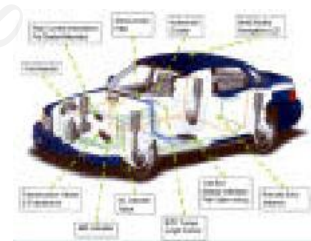
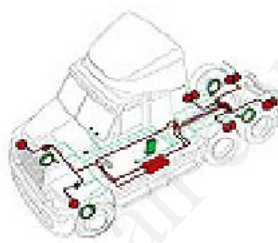
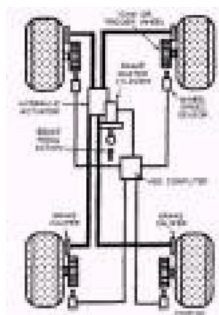


PGS-TS Đỗ Văn Dũng



Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại



HỆ THỐNG ĐIỆN ĐỘNG CƠ



ĐH SPKT TP. HCM

Chương 1 : KHÁI QUÁT VỀ HỆ THỐNG ĐIỆN VÀ ĐIỆN TỬ ÔTÔ

Trên ô tô hiện nay được trang bị nhiều chủng loại thiết bị điện và điện tử khác nhau. Từng nhóm các thiết bị điện có cấu tạo và tính năng riêng, phục vụ một số mục đích nhất định tạo thành những hệ thống điện riêng biệt trong mạch điện của ô tô.

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

1. **Hệ thống khởi động (Starting system):** Bao gồm accu, 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 máy (Glow system).

2. **Hệ thống cung cấp điện (Charging system):** Gồm accu, máy phát điện (Alternators), bộ tiết chế điện (Voltage regulator), các relay và đèn báo nạp.

3. **Hệ thống đánh lửa (Ignition system):** Bao gồm các bộ phận chính: accu, khóa điện (Ignition switch), bộ chia điện (Distributor), biến áp đánh lửa hay bobin (Ignition coils), hộp điều khiển đánh lửa (Igniter), bugi (Spark plugs).

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.

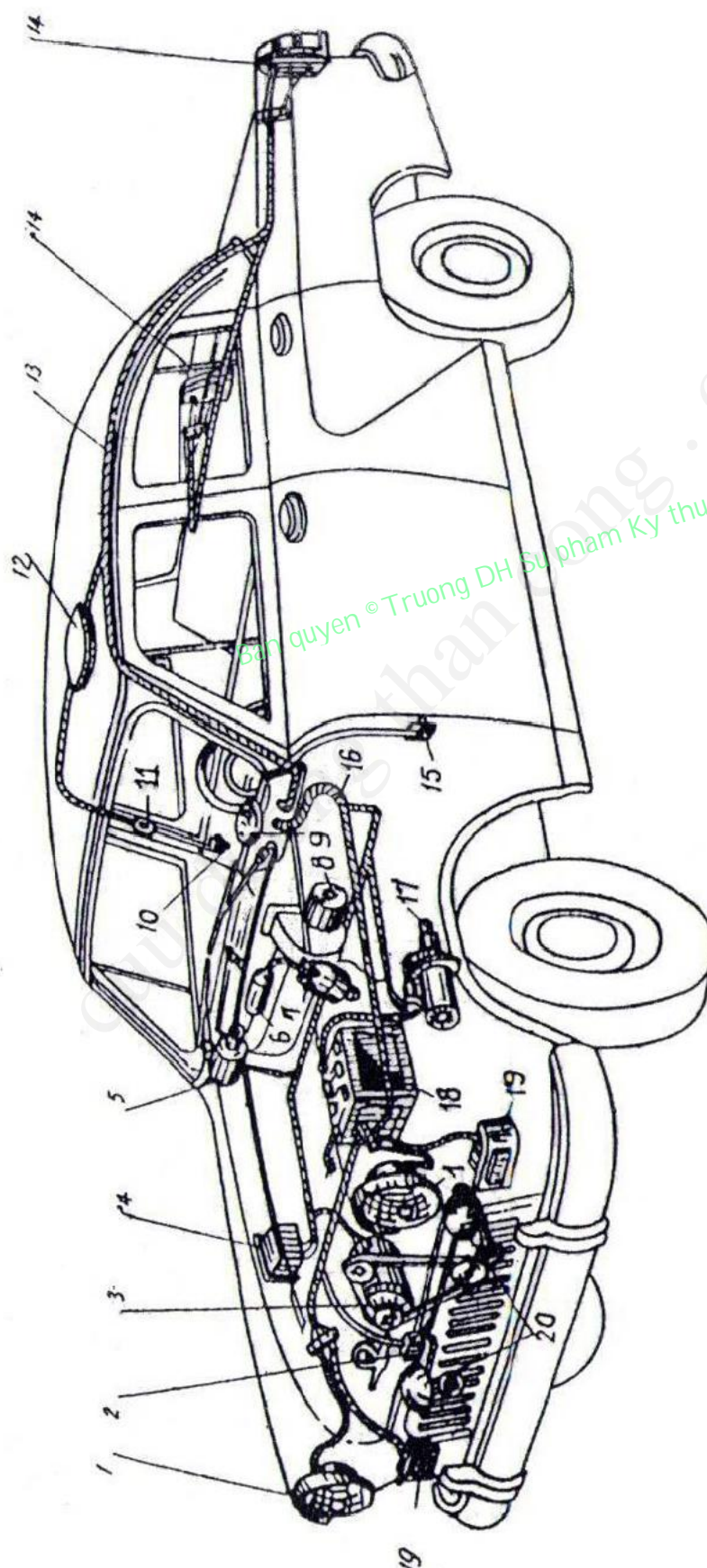
5. **Hệ thống đo đạc và kiểm tra (Gauging system):** Chủ yếu là các đồng hồ báo trên tableau và các đèn báo gồm có: đồng hồ tốc độ động cơ (Tachometer), đồng hồ đo tốc độ xe (Speedometer), đồng hồ đo nhiên liệu và nhiệt độ nước.

6. **Hệ thống điều khiển động cơ (Engine control system):** Bao gồm hệ thống điều khiển xăng, lửa, góc phôi cam, ga tự động (cruise control). Ngoài ra, trên các động cơ diesel ngày nay thường sử dụng hệ thống điều khiển nhiên liệu bằng điện tử (EDC – electronic diesel control hoặc unit pump in line)

7. **Hệ thống điều khiển ô tô:** Hệ thống điều khiển phanh chống hãm ABS (Antilock brake system), hộp số tự động, tay lái, gối hơi (SRS), lực kéo (Traction control).

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...

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



1. Đèn pha; 2. Relay còi; 3. Máy phát điện; 4. Bộ điều chỉnh điện; 5. Motor lau cửa kính; 6. Biến áp đánh lửa; 7. Bộ chia điện; Motor quạt; 8. Đồng hồ; 9. Đồng hồ; 10 và 15. Công tắc đèn trần tự động; 11. Công tắc đèn trên; 12. Đèn trên; 13 và 16. Bộ dây chính; 14. Đèn trước; 17. Máy khởi động điện; 18. Ắc quy; 19. Đèn mờ mi; 20. Còi.

Hình 1.1: Sơ đồ bố trí các thiết bị điện trên ô tô (M21 – Vonga)

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Nếu hệ thống này được điều khiển bằng máy tính sẽ có tên gọi là hệ thống tự động điều hòa khí hậu (Automatic climate control).

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.

1.2 Các yêu cầu kỹ thuật đối với hệ thống điện

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 (-40°C) như ở Nga, Canada.
- Ôn đới (20°C) 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).

2 - 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 .

3 - Điện áp:

Các thiết bị điện ô tô phải chịu được **xung điện áp** cao với biên độ lên đến vài trăm volt.

4 - Độ ẩm:

Các thiết bị điện phải chịu được độ ẩm cao thường có ở các nước nhiệt đới.

5 - Độ bền:

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

6 - Nhiễm 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.

1.3 Nguồn điện trên ô tô

Nguồn điện trên ô tô là nguồn điện một chiều được cung cấp bởi accu nếu động cơ chưa làm việc hoặc bởi máy phát điện nếu động cơ đã làm việc. Để tiết kiệm dây dẫn, thuận tiện khi lắp đặt sửa chữa...trên đa số các xe người ta sử dụng

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

dụng thân sườn xe (car body) làm dây dẫn chung (single wire system). Vì vậy, đầu âm của nguồn điện được nối trực tiếp ra thân xe.

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 3 loại:

1-Phụ tải làm việc liên tục: Bơm nhiên liệu ($50 \div 70W$); hệ thống đánh lửa ($20W$), kim phun ($70 \div 100W$) .v.v.

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 ($10 \div 15W$), các đèn báo trên tableau (Mỗi cái $2W$)...

3-Phụ tải làm việc trong khoảng thời gian ngắn: Đèn báo rẽ ($4 \times 21W + 2 \times 2W$); đèn thắng ($2 \times 21W$); motor điều khiển kính $150W$, quạt làm mát động cơ ($200W$), quạt điều hòa nhiệt độ ($2 \times 80W$), motor gạt nước ($30 \div 65W$); còi ($25 \div 40W$); đèn sương mù (mỗi cái $35 \div 50W$); còi lui ($21W$), máy khởi động ($800 \div 3000W$), mỗi thuốc (100W); ăng ten (Dùng motor kéo ($60W$), hệ thống xông máy (Động cơ diesel) ($100 \div 150W$), 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 vv...

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 $5 \div 30A$. Dây chảy (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 $40 \div 120A$. Ngoài ra, để bảo vệ mạch điện trong trường hợp chập mạch, 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 Honda Accord 1989.

1. Đến máy phát.
2. Cassete, Anten.
3. Quạt giàn lạnh (Hoặc nóng).
4. Relay điều khiển xông kính, điều hoà nhiệt độ.
5. Điều khiển kính chiếu hậu, quạt làm mát động cơ.
6. Tableau.
7. Hệ thống gạt, xịt nước kính, điều khiển kính cửa sổ.
8. Tiết chế điện thế, cảm biến tốc độ, hệ thống phun xăng.
9. Hệ thống ga tự động.
10. Hệ thống đánh lửa.

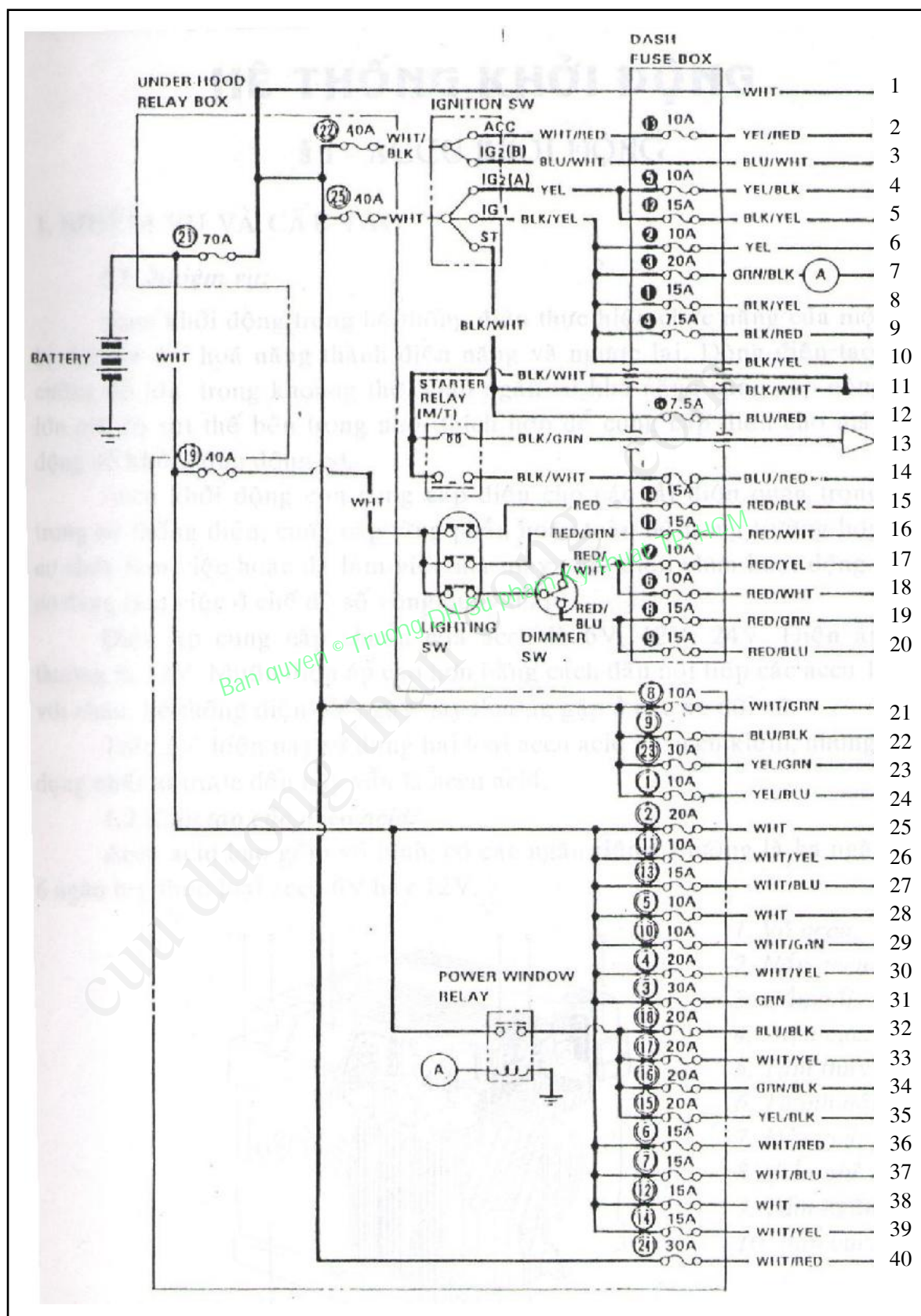
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

11. Hệ thống khởi động.
12. Hệ thống phun xăng.
13. Công tắc ly hợp.
14. Hệ thống phun xăng.
15. Đèn chiếu sáng trong salon.
16. Hộp điều khiển quay đèn đầu.
17. Đèn cốt trái.
18. Đèn cốt phải.
19. Đèn pha trái.
20. Đèn pha phải.
21. Máy phát.
22. Quạt làm mát động cơ và giàn nóng.
23. Xông kính sau.
24. Hệ thống phun xăng.
25. Hệ thống khoá cửa.
26. Đồng hồ, cassette, ECU.
27. Mồi thuốc, đèn soi sáng.
28. Hệ thống quay đèn đầu.
29. Hệ thống báo rẽ và báo nguy.
30. Còi đèn thắng, dây an toàn.
31. Motor quay kính trước (phải).
32. Motor quay kính trước (trái).
33. Motor quay kính sau (phải).
34. Motor quay kính sau (trái).
35. Motor quay đèn đầu (phải).
36. Motor quay đèn đầu (trái).
37. Quạt giàn nóng.
38. Hộp điều khiển quạt.
39. Hệ thống sưởi.

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 phối hợp (changeover switch) 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 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 kép (change over relay).

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

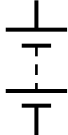
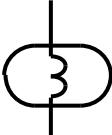
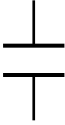
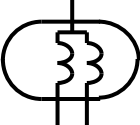
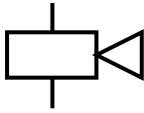
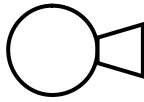

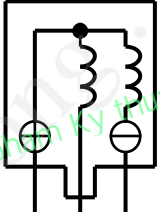
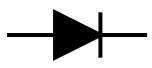


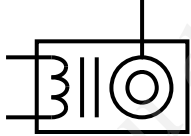






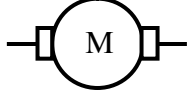


Hình 1-2: Sơ đồ hộp cầu chì xe HONDA ACCORD 1989

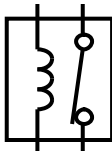

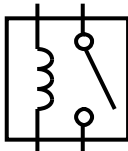
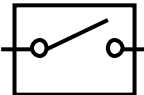
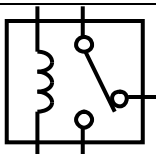


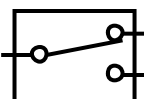

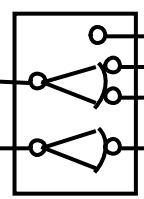
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

1.6 Ký hiệu và quy ước trong sơ đồ mạch điện

CÁC KÝ HIỆU TRONG MẠCH ĐIỆN Ô TÔ

	Nguồn accu		Bóng đèn
	Tụ điện		Bóng đèn 2 tim
	Mồi thuốc		Còi
	Cái ngắt mạch (CB)		Bôbine
	Diode		
	Diode zener		Bóng đèn
	Cảm biến điện từ trong bộ chia điện		LED
	Cầu chì		Đồng hồ loại kim
	Dây chảy (cầu chì chính)		Đồng hồ hiện số
	Nối mass (thân xe)		Động cơ điện

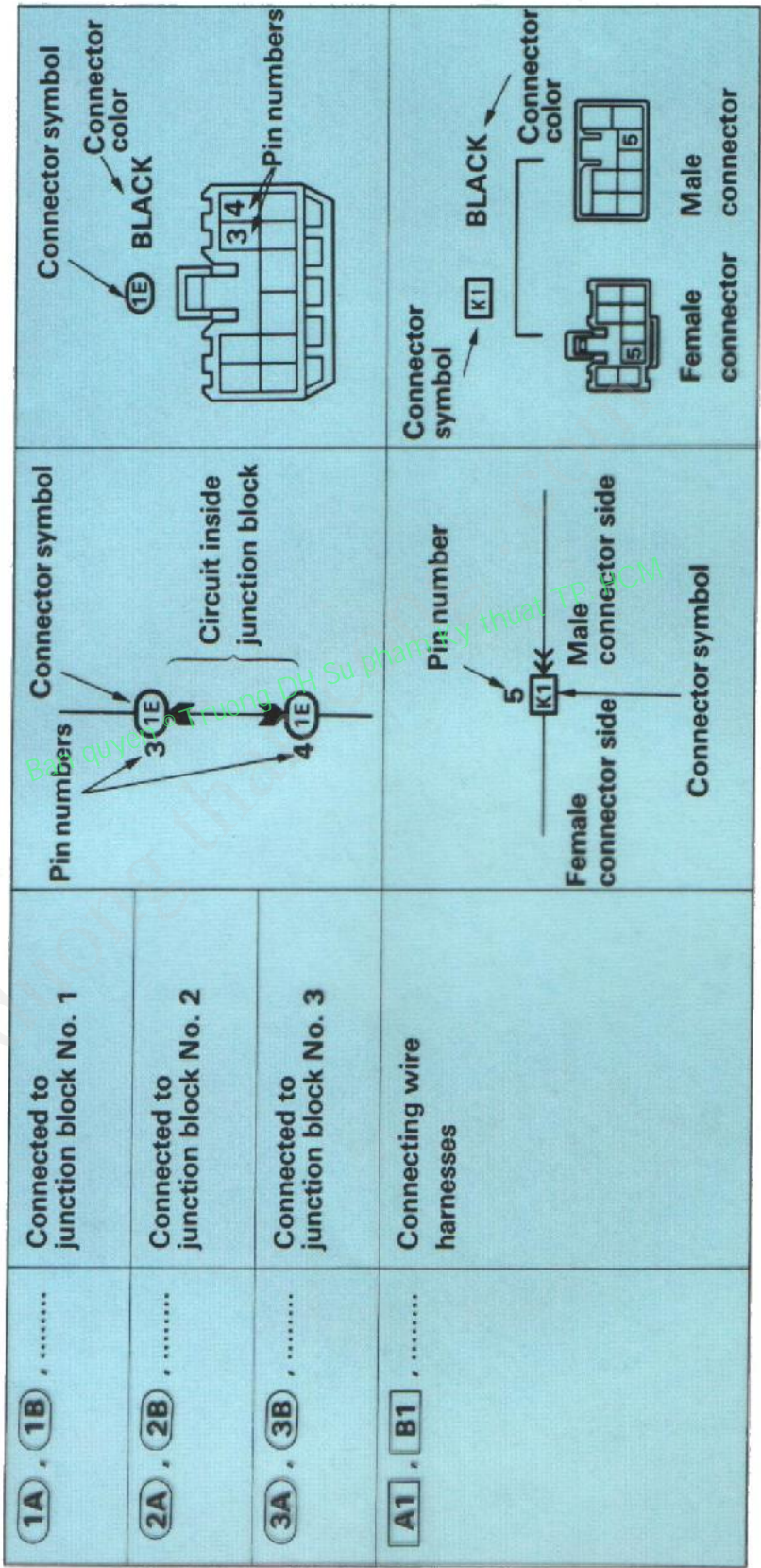
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

	Relay thường đóng (NC – Normally Closed)		Loa
	Relay thường hở (NO – Normally Open)		Công tắc thường mở (NO – Normally Open)
	Relay kép (Changeover Relay)		
	Điện trở		Công tắc kép (Changeover)
	Điện trở nhiều nấc		Công tắc máy
	Biến trở		
	Nhiệt điện trở		Công tắc tác động bằng cam
	Công tắc lưới gà (cảm biến tốc độ)		Transistor
	Đoạn dây nối		Không nối
	Solenoid		Nối



Hình 1-3c

CONNECTOR SYMBOLS



Hình 1-3: Các hiệu và quy ước trong sơ đồ mạch điện

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 bạn đọc có thể tham khảo trong các tài liệu hướng dẫn thực hành điện ô tô.

Bảng 1: Ký hiệu màu dây hệ châu Âu

Màu	Ký hiệu	Đường dẫn
Đỏ	Rt	Từ accu
Trắng/Đen	Ws/Sw	Công tắc đèn đầu
Trắng	Ws	Đèn pha (chiếu xa)
Vàng	Ge	Đèn cot (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	Ăm bobin
Nâu	Br	Mass
Đen/Đỏ	Sw/Rt	Đèn thắng

Bảng 2: Ký hiệu đầu dây hệ châu Âu

1	Ăm bobin
4	Dây cao áp
15	Dương công tắc máy
30	Dương accu
31	Mass
49	Ngõ vào cục chớp
49a	Ngõ ra cục chớp
50	Điều khiển đề
53	Gạt nước
54	Đèn thắng
55	Đèn sương mù
56	Đèn đầu

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

56a	Đèn pha
56b	Đèn cốt
58	Đèn kích thước
61	Báo sạc
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 những sai lầm trong đấu dây. Bài viết này nhằm giới thiệu với bạn đọc 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!). Chất cách điện bọc ngoài dây đồng không những có điện trở rất lớn ($10^{12}\Omega/\text{mm}$) 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 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 mà nhà sản xuất cần phải có sự so đo giữa hai yếu tố vừa nêu. Ở bảng 3 sẽ cho ta thấy độ sụt áp của dây dẫn trên một số hệ thống điện ô tô và mức độ cho phép.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Bảng 3. Độ sụt áp tối đa trên dây dẫn kể cả mỗi nối.

Hệ thống (12V)	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 24V thì các giá trị trong bảng 3 phải nhân đôi.

Độ sụt áp trên dây dẫn thường được tính bởi công thức:

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

Trong đó:

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.

$\rho = 0.0178 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 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 cần nối và độ sụt áp cho phép trên dây.

Để có độ uốn tốt và bền, dây dẫn trên xe được bọc bởi các sợi đồng có kích thước nhỏ. Các cỡ dây điện sử dụng trên ô tô được giới thiệu trong bảng 4.

Bảng 4. Các cỡ dây điện và nơi sử dụng

Cỡ dây: số sợi/đường kính	Tiết diện (mm ²)	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	HT 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 đề

Bó dây

Dây điện trong xe được gộp lại thành bó dây. Các bó dây được quấn nhiều lớp bảo vệ, cuối cùng là lớp băng keo. Trên nhiều loại xe, bó dây có thể được

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

đặt trong ống nhựa PVC. Ở những xe đời cũ bó 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, bó dây có thể có hơn 1000 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 vùng điều khiển (CAN – controller area networks)

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 hỏng hóc xuất phát từ hệ thống dây dẫn đều đã đạt mức độ báo động. Trên một số loại xe, số dây dẫn trong bó đã lên đến 1200 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 khiển 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 vùng điều khiển (CAN) trên xe Mercedes.

Chương 2: ACCU KHỞI ĐỘNG

2.1 Nhiệm vụ và phân loại accu ô tô

Nhiệm vụ

Accu trong ô tô thường được gọi là accu *khởi động* để phân biệt với loại accu sử dụng ở các lĩnh vực khác. Accu khởi động trong hệ thống điện thực hiện chức năng của một thiết bị chuyển đổi hoá năng thành điện năng và ngược lại. Đa số accu khởi động là loại accu *chì – acid*. Đặc điểm của loại accu 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.

Accu 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, accu 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 accu là $6V$, $12V$ hoặc $24V$. Điện áp accu thường là $12V$ đối với xe du lịch hoặc $24V$ cho xe tải. Muốn điện áp cao hơn ta đấu nối tiếp các accu $12V$ lại với nhau.

