mắc song song với transistor công suất trong hệ thống đánh lửa làm tăng điện áp thứ cấp.

Câu 19: Cảm biến Hall dùng trong hệ thống đánh lửa có nguồn cấp điện 12V.

Câu 20: Trong hệ thống đánh lửa thế hệ 2, nếu đứt cảm biến trong bộ chia điện, bobine sẽ nóng hơn.

Câu 21: Tại thời điểm transistor công suất bắt đầu dẫn bão hòa, sức điện động trên cuộn thứ cấp bằng 0.

Câu 22: Điện áp đánh lửa phụ thuộc vào thông số bobine

Câu 23: Động cơ thường xuyên chạy tải lớn cần dùng bougie nóng.

Câu 24: Để điều khiển đánh lửa trong hệ thống đánh lửa dùng bobine đôi cần cảm biến CMP.

Câu 25: Dây âm bobine dẫn về hộp điều khiển điều hòa nhiệt độ là để chống tắt máy khi bật lạnh.

Câu 26: Tachometer thế hệ mới không cần dùng tín hiệu âm bobine.

Câu 27: Phương pháp tốc độ - tỷ trọng được sử dụng để tính toán góc đánh lửa sớm.

Câu 28: Trong hệ thống đánh lửa thế hệ 2 dùng cảm biến điện từ nam châm đứng yên, nếu đầu nhâm cực cảm biến, góc đánh lửa sẽ không thay đổi.

Câu 29: Điện áp đánh lửa sẽ cao khi động cơ có tỷ số nén thấp.

Câu 30: Bobine sẽ nóng hơn khi xe chạy ở tốc độ cao.

Câu 31: Bobine thế hệ thứ 4 có điện trở lớn hơn thế hệ thứ 3.

CHƯƠNG VI HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ

A. MỤC TIÊU DẠY HỌC

Sau khi học xong chương này, người học có khả năng:

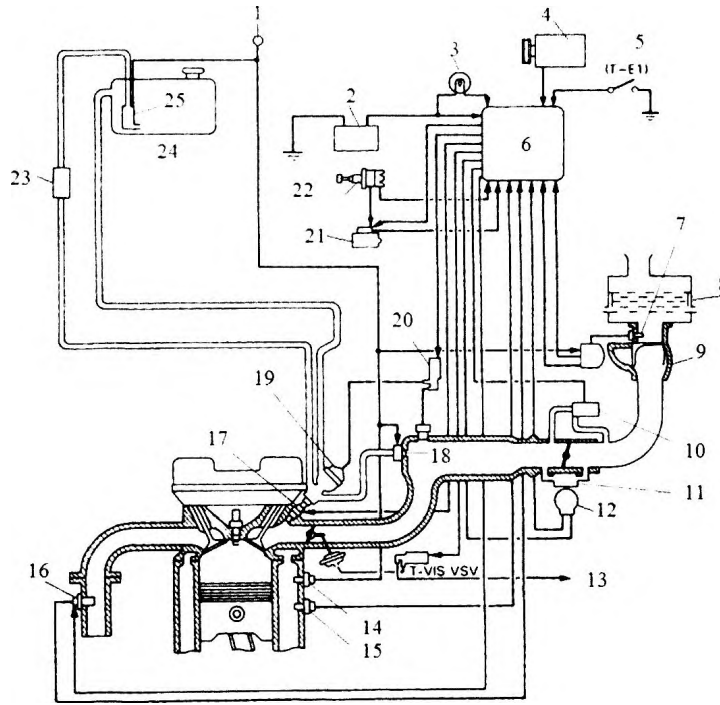
- Nhận biết các thành phần của hệ thống điều khiển động cơ, sơ đồ cấu tạo của các cảm biến, hộp điều khiển, cơ cấu chấp hành.
- Nắm được hoạt động của hệ thống điều khiển động cơ và các chi tiết, giải thích hoạt động của chúng.
- Hiểu rõ thuật toán điều khiển phun xăng, đánh lửa, phun dầu điện tử và các chức năng của các hệ thống điều khiển khác.
- Đọc được sơ đồ hệ thống điều khiển động cơ.
- Nắm được các phương pháp chẩn đoán hư hỏng.

B. NỘI DUNG

6.1 Hệ thống phun nhiên liệu điện tử

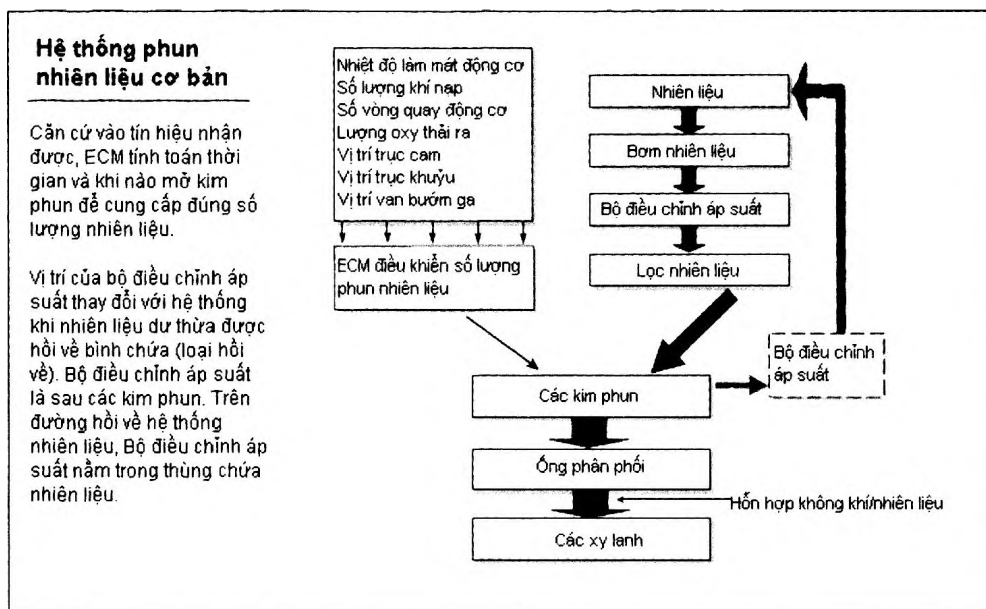
6.1.1 Đặc điểm hệ thống và phân loại

Hình 6.1 giới thiệu sơ đồ một hệ thống phun xăng điện tử tiêu biểu [81]. Xăng được cung cấp đến các vòi phun nhờ bơm xăng đặt trong thùng xăng, chênh lệch áp suất trên và dưới vòi phun được giữ ổn định nhờ bộ điều áp 19. Sự chênh lệch này cũng được điều chỉnh nhờ van chân không 20 điều khiển từ ECU nhằm điều tiết lượng nhiên liệu phun m_f chính xác theo khối lượng khí nạp m_a ở mọi chế độ làm việc của động cơ và đáp ứng thành phần hòa khí yêu cầu (bảng 6.1). Lượng nhiên liệu phun phụ thuộc vào thời gian mở vòi phun theo xung điều khiển phun (t_{inj}) của ECU (thời gian phun).



Hình 6.1 Sơ đồ hệ thống phun xăng điện tử [81].

1- công tắc máy; 2- ắc quy; 3- đèn báo check; 4- máy nén; 5- giắc kiểm tra; 6- ECU; 7- cảm biến nhiệt độ khí nạp; 8- lọc gió; 9- cảm biến đo lưu lượng khí nạp; 10- van khí phụ; 11- van điều khiển tốc độ không tải; 12- cảm biến vị trí bướm ga; 13- đường ống đến bình tích chân không; 14- công tắc nhiệt thời gian; 15- cảm biến nhiệt độ nước làm mát; 16- cảm biến oxy; 17- kim phun; 18- kim phun khởi động lạnh; 19- bộ điều áp; 20- van chân không; 21- hơbine đánh lửa; 22- bộ chia điện; 23- lọc nhiên liệu; 24- thùng xăng; 25- bơm xăng.



Hình 6.2 Phương pháp điều khiển hệ thống phun xăng.

Bảng 6.1 Chế độ làm việc của động cơ và thành phần hòa khí yêu cầu [81, 83]

Chế độ làm việc của động cơ	Tỷ lệ không khí – nhiên liệu AFR
Khởi động (ở nhiệt độ 0 ⁰ C)	1 : 1
Khởi động (ở nhiệt độ 20 ⁰ C)	5 : 1
Không tải	11 : 1
Chạy chậm	12 – 13 : 1
Tăng tốc	8 : 1
Toàn tải	12 – 13 : 1
Chạy trong nội thị	14,7 : 1
Chạy tiết kiệm (đốt nghèo)	16 – 18 : 1

Hệ thống phun xăng điện tử được điều khiển từ ECU thông qua các tín hiệu gửi đến từ cảm biến (Hình 6.1). Khi người lái đạp bàn đạp ga (mong muốn công suất động cơ lớn hơn mức hiện có), tín hiệu từ cảm biến bướm ga được gửi đến ECU, ECU nhận được yêu cầu này và thực hiện thao tác chọn lựa thành phần hòa khí. Đồng thời với việc nhận dạng tín hiệu lưu lượng khí nạp thực đi vào xy lanh của động cơ, nhiệt độ khí nạp, nhiệt độ nước làm mát động cơ, tốc độ động cơ, dựa vào dữ liệu trong bộ nhớ, ECU xác định thời gian điều khiển mở kim phun hợp lý theo yêu cầu thành phần hòa khí (theo hệ số λ hoặc tỷ lệ không khí/nhiên liệu) [22, 26]. Tín hiệu của cảm biến oxy dùng để điều chỉnh λ bằng 1 chỉ được ECU tiếp nhận khi động cơ chạy ở tốc độ ổn định và không có sự biến đổi đột ngột tín hiệu từ cảm biến vị trí bướm ga trong quá trình gia tốc [82].

Hệ thống phun xăng kiểu cơ khí được hãng BOSCH chế tạo thành công vào năm 1966. Trong hệ thống này, nhiên liệu được điều tiết qua một *bộ tiết lưu chia xăng* với lượng không khí hút vào động cơ và phun liên tục qua các vòi phun cơ khí có tên gọi là K – Jetronic. Nó được ứng dụng trên các xe của hãng Mercedes và một số xe khác, là nền tảng cho việc phát triển những hệ thống phun xăng thế hệ kế tiếp như KE – Jetronic (Bộ tiết lưu chia xăng và vòi phun cơ khí hiệu chỉnh lượng xăng bằng điện tử), Jetronic (phun xăng với vòi phun điện) và Motronic (phun xăng điện tử kết hợp với các điều khiển khác của động cơ như: đánh lửa, làm mát...) [25, 41].

Hệ thống phun xăng sử dụng vòi phun điều khiển bằng điện (Jetronic) được BOSCH cho ra đời vào cuối những năm 70 của thế kỷ 20. Dựa vào phương pháp đo khí nạp cấp vào động cơ, người ta chia hệ thống phun xăng ra làm hai loại chính: loại đo trực tiếp (L-Jetronic) và đo gián tiếp (D-Jetronic).

D-Jetronic (xuất phát từ chữ *Druck* trong tiếng Đức là *áp suất*): với lượng xăng phun được xác định dựa vào áp suất sau cánh bướm ga bằng cảm biến MAP (manifold

absolute pressure sensor) và tốc độ động cơ.

L-Jetronic (xuất phát từ chữ *Luft* trong tiếng Đức là không khí): với lượng xăng phun được tính toán dựa vào lưu lượng khí nạp lấy từ cảm biến khí nạp loại cánh trượt. Sau đó có các phiên bản: *LH – Jetronic* với cảm biến khí nạp dây nhiệt, *LU – Jetronic* với cảm biến gió kiểu siêu âm...

Nếu phân biệt theo vị trí lắp đặt kim phun, hệ thống phun xăng được chia làm hai loại:

Loại TBI (Throttle Body Injection) - phun đơn điểm

Hệ thống này còn có các tên gọi khác như: *SPI (single point injection)*, *CI (central injection)*, *Mono – Jetronic*. Đây là kiểu phun trung tâm. Kim phun được bố trí phía trên cánh bướm ga và nhiên liệu được phun bằng một hay hai kim phun. Nhược điểm của hệ thống này là tốc độ dịch chuyển của hòa khí tương đối thấp do nhiên liệu được phun ở vị trí xa supap hút và khả năng thất thoát trên đường ống nạp.

Loại PI (Port Injection) - phun trên đường nạp, trước supap hút.

Đây là hệ thống phun nhiên liệu trên đường nạp vào kỳ hút, với mỗi kim phun cho từng xy lanh được bố trí gần supap hút (cách khoảng 10 – 15 mm), áp suất đưa đến kim phun cỡ 3kgf/cm². Ống góp hút được thiết kế sao cho đường đi của không khí từ bướm ga đến xy lanh khá dài, nhờ vậy, nhiên liệu phun ra được hòa trộn tốt với không khí nhờ xoáy lốc. Nhiên liệu cũng không còn thất thoát trên đường ống nạp. Hệ thống phun xăng trên đường nạp ra đời đã khắc phục được các nhược điểm cơ bản của bộ chế hòa khí và phun xăng đơn điểm. Tùy theo cách điều khiển kim phun, hệ thống này có thể chia làm ba loại chính: phun độc lập, phun từng kim (independent injection) hay trình tự (sequential injection), phun nhóm (group injection) hoặc phun đồng loạt (simultaneous injection).

Loại DI (Direct Injection) – Phun trực tiếp vào buồng đốt.

Trong loại DI, nhiên liệu được phun vào kỳ nén nên áp suất đưa đến kim phun tăng cao (30 kgf/cm²) thông qua một bơm cao áp. Chế độ phun DI chỉ được thực hiện ở chế độ tải nhỏ hoặc trung bình và phải có đỉnh piston phải có dạng lõm hoặc sử dụng buồng đốt phụ để tạo ra sự phân lớp của hỗn hợp: hỗn hợp hòa khí siêu nghèo (ultra lean) trong buồng đốt và lambda gần bằng 1 ở vùng gần bougie. Trên một số xe, có sự kết hợp giữa DI và PI, chẳng hạn, động cơ 4 xy lanh nhưng có 4 kim phun đặt trên đường nạp và 4 kim phun đặt trong buồng đốt.

Nếu căn cứ vào đối tượng điều khiển theo chương trình, người ta chia hệ thống điều khiển động cơ ra ba loại chính: **chỉ điều khiển phun xăng** (EFI - electronic fuel injection theo tiếng Anh hoặc Jetronic theo tiếng Đức), **chỉ điều khiển đánh lửa** (ESA - electronic spark advance) và **loại tích hợp** tức điều khiển cả phun xăng và đánh lửa. Hệ thống này có nhiều tên gọi khác nhau: Bosch đặt tên là **Motronic**, Toyota có tên (**TCCS - Toyota Computer Control System**), Nissan có tên gọi là (**ECCS – Electronic Concentrated Control System**) Nhờ tốc độ xử lý của CPU khá cao, các hộp điều khiển động cơ đốt trong ngày nay thường gồm cả chức năng điều khiển hộp số tự động, quạt làm mát động cơ, máy phát điện, nên người ta hay gọi là PCM (Powertrain Control Module).

Nếu phân biệt theo kỹ thuật điều khiển ta có thể chia hệ thống điều khiển động cơ làm hai loại: **analog** và **digital**.

Ở những thế hệ đầu tiên xuất hiện từ 1979 đến 1985, kỹ thuật điều khiển chủ yếu dựa trên các mạch tương tự (*analog*). Ở các hệ thống này, tín hiệu đánh lửa lấy từ âm bobine được đưa về hộp điều khiển để hình thành xung điều khiển kim phun. Sau đó, đa số các hệ thống điều khiển động cơ đều được thiết kế, chế tạo trên nền tảng của các bộ vi xử lý (*digital*).

Trong L-Jetronic, lưu lượng khí nạp được xác định trực tiếp nhờ cảm biến đo lưu lượng khí nạp tính bằng thể tích (volume air flowmeter) hoặc cảm biến đo lưu lượng khí nạp tính bằng khối lượng (mass air flowmeter). Trong D-Jetronic, lưu lượng khí nạp được ECU xác định gián tiếp dựa vào cảm biến đo áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp (Manifold Absolute Pressure – MAP sensor) và cảm biến tốc độ động cơ [75, 90].

Cấu trúc khối của hai hệ thống này khác nhau cơ bản ở phần mạch khí nạp và phương pháp đo.

Trong hệ thống L-Jetronic (hình 6.3), cảm biến đo lưu lượng khí nạp (air flow meter) được đặt ngay sau lọc gió. Vì vậy, toàn bộ lượng không khí vào động cơ đều đi qua cảm biến này và lưu lượng khí nạp được đo trực tiếp. Ở những thế hệ đầu tiên, các cảm biến đo lưu lượng khí nạp chỉ đo được lưu lượng không khí tính bằng thể tích, chủ yếu là loại cánh trượt (vane air flow sensor) hoặc cảm biến loại Karman (Karman air flow sensor) [27]. Chính vì vậy, hệ thống điều khiển cần có thêm cảm biến nhiệt độ khí nạp và áp suất khí trời để xác định khối lượng riêng không khí. Sau đó, ECU tính ra lưu lượng khí nạp theo khối lượng:

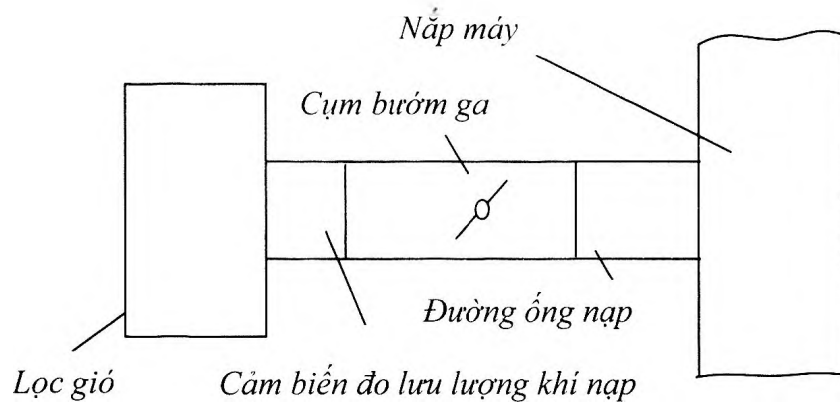
$$\dot{m}_a = \dot{v}_a \cdot \rho \quad (6.1)$$

Trong đó: \dot{m}_a - lưu lượng khối lượng không khí (kg/s)

\dot{v}_a - lưu lượng thể tích không khí (m^3/s)

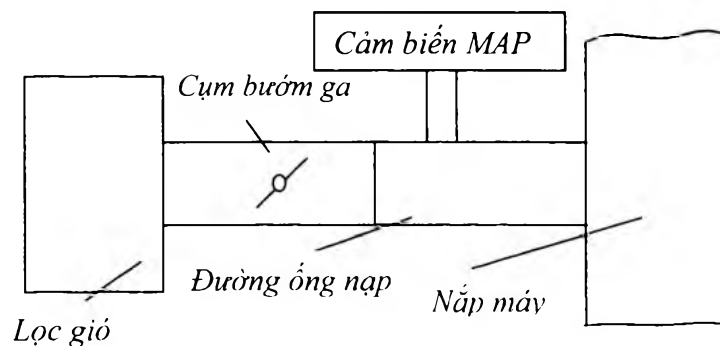
ρ - khối lượng riêng không khí (kg/m^3)

Khối lượng riêng của không khí ρ là hàm phụ thuộc vào nhiệt độ t_a và áp suất khí quyển p_a . Thông thường, giá trị khối lượng riêng không khí $\rho = f(t_a, p_a)$ được đọc từ bảng tra (look-up table) trong EEPROM [34].



Hình 6.3 Sơ đồ mạch khí nạp của động cơ phun xăng kiểu L-Jetronic.

Ngày nay, các cảm biến đo lưu lượng khí nạp dạng thể tích dần được thay bởi cảm biến đo lưu lượng tính bằng khối lượng. Nhờ vậy, cảm biến nhiệt độ khí nạp và áp suất khí trời được loại bỏ. Hộp ECU nhận trực tiếp tín hiệu đo lưu lượng khí nạp tính bằng khối lượng \dot{m}_a , để tính ra lượng nhiên liệu cần phun [28].



Hình 6.4 Sơ đồ mạch khí nạp của động cơ phun xăng kiểu D-Jetronic.

Mạch khí nạp của hệ thống phun xăng kiểu D-Jetronic được trình bày trên hình 6.4 [32, 40]. Trong D-Jetronic, phương pháp tốc độ - tỷ trọng được sử dụng để xác định lưu lượng không khí nạp, từ đó, ECU tính được lượng nhiên liệu cần phun. Lượng xăng phun được tính toán dựa vào áp suất sau bướm ga (đo bằng cảm biến MAP), tốc độ động cơ, nhiệt độ khí nạp (IAT - Intake Air Temperature) và áp suất khí trời (Barometric Pressure) [30, 44].

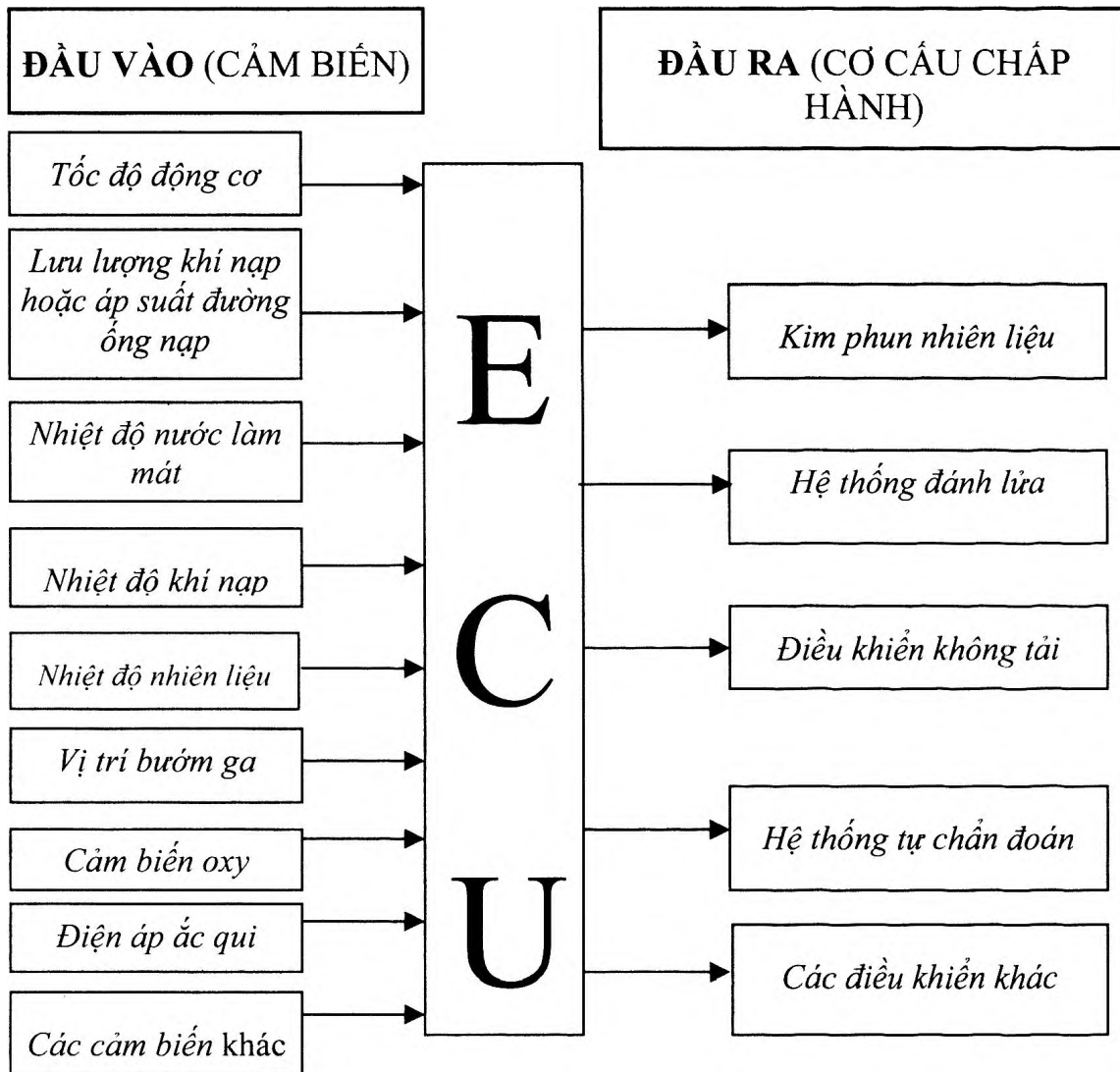
Song song, với sự phát triển của hệ thống phun xăng, hệ thống điều khiển đánh lửa theo chương trình (*ESA – electronic spark advance*) cũng được đưa vào sử dụng vào những năm đầu thập kỷ 80. Sau đó, vào đầu những năm 90, hệ thống đánh lửa trực tiếp (*DIS – direct ignition system*) ra đời, cho phép không sử dụng bộ chia điện (delco) và hệ thống này đã có mặt trên hầu hết các xe hiện nay.

Ngày nay, gần như tất cả các ô tô đều được trang bị hệ thống điều khiển động cơ cả xăng và diesel theo chương trình, giúp động cơ đáp ứng được các yêu cầu gặt gao về khí xả và tính tiết kiệm nhiên liệu. Thêm vào đó, công suất động cơ cũng được cải thiện rõ rệt.

Những năm gần đây, động cơ phun trực tiếp - *GDI* (*gasoline direct injection*) trên động cơ xăng và *CDI* (*common rail diesel injection*) trên động cơ diesel đang dần trở nên phổ biến.

6.1.2 Sơ đồ khối của hệ thống phun xăng điện tử

Sơ đồ khối của hệ thống điều khiển phun xăng điện tử được mô tả trên hình 6.5. Hệ thống điều khiển bao gồm: đầu vào (*inputs*) với các cảm biến và các tín hiệu dạng công tắc; hộp ECU là bộ não của hệ thống; đầu ra (*outputs*) là các cơ cấu chấp hành (*actuators*) như vòi phun, bobine, van điều khiển không tải [50, 53].



Hình 6.5 Sơ đồ khối của hệ thống điều khiển phun xăng điện tử [55].

Từ sơ đồ khối (hình 6.5) có thể thấy các phần tử của hệ thống phun xăng điện tử rất đa dạng.

6.1.3 Ưu điểm của hệ thống phun xăng

Ưu điểm lớn nhất của hệ thống phun xăng PI so với bộ chế hòa khí là sự hòa trộn giữa không khí và xăng diễn ra tốt hơn trong buồng đốt. Việc bố trí kim phun gần supap hút cho phép tăng chiều dài đường ống nạp mà không sợ xăng bám vào nó, giữ

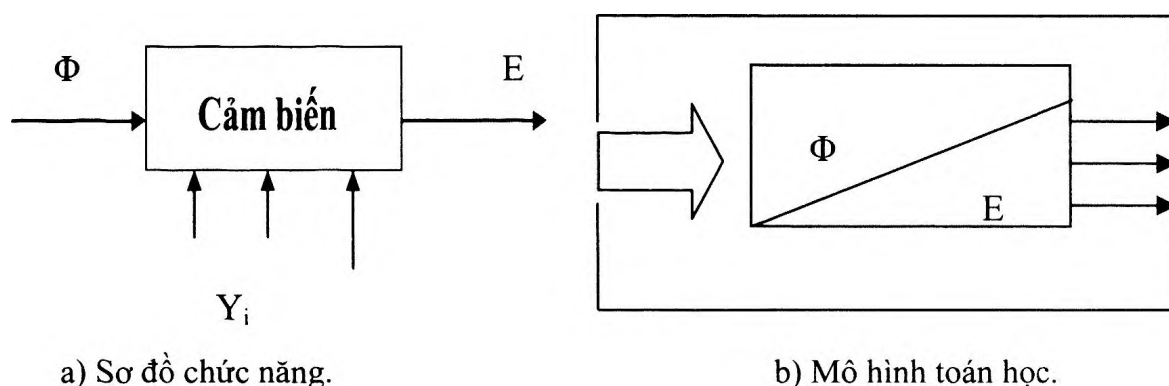
tăng vận tốc khí nạp, tạo ra xoáy lốc giúp việc hòa trộn tốt hơn khiến hỗn hợp đồng nhất hơn. Thêm vào đó, dòng khí nạp trên ống góp hút có khối lượng thấp (chưa trộn với nhiên liệu) sẽ đạt tốc độ xoáy lốc cao, nhờ vậy, nhiên liệu sẽ không còn thất thoát trên đường ống nạp và hòa khí sẽ được trộn tốt hơn.

- Có thể cấp hỗn hợp khí nhiên liệu đồng đều đến từng xy lanh.
- Có thể đạt được tỉ lệ khí nhiên liệu chính xác với tất cả các dải tốc độ động cơ.
- Đáp ứng kịp thời với sự thay đổi góc mở bướm ga.
- Khả năng hiệu chỉnh hỗn hợp khí nhiên liệu dễ dàng: có thể làm đậm hỗn hợp khi nhiệt độ thấp hoặc cắt nhiên liệu khi giảm tốc.
- Hiệu suất nạp hỗn hợp không khí – nhiên liệu cao.

6.2 Các loại cảm biến trong hệ thống điều khiển động cơ

6.2.1 Những vấn đề chung về cảm biến

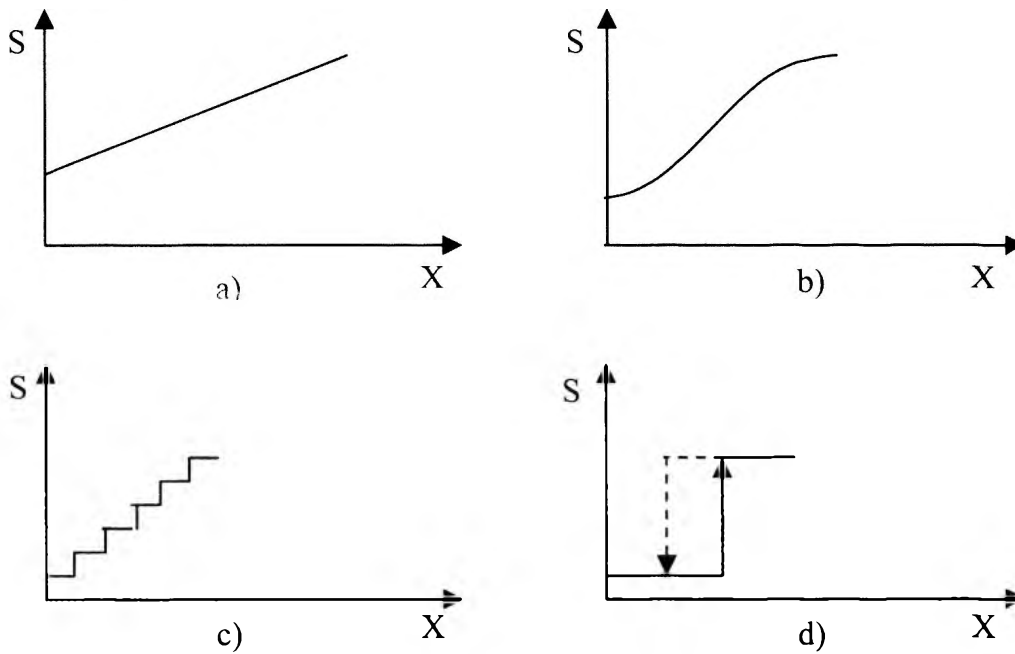
Cảm biến nói chung và cảm biến khí nạp nói riêng là một bộ phận cảm nhận các biến đổi (biến số) ở đầu vào, dưới nhiều dạng khác nhau (cơ học, nhiệt học, quang học...) và chuyển đổi thành các tín hiệu điện dưới dạng tín hiệu tương tự (analog) hoặc tín hiệu số (digital) [23] và được mô hình hóa như sau (hình 6.6):



Hình 6.6 Mô hình cảm biến [39].

Một cảm biến có thể xác định bằng các hàm sau: Tín hiệu ra của cảm biến $E = f(\Phi, Y_1, Y_2, \dots)$. Các biến số đo cần thiết là: $\Phi = g(E, Y_1, Y_2, \dots)$. Nếu các hàm f và g đã biết thì những biểu thức này sẽ là những mô tả toán học của cảm biến, các thông số cần đo được biểu diễn bởi tín hiệu điện áp ra E và các tác động Y_i [42].

Các tín hiệu ra của cảm biến không chỉ ở dưới dạng cường độ dòng hoặc điện áp mà còn thay đổi theo biên độ, tần số, pha, thời gian và chu kỳ của các dao động điện hoặc đôi khi cũng là các thông số về điện như điện trở, điện dung, độ tự cảm [46]. Có nhiều dạng đặc tính khác nhau của cảm biến (hình 6.7).



a - Đường thẳng, liên tục; b - Đường phi tuyến, liên tục;
c - Không liên tục nhiều nấc; d - Không liên tục hai nấc.

Hình 6.7: Các dạng đặc tính của cảm biến [57].

Theo dạng tín hiệu ra, cảm biến có hai loại:

- Loại 1: Tín hiệu ra dạng tương tự;
- Loại 2: Tín hiệu ra dạng số.

6.2.2 Cảm biến khí nạp (Airflowmeter)

Các cảm biến khí nạp áp dụng trên ô tô hiện nay gồm 8 loại và chia làm hai nhóm [4]:

Nhóm đo trực tiếp (L-TYPE): đo lưu lượng khí nạp, gồm 6 loại:

- Cảm biến cánh trượt điện áp tăng; Cảm biến cánh trượt điện áp giảm; Cảm biến dây nhiệt (dây nóng); Cảm biến màng nóng; Cảm biến Karman kiểu quang; Cảm biến Karman kiểu siêu âm.

Trong nhóm các cảm biến đo trực tiếp, ta cần phân biệt 2 loại sau:

- Loại đo lưu lượng khí nạp tính bằng thể tích V_a (cảm biến cánh trượt, cảm biến Karman quang và siêu âm). Đối với các loại cảm biến này, do ECU chỉ nhận được tín hiệu lưu lượng khí nạp tính bằng thể tích nên nó cần dựa vào bảng tra khối lượng riêng d_a phụ thuộc vào cảm biến nhiệt độ khí nạp và áp suất khí trời rồi tìm ra lưu lượng khí nạp tính bằng khối lượng: $m_a = V_a \cdot d_a$, từ đó tính ra lượng xăng cần phun.
- Loại đo lưu lượng khí nạp tính bằng khối lượng (chủ yếu dạng dây nhiệt và màng nhiệt), báo về ECU thông số lưu lượng khí nạp tính bằng khối lượng.

Nhóm đo gián tiếp (D – TYPE): đo áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp

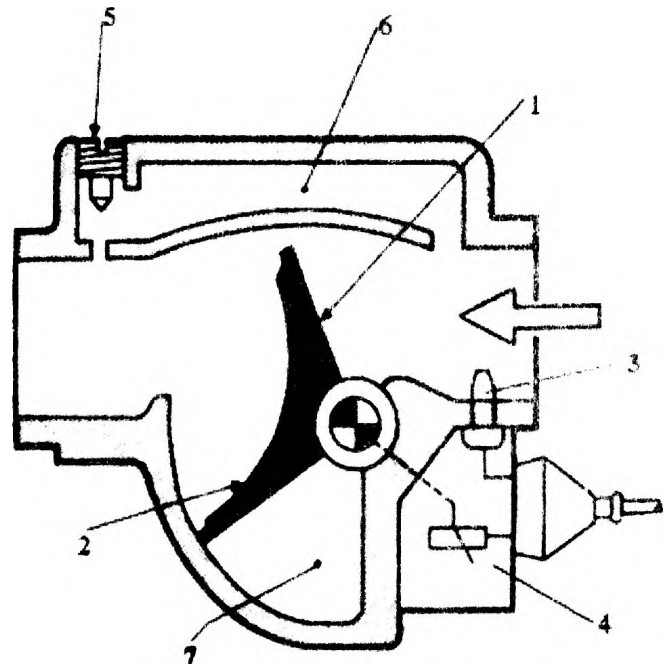
- Cảm biến MAP loại tenxơ 1 điện trở; Cảm biến MAP loại tenxơ 4 điện trở vi sai.

6.2.2.1 Cảm biến khí nạp kiểu trượt (đời 80 đến 97)

Cảm biến cánh trượt [75, 77] được sử dụng trên hệ thống L-Jetronic để nhận biết lưu lượng thể tích khí nạp đi vào xylanh động cơ. Tín hiệu lưu lượng thể tích khí nạp được sử dụng để tính toán lượng xăng phun cơ bản và góc đánh lửa sớm cơ bản. Hoạt động của nó dựa vào nguyên lý dùng điện áp kế có điện trở thay đổi kiểu trượt.

Cảm biến khí nạp kiểu trượt bao gồm cánh khí nạp được giữ bằng một lò xo hồi lực, cánh giảm chấn, buồng giảm chấn, cảm biến không khí nạp, vít chỉnh không tải, mạch rẽ phụ, điện áp kế kiểu trượt được gắn đồng trục với cánh đo lưu lượng khí nạp và một công tắc bơm xăng (hình 6.8a, 6.8b).

1. Cánh đo;
2. Cánh giảm chấn;
3. Cảm biến nhiệt độ khí nạp;
4. Điện áp kế kiểu trượt;
5. Vít chỉnh CO;
6. Mạch rẽ;
7. Buồng giảm chấn.



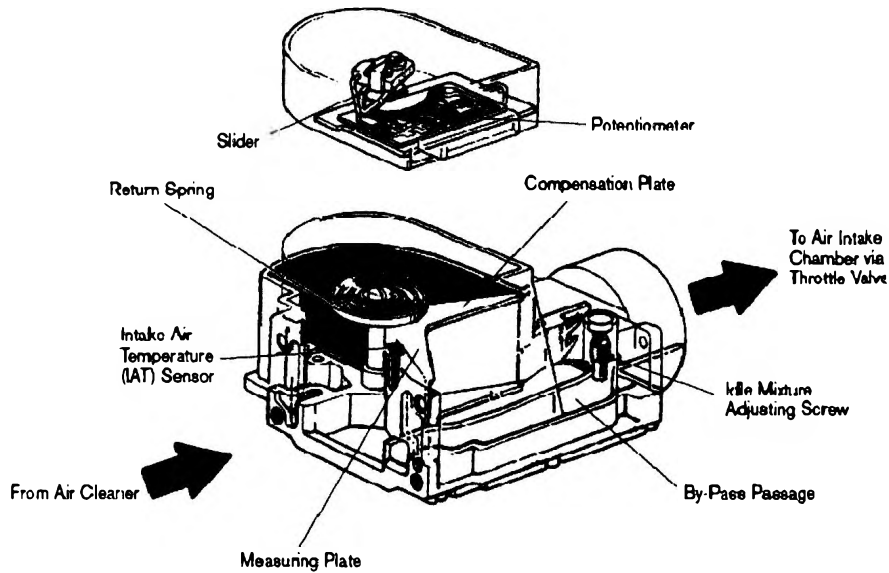
Hình 6.8a: Cảm biến khí nạp kiểu cánh trượt [01].

Lưu lượng khí nạp vào động cơ nhiều hay ít tùy thuộc vào vị trí bướm ga và tốc độ động cơ. Khi khí nạp đi qua cảm biến khí nạp từ lọc gió nó sẽ mở dần cánh đo. Khi lực tác động lên cánh đo cân bằng với lực lò xo thì cánh đo sẽ đứng yên. Cánh đo và điện áp kế được thiết kế đồng trục nhằm mục đích chuyển góc mở cánh đo khí nạp thành tín hiệu điện áp nhờ điện áp kế.

Vít chỉnh hỗn hợp không tải (vít chỉnh CO)

Cảm biến khí nạp kiểu cánh trượt có hai mạch gió: mạch gió chính đi qua cánh khí nạp và mạch gió rẽ đi qua vít chỉnh CO. Lượng gió qua mạch rẽ tăng sẽ làm giảm lượng gió qua cánh khí nạp, vì thế, góc mở của cánh khí nạp sẽ nhỏ và ngược lại.

Vane Air Flow Meter

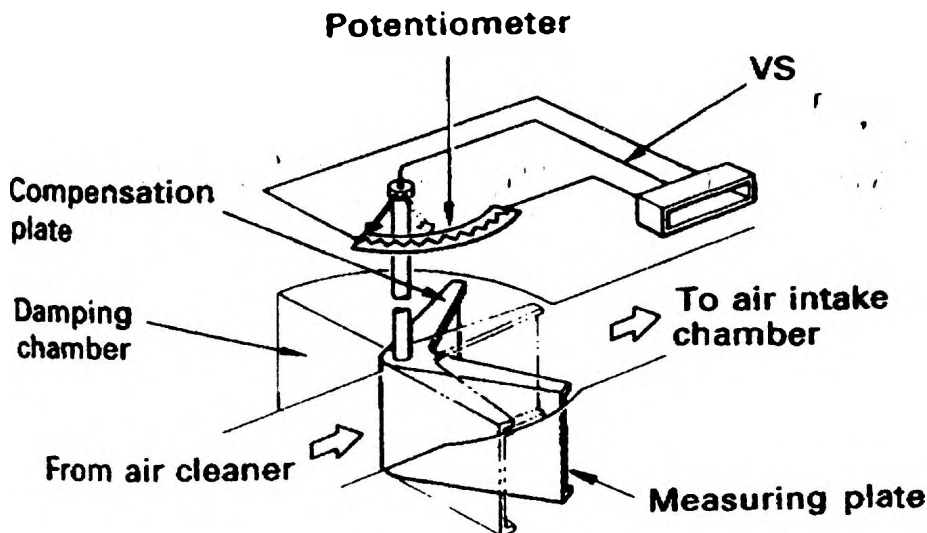


Hình 6.8b: Cấu tạo cảm biến khí nạp loại cánh trượt.

Vì lượng xăng phun cơ bản phụ thuộc vào góc mở cánh khí nạp, nên tỉ lệ xăng gió có thể thay đổi bằng cách điều chỉnh lượng gió qua mạch rẽ. Nhờ chỉnh tỉ lệ hỗn hợp chế độ không tải thông qua vít *CO* nên thành phần % *CO* trong khí thải sẽ được điều chỉnh. Tuy nhiên, điều này chỉ thực hiện được ở tốc độ không tải vì khi cánh khí nạp đã mở lớn, lượng gió qua mạch rẽ ảnh hưởng rất ít đến lượng gió qua mạch chính. Trên thực tế, người ta còn có thể điều chỉnh hỗn hợp bằng cách thay đổi sức căng của lò xo.

Buồng giảm chấn và cánh giảm chấn

Buồng giảm chấn và cánh giảm chấn có công dụng ổn định chuyển động của cánh khí nạp. Do áp lực gió thay đổi, cánh khí nạp sẽ bị rung, gây ảnh hưởng đến độ chính xác. Để ngăn ngừa dao động cánh khí nạp, người ta thiết kế một cánh giảm chấn liền với cánh đo để dập tắt độ rung.



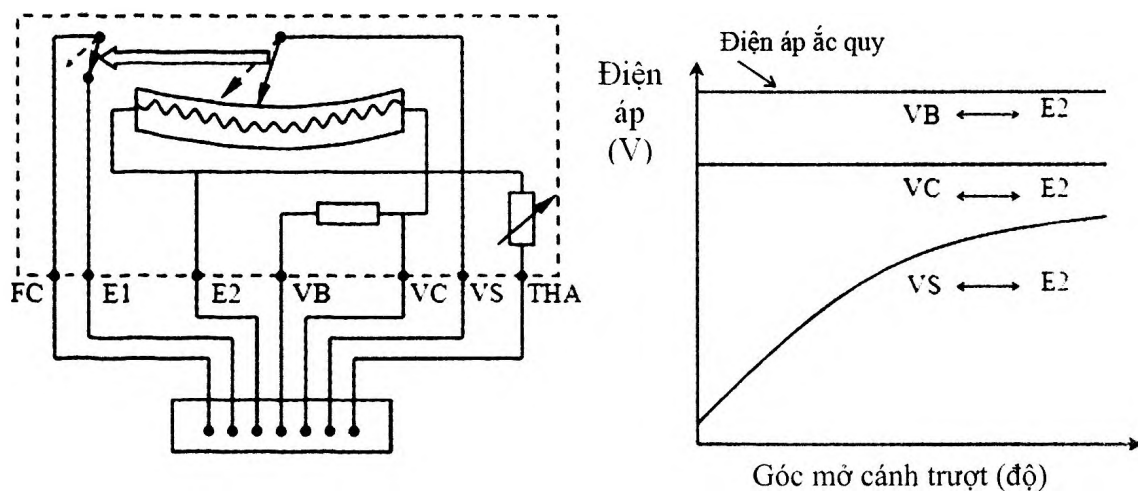
Hình 6.9: Cánh giảm chấn và buồng giảm chấn.

Công tắc bơm nhiên liệu (chỉ có trên xe Toyota, Mazda)

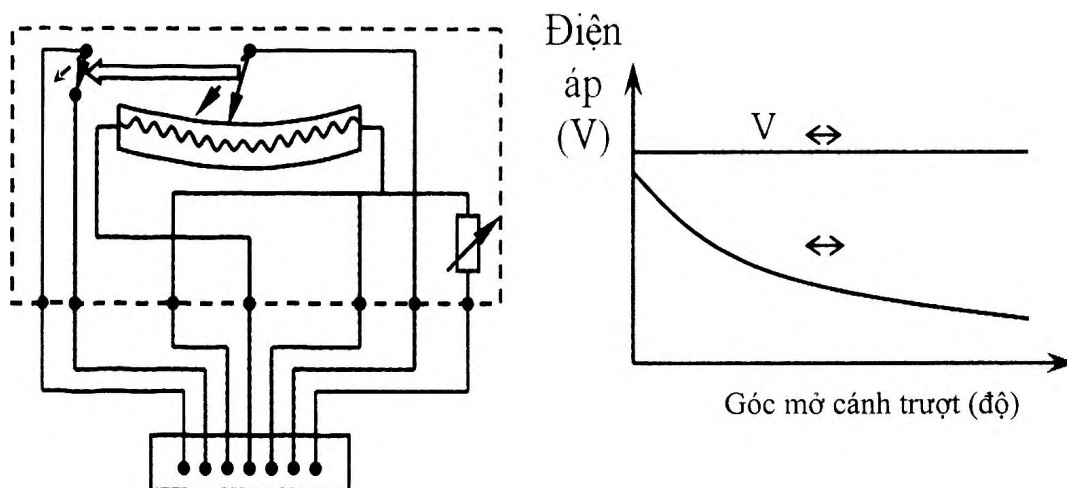
Công tắc bơm nhiên liệu được bố trí chung với điện áp kế. Khi động cơ chạy, gió được hút vào nâng cánh khí nạp lên làm công tắc đóng. Khi động cơ ngừng, do không có lực gió tác động lên cánh đo làm cánh đo quay về vị trí ban đầu khiến công tắc hở khiến bơm xăng không hoạt động dù công tắc máy đang ở vị trí ON. Các loại xe khác không mắc công tắc điều khiển bơm trên bộ khí nạp kiểu trượt.

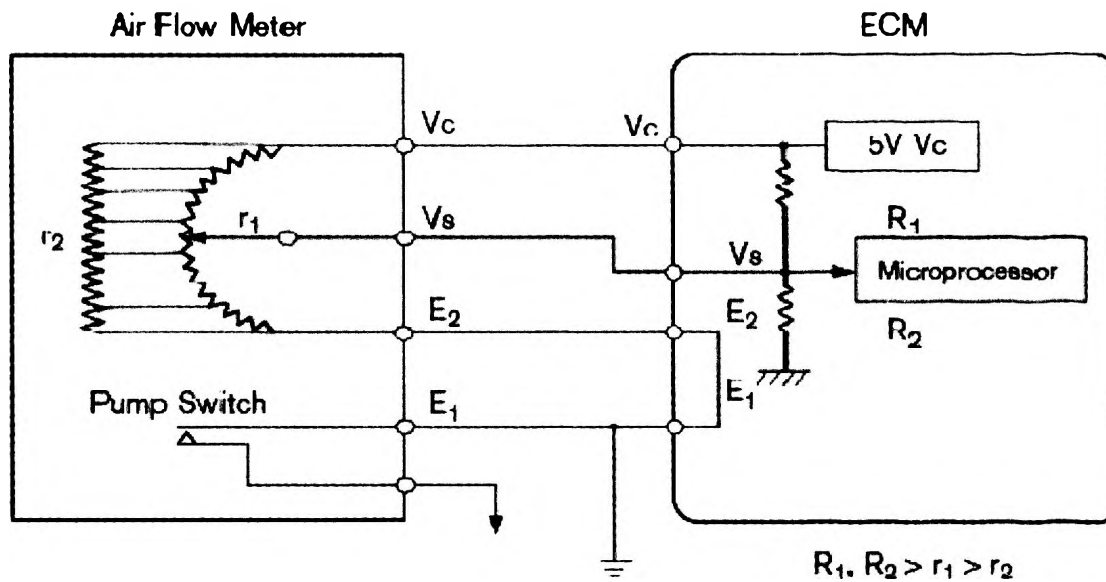
Có hai loại cảm biến khí nạp cánh trượt, chúng chỉ khác nhau về bản chất mạch điện.

Loại 1: Điện áp VS tăng khi lượng khí nạp tăng chủ yếu dùng cho L-Jetronic đời cũ. Loại này được cung cấp điện áp ắc quy $12V$ tại đầu VB . VC có điện áp không đổi nhưng nhỏ hơn V_B . Điện áp ở đầu VS tăng theo góc mở của cánh đo khí nạp (hình 6.10).



Hình 6.10: Mạch điện và đặc tính cảm biến khí nạp cánh trượt điện áp tăng [81].





Hình 6.11: Mạch điện và đặc tính cảm biến khí nạp loại cánh trượt điện áp giảm [81].

Loại 2: Điện áp VS giảm khi lượng khí nạp tăng. Loại này ECU sẽ cung cấp điện áp $5V$ đến cực VC . Điện áp ra VS thay đổi và giảm theo góc mở của cánh đo (hình 6.11).

6.2.2.2 Cảm biến khí nạp dạng xoáy lốc (Cảm biến Karman):

Nguyên lý làm việc: Các cảm biến loại này dựa trên hiệu ứng Karman trong vật lý. Khi cho dòng khí đi qua một vật thể cố định khó chảy vòng (thanh tạo xoáy - Karman Vortex), phía sau nó sẽ xuất hiện sự xoáy lốc thay đổi tuần hoàn được gọi là sự xoáy lốc Karman. Đối với một ống dài vô tận có đường kính d , quan hệ giữa tần số xoáy lốc f và vận tốc dòng chảy V được xác định bởi số Struhall:

$$S = \frac{f \cdot d}{V}$$

Trong hiệu ứng Karman nêu trên, số Struhall không đổi trong dải rộng của các số Reynolds, nên vận tốc dòng chảy hay lưu lượng khí đi qua tỉ lệ thuận với tần số xoáy lốc f và có thể xác định V bằng cách đo f .

$$V = \frac{f \cdot d}{S}$$

Lý thuyết về sự xoáy lốc khi dòng khí đi ngang qua vật cản đã được đưa ra bởi Struhall từ năm 1878, nhưng mãi đến năm 1934, dụng cụ đo đầu tiên dựa trên lý thuyết này mới được chế tạo. Ngày nay có rất nhiều sáng chế trong lĩnh vực này được ứng dụng để đo lưu lượng khí nạp trong hệ thống điều khiển động cơ. Trong khuôn khổ giáo trình này, chỉ giới thiệu hai loại chính: loại Karman quang và loại Karman siêu âm.

Cảm biến khí nạp Karman kiểu quang

Là loại cảm biến đo lưu lượng gió kiểu quang đo trực tiếp thể tích khí nạp. So với kiểu trượt, nó có ưu điểm là nhỏ gọn và nhẹ hơn. Ngoài ra, cấu trúc đường ống đơn giản sẽ giảm trở lực trên đường ống nạp.

Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

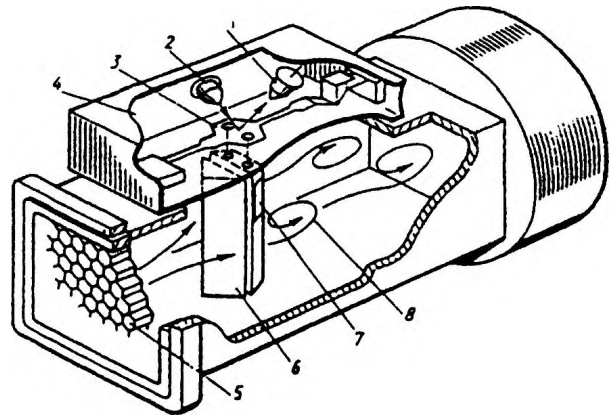
Cảm biến Karman quang có cấu tạo như trình bày trên hình 6.12, bao gồm một trụ đứng đóng vai trò của bộ tạo dòng xoáy, được đặt ở giữa dòng khí nạp. Khi dòng khí đi qua, sự xoáy lốc sẽ được hình thành phía sau bộ tạo xoáy còn gọi là các dòng xoáy Karman. Các dòng xoáy Karman đi theo rãnh hướng làm rung một gương mỏng được phủ nhôm làm thay đổi hướng phản chiếu từ đèn LED đến photo - transistor. Như vậy, tần số đóng mở của transistor này sẽ thay đổi theo lưu lượng khí nạp. Tần số f được xác định theo công thức sau:

$$f = S \frac{V}{d}$$

Trong đó: V - vận tốc dòng khí, d : đường kính trụ đứng, S : số Struhall ($S = 0,2$ đối với cảm biến Karman quang)

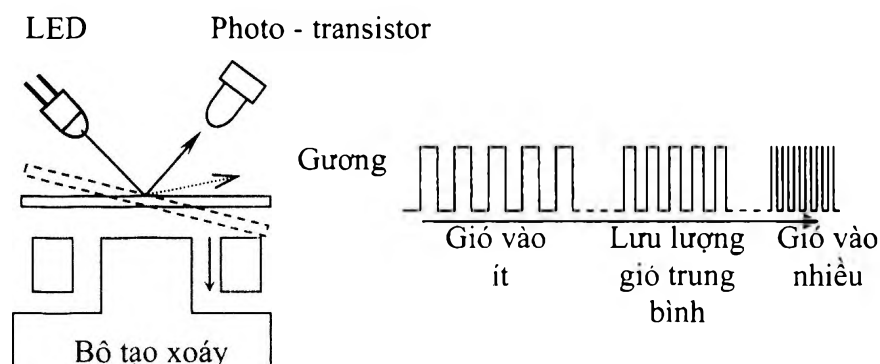
Căn cứ vào tần số f , ECU sẽ xác định thể tích tương ứng của không khí đi vào các xy lanh, từ đó tính ra lượng xăng phun cần thiết.

1. Photo - transistor
2. Đèn LED
3. Gương (được tráng nhôm)
4. Mạch đếm dòng xoáy
5. Lưới ổn định
6. Vật tạo xoáy
7. Cảm biến áp suất khí trời.
8. Dòng xoáy.

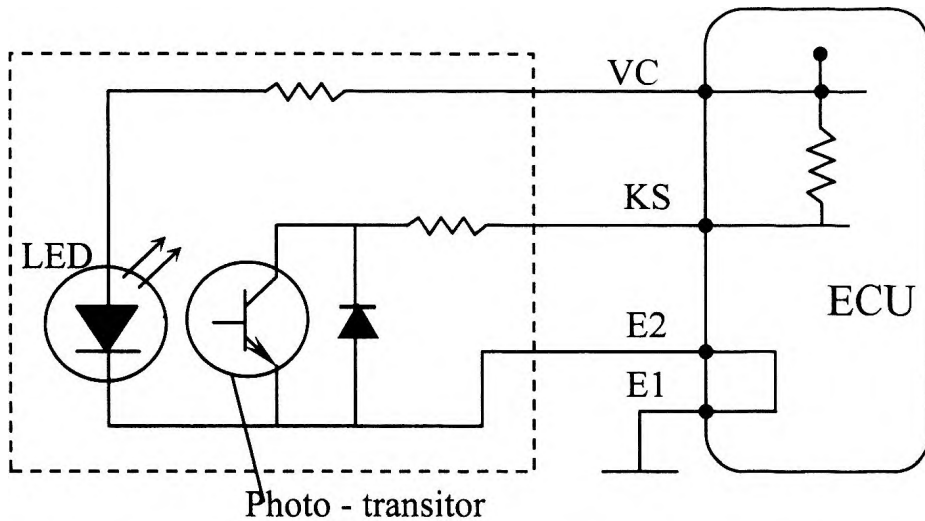


Hình 6.12: Cảm biến khí nạp kiểu Karman quang.

Khi lượng gió vào ít, tấm gương rung ít và photo - transistor sẽ đóng mở ở tần số f thấp. Ngược lại, khi lượng gió vào nhiều, gương rung nhanh và tần số f cao.



Hình 6.13: Cấu tạo và dạng xung cảm biến loại Karman quang.

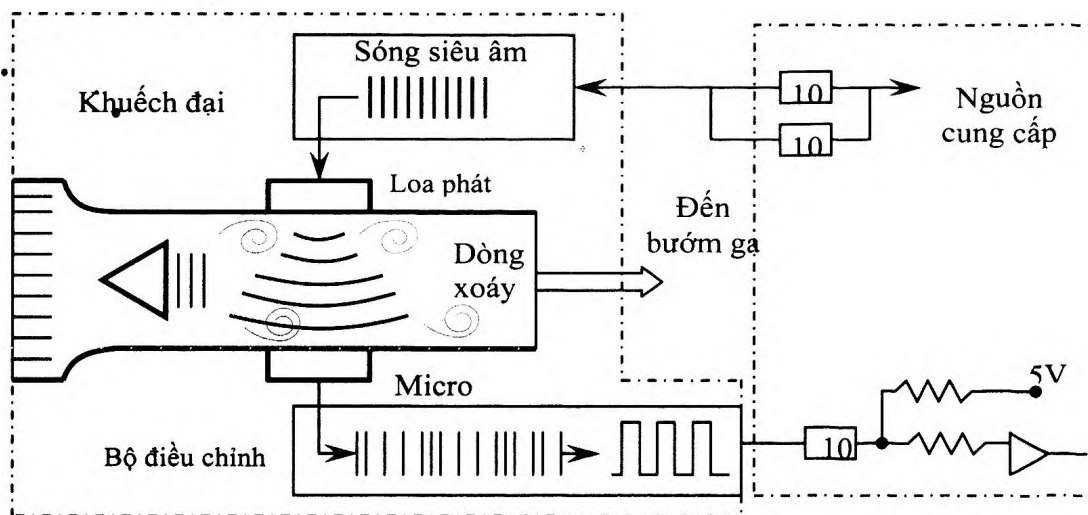


Hình 6.14: Mạch điện cảm biến khí nạp kiểu Karman quang.

Cảm biến khí nạp Karman kiểu siêu âm (ultrasonic)

Cấu tạo

Cảm biến khí nạp Karman kiểu siêu âm được sử dụng trong hệ thống *LU-Jetronic* (*Mitsubishi, Hyundai, Lexus*) có cấu trúc tạo xoáy tương tự như kiểu quang nhưng việc đo tần số xoáy lốc được thực hiện thông qua sóng siêu âm. Nó bao gồm các bộ phận sau: Lỗ định hướng: phân bố dòng khí đi vào. Thanh tạo xoáy: tạo các dòng xoáy lốc Karman. Bộ khuếch đại: tạo ra sóng siêu âm. Bộ phát sóng: phát các sóng siêu âm. Bộ nhận sóng: nhận các sóng siêu âm. Bộ điều chỉnh xung: chuyển các sóng siêu âm đã nhận được thành các xung vuông.



Hình 6.15: Cấu tạo cảm biến khí nạp Karman siêu âm.

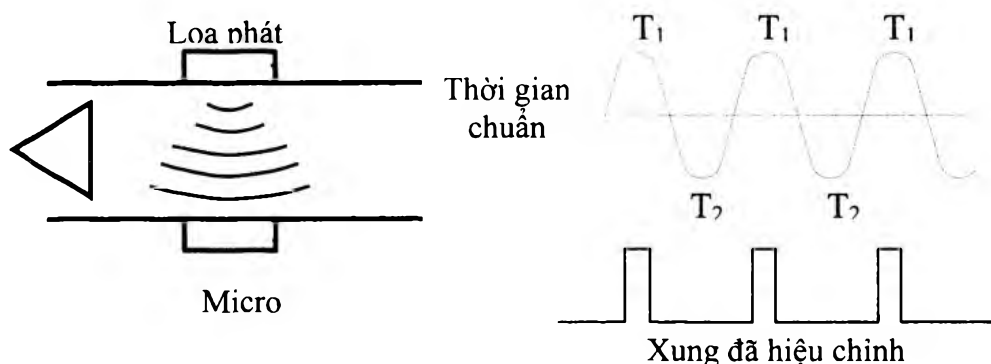
Phương pháp đo

Khi dòng khí đi qua cục tạo xoáy dạng cột với mặt cắt hình tam giác, nó sẽ tạo ra hai dòng xoáy ngược chiều nhau: một dòng theo chiều kim đồng hồ và dòng kia ngược chiều kim đồng hồ (dòng xoáy Karman). Tần số xuất hiện dòng xoáy tỉ lệ thuận với lưu lượng khí nạp tức phụ thuộc vào tải của động cơ.



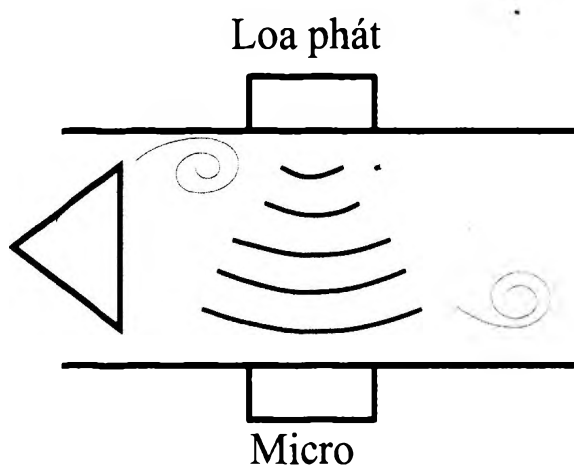
Hình 6.16: Cách tạo xoáy lốc

Khi không có dòng khí đi qua thì cục tạo xoáy không thể phát ra dòng xoáy Karman, vì thế, sóng siêu âm được lan từ bộ phận phát sóng (loa) đến bộ nhận sóng (micro) trong một thời gian cố định T được dùng làm thời gian chuẩn để so (xem hình 6.17).

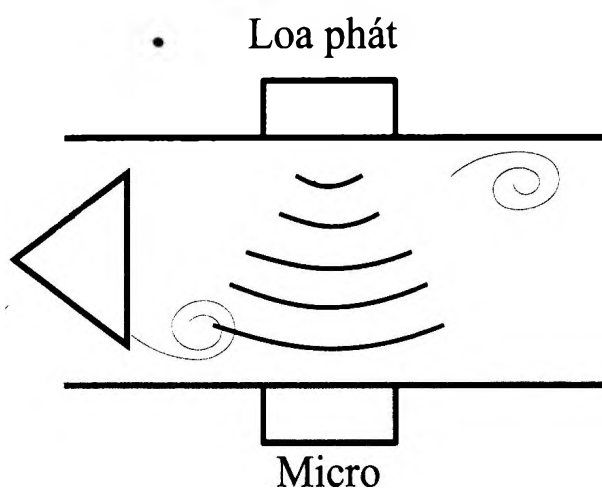


Hình 6.17: Bộ phát sóng và dạng xung.

Sóng siêu âm khi gặp dòng xoáy theo chiều kim đồng hồ đi qua sẽ truyền đến micro nhanh hơn tức thời gian để sóng siêu âm đi qua đường kính d của ống nạp T_1 ngắn hơn thời gian chuẩn T .



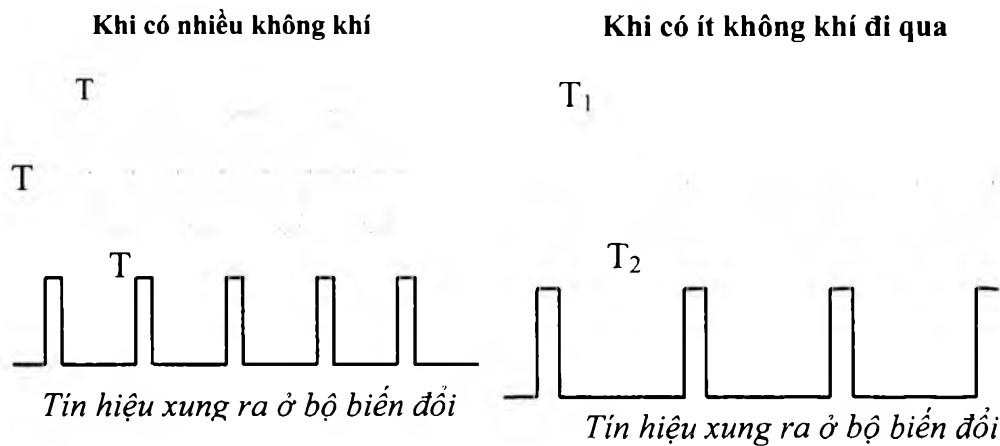
Hình 6.18: Dòng khí xoáy cùng chiều sóng siêu âm.



Hình 6.19: Dòng khí ngược chiều sóng siêu âm.

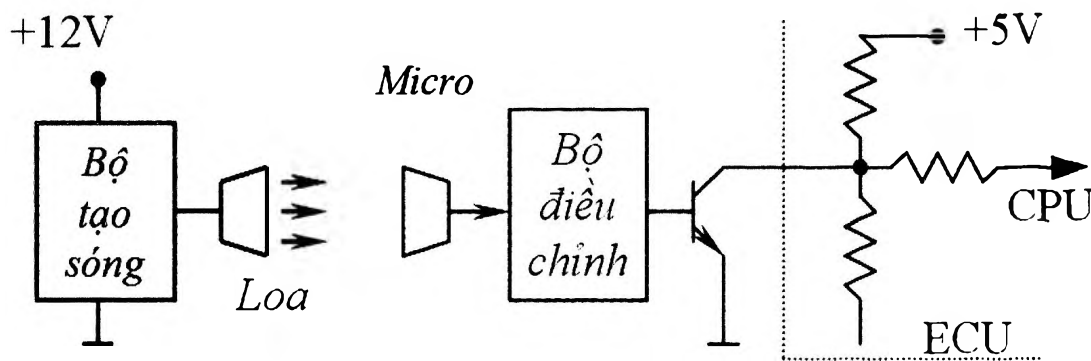
Trong trường hợp sóng siêu âm gặp dòng xoáy ngược chiều kim đồng hồ, thời gian để micro nhận được tín hiệu từ bộ phát là T_2 lớn hơn thời gian chuẩn T (Hình 6.19). Như vậy, khi không khí đi vào xylanh, do các dòng xoáy thuận và nghịch chiều kim đồng hồ liên tục đi qua giữa loa và micro nên thời gian đo được sẽ thay đổi. Cứ mỗi lần thời gian sóng truyền thay đổi từ T_2 đến T , bộ chuyển đổi sẽ phát ra 1 xung vuông.

Khi không khí vào động cơ nhiều, sự thay đổi về thời gian sẽ nhiều hơn và bộ điều chỉnh phát xung sẽ phát ra xung vuông với tần số lớn hơn. Ngược lại, khi gió vào ít. ECU sẽ nhận được các xung vuông có mật độ thưa hơn. Như vậy, thể tích gió đi vào đường ống nạp tỉ lệ thuận với tần số phát xung của bộ điều chỉnh.



Hình 6.20: Xung ra của cảm biến khí nạp Karman siêu âm thay đổi theo lưu lượng khí nạp

Mạch điện



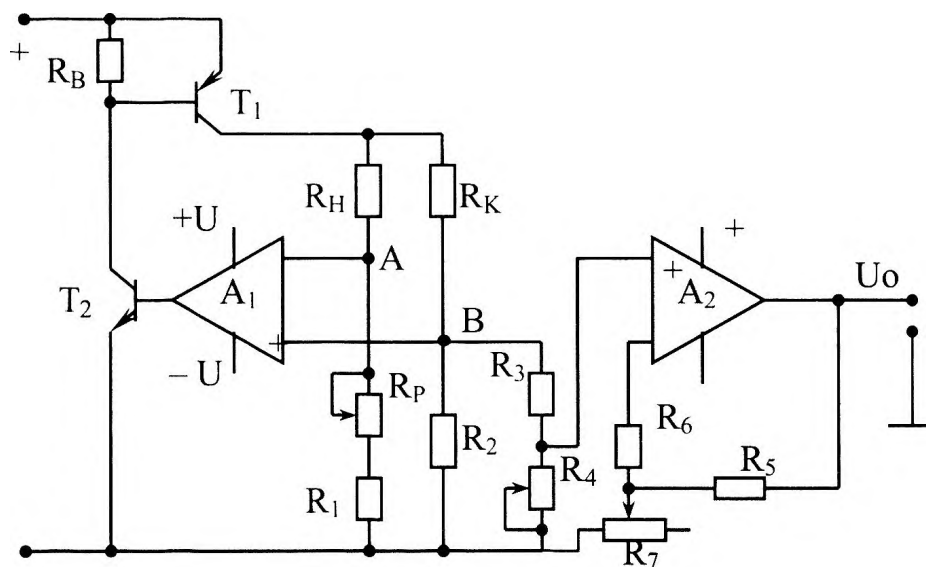
Hình 6.21: Mạch điện cảm biến khí nạp Karman siêu âm

6.2.2.3 Cảm biến khí nạp loại dây nhiệt hay dây nóng (trong LH - Jetronic).

Nguyên lý của cảm biến khí nạp kiểu nhiệt [74] dựa trên sự phụ thuộc của năng lượng nhiệt W thoát ra từ một linh kiện dạng nhiệt điện trở được nung nóng bằng điện (thermistor) như: dây nhiệt, màng nhiệt hoặc điện trở nhiệt được đặt trong dòng khí nạp vào khối lượng không khí đi qua.

Trên hình 6.22 [87], điện trở R_H (được nung nóng) và điện trở bù nhiệt R_K (làm bằng platin) được mắc vào hai nhánh của cầu. Cả hai điện trở này đều được đặt trên đường ống nạp. Khi nối các đầu vào của khuếch đại thuật toán 1 (OP AMP) với đường

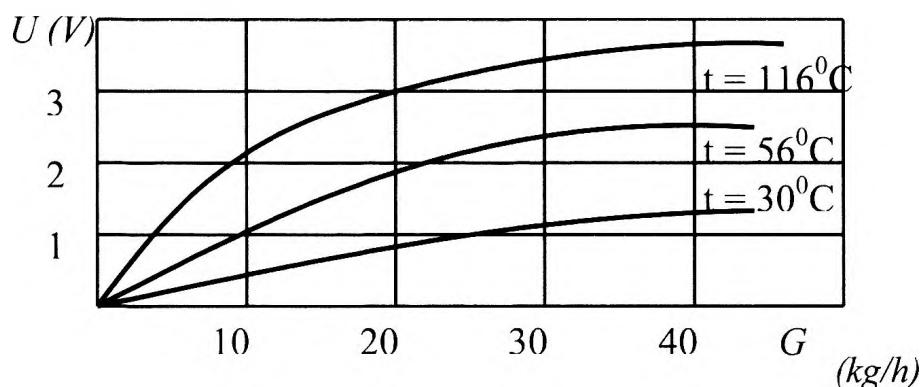
chéo của cầu, OP-AMP1 sẽ giữ cho cầu luôn được cân bằng (có nghĩa là $V_A - V_B = 0$) bằng cách điều khiển transistor T1 và T2, làm thay đổi cường độ dòng điện chạy qua cầu.



Hình 6.22 Mạch điện cảm biến khí nạp loại dây nhiệt [57].

Như vậy, khi có sự thay đổi lượng không khí đi qua, giá trị điện trở đo R_H thay đổi làm cho cầu mất cân bằng, mạch khuếch đại thuật toán (OP AMP1) điều chỉnh dòng qua cầu giữ cho giá trị R_H không đổi và cầu sẽ cân bằng với bất cứ vận tốc nào của dòng khí nạp. Tín hiệu điện áp ra của mạch đo được lấy từ R_2 có hệ số nhiệt điện trở rất nhỏ, do đó, tỉ lệ thuận với dòng điện đi qua nó. Tín hiệu này sau khi đi qua cầu phân áp gồm R_3 và R_4 được đưa đến mạch khuếch đại thuật toán (OP-AMP2) giữ chức năng chuyên phát. Điện trở dùng để điều chỉnh điện áp ở ngõ ra.

Việc xác lập khoảng chênh lệch nhiệt độ Δt giữa phần tử nhiệt R_H và nhiệt độ dòng khí được điều chỉnh bởi R_p . Nếu Δt càng lớn thì độ nhạy của cảm biến càng tăng.



Hình 6.23: Sự phụ thuộc của hiệu điện thế ngõ ra vào khối lượng khí nạp ở các mức chênh lệch nhiệt độ khác nhau.

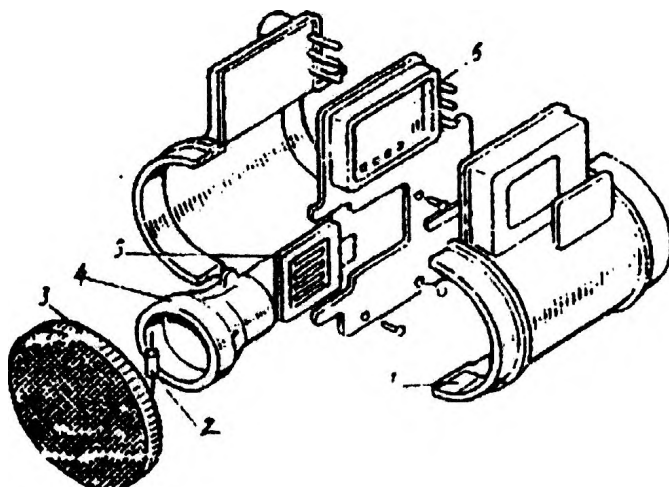
Khi nhiệt độ không khí nạp thay đổi sẽ dẫn tới sự thay đổi Δt . Vì vậy, vấn đề cân bằng nhiệt được thực hiện bởi R_K mắc ở một nhánh khác của cầu Wheatstone. Thông

thường trong các mạch tỉ lệ $R_H:R_K = 1:10$.

Trong quá trình làm việc, mạch điện tử luôn giữ cho sự chênh lệch nhiệt độ Δt giữa dây nhiệt và dòng không khí vào khoảng $150^{\circ}C$ (air mass sensor BOSCH).

Để làm sạch điện trở nhiệt (bị dơ vì bị bám bụi, dầu...), trong một số ECU dùng cho động cơ có phân khối lớn, với số xylanh $Z \geq 6$ còn có mạch nung dây nhiệt trong vòng một giây, đưa nhiệt độ từ $150^{\circ}C$ lên $1.000^{\circ}C$ sau khi tắt công tắc máy, trong trường hợp động cơ đã chạy trên 1.500 vòng/phút, tốc độ xe trên $20km/h$ và nhiệt độ nước dưới $150^{\circ}C$ (air mass sensor NISSAN). Theo số liệu của một số hãng, độ ẩm của không khí gần như không ảnh hưởng đến độ chính xác của cảm biến.

Trên cảm biến hãng HITACHI, cảm biến khí nạp loại dây nhiệt thường được đặt trên mạch gió rẽ, song song với đường gió chính. Nhờ vậy mà hoạt động của cảm biến ít phụ thuộc vào sự rung động của dòng khí. Thang đo của cảm biến từ $9 \div 360$ kg/h sai số $5 \div 7\%$ và có độ nhạy cao nhờ hằng số thời gian của mạch chỉ vào khoảng $20ms$. Đối với các xe MỸ (GM, FORD...) thay vì dây nhiệt, người ta sử dụng màng nhiệt. Cảm biến khí nạp loại màng nhiệt khắc phục được nhược điểm chủ yếu của loại dây nhiệt là độ bền cơ học của cảm biến được tăng lên.



Hình 6.24: Cảm biến khí nạp loại màng nhiệt.

1. Thân; 2. Cảm biến nhiệt độ khí nạp; 3. Lưới ổn định; 4. Kênh đo;
5. Màng nhiệt; 6. Mạch điện tử.

Hình 6.24 trình bày cấu tạo cảm biến khí nạp loại màng nhiệt của hãng GENERAL MOTORS. Màng 5 gồm hai điện trở: điện trở đo R_H và điện trở bù nhiệt R_K được phủ trên một đế làm bằng chất dẻo. Sự chênh lệch nhiệt độ của R_H với dòng không khí được giữ ở $70^{\circ}C$ nhờ mạch tương tự như hình 6.23. Thang đo của cảm biến trong khoảng $15 \div 470$ kg/h.

Khi thiết kế cảm biến khí nạp kiểu dây nhiệt, đặt trên đường ống nạp của động cơ cần lưu ý những đặc điểm sau:

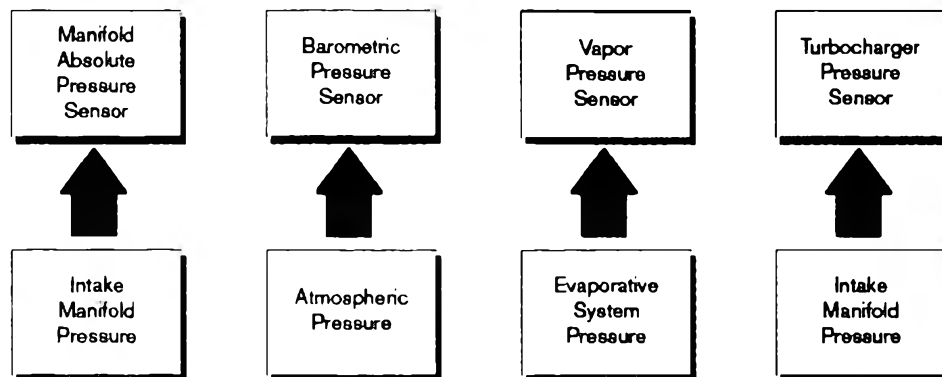
- Cảm biến bị tác động bởi dòng khí trong đường ống nạp, bất kỳ từ hướng nào nên có thể tăng độ sai số khi có sự xung động của dòng khí.
- Trên các chế độ chuyển tiếp của động cơ, (tăng tốc, giảm tốc...) do cảm biến có độ nhạy cao nên có thể xảy ra trường hợp không ăn khớp giữa tín hiệu báo về

ECU và lượng không khí thực tế đi vào buồng đốt. Điều đó sẽ xảy ra nếu không tính đến vị trí lắp đặt của cảm biến và các quá trình khí động học trên đường ống nạp, sẽ làm trễ dòng khí khi tăng tốc độ đột ngột.

- Cảm biến khí nạp kiểu nhiệt đo trực tiếp khối lượng không khí nên ECU không cần mạch hiệu chỉnh hòa khí theo áp suất khí trời cho trường hợp xe chạy ở vùng núi cao.
- Vít chỉnh CO trên cảm biến không nằm trên đường bypass mà là biến trở gắn trên mạch điện tử.
- Trên một số xe, cảm biến khí nạp kiểu nhiệt được kết hợp với kiểu xoáy Karman. Khi dòng không khí đi qua vật tạo xoáy, sự xoáy lốc của không khí sẽ ảnh hưởng đến nhiệt độ dây nhiệt theo tần số xoáy lốc. Tần số này tỉ lệ thuận với lượng không khí và được đưa về ECU xử lý để tính lượng xăng tương ứng.

Cảm biến khí nạp kiểu dây nhiệt trước đây thường gặp trên các động cơ phun xăng có tăng áp (turbocharger), vì áp lực lớn trên đường ống nạp nên không thể sử dụng MAP sensor hoặc cảm biến khí nạp loại cánh trượt. Nhờ có quán tính thấp, kết cấu gọn, nhẹ, không có phần tử di động và ít cản gió, nên cảm biến khí nạp kiểu nhiệt đã được ứng dụng rộng rãi trong hệ thống điều khiển phun xăng hiện nay.

6.2.2.4 Cảm biến áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp (MAP Manifold Absolute Pressure sensor)



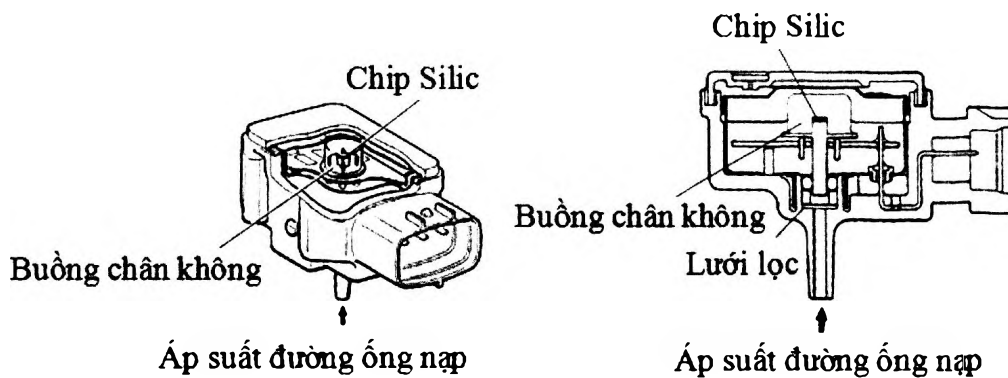
Hình 6.25: Các loại cảm biến đo áp suất.

Hình 6.25 giới thiệu các loại cảm biến áp suất. Có nhiều loại cảm biến áp suất được ứng dụng trong hệ thống điều khiển động cơ: Áp suất đường ống nạp, áp suất khí trời, áp suất hơi nhiên liệu, áp suất tăng áp, áp suất dầu trên ống rail... Các loại cảm biến đo áp suất đều có nguyên lý giống nhau là dựa vào sự chênh lệch áp suất để làm biến dạng một màng dẫn để sự thay đổi giá trị của các điện trở ten-xơ hay điện trở áp điện.

Khác với L-Jetronic, trên hệ thống phun xăng loại *D-Jetronic* lượng khí nạp đi vào xy lanh được xác định gián tiếp (phải tính lại) thông qua cảm biến đo áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp, tốc độ động cơ, nhiệt độ khí nạp và áp suất khí trời. Khi tải của động cơ thay đổi, áp suất tuyệt đối trong đường ống nạp sẽ thay đổi và MAP sensor sẽ chuyển thành tín hiệu điện áp báo về ECU để tính ra lượng không khí đi vào xy lanh. Sau đó, dựa vào giá trị này ECU sẽ điều khiển thời gian mở kim phun và thời điểm đánh lửa.

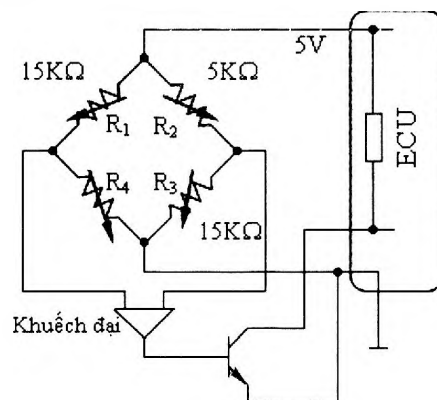
Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

Loại cảm biến này dựa trên nguyên lý cầu *Wheatstone* (hình 6.27). Cầu *Wheatstone* được sử dụng trong mạch nhằm tạo ra một điện áp theo sự thay đổi của các điện trở ten-xơ. Cảm biến bao gồm một tấm silicon nhỏ (hay gọi là màng ngăn) dày hơn ở hai mép ngoài (khoảng $0,25\text{ mm}$) và mỏng ở giữa (khoảng $0,025\text{ mm}$). Hai mép được làm kín cùng với mặt trong của tấm silicon tạo thành buồng chân không trong cảm biến. Mặt ngoài tấm silicon tiếp xúc với áp suất đường ống nạp. Cảm biến bao gồm một tấm silicon nhỏ (hay gọi là màng ngăn) dày hơn ở hai mép ngoài (khoảng $0,25\text{ mm}$) và mỏng ở giữa (khoảng $0,025\text{ mm}$). Hai mép được làm kín cùng với mặt trong của tấm silicon tạo thành buồng chân không trong cảm biến. Mặt ngoài tấm silicon tiếp xúc với áp suất đường ống nạp.



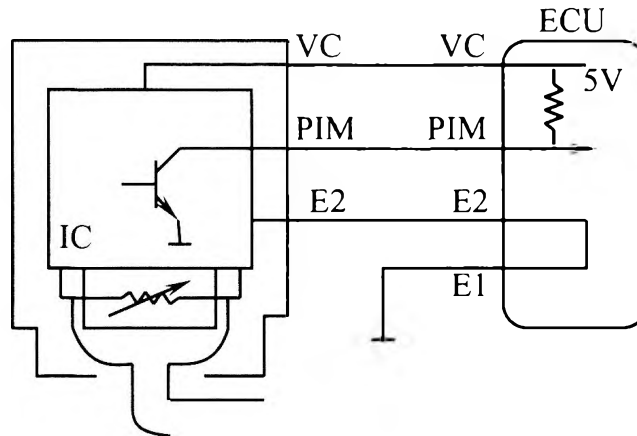
Hình 6.26: Cấu tạo MAP sensor.

Hai mặt của tấm silicon được phủ thạch anh để tạo thành điện trở áp điện (piezoresistor). Khi áp suất đường ống nạp thay đổi, giá trị của điện trở áp điện sẽ thay đổi. Các điện trở áp điện được nối thành cầu *Wheatstone*. Khi màng ngăn không bị biến dạng (tương ứng với trường hợp động cơ chưa hoạt động hoặc tải lớn), tất cả bốn điện trở áp điện đều có giá trị bằng nhau và lúc đó không có sự chênh lệch điện áp giữa hai đầu cầu. Khi áp suất đường ống nạp giảm, màng silicon bị biến dạng dẫn đến giá trị điện trở áp điện cũng bị thay đổi và làm mất cân bằng cầu *Wheatstone*. Kết quả là giữa hai đầu cầu sẽ có sự chênh lệch điện áp và tín hiệu này được khuếch đại để điều khiển mở transistor ở ngõ ra của cảm biến có cực C treo. Độ mở của transistor phụ thuộc vào áp suất đường ống nạp dẫn tới sự thay đổi điện áp báo về ECU.



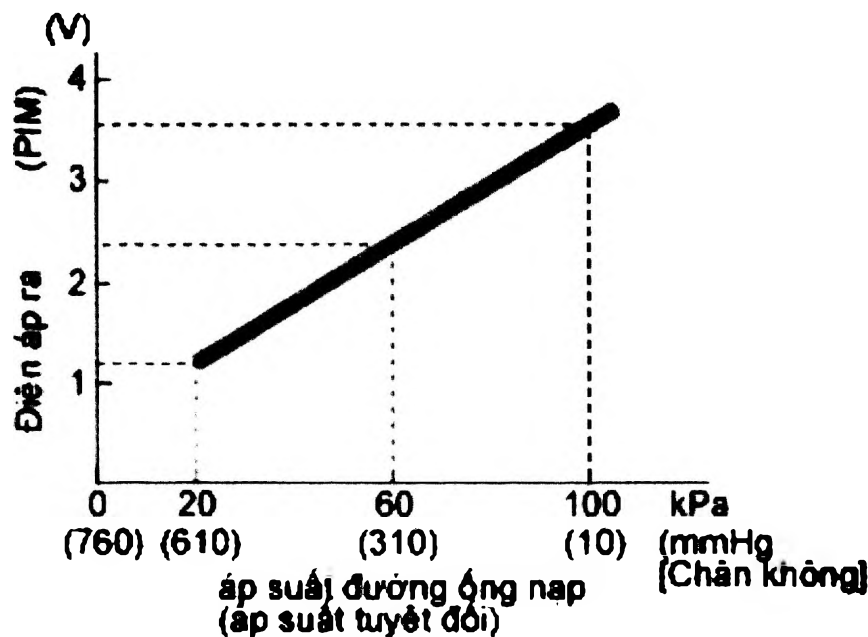
Hình 6.27: Sơ đồ nguyên lý cảm biến áp suất đường ống nạp.

Mạch điện



Hình 6.28: Mạch điện cảm biến áp suất đường ống nạp.

Đường đặc tuyến làm việc



Hình 6.29: Đường đặc tuyến của MAP sensor.

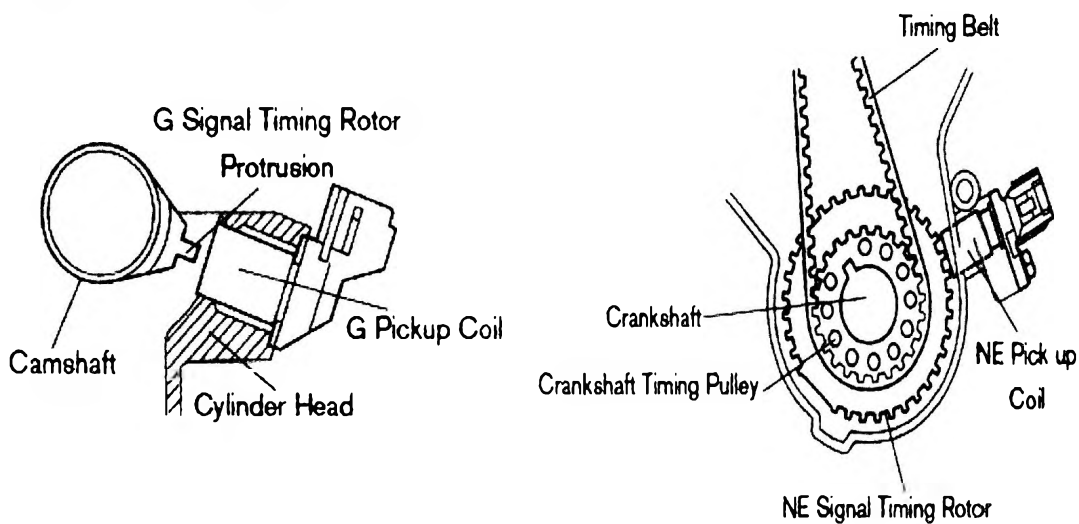
Hiện nay trên các ô tô, tồn tại hai loại cảm biến MAP khác nhau về tín hiệu đầu ra: điện áp (TOYOTA, HONDA, DAEWOO, GM, CHRYSLER...) và tần số (FORD). Ở loại MAP điện thế, giá trị điện thế thấp nhất (lúc bướm ga đóng hoàn toàn) và giá trị cao nhất (lúc toàn tải) ở ngõ ra phụ thuộc vào loại xe [38].

6.2.3 Cảm biến tốc độ động cơ và vị trí trục khuỷu (vị trí piston)

Cảm biến vị trí trục khuỷu (*TDC sensor* hay còn gọi là cảm biến G) báo cho ECU biết vị trí tử điểm thượng hoặc vị trí trục khuỷu. Trong một số trường hợp, chỉ có vị trí của piston xy lanh số 1 (hoặc số 6) được báo về ECU, còn vị trí các xy lanh còn lại sẽ được tính toán. Công dụng của cảm biến này là giúp ECU xác định thời điểm đánh lửa và cả thời điểm phun. Vì vậy, trong nhiều hệ thống điều khiển động cơ, số xung phát ra từ cảm biến phụ thuộc vào kiểu phun (độc lập, nhóm hay đồng loạt) và thường bằng số

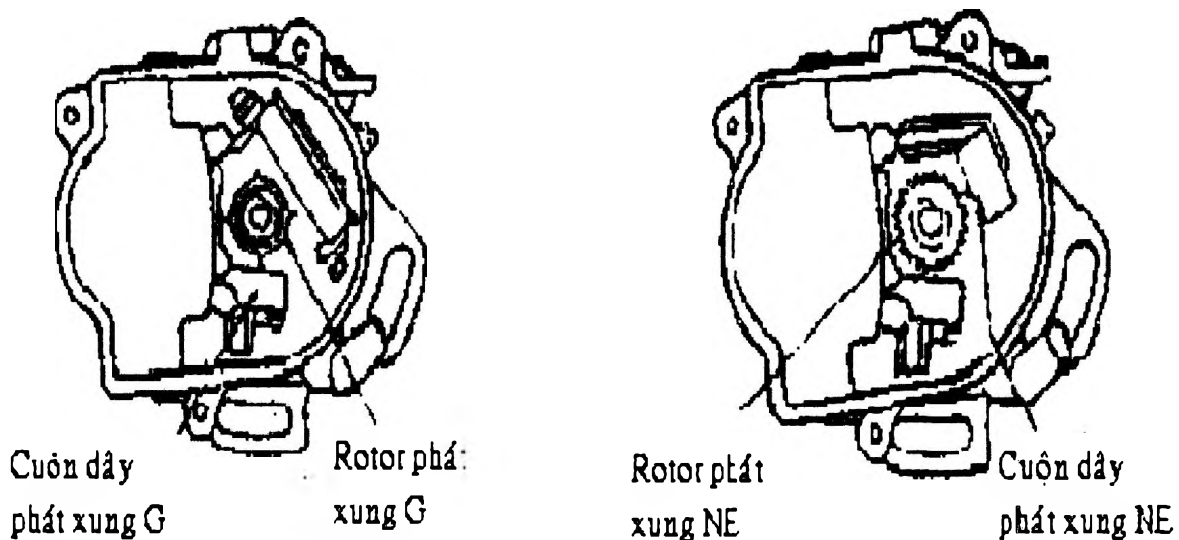
lần phun trong một chu kỳ. Trên một số xe, tín hiệu vị trí piston xy lanh số 01 còn dùng làm xung reset để ECU tính toán và nhập giá trị mới trên RAM sau mỗi chu kỳ (2 vòng quay trục khuỷu).

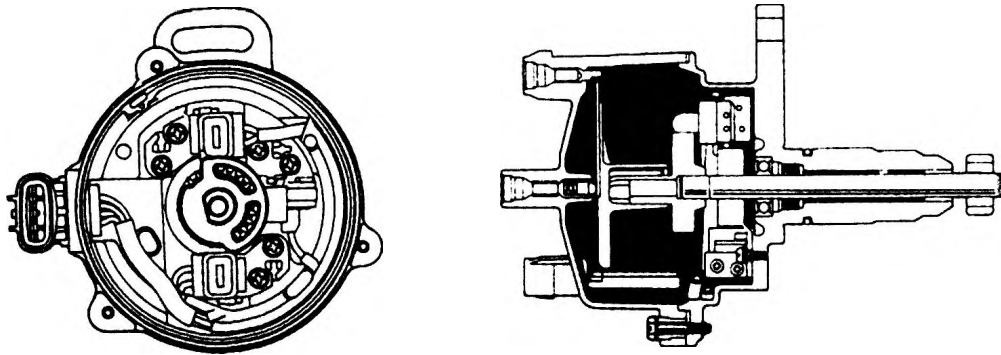
Cảm biến tốc độ động cơ (*Engine speed; crankshaft angle sensor hay còn gọi là tín hiệu NE*) dùng để báo tốc độ động cơ để tính toán hoặc tìm góc đánh lửa tối ưu và lượng nhiên liệu sẽ phun cho từng xy lanh. Cảm biến này cũng được dùng vào mục đích điều khiển tốc độ không tải hoặc cắt nhiên liệu ở chế độ không tải cưỡng bức. Có nhiều cách bố trí cảm biến *G* và *NE* trên động cơ: trong delco, trên bánh đà, hoặc trên bánh răng cốt cam. Đôi khi ECU chỉ dựa vào một xung lấy từ cảm biến hoặc IC đánh lửa để xác định vị trí piston lần tốc độ trục khuỷu. Cảm biến vị trí xy lanh và cảm biến tốc độ động cơ có nhiều dạng khác nhau như: cảm biến điện từ loại nam châm quay hoặc cố định, cảm biến quang, cảm biến Hall...



Hình 6.30: Cảm biến G và NE trong hệ thống đánh lửa trực tiếp.

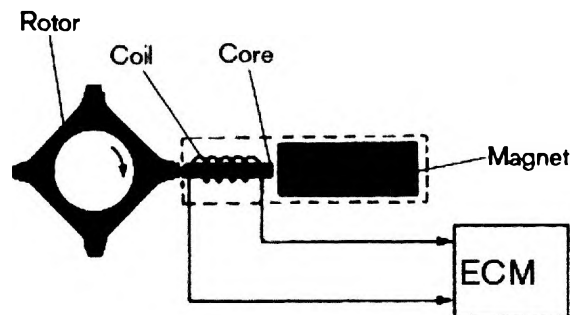
6.2.3.1 Loại dùng cảm biến điện từ





Hình 6.31: Sơ đồ bố trí cảm biến G và NE trên xe TOYOTA loại còn delco.

Trên hình 6.31 trình bày sơ đồ bố trí của cảm biến vị trí trục khuỷu và tốc độ động cơ dạng điện từ trên xe Toyota loại nam châm cố định. Mỗi cảm biến gồm có rotor để khép mạch từ và cuộn dây cảm ứng mà lõi gắn với một nam châm vĩnh cửu đứng yên. Số răng trên rotor và số cuộn dây cảm ứng thay đổi tùy thuộc vào loại động cơ. Phần tử phát xung *G* có thể có 1; 2; 4 hoặc 6, còn phần tử phát xung *NE* có thể có 4; 24 hoặc sử dụng số răng của bánh đà. Ở đây ta xem xét cấu tạo và hoạt động của bộ tạo tín hiệu *G* và *NE* loại một cuộn cảm ứng – một rotor 4 răng cho tín hiệu *G* và một cuộn cảm ứng - một rotor 24 răng cho tín hiệu *NE*. Hai rotor này gắn đồng trục với bộ chia điện, bánh răng tín hiệu *G* nằm trên, còn bánh răng phát tín hiệu *NE* phía dưới.



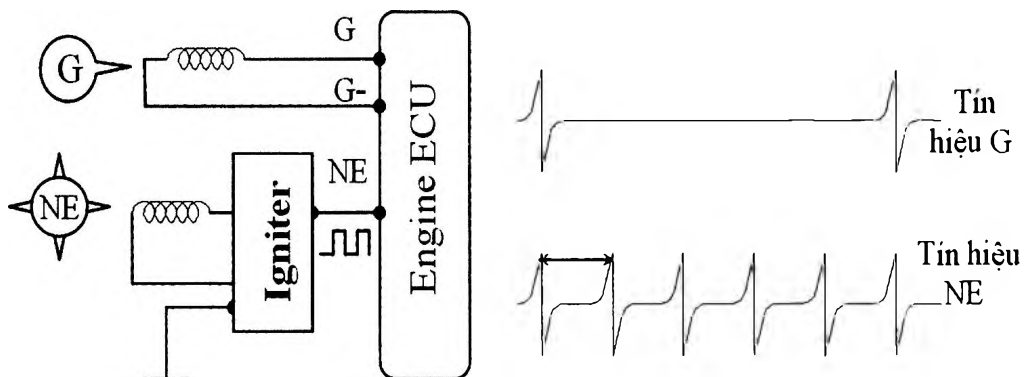
Hình 6.32: Sơ đồ nguyên lý của loại dùng cảm biến điện từ.

Nguyên lý hoạt động (xem hình 6.32)

Bộ phận chính của cảm biến là một cuộn cảm ứng, một nam châm vĩnh cửu và một rotor dùng để khép mạch từ có số răng tùy loại động cơ. Khi răng của rotor không nằm đối diện cực từ, từ thông đi qua cuộn dây cảm ứng sẽ có giá trị thấp vì khe hở không khí lớn nên có từ trở cao. Khi một cửa răng đến gần cực từ của cuộn dây, khe hở không khí giảm dần khiến từ thông tăng nhanh. Như vậy, nhờ sự biến thiên từ thông, trên cuộn dây sẽ xuất hiện một sức điện động cảm ứng. Khi răng rotor đối diện với cực từ của cuộn dây, từ thông đạt giá trị cực đại nhưng điện áp ở hai đầu cuộn dây bằng không. Khi cửa răng rotor di chuyển ra khỏi cực từ, khe hở không khí tăng dần làm từ thông giảm sinh ra một sức điện động theo chiều ngược lại.

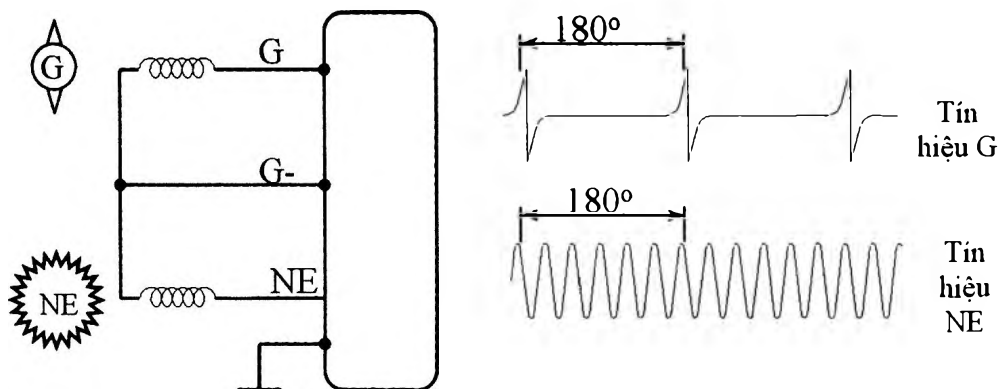
Mạch điện và dạng xung tín hiệu G và NE với số răng khác nhau

1. Tín hiệu G (1 cuộn 4 răng) Tín hiệu NE (1 cuộn 24 răng).



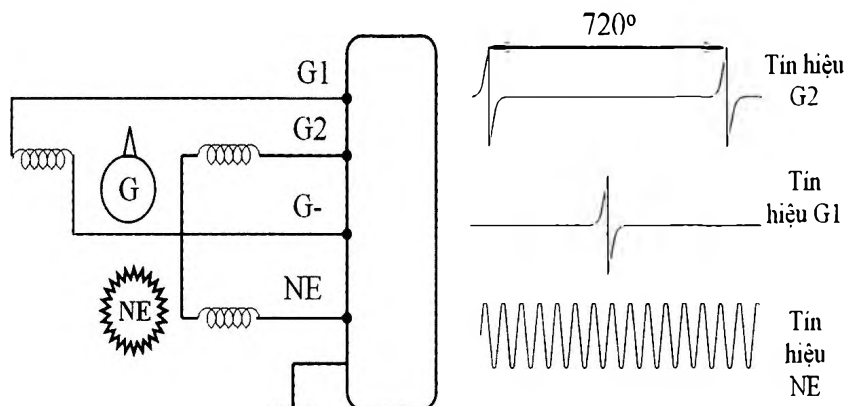
Hình 6.33: Sơ đồ mạch điện và dạng tín hiệu xung G và NE.