Phân loại

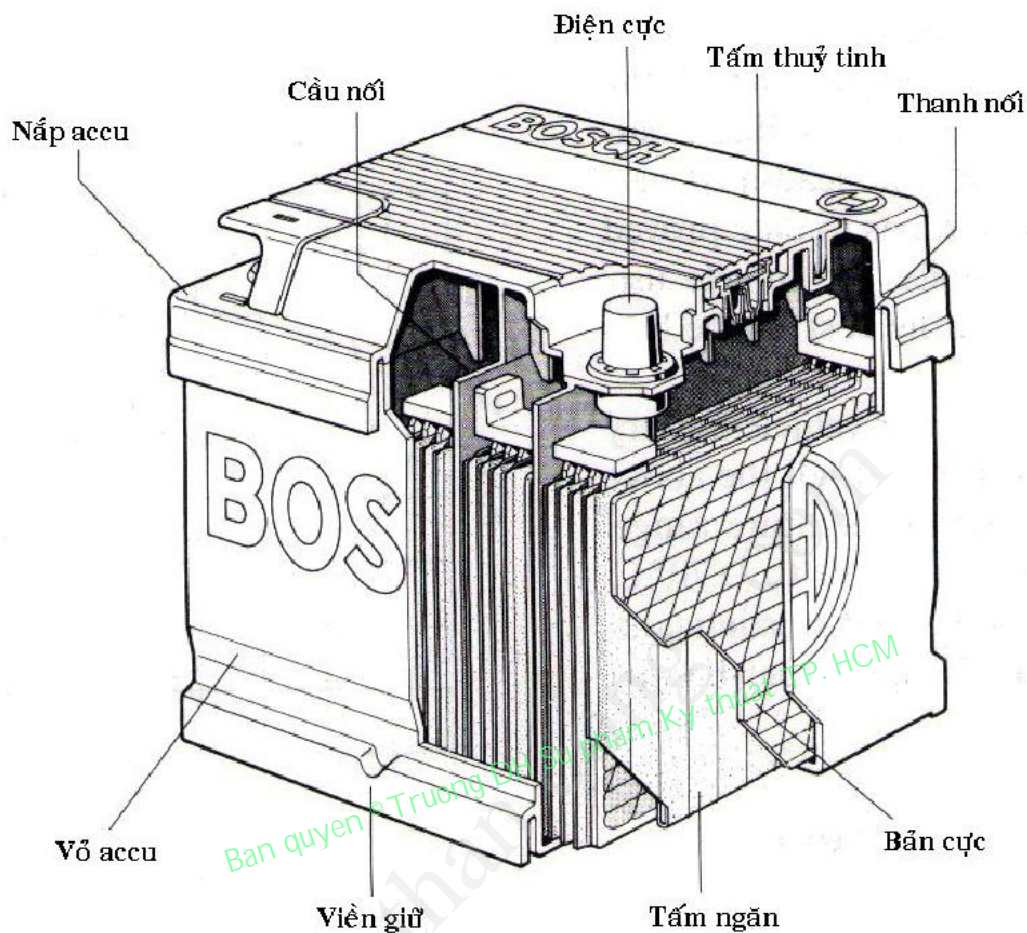
Trên ô tô có thể sử dụng hai loại accu để khởi động: accu axit và accu kiềm. Nhưng thông dụng nhất từ trước đến nay vẫn là accu axit, vì so với accu kiềm nó có sức điện động của mỗi cặp bản cực cao hơn, có điện trở trong nhỏ và đảm bảo chế độ khởi động tốt, mặc dù accu kiềm cũng có khá nhiều ưu điểm.

2.2 Cấu tạo và quá trình điện hóa của accu chì-axit

2.2.1 Cấu tạo

Accu acid bao gồm vỏ bình, có các ngăn riêng, thường là ba ngăn hoặc 6 ngăn tùy theo loại accu $6V$ hay $12V$.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 2.1: Cấu tạo bình accu acid

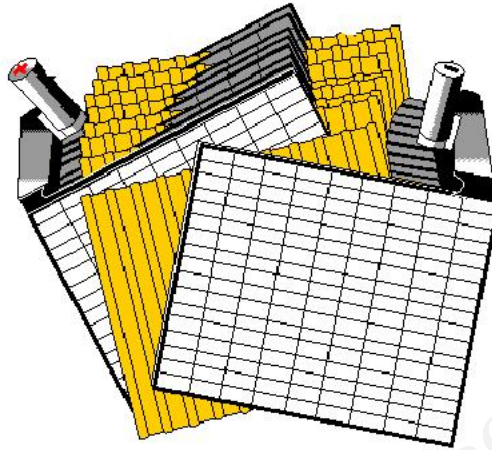
Trong mỗi ngăn đặt khối bản cực, có hai loại bản cực: bản dương và bản âm. Các tấm bản cực được ghép song song và xen kẽ nhau, ngăn cách với nhau bằng các tấm ngăn. Mỗi ngăn như vậy được coi là một accu đơn. Các accu đơn được nối với nhau bằng các cầu nối và tạo thành bình accu. Ngăn đầu và ngăn cuối có hai đầu tự do gọi là các đầu cực của accu. Dung dịch điện phân trong accu 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 accu được chế tạo bằng các loại nhựa *ebônit* hoặc cao su cứng, có độ bền và khả năng chịu được axit cao. Bên trong 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).

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

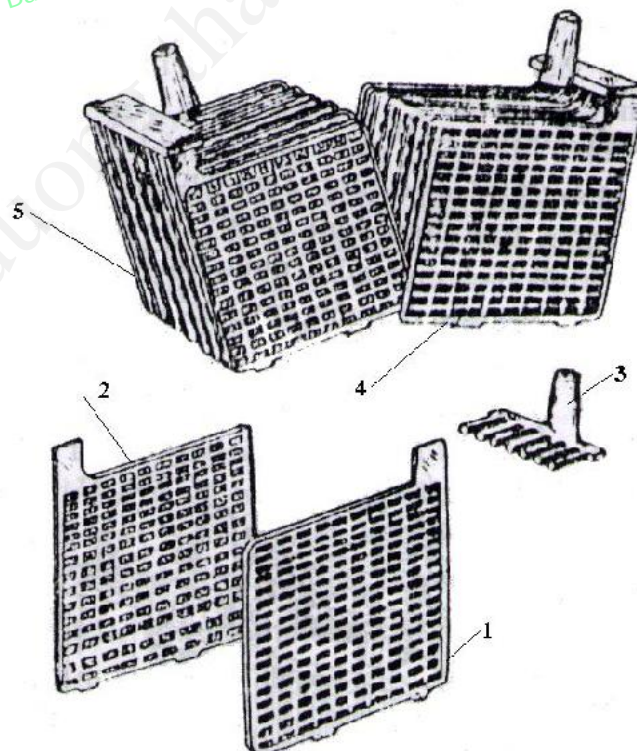
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 $1,22 \div 1,27 g/cm^3$, hoặc $1,29 \div 1,31 g/cm^3$ nếu ở vùng khí hậu lạnh . Nồng độ dung dịch quá cao sẽ làm hỏng các tấm ngăn nhanh, rụng bản cực, các bản cực dễ bị sunfat hóa, tuổi thọ của accu giảm. Nồng độ quá thấp làm điện thế accu giảm.



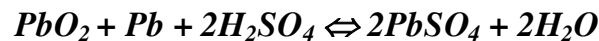
1. Bản cực âm; 2. Bản cực dương; 3. Vấu cực;
4. Khối bản cực âm; 5. Khối bản cực dương.

Hình 2.3: **Cấu tạo chi tiết bản cực**

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

2.2.2 Các quá trình điện hóa trong accu

Trong accu 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 hoá		$SO_4^{2-}, SO_4^{2-}, 4H^+$	$4OH^-, Pb^{++++}$
Quá trình tạo dòng	$Pb^{++} - 2e^-$		$Pb^{++} + 2e^-$
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 hoá	Pb^{++}, SO_4^{2-}	$2H^+, 4OH^-, 2H^+$	SO_4^{2-}, Pb^{++}
Quá trình tạo dòng	$+2e^-$		$-2e^-$
Chất ban đầu	Pb	H_2SO_4 $2H_2O$ 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 accu trong sử dụng.

2.3 Thông số và các đặc tính của accu chì-axit

2.3.1 Thông số

- Sức điện động của accu:

Sức điện động của accu 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 accu có n ngăn $E_a = n \cdot e_a$.

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

$$E_o = 0,85 + \rho_{25^\circ C} \quad (2-1)$$

E_o : Là sức điện động tĩnh của accu đơn (tính bằng Volt).

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

$$\rho_{25^\circ C} = \rho_{do} - 0,0007(25 - t)$$

t : Nhiệt độ dung dịch lúc đo.

ρ_{do} : Nồng độ dung dịch lúc đo.

- Hiệu điện thế của accu:

$$\text{- Khi phóng điện} \quad U_p = E_a - R_a \cdot I_p \quad (2-2)$$

$$\text{- Khi nạp điện} \quad U_n = E_a + R_a \cdot I_n \quad (2-3)$$

Trong đó: I_p - cường độ dòng điện phóng.

I_n - cường độ dòng điện nạp.

R_a - điện trở trong của accu.

- Điện trở trong accu:

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

Điện trở trong accu 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 accu tăng khi bị phóng điện và giảm khi nạp. Điện trở trong của accu 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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

- Độ phóng điện của accu:

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

$$\%Q = \frac{\rho_n - \rho_{d(25^{\circ}C)}}{\rho_n - \rho_p} \times 100 \quad (2-4)$$

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

Trong đó: ρ_n - nồng độ dung dịch lúc nạp no.

ρ_d - nồng độ dung dịch lúc đo đã qui về $25^{\circ}C$.

ρ_p - nồng độ dung dịch lúc accu đã phóng hết.

- Năng lượng accu:

Năng lượng của accu lúc phóng điện:

$$W_p = 3600 \cdot Q_p \cdot U_p \quad (J) \quad (2-5)$$

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

n - số lần đo.

Năng lượng của accu lúc nạp điện:

$$W_n = 3600 \times \frac{I_n \cdot t_n}{n} \cdot \sum_i^n U_{ni} \quad (2-6)$$

Trong đó: Q_p - năng lượng phóng của accu.

U_p - điện thế phóng của accu.

t_n - thời gian nạp accu.

- Công suất của accu:

$$P_a = IE = I(IR + IR_a) \quad (2-7)$$

R : là điện trở tải bên ngoài.

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

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

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

$$\frac{dP_a}{dI} = E - 2R_a I \quad \text{đạt cực đại khi bằng không} \Rightarrow I = \frac{E}{2R_a} \quad (2-8)$$

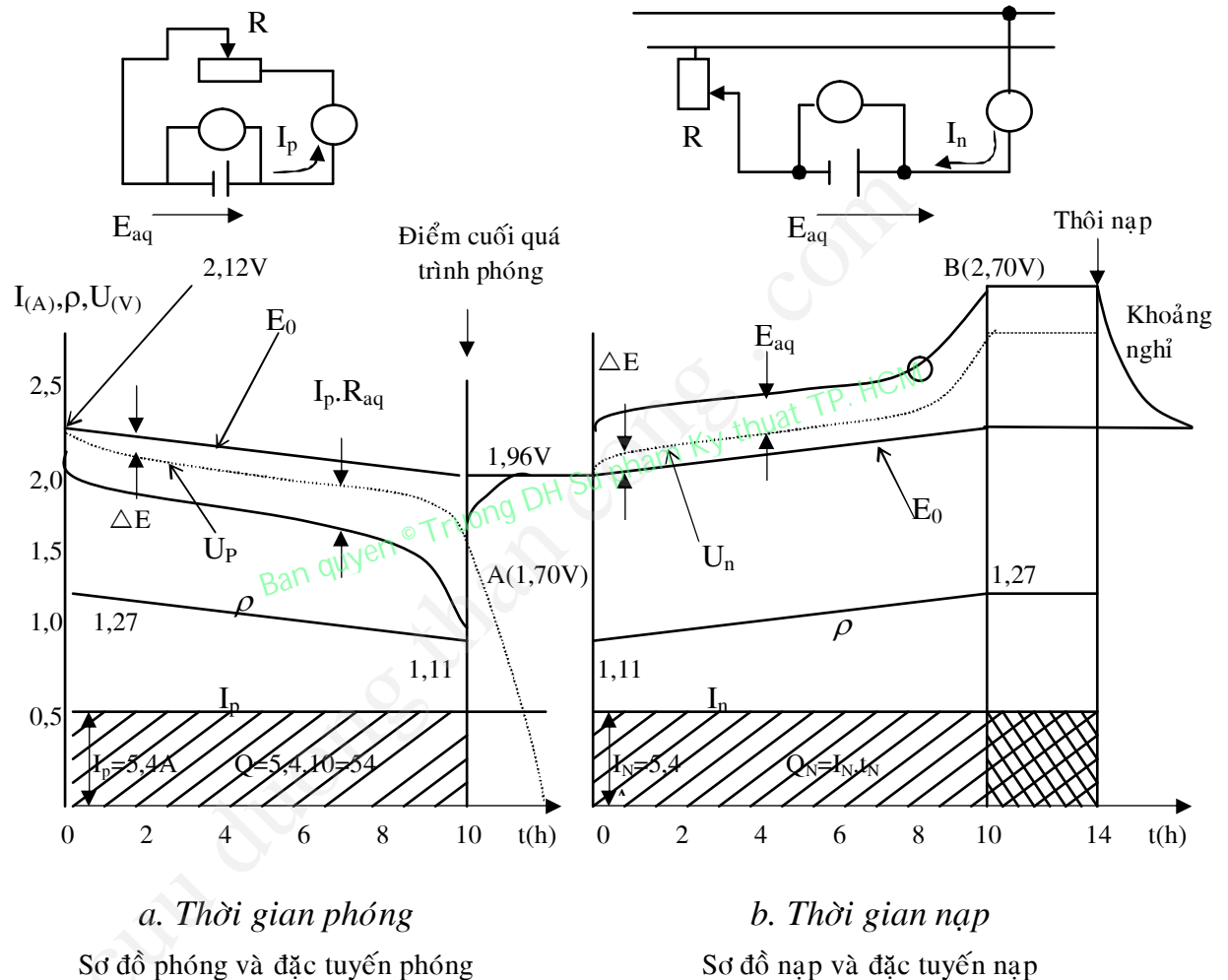
Như vậy khi $R = R_a$, accu sẽ cho công suất lớn nhất.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

2.3.2 Đặc tính

-Đặc tuyến phóng nạp của accu:

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



Hình 2-4: Đặc tuyến phóng - nạp của accu axit

Trên đồ thị có sự chênh lệch giữa E_a và E_0 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 thì 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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

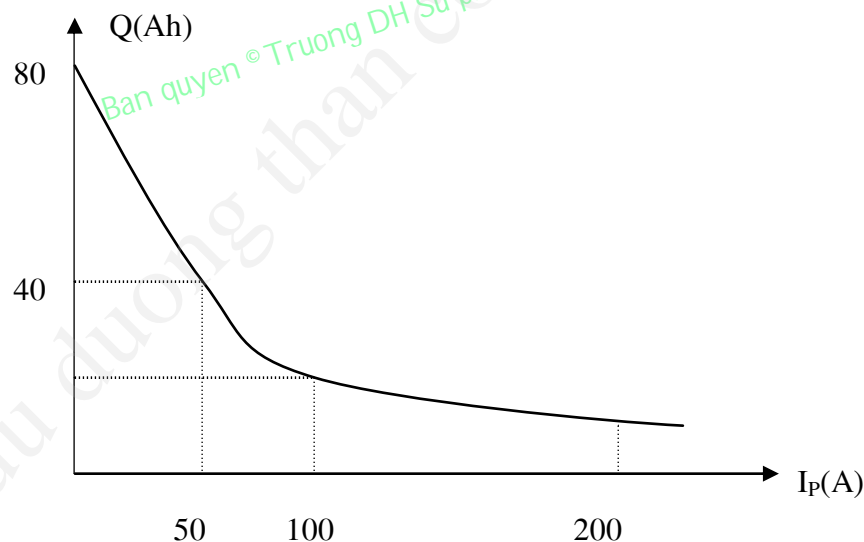
điện động E_a và hiệu điện thế U_p giảm nhanh và có chiều hướng giảm đến không. Hiệu điện thế tại điểm A được gọi là điện thế cuối cùng.

Khi nạp điện, trong lòng các bản cực acid 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 accu 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 thì dòng điện I_n trở nên thừa. Nó chỉ điện phân nước tạo thành oxy và hydro và thoát ra dưới dạng bọt khí.

-Dung lượng của accu:

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

$$Q = I_p \cdot t_p \quad (A.h) \quad (2-9)$$



Hình 2-5: Sự phụ thuộc của dung lượng accu vào dòng phóng

Như vậy dung lượng của accu là đại lượng biến đổi phụ thuộc vào chế độ phóng điện. Người ta còn đưa ra khái niệm dung lượng định mức của accu 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 accu 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 accu.

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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Trên đồ thị (Hình 2-6) biểu diễn sự thay đổi điện thế accu theo thời gian phóng trong trường hợp accu phóng với dòng điện lớn $I = 3Q_{dm}$ (Chế độ khởi động) ở nhiệt độ $+25^{\circ}C$ và $-18^{\circ}C$.

Các yếu tố ảnh hưởng tới dung lượng của accu:

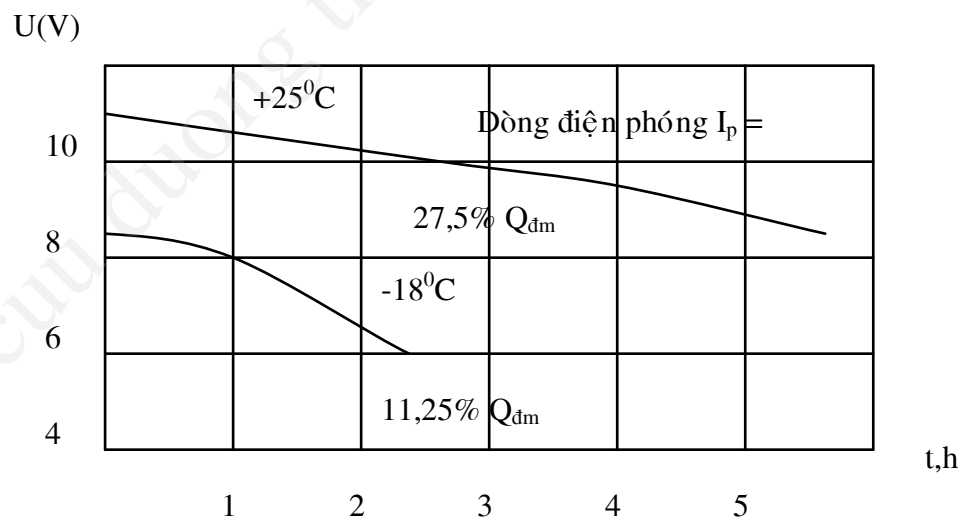
- ▲ Khối lượng và diện tích chất tác dụng trên bản cực.
- ▲ Dung dịch điện phân.
- ▲ Dòng điện phóng.
- ▲ Nhiệt độ môi trường.
- ▲ Thời gian sử dụng.

Dung lượng của accu phụ thuộc lớn vào dòng phóng. Phóng dòng càng lớn thì dung lượng càng giảm, tuân theo **định luật Peikert**.

$$I_p^n \cdot t_p = \text{const} \quad (2-10)$$

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

Trên hình 2-5 trình bày sự phụ thuộc của dung lượng accu vào cường độ phóng. Từ hình 2-6 ta có thể thấy khi accu phóng điện ở nhiệt độ thấp thì điện dung của nó giảm nhanh. Khi nhiệt độ tăng thì điện dung cũng tăng. Nhưng khi nhiệt độ của dung dịch điện phân cao quá (lớn hơn $+45^{\circ}C$) thì các tấm ngăn và bản cực rất mau hỏng, làm cho tuổi thọ của accu giảm đi nhiều.

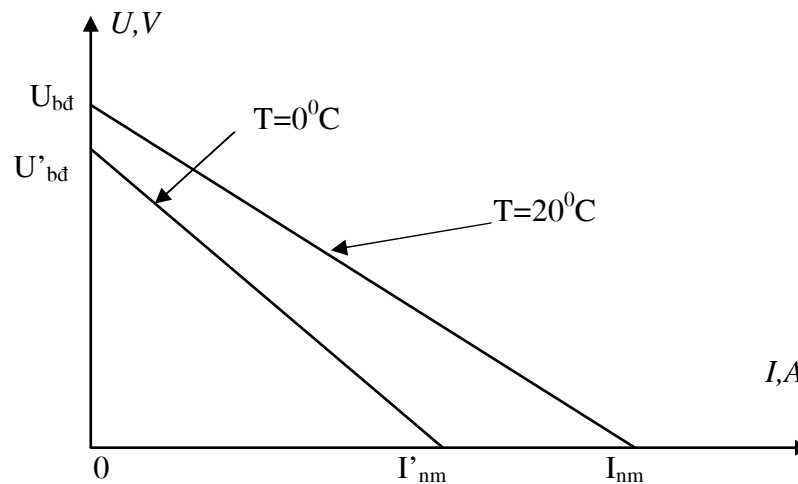


Hình 2.6: **Đặc tuyến phóng của accu acid ở những nhiệt độ khác nhau**

-Đặc tuyến volt-ampere

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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 2-7: **Đặc tuyến Volt – Amper của accu**

Phương trình mô tả đặc tuyến Volt – Ampere của Accu: $U_a = U_{bd} - I_p R_{aq}$

Trong đó: U_{bd} - ban đầu xác định theo công thức thực nghiệm.

I_{nm} - dòng ngắn mạch lúc $U_{aq} = 0$.

$$U_{bd} - I_{nm} R_{aq} = 0$$

$$I_{nm} = U_{bd} / R_{aq} \quad (2-11)$$

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

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

$$I_+ = 2,24 + 1,75t - 0,4\Delta Q_p \quad (2-12)$$

n : là số ngăn accu.

t : nhiệt độ của dung dịch điện phân ($^{\circ}C$).

ΔQ_p : độ phóng điện accu ($\%Q_p$).

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.

$$\text{Vậy: } R_a = \frac{U_{bd}}{I_{nm}}$$

-Đặc tuyến làm việc của accu trên ô tô:

Accu 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.

$$U_{mf} = 13,8 \text{ đến } 14,2V$$

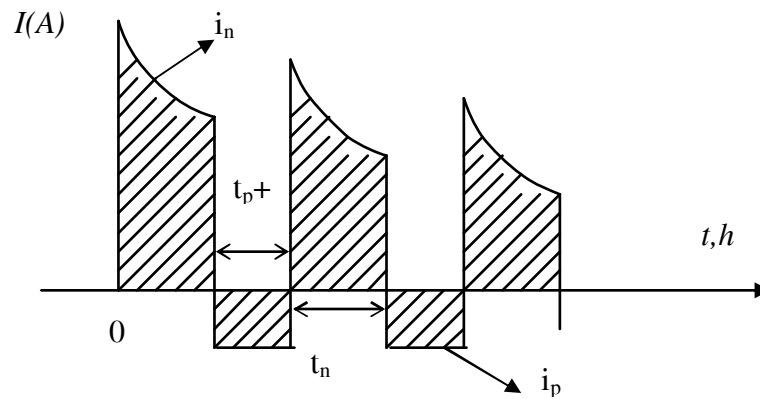
$$I_n = (U_{mf} - U_a) / \Sigma R \quad (2-13)$$

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

Trong đó: R_{dd} : điện trở dây dẫn.

R_{mf} : điện trở các cuộn stator máy phát.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 2-8: Chế độ phóng nạp của accu trên xe

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

$$K_{cb} = \frac{\eta \int_0^{t_n} i_n dt}{\int_0^{t_p} i_p dt}$$

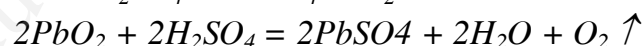
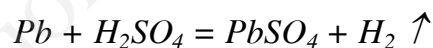
Nếu $K_{cb} > 1$: accu được nạp đủ.

Nếu $K_{cb} < 1$: accu 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 sulphat 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 accu cũng làm giảm dung lượng accu.

2.4 Các phương pháp nạp điện cho accu

Có hai phương pháp nạp điện cho accu

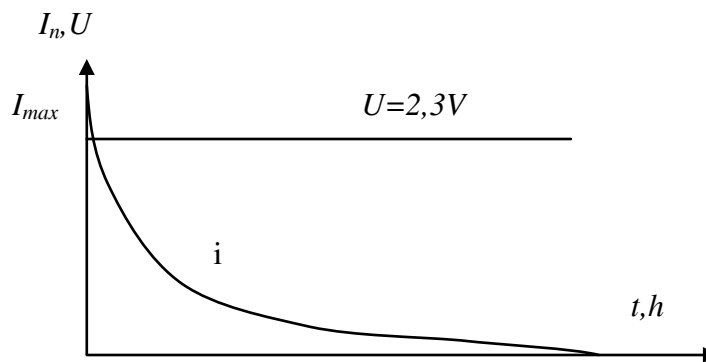
2.4.1 -Nạp bằng hiệu điện thế không đổi

Trong cách nạp này tất cả các accu 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 accu đơn với điều kiện $U_{ng} > U_a$.

Cường độ dòng nạp thay đổi theo công thức:

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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 2-9: *Nạp bằng hiệu điện thế không đổi*

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

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

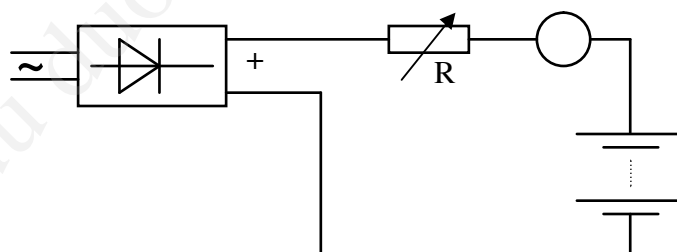
Nhược điểm của phương pháp nạp này là:

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

2.4.2 -Phương pháp 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 $I_n = 0,1 Q_{dm}$. Giá trị lớn nhất của biến trở R có thể xác định bởi công thức:

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



Hình 2-10: *Sơ đồ nạp accu với dòng không đổi*

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

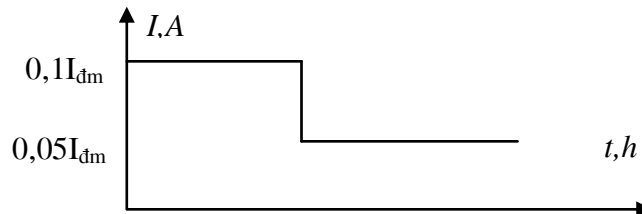
n : số accu đơn mắc nối tiếp.

$0,5$: 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 accu với cường độ $0,1I_{dm}$, khi accu bắt đầu sôi, giảm xuống còn $0,05I_{dm}$. Phương pháp nạp 2 nấc đảm bảo cho accu được nạp no hơn và không bị nóng.



Hình 2-11: Nạp 2 nấc

2.2.4 -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 accu

Để chọn accu ta dựa vào các ký hiệu ghi trên vỏ bình accu, trên các cầu nối giữa các ngăn hoặc trên nhãn hiệu đính ở vỏ bình, chủ yếu là dung lượng định mức của accu.

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

2.6 Các loại accu khác

Ngoài accu chì – axit còn các loại accu kiềm khác như: Accu sắt –niken (Fe – Ni), accu cadimi –niken (Cd –Ni) và accu 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 Accu Sắt – Niken

Về cấu tạo accu sắt –niken có thể chia thành hai loại: loại thỏi và loại không thỏi. Đối với accu 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 accu axit. Phần nhô cao của vấu cực là cực của mỗi accu đơn. Từng khối bản cực được đặt trong các bình sắt có đổ dung dịch điện phân gồm dung dịch KOH với $\rho = 1,20 \div 1,25 \text{ g/cm}^3$ và khoảng $18 \div 20 \text{ gam LiOH}$ cho 1 lít dung dịch. Các bản cực được ngăn cách với vỏ bình bằng lớp nhựa vinhiplat.

Bản cực accu 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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

chặt đầu thổi bằng cách đập chặt với tai bản cực. Mỗi thổi 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 accu đơn chỉ bằng 1,38V nên muốn có bình accu 12V người ta phải ghép nối tiếp 9 ngăn accu đơn lại với nhau, tạo thành 3 tổp accu. Như vậy trọng lượng của mỗi bình accu kiềm nặng hơn bình accu acid khá nhiều, mặc dù cùng thế hiệu.

Loại accu không phân thổi 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 accu xuống $1,4 \div 1,6$ lần so với loại thổi.

2.6.2 Accu Cadimi_Niken

Loại accu này chỉ khác loại accu sắt_niken về thành phần hoá học của chất tác dụng ở bản cực âm, còn cấu tạo và quá trình hoá học của accu cadimi_niken tương tự như accu sắt_niken.

2.6.3 Accu Bạc_Kẽm

Đây là loại accu 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 accu này là kẽm và oxit bạc, còn dung dịch điện phân cũng giống như trong các accu khác là KOH. Một trong những ưu điểm quan trọng của accu loại này là với kích thước không lớn lắm chúng có thể cho dòng lớn. Nhược điểm của nó là tuổi thọ ngắn.

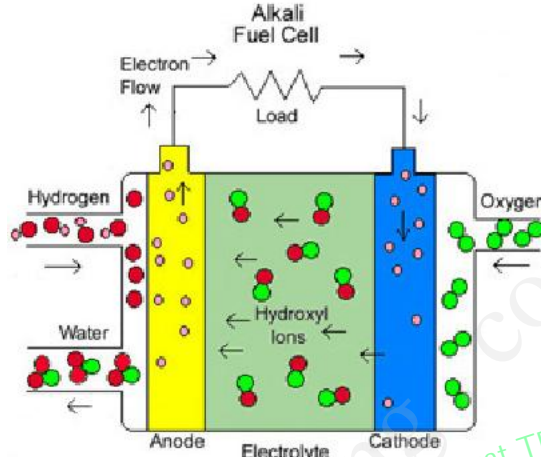
Bảng 2.1 Điện thế và dung lượng một số loại accu

<i>Loại accu</i>	<i>Điện thế trong một ngăn</i>	<i>Dung lượng riêng</i>
Accu chì – axit	2.0V	30Wh/Kg
Sắt – Nickel/cadimium	1.22V	45Wh/Kg
Nicken – metal – hydride	1.2V	50 – 80 Wh/Kg
Natri – lưu huỳnh	2.0 – 2.5V	90 – 100 Wh/Kg
Natri – nickel – clorua	2.58V	90 – 100 Wh/Kg
Lithium	3.5V	100 Wh/Kg
H ₂ /O ₂ fuel cell	~30V	500 Wh/Kg

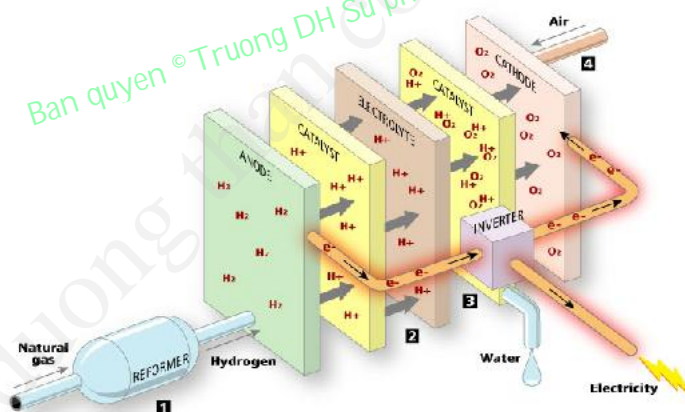
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

2.6.4 Pin nhiên liệu (fuel cell)

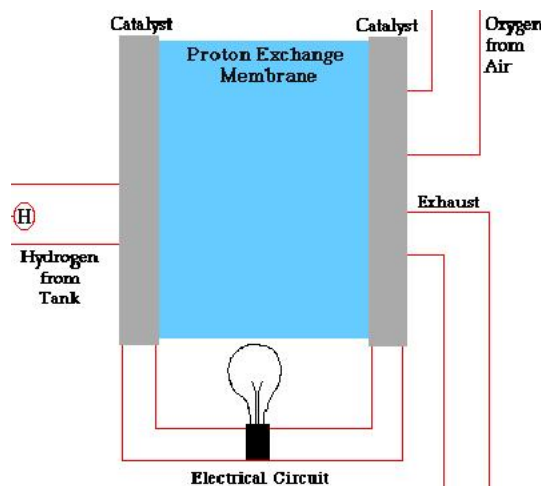
Trong những năm gần đây xuất hiện một dạng accu mới – đó là pin nhiên liệu. Loại pin này đang được nghiên cứu và đã bắt đầu tìm thấy ứng dụng trên một số ô tô điện. Trên hình 2.12, 2.13, 2.14 trình bày một số dạng pin nhiên liệu thường gặp. Nguyên lý của pin nhiên liệu dựa vào tách electron của nguyên 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

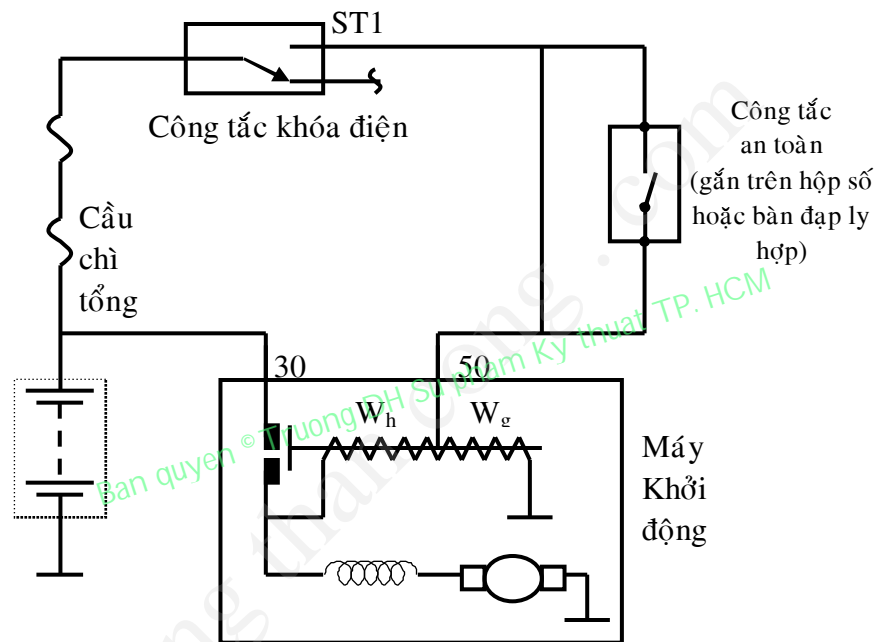


Hình 2.14: Sơ đồ pin nhiên liệu dùng hydro

Chương 3: HỆ THỐNG KHỞI ĐỘNG

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*

3.2 Máy khởi động

3.2.1 Yêu cầu, phân loại theo cấu trúc

Yêu cầu kỹ thuật đối với hệ thống khởi động

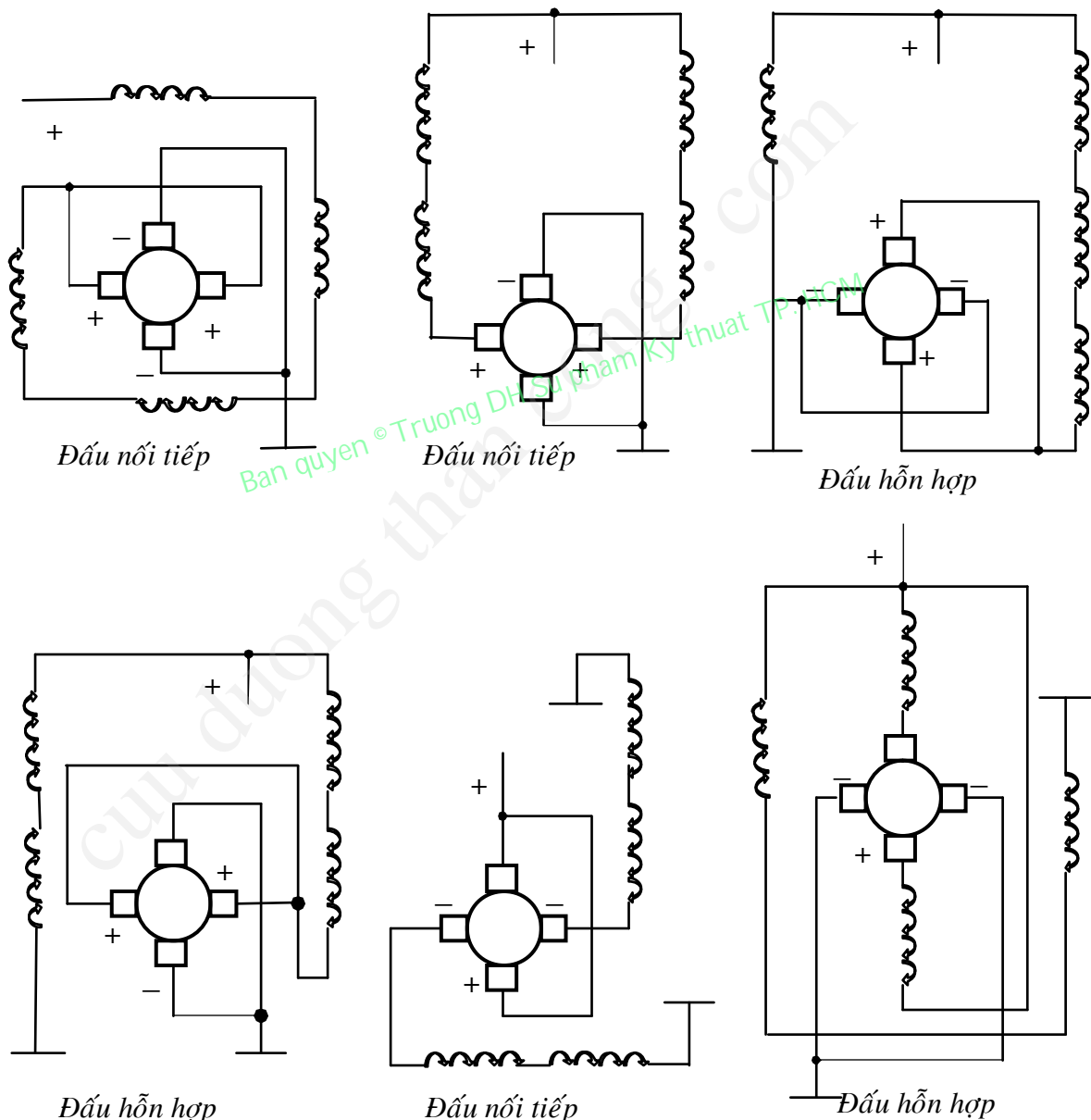
- ▽ Máy khởi động phải quay được trục khuỷu động cơ với tốc độ thấp nhất mà động cơ có thể nổ được.
- ▽ Nhiệt độ làm việc không được quá giới hạn cho phép.
- ▽ Phải bảo đảm khởi động lại được nhiều lần.
- ▽ Tỷ số nén từ bánh răng của máy khởi động và bánh răng của bánh đà nằm trong giới hạn (từ 9 đến 18).
- ▽ Chiều dài, điện trở của dây dẫn nối từ accu đến máy khởi động phải nằm trong giới hạn quy định (< 1m).
- ▽ Moment truyền động phải đủ để khởi động động cơ.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 với động cơ.

▽ 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

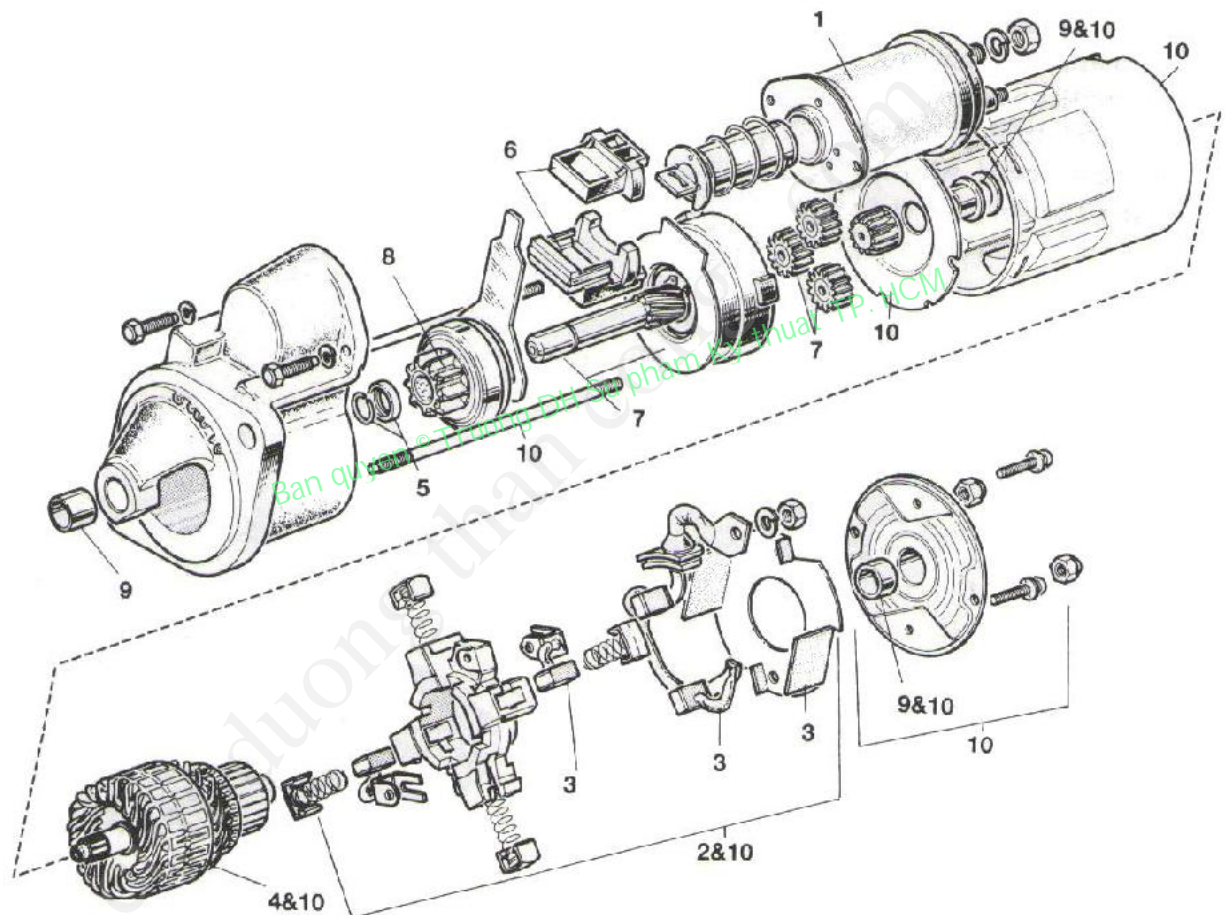
▽ Phân loại theo cách truyền động: có hai cách truyền động

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 3 loại:

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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

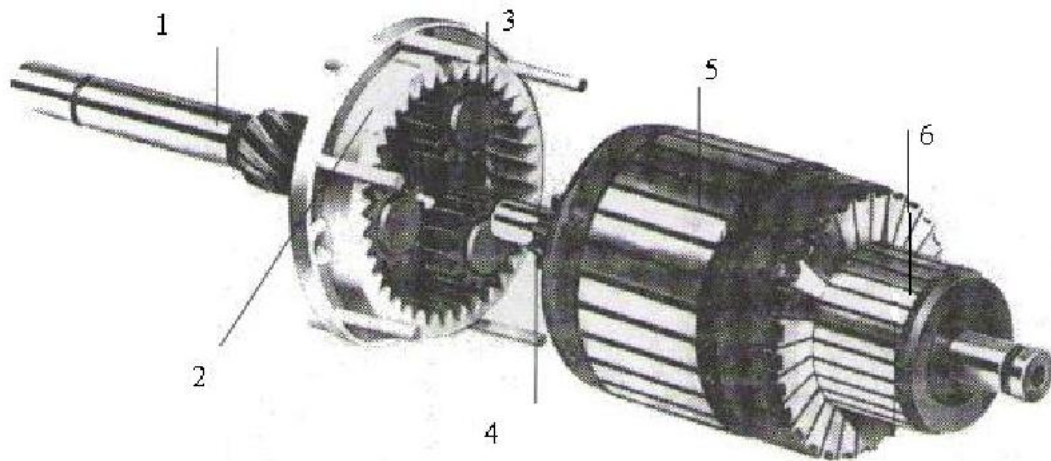
Truyền động phải qua hộp giảm tốc:



Hình 3-3: Cấu tạo máy khởi động có hộp giảm tốc

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 3 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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

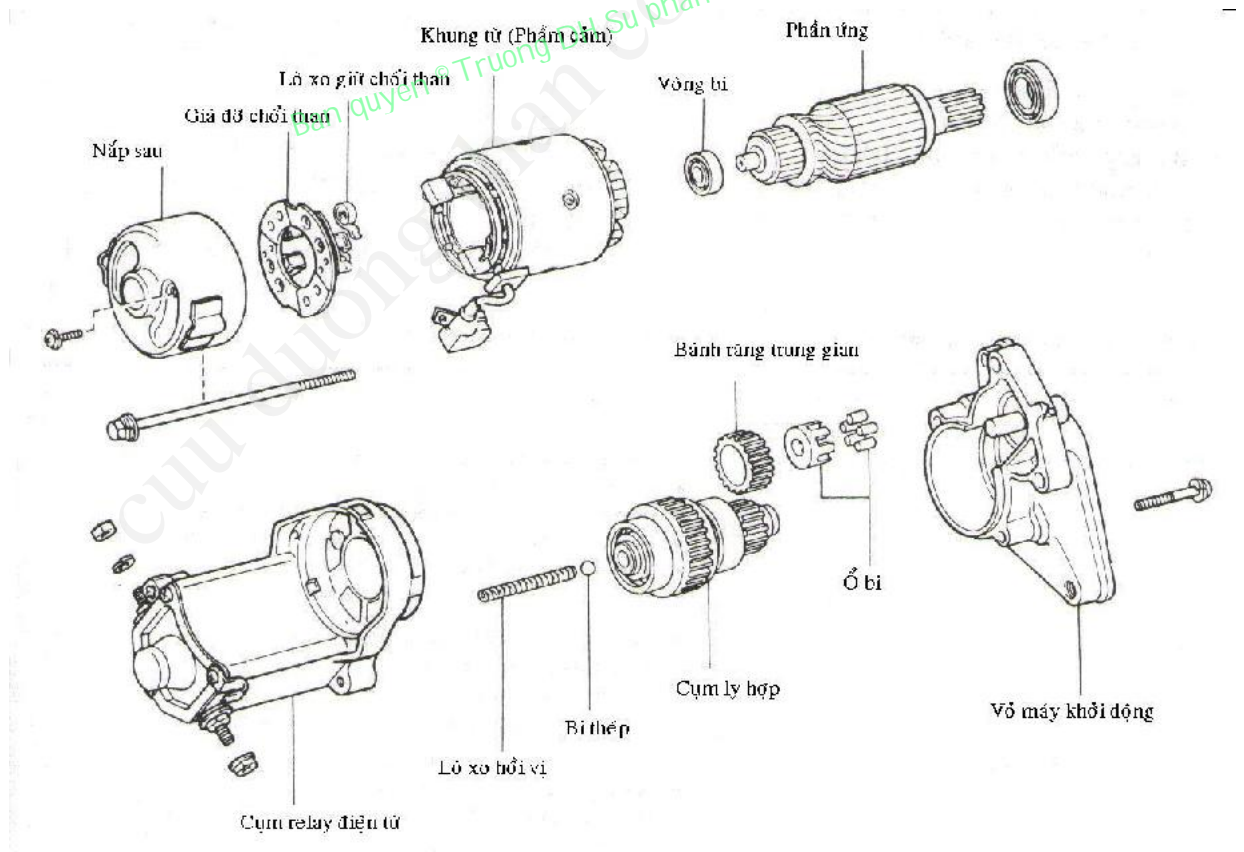


1- Trục thứ cấp; 2- Vòng răng; 3- Bánh răng hành tinh;
4- Bánh răng mặt trời; 5- Phần ứng; 6- Cổ góp

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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

cũng như có đặc tính khác nhau, nhưng nói chung chúng thường có 3 bộ phận chính: Động cơ điện, khớp truyền động và cơ cấu điều khiển.

Motor khởi động:

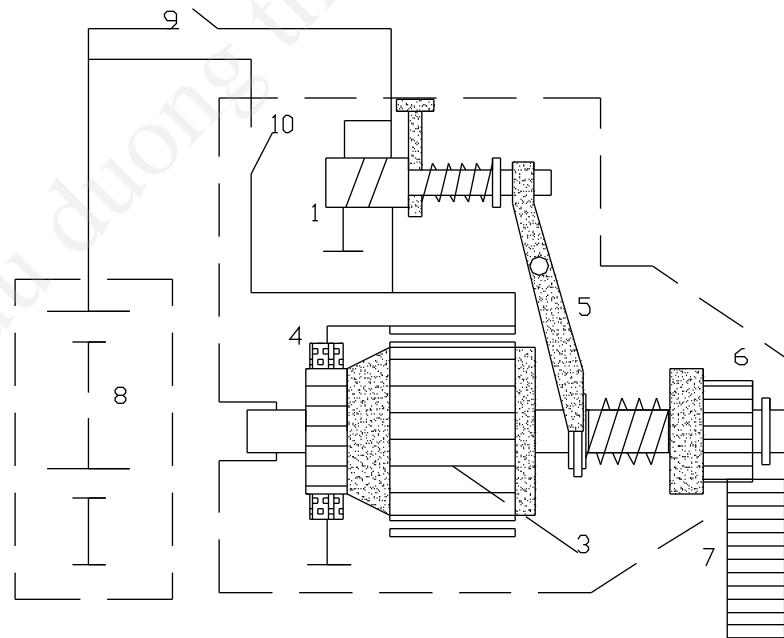
Là bộ phận biến điện năng thành cơ năng. Trong đó: stator gồm vỏ, các má cực và các cuộn dây kích thích, rotor gồm trục, khối thép từ, cuộn dây phần ứng và cổ góp điện, các nắp với các giá đỡ chổi than và chổi than, các ổ trượt ...

Relay gài 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 gài khớp để gài 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.

Nguyên lý hoạt động

Relay gài 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.



- 1_cuộn dây hút và cuộn giữ; 2_cuộn dây stator; 3_rotor; 4_chổi than;
5-thanh gài khớp; 6_bánh răng đề; 7_vòng răng bánh đà;
8_accu; 9_công tắc khởi động; 10_tiếp điểm relay khởi động;

Hình 3-6: Sơ đồ làm việc của hệ thống khởi động

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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

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

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 (+) accu 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.