2. Tín hiệu G (1 cuộn kích, 2 răng) Tín hiệu NE (1 cuộn kích, 24 răng).



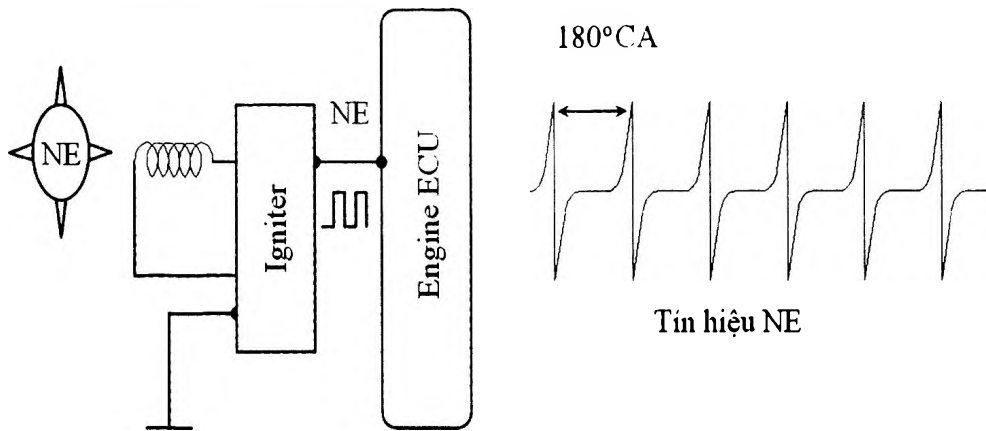
Hình 6.34: Sơ đồ và dạng xung loại 2/24.

3. Tín hiệu G_1 và G_2 (2 cuộn kích, 1 răng) Tín hiệu NE (1 cuộn kích, 24 răng).



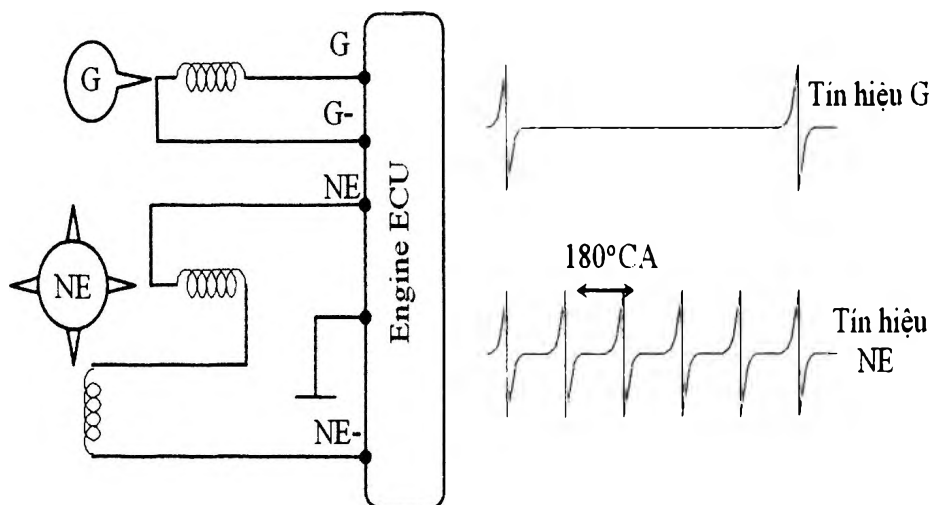
Hình 6.35: Sơ đồ và dạng xung loại 1/24.

4. Tín hiệu NE (1 cuộn kích, 4 răng).



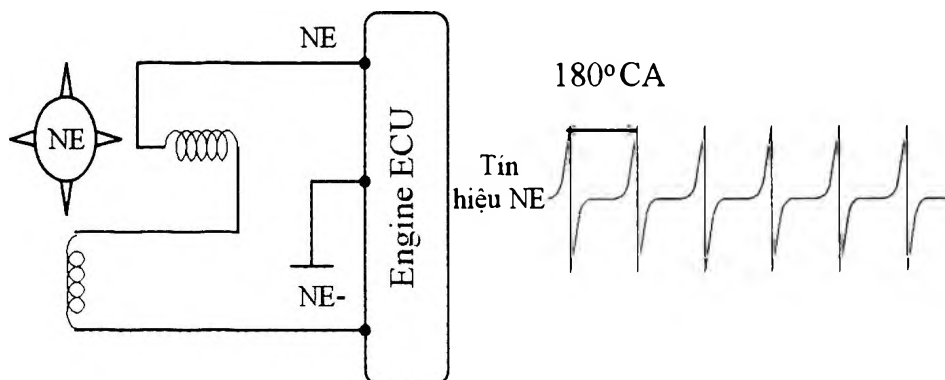
Hình 6.36: Sơ đồ và dạng xung loại 1 cuộn chung cho G và NE kết hợp với IC đánh lửa.

5. Tín hiệu G (1 cuộn kích, 1 răng). Tín hiệu Ne (2 cuộn kích, 4 răng).



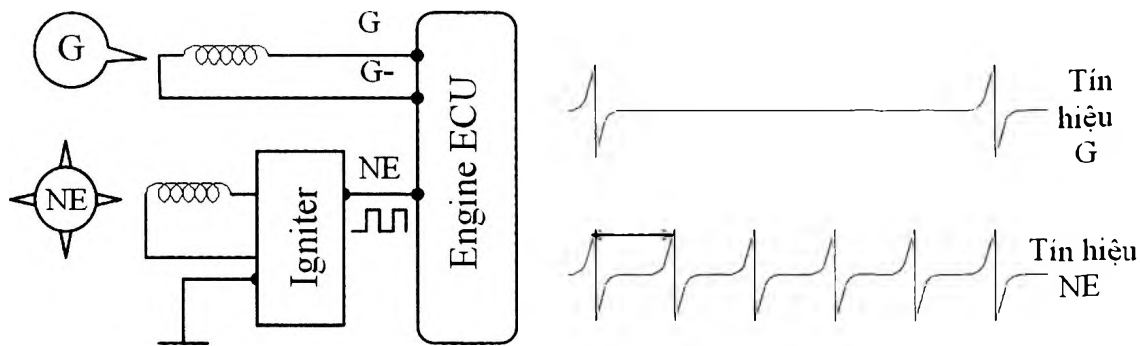
Hình 6.37: Sơ đồ và dạng xung loại 1-4.

6. Tín hiệu NE (2 cuộn kích, 4 răng)



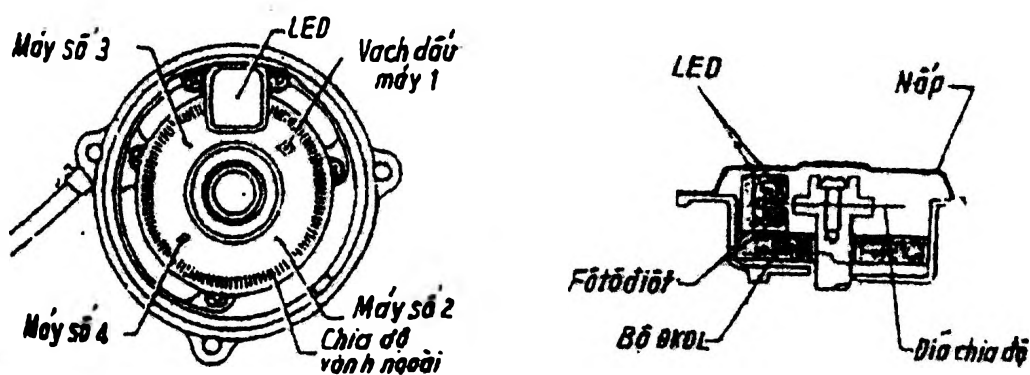
Hình 6.38: Sơ đồ và dạng xung loại 2 cuộn dây chung cho G và NE.

7. Tín hiệu G (1 cuộn kích, 1 răng). Tín hiệu NE (2 cuộn kích, 4 răng).



Hình 6.39: Sơ đồ và dạng xung của loại 1/4 kết hợp IC đánh lửa.

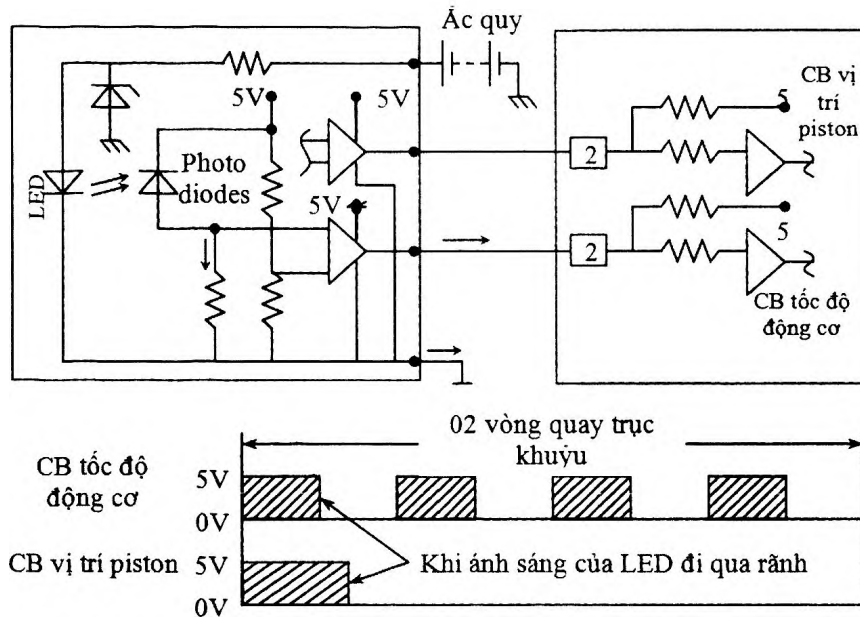
6.2.3.2 Loại dùng cảm biến quang



Hình 6.40: Cấu tạo cảm biến quang Nissan.

Rotor của cảm biến (được lắp với trục delco) là một đĩa nhôm mỏng khắc vạch. Vành trong có số rãnh tương ứng với số xylanh trong đó có một rãnh rộng hơn đánh dấu vị trí piston máy số 1. Nhóm các rãnh này kết hợp với cặp diode phát quang (LED) và diode cảm quang (photodiode) còn gọi là photocouple thứ nhất là bộ phận để phát xung G. Vành ngoài của đĩa có khắc 360 rãnh nhỏ, mỗi rãnh ứng với 2° góc quay của trục khuỷu. Diode phát quang và diode cảm quang thứ hai đặt trên quỹ đạo của rãnh nhỏ tạo thành bộ phận phát xung NE. Một số xe Nissan hoặc Mazda chỉ dùng 01 tín hiệu từ bộ chia điện báo về ECU.

Mạch điện



Hình 6.41: Mạch điện cảm biến quang và dạng xung ra bộ chia điện Mitsubishi 4G64.

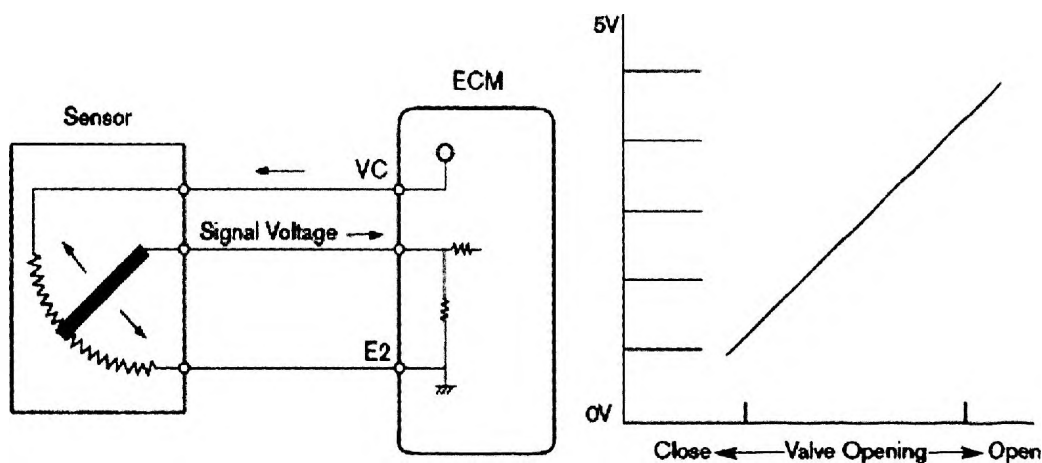
Khi đĩa quay, các rãnh lần lượt đi qua photo-couple. Lúc này, ánh sáng từ đèn LED chiếu tới photodiode chúng trở nên dẫn điện. Khi đó điện áp ở ngõ vào (+) của OP AMP sẽ lớn hơn điện áp ở ngõ vào (-), vì thế, ở ngõ ra OP AMP điện áp sẽ ở mức cao. Khi rãnh ra khỏi photo-couple, photo-diode không nhận được ánh sáng từ đèn LED, dòng điện bị ngắt đột ngột nên điện áp ở ngõ vào (+) của OP AMP bằng 0. Kết quả là điện áp ở ngõ ra của OP AMP xuống mức thấp. Các xung G và NE ở đây đều là dạng xung vuông có giá trị cao nhất là 5V, thấp nhất là 0V.

6.2.4 Cảm biến vị trí

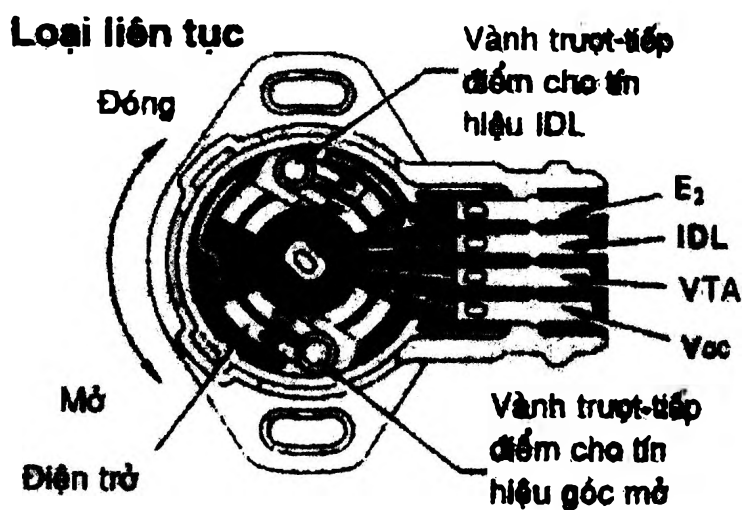
Có nhiều loại cảm biến đo vị trí trong hệ thống điều khiển và ô tô: Cảm biến vị trí bướm ga (TPS – Throttle Position Sensor), Cảm biến vị trí bàn đạp ga (APPS – Acceleration Pedal Position Sensor), Cảm biến vị trí van EGR (Exhaust gas Recirculation valve position)...

6.2.4.1 Cảm biến bướm ga

Cảm biến vị trí bướm ga được lắp ở trên trục bướm ga. Cảm biến này chuyển vị trí góc mở cánh bướm ga thành tín hiệu điện thể gửi đến ECU. Đa số cảm biến bướm ga là loại tuyến tính (dạng biến trở) 3 dây. Tuy nhiên trên một số xe có 4 dây do bố trí thêm công tắc vị trí không tải (idle).



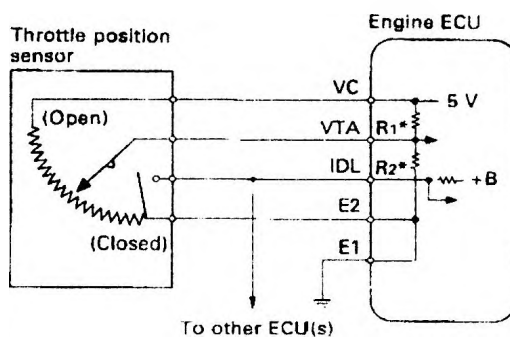
Hình 6.42: Cảm biến vị trí cánh bướm ga loại biến trở.



Hình 6.43: Cấu tạo cảm biến cánh bướm ga loại tuyến tính có công tắc không tải.

Loại này có cấu tạo (hình 6.43) gồm hai con trượt, ở đầu mỗi con trượt được bố trí các tiếp điểm cho tín hiệu không tải (không tải) và tín hiệu góc mở cánh bướm ga.

Mạch điện

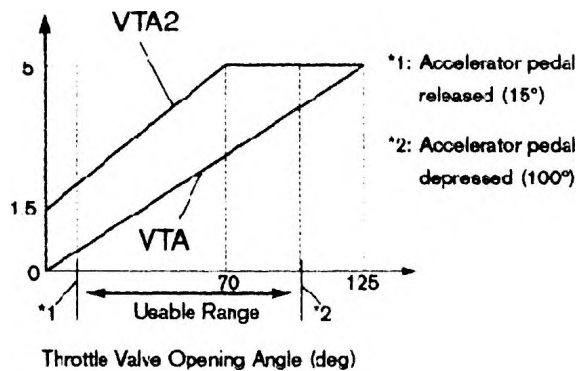
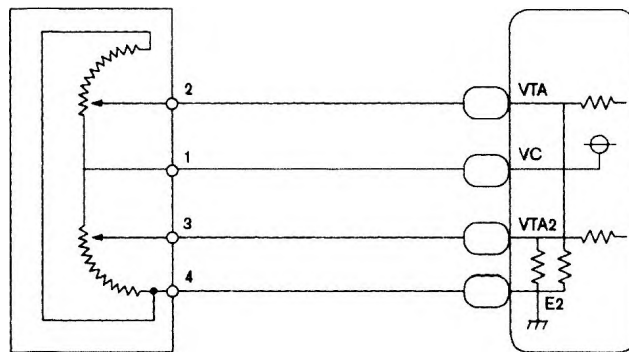


Hình 6.44a: Mạch điện cảm biến vị trí cánh bướm ga loại có công tắc không tải.

Một điện áp không đổi 5V từ ECU cung cấp đến cực VC. Khi cánh bướm ga mở, con trượt trượt dọc theo điện trở và tạo ra điện áp tăng dần ở cực VTA tương ứng với góc mở cánh bướm ga. Khi cánh bướm ga đóng hoàn toàn, tiếp điểm không tải nối cực IDL với cực E2. Trên đa số các xe cảm biến bướm ga loại biến trở chỉ có 3 dây VC, VTA và E2 mà không có dây IDL.

6.2.4.2 Cảm biến vị trí bàn đạp ga (chân ga)

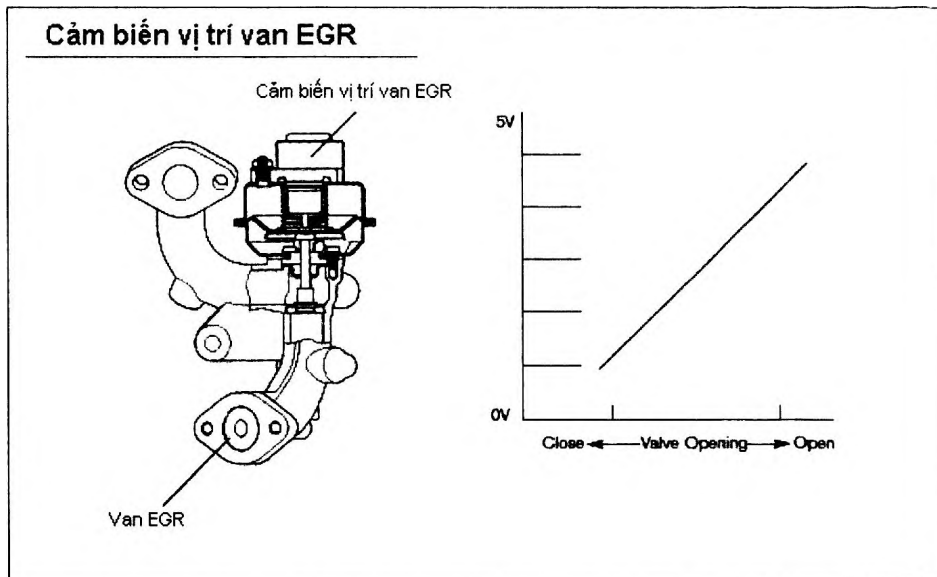
Trong những năm gần đây với sự ra đời của bướm ga điện tử nên cảm biến bướm ga được thay bằng cảm biến chân ga. Cảm biến chân ga được bố trí dưới bàn đạp ga. Đa số là loại sử dụng biến trở kép, một số cảm biến bàn đạp ga sử dụng hiệu ứng Hall.



Hình 6.44b: Sơ đồ và đặc tuyến của cảm biến chân ga dạng biến trở.

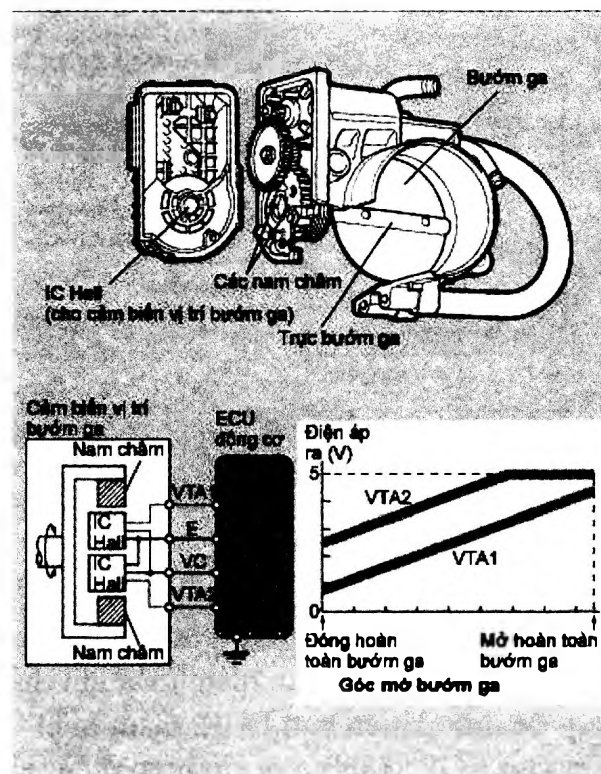
6.2.4.3 Cảm biến vị trí van EGR - Exhaust Gas Recirculation

Cảm biến vị trí van EGR được gắn trên van tuần hoàn khí thải và đo độ mở của van. ECU sử dụng tín hiệu này để điều khiển van EGR. Cảm biến vị trí van EGR biến đổi chuyển động và vị trí của van EGR thành một tín hiệu điện. Hoạt động của nó giống hệt với TPS ngoại trừ con chạy được di chuyển bởi van EGR.



Hình 6.45a: Sơ đồ và đặc tuyến của cảm biến vị trí van EGR.

Các cảm biến đo góc quay như TPS, APPS, vị trí van EGR, góc lái, dần chuyển sang dạng cảm biến hiệu ứng Hall vì các biến trở than có độ bền không cao.



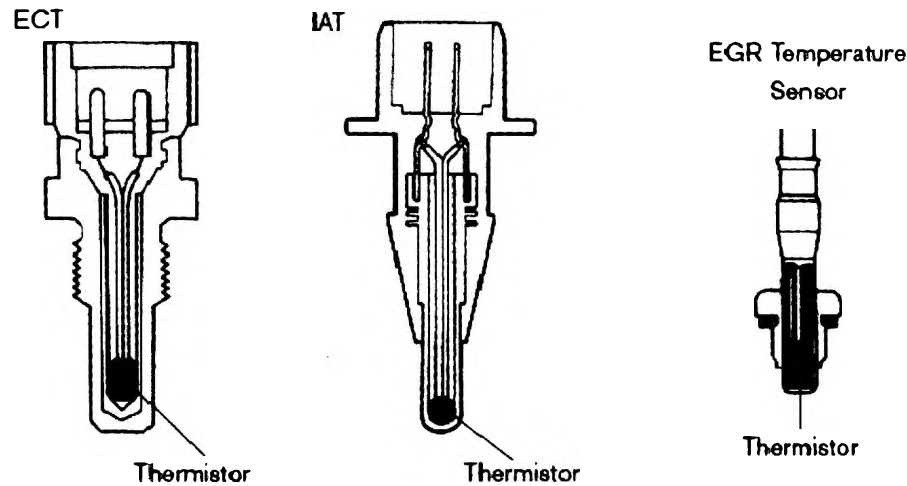
Hình 6.45b: Sơ đồ và đặc tuyến của cảm biến vị trí bàn đạp ga dạng Hall.

Điều cần lưu ý là các cảm biến Hall này có điện áp cung cấp thường là 5V.

6.2.5 Cảm biến nhiệt độ (nhiệt độ nước, nhiệt độ khí nạp, nhiệt độ khí thải...)

Trên các hệ thống điều khiển động cơ và ô tô ngày nay người ta sử dụng khá nhiều cảm biến đo nhiệt độ: nhiệt độ động cơ (nhiệt độ nước làm mát – ECT Engine Coolant

Temperature, nhiệt độ dầu – EOT Engine Oil Temperature, nhiệt độ nắp máy – CHT Cylinder Head Temperature...), nhiệt độ khí nạp (IAT – Intake Air Temperature hay MAT – Manifold Air Temperature), nhiệt độ khí thải (Exhaust Gas Temperature), nhiệt độ dầu hộp số tự động (Automatic Transmission Fluid Temperature), nhiệt độ không khí (Ambient Air Temperature), nhiệt độ bộ bốc hơi (Evaporator Temperature)... Trên hình 6.46 trình bày một số cảm biến nhiệt độ trong hệ thống điều khiển động cơ.



Hình 6.46: Cấu tạo các loại cảm biến nhiệt độ.

Các cảm biến đo nhiệt độ đều có cấu tạo và mạch điện giống nhau, thường là một điện trở nhiệt (*thermistor*) mắc trong mạch cầu phân áp.

Nguyên lý

Điện trở nhiệt là một phân tử cảm nhận thay đổi điện trở theo nhiệt độ. Nó được làm bằng vật liệu bán dẫn nên có hệ số nhiệt điện trở âm (*NTC – negative temperature coefficient*). Khi nhiệt độ tăng điện trở giảm và ngược lại. Các loại cảm biến nhiệt độ hoạt động cùng nguyên lý nhưng mức hoạt động và sự thay đổi điện trở theo nhiệt độ có khác nhau. Sự thay đổi giá trị điện trở sẽ làm thay đổi giá trị điện áp được gửi đến ECU trên nền tảng cầu phân áp.

6.2.5.1 Cảm biến nhiệt độ động cơ

Cảm biến này có nhiều tên gọi khác nhau tùy thuộc vào vị trí lắp đặt của nó trên động cơ. Nó có tên phổ biến là cảm biến nhiệt độ nước làm mát nhưng đôi khi có tên nhiệt độ dầu (trên xe máy) hoặc nhiệt độ nắp máy. Cảm biến này rất quan trọng vì tín hiệu của nó được ECU dùng để điều khiển lượng xăng phun, góc đánh lửa sớm, tốc độ không tải, và cả quạt làm mát két nước.

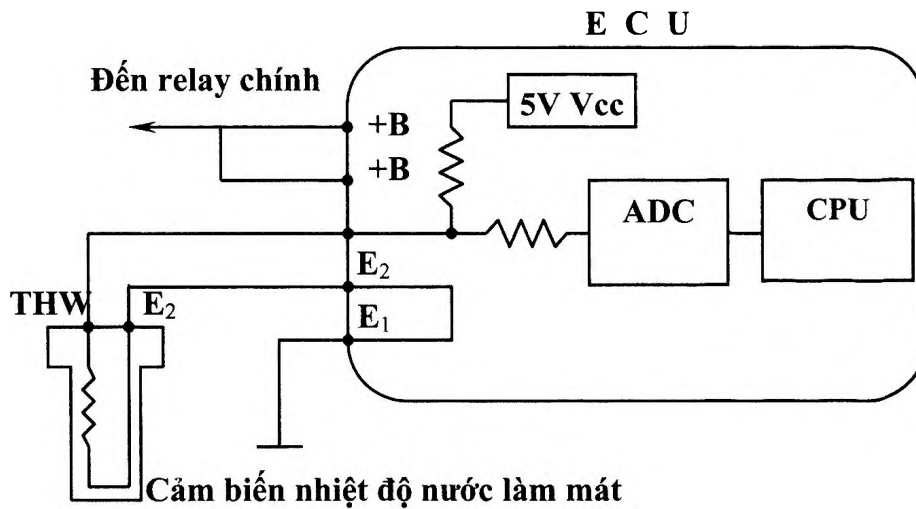
Trên sơ đồ hình 6.47 ta có:

Điện áp 5V qua điện trở chuẩn (điện trở này có giá trị không đổi theo nhiệt độ) tới cảm biến rồi trở về ECU về mass. Như vậy điện trở chuẩn và nhiệt điện trở trong cảm biến tạo thành một cầu phân áp. Điện áp điểm giữa cầu được đưa đến bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự - số (bộ chuyển đổi *ADC – analog to digital converter*).

Khi nhiệt độ động cơ thấp, giá trị điện trở cảm biến cao và điện áp gửi đến bộ biến đổi *ADC* lớn. Tín hiệu điện áp được chuyển đổi thành một dãy xung vuông và được giải

mã nhờ bộ vi xử lý để thông báo cho ECU biết động cơ đang lạnh. Khi động cơ nóng, giá trị điện trở cảm biến giảm kéo theo điện áp đặt giảm, báo cho ECU biết là động cơ đang nóng.

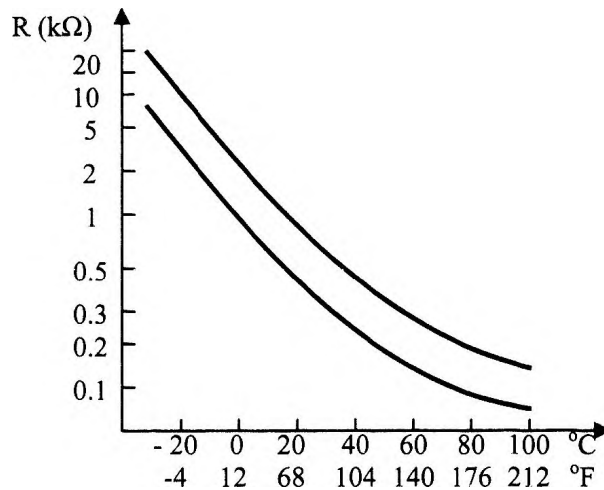
Mạch điện



Hình 6.47: Mạch điện cảm biến nước làm mát.

Đường đặc tuyến

Đường đặc tuyến



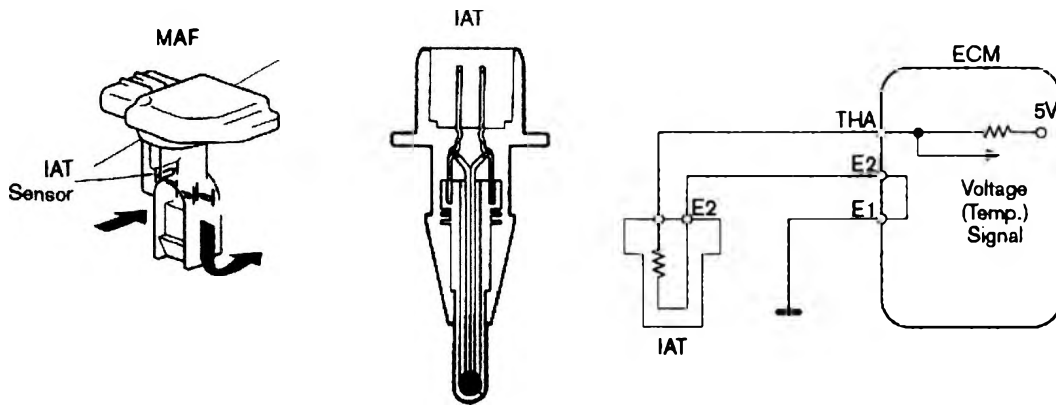
Hình 6.48: Đặc tuyến của cảm biến nước làm mát.

6.2.5.2 Cảm biến nhiệt độ khí nạp (IAT sensor)

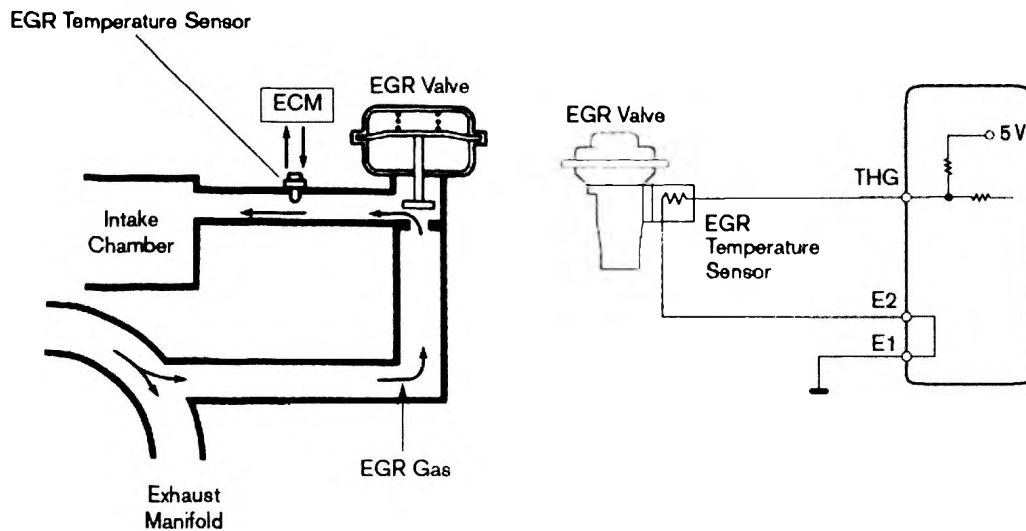
Cảm biến nhiệt độ khí nạp dùng để xác định nhiệt độ khí nạp. Cũng giống như cảm biến nhiệt độ nước, nó gồm có một điện trở được gắn trong bộ khí nạp hoặc trên đường ống nạp. Tỷ trọng của không khí thay đổi theo nhiệt độ. Nếu nhiệt độ không khí cao, hàm lượng oxy trong không khí thấp. Khi nhiệt độ không khí thấp, hàm lượng oxy trong không khí tăng. Trong các hệ thống điều khiển phun xăng (trừ loại LH- Jetronic với cảm biến khí nạp loại dây nhiệt) lưu lượng không khí được đo bởi các bộ khí nạp

khác nhau chủ yếu được tính bằng thể tích. Vì vậy, khối lượng không khí sẽ phụ thuộc vào nhiệt độ của khí nạp. Đối với các hệ thống phun xăng nêu trên (đo lưu lượng bằng thể tích), ECU xem nhiệt độ 20°C là mức chuẩn, nếu nhiệt độ khí nạp lớn hơn 20°C thì ECU sẽ điều khiển giảm lượng xăng phun; nếu nhiệt độ khí nạp nhỏ hơn 20°C thì ECU sẽ điều khiển tăng lượng xăng phun. Với phương pháp này, tỉ lệ hỗn hợp sẽ được đảm bảo theo nhiệt độ môi trường.

6.2.5.3 Cảm biến nhiệt độ khí thải



Hình 6.49: Mạch điện của cảm biến nhiệt độ khí nạp.



Hình 6.50: Mạch điện của cảm biến nhiệt độ khí thải.

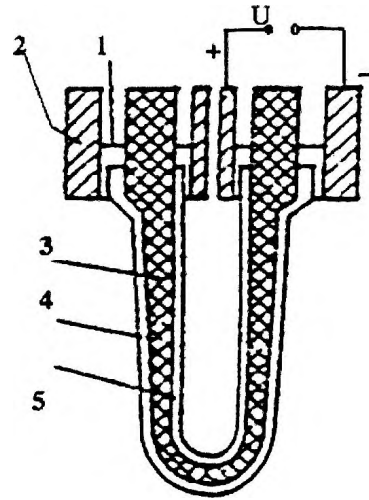
6.2.6 Cảm biến oxy (Oxygen sensor) và cảm biến tỷ lệ hòa khí A/F sensor

Cảm biến oxy (còn gọi là cảm biến khí thải hay cảm biến lambda). Để chống ô nhiễm, các xe được trang bị bộ hóa khử (*TWC - three way catalyst*). Bộ hóa khử sẽ hoạt động với hiệu suất cao nhất ở tỉ lệ hòa khí lý thuyết tức $\lambda = 1$. Cảm biến oxy được dùng để xác định thành phần hòa khí tức thời của động cơ đang hoạt động. Nó phát ra một tín hiệu điện áp gửi về ECU để điều chỉnh tỉ lệ hòa khí thích hợp trong một điều kiện làm việc nhất định (chế độ điều khiển kín - *closed loop control*).

Cảm biến oxy được gắn ở đường ống thải. Có hai loại cảm biến oxy, khác nhau chủ yếu ở vật liệu chế tạo: Chế tạo từ dioxide zirconium (ZrO_2) hoặc từ dioxide titanium (TiO_2).

6.2.6.1 Cảm biến oxy với thành phần Zirconia (dioxide zirconium) Nguyên lý hoạt động

1. Đệm dẫn điện
2. Thân
3. Chất điện phân khô
- 4,5. Điện cực ngoài và trong



Hình 6.51: Cảm biến với thành phần dioxide zirconium.

Loại này được chế tạo chủ yếu từ chất zirconium dioxide (ZrO_2) có tính chất hấp thụ những ion oxy âm tính. Thực chất, cảm biến oxy loại này là một pin điện có sức điện động phụ thuộc vào nồng độ oxy trong khí thải với ZrO_2 là chất điện phân. Mặt trong ZrO_2 tiếp xúc với không khí, mặt ngoài tiếp xúc với oxy trong khí thải. Ở mỗi mặt của ZrO_2 được phủ một lớp điện cực bằng platin để dẫn điện. Lớp platin này rất mỏng và xốp để oxy dễ khuếch tán vào. Khi khí thải chứa lượng oxy ít do hỗn hợp giàu nhiên liệu thì số ion oxy tập trung ở điện cực tiếp xúc khí thải ít hơn số ion oxy tập trung ở điện cực tiếp xúc không khí. Sự chênh lệch số ion này sẽ tạo một tín hiệu điện áp khoảng $600-900mV$. Ngược lại, khi độ chênh lệch số ion ở hai điện cực nhỏ trong trường hợp nghèo xăng, pin oxy sẽ phát ra tín hiệu điện áp thấp khoảng $100-400 mV$.

Sức điện động mà cảm biến oxy sinh ra được tính theo công thức *Nerst*:

$$E = \frac{RT}{ZF} \ln \left[\frac{Po_{2kt}}{Po_{2kk}} \right]$$

Trong đó:

R : hằng số

T : nhiệt độ điện cực bằng platin

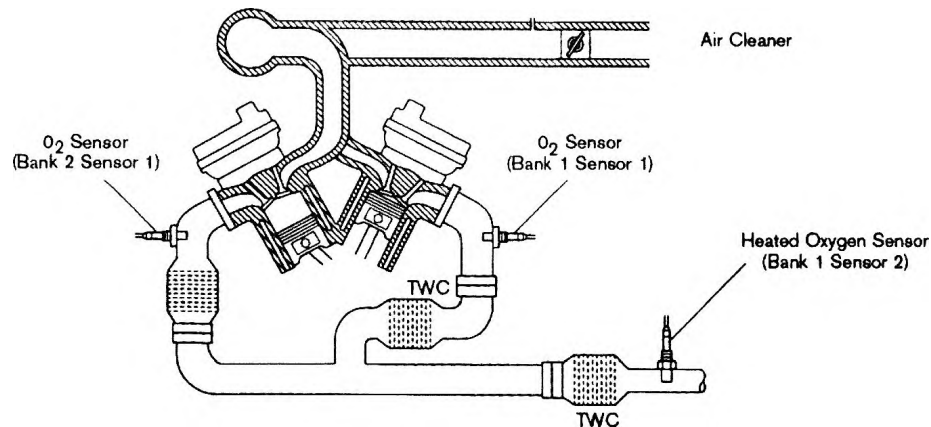
F : hằng số Faraday

Z : điện tích của $Zr = 4$

Po_{2kt} : áp suất cục bộ của oxy trong khí thải.

Po_{2kk} : áp suất cục bộ của oxy trong không khí.

Cấu tạo và vị trí lắp đặt

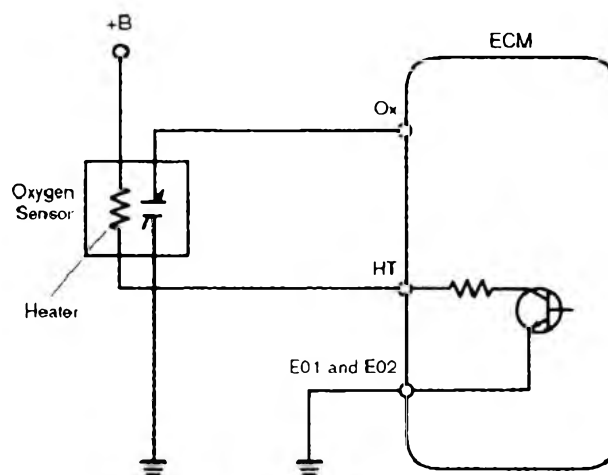


Hình 6.52: Vị trí lắp đặt cảm biến oxy trên động cơ chữ V.

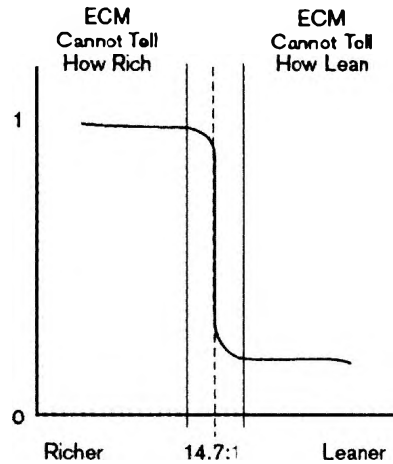
Thân cảm biến được giữ trong một chân có ren, bao ngoài một ống bảo vệ và được nối với các đầu dây điện.

Bề mặt của chất ZrO_2 được phủ một lớp platin mỏng cả mặt trong lẫn mặt ngoài. Ngoài lớp platin là một lớp gồm ZrO_2 rất xốp và kết dính, có nhiệm vụ bảo vệ lớp platin không bị hỏng do va chạm các phần tử rắn có trong khí thải. Một ống kim loại bảo vệ bao ngoài cảm biến tại đầu mỗi điện uốn kẹp giữ liền với vỏ ống này có một lỗ để bù trừ áp suất trong cảm biến và để đỡ lò xo đĩa. Để giữ cho muội than không đóng vào lớp gồm ZrO_2 , đầu tiếp xúc khí thải của cảm biến có một ống đặc biệt có cấu tạo dạng rãnh để khí thải và phân tử khí cháy đi vào sẽ bị giữ và không tiếp xúc trực tiếp với thân gồm ZrO_2 .

Đặc điểm của pin oxy với ZrO_2 là nhiệt độ làm việc phải trên $300^\circ C$. Do đó, để giảm thời gian chờ, người ta dùng loại cảm biến có điện trở tự nung bên trong. Điện trở dây nung được lắp trong cảm biến, được cấp điện từ ác quy và điều khiển bởi ECU.



Hình 6.53: Mạch điện của cảm biến oxy có dây nung.



Hình 6.54: Điện áp phát ra của cảm biến oxy phụ thuộc vào tỷ lệ hòa khí.

6.2.6.2 Cảm biến oxy với thành phần titanium

Cảm biến này có cấu tạo tương tự như loại zirconium nhưng thành phần nhận biết oxy trong khí thải được làm từ titanium dioxide (TiO_2). Đặc điểm của chất này là sự thay đổi điện trở theo nồng độ oxy còn trong khí thải.

Khi khí thải chứa lượng oxy ít do hỗn hợp giàu nhiên liệu, phản ứng tách oxy khỏi TiO_2 dễ xảy ra. Do đó điện trở của TiO_2 có giá trị thấp làm dòng qua điện trở tăng lên. Nhờ vậy điện áp đặt vào cổng so của OP AMP qua cầu phân áp đạt giá trị 600-900 mV. Khi khí thải chứa lượng oxy nhiều do hỗn hợp nghèo, phản ứng tách oxy ra khỏi TiO_2 khó xảy ra, do đó điện trở của TiO_2 có giá trị cao làm dòng qua điện trở giảm, điện thế ở cổng sẽ giảm xuống khoảng 100-400mV.

Điện trở suất của chất TiO_2 :

$$\rho = A \cdot P_{o_2}^n \cdot e^{\frac{E_0}{K \cdot T}}$$

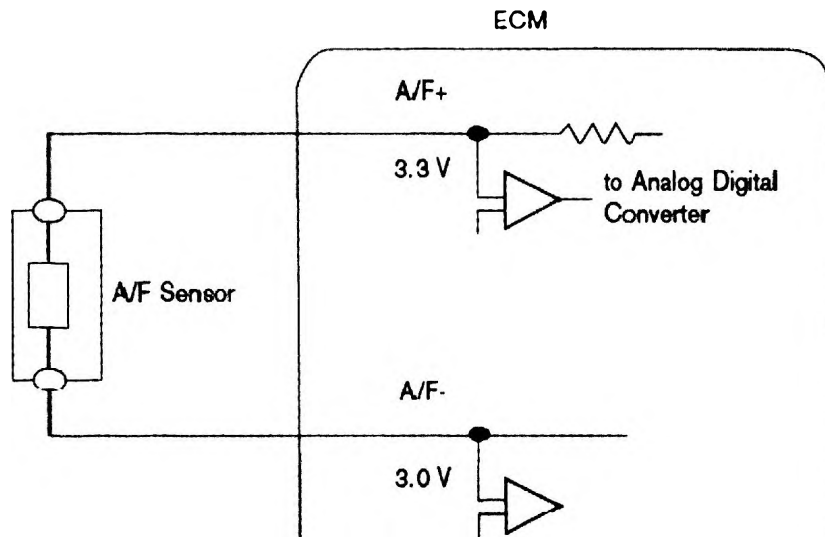
Trong đó:

- A: hằng số
- P: áp suất cục bộ của oxy trong khí thải $n = 4$
- E_0 : năng lượng kích thích
- K: hằng số
- T: nhiệt độ của chất TiO_2

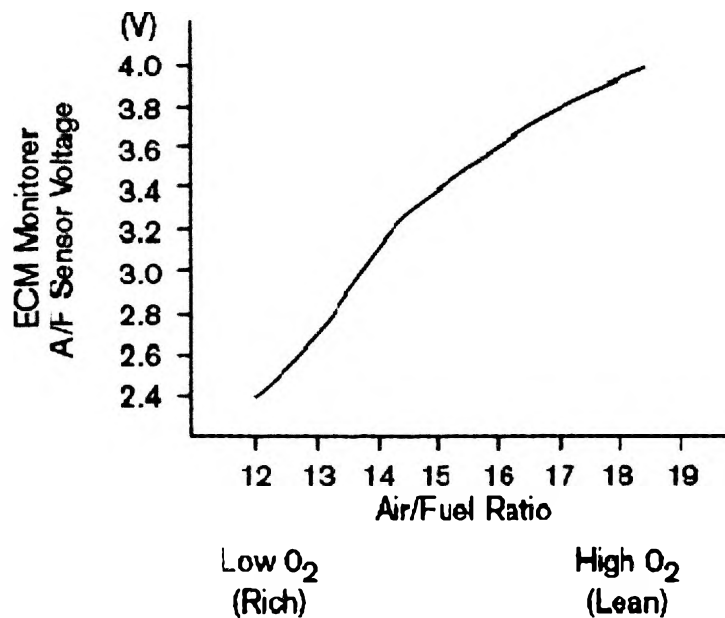
6.2.6.3 Cảm biến tỷ lệ hòa khí A/F

Trong vài năm nay, cảm biến oxy đã được thay thế bởi cảm biến A/F có dải làm việc rộng hơn, cho phép xác định chính xác tỷ lệ hòa khí. Giống như cảm biến oxy, cảm biến tỷ lệ hòa khí phát hiện nồng độ oxy trong khí xả. Các cảm biến oxy thông thường có điện áp ngõ ra thay đổi mạnh tại giới hạn của tỷ lệ không khí - nhiên liệu lý thuyết. Khi so sánh, cảm biến tỷ lệ hòa khí đặt một điện áp không thay đổi để nhận được một điện áp gần như tỷ lệ thuận với nồng độ của oxy. Điều này làm tăng độ chính xác của

việc phát hiện tỷ lệ không khí-nhiên liệu. Cảm biến A/F có nhiệt độ làm việc cao hơn cảm biến oxy ($400 - 600^{\circ}\text{C}$)



Hình 6.55: Mạch điện của cảm biến A/F.



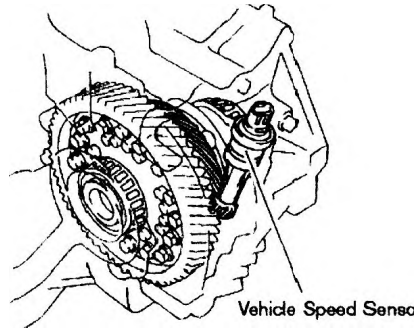
Hình 6.56: Đặc tuyến của cảm biến A/F.

6.2.7 Cảm biến tốc độ xe (VSS - vehicle speed sensor)

Cảm biến này nhận biết tốc độ xe đang chạy sau đó gửi tín hiệu về ECU để điều khiển tốc độ không tải và tỉ lệ hòa khí phù hợp khi tăng tốc hoặc khi giảm tốc.

Có 5 loại cảm biến tốc độ: loại công tắc từ, loại cảm biến Hall, loại cảm biến từ trở, loại cảm biến quang và loại cảm biến điện từ.

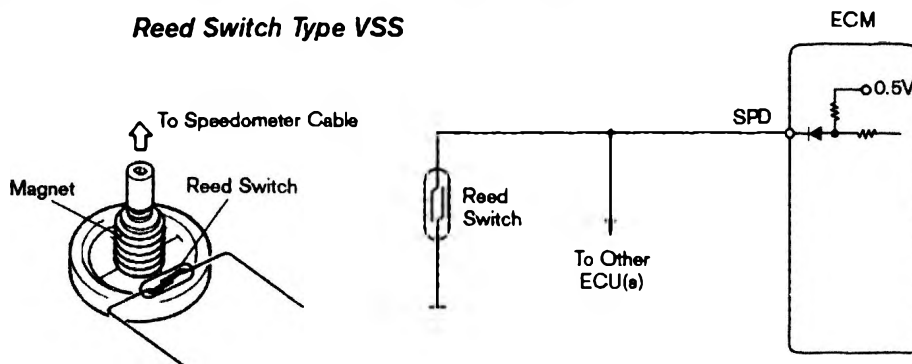
Trong giáo trình này, tác giả chỉ giới thiệu loại cảm biến công tắc từ và cảm biến dạng từ trở vì các loại khác tương tự như các cảm biến đánh lửa.



Hình 6.57: Cảm biến tốc độ xe trên hộp số.

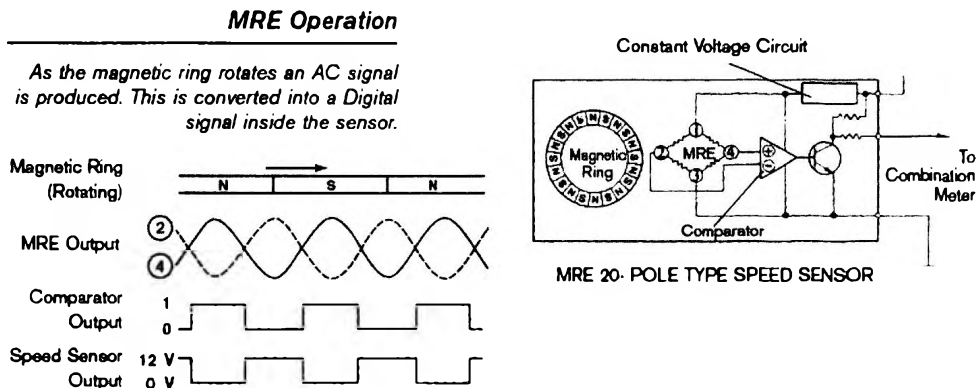
Cảm biến tốc độ xe loại công tắc từ. Cảm biến bao gồm một nam châm được gắn với dây nối với đồng hồ tốc độ xe và quay theo dây. Một công tắc được đặt đối diện với nam châm. Khi nam châm quay theo dây đồng hồ tốc độ, công tắc sẽ đóng mở theo chiều của lực từ. Khi nam châm quay ở vị trí song song với công tắc, chiều của lực từ sẽ cảm ứng trên công tắc thành hai nam châm cùng cực làm chúng đẩy nhau, công tắc ở vị trí mở. Tín hiệu từ vị trí đóng mở của công tắc sẽ được đưa trực tiếp tới ECU mà không qua bộ chuyển đổi xung nhờ tín hiệu sóng vuông. Tại đây, ECU sẽ điều khiển tỉ lệ hòa khí phù hợp khi tăng tốc hoặc giảm tốc.

Cấu tạo và mạch điện cảm biến VSS loại công tắc từ



Hình 6.58: Sơ đồ mạch cảm biến tốc độ xe loại công tắc từ.

Cấu tạo và mạch điện cảm biến VSS loại từ trở



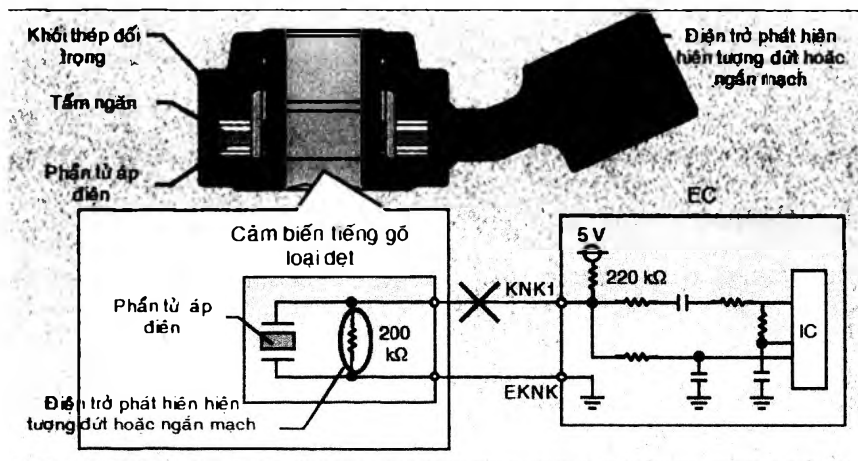
Hình 6.59: Sơ đồ mạch cảm biến tốc độ xe dạng từ trở.

6.2.8 Cảm biến kích nổ (knock or detonation sensor)

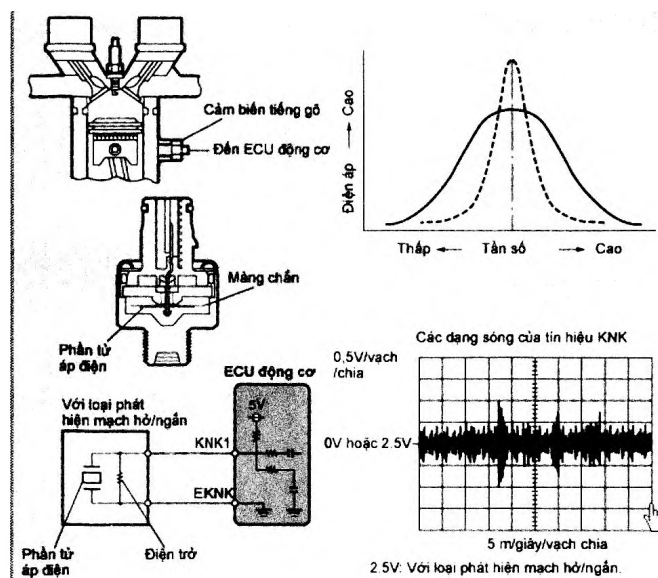
Cảm biến kích nổ còn gọi là cảm biến tiếng gõ, được chế tạo bằng vật liệu áp điện. Nó được gắn trên thân xylanh hoặc nắp máy để cảm nhận sóng kích nổ sinh ra trong động cơ và gửi tín hiệu về ECU. Dựa vào tín hiệu này, ECU làm trễ thời điểm đánh lửa nhằm ngăn chặn hiện tượng kích nổ.

Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

Thành phần áp điện trong cảm biến kích nổ được chế tạo bằng tinh thể thạch anh là vật liệu khi bị ép sẽ sinh ra điện áp (piezo element). Phần tử áp điện được thiết kế có kích thước với tần số riêng trùng với tần số rung của động cơ khi có hiện tượng kích nổ để xảy ra hiệu ứng cộng hưởng ($f = 7kHz$). Như vậy, khi có kích nổ, tinh thể thạch anh sẽ chịu áp lực lớn nhất và sinh ra một điện áp, có giá trị nhỏ hơn 2,5V. Nhờ tín hiệu này, ECU nhận biết hiện tượng kích nổ và điều chỉnh giảm góc đánh lửa sớm cho đến khi không còn kích nổ. ECU sau đó sẽ chỉnh thời điểm đánh lửa sớm trở lại.



Hình 6.60: Cấu tạo và mạch điện cảm biến kích nổ.



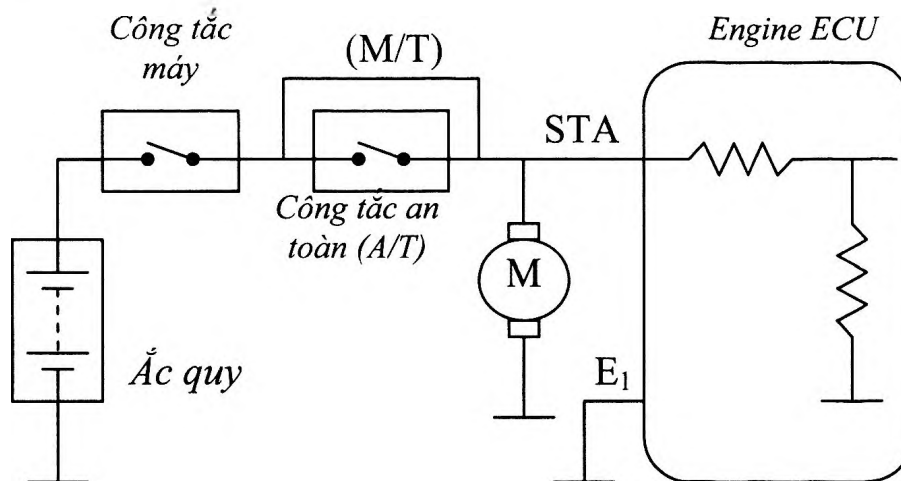
Hình 6.61: Điện áp ra của cảm biến kích nổ.

6.2.9 Một số tín hiệu ngõ vào khác

Tín hiệu khởi động

Khi khởi động động cơ, một tín hiệu từ máy khởi động được gửi về ECU để tăng thêm lượng xăng phun trong suốt quá trình khởi động.

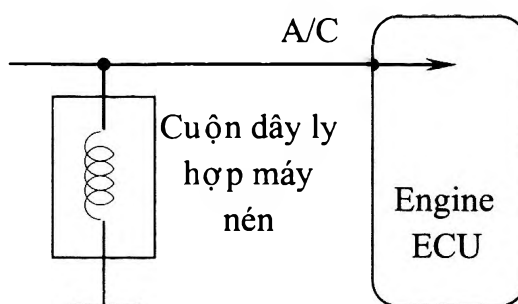
Mạch điện



Hình 6.62: Mạch điện khởi động.

Tín hiệu công tắc máy lạnh: Khi bật công tắc máy lạnh, để tốc độ không tải ổn định phải gửi tín hiệu báo về ECU nhằm điều khiển thời điểm đánh lửa và tốc độ không tải (van *ISCV*):

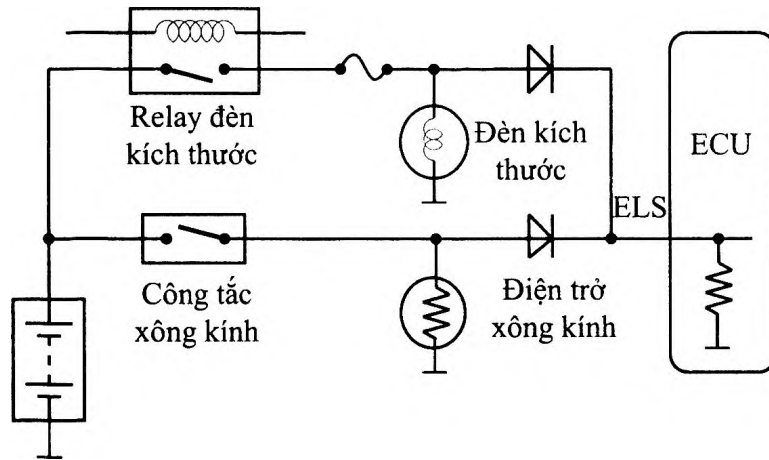
Mạch điện



Hình 6.63: Mạch điện công tắc máy lạnh.

Tín hiệu tải điện: Khi bật các hệ thống điện công suất lớn trên xe, máy phát sẽ phát công suất lớn hơn và tốc độ không tải giảm do tăng tải trên máy phát. Hậu quả là tốc độ không tải giảm làm động cơ rung hoặc hoạt động không ổn định. Vì vậy, cần phải báo cho ECU biết tín hiệu tải điện để điều khiển tốc độ không tải. Có nhiều cách để báo cho ECU biết tín hiệu này. Trên xe Toyota, đầu các phụ tải điện có công suất lớn được đưa đến ECU qua đường ELS (Electrical Load Signal). Trên Honda, tín hiệu này được lấy từ transistor công suất của tiết chế vị mạch.

Mạch điện

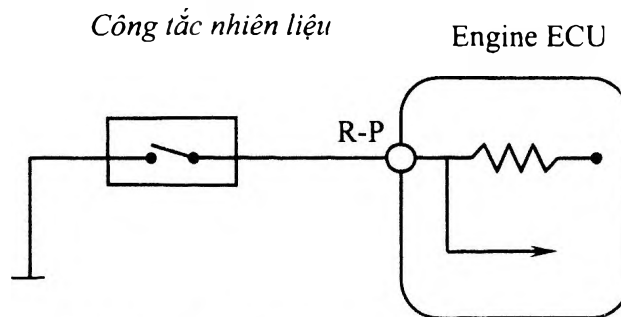


Hình 6.64: Mạch điện báo tín hiệu các phụ tải điện trên Toyota.

Tín hiệu từ công tắc nhiên liệu (fuel control switch)

Trên một số hệ thống điều khiển động cơ theo chương trình, người ta thiết kế để xe có thể hoạt động với các loại xăng có chỉ số octane khác nhau. Trong trường hợp này phải báo cho ECU biết loại nhiên liệu đang sử dụng qua công tắc nhiên liệu.

Mạch điện

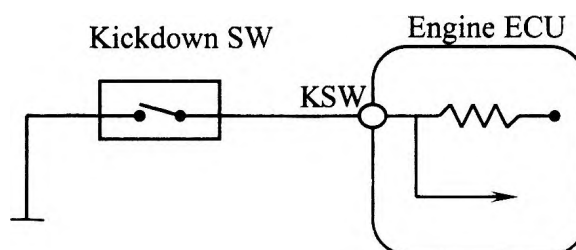


Hình 6.65: Mạch tín hiệu nhiên liệu.

Công tắc tăng tốc (kickdown switch)

Công tắc tăng tốc được gắn trên sàn xe ngay dưới bàn đạp ga. Trước khi cánh bướm ga mở hoàn toàn, công tắc tăng tốc được tiếp xúc với bàn đạp và chuyển sang vị trí đóng, đồng thời gửi tín hiệu về ECU điều khiển phun thêm xăng.

Mạch điện

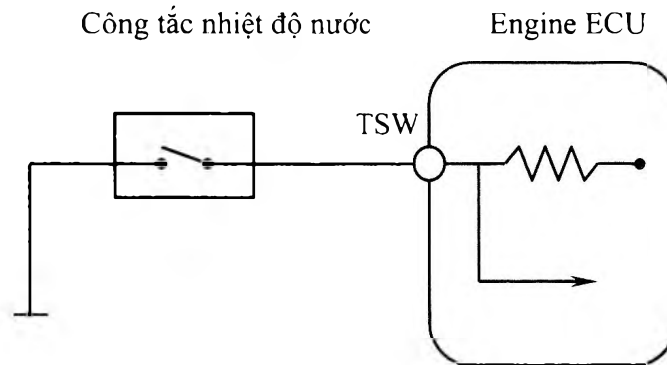


Hình 6.66: Mạch điều khiển tăng tốc.

Công tắc nhiệt độ nước (water temperature switch)

Khi động cơ quá nóng ($>110^{\circ}\text{C}$), công tắc này sẽ chuyển từ trạng thái mở sang trạng thái đóng và gửi tín hiệu về ECU điều khiển giảm lượng xăng phun, giảm góc đánh lửa sớm đồng thời điều khiển tắt máy lạnh để giảm nhiệt độ động cơ.

Mạch điện

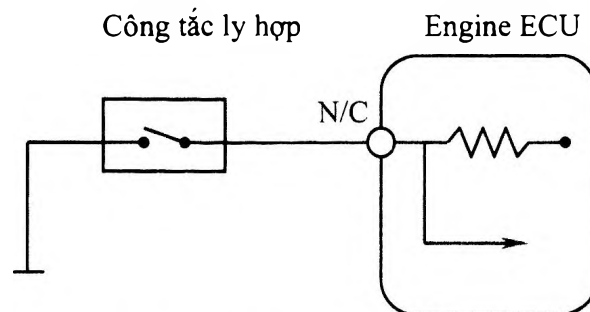


Hình 6.67: Mạch điện công tắc nhiệt độ nước.

Công tắc ly hợp (clutch switch)

Công tắc ly hợp được đặt dưới bàn đạp ly hợp. Khi gài số nhấn bàn đạp ly hợp, lúc này công tắc ly hợp được tiếp xúc với bàn đạp ly hợp và chuyển sang vị trí đóng đồng thời gửi tín hiệu về ECU điều khiển cắt nhiên liệu và giảm tốc độ động cơ để ly hợp được đóng mở dễ dàng.

Mạch điện

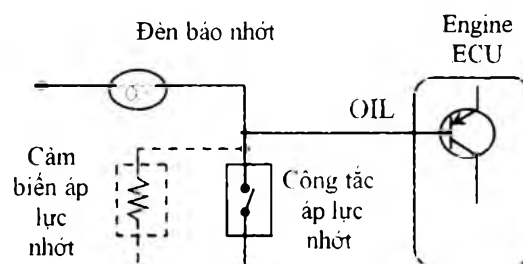


Hình 6.68: Mạch điện công tắc ly hợp.

Công tắc áp suất dầu (oil pressure switch)

Khi áp suất dầu bôi trơn quá thấp, công tắc ở vị trí đóng đồng thời gửi tín hiệu về ECU để điều khiển ngưng hoạt động của động cơ.

Mạch điện

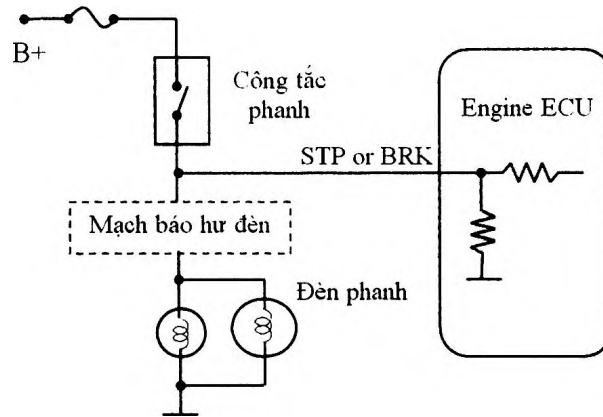


Hình 6.69: Mạch điện công tắc áp suất dầu.

Công tắc đèn phanh (stop lamp switch)

Khi đạp phanh, công tắc đèn phanh ở vị trí ON đồng thời gửi tín hiệu điện áp về ECU để điều khiển ngừng phun nhiên liệu, giảm tốc độ động cơ khi xe đang phanh.

Mạch điện



Hình 6.70: Mạch điện công tắc đèn phanh.

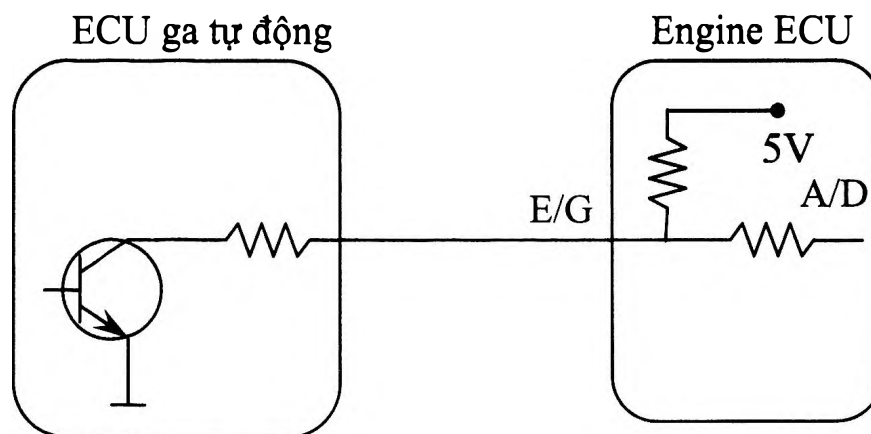
6.2.10 Tín hiệu giao tiếp giữa các ECU trên xe

Giữa các ECU của các hệ thống trên xe thường có sự giao tiếp để phối hợp điều khiển hoạt động. Trên các xe trước năm 2000, tín hiệu giao tiếp được thực hiện qua dây dẫn. Sau 2000, các giao tiếp dần được thực hiện thông qua mạng CAN.

Tín hiệu ECU hệ thống điều khiển chạy ga tự động (cruise control)

Khi nhấn công tắc bật chế độ điều khiển chạy ga tự động, ECU điều khiển ga tự động sẽ nhận được tín hiệu này, sau đó gửi về ECU động cơ để điều khiển thời điểm đánh lửa và giữ cho tốc độ xe không đổi.

Mạch điện

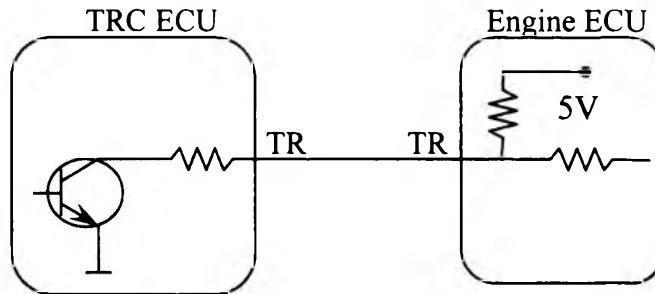


Hình 6.71: Mạch điện điều khiển ga tự động.

Tín hiệu từ ECU hệ thống kiểm soát lực kéo (TRC- traction control)

Khi hệ thống kiểm soát lực kéo của xe đang hoạt động, ECU TRC gửi tín hiệu về ECU động cơ để thực hiện một số hiệu chỉnh như giảm góc đánh lửa sớm nhằm giảm lực kéo.

Mạch điện

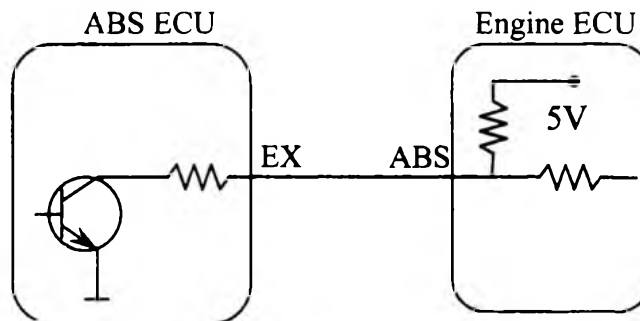


Hình 6.72: Mạch điện giao tiếp hộp kiểm soát lực kéo.

Tín hiệu từ ECU hệ thống phanh chống hãm cứng (ABS - antilock brake system)

Hệ thống chống hãm cứng của xe đang hoạt động, ECU ABS gửi tín hiệu về ECU động cơ điều khiển ngừng phun nhiên liệu để giảm tốc độ động cơ.

Mạch điện

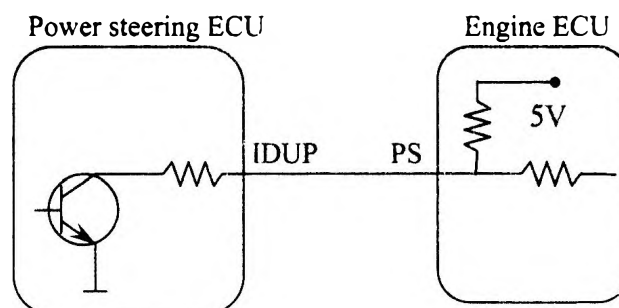


Hình 6.73: Mạch điện điều khiển hệ thống phanh ABS.

Tín hiệu từ hệ thống trợ lực lái (power steering)

Khi quay tay lái, tải trên bơm trợ lực lái sẽ tăng làm giảm tốc độ không tải của động cơ. ECU trợ lực lái sẽ gửi tín hiệu về ECU động cơ để điều khiển van *ISCV* tăng tốc độ không tải.

Mạch điện

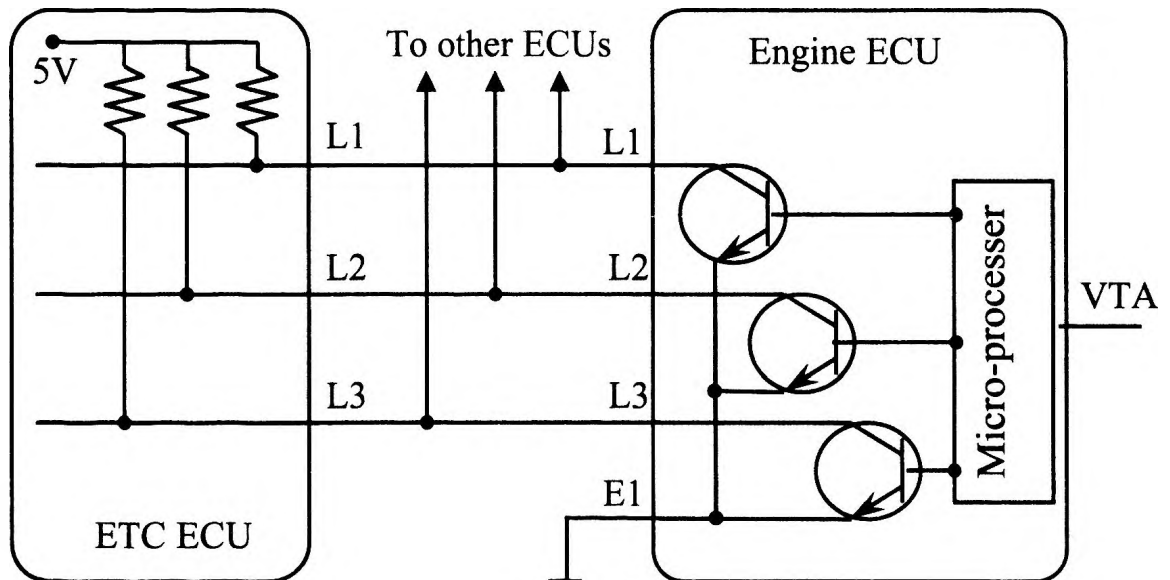


Hình 6.74: Mạch điện hệ thống trợ lực lái.

Tín hiệu từ ECU điều khiển hộp số tự động (ETC- Electronically Transmission Control)

Trên xe có trang bị hộp số tự động điều khiển bằng điện, khi sang số, sẽ xuất hiện tín hiệu điều khiển ở đầu L1, L2 hay L3 trong ECU điều khiển hộp số tự động. Tín hiệu này được trao đổi với ECU động cơ để điều khiển lượng xăng phun phù hợp.

Mạch điện



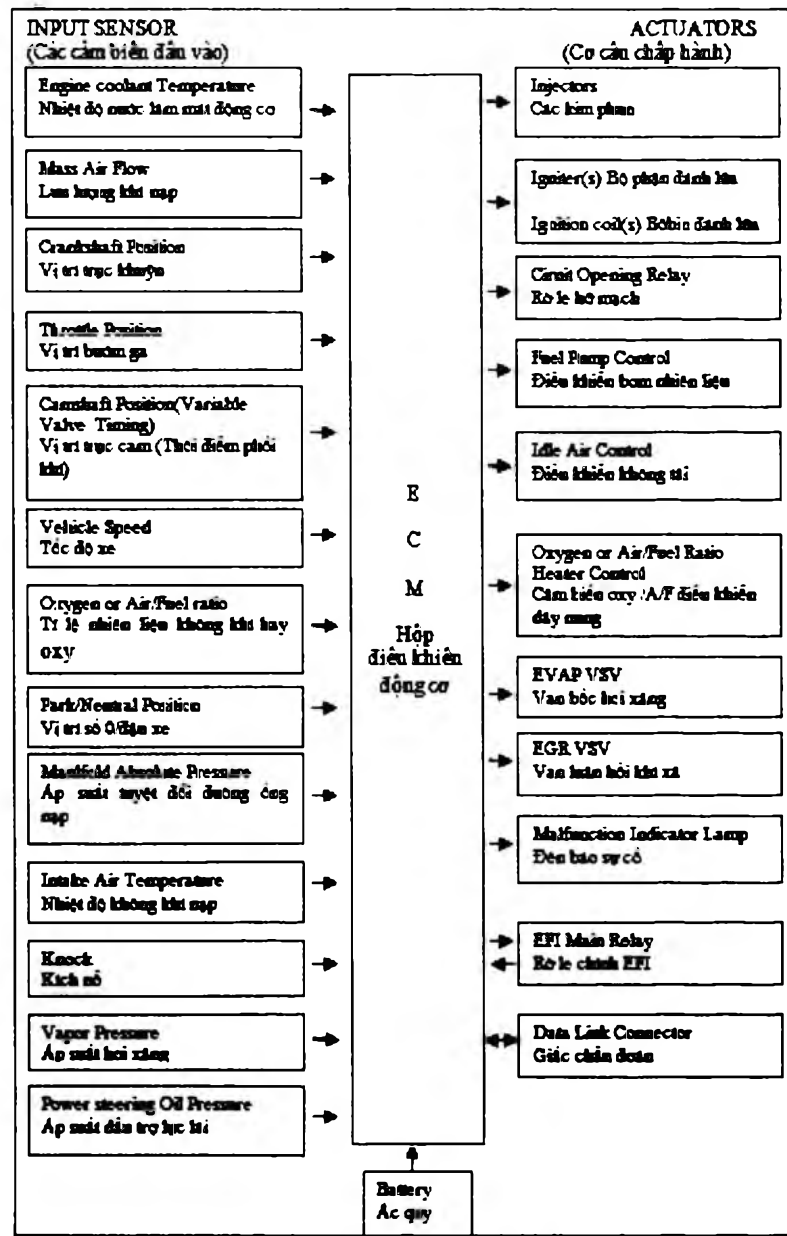
Hình 6.75: Mạch điện điều khiển hộp số tự động.

6.3 Bộ điều khiển điện tử (ECU – Electronic Control Unit hoặc ECM-Electronic Control Module)

6.3.1 Tổng quan

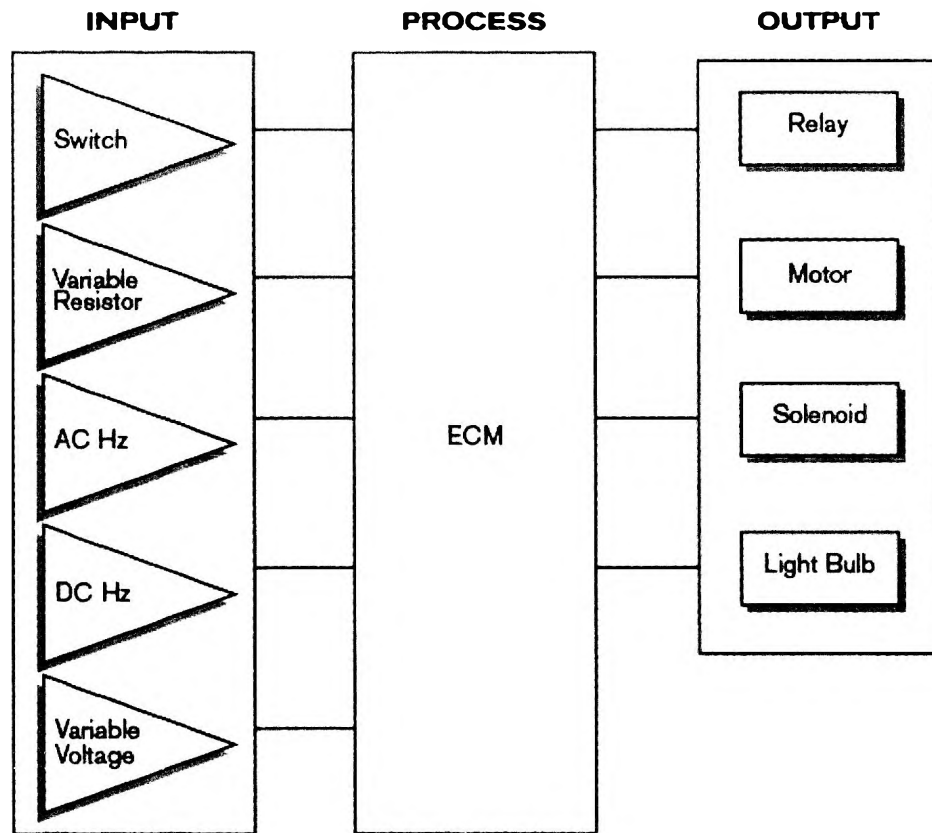
Hệ thống điều khiển động cơ theo chương trình bao gồm các cảm biến kiểm soát liên tục tình trạng hoạt động của động cơ, một bộ ECU tiếp nhận tín hiệu từ cảm biến, xử lý tín hiệu và đưa ra tín hiệu điều khiển đến cơ cấu chấp hành. Cơ cấu chấp hành luôn bảo đảm thừa lệnh ECU và đáp ứng các tín hiệu phản hồi từ các cảm biến. Hoạt động của hệ thống điều khiển động cơ đem lại sự chính xác và thích ứng cần thiết để giảm tối đa chất độc hại trong khí thải cũng như lượng tiêu hao nhiên liệu. ECU cũng đảm bảo công suất tối đa ở các chế độ hoạt động của động cơ và giúp chẩn đoán động cơ khi có sự cố xảy ra.

Điều khiển động cơ bao gồm hệ thống điều khiển xăng, lửa, tốc độ không tải, quạt làm mát, góc phôi cam, ga tự động (cruise control), chống ô nhiễm... Ngoài ra, trên các động cơ diesel ngày nay thường sử dụng hệ thống nhiên liệu bằng điện tử (EDC – *electronic diesel control* hoặc CRDI – *common rail diesel injection*).



Hình 6.76: Sơ đồ hệ thống điều khiển động cơ.

Bộ điều khiển, máy tính, ECU (ECU) hay hộp đen là những tên gọi khác nhau của mạch điều khiển điện tử Bắt đầu từ những năm 2000, đa số các bộ điều khiển đều không chỉ điều khiển động cơ mà còn điều khiển cả hộp số nữa nên hay được gọi là PCM (Powertrain Control Module). Nhìn chung, đó là bộ tổ hợp vi mạch và bộ phận phụ dùng để nhận biết tín hiệu, trữ thông tin, tính toán, quyết định chức năng hoạt động và gửi đi các tín hiệu điều khiển thích hợp. ECU được đặt trong một vỏ kim loại để giải nhiệt tốt và được bố trí ở nơi ít bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ và độ ẩm. Các linh kiện điện tử của ECU được sắp xếp trong một mạch in. Các linh kiện công suất của tầng cuối – nơi điều khiển các cơ cấu chấp hành - được gắn với khung kim loại của ECU với mục đích giải nhiệt. Sự tổ hợp các chức năng trong IC (bộ tạo xung, bộ chia xung, bộ dao động đa hài điều khiển việc chia tần số) giúp ECU đạt độ tin cậy cao. Một đầu ghim đa châu dùng nối ECU với hệ thống điện trên xe, với các cơ cấu chấp hành và các cảm biến.



Hình 6.77: Cấu trúc tổng quát hệ thống điều khiển.

6.3.2 Cấu tạo ECU

6.3.2.1 Bộ nhớ

Bộ nhớ trong ECU chia ra làm 4 loại:

ROM (read only memory) Dùng trữ thông tin thường trực. Bộ nhớ này chỉ đọc thông tin từ đó ra chứ không thể ghi vào được. Thông tin của nó đã được cài đặt sẵn. ROM cung cấp thông tin cho bộ vi xử lý và được lắp cố định trên mạch in.

RAM (random access memory)

Bộ nhớ truy xuất ngẫu nhiên dùng để lưu trữ thông tin mới được ghi trong bộ nhớ và xác định bởi vi xử lý. RAM có thể đọc và ghi các số liệu theo địa chỉ bất kỳ. Ram có hai loại:

- Loại RAM xóa được: bộ nhớ sẽ mất khi mất dòng điện cung cấp.
- Loại RAM không xóa được: vẫn duy trì bộ nhớ cho dù khi tháo nguồn cung cấp ô tô. RAM lưu trữ những thông tin về hoạt động của các cảm biến dùng cho hệ thống tự chuẩn đoán.

PROM (programmable read only memory)

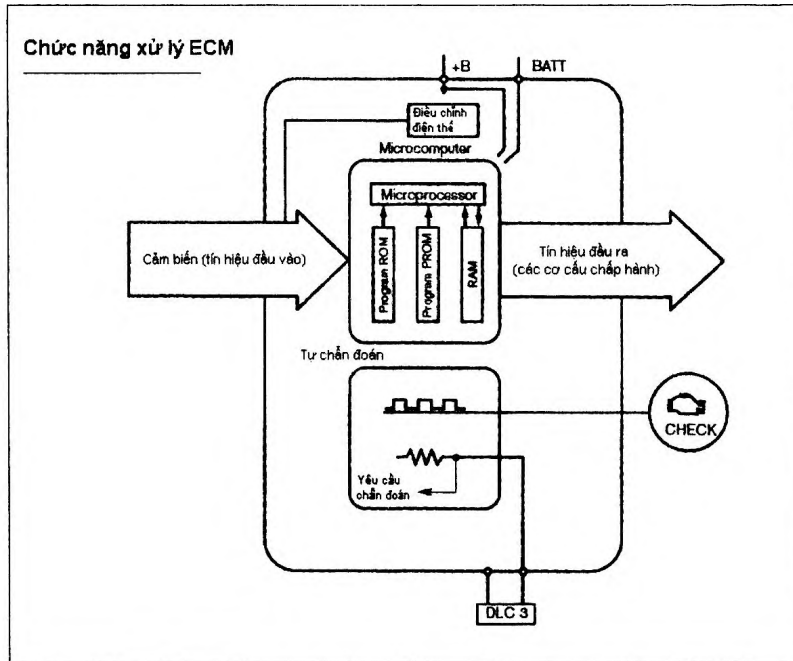
Cấu trúc cơ bản giống như ROM nhưng cho phép lập trình (nạp dữ liệu) ở nơi sử dụng chứ không phải nơi sản xuất như ROM. PROM cho phép sửa đổi chương trình điều khiển theo những đòi hỏi khác nhau.

KAM (keep alive memory)

KAM dùng để lưu trữ những thông tin mới (những thông tin tạm thời) cung cấp đến bộ vi xử lý. KAM vẫn duy trì bộ nhớ cho dù động cơ ngưng hoạt động hoặc tắt công tắc máy. Tuy nhiên, nếu tháo nguồn cung cấp từ ắc quy đến máy tính thì bộ nhớ KAM sẽ bị mất.

6.3.2.2 Bộ vi xử lý (microprocessor)

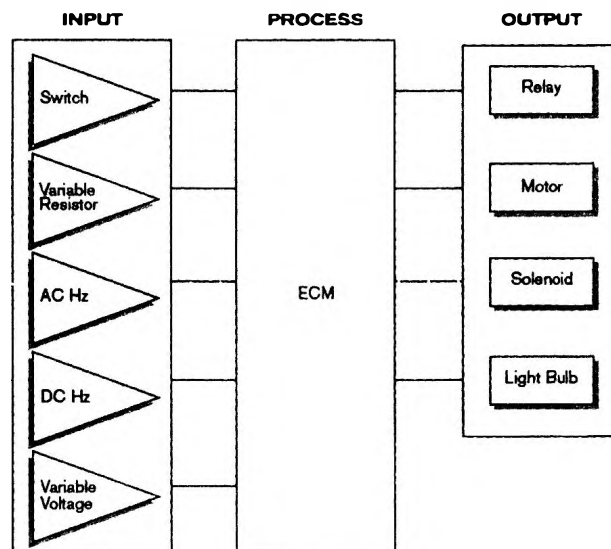
Bộ vi xử lý có chức năng tính toán và ra quyết định. Nó là “bộ não” của ECU.



Hình 6.78: Sơ đồ khối của các hệ thống trong ECU với microprocessor.

6.3.3 Cấu trúc ECU

Ngày nay trên ô tô hiện đại được trang bị vài chục ECU điều khiển các hệ thống khác nhau.



Hình 6.79: Cấu trúc tổng quát của ECU.

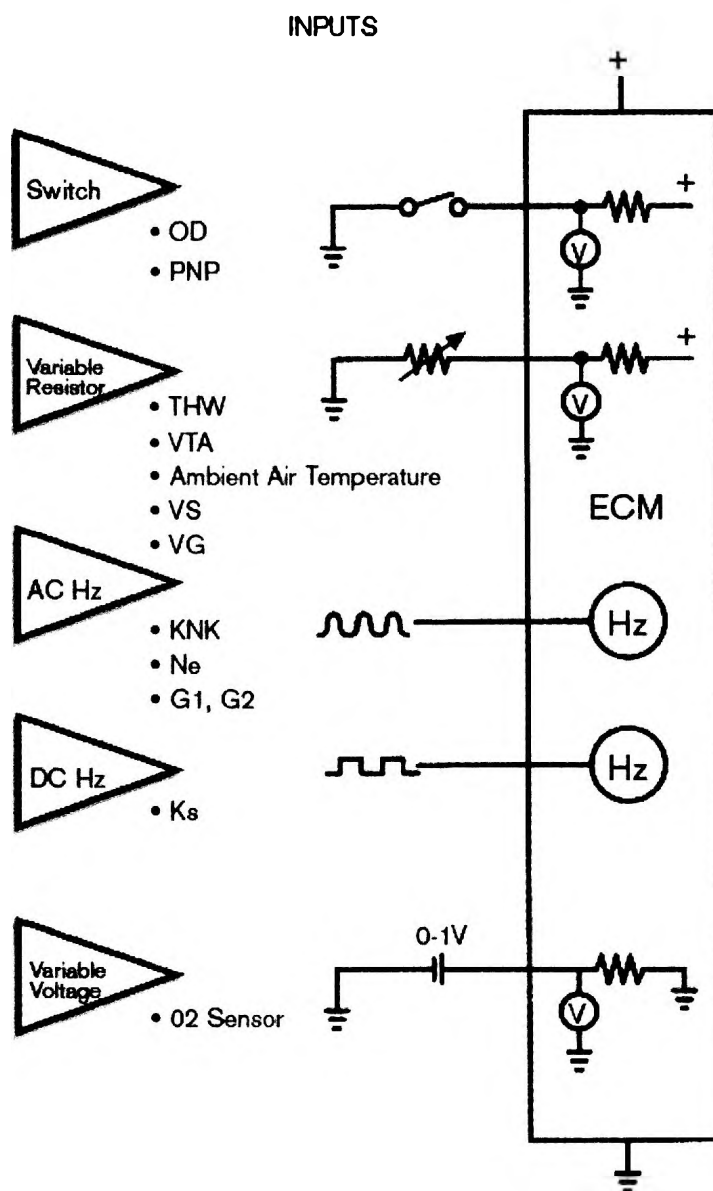
Bộ phận chủ yếu của ECU là bộ vi xử lý (microprocessor) hay còn gọi là CPU (control processing unit), CPU lựa chọn các lệnh và xử lý số liệu từ bộ nhớ ROM và RAM chứa các chương trình và dữ liệu và ngõ vào ra (I/O) điều khiển nhanh số liệu từ các cảm biến và chuyển dữ liệu đã xử lý đến các cơ cấu thực hiện.

Sơ đồ cấu trúc của CPU trên hình 6.78. Nó bao gồm cơ cấu đại số logic để tính toán dữ liệu, các bộ ghi nhận lưu trữ tạm thời dữ liệu và bộ điều khiển các chức năng khác nhau. Ở các CPU thế hệ mới, người ta thường chế tạo CPU, ROM, RAM trong một IC.

Bộ điều khiển ECU hoạt động trên cơ sở tín hiệu số nhị phân với điện áp cao biểu hiện cho số 1, điện áp thấp biểu hiện cho số 0.

6.3.4 Mạch giao tiếp ngõ vào

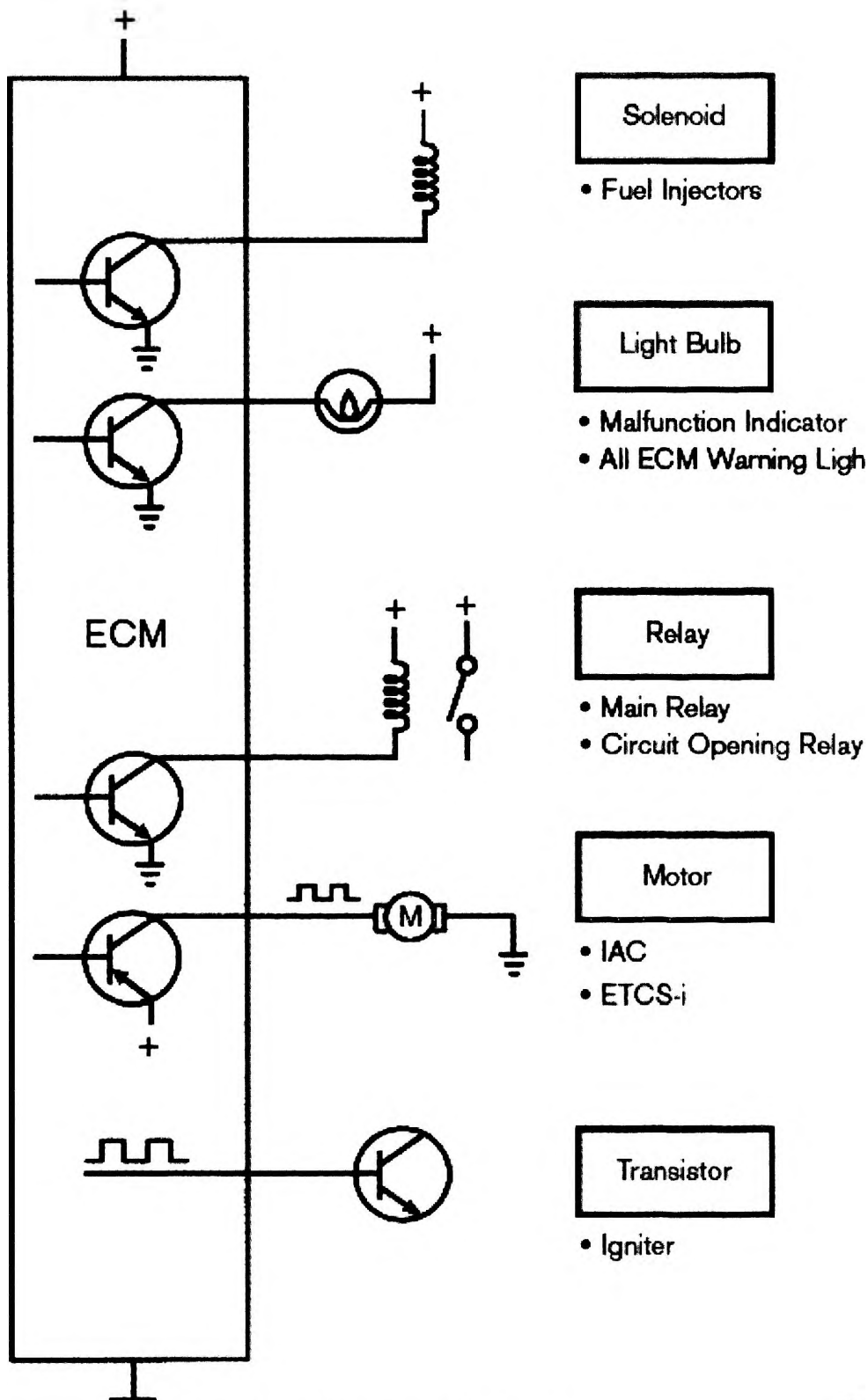
Mạch giao tiếp ngõ vào chủ yếu là các công tắc, điện trở hoặc cảm biến với tín hiệu tương tự hoặc số (hình 6.80).



Hình 6.80: Tín hiệu ngõ vào.

6.3.5 Mạch giao tiếp ngõ ra

Tín hiệu điều khiển từ bộ vi xử lý sẽ đưa đến các transistor công suất để điều khiển relay, solenoid, motor... Các transistor này có thể được bố trí bên trong hoặc bên ngoài ECU.

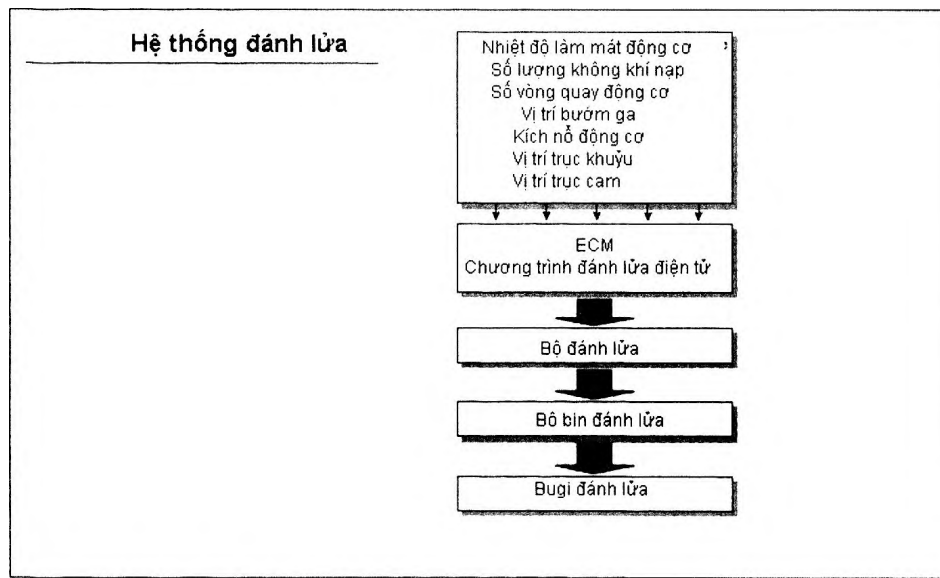


Hình 6.81: Giao tiếp ngõ ra.

6.4 Điều khiển đánh lửa

6.4.1 Cơ bản về đánh lửa theo chương trình (thế hệ 3 & 4)

Kỹ thuật số đã được áp dụng vào trong hệ thống đánh lửa từ thập kỷ 80. Việc điều khiển góc đánh lửa sớm và góc ngậm điện (dwell angle) sẽ được máy tính đảm nhận. Các thông số như tốc độ động cơ, tải, nhiệt độ được các cảm biến gửi tín hiệu về ECU để xử lý, tính toán rồi đưa ra góc đánh lửa sớm tối ưu theo từng chế độ hoạt động của động cơ. Các bộ phận như bộ đánh lửa sớm kiểu cơ khí (áp thấp, ly tâm) tồn tại trong hệ thống đánh lửa thế hệ 1 & 2 đã được loại bỏ hoàn toàn.



Hình 6.82: Nguyên lý điều khiển đánh lửa.

Hệ thống đánh lửa với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử (*ESA-electronic spark advance*) được chia làm hai loại sau:

- Hệ thống đánh lửa sử dụng bộ vi xử lý (*microprocessor ignition system*).
- Hệ thống đánh lửa sử dụng bộ vi xử lý kết hợp với hệ thống phun xăng (*Motronic*).

Nếu phân loại theo cấu tạo ta có:

- Hệ thống đánh lửa theo chương trình có bộ chia điện
- Hệ thống đánh lửa theo chương trình không có bộ chia điện (*đánh lửa trực tiếp*).

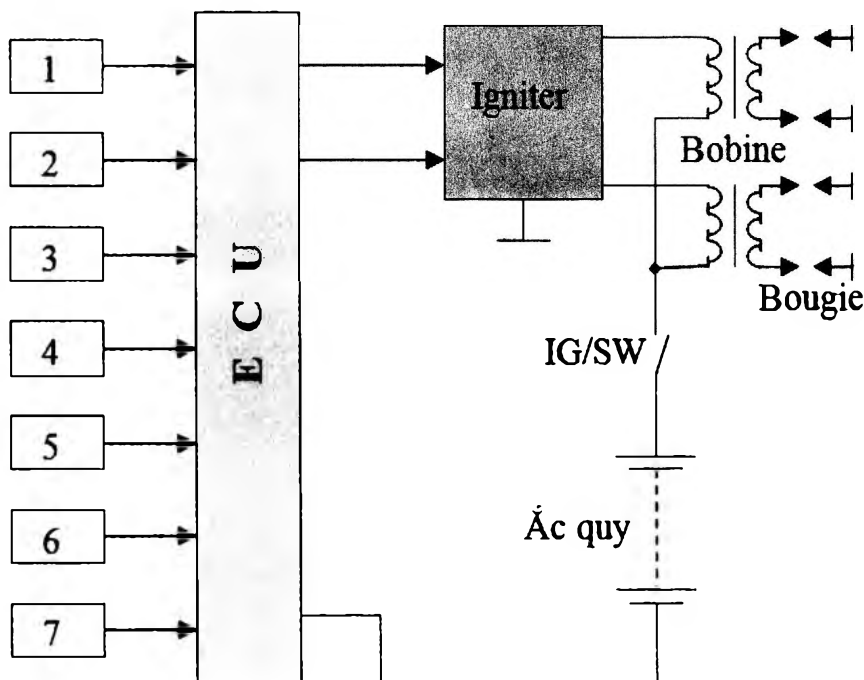
So với các hệ thống đánh lửa trước đó, hệ thống đánh lửa với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử có những ưu điểm sau:

Góc đánh lửa sớm được điều chỉnh tối ưu cho từng chế độ hoạt động của động cơ. Góc ngậm điện luôn luôn được điều chỉnh theo tốc độ động cơ và theo hiệu điện thế ắc quy, bảo đảm điện áp thứ cấp có giá trị cao ở mọi thời điểm. Động cơ khởi động dễ dàng, không tải êm dịu, tiết kiệm nhiên liệu và giảm độc hại của khí thải. Công suất và đặc tính động học của động cơ được cải thiện rõ rệt. Có khả năng điều khiển chống kích nổ cho động cơ. Ít bị hư hỏng, có tuổi thọ cao và không cần bảo dưỡng.

Với những ưu điểm nổi bật như vậy, ngày nay hệ thống đánh lửa với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử kết hợp với hệ thống phun xăng đã thay thế hoàn toàn hệ thống đánh lửa bán dẫn thông thường, giải quyết các yêu cầu ngày càng cao về

độ độc hại của khí thải.

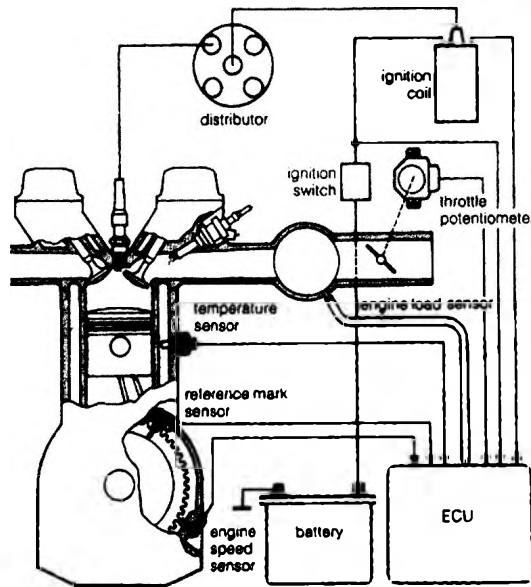
Để có thể xác định chính xác thời điểm đánh lửa cho từng xy lanh của động cơ theo thứ tự thì nổ, ECU cần phải nhận được các tín hiệu cần thiết như tốc độ động cơ, vị trí trục khuỷu (vị trí piston), lượng gió nạp, nhiệt độ động cơ... Số tín hiệu vào càng nhiều thì việc xác định góc đánh lửa sớm tối ưu càng chính xác. Sơ đồ hệ thống đánh lửa với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử có thể chia thành ba phần: tín hiệu vào (input signals), ECU và tín hiệu từ ECU ra điều khiển IC lửa (igniter).



Hình 6.83: Sơ đồ khối hệ thống đánh lửa với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử.

1. Tín hiệu tốc độ động cơ (NE).
2. Tín hiệu vị trí cốt máy (G).
3. Tín hiệu tải.
4. Tín hiệu từ cảm biến vị trí cánh bướm ga.
5. Tín hiệu nhiệt độ nước làm mát.
6. Tín hiệu điện áp ắc quy.
7. Tín hiệu kích nổ.

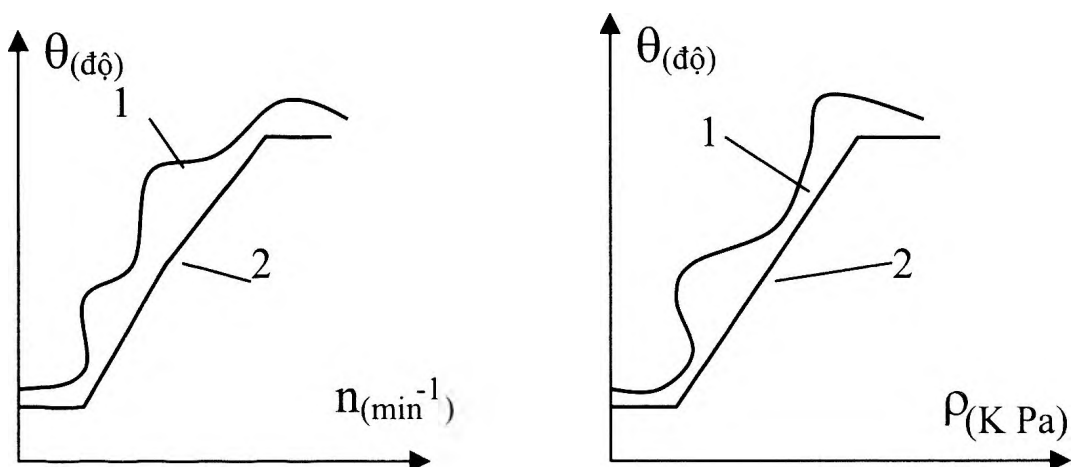
Ngoài ra còn có các tín hiệu từ cảm biến nhiệt độ khí nạp, cảm biến kích nổ, cảm biến tốc độ xe, cảm biến oxy. Sau khi nhận tín hiệu từ các cảm biến ECU sẽ xử lý và đưa ra xung đến igniter để điều khiển đánh lửa. Hình 6.84 mô tả vị trí của các cảm biến trên động cơ.



Hình 6.84: Hệ thống đánh lửa với điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử.

Trong các loại tín hiệu ngõ vào, tín hiệu tốc độ động cơ, vị trí piston (trục khuỷu) và tín hiệu tải là các tín hiệu quan trọng nhất. Để xác định tốc độ động cơ, người ta có thể đặt cảm biến trên một vành răng ở đầu trục khuỷu, bánh đà, đầu trục cam hoặc trong bộ chia điện. Có thể sử dụng cảm biến Hall, cảm biến điện từ, cảm biến quang. Số răng trên các vành răng khác nhau tùy thuộc loại cảm biến và tùy thuộc loại động cơ. Trong một số trường hợp, chỉ sử dụng một vòng răng để dùng chung cho việc xác định tốc độ động cơ và vị trí trục khuỷu.

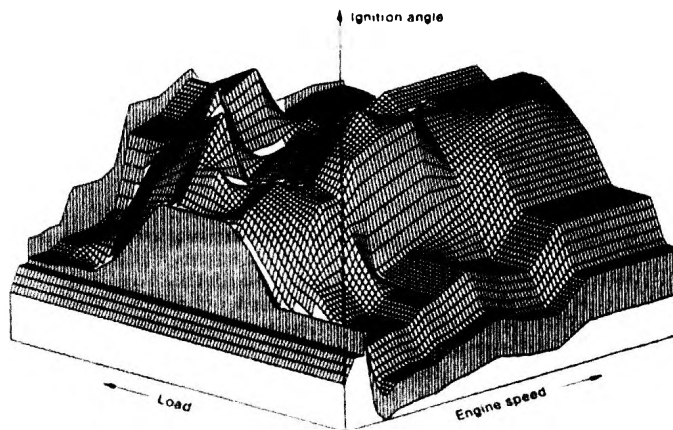
Để xác định tải của động cơ, ECU dựa vào tín hiệu áp suất trên đường ống nạp hoặc tín hiệu lượng khí nạp. Do sự thay đổi về áp suất trên đường ống nạp khi thay đổi tải, tín hiệu điện áp gửi về ECU sẽ thay đổi và ECU nhận tín hiệu này để xử lý và quy ra mức tải tương ứng để xác định góc đánh lửa sớm.



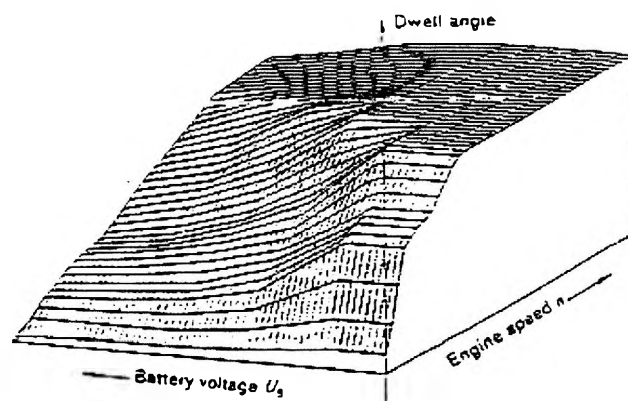
Hình 6.85: So sánh đặc tuyến điều chỉnh góc đánh lửa sớm kiểu cơ khí và điện tử.

1. Đánh lửa sớm bằng điện tử; 2. Đánh lửa sớm bằng cơ khí

Trong các hệ thống đánh lửa trước đây, việc hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm được thực hiện bằng phương pháp cơ khí với cơ cấu ly tâm và áp thấp. Đường đặc tính đánh lửa sớm tối ưu rất đơn giản, không chính xác và sai lệch theo thời gian. Trong khi đó, đường đặc tính đánh lửa lý tưởng được xác định bằng thực nghiệm rất phức tạp và phụ thuộc vào nhiều thông số. Đồ thị hình 6.85 mô tả sự sai lệch giữa hai kiểu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử và cơ khí. Đối với hệ thống đánh lửa với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử, góc đánh lửa sớm được hiệu chỉnh gần sát với đặc tính lý tưởng. Kết hợp hai đặc tính đánh lửa sớm theo tốc độ và theo tải có bản đồ góc đánh lửa sớm lý tưởng (hình 6.86) với khoảng 1.000 đến 4.000 điểm đánh lửa sớm được chọn lựa đưa vào bộ nhớ.



Hình 6.86: Bản đồ góc đánh lửa sớm lý tưởng.



Hình 6.87: Bản đồ góc ngậm điện.

Một chức năng khác của ECU trong việc điều khiển đánh lửa là sự điều chỉnh góc ngậm điện (*dwell angle control*). Góc ngậm điện phụ thuộc vào hiệu điện thế ắc quy và tốc độ động cơ. Khi khởi động chẳng hạn, hiệu điện thế ắc quy bị giảm do sụt áp, vì vậy, ECU sẽ điều khiển tăng thời gian ngậm điện nhằm mục đích tăng dòng điện trong cuộn sơ cấp. Ở tốc độ thấp, do thời gian tích lũy năng lượng quá dài (góc ngậm điện lớn) gây lãng phí năng lượng nên ECU sẽ điều khiển xén bớt xung điện áp điều khiển để giảm thời gian ngậm điện nhằm mục đích tiết kiệm năng lượng và tránh nóng bobine. Trong trường hợp dòng sơ cấp vẫn tăng cao hơn giá trị ấn định, bộ phận hạn chế dòng sẽ làm việc và giữ cho dòng điện sơ cấp không thay đổi cho đến thời điểm đánh lửa.

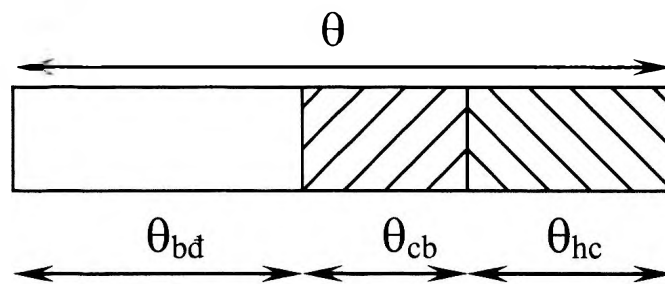
Một điểm cần lưu ý là việc điều chỉnh góc ngậm điện có thể được thực hiện trong ECU hay ở igniter. Vì vậy, igniter của hai loại có và không có bộ phận điều chỉnh góc ngậm điện không thể lắp lẫn.

Góc đánh lửa sớm thực tế khi động cơ hoạt động được xác định bằng công thức sau:

$$\theta = \theta_{bd} + \theta_{cb} + \theta_{hc}$$

Trong đó:

- θ - góc đánh lửa sớm thực tế
- θ_{bd} - góc đánh lửa sớm ban đầu
- θ_{cb} - góc đánh lửa sớm cơ bản
- θ_{hc} - góc đánh lửa sớm hiệu chỉnh

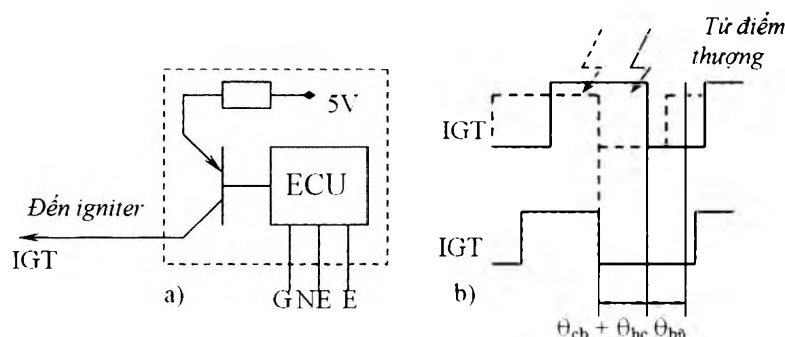


Hình 6.88: Góc đánh lửa sớm thực tế.

Góc đánh lửa sớm ban đầu (θ_{bd}) phụ thuộc vào vị trí của bộ chia điện hoặc cảm biến vị trí cốt máy (tín hiệu G). Thông thường, góc đánh lửa sớm ban đầu được hiệu chỉnh trong khoảng từ 5° đến 15° trước từ điểm thượng ở tốc độ không tải. Đối với hệ thống đánh lửa với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử, khi điều chỉnh góc đánh lửa sớm, ta chỉ chỉnh được góc đánh lửa sớm ban đầu.

Dựa vào tốc độ (tín hiệu NE) và tải của động cơ (từ tín hiệu áp suất trên đường ống nạp hoặc lưu lượng khí nạp), ECU sẽ đọc giá trị của góc đánh lửa sớm cơ bản (θ_{cb}) được lưu trữ trong bộ nhớ (hình 6.88).

Góc đánh lửa sớm hiệu chỉnh (θ_{hc}) là góc đánh lửa sớm được cộng thêm hoặc giảm bớt khi ECU nhận được các tín hiệu khác như nhiệt độ động cơ, nhiệt độ khí nạp, tín hiệu kích nổ, tín hiệu tốc độ xe... Vì vậy, góc đánh lửa sớm thực tế được tính bằng góc đánh lửa sớm ban đầu cộng với góc đánh lửa sớm cơ bản và góc đánh lửa sớm hiệu chỉnh để đạt được góc đánh lửa sớm lý tưởng theo từng chế độ hoạt động của động cơ.

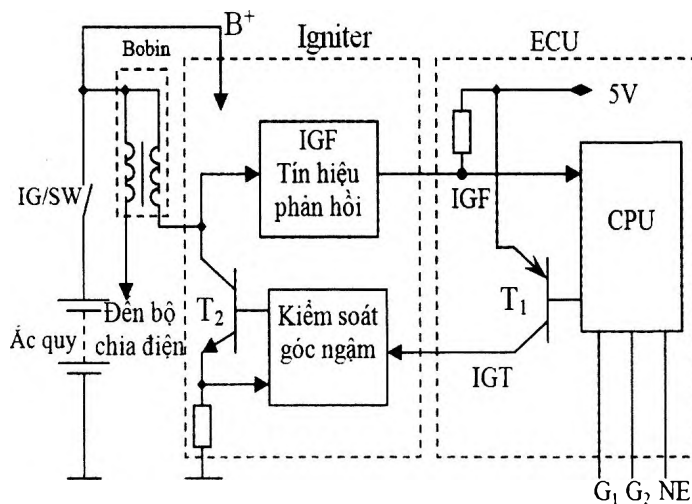


Hình 6.89: Xung điều khiển đánh lửa IGT.

Sau khi xác định được góc đánh lửa sớm, bộ xử lý trung tâm sẽ đưa ra xung điện áp để điều khiển đánh lửa (*IGT*) (hình 6.89a). Hình 6.89b mô tả quá trình dịch chuyển xung *IGT* trong CPU về phía trước của tử điểm thượng khi có sự hiệu chỉnh về góc đánh lửa cơ bản (θ_{cb}) và góc đánh lửa sớm hiệu chỉnh (θ_{hc}) ngoài ra, xung *IGT* có thể được xén trước khi gửi qua igniter.

Để cân lửa cho hệ thống đánh lửa thể hệ thứ ba, trên đa số các loại xe ta phải báo cho ECU biết. Ví dụ, trên Toyota, khi cân lửa ta nối hai đầu TE1 và E1 của check connector trước lúc cân lửa. Khi đó ECU sẽ loại trừ các yếu tố ảnh hưởng đến góc đánh lửa sớm và việc cân lửa mới chính xác. Hệ thống đánh lửa trực tiếp (thể hệ thứ tư) không cần phải cân lửa nữa.

6.4.2 Hệ thống đánh lửa lập trình có bộ chia điện (thể hệ ba)



Hình 6.90: Sơ đồ hệ thống đánh lửa với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử có sử dụng delco trên xe TOYOTA.

Sau khi nhận tất cả các tín hiệu từ các cảm biến, bộ xử lý trung tâm sẽ xử lý các tín hiệu và đưa ra các xung tín hiệu phù hợp với góc đánh lửa sớm tối ưu đã nạp sẵn trong bộ nhớ để điều khiển transistor T_1 tạo ra các xung *IGT* đưa vào igniter. Các xung *IGT* đi qua mạch kiểm soát góc ngậm (dwell angle control) và sẽ được xén trước khi điều khiển đóng ngắt transistor công suất T_2 . Cực E của transistor công suất T_2 mắc nối tiếp với điện trở (có giá trị rất nhỏ) cảm biến dòng sơ cấp kết hợp với bộ kiểm soát góc ngậm điện để hạn chế dòng sơ cấp trong trường hợp dòng sơ cấp tăng cao hơn quy định. Khi transistor T_2 ngắt bộ phát xung hồi tiếp *IGF* dẫn và ngược lại, khi T_2 dẫn bộ phát xung *IGF* ngắt, quá trình này sẽ tạo ra xung *IGF*. Xung *IGF* sẽ được gửi trở lại bộ xử lý trung tâm trong ECU để báo rằng hệ thống đánh lửa đang hoạt động phục vụ công tác chẩn đoán. Ngoài ra, để đảm bảo an toàn, xung *IGF* còn được dùng để mở mạch phun xăng. Trong trường hợp không có xung *IGF*, các kim phun sẽ ngừng phun sau thời gian vài giây.

Trên một số loại động cơ, điện áp từ cảm biến điện tử trong bộ chia điện được đưa thẳng vào igniter. Tại đây, xung sin được chuyển thành xung vuông và gửi về ECU. ECU dựa vào xung này để xác định đồng thời tốc độ động cơ và vị trí trục khuỷu để

dựa vào đó đưa ra xung IGT điều khiển đánh lửa sớm (TOYOTA, VAN, CADILAC, DAEWOO...).

6.4.3 Hệ thống đánh lửa lập trình không có bộ chia điện (Distributorless ignition system) hay hệ thống đánh lửa trực tiếp (direct ignition system) (thế hệ 4)

6.4.3.1 Ưu điểm của hệ thống đánh lửa trực tiếp

Hệ thống đánh lửa trực tiếp (DIS - direct ignition system) hay còn gọi là hệ thống đánh lửa không có bộ chia điện (DLI - distributorless ignition) được phát triển từ giữa thập kỷ 80, trên các loại xe sang trọng và ngày nay được ứng dụng rộng rãi trên các loại xe nhờ có các ưu điểm sau:

- Dây cao áp ngắn hoặc không có dây cao áp nên giảm sự mất mát năng lượng, giảm điện dung ký sinh và giảm nhiễu vô tuyến trên mạch thứ cấp.
- Không còn rotor nên không có khe hở giữa mỏ quẹt và dây cao áp.
- Bỏ được các chi tiết cơ dễ hư hỏng và phải chế tạo bằng vật liệu cách điện tốt như mỏ quẹt (rotor), chổi than, nắp delco.
- Trong hệ thống đánh lửa có bộ chia điện (delco), nếu góc đánh lửa quá sớm sẽ xảy ra trường hợp đánh lửa ở hai đầu dây cao áp kề nhau (thường xảy ra ở động cơ có số xylanh $Z > 4$).
- Loại bỏ được những hư hỏng thường gặp do hiện tượng phóng điện trên mạch cao áp và giảm chi phí bảo dưỡng.

6.4.3.2 Phân loại, cấu tạo và hoạt động của hệ thống đánh lửa trực tiếp

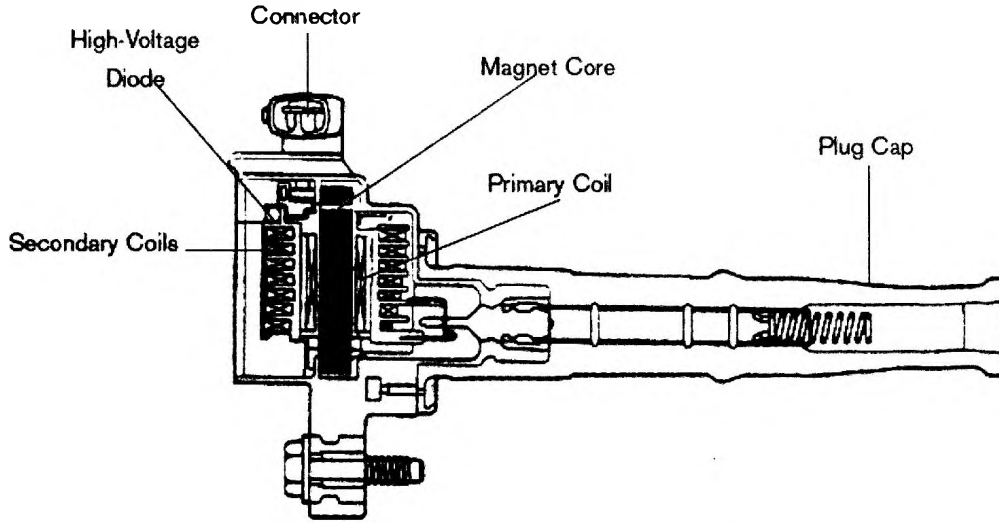
Đa số các hệ thống đánh lửa trực tiếp thuộc loại điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử nên việc đóng mở transistor công suất trong igniter được thực hiện bởi ECU.

Hệ thống đánh lửa trực tiếp được chia làm ba loại chính sau:

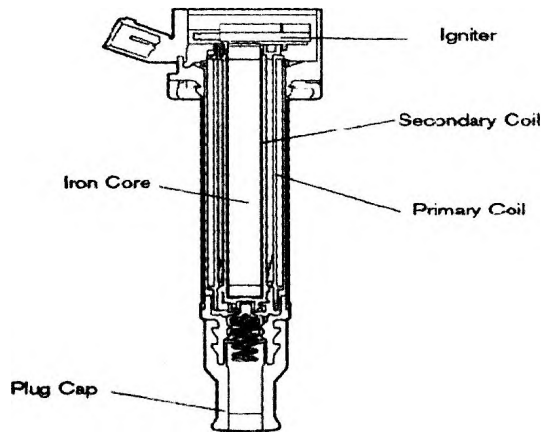
Loại 1: Sử dụng mỗi bobine cho một bougie (bobine đơn)

Nhờ tần số hoạt động của mỗi bobine nhỏ hơn trước nên các cuộn dây sơ cấp và thứ cấp ít nóng hơn. Vì vậy, kích thước của bobine rất nhỏ và được gắn với nắp chụp bougie. Trong sơ đồ hình 6.92, ECU sau khi xử lý tín hiệu từ các cảm biến sẽ gửi xung điều khiển đến cực B của từng transistor công suất trong igniter theo thứ tự kỳ nổ và thời điểm đánh lửa.

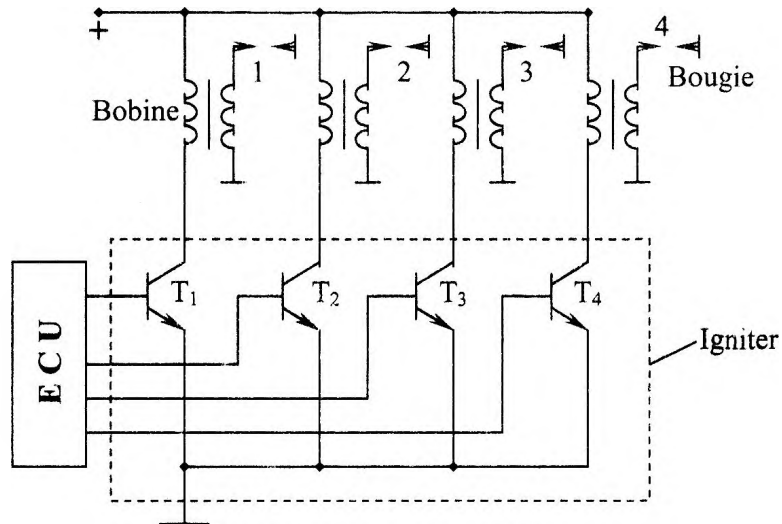
Cuộn sơ cấp của các bobine loại này có điện trở rất nhỏ ($< 1\Omega$) và trên mạch sơ cấp không sử dụng điện trở phụ vì xung điều khiển đã được xén sẵn trong ECU. Vì vậy, không được thử bobine trực tiếp bằng điện áp 12V.



Hình 6.91a: Cấu tạo bobine đơn.



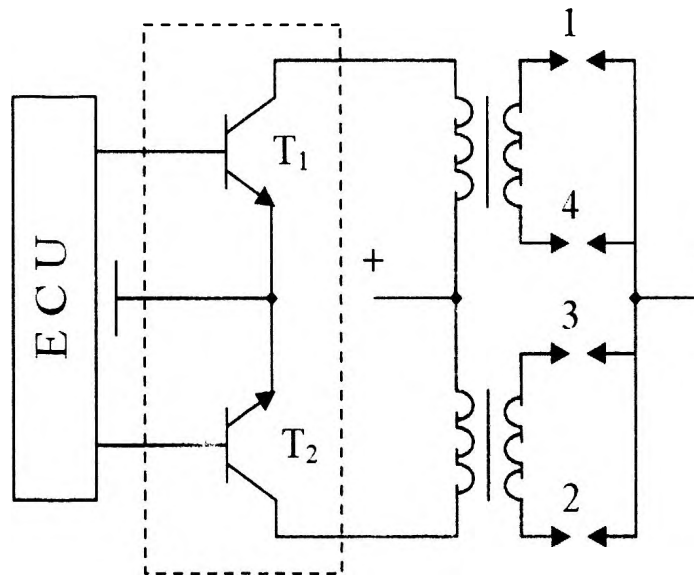
Hình 6.91b: Cấu tạo bôbine đánh lửa trực tiếp.



Hình 6.92: Hệ thống đánh lửa trực tiếp sử dụng mỗi bobine cho từng bougie.

Loại 2: Sử dụng mỗi bobine cho từng cặp bugie (bobine đôi)

Sơ đồ mạch đánh lửa loại này được trình bày trên hình 6.93.



Hình 6.93: Hệ thống đánh lửa trực tiếp sử dụng mỗi bobine cho từng cặp bugie.

Các bobine đôi phải được gắn vào bugie của 2 xy lanh song hành. Ví dụ, đối với động cơ 4 xy lanh có thứ tự thì nỏ: 1-3-4-2, ta sử dụng hai bobine. Bobine thứ nhất có hai đầu của cuộn thứ cấp được nối trực tiếp với bugie số 1 và số 4 còn bobine thứ hai nối với bugie số 2 và số 3. Phân phối điện áp cao được thực hiện như sau: giả sử điện áp thứ cấp xuất hiện ở bugie số 1 và 4, ta có:

$$U_{tc} = U_1 + U_4$$

$$U_1 = U_{tc} \frac{R_4}{R_1 + R_4} \quad U_4 = U_{tc} \frac{R_1}{R_1 + R_4}$$

Trong đó: U_{tc} - hiệu điện thế của cuộn thứ cấp.

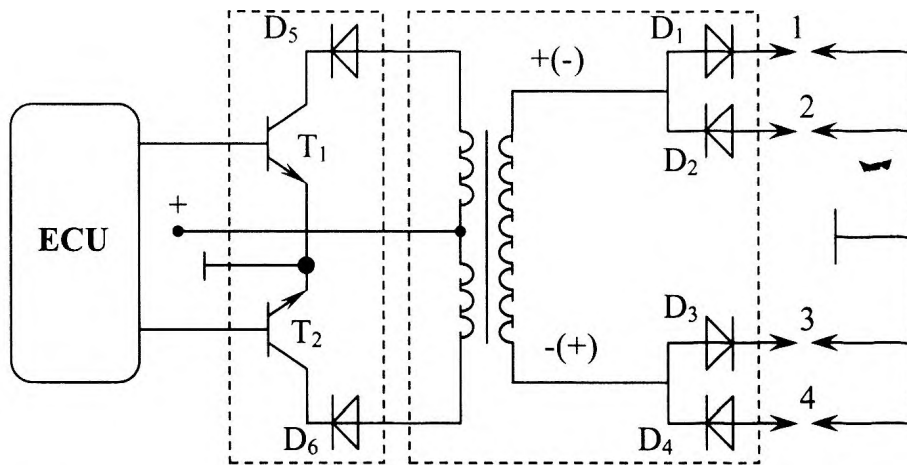
U_1 và U_4 - hiệu điện thế đặt vào khe hở của bugie số 1 và số 4.

R_1 và R_4 - điện trở của khe hở bugie số 1 và số 4.

Ở thời điểm đánh lửa, xy lanh số 1 và số 4 cùng ở vị trí gần tử điểm thượng nhưng trong hai thì khác nhau nên điện trở khe hở bugie của các xy lanh trên cũng khác nhau: $R_1 \neq R_4$. Ví dụ xy lanh số 1 đang ở thì nén thì R_1 rất lớn còn ở xy lanh số 4 đang ở thì thoát nên R_4 rất nhỏ do sự xuất nhiều ion nhờ phản ứng cháy và nhiệt độ cao. Do đó: $R_1 \gg R_4$, và như vậy ta có $U_1 \approx U_{tc}$; $U_4 \approx 0$. Có nghĩa là tia lửa chỉ xuất hiện ở bugie số 1. Trong trường hợp ngược lại $R_1 < R_4$; $U_1 \approx 0$; $U_4 \approx U_{tc}$, tia lửa sẽ xuất hiện ở bugie số 4. Quá trình tương tự cũng xảy ra đối với bugie số 2 và số 3. ECU đưa ra xung điều khiển để đóng mở các transistor T_1 và T_2 theo thứ tự thì nỏ là 1-3-4-2 hoặc 1-2-4-3.

Đối với động cơ 6 xy lanh, để đảm bảo thứ tự thì nỏ 1-5-3-6-2-4, hệ thống đánh lửa trực tiếp sử dụng ba bobine: một cho xy lanh số 1 và số 6. Một cho xy lanh số 2 và số 5 và một cho xy lanh số 3 và số 4.

Loại 3: Sử dụng một bobine cho 4 xylanh



Hình 6.94: Hệ thống đánh lửa trực tiếp sử dụng một bobine cho 4 xylanh.

Trong sơ đồ trên, bobine có hai cuộn sơ cấp và một cuộn thứ cấp được nối với các bougie qua các diode cao áp. Do hai cuộn sơ cấp quấn ngược chiều nhau nên khi ECU điều khiển mở lần lượt transistor T_1 và T_2 , điện áp trên cuộn thứ cấp sẽ đổi dấu. Tùy theo dấu của xung cao áp, tia lửa sẽ xuất hiện ở bougie tương ứng qua các diode cao áp theo chiều thuận. Ví dụ: nếu cuộn thứ cấp có xung dương, tia lửa sẽ xuất hiện ở số 1 hoặc số 4.

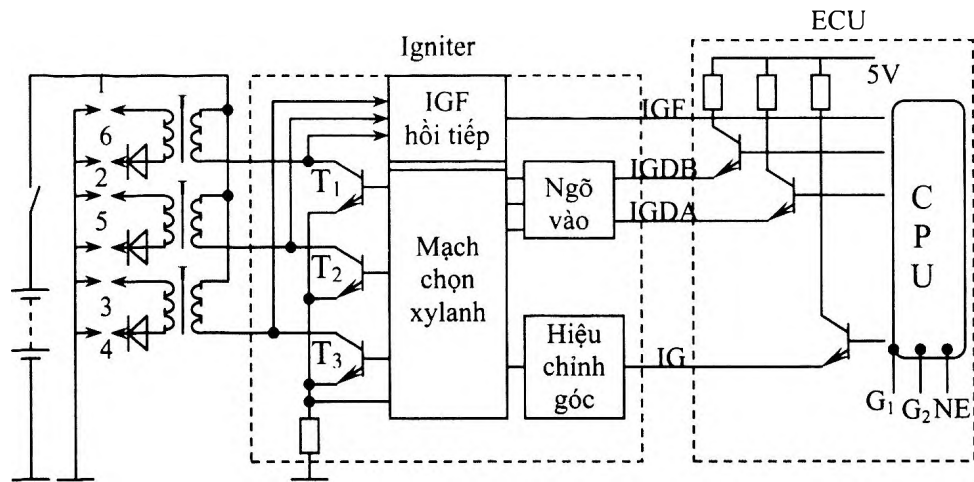
Diode D_5 và D_6 dùng để ngăn chặn ảnh hưởng từ giữa hai cuộn sơ (lúc T_1 hoặc T_2 đóng) nhưng chúng làm tăng công suất tiêu hao trên igniter.

Nhược điểm của hệ thống đánh lửa trực tiếp loại 2 và 3 là chiều điện áp đánh lửa trên hai bougie cùng cặp ngược nhau dẫn đến hiệu điện thế đánh lửa chênh nhau khoảng 40%.

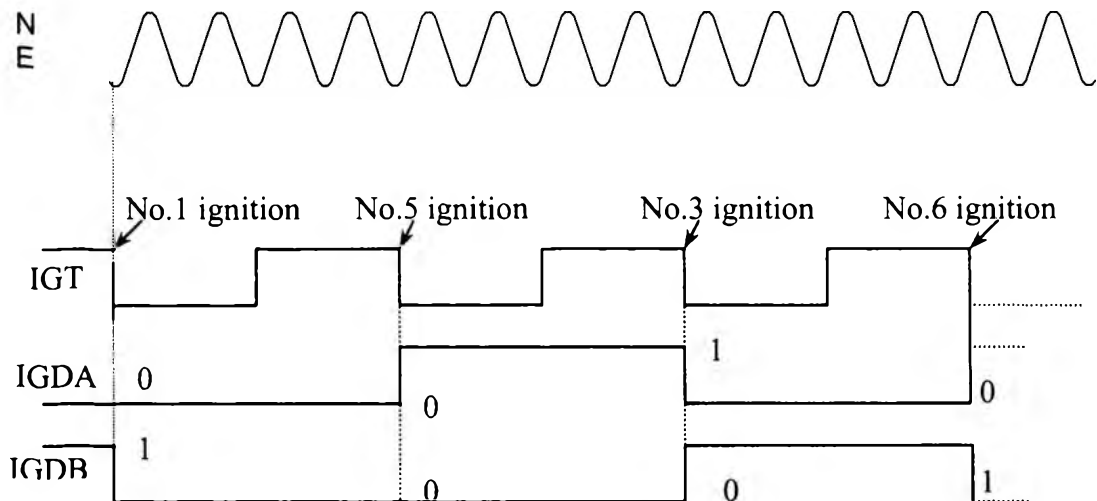
6.4.3.3 Case study: Nghiên cứu sơ đồ điều khiển góc đánh lửa sớm của hệ thống đánh lửa trực tiếp Toyota 1G-GZ

Hệ thống đánh lửa trực tiếp có sơ đồ góc đánh lửa sớm nêu trên được trình bày trên hình 6.95a bao gồm ECU, igniter và ba bobine đánh lửa cho động cơ 6 xylanh.

Sau khi nhận được các tín hiệu cần thiết, bộ xử lý trung tâm sẽ dựa vào các tín hiệu ngõ vào, tính toán thời điểm đánh lửa và đưa đến igniter ba xung IGT , $IGDA$, $IGDB$ (hình 6.95b). Xung IGT là xung quyết định góc đánh lửa sớm được đưa vào bộ hiệu chỉnh góc ngậm điện để xén xung và sau đó đi qua mạch xác định xylanh (cylinder identification circuit). Xung $IGDA$ và xung $IGDB$ có dạng như trên hình 6.95b, được đưa vào ngõ vào (input circuit) của igniter. Tại đây tùy thuộc vào trạng thái của hai xung (mức cao hay thấp) mà igniter sẽ xác định xylanh cần đánh lửa theo đúng thứ tự thì nổ.



Hình 6.95a: Sơ đồ điều khiển góc đánh lửa sớm của hệ thống đánh lửa trực tiếp Toyota 1G-GZ.



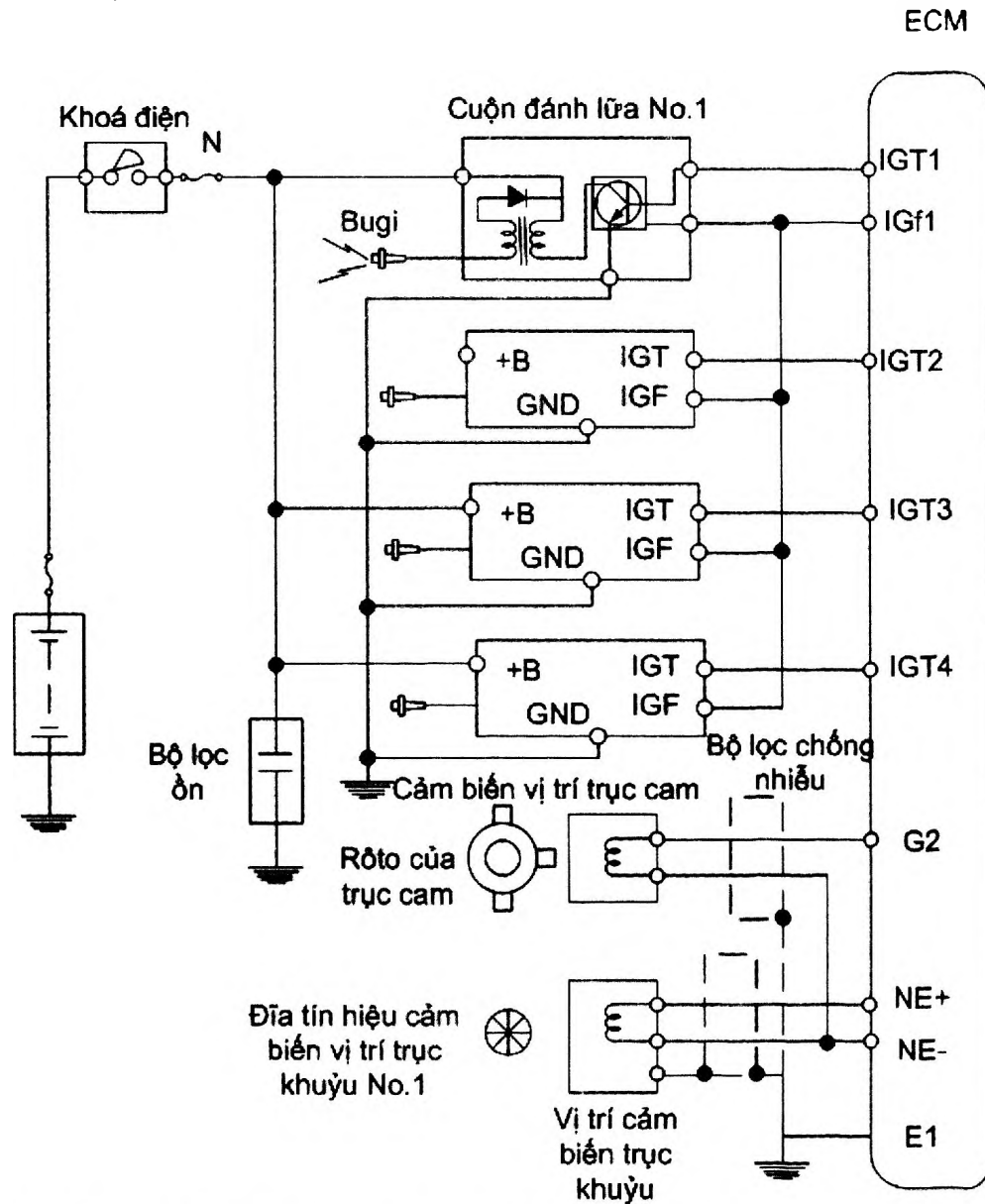
Hình 6.95b: Dạng xung điều khiển đánh lửa trực tiếp.

Để đảm bảo đánh lửa theo đúng thứ tự thì nỏ 1 - 5 - 3 - 6 - 2 - 4, mạch vào sẽ xác định xy lanh cần đánh lửa theo bảng mã sau:

Xung IGDA	Xung IGDB	Xylanh
0	1	1 và 6
0	0	2 và 5
1	0	3 và 4

Trong trường hợp xung IGDA ở mức thấp (0), xung IGDB ở mức cao (1), mạch xác định xy lanh sẽ phân phối xung IGT đến đóng ngắt transistor T_1 . Khi transistor T_1 ngắt,

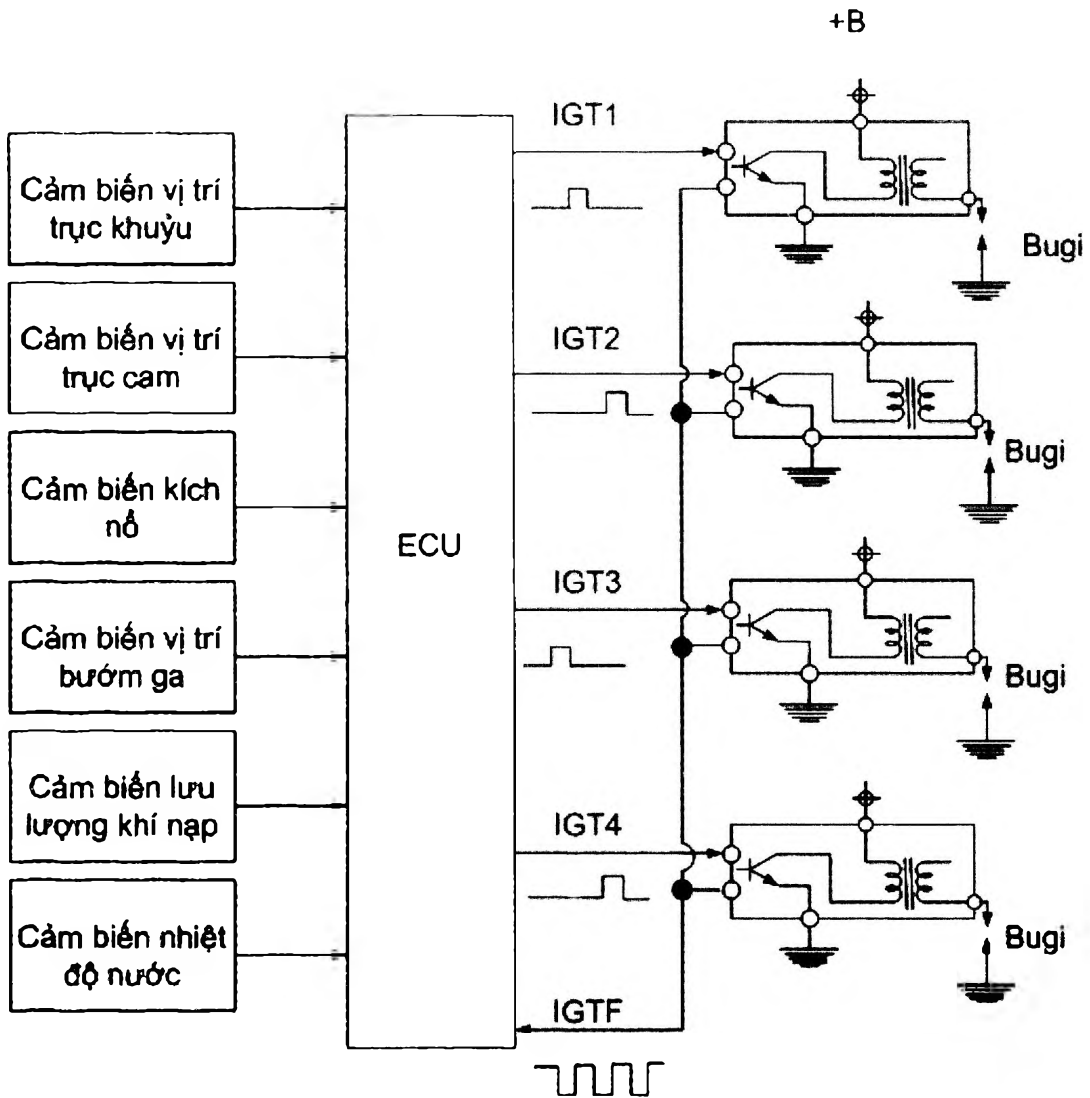
sức điện động cảm ứng trên cuộn thứ cấp sẽ tạo tia lửa cho bugie số 1 hoặc số 6. Hoạt động tương tự cho xy lanh số 2 và số 5, số 3 và số 4, xung IGF là xung hồi tiếp, báo cho ECU biết hệ thống đánh lửa đang hoạt động. Trên hình 6.90-6.98 trình bày hệ thống đánh lửa trực tiếp bobine đơn của 2AZ-FE.



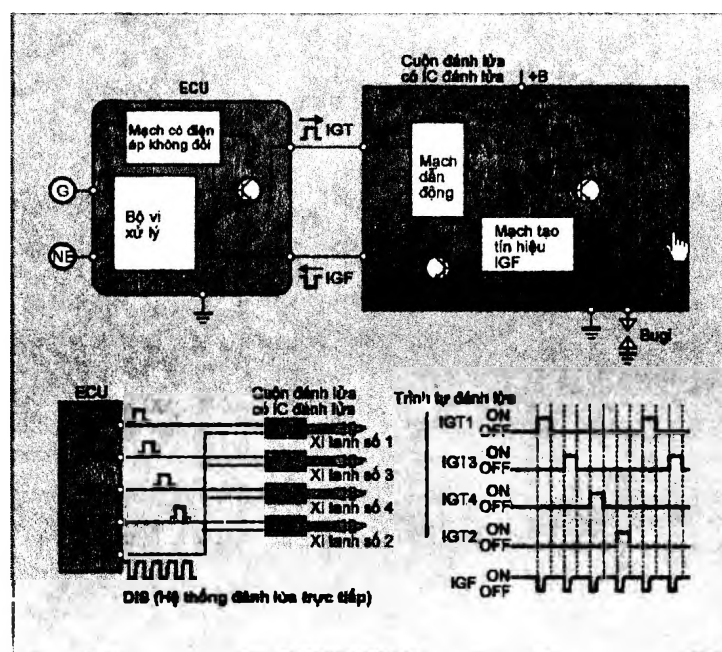
Hình 6.96: Mạch điện và tín hiệu hệ thống đánh lửa động cơ 2AZ - FE.

ECU nhận tín hiệu G, NE từ động cơ sau đó ECU gửi tín hiệu đến IC đánh lửa theo thứ tự nổ của động cơ.

ECU của động cơ nhận tín hiệu từ các cảm biến khác nhau, tính toán thời điểm đánh lửa, truyền tín hiệu đánh lửa đến IC đánh lửa. Thời điểm đánh lửa được tính toán liên tục theo điều kiện của động cơ, dựa trên thời điểm đánh lửa tối ưu đã được lưu trữ trong máy tính.



Hình 6.97a: Sơ đồ điều khiển hệ thống đánh lửa 2AZ-FE.

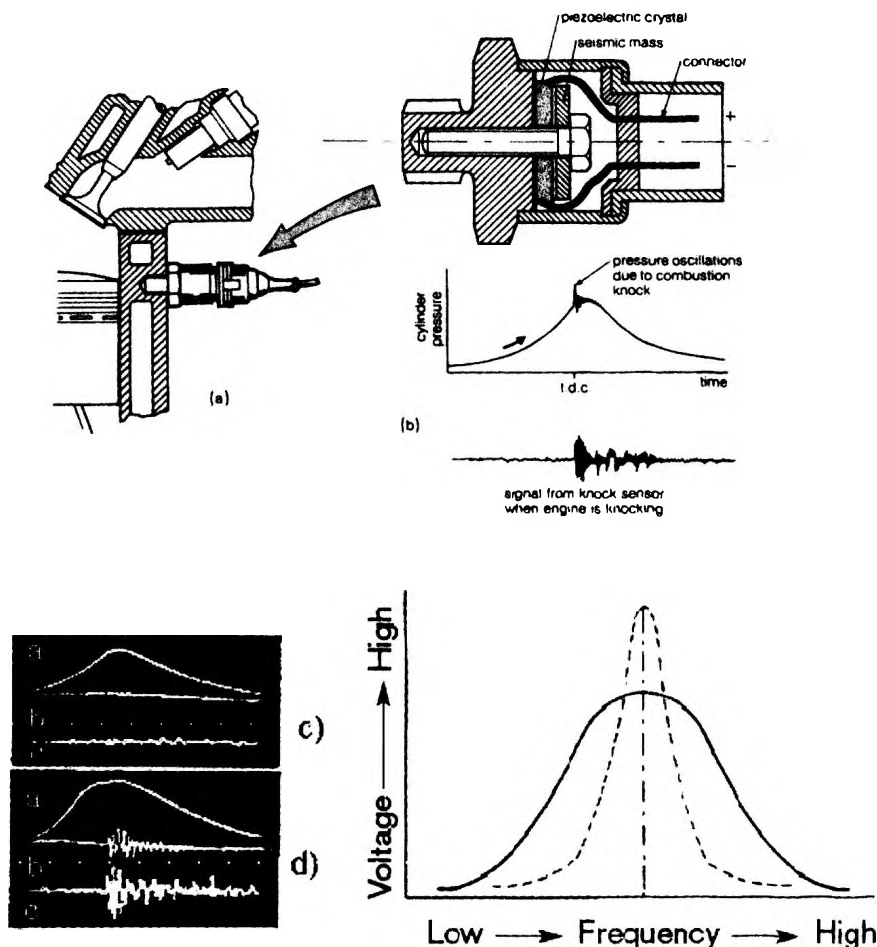


Hình 6.97b: Mạch IC đánh lửa trực tiếp.

6.4.3.4 Điều khiển chống kích nổ

Khi sử dụng xăng có chỉ số octane quá thấp, động cơ có tỷ số nén cao, cháy sớm hoặc quá tải trong buồng đốt sẽ xảy ra hiện tượng kích nổ. Hiện tượng kích nổ xảy ra sẽ rất nguy hiểm vì các sóng áp suất cực mạnh tạo ra do hai màng lửa lan truyền ngược chiều nhau gây hư hỏng các chi tiết cơ khí, tăng ô nhiễm và làm giảm tuổi thọ động cơ. Khi có hiện tượng kích nổ xảy ra, ECU sẽ điều khiển giảm góc đánh lửa sớm để giảm kích nổ.

Tín hiệu kích nổ được ECU nhận biết bằng cảm biến kích nổ (*knock or detonation sensor*) gắn ở thân động cơ hoặc nắp máy (hình 6.98). Cảm biến kích nổ còn được gọi là cảm biến tiếng gõ. Cảm biến kích nổ được chế tạo từ thạch anh, là loại vật liệu áp điện. Khi bị nén hoặc giãn, cảm biến sẽ phát ra điện áp. Do thành xy lanh và nắp máy luôn bị rung mạnh khi động cơ làm việc nhất là ở kỳ nổ nên cảm biến kích nổ luôn phát ra điện áp. Để phân biệt sự cháy bình thường và sự cháy do kích nổ, người ta còn ứng dụng hiệu ứng cộng hưởng trong vật lý trong cảm biến này. Kích thước của cảm biến được chế tạo để có tần số riêng trùng với tần số kích nổ $5 \div 7 \text{ kHz}$ (hình 6.98).

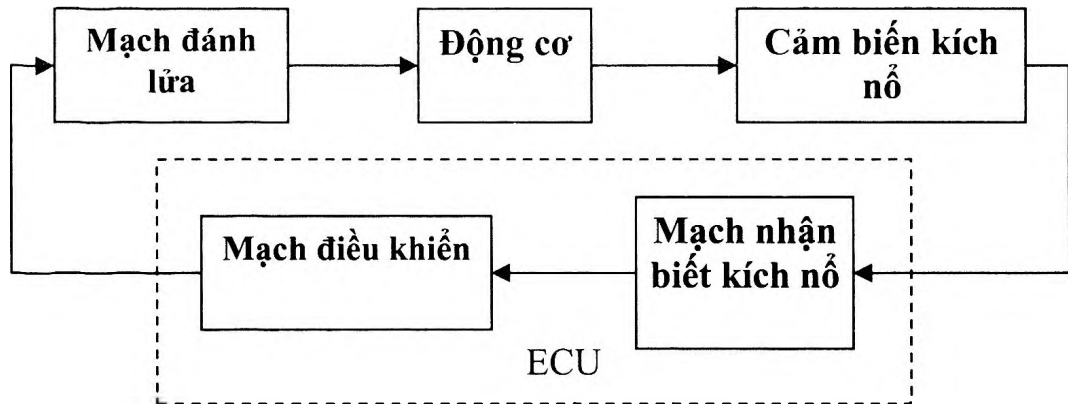


a. Cảm biến kích nổ
b, c, d. Tín hiệu từ cảm biến kích nổ

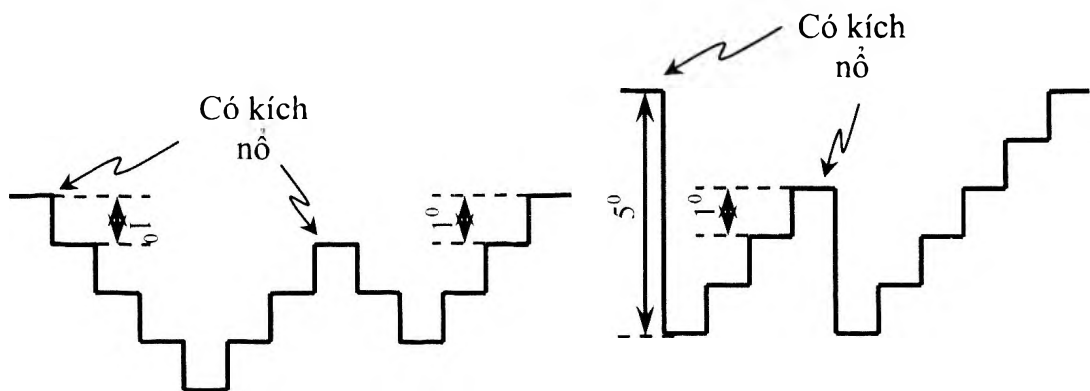
Hình 6.98: Cảm biến kích nổ và dạng tín hiệu.

Hình 6.98 biểu diễn các xung điện áp từ cảm biến kích nổ tương ứng với quá trình

cháy bình thường trong xylanh với biên độ dao động của xung rất nhỏ. Khi có hiện tượng kích nổ xảy ra, các xung tín hiệu sẽ dao động mạnh với biên độ rất cao (hình 6.98) khiến ECU nhận biết tín hiệu này để giảm góc đánh lửa sớm.



Hình 6.99a: Sơ đồ điều khiển chống kích nổ kiểu hồi tiếp.



Hình 6.99b: Hai phương pháp điều khiển chống kích nổ.

Quá trình kiểm soát kích nổ được thực hiện theo chu trình kín được trình bày trên hình 6.99a. Kích nổ thường chỉ xảy ra ở một vài xylanh. Vì vậy, dựa vào thời điểm kích nổ (quá trình cháy) và vị trí trục khuỷu, ECU nhận biết chính xác các xylanh đã xảy ra hiện tượng kích nổ. Việc hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm chỉ được thực hiện ở các xylanh này để ít ảnh hưởng đến công suất động cơ. Việc giảm góc đánh lửa sớm được thực hiện theo 2 cách: giảm nhanh và giảm chậm theo từng chu kỳ làm việc của động cơ cho đến khi hiện tượng kích nổ chấm dứt. Do khi đánh lửa trễ đi, công suất động cơ sẽ giảm nên lúc kích nổ chấm dứt, ECU sẽ tăng dần góc đánh lửa sớm. Nếu không có hiện tượng kích nổ xảy ra nữa, góc đánh lửa sớm sẽ trở về góc đánh lửa sớm tối ưu (hình 6.99b).

Để tránh kích nổ xảy ra, một số loại động cơ có hai nấc điều chỉnh: một cho loại xăng thường, một cho loại xăng tốt (có chỉ số octane cao). Trong trường hợp này, bộ nhớ trong ECU có hai bản đồ dữ liệu về góc đánh lửa tương ứng với mỗi loại xăng. Tài xế sẽ điều chỉnh công tắc theo loại xăng mà họ sử dụng để đạt hiệu suất động cơ cao.

Trên một số loại động cơ xăng có tăng áp, quá trình điều khiển kích nổ được kết hợp giữa giảm góc đánh lửa sớm và giảm áp suất khí nạp. Khi góc đánh lửa sớm giảm tối đa (10°) mà hiện tượng kích nổ vẫn xảy ra, ECU sẽ điều khiển van mở đường thải (*wastegate*) giảm bớt lượng khí thải đi qua turbine làm tốc độ turbine chậm lại và áp suất khí nạp sẽ giảm xuống. Lúc đầu, ECU sẽ điều khiển cho van mở lớn để áp suất tăng áp giảm xuống nhanh chóng, sau đó van sẽ được điều khiển đóng từ từ.

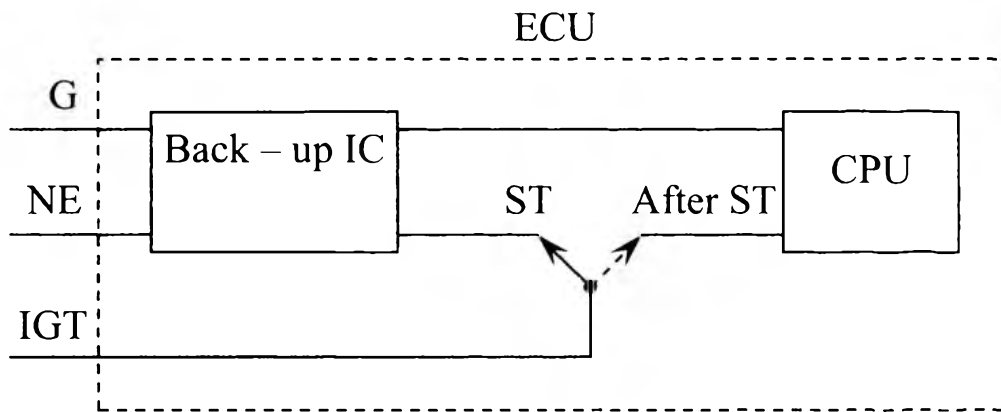
Ngoài ra, góc đánh lửa sớm còn được hiệu chỉnh theo các điều kiện làm việc khác như kết hợp với hệ thống điều khiển ga tự động (*cruise control*), hệ thống cắt nhiên liệu khi vượt tốc, hệ thống kiểm soát lực kéo, hiệu chỉnh theo chế độ lưu hồi khí thải...

6.4.3.5 Hiệu chỉnh góc đánh lửa theo các chế độ làm việc của động cơ

Động cơ trên ô tô có khả năng thích ứng rất cao. Từ lúc khởi động và trong suốt quá trình làm việc, chế độ làm việc của động cơ liên tục thay đổi. Tùy từng chế độ làm việc của động cơ mà ECU thực hiện việc điều chỉnh góc đánh lửa sớm đúng với bản đồ góc đánh lửa sớm lý tưởng ở chế độ khởi động, chế độ không tải, chế độ hâm nóng sau khởi động... đảm bảo hiệu suất động cơ cao nhất cũng như giảm ô nhiễm và tiêu hao nhiên liệu.

Chế độ khởi động

Góc đánh lửa sớm được đặt ở một giá trị nhất định, không thay đổi trong suốt quá trình khởi động. Giá trị của góc đánh lửa sớm phụ thuộc vào back-up IC trong ECU đã lưu trữ các số liệu về góc đánh lửa (hình 6.100).



Hình 6.100: Điều khiển góc đánh lửa sớm ở chế độ khởi động.

Thông thường, góc đánh lửa sớm được chọn nhỏ hơn 10° . Với góc đánh lửa này, động cơ được khởi động dễ dàng ngay cả khi nguội, đồng thời tránh sự nổ dội. Việc hiệu chỉnh theo nhiệt độ góc đánh lửa sớm khi khởi động không cần thiết vì thời gian khởi động rất ngắn.

Khi có tín hiệu khởi động, mạch chuyển đổi trạng thái (có thể nằm trong hoặc ngoài ECU) sẽ nối đường *IGT* sang vị trí *ST*. Khi đó, xung *IGT* được điều khiển bởi Back-up IC thông qua hai tín hiệu *G* và *NE*. Nếu động cơ đã nổ, đường *IGT* sẽ được nối sang vị trí *After ST* (sau khởi động) và việc hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm sẽ được thực hiện bởi ECU.

Chế độ sau khởi động

Khi động cơ đã khởi động xong, góc đánh lửa sớm sẽ được hiệu chỉnh theo công thức:

$$\theta = \theta_{bd} + \theta_{cb} + \theta_{hc}$$

Trong đó, góc đánh lửa hiệu chỉnh (θ_{hc}) là tổng của tất cả các góc đánh lửa theo các điều kiện làm việc của động cơ:

- Hiệu chỉnh theo nhiệt độ nước làm mát của động cơ.
- Hiệu chỉnh theo sự ổn định của động cơ trong chế độ không tải.
- Hiệu chỉnh theo sự kích nổ.
- Hiệu chỉnh theo nhiệt độ của khí nạp.
- Hiệu chỉnh theo các điều kiện khác (như điều kiện khí thải, chế độ ga tự động, chế độ vượt tốc, quá trình thay đổi lực kéo của động cơ khi xe có hiện tượng trượt...).

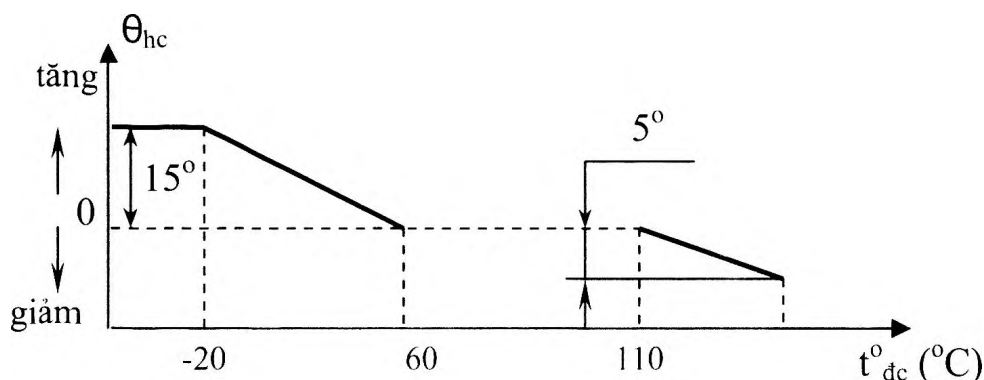
Tùy loại động cơ mà một số chức năng hiệu chỉnh của ECU có hoặc không. Ví dụ chức năng hiệu chỉnh góc đánh lửa theo sự kích nổ, theo sự trượt của xe cũng chỉ có ở các loại xe sang.

Để ngăn ngừa các trường hợp xấu ảnh hưởng đến hoạt động và tuổi thọ của động cơ do đánh lửa quá sớm hoặc quá trễ, ECU chỉ thực hiện việc chỉnh góc đánh lửa sớm (bao gồm $\theta_{cb} + \theta_{hc}$) trong giới hạn từ 10° đến 45° trước từ điểm thượng.

Hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm theo nhiệt độ của động cơ.

Tùy thuộc vào nhiệt độ của động cơ được nhận biết từ cảm biến nhiệt độ nước làm mát mà góc đánh lửa sớm được hiệu chỉnh tăng hoặc giảm cho thích hợp với điều kiện cháy của hòa khí trong buồng đốt. Khi nhiệt độ của động cơ nằm trong khoảng -20° đến $60^\circ C$ thì góc đánh lửa sớm được hiệu chỉnh sớm hơn từ 0° đến 15° . Nếu nhiệt độ động cơ nhỏ hơn -20° thì góc đánh lửa sớm cũng chỉ được cộng thêm 15° (hình 6.101). Sở dĩ phải tăng góc đánh lửa sớm khi động cơ nguội là vì ở nhiệt độ thấp, tốc độ cháy chậm, nên phải kéo dài thời gian để nhiên liệu cháy hết nhằm tăng hiệu suất động cơ.

Khi nhiệt độ động cơ nằm trong khoảng từ 60° đến $110^\circ C$, ECU không thực hiện sự hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm theo nhiệt độ.

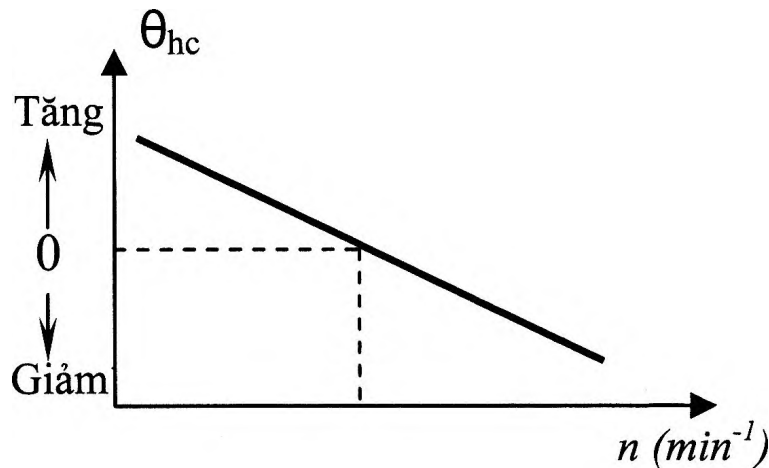


Hình 6.101: Hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm theo nhiệt độ động cơ.

Trong trường hợp động cơ quá nóng (over temperature) ($> 110^{\circ}C$) sẽ dễ gây ra hiện tượng kích nổ và tăng hàm lượng NOx trong khí thải, vì vậy ECU sẽ điều khiển giảm góc đánh lửa xuống một góc tối đa là 5° .

Hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm theo sự ổn định của động cơ ở chế độ không tải

Ở chế độ không tải, tốc độ động cơ bị dao động do tải của động cơ thay đổi, việc hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm có tác dụng làm ổn định tốc độ động cơ.



Hình 6.102: Hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm theo sự ổn định của động cơ ở chế độ không tải.

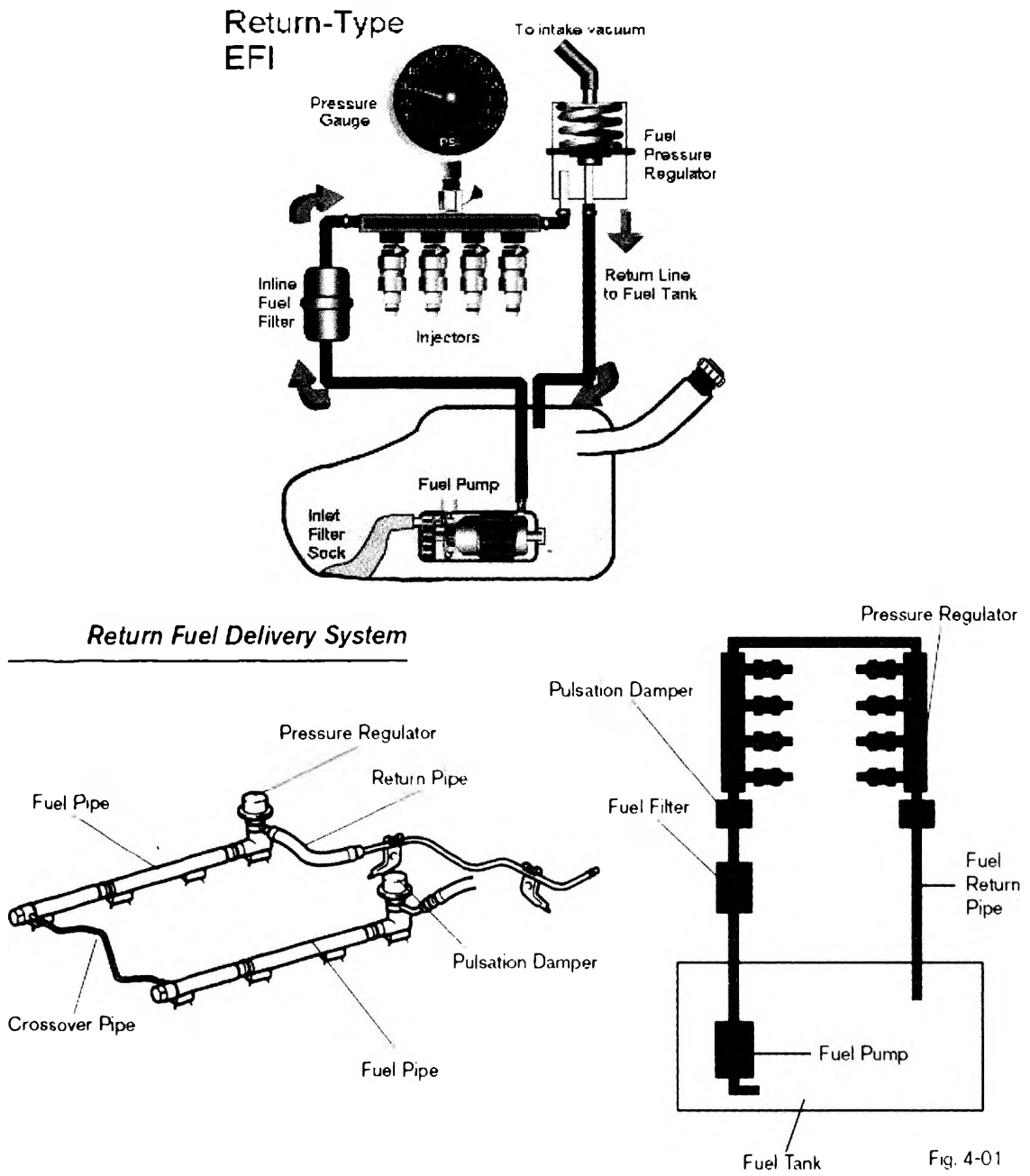
Khi bướm ga đóng hoàn toàn, tín hiệu từ công tắc cánh bướm ga (hoặc cảm biến vị trí bướm ga) báo về ECU cho biết động cơ đang làm việc ở chế độ không tải. Kết hợp với tín hiệu tốc độ động cơ (NE) và tốc độ xe, ECU sẽ điều khiển giảm góc đánh lửa sớm và ngược lại. Góc hiệu chỉnh tối đa trong trường hợp này là $\pm 5^{\circ}$. Khi tốc độ tăng cao, ECU sẽ không hiệu chỉnh. Trên một số loại động cơ, việc hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm này phụ thuộc vào điều kiện sử dụng máy lạnh hoặc chỉ hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm khi tốc độ không tải bị giảm xuống dưới mức quy định.

6.5 Điều khiển phun nhiên liệu

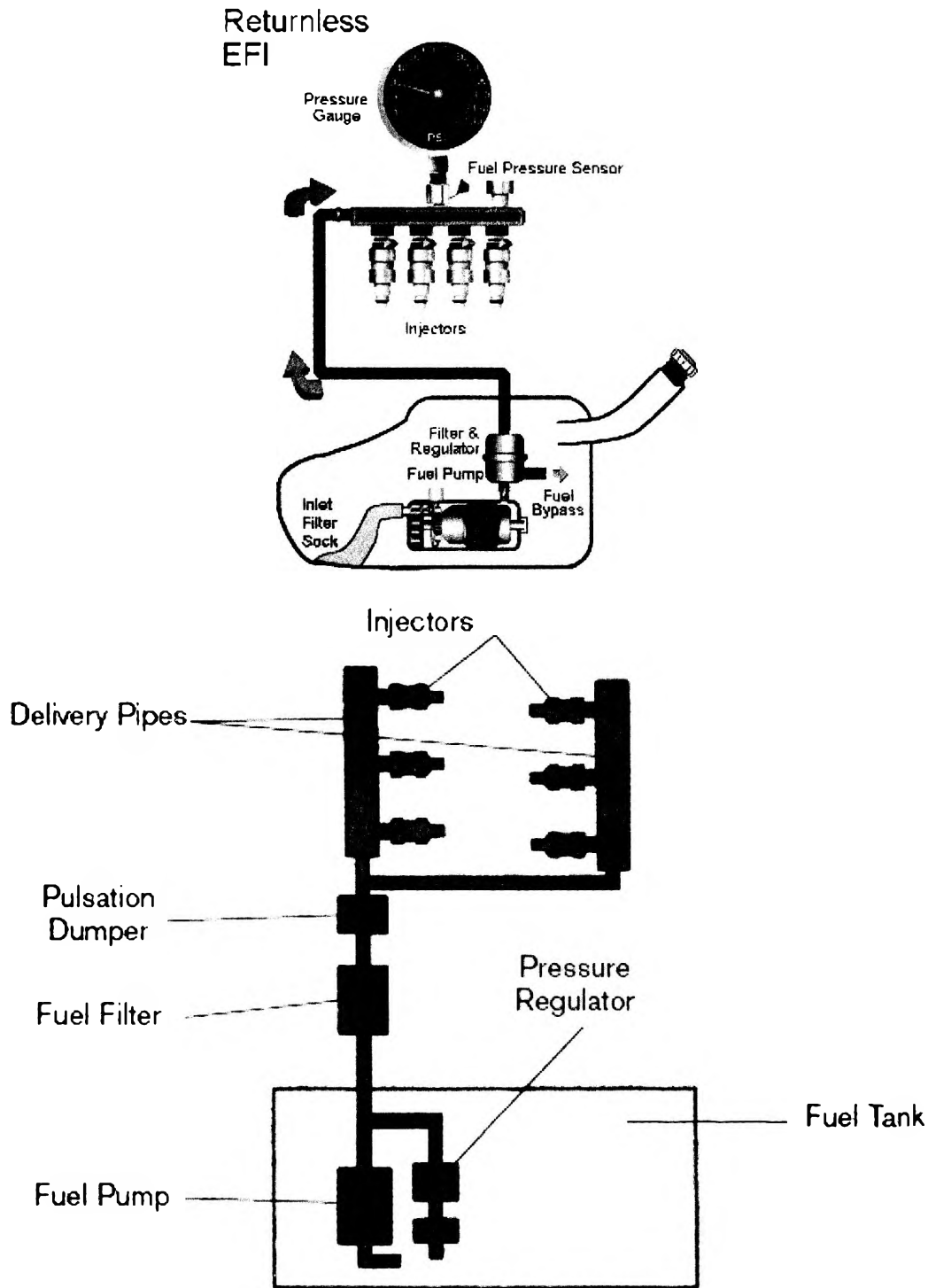
6.5.1 Điều khiển phun xăng

6.5.1.1 Mạch cung cấp xăng

Có hai kiểu cung cấp xăng đến kim phun được trình bày trên hình 6.103a và 6.103b. Trên các động cơ trước năm 2000, hệ thống cung cấp nhiên liệu có đường hồi về và từ 2000 trở đi, đa số các hệ thống không sử dụng đường hồi.



Hình 6.103a: Hệ thống cung cấp xăng với đường hồi.



Hình 6.103b: Hệ thống cung cấp xăng không có đường hồi.

6.5.1.2 Điều khiển bơm xăng và điều áp

Cấu tạo bơm xăng

Bơm xăng được đặt chủ yếu bên trong thùng xăng. Tuy nhiên trên một số xe đời cũ, đôi khi bơm đặt ngoài thùng. Hiện nay, bơm xăng sử dụng cho các hệ thống phun xăng có hai loại:

- Loại cánh quạt.
- Loại con lăn.

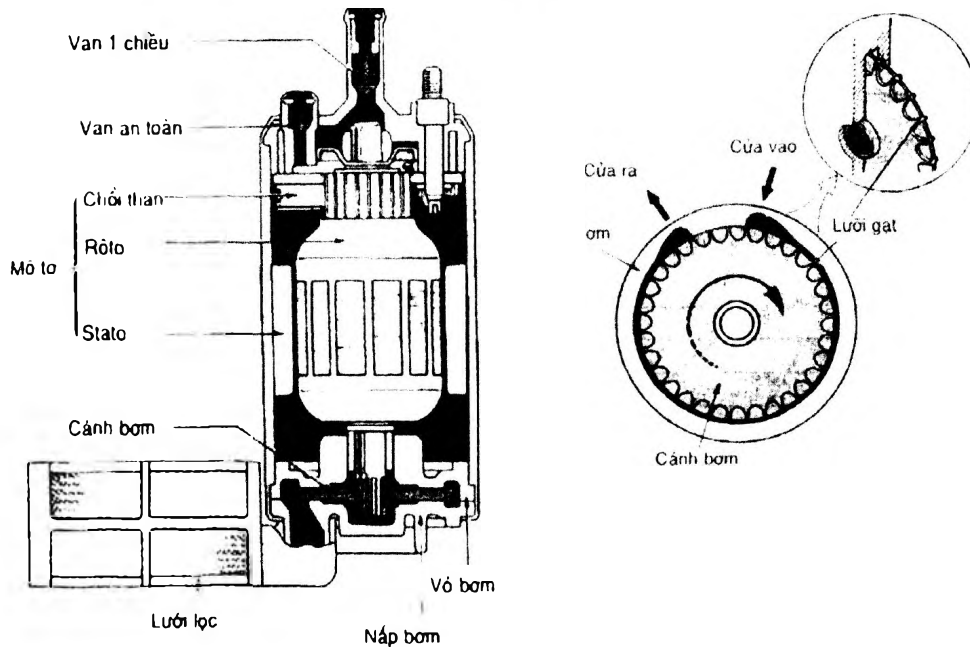
Hai loại này còn gọi là bơm kiểu ướt vì motor và bộ phận bơm được đặt trong vỏ bọc, vỏ bọc này luôn luôn chứa đầy xăng, nhằm mục đích làm mát khi bơm xăng hoạt động.

Loại bơm cánh quạt

Loại bơm này thường được đặt trong thùng xăng. So với loại con lăn thì loại này có ưu điểm là ít gây tiếng ồn và không tạo ra dao động trong mạch nhiên liệu nên được dùng rộng rãi.

Bơm này được cấu tạo bởi các thành phần sau:

- Motor điện
- Bộ phận công tác của bơm
- Van kiểm tra (van một chiều)
- Van giảm áp và lọc.



Hình 6.103c: Bơm cánh quạt.

Motor: là động cơ điện một chiều.

Bánh công tác: có từ 1 đến 2 cánh, quay nhờ motor điện. Khi motor quay, bánh công tác sẽ kéo xăng từ cửa vào đưa đến cửa ra. Sau khi đi qua cửa vào, xăng sẽ đi quanh motor điện và đến van một chiều.

Van một chiều: van một chiều sẽ đóng khi bơm ngừng làm việc. Tác dụng của nó là giữ cho áp suất trong đường ống ở một giá trị nhất định, giúp cho việc khởi động lại dễ dàng. Nếu áp suất trong mạch không được giữ, do nhiên liệu bốc hơi hoặc quay về thùng thì việc khởi động lại sẽ rất khó khăn.

Van an toàn: van làm việc khi áp suất ra vượt quá giá trị quy định. Van này có tác dụng bảo vệ mạch nhiên liệu khi áp suất vượt quá giới hạn cho phép (trong trường hợp nghẹt đường ống chính).

Lọc xăng: dùng để lọc cặn bẩn trong nhiên liệu được gắn trước bơm.

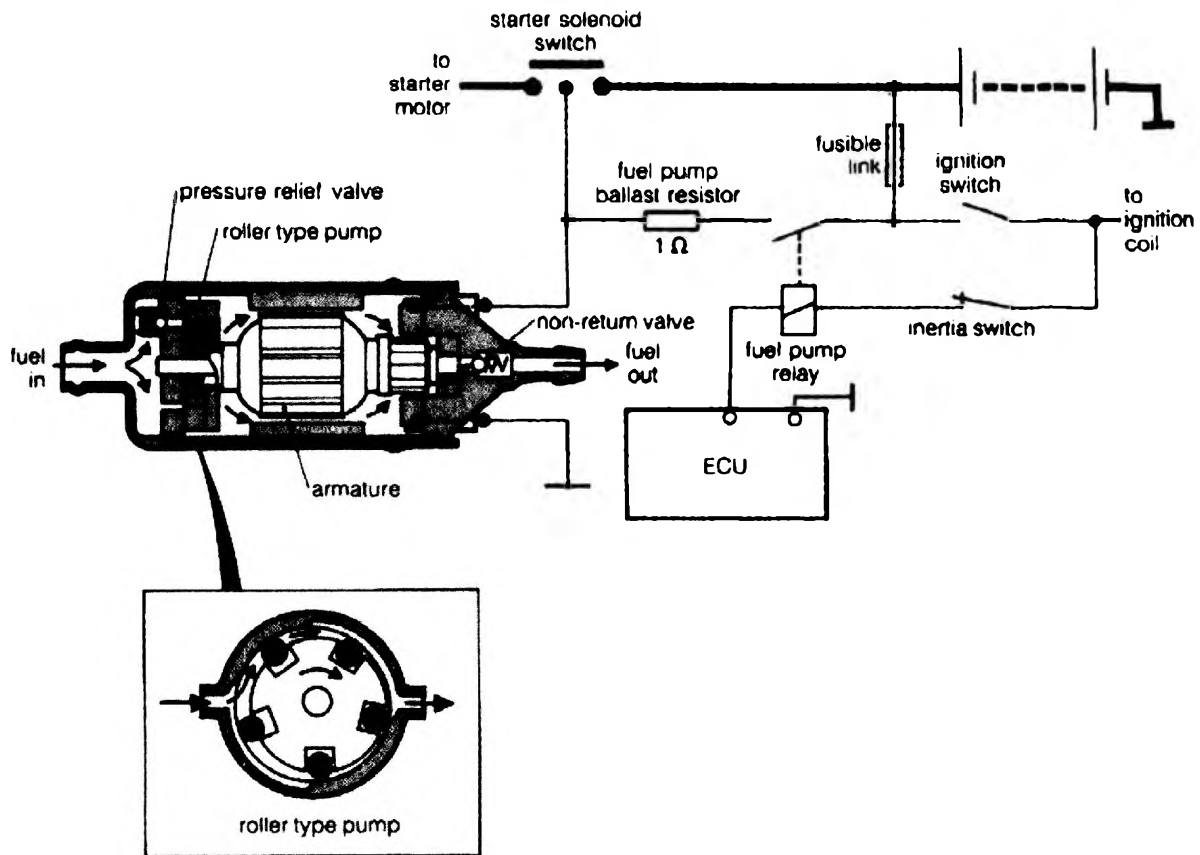
Loại bơm con lăn

Loại này được đặt bên ngoài thùng xăng và luôn gắn gần thùng để hiệu suất của bơm được cao hơn.

Cấu tạo bơm này gồm các thành phần sau:

- Motor điện một chiều.
- Bộ phận công tác của bơm.
- Van giảm áp và van một chiều.

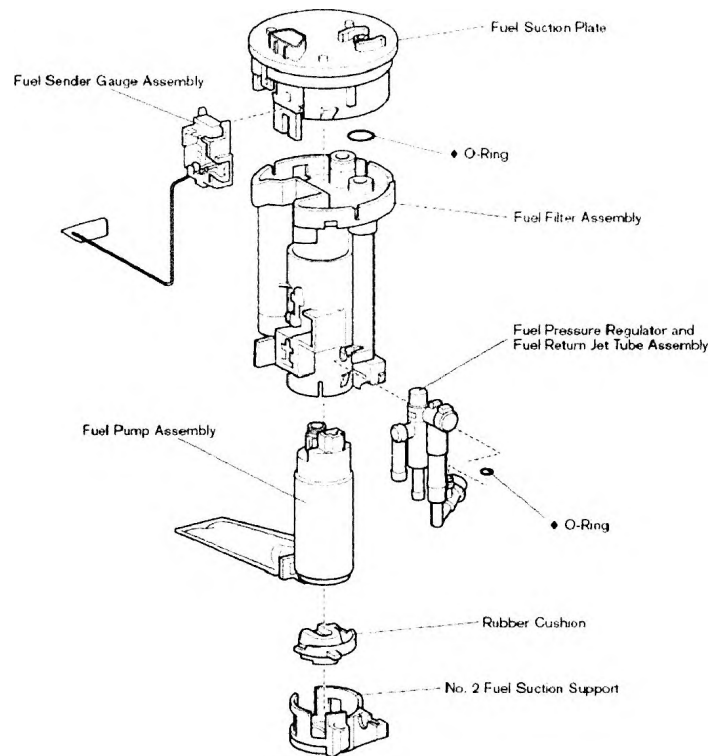
Hoạt động của motor điện, van giảm áp và van một chiều giống như ở bơm cánh quạt.



Hình 6.104: Mạch điện và cấu tạo bơm con lăn.

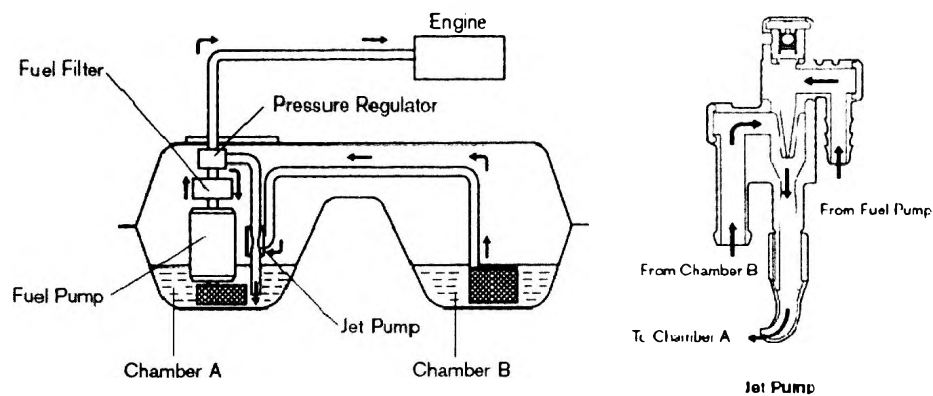
Riêng bộ phận bơm là một buồng rỗng hình trụ, trong đó có một đĩa quay sai tâm được bố trí các con lăn trong các rãnh và bắt dính vào rotor. Khi có dòng điện chạy qua, rotor quay sẽ kéo theo đĩa sai tâm quay. Dưới tác dụng của lực ly tâm, các con lăn bị ép ra ngoài tạo một đệm xoay vòng liên tục làm tăng thể tích ở cửa vào và giảm thể tích cửa ra.

Typical Fuel Pump Assembly



Hình 6.105: Cấu tạo cụm bơm.

Trong một số trường hợp khi thùng xăng có hai ngăn, để hút xăng từ ngăn B sang ngăn A (hình 6.106), người ta dùng bơm phản lực.

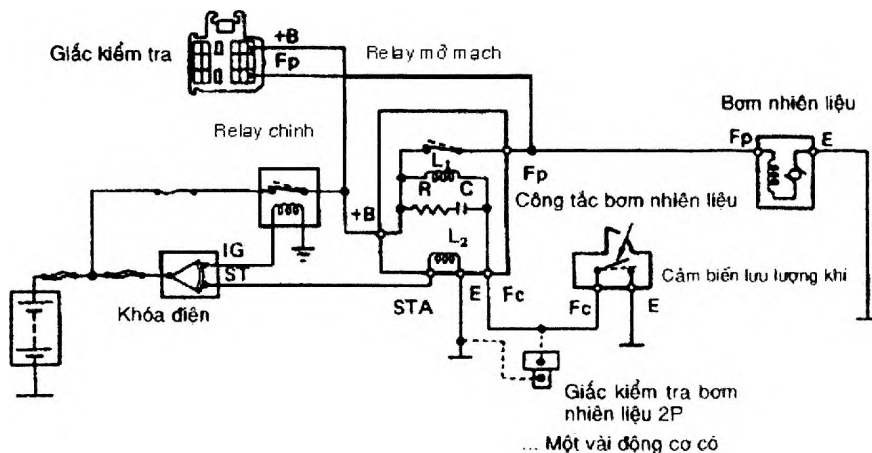


Hình 6.106: Bơm phản lực.

Sơ đồ mạch điện điều khiển bơm xăng

Bơm xăng có thể được điều khiển theo ba cách: Không qua ECU động cơ như ở hệ thống phun xăng với bộ khí nạp kiểu trượt TOYOTA, qua ECU nhưng hoạt động theo nguyên lý ON – OFF và qua ECU để thay đổi tốc độ quay của bơm xăng (hai cấp độ: cao và thấp).

Mạch điều khiển bơm xăng không qua hộp ECU



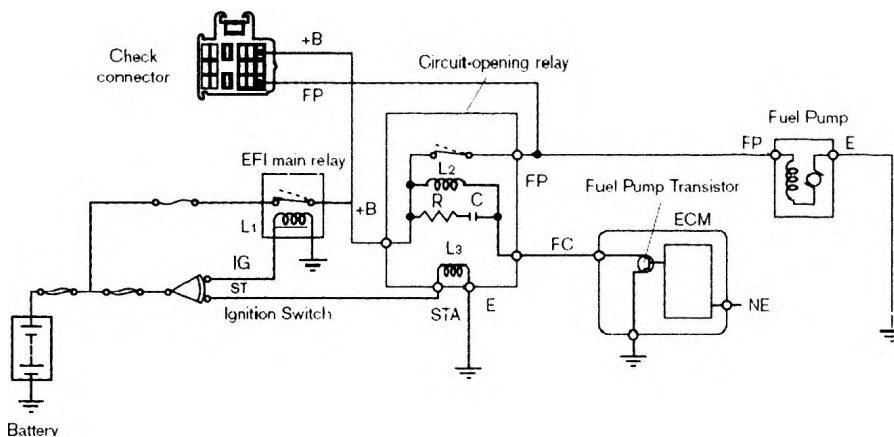
Hình 6.107: Mạch điện điều khiển bơm xăng không qua ECU.

Bơm xăng dùng cho hệ thống phun xăng sử dụng bộ khí nạp kiểu trượt trên xe Toyota chỉ làm việc khi động cơ hoạt động. Đó là một đặc điểm an toàn cho hệ thống.

Khi khởi động động cơ, dòng điện từ ắc quy đi qua khóa điện đến cuộn dây L_2 của relay bơm xăng đến mass, tạo lực hút tiếp điểm của relay bơm xăng làm bơm xăng quay. Đồng thời, khi khởi động cánh gió của cảm biến khí nạp cũng di chuyển khỏi vị trí ban đầu (nhờ dòng khí hút vào động cơ) và đóng tiếp điểm bơm xăng ở cảm biến khí nạp.

Vì thế ở cuộn dây L_1 của relay bơm xăng cũng có dòng điện chạy qua tạo thêm lực hút để đóng tiếp điểm của relay bơm xăng. Khi máy đã nổ, khoá điện trả về vị trí IG (vị trí ON) thì cuộn dây L_2 của bơm xăng bị ngắt điện chỉ còn cuộn L_1 giữ cho tiếp điểm vẫn đóng và bơm xăng tiếp tục hoạt động.

Mạch điều khiển bơm xăng qua hộp ECU máy hoạt động theo nguyên lý ON – OFF



Hình 6.108: Mạch điện điều khiển bơm xăng có ECU điều khiển.

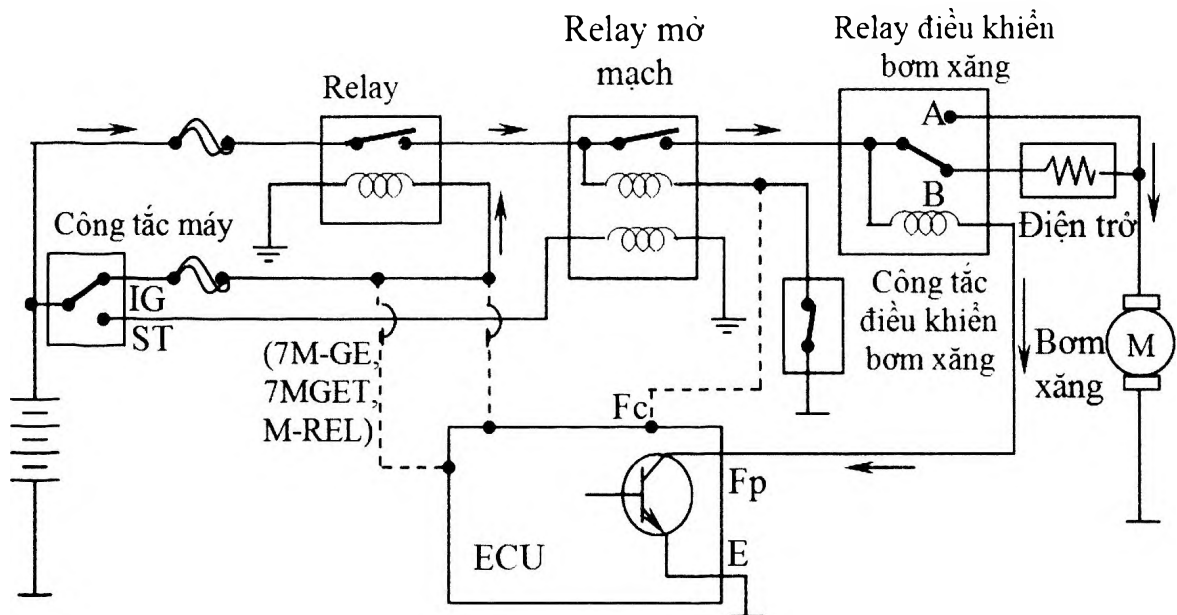
Nguyên lý hoạt động tương tự như loại ở trên, chỉ khác nhau ở tín hiệu điều khiển bơm xăng. Khi khởi động động cơ, ECU nhận tín hiệu tốc độ động cơ (NE) để điều khiển transistor mở cho dòng điện qua cuộn L_1 của relay bơm xăng qua transistor về

mass tạo lực hút để đóng tiếp điểm relay bơm xăng. Khi khoá điện trả về vị trí IG dòng tiếp tục qua cuộn L_1 và bơm xăng tiếp tục hoạt động. Khi bật công tắc máy từ vị trí OFF sang vị trí ON, ECU sẽ điều khiển bơm xăng hoạt động trong khoảng 2s để giữ cho áp lực xăng trên đường ống ổn định trước khi khởi động. Trên giắc chân đoán còn được bố trí đầu +B và FP giúp nối mạch bơm xăng mà không cần nổ máy.

Mạch điều khiển bơm xăng qua hộp ECU máy để thay đổi tốc độ quay của motor bơm xăng

Ở tốc độ thấp

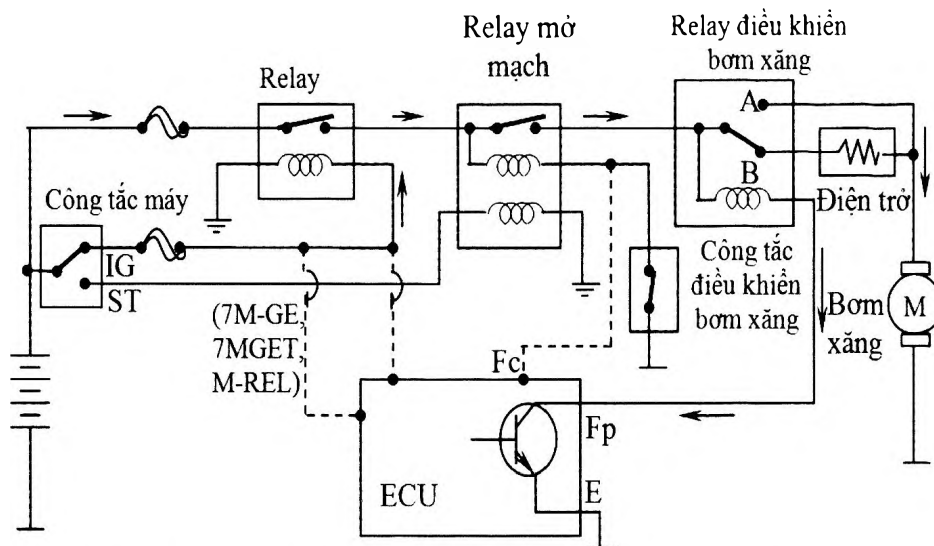
Khi động cơ đang chạy ở tốc độ không tải hoặc ở điều kiện tải nhẹ, ECU điều khiển transistor mở, có dòng: từ ắc quy - relay chính - relay mở mạch - cuộn dây của relay điều khiển bơm - transistor – mass, tạo lực hút làm đóng tiếp điểm B, cung cấp điện cho motor bơm xăng hoạt động qua điện trở R. Lúc này bơm xăng quay ở tốc độ thấp, chỉ cung cấp lượng xăng cần thiết ở tốc độ không tải của động cơ.



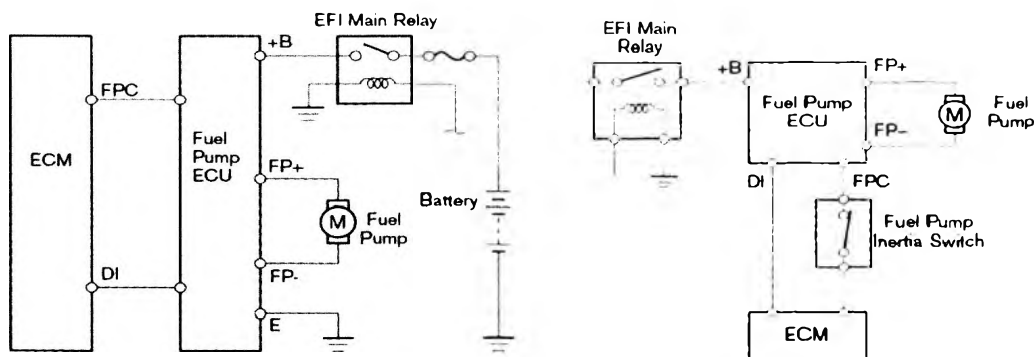
Hình 6.109a: Sơ đồ điều khiển bơm xăng với mạch điều khiển tốc độ.

Ở tốc độ cao

Khi động cơ đang chạy ở tốc độ cao hoặc tải nặng, ECU sẽ điều khiển transistor đóng lại, ngắt dòng qua cuộn dây của relay điều khiển bơm. Tiếp điểm được trả về vị trí A, cung cấp dòng trực tiếp đến bơm. Nhờ vậy bơm quay với vận tốc cao để cung cấp lượng xăng cần thiết cho chế độ làm việc này của động cơ.



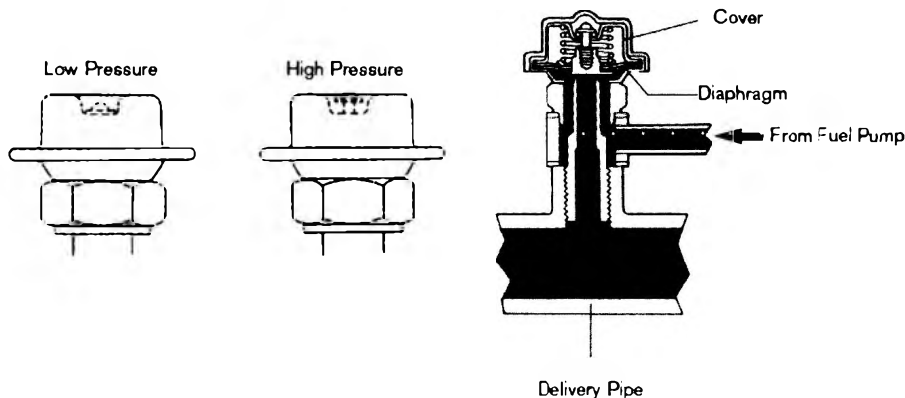
Hình 6.109b: Mạch điện điều khiển tốc độ bơm xăng.