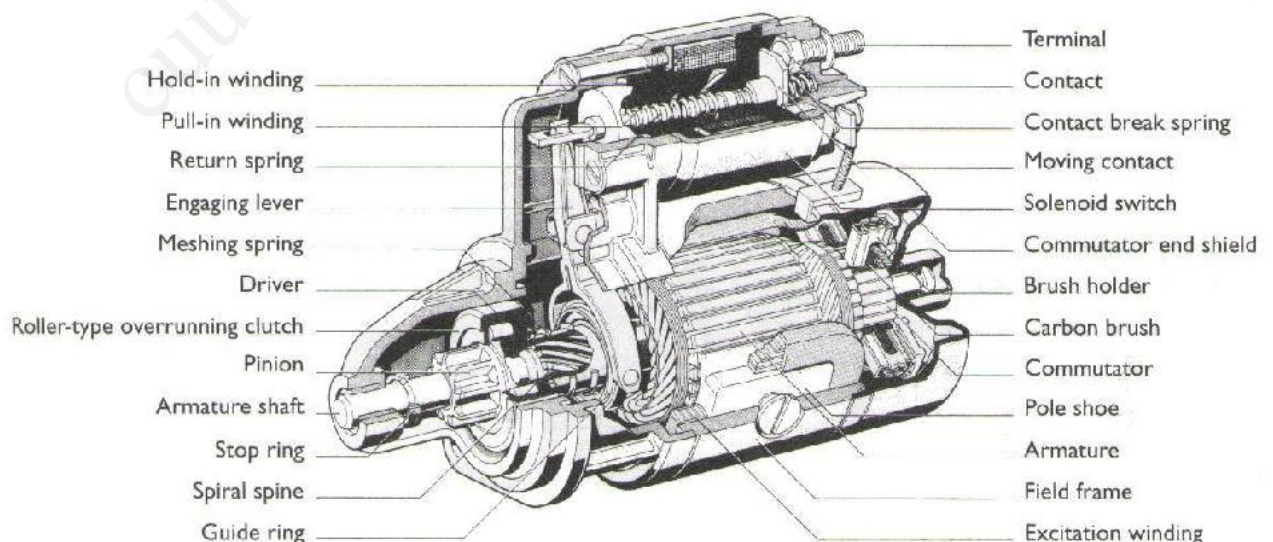
Do lõi thép đi vào bên trong mạch từ khiến từ trở giảm nên lực từ tác dụng lên lõi thép tăng lên. Vì thế, chỉ cần một cuộn W_g vẫn giữ được lõi thép. Khi động cơ đã nổ tài xế trả công tắc về vị trí ON, mạch hở nhưng do quán tính dòng điện vẫn còn. Do đó hai bánh răng còn dính và dòng vẫn còn qua lá đồng. Như vậy dòng sẽ đi từ: $(+) \rightarrow W_h \rightarrow W_g \rightarrow \text{mass}$.

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 máy 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.

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.

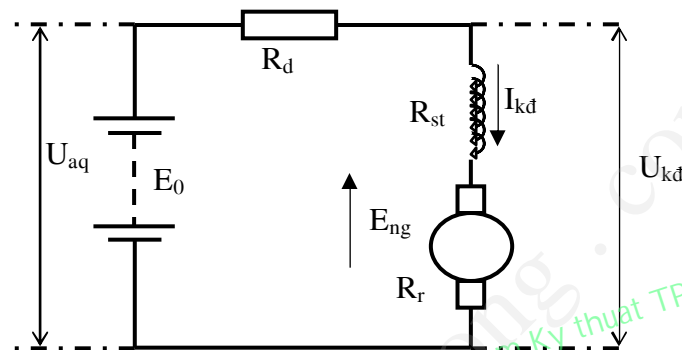


Hình 3-7: Cấu tạo khớp truyền động

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

a. 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

b. Đặc tuyến và đánh giá hư hỏng thông qua các đặc tuyến:

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

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

$$e = B l v$$

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

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

$$e = \phi \cdot \frac{P n}{30}$$

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

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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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

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

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

a _ số đôi mạch mắc song song trong rotor

C_e _ hằng số $C_e = pn/a.60$

N _ số dây dẫn trong rotor

Số vòng quay của rotor được xác định bởi:

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

Từ sơ đồ trên hình 3-8 ta có: $U_{aq} = E_0 - IR_{aq}$

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

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 accu

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

ΔU_{ch} _ độ sụt thế điện áp chổi điện

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

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

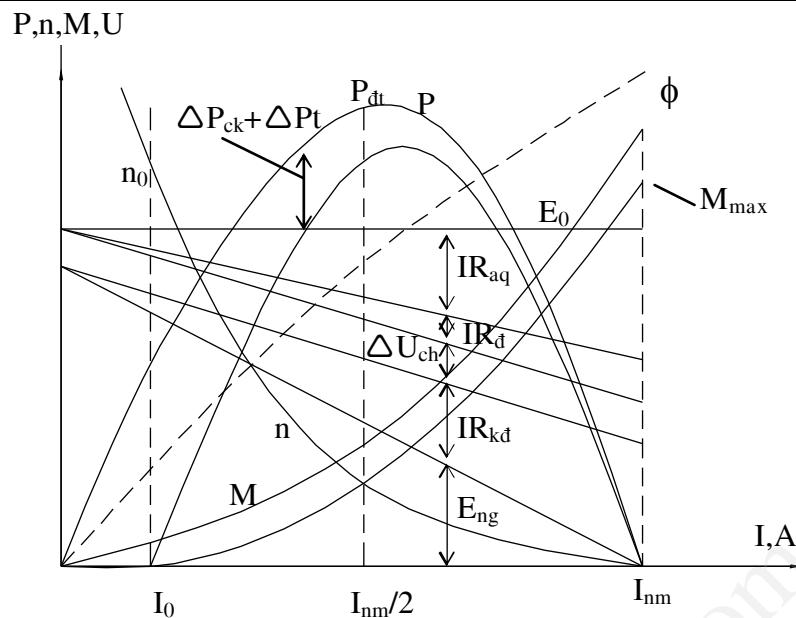
E_{ng} được xác định:

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

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

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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



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 $\phi \cong K_{\phi} I$

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

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

Vì vậy lúc này tốc độ phụ thuộc vào cường độ dòng điện theo quy luật **hyperbol**

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

Với:

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

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:

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

$$n = b_1 - b_2 I$$

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 $M=f(I)$:

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

$$M = FD/2$$

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Trong đó: F: tổng lực tác dụng lên các khung dây

D: đường kính của rotor

$$F = N.f$$

với f - lực tác dụng lên một khung; N là số khung có trong rotor

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

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

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

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

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

$$M = C_M \cdot \phi.I$$

Khi tải nhỏ : $\phi = K_\phi I$

$$M = C_M \cdot K_\phi I^2$$

Khi tải lớn $\phi = const$

$$M \cong K_M \cdot \phi$$

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 $P = (I)$:

Tỷ 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.

$$P = M.\omega$$

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

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

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

$$P = I.E_{ng}$$

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

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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 accu 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 3 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 ΔP_d , ΔP_{ck} , ΔP_t .
- Chế độ công suất cực đại ứng với cường độ dòng điện gần bằng $I_{nm}/2$.
- Chế độ hãm 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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

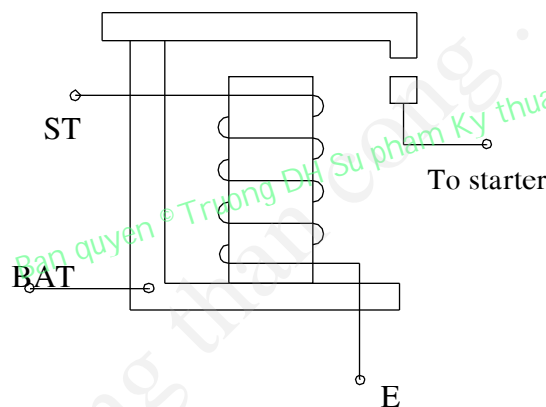
Ở chế độ thứ nhất nếu tốc độ không tải đo được của máy khởi động nhỏ hơn giá trị cho phép của nhà chế tạo n_0 và cường độ dòng điện không tải lớn hơn bình thường thì hư hỏng xảy ra chủ yếu ở phần cơ: xem xét các ổ đỡ và chổi than.

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 khiển 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 gài khớp

Relay gài 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

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.

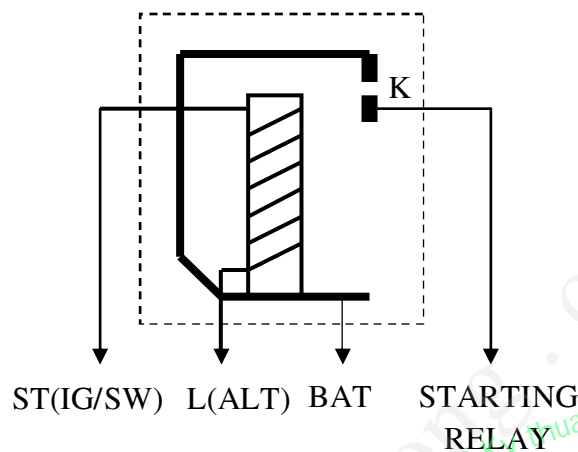
Thiết bị dùng bảo vệ khởi động còn gọi là relay khóa khởi động. Relay khóa khởi động hoạt động tùy thuộc vào tốc độ quay của động cơ. Ta có thể lấy tín hiệu này từ máy phát (dây L của đèn báo sạc và diod phụ).

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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.

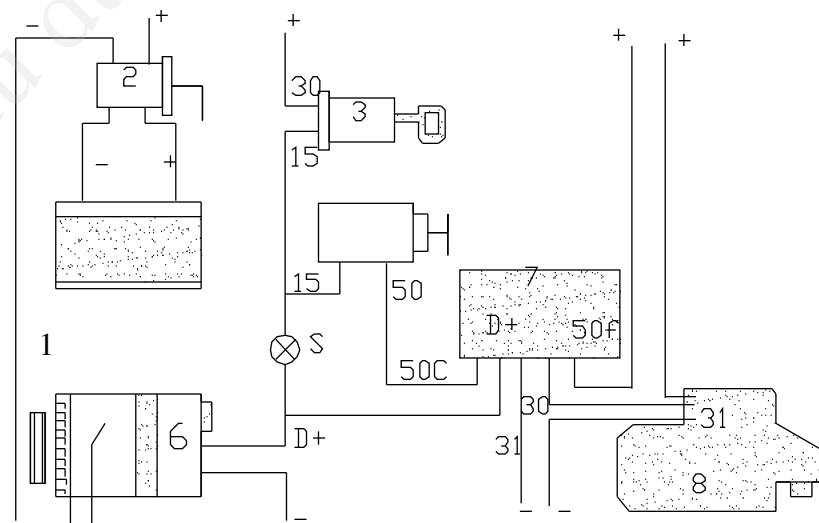
Cấu tạo nguyên lý làm việc của relay khóa khởi động:

Relay khóa khởi động dùng tiếp điểm cơ khí



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 accu nhưng máy chưa tắt công tắc khởi động), dòng điện qua W_{bv} mất khiến khóa K mở, ngắt dòng điện relay khởi động làm cho máy khởi động không hoạt động nữa.



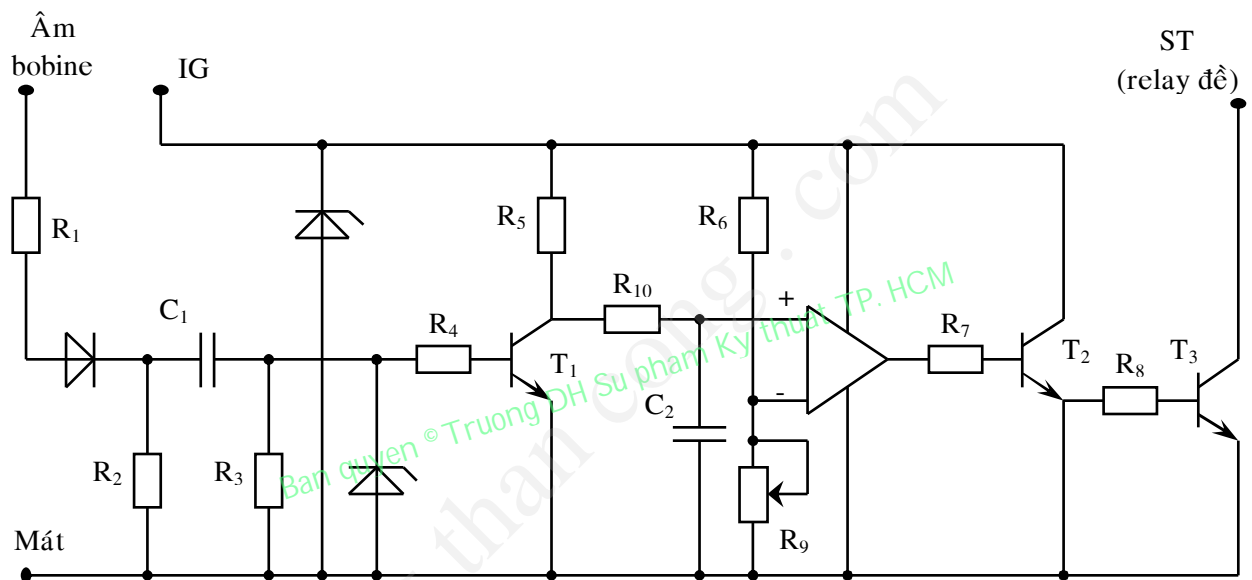
1_accu, 2_công tắc nguồn, 3_công tắc máy, 4_công tắc khởi động, 5_đèn báo nạp, 6_máy phát, 7_relay bảo vệ khởi động, 8_máy khởi động

Hình 3-12: Sơ đồ thực tế mạch bảo vệ khởi động

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Mạch bảo vệ khởi động điều khiển bằng điện tử:

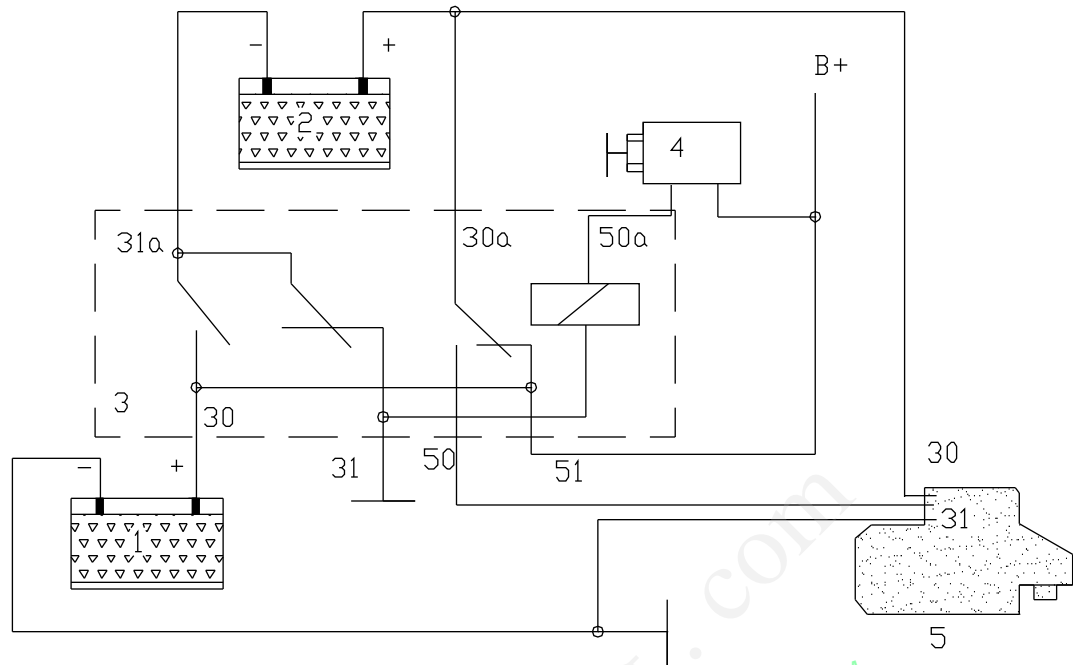
Trong loại này, người ta sử dụng mạch biến đổi tần số sang điện thế bằng cách lấy tín hiệu tần số từ dây trung hoà (N) của máy phát hoặc đầu âm bobin. Tín hiệu tốc độ động cơ thể hiện qua tần số đánh lửa được đưa đến ngõ vào của mạch bảo vệ làm thay đổi tần số đóng mở của T_1 . Hiệu điện thế trung bình 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

Trên một số xe có công suất lớn thường 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 xe IFA. 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 2 bình accu 12V để có 24V khi khởi động. Khi kết thúc khởi động hai bình accu sẽ được mắc song song để máy phát nạp điện cho chúng.



1,2 _accu 12V; 3 _relay đổi điện áp

4_ công tắc khởi động; 5- máy khởi động 24V

Hình 3-14: *Mạch khởi động với relelay đổi điện 12V-24V*

3.4 Hệ thống hỗ trợ khởi động cho động cơ diesel

3.4.1 Nhiệm vụ và phân loại

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 $25 \div 30 \text{ }^{\text{V}}/\text{p}$, còn ở động cơ diesel là $70 \div 120 \text{ }^{\text{V}}/\text{p}$ (đa số là $105 \div 120 \text{ }^{\text{V}}/\text{p}$). 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.

Phân loại:

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

a. Xông nóng buồng đốt:

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Các bougie xông được đặt trong buồng đốt phụ của động cơ. Nhờ năng lượng điện của accu các dây điện trở của bougie được nung nóng đến nhiệt độ khoảng $800 \div 1000^{\circ}\text{C}$.

Hệ thống này có hai kiểu 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 dùng điện thế 6V, 12V. 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 dùng điện thế 1,4÷1,7V.

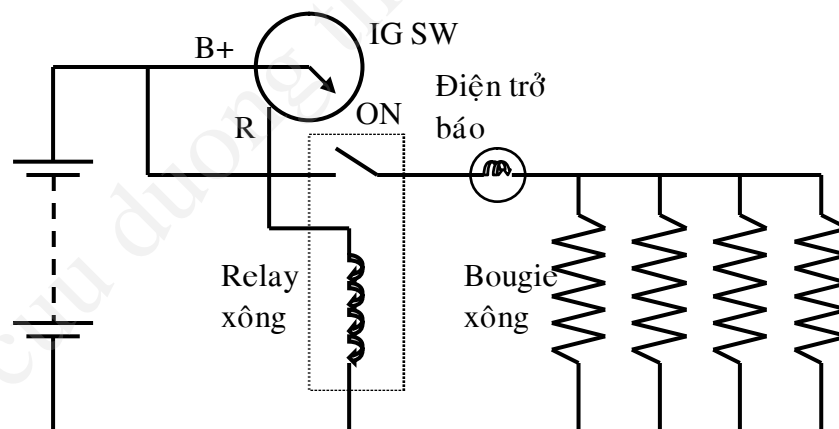
b. Xông nóng không khí nạp:

Dùng điện trở đặt tại ống góp hút sau lọc gió, sử dụng nguồn điện accu 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 và trong khi khởi động ô tô có hai loại:

Hệ thống xông thường được mô tả trên hình 3-15.



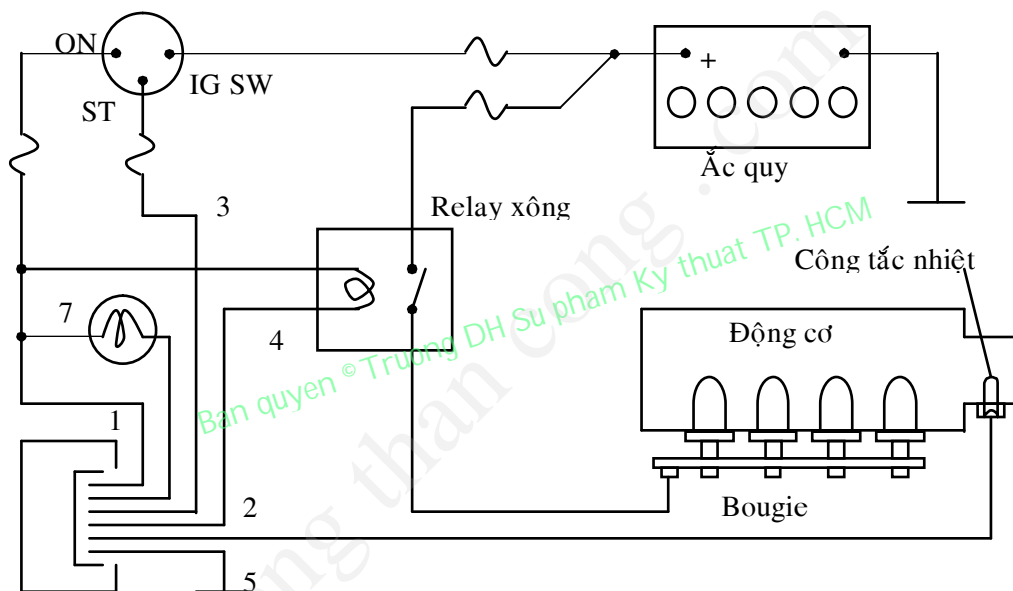
Hình 3-15: *Sơ đồ hệ thống xông điều khiển thường*

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 điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Hệ thống xông nhanh

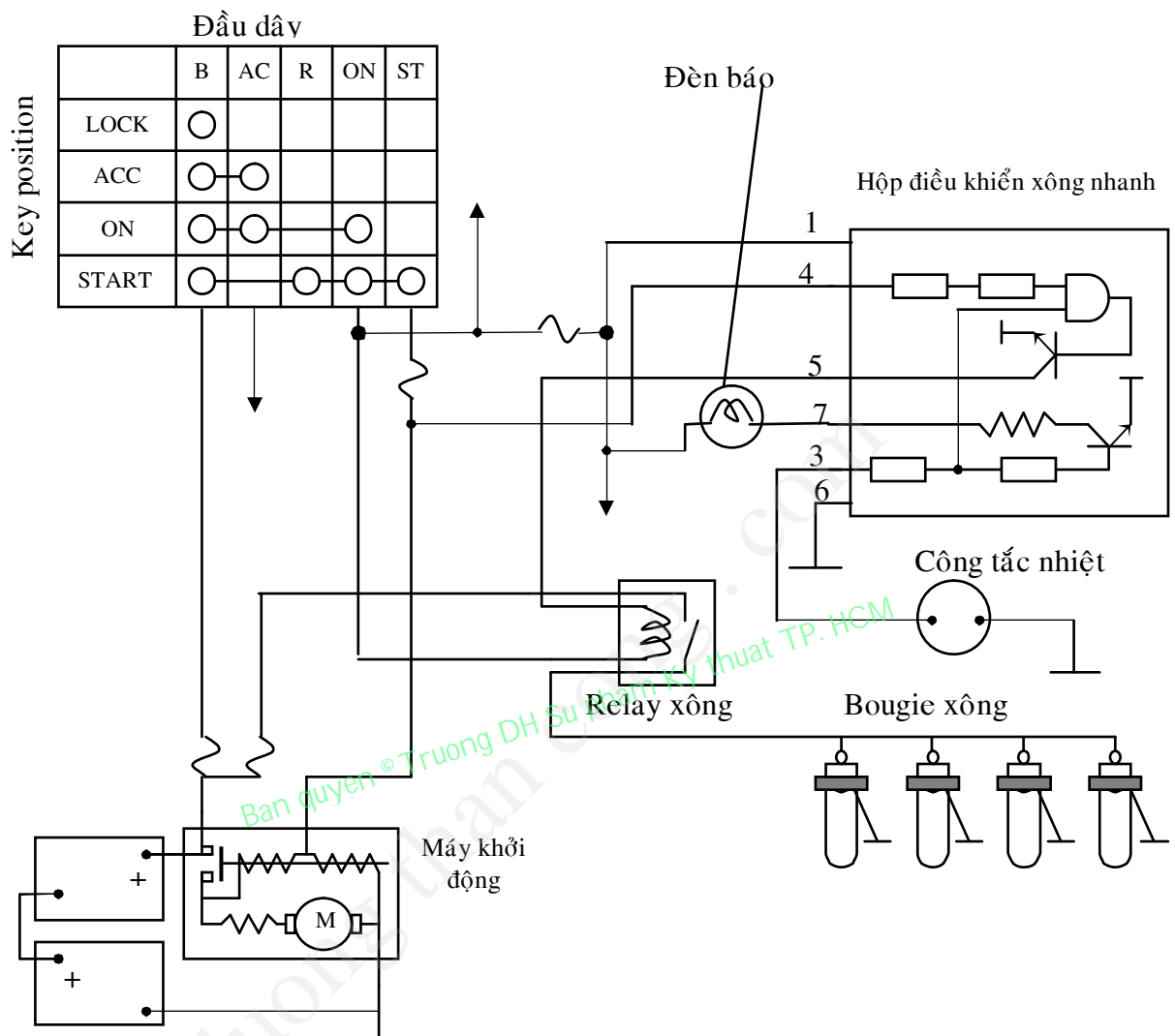
Hệ thống xông nhanh giúp cải thiện khả năng khởi động và giảm bớt khói khi khởi động lạnh (hình 3-16). Trong loại xông này nếu có nhiệt độ làm mát nhỏ hơn 60°C , công tắc nhiệt sẽ ở trạng thái OFF. Tín hiệu này được gửi về bộ điều khiển. Nếu công tắc máy ở vị trí ON đèn báo xông sẽ sáng, đồng thời điều khiển nối mass cho relay xông hoạt động, cung cấp dòng rất lớn đến các bougie xông để xông nhanh. Điện trở bu gi 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 thì bộ điều khiển sẽ ngắt relay xông sau 18 giây. (xem 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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



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 (Q.O.S – Quick On Start) kèm theo điều khiển chế độ cầm chừng êm (Hình 3-18). Hệ thống xông này bao gồm 2 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 bugie 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 bugie 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 bugie xông, làm cho bugie nóng lên.