Hình 6.110: Sơ đồ điều khiển bơm có ECU riêng.

Bộ giảm rung

Áp suất nhiên liệu được duy trì ở 2,55 - 2,9 kgf/cm² tùy theo độ chân không trên đường ống nạp bằng điều áp. Tuy nhiên, vẫn có sự dao động trên đường ống do quá trình phun nhiên liệu không liên tục. Bộ giảm rung có tác dụng hấp thụ các dao động này bằng một lớp màng.



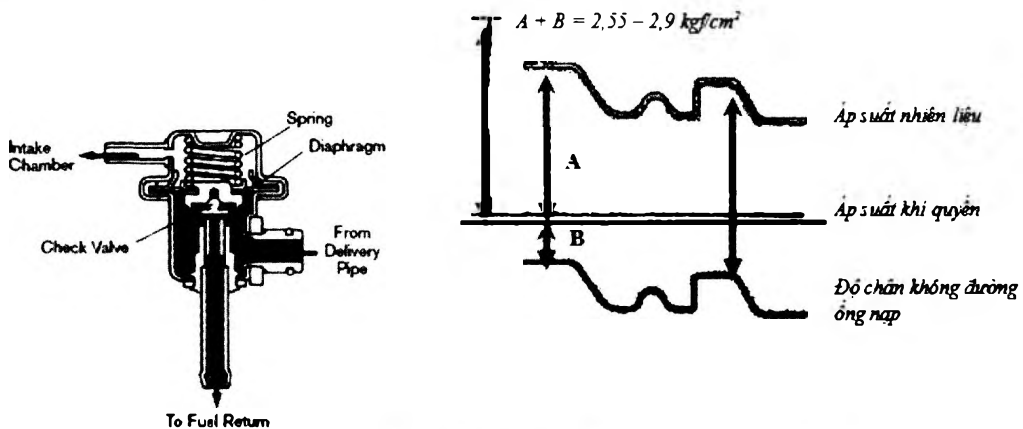
Hình 6.111: Bộ giảm dao động.

Bộ ổn định áp suất (điều áp)

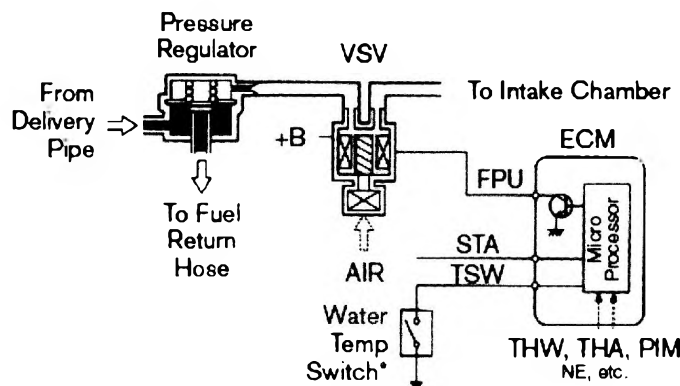
Bộ ổn định áp suất làm ổn định áp suất nhiên liệu đến các kim phun. Lượng phun nhiên liệu được điều khiển bằng thời gian của tín hiệu cung cấp đến các kim phun. Mặc dù vậy, do sự thay đổi độ chân không trong đường ống nạp, lượng nhiên liệu phun ra sẽ thay đổi và phụ thuộc vào lực hút ở đáy kim nếu áp suất nhiên liệu trên đầu kim không đổi. Do đó, để đạt được lượng phun nhiên liệu chính xác, tổng áp suất nhiên liệu A và độ chân không đường ống nạp B hay độ chênh áp giữa đầu kim và đáy kim phải được giữ không đổi.

Hoạt động

Nhiên liệu có áp suất từ ống phân phối sẽ tác động vào màng của điều áp làm mở van. Một phần nhiên liệu sẽ chảy trở lại bình chứa qua đường ống hồi. Lượng nhiên liệu trở về phụ thuộc vào độ căng của lò xo màng. Áp suất nhiên liệu cũng thay đổi theo lượng nhiên liệu hồi. Áp thấp trên đường ống nạp được dẫn vào buồng phía lò xo màng, làm giảm sức căng lò xo và tăng lượng nhiên liệu hồi khiến áp suất giảm. Nói tóm lại, khi độ chân không của đường nạp tăng lên (giảm áp), áp suất nhiên liệu chỉ giảm tương ứng với sự giảm áp suất đó. Vì vậy, tổng áp suất của nhiên liệu A và độ chân không đường ống nạp B được duy trì không đổi. Van tự động đóng lại nhờ lò xo, khi bơm nhiên liệu ngừng hoạt động. Kết quả là van một chiều bên trong bơm nhiên liệu và van bên trong điều áp duy trì áp suất dư trong đường ống nhiên liệu.



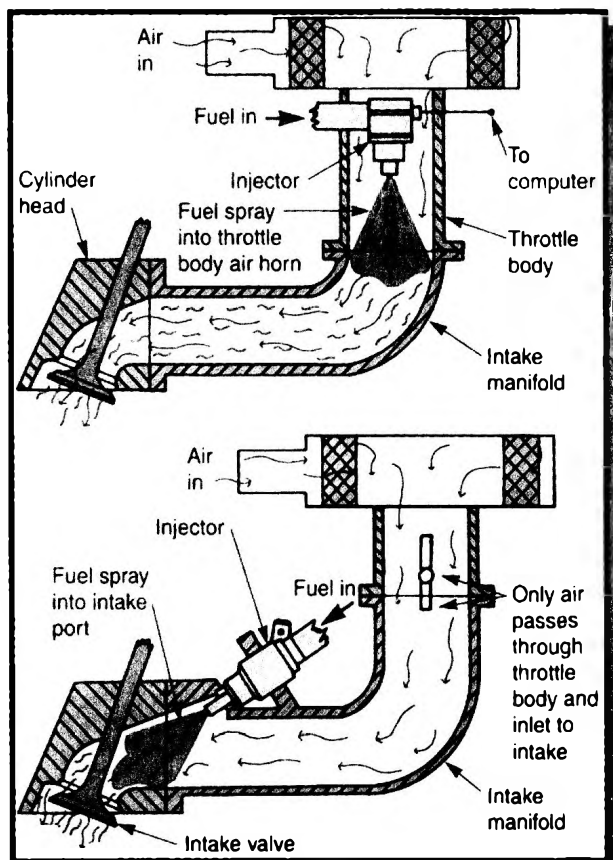
Hình 6.112: Bộ điều áp và đặc tính hoạt động.



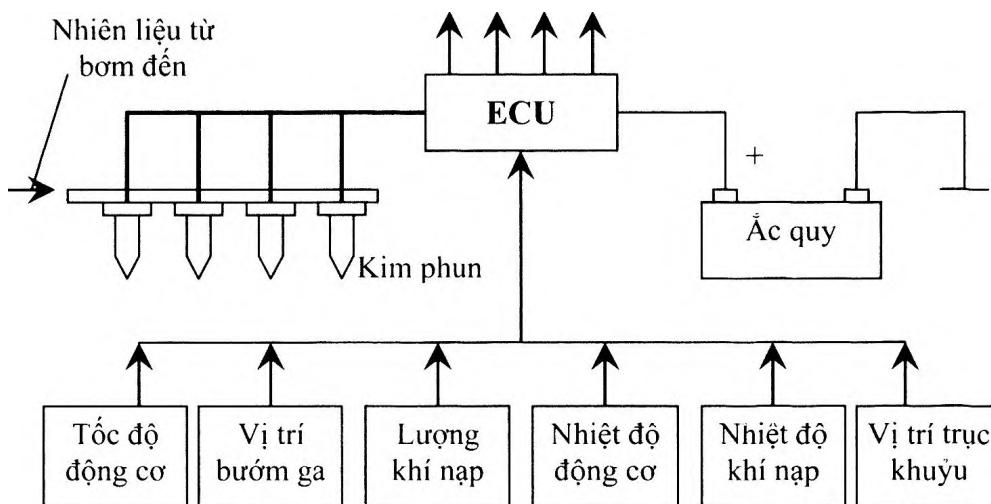
Hình 6.113: Sơ đồ điều áp có điều khiển áp suất.

6.5.1.3 Điều khiển kim phun

Trong phần này, chúng ta chủ yếu khảo sát loại kim phun đặt trên đường ống nạp với hai cách bố trí kim phun: kiểu TBI (động cơ cũ) và kiểu PI (hình 6.114).



Hình 6.114: Sơ đồ kiểu bố trí kim phun xăng.

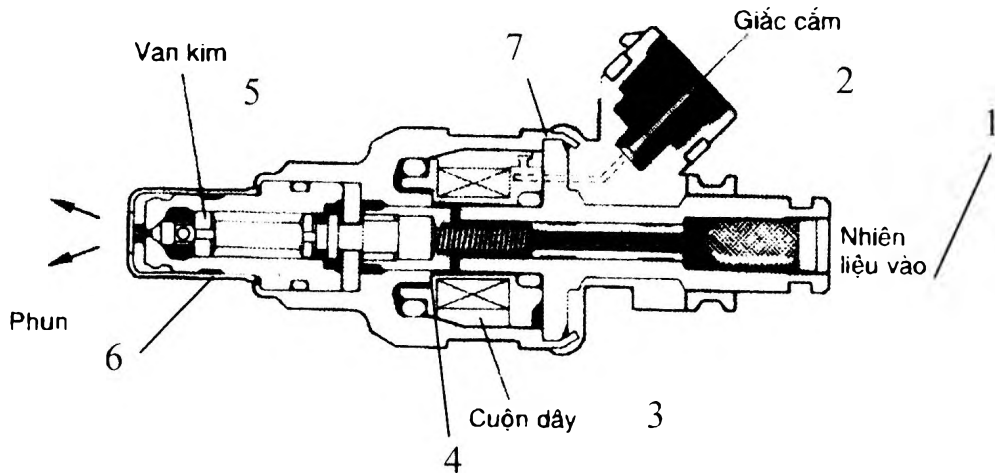


Hình 6.115: Sơ đồ tổng quát hệ thống phun nhiên liệu

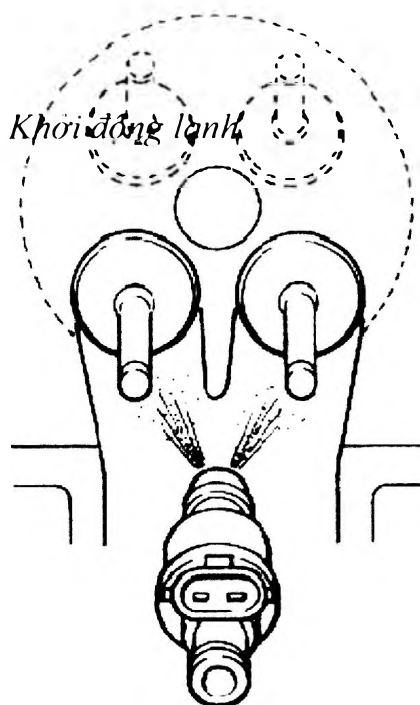
Sơ đồ tổng quát của hệ thống điều khiển kim phun được trình bày trên hình 6.115. Thời gian mở kim phun được ECU điều khiển sau khi nhận được tín hiệu từ các cảm biến.

Kết cấu kim phun

Theo hình 6.116, cấu tạo của kim gồm: 1. Bộ lọc: bảo đảm nhiên liệu đi vào kim phun phải thật sạch; 2. Giác cảm: nối với mạch điện điều khiển; 3. Cuộn dây: tạo ra từ trường khi có dòng điện; 4. Ty kim: tác động đến sự đóng mở của van kim; 5. Van kim: đóng kín vòi phun, khi có dòng điện sẽ bị nhấc lên cho nhiên liệu phun ra; 6. Vòi phun: định góc phun và xé tơi nhiên liệu; 7. Vỏ kim.



Hình 6.116: Kết cấu kim phun.

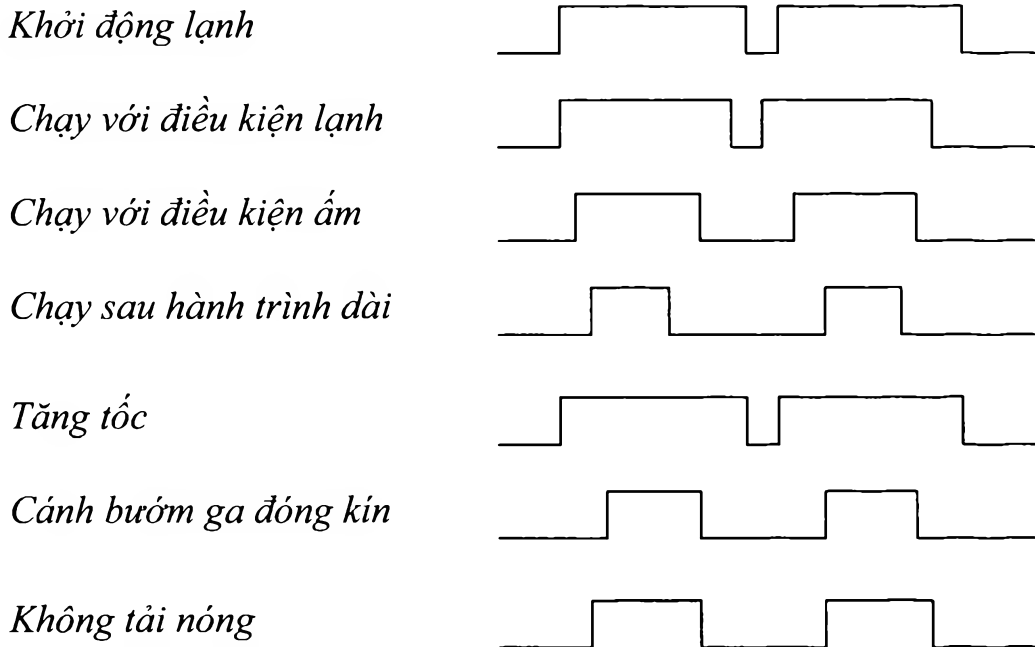


Hình 6.117: Bố trí tia phun.

Hoạt động của kim phun

Trong quá trình hoạt động của động cơ, ECU liên tục nhận được những tín hiệu đầu vào từ các cảm biến. Qua đó, ECU sẽ tính ra thời gian mở kim phun. Quá trình mở và đóng của kim phun diễn ra ngắt quãng. ECU gửi tín hiệu đến kim phun trong bao lâu

phụ thuộc vào độ rộng xung. Hình 6.118 cho thấy độ rộng xung thay đổi tùy theo chế độ làm việc của động cơ. Khi bướm ga mở lớn lúc tăng tốc, động cơ cần nhiều nhiên liệu hơn, do đó, ECU sẽ tăng bề rộng xung tức thời gian mở kim phun. Điều này có nghĩa là ty kim sẽ giữ lâu hơn trong mỗi lần phun để cung cấp thêm một lượng nhiên liệu.



Hình 6.118: Xung điều khiển kim phun ứng với các chế độ làm việc của động cơ.

Khi dòng điện đi qua cuộn dây của kim phun sẽ tạo một lực từ đủ mạnh để thắng sức căng lò xo, thắng lực trọng trường của ty kim và thắng áp lực của nhiên liệu đè lên kim, kim sẽ được nhắc khỏi bề khoảng 0.1 mm nên nhiên liệu được phun ra khỏi kim phun.

Nếu ta gọi:

Q : lượng nhiên liệu phun ra khỏi kim.

T : chu kỳ xung.

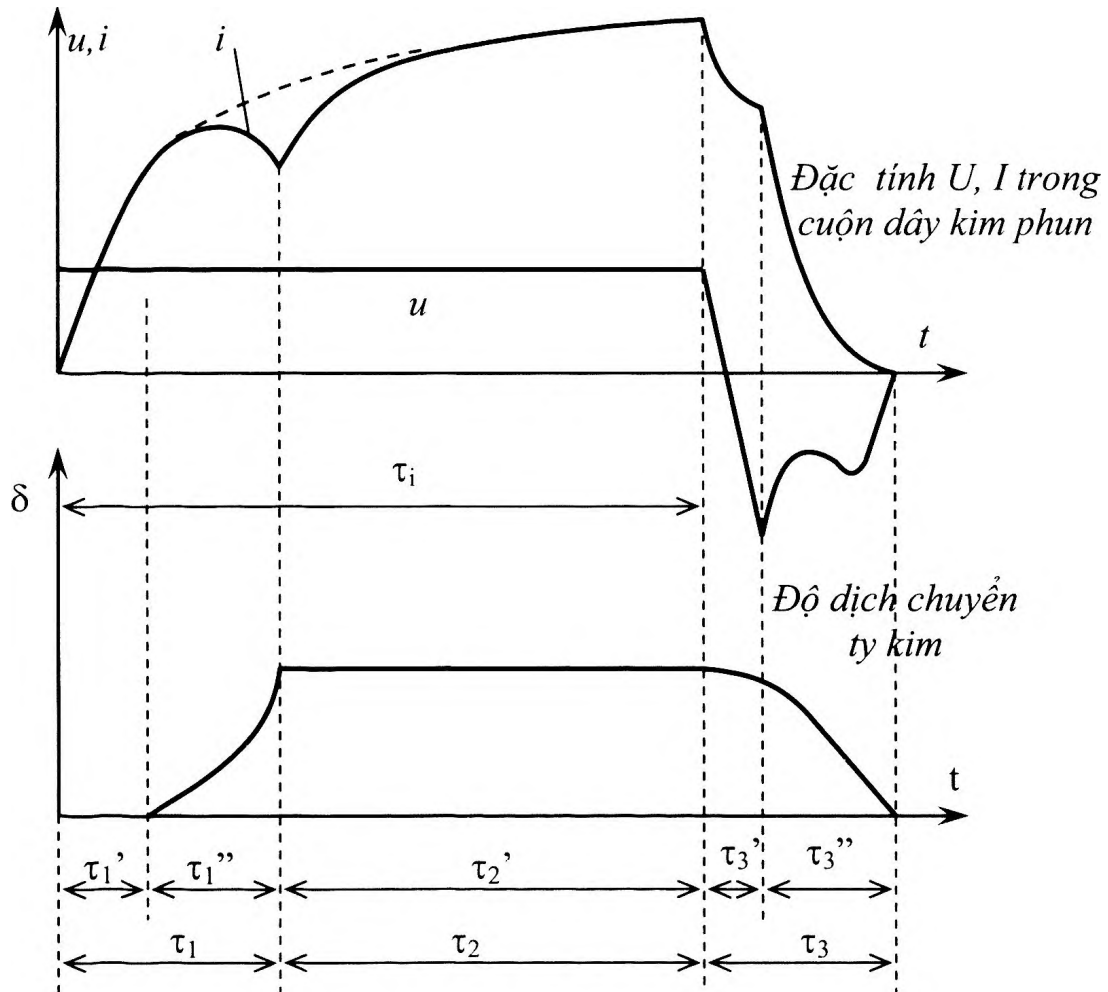
τ_i : độ dài xung.

Thì Q sẽ được tính bởi công thức:

$$Q = \int_0^T q(\tau) d\tau$$

Quá trình hoạt động

Trên hình 6.119 trình bày đồ thị biểu diễn điện áp, cường độ dòng điện và thời gian mở kim thực tế theo thời gian. Căn cứ vào đồ thị này ta có thể chia quá trình hoạt động của kim phun làm 3 giai đoạn sau:



Hình 6.119: Đặc tính $u, i, \delta = f(t)$ trong cuộn dây kim phun.

Như ta đã biết, cường độ dòng điện qua kim tuân theo qui luật:

$$i = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right)$$

Trong đó:

R : tổng trở kim

L : độ tự cảm của kim phun

U : điện áp đặt vào mạch

Giai đoạn 1: Trong thời gian τ_r (từ lúc ty kim được nâng lên hết cỡ).

Giai đoạn 1_a: Thời gian τ_p , mặc dù có hiệu thế đặt vào nhưng ty kim vẫn chưa nhấc lên được. Khi dòng điện đạt giá trị I_m để $F_{\text{lực từ}} > F_{\text{cản}}$, ty bắt đầu di chuyển. Kết thúc giai đoạn 1_a.

Giai đoạn 1_b: Thời gian τ_1 : độ dịch chuyển kim đạt giá trị cực đại, cường độ dòng qua kim giảm đột ngột do sức điện động tự cảm tăng do L tăng.

Giai đoạn 2: Độ mở của kim vẫn giữ nguyên, sức điện động tự cảm giảm, dòng tăng

lên như hình vẽ.

Trường hợp kim bị kẹt sẽ không có dịch chuyển, làm μ_0 không tăng dẫn tới sức điện động tự cảm không tăng nhưng dòng vẫn tăng như nét chấm gạch.

Giai đoạn 3: Transistor điều khiển đóng nhưng do cuộn dây có sức điện động tự cảm nên khi ngắt điện đột ngột tạo thành mạch dao động. Do đó, trong thời gian τ_3 vẫn giữ mức mờ nào đó do sức điện động tự cảm. Sau đó sức căng lò xo làm đóng ty kim lại.

Từ quá trình hoạt động của kim phun, chúng ta nhận thấy thời gian τ_1 và τ_3 là không thể điều chỉnh; thời gian này có tên gọi là thời gian chết (*dead time*), còn τ_2 thì có thể thay đổi. Do đó để đảm bảo độ chính xác về thời điểm và thời gian phun của quá trình phun nhiên liệu, chúng ta phải tìm cách giảm τ_1 và τ_3 đến mức thấp nhất, có nghĩa là phải tăng độ nhạy kim.

Các biện pháp tăng độ nhạy của kim phun

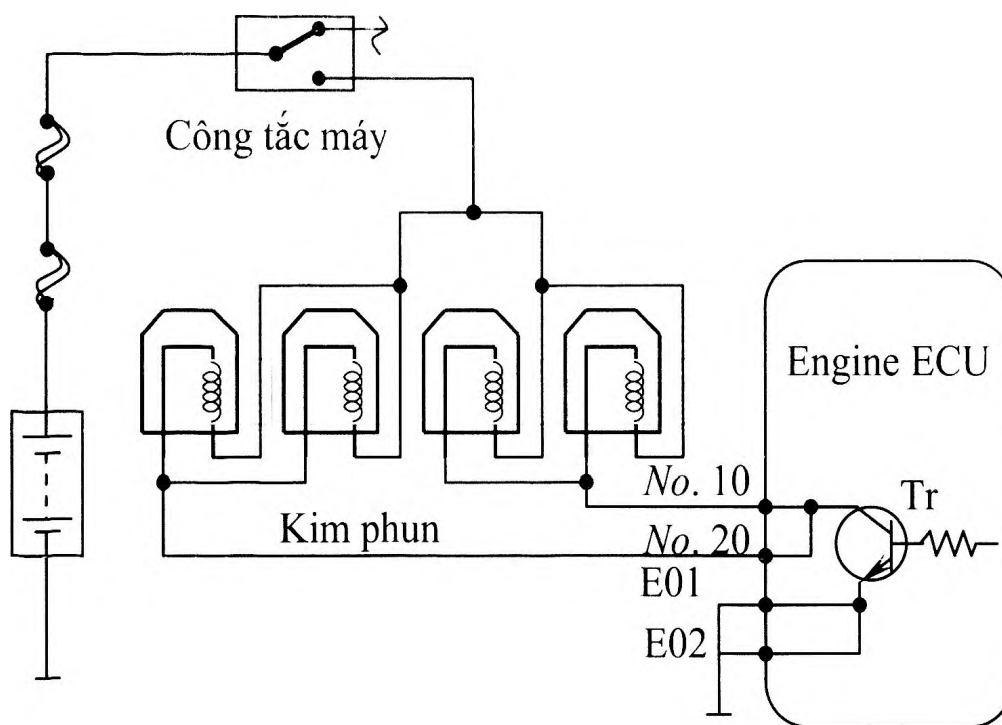
Nếu ta gởi đến cuộn dây kim phun một xung điện trong thời gian t_p , ty kim dưới tác động của lực điện từ, thắng sức căng lò xo và áp lực nhiên liệu đến, kim sẽ được nhấc lên và nhiên liệu sẽ được phun vào xupap nạp. Nhờ độ chênh lệch áp suất trong hệ thống được giữ không đổi nên lượng nhiên liệu trong quá trình phun qua tiết diện lỗ phun sẽ phụ thuộc vào thời gian kim mở t_i . Trong trường hợp lý tưởng $t_i = t_p$.

Việc điều khiển kim phun chính xác gặp những trở ngại sau: Khi bề dài xung điều khiển khoảng 1-10 ms thì quán tính cơ học và quán tính điện từ bắt đầu ảnh hưởng lên hoạt động của kim phun (phụ thuộc vào độ tự cảm của cuộn dây, khối lượng của ty kim và các yếu tố khác nhau như áp lực nhiên liệu, ma sát). Kết quả là trên thực tế, ty kim mở và đóng không đồng thời với sự bắt đầu và kết thúc xung điều khiển. Ngoài ra, trong các kiểu phun gián đoạn có thể xuất hiện xung chấn động trong đường ống cũng là nguyên nhân tác động nên lượng nhiên liệu qua kim phun. Rõ ràng là các hiện tượng trên cũng ảnh hưởng đến lượng xăng phun. Để tăng độ chính xác của kim phun, ngoài các biện pháp như chế tạo ty kim bằng hợp kim nhẹ dần từ, mắc điện trở phụ kiểm soát bằng dòng, còn có những biện pháp tăng độ nhạy như dùng vật liệu áp điện.

Phương pháp điều khiển kim phun

Phương pháp điều khiển kim phun bằng điện áp cho loại kim phun điện trở cao

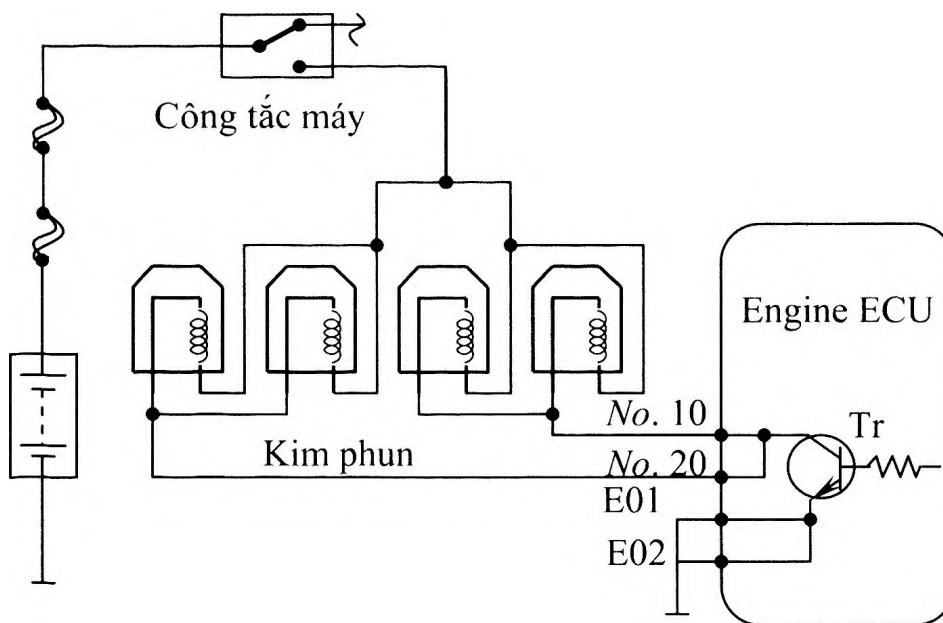
Điện áp ắc quy cung cấp trực tiếp đến kim phun qua công tắc máy. Khi transistor Tr trong ECU mở sẽ có dòng chạy qua kim phun, qua chân $N^o 10$, $N^o 20$ đến E_{01} , E_{02} về mass. Trong khi Tr mở, dòng điện chạy qua kim phun làm nhấc ty kim và nhiên liệu được phun vào trước supap nạp.



Hình 6.120: Mạch điện điều khiển kim phun bằng áp.

Mạch điện hình 6.120 minh họa phương pháp điều khiển này với kiểu phun đồng loạt.

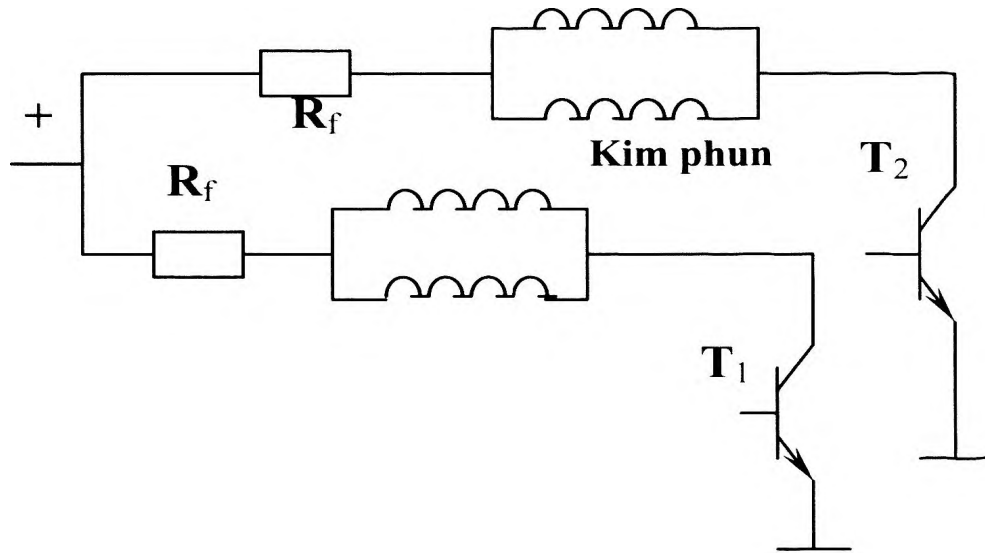
Phương pháp điều khiển kim phun bằng áp cho loại kim phun điện trở thấp



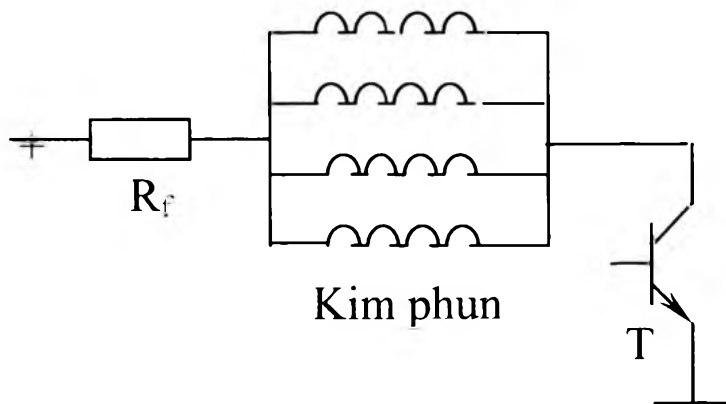
Hình 6.121: Mạch điện kim phun có điện trở thấp.

Mạch điện làm việc tương tự như loại trên nhưng vì sử dụng kim phun có điện trở thấp nên một điện trở phụ R_f được mắc giữa công tắc máy và kim phun để hạn dòng.

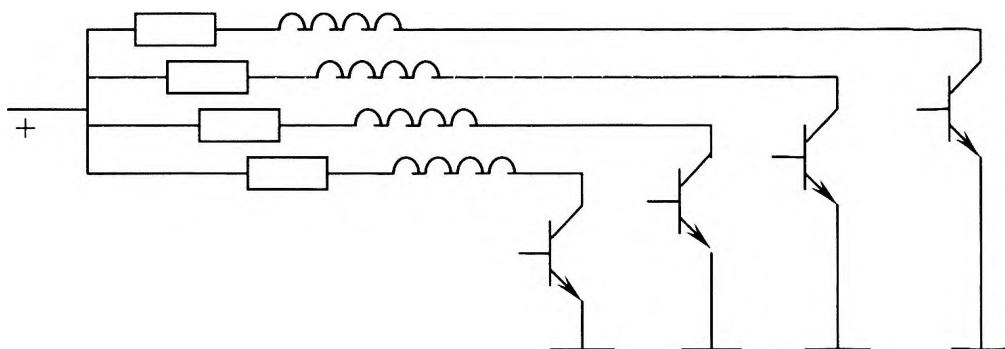
Lưu ý: Có nhiều cách mắc điện trở phụ như hình 6.122.



Hình 6.122a: Một điện trở phụ cho hai cuộn dây kim.



Hình 6.122b: Một điện trở phụ cho ba cuộn dây kim.



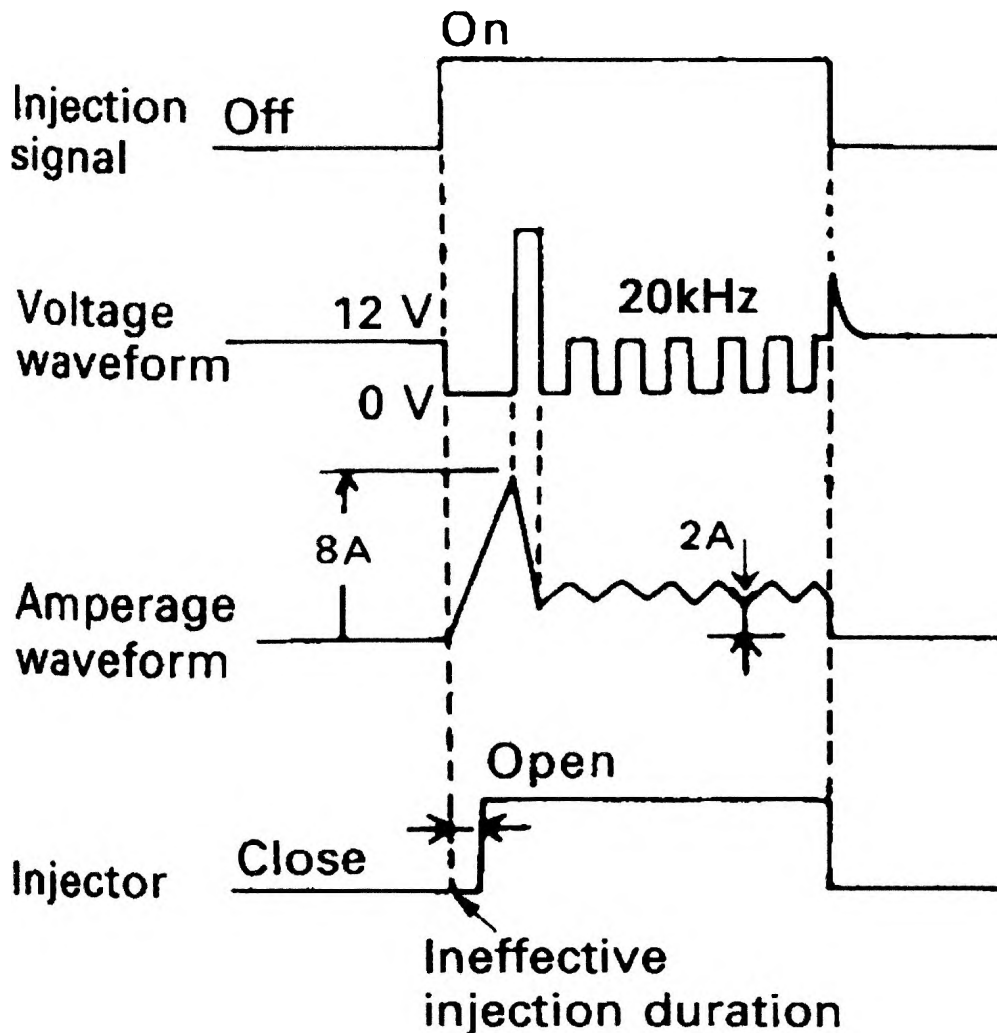
Hình 6.122c: Một điện trở phụ cho từng cuộn dây kim.

Phương pháp điều khiển bằng dòng

Trong phương pháp này, một kim phun có điện trở thấp được gắn trực tiếp với nguồn dòng được điều khiển trực tiếp bằng cách đóng mở transistor trong ECU.

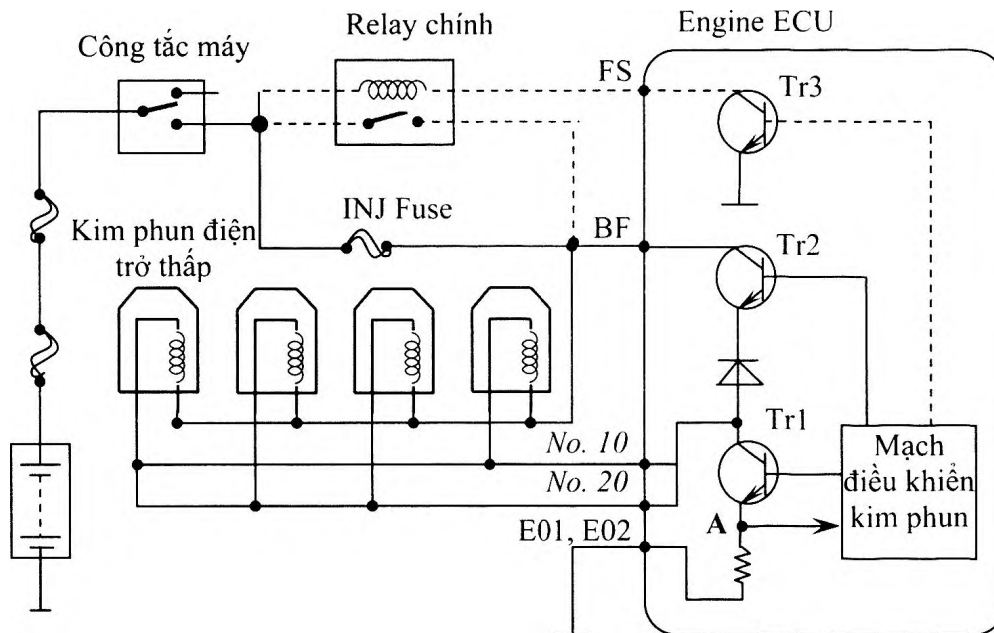
Khi có xung đưa đến cuộn dây của kim phun, một dòng 8A chạy qua, gây nên sự tăng dòng đột ngột. Điều này làm cho van kim mở nhanh, nhờ đó cải thiện được sự đáp ứng quá trình phun và giảm thời gian phun không điều khiển được.

Trong khi ty kim được giữ, dòng được giảm xuống còn 2A nhằm sự tiêu hao công suất do sinh nhiệt.



Hình 6.123: Phương pháp điều khiển kim phun bằng dòng.

Mạch điện điều khiển hoạt động này được miêu tả như hình 6.124:

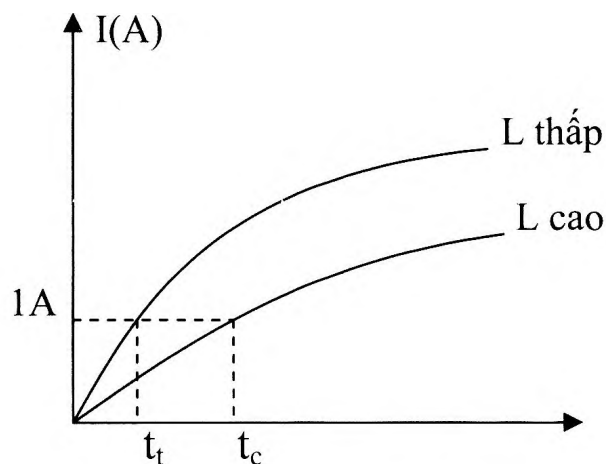


Hình 6.124: Mạch điện điều khiển kim phun bằng dòng.

Khi công tắc máy bật ở vị trí ON, relay chính mở nhờ nối mass ở mạch điều khiển kim phun thông qua đầu nối FS của ECU. Điều này làm Tr_1 trong ECU mở cho dòng chạy đến cuộn dây kim phun.

Dòng điện chạy qua kim cho đến khi điện thế tại điểm A tiến đến giá trị nào đó thì Tr_1 sẽ đóng. Sự đóng mở Tr_1 được lập đi lập lại với tần số khoảng 20 kHz trong suốt thời gian phun. Bằng cách này, dòng đến cuộn kim phun được kiểm soát (khi điện áp đầu +B là $14V$, dòng trong kim là $8A$, khi ty kim bị giữ dòng trong kim khoảng $2A$). Tr_2 hấp thu sức điện động tự cảm xuất hiện trên kim phun khi Tr_1 đang đóng mở, vì vậy ngăn ngừa được sự giảm dòng đột ngột.

Giải thích việc mắc điện trở phụ



Hình 6.125: Đồ thị biểu thị sự ảnh hưởng của độ tự cảm L.

Từ đồ thị chúng ta nhận thấy, cuộn dây có độ tự cảm L sẽ tạo ra sức điện động tự cảm chống lại sự tăng của dòng điện, cho nên khi L cao, dòng sẽ tăng chậm, làm đường cong $L(t)$ thoải hơn, dẫn đến thời điểm mở kim trễ hơn, vì vậy thời gian phun ngắn lại, không đủ nhiên liệu cung cấp cho động cơ ở tốc độ cao.

Vì vậy, để khắc phục hiện tượng này, người ta dùng cuộn dây kim phun có số vòng dây ít hơn (vì $L = \mu \cdot \mu_0 \cdot \omega$) để L giảm và đường kính dây lớn hơn để tăng độ nhạy của kim phun. Mà ta biết:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

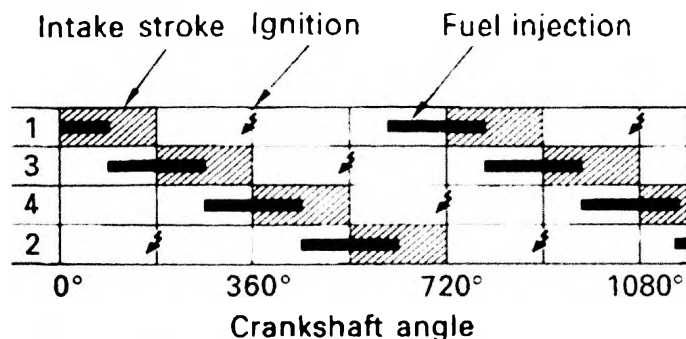
Do đó R giảm. Vì vậy, để hạn chế dòng qua cuộn dây người ta mắc điện trở phụ hoặc sử dụng mạch tự hạn chế dòng.

Chức năng của ECU trong việc điều khiển kim phun

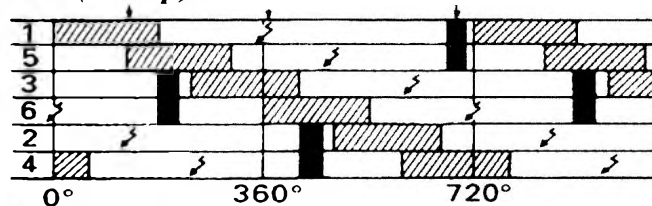
Phương pháp phun và thời điểm phun

Phương pháp phun bao gồm các phương pháp phun đồng thời, nhóm 2 xy lanh, nhóm 3 xy lanh hay phun độc lập cho từng kim. Phương pháp và thời điểm phun được mô tả như các sơ đồ dưới đây:

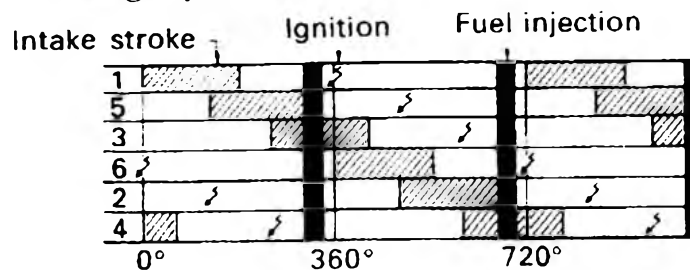
Phun độc lập (Sequential):



Phun nhóm (Group):



Phun đồng loạt (Simultaneous):



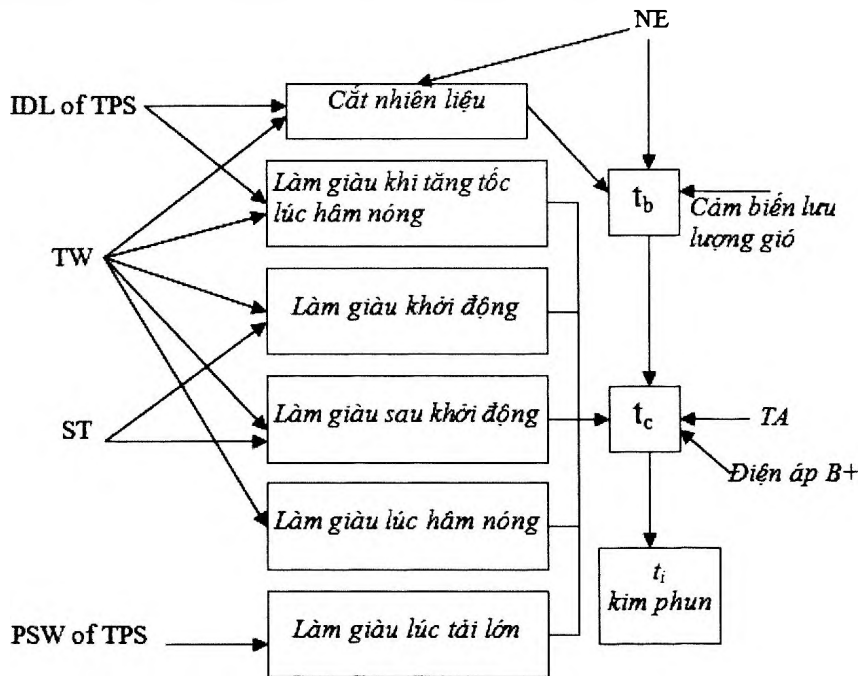
Hình 6.126: Các phương pháp phun và thời điểm phun.

Điều khiển thời gian phun nhiên liệu

Thời gian phun nhiên liệu thực tế được xác định bởi hai đại lượng:

- t_b : thời gian phun cơ bản (dựa chủ yếu vào lượng khí nạp và tốc độ động cơ)
- t_c : thời gian phun hiệu chỉnh (dựa vào các cảm biến còn lại) $t_c + t_b = t_i$

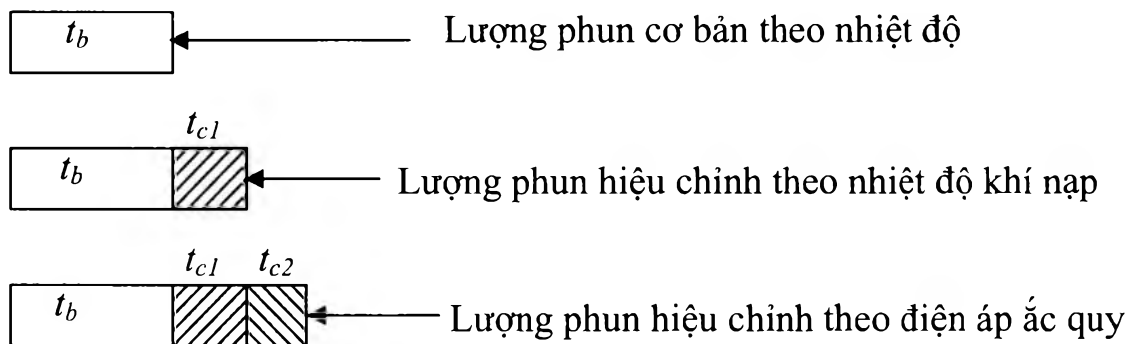
Tuy nhiên, trong quá trình khởi động động cơ, thời gian phun nhiên liệu được xác định theo cách khác, bởi vì lượng khí nạp không ổn định.



Hình 6.127: Điều khiển thời gian phun nhiên liệu.

Điều khiển kim phun khi khởi động

Trong quá trình khởi động, rất khó xác định chính xác lượng khí nạp vào, do có sự thay đổi lớn về tốc độ động cơ. Vì lý do này, ECU lấy từ trong bộ nhớ thời gian phun cơ bản cho phù hợp với nhiệt độ động cơ không tính đến lượng khí nạp vào. Sau đó cộng thêm thời gian hiệu chỉnh theo nhiệt độ khí nạp và điện áp ắc quy để tạo ra thời gian phun thực tế t_i .



Hình 6.128: Điều khiển kim phun khi khởi động.

Điều khiển sau khởi động

Sau thời gian khởi động động cơ, ECU sẽ xác định thời gian phun bằng cách: $t_i = t_b + t_c + t_{\text{điều chỉnh}}$. Trong đó: t_c chịu ảnh hưởng bởi nhiệt độ nước làm mát, nhiệt độ khí nạp, cảm biến bướm ga... t_b ; chịu ảnh hưởng bởi tín hiệu lượng gió và tốc độ động cơ.

Thời gian phun cơ bản**Loại D-Jetronic dùng MAP sensor**

Thời gian phun cơ bản được xác định bởi áp suất đường ống nạp và tốc độ động cơ. Bộ nhớ bên trong của ECU chứa dữ liệu về thời gian phun cơ bản khác nhau.

Loại L-Jetronic: dùng cảm biến đo lưu lượng gió (air flow meter): thời gian phun cơ bản được xác định bởi thể tích của lượng khí đi vào và tốc độ động cơ:

$$t_b = K \frac{G_k}{N_e}$$

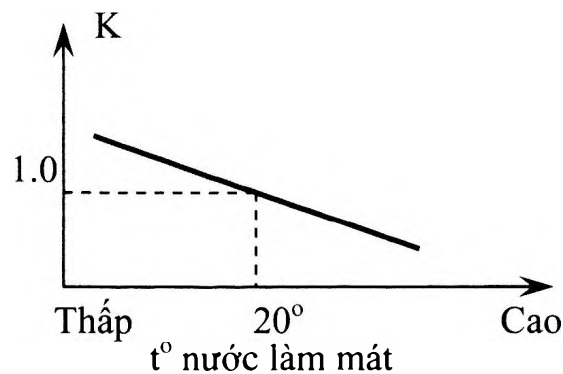
Trong đó: G_k : lượng khí nạp; N_e : tốc độ động cơ; K: hệ số điều chỉnh.

Sự hiệu chỉnh thời gian phun

ECU luôn được thông báo về điều kiện vận hành của động cơ mọi lúc bằng những tín hiệu từ cảm biến và hình thành xung hiệu chỉnh khác nhau trong thời gian phun thực tế của động cơ.

Sự hiệu chỉnh theo nhiệt độ khí nạp

Hệ số hiệu chỉnh:

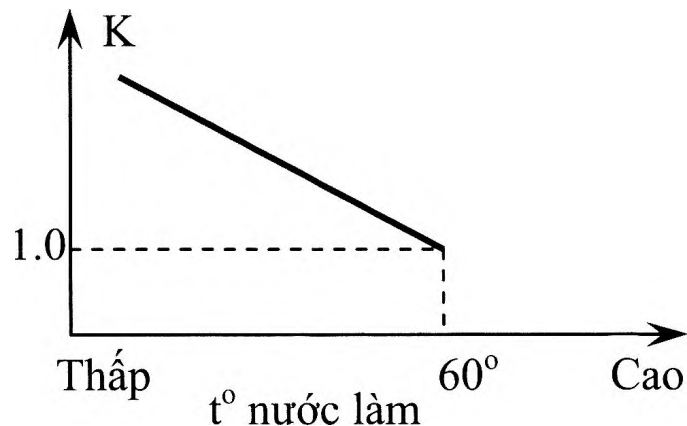


Hình 6.129: Đặc tính hiệu chỉnh theo nhiệt độ khí nạp.

Mật độ khí nạp thay đổi theo nhiệt độ. Vì lý do này, ECU phải biết thật chính xác về nhiệt độ khí nạp để có thể điều chỉnh thời gian phun nhằm duy trì tỉ lệ hòa khí mà động cơ yêu cầu. ECU xem 20°C là nhiệt độ chuẩn và tăng giảm lượng nhiên liệu phụ thuộc vào thay đổi nhiệt độ khí nạp so với nhiệt độ này. Sự hiệu chỉnh dẫn đến sự tăng hoặc giảm lượng phun nhiên liệu tối đa vào khoảng 10% (đối với loại khí nạp kiểu Karman có thể tới 20%).

Sự làm giàu nhiên liệu khi khởi động

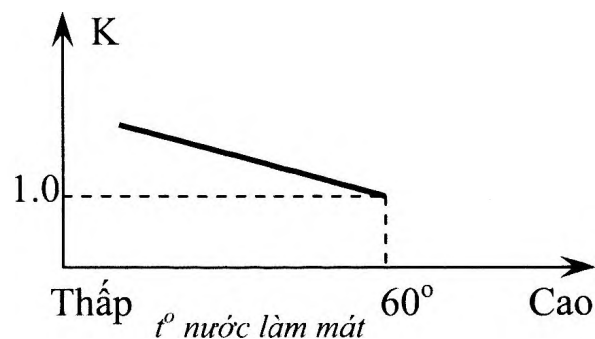
Hệ số hiệu chỉnh:



Hình 6.130: Sự hiệu chỉnh tỷ lệ sau khởi động.

Ngay sau khi khởi động, ECU điều khiển phun thêm một lượng nhiên liệu phụ trong một giai đoạn xác định trước, để hỗ trợ việc ổn định sự vận hành của động cơ. Sự hiệu chỉnh làm giàu sau khởi động ban đầu này được xác định bởi nhiệt độ nước làm mát. Khi nhiệt độ thấp, việc làm giàu về cơ bản sẽ tăng gấp đôi số lượng nhiên liệu phun vào.

Sự làm giàu hâm nóng



Hình 6.131: Sự làm giàu hâm nóng.

Do sự bốc hơi nhiên liệu không tốt lúc trời lạnh, động cơ sẽ hoạt động không ổn định nếu không được cung cấp một hỗn hợp giàu xăng. Vì lý do này, khi nhiệt độ nước làm mát thấp, cảm biến nhiệt độ gửi tín hiệu đến ECU để hiệu chỉnh tăng lượng nhiên liệu phun, cho đến khi nhiệt độ đạt đến nhiệt độ đã được xác định trước (60°C).

Sự làm giàu đầy tải

Khi động cơ hoạt động ở chế độ đầy tải, lượng nhiên liệu phun vào tăng lên tùy theo tải để đảm bảo sự vận hành của động cơ. Tùy theo loại động cơ mà tín hiệu đầy tải được lấy từ góc mở của bướm ga (loại tuyến tính) hay thể tích khí nạp. Sự làm giàu này có thể tăng 10-30% tổng lượng nhiên liệu.

Sự hiệu chỉnh tỉ lệ hoà khí trong quá trình thay đổi tốc độ

Quá trình thay đổi tốc độ ở đây có nghĩa là lúc động cơ tăng hoặc giảm tốc. Trong suốt quá trình thay đổi, lượng nhiên liệu phun vào phải được tăng hay giảm để đảm bảo sự vận hành chính xác của động cơ.

Sự hiệu chỉnh lúc tăng tốc

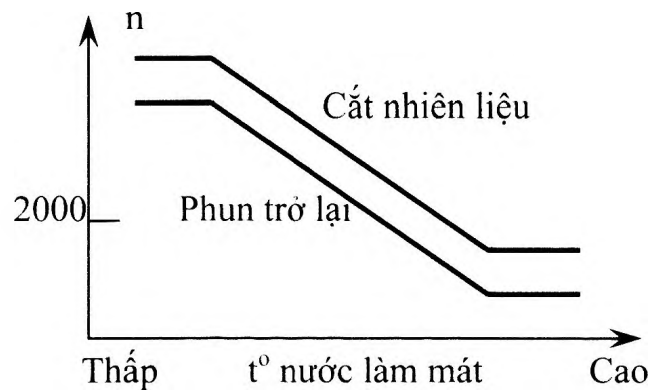
Khi ECU nhận ra sự tăng tốc của động cơ dựa vào tín hiệu từ cảm biến bướm ga, lượng nhiên liệu phun được tăng lên để cải thiện sự hoạt động tăng tốc của động cơ.

Sự hiệu chỉnh lúc giảm tốc

Khi ECU nhận ra sự giảm tốc, nó giảm lượng nhiên liệu phun vào khi cần thiết để ngăn ngừa hỗn hợp quá đậm trong suốt quá trình giảm tốc.

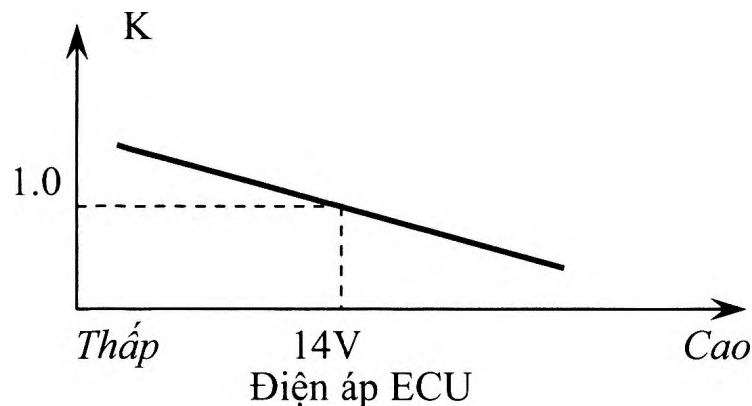
Sự cắt nhiên liệu

Cắt nhiên liệu khi giảm tốc: Trong quá trình giảm tốc độ, nếu bướm ga đóng hoàn toàn, ECU ngắt kim phun để cải thiện tính kinh tế nhiên liệu và giảm đáng kể lượng khí thải. Khi tốc độ động cơ giảm xuống dưới một tốc độ ấn định hoặc cánh bướm ga mở, nhiên liệu được phun trở lại. Tốc độ động cơ ngắt nhiên liệu và tốc độ động cơ khi phun nhiên liệu trở lại sẽ cao hơn khi nhiệt độ nước làm mát thấp như trên đồ thị.



Hình 6.132: Đồ thị biểu diễn sự cắt nhiên liệu.

Cắt nhiên liệu khi tốc độ động cơ cao: Để ngăn ngừa động cơ vượt tốc, kim phun sẽ ngừng phun nếu tốc độ động cơ tăng lên trên mức giới hạn. Sự phun nhiên liệu được phục hồi khi tốc độ động cơ giảm xuống dưới giới hạn.

Sự hiệu chỉnh theo điện áp ắc quy

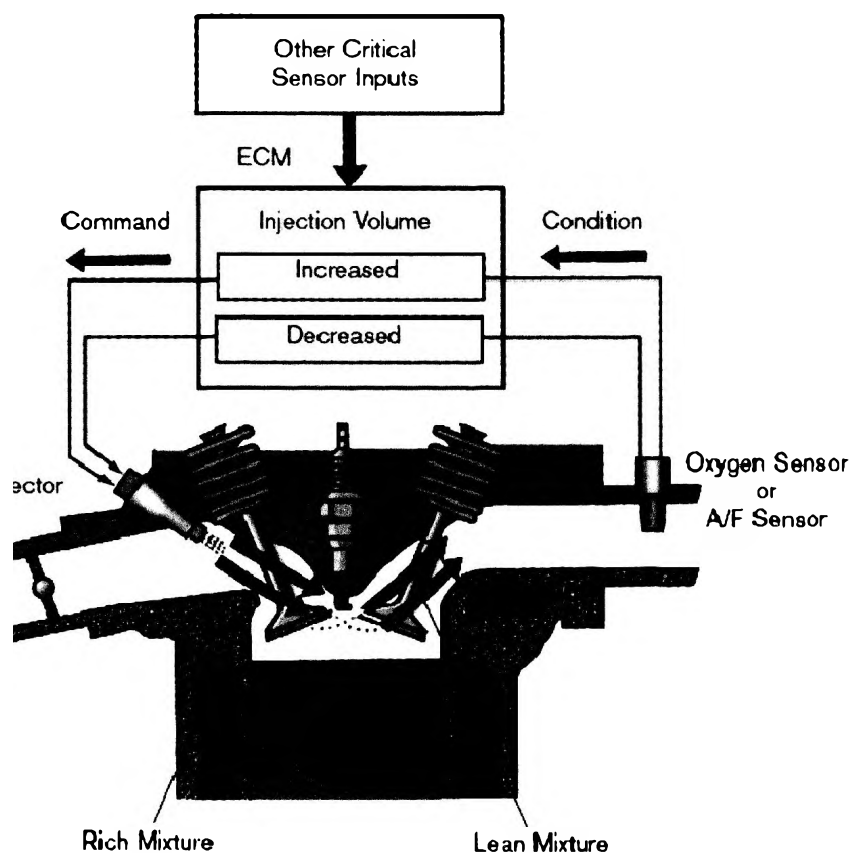
Hình 6.131: Hiệu chỉnh lượng phun theo điện áp.

Có một sự trì hoãn giữa thời gian mà ECU gởi tín hiệu đến kim phun và thời gian phun thực tế. Sự trì hoãn càng dài thì thời gian mở của kim phun càng ngắn so với lượng đã tính toán trong ECU và lượng nhiên liệu phun bị giảm đi một ít, không đủ đáp ứng chế độ tải của động cơ. Do đó, cần phải có sự hiệu chỉnh thời gian nhắc kim theo điện áp.

Trong khi hiệu chỉnh theo điện áp, ECU bù trừ cho sự trì hoãn này bằng cách kéo dài thời gian tín hiệu mở kim phun thêm một đoạn tùy theo độ dài của đoạn trì hoãn.

Điều khiển hồi tiếp (lambda = 1)

Trên các động cơ có bộ xúc tác, nếu thỏa mãn đồng thời 3 điều kiện: nhiệt độ động cơ đã đủ nóng, tải trung bình và không tăng tốc hoặc giảm tốc, ECU sẽ chuyển sang chế độ điều khiển kín nhờ cảm biến oxy, đảm bảo tỷ lệ hòa khí lý thuyết để hiệu xúc của bộ xúc tác cao nhất.



Hình 6.132: Điều khiển hồi tiếp lambda bằng 1.

Điều khiển kim phun khởi động lạnh

Khi động cơ khởi động, do nhiệt độ động cơ còn thấp nên cần có một lượng xăng để giúp cho động cơ khởi động. Lượng xăng này được phun trong một khoảng thời gian giới hạn phụ thuộc vào nhiệt độ động cơ. Quá trình này được xem như làm giàu xăng và hệ số dư lượng không khí $\lambda < 1$.

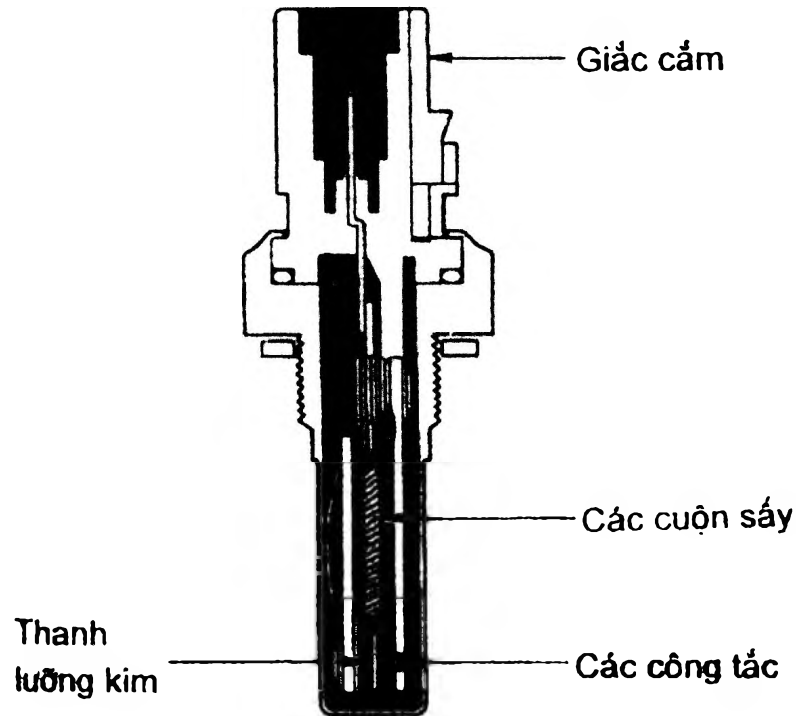
Việc làm giàu xăng khi khởi động được thực hiện bằng hai phương pháp:

Phương pháp 1: Dùng công tắc nhiệt thời gian và kim phun khởi động lạnh.

Phương pháp 2: Điều khiển khởi động nhờ ECU và cảm biến nhiệt độ động cơ.

Cấu tạo công tắc nhiệt thời gian

Công tắc nhiệt thời gian dùng để giới hạn thời gian phun của kim phun khởi động lạnh theo nhiệt độ.

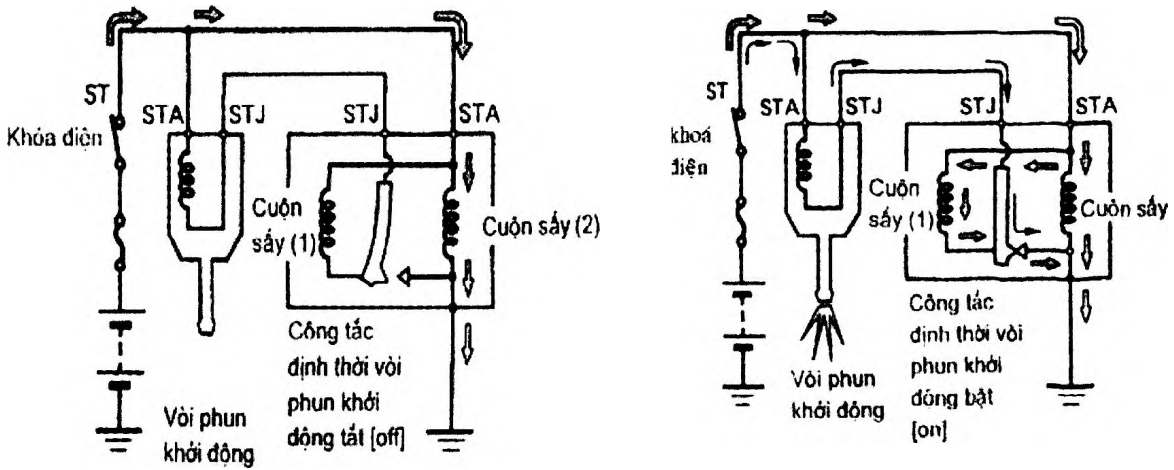


Hình 6.133: Công tắc nhiệt thời gian.

Công tắc nhiệt thời gian là một công tắc kiểu lưỡng kim nhiệt điện sẽ đóng hoặc mở tiếp điểm theo nhiệt độ của bản thân nó. Nó gồm công tắc lưỡng kim đặt trong trụ ren rỗng được lắp ở nơi mà nhiệt độ động cơ ảnh hưởng nhiều nhất. Khi động cơ còn nguội, thanh lưỡng kim co lại và đóng công tắc. Khi động cơ nóng, thanh lưỡng kim giãn ra và ngắt công tắc. Công tắc nhiệt thời gian quyết định khoảng thời gian mở của kim phun khởi động lạnh. Khoảng thời gian này phụ thuộc nhiệt độ động cơ và nhiệt độ môi trường. Việc tự nung nóng bằng dây nhiệt cần thiết để giới hạn thời gian kim phun khởi động mở, để tránh tình trạng động cơ bị quá dư xăng. Ví dụ: ở 20°C công tắc sẽ đóng trong 8s. Khi động cơ đã nóng, công tắc luôn bị ngắt. Vì vậy, khi khởi động lúc động cơ nóng, kim phun khởi động lạnh không làm việc.

Mạch điện

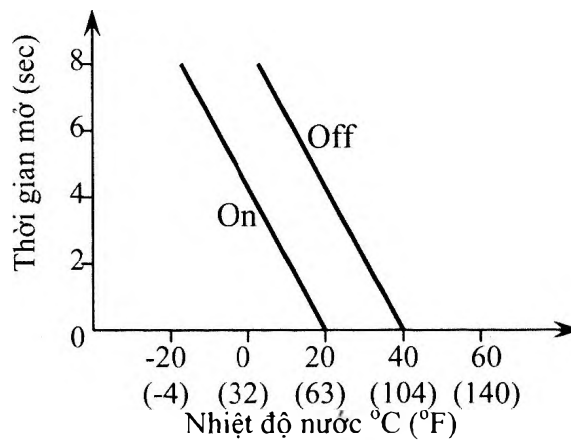
Khi động cơ còn lạnh, tiếp điểm đóng, bật công tắc máy sang vị trí *ST*, dòng điện đi như hình vẽ. Khi đó kim phun khởi động được nối mass qua tiếp điểm nên nó mở cho xăng phun vào đường ống nạp. Ngay sau đó, thanh lưỡng kim bị nung nóng và tách ra, ngắt kim phun. Vì lý do nào đó động cơ khởi động quá lâu thì hai điện trở sưởi nóng số 1 và 2 sẽ nung nóng thanh lưỡng kim làm tiếp điểm mở ra, giới hạn thời gian mở kim phun khởi động.



Hình 6.134: Mạch điện công tắc nhiệt thời gian.

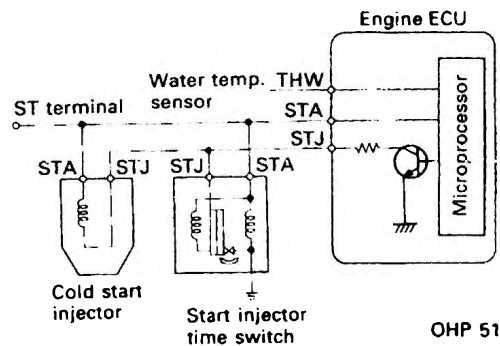
Đường đặc tuyến

Đường đặc tuyến



Hình 6.135: Đồ thị làm việc với kim phun khởi động lạnh.

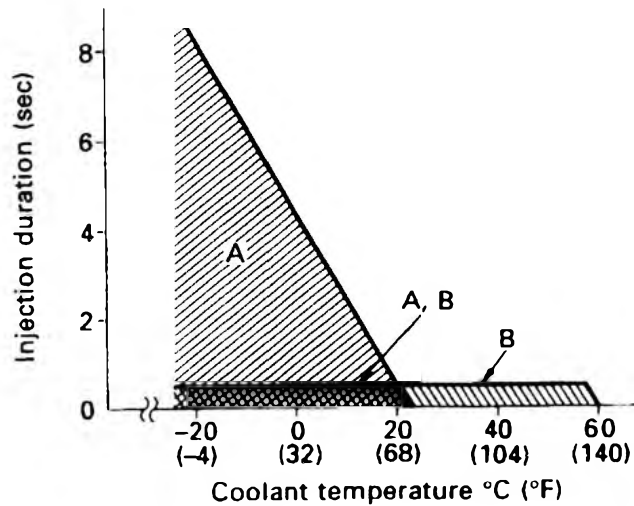
Việc điều khiển kim phun khởi động lạnh trên một số động cơ được thực hiện theo công tắc nhiệt thời gian và ECU.



Hình 6.136: Mạch điện kim phun khởi động lạnh.

Sau khi khởi động, dây nhiệt bị nung nóng, làm mờ tiếp điểm ngắt mass ở công tắc nhiệt thời gian. Lúc này, nếu nhiệt độ động cơ vẫn còn thấp, ECU lấy tín hiệu từ cảm biến nhiệt độ nước và công tắc khởi động điều khiển mở transistor công suất trên đường STJ. Khi đó kim phun khởi động, được nối mass qua transistor, mở kim cho xăng phun vào đường ống nạp.

Đường đặc tuyến



A: điều khiển bởi công tắc

B: điều khiển bởi ECU

A, B: điều khiển bởi công tắc và ECU

Hình 6.137: Đặc tuyến làm việc phun khởi động lạnh có ECU.

6.6 Điều khiển chế độ không tải (không tải) ISC – Idle Speed Control

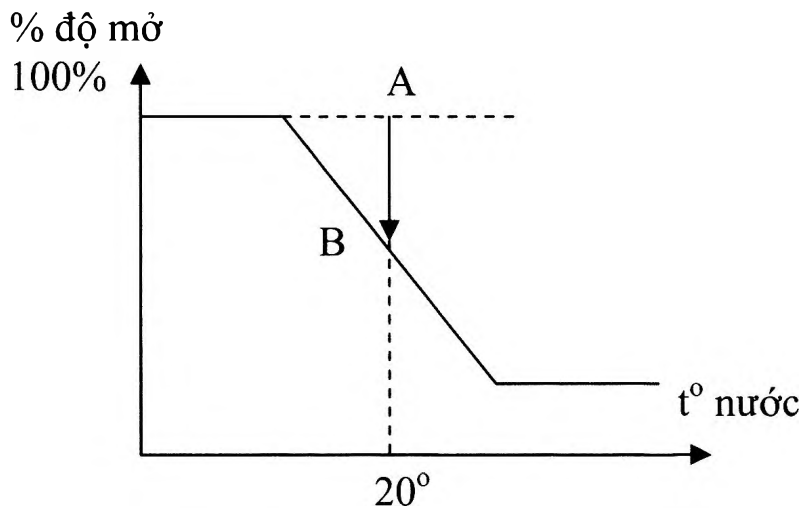
Để điều khiển tốc độ không tải, người ta cho thêm một lượng gió đi tắt qua cánh bướm ga vào động cơ nhằm tăng lượng hỗn hợp để giữ tốc độ không tải ổn định khi động cơ hoạt động ở các chế độ tải khác nhau. Lượng gió đi tắt này được kiểm soát bởi một van điện gọi là van điều khiển không tải (ISCV). Đôi khi biện pháp mở bướm ga cũng được sử dụng.

6.6.1 Chế độ khởi động

Khi động cơ ngưng hoạt động, tức không có tín hiệu tốc độ động cơ gửi đến ECU thì van điều khiển mở hoàn toàn, giúp động cơ khởi động lại dễ dàng.

6.6.2 Chế độ sau khởi động

Nhờ thiết lập trạng thái khởi động ban đầu, việc khởi động dễ dàng và lượng gió phụ vào nhiều hơn. Tuy nhiên, khi động cơ đã nổ (tốc độ tăng) nếu van vẫn mở lớn hoàn toàn thì tốc độ động cơ sẽ tăng quá cao. Vì vậy, khi động cơ đạt được một tốc độ nhất định (phụ thuộc vào nhiệt độ nước làm mát), ECU gửi tín hiệu đến van điều khiển không tải để đóng từ vị trí mở hoàn toàn đến vị trí được ấn định theo nhiệt độ nước làm mát.

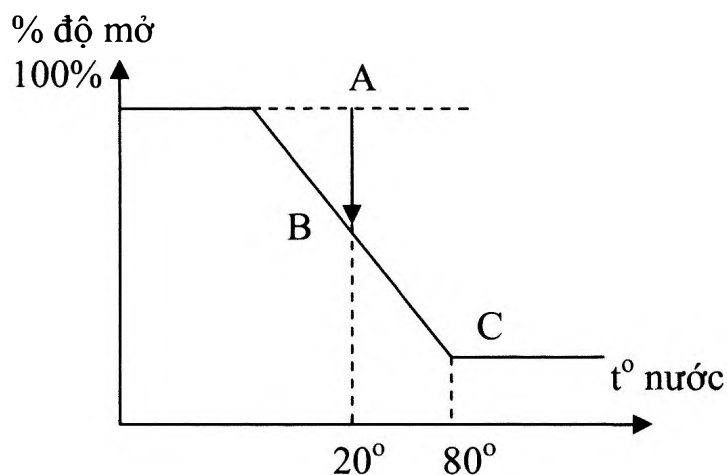


Hình 6.138: Điều khiển không tải ở chế độ sau khởi động.

Ví dụ, động cơ khởi động khi nhiệt độ nước làm mát ở 20°C thì van điều khiển sẽ đóng dần từ vị trí mở hoàn toàn A đến điểm B để đạt tốc độ ổn định.

6.6.3 Chế độ hâm nóng

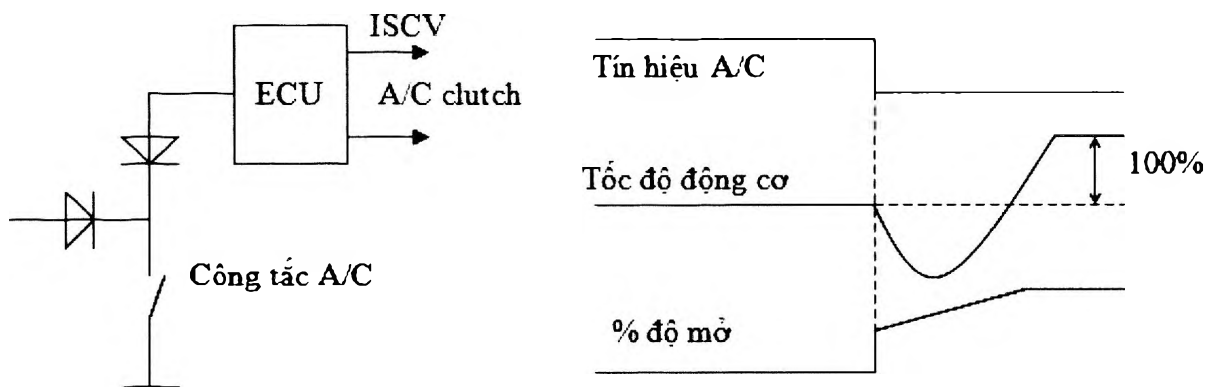
Khi nhiệt độ động cơ tăng lên, van điều khiển tiếp tục đóng từ B \rightarrow C cho đến khi nhiệt độ nước làm mát đạt 80°C .



Hình 6.139: Điều khiển không tải ở chế độ hâm nóng.

6.6.4 Chế độ máy lạnh

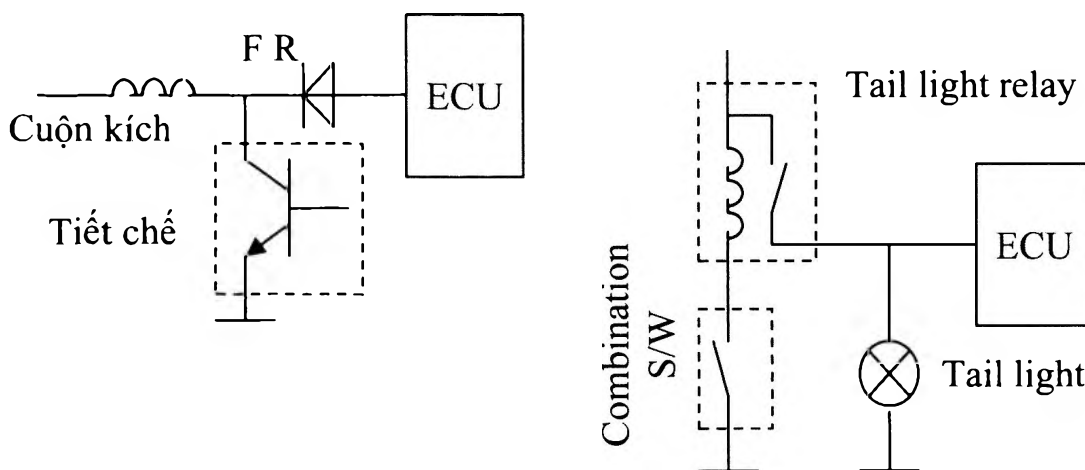
Khi động cơ đang hoạt động, nếu ta bật điều hoà nhiệt độ, do tải của máy nén lớn sẽ làm tốc độ không tải động cơ tụt xuống. Nếu sự chênh lệch tốc độ thật sự của động cơ và tốc độ ổn định của bộ nhớ lớn hơn 20 v/p thì ECU sẽ gửi tín hiệu đến van điều khiển để tăng lượng khí thêm vào qua đường bypass nhằm mục đích tăng tốc độ động cơ khoảng 100 v/p . Ở những xe có trang bị ly hợp máy lạnh điều khiển bằng ECU, khi bật công tắc máy lạnh ECU sẽ gửi tín hiệu tới van điều khiển trước để tăng tốc độ không tải sau đó đến ly hợp máy nén để tránh tình trạng động cơ đang chạy bị khựng đột ngột.



Hình 6.140: Chế độ máy lạnh.

6.6.5 Chế độ tải máy phát

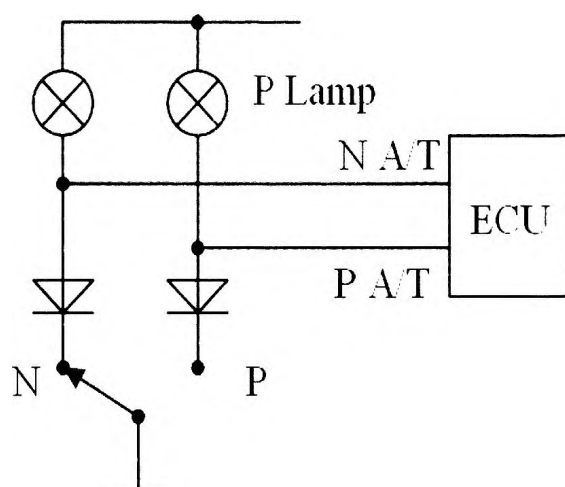
Khi bật các phụ tải điện công suất lớn trên xe, tải động cơ sẽ tăng do lực cản của máy phát lớn. Để tốc độ không tải ổn định trong trường hợp này, ECU sẽ bù thêm nếu thấy tải của máy phát tăng. Để nhận biết tình trạng tải của máy phát có hai cách: lấy tín hiệu từ công tắc đèn, xông kính (TOYOTA) hoặc lấy tín hiệu từ cọc *FR* của máy phát (HONDA).



Hình 6.141: Điều khiển không tải theo tải máy phát.

6.6.6 Chế độ hộp số tự động

Khi tay số ở vị trí "R", "P" hoặc "D", một tín hiệu điện áp được gửi về ECU để điều khiển mở van cho một lượng khí phụ vào làm tăng tốc độ không tải.

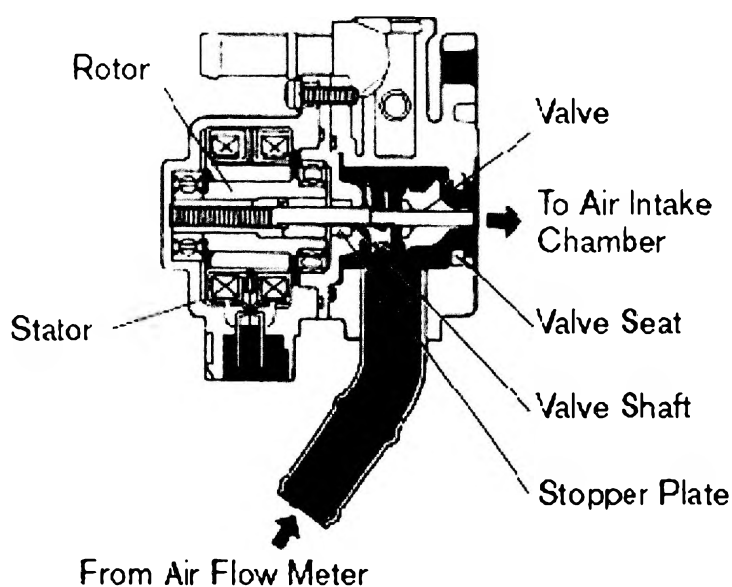


Hình 6.142: Tín hiệu từ hộp số tự động.

6.6.7 Cấu tạo van điều khiển tốc độ không tải

Kiểu motor bước (Stepper motor)

Cấu tạo



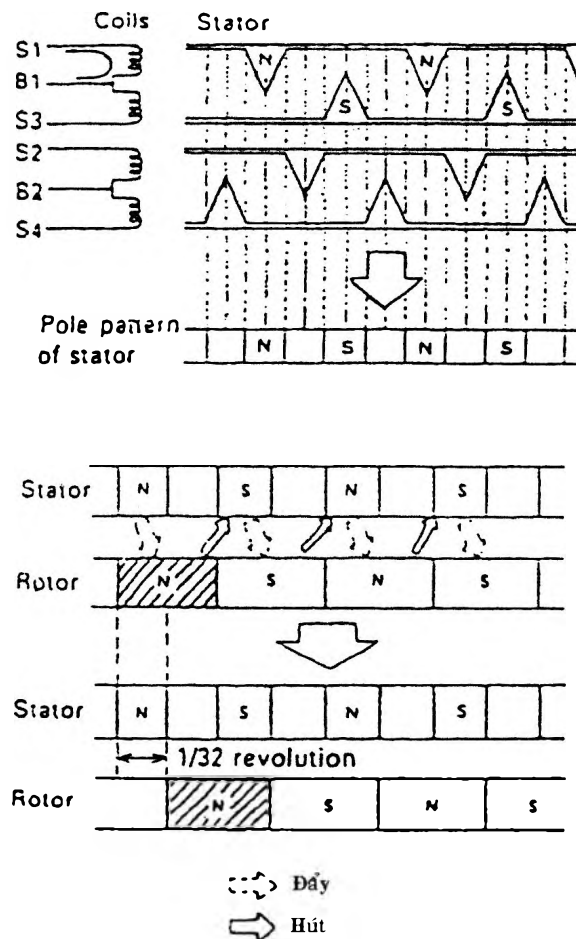
Hình 6.143: Cấu tạo của motor bước.

Van điều khiển trên hình 6.143 là loại motor bước. Motor này có thể quay cùng chiều hoặc ngược chiều kim đồng hồ để van di chuyển theo hướng đóng hoặc mở. Motor được điều khiển bởi ECU. Mỗi lần dịch chuyển là một bước, từ vị trí đóng hoàn toàn đến mở hoàn toàn có 125 bước (số bước có thể thay đổi). Việc di chuyển sẽ làm tăng giảm tiết diện cho gió qua. Lưu lượng gió đi qua van rất lớn nên ta không cần dùng van gió phụ trội cũng như vít chỉnh tốc độ không tải cũng được vặn kín hoàn toàn.

Rotor: gồm một nam châm vĩnh cửu 16 cực. Số cực phụ thuộc vào từng loại động cơ. **Stator:** gồm hai bộ lõi, 16 cực xen kẽ nhau. Mỗi lõi được quấn hai cuộn dây ngược chiều nhau.

Hoạt động

ECU điều khiển các transistor lần lượt nối mass cho cuộn stator. Dựa vào nguyên lý: các cực cùng tên đẩy nhau, các cực khác tên hút nhau sẽ tạo ra một lực từ làm xoay rotor một bước. Chiều quay của rotor sẽ thay đổi nhờ sự thay đổi thứ tự dòng điện đi vào bốn cuộn stator. Với loại rotor và stator 16 cực, cứ mỗi lần dòng điện đi qua các cuộn dây thì rotor quay được 1/32 vòng.

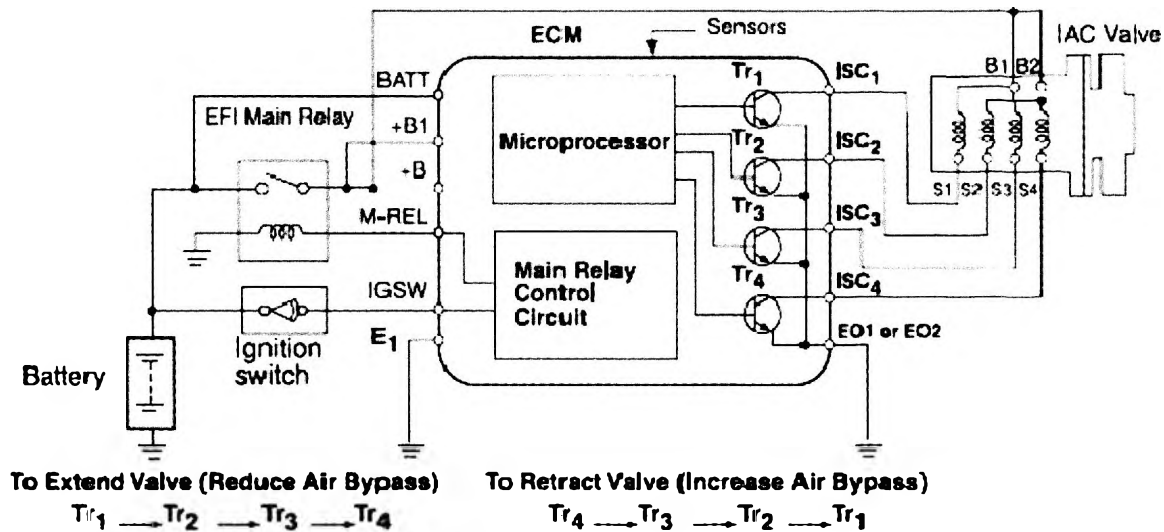


Hình 6.144: Hoạt động của motor bước.

Vì trục van gắn liền với rotor nên khi rotor quay, trục van di chuyển ra vào làm giảm hoặc tăng khe hở giữa van với bộ van.

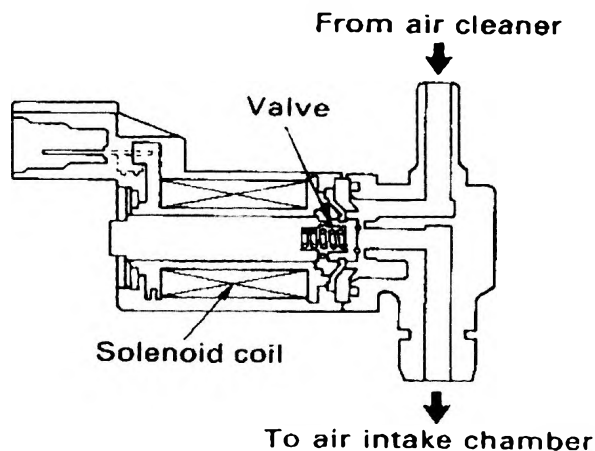
Mạch điện

Tốc độ không tải quy định đã được lưu trữ trong bộ nhớ theo trạng thái hoạt động của máy điều hòa và giá trị của nhiệt độ nước làm mát. Khi ECU nhận tín hiệu từ công tắc cánh bướm ga và tốc độ động cơ báo cho biết là đang ở chế độ không tải thì nó sẽ mở theo thứ tự từ transistor Tr_1 đến Tr_4 cho dòng điện qua stator điều khiển mở hoặc đóng van cho đến khi đạt tốc độ ấn định.



Hình 6.145: Mạch điện điều khiển motor bước.

Kiểu Solenoid (hình 6.146):

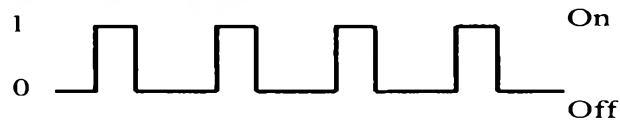


Hình 6.146: Cấu tạo van không tải kiểu solenoid.

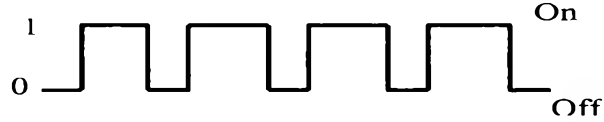
Cuộn solenoid được ECU điều khiển theo độ hông xung. Khi có tín hiệu, solenoid sẽ hoạt động làm thay đổi khe hở giữa van solenoid và bộ van cho gió vào nhiều hay ít. Cứ khoảng $120ms$ cuộn dây của van được nhận một xung điện (ON-OFF). Vì tần số đóng mở khá lớn nên có thể coi như các cuộn dây được cấp điện liên tục, song giá trị trung bình của dòng điện được tính bằng tỉ số giữa thời gian cấp điện (ON) và thời gian ngắt điện (OFF). Tỉ số này gọi là chỉ số làm việc W (duty cycle) được tính theo công thức:

$$W = \frac{A}{A + B} \times 100\%$$

a. Chỉ số làm việc thấp



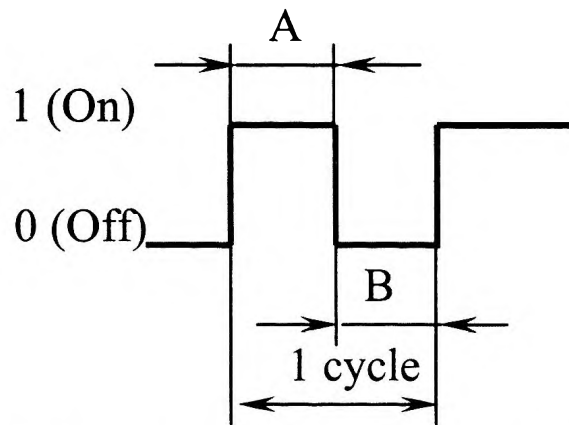
b. Chỉ số làm việc cao



Hình 6.147: Dạng xung của kiểu Solenoid.

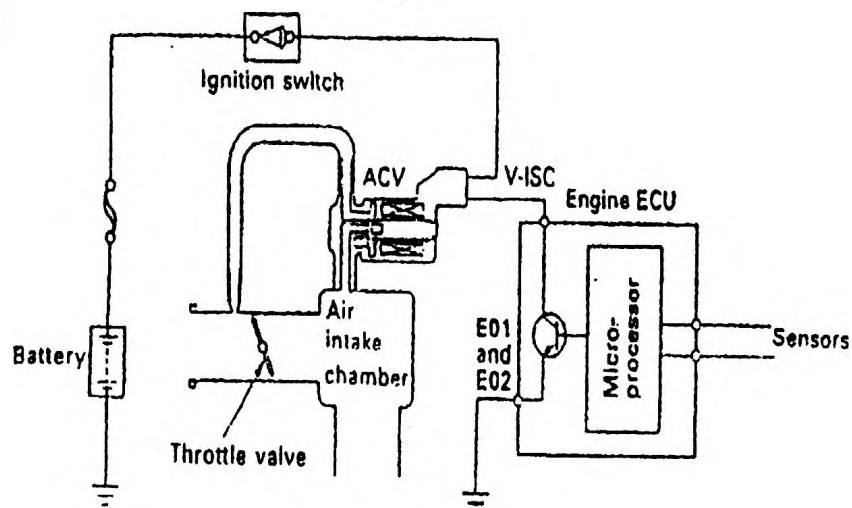
Trong đó: **A**: có dòng (ON) **B**: không có dòng (OFF)

Nếu muốn van mở ít thì xung điều khiển có chỉ số làm việc W nhỏ và ngược lại.



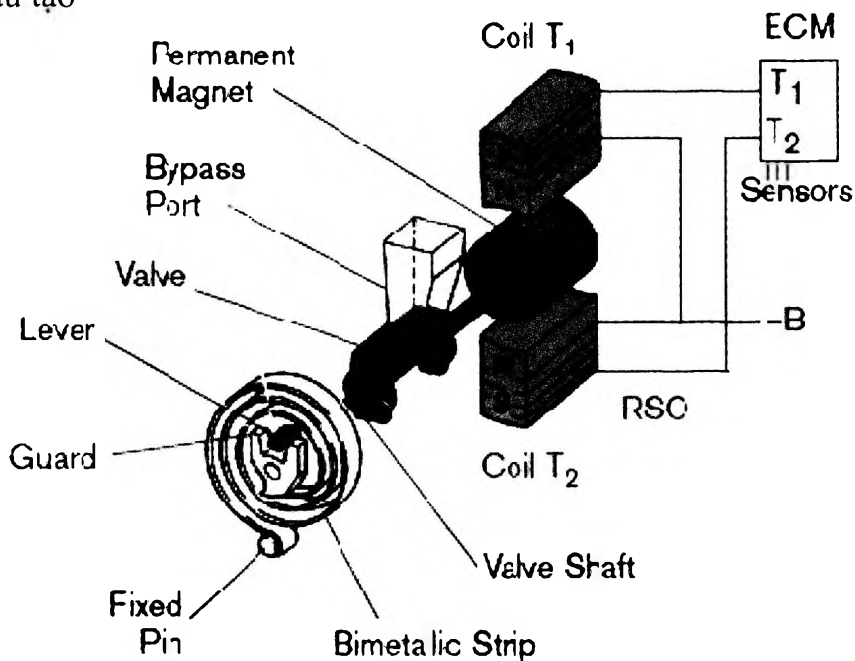
Hình 6.148: Xung làm việc cao-thấp của solenoid.

Mạch điện



Hình 6.149: Mạch điện van điều khiển không tải kiểu solenoid.

Kiểu van xoay
Cấu tạo



Hình 6.150: Cấu tạo van điều khiển không tải kiểu van xoay.

Nguyên lý làm việc cũng giống như loại motor bước tức cho một lượng khí tắt qua cánh bướm ga theo sự điều khiển từ ECU. Đây là loại kết hợp giữa động cơ bước và solenoid. Cấu tạo như hình 6.150.

Nam châm vĩnh cửu đặt ở đầu trục van có hình trụ. Nó sẽ quay dưới tác dụng lực đẩy hoặc kéo của hai cuộn T_1 và T_2 .

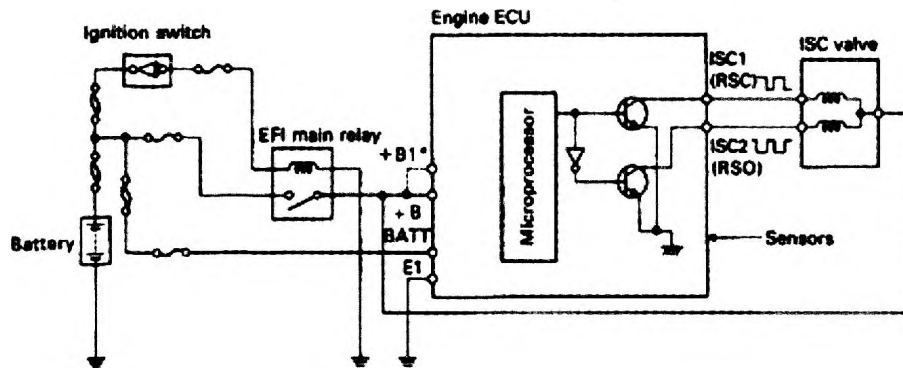
Van: cật treo ở tiết diện giữa của trục van. Nó sẽ điều khiển lượng gió đi qua mạch rẽ. Van xoay cùng với trục của nam châm.

Cuộn T_1 và T_2 : đặt đối diện nhau, ở giữa là nam châm vĩnh cửu. ECU nối mass một trong hai cuộn dây để điều khiển đóng mở van.

Cuộn lò xo lưỡng kim: dùng để điều khiển đóng mở van theo nhiệt độ nước khi mạch điều khiển điện không làm việc. Một đầu cuộn lò xo lưỡng kim được bắt vào chốt cố định, còn điểm kia bắt vào châu bảo vệ. Trên châu bảo vệ có một rãnh. Một chốt xoay liền với trục van sẽ đi vào rãnh này.

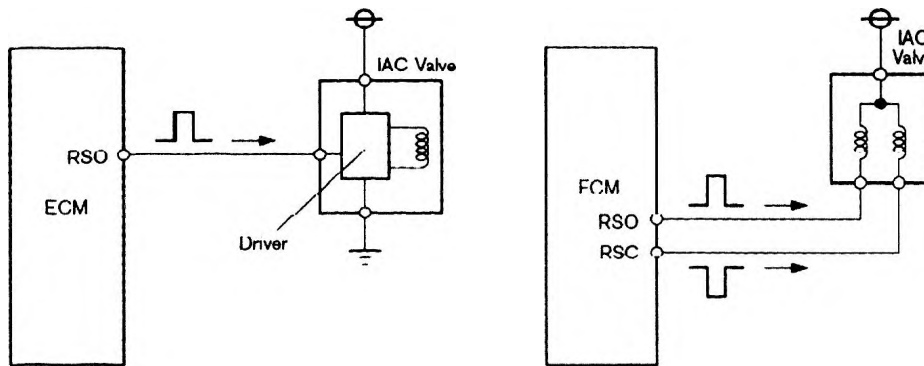
Chốt xoay sẽ không kích hoạt sự hoạt động của lò xo lưỡng kim khi hệ thống điều khiển không tải hoạt động tốt cũng như lúc lò xo lưỡng kim không tiếp xúc với mặt cắt có vát rãnh trên châu bảo vệ. Cơ cấu này là thiết bị an toàn không cho tốc độ không tải quá cao hay quá thấp nếu mạch điện bị hư hỏng.

Mạch điện



Hình 6.151: Mạch điện điều khiển không tải dùng van xoay.

Trên một số xe đời mới, người ta dùng van xoay có một cuộn dây tích hợp với mạch điện (hình 6.152).

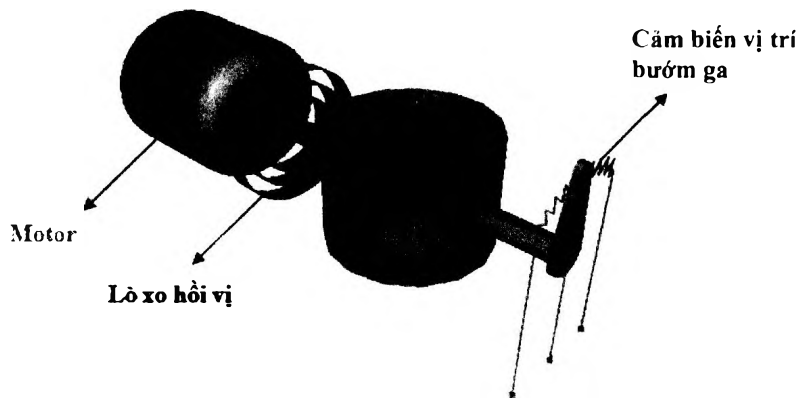


Hình 6.152: Mạch điện van xoay thế hệ mới (trái) và cũ (phải).

6.7 Bướm ga điện tử (ETC - Electronic Control Throttle Control)

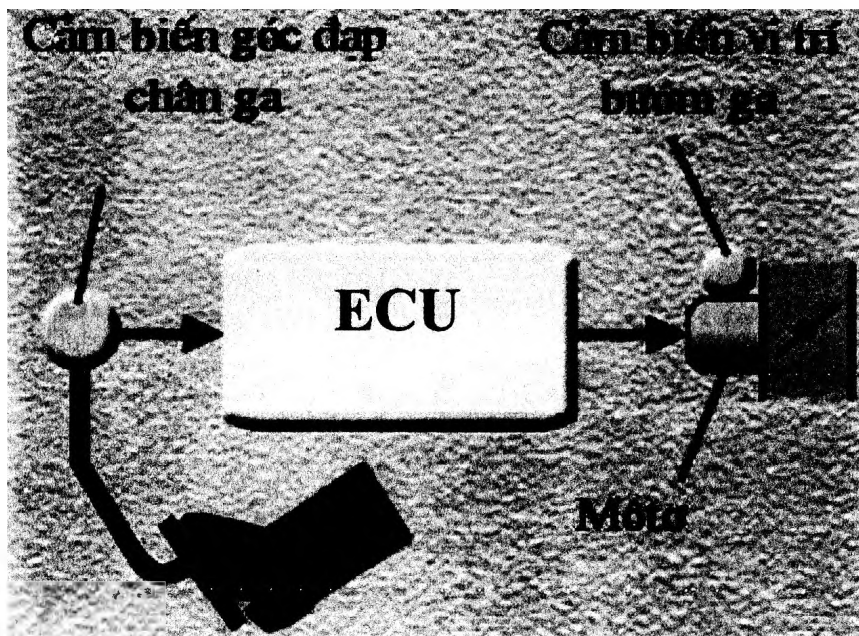
6.7.1 Khái quát về bướm ga điều khiển điện tử

Điều khiển bướm ga điều tử là một công nghệ điều khiển bằng điện (drive by wire technology) thay thế kết nối cơ khí truyền thống qua dây cáp giữa bàn đạp ga và bướm ga. Hệ thống điều khiển bướm ga bằng điện tử đã được đề xuất nghiên cứu trong gần một thập kỷ vừa qua nhưng nó chỉ mới được đưa vào ứng dụng trong 10 năm gần đây. Khác với các hệ thống bướm ga truyền thống được điều khiển dẫn động trực tiếp từ chân bàn đạp ga thông qua cáp nối và lò xo hồi vị, ở hệ thống ETC, cáp nối được thay thế bằng các cảm biến vị trí và một cụm các chi tiết gọi là bộ chấp hành được tích hợp bên trong thân bướm ga, bộ chấp hành bao gồm: một motor một chiều để tạo lực kéo, một lò xo hồi vị và các bánh răng giảm tốc.



Hình 6.153: Cấu tạo đơn giản các bộ phận bên bướm ga điện tử.

Hình 6.153 trình bày cấu tạo đơn giản về các bộ phận bên trong cánh bướm ga điện tử. Ở giữa là trục điều khiển cánh bướm ga. Lò xo sẽ tạo ra một moment xoay để đóng cánh bướm ga khi motor không làm việc. Đa số bướm ga điện tử không có van điều khiển không tải, do đó bướm ga mở một góc nhỏ để điều khiển tốc độ không tải. Motor điều khiển bướm ga nằm ở cuối trục bên trái và cảm biến vị trí bướm ga nằm ở bên phải trục bướm ga.



Hình 6.154: Sơ đồ điều khiển cơ bản của hệ thống ETC.

Các cụm chi tiết chính của hệ thống ETC gồm:

- Bộ chấp hành.
- Bộ xử lý và điều khiển.
- Cụm bàn đạp ga.

Các cụm chi tiết này được nối với nhau bằng dây dẫn. Bộ chấp hành là cụm chi tiết

vận hành, thông thường gồm có: motor điện, cảm biến vị trí, lò xo hồi vị, chúng được nối với trục của cánh bướm ga và được tích hợp vào trong thân bướm ga. Cụm chấp hành có chức năng chuyển năng lượng điện thành động năng cơ khí làm quay bướm ga theo tín hiệu điều khiển.

Bộ phận xử lý và điều khiển là một bộ phận điều khiển điện ECU, nhận đồng thời các tín hiệu từ các cảm biến để xác định các điều kiện cần thiết cho quá trình xử lý thông tin và đưa ra các tín hiệu điều khiển. ECU của hệ thống ETC phải đáp ứng được một số yêu cầu, chẳng hạn như vị trí bướm ga phải được điều khiển một cách chính xác, nhanh chóng. Cụm bàn đạp pedal: bao gồm hai cảm biến vị trí bàn đạp ga dùng để xác định một cách chính xác vị trí của bàn đạp ga.

6.7.2 Phân loại các loại bướm ga điều khiển bằng điện tử

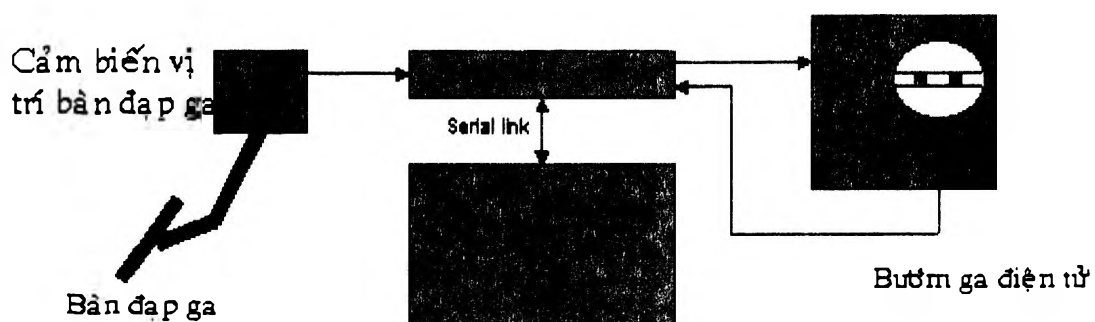
Dựa vào kết cấu, khả năng ứng dụng và xu hướng phát triển của hệ thống ETC trên thị trường, người ta chia hệ thống ETC đã được sản xuất ra làm một số loại dựa trên một số tiêu chí như:

- Theo ECU điều khiển.
- Theo motor.
- Khả năng điều khiển của hệ thống.
- Loại động cơ sử dụng hệ thống ETC

Phân loại theo bộ phận điều khiển ECU:

Hệ thống ETC có bộ phận điều khiển riêng biệt

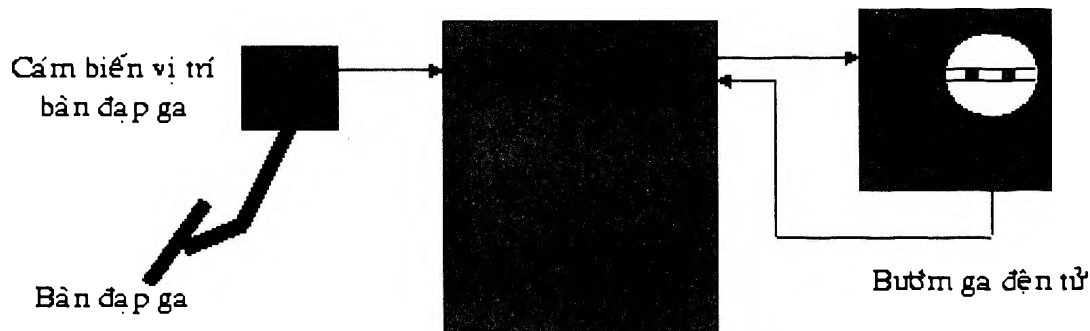
Đây là hệ thống bướm ga điện tử được thiết kế đầu tiên dựa trên ý tưởng là hệ thống sản xuất theo phương pháp cộng thêm (add on). Nghĩa là nó sử dụng bộ phận điều khiển ECU riêng mà không đòi hỏi có thêm chương trình hay phần cứng điều khiển nào. Hoạt động của loại này dựa trên rất ít các dữ liệu đầu vào gửi về bộ điều khiển ECU của xe thông qua các tín hiệu từ bộ phận điều khiển riêng biệt của bộ chấp hành bướm ga ETC như chỉ ra ở hình 6.155.



Hình 6.155: Sơ đồ hoạt động của bướm ga có bộ phận điều khiển riêng.

Hệ thống ETC có ECU điều khiển

Hệ thống ETC loại này được sử dụng phổ biến ngày nay, phần điều khiển được tích hợp trong ECU động cơ với các chương trình điều khiển cần thiết phù hợp với các tín hiệu đầu vào là các tín hiệu điện áp từ cảm biến vị trí bàn đạp ga và các tín hiệu đầu ra để điều khiển vị trí bướm ga.



Hình 6.156: Sơ đồ hoạt động của bướm ga điện tử.

Phân loại hệ thống ETC theo motor được sử dụng

Sở dĩ hệ thống ETC được phân theo loại motor vì motor của bộ chấp hành là một trong những chi tiết quan trọng hàng đầu trong toàn bộ hệ thống ETC, nó quyết định đến công việc xử lý tín hiệu, dạng tín hiệu để điều khiển motor. Hiện nay, trong tất cả các hệ thống ETC người ta chỉ sử dụng hai loại motor và chúng đều là motor điện một chiều (DC-motor).

Motor bước (step – motor)

Với việc điều khiển hoạt động của motor thông qua các bước đóng ngắt tuần tự dòng điện đi qua các đầu dây điều khiển theo những quy luật khác nhau, sẽ điều khiển được motor quay theo các chiều quay và góc quay khác nhau. Nếu ngưng kích cho motor thì trục rotor của nó sẽ bị khoá cứng.

Motor bước có những ưu điểm và những nhược điểm khi ứng dụng lên hệ thống điều khiển bướm ga điện tử như sau:

- Nó cho phép điều khiển chính xác vị trí của bướm ga tương ứng với góc quay của trục rotor, dựa vào việc tính toán số xung kích điều khiển. Nó cho phép điều khiển quay chính xác một góc rất nhỏ, chẳng hạn loại 4 dây điều khiển cho phép quay một góc nhỏ nhất 1.8° , loại motor càng có nhiều đầu dây điều khiển càng có góc điều khiển bé.
- Ở trạng thái không cấp xung điều khiển, trục của motor bị khoá cứng nên nó đảm bảo cho cánh bướm ga ổn định khi dòng khí nạp đi qua.
- Không cần thiết sử dụng lò xo hồi vị trong bộ chấp hành vì góc xoay của bướm ga loại này hầu như là độc lập với ngoại lực.

Đi đôi với những ưu điểm có được khi sử dụng loại motor này thì việc ứng dụng nó

cũng có một vài vấn đề khó khăn như:

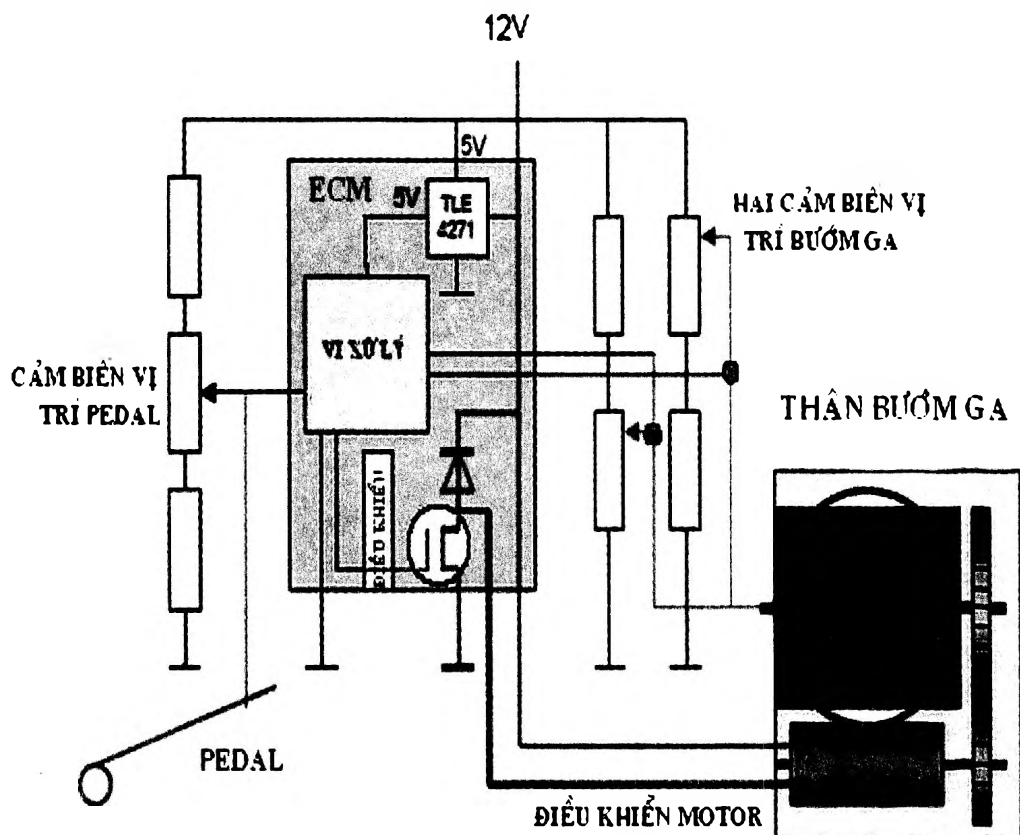
- Việc điều khiển motor bước rất phức tạp, vì vậy khi thiết kế hệ thống ETC, đặc biệt là thiết kế phần mềm rất khó khăn. Càng khó khăn hơn khi hệ thống ETC đồng thời nhận nhiều tín hiệu từ các cảm biến và thực hiện nhiều nhiệm vụ khác nhau.
- Vấn đề thứ hai liên quan đến an toàn cho người sử dụng. Đây là một vấn đề lớn vì hệ thống ETC đòi hỏi phải có những giải pháp an toàn ở mức độ cao. Chính tính năng khóa cứng của motor khi không có nguồn xung điều khiển và sự độc lập trong hoạt động với ngoại lực là những nguyên nhân của vấn đề, vì khi motor bị hư hỏng hay bị cắt nguồn xung điều khiển thì bướm ga không có khả năng tự trả về vị trí an toàn. Đối với các hệ thống điện, đòi hỏi về mức an toàn là rất cao vì sự hỏng hóc rất dễ xảy ra và mang tính dây chuyền.

Motor điện một chiều có chổi than (brush motor - servo motor)

Do những hạn chế trong chế tạo và vận hành của motor bước nêu trên, nên ngày nay các hãng sản xuất không còn đề xuất nghiên cứu, ứng dụng loại motor đó nữa mà chuyển sang cải tiến và ứng dụng loại servo motor chỉ có hai đầu dây đưa ra để cấp nguồn cho motor. Hiện nay, hầu hết các nghiên cứu và sản xuất đều ứng dụng loại motor này.

Sở dĩ servo motor được lựa chọn thay thế cho motor bước để đưa vào sử dụng rộng rãi trong hệ thống ETC, ngoài những nguyên nhân về kinh tế còn do nó có những đặc tính về kỹ thuật trong chế tạo và sử dụng sau:

- Kết cấu của loại motor này đơn giản hơn nhiều so với motor bước vì vậy nó giảm thiểu được những hư hỏng do kết cấu.
- Việc điều khiển vị trí không quá khó khăn khi sử dụng thêm các loại cảm biến vị trí.
- Nguyên tắc hoạt động đơn giản nên cho phép người thiết kế dễ dàng hơn trong khâu lập trình để điều khiển motor.
- Tuy độ nhạy của nó trong vận hành không bằng motor bước, nhưng điều này có thể cải thiện được khi ta sử dụng động cơ có công suất lớn và một hộp bánh răng giảm tốc, đồng thời việc sử dụng lò xo hồi vị có hệ số đàn hồi cao cũng làm tăng tính ổn định của bướm ga khi có luồng khí nạp đi qua.



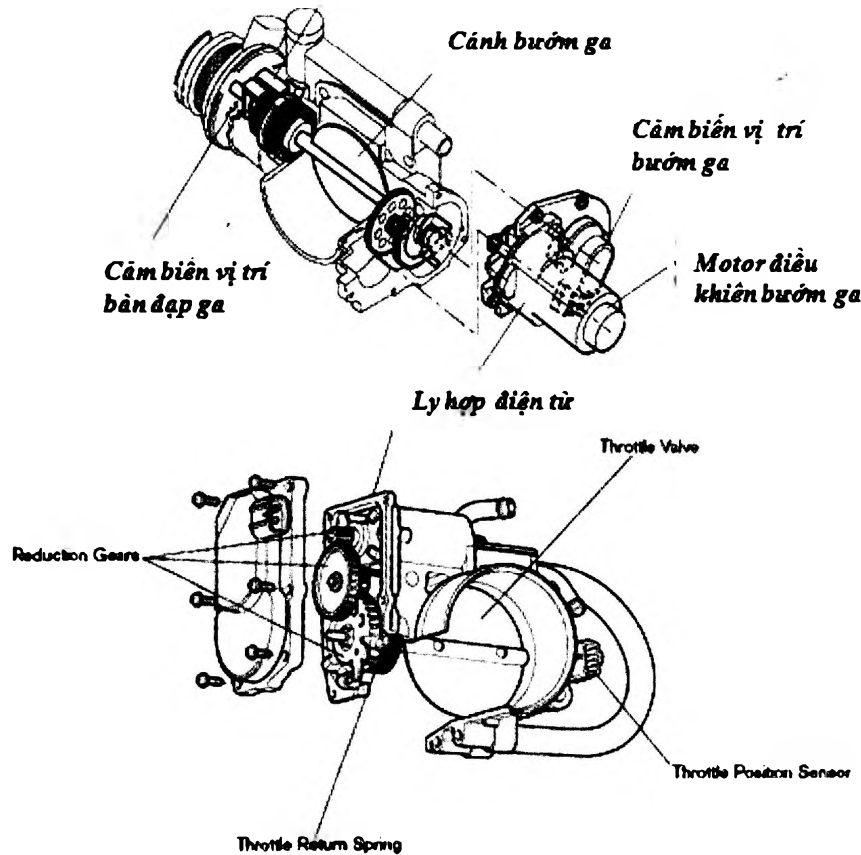
Hình 6.157: Sơ đồ điều khiển của hệ thống ETC sử dụng servo motor.

- Dễ dàng trả bướm ga về vị trí có trạng thái ga nằm trong tầm kiểm soát của người vận hành khi có tín hiệu hư hỏng hay motor bị cắt nguồn đột ngột. Vì vậy, hệ thống ETC sử dụng loại motor này cho phép đảm bảo được mức an toàn cao trong hoạt động.

6.7.3 Cấu tạo bướm ga điều khiển bằng điện tử

Bướm ga điện tử bao gồm các bộ phận sau: motor bướm ga sẽ điều khiển hoạt động của bướm ga, một ly hợp điện tử nối motor điều khiển với cánh bướm ga. Góc mở cánh sẽ được xác định bởi cảm biến vị trí bướm ga. Tương tự, cảm biến vị trí bàn đạp ga sẽ xác định vị trí bàn đạp ga. ECU sẽ điều chỉnh góc mở bướm ga phù hợp với các chế độ hoạt động của ô tô và động cơ.

Electronic Throttle Control
System – Intelligence (ETCS-0)



Hình 6.158: Cấu tạo của cánh bướm ga điện tử.

Motor bướm ga

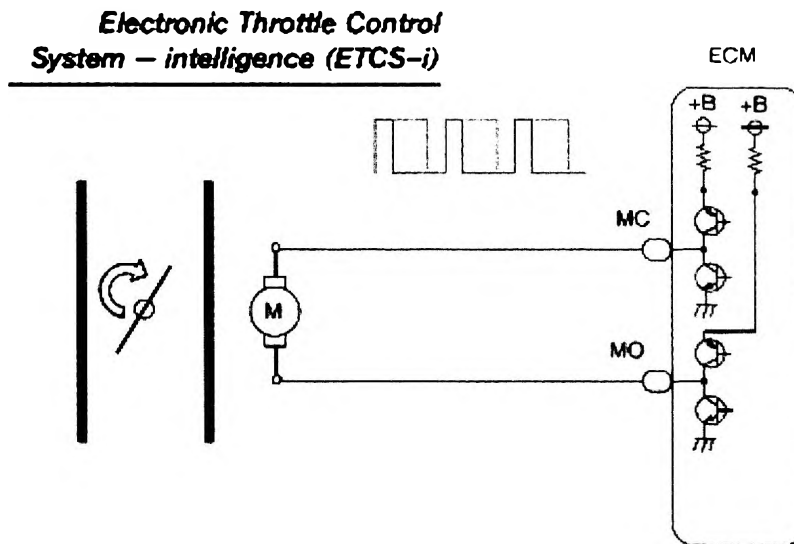
Motor bướm ga là động cơ điện một chiều được điều khiển bởi ECU. ECU sẽ điều khiển chiều quay và cường độ dòng điện đi vào motor bằng mạch điều khiển xung. Nếu có sự bất thường trong hệ thống, ECU sẽ ngắt điều khiển và lò xo hồi bướm ga sẽ đóng cánh bướm ga lại. Điều kiện này xảy ra nếu dòng điện trong mạch motor quá cao hoặc quá thấp.

ECU sẽ điều khiển chiều quay và cường độ dòng điện cần thiết để motor bướm ga hoạt động nhằm điều chỉnh vị trí bướm ga. Motor bướm ga có thể hoạt động một trong năm chế độ sau:

- Chế độ dự phòng
- Bướm ga đóng.
- Bướm ga mở.
- Chế độ giữ bướm ga.
- Điều khiển tốc độ không tải.

Mạch motor bướm ga bao gồm bốn transistor điều khiển trong mạch MO và MC.

Một transistor cấp nguồn (transistor dương) và một transistor nối mass cho motor. Điều này cho phép ECU điều khiển chiều dòng điện đi qua motor.



Hình 6.159: Sơ đồ điện điều khiển motor servo.

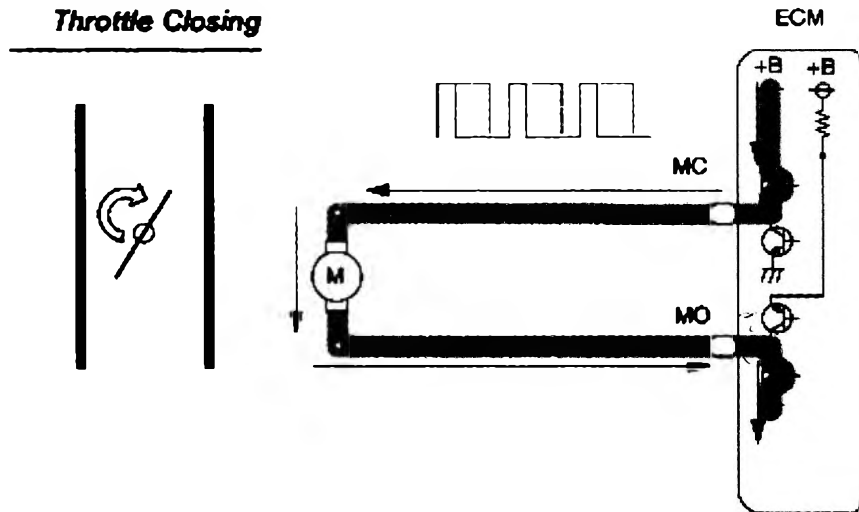
Mạch xung dùng để điều khiển tốc độ hoạt động của bướm ga và giữ bướm ga tại một vị trí xác định. Để điều khiển tốc độ đóng mở bướm ga, tỉ lệ khoảng thời gian xung ở mức cao và mức thấp (khoảng thời gian hiệu dụng xung) sẽ thay đổi phù hợp với từng điều kiện hoạt động. Để giữ bướm ga ở vị trí định trước, ECU sẽ cung cấp dòng để lực từ tạo ra vừa đủ chống lại sức căng của lò xo hồi vị. Ở chế độ điều khiển kết hợp với hệ thống kiểm soát lực kéo TRC, khoảng thời gian xung ở mức cao bị giảm lại; giới hạn của việc điều khiển này là vị trí không tải. Nếu lúc này bướm ga mở quá lớn, ECU sẽ ngắt xung điều khiển để đóng nhanh bướm ga.

Vị trí dự phòng

Khi không có dòng điện cung cấp đến motor, lò xo hồi bướm ga sẽ giữ bướm ga ở vị trí dự phòng. Điều kiện này xảy ra khi khoá điện ở vị trí OFF hoặc ECU phát hiện lỗi trong hệ thống ETC. Khi hệ thống bị lỗi sẽ không có dòng điện cung cấp đến motor và ly hợp. Lúc này motor được ngắt ra khỏi trục bướm ga nhằm ngăn ngừa motor điều khiển cánh bướm ga hoạt động. Ở trạng thái này, tốc độ không tải sẽ cao hơn bình thường khi nhiệt độ động cơ đạt đến nhiệt độ hoạt động. Tuy nhiên, cánh bướm ga sẽ di chuyển nếu người lái xe ấn sâu vào bàn đạp ga.

Điều khiển đóng bướm ga:

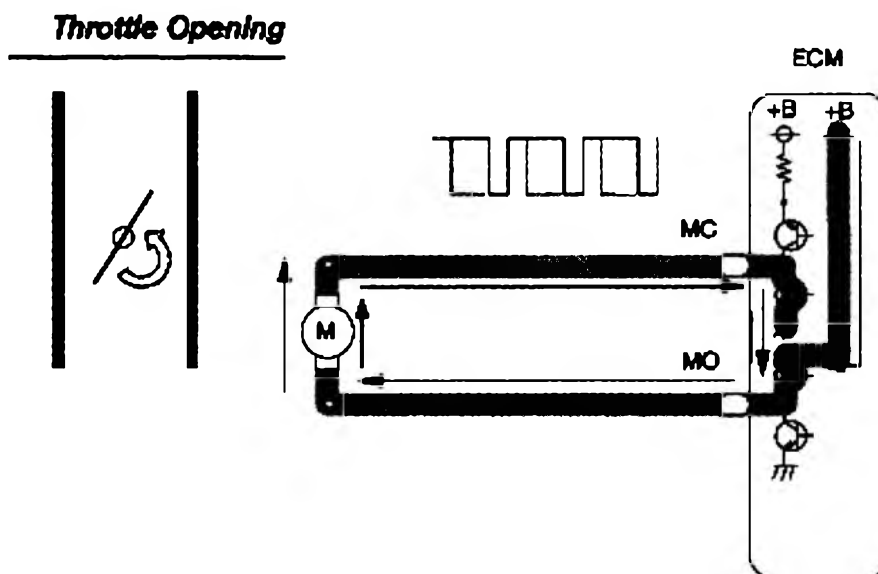
Lúc này chiều dòng điện sẽ đi từ cực MC đến cực MO của ECU. Tốc độ đóng bướm ga là sự kết hợp của lực căng lò xo, xung điều khiển và chiều dòng điện. Để bướm ga đóng qua khỏi vị trí dự phòng thì chiều của dòng điện như hình 6.160.



Hình 6.160: Sơ đồ điện điều khiển ở chế độ đóng bướm ga.

Điều khiển mở bướm ga:

- Khi bướm ga ở trên vị trí dự phòng, MO là transistor dương và MC là transistor âm sẽ mở điều này cho phép dòng điện đi từ MO sang MC của ECU như hình vẽ để tăng góc mở bướm ga.
- Khi bướm ga ở vị trí phía dưới vị trí dự phòng, lúc này chiều dòng điện sẽ được cung cấp tương tự như trường hợp cánh bướm ga đóng. Dòng điện sẽ đi ra từ cực MC qua motor và về mass ở chân MO của ECU. Tuy nhiên xung điều khiển lúc này sẽ giảm để kết hợp với lực căng lò xo nhằm tăng góc mở bướm ga.



Hình 6.161: Sơ đồ điện điều khiển ở chế độ mở bướm ga.

Điều khiển giữ bướm ga

Để cố định góc mở bướm ga, ECU sẽ cung cấp vừa đủ dòng điện để lực từ tạo ra trong motor chống lại sức căng của lò xo.

Điều khiển tốc độ không tải:

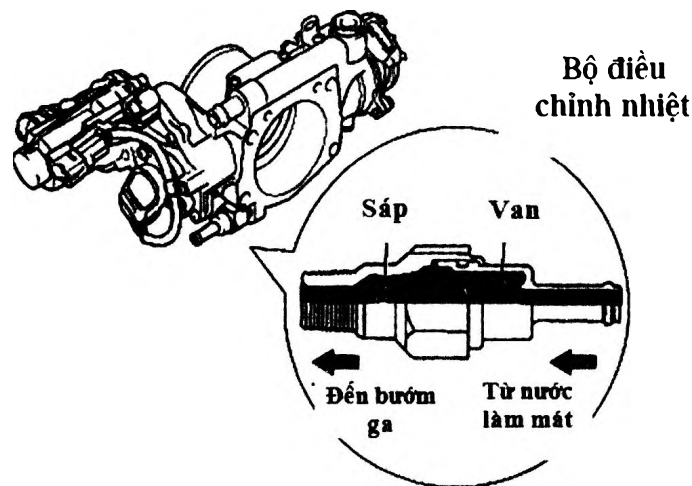
Bướm ga sẽ được điều chỉnh để duy trì tốc độ không tải mong muốn. Nếu tốc độ không tải đòi hỏi bướm ga phải mở ở vị trí ban đầu thì mạch đóng bướm ga sẽ hoạt động. Khi tốc độ không tải giảm dưới mức quy định, góc mở bướm ga được tăng lên để tăng tốc độ động cơ. Nếu tốc độ không tải đòi hỏi phải mở bướm ga qua khỏi vị trí ban đầu thì mạch mở bướm ga sẽ hoạt động.

Ly hợp điện từ

Bộ phận ly hợp điện từ chỉ được trang bị trên một số hệ thống bướm ga điện tử. Ở chế độ bình thường ly hợp từ sẽ nối bướm ga với motor bướm ga. Hoạt động của ly hợp từ được điều khiển bởi điện áp dạng xung nhằm giảm sự tiêu thụ năng lượng. Nếu có sự bất thường trong hệ thống bướm ga điện tử, ECU sẽ ngắt điều khiển ly hợp từ. Điều này xảy ra khi cường độ dòng điện trong mạch quá cao hoặc quá thấp.

Bộ điều chỉnh nhiệt

Bộ điều chỉnh nhiệt chỉ được trang bị trên một số hệ thống bướm ga điện tử. Nó được gắn trên cổ họng gió để cắt dòng nước làm mát khi nhiệt độ nước làm mát cao. Việc này ngăn ngừa sự quá nhiệt ở thân bướm ga làm giảm chất lượng khí nạp. Bộ điều chỉnh nhiệt sử dụng một van sập giãn nở để đóng hoặc mở đường nước làm mát đi qua cổ họng gió.



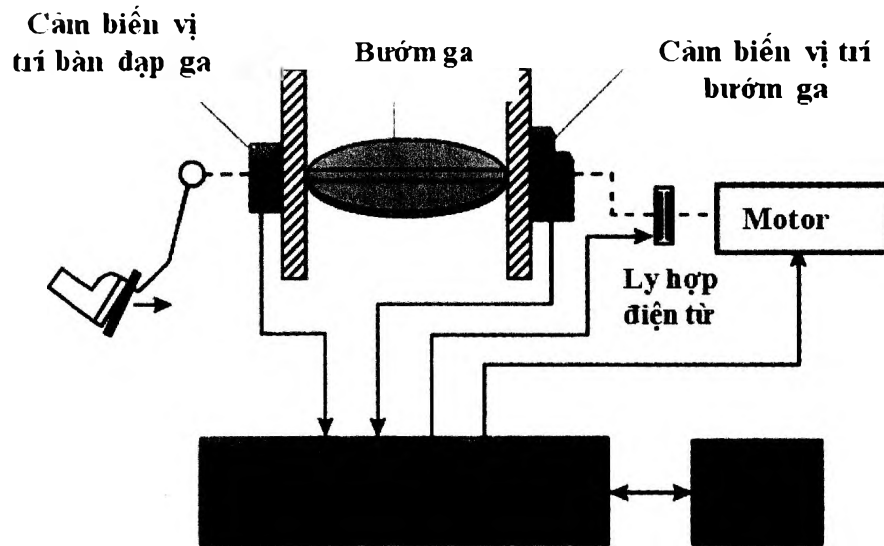
Hình 6.162: Cấu tạo của bộ điều chỉnh nhiệt.

Cơ cấu an toàn

Cơ cấu này hoạt động với điều kiện hoạt động của hệ thống bướm ga điện tử không bình thường và đèn kiểm tra sáng báo cho người lái xe biết. Khi đó không có dòng điện đến motor điều khiển bướm ga và ly hợp điện từ, do đó, nhờ lò xo hồi vị đóng cánh bướm ga lại, trường hợp này gọi là chế độ an toàn (limp mode). Khi cánh bướm ga hoạt động ở chế độ này, cánh bướm ga bị giới hạn mở một góc nhỏ nhờ cần điều khiển an toàn do đó tốc độ và công suất của động cơ giảm xuống, bên cạnh đó các van ISC (Idle speed control) và hệ thống cruise control không hoạt động.

6.7.4 Các chế độ điều khiển của ECU trong hệ thống bướm ga điều khiển bằng điện tử

ECU sẽ điều khiển motor bướm ga xoay đến một vị trí xác định dựa vào các điều kiện hoạt động khác nhau.



Hình 6.163: Sơ đồ điều khiển của bướm ga điện tử.

Hệ thống bướm ga điện tử bao gồm các chế độ hoạt động khác nhau như sau:

Điều khiển phi tuyến (non-linear control)

Điều khiển phi tuyến có nghĩa là ECU điều khiển hoạt động cánh bướm ga dựa trên nhiều nhân tố như tốc độ dịch chuyển của bàn đạp ga, tốc độ động cơ, tốc độ xe và điều kiện mặt đường để hoạt động của động cơ đạt hiệu quả tốt hơn. Ở điều kiện trượt, bướm ga được điều khiển nhằm mục đích ổn định ô tô.

Điều khiển giảm giạt khi chuyển số

Cánh bướm ga sẽ được điều khiển đồng thời với sự điều khiển hộp số tự động trong quá trình sang số nhằm giảm va đập khi lên số cũng như xuống số.

Điều khiển tốc độ không tải

ECU điều khiển sự hoạt động của bướm ga để duy trì tốc độ không tải định trước.

Điều khiển lực kéo TRC

Là một phần của hệ thống TRC, bướm ga sẽ đóng khi ECU nhận tín hiệu từ hộp điều khiển ABS & TRC nếu có sự trượt xảy ra ở các bánh xe chủ động.

Ở điều kiện đường trơn trượt (đường có tuyết chẳng hạn) công suất động cơ sẽ giảm tương ứng với lực đạp ga có nghĩa là muốn đạt được bằng công suất trên đường bình thường thì trên đường trơn trượt người lái xe phải đạp ga sâu hơn. Nhưng ta biết rằng trong điều kiện trơn trượt, nếu bướm ga mở lớn thì công suất phát ra cũng lớn mà mặt đường không có khả năng tiếp nhận hết công suất (do hệ số ma sát thấp) nên xảy ra hiện tượng trượt. Do vậy khi nhận được tín hiệu điều khiển ABS & TRC thì ECU sẽ điều

khiến cánh bướm ga đóng lại từ từ cho đến khi nào không nhận được tín hiệu trượt từ ABS và TRC để tránh trường hợp xe bị trượt.

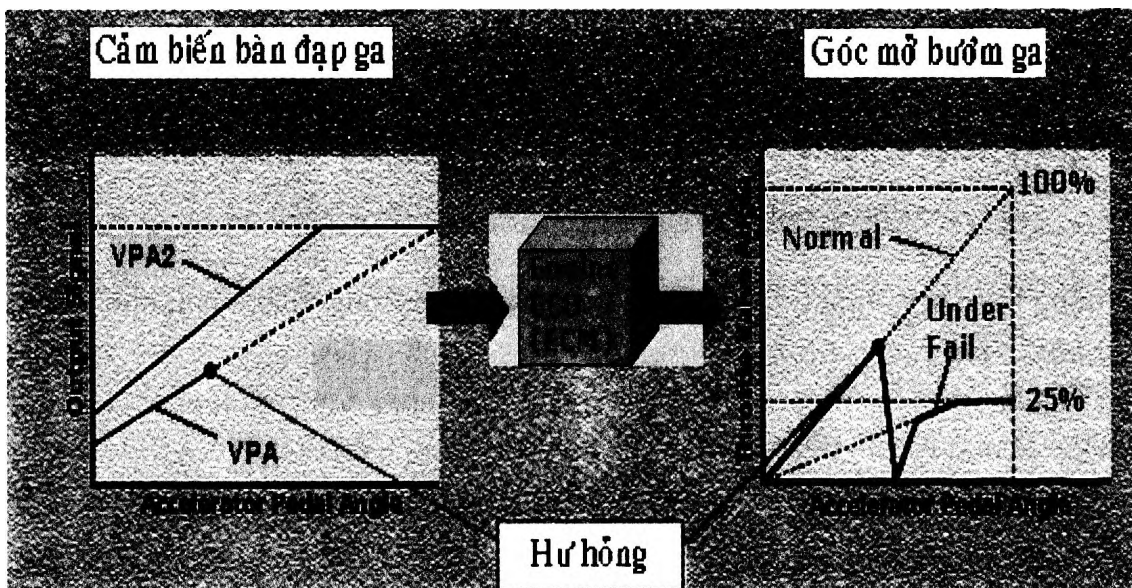
Điều khiển hỗ trợ chống trượt (VSC - Vehicle skid control)

Sự hoạt động của VSC sẽ được hiệu quả hơn khi góc mở bướm ga được thay đổi bởi các tín hiệu từ ECU ABS & TRC.

Điều khiển chạy tự động

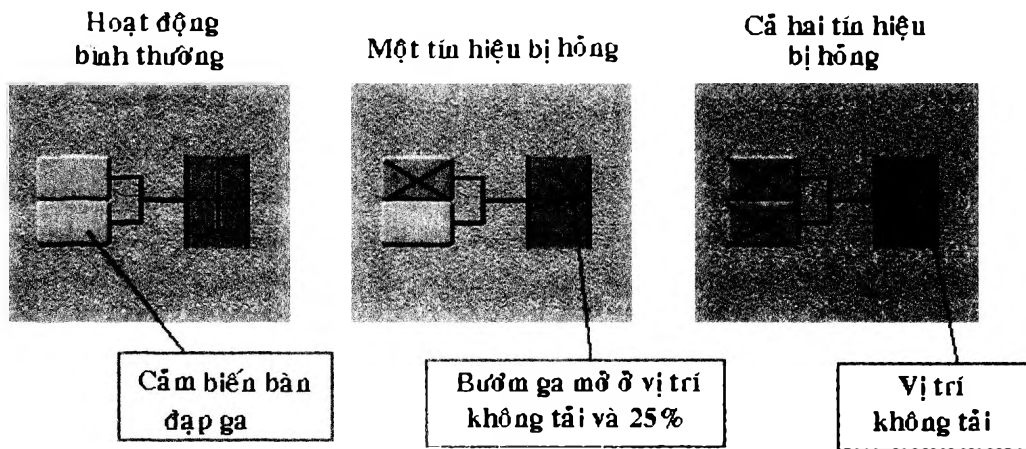
Hệ thống bướm ga điện tử hỗ trợ cho việc điều khiển chạy tự động. Nhờ hệ thống bướm ga điện tử mà bộ phận điều khiển ga tự động (cruise control) được tích hợp vào trong ECU. Khi tài xế cài chế độ chạy tự động, việc điều khiển bướm ga sẽ hoàn toàn dựa vào các tín hiệu từ cruise control ECU.

6.7.5 Các chức năng dự phòng của bướm ga điều khiển bằng điện tử
Hoạt động dự phòng trong trường hợp cảm biến bàn đạp ga (APPS) bị hỏng



Hình 6.164: Hoạt động dự phòng khi cảm biến APPS bị hỏng.

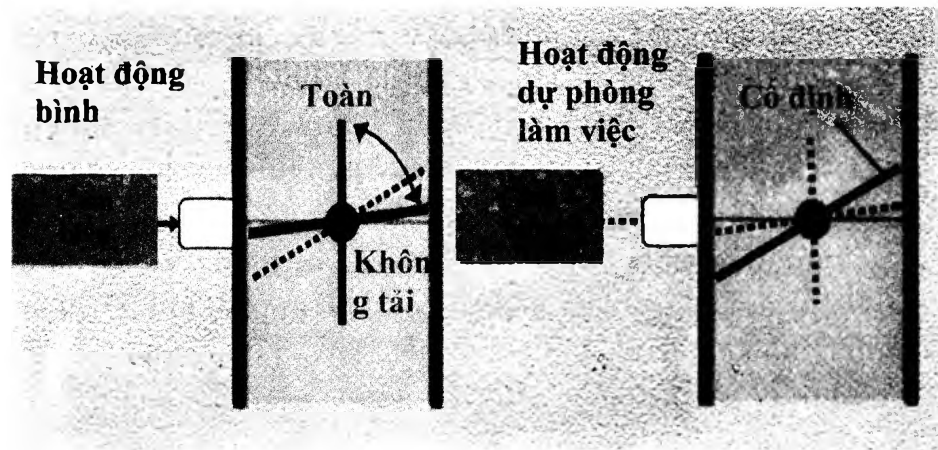
Khi có sự bất thường trong tín hiệu cảm biến bàn đạp ga. Chế độ dự phòng trong ECU sẽ bắt đầu hoạt động. Nếu một trong hai tín hiệu từ cảm biến bàn đạp ga bị hỏng, hệ thống sẽ điều khiển cho bướm ga hoạt động trong giới hạn từ vị trí không tải cho đến vị trí mở 25% độ mở tối đa của bướm ga nhằm duy trì sự hoạt động của động cơ để ô tô có thể tiếp tục chạy về trạm sửa chữa. Tuy nhiên, nếu mất cả hai tín hiệu VPA và VPA2 của cảm biến APPS thì ECU hiểu rằng bàn đạp ga ở vị trí thấp nhất nên điều khiển động cơ hoạt động ở chế độ không tải.



Hình 6.165: Các chế độ dự phòng khi cảm biến APPS bị hỏng.

Hoạt động dự phòng trong trường hợp cảm biến bướm ga (TPS) bị hỏng

Khi mất tín hiệu cảm biến vị trí bướm ga, lúc này hệ thống dự phòng cũng bắt đầu hoạt động. Ở trạng thái này, tốc độ không tải của động cơ sẽ cao hơn bình thường khi nhiệt độ động cơ đạt đến nhiệt độ hoạt động. Tuy nhiên, bướm ga sẽ di chuyển nếu người tài xế ấn sâu vào bàn đạp ga. Cùng lúc này, ở hệ thống phun xăng và đánh lửa cũng được điều chỉnh lại cho phù hợp với các chế độ hoạt động dự phòng của ECU.



Hình 6.166: Hoạt động dự phòng khi cảm biến TPS bị hỏng.

6.7.6 Ưu điểm của bướm ga điều khiển bằng điện tử so với bướm ga truyền thống

So với các loại bướm ga truyền thống, bướm ga điện tử có ưu điểm hơn bởi vì ECU sẽ điều khiển mở cánh bướm ga một cách tối ưu ứng với các chế độ động cơ. Ngoài ra còn các ưu điểm khác khi xe sử dụng hệ thống bướm ga điện tử như:

- Sử dụng hệ thống bướm ga điện tử sẽ giúp cho hệ thống điện trên xe có thể điều khiển dễ dàng toàn bộ các quá trình hoạt động của động cơ.
- Sử dụng bướm ga điện tử đảm bảo việc điều khiển mở bướm ga luôn đúng với từng chế độ hoạt động của động cơ ở bất kỳ trường hợp nào.

- Sử dụng bướm ga điện tử sẽ tối ưu hóa được lượng khí nạp. Điều này làm cho lượng khí thải độc hại phát sinh được duy trì ở mức thấp nhất ngoại trừ một số trường hợp đặc biệt.
- Việc kết hợp hệ thống điều khiển bướm ga điện tử với các hệ thống khác như điều khiển chạy tự động (Cruise control), điều khiển lực kéo (Traction control), điều khiển tốc độ không tải, điều khiển ổn định xe sẽ giúp cho xe đạt được hiệu quả cao trong sử dụng. Các loại bướm ga thông thường khi có điều khiển Traction control, Cruise control trên xe thì phải trang bị thêm một loại bướm ga mắc nối tiếp. Ở hệ thống bướm ga điện tử, chỉ cần có một bướm ga chịu sự điều khiển đồng thời của các hệ thống Traction control, Cruise control ... và sự điều khiển của tài xế, do đó hệ thống bướm ga điện tử có kết cấu nhỏ gọn hơn.

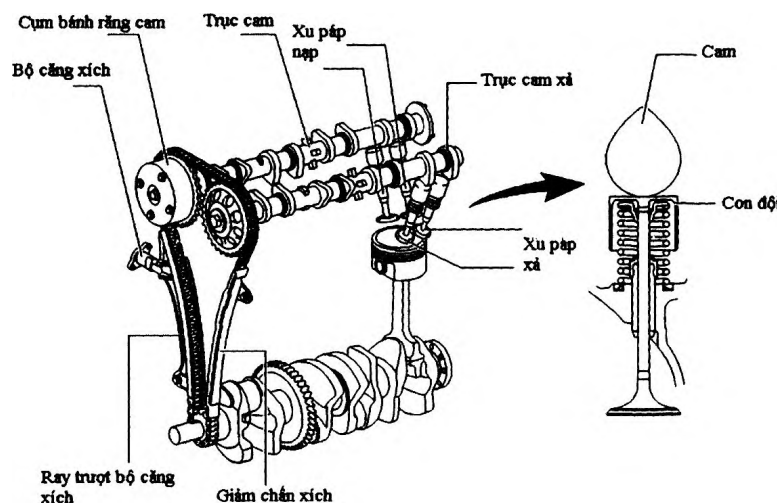
Ngoài các ưu điểm kể trên, nguyên nhân việc sử dụng bướm ga điện tử trên xe để thay thế các loại bướm ga thông thường là do việc loại bỏ các thành phần cơ khí của bướm ga điều khiển bằng cáp để thay bằng điều khiển điện có sự ổn định cao và đáp ứng nhanh hơn, giảm một số phần di chuyển (giảm ma sát giữa các cơ cấu) cho nên việc bảo dưỡng và điều chỉnh là nhỏ nhất. Bên cạnh đó, việc điều khiển bướm ga với độ chính xác cao sẽ cải thiện được khả năng điều khiển ô tô, điều này sẽ đem lại tính kinh tế hơn trong việc sử dụng.

6.8 Hệ thống điều khiển thời điểm phối khí thông minh

Đa số các động cơ hiện đại đều được trang bị hệ thống thay đổi thời điểm mở suppap. Hệ thống này có nhiều tên gọi khác nhau tùy theo nhà chế tạo. Toyota gọi là VVT-i – Variable Valve Timing Intelligent. Honda gọi là VTEC – Valve Timing Electronic Control. Mitsubishi gọi là MIVEC -Mitsubishi Innovative Valve timing Electronic Control System. Trong giáo trình này, VVT-i được giới thiệu. Các hệ thống tương tự ở các xe khác, người học tự tìm hiểu.

Thông thường, thời điểm phối khí cố định, nhưng hệ thống VVT-i sử dụng áp suất thủy lực để xoay trục cam nạp và làm thay đổi thời điểm phối khí. Điều này giúp tăng công suất, cải thiện tính kinh tế nhiên liệu và giảm khí xả ô nhiễm.

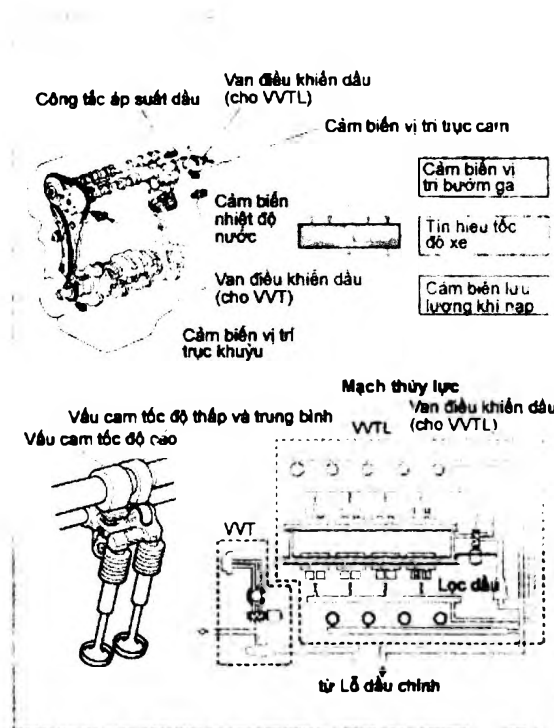
Hình 6.167 dưới trình bày hệ thống VVT-i đơn trên trục cam nạp.



Hình 6.167: Cơ cấu phối khí VVT-i.

Cấu tạo hệ thống VVT-i

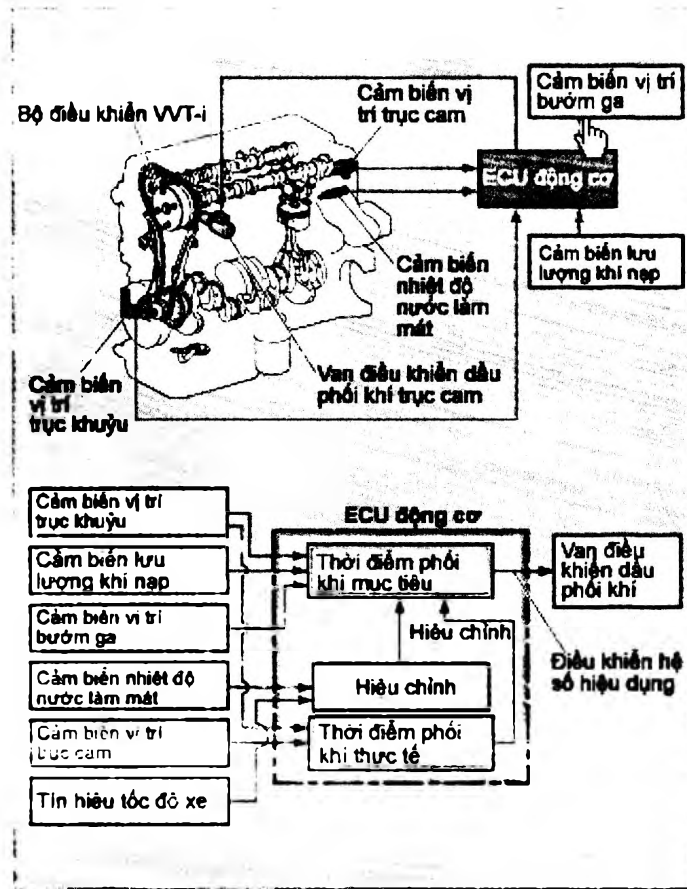
Các bộ phận cấu thành hệ thống VVT-i gồm van điều khiển VVT-i, các trục cam và cò mổ. Van điều khiển VVT-i điều khiển áp suất nhiên liệu cấp đến phía cam tốc độ cao của cơ cấu chuyển vấu cam bằng thao tác điều khiển vị trí van ống do ECM động cơ thực hiện. Cơ cấu phối khí bao gồm cò mổ và con lăn, cơ cấu điều chỉnh khe hở supáp thủy lực và hệ thống VVT-i.



Hình 6.168: Hệ thống VVT-i của TOYOTA CAMRY 2.4.

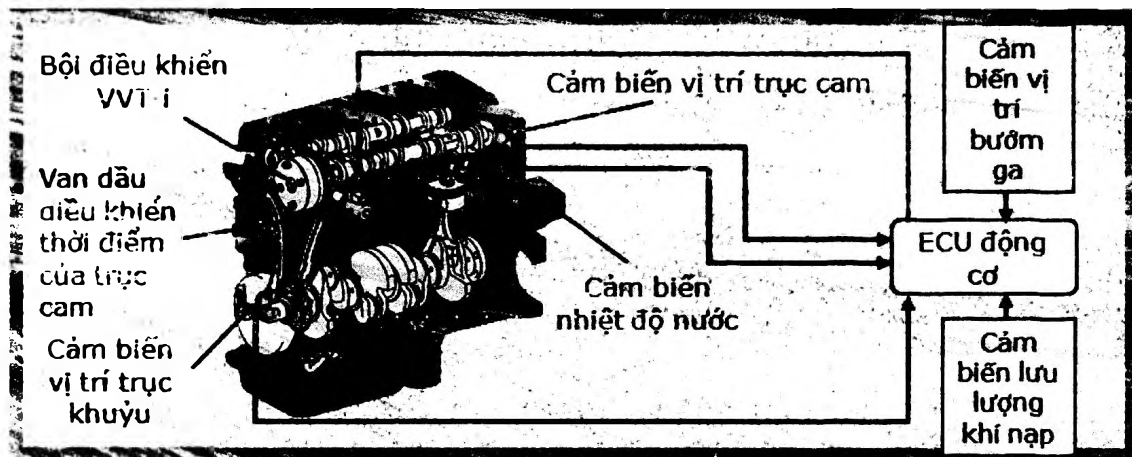
Hoạt động của hệ thống phân phối VVT-i:

Supáp điều khiển việc đưa hỗn hợp không khí nhiên liệu vào động cơ và thoát ra bên ngoài qua hệ thống xả. Trục sử dụng các vấu cam tỳ lên các xu páp để mở chúng ra khi trục cam quay, các lò xo trên trục cam có nhiệm vụ đẩy chúng về vị trí cũ để đóng lại. Đây là một nhiệm vụ quyết định và có thể tạo ra ảnh hưởng rất lớn đến hiệu suất của động cơ ở tốc độ khác nhau.



Hình 6.169: Các cảm biến trên hệ phân phối VVT-i.

Việc chuyển đổi thời điểm phối khí có biên dạng khác nhau dẫn đến sự thay đổi hành trình của xupáp. Trong cơ cấu chuyển vấu cam, ECM động cơ chuyển đổi giữa hai vấu cam nhờ bộ điều khiển VVT-i dựa trên các tín hiệu từ cảm biến nhiệt độ nước làm mát và cảm biến vị trí trục khuỷu.


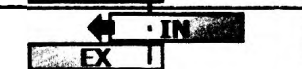

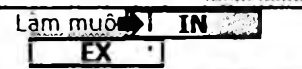




Hình 6.170: Vị trí van dầu điều khiển thời điểm của trục cam.

Hệ thống này được thiết kế để điều khiển thời điểm phối khí bằng cách xoay trục cam trong một phạm vi 40 độ so với góc quay của trục khuỷu để đạt được thời điểm phối khí tối ưu cho các điều kiện hoạt động của động cơ dựa trên tính hiệu từ các cảm biến thời điểm phối khí được điều khiển như sau.

Trạng thái hoạt động của hệ thống VVT-i:

Khi nhiệt độ thấp, khi tốc độ thấp ở tải nhẹ, hay khi tải nhẹ, thời điểm phối khí trục cam nạp được làm trễ lại và độ trùng lặp xupáp giảm đi để giảm khí xả cháy ngược lại phía nạp. Điều này làm ổn định chế độ không tải và cải thiện tính kinh tế nhiên liệu và tính khởi động.

Trạng thái hoạt động	Thời điểm phối khí	Hiệu quả
Không tải/ Tải nhẹ		Ổn định tốc độ không tải, tính kinh tế nhiên liệu tốt hơn.
Tải trung bình		Tiết kiệm nhiên liệu Cải thiện khí xả
Tốc độ thấp/trung bình Tải nặng		Tăng mô men đầu ra.
Tốc độ cao Tải nặng		Cải thiện công suất phát.
Nhiệt độ thấp.		Ổn định không tải nhanh và tiết kiệm nhiên liệu hơn.
Khi khởi động/Dừng xe		Nâng cao tính khởi động

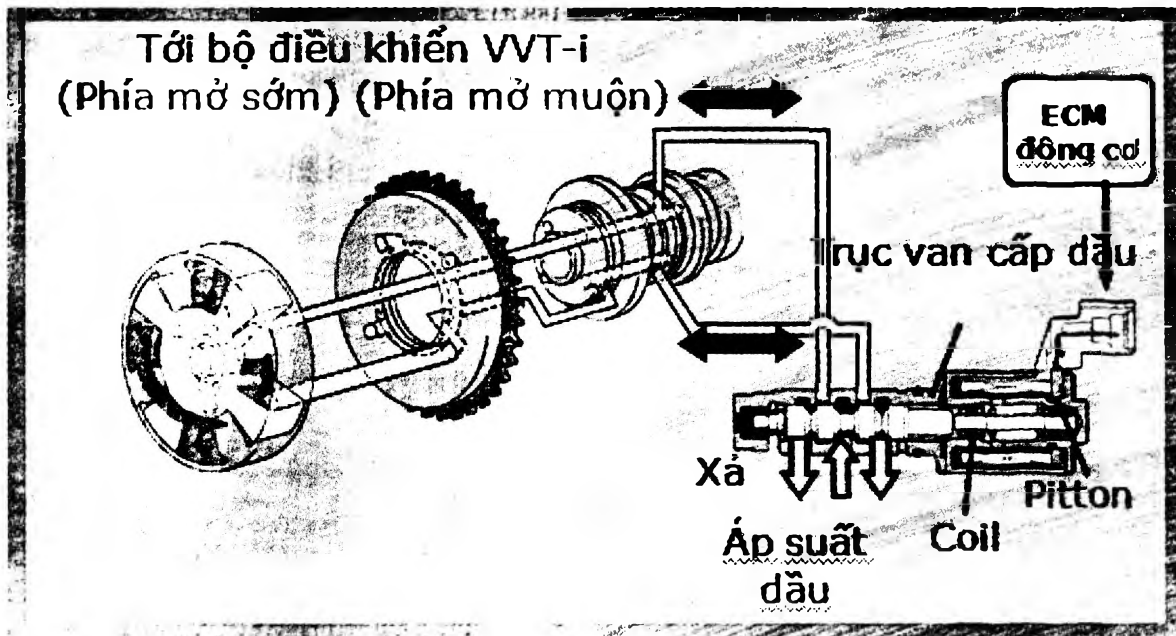
Hình 6.171: Bảng trạng thái hoạt động của VVT-i.

Khi tải trung bình, hay khi tốc độ thấp và trung bình ở tải nặng, thời điểm phối khí được làm sớm lên và độ trùng lặp supáp tăng lên để tăng EGR nội bộ và giảm mất mát do bơm. Điều này cải thiện ô nhiễm khí xả và tính kinh tế nhiên liệu. Ngoài ra, cùng lúc đó thời điểm đóng supáp nạp được đẩy sớm lên để giảm hiện tượng quay ngược khí nạp lại đường ống nạp và cải thiện hiệu quả nạp.

Ở tốc độ cao và tải nặng, thời điểm phối khí được điều chỉnh sớm lên và độ trùng lặp supáp tăng lên để tăng EGR nội bộ và giảm mất mát do bơm (pump loss). Điều này cải thiện ô nhiễm và tính kinh tế nhiên liệu. Ngoài ra, cùng lúc đó thời điểm đóng supáp nạp được đẩy sớm lên để giảm hiện tượng quay ngược khí nạp lại đường ống nạp và cải thiện hiệu suất nạp.

Ngoài ra, điều khiển phản hồi được sử dụng để giữ thời điểm phối khí supáp nạp thực tế ở đúng thời điểm tính toán bằng cảm biến vị trí trục cam. Cơ cấu phối khí bao gồm những bộ phận chính sau: các bánh răng dẫn động 1 và 2, trục phân phối (trục cam) xích cam cò mổ, supáp lò xo ống dẫn hướng supáp và bộ VVT-i.

Van dầu điều khiển thời điểm của trục cam sẽ điều khiển vị trí của trục van cấp dầu tương ứng với hệ số điều khiển hiệu dụng từ ECM động cơ.



Hình 6.172: Mạch dầu điều khiển VVT-i.

6.9 Hệ thống tuần hoàn khí xả EGR (Exhaust Gas Recirculation system)

Mục đích của hệ thống

Ở nhiều nước trên thế giới, lượng khí thải của NO_x từ các xe động cơ diesel và xăng được giới hạn bởi pháp luật. NO_x được hình thành trong buồng đốt của động cơ, khi nhiệt độ cao và áp suất cao làm oxy và nitơ kết hợp.

Giảm nồng độ khí độc NO_x trong khí thải là nhiệm vụ cơ bản của bất cứ nhà sản xuất ô tô nào. Khi bộ trung hòa khí thải bằng xúc tác chưa khai sinh, các kỹ sư thường sử dụng một kỹ thuật tuần hoàn khí thải có tên gọi EGR.

Hệ thống EGR (Exhaust Gas Recirculation system) dùng để khống chế NO_x là bằng cách dùng sự tuần hoàn của khí thải. Hệ thống EGR được phát minh để kiểm soát mức độ ô nhiễm môi trường của xe hơi vào đầu những năm 1970, sớm hơn khoảng 2 năm so với hệ thống trung hòa khí thải bằng xúc tác. Mục tiêu của EGR là giảm nồng độ NO_x bằng cách tuần hoàn khí thải trở lại hệ thống nạp động cơ trong điều kiện có tải.

Khi không có EGR, khí NO_x sinh ra vượt mức quy định về khí thải, ngược lại muốn hạn chế sinh ra sẽ nằm trong giới hạn. EGR là một phương pháp để giảm lượng NO_x sinh ra mà không làm tăng nhanh lượng khói đen. Với EGR, một phần của khí thải được đưa vào ống nạp ở chế độ tải nhỏ của động cơ. Điều này không chỉ làm giảm lượng oxy mà còn làm giảm hiệu quả của quá trình cháy và nhiệt độ cực đại. Kết quả là làm giảm lượng NO_x . Nếu có quá nhiều khí thải được nạp lại (quá 40% thể tích khí nạp), thì khói đen, CO và HC sẽ sinh ra nhiều cũng như tiêu hao nhiên liệu sẽ tăng vì thiếu oxy. Tác dụng của lượng khí thải này là làm giảm nhiệt độ cháy đoạn nhiệt hay làm giảm nồng độ oxy trong động cơ diesel. Ngoài ra, khí thải tuần hoàn còn làm tăng nhiệt dung riêng của hòa khí nên nhiệt độ cháy giảm xuống, mục tiêu của việc hạ những thông số trên là để làm ngăn cản quá trình sinh NO_x , giảm nồng độ cháy trong khí thải.

Hệ thống EGR dùng để khống chế NO_x bằng cách dùng sự tuần hoàn của khí thải

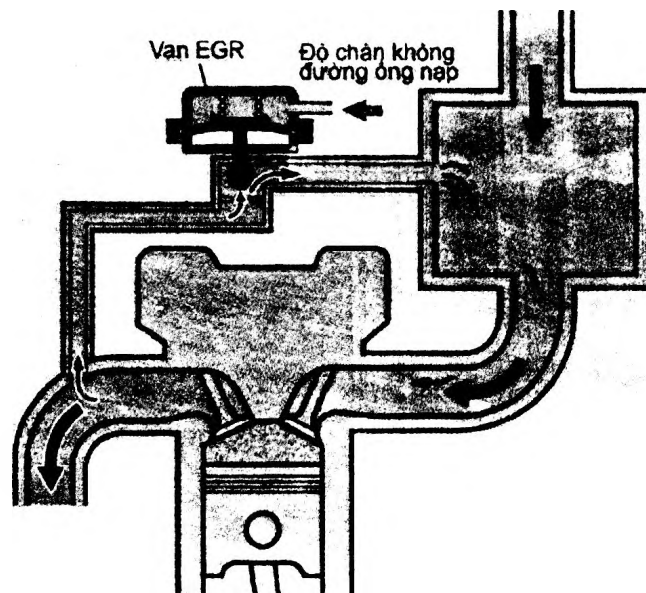
Khi nhiệt độ buồng đốt cao, EGR sẽ nạp một mẫu nhỏ khí thải vào hỗn hợp với không khí và nhiên liệu. Hệ thống EGR bao gồm: van EGR, các đường ống chân không, công tắc nhiệt và một bộ cảm biến áp suất của khí thải. Van EGR được bố trí trên đường ống nạp. Nó bao gồm một cái vỏ, bên trong chứa một lò xo và một màng chân không, khi chân không trong vỏ gia tăng thì màng sẽ dịch chuyển kéo van đi lên và mở van để đưa một ít khí thải vào đường ống nạp. Tín hiệu chân không được lấy từ đường ống nạp hoặc bộ khuếch đại chân không.

Trên thực tế, nhiệt độ càng cao lượng NO_x sinh ra càng nhiều. Ngoài nhiệt độ, còn có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng tới khả năng hình thành NO_x như áp suất buồng đốt, thời điểm đánh lửa, hỗn hợp nhiên liệu, nhiệt độ khí nạp hay nhiệt độ chất làm lạnh. Chẳng hạn, việc giảm tỷ số nén và đánh lửa trễ ở những động cơ tính năng cao sẽ làm giảm lượng NO_x sinh ra, tuy nhiên, điều này sẽ làm giảm công suất cực đại và tính năng của xe. Chính điều này đã thôi thúc các kỹ sư thiết kế EGR vào những năm 1970.

EGR ban đầu được thử nghiệm như một phương pháp giảm nồng độ NO_x với điều kiện dễ ứng dụng, rẻ tiền và chỉ một vài hệ được lắp trên các mẫu xe đương thời. Thế nhưng sau đó, gần như tất cả ô tô đều được trang bị hệ thống này.

Chức năng của hệ thống.

Khi nhiệt độ của quá trình cháy của động cơ lên đến 1.500°C , khí Nitơ trong không khí sẽ kết hợp với Oxi để tạo nên những Oxyde Nitơ (NO_x) khác nhau như NO , NO_2 , N_2O , N_2O_5 ... Vì vậy, cách tốt nhất để giảm lượng NO_x là làm giảm nhiệt độ trong động cơ.



Hình 6.173: Cấu tạo hệ thống tuần hoàn khí thải.

Để làm giảm nhiệt độ buồng đốt xuống, ta dùng một hệ thống để đưa một luồng khí thải nhất định trở lại buồng đốt, hệ thống này được gọi là hệ thống tuần hoàn khí thải (EGR). Lượng khí thải này có các chức năng sau:

- Khí thải có nhiệt dung riêng lớn hơn không khí cho nên nó sẽ làm giảm nhiệt độ buồng đốt nếu lượng nhiệt vẫn cao như cũ.
- Làm cho hỗn hợp có hàm lượng O₂ thấp vì lượng O₂ có trong khí thải rất ít.
- Làm bản hỗn hợp, vì vậy tốc độ cháy sẽ giảm.
- Tuy nhiên, lượng khí thải này phải được kiểm soát, điều chỉnh sao cho phù hợp, vì nếu đưa vào buồng đốt một lượng khí thải quá lớn thì động cơ sẽ hoạt động không ổn định, làm ảnh hưởng đến công suất động cơ.
- Vì những lý do nêu trên, lượng khí xả được kiểm soát bởi van EGR, lượng khí xả được đưa vào động cơ phụ thuộc vào hai thông số cơ bản:
 - Tốc độ động cơ.
 - Tải động cơ.

Tác dụng của EGR.

Trên động cơ xăng

Trên các xe ô tô, khoảng 5 – 15% khí thải được đưa trở lại buồng đốt thông qua EGR. Mức 15% là giới hạn để động cơ hoạt động bình thường vì nếu nhiều khí thải, động cơ sẽ khó khởi động và làm việc không ổn định. Mặc dù EGR làm chậm quá trình cháy nhưng điều này có thể được khắc phục bằng cách điều chỉnh thời điểm đánh lửa.

Riêng ở động cơ phun xăng, phía trên của bộ EGR có bố trí một cảm biến để xác định độ nâng của van EGR và tín hiệu này được gửi về bộ xử lý ECU. ECU sẽ điều khiển sự hoạt động của van điện điều khiển EGR để cung cấp chân không tới van EGR cho phù hợp với mỗi điều kiện hoạt động thay đổi của động cơ. Độ nâng của van EGR được điều khiển theo chương trình. ECU nhận tín hiệu từ các cảm biến: độ nâng của van EGR, tốc độ động cơ, lưu lượng không khí nạp, nhiệt độ nước làm mát và vị trí của cánh bướm ga.

- Ở tốc độ không tải van EGR không làm việc.
- Khi cánh bướm ga mở lớn và số vòng quay cao van EGR đóng.
- Nhiệt độ động cơ bé hơn 70°C van EGR đóng.
- Khi cánh bướm ga mở lớn hơn 45°C van EGR đóng.

Trên động cơ diesel

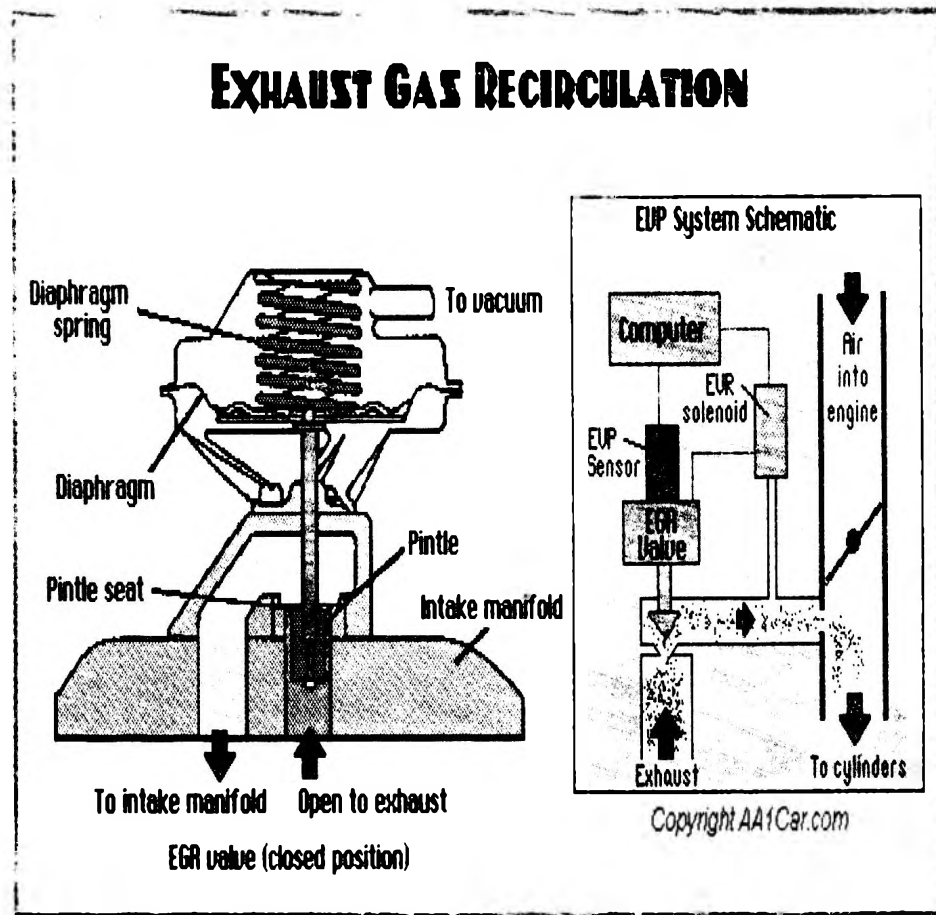
Các động cơ diesel hiện đại, khí EGR được làm mát bằng thiết bị trao đổi nhiệt để tăng lượng khí tuần hoàn. Không giống động cơ xăng, trên các xe sử dụng động cơ diesel không giới hạn tỉ lệ khí tuần hoàn. Có những động cơ dùng tới 50% khí thải để đưa trở lại đường ống nạp. Tác dụng chủ yếu của khí thải tuần hoàn ở động cơ diesel là tăng nhiệt dung riêng của hỗn hợp, qua đó giảm nhiệt độ cháy và giúp nâng cao công suất động cơ và giảm tiêu hao nhiên liệu.

Phân loại: Van EGR có hai loại cơ bản:

- Vacuum modulated.
- Back pressure modulated.

Loại Vacuum modulated

Đường dẫn áp thấp được bố trí tại van tiết lưu khi nó đóng hay ở vị trí chạy không tải. Khi động cơ hoạt động ở chế độ không tải, van EGR không làm việc do đường dẫn áp thấp bị đóng lại.



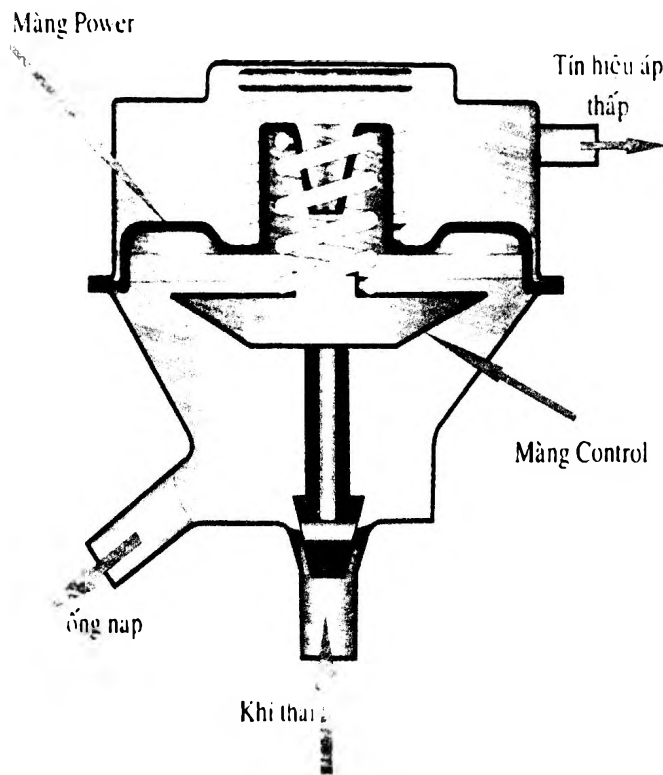
Hình 6.174: Sơ đồ tuần hoàn khí xả.

Khi động cơ hoạt động ở chế độ khác, tùy thuộc vào độ giảm áp hình thành trong đường ống nạp của động cơ mà có một giá trị áp suất nhất định, điều khiển van EGR quy định lượng khí thải đi vào động cơ.

Ngoài ra trên đường dẫn áp thấp còn bố trí một van một chiều (van CTO: “Coolant Temperature Override”). Van này chỉ cho tín hiệu chân không di chuyển qua khi nhiệt độ động cơ đạt được mức quy định.

Loại Back pressure modulated.

Về nguyên tắc hoạt động của van này cũng tương tự như loại van Vacuum modulated, nhưng màng van được chia làm hai màng, gồm có:



Hình 6.175: Loại back pressure modulated.

Màng Power là một lò xo tải có tác dụng làm chốt đóng kín trên bệ van khi động cơ ngưng hoạt động hay khi áp thấp đường ống nạp không cung cấp cho màng Power.

Nếu động cơ dùng bộ chế hòa khí, lỗ chân không lấy từ bộ chế hòa khí được bố trí trên cánh bướm ga khi cánh bướm ga đóng kín. Khi bướm ga đóng, độ chân không rất bé hoặc không có, van EGR đóng. Khi cánh bướm ga mở hoặc gia tăng tốc độ, thì chân không trong lỗ chân không sẽ tăng và tín hiệu chân không đến bộ EGR mạnh, làm van EGR mở. Độ chân không giảm khi bướm ga mở lớn lúc này van EGR đóng. Trên động cơ phun xăng, lỗ chân không được lấy sau cánh bướm ga để mở van EGR. Đường ống chân không điều khiển van EGR bị gián đoạn bởi một công tắc nhiệt, chức năng của van EGR là giảm nhiệt độ cháy để làm giảm sự hình thành NO_x . Khi động cơ lạnh, sự giảm nhiệt độ cháy là không cần thiết, lúc này hệ thống EGR không hoạt động.

6.10 Hệ thống điều khiển phun dầu điện tử CDI hay CRDI – Common Rail Direct Injection.

Hệ thống điều khiển động cơ diesel bằng điện tử trong một thời gian dài chậm phát triển so với động cơ xăng. Sở dĩ như vậy là vì bản thân động cơ diesel thải ra ít chất độc hơn, chủ yếu là NO_x nên áp lực về vấn đề môi trường lên các nhà sản xuất ô tô không lớn. Hơn nữa, do độ êm dịu không cao nên diesel ít được sử dụng trên xe du lịch. Trong thời gian đầu, các hãng chủ yếu sử dụng hệ thống điều khiển bơm cao áp bằng điện tử trong các hệ thống EDC (electronic diesel control). Hệ thống EDC vẫn sử dụng bơm cao áp kiểu truyền thống nhưng có thêm một số cảm biến và cơ cấu chấp hành và hộp ECU, chủ yếu để chống ô nhiễm và điều tốc bằng điện tử thông qua van điều khiển lưu

lượng phun SPV và van điều khiển thời điểm phun TCV. Từ năm 1997, BOSCH cho ra đời hệ thống phun dầu điện tử với kim phun điện - hệ thống CRDI. Do các ưu điểm của nó so với các hệ thống cũ, CRDI đã được phát triển và ứng dụng rộng rãi cả trên xe tải và du lịch trong thời gian gần đây.

6.10.1 Lĩnh vực áp dụng

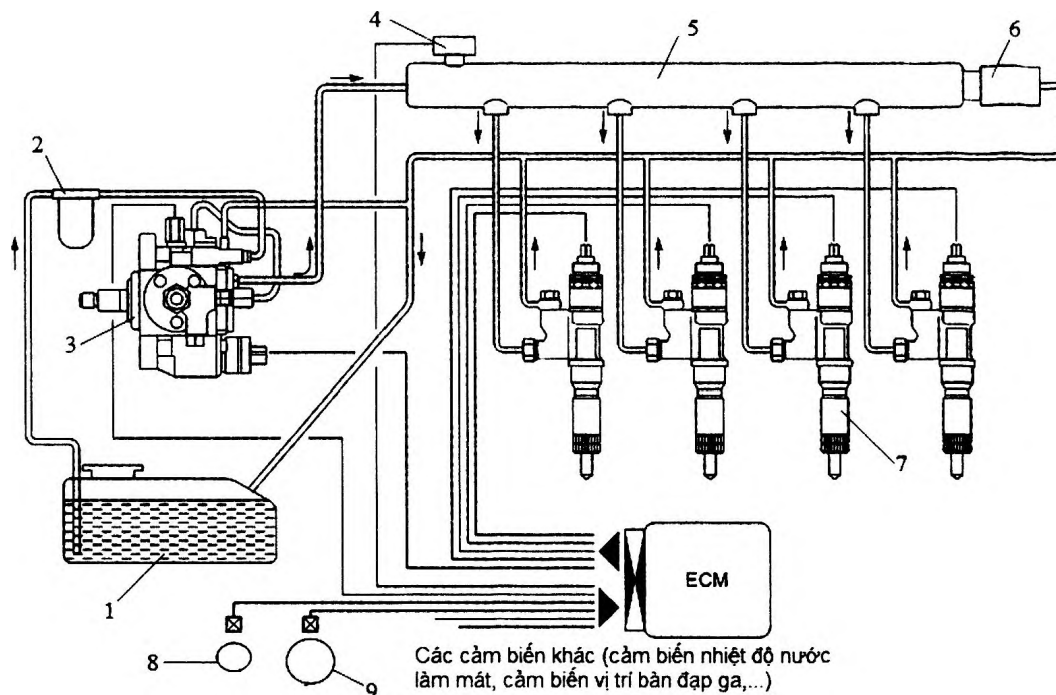
Thế hệ bơm cao áp thẳng hàng đầu tiên được giới thiệu vào năm 1927 đã đánh dấu sự khởi đầu của hệ thống nhiên liệu diesel của hãng Bosch. Lĩnh vực áp dụng chính của các loại bơm thẳng hàng là: trong các loại xe thương mại sử dụng dầu diesel, máy tĩnh tại, xe lửa, và tàu thủy. Áp suất phun đạt đến khoảng 2000 bar và có thể sinh ra công suất khoảng 160 kW mỗi xy lanh.

Qua nhiều năm, với các yêu cầu khác nhau, chẳng hạn như việc lắp đặt động cơ phun nhiên liệu trực tiếp trong các xe tải nhỏ và xe du lịch đã dẫn đến sự phát triển của các hệ thống nhiên liệu diesel khác nhau để đáp ứng các đòi hỏi ứng dụng đặc biệt. Điều quan trọng nhất của những sự phát triển này không chỉ là việc tăng công suất mà còn là nhu cầu giảm tiêu thụ nhiên liệu, giảm tiếng ồn và khí thải. So với hệ thống cũ dẫn động bằng cam, hệ thống common rail khá linh hoạt trong việc đáp ứng thích nghi để điều khiển phun nhiên liệu cho động cơ diesel, như:

- Phạm vi ứng dụng rộng rãi (cho xe du lịch và xe tải nhỏ có công suất đạt đến 30 kW/xy lanh, cũng như xe tải nặng, xe lửa, và tàu thủy có công suất đạt đến 200 kW/xy lanh).
- Áp suất phun đạt đến khoảng 1.500 bar.
- Có thể thay đổi thời điểm phun nhiên liệu.
- Có thể phun làm ba giai đoạn: phun sơ khởi (*pilot injection*), phun chính (*main injection*), phun kết thúc (*post injection*).
- Thay đổi áp suất phun tùy theo chế độ hoạt động của động cơ.

6.10.2 Hoạt động và các chức năng

6.10.2.1 Sơ đồ cấu tạo và nguyên lý hoạt động



Hình 6.176: Sơ đồ cấu tạo hệ thống Common Rail.

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Thùng chứa nhiên liệu | 6. Van giới hạn áp suất |
| 2. Lọc nhiên liệu | 7. Kim phun |
| 3. Bơm cung cấp nhiên liệu | 8. Cảm biến vị trí trục cam |
| 4. Cảm biến áp suất | 9. Cảm biến vị trí trục khuỷu |
| 5. Ống chứa nhiên liệu áp suất cao | |

Tương tự như hệ thống nhiên liệu diesel truyền thống, nhiên liệu được bơm cung cấp đẩy đi từ thùng nhiên liệu (1) trên đường ống thấp áp qua bầu lọc (2) đến bơm cao áp (3), từ đây nhiên liệu được bơm cao áp nén đẩy vào ống tích trữ nhiên liệu áp suất cao (5) hay còn gọi là ắc quy thủy lực và được đưa đến kim phun Common Rail (7) sẵn sàng để phun vào xy lanh động cơ. Việc tạo áp suất và phun nhiên liệu hoàn toàn tách biệt với nhau trong hệ thống Common Rail. Áp suất phun được tạo ra độc lập với tốc độ và lượng nhiên liệu phun ra.

Nhiên liệu được trữ với áp suất cao trong ắc quy thủy lực. Lượng phun ra được quyết định bởi điều khiển bàn đạp ga, thời điểm phun cũng như áp suất phun được tính toán bởi ECU dựa trên các biểu đồ dữ liệu đã lưu trên nó. Sau đó, ECU sẽ điều khiển các kim phun của kim phun tại mỗi xy lanh động cơ để phun nhiên liệu nhờ thông tin từ các cảm biến với áp suất phun có thể đến 1.500bar. Nhiên liệu thừa của kim phun đi qua ắc quy thủy lực trở về bơm cao áp, van điều khiển áp suất tại bơm mở để nó trở về thùng nhiên liệu (1). Trên ắc quy thủy lực có gắn cảm biến áp suất dầu (4) và cuối có bố trí van an toàn (6), nếu áp suất tích trữ trong ắc quy thủy lực (5) vượt qua giới hạn cho phép thì

van an toàn sẽ mở để nhiên liệu tháo về thùng chứa.

Một hệ thống common rail (CR) bao gồm:

- ECU
- Kim phun (*injector*)
- Cảm biến tốc độ trục khuỷu (*crankshaft speed sensor*)
- Cảm biến tốc độ trục cam (*camshaft speed sensor*)
- Cảm biến bàn đạp ga (*accelerator pedal sensor*)
- Cảm biến áp suất tăng áp (*boost pressure sensor*)
- Cảm biến áp suất nhiên liệu trong ống (*rail pressure sensor*)
- Cảm biến nhiệt độ nước làm mát (*coolant sensor*)
- Cảm biến khí nạp loại dây nóng (*air mass sensor*)

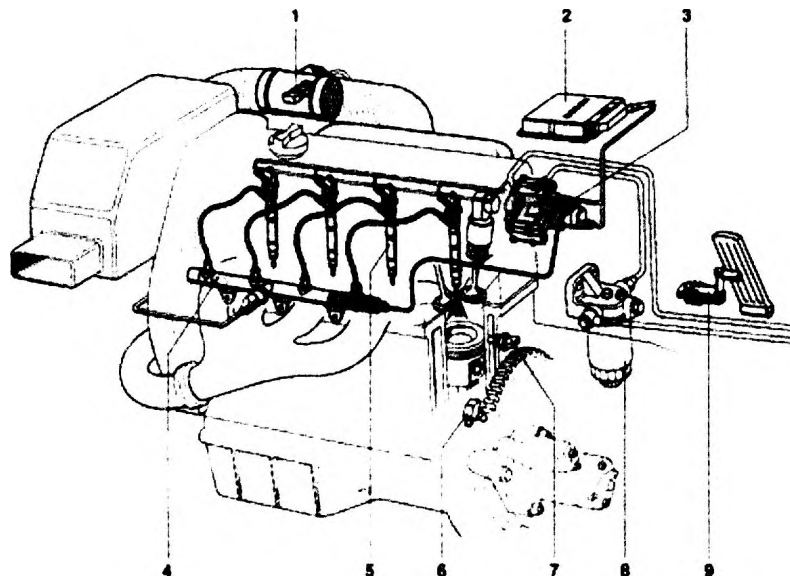
Động cơ diesel 4 xylanh với hệ thống nhiên liệu CRDI được trình bày trên hình 6.177 với các chức năng sau:

Chức năng chính

Chức năng chính là điều khiển việc phun nhiên liệu đúng thời điểm, đúng lượng, đúng áp suất, đảm bảo động cơ diesel không chỉ hoạt động êm dịu mà còn tiết kiệm.

Chức năng phụ

Chức năng phụ của hệ thống là điều khiển vòng kín và vòng hở, không những nhằm giảm độ độc hại của khí thải và lượng nhiên liệu tiêu thụ mà còn làm tăng tính an toàn, sự thoải mái và tiện nghi. Ví dụ, hệ thống luân hồi khí thải (*EGR - exhaust gas recirculation*), điều khiển turbo tăng áp, điều khiển ga tự động và thiết bị chống trộm



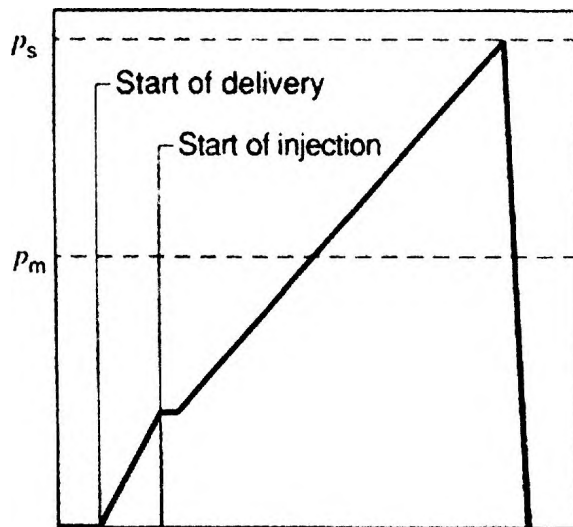
1. Cảm biến khí nạp 2. ECU 3. Bơm cao áp 4. Ống trữ nhiên liệu ở áp suất cao
5. Kim phun 6. Cảm biến tốc độ trục khuỷu 7. Cảm biến nhiệt độ nước làm mát,
8. Bộ lọc nhiên liệu 9. Cảm biến bàn đạp ga.

Hình 6.177: Cấu tạo diesel với hệ thống nhiên liệu CRDI.

6.10.3 Đặc tính phun

6.10.3.1 Đặc tính phun của hệ thống phun dầu kiểu cũ

Với hệ thống phun kiểu cũ dùng bơm phân phối hay bơm thẳng hàng (*distributor or in-line injection pumps*), việc phun nhiên liệu chỉ có một giai đoạn gọi là giai đoạn phun chính (*main injection phase*), không có khởi phun và phun kết thúc.



Hình 6.178: Đặc tính phun dầu thường ở bơm truyền thống.

Dựa vào ý tưởng của bơm phân phối sử dụng kim phun điện, các cải tiến đã được thực hiện theo hướng đưa vào giai đoạn phun kết thúc. Trong hệ thống cũ, việc tạo ra áp suất và cung cấp lượng nhiên liệu diễn ra song song với nhau bởi cam và piston bơm cao áp. Điều này tạo ra các tác động xấu đến đường đặc tính phun như sau:

- Áp suất phun tăng đồng thời với tốc độ và lượng nhiên liệu được phun.
- Suốt quá trình phun, áp suất phun tăng lên và lại giảm xuống theo áp lực đóng của ty kim ở cuối quá trình phun.

Hậu quả là:

- Khi phun với lượng dầu ít thì áp suất phun cũng nhỏ và ngược lại.
- Áp suất đỉnh cao gấp đôi áp suất phun trung bình.

Để quá trình cháy hiệu quả, đường cong mức độ phun nhiên liệu thực tế có dạng tam giác.

Áp suất đỉnh quyết định tải trọng đặt lên các thành phần của bơm và các thiết bị dẫn động. Ở hệ thống nhiên liệu cũ, nó còn ảnh hưởng đến tỉ lệ hỗn hợp A/F trong buồng cháy.

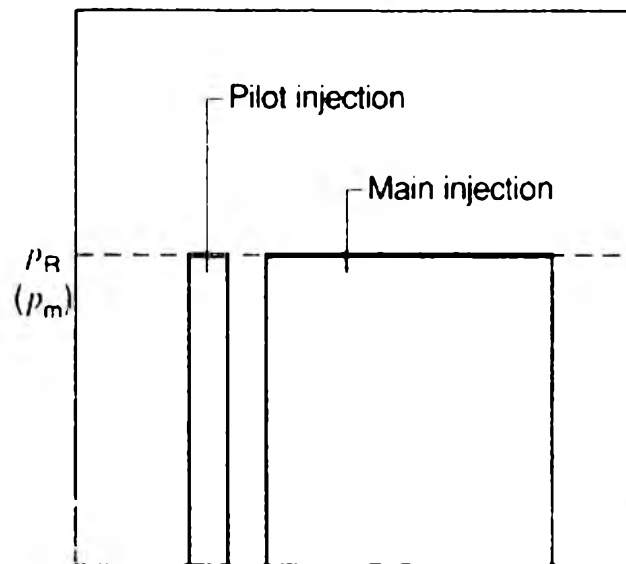
6.10.3.2 Đặc tính phun của hệ thống common rail

So với đặc điểm của hệ thống nhiên liệu cũ thì các yêu cầu sau đã được thực hiện dựa vào đường đặc tính phun lý tưởng:

- Lượng nhiên liệu và áp suất nhiên liệu phun độc lập với nhau trong từng điều kiện hoạt động của động cơ (cho phép dễ đạt được tỉ lệ hỗn hợp A/F lý tưởng).

- Lúc bắt đầu phun, lượng nhiên liệu phun ra chỉ cần một lượng nhỏ.

Các yêu cầu trên đã được thoả mãn bởi hệ thống common rail, với đặc điểm phun hai lần: phun sơ khởi và phun chính.



Hình 6.179: Đường đặc tính phun của hệ thống Common Rail.

Hệ thống common rail là một hệ thống thiết kế theo module, có các thành phần:

- Kim phun điều khiển bằng van solenoid được gắn vào nắp máy
- Bộ tích trữ nhiên liệu (ống phân phối áp lực cao)
- Bơm cao áp (bơm tạo áp lực cao)

Các thiết bị sau cũng cần cho sự hoạt động điều khiển của hệ thống:

- ECU
- Cảm biến tốc độ trục khuỷu
- Cảm biến tốc độ trục cam

Đối với xe du lịch, bơm có piston hướng tâm (radial-piston pump) được sử dụng như là bơm cao áp để tạo ra áp suất. Áp suất được tạo ra độc lập với quá trình phun. Tốc độ của bơm cao áp phụ thuộc tốc độ động cơ và ta không thể thay đổi tỉ số truyền. So với hệ thống phun cũ, việc phân phối nhiên liệu trên thực tế xảy ra đồng bộ, có nghĩa là không những bơm cao áp trong hệ thống common rail nhỏ hơn mà còn hệ thống truyền động cũng chịu tải trọng ít hơn.

Về cơ bản, kim phun được nối với ống tích áp nhiên liệu (rail) bằng một đường ống ngắn, kết hợp với đầu phun và solenoid được cung cấp điện qua ECU. Khi van solenoid không được cấp điện thì kim ngưng phun. Nhờ áp suất phun không đổi, lượng nhiên liệu phun ra sẽ tỷ lệ với độ dài của xung điều khiển solenoid. Yêu cầu mở nhanh van solenoid được đáp ứng bằng việc sử dụng điện áp cao và dòng lớn. Thời điểm phun được điều khiển bằng hệ thống điều khiển góc phun sớm. Hệ thống này dùng một cảm biến trên trục khuỷu để nhận biết tốc độ động cơ, và cảm biến trên trục cam để nhận biết kỳ hoạt động.

Phun sơ khởi (Pilot injection)

Phun sơ khởi có thể diễn ra sớm đến 90° trước từ điểm thượng (BTDC). Nếu thời điểm khởi phun xuất hiện nhỏ hơn 40° BTDC, nhiên liệu có thể bám vào bề mặt của piston và thành xylanh và làm loãng dầu bôi trơn.

Trong giai đoạn phun sơ khởi, một lượng nhỏ nhiên liệu ($1 - 4 \text{ mm}^3$) được phun vào xylanh để “môi”. Kết quả là quá trình cháy được cải thiện và đạt được một số hiệu quả sau:

Áp suất cuối quá trình nén tăng một ít nhờ vào giai đoạn phun sơ khởi và nhiên liệu cháy một phần. Điều này giúp giảm thời gian trễ cháy, sự tăng đột ngột của áp suất khí cháy và áp suất cực đại (quá trình cháy êm dịu hơn).

Kết quả là giảm tiếng ồn của động cơ, giảm tiêu hao nhiên liệu và trong nhiều trường hợp giảm được độ độc hại của khí thải. Quá trình phun sơ khởi đóng vai trò gián tiếp trong việc làm tăng công suất của động cơ.

Giai đoạn phun chính (Main injection)

Công suất đầu ra của động cơ xuất phát từ giai đoạn phun chính tiếp theo giai đoạn phun sơ khởi. Điều này có nghĩa là giai đoạn phun chính giúp tăng sức kéo của động cơ. Với hệ thống common rail, áp suất phun vẫn giữ không đổi trong suốt quá trình phun.

Giai đoạn phun thứ cấp (Secondary injection)

Theo quan điểm xử lý khí thải, phun thứ cấp có thể được áp dụng để khử NO_x . Nó diễn ra ngay sau giai đoạn phun chính và được định để xảy ra trong quá trình giãn nở hay ở kỳ thải khoảng 200° sau từ điểm thượng (ATDC). Ngược lại với quá trình phun sơ khởi và phun chính, nhiên liệu được phun vào không được đốt cháy mà để bốc hơi nhờ vào sức nóng của khí thải ở ống pô. Trong suốt kỳ thải, hỗn hợp khí thải và nhiên liệu được đẩy ra ngoài hệ thống thoát khí thải thông qua supap thải. Tuy nhiên, một phần của nhiên liệu được đưa lại vào buồng đốt thông qua hệ thống luân hồi khí thải EGR và có tác dụng tương tự như chính giai đoạn phun sơ khởi. Khi bộ hóa khử được lắp để làm giảm lượng NO_x , chúng tận dụng nhiên liệu trong khí thải như là một nhân tố hoá học để làm giảm nồng độ NO_x trong khí thải.

6.10.4 Chức năng chống ô nhiễm

6.10.4.1 Thành phần hỗn hợp và tác động đến quá trình cháy

So với động cơ xăng, động cơ diesel đốt nhiên liệu khó bay hơi hơn (nhiệt độ sôi cao), nên việc hoà trộn hỗn hợp hòa khí không chỉ diễn ra trong giai đoạn phun và bắt đầu cháy, mà còn trong suốt quá trình cháy. Kết quả là hỗn hợp kém đồng nhất. Động cơ diesel luôn luôn hoạt động ở chế độ nghèo. Mức tiêu hao nhiên liệu, muội than, CO và HC sẽ tăng nếu không đốt cháy ở chế độ nghèo hợp lý.

Tỉ lệ hòa khí được quyết định dựa vào các thông số:

- Áp suất phun;
- Thời gian phun;
- Kết cấu lỗ tia;
- Thời điểm phun;

- Vận tốc dòng khí nạp;
- Khối lượng không khí nạp.

Tất cả các đại lượng trên đều ảnh hưởng đến mức độ tiêu hao nhiên liệu và nồng độ khí thải. Nhiệt độ quá trình cháy quá cao và lượng oxy nhiều sẽ làm tăng lượng NO_x . Muội than sinh ra khi hỗn hợp quá nghèo.

6.10.4.2 Hệ thống luân hồi khí thải (EGR)

Khi không có EGR, khí NO_x sinh ra vượt mức quy định về khí thải, ngược lại thì muội than sinh ra sẽ nằm trong giới hạn. EGR là một phương pháp để giảm lượng NO_x sinh ra mà không làm tăng nhanh lượng khói đen. Điều này có thể thực hiện rất hiệu quả với hệ thống Common Rail với tỉ lệ hòa khí mong muốn đạt được nhờ vào áp suất phun cao. Với EGR, một phần của khí thải được đưa vào đường ống nạp ở chế độ tải nhỏ của động cơ. Điều này không chỉ làm giảm lượng oxy mà còn làm giảm quá trình cháy và nhiệt độ cực đại, kết quả là làm giảm lượng NO_x . Nếu có quá nhiều khí thải được nạp lại (quá 40% thể tích khí nạp), khói đen, CO, và HC sẽ sinh ra nhiều cũng như tiêu hao nhiên liệu sẽ tăng vì thiếu oxy.

6.10.4.3 Ảnh hưởng của việc phun nhiên liệu

Thời điểm phun, đường đặc tính phun, sự tán nhuyễn của nhiên liệu cũng ảnh hưởng đến tiêu hao nhiên liệu và nồng độ khí thải.

Thời điểm phun

Nhờ vào nhiệt độ quá trình thấp hơn, phun nhiên liệu trễ làm giảm lượng NO_x . Nhưng nếu phun quá trễ thì lượng HC sẽ tăng và tiêu hao nhiên liệu nhiều hơn, và khói đen sinh ra cả ở chế độ tải lớn. Nếu thời điểm phun lệch đi chỉ 1° khỏi giá trị lý tưởng thì lượng NO_x có thể tăng lên 5%. Ngược lại thời điểm phun sớm lệch sớm hơn 2° thì có thể làm cho áp suất đỉnh tăng lên 10 bar, trễ đi 2° có thể làm tăng nhiệt độ khí thải thêm 20°C . Với các yếu tố cực kỳ nhạy cảm nêu trên, ECU cần phải điều chỉnh thời điểm phun chính xác tối đa.

Đường đặc tính phun

Đường đặc tính phun quy định sự thay đổi lượng nhiên liệu được phun vào trong suốt một chu kỳ phun (từ lúc bắt đầu phun đến lúc dứt phun). Đường đặc tính phun quyết định lượng nhiên liệu phun ra trong suốt giai đoạn cháy trễ (giữa thời điểm bắt đầu phun và bắt đầu cháy). Hơn nữa, nó cũng ảnh hưởng đến sự phân phối của nhiên liệu trong buồng đốt và có tác dụng tận dụng hiệu quả của dòng khí nạp. Đường đặc tính phun phải có độ dốc tăng từ từ để nhiên liệu phun ra trong quá trình cháy trễ được giữ ở mức thấp nhất. Nhiên liệu diesel bốc cháy tức thì, ngay khi quá trình cháy bắt đầu gây ra tiếng ồn và sự tạo thành NO_x . Đường đặc tính phun phải có đỉnh không quá nhọn để ngăn ngừa hiện tượng nhiên liệu không được tán nhuyễn – yếu tố dẫn đến lượng HC cao, khói đen, và tăng tiêu hao nhiên liệu suốt giai đoạn cháy cuối cùng của quá trình cháy.