Khi bugie xông hỏng:

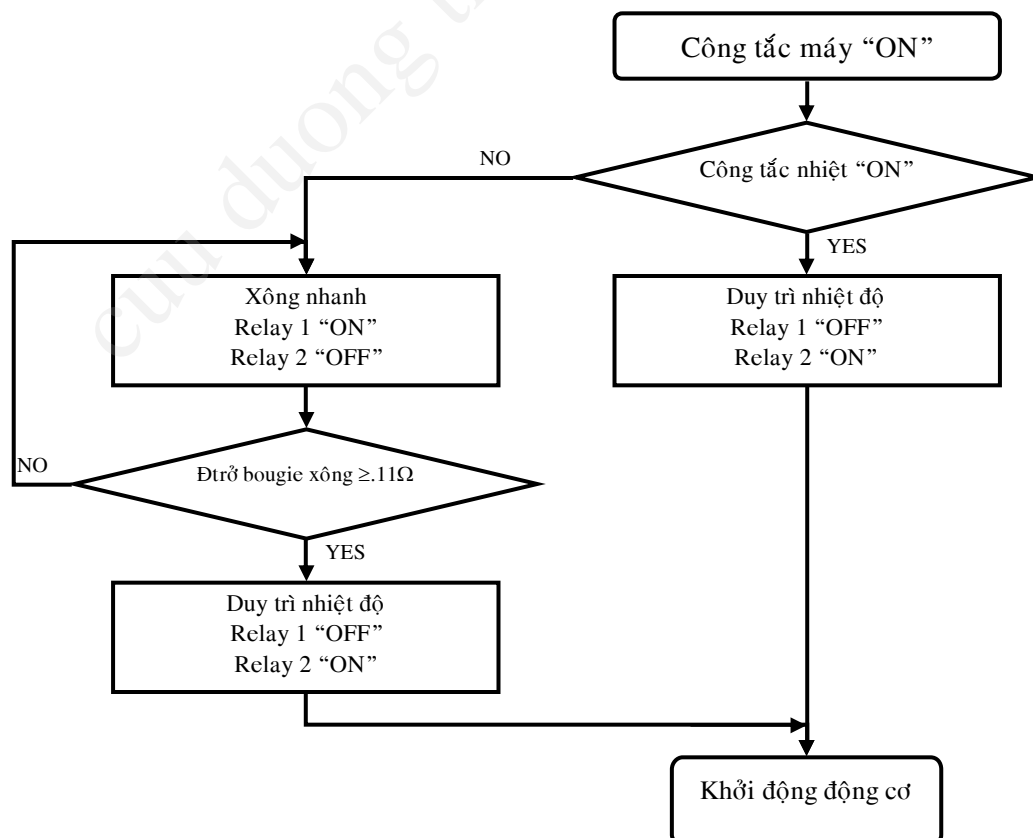
1. Điện trở tổng tăng bởi vì các bugie xông được nối song song.
2. Dòng điện giảm.
3. Đầu nung của bugie xông không đủ thời gian.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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.

Chức năng:

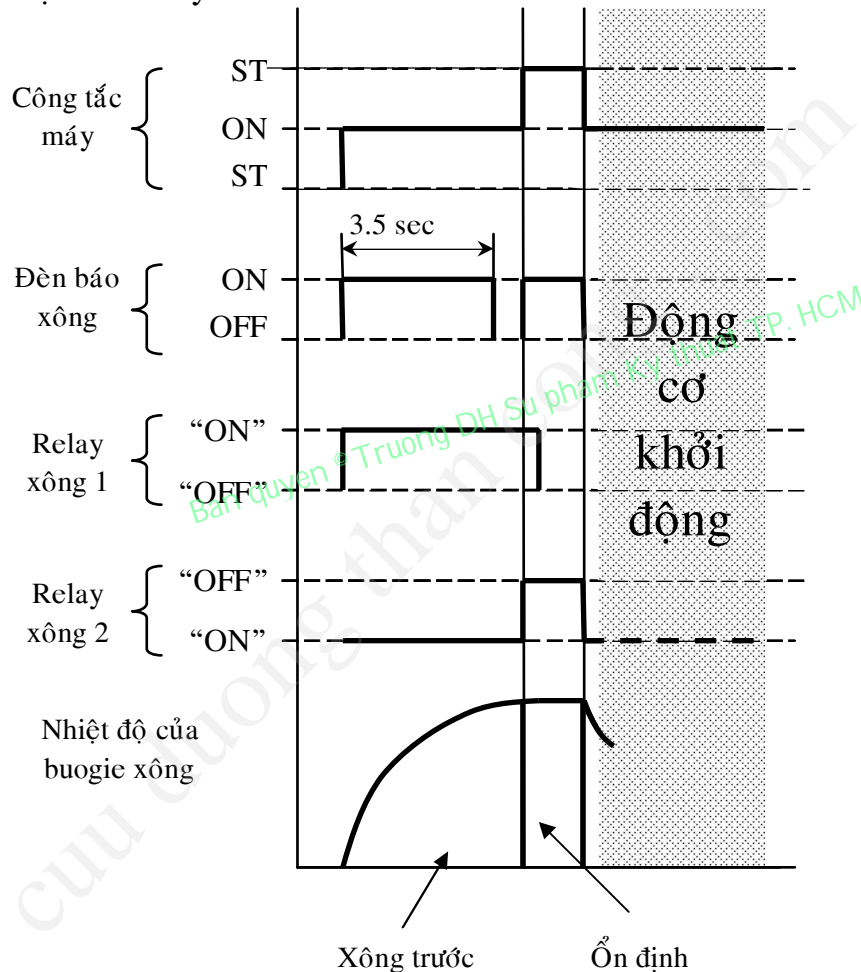
TÊN	CHỨC NĂNG
Bộ điều khiển (Controller)	1 - Điều khiển mạch xông đến khi nhiệt độ bougie xông đạt 900°C . 2 - Có mạch định thời để điều khiển đèn báo xông sáng trong 3,5 sec (hoặc 0,3 sec khi nhiệt độ động cơ đạt 60°C). 3 - Dựa vào giá trị điện trở nhận được trong cảm biến dòng và điện trở bougie xông sẽ điều khiển nhiệt độ xông. 4 - 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

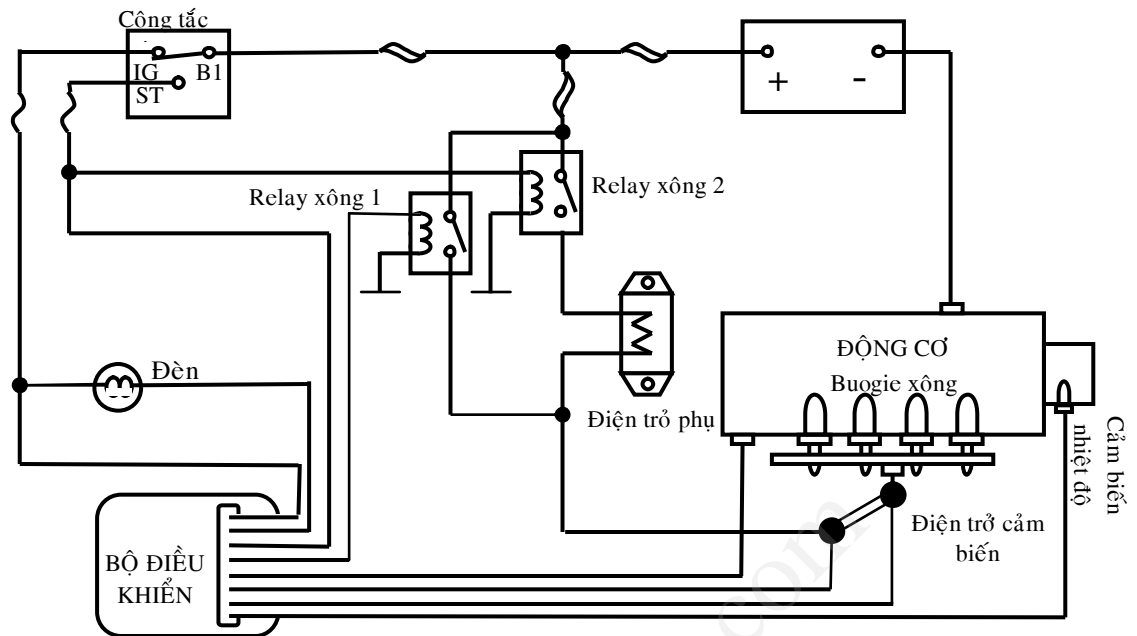
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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. Sử dụng tín hiệu này, sự cần thiết cho quá trình xông trước và cho ra quyết định có nên tiếp tục xông hay không và sự quyết định đó được hiển thị qua đèn báo xông. 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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 3.20. Sơ đồ mạch hệ thống xông nhanh

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.

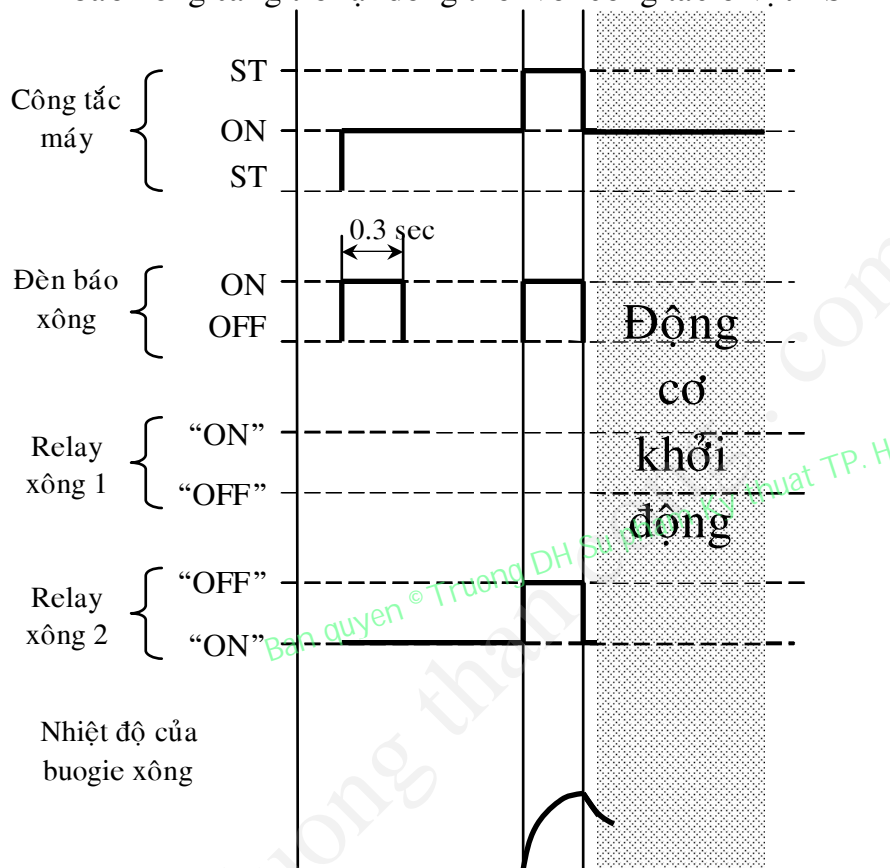
- Mạch xông trước bị ngắt khi động cơ nổ và công tắc được trả về vị trí ban đầu. (đèn báo xông cũng tắt).

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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

- 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).



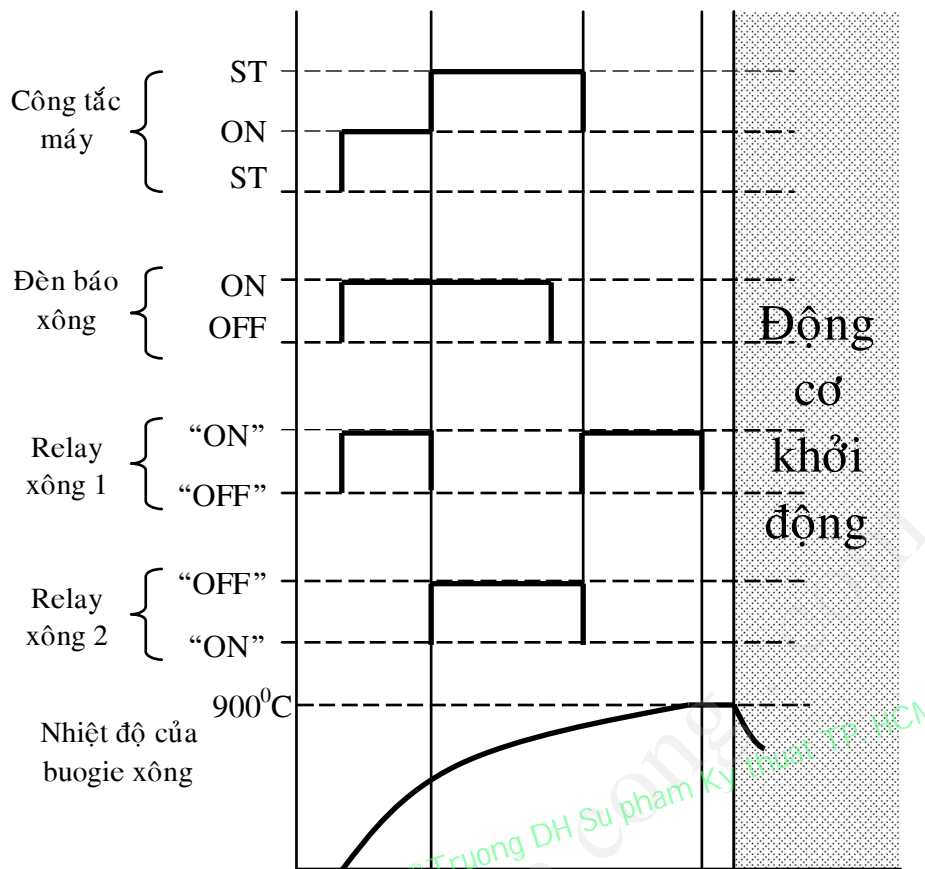
Hình 3.21. Giải đồ hoạt động hệ thống xông nhanh khi nhiệt độ nước cao hơn 60°C

Trường hợp công tắc máy bật sang vị trí ST trước khi đèn báo xông tắt:

(Đường chấm chấm 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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

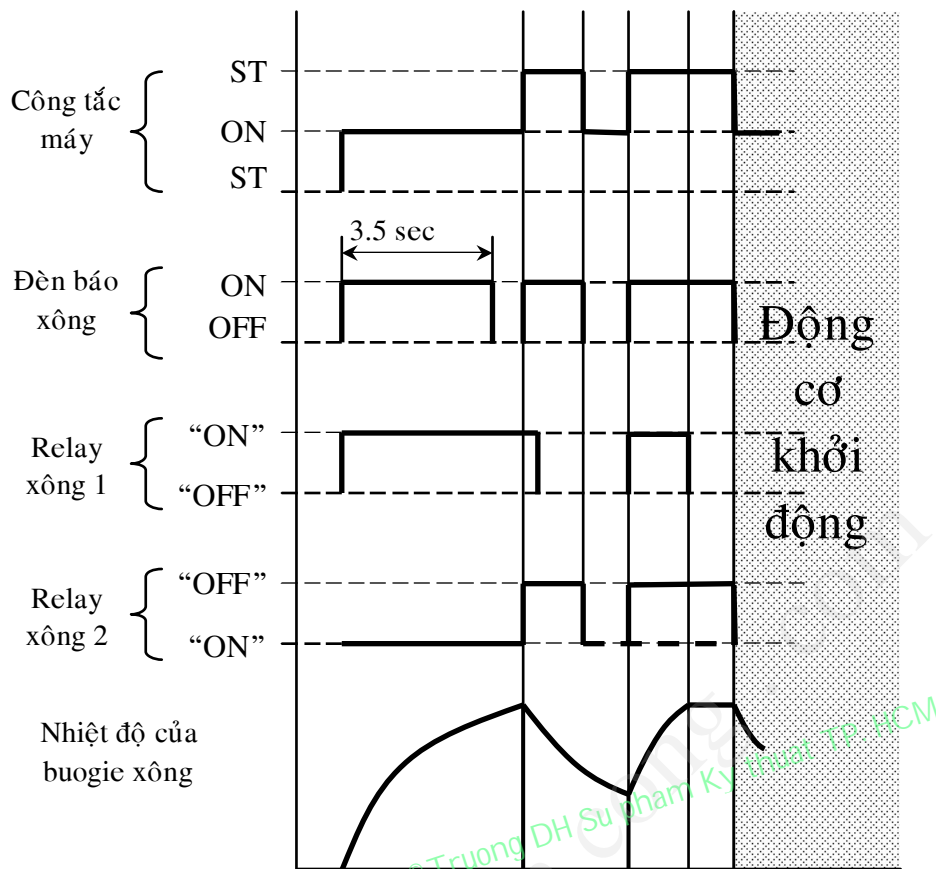


Hình 3.22. Giải đồ hoạt động hệ thống xông nhanh khi bật đề trước khi đèn báo xông tắt

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

- Khi nhiệt độ bougie đạt được 900⁰C 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 650⁰C, bộ điều khiển sẽ điều khiển đóng relay xông 1 để tăng nhiệt độ lên trên 650⁰C, chế độ xông ổn định tiếp tục.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



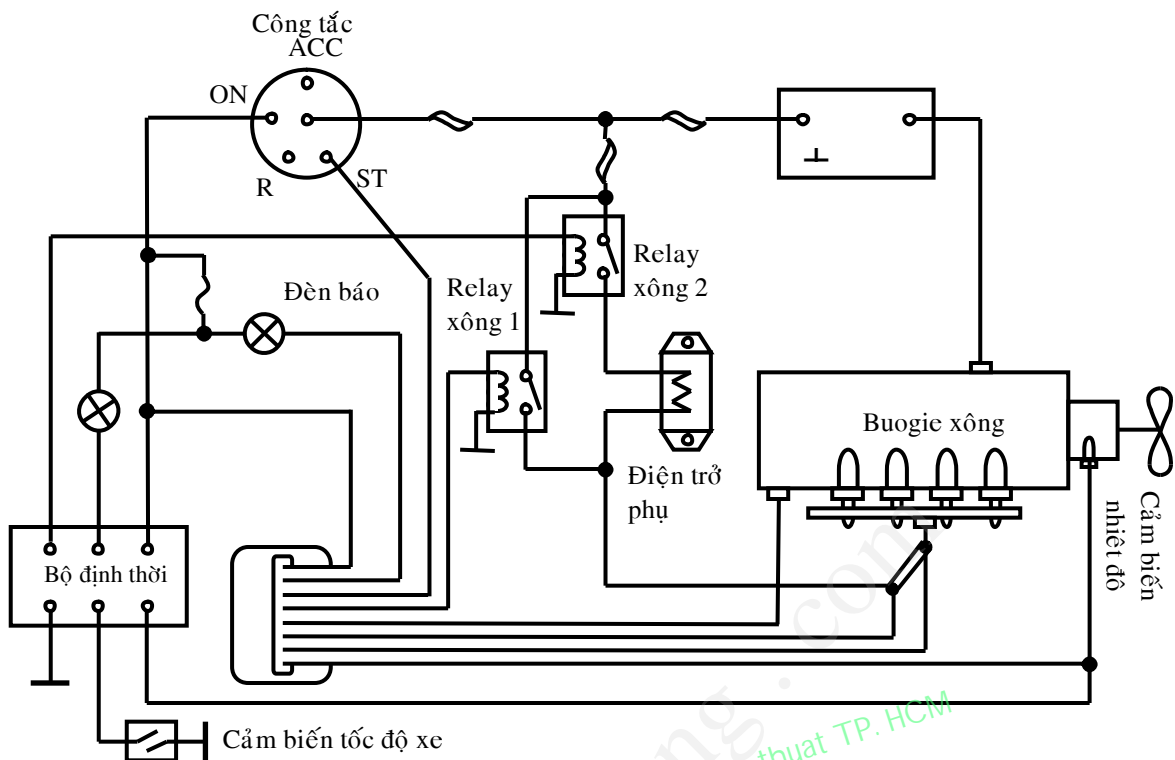
Hình 3.23. Giải đồ hoạt động hệ thống xông nhanh khi bật đề sau khi đèn báo xông tắt

3.4.4 HỆ THỐNG XÔNG NHANH VÀ CẦM CHỪNG ÊM (Quick Start and Silent Idling)

Sự khác nhau giữa Q.O.S và Q.S.S.I là Q.S.S.I có thêm một quá trình 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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 3.24. Sơ đồ hệ thống xông nhanh và cảm chùng êm.

Hệ thống xông sau khi khởi động dựa trên cơ sở để 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 xông
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 nhả 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 60⁰C:

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 60⁰C 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

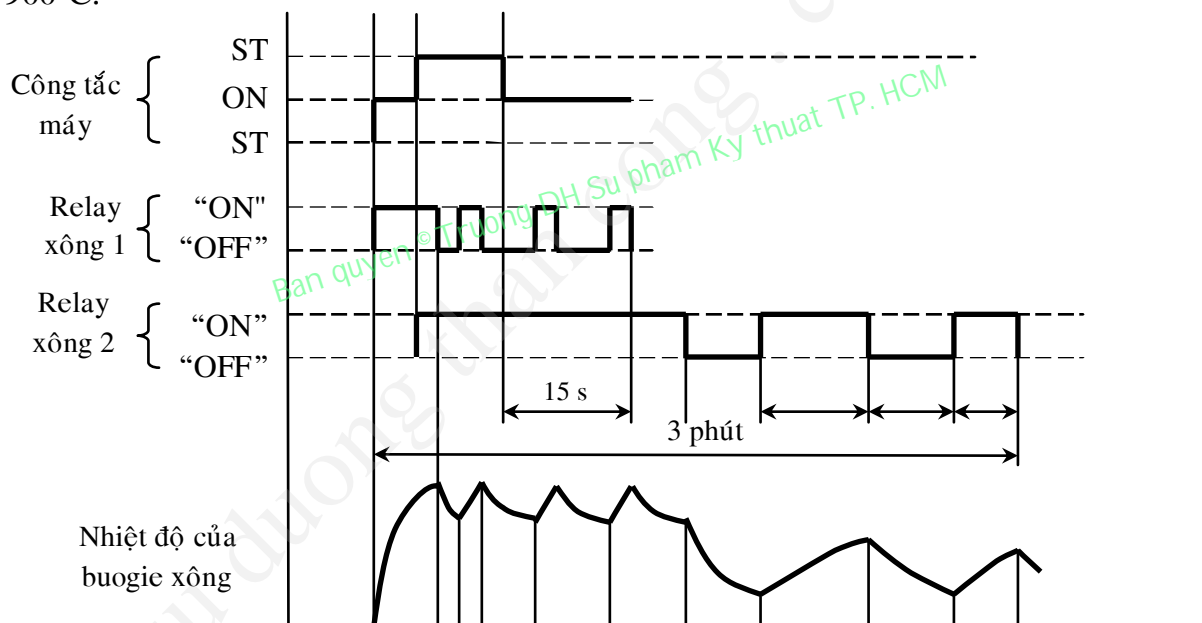
- Đèn báo xông sáng.
- Relay xông [1] cũng hoạt động và cho một dòng điện lớn đi qua mạch bougie xông cho quá trình xông nhanh.
- Đèn báo xông tắt sau khoảng 0.3 giây để báo rằng động cơ sẵn sàng khởi động.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 do điện trở phụ được thêm vào trong mạch.
- Khi bougie xông đạt đến nhiệt độ khoảng 900°C , bộ điều khiển điều khiển relay xông [1] ngừng 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 900°C .

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



Hình 3.25. Giải đồ hoạt động của hệ thống xông nhanh và cảm chùng 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 \rightarrow 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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

4. Động cơ đang hoạt động.

Bản quyền © Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM

Chương 4: HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN TRÊN ÔTÔ

4.1 Nhiệm vụ và yêu cầu

Để cung cấp năng lượng cho các phụ tải 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 và nạp điện cho accu. Để bảo đảm toàn bộ hệ thống hoạt động một cách hiệu quả, an toàn, năng lượng đầu ra của máy phát nạp vào accu 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 accu. 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 thể hệ cũ nên trong giáo trình này không đề cập đến.

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 và nạp điện cho accu trên ô tô. Nguồn điện phải bảo đảm một hiệu điện thế ổn định ở mọi chế độ phụ tải và thích ứng với mọi điều kiện môi trường làm việc.

Yêu cầu

Máy phát phải luôn tạo ra một hiệu điện thế ổn định (13,8V – 14,2V) trong mọi chế độ làm việc của phụ tải. 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 trì và bảo dưỡng càng ít càng tốt.

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 $P_{mf} = 700 - 1500W$.

Dòng điện cực đại: Là dòng điện lớn nhất mà máy phát có thể cung cấp $I_{max} = 70 - 140A$.

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.

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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Trong đó: i - Tỷ số truyền

n_i - Tốc độ cam chừng của động cơ

$i = 1,5 - 2$.

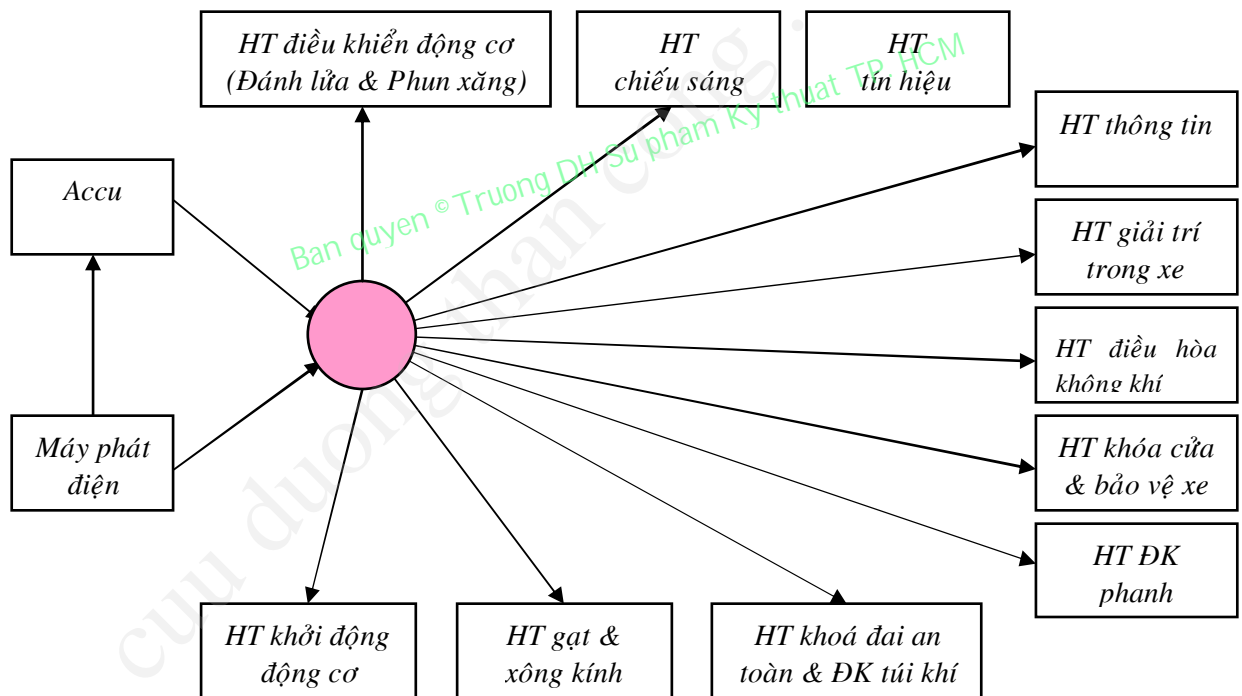
Hiện nay trên xe đời mới sử dụng máy phát cao tốc nên tỷ số truyền i cao hơn.

Nhiệt độ cực đại của máy phát t'_{max} : Là nhiệt độ tối đa mà máy phát có thể hoạt động.

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

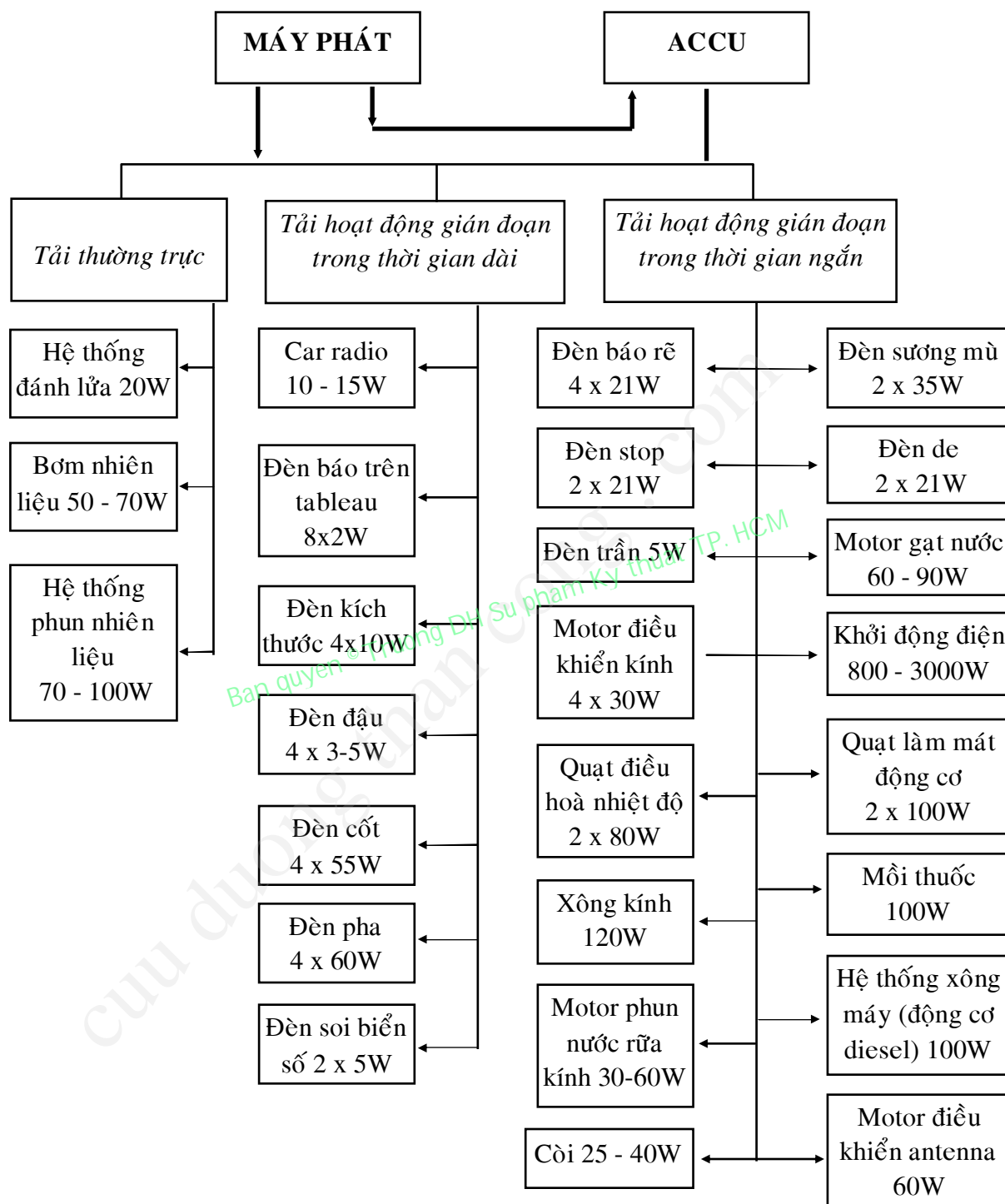


Hình 4-1: Sơ đồ hệ thống cung cấp điện tổng quát

Sơ đồ các tải công suất điện trên ô tô

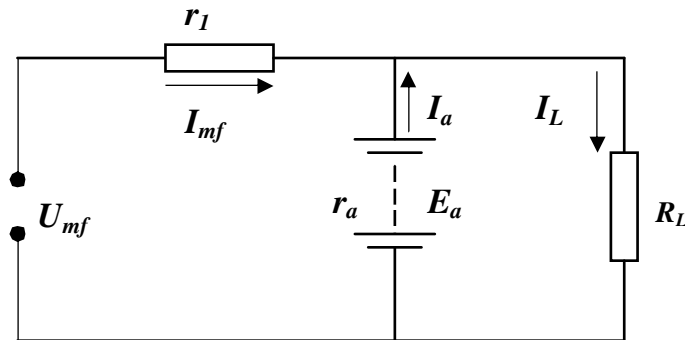
Phụ tải điện trên ô tô có thể chia làm 3 loại: tải thường trực là những phụ tải liên tục hoạt động khi xe đang chạy, tải gián đoạn trong thời gian dài và tải gián đoạn trong thời gian ngắn. Trên hình 4-2 trình bày sơ đồ phụ tải điện trên ô tô hiện đại.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 4-2: Sơ đồ phụ tải điện trên ô tô

4.2.2 Chế độ làm việc giữa accu - 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 accu được thể hiện trên hình 4-3.

Theo định luật **Kirchhoff** ta có thể viết:

$$U_{mf} = r_l \cdot I_{mf} + I_L \cdot R_L \quad (4-1)$$

$$E_a = r_a \cdot I_a + I_L \cdot R_L \quad (4-2)$$

$$I_L = I_a + I_{mf} \quad (4-3)$$

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

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

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

$$I_{mf} = \begin{vmatrix} U_{mf} & 0 & R_L \\ E_a & r_a & R_L \\ 0 & 1 & -1 \\ r_l & 0 & R_L \\ 0 & r_a & R_L \\ 1 & 1 & -1 \end{vmatrix} = \frac{U_{mf}(-r_a - R_L) + R_L \cdot E_a}{r_l(-r_a - R_L) - R_L \cdot R_a} \quad (4-4)$$

$$I_{mf} = \frac{U_{mf}(r_a + R_L) - R_L E_a}{r_l(r_a + R_L) + R_L r_a} = \frac{R_L(U_{mf} - E_a) + r_a U_{mf}}{R_L(r_a + r_l) + r_l r_a} \quad (4-5)$$

$$I_a = \begin{vmatrix} r_l & U_{mf} & r_L \\ 0 & E_a & R_L \\ 1 & 0 & -1 \\ r_l & 0 & U_{mf} \\ 0 & r_a & R_L \\ 1 & 1 & -1 \end{vmatrix} = \frac{-(U_{mf} - E_a)R_L + E_a \cdot r_l}{R_L(r_a + r_l) + r_l \cdot r_a} \quad (4-6)$$

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

$$I_L = \frac{\begin{vmatrix} r_1 & 0 & U_{mf} \\ 0 & r_a & E_a \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} r_1 & 0 & R_L \\ 0 & r_a & R_L \\ 1 & 1 & -1 \end{vmatrix}} = \frac{U_{mf} \cdot R_a + E_a \cdot r_1}{R_L(r_a + r_1) + r_1 \cdot r_a} \quad (4-7)$$

Trong đó: I_{mf} : Dòng điện máy phát.

E_a, r_a : Sức điện động và điện trở trong của accu.

R_L : Điện trở tương đương các phụ tải điện.

I_L : Dòng điện qua các phụ tải.

I_a : Dòng điện nạp vào accu.

r_l : 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 accu 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 accu và dòng điện nạp phụ thuộc vào sự chênh lệch giữa hiệu điện thế hiệu chỉnh của máy phát và sức điện động của accu.

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

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

- **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 này và dòng nạp sẽ giảm. Ở chế độ này, máy phát cung cấp điện cho hai nơi: một phần cho accu và một phần cho phụ tải.

Khi điện trở tương đương của các phụ tải đạt giá trị

$$R_L = \frac{E_a \cdot r_1}{U_{mf} - E_a}$$

thì dòng nạp bằng không

- **Chế độ thứ ba:** là chế độ quá tải xảy ra trong trường hợp mở quá nhiều phụ tải. Khi đó $R_L \rightarrow 0$. nếu điện trở tương đương của các phụ tải điện đang làm việc $R_L < (E_a \cdot r_1) / (U_{mf} - E_a)$, accu 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

Phân loại:

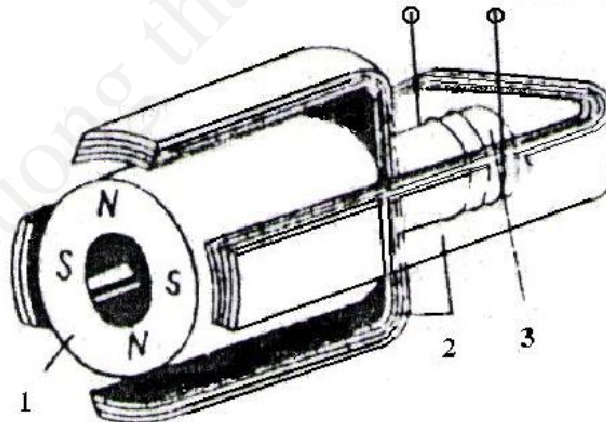
Trong hệ thống điện ô tô hiện nay thường sử dụng ba loại máy phát điện xoay chiều sau:

- ✓ 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.

Đặc điểm cấu tạo:

a. 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**

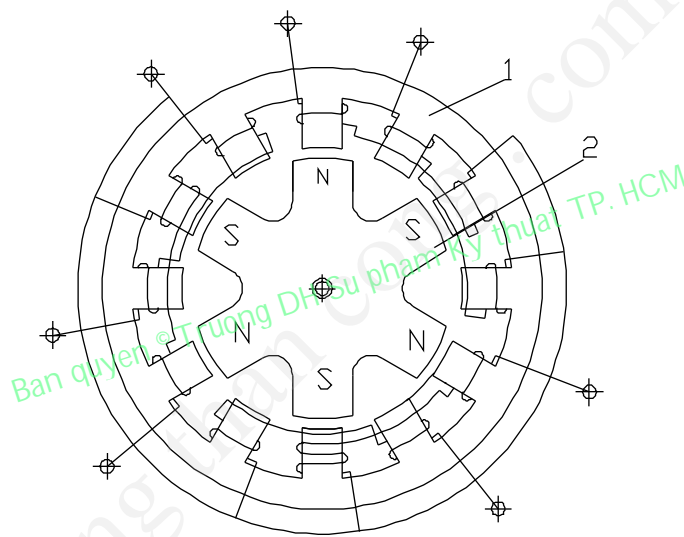
Ưu điểm của loại này là chế tạo đơn giản, còn nhược điểm là hiệu suất mạch từ rất thấp. Rotor loại này chỉ ứng dụng trong các máy phát điện công suất không quá 100VA (Thường cho xe đạp và xe gắn máy). Các máy phát điện xoay chiều với rotor nam châm hình sao loại có cực ở stator và không có má cực ở rotor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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 2 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.

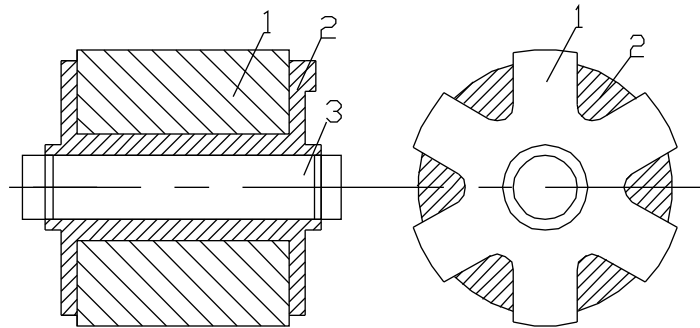


1. Stator; 2. Rotor.

Hình 4-5: **Mạch từ máy phát điện loại G-46**

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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



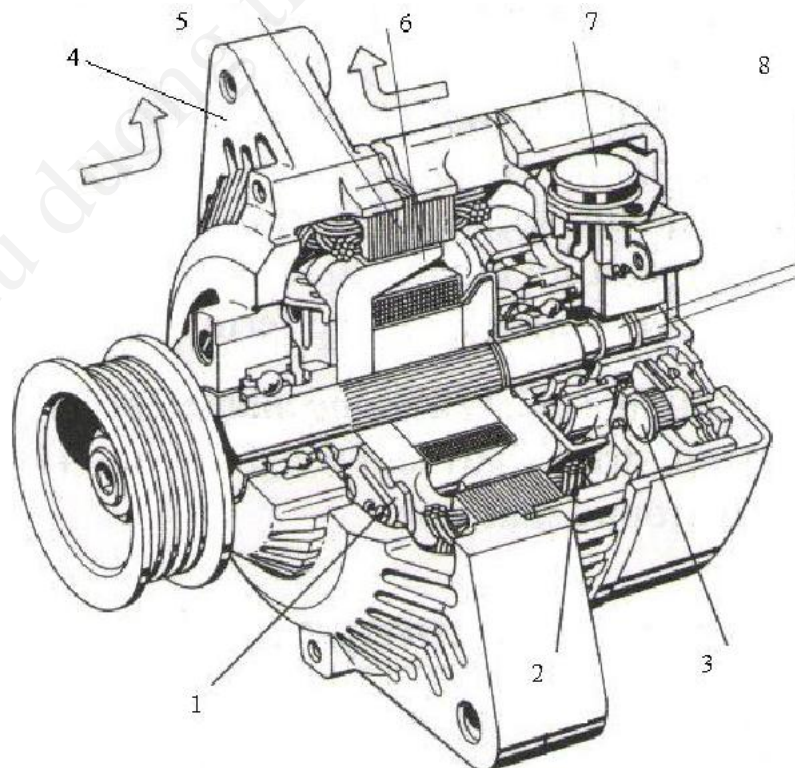
1. Nam châm hình sao; 2. Hộp kim không dẫn từ; 3. Trục rotor.

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.

b. 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.

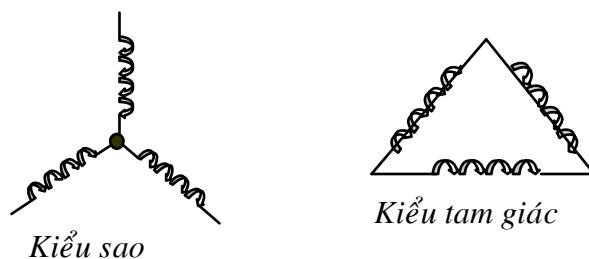


1,2_ Quạt làm mát; 3_ Bộ chỉnh lưu; 4_ Vỏ; 5_ Stator; 6_ Rotor;
7_ Bộ tiết chế và chổi than; 8_ Vòng tiếp điện

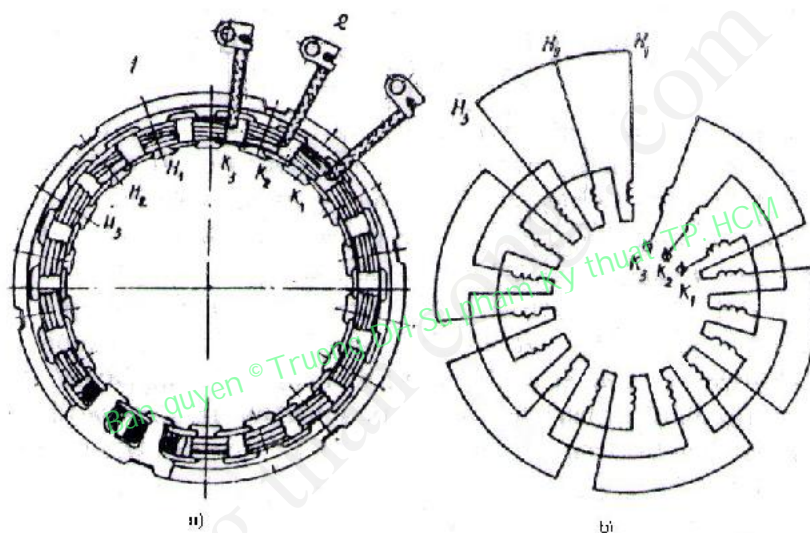
Hình 4-7: **Cấu tạo máy phát điện xoay chiều kích thích kiểu điện từ**

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

- ♦ **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 3 pha mắc theo kiểu hình sao, hoặc theo kiểu hình tam giác (Hình 4-8).

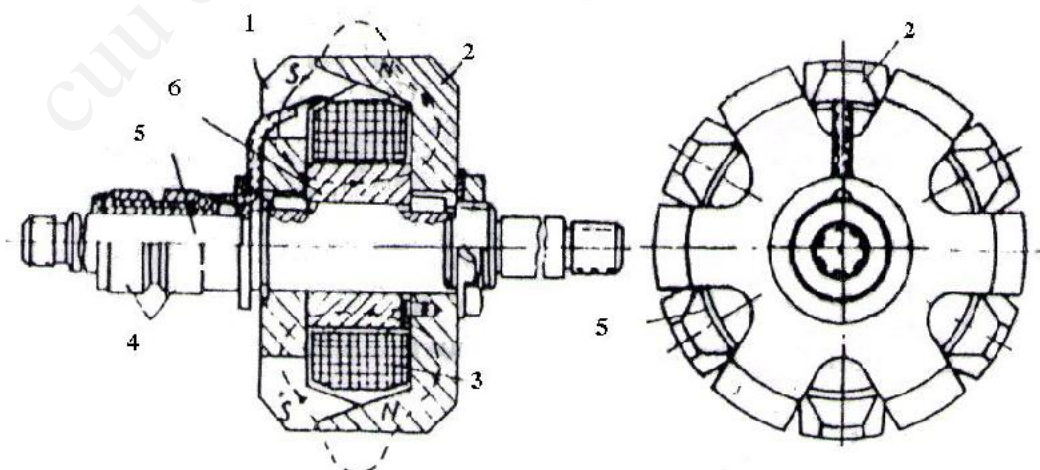


Hình 4-8: Các kiểu đấu dây



- a. Bố trí chung: 1. Khối thép từ stator; 2. Cuộn dây 3 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 điểm; 5. Trục rotor; 6. Ống thép từ.

Hình 4-10: Rotor máy phát điện xoay chiều kích thích bằng điện từ có vòng tiếp điểm

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

- ♦ **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.

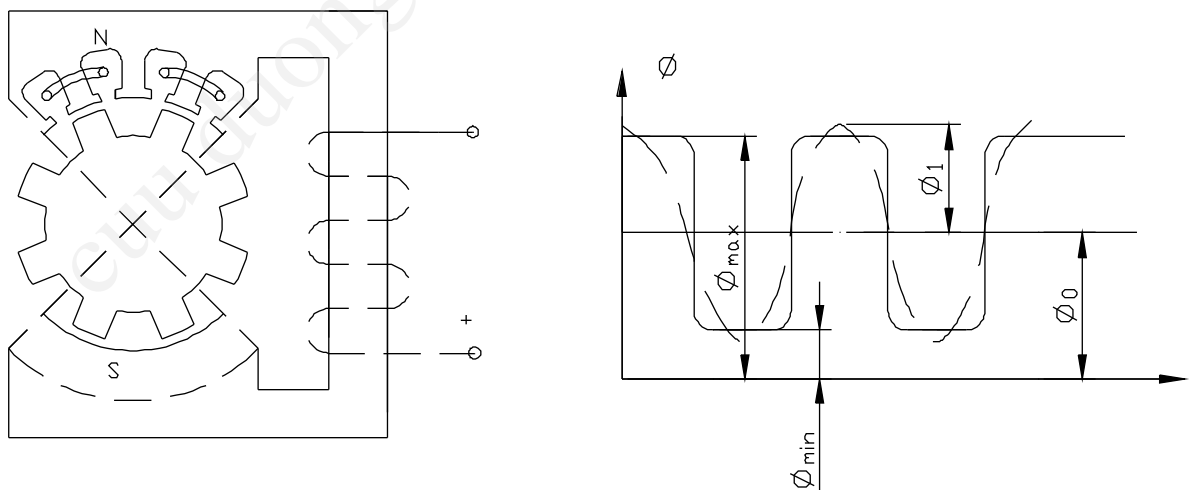
c. Máy phát kích từ kiểu điện từ không có vòng tiếp điện:

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

Giả thiết rằng: trên chiều dài của cung rãnh nam châm điện (stator) có một số răng của rotor chắn, bước răng của stator t_{z1} và của rotor t_{z2} có quan hệ $t_{z1} = t_{z2}/2$ và ở rãnh stator ta đặt cuộn dây có bước bằng độ chia răng của stator.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Nếu độ mở của rãnh nhỏ thì khi rotor quay, tổng từ trở của mạch từ không đổi. Vì vậy khi sức từ động F_k 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 chỉ có một phần nhỏ là qua rãnh. Trên (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 trị 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 phản 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 - 16b. Rõ ràng là hàm $\Phi = f(\ell)$ – đối xứng với trục Oy . Vì vậy, khi viết dưới dạng chuỗi Fourier ta có dạng:

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

Trong đó: Φ_0 - 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

$$\Phi = \Phi_0 + \Phi_1 \cos \ell.$$

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

$$\Phi = \Phi_0 + \Phi_1 \cos \omega t.$$

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:

$$e_\phi = \omega_\phi \cdot d\Phi/dt = \omega k_{01} \omega_\phi \Phi_1 \sin \omega t = E_m \sin \omega t.$$

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

E_m - Biên độ của sức điện động pha, bằng $\omega k_{01} \omega_\phi \Phi_1$.

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:

$$E_\phi = 4k_\phi k_{01} \frac{Z_2 n}{60} \omega_\phi 0,5(\Phi_{\max} - \Phi_{\min}) = 2k_\phi k_{01} \frac{Z_2 n}{60} \omega_\phi (\Phi_{\max} - \Phi_{\min})$$

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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

$$E_{\phi} = 2k_{\phi} k_{0I} \frac{Z_2 n}{60} \omega_{\phi} \Phi_{max} \quad (4-8)$$

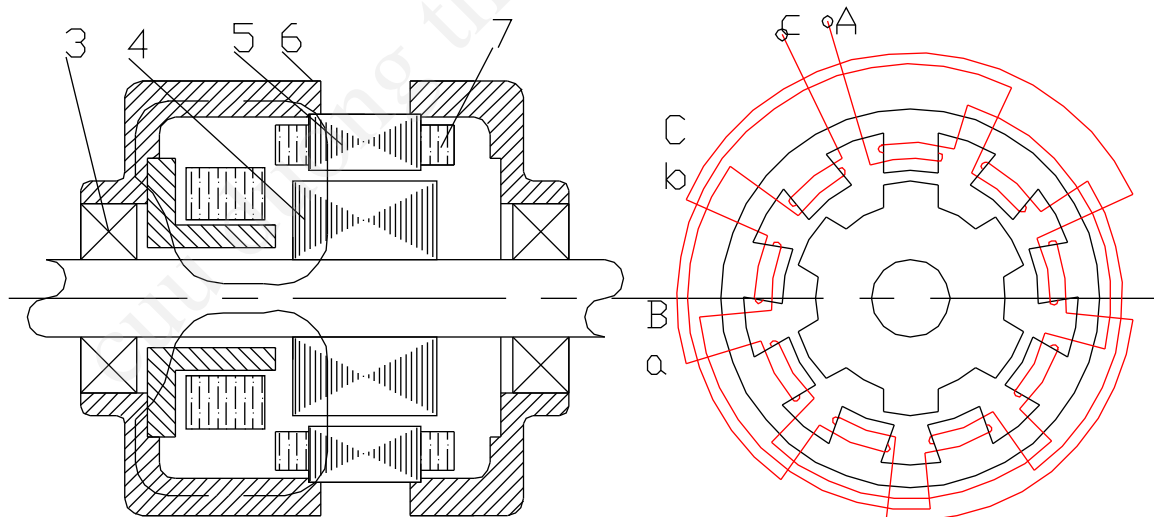
Như vậy: khi rotor quay, trong các vòng của cuộn dây stator sẽ cảm ứng một sức điện động xoay chiều có tần số biến đổi tỷ lệ với vận tốc rotor.