Sự tán nhuyễn nhiên liệu

Nhiên liệu được tán nhuyễn tốt thúc đẩy hiệu quả hoà trộn giữa không khí và nhiên liệu. Nó đóng góp vào việc giảm lượng HC và khói đen trong khí thải. Với áp suất phun

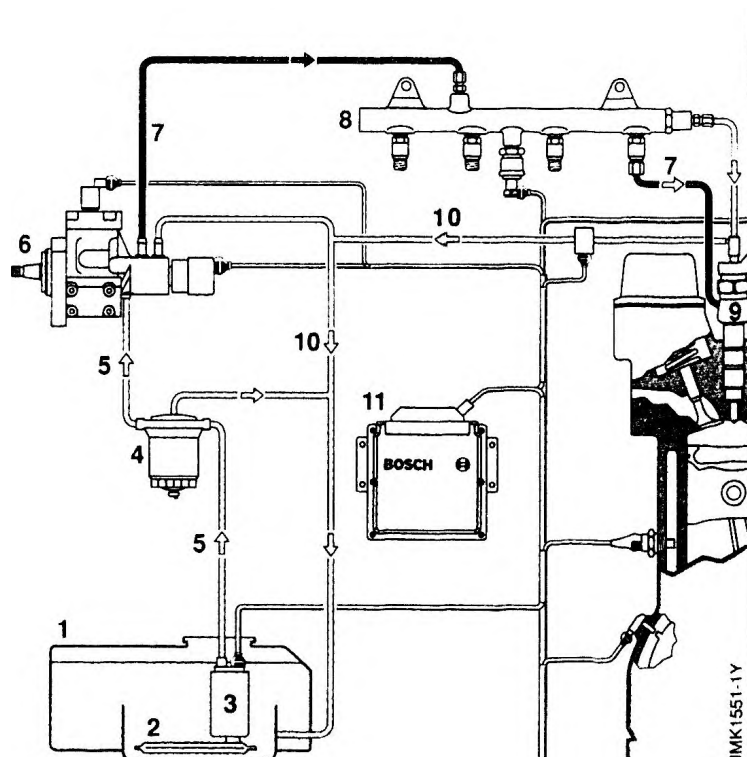
cao và hình dạng hình học tối ưu của lỗ tia kim phun giúp cho sự tán nhuyễn nhiên liệu tốt hơn. Để ngăn ngừa muội than, lượng nhiên liệu phun ra phải được tính dựa vào lượng khí nạp vào. Điều này đòi hỏi lượng khí phải nhiều hơn ít nhất từ 10 – 40 % ($\lambda = 1.1 - 1.4$).

6.10.5 Cấu tạo và nguyên lý làm việc của các chi tiết trên hệ thống common rail

6.10.5.1 Tổng quát về hệ thống nhiên liệu

Hệ thống nhiên liệu trong một hệ thống common rail (hình 6.180) bao gồm hai vùng: vùng nhiên liệu áp suất thấp và vùng nhiên liệu áp suất cao.

1. Thùng chứa nhiên liệu
2. Lọc thô
3. Bơm tiếp vận.
4. Lọc tinh
5. Đường nhiên liệu áp suất thấp
6. Bơm cao áp
7. Đường nhiên liệu áp suất cao
8. Ống trữ nhiên liệu áp suất cao
9. Kim phun.
10. Đường dầu về
11. ECU



Hình 6.180: Hệ thống nhiên liệu common rail.

6.10.5.2 Vùng áp suất thấp

Vùng áp suất thấp bao gồm các bộ phận:

- Bình chứa nhiên liệu

Bình chứa nhiên liệu phải làm từ vật liệu chống ăn mòn và phải giữ cho không bị rò rỉ ở áp suất gấp đôi áp suất hoạt động bình thường. Van an toàn phải được lắp để áp suất quá cao có thể tự thoát ra ngoài. Nhiên liệu cũng không được rò rỉ ở cổ nối với bình lọc nhiên liệu hay ở thiết bị bù áp suất khi xe bị rung xóc nhỏ, cũng như khi xe vào cua hoặc dừng hay chạy trên đường dốc. Bình nhiên liệu và động cơ phải nằm cách xa nhau để trong trường hợp tai nạn xảy ra sẽ không có nguy cơ bị cháy.

- Đường nhiên liệu áp suất thấp

Đường ống nhiên liệu mềm được bọc thép thay thế cho đường ống bằng thép và được dùng trong ống áp suất thấp. Tất cả các bộ phận mang nhiên liệu phải được bảo

vệ một lần nữa khởi tác động của nhiệt độ.

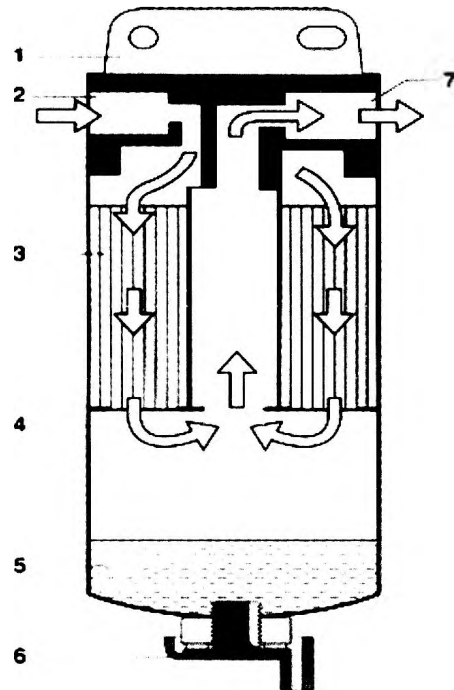
- *Bơm tiếp vận (presupply pump)*

Bơm tiếp vận bao gồm một bơm bằng điện với lọc nhiên liệu, hay một bơm bánh răng. Bơm hút nhiên liệu từ bình chứa và tiếp tục đưa đủ lượng nhiên liệu đến bơm cao áp.

Lọc nhiên liệu

Một bộ lọc nhiên liệu không thích hợp có thể dẫn đến hư hỏng cho các thành phần của bơm, van phân phối và kim phun. Bộ lọc nhiên liệu làm sạch nhiên liệu trước khi đưa đến bơm cao áp, và do đó ngăn ngừa sự mài mòn nhanh của các chi tiết của bơm.

1. Nắp bầu lọc
2. Đường dầu vào
3. Phần giấy lọc
4. Bọng chứa dầu sau khi lọc
5. Phần chứa nước có lẫn trong dầu
6. Thiết bị báo mực nước trong bầu lọc khi vượt mức cho phép
7. Đường dầu ra



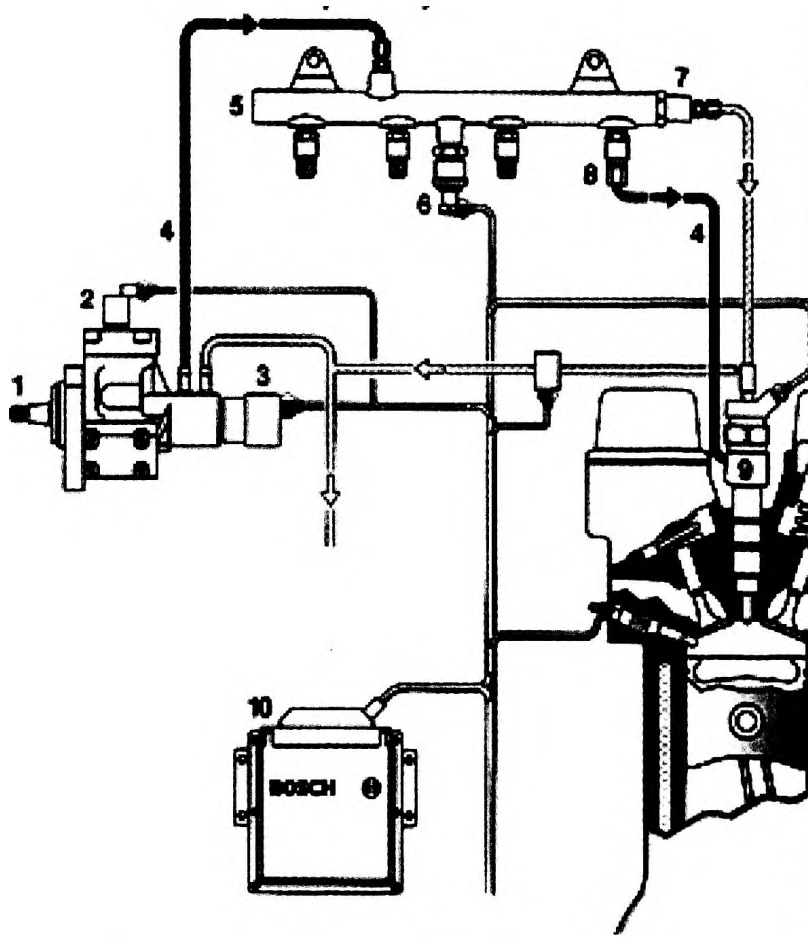
Hình 6.181: Lọc nhiên liệu.

Nước lọt vào hệ thống nhiên liệu có thể làm hư hỏng hệ thống ở dạng ăn mòn. Tương tự với các hệ thống nhiên liệu khác, hệ thống common rail cũng cần một bộ lọc nhiên liệu có bình chứa nước, từ đó nước sẽ được xả. Một số xe du lịch lắp động cơ diesel thường có thiết bị cảnh báo bằng đèn khi lượng nước trong bình lọc vượt quá mức.

6.10.5.3 Vùng áp suất cao

Vùng áp suất cao của hệ thống common rail bao gồm:

- Bơm cao áp với van điều khiển áp suất
- Đường ống nhiên liệu áp suất cao tức ống phân phối đóng vai trò của bộ tích áp suất cao cùng với cảm biến áp suất nhiên liệu, van giới hạn áp suất, bộ giới hạn dòng chảy, kim phun và đường ống dầu về.



1. Bơm cao áp; 2. Van cắt nhiên liệu; 3. Van điều khiển áp suất; 4. Đường nhiên liệu áp suất cao; 5. Ống trữ nhiên liệu ở áp suất cao; 6. Cảm biến áp suất trên ống; 7. Van giới hạn áp suất; 8. Lỗ tuyệt lưu; 9. Kim phun; 10. ECU

Hình 6.182: Vùng áp suất cao.

Bơm cao áp

Bơm cao áp tạo áp lực cho nhiên liệu đến một áp suất lên đến 1.500 bar. Nhiên liệu được tăng áp này sau đó di chuyển đến đường ống áp suất cao và được đưa vào bộ tích nhiên liệu áp suất cao có hình ống.

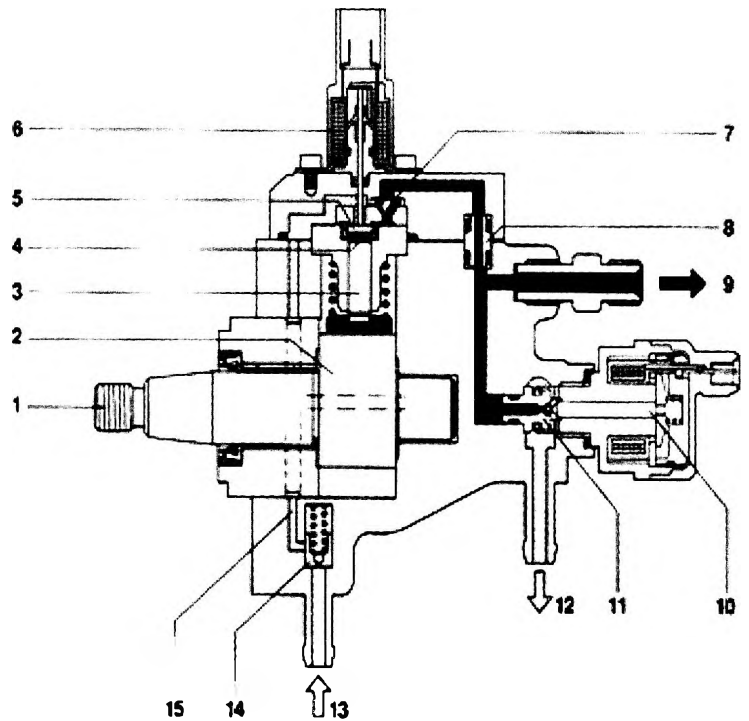
Bơm cao áp được lắp đặt tốt nhất ngay trên động cơ như ở hệ thống nhiên liệu của bơm phân phối loại cũ. Nó được dẫn động bằng động cơ (tốc độ quay bằng $\frac{1}{2}$ tốc độ động cơ, nhưng tối đa là 3000 vòng/phút) thông qua khớp nối (coupling), bánh răng xích, xích hay dây đai có răng và được bôi trơn bằng chính nhiên liệu nó bơm.

Tùy thuộc vào không gian sẵn có, van điều khiển áp suất được lắp trực tiếp trên bơm hay lắp xa bơm.

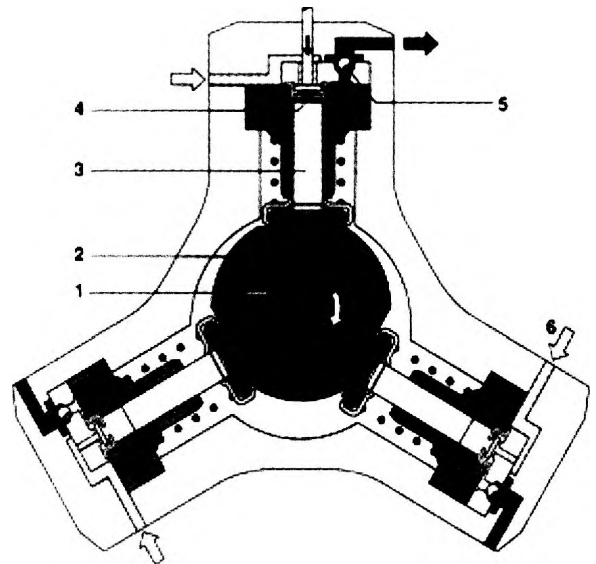
Bên trong bơm cao áp, nhiên liệu được nén bằng 3 piston bơm được bố trí hướng kính và các piston cách nhau 120° . Do 3 piston bơm hoạt động luân phiên trong 1 vòng quay nên chỉ làm tăng nhẹ lực cản của bơm. Do đó, ứng suất trên hệ thống dẫn động vẫn giữ đồng bộ. Điều này có nghĩa là hệ thống Common Rail đặt ít tải trọng lên hệ thống truyền động hơn so với hệ thống cũ. Công suất yêu cầu để dẫn động bơm rất nhỏ và tỉ lệ với áp suất trong ống phân phối và tốc độ bơm. Đối với động cơ thể tích 2 lít

đang quay ở tốc độ cao, áp suất trong ống phân phối đạt khoảng 1.500 bar, bơm cao áp tiêu thụ 3.8kW.

1. Trục dẫn động
2. Đĩa cam lệch tâm
3. Thành phần bơm với piston bơm
4. Buồng chứa của thành phần bơm
5. Van hút
6. Van ngắt
7. Van xả
8. Tấm nệm
9. Nhiên liệu áp suất cao đến ống trữ
10. Van điều khiển áp suất cao
11. Van bi
12. Đường dầu về
13. Đường nhiên liệu từ bơm tiếp vận
14. Van an toàn
15. Đường nhiên liệu áp suất thấp đưa đến bơm



1. Trục dẫn động
2. Đĩa cam lệch tâm
3. Piston bơm
4. Van hút
5. Van thoát
6. Cửa vào



Hình 6.183: Bơm cao áp.

Thông qua một bộ lọc có cơ cấu tách nước, bơm tiếp vận cung cấp nhiên liệu từ bình chứa đến đường dầu vào của bơm cao áp và van an toàn. Nó đẩy nhiên liệu qua lỗ khoan của van an toàn vào mạch dầu bôi trơn và làm mát bơm cao áp. Trục của bơm cao áp có các cam lệch tâm làm di chuyển 3 piston bơm lên xuống tùy theo hình dạng các mẫu cam.

Ngay khi áp suất phân phối vượt quá mức thì van an toàn sẽ xả bớt áp suất (0.5-1,5 bar), bơm tiếp vận đẩy nhiên liệu đến bơm cao áp thông qua van hút vào buồng bơm, nơi mà piston chuyển động hướng xuống. Van nạp đóng lại khi piston đi ngang qua tử điểm hạ và từ đó, nó cho phép nhiên liệu trong buồng bơm thoát ra ngoài với áp suất phân phối. Áp suất tăng lên cao sẽ mở van thoát khi áp suất trên ống phân phối đủ lớn. Nhiên liệu được nén đi vào mạch dầu áp suất cao.

Piston bơm tiếp tục phân phối nhiên liệu cho đến khi nó đến tử điểm thượng, sau đó, do áp suất bị giảm xuống nên van thoát đóng lại. Nhiên liệu còn lại nằm trong buồng bơm và chờ đến khi piston đi xuống lần nữa.

Khi áp suất trong buồng bơm của thành phần bơm giảm xuống thì van nạp mở ra và quá trình lặp lại lần nữa.

Do bơm cao áp được thiết kế để có thể phân phối lượng nhiên liệu lớn nên lượng nhiên liệu có áp suất cao sẽ thừa trong giai đoạn chạy không tải và tải trung bình. Lượng nhiên liệu thừa này được đưa trở về thùng chứa thông qua van điều khiển áp suất. Nhiên liệu bị nén sẽ nằm trong thùng và gây ra tổn thất năng lượng. Hơn nữa, lượng nhiệt tăng lên của nhiên liệu cũng làm giảm đi hiệu suất. Ở mức độ nào đó, tổn thất này có thể được bù bằng cách ngắt bớt một hoặc hai xy lanh bơm.

Khi một trong 3 xy lanh bơm bị ngắt sẽ dẫn đến việc giảm lượng nhiên liệu bơm đến ống phân phối. Việc ngắt bỏ được thực hiện bằng cách giữ cho van hút ở trạng thái mở liên tục.

Khi van solenoid dùng để ngắt thành phần bơm được kích hoạt, một chốt gắn với phần ứng sẽ giữ van hút sẽ mở ra. Kết quả là nhiên liệu hút vào xy lanh này của bơm không thể bị nén được nên nó bị đẩy trở lại mạch áp suất thấp. Với một xy lanh bơm bị loại bỏ khi không cần công suất cao thì bơm cao áp không còn cung cấp nhiên liệu liên tục mà cung cấp gián đoạn.

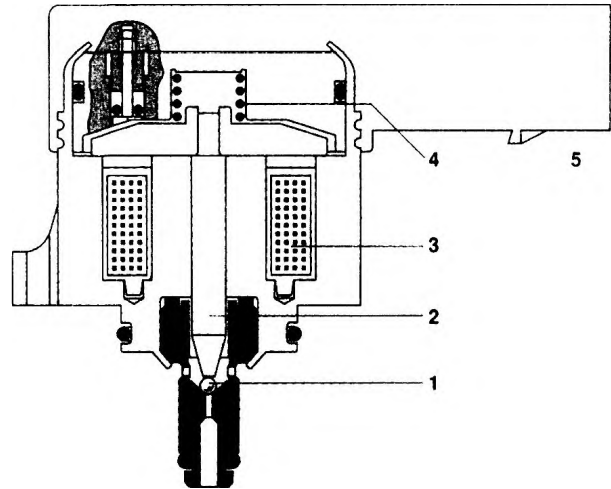
Bơm cao áp phân phối lượng nhiên liệu tỉ lệ với tốc độ quay của nó. Và do đó, nó là một hàm của tốc độ động cơ. Trong suốt quá trình phun, tỷ số truyền được tính sao cho một mặt thì lượng nhiên liệu mà nó cung cấp không quá lớn, mặt khác, các yêu cầu về nhiên liệu vẫn còn đáp ứng trong suốt chế độ hoạt động. Tùy theo tốc độ trục khuỷu mà tỉ số truyền hợp lý là 1:2 hoặc 1:3.

Van điều khiển áp suất (pressure control valve)

Van điều khiển áp suất giữ cho nhiên liệu trong ống phân phối có áp suất thích hợp tùy theo tải của động cơ, và duy trì ở mức này.

- Nếu áp suất trong ống quá cao thì van điều khiển áp suất sẽ mở ra và một phần nhiên liệu sẽ trở về bình chứa thông qua đường ống dầu về.
- Nếu áp suất trong ống quá thấp thì van điều khiển áp suất sẽ đóng lại và ngăn khu vực áp suất cao (high pressure stage) với khu vực áp suất thấp (low pressure stage).

1. Van bi.
2. Lõi.
3. Nam châm điện.
4. Lò xo.
5. Mạch điện.



Hình 6.184: Cấu tạo van điều áp.

Van điều khiển áp suất được gá lên bơm cao áp hay ống phân phối. Để ngăn cách khu vực áp suất cao với khu vực áp suất thấp, một lõi thép đẩy van bi vào vị trí đóng kín. Có hai lực tác dụng lên lõi thép: lực đẩy xuống dưới bởi lò xo và lực điện từ. Nhằm bôi trơn và giải nhiệt, lõi thép được nhiên liệu bao quanh.

Van điều khiển áp suất được điều khiển theo hai vòng:

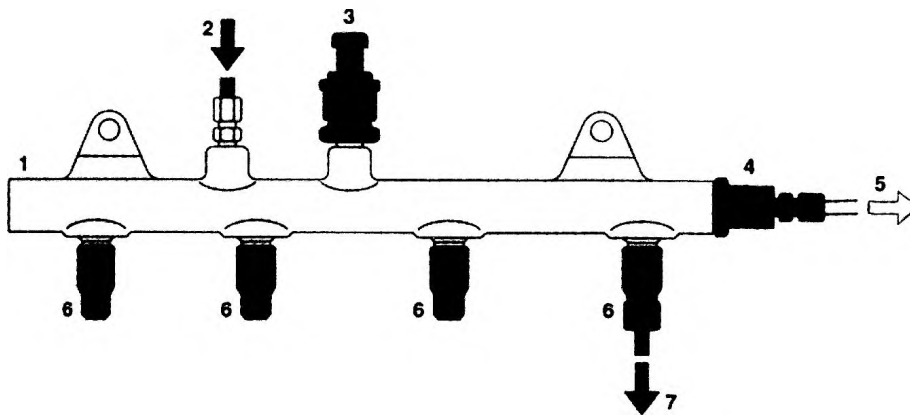
- Vòng điều khiển đáp ứng chậm bằng điện dùng để điều chỉnh áp suất trung bình trong ống.
- Vòng điều khiển đáp ứng nhanh bằng cơ dùng để bù cho sự dao động lớn của áp suất.

Khi van điều khiển áp suất chưa được cung cấp điện, áp suất cao ở ống hay tại đầu ra của bơm cao áp được đặt lên van điều khiển áp suất một áp suất cao. Khi chưa có lực điện từ, lực của nhiên liệu áp suất cao tác dụng lên lò xo làm cho van mở và duy trì độ mở tùy thuộc vào lượng nhiên liệu phân phối. Lò xo được thiết kế để có thể chịu được áp suất khoảng 100 bar.

Khi van điều khiển áp suất được cấp điện: Nếu áp suất trong mạch áp suất cao tăng lên, lực điện từ sẽ được tạo ra để cộng thêm vào lực của lò xo. Khi đó van sẽ đóng lại và được giữ ở trạng thái đóng cho đến khi lực do áp suất dầu ở một phía cân bằng với lực của lò xo và lực điện từ ở phía còn lại. Sau đó, van sẽ ở trạng thái mở và duy trì một áp suất không đổi. Khi bơm thay đổi lượng nhiên liệu phân phối hay nhiên liệu bị mất đi trong mạch áp suất cao thì được bù lại bằng cách điều chỉnh van đến một độ mở khác. Lực điện từ tỷ lệ với dòng điện cung cấp trung bình được điều chỉnh bằng cách thay đổi độ rộng xung (pulse-width-modulation pulse). Tần số xung điện khoảng 1 kHz sẽ đủ để ngăn chuyển động ngoài ý muốn của lõi thép và sự thay đổi áp suất trong ống.

Ống trữ nhiên liệu áp suất cao (ống phân phối)

Ngay cả khi kim phun lấy nhiên liệu từ ống phân phối để phun thì áp suất nhiên liệu trong ống vẫn phải không đổi. Điều này thực hiện được nhờ vào sự co giãn của nhiên liệu. Áp suất nhiên liệu được đo bởi cảm biến áp suất trên ống phân phối và được duy trì bởi van điều khiển áp suất nhằm giới hạn áp suất tối đa là 1.500 bar.



1. Ống trữ 2. Đường dầu vào từ bơm cao áp 3. Cảm biến áp suất trên ống trữ
4. Van giới hạn áp suất 5. Đường dầu về 6. Lỗ tiết lưu 7. Đường dầu đến kim.

Hình 6.185: Cấu tạo ống tích trữ nhiên liệu áp suất cao.

Ống tích trữ nhiên liệu áp suất cao (ống phân phối) trên hình 6.185 dùng để chứa nhiên liệu có áp suất cao. Đồng thời, sự dao động của áp suất do bơm cao áp tạo ra sẽ được giảm chấn (damped) bởi thể tích của ống.

Ống tích trữ nhiên liệu áp suất cao này dùng chung cho tất cả các xylanh. Do đó, tên nó là “đường ống chung” (“common rail”). Ngay cả khi một lượng nhiên liệu bị mất đi khi phun, ống vẫn duy trì áp suất thực tế bên trong không đổi. Điều này bảo đảm cho áp suất phun của kim không đổi ngay từ khi kim mở.

Để thích hợp với các điều kiện lắp đặt khác nhau trên động cơ, ống phải được thiết kế với nhiều kiểu để phù hợp với bộ hạn chế dòng chảy và dự phòng chỗ để gắn các cảm biến, van điều khiển áp suất, van hạn chế áp suất.

Thể tích bên trong của ống thường xuyên được điền đầy bằng nhiên liệu có áp suất. Khả năng nén của nhiên liệu dưới áp suất cao được tận dụng để tạo hiệu quả tích trữ. Khi nhiên liệu rời khỏi ống để phun ra thì áp suất thực tế trong bộ tích trữ nhiên liệu áp suất cao vẫn được duy trì không đổi. Sự thay đổi áp suất là do bơm cao áp thay đổi lượng nhiên liệu cung cấp để bù vào phần nhiên liệu vừa phun.

Kim phun (injectors)

Thời điểm phun và lượng nhiên liệu phun được điều chỉnh bằng cách cho dòng điện qua các kim phun. Các kim phun này thay thế kim phun cơ khí. Tương tự như kim phun cơ khí trong các động cơ diesel phun nhiên liệu trực tiếp, các bộ kẹp thường được sử dụng để lắp kim vào nắp máy.

Kim phun có thể chia làm các phần theo chức năng như sau:

- Lỗ kim phun;
- Hệ thống dẫn dầu phụ;
- Van điện.

Theo hình 6.185, nhiên liệu từ đường dầu đến kim và theo đường ống dẫn sẽ đi đến buồng điều khiển 8 thông qua lỗ nạp 7. Buồng điều khiển được nối với đường dầu về

thông qua lỗ xả 6 được mở bởi van solenoid.

Khi lỗ đóng, áp lực của dầu đặt lên piston 9 cao hơn áp lực dầu tại thân ty kim 11. Kết quả là kim bị đẩy xuống dưới và làm kín lỗ phun với buồng đốt.

Khi van solenoid có dòng điện, lỗ xả 6 được mở ra. Điều này làm cho áp suất ở buồng điều khiển giảm xuống, kết quả là áp lực tác dụng lên piston cũng giảm theo. Khi áp lực dầu trên piston giảm xuống thấp hơn áp lực tác dụng lên ty kim, thì ty kim mở ra và nhiên liệu được phun vào buồng đốt qua các lỗ phun. Kiểu điều khiển ty kim gián tiếp này dùng một hệ thống khuếch đại thủy lực vì lực cần thiết để mở kim thật nhanh không thể được trực tiếp tạo ra nhờ van solenoid. Thời điểm phun và lượng nhiên liệu phun được điều chỉnh thông qua dòng qua các kim phun.

Tương tự như các kim phun kiểu cũ trong các động cơ phun nhiên liệu trực tiếp, các bộ kẹp được ưu tiên sử dụng để lắp kim vào nắp máy.

Kim phun có thể chia làm các phần theo chức năng như sau:

- Lỗ kim phun
- Hệ thống trợ lực dầu (the hydraulic servo-system);
- Van điện.

Hoạt động của kim phun có thể chia làm 4 giai đoạn chính khi động cơ làm việc và bơm cao áp tạo ra áp suất cao:

- Kim phun đóng (khi có áp lực dầu tác dụng)
- Kim phun mở (bắt đầu phun);
- Kim phun mở hoàn toàn;
- Kim phun đóng (kết thúc phun).

Các giai đoạn hoạt động là kết quả của sự phân phối lực tác dụng lên các thành phần của kim phun. Khi động cơ dừng lại và không có áp suất trong ống phân phối, lò xo kim đóng kim phun.

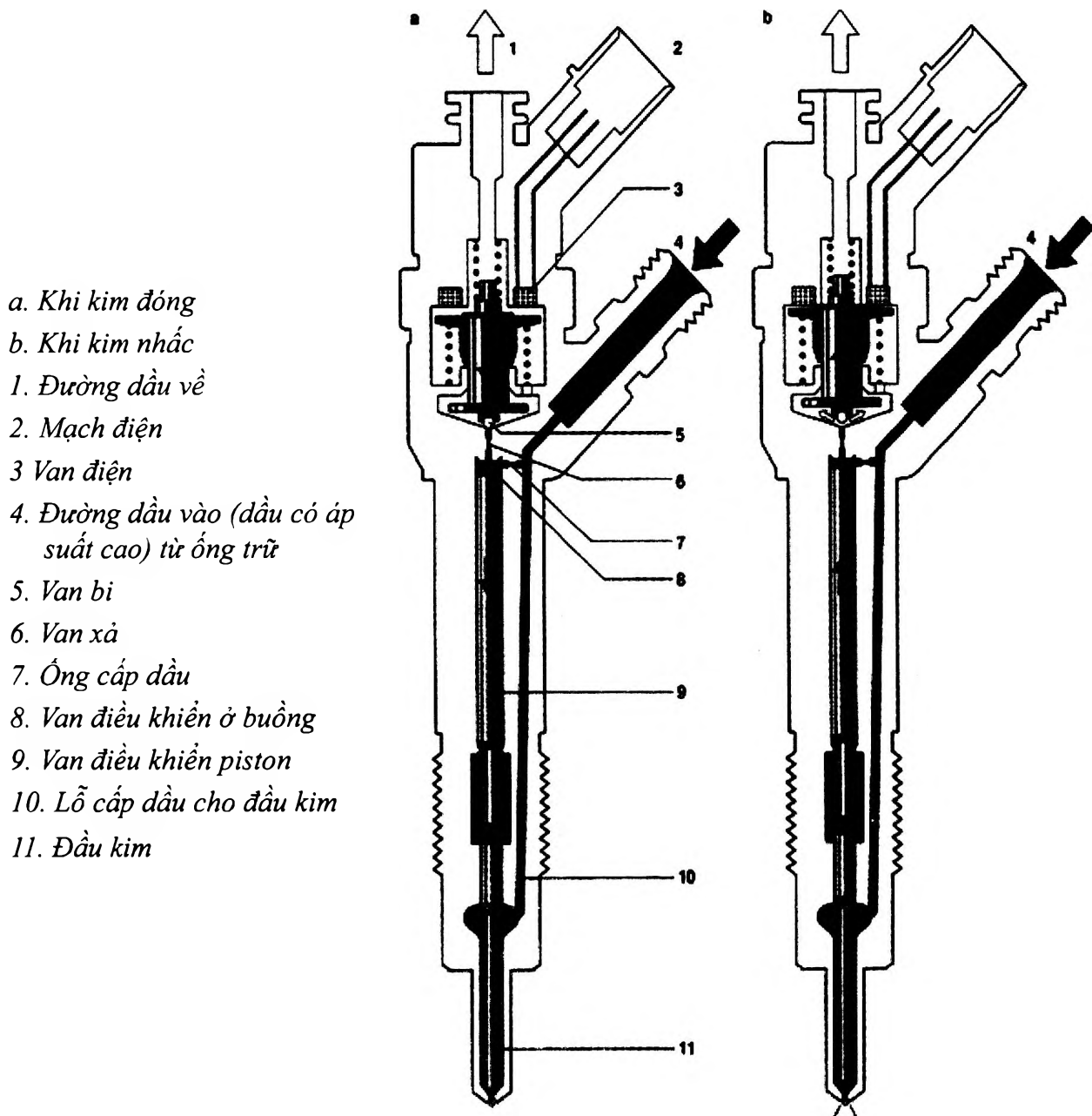
- Kim phun đóng (ở trạng thái nghỉ)
- Ở trạng thái nghỉ, van solenoid chưa được cung cấp điện và do đó kim phun đóng.

Khi lỗ xả đóng, lò xo đẩy van bị đóng lại. Áp suất cao của ống tăng lên trong buồng điều khiển và trong buồng thể tích của ty kim cũng có một áp suất tương tự. Áp suất của ống đặt vào phần đỉnh của piston, cùng với lực của lò xo ngược chiều với lực mở kim sẽ giữ được ty kim ở vị trí đóng.

Kim phun mở (bắt đầu phun)

Van solenoid được cung cấp điện với dòng kích lớn để bảo đảm nó mở nhanh. Lực tác dụng bởi van solenoid lớn hơn lực lò xo lỗ xả và làm mở lỗ xả ra. Gần như tức thời, dòng điện cao được giảm xuống thành dòng nhỏ hơn chỉ đủ để tạo ra lực điện từ để giữ ty. Điều này thực hiện được là nhờ khe hở mạch từ bây giờ đã nhỏ hơn. Khi lỗ xả mở ra, nhiên liệu có thể chảy vào buồng điều khiển van vào khoang bên trên nó và từ đó trở về bình chứa thông qua đường dầu về. Lỗ xả làm mất cân bằng áp suất nên áp suất trong buồng điều khiển van giảm xuống. Điều này dẫn đến áp suất trong buồng điều khiển van thấp hơn áp suất trong buồng chứa của ty kim (vẫn còn bằng với áp suất của

ống). Áp suất giảm đi trong buồng điều khiển van làm giảm lực tác dụng lên piston điều khiển nên ty kim mở ra và nhiên liệu bắt đầu phun.



Hình 6.186: Cấu tạo kim phun dầu điện tử.

Tốc độ mở ty kim được quyết định bởi sự khác biệt tốc độ dòng chảy giữa lỗ nạp và lỗ xả. Piston điều khiển tiến đến vị trí dừng phía trên nơi mà nó vẫn còn chịu tác dụng của đệm dầu được tạo ra bởi dòng chảy của nhiên liệu giữa lỗ nạp và lỗ xả. Kim phun giờ đây đã mở hoàn toàn, và nhiên liệu được phun vào buồng đốt ở áp suất gần bằng với áp suất trong ống. Lực phân phối trong kim thì tương tự với giai đoạn mở kim.

Kim phun đóng (kết thúc phun)

Khi dòng qua van solenoid bị ngắt, lò xo đẩy van bị xuống và van bị đóng lỗ xả lại. Lỗ xả đóng đã làm cho áp suất trong buồng điều khiển van tăng lên thông qua lỗ nạp. Áp suất này tương đương với áp suất trong ống và làm tăng lực tác dụng lên đỉnh piston điều khiển. Lực này cùng với lực của lò xo bây giờ cao hơn lực tác dụng của buồng chứa và ty kim đóng lại. Tốc độ đóng của ty kim phụ thuộc vào dòng chảy của nhiên liệu qua lỗ nạp.

Đầu kim phun

Ty kim mở khi van solenoid được kích hoạt để nhiên liệu chảy qua. Chúng phun nhiên liệu trực tiếp vào buồng cháy.

Lượng nhiên liệu dư cần để mở ty kim sẽ được đưa trở lại bình chứa thông qua đường ống dầu về. Nhiên liệu hồi về từ van điều áp và từ vùng áp suất thấp cũng được dẫn theo đường dầu về cùng với nhiên liệu được dùng như để bôi trơn cho bơm cao áp.

Thiết kế của đầu phun được quyết định bởi:

- Việc kiểm soát nhiên liệu phun ra (thời điểm và lượng nhiên liệu phun theo góc độ trục cam);
- Việc điều khiển nhiên liệu (số lỗ tia, hình dạng nhiên liệu phun ra và sự tán nhuyễn nhiên liệu, sự phân phối nhiên liệu trong buồng cháy, mức độ làm kín buồng cháy).

Đầu phun loại P có đường kính 4 mm được dùng trong động cơ phun nhiên liệu trực tiếp common rail.

Những đầu phun này gồm hai loại: đầu phun lỗ tia hở và đầu phun lỗ tia kín.

Lỗ tia phun được định vị dựa vào hình nón phun. Số lượng lỗ tia và đường kính của chúng dựa vào:

- Lượng nhiên liệu phun ra;
- Hình dạng buồng cháy;
- Sự xoáy lốc trong buồng cháy.

Đối với cả hai loại lỗ tia hở và lỗ tia kín thì phần cạnh của lỗ tia có thể được gia công bằng phương pháp ăn mòn hydro nhằm mục đích ngăn ngừa sự mài mòn sớm của cạnh lỗ tia gây ra bởi các phần tử mài mòn và giảm sai lệch dung lượng phun.

Để làm giảm lượng hydrocarbon thải ra, thể tích nhiên liệu điền đầy ở đầu của ty kim cần thiết phải giữ ở mức nhỏ nhất. Việc này được thực hiện tốt nhất với loại đầu phun lỗ tia kín.

Lỗ tia của loại này được sắp xếp quanh một lỗ bao. Trong trường hợp đỉnh của đầu phun hình tròn, hay tùy thuộc vào thiết kế, lỗ tia được khoan bằng cơ khí hoặc bằng máy phóng điện (*EDM - electrical-discharge machining*).

Đường ống dẫn nhiên liệu áp suất cao

Những đường ống nhiên liệu này mang nhiên liệu áp suất cao. Do đó, chúng phải thường xuyên chịu áp suất cực đại của hệ thống và trong suốt quá trình ngưng phun. Vì vậy, chúng được chế tạo từ thép ống. Thông thường, chúng có đường kính ngoài

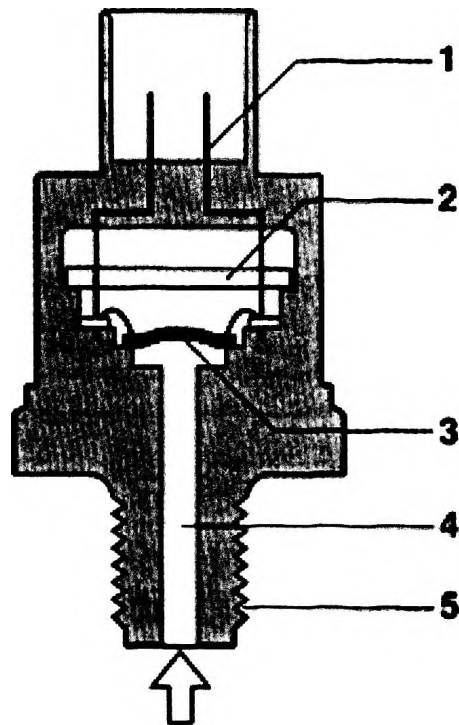
khoảng 6 mm và đường kính trong khoảng 2.4 mm.

Các đường ống nằm giữa ống phân phối và kim phun phải có chiều dài như nhau. Sự khác biệt chiều dài giữa ống phân phối và các kim phun được bù bằng cách uốn cong ở các đường ống nối. Tuy nhiên, đường ống nối này nên được giữ càng ngắn càng tốt.

Cảm biến áp suất ống (rail pressure sensor)

Cảm biến áp suất ống đo áp suất tức thời trong ống phân phối và báo về ECU với độ chính xác thích hợp và tốc độ đủ nhanh.

1. Mạch điện
2. Màng so
3. Màng của phần tử cảm biến
4. Ống dẫn áp suất
5. Ren lắp ghép



Hình 6.187: Cảm biến áp suất trên ống rail.

Nhiên liệu chảy vào cảm biến áp suất ống thông qua một đầu mở và phần cuối được bịt kín bởi một màng cảm biến. Thành phần chính của cảm biến là một thiết bị bán dẫn được gắn trên màng cảm biến, dùng để chuyển áp suất thành tín hiệu điện. Tín hiệu do cảm biến tạo ra được đưa vào một mạch khuếch đại tín hiệu và đưa đến ECU.

Cảm biến hoạt động theo nguyên tắc:

Khi màng biến dạng, lớp điện trở đặt trên màng sẽ thay đổi giá trị. Sự biến dạng (khoảng 1mm ở 1.500 bar) là do áp suất tăng lên trong hệ thống, sự thay đổi điện trở gây ra sự thay đổi điện thế của mạch cầu điện trở.

Điện áp thay đổi trong khoảng 0-70mV (tùy thuộc áp suất tác động) và được khuếch đại bởi mạch khuếch đại đến 0.5V-4.5 V.

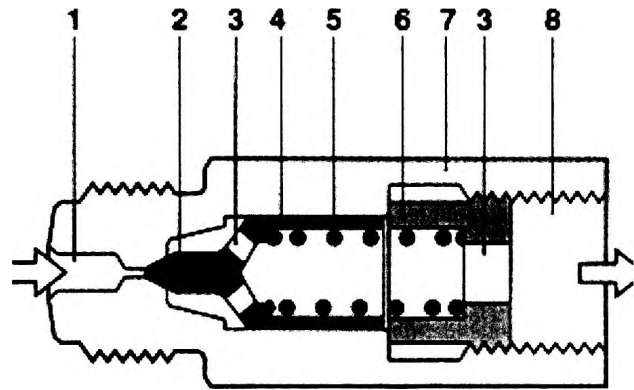
Việc kiểm soát một cách chính xác áp suất của ống là điều bắt buộc để hệ thống hoạt động đúng. Đây cũng là nguyên nhân tại sao cảm biến áp suất ống phải có sai số nhỏ trong quá trình đo. Trong dải hoạt động của động cơ, độ chính xác khi đo đạt khoảng 2%. Nếu cảm biến áp suất ống bị hư, van điều khiển áp suất sẽ được điều khiển theo

giá trị định sẵn ECU.

Van giới hạn áp suất (pressure limiter valve)

Van giới hạn áp suất có chức năng như một van an toàn. Trong trường hợp áp suất vượt quá cao, van giới hạn áp suất sẽ hạn chế áp suất trong ống bằng cách mở cửa thoát. Van giới hạn áp suất cho phép áp suất tức thời tối đa trong ống khoảng 1.500 bar.

1. Mạch cao áp
2. Van
3. Lỗ dầu
4. Piston
5. Lò xo
6. Đế
7. Thân van
8. Đường dầu về



Hình 6.188: Van giới hạn áp suất.

Van giới hạn áp suất là một thiết bị cơ khí bao gồm các thành phần sau:

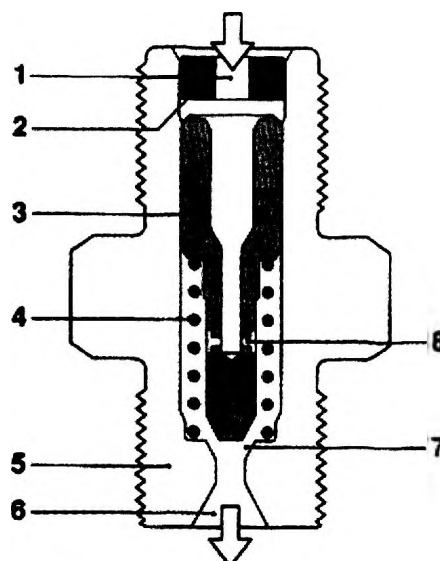
- Phần cổ có ren ngoài để lắp vào ống
- Một chỗ nối với đường dầu về
- Piston di chuyển
- Lò xo

Tại phần cuối chỗ nối với ống có một buồng với một đường dẫn dầu có phần đuôi hình côn mà khi piston đi xuống sẽ làm kín bên trong buồng. Ở áp suất hoạt động bình thường (tối đa 1.500 bar), lò xo đẩy piston xuống làm kín ống. Khi áp suất của hệ thống vượt quá mức, piston bị đẩy lên trên do áp suất của dầu trong ống thắng lực căng lò xo. Nhiên liệu có áp suất cao được thoát ra thông qua van và đi vào đường dầu về trở lại bình chứa. Khi van mở, nhiên liệu rời khỏi ống vì vậy, áp suất trong ống giảm xuống.

Van hạn chế dòng chảy (flow limiter)

Nhiệm vụ của bộ hạn chế dòng chảy là ngăn cho kim không phun liên tục ví dụ trong trường hợp kim không đóng lại được. Để thực hiện điều này, khi lượng nhiên liệu rời khỏi ống vượt quá mức đã được định sẵn thì van giới hạn dòng chảy sẽ đóng đường dầu nối với kim.

1. Mạch dầu đến ống
2. Vòng đệm
3. Piston
4. Lò xo
5. Thân
6. Mạch dầu đến kim
7. Mặt côn
8. Van tiết lưu

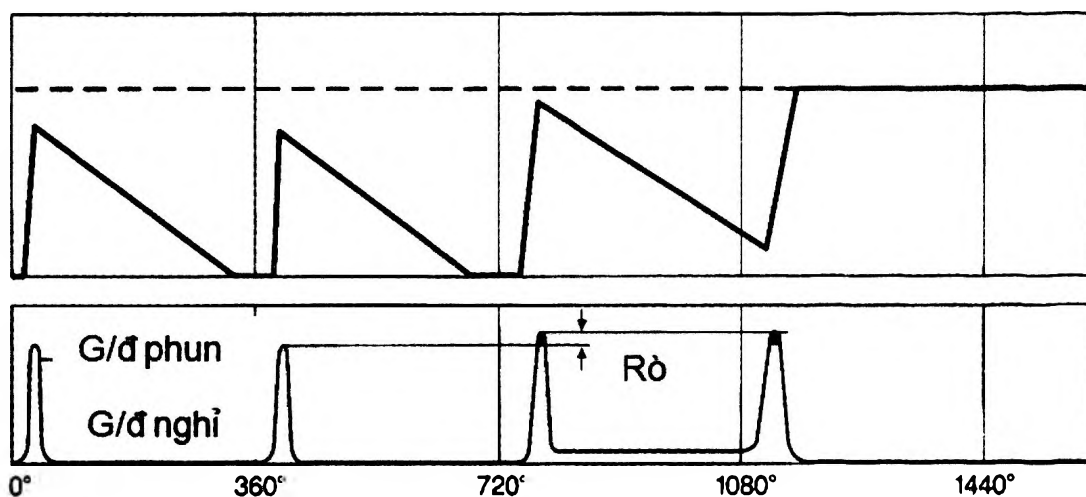


Hình 6.189: Van giới hạn dòng chảy.

Van giới hạn dòng chảy bao gồm một buồng bằng kim loại với ren phía trong để bắt với ống (có áp suất cao) và ren ngoài để bắt với đường dầu đến kim phun. Van có một đường dẫn dầu tại mỗi đầu để nối với ống và với đường dầu đến kim.

Có một piston bên trong van hạn chế dòng chảy và được đẩy bằng một lò xo theo hướng bộ tích trữ nhiên liệu. Piston này làm kín với thành của buồng van và đường dầu theo chiều dọc thông qua lỗ dầu ở giữa thân piston dẫn dầu từ phía bên trong ra phía bên ngoài piston.

Lỗ dầu theo chiều dọc có đường kính giảm dần ở phần cuối và đóng vai trò của một van tiết lưu.



Góc quay trục khuỷu

Hình 6.190: Van giới hạn dòng chảy ở chế độ hoạt động bình thường với lượng nhiên liệu rò rỉ nhỏ.

Ở chế độ hoạt động bình thường

Ở trạng thái nghỉ, piston nằm ở vị trí gần chỗ nối với ống. Khi nhiên liệu được phun ra, áp suất phun giảm xuống tại phần cuối kim phun và làm cho piston dịch chuyển theo hướng của kim phun. Van giới hạn dòng chảy bù lại lượng nhiên liệu bị kim phun lấy đi từ ống bằng cách thay thế thể tích nhiên liệu này bằng lượng thể tích dịch chuyển của piston và không phải bởi lỗ khoan ngang nếu lượng nhiên liệu này quá nhỏ. Ở cuối quá trình phun, piston nhấc lên một chút mà không đóng đường dầu ra hoàn toàn. Lò xo sẽ đẩy piston lên và nằm ở trạng thái nghỉ và nhiên liệu có thể chảy qua lỗ khoan ngang.

Lò xo và lỗ khoan ngang được định kích thước sao cho ngay cả với lượng nhiên liệu phun tối đa (cộng với một lượng dự phòng an toàn) thì piston vẫn có thể di chuyển trở về trạng thái nghỉ cho đến lần phun kế.

Ở chế độ hoạt động bất thường với lượng nhiên liệu bị rò rỉ lớn

Nhờ vào lượng nhiên liệu rời khỏi ống, piston của van giới hạn dòng chảy bị đẩy khỏi vị trí ở trạng thái nghỉ và làm kín đường dầu ra. Piston giữ ở vị trí này và ngăn nhiên liệu đến kim phun.

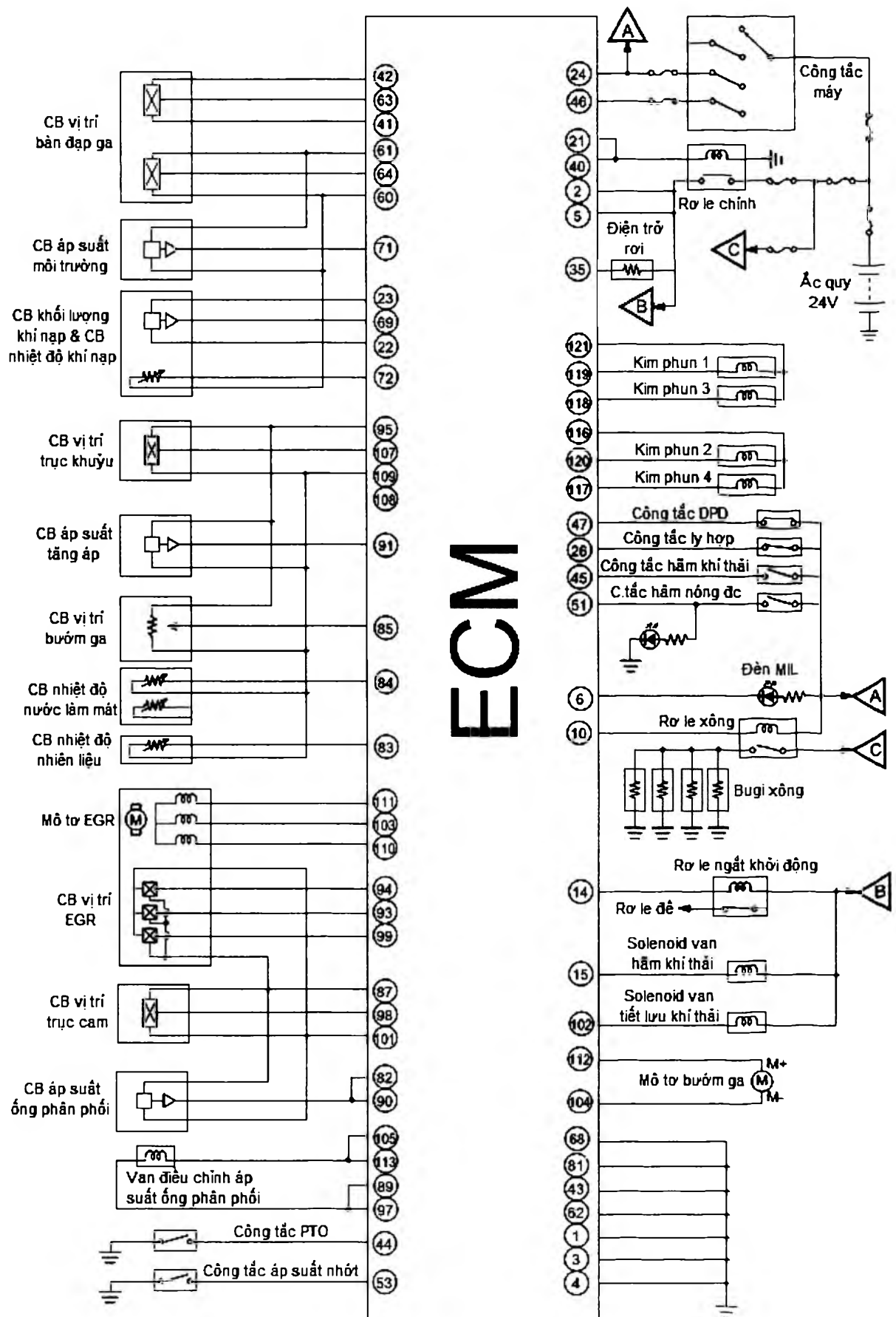
Ở chế độ hoạt động bất thường với lượng nhiên liệu bị rò rỉ nhỏ

Nhờ vào lượng nhiên liệu bị rò rỉ, piston của van giới hạn dòng chảy không thể trở lại vị trí của trạng thái nghỉ. Sau một số lần phun thì piston di chuyển tới vị trí làm kín ngõ dầu ra.

Piston giữ ở trạng thái này cho đến khi động cơ tắt đi và đóng ngõ dầu vào của kim phun.

6.10.5.4 Sơ đồ tổng quát hệ thống điều khiển

Hình 6.191 giới thiệu sơ đồ hệ thống điều khiển phun dầu điện tử CRDI trên xe tải ISUZU FORWARD

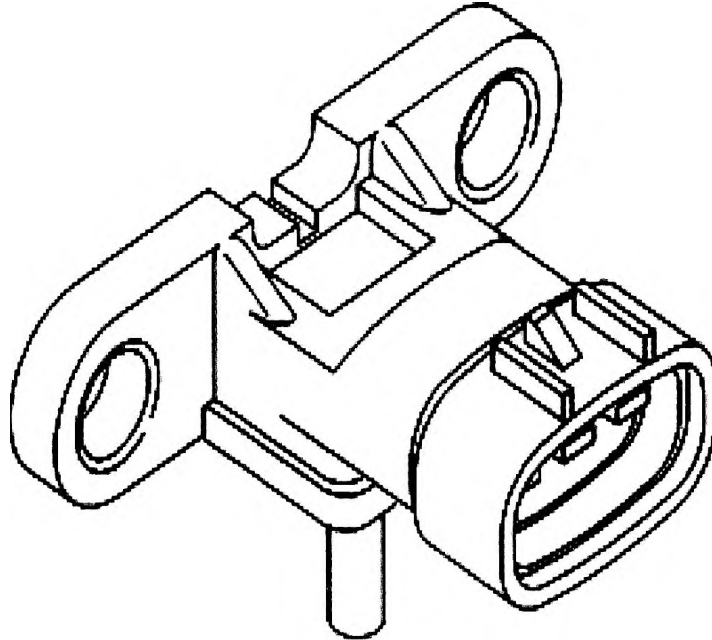


Hình 6.191: Sơ đồ tổng quát hệ thống điện điều khiển phun nhiên liệu trên động cơ ISUZU 4HK1.

6.10.5.5 Cảm biến và cơ cấu chấp hành

Các cảm biến và cơ cấu chấp hành trên hệ thống CRDI đa số giống hệ thống điều khiển động cơ xăng, đã được trình bày ở phần trên. Phần này chỉ đề cập đến một số cảm biến và cơ cấu chấp hành có sự khác biệt.

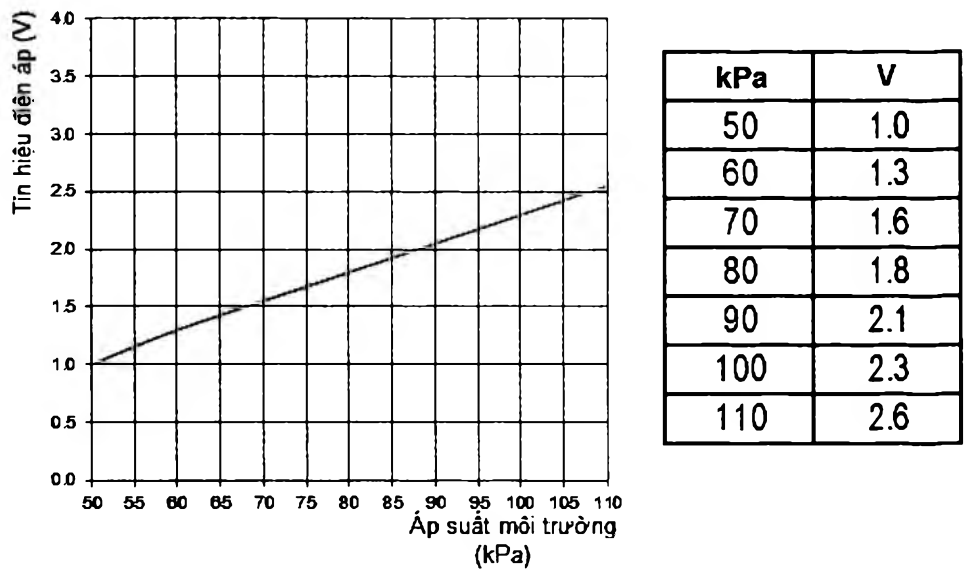
Cảm biến áp suất khí quyển:



Hình 6.192: Cấu tạo cảm biến áp suất khí quyển.

Cảm biến áp suất khí quyển BARO chuyển đổi sự thay đổi của áp suất khí quyển thành tín hiệu điện áp, có chức năng đo áp suất không khí của môi trường xung quanh xe. Do khi xe càng lên cao so với mực nước biển (ví dụ như chạy trên các đồi núi) thì mật độ cũng như sức cản của không khí giảm đáng kể. Điều này ảnh hưởng trực tiếp đến khối lượng khí nạp vào động cơ và tốc độ của turbo tăng áp.

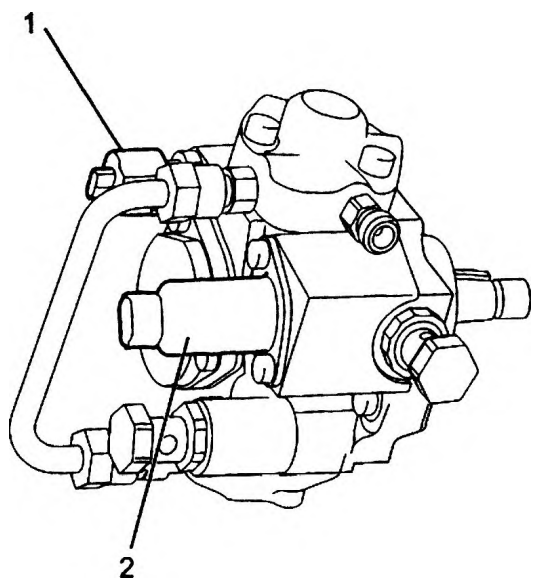
Nếu không có cảm biến BARO, khi ECU nhận thấy lượng không khí nạp giảm và để duy trì tình trạng làm việc ổn định của động cơ, ECU sẽ điều khiển tăng khí nạp bằng cách tăng tốc độ turbo tăng áp. Điều này có thể gây hư hỏng turbo. Do đó, cảm biến BARO nằm trong ECU sẽ chống lại việc làm hư turbo tăng áp và tăng độ khối đen trong khí xả động cơ, bằng cách giúp ECU điều chỉnh lượng nhiên liệu và điều khiển quá trình tuần hoàn khí thải phù hợp và chính xác theo áp suất khí quyển nhờ vào việc nhận biết điện áp thay đổi của cảm biến theo áp suất khí quyển.



Hình 6.193: Đặc tính của cảm biến áp suất khí quyển.

Cảm biến nhiệt độ nhiên liệu FT (Fuel Temperature):

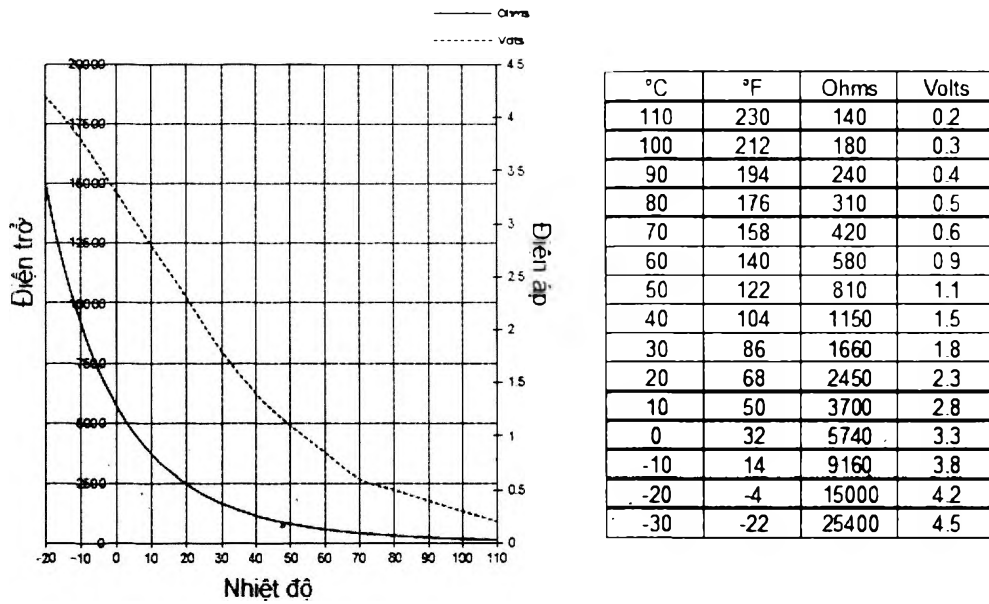
Cảm biến nhiệt độ nhiên liệu được lắp trên thân bơm cao áp.



- 1. Cảm biến nhiệt độ nhiên liệu.
- 2. Van điều khiển áp suất ống phân phối.

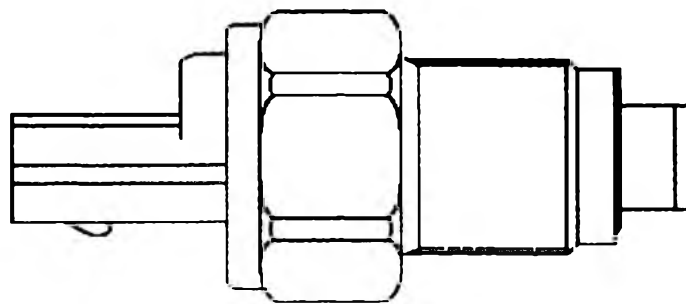
Hình 6.194: Vị trí cảm biến FT.

Cảm biến nhiệt độ nhiên liệu (Fuel temperature sensor) được gắn trên bơm cung cấp nhiên liệu hoặc ống phân phối. Cảm biến là một nhiệt điện trở âm có nhiệm vụ xác định nhiệt độ nhiên liệu và gửi tín hiệu về ECU. Khi nhiệt độ nhiên liệu thấp, ECU sẽ nhận được giá trị điện áp cao và ngược lại khi nhiệt độ nhiên liệu cao ECU sẽ nhận được giá trị điện áp thấp, thông qua các giá trị này, ECU sẽ so sánh và điều chỉnh lượng phun và thời gian phun nhiên liệu.



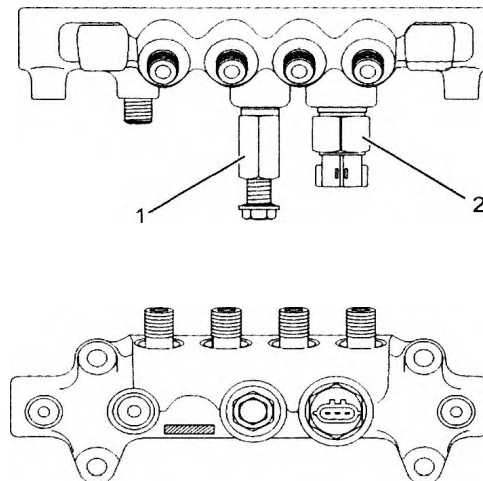
Hình 6.195: Đặc tính cảm biến FT.

Cảm biến áp suất nhiên liệu ống phân phối FRP (Fuel Rail Pressure):



Hình 6.196: Cấu tạo cảm biến áp suất nhiên liệu ống phân phối.

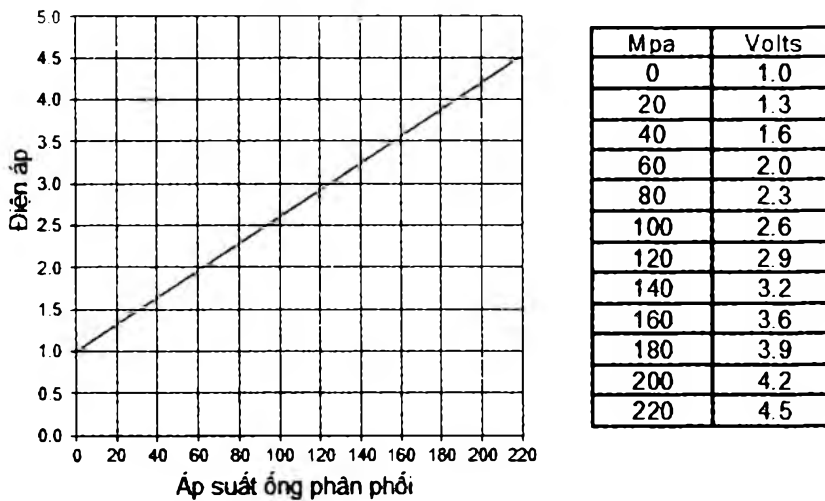
Vị trí:



1. Van giới hạn áp suất.
2. Cảm biến áp suất nhiên liệu.

Hình 6.197: Vị trí cảm biến áp suất ống phân phối.

Cảm biến FRP được gắn trên ống phân phối nhiên liệu áp suất cao, nó có nhiệm vụ chuyển đổi áp lực nhiên liệu thành tín hiệu điện áp và gửi về ECU, nếu áp suất nhiên liệu trong ống phân phối cao sẽ tạo tín hiệu điện áp cao, ngược lại áp suất thấp sẽ sinh ra điện áp thấp. ECU sẽ tính toán áp suất thực tế của nhiên liệu và sử dụng để điều khiển phun nhiên liệu và các hệ thống khác.



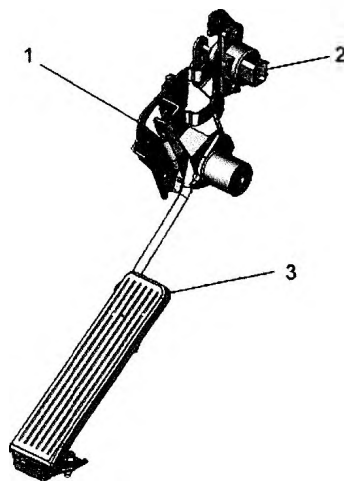
Hình 6.198: Đường đặc tính cảm biến FRP.

Cảm biến áp suất tăng áp:

Cảm biến áp suất trên đường ống nạp được đặt trong ống nạp, cảm biến là một bộ chuyển đổi điện áp theo sự thay đổi về áp suất không khí trên đường ống nạp, nó tạo ra một giá trị điện áp thấp khi áp suất không khí tăng thấp tương ứng với tải động cơ thấp, và tạo ra giá trị điện áp cao khi áp suất tăng cao tương ứng tải động cơ cao. ECU sẽ dùng tín hiệu từ cảm biến để điều khiển hệ thống tăng áp.

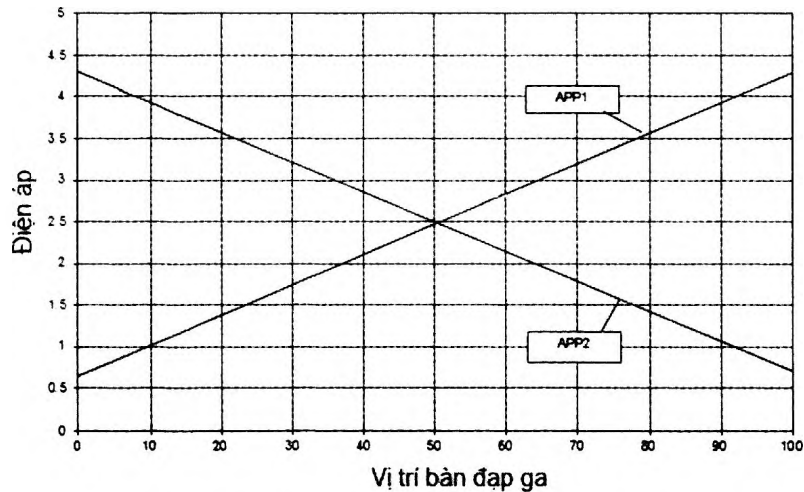
Cảm biến vị trí bàn đạp ga:

1. Nút điều chỉnh
2. Cảm biến APP
3. Bàn đạp ga



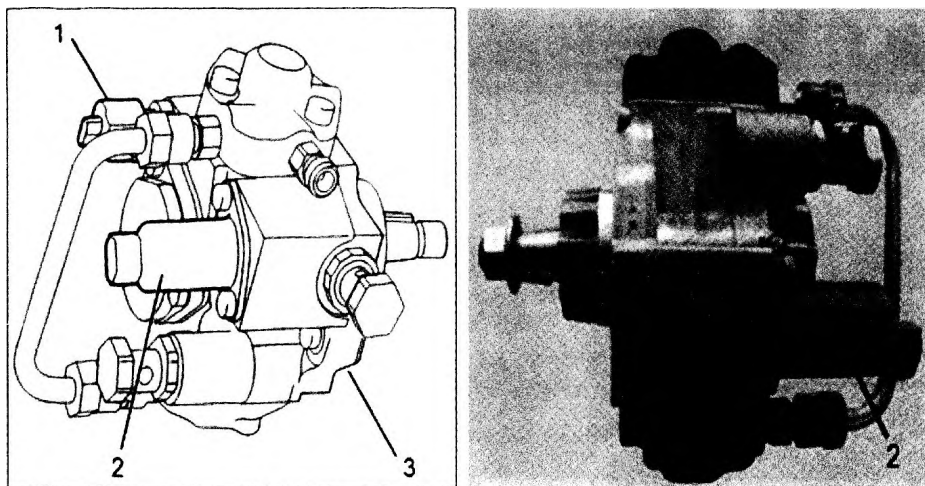
Hình 6.199: Cảm biến vị trí bàn đạp ga.

Cảm biến được gắn trên bàn đạp ga, cảm biến vị trí bàn đạp ga (APP) gồm hai cảm biến, ECM sử dụng tín hiệu từ cảm biến APP để điều khiển tốc độ xe theo ý muốn của tài xế. Khác với Toyota, cảm biến ISUZU APP 1 gửi về ECM tín hiệu điện áp thấp và tăng lên khi đạp ga, cảm biến APP 2 gửi về tín hiệu điện áp cao và giảm xuống khi đạp bàn đạp ga. Để tăng độ tin cậy của cảm biến APP, hai cảm biến này có đường đặc tính khác nhau để, mục đích là để ECM phát hiện được sự làm việc bất thường của cảm biến trong quá trình làm việc bằng cách so sánh hai đường đặc tính này.



Hình 6.200: Đặc tính cảm biến APP.

Van điều khiển áp suất nhiên liệu:

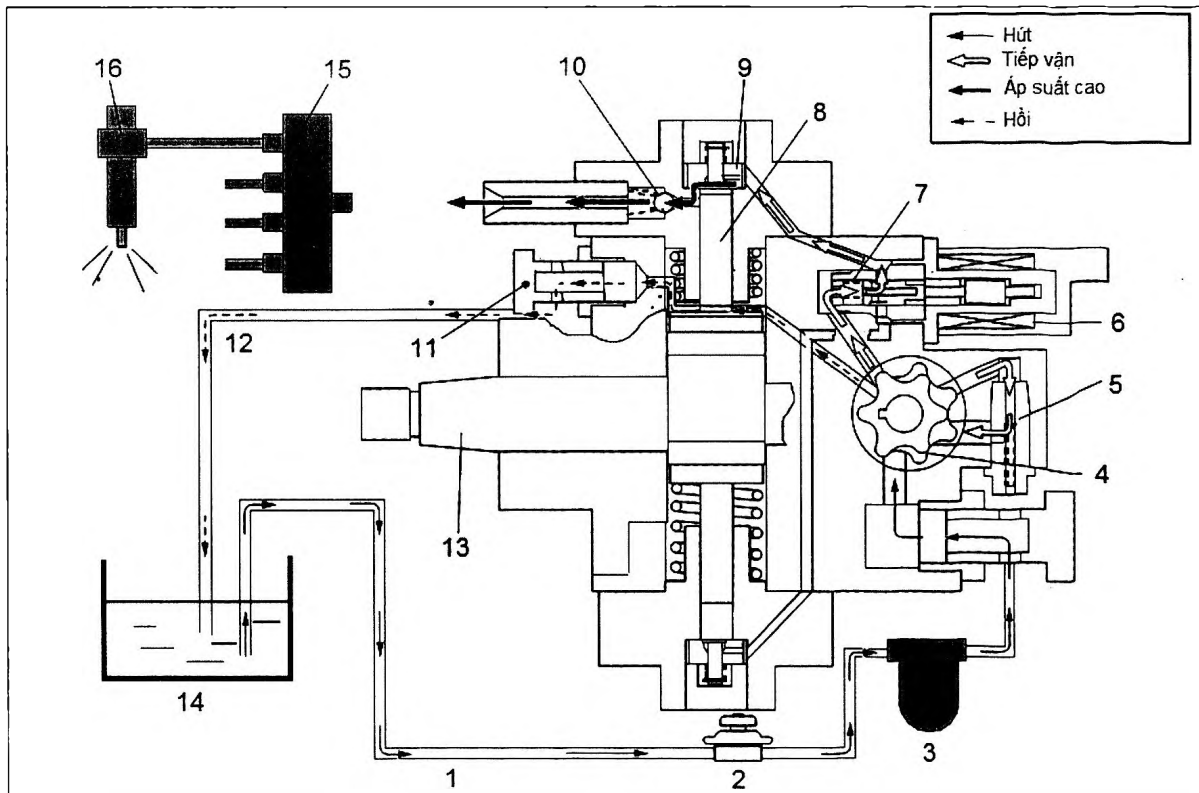


1. Cảm biến nhiệt độ nhiên liệu 2. Van điều khiển áp suất ống phân phối
3. Bơm cao áp

Hình 6.201: Van điều khiển áp suất ống trên bơm cao áp.

Việc tạo ra áp suất và việc phun nhiên liệu hoàn toàn tách biệt với nhau trong hệ thống CRDI. Nhiên liệu được lưu trữ với áp suất cao trong ống phân phối và được cung cấp nhờ bơm cao áp. Bơm tiếp vận hút nhiên liệu từ thùng chứa đi qua van điều khiển áp suất rồi cung cấp cho bơm cao áp. Bơm cao áp nén nhiên liệu với áp suất cao rồi đẩy lên ống phân phối. Bơm cao áp được dẫn động bằng động cơ nên áp suất cung cấp cho ống phân phối sẽ thay đổi theo tốc độ động cơ, do đó, áp suất ống phân phối sẽ

dao động theo tốc độ động cơ. Van điều khiển áp suất ống phân phối có tác dụng điều chỉnh áp suất nhiên liệu bằng cách đóng hoặc mở van điện từ để cho phép cắt hay cung cấp nhiên liệu từ bơm tiếp vận lên bơm cao áp để ổn định áp suất ở ống nhiên liệu mà không phụ thuộc vào tốc độ động cơ.



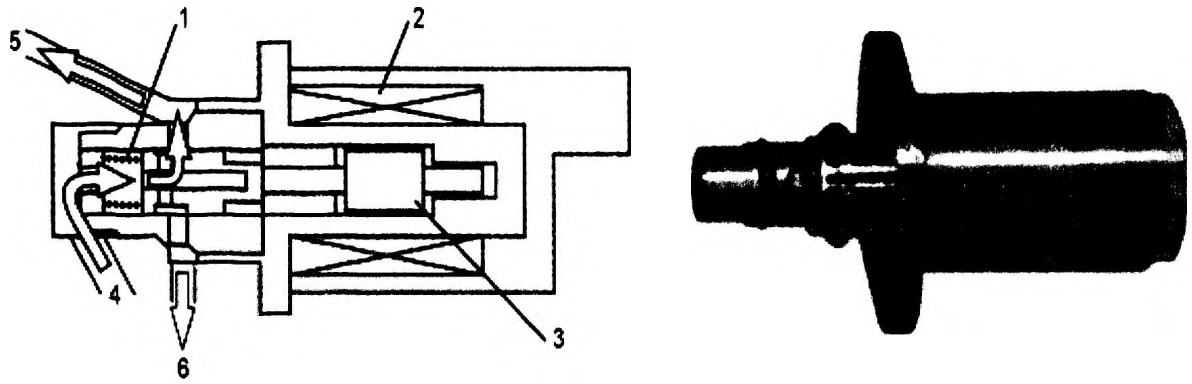
- | | |
|--------------------------------------|-----------------------|
| 1. Đường ống hút | 9. Van hút |
| 2. Bơm tay | 10. Van phân phối |
| 3. Lọc nhiên liệu | 11. Van tràn |
| 4. Bơm tiếp vận | 12. Đường ống hồi |
| 5. Van điều chỉnh | 13. Trục dẫn động bơm |
| 6. Van điều khiển áp suất nhiên liệu | 14. Thùng nhiên liệu |
| 7. Lò xo hồi | 15. Ống phân phối |
| 8. Piston bơm cao áp | 16. Kim phun |

Hình 6.202: Sơ đồ hệ thống cung cấp nhiên liệu.

ECU điều tiết áp suất ống phân phối bằng cách điều khiển thời gian dòng điện chạy qua solenoid của van điều khiển áp suất ống phân phối để kiểm soát lượng nhiên liệu cung cấp cho bơm cao áp đồng thời giảm tải cho nó.

Khi solenoid của van điều khiển áp suất ống phân phối OFF, dòng điện không chạy qua solenoid, lực đàn hồi của lò xo giữ cho van mở, nhiên liệu từ bơm tiếp vận được cấp cho bơm cao áp.

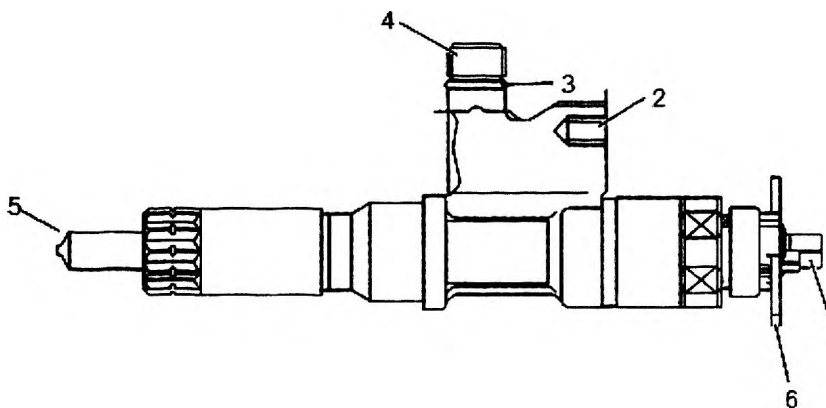
Khi solenoid từ van điều khiển áp suất ống phân phối ON, dòng điện chạy qua solenoid, lực hút của solenoid thắng lực đàn hồi của lò xo đẩy van đóng lại cắt nhiên liệu từ bơm tiếp vận cấp cho bơm cao áp.



1. Lò xo hồi
2. Phần cảm của van điện từ
3. Phần ứng của van điện từ
4. Nhiên liệu từ bơm tiếp vận
- 5&6. Đèn bơm cao áp

Hình 6.203: Van điều khiển áp suất nhiên liệu.

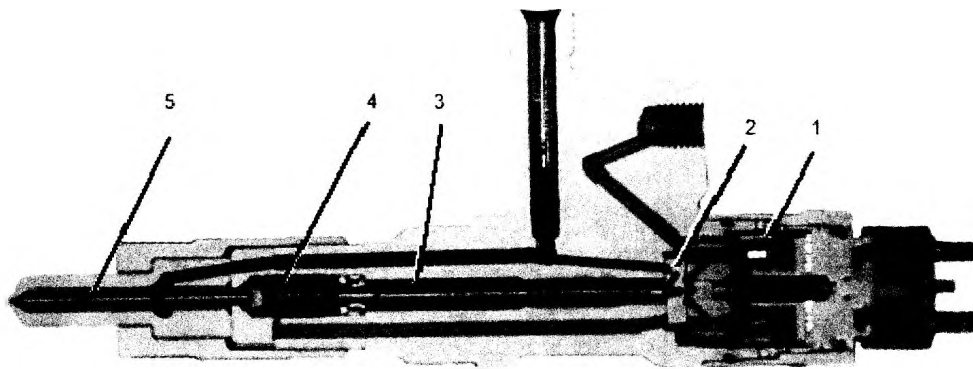
Kim phun:



- | | |
|------------------|---------------------------|
| 1. Giắc nối | 4. Đường dầu đến |
| 2. Đường dầu hồi | 5. Lỗ tia |
| 3. Vòng đệm | 6. Mã hiệu chỉnh kim phun |

Hình 6.204: Hình dạng kim phun.

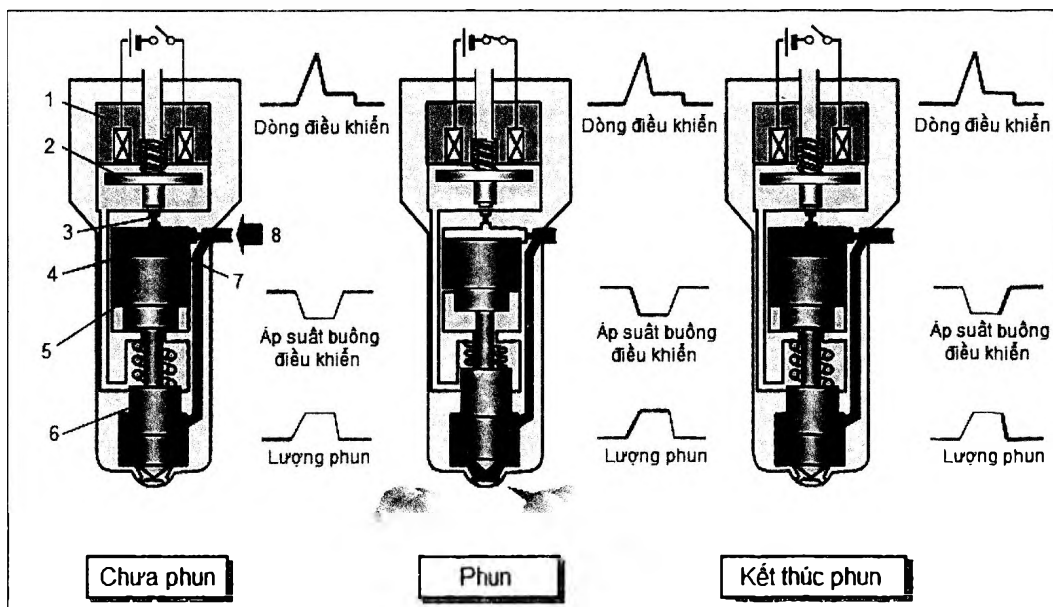
Trong quá trình hoạt động của động cơ, ECU liên tục nhận được các tín hiệu đầu vào từ các cảm biến. Qua đó, ECU sẽ tính toán thời gian, thời điểm mở kim phun. ECU điều khiển đóng mở kim phun bằng cách gửi tín hiệu điện áp đến kim phun dưới dạng xung, thời gian duy trì điện áp càng lâu thì độ rộng xung càng lớn và lượng nhiên liệu sẽ được phun nhiều hơn.



- | | |
|---------------------|-------------------|
| 1. Solenoid | 4. Lò xo kim phun |
| 2. Buồng điều khiển | 5. Van kim |
| 3. Piston | |

Hình 6.205: Cấu tạo kim phun.

Dòng điện chạy qua cuộn dây của kim phun sẽ tạo ra một lực từ đủ mạnh để thắng sức căng của lò xo, thắng lực trọng trường của ty kim và thắng lực của nhiên liệu đè lên kim, kim sẽ được nhích ra khỏi bệ, nhiên liệu sẽ được phun ra khỏi kim phun vào buồng đốt.



- | | |
|------------------|--------------------------------|
| 1. Van điện từ | 5. Piston |
| 2. Van hai chiều | 6. Van kim |
| 3. Van bi | 7. Buồng điều khiển |
| 4. Van tiết lưu | 8. Nhiên liệu từ ống phân phối |

Hình 6.206: Các giai đoạn hoạt động của kim phun.

Giai đoạn chưa phun:

Solenoid không được cấp nguồn từ ECU, do đó van hai chiều đóng đường hồi nhiên liệu bởi tác dụng của lực lò xo lỗ xả. Lúc này áp suất nhiên liệu tại buồng điều khiển

gây ra lực tác dụng lên piston điều khiển, lực này kết hợp với lực lò xo kim phun thẳng được áp lực ở đầu van kim phun làm piston điều khiển đẩy xuống đóng lại lỗ phun.

Giai đoạn phun:

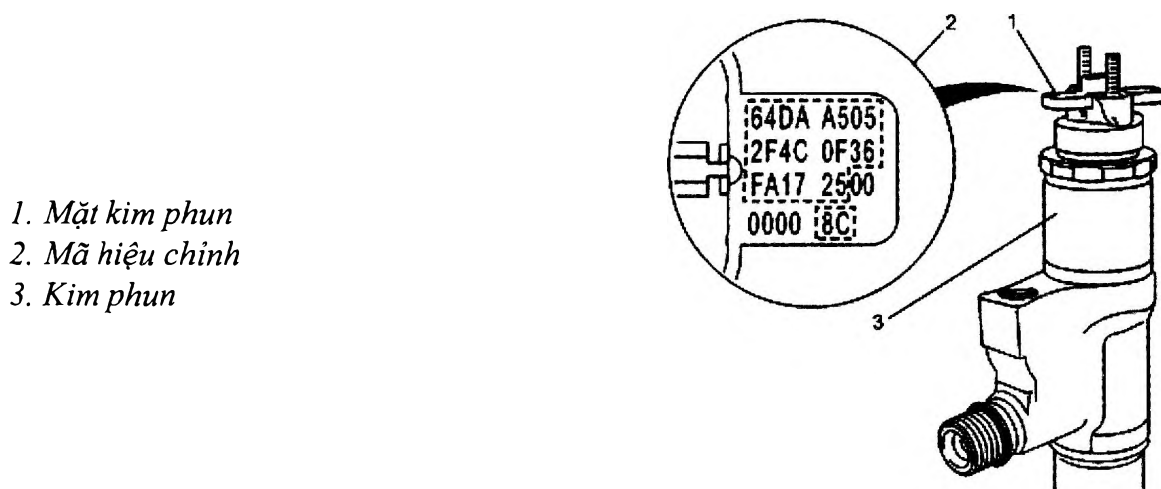
ECU điều khiển dòng điện chạy qua cuộn dây của solenoid làm hút van hai chiều, lực tác dụng của solenoid lớn hơn lực lò xo lỗ xả làm mở lỗ xả ra. Dòng điện này phải có giá trị lớn để đảm bảo mở nhanh, gần như tức thời dòng điện giảm xuống thành dòng nhỏ hơn chỉ đủ để tạo ra lực giữ van hai chiều. Nhiên liệu trong buồng điều khiển hồi về bình chứa thông qua lỗ xả làm áp suất trong buồng điều khiển giảm xuống, áp suất giảm đi làm giảm lực tác dụng lên piston điều khiển. Áp suất ở buồng van kim vẫn còn bằng áp suất ống phân phối tạo ra áp lực lớn hơn lực lò xo kim phun và lực tác dụng lên đầu piston điều khiển làm mở van kim, nhiên liệu được phun vào buồng đốt. Tốc độ mở kim phun thuộc vào tốc độ mở van hai chiều và sự khác nhau giữa tốc độ dòng chảy của nhiên liệu hồi về và nhiên liệu được nạp vào buồng điều khiển thông qua van tiết lưu.

Giai đoạn kết thúc phun:

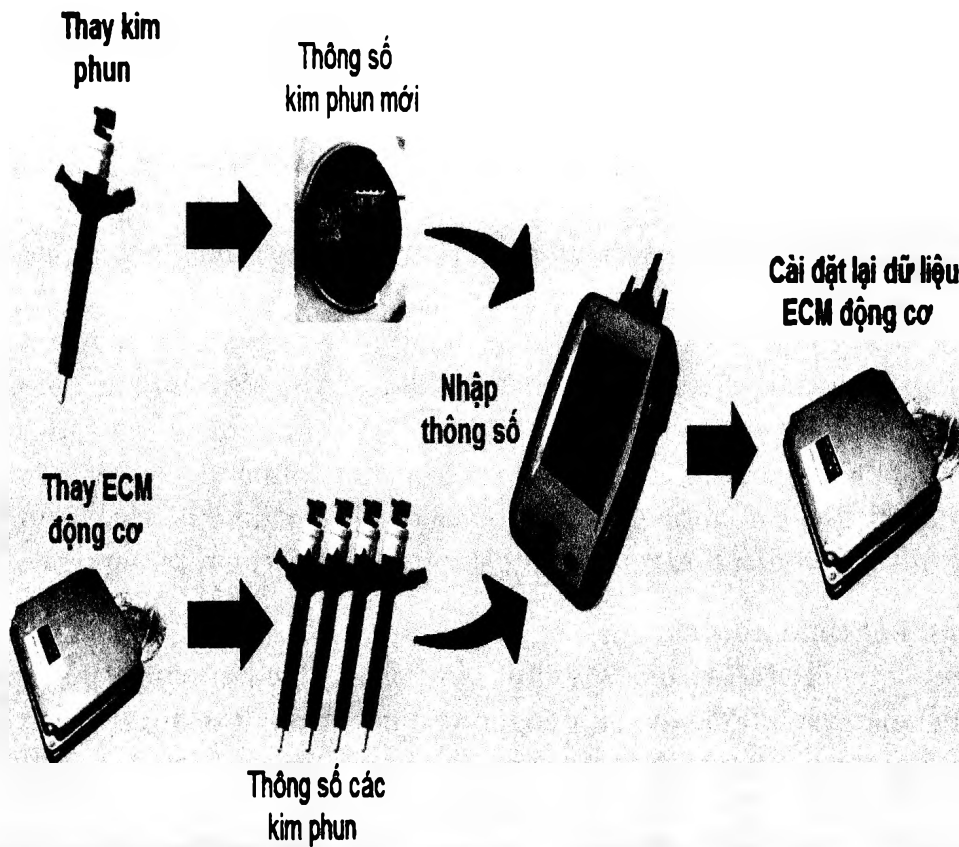
ECU ngắt dòng điện chạy qua solenoid, lò xo đẩy van hai chiều xuống đóng lỗ xả lại. Nhiên liệu nạp vào buồng điều khiển thông qua van tiết lưu làm áp suất trong buồng điều khiển tăng trở lại. Áp suất này tương đương với áp suất trong đường ống và làm tăng áp lực tác dụng lên đầu piston điều khiển. Lực này cùng với lực lò xo kim phun lớn hơn lực tác dụng do áp suất buồng chứa của van kim làm van kim đóng lỗ phun, nhiên liệu ngừng phun vào buồng đốt. Tốc độ đóng van kim phun phụ thuộc vào tốc độ nạp nhiên liệu vào buồng điều khiển thông qua van tiết lưu.

Mã hiệu chỉnh kim phun:

Mỗi kim phun khi chế tạo sẽ có sai số về kích thước lỗ tia, điện trở cuộn dây... Các sai số này sẽ ảnh hưởng đến lượng nhiên liệu phun ra. Vì vậy, các sai số của kim phun sẽ được mã hóa thành một dãy số các chữ số. Khi lắp đặt kim phun mới vào hệ thống hoặc thay ECU mới thì cần phải nạp mã số hiệu chỉnh vào bộ nhớ ECU bằng thiết bị chẩn đoán. ECU dùng mã số này để chọn chế độ điều khiển hợp lý cho kim phun đó nhằm đảm bảo lượng phun luôn luôn tối ưu.



Hình 6.207: Mã hiệu chỉnh kim phun.



Hình 6.208: Cài đặt mã hiệu chỉnh kim phun.

6.11 Hệ thống tự chẩn đoán (self – diagnosis system)

6.11.1 Hệ thống tự chẩn đoán cổ điển.

Với hệ thống điều khiển động cơ bằng máy tính, sự cố kỹ thuật không dễ phát hiện. Để giúp người sử dụng, thợ sửa chữa nhanh chóng phát hiện hư hỏng trong hệ thống điều khiển, ECU được trang bị hệ thống tự chẩn đoán, ghi lại toàn bộ những sự cố ở đa số các bộ phận quan trọng trong hệ thống và bật đèn báo (*check engine lamp*), thông báo cho lái xe biết. Hệ thống chẩn đoán cổ điển qua đèn báo lỗi hoặc các đèn LED bố trí trong hộp ECU sử dụng trên các dòng xe trước 1996. Cách đọc mã lỗi của mỗi hãng khác nhau. Phần này chỉ giới thiệu ví dụ về hệ thống tự chẩn đoán trên loại xe TOYOTA trước 1996.

Trong mạng điện của xe có bố trí những giắc hờ (được đậy nắp bảo vệ) được gọi là giắc kiểm tra (*check connector*). Đối với hầu hết các xe TOYOTA, cách thao tác gồm hai bước: *Normal mode*: để tìm chẩn đoán hư hỏng ở các bộ phận xe. *Test mode*: Dùng để xóa bộ nhớ cũ (code cũ) và nạp lại từ đầu (code mới) sau khi đã sửa chữa hư hỏng.

Normal mode: Phải đáp ứng các điều kiện sau:

- Điện áp ắc quy bằng hoặc lớn hơn 11V.
- Cánh bướm ga đóng hoàn toàn (công tắc ở cảm biến vị trí bướm ga đóng).
- Tay số ở vị trí N.
- Ngắt tất cả các công tắc tải điện khác.
- Bật công tắc về vị trí ON (không nổ máy).

Dùng đoạn dây điện nối tắt hai đầu của giắc kiểm tra: lỗ $E1$ và $TE1$. Khi đó đèn check engine chớp theo những nhịp phụ thuộc vào tình trạng của hệ thống. Nếu tình trạng bình thường, đèn CHECK chớp đều đặn 2 lần/giây. Nếu xe có sự cố ở bộ phận nào của hệ thống điều khiển động cơ, đèn báo sự cố sẽ chớp theo những chuỗi khác nhau, mỗi chuỗi chớp ứng với một mã số hư hỏng. Ví dụ: đèn sáng trong 0,5s, nghỉ 1,5s và chớp sáng tiếp 2 lần với khoảng sáng 0,5s, khoảng nghỉ 0,5s sẽ là mã số 12. Nếu nháy sáng 3 lần liên, nghỉ 1,5s và chớp sáng 1 lần sẽ là mã 31. Nếu trong hệ thống chỉ có một sự cố thì các mã này sẽ lặp lại sau khoảng nghỉ 4,5s. Nếu có nhiều sự cố, hệ thống chẩn đoán sẽ phát lần lượt các mã số sự cố từ thấp đến cao. Khoảng nghỉ giữa sự cố này với sự cố kia là 2,5s. Sau khi phát hết lần lượt các mã sự cố, đèn sẽ tắt 4,5s và lại lần lượt phát lại các mã số cho đến khi nào ta rút giắc nối tắt lỗ $E1$ và $TE1$ ở giắc kiểm tra ra. Để không bị nhầm lẫn, tốt nhất nên ghi lại chuỗi mã sự cố vài lần.

Test mode: phải thỏa mãn các điều kiện sau:

- Điện áp ắc quy bằng 11V hoặc lớn hơn.
- Công tắc cảm biến vị trí bướm ga đóng.
- Tay số ở vị trí N.
- Tắt cả các công tắc phụ tải khác phải tắt.

Dùng đoạn dây điện nối tắt chân E_1 và TE_2 của $TDCL$ (Toyota diagnostic communication link) hoặc check connector. Sau đó, bật công tắc sang ON, quan sát đèn check engine chớp, tắt cho biết đang hoạt động ở chế độ test mode.

Sau khi khởi động động cơ, bộ nhớ RAM sẽ được xóa hết các mã lỗi và ghi vào các mã lỗi mới. Nếu hệ thống chẩn đoán nhận biết động cơ vẫn còn bị hư hỏng, đèn check engine vẫn sáng. Muốn tìm lại mã lỗi, chúng ta thực hiện lại các bước ở Normal mode và, sau khi khắc phục sự cố, phải xóa lỗi (Clear codes). Nếu không xóa, bộ nhớ sẽ giữ nguyên các mã cũ và khi có sự cố mới ta sẽ nhận được thông tin sai. Có thể tiến hành xóa bộ nhớ bằng cách đơn giản sau: tháo cầu chì chính của hệ thống điều khiển động cơ ra ít nhất là 10s, sau đó lắp lại. Nếu không biết cầu chì đó ở đâu thì có thể tháo cọc ắc quy ra khoảng 15s (có thể phải nhập mã bảo vệ CD) hoặc rút giắc ECU. Căn cứ vào mã sự cố và bảng mã ta có thể tìm pan khắc phục.

Bảng 6.2: Bảng mã chẩn đoán Toyota

LOẠI MỘT SỐ	LOẠI HAI SỐ	HƯ HỎNG
1	NONE	BÌNH THƯỜNG
--	11	MẤT NGUỒN
6	12	DELCO
--	13	DELCO
3	14	NO "IGF"

5	21	CẢM BIẾN OXY
4	22	NHIỆT ĐỘ NƯỚC
8	24	NHIỆT ĐỘ KHÍ NẠP
--	25	NGHÈO XĂNG
--	26	GIÀU XĂNG
--	27	CB OXY PHỤ
--	28	DÂY NUNG CB OXY
2	31	BỘ KHÍ NẠP HOẶC MAP
--	32	BỘ KHÍ NẠP CẢNH TRƯỢT
7	41	CB BƯỚM GA
9	42	CB TỐC ĐỘ XE
10	43	TÍN HIỆU ĐÈ
11	51	CÁC CÔNG TẮC
12	52	CB KÍCH NỔ
13	53	CB KÍCH NỔ
--	71	EGR VALVE

6.11.2 Hệ thống tự chẩn đoán OBD-2

6.11.2.1 Lịch sử

Năm 1955, tại Hoa Kỳ, Hiệp hội Bảo vệ Môi trường không khí liên bang được ra đời, cung cấp những nghiên cứu, hỗ trợ công nghệ để tìm hiểu sâu hơn về nguyên nhân và ảnh hưởng của nguồn không khí ô nhiễm.

Kể từ đó, các tổ chức khác liên tục ra đời trong nhiều năm với các quy định và điều luật song hành như: Ban tài nguyên không khí California - CARB (California Air Resources Board) cùng với Luật không khí liên bang ra đời năm 1967, Cơ quan Bảo vệ Môi trường Mỹ - EPA (Environmental Protection Agency) ra đời vào tháng 9 năm 1970 với sự bổ sung và điều chỉnh bộ Luật không khí liên bang và nhiều các quy định khác của Hội kỹ sư ô tô Mỹ - SAE (Society of Automotive Engineers) ra đời năm 1988 nhằm hạn chế lượng khí thải ô tô ra môi trường.

Năm 1969, Volkswagen giới thiệu hệ thống On-board Computers đầu tiên với khả năng kiểm tra hệ thống dành cho các mẫu xe phun xăng thể hệ thứ ba của họ.

Năm 1975, hệ thống On-board Computers Datsun 280Z xuất hiện trên nhiều mẫu xe, chủ yếu là để điều chỉnh thời gian phun trong hệ thống phun nhiên liệu. Hệ thống OBD đơn giản đã xuất hiện mặc dù không có tiêu chuẩn rõ ràng về việc nó sẽ giám sát như thế nào hay báo cáo tình trạng hệ thống ra sao.

Năm 1980, GM thực hiện một giao diện và giao thức độc quyền để thử nghiệm ECU (Electronic Control Module). Giao thức ASSEMBLY LINE (ALDL) kết nối ở tốc độ 160 baud với tín hiệu có bề rộng xung thay đổi (PWM-Pulse-Width Modulation) được sử dụng trên một vài mẫu xe năm 1980 tại bang California và được áp dụng trên toàn lãnh thổ nước Mỹ năm 1981. Bằng cách kết nối hai chân theo qui định của nhà sản xuất. Khi bật chìa khóa và động cơ không hoạt động, đèn Check Engine sẽ nhấp nháy với 2 chữ số tương ứng với một mã lỗi cụ thể.

Năm 1986, một phiên bản cải tiến của giao thức ALDL ra đời có tốc độ 8192 baud với đường truyền tín hiệu UART. Giao thức này được quy định trong tiêu chuẩn GM-XDE-5024B. Năm 1988, SAE ra đời và đưa ra những tiêu chuẩn về giắc nối và tín hiệu chẩn đoán. Năm 1991, CARB yêu cầu tất cả các xe được bán trên lãnh thổ bang California từ năm 1991 về sau phải được trang bị những chức năng cơ bản của OBD. Đây được coi là hệ thống OBD-1 mặc dù tên này không được sử dụng cho đến khi OBD-2 ra đời. Hệ thống này chưa có những quy định và tiêu chuẩn về hình dạng giắc chẩn đoán, vị trí của giắc trên xe hay giao thức kết nối được sử dụng. Đầu năm 1994, được thúc đẩy bởi chương trình thử nghiệm khí thải trên toàn quốc, CARB đã cho ra đời hệ thống OBD-2 với nhiều chức năng và đặc điểm kỹ thuật mới, áp dụng trên tất cả xe sản xuất từ năm 1996 được bán ở California. Các tiêu chuẩn của SAE về mã lỗi và giắc chẩn đoán đã được tích hợp vào hệ thống này.

Năm 1996, OBD-2 được yêu cầu phải trang bị trên tất cả các xe được bán trên phạm vi nước Mỹ. Năm 2001, Liên minh châu Âu (EU) cho ra đời tiêu chuẩn EOBD áp dụng cho tất cả xe động cơ xăng được bán trên thị trường châu Âu. Năm 2008, tất cả xe được bán trên thị trường nước Mỹ được yêu cầu phải sử dụng giao thức chẩn đoán theo tiêu chuẩn ISO 15765-4 (một phiên bản của mạng CAN). Năm 2010, tiêu chuẩn HDOBD (Heavy Duty On-Board Diagnostic) ra đời, bắt buộc áp dụng cho tất cả xe khách được bán tại Mỹ.

6.11.2.2 Các phiên bản OBD

OBD-1

Mục đích của OBD-1 là để thúc đẩy các nhà sản xuất ô tô thiết kế những hệ thống kiểm soát khí thải đạt hiệu quả cao. Việc kiểm tra khí thải bắt buộc hàng năm và không cấp đăng ký cho những xe không đạt tiêu chuẩn, với hy vọng rằng khách hàng sẽ có xu hướng mua những chiếc xe đáng tin cậy hơn. Nhưng OBD-1 lại không thành công vì hệ thống này chưa có những quy định hay tiêu chuẩn rõ ràng, gây nhiều khó khăn cho người sử dụng và kỹ thuật viên trong việc truy cập những thông tin chẩn đoán dẫn đến việc không đạt hiệu quả cao trong chương trình kiểm tra xe định kỳ.

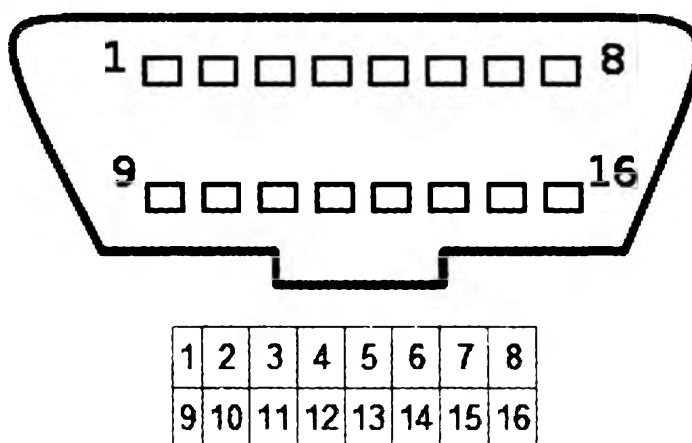
OBD 1.5

OBD 1.5 ra đời như là phần thử nghiệm của chương trình OBD-2 được GM áp dụng trên một vài mẫu xe năm 1994 và 1995. Thực chất, OBD 1.5 là hệ thống OBD-1 với vài

chức năng được thêm vào từ OBD-2. Hệ thống này sử dụng vài mã lỗi của OBD-2 như: P0116, P0118, P0131, P0135, P0151, P0155, P0158, P0160, P0161, P0171, P0175, P0420, P1114, P1115, P1133 và P1158.

Những mẫu xe được trang bị hệ thống này như: Buick Regal, Chevrolet Lumina (95), Chevrolet Monte Carlo (95), Pontiac Grand Prix, Oldsmobile Cutlass Supreme(94-95), Chevrolet Beretta (94-95), Chevrolet Corvette (94-95), Chevrolet Camaro (95)....

Giắc kết nối ALDL trên những chiếc xe này:



Hình 6.209: Giắc ALDL.

Đối với giắc này, chân số 9 là chân truyền dữ liệu, chân 4, 5 là chân mass và chân 16 là chân dương. Một máy chẩn đoán tương thích với OBD 1.5 phải đọc được mã lỗi mà hệ thống đưa ra. Bên cạnh đó, giắc này cũng có những chân để điều khiển và chẩn đoán bổ sung như hệ thống radio, hệ thống túi khí, hệ thống điều khiển lái, hệ thống báo áp suất lốp ...

OBD-2

OBD-2 là một sự cải tiến của OBD-1 với các chức năng đa dạng hơn. Các tiêu chuẩn của OBD-2 quy định các loại giắc nối và vị trí các chân, cũng như quy định giao thức của tín hiệu và định dạng tin thông báo. Có một chân trong giắc chẩn đoán cấp nguồn cho máy chẩn đoán từ bình ắc quy của xe. Điều này giúp hạn chế việc cấp nguồn bên ngoài cho máy chẩn đoán. Tuy nhiên, nhiều kỹ thuật viên vẫn sử dụng nguồn điện bên ngoài để bảo vệ dữ liệu trong trường hợp bình ắc quy của xe gặp sự cố bất ngờ. OBD-2 cũng cung cấp một danh sách các mã lỗi đã được tiêu chuẩn hóa. Với cách này, một máy chẩn đoán có thể truy cập vào bộ nhớ của hệ thống trên bất kỳ chiếc xe nào.

EOBD

EOBD (European On Board Diagnosis) là tiêu chuẩn của liên minh châu Âu tương đương với tiêu chuẩn OBD-2 áp dụng trên các xe hạng M1 (dưới 8 chỗ ngồi và trọng tải dưới 2.500kg) được đăng ký trên phạm vi các nước thành viên từ ngày 1-1-2001 đối với động cơ xăng và từ ngày 1-1-2004 đối với động cơ diesel. Các xe có trọng tải trên 2.500kg được áp dụng tiêu chuẩn này từ ngày 1-1-2002 đối với động cơ xăng và ngày 1-1-2007 đối với động cơ dầu. Các tiêu chuẩn của EOBD về cơ bản giống OBD-2 với

cùng kiểu giắc chẩn đoán và các giao thức chẩn đoán được quy định bởi SAE.

EOBD-2

Thuật ngữ EOBD-2 là ngôn ngữ thị trường được sử dụng bởi một số nhà sản xuất ô tô để chỉ những chức năng không thuộc tiêu chuẩn OBD hay EOBD. Chữ E là viết tắt của Enhanced – Nâng cao.

JOBD

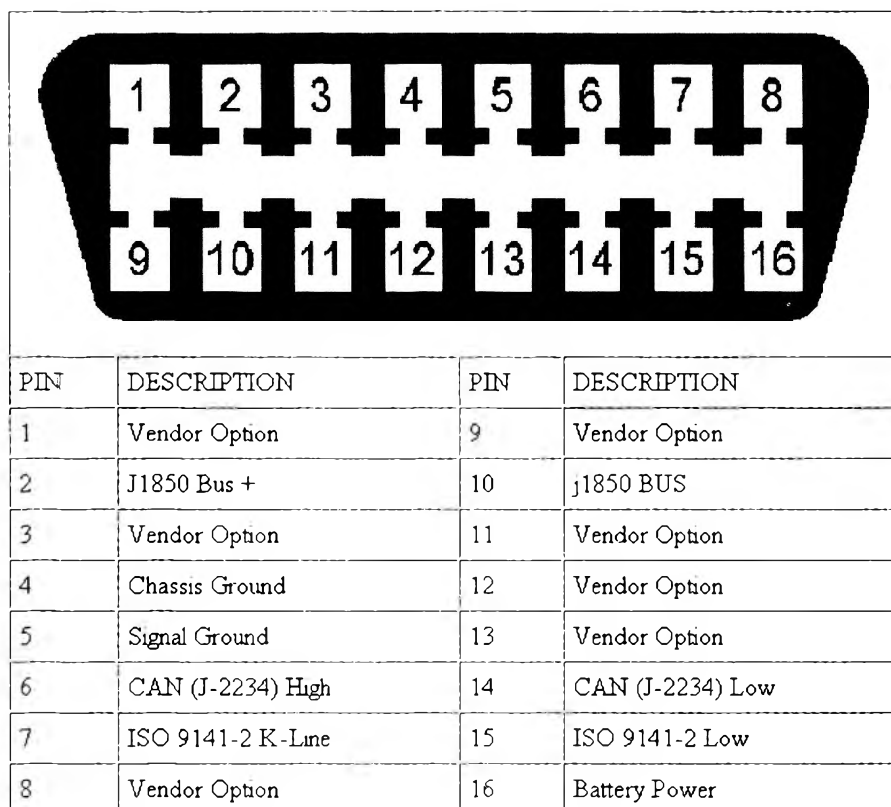
JOBD là tiêu chuẩn OBD-2 được áp dụng cho thị trường xe Nhật Bản.

ADR 79/01 và 79/02

ADR-Australian Design Rule là tiêu chuẩn OBD-2 được áp dụng tại Úc. ADR 79/01 áp dụng cho các xe hạng M1 và N1 có tải trọng không quá 3.500kg được đăng ký tại Úc từ ngày 1-1-2006 đối với động cơ xăng và 1-1-2007 đối với động cơ dầu. ADR 79/02 là sự bổ sung của ADR 79/01. Nó quy định chặt chẽ hơn các tiêu chuẩn về khí thải đối với các xe hạng M1 và N1 từ ngày 1-7-2008.

6.11.2.3 Giắc chẩn đoán OBD-2

Giắc chẩn đoán OBD-2 hay còn gọi là DLC (Diagnostic Link Connector) có chức năng chính là kết nối máy scan với các thiết bị điều khiển của hệ thống OBD-2. DLC phải tuân theo các quy định của SAE J1962. Theo đó, DLC phải được đặt bên trong xe cách vô-lăng khoảng 16 inches. Nhà sản xuất có thể đặt chúng tại 1 trong 8 vị trí được quy định bởi EPA.



OBD-II Connector and Pinout

Hình 6.210: Giắc chẩn đoán OBD-2.

Mỗi chân trong giắc chẩn đoán đều có một chức năng riêng. Tuy nhiên, chức năng của một số chân còn phụ thuộc vào nhà sản xuất. Những chân này không nhất thiết phải được dùng trong điều khiển của OBD-2. Nó có thể được dùng cho hệ thống SRS hoặc ABS.

Giắc chẩn đoán có những chân riêng cho việc cấp nguồn. Chân 4, 5 là mass, chân 16 là dương. Vì vậy, không cần thiết phải cấp nguồn bên ngoài cho máy chẩn đoán.

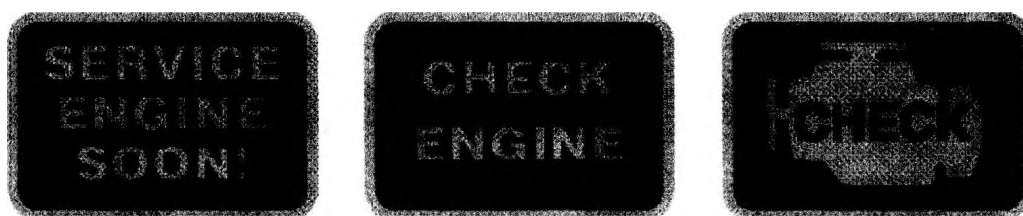
Có thể thấy những kí tự sau trên giắc như J1850, CAN hay ISO 9141-2. Đó là những giao thức chẩn đoán được quy định bởi SAE và ISO. Các nhà sản xuất có thể lựa chọn một trong các giao thức này cho hệ thống của họ.

Mỗi tiêu chuẩn có một chân đặc biệt để giao tiếp. Ví dụ, xe Ford giao tiếp ở chân số 2 và số 10, GM là chân số 2. Hầu hết các xe ở châu Á và châu Âu giao tiếp ở chân số 7 và một số khác là chân số 15.

Dù giao thức nào được sử dụng thì bản chất của OBD-2 đều không thay đổi. Thông tin được trao đổi giữa hệ thống và máy chẩn đoán đều giống nhau, chỉ khác nhau ở phương pháp.

6.11.2.4 Hoạt động của đèn báo lỗi

Khi hệ thống phát hiện ra một vấn đề trên xe, đèn “Check Engine” trên tap-lô sẽ được bật. OBD-2 gọi là đèn báo lỗi (MIL – Malfunction indicating lamp).



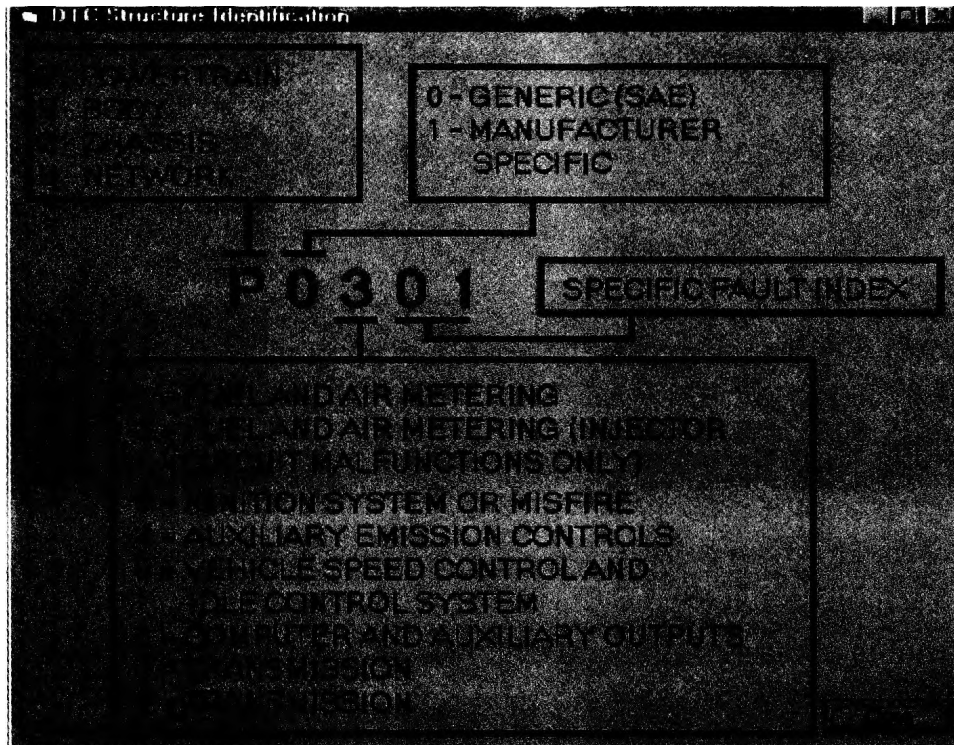
Hình 6.211: Các dạng ký hiệu đèn báo lỗi.

Mục đích của đèn MIL là để báo cho tài xế biết có sự cố của hệ thống điều khiển động cơ. Nguyên nhân khiến đèn MIL sáng bắt nguồn từ những lỗi động cơ. Mỗi động cơ hiện đại có rất nhiều những cảm biến làm nhiệm vụ thu thập thông tin, đưa về cho bộ xử lý trung tâm ECU. Khi mất tín hiệu từ cảm biến hoặc giá trị thu được vượt quá giới hạn cho phép, ECU phát hiện lỗi và bật đèn MIL để báo cho tài xế biết.

Đèn MIL cũng sáng khi các thành phần cơ học bị mất kiểm soát. Những lỗi đó được ECU đưa vào bộ nhớ, các kỹ thuật viên chỉ cần truy vấn bộ nhớ này là có thể biết được nguyên nhân hỏng hóc thông qua hệ thống OBD-2 và có các biện pháp sửa chữa.

6.11.2.5 Mã lỗi

Mã lỗi (DTC - Diagnostic trouble codes) là cách để OBD-2 xác định và thông báo cho kỹ thuật viên vị trí của sự cố trên xe. Một mã lỗi được hình thành từ 1 chữ cái và 4 chữ số, được quy định bởi tiêu chuẩn SAE J2012.



Hình 6.212: Ý nghĩa các ký tự trong một mã lỗi.

Mỗi ký tự đều có một ý nghĩa riêng. Chữ cái đầu tiên cho biết bộ phận nào của xe hư hỏng. Vị trí này có thể xuất hiện 1 trong 4 chữ cái:

- P = Powertrain: Lỗi này nằm ở động cơ và hệ thống truyền động.
- B = Body: Lỗi này liên quan tới thân xe.
- C = Chassis: Lỗi này thuộc hệ thống khung gầm.
- U = Network Communication: Lỗi này thuộc mạng CAN.

Chữ số thứ hai cho biết ai xác định mã lỗi – SAE hay nhà sản xuất.

- 0 – Mã lỗi được quy định bởi SAE.
- 1 – Mã lỗi được quy định bởi nhà sản xuất, do đó phải có bảng mã lỗi riêng của nhà sản xuất để kiểm tra.

Hầu hết các máy chẩn đoán không thể đọc được mã lỗi “P1”. SAE đã đưa ra bản danh sách đầy đủ các mã lỗi, nhưng các nhà sản xuất ô tô lại đòi hỏi phải có một danh sách mã lỗi riêng vì họ có những hệ thống riêng và những hệ thống đó không giống nhau, do đó, họ không thể sử dụng bảng mã lỗi khác. Vì vậy, SAE đã chia mã lỗi thành hai tiêu chuẩn “P0” và “P1” để giải quyết vấn đề này.

Chữ số thứ ba là chữ số quan trọng và hữu ích nhất. Nó cho biết chính xác hệ thống nào gặp vấn đề mà không cần phải tra bảng mã lỗi. Nó giúp kỹ thuật viên nhanh chóng xác định khu vực hư hỏng để đưa ra các biện pháp sửa chữa.

- 1- Lỗi ở hệ thống kiểm soát hỗn hợp hòa khí.
- 2- Lỗi ở hệ thống cung cấp nhiên liệu.
- 3- Lỗi ở hệ thống đánh lửa hoặc mất lửa.
- 4- Lỗi ở hệ thống kiểm soát khí thải thứ cấp (EGR, AIR, CAT, EVAP)

- 5- Lỗi ở cảm biến tốc độ xe, điều khiển không tải và các tín hiệu đầu vào.
- 6- Lỗi ở hệ thống điều khiển (ECU hay CAN).
- 7- Lỗi ở hệ thống truyền động.
- 8 - Lỗi ở hệ thống truyền động.

Hai chữ số cuối cùng có liên quan tới những mã lỗi của hệ thống OBD-1. OBD-1 chỉ sử dụng mã lỗi với 2 kí tự. OBD-2 thêm 2 kí tự đó tạo thành mã lỗi riêng. Điều này giúp cho việc xác định lỗi trở nên dễ dàng hơn.

Lấy ví dụ với mã lỗi P0301:

- P – Lỗi ở động cơ.
- 0 – Đây là mã lỗi được quy định bởi SAE.
- 3 – Lỗi liên quan tới hệ thống đánh lửa hoặc động cơ mát lửa.

Và trong trường hợp này, ký tự “01” sẽ cho biết xi-lanh số 1 đang bị mất lửa.

6.11.2.6 Các chuẩn giao tiếp OBD-2

OBD-2 sử dụng nhiều giao thức khác nhau. Một số giao thức cơ bản như: J1850-VPW, J1850-PWM, ISO 9141, KWP2000, ISO 15765.

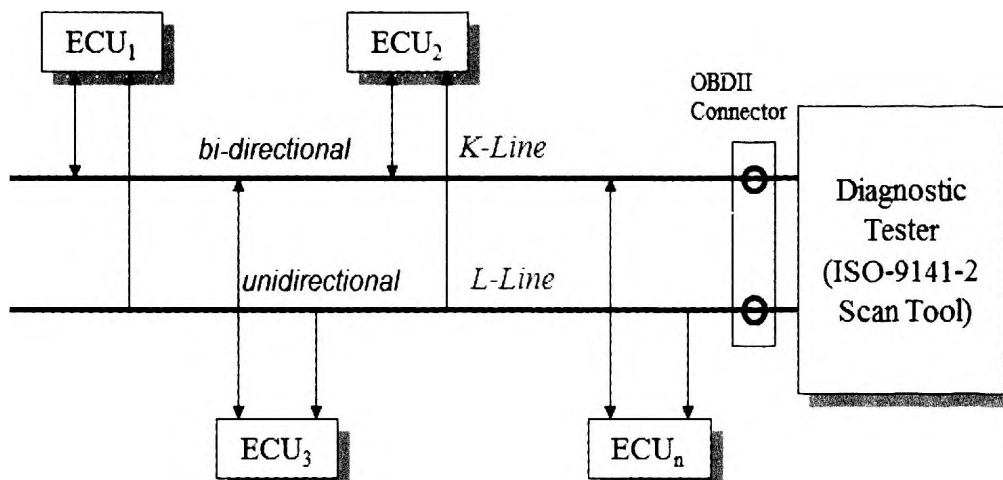
Các hệ thống trên xe được kết nối với nhau tạo ra một mạng. Khi kết nối máy chẩn đoán với mạng này, máy sẽ gửi tín hiệu tới một thiết bị điều khiển nhất định mà nó muốn giao tiếp và thiết bị này sẽ gửi phản hồi. Việc giao tiếp sẽ tiếp tục cho tới khi máy chẩn đoán tự kết thúc hoặc kết nối bị ngắt.

Giao thức ISO 9141-2

Giao thức này được ra đời bởi Tổ chức Tiêu chuẩn Quốc tế ISO (International Standard Organization). Hầu hết các xe của châu Âu, châu Á và một vài xe của Chrysler sử dụng giao thức này.

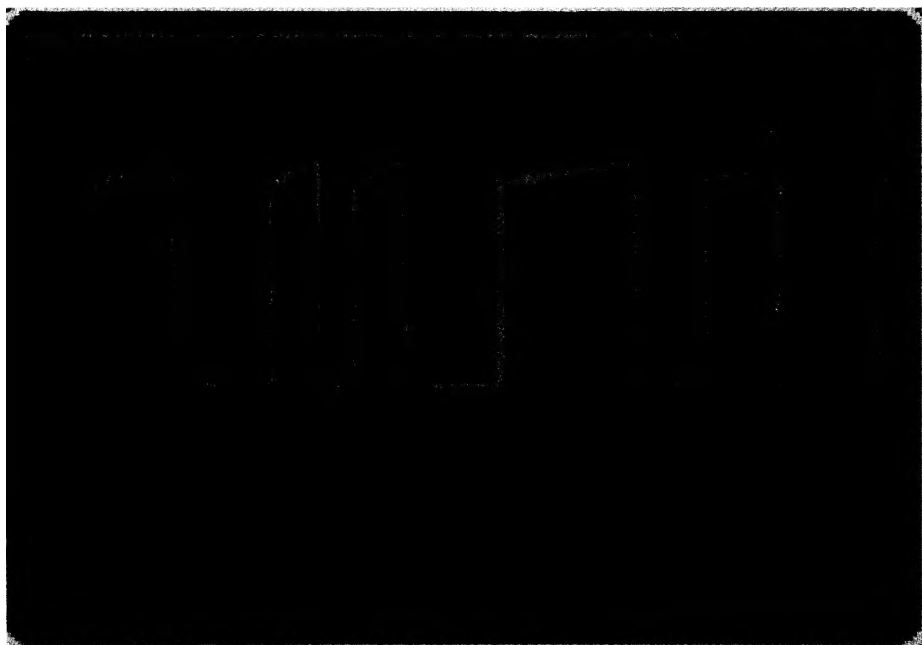
Đây là giao thức đơn giản nhất trong các chuẩn giao tiếp của OBD-2. Tốc độ truyền tải dữ liệu của giao thức này là 10.4 KBaud.

ISO 9141 sử dụng hai dây để giao tiếp: K và L. K là dây tín hiệu hai chiều. Điều đó có nghĩa là, dữ liệu có thể được truyền từ máy chẩn đoán đến xe và ngược lại. L là dây tín hiệu một chiều, dữ liệu chỉ có thể di chuyển từ máy chẩn đoán tới xe.



Hình 6.213: Sơ đồ khối chuẩn giao tiếp ISO 9141.

Khi kết nối dây K vào máy đo sóng, ta sẽ thu được tín hiệu có dạng sóng sau:



Hình 6.214: Dạng sóng của giao thức ISO 9141-2.

Tuy nhiên, hệ thống sử dụng chuẩn ISO 9141 không thể trực tiếp kết nối với một máy tính vì sự chênh lệch mức điện áp:

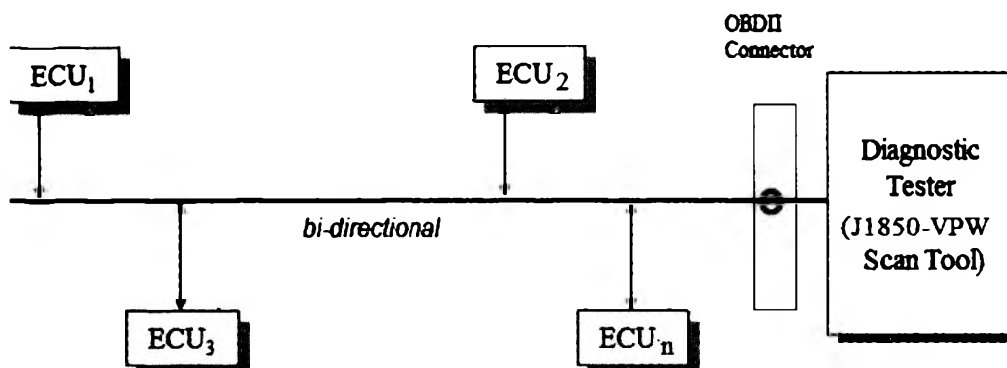
- Dữ liệu RS-232 từ máy tính di chuyển dưới dạng sóng vuông với hai mức điện áp là +10V và -10V.
- Dữ liệu từ hệ thống chuẩn ISO 9141 có dạng sóng vuông nhưng với hai mức điện áp là +12V và 0V (mass).

Để giải quyết vấn đề này, có thể sử dụng một mạch chuyển đổi điện áp đơn giản.

Giao thức SAE J1850 VPW

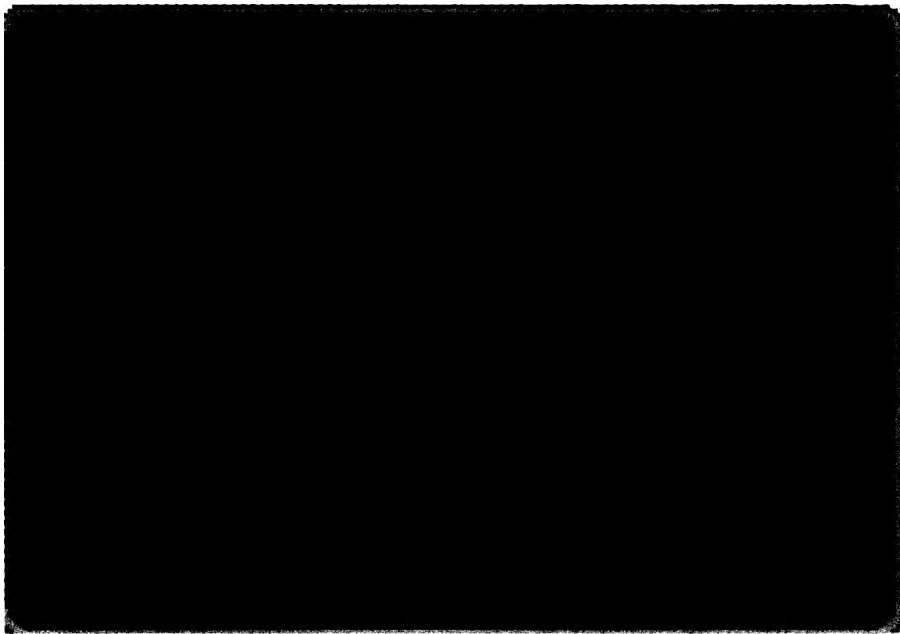
VPW – Variable Pulse Width. Nó được sử dụng rất phổ biến trên các xe của hãng GM. Tốc độ truyền tải dữ liệu của giao thức này là 10.4Kb/s.

J1850 VPW sử dụng một dây tín hiệu hai chiều để giao tiếp.



Hình 6.215: Sơ đồ khối chuẩn giao tiếp SAE J1850 VPW.

Khi nối hệ thống VPW vào máy đo sóng, ta thu được tín hiệu có dạng sóng sau:



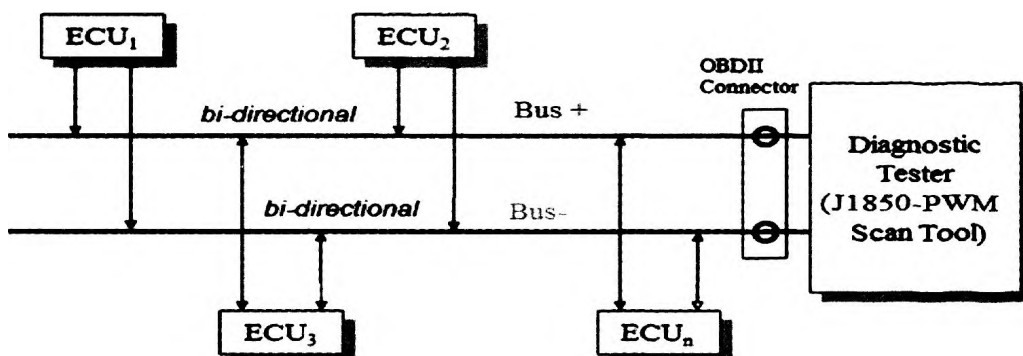
Hình 6.216: Dạng sóng của giao thức SAE J1850 VPW.

Tuy nhiên, cũng như ISO 9141, giao thức này không thể trực tiếp kết nối trực tiếp với máy tính. Và yêu cầu về một giao thức thông minh trở nên cần thiết hơn.

Giao thức SAE J1850 PWM

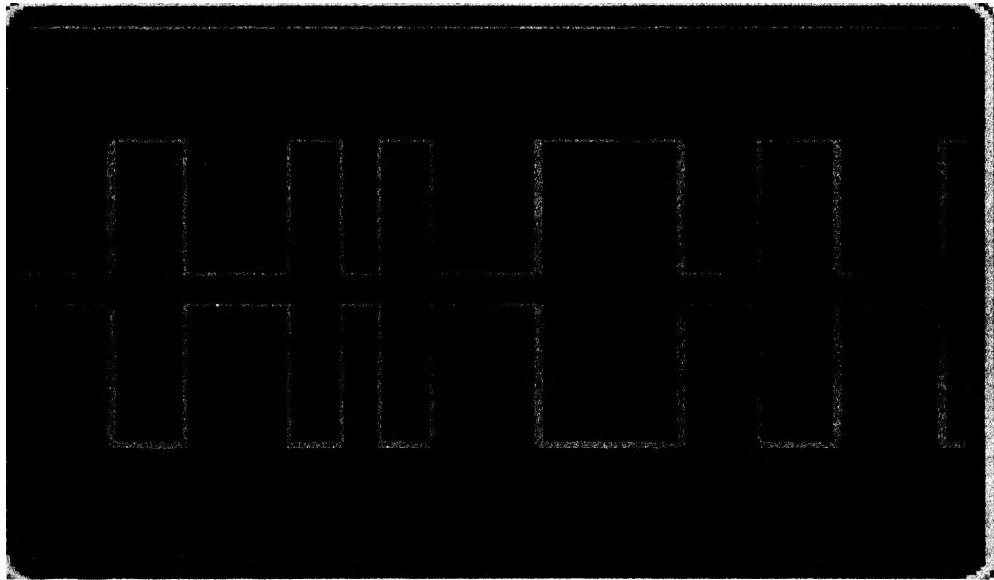
PWM – Pulse Width Modulation. Đây là một giao thức phổ biến, được sử dụng trên các xe của hãng Ford. Tốc độ truyền tải dữ liệu của giao thức này là 41.6 Kb/s.

PWM sử dụng hai dây tín hiệu là Bus+ và Bus-. Hai dây này đều có khả năng truyền tải dữ liệu hai chiều.



Hình 6.217: Sơ đồ khối chuẩn giao tiếp SAE J1850 PWM.

Khi kết nối hệ thống PWM vào máy đo sóng, ta sẽ thu được tín hiệu có dạng sóng sau:



Hình 6.218: Dạng sóng của giao thức SAE J1850 PWM.

Giao thức PWM tương tự như mã Morse – dữ liệu được mã hóa với những xung dài và ngắn liên tiếp. Tín hiệu trên dây Bus- được đảo ngược với tín hiệu trên dây Bus+.

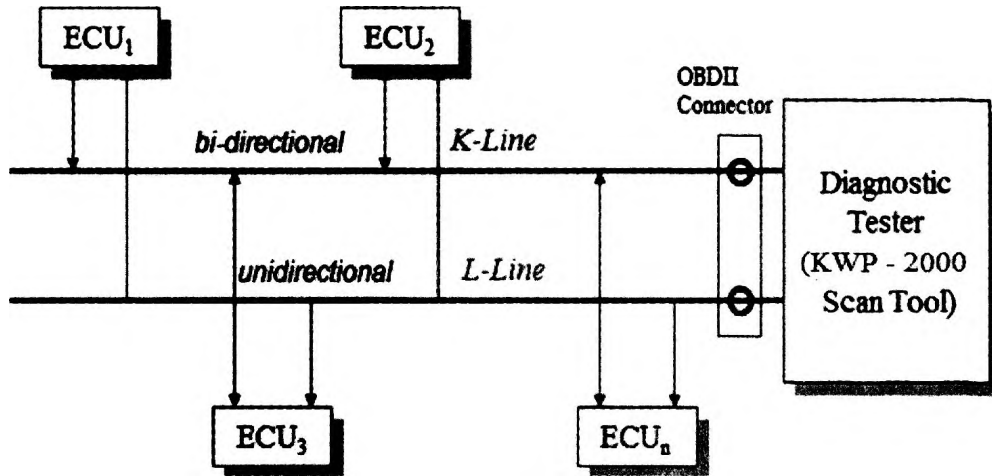
Việc sử dụng hai dây tín hiệu mang cùng thông tin là để chống nhiễu từ môi trường bên ngoài. Trong không khí có rất nhiều sóng điện từ khác nhau, và những sóng này có thể gây ra xung nhiễu trên các dây dẫn và làm nhiễu thông tin. Nếu chỉ có một dây tín hiệu, nó có thể dễ dàng gây nhiễu hệ thống điện và bật một chức năng bất kì của xe. Điều này có thể gây nguy hiểm nếu không được kiểm soát.

Hệ thống sử dụng hai dây tín hiệu có thể tránh được tình trạng này. Sóng điện từ bên ngoài tạo ra những xung nhiễu giống nhau trên mỗi dây, nhưng hệ thống chỉ chấp nhận những xung có giá trị giống nhau nhưng có giá trị đối ngược. Như vậy, hệ thống sẽ không bị nhiễu.

Giao thức ISO 14230 KWP2000

Keyword Protocol 2000 hay KWP2000, là một giao thức bao gồm các lớp ứng dụng trong mô hình OSI của mạng máy tính. Giao thức này được tiêu chuẩn hóa bởi Tổ chức Tiêu chuẩn Quốc tế và được biết đến với tên ISO 14230.

Giống như giao thức ISO 9141, KWP2000 cũng sử dụng hai dây tín hiệu, với K-Line là đường tín hiệu hai chiều và L-Line là đường tín hiệu một chiều.

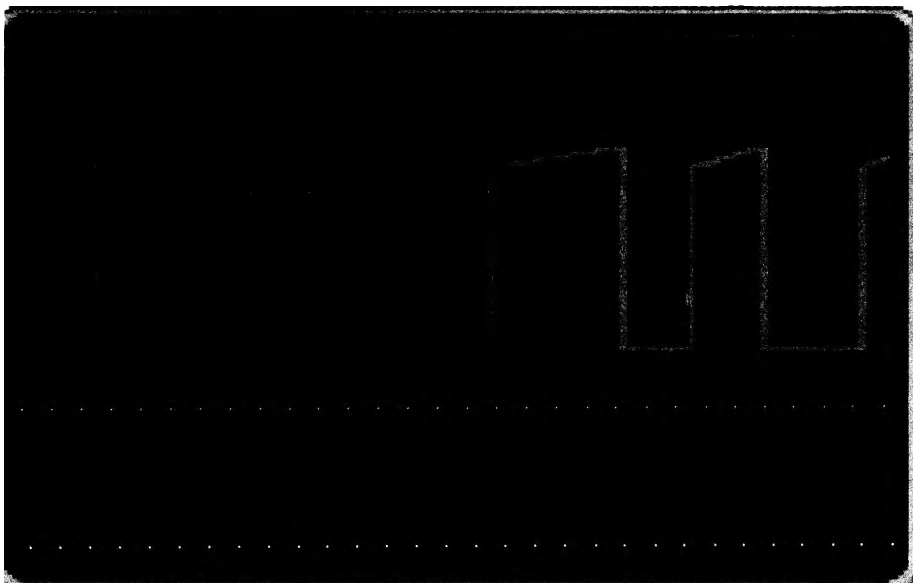


Hình 6.219: Sơ đồ khối chuẩn giao tiếp ISO 14320 KWP2000.

Tốc độ truyền tải dữ liệu của giao thức này là 1.2 – 10.4 kBaud, và mỗi thông báo có thể chứa tới 255 byte dữ liệu.

KWP2000 cũng tương thích trên giao thức ISO 11898 (CAN) hỗ trợ truyền tải tốc độ cao lên đến 1Mb/s.

Khi kết nối hệ thống KWP2000 vào máy đo sóng, ta sẽ thu được tín hiệu có dạng sóng sau:

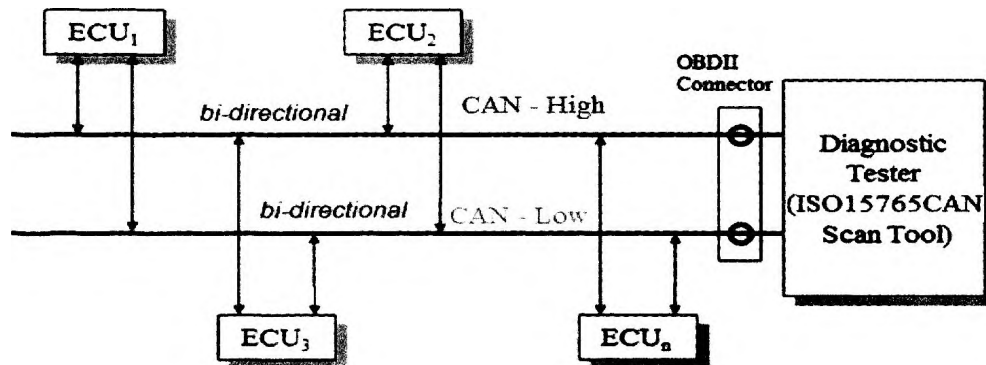


Hình 6.220: Dạng sóng của giao thức KWP2000.

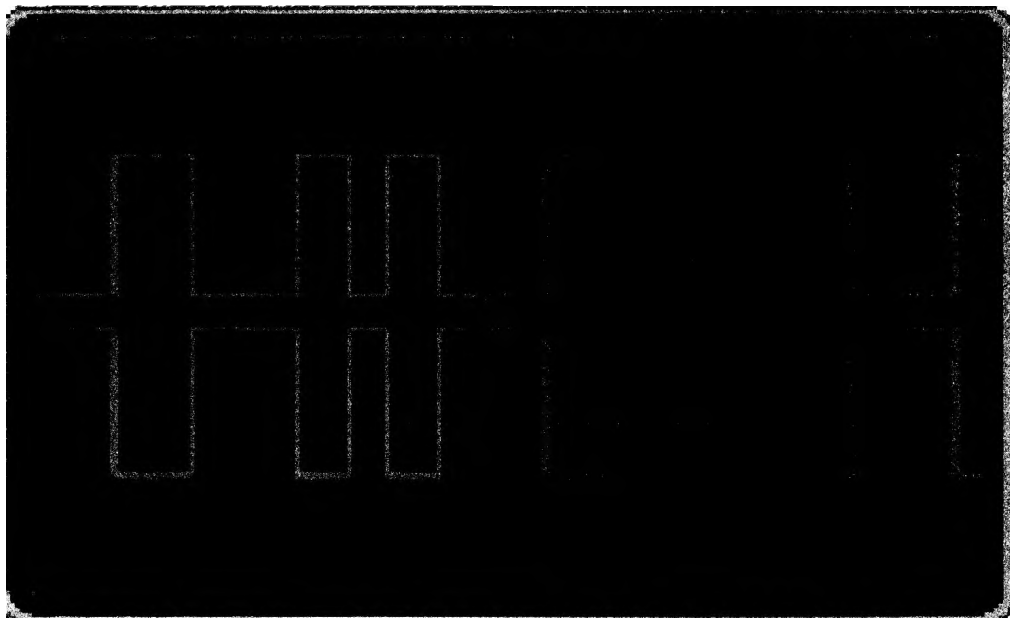
Giao thức ISO 15765 CAN

Tốc độ truyền tải dữ liệu của giao thức này ở hai mức là 250kbit/s hoặc 500kBit/s. Giao thức CAN được BOSCH phát triển cho ngành công nghiệp ô tô. Không giống như các giao thức khác của OBD-2, CAN được sử dụng rộng rãi cho nhiều ngành công nghiệp khác. Từ năm 2008, tất cả xe được bán trên thị trường nước Mỹ đều bắt buộc phải sử dụng CAN làm chuẩn giao tiếp trong hệ thống điều khiển.

- Chân 6: CAN High.
- Chân 14: CAN Low



Hình 6.221: Sơ đồ khối chuẩn giao tiếp ISO 15765 CAN.



Hình 6.225: Dạng sóng của giao thức ISO 15765 CAN.

Chức năng fail-safe

Khi có sự cố kỹ thuật trong hệ thống phun xăng khi xe đang hoạt động (mất tín hiệu từ cảm biến) việc điều khiển ổn định xe trở nên khó khăn hơn. Vì thế, chức năng fail-safe được thiết kế để ECU lấy các dữ liệu tiêu chuẩn trong bộ nhớ tiếp tục điều khiển động cơ hoạt động hoặc ngừng động cơ nếu các sự cố nguy hiểm được nhận biết.

Tín hiệu mất	Hiện tượng	Chức năng fail-safe
Tín hiệu đánh lửa của (IGF)	Hư hỏng ở hệ thống đánh lửa và việc đánh lửa không thể xảy ra (tín hiệu IGF không gửi đến ECU)	Ngừng phun nhiên liệu
Tín hiệu từ cảm biến áp suất đường ống nạp (MAP sensor)	Nếu mất tín hiệu từ cảm biến này, lượng xăng phun cơ bản không được tính và kết quả là động cơ bị chết máy hoặc khó khởi động.	Nếu nối tắt cực T và E ₁ ECU sẽ lấy giá trị tiêu chuẩn (30 kPa) để thay thế cho tín hiệu này.
Tín hiệu khí nạp	Nếu mất tín hiệu này ECU không thể nhận biết lượng gió nạp để tính lượng xăng phun cơ bản, kết quả là động cơ bị chết máy hay khó khởi động.	Giá trị chuẩn được lấy từ tín hiệu không tải cho việc tính lượng xăng phun và thời điểm đánh lửa
Tín hiệu vị trí cánh bướm ga	Nếu mất tín hiệu này ECU không thể nhận biết vị trí bướm ga mở hay đóng hoàn toàn. Điều này sẽ làm động cơ chết máy hay chạy không êm.	ECU sẽ lấy giá trị tiêu chuẩn trong bộ nhớ để thay thế cho tín hiệu này
Tín hiệu cảm biến nhiệt độ nước và cảm biến nhiệt độ khí nạp	Mất tín hiệu này ECU sẽ hiểu rằng nhiệt độ nước < - 50°C hay > 139°C. Điều này sẽ làm tỉ lệ hòa khí trở nên quá giàu hay quá nghèo. Kết quả là động cơ bị chết máy hoặc chạy không êm.	ECU sẽ lấy giá trị chuẩn trong bộ nhớ tùy thuộc vào loại động cơ với nhiệt độ nước: 89°C và nhiệt độ khí nạp là 20°C
Tín hiệu từ cảm biến oxy	Nếu vỏ bọc ngoài của cảm biến oxy bị đóng bẩn, ECU không thể nhận biết hàm lượng oxy tập trung ở khí thải vì thế nó không thể duy trì tỉ lệ hòa khí ở mức tối ưu.	Không thực hiện việc hiệu chỉnh hồi tiếp tỉ lệ hòa khí
Tín hiệu từ cảm biến kích nổ	Nếu mất tín hiệu này, ECU không thể nhận biết khi động cơ bị kích nổ vì thế nó sẽ không điều chỉnh giảm góc đánh lửa sớm	Điều chỉnh thời điểm đánh lửa trễ tối đa
Cảm biến áp suất khí trời	Nếu mất tín hiệu từ cảm biến này, ECU sẽ hiểu rằng áp suất khí trời luôn ở giá trị tối đa hay tối thiểu. Điều này làm hòa khí quá nghèo hay quá giàu	Lấy giá trị áp suất khí trời ở mức tiêu chuẩn là 101 kPa (60mmHg) thay thế cho tín hiệu này

Tín hiệu điều khiển hộp số tự động	Nếu có hư hỏng trong ECU điều khiển hộp số, hộp số hoạt động không tốt	Không hiệu chỉnh góc đánh lửa theo sức kéo
Tín hiệu từ áp suất tăng áp động cơ	Nếu có sự tăng bất thường trong áp suất động cơ hoặc lượng gió nạp, có thể làm hư hỏng động cơ	Ngừng cung cấp nhiên liệu cho động cơ.

Chức năng Back-up

Chức năng Back-up được thiết kế để khi có sự cố kỹ thuật ở ECU, Back-up IC trong ECU sẽ lấy toàn bộ dữ liệu lưu trữ để duy trì hoạt động động cơ trong thời gian ngắn.

- ECU sẽ hoạt động ở chức năng Back-up trong các điều kiện sau:
- ECU không gửi tín hiệu điều khiển đánh lửa (*IGT*).
- Mất tín hiệu từ cảm biến áp suất đường ống nạp (*PIM*).

Lúc này Back-up IC sẽ lấy tín hiệu dự trữ để điều khiển thời điểm đánh lửa và thời điểm phun nhiên liệu duy trì hoạt động động cơ. Dữ liệu lưu trữ này phù hợp với tín hiệu khởi động và tín hiệu từ công tắc không tải, đồng thời đèn Check-engine sẽ báo sáng thông báo cho tài xế.

6.12 Lý thuyết điều khiển hệ thống phun xăng điện tử

6.12.1 Một số mô hình tính toán lưu lượng khí nạp động cơ

Lars Nielsen and Lars Eriksson [65] đã tiến hành tính toán lưu lượng khối lượng khí nạp vào động cơ theo biểu thức sau:

$$\dot{m}_a(n_e, p_{in}, T_a) = \eta_v(n_e, p_{in}) \frac{V_h \cdot i \cdot p_{in} \cdot n_e}{60 \cdot n_r \cdot R \cdot T_a} \quad (6.2)$$

Trong đó: V_h - dung tích xylanh (m^3); i - số xylanh, n_r - số vòng quay của trục khuỷu động cơ trong một chu kỳ ($n_r = 2$ đối với động cơ 4 kỳ); $R = 287,05$ - hằng số khí ($J.kg^{-1}.K^{-1}$); T_a - nhiệt độ trên đường ống nạp (K); η_v - hệ số nạp (phải đo tương ứng với từng động cơ); p_{in} - áp suất trong đường ống góp hút (Pa); n_e - số vòng quay của trục khuỷu động cơ (*vòng/phút*).

Ylva Nilsson [86] đã xác định lượng nhiên liệu theo lượng không khí nạp theo công thức:

$$m_f = \frac{m_a}{\lambda \cdot (m_a / m_f)_s} \quad (6.3)$$

Trong đó:

- $(m_a / m_f)_s$ - tỷ lệ không khí / nhiên liệu lý thuyết;
- λ - hệ số dư lượng không khí.

Kiencke U. và Nielsen L. [62] đã phân loại các kiểu động cơ phun xăng theo thành phần hoà khí: Động cơ phun xăng được điều khiển bằng cách thay đổi lượng không khí nạp tương đối λ_a , nhiên liệu cung cấp tương đối λ_f sau đó được điều tiết để duy trì thành phần hòa khí mong muốn. Phạm vi thay đổi của λ bị giới hạn bởi khả năng đốt cháy hòa khí của bugi. Trong nghiên cứu này, tác giả đã khảo sát động cơ và thành phần hòa khí trên mô hình toán học (hình 6.196).

i - số xy lanh;

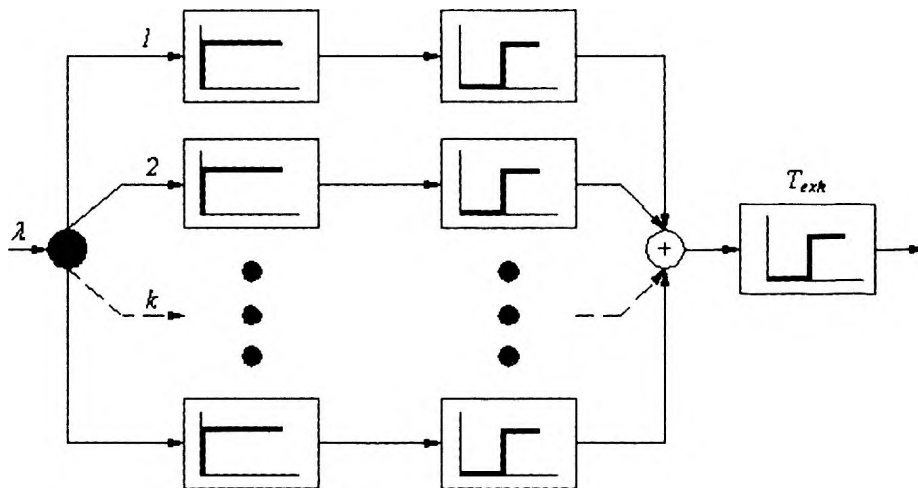
k - xy lanh tương ứng $1, \dots, i$;

$1/n$ - thời gian cần thiết cho 1 vòng quay trục khuỷu;

T_{exh} - thời gian trễ giữa xupáp thải và cảm biến lambda.

Sự đáp ứng từng bước như trên hình 6.227. Nhiên liệu được phun vào đường ống nạp và bị hút vào trong xy lanh trong khoảng thời gian thay đổi pha. Điều này dẫn đến đặc tính nấc thang cho các bước đáp ứng [35].

Quá trình cháy có thể được mô tả như thời gian chết T_{burn} kéo dài đến khi supáp thải mở ra. Mặt khác, một thời gian chết khác T_{exh} là khoảng thời gian từ khi khí cháy thải ra cho đến khi đến được cảm biến lambda.

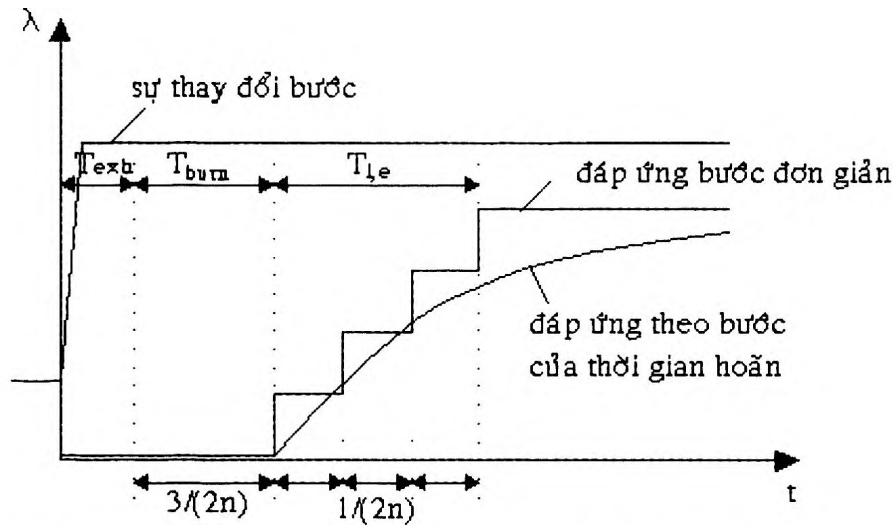


Hình 6.226: Mô hình động cơ điều khiển theo lambda [22].

T_{exh} - biến thiên phụ thuộc vào lưu lượng khí nạp giữa 20 và 500 (ms).

T_{burn} - thời gian giữa lúc mở van nạp và van thải.

$T_{l,e}$ - thời gian trễ.



Hình 6.227: Đáp ứng từng bước và hàm xấp xỉ với thời gian trễ bậc nhất.

Tổng thời gian chết sẽ là $T_{d,e} = T_{exh} + T_{burn}$.

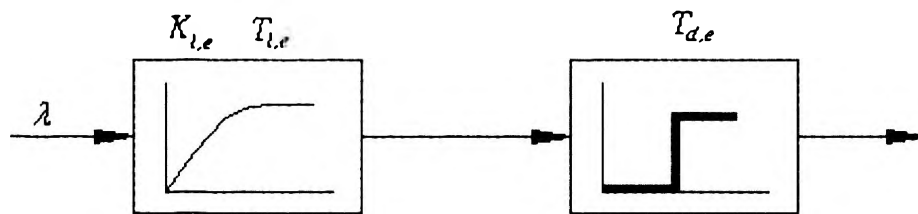
Hình 6.227 giới thiệu mô hình động cơ chỉ bao gồm một thời gian trễ $T_{l,e}$ và chỉ một thời gian chết $T_{d,e}$ [30].

Giá trị tiêu biểu của các thông số là:

$$T_{d,e} : 100 \text{ (ms)} \dots 1,0 \text{ (s)}.$$

$$T_{l,e} : 50 \text{ (ms)} \dots 0,5 \text{ (s)}.$$

Vì các thông số của mô hình biến đổi đáng kể theo điều kiện hoạt động của động cơ, các thông số của mạch điều khiển lambda phải thích ứng theo các điểm hoạt động của động cơ (thích ứng hồi tiếp). Mỗi thông số điều khiển được lưu trữ trong bản đồ xác định theo các điểm hoạt động của động cơ.



Hình 6.228: Mô hình động cơ một thời gian trễ và một thời gian chết [51].

6.12.2 Đặc tính động cơ

Động cơ phun xăng điện tử cũng như các loại động cơ đốt trong khác có nhiều đặc tính, trong đó đặc tính tổng hợp được sử dụng nhiều cho các nghiên cứu về động cơ.

Đặc tính của động cơ được dùng để đánh giá các chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật và môi trường của động cơ trong các điều kiện hoạt động khác nhau. Đặc tính của động cơ là các hàm số thể hiện sự thay đổi các chỉ tiêu nêu trên do tác động của các chỉ tiêu công tác (phụ tải) của động cơ hoặc theo các nhân tố ảnh hưởng trực tiếp đến chu trình công tác.

Các đặc tính của động cơ thường được xây dựng trên cơ sở lý thuyết và hiệu chỉnh theo kết quả thực nghiệm trên các băng thử chuyên dụng.

Có rất nhiều lý thuyết và các vấn đề liên quan đến đặc tính động cơ. Trong phạm vi giáo trình này, tác giả chỉ nêu những đặc tính cơ bản làm cơ sở cho việc nghiên cứu vấn đề điều khiển động cơ.

Theo [16] các đặc tính của động cơ được đặc trưng bằng các mối quan hệ sau đây:

$$N_e = \frac{1}{30\tau} \cdot V_h \cdot \frac{Q_{tk}}{\lambda \cdot L_0} \cdot \rho_k \cdot \eta_v \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot i \cdot n_e \quad (6.4)$$

$$p_e = p_i \cdot \eta_m = \frac{Q_{tk}}{\lambda \cdot L_0} \cdot \rho_k \cdot \eta_v \cdot \eta_i \cdot \eta_m \quad (6.5)$$

$$M_e = \frac{N_e}{\omega} = \frac{N_e}{n_e} \frac{30}{\pi} = \frac{Q_{tk}}{\lambda \cdot L_0} \frac{1}{\pi \cdot \tau} \cdot V_h \cdot \rho_k \cdot \eta_v \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot i \quad (6.6)$$

$$g_e = \frac{1}{Q_{tk} \cdot \eta_i \cdot \eta_m} \quad (6.7)$$

$$G_{nl} = g_e \cdot N_e = \frac{V_h \cdot i}{30 \cdot \tau} \frac{\rho_k}{L_0} \frac{\eta_v}{\lambda} \cdot n_e \quad (6.8)$$

Trong đó:

N_e – công suất có ích của động cơ (kW)

p_e – áp suất có ích trung bình (Pa)

M_e – mô men quay có ích của động cơ ($N \cdot m$)

g_e – suất tiêu hao nhiên liệu riêng ($kg / W \cdot s$)

G_{nl} – lượng nhiên liệu tiêu hao (kg / s)

τ – hệ số kỳ của động cơ, với động cơ 4 kỳ $\tau = 4$

V_h – dung tích xy lanh (m^3)

λ – hệ số dư không khí;

Q_{tk} – nhiệt trị thấp của nhiên liệu (J / kg)

L_0 – lượng không khí lý thuyết để đốt cháy hoàn toàn 1 kg nhiên liệu (kg / kg_{nl})

ρ_k – Khối lượng riêng không khí – nhiên liệu trước supáp hút (kg / m^3);

η_v – hệ số nạp

η_i - hiệu suất chỉ thị

η_e - hiệu suất cơ giới

i - số xy lanh động cơ;

n_e - số vòng quay của trục khuỷu động cơ (vòng/phút).

Theo một góc độ khác, đặc điểm làm việc của động cơ có thể được đánh giá thông qua công sinh ra trong quá trình cháy của động cơ và động học của cơ cấu trục khuỷu thanh truyền [62].

Công cơ học sinh ra trong quá trình cháy có thể tính được bằng cách tích phân đồ thị công $p - V$. Công này được đơn giản hóa bằng cách chia cho thể tích công tác V_h .

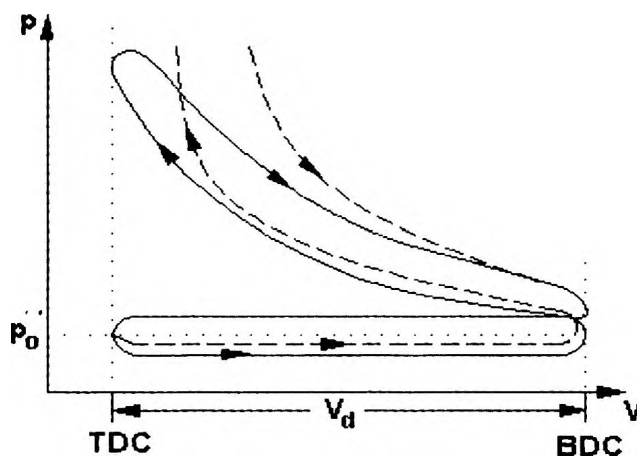
$$\omega_i = \frac{1}{V_h} \sum_{j=1}^i \oint [p_j(V_j) - p_0] dV_j \quad (6.9)$$

Trong đó: $V_h = i \cdot (V_1 - V_2)$ - thể tích công tác của tất cả các xy lanh; i - số xy lanh của động cơ; ω_i - công riêng chỉ thị (được đơn giản hóa).

Giá trị ω_i có thể được xác định bằng cách đo áp suất trong lòng xy lanh trong một chu kỳ. Giá trị công riêng chỉ thị tính bằng J/m^3 tương đương với giá trị áp suất trung bình là $\bar{p} = 10^6 Pa$. Đối với động cơ 4 kỳ, phép đo này kéo dài trong suốt hai chu kỳ, mômen chuyển từ lực sinh ra trong quá trình cháy thành mômen trên trục khuỷu có thể được tính toán bằng các phương trình động học dưới đây [79].

Hành trình của piston tính từ điểm chết trên (ĐCT) là:

$$s(\alpha_{cs}) = l(1 - \cos \beta) + r(1 - \cos \alpha_{cs})$$



Hình 6.229: Đồ thị công $p - V$ cho động cơ 4 kỳ.

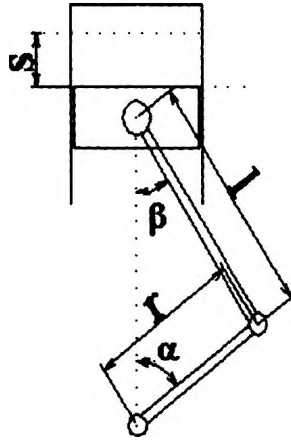
Từ hình 6.230 chúng ta có:

$$l \sin \beta = r \sin \alpha_{cs}$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \frac{r^2}{l^2} \sin^2 \alpha_{CS}} \quad (6.10)$$

vậy, hành trình của piston là:

$$s(\alpha_{CS}) = r \left[1 - \cos \alpha_{CS} + \frac{l}{r} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{r^2}{l^2} \sin^2 \alpha_{CS}} \right) \right] \quad (6.11)$$



Hình 6.230: Động học cơ cấu trục khuỷu – thanh truyền.

Trong đó:

- s - hành trình piston;
- r - bán kính trục khuỷu;
- α_{CS} - góc quay trục khuỷu;
- l - chiều dài thanh truyền.

Tại điểm chết trên, ta có: $\alpha_{CS} = 0$, $s(\alpha_{CS}) = 0$

Và tại điểm chết dưới, ta có: $\alpha_{CS} = \pi$, $s(\alpha_{CS}) = 2r$

Đạo hàm hành trình piston ta có:

$$\frac{ds}{d\alpha_{CS}} = r \left(\sin \alpha_{CS} + \frac{r}{l} \cdot \frac{\sin \alpha_{CS} \cos \alpha_{CS}}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{l^2} \sin^2 \alpha_{CS}}} \right)$$

và

$$\frac{d^2s}{d\alpha_{CS}^2} = r \left(\cos \alpha_{CS} + \frac{\frac{r}{l} (\cos^2 \alpha_{CS} - \sin^2 \alpha_{CS}) + \frac{r^2}{l^2} \sin^4 \alpha_{CS}}{\left(\sqrt{1 - \frac{r^2}{l^2} \sin^2 \alpha_{CS}} \right)^3} \right) \quad (6.12)$$

Đạo hàm theo góc quay trục khuỷu liên hệ với đạo hàm theo thời gian như sau:

$$\begin{aligned}\dot{s} &= \frac{ds}{dt} = \frac{ds}{d\alpha_{CS}} \frac{d\alpha_{CS}}{dt} = \frac{ds}{d\alpha_{CS}} \cdot \dot{\alpha}_{CS} \\ \ddot{s} &= \frac{d^2s}{dt^2} = \frac{d}{dt} \left(\frac{ds}{d\alpha_{CS}} \cdot \frac{d\alpha_{CS}}{dt} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{ds}{d\alpha_{CS}} \right) \cdot \frac{d\alpha_{CS}}{dt} + \frac{ds}{d\alpha_{CS}} \cdot \frac{d^2\alpha_{CS}}{dt^2} \\ &= \frac{d^2s}{d\alpha_{CS}^2} \cdot \dot{\alpha}_{CS}^2 + \frac{ds}{d\alpha_{CS}} \cdot \ddot{\alpha}_{CS} \quad (6.13)\end{aligned}$$

Công riêng chỉ thị có thể viết lại như sau:

$$\omega_i = \frac{1}{V_h} \oint \sum_{j=1}^i [p_j(\alpha_{CS}) - p_0] A_p \frac{ds_j(\alpha_{CS})}{d\alpha_{CS}} d\alpha_{CS} = \frac{1}{V_h} \oint M_{comb}(\alpha_{CS}) d\alpha_{CS} \quad (6.14)$$

Trong đó mômen trên trục khuỷu sinh ra do quá trình cháy là:

$$M_{comb}(\alpha_{CS}) = \sum_{j=1}^i [p_j(\alpha_{CS}) - p_0] A_p \frac{ds_j}{d\alpha_{CS}} \quad (6.15)$$

Hành trình piston trong các xy lanh khác nhau thay đổi theo pha:

$$s_j(\alpha_{CS}) = s \left[\alpha_{CS} - (j-1) \cdot \frac{4\pi}{i} \right], j = 1, \dots, i \quad (6.16)$$

Mômen trung bình sinh ra do quá trình cháy là:

$$\overline{M}_{comb} = \frac{1}{4\pi} \oint M_{comb}(\alpha_{CS}) d\alpha_{CS} = \frac{N_i}{\dot{\alpha}_{CS}} \quad (6.17)$$

Trong đó: N_i là công suất chỉ thị trung bình. Khi động cơ hoạt động ở chế độ tĩnh,

tổng công chỉ thị là: $\omega_i V_h = 4\pi \overline{M}_{comb} = 4\pi \frac{N_i}{\dot{\alpha}_{CS}} = \frac{4\pi N_i}{2\pi n_e} = \frac{2N_i}{n_e}$

và công riêng được đơn giản hóa:

$$\omega_i = \frac{2N_i}{V_h n_e} \quad (6.18)$$

Trong đó: $n_e = \dot{\alpha}_{CS} / (2\pi)$ là tốc độ động cơ. Trong thực tế, công có ích ω_e trên đơn vị một thể tích công tác thấp hơn nhiều so với công chỉ thị ω_i .

Vậy, hiệu suất cơ giới khi lưu lượng nhiên liệu không đổi là:

$$\eta_e = \frac{N_e}{\dot{m}_f H_f} = \frac{\omega_e}{m_f H_f} \cdot V_h$$

Trong đó:

N_e - công suất có ích (W);

ω_e - công riêng có ích trên một chu trình (J/m^3);

m_f - lượng nhiên liệu phun vào 1 xy lanh (kg);

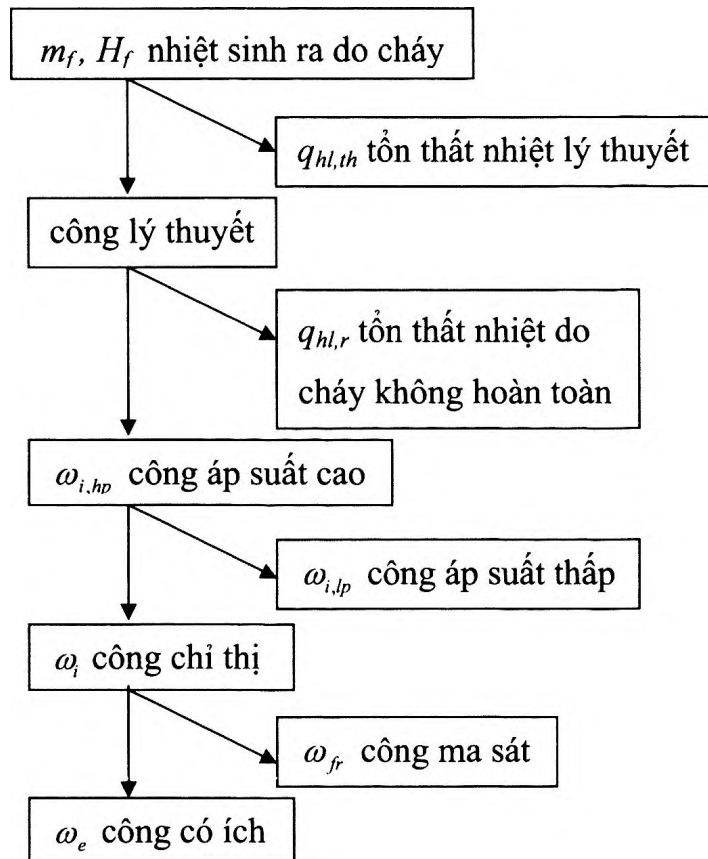
\dot{m}_f - lưu lượng nhiên liệu (kg/s);

H_f - nhiệt dung riêng của nhiên liệu giải phóng trong quá trình cháy (J/kg);

V_h - dung tích xy lanh (m^3).

Hiệu suất nhiệt động chỉ thị (bỏ qua ma sát) là:

$$\eta_i = \frac{\omega_i}{2m_f H_f} \cdot V_h \quad (6.20)$$



Hình 6.231: Công có ích phát ra từ động cơ thấp hơn nhiều so với năng lượng nhiệt thoát ra do quá trình cháy.

6.12.3 Thành phần hòa khí và điều khiển phun nhiên liệu

6.12.3.1 Thành phần hòa khí

Thành phần hòa khí rất quan trọng đối với quá trình cháy của động cơ đốt trong. Có hai cách đánh giá thành phần hòa khí tương đương nhau: cách thứ nhất dùng hệ số

lượng không khí λ bằng khối lượng không khí thực tế chia cho khối lượng không khí lý thuyết để đốt cháy hoàn toàn một kg nhiên liệu; cách thứ hai theo tỷ lệ không khí - nhiên liệu (Air/Fuel Ratio) [22, 71]. Thành phần hòa khí chính là hỗn hợp nhiên liệu - không khí, bị ảnh hưởng nhiều đến khối lượng không khí m_a đi chuyển vào trong xy lanh (độ mở bướm ga, hình dáng của đường ống nạp, sự đẩy ngược khí cháy từ xy lanh vào cổ hút và những tác động khác). Theo lý thuyết, dưới áp suất bình thường là $p_0 = 1,013 \text{ bar}$ và tỉ trọng không khí bình thường là $\rho_0 = 1,29\sqrt{a^2 + b^2} \text{ kg/m}^3$ thì lượng không khí điền đầy thể tích công tác của lòng xy lanh động cơ là $m_{a,th} = \rho_0 V_d$. Tỉ lệ giữa khối lượng không khí cung cấp thực tế m_a và khối lượng không khí cung cấp theo lý thuyết $m_{a,th}$ là lượng không khí cung cấp tương đối:

$$\lambda_a = \frac{m_a}{m_{a,th}} \quad (6.21)$$

Tương tự như vậy, tỉ lệ của khối lượng nhiên liệu đo được m_f với khối lượng nhiên liệu lý thuyết $m_{f,th}$ là lượng nhiên liệu cung cấp tương đối:

$$\lambda_f = \frac{m_f}{m_{f,th}} \quad (6.22)$$

Khối lượng không khí lý thuyết là khối lượng không khí cần cho quá trình cháy lý tưởng của một kg xăng. Ở điều kiện bình thường, khối lượng không khí lý thuyết là:

$$L_0 = \frac{m_{a,th}}{m_{f,th}} = 14,66 \quad (6.23)$$

Tỉ lệ không khí - nhiên liệu λ được xác định như sau:

$$\lambda = \frac{\lambda_a}{\lambda_f} \quad (6.24)$$

Ta có thể mở rộng như sau:

$$\lambda = \frac{m_a \cdot m_{f,th}}{m_f \cdot m_{a,th}} = \frac{1}{L_{st}} \cdot \frac{m_a}{m_f} \quad (6.25)$$

Đối với quá trình cháy lý tưởng, $\lambda = 1$. Công có ích ω_e và hiệu suất nhiệt động học η_e bị ảnh hưởng bởi tỉ lệ không khí - nhiên liệu λ . Có thể tác động đến tỉ lệ λ này bằng hai cách khác nhau, thay đổi λ_a hoặc thay đổi λ_f [26].

Biến đổi λ_f theo λ_a cho trước

Ứng dụng điển hình của việc thay đổi tỷ lệ hòa khí là hoạt động của động cơ phun

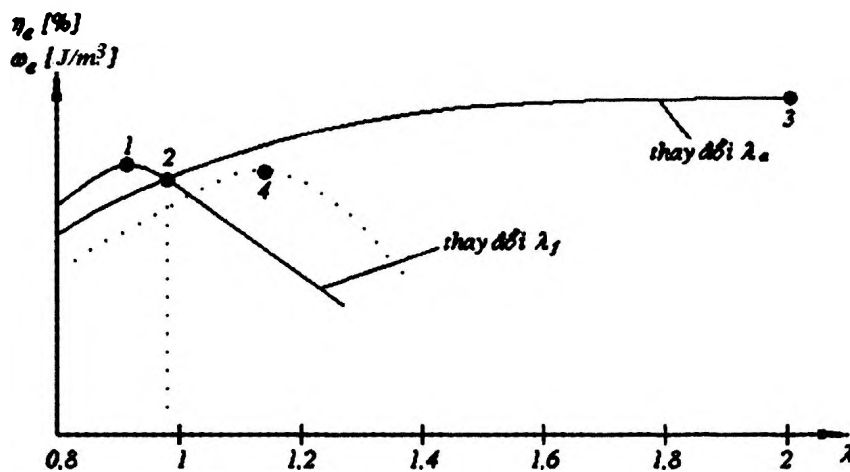
xãng xung quanh tỉ lệ hòa khí lý tưởng, lượng không khí cung cấp tương ứng thông qua tác động điều khiển của lái xe (ví dụ đạp chân ga) [73].

Chế độ nghèo xăng ($\lambda > 1$): nhiên liệu ít hơn mức cần thiết cho sự cháy lý tưởng (λ_f giảm). Vì công áp suất cao $\omega_{i, hp}$ bị giảm nên công có ích giảm theo $\omega_{i, hp}$. Trong khoảng thay đổi $1 < \lambda < 1,1$ hiệu suất nhiệt động η_e tăng do nhiệt độ đỉnh của quá trình cháy cao hơn. Điều này làm sinh ra nhiều NO_x trong khí thải. Nếu λ tăng thêm nữa, η_e sẽ giảm vì khi đó công áp suất cao sẽ thấp hơn so với giá trị công áp suất thấp $\omega_{i, lp}$ cho trước.

Chế độ giàu xăng ($\lambda < 1$): nhiên liệu nhiều hơn mức cần thiết cho sự cháy lý tưởng (λ_f tăng). Lượng nhiên liệu dư làm tăng cả hai giá trị: công áp suất cao $\omega_{i, hp}$ và công có ích ω_e . Nếu $\lambda < 0,9$ quá trình cháy không hoàn toàn, Hydrocarbon (HC), CO sẽ có nhiều trong khí thải và làm giảm giá trị công có ích ω_e . Ở $\lambda < 1$, hiệu suất nhiệt động η_e luôn bị giảm.

Biến đổi λ_a theo λ_f cho trước

Ứng dụng điển hình là động cơ xăng đốt nghèo ở chế độ tải nhỏ và động cơ Diesel. Lượng nhiên liệu cung cấp tương ứng λ_f thông qua tác động điều khiển của lái xe.



Hình 6.232: Sự phụ thuộc của công có ích ω_e và hiệu suất nhiệt động lực η_e vào sự biến thiên λ_a hoặc λ_f của quá trình cháy.

- (1) - Động cơ xăng phát công suất tối đa;
- (2) - Động cơ xăng hoạt động ở hòa khí lý tưởng;
- (3) - Động cơ Diesel và động cơ xăng đốt nghèo;
- (4) - Động cơ xăng nghèo vừa phải.

Chế độ nghèo nhiên liệu ($\lambda > 1$): không khí được nạp nhiều hơn lượng cần thiết cho sự cháy khí lý tưởng (tăng λ_a). Bởi vậy, công áp suất cao $\omega_{i, hp}$ tăng trong khi công áp suất thấp $\omega_{i, lp}$ hầu như không đổi. Cả hai giá trị công có ích ω_e và hiệu suất nhiệt động

η_c đều tăng. Tuy nhiên cần lưu ý rằng: hòa khí quá nghèo thì sẽ khó cháy. Ở động cơ xăng, thời gian từ lúc đánh lửa đến lúc cháy hoàn toàn (thời gian trễ cháy) bị tăng lên, tức là quá trình cháy bị kéo dài. Để tránh hiện tượng bỏ lửa ở động cơ đánh lửa cưỡng bức khi hòa khí quá nghèo, người ta áp dụng phương pháp phun nhiên liệu trực tiếp để tạo hỗn hợp phân lớp trong xy lanh, với vùng hòa khí xung quanh bugi được làm đậm (động cơ phun xăng trực tiếp – GDI - Gasoline Direct Injection). Hoạt động này giống như hoạt động của các động cơ Diesel. Sự cháy được kích hoạt bởi tia lửa điện hoặc do hòa khí tự bốc cháy bởi tỉ số nén cao. Động cơ chỉ có thể hoạt động ở mức khí nạp lớn nhất (maximum λ_a). Do đó, ở chế độ hoạt động nghèo nhiên liệu, không thể đạt được giá trị công suất cực đại.

Chế độ giàu nhiên liệu ($\lambda < 1$): khí nạp ít hơn lượng khí cần thiết cho quá trình cháy lý tưởng (giảm λ_a): điều này làm giảm cả hai giá trị: hiệu suất nhiệt động η_c và công có ích ω_c . Sự cháy không hoàn toàn thì lượng xăng chưa cháy sẽ có nhiều trong khí thải và làm giảm công áp suất cao $\omega_{i,hp}$.

Trên hình 6.232 trình bày sự phụ thuộc của công có ích ω_c và hiệu suất nhiệt động η_c , vào sự biến thiên λ_a hoặc λ_f của quá trình cháy [83].

Ở động cơ áp dụng chế độ tuần hoàn khí xả có điều khiển, một lượng khí xả được đưa trở lại đường ống nạp thay cho khí sạch để giảm lượng không khí cung cấp tương đối λ_a . Sự tuần hoàn khí xả làm giảm hàm lượng NO_x do nhiệt độ đỉnh của quá trình cháy thấp hơn.

6.12.3.2 Điều khiển phun nhiên liệu

Tỉ lệ hòa khí λ là một biến số quan trọng cho việc điều khiển nhiên liệu. Nó chính là cơ sở cho những tiếp cận điều khiển khác nhau.

Việc hòa trộn hỗn hợp có thể thực hiện bằng cách phun nhiên liệu vào đường ống nạp hoặc phun trực tiếp vào lòng xy lanh. Nếu đủ thời gian, hỗn hợp hòa khí sẽ phân bố đồng nhất trong xy lanh với một tỉ lệ hòa khí nằm trong khoảng $0,9 < \lambda < 1,3$. Trong trường hợp hỗn hợp hòa khí siêu nghèo $\lambda > 1,3$ (động cơ GDI), một phần của hỗn hợp phân lớp giàu nhiên liệu phải được tập trung quanh bugi.

- Hỗn hợp đồng nhất, tỉ lệ hòa khí lý tưởng: sẽ cháy với ngọn lửa màu xanh. Hầu như không sinh ra muội than (hạt carbon).
- Hỗn hợp phân lớp với tỉ lệ hòa khí nghèo: sẽ cháy với ngọn lửa màu vàng. Muội than được sinh ra. Quá trình cháy được bắt đầu từ sự bốc cháy ở một điểm.

Quá trình cháy phụ thuộc vào áp suất p , nhiệt độ T , thành phần hỗn hợp cháy λ và năng lượng hoạt hoá E của nhiên liệu. Đối với $\lambda < 1$, khí thải được sinh ra theo tỉ lệ sau:

$$k = \frac{n_{CO} \cdot n_{H_2O}}{n_{CO_2} \cdot n_{H_2}} \quad (6.26)$$

Tỉ lệ này phụ thuộc vào nhiệt độ. Ví dụ $T = 1.850\text{ K}$ thì $k = 2,6$.

Việc phát ra các chất gây ô nhiễm như CO , HC , NO_x , phụ thuộc mạnh vào tỉ lệ hòa khí λ .

$\lambda < 1$: tăng lượng HC và CO $\lambda = 1$: quá trình cháy lý tưởng. Các chất độc hại phát tán trong khí thải sẽ rất thấp sau khi qua bộ hoá khử (three way catalytic converter)

$\lambda \approx 1,1$: phát ra NO_x cao nhất bởi nhiệt độ đỉnh của quá trình cháy cao nhất

$\lambda > 1,1$: giảm lượng NO_x và nhiệt độ quá trình cháy thấp hơn. Phát ra khí HC tăng do thỉnh thoảng một số xy lanh chết (bỏ máy)

$\lambda > 1,5$: chế độ đốt siêu nghèo nhiên liệu. Các chất độc hại sinh ra trong khí thải giảm rất thấp, nhưng phải cần đến bộ hóa khử riêng cho NO_x .

Hàm lượng O_2 trong khí thải có thể được dùng để xác định tỉ lệ hòa khí λ nếu $\lambda \geq 1$ bằng cách sử dụng cảm biến lambda (cảm biến ôxy).

Lượng nhiên liệu hòa trộn với không khí được hiệu chỉnh bởi hệ thống điều khiển nhiên liệu, để đạt được tỉ lệ không khí nhiên liệu định trước. Có hai nguyên tắc phun nhiên liệu khác nhau:

6.12.3.3 Phun trên đường ống nạp

Nhiên liệu được phun vào trong từng cổ hút riêng biệt trước supáp hút. Sự cố hay trục trặc của động cơ có thể xảy ra ở chế độ không tải do nhiên liệu bốc hơi không hoàn toàn bởi tốc độ dịch chuyển dòng khí vào xy lanh thấp. Ngoài ra, sự phân phối dòng khí nạp vào trong từng cổ hút có thể khác nhau. Ở chế độ không tải, lượng nhiên liệu được phun vào kém chính xác vì vòi phun điện từ được điều khiển theo thời gian. Sai số do thời gian khi tăng và giảm dòng (thời gian chết) làm ảnh hưởng đến lượng nhiên liệu được phun khi số lần phun ít. Ưu điểm của hệ thống phun vào đường ống nạp là tạo được sự phân bố hỗn hợp nhiên liệu đồng nhất trong xy lanh ở mức $\lambda = 1$. Sự trao đổi khí có thể được tối ưu hóa mà không ảnh hưởng lớn đến hệ thống nhiên liệu vì nó diễn ra tại supáp hút. Để tăng lượng cung cấp khí nạp tương đối λ_a và tăng công có ích ω_e mà không cần tăng áp, đường ống nạp được thiết kế để sinh ra sự cộng hưởng quán tính dòng khí ở tốc độ động cơ thấp. Supáp nạp được làm mát nhờ nhiên liệu bay hơi. Nhiệt độ hỗn hợp thấp giúp giảm kích nổ và cho phép tăng cao tỉ số nén để tăng hiệu suất động cơ. Để tránh sự hình thành muội than, việc phun nhiên liệu sẽ dứt trước thời điểm supáp nạp mở ra. Có thể điều khiển phun nhiên liệu và cũng có thể cắt cung cấp nhiên liệu riêng lẻ ở từng xy lanh: để giới hạn tốc độ động cơ và tốc độ xe, cắt nhiên liệu khi xe chạy đà (chạy theo quán tính) hoặc ngắt một số xy lanh nào đó đối với động cơ nhiều xy lanh [49].

6.12.3.4 Phun trực tiếp vào xy lanh

Nhiên liệu được phun trực tiếp vào buồng cháy. Mục đích là làm cho hỗn hợp hòa khí phân lớp nhưng đủ giàu (hòa khí lý tưởng) trong một phần nhỏ của buồng cháy cụ

thể là xung quanh bugi, tại thời điểm xuất hiện tia lửa. Lượng nhiên liệu, áp suất phun (tán nhuyễn nhiên liệu), hình dạng góc phun của nhiên liệu bay ra (độ rộng và sâu) và thời điểm phun được điều chỉnh theo từng chế độ hoạt động của động cơ. Sự xoáy lốc của hỗn hợp khí được điều khiển bằng hình dạng đặc biệt của đỉnh piston [78].

Nhờ phương pháp phun nhiên liệu như vậy và phun nhiều lần, động cơ có thể làm việc với hòa khí siêu nghèo ở lần phun đầu tiên (phun sớm), một hỗn hợp nghèo đồng nhất được hình thành trong toàn bộ buồng cháy cho tới trước thời điểm đánh lửa, nhờ sự xoáy lốc trong buồng đốt. Lần phun ngay sau đó tạo ra hỗn hợp phân lớp giàu nhiên liệu hơn, chính hỗn hợp này sẽ bốc cháy thật nhanh, giảm sự biến đổi từ chu kỳ này đến chu kỳ khác. Nhờ giảm lượng nhiên liệu trong việc nạp phân lớp, nhiệt độ đỉnh của quá trình cháy cũng giảm theo. Do hỗn hợp nhiên liệu quá nghèo, nó cần thời gian cháy lớn nên dẫn đến nhược điểm là tốc độ tối đa cho phép của động cơ bị hạn chế. Trong quá trình cháy hỗn hợp phân lớp, muội than được sinh ra. Hỗn hợp đồng nhất cháy với ngọn lửa màu xanh, có thể làm giảm muội than một cách đáng kể. Tổng lượng nhiên liệu được phun phụ thuộc vào những thông số sau:

- Lưu lượng khối lượng không khí nạp theo thời gian \dot{m}_a ;
- Áp suất trên đường ống nạp p_m (đối với động xăng);
- Góc mở α , của bướm ga ở động cơ xăng;
- Số vòng quay của trục khuỷu động cơ n_e ;
- Góc quay trục khuỷu α_ζ và tín hiệu điểm chết trên của xy lanh (chuẩn để so);
- Nhiệt độ động cơ T_e ;
- Nhiệt độ môi trường T_a ;
- Hiệu điện thế ắc quy U_b (tác động gián tiếp).

Điều khiển nhiên liệu có các chức năng sau đây:

- Điều khiển lượng nhiên liệu phun ra theo thời gian \dot{m}_f theo lượng không khí nạp theo thời gian \dot{m}_a phụ thuộc vào tỉ lệ hòa khí mong muốn;
- Làm giàu hòa khí trong quá trình hâm nóng sau khi khởi động lạnh động cơ xăng;
- Tăng lượng không khí nạp tương đối λ_a hoặc nhiên liệu cung cấp tương đối λ_f khi động cơ còn lạnh vì lúc này ma sát lớn;
- Bù nhiên liệu do tổn thất động học trên đường ống nạp;
- Bù lớp màng mỏng nhiên liệu bám lên đường ống nạp. Hiện tượng này cũng phụ thuộc vào nhiệt độ;
- Cắt nhiên liệu khi chạy đà. Nhiên liệu tiết kiệm được khoảng 5%;
- Lưu lượng khí nạp đã đo, đôi khi còn được hiệu chỉnh lại theo nhiệt độ môi trường, theo sự thay đổi áp suất (trước và sau cánh bướm ga) của khí quyển;
- Điều khiển tốc độ không tải;
- Cắt nhiên liệu để giới hạn tốc độ tối đa của động cơ;

- Điều khiển λ ;
- Điều khiển tuần hoàn khí thải.

6.12.3.5 Vấn đề tối ưu hoá đặc tính động cơ

Tối ưu hóa mức tiêu thụ nhiên liệu và độ ô nhiễm môi trường

Lượng nhiên liệu được phun và góc đánh lửa sớm là hai thông số quan trọng nhất ảnh hưởng đến mức tiêu thụ nhiên liệu cũng như độ ô nhiễm môi trường. Ta không thể đồng thời giảm cả hai yếu tố tiêu thụ nhiên liệu và khí thải.

Nếu góc đánh lửa sớm được chọn để giảm mức tiêu thụ nhiên liệu thì tỉ lệ NO_x và HC trong khí thải sẽ khá cao. Mặt khác, nếu góc đánh lửa sớm được chọn để khí thải ít độc hại nhất, thì mức tiêu thụ nhiên liệu sẽ cao [82]. Trong suốt dải hoạt động của động cơ cần tính đến sự dung hòa giữa mức tiêu thụ nhiên liệu và độ độc hại của khí thải. Mức độ độc hại của khí thải có thể rất cao tại một số chế độ hoạt động đặc biệt của động cơ, vì thế cần tập trung vào việc giảm ô nhiễm do khí thải. Bên cạnh đó, có những chế độ hoạt động mà hàm lượng khí thải có thể chấp nhận được. Tại những điểm đó, sự tối ưu hóa tập trung vào mức tiêu thụ nhiên liệu.

Mức tiêu thụ nhiên liệu và hàm lượng các chất độc trong khí thải được đo bằng những chu trình chạy thử đặc biệt như *ECE-test* (chu trình thử khí thải châu Âu) hoặc *FTP-test* (chu trình thử khí thải Hoa Kỳ) [90]. Những chu trình thử trên đã chỉ rõ tốc độ của xe trong suốt thời gian thử. Khi chuyển đổi từ tốc độ xe sang tốc độ động cơ, một chu trình thử tương đương với một chuỗi những điểm hoạt động khác nhau của động cơ. Mỗi điểm hoạt động được xác định bởi những thông số điều khiển khác nhau bao gồm tốc độ và tải động cơ.

Mức tiêu thụ nhiên liệu có thể coi là thể tích nhiên liệu đã cháy trong toàn bộ thời gian và làm cơ sở cho hàm tối ưu.

$$V_{nl} = \int_0^T \dot{V}_{nl}(t) dt \rightarrow \min \quad (6.27)$$

Tổng nhiên liệu tiêu hao V_{nl} trong thời gian thử của một chu trình cũng có thể có được bằng cách lấy tổng các phần nhiên liệu tiêu hao riêng biệt ở các chế độ hoạt động của động cơ.

$$V_{nl} = \sum_{i=1}^N \dot{V}_i(\alpha_i, \lambda_i) t_i \rightarrow \min \quad (6.28)$$

Phân tích một chu trình thử cho thấy: đa số các chế độ hoạt động lặp lại vài lần. Tổng các khoảng thời gian mà động cơ làm việc ở những điểm hoạt động như nhau i được tính thành tổng thời gian t_i . Mức nhiên liệu tiêu hao \dot{V}_i theo thời gian có thể được giảm thiểu độc lập cho mỗi điểm hoạt động của động cơ. Kết quả thu được là các giá trị của α_i và λ_i được lưu giữ trong bảng tra $\alpha_i(t_{ij}, n)$ và $\lambda_i(t_{ij}, n)$ cho mỗi điểm hoạt độ của động cơ.

Khi tối ưu hoá lượng tiêu thụ nhiên liệu, mức khí thải cực đại cho phép là điều kiện biên của hàm tối ưu [54]. Tốc độ phát sinh khí thải cực đại được quy định bởi các quy định của luật pháp từng quốc gia (chỉ rõ tổng khối lượng các chất thải khác nhau sinh ra trong một chu trình thử).

$$HC = \sum_{i=1}^N \dot{HC}(\alpha_i, \lambda_i) \quad t_i \leq \hat{HC} \quad (6.29)$$

$$CO = \sum_{i=1}^N \dot{CO}(\alpha_i, \lambda_i) \quad t_i \leq \hat{CO} \quad (6.30)$$

$$NO_x = \sum_{i=1}^N \dot{NO}_x(\alpha_i, \lambda_i) \quad t_i \leq \hat{NO}_x \quad (6.31)$$

Mức khí thải trong một đơn vị thời gian HC , CO , NO_x có thể bị ảnh hưởng bởi giá trị của α_i và λ_i tại mỗi điểm hoạt động của động cơ. Mức giới hạn khí thải chỉ dựa vào tổng khối lượng các chất thải sinh ra trong một chu trình thử. Chính vì vậy, ta không rõ giá trị nào của α_i và λ_i phải được sử dụng tại mỗi điểm hoạt động của động cơ. Vấn đề này có thể được giải quyết bằng cách sử dụng phương pháp phân tích đa thức Lagrange [60]. Sự chênh lệch giữa mức khí thải thực tế và mức khí thải cho phép được đánh giá qua hệ số Lagrange L .

Từ (6.25), (6.26), (6.27), (6.28) ta có:

$$W = V + L_{HC}(HC - \hat{HC}) + L_{CO}(CO - \hat{CO}) + L_{NO_x}(NO_x - \hat{NO}_x) \rightarrow \min \quad (6.32)$$

Giá trị của hàm mục tiêu W phải được cực tiểu. Ví dụ, nếu tất cả phát thải đều ở giới hạn cho phép, tất cả các thành phần trong biểu thức 6.32 có thể bỏ qua ngoại trừ mức tiêu thụ nhiên liệu V_{nl} . Như vậy, ta có thể cực tiểu hóa V_{nl} như trước. Giá trị của W được chia thành hai phần: phần không thay đổi W_0 (độc lập với các điểm hoạt động i) và phần thay đổi ảnh hưởng bởi α_i và λ_i .

$$W = \sum_{i=0}^N \dot{V}_i(\alpha_i, \lambda_i)t_i + \sum_{i=0}^N [L_{HC}\dot{HC}(\alpha_i, \lambda_i)t_i + L_{CO}\dot{CO}(\alpha_i, \lambda_i)t_i + L_{NO_x}\dot{NO}_x(\alpha_i, \lambda_i)t_i] - L_{HC}\hat{HC} - L_{CO}\hat{CO} - L_{NO_x}\hat{NO}_x$$

$$W = \sum_{i=0}^N Z(\alpha_i, \lambda_i)t_i - W_0$$

Trong đó: $W_0 = L_{HC}\hat{HC} + L_{CO}\hat{CO} + L_{NO_x}\hat{NO}_x = \text{const} \quad (6.33)$

và:

$$Z(\alpha_i, \lambda_i) = \dot{V}_i(\alpha_i, \lambda_i) + L_{HC}\dot{HC}(\alpha_i, \lambda_i) + L_{CO}\dot{CO}(\alpha_i, \lambda_i) + L_{NO_x}\dot{NO}_x(\alpha_i, \lambda_i)$$

Giá trị của W đạt cực tiểu khi giá trị của hàm $Z(\alpha_i, \lambda_i)$ đạt cực tiểu cho một chế độ hoạt động.

$$Z(\alpha_i, \lambda_i) \rightarrow \min \quad (6.34)$$

Có thể thấy rằng mức tiêu thụ nhiên liệu $\dot{V}(\alpha_i, \lambda_i)$ khi $Z(\alpha_i, \lambda_i)$ cực tiểu hơi cao hơn so với giá trị cực tiểu tuyệt đối nhằm hạ thấp $NO_x(\alpha_i, \lambda_i)$. Nếu chọn chính xác các hệ số Lagrange L_{HC} , L_{CO} và L_{NO_x} thì giá trị W sẽ đạt giá trị cực tiểu trong toàn bộ dải hoạt động của động cơ. Trong thực tế, phải chấp nhận sự lặp lại vài lần với các hệ số Lagrange được cập nhật để có được giá trị W cực tiểu và cũng để thỏa mãn những qui định của pháp luật về khí thải. Ví dụ, trong lần lặp lại đầu tiên, tuy lượng tiêu thụ nhiên liệu ở mức thấp nhưng lượng HC , CO , NO_x trong khí thải vẫn ở mức cao hoặc vượt quá giới hạn của qui định của pháp luật. Khi đó, các hệ số Lagrange L phải được tăng thêm trong lần lặp lại kế tiếp. Thực nghiệm chỉ ra rằng chỉ một vài lần trong số những lần lặp lại cần tối thiểu hóa hàm Z ở một số điểm đại diện cho chế độ hoạt động i' . Các giá trị cho các điểm hoạt động khác có thể có được từ phép nội suy [69].

6.12.3.6 Tối ưu hóa đặc tính tốc độ động cơ

Đặc tính tốc độ động cơ được xây dựng bởi mối quan hệ $N_e = f_1(n_e)$ và $M_e = f_2(n_e)$, $g_e = f_3(n_e)$, trong đó, nếu các yếu tố kết cấu như V_h , I , L_0 , Q_{ik} ... là hằng số thì các yếu tố η_v , ρ_k , λ là những yếu tố quyết định đến sự thay đổi đặc tính động cơ. Chính trên cơ sở này mà các động cơ ô tô hiện đại muốn có được công suất và mô men cực đại hay nói chung là vùng đặc tính tối ưu theo n_e thì phải được áp dụng các giải pháp điều khiển λ và η_v là chính [70].

Các động cơ ô tô trước đây do ưu tiên cho hai tính năng: ***có mômen ở tốc độ thấp*** để khởi hành ô tô một cách từ từ và ***chạy không tải ổn định*** nên hạn chế nạp ở vùng tốc độ thấp. Các động cơ ô tô hiện nay do đòi hỏi ***tăng tốc độ và mômen ở tốc độ cao***, đồng thời lại phải có cả hai tính năng trên, nên phải tăng khả năng nạp ở tốc độ cao bằng các giải pháp:

- Điều khiển pha phối khí thông minh;
- Điều khiển hành trình supáp thông minh;
- Điều khiển nạp gió thông minh.

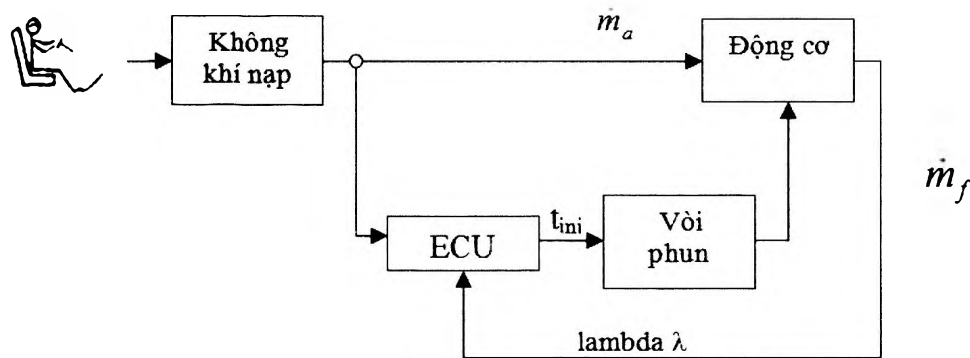
Có nhiều kiểu điều khiển pha phối khí thông minh và điều khiển hành trình supáp thông minh như của các hãng TOYOTA, NISSAN, BMW, KIA và đều tạo ra các đặc tính khác nhau, được đặc trưng bởi hai hoặc vài vùng đặc tính: đặc tính làm việc tốt ở vùng tốc độ thấp và đặc tính làm việc tốt ở vùng tốc độ cao.

6.12.4 Lý thuyết điều khiển phun xăng điện tử

6.12.4.1 Mô hình hệ thống điều khiển phun xăng điện tử

Động cơ đốt trong là nguồn động lực cơ bản trang bị trên các phương tiện giao

thông. Động cơ được điều khiển để đáp ứng yêu cầu lực cản của đường. Việc thay đổi độ mở của bướm ga sẽ làm thay đổi lượng không khí đi vào động cơ và khi lượng không khí vào nhiều, lượng nhiên liệu cung cấp lớn, công suất của động cơ phát ra lớn. Động cơ phun xăng điện tử cũng điều khiển theo kiểu truyền thống. Tuy nhiên, lượng nhiên liệu cung cấp chính xác hơn nhờ vào các cảm biến đo lưu lượng khí nạp kết hợp với điều khiển lập trình.



Hình 6.233: Hệ thống điều khiển phun xăng điện tử [88].

Mô hình (hình 6.233) mô tả các tín hiệu, thông số và các biến được xem như giá trị trung bình trong một hoặc vài vòng quay động cơ.

Một yếu tố quan trọng trong điều khiển phun xăng là phải xác định được khối lượng không khí đi vào xylanh. Lượng xăng tương ứng sẽ được tính toán để bảo đảm tỉ lệ hỗn hợp mong muốn. Trên thực tế, chúng ta không thể đo chính xác khối lượng không khí đi vào từng xylanh. Vì vậy, khi điều khiển động cơ phun xăng, người ta thường dựa trên lưu lượng không khí đi qua đường ống nạp tính bằng khối lượng.

6.12.4.2 Không khí nạp

Khối lượng không khí trên một chu kỳ cháy

Lượng không khí nạp tương đối tương ứng λ_a ở tốc độ động cơ thấp có thể được tăng lên nhờ cộng hưởng quán tính dòng khí trên đường ống nạp cho mỗi xylanh. Sự cộng hưởng này xảy ra theo chu kỳ đóng và mở của supáp hút [29].

Hình dáng của đường ống nạp được thiết kế để cộng hưởng xảy ra ở tốc độ động cơ thấp. Nó được dùng để tạo áp suất có giá trị cao nhất có thể khi cộng hưởng xảy ra tại vị trí supáp hút ngay khi supáp hút mở ra. Vì vậy, lưu lượng không khí nhiều hơn được đưa vào buồng cháy, tăng lượng không khí cung cấp tương đối λ_a và tăng công riêng có ích trên một chu trình ω_e . Tần số cộng hưởng điển hình xảy ra khi tốc độ động cơ nằm giữa 2.000 ÷ 3.000 (v/p). Để tần số cộng hưởng xảy ra khi tốc độ động cơ thấp hơn thì kích thước của đường ống nạp trở nên quá lớn. Tần số dao động của không khí trên đường ống nạp là:

$$f_p = \frac{n_e \cdot i}{120} \quad (6.35)$$

Ví dụ: tần số dao động với động cơ 6 xylanh, ở tốc độ $n = 6000$ v/p bằng $f_p = 300$ Hz. Khối lượng khí nạp trên một xylanh được tính toán bằng cách tích phân lưu lượng khối lượng không khí nạp \dot{m}_a trong một chu kỳ dao động.

$$m_a = \int_{t_a}^{t_b} \dot{m}_a dt$$

Cận (thời gian bắt đầu t_a , thời gian kết thúc t_b) của phép tích phân được cho bởi:

$$t_b - t_a = \frac{1}{f_p} = \frac{120}{n_e \cdot i}$$

Vì thế, khối lượng khí nạp cho một xy lanh trong một chu kỳ là:

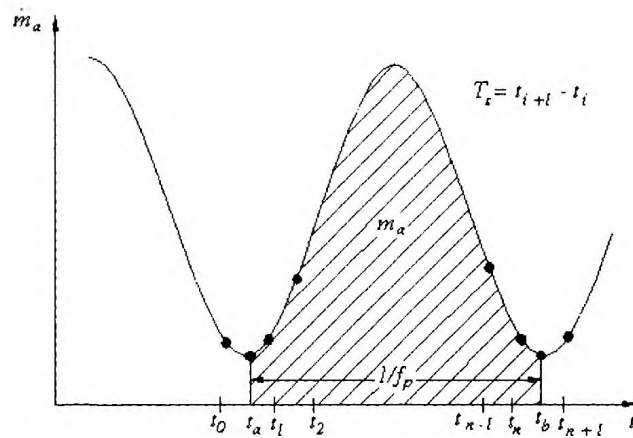
$$m_a = \int_0^{\frac{1}{f_p}} \dot{m}_a dt \quad (6.37)$$

Khối lượng không khí cung cấp m_a có thể được tính bằng cách lấy tích phân tín hiệu cảm biến lưu lượng khí nạp. Tín hiệu lấy mẫu phải có tỉ lệ đủ cao để tránh nhầm lẫn, và vì thế, nó phải cao hơn từ 5 đến 10 lần so với tần số dao động cao nhất. Kết quả là đặc tính phi tuyến của cảm biến đo lưu lượng khí nạp phải được chỉnh lại trước khi tích phân. Có thể đạt được đặc tính tuyến tính bằng cách (tăng lên nhiều lần) nhân đặc tính của cảm biến với nghịch đảo của nó.