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).

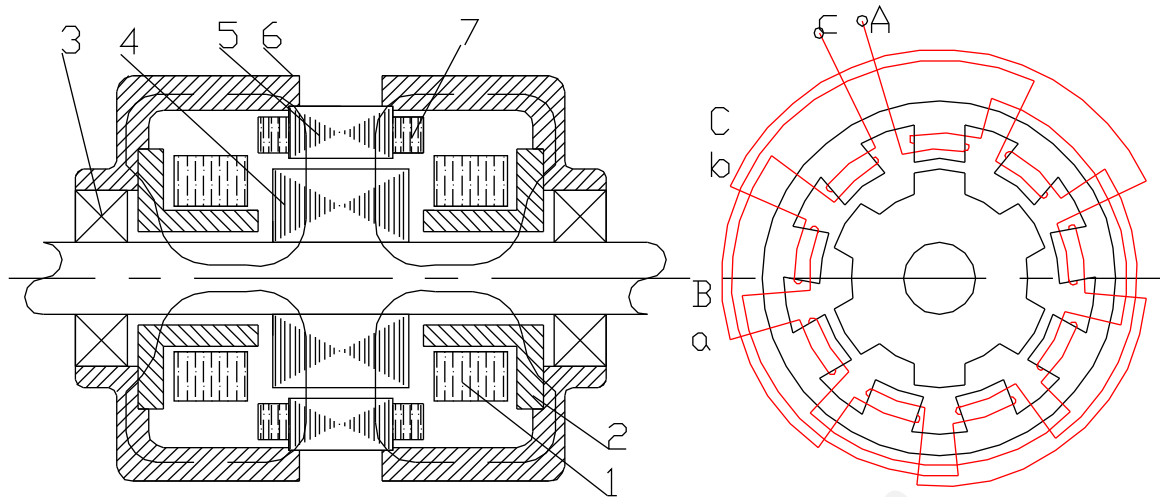
Kết cấu máy phát cảm ứng

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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



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 2 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 $\delta = 0,15 \div 0,30 \text{ mm}$.

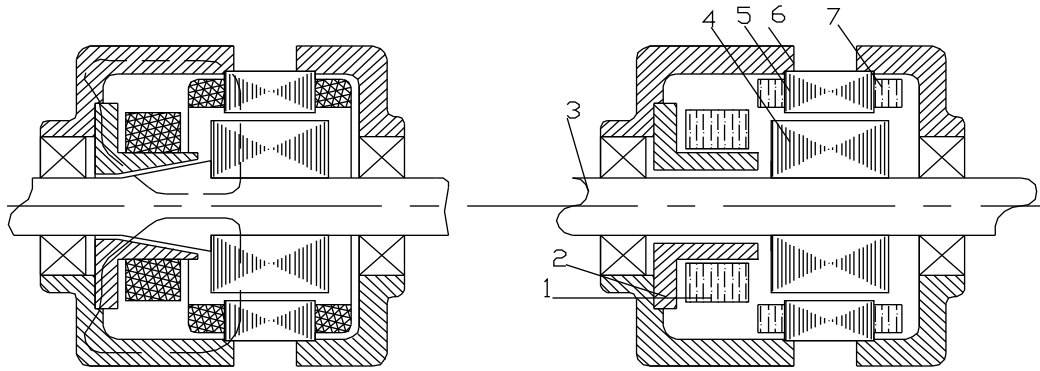
Lõi phần ứng 5 (của stator) được hình thành từ các tấm thép kỹ thuật điện có 9 rãnh phân bố đều nhau. Các rãnh của phần ứng dạng hở. Tại các rãnh của phần ứng có cuộn dây ba pha 7. Các cuộn dây ở một pha được mắc nối tiếp nhau, còn chính các pha được đấu dạng tam giác.

Nắp 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 6, ống lót, trục sẽ hầu như không thay đổi. Vì vậy, chúng được chế từ thép lá sắt từ mềm có chiều dày $12 \div 25 \text{ mm}$.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



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 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.

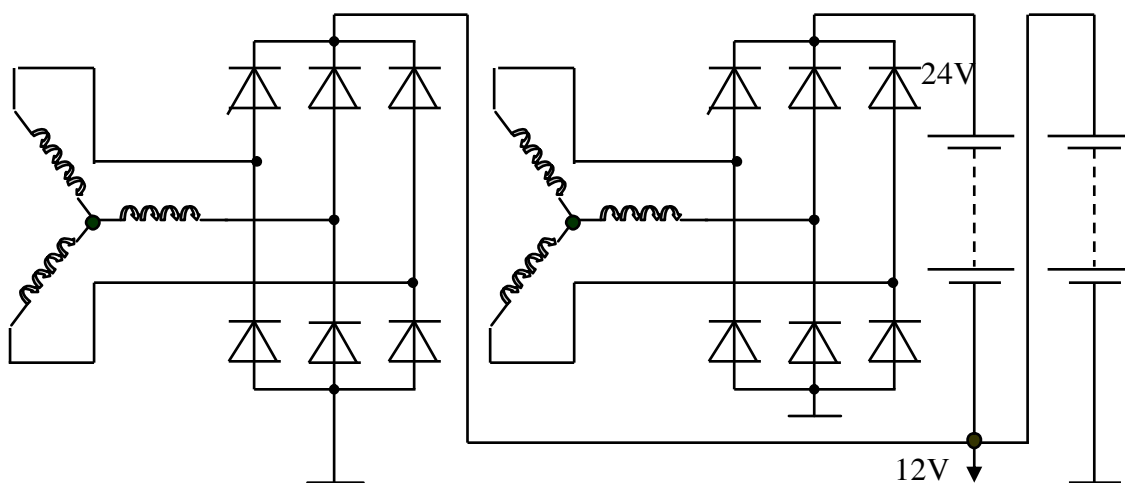
d. Máy phát xoay chiều hai nấc điện áp 14/28V

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.

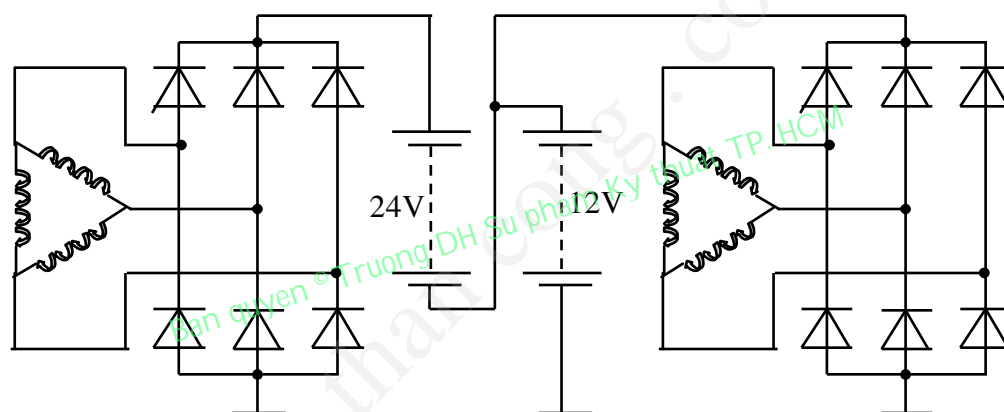
Để nâng cao mức điện áp cung cấp cho hệ thống khởi động và các phụ tải điện, hiện nay trên các xe thường dùng 2 accu và relay đổi đầu điện áp, bằng cách đấu nối tiếp 2 accu lại với nhau để được điện áp là 24V trong lúc sử dụng tải có công suất lớn (Máy khởi động, bơm điện ...) và đấu song song 2 accu để có điện áp 12V khi dùng các phụ tải 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 tỷ 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, bớt nóng hơn ($Q = R^2t$).

Để có được cùng một lúc hai nấc điện áp 28V và 14V thì máy phát phải thiết kế có 2 nấc điện áp tương ứng này. Sơ đồ mạch điện của máy phát loại này được thiết kế theo các mạch trên hình 4-15.

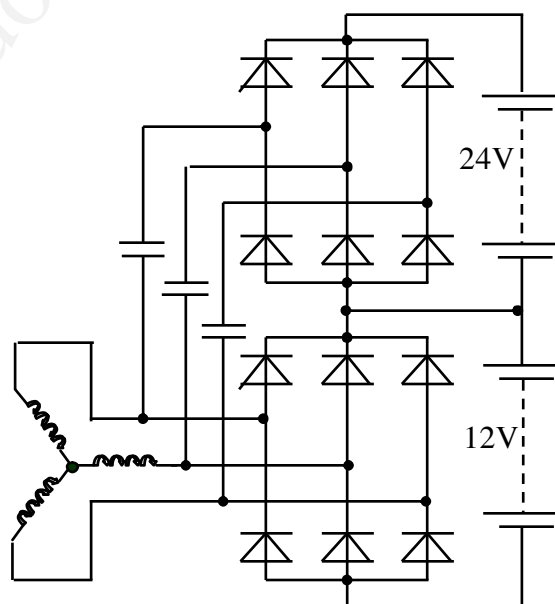
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



H 4-15 a.



H 4-15 b.

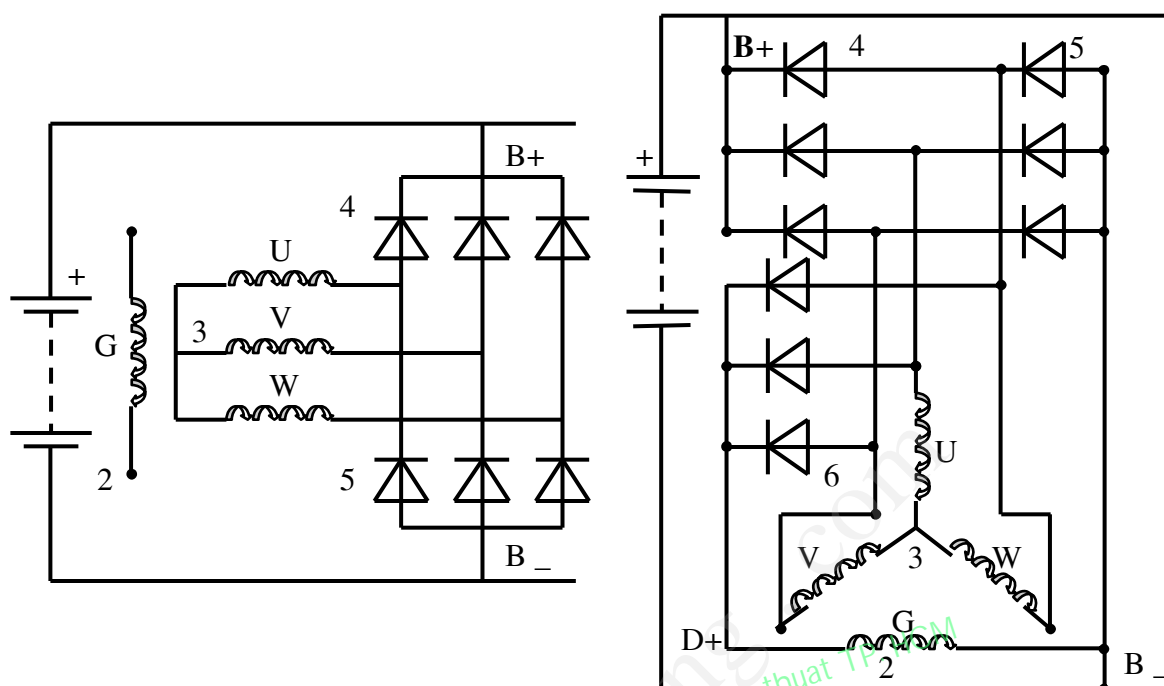


H 4-45 c.

Hình 4-15: Các kiểu máy phát 2 nấc điện áp

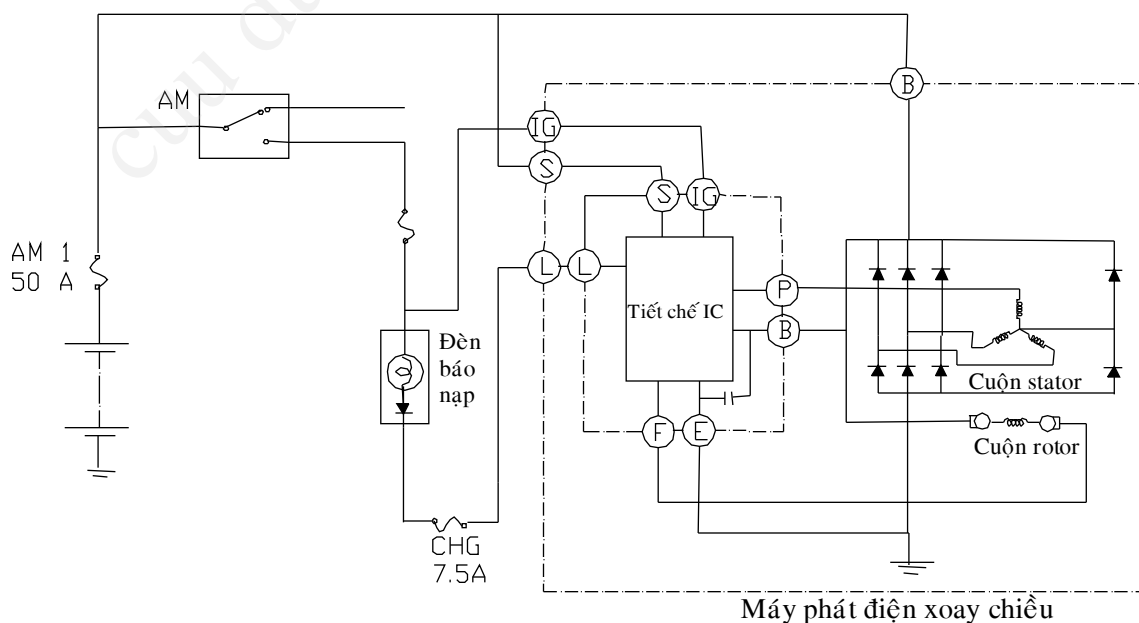
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

e. Bộ chỉnh lưu:



Hình 4-16 a: Bộ chỉnh lưu 6 diode

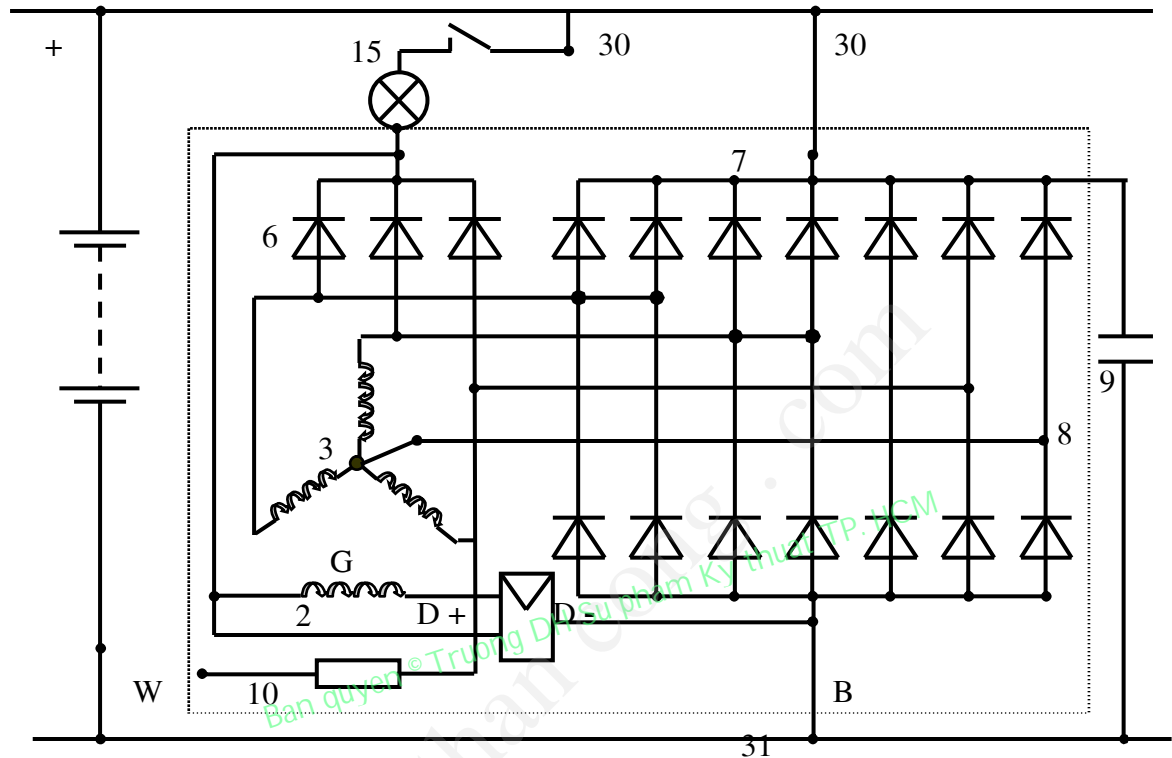
Để biến đổi dòng điện xoay chiều của máy phát sang dòng điện một chiều, ta dùng bộ chỉnh lưu 6 diode, 8 diode hoặc 14 diode. Đối với máy phát có công suất lớn ($P > 1000 \text{ W}$) sự xuất hiện sóng đa hài bậc 3 trong thành phần của hiệu điện thế pha do ảnh hưởng của từ trường các cuộn pha lên cuộn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



Hình 4-16b: Bộ chỉnh lưu 8 diode

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 3 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. Accu; 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 hoà; 9. Tụ điện; 10. Đầu cuối của cuộn dây máy phát (W).

Hình 4-16 c: **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 2 nửa chu kỳ, 3 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:

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

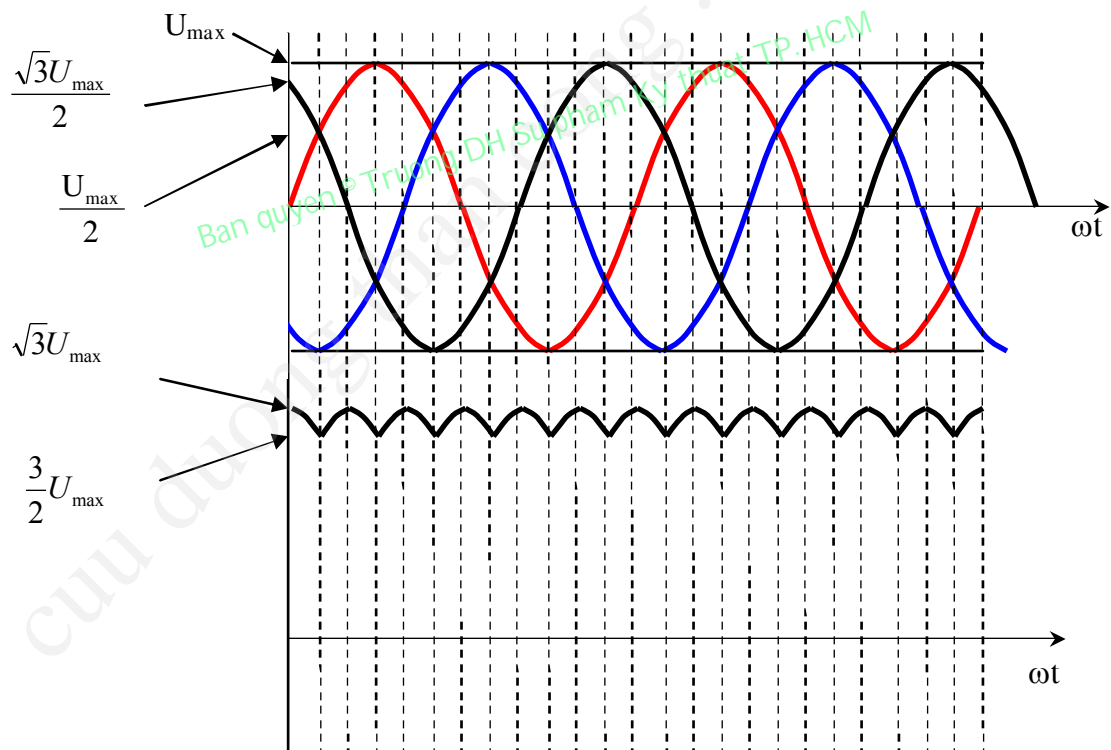
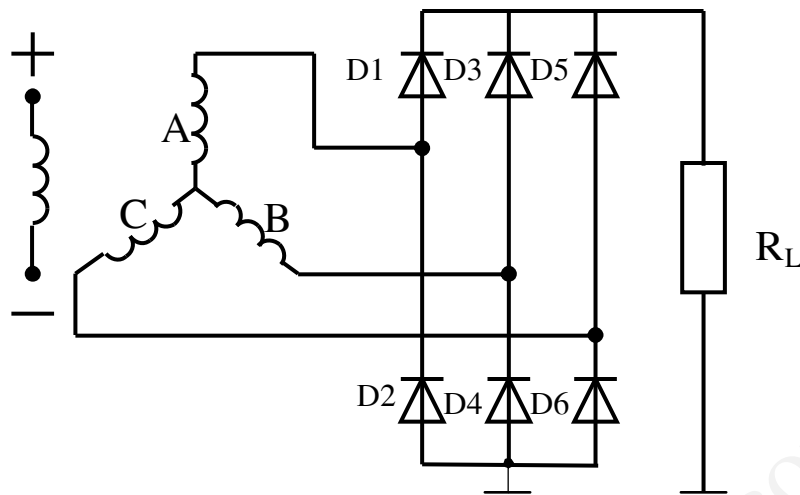
$$U_B = U_m \sin(\omega t - 2\pi/3)$$

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

Trong đó: U_m : Điện áp cực đại của pha;

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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



Hình 4-17: **Sơ đồ chỉnh lưu máy phát 3 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 3 pha này có 6 diode, 3 diode ở nhóm trên hay còn gọi là các diode dương (VD_1, VD_3, VD_5) có catod được nối với nhau. Nhóm dưới còn gọi là các diode âm (VD_2, VD_4, VD_6) các anode được nối với nhau. Ở hướng dẫn điện, một diode nhóm trên dẫn điện khi anốt của nó có điện thế cao hơn, còn ở

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 (H 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.

$$u_{mf} = \sqrt{3} U_m . \cos \omega t \quad (4-10)$$

Trị trung bình của điện áp chỉnh lưu (công thức 4-10)

$$U_{mf} = \frac{1}{T} \int_{-T/6}^{T/2} \sqrt{3} \cos \omega t . dt = \frac{6}{T} \sqrt{3} U_m \frac{1}{\omega} \sin \omega t \Big|_{-T/6}^{T/2}$$

$$U_{mf} = \frac{3\sqrt{3}.U_m}{\pi} = 1,65.U_m \quad (4-11)$$

$$\text{Với } \omega T = 2\pi; \quad f = 1/T$$

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

U_ϕ : Điện thế hiệu dụng pha.

U_d : Điện thế hiệu dụng dây.

Như vậy đối với mạch chỉnh lưu cầu 3 pha thì giá trị trung bình của điện áp chỉnh 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).

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

% xung độ của điện áp chỉnh lưu:

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

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

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

$$i_{mf} = u_{mf} / R$$

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

$$I_m = U_m / R$$

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Giá trị trung bình của dòng chỉnh lưu được tính bởi

$$I_{mf} = \frac{6}{T} \int_{-T/12}^{T/12} I_m \cdot \cos \omega.t . dt = 3 \frac{I_m}{\pi} = 0,955 I_m \quad (4-12)$$

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 4.17c) và giá trị trung bình của dòng điện qua một diode $= I_{mf}/3$.

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:

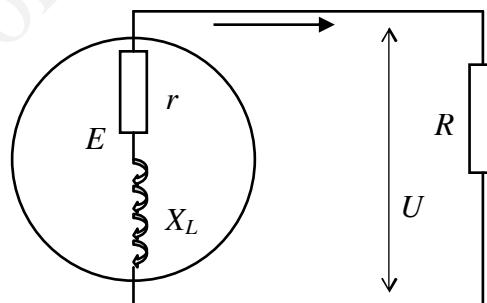
$$I_{\Phi} = \sqrt{\frac{T}{4} \int_{-T/3}^{T/3} I_m^2 \cdot \sin^2 \omega.t . dt} = 0,755 I_m \quad (4-13)$$

Từ đó: $I_{\Phi} = 0.815 I_{mf}$.

4.3.2 Đặc tính máy phát điện

4.3.2.1 Đặc tuyến 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 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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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.