Thời điểm đúng cho phép tích phân (t_a , t_b) có thể được lấy từ tín hiệu góc quay trục khuỷu α_σ . Ví dụ, cảm biến trục khuỷu có 60 răng thì khoảng thời gian tồn tại của $t_b - t_a = 1/f_p$ tương đương với góc $\alpha_\sigma = 120^\circ$ trong động cơ 6 xylanh. Điều này tương ứng với sự quay 20 răng của cảm biến trục khuỷu. Đáng tiếc là, lưu lượng khí nạp đồng bộ theo thời gian chứ không đồng bộ với góc quay trục khuỷu α_σ . Do lưu lượng khí nạp \dot{m}_a không được lấy mẫu ở thời gian bắt đầu và kết thúc t_a , t_b , nó buộc phải được nội suy.

$$\dot{m}_a(t_a) = \dot{m}_a(t_0) \frac{t_1 - t_a}{T_s} + \dot{m}_a(t_1) \left(1 - \frac{t_1 - t_a}{T_s}\right)$$

$$\dot{m}_a(t_b) = \dot{m}_a(t_n) \frac{t_{n+1} - t_b}{T_s} + \dot{m}_a(t_{n+1}) \left(1 - \frac{t_{n+1} - t_b}{T_s}\right)$$



Hình 6.234 Khối lượng khí nạp m_a được tính từ tích phân lưu lượng khí nạp \dot{m}_a theo thời gian $t_b - t_a$.

Tích phân gần đúng bằng phương pháp hình thang:

$$m_a \approx \frac{T_s}{i} \left[\begin{aligned} & \left[\dot{m}_a(t_a) + \dot{m}_a(t_1) \right] \frac{t_1 - t_a}{T_s} + \dot{m}_a(t_1) + 2\dot{m}_a(t_2) + \\ & + 2\dot{m}_a(t_{n-1}) + \dot{m}_a(t_n) + \left[\dot{m}_a(t_n) + \dot{m}_a(t_b) \right] \left(1 - \frac{t_{n+1} - t_b}{T_s} \right) \end{aligned} \right]$$

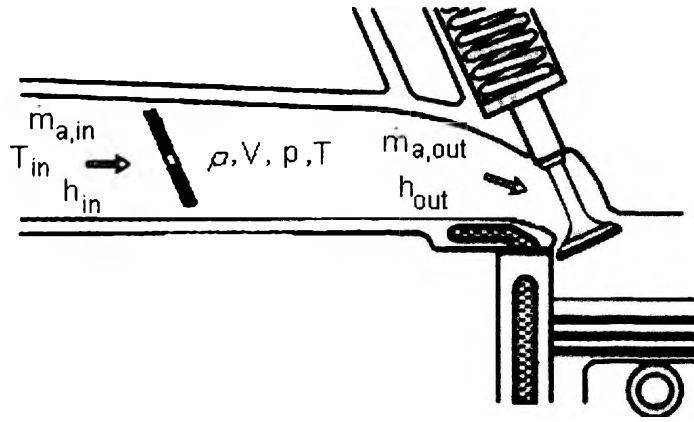
được đơn giản thành:

$$m_a \approx \frac{T_s}{i} \left[\begin{aligned} & \dot{m}_a(t_0) \frac{(t_1 - t_a)^2}{T_s^2} - \dot{m}_a(t_1) \left(1 - \frac{(t_1 - t_a)^2}{T_s^2} \right) + 2 \sum_{i=1}^n \dot{m}_a(t_i) - \\ & - \dot{m}_a(t_n) \frac{(t_{n+1} - t_b)^2}{T_s^2} + \dot{m}_a(t_{n+1}) \left(1 - \frac{(t_{n+1} - t_b)^2}{T_s^2} \right) \end{aligned} \right] \quad (6.38)$$

Động học đường ống nạp

Hình 6.235 mô tả mặt cắt dọc của đường ống nạp. Lưu lượng khí nạp vào đường ống nạp $\dot{m}_{a,n}$ được điều tiết bởi góc mở của bướm ga.

Lưu lượng khí nạp từ đường ống nạp vào trong xylanh $\dot{m}_{a,out}$ phụ thuộc vào áp suất trên đường ống nạp p_m và áp suất bên trong xylanh p_c . Để điều chỉnh tỉ lệ hòa khí λ chính xác và kịp thời, lượng nhiên liệu được phun phải điều chỉnh theo lưu lượng khí nạp vào trong xylanh $\dot{m}_{a,out}$, chứ không phải theo lưu lượng không khí vào đường ống nạp $\dot{m}_{a,n}$.



Hình 6.235: Mặt cắt dọc của đường ống nạp.

Một sự thay đổi lưu lượng khối lượng không khí nạp \dot{m}_a sẽ dẫn đến sự thay đổi áp suất trễ hơn trên đường ống nạp p_m . Theo phương trình vi phân nhận được từ trạng thái cân bằng năng lượng: sự thay đổi nội năng của khối khí trên đường ống nạp bằng tổng các dòng năng lượng đi vào và đi ra cộng với sự thay đổi năng lượng của khí cháy do sinh công $p - V$. Đưa vào giá trị nội năng riêng $u = U/m$ và nhiệt năng riêng $h = H/m$ thì phương trình vi phân trở thành:

$$\frac{d}{dt}(\dot{m}_{a,n} u_n) = \dot{m}_{a,n} u_n - \dot{m}_{a,out} u_{out} + p_a \dot{V}_n - p_m \dot{V}_{out} \quad (6.39)$$

Trong mô hình này [78], cộng hưởng trong họng hút được bỏ qua bởi ta giả định rằng áp suất p_m đồng nhất ở bướm ga và lòng xylanh. Ngoài ra, bức xạ nhiệt thoát ra từ động cơ được xem như ngang bằng với năng lượng nhiệt cần để làm bay hơi nhiên liệu. Vì vậy, không có thành phần nào khác được thêm vào phương trình 6.36. Enthalpy ở đầu vào và đầu ra tương đương với:

$$\dot{m}_{a,n} h_n = \dot{m}_{a,n} u_n + p_a \dot{V}_n \quad (6.40)$$

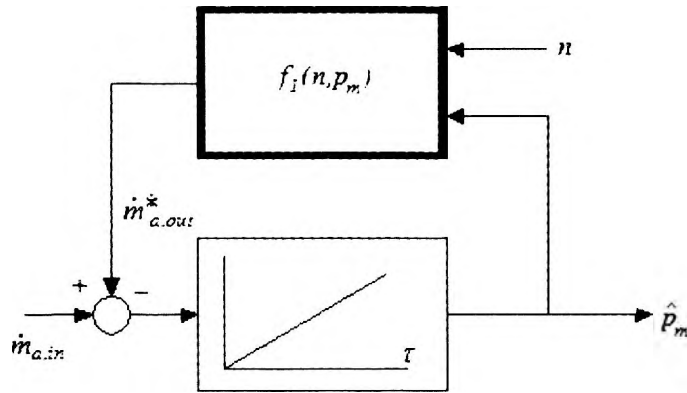
$$\dot{m}_{a,out} h_{out} = \dot{m}_{a,out} u_{out} + p_m \dot{V}_{out} \quad (6.41)$$

Thế vào phương trình 6.36

$$\dot{m}_{a,n} \dot{u}_n + \dot{m}_{a,n} u_n = \dot{m}_{a,n} h_n - \dot{m}_{a,out} h_{out} \quad (6.42)$$

Gọi các nhiệt dung riêng $c_v = \frac{\partial u}{\partial T}, c_p = \frac{\partial h}{\partial T}$
Ta có:

$$\rho_m V_m c_v \dot{T}_m + c_v T_m \dot{\rho}_m V_m = \dot{m}_{a,n} c_p T_a - \dot{m}_{a,out} c_p T_m \quad (6.43)$$



Hình 6.236: Mô hình động học của đường ống nạp.

Chia hai vế cho $c_v V_m$:

$$\rho_m \dot{T}_m + \dot{p}_m T_m = \frac{c_p}{c_v} \frac{T_a}{V_m} \left(\dot{m}_{a,in} - \frac{T_m}{T_a} \dot{m}_{a,out} \right) \quad (6.44)$$

Thay vào hệ số đoạn nhiệt $k = \frac{c_p}{c_v}$ vào phương trình khí lý tưởng $pV = mRT$
Ta nhận được phương trình biểu diễn sự thay đổi áp suất:

$$\dot{p}_m = \frac{kRT}{V_m} \left(\dot{m}_{a,in} - \frac{T_m}{T_a} \dot{m}_{a,out} \right) \quad (6.45)$$

V_m – thể tích đường ống nạp (m^3).

Việc đo lưu lượng khí từ ống nạp vào xy lanh $\dot{m}_{a,out}$ rất khó. Do đáp ứng động học của $\dot{m}_{a,out}$ nhanh hơn nhiều so với áp suất p_m trên đường ống nạp, nên chỉ có những giá trị cố định của $\dot{m}_{a,out}$ sẽ được tra từ bảng tra $f(n_e, p_m)$. Lưu lượng khí nạp $\dot{m}_{a,out}$ phụ thuộc vào tốc độ động cơ n_e và áp suất trên đường ống nạp p_m ở chế độ hoạt động tĩnh của động cơ tại đó đạo hàm $\dot{n} = 0, \dot{p} = 0$.

$$\dot{m}_{a,out}^* = \dot{m}_{a,out} \frac{T_m}{T_a} = f_1(n_e, p_m) \quad (6.46)$$

Sự thay đổi áp suất trên đường ống nạp được xác định bởi:

$$\dot{p}_m = \frac{1}{\tau} (\dot{m}_{a,in} - f_1(n_e, p_m)) \quad (6.47)$$

Với hằng số tích phân τ :

$$\tau = \frac{V_m}{kRT} \quad (6.48)$$

Bảng tra có thể được xác định từ thực nghiệm (trên băng thử trong phòng thí nghiệm) ở những điểm hoạt động tĩnh của động cơ, tại đó đạo hàm áp suất trung bình trên đường ống nạp $\dot{p}_m = 0$. Trong những điều kiện này, lưu lượng khí đi vào $\dot{m}_{a,i}$ bằng với giá trị có trên bảng tra là $\dot{m}_{a,out}^*$. Bằng cách tích phân phương trình, áp suất trung bình trên đường ống nạp có thể được ước lượng trong một khoảng thời gian thật. Nó có thể được sử dụng để điều khiển tốc độ không tải. Một ứng dụng khác là để ước lượng lưu lượng khí nạp $\dot{m}_{a,n}$ từ áp suất đo được trên đường ống nạp p_m và tốc độ động cơ n_c :

$$\dot{m}_{a,n} = \tau \cdot \dot{p}_m + f_1(n_c, p_m) \quad (6.49)$$

Đạo hàm \dot{p}_m chỉ có thể tính sau một khoảng thời gian (trễ). Trong một số xe, đạo hàm góc mở bướm ga $\dot{\alpha}$, được sử dụng như biến số phụ.

Hằng số thời gian có thể rút gọn ở các chế độ hoạt động $p_{m,o}$ và $\dot{m}_{a,o}$

$$\tau_n = \frac{p_{m,o}}{\dot{m}_{a,o}} \tau \quad (6.50)$$

Thông số rút gọn τ_n này là tích phân hằng số thời gian trong một giây. Sự thay đổi áp suất \dot{p}_m khi đó sẽ là:

$$\tau_n \frac{d}{dt} \left(\frac{p_m}{p_{m,o}} \right) = \frac{\dot{m}_{a,i}}{\dot{m}_{a,o}} - \frac{f_1(n_c, p_m)}{\dot{m}_{a,o}} \quad (6.51)$$

Hằng số thời gian τ_n chủ yếu phụ thuộc vào lưu lượng khí $\dot{m}_{a,o}$, nó có thể được thấy trong những ví dụ sau đây: giả sử thể tích của đường ống nạp $V_m = 4,25 \text{ l}$ ở nhiệt độ môi trường là $T_a = 300 \text{ K}$ và hệ số đoạn nhiệt $k = 1,4$, hằng số thời gian τ_n ở công suất lớn nhất và nhỏ nhất được tính toán như sau:

- Ở chế độ công suất tối đa, áp suất trên đường ống nạp là $p_{m,o} = 1 \text{ bar}$ và lưu lượng khí sẽ là $\dot{m}_{a,o} = 600 \text{ kg/h}$. Nó dẫn đến hằng số thời gian là:

$$\tau_{n,1} = 21 \text{ ms}$$

- Ở chế độ công suất tối thiểu (chế độ không tải), áp suất là $p_{m,o} = 0,35 \text{ bar}$, lưu lượng khí nạp sẽ là $\dot{m}_{a,o} = 6 \text{ kg/h}$ và dẫn đến:

$$\tau_{n,2} = 740 \text{ ms}$$

Chúng ta thấy rằng động học của đường ống nạp đã ảnh hưởng đến động học của động cơ đặc biệt là ở công suất thấp, chẳng hạn ở chế độ không tải.

6.12.4.3 Phun nhiên liệu

Phun nhiên liệu gián đoạn

Phun nhiên liệu gián đoạn kinh tế hơn nhiều so với phun nhiên liệu liên tục, nhờ đảm bảo những yêu cầu chính xác khác nhau trong hệ thống. Do công suất phát ra của động cơ biến thiên trong khoảng rộng nên tỉ lệ giữa công suất N_{\min} ở chế độ không tải và công suất cực đại N_{\max} thay đổi từ 1 ÷ 100 [62].

$$\frac{N_{\max}}{N_{\min}} = 100 \quad (6.52)$$

Còn khoảng biến thiên của số vòng quay động cơ:

$$\frac{n_{\max}}{n_{\min}} = 10 \quad (6.53)$$

Ở chế độ hoạt động tĩnh của động cơ, lượng nhiên liệu được phun vào động cơ \dot{m}_f theo thời gian tỷ lệ thuận với công suất có ích phát ra của động cơ N_e .

Giả sử ta cung cấp một lượng nhiên liệu liên tục \dot{m}_f , sai số tương đối trong hệ thống điều khiển phun xăng dạng hở (open loop control) khi tải thấp sẽ là:

$$\frac{\Delta \dot{m}}{\dot{m}_{\min}} < 3\% \quad (6.54)$$

Điều này sinh ra sai số tương đối liên quan đến lưu lượng nhiên liệu tối đa

$$\frac{\Delta \dot{m}}{\dot{m}_{\max}} = \frac{\dot{m}_{\min}}{\dot{m}_{\max}} \frac{\Delta \dot{m}}{\dot{m}_{\min}} = \frac{N_{\min}}{N_{\max}} \frac{\Delta \dot{m}}{\dot{m}_{\min}} < 3 \cdot 10^{-4} \quad (6.55)$$

Do đó, sai số tương đối ở chế độ không tải lớn hơn 100 lần so với sai số tương đối ở chế độ công suất cực đại. Hệ thống phun nhiên liệu liên tục phải được thiết kế chính xác, do đó chi phí cao.

Điều khiển nhiên liệu có thể thực hiện nhờ phương pháp phun nhiên liệu gián đoạn [73]. Cho mỗi chu kỳ, một lượng nhiên liệu nào đó m_f được phun. Số lần phun trên một giây tỷ lệ thuận với tốc độ động cơ n_c . Lượng nhiên liệu được phun trên một xy lanh và cho một chu kỳ là:

$$m_f = \int_0^{\frac{120}{n_c \cdot i}} \dot{m}_f dt \quad (6.56)$$

Trong đó: i là số xy lanh của động cơ. Hệ số 2 là do hòa khí chỉ bị đốt cháy ở một kỳ trong hai vòng quay hoạt động của động cơ 4 kỳ. Giả sử lưu lượng nhiên liệu không đổi \dot{m}_f khi động cơ hoạt động ở chế độ tĩnh tại, tích phân lượng này dẫn đến:

$$m_f = \frac{\dot{m}_f \times 120}{n_e \cdot i} \quad (6.57)$$

Tỉ lệ của lượng nhiên liệu tối đa và tối thiểu được phun trên một chu kỳ

$$\frac{m_{\max}}{m_{\min}} = \frac{N_{\max}}{N_{\min}} \frac{n_{\min}}{n_{\max}} = 10 \quad (6.58)$$

Giả sử sai số tương đối khi tải cực tiểu là:

$$\frac{\Delta m}{m_{\min}} < 3\% \quad (6.59)$$

Thì sai số tương đối tương ứng cho lượng nhiên liệu tối đa trên một chu kỳ sẽ là:

$$\frac{\Delta m}{m_{\max}} < 3 \cdot 10^{-3} \quad (6.60)$$

Và tỉ lệ sai số tương đối chênh lệch giữa hai chế độ là 10 lần. So với hệ thống phun nhiên liệu liên tục, hệ thống phun nhiên liệu gián đoạn yêu cầu độ chính xác thấp hơn và vì thế, hệ thống phun gián đoạn có thể sản xuất với giá thấp hơn.

Tính toán thời gian phun

Lượng nhiên liệu cung cấp cho động cơ được kiểm soát bởi thời gian phun t_{inj} là thời gian mở vòi phun. Như vậy, lượng nhiên liệu phun vào một xy lanh phụ thuộc vào lượng không khí [62]:

$$m_f = \frac{m_a}{L_o \lambda} = \frac{1}{L_o \lambda} \frac{\dot{m}_a}{n_e} \frac{120}{i} \quad (6.61)$$

Trong đó: m_a - Khối lượng không khí vào một xy lanh (kg);

\dot{m}_a - Lưu lượng khối lượng không khí nạp (kg/s);

L_o - Lượng không khí lý thuyết để đốt cháy hoàn toàn 1 kg nhiên liệu (kg/kg_n);

n_e - Số vòng quay của trục khuỷu động cơ (vòng/phút hoặc s⁻¹);

i - số xy lanh.

Lượng nhiên liệu phun m_f tỉ lệ với thời gian mở vòi phun t_{inj} và độ chênh lệch áp suất Δp trong vòi phun và ngoài vòi phun (áp suất đường ống nạp) [62].

$$m_f \sim \rho_f \cdot A_{eff} \cdot \sqrt{2 \frac{\Delta p}{\rho_f}} t_{inj} \quad (6.62)$$

Trong đó:

ρ_f - khối lượng riêng của nhiên liệu (kg/m³);

A_{eff} - tiết diện lỗ kim (m²).

Ở kiểu phun trên đường ống nạp (port injection), $\Delta p \approx 5$ bar. Thời gian phun ở một chế độ hoạt động nào đó của động cơ:

$$t_{inj} \sim \frac{1}{\lambda} \frac{\dot{m}_a}{n_c} \frac{120}{i} \quad (6.63)$$

Ở một chế độ mà động cơ hoạt động với tỉ lệ hòa khí lựa chọn λ_0 , thời gian phun:

$$t_0 \sim \frac{1}{\lambda_0} \frac{\dot{m}_a}{n_c} \frac{120}{i} \quad (6.64)$$

Ở những chế độ khác với $\lambda \neq \lambda_0$, thời gian phun sẽ là:

$$t_{inj} \approx \frac{\lambda_0}{\lambda} t_0 \quad (6.65)$$

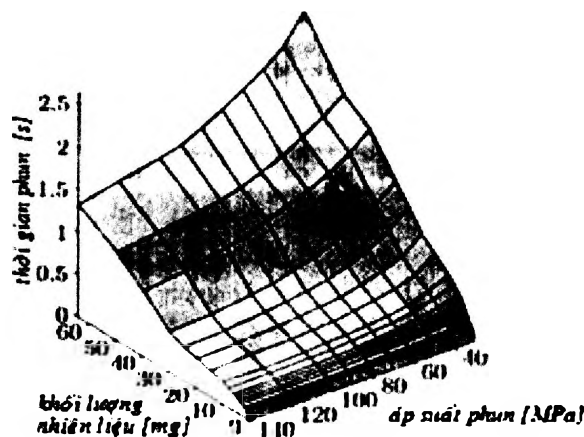
Thời gian phun trên một chu kỳ phụ thuộc vào các giá trị sau:

Lưu lượng khí nạp \dot{m}_a - sai số hệ thống ở vài cảm biến có thể giảm xuống nhờ tính đến tỉ trọng và nhiệt độ không khí.

Khối lượng khí trên một chu kỳ m_a .

Tỉ lệ hòa khí chuẩn λ_0 , ví dụ như tỉ lệ hòa khí lý tưởng. Có thể dùng thông số trên bảng tra (look – up table) xác định từ thử nghiệm động cơ để bù vào sai số của các cảm biến và cơ cấu chấp hành: $\lambda_0 = \lambda_0(\dot{m}_a, n_c)$.

Tỉ lệ hòa khí thực tế λ phụ thuộc vào nhiều yếu tố như nhiệt độ trong quá trình làm giàu hòa khí để hâm nóng và hiệu chỉnh cho các quá trình chuyển tiếp tức thời. Ở động cơ Diesel ta luôn có $\lambda > 1,3$.



Hình 6.237: Bản đồ đặc tính phun loại điều khiển áp điện.

Điện áp ắc quy U_b : nó ảnh hưởng đến thời gian chết của kim phun loại điện từ. Tác động này có thể được bù lại nhờ thêm thời gian hiệu chỉnh theo điện áp $\Delta t(U_b)$. Vậy thời gian phun đã được bù là:

$$t_{inj} + \Delta t(U_b) \quad (6.66)$$

Thay vì đo trực tiếp, lưu lượng khí nạp \dot{m}_a có thể được ước lượng từ áp suất trên đường ống nạp p_m hoặc góc mở cánh bướm ga trên động cơ xăng. Lưu lượng không khí nạp vào các xy lanh cũng phụ thuộc vào sự thay đổi áp suất động trên đường ống nạp. Nó là một hàm số của:

$$\dot{m}_a = f_0(p_m, \dot{p}_m, n_e) \quad (6.67)$$

Trong đó f_0 phải được đo cho tất cả các giá trị \dot{m}_a có thể xảy ra trong chế độ hoạt động tĩnh của động cơ và hiệu chỉnh theo các sự thay đổi áp suất động học.

Hình 6.237 mô tả bản đồ thời gian phun cần thiết t_{inj} của kim phun áp suất cao loại áp điện theo khối lượng nhiên liệu phun m_f và chênh lệch áp suất phun Δp .

Phun gián đoạn

So với kiểu phun liên tục (*K-Jetronic*), phun gián đoạn tiết kiệm nhiên liệu hơn như độ chính xác cao hơn. Công suất động cơ thay đổi trong khoảng lớn. Tỷ lệ công suất động cơ toàn tải và không tải là:

$$\frac{P_{MAX}}{P_{MIN}} = 100$$

Trong khi đó, tốc độ thay đổi trong một khoảng hẹp hơn.

$$\frac{n_{MAX}}{n_{MIN}} = 10$$

Ở một chế độ hoạt động cố định, lượng xăng phun ra theo thời gian m' tỉ lệ với công suất hiệu dụng P_e của động cơ.

Nếu phun gián đoạn, trong mỗi chu kỳ, một lượng nhiên liệu nào đó được phun ra. Số lần phun trên giây sẽ tỉ lệ thuận với tốc độ động cơ.

Lượng xăng phun cho mỗi xy lanh và chu kỳ cháy là:

$$m_f = \int_0^2 m'_f . dt$$

Số 2 là do hỗn hợp chỉ đốt một lần trong 2 vòng quay trục khuỷu.

Nếu m'_f không đổi trong một chế độ làm việc nào đó của động cơ, ta có:

$$m_f = \frac{m'_f}{n} \frac{2}{Z}$$

Do đó, tỉ lệ giữa lượng xăng phun cao nhất và thấp nhất sẽ là:

$$\frac{m_{\max}}{m_{\min}} = \frac{P_{\max}}{P_{\min}} \frac{n_{\min}}{n_{\max}} = 10$$

Tính toán thời gian phun

Lượng nhiên liệu cung cấp cho động cơ được kiểm soát bởi thời gian phun t_{inj} là thời gian kim phun mở. Như vậy, lượng nhiên liệu phun vào một xy lanh phụ thuộc vào lượng không khí:

$$m_f = \frac{m_a}{L_s \lambda} = \frac{1}{L_s \lambda} \frac{m'_a}{n} \frac{2}{Z}$$

Trong đó:

m_a : khối lượng không khí

m'_a : lưu lượng không khí

$$L_{st} = 14.66$$

Lượng nhiên liệu phun ra m_f tỉ lệ với thời gian mở kim t_{inj} và độ chênh lệch áp suất ΔP trên kim và dưới kim (áp suất đường ống nạp). Trong trường hợp phun trực tiếp, áp suất dưới kim là áp suất buồng cháy.

$$m_f \approx \rho_f \cdot A_{eff} \cdot \sqrt{2 \frac{\Delta P}{\rho_f}} t_{inj}$$

Trong đó:

ρ_f : tỷ trọng nhiên liệu.

A_{eff} : tiết diện lỗ kim.

Ở kiểu phun trên đường ống nạp $\Delta P \cong 5 \text{ bar}$. Trong động cơ phun trực tiếp $\Delta P \cong 400 \text{ bar}$ đối với động cơ xăng và $\Delta P \cong 2.000 \text{ bar}$ đối với động cơ diesel.

Thời gian phun ở một chế độ hoạt động nào đó của động cơ:

$$t_{inj} \approx \frac{1}{\lambda} \frac{m'_a}{n} \frac{2}{Z}$$

Ở một chế độ mà động cơ hoạt động với tỉ lệ hòa khí lựa chọn λ_0 , lượng xăng phun:

$$t_0 \approx \frac{1}{\lambda_0} \frac{m'_0}{n} \frac{2}{Z}$$

Ở những chế độ khác với $\lambda \neq \lambda_0$, thời gian phun sẽ là:

$$t_{inj} \approx \frac{\lambda}{\lambda_0} t_0$$

Thời gian phun theo một chu trình cháy phụ thuộc vào các thông số sau:

Lưu lượng không khí nạp tính bằng khối lượng m'_a : có thể đo trực tiếp (trong *L-Jetronic*) hoặc gián tiếp (trong *D-Jetronic*). Ngoài trừ hệ thống phun nhiên liệu cảm biến khí nạp kiểu dây nhiệt, các hệ thống phun nhiên liệu khác phải kết hợp với cảm biến nhiệt độ khí nạp và áp suất khí trời.

Lượng không khí theo kỳ m'_a : được tính toán bởi công thức giới thiệu ở phần sau, theo chương trình nạp vào EEPROM. Tỷ lệ hòa khí lựa chọn λ_0 : tùy theo kiểu động cơ, chẳng hạn tỷ lệ lý tưởng. Một bảng giá trị (look-up table) có thể chứa các giá trị $\lambda_0 = f(m'_a, n)$ cũng có thể đưa vào EEPROM. Tỷ lệ hòa khí thực tế λ : phụ thuộc vào các thông số như nhiệt độ động cơ trong quá trình làm nóng hoặc sự hiệu chỉnh để tăng đặc tính động học (tăng tốc, giảm tốc, tải lớn, không tải). Trong động cơ diesel, λ luôn > 1.3

Điện áp ắc quy: ảnh hưởng đến thời điểm nhắc kim phun. Vì vậy, để bù trừ thời gian phun sẽ phải cộng thêm một khoảng thời gian tùy theo điện áp ắc quy:

$$T_{inj} + \Delta t(U_b)$$

Trong *D-Jetronic* (sử dụng MAP sensor) lượng khí nạp tính bằng khối lượng có thể suy ra từ áp suất đường ống nạp P_m hoặc góc mở bướm ga α . Lưu lượng không khí nạp vào xy lanh cũng phụ thuộc vào các thay đổi áp suất trên ống nạp p'_m .

$$m'_a = f(p_m, p'_m, n)$$

Lượng khí nạp trong một chu trình:

Hệ số nạp tương đối λ_a ($\lambda_a = \frac{m_a}{m_{a,th}}$) ở tốc độ thấp có thể được tăng nhờ cộng hưởng

âm trên đường ống nạp đến mỗi xy lanh, các cộng hưởng phát xuất từ việc đóng mở supap. Dạng hình học của ống nạp được thiết kế cho tốc độ thấp, sao cho áp suất cực đại cho cộng hưởng xảy ra ở supap hút đúng khi nó mở. Như vậy, có nhiều không khí đi vào buồng đốt và tăng hệ số nạp cũng như công suất động cơ. Tần số cộng hưởng thường nằm giữa *2.000 rpm* và *3.000 rpm*. Tần số càng thấp thì kích thước ống nạp càng lớn. Tần số dao động của dòng khí trong đường ống nạp là:

$$F_p = \frac{n.Z}{2}$$

do không khí đi vào xy lanh 1 lần trong 2 vòng quay.

Khối lượng khí nạp theo xy lanh có thể được tính trong 1 chu trình:

$$m_a = \int_{t_a}^{t_b} m'_a \cdot dt$$

$$t_b - t_a = \frac{1}{fp} = \frac{2}{n \cdot Z}$$

Suy ra:
$$m_a = \int_0^{\frac{1}{fp}} m'_a \cdot dt$$

Tính toán thời gian mở kim trong D-Jetronic: phương pháp tốc độ - tỉ trọng

Một yếu tố quan trọng trong điều khiển phun xăng là phải xác định được khối lượng không khí đi vào xy lanh. Lượng xăng tương ứng sẽ được tính toán để bảo đảm tỉ lệ hòa khí mong muốn. Trên thực tế, chúng ta không thể đo chính xác khối lượng không khí đi vào từng xy lanh. Vì vậy, khi điều khiển động cơ phun xăng, người ta thường dựa trên lưu lượng không khí đi qua đường ống nạp tính bằng khối lượng.

Có hai phương pháp để xác định khối lượng không khí: Trong phương pháp trực tiếp, khối lượng không khí được đo bằng cảm biến dây nhiệt (airmass sensor). Trong phương pháp gián tiếp, người ta sử dụng cảm biến đo thể tích không khí (dùng cảm biến khí nạp loại cánh trượt, cảm biến Karman...) hoặc cảm biến đo áp suất trên đường ống nạp (MAP sensor), sau đó phối hợp với cảm biến đo nhiệt độ khí nạp và cảm biến đo tốc độ động cơ để tính toán khối lượng không khí. Phần tính toán được cài sẵn trong EEPROM. Phương pháp này còn được gọi là phương pháp tốc độ - tỉ trọng. Đối với một thể tích không khí V ở điều kiện nhiệt độ T và áp suất P , tỷ trọng của không khí được xác định bởi:

$$d_a = \frac{M_a}{V}$$

Trong đó: M_a là khối lượng không khí của thể tích V .

$$M_a = d_a V$$

Như vậy, lưu lượng không khí tính bằng khối lượng R_m có thể suy ra từ lưu lượng không khí tính bằng thể tích R_v

$$R_m = R_v d_a$$

Phối hợp với cảm biến đo áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp và nhiệt độ khí nạp, máy tính có thể xác định tỉ trọng d_a theo biểu thức:

$$d_a = d_o \frac{p T_o}{p_o T}$$

Trong đó: d_o : tỷ trọng của không khí ở điều kiện áp suất khí quyển ở mực nước biển $p_o = 1 \text{ atm}$ và nhiệt độ trong phòng $T_o = 293 \text{ K}$.

Lưu lượng không khí tính bằng thể tích đi qua cánh bướm ga thường được dựa vào cảm biến tốc độ động cơ:

$$R_v = \frac{n D}{60 \cdot 2} \eta_v$$

Trong đó: D : dung tích xylanh. η_v : hiệu suất nạp tính bằng thể tích. η_v : có giá trị thay đổi từ 0 đến 1, phụ thuộc vào áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp và tốc độ động cơ, thông thường được xác định bằng thực nghiệm và được ghi vào EPROM.

Trong trường hợp động cơ với cảm biến đo áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp, có sử dụng hệ thống tuần hoàn khí thải (*EGR - exhaust gas recirculation*), một phần khí thải sẽ quay lại đường ống nạp khi nhiệt độ động cơ cao. Vì vậy, lưu lượng không khí tính bằng khối lượng lúc này sẽ bằng:

$$R_m = \left[\left(\frac{n D}{60 \cdot 2} \eta_v \right) - R_{EGR} \right] d_o \times \frac{p}{p_o} \times \frac{T_o}{T}$$

Cần lưu ý rằng lưu lượng khí thải đi qua van lưu hồi R_{EGR} thường được xác định bằng thực nghiệm, phụ thuộc vào độ mở của van và phương cách kiểm soát hàm lượng NO_x ở nhiệt độ cao. Đối với hệ thống điều khiển phun xăng sử dụng bộ khí nạp cánh trượt hoặc khí nạp dây nhiệt, chúng ta không cần quan tâm đến giá trị R_{EGR} vì nó không ảnh hưởng đến lưu lượng không khí cần tính. Như vậy, trong quá trình làm việc của động cơ với hệ thống phun xăng *D-Jetronic* (sử dụng MAP sensor), lưu lượng không khí tính bằng khối lượng đi qua bướm ga được xác định chủ yếu bởi các cảm biến: tốc độ động cơ, áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp, nhiệt độ khí nạp và độ mở của van lưu hồi khí thải.

Nếu động cơ có số xylanh là Z , khối lượng không khí đi vào mỗi xylanh sẽ là:

$$R_{mc} = \frac{R_m \times 120}{nZ}$$

Từ đó, lượng nhiên liệu cần phun vào một xylanh:

$$m_{fc} = \frac{R_{mc}}{(A/F)_d}$$

với $(A/F)_d$: là tỉ lệ hòa khí mong muốn.

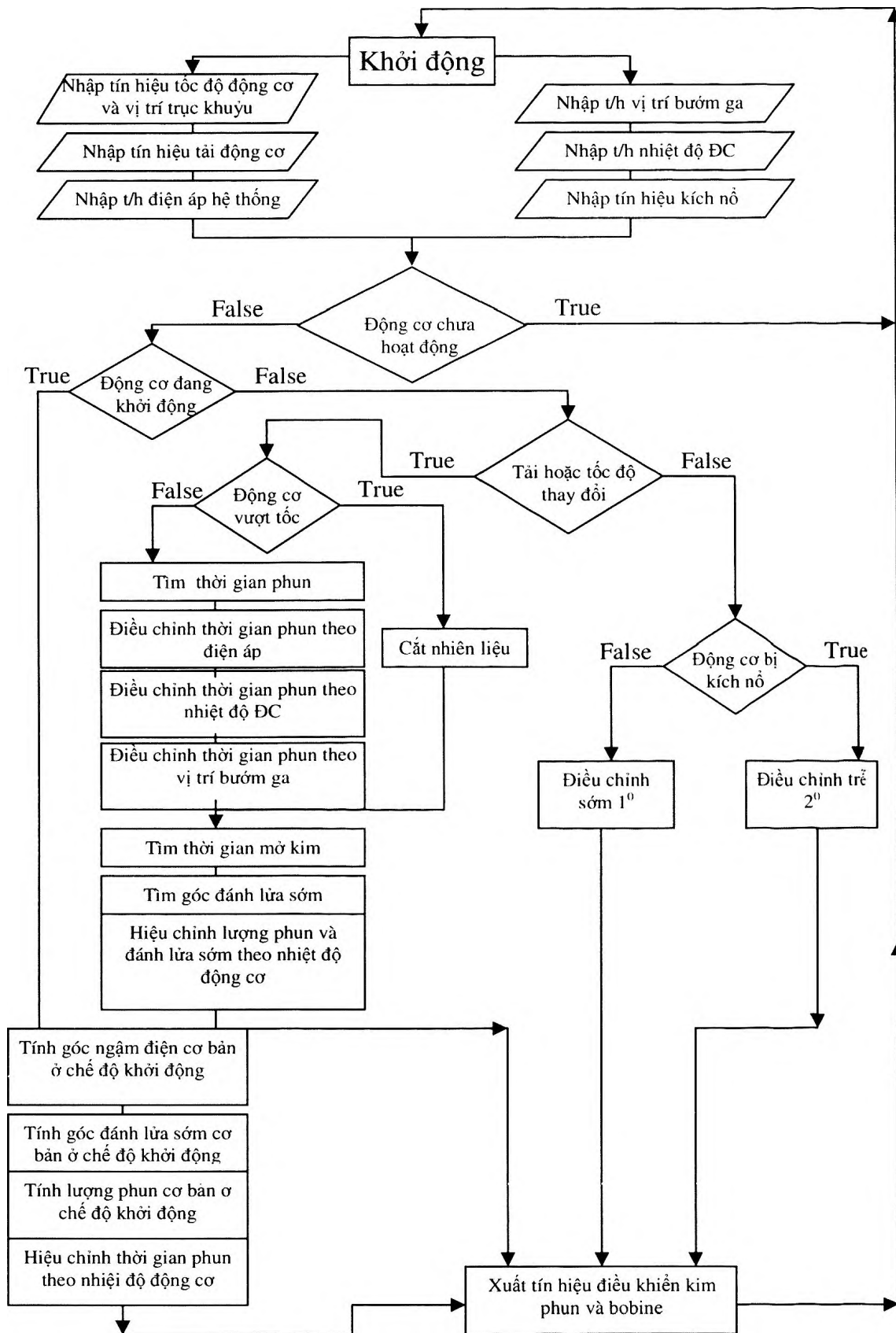
Thời gian mở kim phun căn bản sẽ phụ thuộc vào lưu lượng của kim phun R_{inj} :

$$t_b = \frac{m_f}{R_{inj}}$$

Nếu bộ điều áp (pressure regulator) được sử dụng, R_{inj} sẽ gần như là một hằng số nhờ sự chênh lệch áp suất trên ống dẫn xăng đến đầu kim phun và đuôi kim phun (áp suất trên đường ống nạp) không đổi. Trên một số xe không sử dụng điều áp, bản đồ sự phụ thuộc của lưu lượng kim phun vào áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp phải được ghi vào EEPROM.

Như vậy, để xác định thời gian phun căn bản, EEPROM trong ECU dùng với cảm biến MAP, ngoài giá trị v_p , còn phải nhớ các biểu thức để tính toán dựa trên các cảm biến đã nêu. Sau 2 vòng quay của trục khuỷu động cơ, ECU sẽ lặp lại các phép tính nêu trên.

Trình tự tính toán và tìm kiếm các thông số tối ưu của động cơ được mô tả trên lưu đồ thuật toán điều khiển trình bày trên hình 6.238.



Hình 6.238: Thuật toán điều khiển động cơ,

C. NHIỆM VỤ HỌC TẬP Ở NHÀ VÀ CÁC CÂU HỎI ÔN TẬP

PHẦN TỰ HỌC

1. Tìm kiếm và đọc các tài liệu tham khảo liên quan.
2. Đọc chương 9 & 10 trong sách ebook: Tom Denton. Automobile Electrical and electronic systems. 3rd Edition. Elsevier. 2004.
3. Giáo trình điện tử Hệ thống đánh lửa, Hệ thống TCCS., các tài liệu huấn luyện về hệ thống điều khiển động cơ của các công ty ô tô.
4. Giáo trình điện tử: “Understanding Automotive Electronics” của Ribbens W.2009.
5. Cài đặt phần mềm Mitchell on Demand OD5, Alldata. Tìm hiểu và báo cáo về các hệ thống đánh lửa thế hệ 3 & 4, hệ thống điều khiển phun xăng PI, DI, phun dầu CDI trên các ô tô lưu hành tại Việt Nam.
6. Tìm hiểu và báo cáo về các so sánh các hệ thống điều khiển góc phối cam, tốc độ không tải, EGR, ECT của các công ty ô tô khác nhau.
7. Tìm hiểu và báo cáo về các hệ thống OBD và IDS (intergrated diagnostic system).
8. Hướng nghiên cứu và phát triển của hệ thống điều khiển động cơ trong tương lai.

CÂU HỎI ÔN TẬP

Câu hỏi tư luận

Câu 1: Phân loại hệ thống phun xăng.

Câu 2: Cho biết phương pháp phân biệt cảm biến khí nạp cánh trượt loại tăng và giảm.

Điều gì sẽ xảy ra nếu:

- Mắc thêm một điện trở vào giữa hai chân VB và VC trong cảm biến khí nạp cánh trượt loại tăng.
- Mắc nối tiếp vào chân VB một điện trở trong cảm biến khí nạp cánh trượt loại tăng.
- Mắc nối tiếp vào chân VC một điện trở trong cảm biến khí nạp cánh trượt loại giảm.

Câu 3: Trình bày sơ đồ mạch và nguyên lý hoạt động của cảm biến khí nạp loại Karman quang. Tại sao hệ thống điều khiển phun xăng dùng cảm biến này phải có thêm cảm biến nhiệt độ khí nạp và cảm biến đo áp suất khí trời?

Câu 4: Trình bày nguyên lý hoạt động của cảm biến khí nạp loại dây nhiệt. Nêu phương pháp hiệu chỉnh điện áp ngõ ra của cảm biến. Nếu dây nhiệt bị bẩn thì sẽ gây ra hiện tượng hư hỏng nào trên động cơ.

Câu 5: Trình bày sơ đồ mạch của cảm biến đo áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp (MAP sensor). Nếu ta mắc thêm một điện trở vào chân VC và chân PIM thì tỷ lệ hoà khí thay đổi như thế nào? Tại sao?

Câu 6: Cho biết phản ứng của ECU thế nào trong việc điều khiển xăng & lửa khi nhận tín hiệu thay đổi ở các chế độ làm việc khác nhau của động cơ từ các cảm biến: vị trí bướm ga, tốc độ động cơ, nhiệt độ khí nạp.

Câu 7: Phân tích các ảnh hưởng từ cảm biến nhiệt độ nước đến các thông số động cơ (góc đánh lửa sớm, lượng nhiên liệu phun, tốc độ không tải, điều khiển quạt làm mát)

khi mắc nối tiếp vào cảm biến nhiệt độ nước 1 điện trở.

Câu 8: Trình bày nguyên lý hoạt động của cảm biến kích nổ và nguyên lý hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm khi ECU phát hiện có kích nổ xảy ra.

Câu 9: Trình bày sơ đồ mạch và nguyên lý làm việc của cảm biến oxy. Giải thích hoạt động của cảm biến oxy trong chế độ điều khiển kín. Tại sao cảm biến oxy chỉ tồn tại trên các động cơ có bộ xúc tác?

Câu 10: Vẽ sơ đồ mạch điều khiển kim phun động cơ 4 xy lanh, phun độc lập (sequential fuel injection). Trình bày các chế độ điều khiển kim phun. Thời điểm phun thường được chọn ở đâu so với vị trí trục khuỷu?

Câu 11: Trình bày sơ đồ và nguyên lý hoạt động của mạch điều khiển bơm xăng điều khiển từ ECU một cấp tốc độ và hai cấp tốc độ.

Câu 12: Trình bày sơ đồ và nguyên lý hoạt động của mạch điều khiển các hệ thống đánh lửa trực tiếp.

Câu 13: Trình bày sơ đồ và nguyên lý hoạt động CRDI.

Câu 14: Trình bày sơ đồ và nguyên lý hoạt động của mạch điều khiển VVT-i

Câu 15: Trình bày các hệ thống điều khiển tốc độ không tải.

Câu 16: Trình bày sơ đồ và nguyên lý hoạt động của EGR.

Câu hỏi trắc nghiệm đúng sai

Câu 1: Mắc nối tiếp một điện trở vào mạch cảm biến nhiệt độ dầu động cơ xe gắn máy sẽ làm động cơ thiếu xăng.

Câu 2: Mắc song song với cảm biến nhiệt độ dầu diesel một điện trở sẽ làm giảm lượng dầu phun.

Câu 3: Các cảm biến đo nhiệt độ được làm bằng chất bán dẫn.

Câu 4: Nếu mạch cảm biến nhiệt độ dầu diesel trong hệ thống common rail bị hở, dây báo về hộp ECU sẽ có điện áp 12V.

Câu 5: Khi bật máy lạnh, van điều khiển không tải sẽ giảm tiết diện đường by-pass.

Câu 6: Trong kiểu phun xăng D-Jetronic, ECU tính toán lưu lượng khí nạp chủ yếu dựa vào cảm biến tốc độ động cơ.

Câu 7: Hai đầu cao áp của bobine đôi được mắc vào bougie của hai máy song hành

Câu 8: Cảm biến oxy sẽ phát điện áp nhỏ khi hỗn hợp nghèo

Câu 9: Động cơ có một bougie chết sẽ làm điện áp của cảm biến oxy tăng

Câu 10: Trong hệ thống đánh lửa trực tiếp dùng bobine đôi, cả hai bougie gắn cùng bobine đánh lửa ở kỳ nén.

Câu 11: Bobine đơn trong đánh lửa trực tiếp có diode mắc song song với cuộn thứ cấp.

Câu 12: Thời gian ngậm trong hệ thống đánh lửa có hộp ECU phụ thuộc vào điện trở cuộn sơ cấp.

Câu 13: Hỗn hợp quá nghèo làm tăng tiêu hao nhiên liệu.

Câu 14: Kích nổ xảy ra vào cuối kỳ nén.

- Câu 15:** Khi hộp ECU điều khiển chống kích nổ, nhiệt độ ống góp thải sẽ tăng.
- Câu 16:** Cảm biến điện từ (vị trí trục cam, cảm biến tốc độ bánh xe...) có điện trở tỷ lệ nghịch với số răng rotor.
- Câu 17:** Khi ECU điều khiển chống kích nổ, công suất động cơ giảm.
- Câu 18:** Kích nổ làm tăng chất ô nhiễm trong pô.
- Câu 19:** Ở chế độ “best power”, AFR đạt giá trị lý tưởng.
- Câu 20:** Nếu MAP sensor bị thiếu mass, AFR sẽ tăng
- Câu 21:** Tiếng gõ khi động cơ bị kích nổ là do suppap bị ép mạnh.
- Câu 22:** Góc đánh lửa sớm quá lớn sẽ dễ gây ra kích nổ.
- Câu 23:** Cảm biến vị trí bướm ga có điện áp thay đổi từ 0.0V đến 12V
- Câu 24:** Hệ thống phun xăng dùng kiểu phun trình tự cần có cảm biến CMP.
- Câu 25:** Kích nổ xảy ra trước khi bougie có tia lửa.
- Câu 26:** Để kiểm soát kích nổ ta thay đổi lượng xăng phun.
- Câu 27:** Khi chống kích nổ, nhiệt độ ống thải sẽ giảm.
- Câu 28:** Khi lambda bằng 1, bộ xúc tác sẽ làm việc với hiệu suất cao nhất.
- Câu 29:** Nếu tỷ lệ hòa khí đạt giá trị lý tưởng, chỉ có H₂O, CO₂ & N₂ còn lại trong khí xả.
- Câu 30:** Nếu động cơ có một bougie bị chết, điện áp phát ra của cảm biến oxy sẽ nhỏ.
- Câu 31:** AFR càng lớn, càng nhiều O₂ và NO_x trong khí thải.
- Câu 32:** NO_x production is affected by: O₂ availability emperature and time.
- Câu 33:** Muội than đóng nhiều trên đỉnh piston làm tăng xác suất xảy ra kích nổ.
- Câu 34:** Sự có mặt của nhôm trong nhớt là dấu hiệu cho thấy động cơ bị kích nổ.
- Câu 35:** Rò gió làm tốc độ không tải tăng trong D-Jetronic.
- Câu 36:** Bộ khí nạp dây nhiệt gửi tín hiệu dạng số đến ECU
- Câu 37:** Dây nhiệt bị bẩn trong cảm biến khí nạp loại đo lưu lượng tính bằng khối lượng sẽ làm tăng lambda.
- Câu 38:** Cảm biến MAP sử dụng trong hệ thống phun xăng kiểu L.
- Câu 39:** Điện áp ngõ ra của MAP quá cao sẽ làm lambda nhỏ hơn 1.
- Câu 40:** Rò gió làm lambda lớn hơn 1 trong L-Jetronic.
- Câu 41:** L-Jetronic engine which operates in high altitude needs a barometric pressure sensor.
- Câu 42:** Phương pháp tốc độ - tỷ trọng được sử dụng để tính toán góc đánh lửa sớm.
- Câu 43:** Tốc độ không tải của động cơ phụ thuộc vào nhiệt độ khí nạp.
- Câu 44:** Phun xăng xe gắn máy không đạt hiệu quả cao là do lưu lượng khí nạp nhỏ.
- Câu 45:** Điện áp tức thời của MAP sensor thay đổi theo kỳ làm việc của động cơ

Chương VII

HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN QUẠT LÀM MÁT ĐỘNG CƠ

A. MỤC TIÊU DẠY HỌC

Sau khi học xong chương này, người học có khả năng:

- Nhận biết được các thành phần của hệ thống điều khiển quạt làm mát động cơ, sơ đồ, cấu tạo các hệ thống.
- Nắm được hoạt động của hệ thống điều khiển quạt làm mát động cơ, giải thích hoạt động của chúng.

B. NỘI DUNG

7.1 Giới thiệu chung và phân loại

Hệ thống làm mát trên động cơ có nhiệm vụ giữ cho động cơ luôn làm việc ở chế độ nhiệt độ tối ưu khi tải trọng thay đổi. Điều này nhằm tránh cho các chi tiết bên trong của động cơ không bị nóng thái quá, dễ dẫn đến tình trạng bó kẹt, đồng thời làm mát công suất của động cơ.

Như vậy làm mát cho động cơ chính làm giảm bớt phần nhiệt lượng do hoà khí cháy truyền lại cho cụm piston, xylanh. Nếu cụm piston - xylanh không được làm mát thì dầu bôi trơn giữa piston và xylanh không còn tác dụng bôi trơn, dẫn đến bó kẹt piston, đồng thời nếu xylanh quá nóng, khối hỗn hợp hoà khí hút vào bên trong buồng đốt bị giãn nở ra làm trọng lượng hút bị giảm, công suất của động cơ vì thế cũng giảm theo.

Khi động cơ quá nguội, nhất là lúc máy mới khởi động, sẽ làm cho hỗn hợp hoà khí khó bay hơi nên tốc độ bốc hơi và khuếch tán sẽ kém đi, dẫn đến hoà khí sẽ cháy không hết, khiến tăng tiêu hao nhiên liệu, giảm đi công suất động cơ.

Hệ thống làm mát bao gồm các bộ phận: áo nước (bao xung quanh xylanh và bên trong nắp máy), két nước (radiator), bơm nước (water pump), quạt làm mát (fan), van hằng nhiệt, các đường ống và các bộ phận khác. Nước nóng bên trong áo nước được bơm tới két nước, lượng gió thổi ra từ quạt gió sẽ lấy đi một phần nhiệt lượng của nước nóng, nhiệt độ nước được giảm xuống rồi bơm sẽ đẩy nước làm mát trở lại động cơ. Nhờ vậy, nhiệt độ động cơ sẽ giảm. Áo nước là một hệ thống các rãnh xung quanh xylanh và bên trong nắp máy, nó được thiết kế để cung cấp đủ lưu lượng nước để giải nhiệt cho động cơ.

Hệ thống làm mát trên động cơ ô tô được chia làm hai loại:

- Hệ thống làm mát bằng không khí.
- Hệ thống làm mát bằng nước.

Hệ thống làm mát bằng không khí

Nguyên lý của hệ thống làm mát bằng không khí là tạo ra xung quanh xylanh một

luồng không khí để lấy nhiệt của động cơ. Muốn tản nhiệt tốt mặt ngoài của động cơ, người ta làm các phiến tản nhiệt để tăng bề mặt tiếp xúc truyền nhiệt và các bản hướng gió, quạt gió. Đối với động cơ nhỏ (xe gắn máy) lợi dụng tốc độ chuyển động của xe thay cho quạt gió. Đây là kiểu làm mát đơn giản được sử dụng nhiều ở các động cơ nhỏ như xe gắn máy. Trong ô tô cũng có dùng nhưng ít.

Hệ thống làm mát bằng nước

Kiểu bốc hơi: Loại đơn giản nhất không cần bơm nước và quạt gió.

Loại thu nhiệt và bốc hơi: nước sôi có tỷ trọng bé sẽ nổi lên mặt thùng chứa để bốc hơi. Nước nguội có tỷ trọng lớn sẽ chìm xuống, liền đẩy phần nước nóng nổi lên gọi là hiện tượng đối lưu tự nhiên.

Kiểu đối lưu: hoạt động được nhờ sự chênh lệch nhiệt độ của 2 cột nước nóng và nước lạnh.

Kiểu cưỡng bức: Để tăng tốc độ lưu động của nước, ta dùng sức đẩy của cột nước do bơm nước tạo ra (thường dùng trên ô tô).

Kiểu kín: thường thấy trong ô tô. Nước tuần hoàn kín sau khi qua két làm mát trở về động cơ (không thải nước ra ngoài).

Kiểu hở: nước làm mát thải ra ngoài. Nhược điểm của loại này là nhiệt độ nước làm mát phải giữ ở $50 \div 60^\circ C$. Do đó, sự làm mát không đều dẫn đến ứng suất ở các chi tiết tăng lên. Mặt khác, do ảnh hưởng của nhiệt độ nước ở ngoài mà nhiệt độ nước trong hệ thống hở cũng dao động lớn, vì vậy không có lợi cho chế độ làm mát.

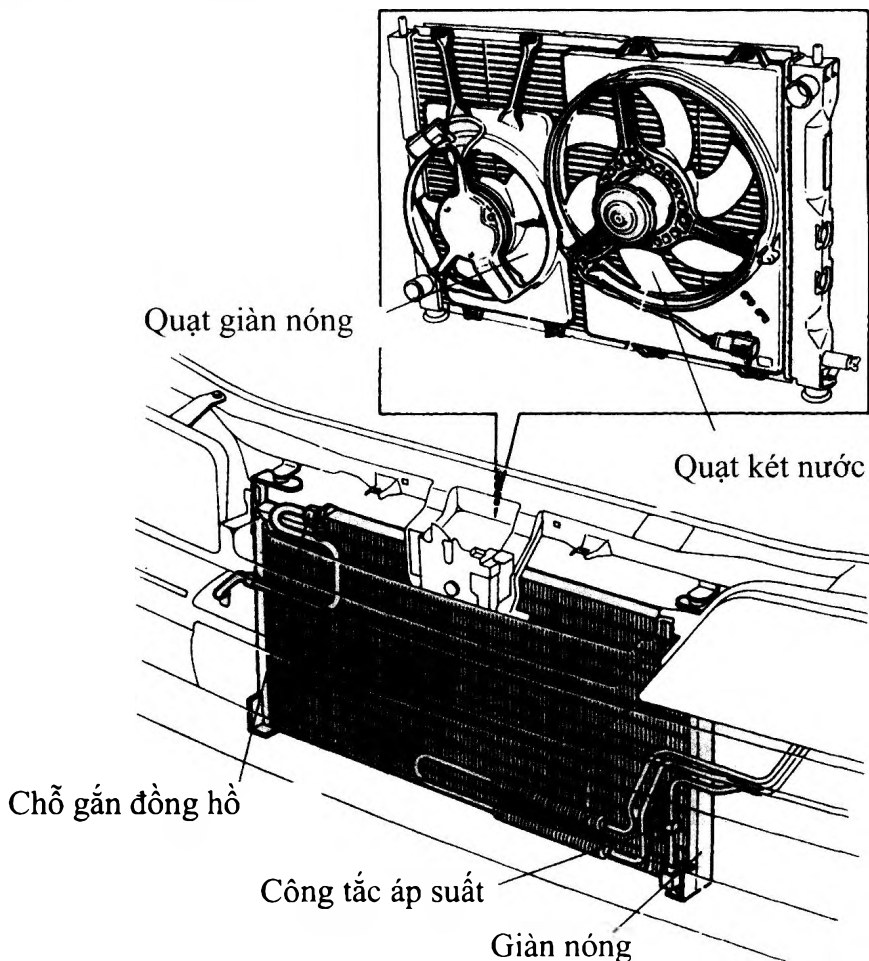
7.2 Motor quạt làm mát

Két nước được làm mát bằng không khí. Quạt làm mát được sử dụng để tạo sức hút không khí qua két nước.

Quạt làm mát được truyền động từ trục khuỷu qua dây đai, hoặc được dẫn động bằng động cơ điện.

Quạt làm mát qua dây đai được dẫn động từ trục khuỷu. Tốc độ quạt thay đổi theo tốc độ động cơ, nên tốc độ của quạt không đủ lớn khi động cơ chạy ở tốc độ thấp và, ở tốc độ cao, tốc độ quạt quá lớn làm gia tăng tổn thất công suất và tăng tiếng ồn. Để khắc phục, ngày nay người ta dùng một khớp silicon điều khiển bằng nhiệt độ bố trí giữa bơm nước và quạt.

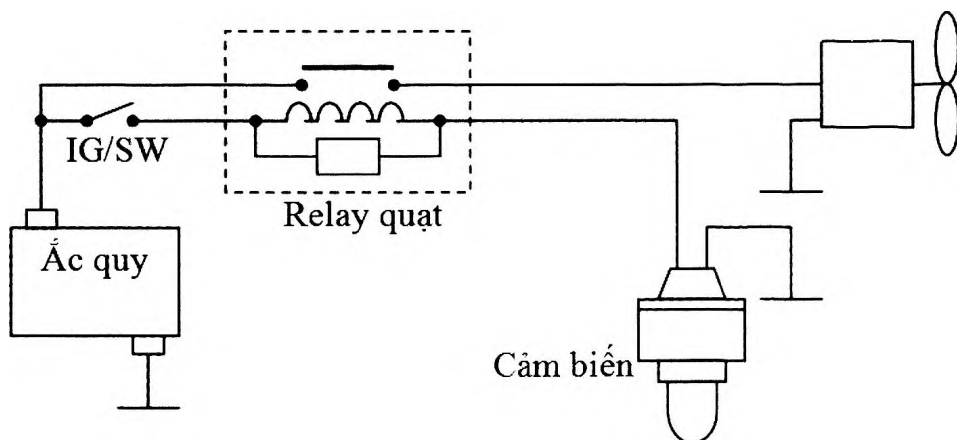
Một cách khác là dùng một động cơ điện để kéo quạt. Cách này được sử dụng phổ biến trên các động cơ hiện đại.



Hình 7.1: Quạt kết nước làm mát.

ECU nhận được tín hiệu nhiệt độ động cơ từ cảm biến nhiệt độ nước làm mát đặt ở nắp máy. Khi nhiệt độ nước làm mát gia tăng đến mức qui định, cảm biến sẽ điều khiển relay đóng và cấp dòng điện đến motor quạt để dẫn động cho quạt quay.

Quạt làm mát chỉ được dẫn động khi cần thiết, nhờ thế, nhiệt độ động cơ gia tăng đạt đến nhiệt độ tối ưu nhanh chóng, đồng thời, tăng tuổi thọ động cơ, giảm được suất tiêu hao nhiên liệu, cũng như giảm được tiếng ồn.

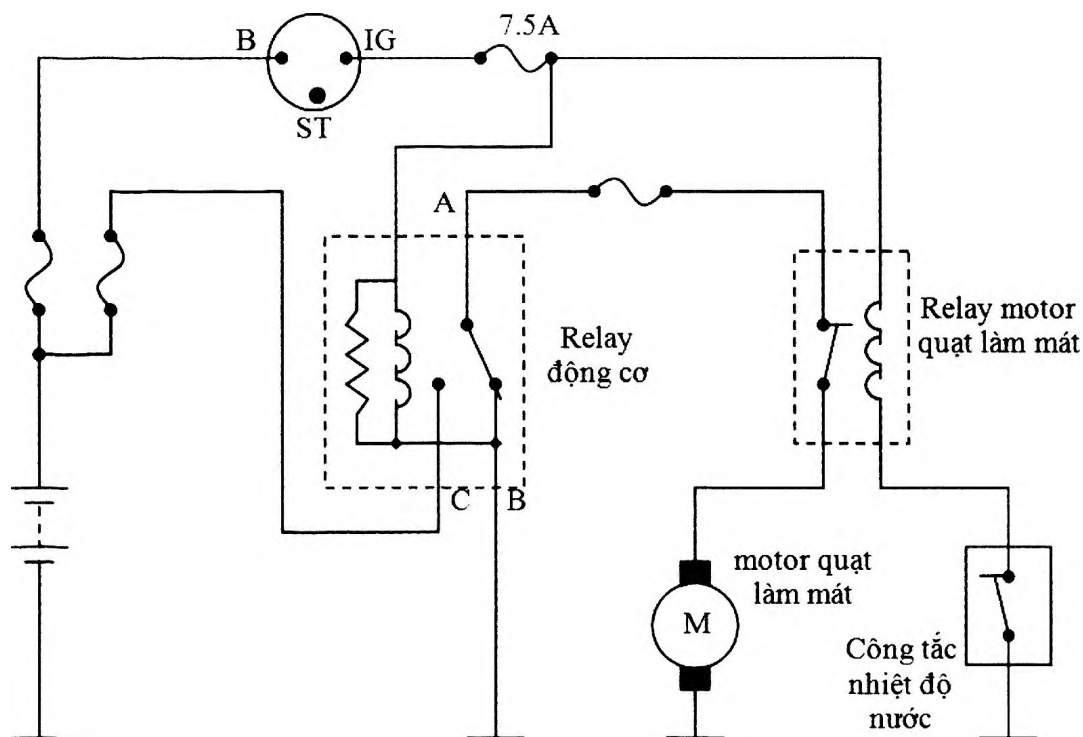


Hình 7.2: Sơ đồ cơ bản mạch điều khiển quạt làm mát.

7.3 Điều khiển làm mát độc lập

7.3.1 Hệ thống điều khiển quạt két nước bằng công tắc nhiệt thường đóng (normally closed)

Hệ thống điều khiển quạt làm mát động cơ lắp đặt trên xe TOYOTA dùng công tắc nhiệt loại thường đóng. Cấu tạo của mạch điện bao gồm: ắc quy, các cầu chì, công tắc máy, relay chính, relay điều khiển quạt mát, quạt gió, công tắc nhiệt độ nước (chỉ làm việc khi nhiệt lớn hơn 84°C).



Hình 7.3: Mạch điện quạt làm mát loại thường đóng trên xe TOYOTA CAMRY.

Nguyên lý hoạt động

Khi bật công tắc máy (IG/SW) sẽ có dòng điện qua cầu chì 7,5A cung cấp cho cuộn dây của relay quạt làm mát (cooling fan motor relay) qua công tắc nhiệt độ nước (water temperature switch) về mass hút công tắc ngắt dòng đến motor.

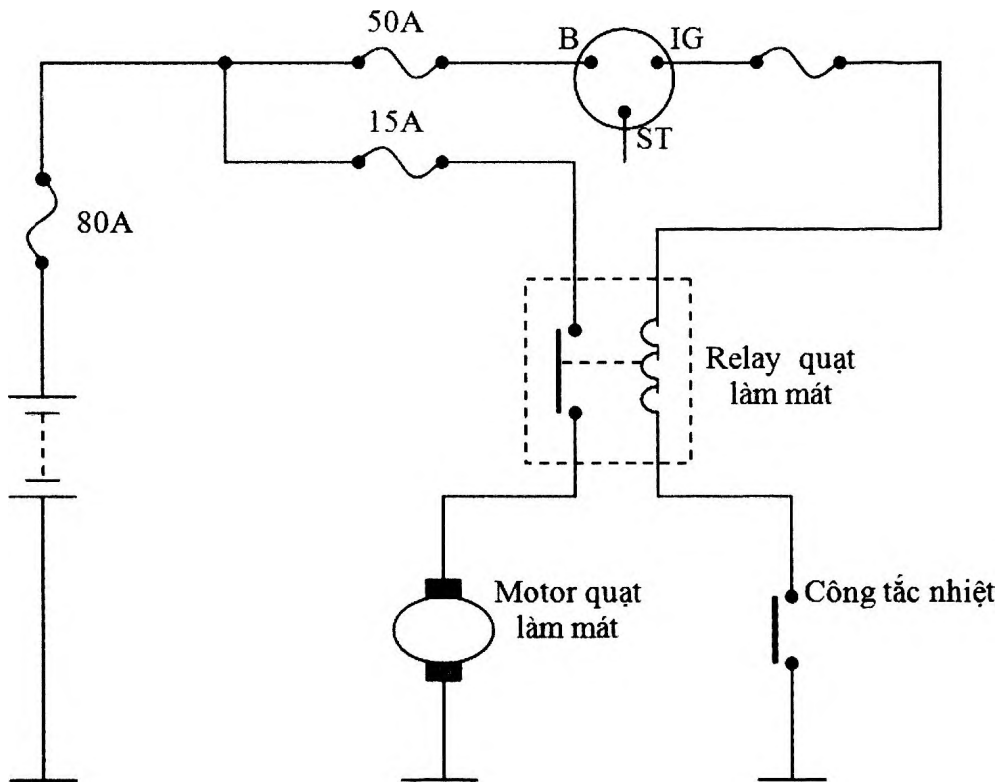
Đồng thời dòng điện cũng đến cung cấp cho cuộn dây của relay chính (main relay) đi xuống mass hút công tắc W sang vị trí C.

Khi động cơ làm việc ở nhiệt độ dưới 84°C , do công tắc nhiệt độ nước vẫn đóng nên quạt làm mát động cơ chưa làm việc. Khi nhiệt nước làm mát động cơ vượt quá 84°C , công tắc nhiệt độ nước sẽ ngắt dòng qua cuộn dây của relay quạt giải nhiệt két nước (cooling fan relay) làm cho công tắc trả về vị trí cũ nối dương cho motor làm quạt quay.

7.3.2 Hệ thống điều khiển quạt két nước bằng công tắc nhiệt thường mở (normally open)

Hệ thống điều khiển quạt nước làm mát động cơ loại này được lắp đặt trên xe HONDA ACCORD model 90-94, không dùng chung với mạch điện điều khiển hệ

thống lạnh. Cấu tạo của hệ thống bao gồm: ắc quy, cầu chì, công tắc máy, relay điều khiển quạt, quạt làm mát động cơ, công tắc nhiệt độ nước (làm việc khi nhiệt độ nước vượt quá 90°C).



Hình 7.4: Mạch điện quạt làm mát loại thường mở trên xe HONDA ACCORD.

Nguyên lý hoạt động

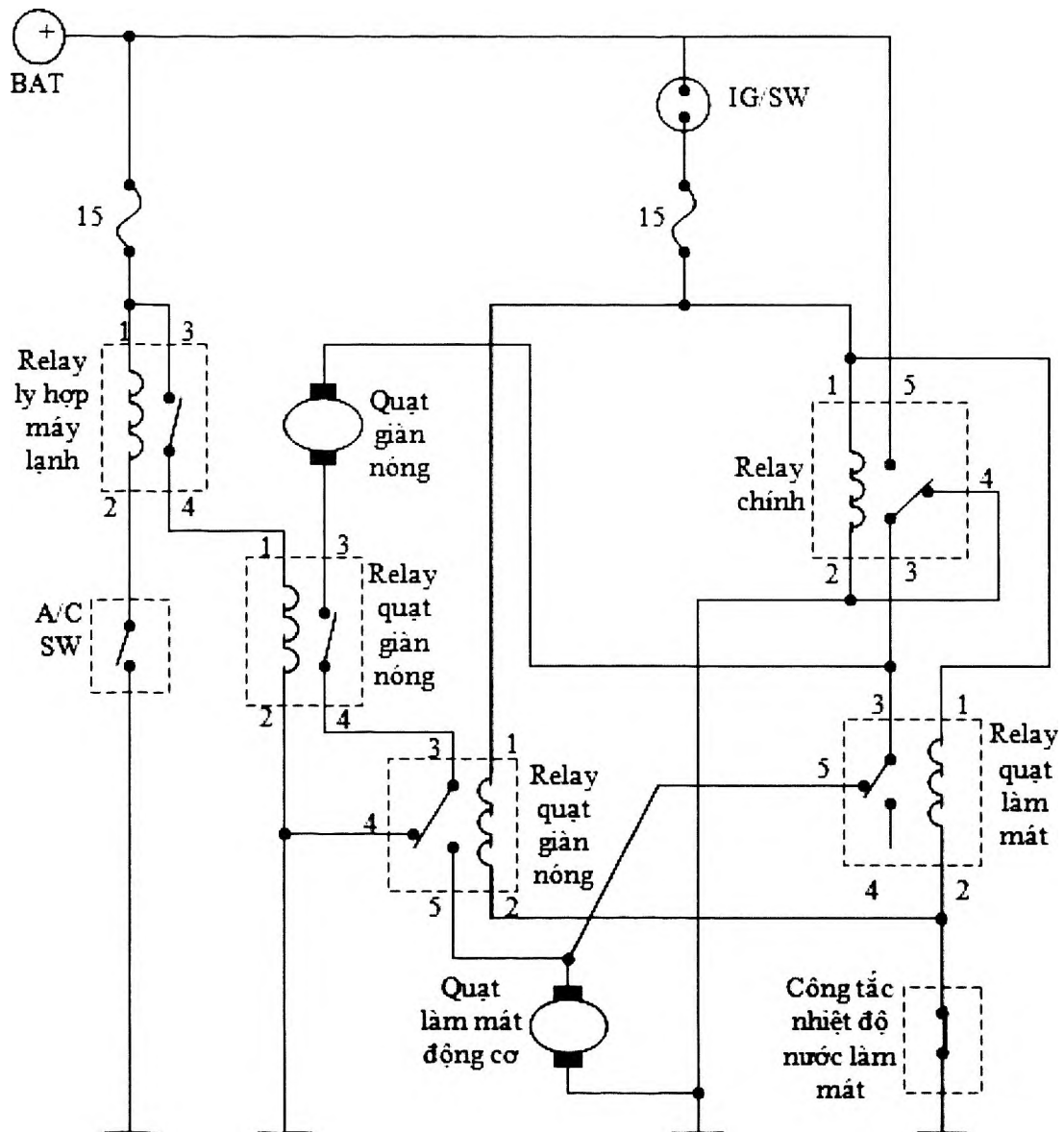
Khi bật công tắc máy (IG/SW) điện thế dương qua cầu chì được cấp đến một đầu cuộn dây của relay quạt làm mát kết nước và tiếp điểm của relay này.

Khi động cơ làm việc ở nhiệt độ dưới 90°C do cấu tạo của công tắc nhiệt độ nước (coolant temperature switch) vẫn chưa đóng nên motor quạt làm mát kết nước chưa làm việc.

Khi nhiệt độ nước làm mát vượt quá 90°C, công tắc nhiệt độ nước sẽ đóng tiếp mass cho cuộn dây của relay quạt (radiator fan relay) để đóng công tắc cung cấp dương cho quạt làm việc.

7.3.3 Hệ thống điều khiển quạt làm mát kết hợp với hệ thống điều hòa nhiệt độ

Hệ thống điều khiển quạt làm mát dùng chung với mạch điện điều khiển hệ thống lạnh dưới đây được lắp trên xe TOYOTA COROLLA. Cấu tạo của hệ thống bao gồm các bộ phận: ắc quy, các cầu chì, công tắc máy, relay điều khiển quạt làm mát và quạt giàn lạnh, công tắc nhiệt độ nước làm mát (làm việc khi nhiệt độ nước làm mát động cơ > 90°C).



Hình 7.5: Sơ đồ mạch điện điều khiển quạt làm mát khi hệ thống điều hoà nhiệt độ hoạt động.

Nguyên lý hoạt động

Khi bật công tắc máy sẽ có dòng điện từ:

(+) ắc quy → IG → cầu chì 15A → qua cuộn dây của relay chính → mát → qua cuộn dây của relay quạt kết nước làm mát → công tắc nhiệt độ nước làm mát → mát. → làm hút tiếp điểm các relay.

Khi bật công tắc máy lạnh, công tắc nhiệt độ nước làm mát đóng (nước làm mát còn thấp), có dòng điện như sau:

(+) ắc quy → cuộn dây của relay ly hợp máy lạnh (A/C magnetic clutch relay) → mass làm đóng tiếp điểm relay ly hợp điện từ, các dòng cho cuộn dây relay quạt giàn

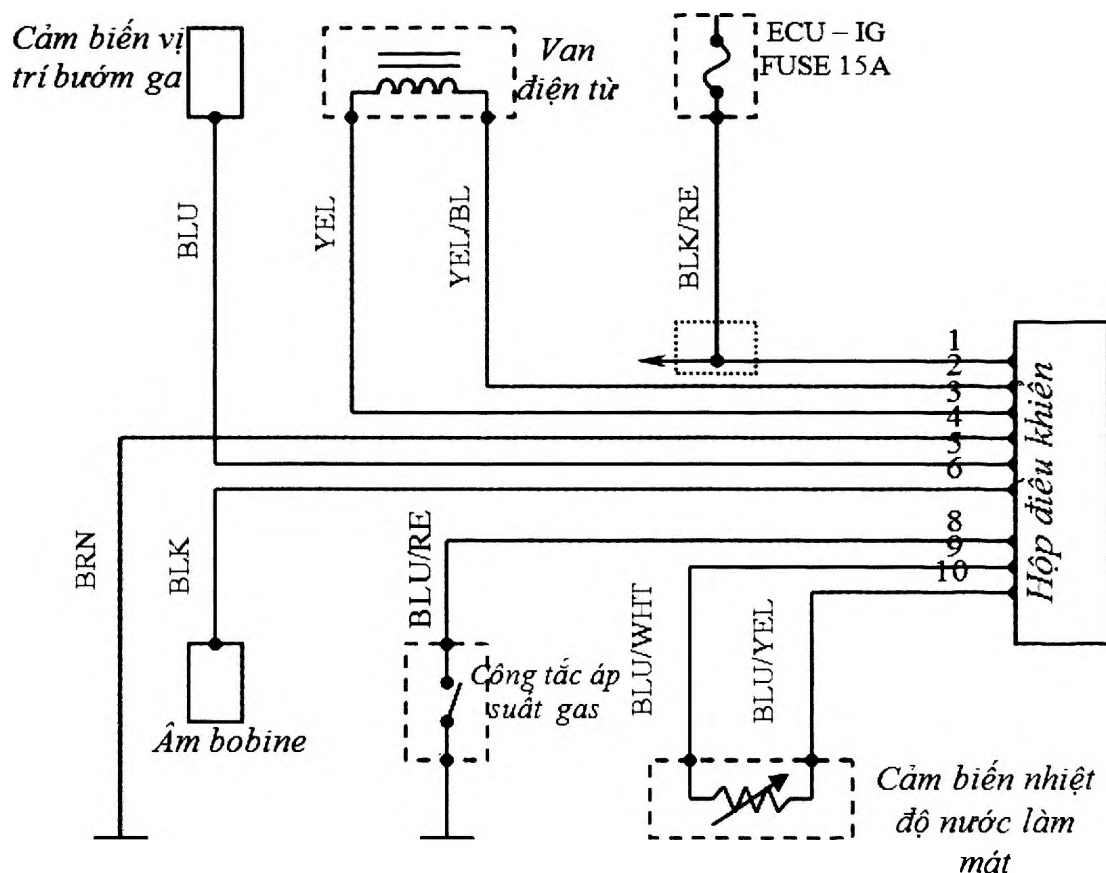
nóng đóng tiếp điểm relay. Xuất hiện dòng đi từ relay chính → motor quạt giàn nóng → relay 4 chân của quạt giàn nóng → relay 5 chân của quạt giàn nóng → motor quạt kết nước làm mát động cơ → mát. Làm cả hai quạt đều quay, nhưng với tốc độ chậm do mắc nối tiếp với nhau.

Khi nhiệt độ nước làm mát động cơ > 90°C, công tắc nhiệt độ nước làm mát hở làm relay quạt giàn nóng và relay quạt kết nước làm mát động cơ cũng hở theo, phát sinh một dòng điện mới đi từ: IG → relay chính → chân số 5 của relay quạt làm mát động cơ → motor quạt → mát. Quạt quay với tốc độ cao nhất. IG → relay chính → motor quạt giàn nóng → relay 4 chân của quạt giàn nóng → chân 3 và chân 4 của relay 5 chân quạt giàn nóng → mát. Quạt giàn nóng quay ở tốc độ cao nhất.

7.4 Điều khiển quạt làm mát qua hộp điều khiển

7.4.1 Hệ thống điều khiển quạt với hộp điều khiển độc lập

Mạch điện điều khiển quạt làm mát trên xe Lexus ES –300 được điều khiển từ hộp ECU, quạt làm mát kết nước hoạt động nhờ áp suất dầu trợ lực lái. Mạch điện điều khiển quạt làm mát nước động cơ lắp trên xe Lexus –ES 300 gồm những bộ phận sau: ác quy, cầu chì, hộp điều khiển quạt (cooling fan ECU), cảm biến vị trí bướm ga (throttle position sensor), van solenoid, công tắc áp suất gas (A/C single pressure switch), cảm biến nhiệt độ nước làm mát động cơ (engine coolant temperature sensor), cảm biến đánh lửa (ignition sensors), quạt làm mát kết nước.



Hình 7.6: Sơ đồ quạt làm mát với hộp điều khiển độc lập.

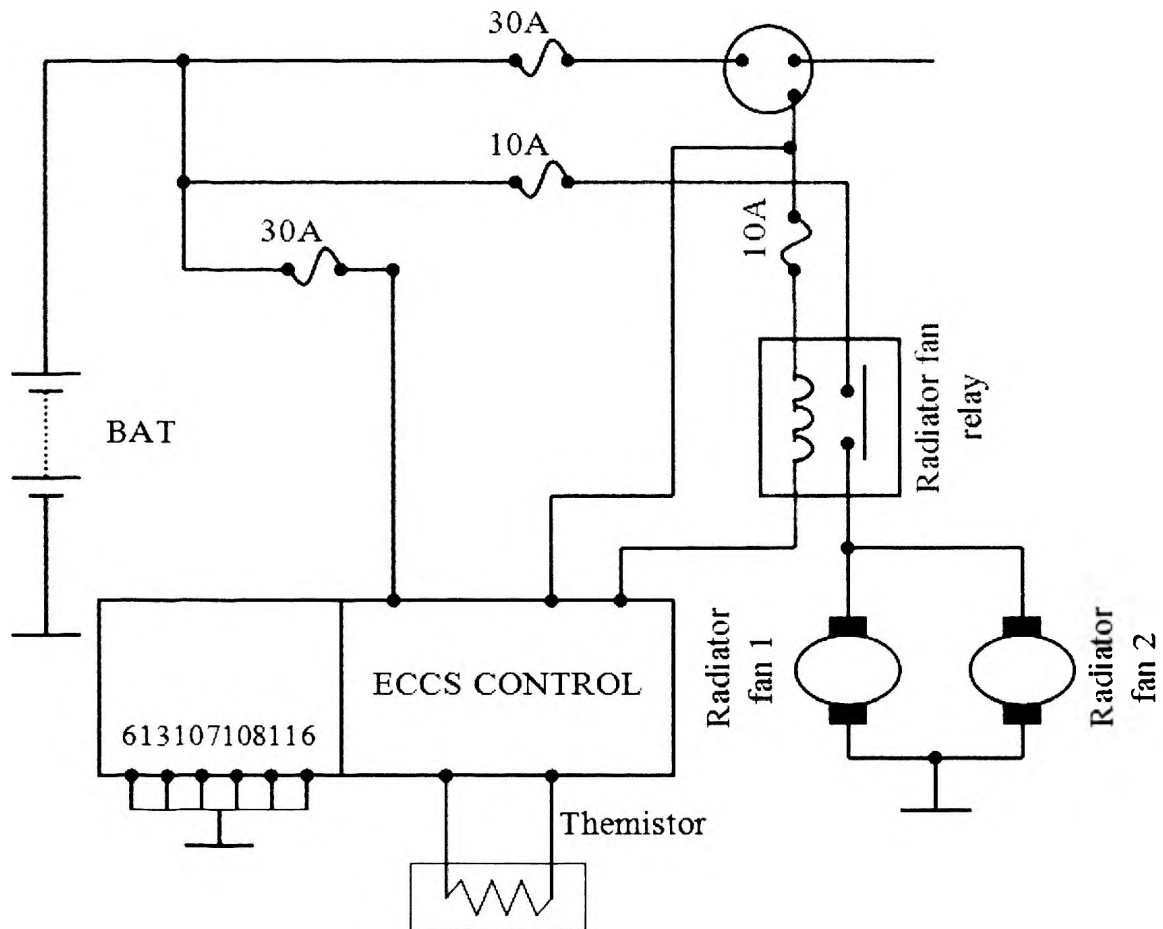
Nguyên lý hoạt động

Quạt làm mát động cơ trên xe Lexus ES 300 là loại dùng áp suất dầu để điều khiển tốc độ quạt. Khi bật công tắc máy sẽ có nguồn (+) qua cầu chì 15A cung cấp cho hộp điều khiển quạt ở chân 1 và hộp được nối mass ở chân 4. Các tín hiệu vị trí bướm ga về hộp chân số 5, cảm biến nhiệt độ nước báo về hộp chân 9 và chân 10, công tắc áp suất cao nối về hộp ở chân 8, cảm biến đánh lửa gọi về hộp ở chân 6.

Khi tổng hợp các tín hiệu trên, hộp sẽ điều khiển valve solenoid ở chân 2 và 3 để điều khiển áp suất dầu làm quạt quay ở tốc độ ứng với các tín hiệu gọi về hộp

7.4.2 Hệ thống điều khiển quạt với ECU động cơ

Trên hình 7.7 trình bày mạch điện điều khiển quạt làm mát động cơ trên xe Nissan lắp động cơ GA 16DE & SR model cho xứ nóng, được điều khiển từ hộp ECU động cơ. Cấu tạo của hệ thống gồm những bộ phận sau: ắc quy, cầu chì, công tắc máy, relay điều khiển quạt (radiator fan relay), cảm biến nhiệt độ (thermo switch), hộp điều khiển (ECCS control unit), hai quạt làm mát nước (radiator fan).



Hình 7.7: Sơ đồ mạch điện điều khiển quạt làm mát với ECU động cơ.

C NHIỆM VỤ HỌC TẬP Ở NHÀ VÀ CÁC CÂU HỎI ÔN TẬP

PHẦN TỰ HỌC

1. Tìm trong Mitchell on Demand các sơ đồ điều khiển quạt khác nhau.
2. Các phương pháp điều khiển tốc độ động cơ điện 01 chiều.
3. Nghiên cứu các mạch điện tử dạng analog tự động điều khiển quạt làm mát.
4. So sánh mạch điều khiển quạt sử dụng công tắc nhiệt loại thường đóng và thường mở.
5. Tìm hiệu quạt làm mát dùng motor thủy lực (Lexus).

CÂU HỎI ÔN TẬP

Câu hỏi tự luận

Câu 1: Trình bày sơ đồ điều khiển quạt theo ba chế độ?

Câu 2: Trình bày sơ đồ điều khiển quạt sử dụng công tắc nhiệt thường đóng và thường mở?

Câu 3: Trình bày nguyên tắc điều khiển quạt bằng ECU động cơ?

Câu 4: Trình bày nguyên lý thay đổi tốc độ quạt bằng motor thủy lực?

Trắc nghiệm (Trả lời Đúng hoặc Sai)

Câu 1: Nước trong động cơ quá nóng sẽ làm cháy vòng đệm nắp máy.

Câu 2: Nhiệt độ động cơ quá thấp làm động cơ hao xăng.

Câu 3: Nếu nhiệt độ động cơ cao và bật AC, hai quạt sẽ mắc nối tiếp trong sơ đồ Toyota Camry.

Câu 4: Relay quạt được nối với ECU qua transistor PNP.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

TIẾNG VIỆT

1. Đinh Ngọc Ân (1995), *Khai thác kỹ thuật các kết cấu mới của ô tô Nhật Bản*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội.
2. Nguyễn Văn Bang, Đỗ Văn Dũng, Trần Thanh Thường, Nguyễn Bá Hải (2008), *Ứng dụng LabVIEW trong thực nghiệm và mô phỏng việc chuyển đổi đặc tuyến cảm biến lưu lượng khí nạp trên ô tô*, Tạp chí khoa học Giao thông vận tải, Trường Đại học Giao thông vận tải. Bộ Giáo dục và Đào tạo 11 – 2008. Hà Nội.
3. Trần Quốc Cường (2006), *Nghiên cứu chế tạo mạch điều khiển phun xăng dùng vi điều khiển*, Luận văn Thạc sỹ Kỹ thuật. Trường Đại học Sư Phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh. Thành phố Hồ Chí Minh.
4. Đỗ Văn Dũng (2004), *Trang bị điện và điện tử trên ô tô hiện đại*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh. Thành phố Hồ Chí Minh.
5. Đỗ Văn Dũng, Lê Văn Điện, Trần Thanh Thường (2007), *Thiết kế chế tạo bộ chuyển đổi tín hiệu cảm biến đo áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp (MAP sensor) phục vụ lắp lắp*, Tạp chí Khoa học Giáo dục kỹ thuật, Đại học Sư phạm kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh 4 – 2007. Thành phố Hồ Chí Minh.
6. Tạ Văn Đĩnh (2003), *Phương pháp tính*, Nhà xuất bản Giáo dục. Hà Nội
7. Phùng Rân (1994), *Lý thuyết sai số và xử lý số liệu quan sát thực nghiệm*, Trường Đại học Sư Phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh. Thành phố Hồ Chí Minh.
8. Tống Văn On, Hoàng Đức Hải (2004), *Họ Vi điều khiển 8051*, Nhà xuất bản Lao động -Xã hội. Hà Nội.
9. Nguyễn Phùng Quang (2000), *Matlab và Simulink*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh. Thành phố Hồ Chí Minh.
10. Hoàng Xuân Quốc (1996), *Hệ thống phun xăng điện tử dùng trên xe du lịch*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội.
11. Trần Sum (1999), *Giáo trình tự động điều khiển*, Nhà xuất bản Giao thông vận tải. Hà Nội.
12. Ngô Diên Tập (2005), *Kỹ thuật kết nối máy tính*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội.
13. Ngô Diên Tập (1999), *Đo lường và điều khiển máy tính*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội.
14. Nguyễn Tất Tiến (2000), *Nguyên lý động cơ đốt trong*, Nhà xuất bản Giáo dục. Hà Nội.
15. Dương Minh Trí (2001), *Cảm biến và Ứng dụng*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội.
16. Đỗ Đức Tuấn (2000), *Lý thuyết độ tin cậy*, Trường Đại học Giao thông vận tải. Hà Nội.
17. Phạm Minh Tuấn, Trần Anh Trung, Đỗ Xuân Kính, Khổng Vũ Quang (2004),

Thiết kế và chế tạo hệ thống tự động điều khiển phun xăng đánh lửa dùng máy tính trên động cơ ô tô hiện đại. Đề tài NCKH cấp bộ, mã số B2002-28-48. Hà Nội.

18. Lưu Thế Vinh (2007), *Giáo trình đo lường – cảm biến*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh. Thành phố Hồ Chí Minh.

TIẾNG ANH

19. Balenovic M., Backx T. and de Bie T. (2002), *Development of a Model-Based Controller for a Three-Way Catalytic Converter*. SAE paper 2002-01-0475.
20. Brand D. (2004), *Control-Oriented NO Models for SI Engines*. Dissertation ETH Zurich No. 11948.
21. BOSCH R. (2000), *Automotive Sensors*, McGraw-Hill, New York.
22. Cassidy J. (1977), *A Computerized On-Line Approach to Calculating Optimum Engine Calibrations*. SAE paper 770078.
23. Chin Y.K. and Coats F.E. (1986), *Engine Dynamics: Time-Based Versus Crank-Angle Based*. SAE paper 860412.
24. C.F. Aquino (1981), *Transient A/F Control Characteristics of the 5 Liter Control Fuel Injection Engine*, SAE-Paper 810494.
25. C. O. Nwagboso (1993), *Automotive sensory systems*, Chapman & Hall.
26. Cook J.A., Grizzle J.W. and Sun J. (1996), *Engine Control. In The Controls Handbook*, edited by W.S. Levine, CRC Press-Times Mirror Books.
27. Cortona E., Onder Ch. H., and Guzzella L. (2002), *Engine Thermal Management with Components for Fuel Consumption Reduction*. International Journal of Engine Research, ImechE, Vol. 3, No. 3, pp. 157-170.
28. Chang C.F., Fekete N.P., and Powell J.D. (1993), *Engine Air-Fuel Ratio Control Using an Event-Based Observer*. SAE Paper 930766.
29. Curtis E.W., Aquino C.F., Trumpy D.K. and Davis G.C. (1996), *A New Port and Cylinder Wall Wetting Model to Predict Transient Air/Fuel Excursions in a Port Fuel Injected Engine*. SAE Paper 961186.
30. Denton T. (2000), *Automotive Electrical and Electronic Systems*. London, UK.
31. Doyle J., Francis B. and Tannenbaum A. (1992), *Feedback Control Theory*, MacMillan, New York.
32. Dyntar D., Onder C. and Guzzella L. (2002), *Modeling and Control of CNG Engines*. SAE paper 2002-01-1295.
33. D.J. Dobner (1980), *A Mathematical Engine Model for Development of Dynamic Engine control*, SAE-Paper 80054.
34. Do Van Dung, Tran Thanh Thuong, Huynh Quoc Viet (2005), *Designing and manufacturing the interface communicator between personal computer and engine ECU*, International conference on automotive technology for Vietnam, Hanoi, October 22 – 24, 2005.

35. Do Van Dung, Ho Huu Chan, Tran Thanh Thuong (2005), *Researching and Manufacturing Engine ECU Tester*, International conference on automotive technology for Vietnam, Hanoi, October 22 – 24, 2005.
36. Do Van Dung, Tran Thanh Thuong, Dinh Quoc Tri (2005), *Design and manufacture the Airflow sensor's Characteristics Converter*, International conference on automotive technology for Vietnam, Hanoi, October 22 – 24, 2005.
37. Erich Zabler, Joachim Berger, Andreas Herforth, Michael Harder, Herbert Arnold, Hermann Winner, Volkmar Denner (2001), *Automotive Sensors*, Robert Bosch GmbH.
38. Fesenko M., Do Van Dung (2003), *Automobile electrical equipment*, MAMI. Moscow.
39. Ferguson C. R. and Kirkpatrick A. T. (2001), *Internal Combustion Engines*. John Wiley & Sons, New York.
40. Franklin G., Powell J. D. and Emami-Naeini A. (1986), *Feedback Control of Dynamic Systems*. Addison-Wesley, Reading (MA).
41. Franklin G., Powell J. D. and Workman M. (1990), *Digital Control of Dynamic Systems*. Addison-Wesley, Reading (MA).
42. Geering H., Onder C. H., Roduner C. A., Dytar D. and Matter D. (2002), *ICX-3 – A Flexible Interface Chip for Research in Engine Control*, Proc. Of the FISITA 2002 World Automotive Congress, Helsinki, Paper No. FV02V315.
43. Gerhardt J., Honninger H. and Bischof H. (1988), *A new Approach to Functional and Software Structure for Engine Management Systems – BOSCH ME7*, SAE paper 980801.
44. Glattfelder A.H. and Schaufelberger W. (2003), *Control Systems with Input and Output Constraints*, Springer Verlag, Berlin.
45. Greene A. B. and Lucas G. G. (1969), *The Testing of Internal Combustion Engines*, English University Press Ltd.
46. Hasegawa Y., Akazaki S., Komoriya I., Maki H., Nishimura Y., and Hirota T. (1994), *Individual Cylinder Air-Fuel Ratio Feedback Control Using an Observer*, SAE paper 900616.
47. Haluska P. and Guzzella L. (1998), *Control Oriented Modeling of Mixture Formation Phenomena in Multi-Port Injection SI-Gasoline Engines*. SAE paper 980628.
48. Hendricks E., Jensen M., Chevalier A., and Vesterholm T. (1994), *Problems in Event Based Engine Control*, American Control Conference, Baltimore, vol. 2, pp. 1585-1587.
49. Hendricks E. and Sorenson S.C. (1990), *Mean-Value Modeling of SI Engines*. SAE paper 900616.
50. Herden W. and Kusell M. (1994), *A New Combustion Pressure Sensor for Advanced Engine Management*. SAE paper 940379.
51. Heywood J.B. (1988), *Internal Combustion Engine Fundamentals*, Mc-Graw Hill, New York.

52. Hrovat D. and Sun J. (1997), *Models and Control Methodologies for IC Engine Idle Speed Control Design*. Control Engineering Practice, Vol. 5, No. 8, pp. 1093-1100.
53. Hillier (1996), *Fundamentals of Automotive Electronics*, UK.
54. James E. Duffy (1995), *Auto Electricity and Electronics Technology*, Illinois. USA.
55. J. Marek, H.-P. Trah, Y. Suzuki, I. Yokomori (2003), *Sensors for Automotive Technology*, WILEY-VCH GmbH & Co. KGaA.
56. Jeff Hartman (2003), *How to Tune and Modify Engine Management Systems*, Motorbooks International. USA.
57. Kampelmuhler F.T., Paulitsch R., and Gschweidl K. (1993), *Automatic ECU Calibration: An Alternative to Conventional Methods*, SAE paper 930395.
58. Kang J.M., Kolmanovsky I., and Grizzle J.W. (2001), *Dynamic Optimization of Lean Burn Engine Aftertreatment*. ASME J-DSMC, Vol. 123, No. 2, pp. 153-160.
59. Kolmanowsky I. and Stefanopoulou A. (2001), *Optimal Control Techniques for Assessing Feasibility and Defining Subsystem Level Requirements: An Automotive Case Study*, IEEE Trans. Control Systems Technology, Vol. 9, No. 3, pp. 524-534.
60. Kiencke U., Nielsen L. (2000), *Automotive Control Systems for Engine, Driveline and Vehicle*, Springer, Berlin.
61. Krause W. and Spies K. H. (1996), *Dynamic Control of the Coolant Temperature for a Reduction of Fuel Consumption and Hydrocarbon Emission*. SAE paper 960271.
62. Kruger S. (2000), *Advanced Microsystems for Automotive Applications*. Springer Verlag, Berlin.
63. Lars Nielsen and Lars Eriksson (1998), *Course material Vehicula Systems*. Linköping University, Sweden.
64. Maroteaux F. and Le Moine L. (1995), *Modeling of Fuel Droplets Deposition Rate in Port Injected Spark Ignition Engines*. SAE paper 952484.
65. Muller N. and Isermann R. (2001), *Control of Mixture Composition Using Cylinder Pressure Sensor*. SAE paper 2001-01-3382.
66. Muller R., Hart M., Truscott A., Noble A., Krotz G., Eickhoff M., Cavalloni C. and Gnielka M. (2000), *Combustion Pressure-Based Engine Management System*. SAE paper 2000-01-0928.
67. Onder C. H. and Geering H.P. (1993), *Model-Based Multivariable Speed and Air-to-Fuel Ratio Control of an SI Engine*. SAE paper No. 930859.
68. Onder C. H. (1995), *Model-Based Engine Calibration for Best Fuel Efficiency*. SAE paper 950983.
69. Powell J.D. (1987), *A Review of IC Engine Models for Control System Design*. Proc. Of the 10th IFAC World Congress, San Francisco.
70. Powell J.D. (1995), *IC Engine Models for Control System Design*. Proceeding of

- the 1st IFAC Workshop on Advances in Automotive Control, Ascona.
71. Rao H., Cohen A., Tennant J. and Van Voorhies K. (1979), *Engine Control Optimization Via Nonlinear Programming*. SAE paper 790177.
 72. Ribbens W. (2004), *Understanding Automotive Electronics*, USA.
 73. Ronald K. Jurgen (2003), *Automotive Electronics Handbook*. Mc. Graw-Hill, Inc.
 74. N. Kalouptsidis and S. Theodoridis (1993), *Adaptive Signal Identification and Signal processing Algorithms*, Prentice Hall.
 75. SAE (2004), *SAE Engine Series Collection on CD-ROM*.
 76. Schmitz G., Oligschlager U., Eifler G., and Lechner H. (1994), *Automated System for Optimized Calibration of Engine Management Systems*, SAE paper 940151.
 77. Stone R. (1999), *Introduction to Internal Combustion Engines*. SAE Publishing, Warrendale.
 78. Siga H., Midzutani S. (1989), *Introduction to Automotive Electronics*, Tokyo.
 79. Training Materials (TOYOTA, BMW, FORD).
 80. Trella T. (1979), *Spark Ignition Engine Fuel Economy Control Optimization – Techniques and Procedures*, SAE paper 790179.
 81. Turin R.C. and Geering H. (1993), *On-line Identification of Air-to-Fuel Ratio Dynamics in a Sequentially Injected SI Engine*, SAE paper 930857.
 82. Turin R., Casartelli E. and Geering H. (1994), *A New Model for Fuel Supply Dynamics in an SI Engine*. SAE paper no 940208.
 83. Turin R.C. and Geering H. (1995), *Model Reference Adaptive A/F Ratio Control in an SI Engine based on Kalman Filtering Techniques*, Proc. Of the 1995 American Control Conference, pp. 4082-4090, Seattle, WA.
 84. Ylva Nilsson (2003), *Modelling of a Gaseous Sequential Injection System*, LiTH-ISY-EX-2034
 85. Youtt, V (1989), *Automotive Electrical Systems*, Moscow. Transport.
 86. Weeks R. W. and Moskwa J.J. (1995), *Automotive Engine Modeling for Real-Time Control using MATLAB/SIMULINK*, SAE paper 950417.
 87. Wen C.Y. and Fan L.T. (1975), *Models for Flow Systems and Chemical Reactors*. Marcel Dekker Inc., New York.
 88. William Crouse (1994), *Automotive Electrical Systems*, Mc. Graw Hill International Edition. New York.
 89. Mitchell's OnDemand5 (2008), www.ondemand5.com.

ĐIỆN ĐỘNG CƠ VÀ ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ

02/2013

NHÀ XUẤT BẢN
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH
KP 6, P.Linh Trung, Quận Thủ Đức, TP HCM

Chịu trách nhiệm xuất bản
TS HUỖNH BÁ LÂN

Biên soạn
PGS-TS ĐỖ VĂN DŨNG

Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm về tác quyền
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HCM

Biên tập
PHẠM ANH TÚ

Trình bày và in ấn
TRẦN PHƯƠNG ANH

In 300 cuốn, khổ 20,5 x 28,5 cm. Số đăng ký KHXB: 126-2013/CXB/176-07/ĐHQGTPHCM.
Quyết định xuất bản số : 32/QĐ-ĐHQGTPHCM Cấp ngày 28/02/2013 của NXB ĐHQGTPHCM.
In tại Công ty Cổ phần in Bao bì & XNK Tổng hợp (PAPRIMEX JSC)
In xong nộp lưu chiểu quý 2 năm 2013

DIGITAL
OBD2
CAR READER

OWNER'S
MANUAL



DIGITAL
OBD2
TOOL



1 OBD2
TOOL
500,000
PC Sold



THƯ VIỆN MÃ LỖI XE /01.02.10

Hyundai
C1273

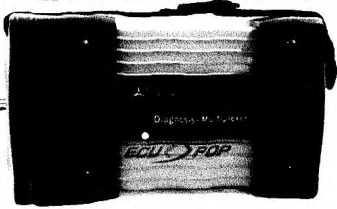
Không có tín hiệu tốc độ đồng cơ

www.thienphong.net

Engine Speed - No Signal

338 Cao Thắng, P.12, Q.10, TP.HCM Tel: (081) 66 2261

AUTOLAND
VEDIS 3
HỒ THỊNH 0918 282 477
INNOVA 31133YN



XENTRY
Diagnostics

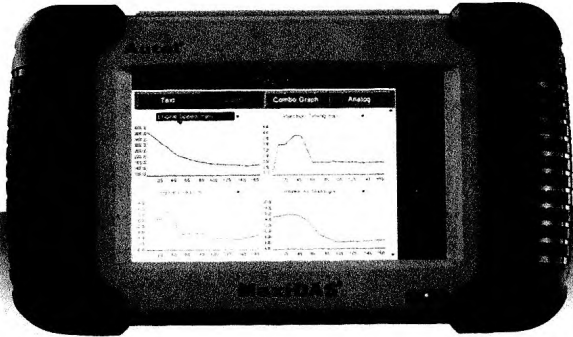
Mercedes Benz

Subscription Key Check in Progress

ALLDATA

Version 13.20

This program is protected by U.S. and International copyright laws as described in the product user's manual. Any unauthorized use of this product is prohibited by law.



Search VIN

Passenger Commercial

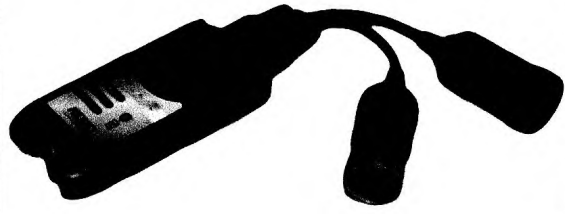
Model Year Engine

Aero Bus[CRC]
AeroCity[CV]
AeroTown[SU]
County[NBI]
HD120[VBI]
HD35/HD45/HD55/HD65/HD72/HD7
Heavy Duty Truck[TRA]
Universe[PY]

System: Symptom Sub Symptom

Fault Code Searching OK Cancel

CAT Volvo HINO Cummins
MAN FOTON Perkins Bendix
Allison Daimler Trucks TOOLBOX



Demarc 5

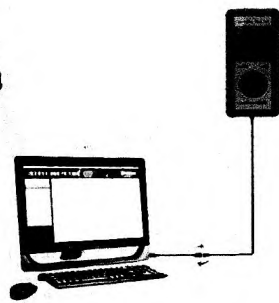
Powered By Mitchell

Promoter Club Order Products Tech Support ASE Test Prep Mitchell.com Elite Tools

INNOVA
DIAGNOSTICS MADE EASY

3200
VN

new



Search VIN

Passenger Commercial

SANTAFE(CM) 2009 G 3.3 DOHC

System: Select System Selected System

ENGINE A/T ABS/ESP AIRBAG AIRCORN EPS
4WD BCM IMMO AIR S/ CNR

System: Symptom Sub Symptom

Fault Code Searching OK Cancel



DIAGNOSTIC PRO