$C_e = 4k.w.p/60$: Hằng số

Khi đóng phụ tải 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.

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

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

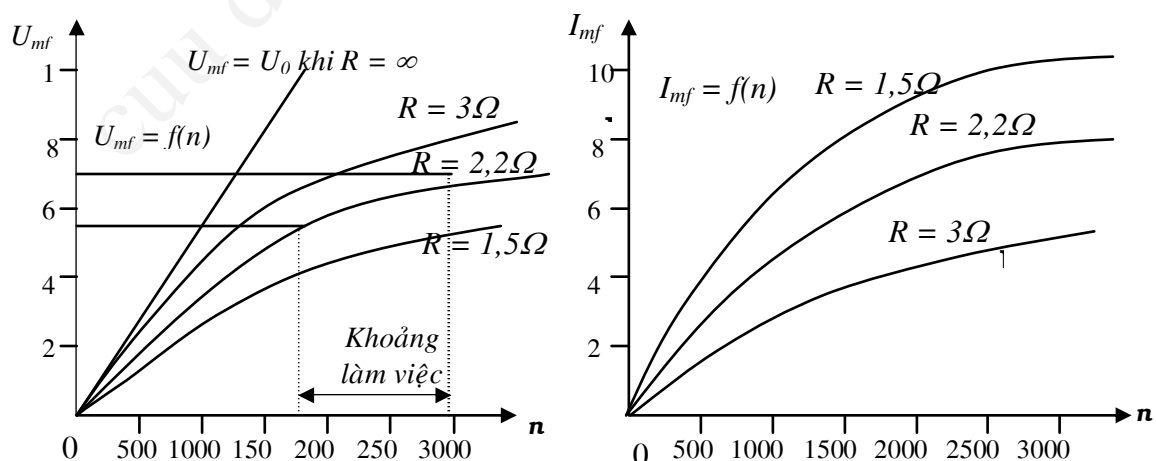
Thay biểu thức E vào X_L vào phương trình I_{mf} :

$$I_{mf} = \frac{C_e.n.\Phi_o}{\sqrt{(r+R)^2 + C_x^2.n^2}} \quad (4-15)$$

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

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

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**

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Ở số vòng quay cao giá trị $C_x \cdot n^2$ 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 tỷ 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 tỷ 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.

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.

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

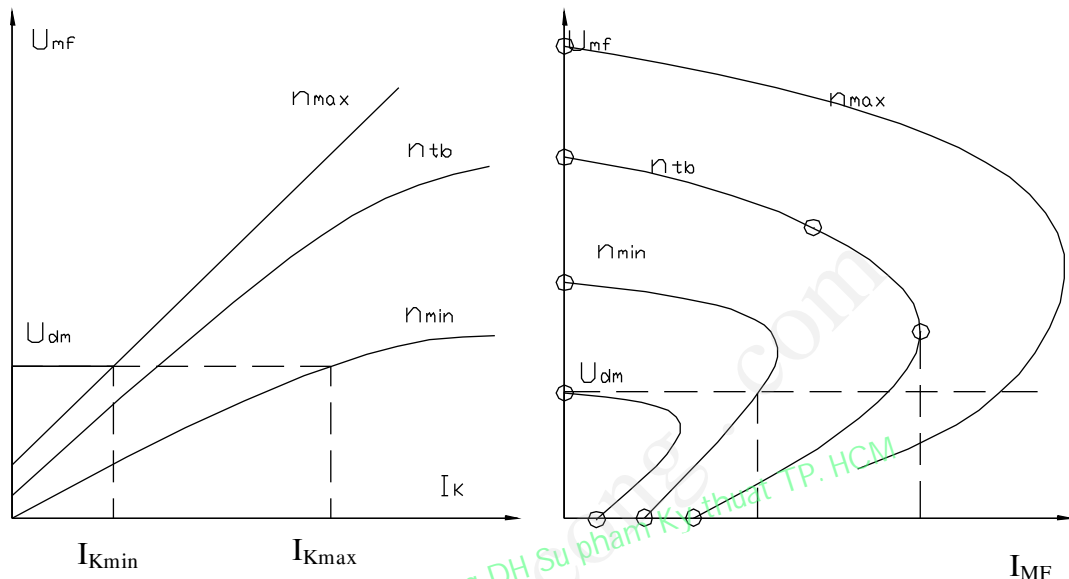
Đặc tuyến không tải:

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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

khe hở không khí) phụ thuộc vào số vòng quay của máy phát điện, nên sức điện động không tỷ 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: **a. Đặc tuyến không tải ứng với số vòng quay khác nhau.**
b. 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:

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

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,

Đường 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 $n = const$;

$U_k = U_{dm} = const$, và điện trở kích thích $R_k = const$.

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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 phần ứng làm từ thông qua stator giảm và do hiện tượng phản từ.

Điện trở toàn phần của pha trong cuộn stator:

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

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

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

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.

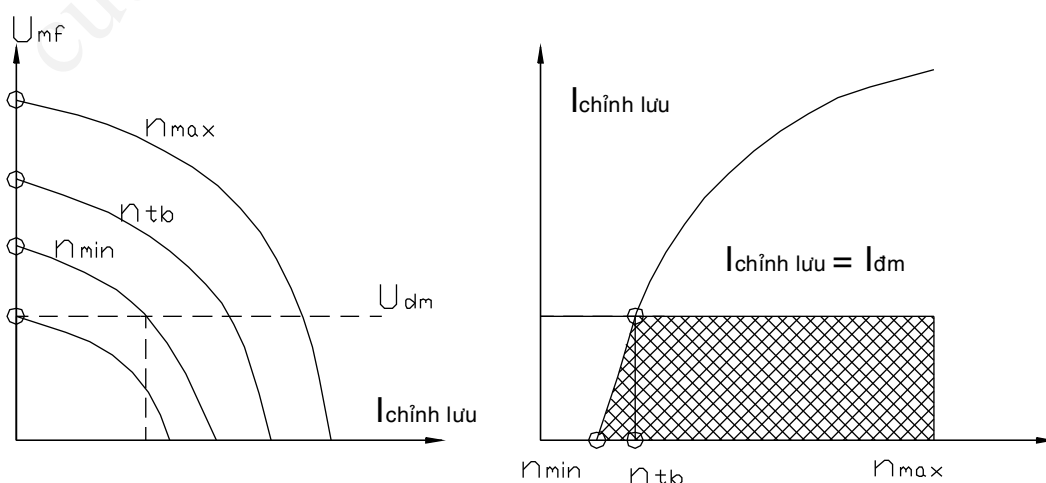
Đặc tuyến tải theo số vòng quay:

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).

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

Trong một dải lớn của vận tốc quay của rotor thì dòng điện tăng chậm và số vòng quay 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). Trong những trường hợp này thì bộ phận hạn chế dòng là không cần thiết.

$$I_{mf\text{đm}} = 2/3 I_{\text{max}}$$



Hình 4-21: **Đặc tuyến tải theo số vòng quay**

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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

Với: $C_e = 4KK_1\omega_\phi p/60$

$K_1 = 2,34$

Ở tốc độ thấp:

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

Vì 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:

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

Như vậy máy phát sẽ 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 thì đối tượng điều chỉnh là máy phát và accu. Hoạt động đồng thời của máy phát cùng accu 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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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

$$U_{mf} = C_e \cdot n \cdot \Phi - 2U_o - R_{td} \cdot I_{mf} \quad (4-16)$$

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.

Trong đó:

k_p – Hệ số chỉnh lưu, xác định qua tỷ 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.

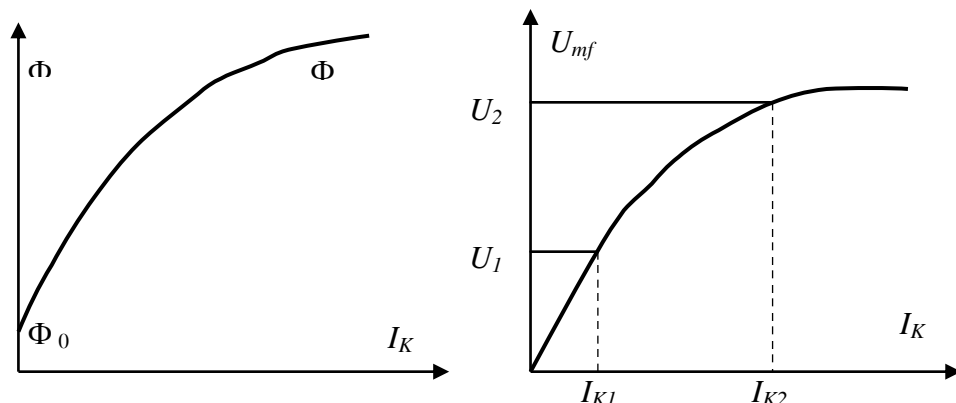
Từ thông của máy phát được kích thích bằng điện từ có thể biểu diễn qua dòng kích thích.

$$\Phi = \Phi_o + I_k / (a + b \cdot I_k).$$

Trong đó:

Φ_o – là từ dư.

a, b – các hệ số của đường cong từ hoá.



Hình 4-22: **Đặc tuyến từ và hiệu điện thế máy phát phụ thuộc vào dòng kích**

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 hoà. Bỏ qua ảnh hưởng của từ dư Φ_o và độ sụt áp trên bộ chỉnh lưu $2U_o$ đối với những điểm đã chọn, ta có thể viết.

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

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

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:

$$U_{mf} = C_e \cdot n \cdot I_k / (a + b \cdot I_k) - R_{td} \cdot I_{mf} \quad (4-17)$$

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).

$$I_k = [(U_{mf} + R_{td} \cdot I_{mf}) \cdot a] / [C_e \cdot n - (U_{mf} + R_{td} \cdot I_{mf}) \cdot b] \quad (4-18)$$

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:

$$K_n = n_{max} / n_{min} \quad (K_n = 6 \div 8 \text{ đối với ô tô})$$

$$(K_n = 3 \div 4 \text{ đối với máy kéo}).$$

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:

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

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 hoá 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 hoà sâu của mạch từ, hệ số của các máy phát loại này là $15 \div 20$.

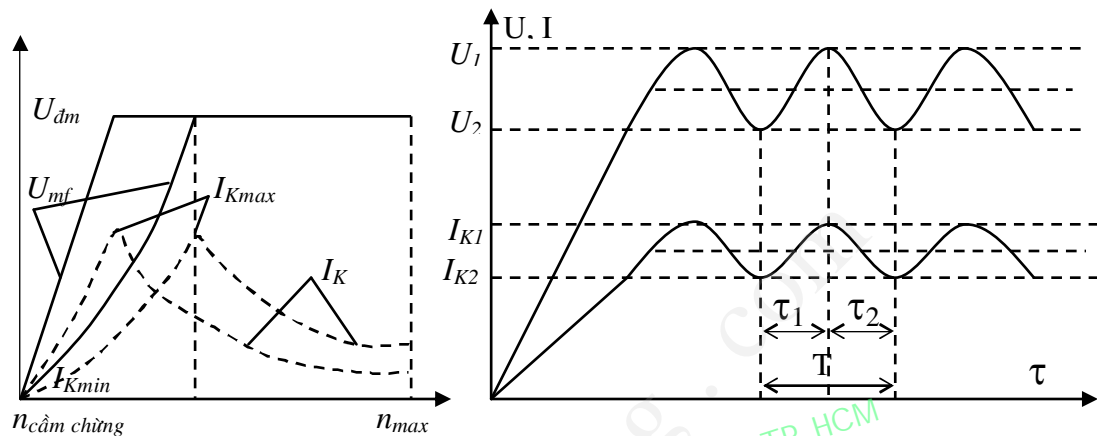
Khi giải phương trình (4-17) theo vận tốc quay của phần ứng ta được:

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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 4-23: **Đặc tính hiệu chỉnh điện thế của máy phát**

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:

a - Bộ điều chỉnh hoạt động liên tục:

Bộ điều chỉnh hoạt động liên tục có tín hiệu trên đầu vào và đầu ra của tất cả các phần tử 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} – Điện trở bổ sung của biến trở trong mạch kích thích.

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

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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

b - 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 chỉnh lưu có thể được mô tả bởi phương trình vi phân:

$$U_1 = i_k R_k + L_k di_k/dt \quad 0 < t < t_1 \quad (4-19)$$

$$U_2 = i_k R'_k + L'_k di_k/dt \quad 0 < t < t_2 \quad (4-20)$$

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.

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:

$$i_1(t) = (I_2 - U_1 / R_k) e^{\frac{t}{T_k}} + U_1 / R_k \quad 0 \leq t \leq t_1 \quad (4-21)$$

$$i_2(t) = (I_2 - U_1 / R_k) e^{\frac{t}{CT_k}} + U_1 / R_k \quad 0 \leq t \leq t_2 \quad (4-22)$$

Trong đó:

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 kích thích 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.

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

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

Đối với các điều kiện biên:

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

$$(I_2 - U_1/R_k).e^{\frac{t_1}{T_k}} + U_1/R_k = I_1 \quad (4-23)$$

Giải hệ phương trình ta được:

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

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

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.

Xung động của dòng kích thích

$$\Delta I_k = I_1 - I_2 = \frac{U_1}{R_k} \left[\frac{(1 - K).(1 - e^{-\gamma t_k}).(1 - e^{-(1-\gamma)\frac{t_k}{c}})}{1 - \exp\left(-\left(\gamma + \frac{1-\gamma}{c}\right)t_k\right)} \right] \quad (4-24)$$

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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:

$$I_{k_{tb}} = \frac{U_1}{R_k} [\gamma(1-K) + K] \cdot \left\{ 1 - \frac{(1-K)(1-c)(1-e^{-\gamma t_k})(1-e^{-\frac{(1-\gamma)t_k}{c}})}{t_k [\gamma(1-K) + K](1-e^{-\frac{(1-\gamma)t_k}{c}})} \right\} \quad (4-26)$$

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: dải 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} .

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

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

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

Trong đó: $I_{k_{tb}}$ – Dòng kích thích trung bình.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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

$$\begin{aligned} I_1 &= aU_1/(C_e.n - bU_1) \\ I_2 &= aU_2/(C_e.n - bU_2) \\ I_{ktb} &= aU_{tb}/(C_e.n - bU_{tb}) \end{aligned} \quad (4-27)$$

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 $K_{fh} = U_2/U_1 < 1$.

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.

$$U_{tb} = 0,5(U_1 + U_2) = 0,5(1 + K_{fh}).U_1$$

Cũng như độ thay đổi điện áp điều chỉnh:

$$\Delta U_{mf} = U_1 - U_2 = (1 - K_{fh}).U_1.$$

Xung động của dòng kích thích.

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

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

Cân bằng các vế phải của các phương trình (4-24), (4-26), (4-27) và (4-28) ta được:

$$\begin{aligned} \frac{U_1}{R_k} [\gamma(1-K) + K] \left\{ 1 - \frac{(1-K).(1-C).(1-e^{-\gamma t_k}).(1-e^{-\frac{(1-\gamma)t_k}{c}})}{t_k[\gamma(1-K) + K].(1-e^{-\frac{(\gamma+\frac{1-\gamma}{c})t_k}{c}})} \right\} = \\ = \frac{aU_{tb}}{C_e.n - bU_{tb}} \end{aligned} \quad (4-29)$$

$$\frac{U_1}{R_k} \left[\frac{(1-K).(1-e^{-\gamma t_k}).(1-e^{-\frac{(1-\gamma)t_k}{c}})}{1-e^{-\frac{(\gamma+\frac{1-\gamma}{c})t_k}{c}}} \right] = \frac{a.C_e.n.\Delta U_{mf}}{(C_e.n - b.U_{tb})^2} \quad (4-30)$$

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 phần ứng máy phát.

Nếu cần phải xác lập γ và t_k theo tải thì ở công thức (4-29) và (4-30) sự phụ thuộc của U_{tb} ta thế $U_{tb} + R_{ld}.I_{mf}$.

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 phần ứng và tải ta cần biết giá trị của các thông số đã nêu.

4.4.3 Các bộ tiết chế tiêu biểu

Phân loại tiết chế:

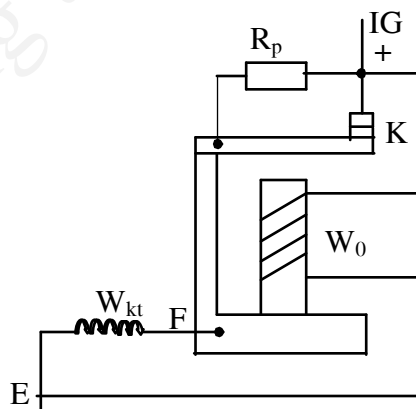
Tùy thuộc vào cấu tạo và nguyên lý làm việc của các tiết chế điện thế người ta chia thành hai loại:

- Tiết chế loại rung.
- Tiết chế bán dẫn.

a - Bộ tiết chế loại rung:

Việc điều chỉnh điện áp dạng rung động (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_{kt} 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 4-23: *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.

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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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) tỷ 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:

$$U = C \frac{R_o}{\omega_o} \delta \sqrt{F_k}$$

Trong đó:

$$C = C' \sqrt{2 \mu_o} . S$$

Như vậy, điện áp hoạt động của relay 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 thế do bộ điều chỉnh điện áp rung tạo ra được xác định theo công thức:

$$U_{dmtb} = \frac{(1 + K_p) C R_o \delta \sqrt{F_k}}{2 \omega_o} \quad (4-31)$$

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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

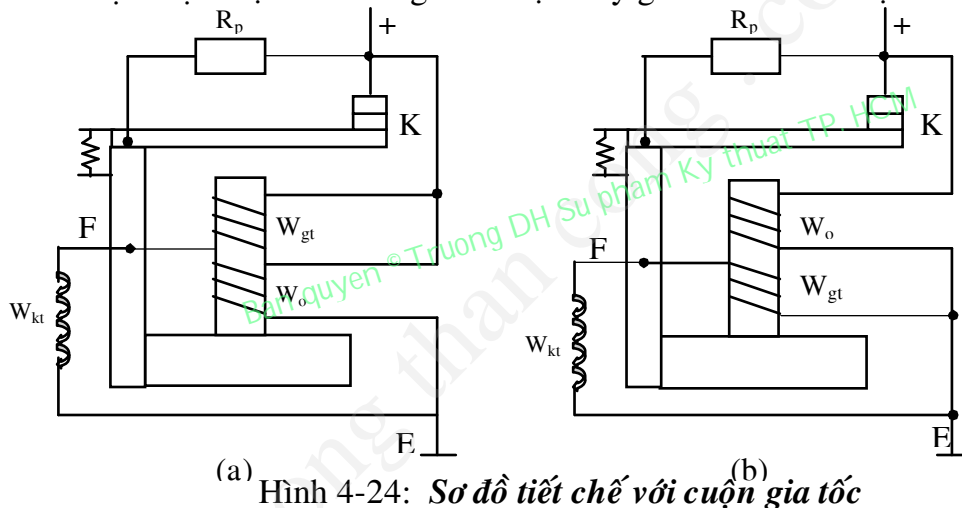
tính toán cho thấy tần số chuyển đổi của bộ biến đổi điện áp đơn giản dạng rung là rất thấp: $10 \div 20 \text{ Hz}$.

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 ΔU_{dm}), 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 ΔU_{dm} 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.



(a) Hình 4-24: Sơ đồ tiết chế với cuộn gia tốc (b)

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_o 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 thế 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:

Vì vậy $\Delta U_{mf} = U_l - U_2$ 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 ($U_{gt} = U_k$)

Nếu xem $U_{gt} = I_{gt} R_{gt}$; $U_k = I_k R_k$ thì $I_{gt} = I_k (R_k / R_{gt})$

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Như vậy, dòng điện trong cuộn gia tốc tỷ 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:

$$U_0 = U_{mf} - I_o[(R_{gt}R'_p)/(R_{gt} + R_p)] \approx U_{dm} - I_o R_p$$

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 $U_0 = U_{mf} - (I_o + I_k)R_p$

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:

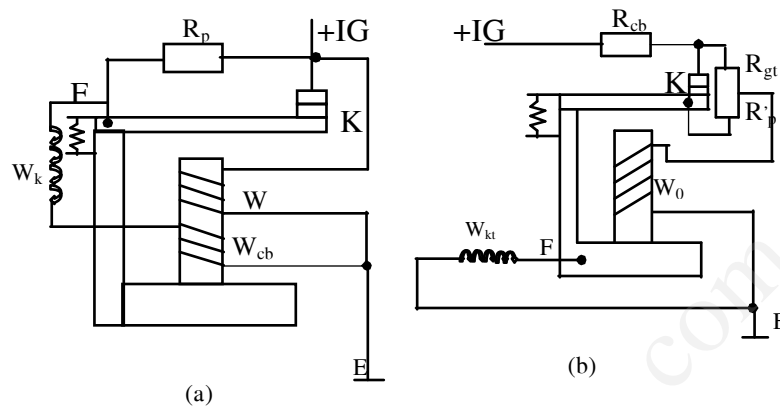
$$F_{tp} = F_o - F_{cb} = U_{mf} W_o / R_o - I_k W_{cb}$$

Lúc đó trị trung bình của điện áp được duy trì bởi bộ điều chỉnh là

$$U_{dmb} = \frac{(1 + K_{ph}).R_o}{2W_0} (C.\delta\sqrt{F_{lx}} + I_k W_{cb})$$

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 tỷ lệ với điện trở R_o của cuộn dây chính. Khi nhiệt độ thay đổi, điện trở R_o thay đổi. Ví dụ khi tăng $100^\circ C$, R_o 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 nicrom 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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 hoá 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 (3370°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 oxy hoá.

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} 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 $I_k = I_{kmax}$.

$$P_{ng} = I_{kmax}^2 \cdot R_p = I_{kmax}^2 (k_l - 1) \cdot R_k = U_{mfib} \cdot I_{kmax} \quad (4-32)$$

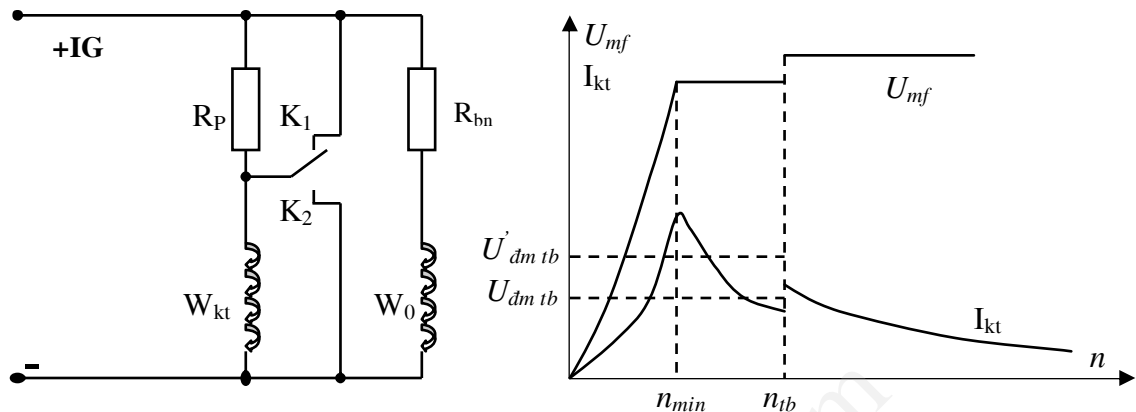
Vì vậy: $I_{kmin} < P_K \cdot U_{mfib} (k_l - 1)$.

Trong thực tế, ở các mạch của bộ điều chỉnh, 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 4-26a) có hai cặp tiếp

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 11 ($c < 1, K > 0$).



Hình 4-26: Sơ đồ và đặc tuyến làm việc của tiết chế 2 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 2 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 2 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 2 cặp tiếp điểm mắc song song.

b - 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 đầy đủ 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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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.

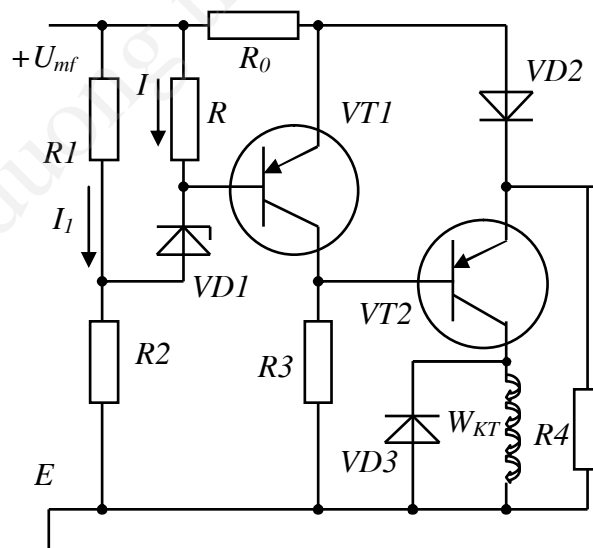
Sơ đồ cấu tạo và nguyên lý làm việc tiết chế dùng transistor PNP:

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 $R_1 - R_2 - R - VD_1$) và thiết bị điều chỉnh có dạng một transistor PNP (các VT_1 , VT_2 , diode VD_2 , các biến trở R_3 , R_4 , và R_0). Tải của transistor là cuộn dây kích thích W_{kt} của máy phát được mắc song song với diode VD_3 .

Nếu điện áp trên điện trở R_1 nhỏ hơn điện áp mở của diode zener VD_1 thì diode sẽ không dẫn và cường độ dòng điện trong mạch $R-VD_1$ gần như bằng không. Điện áp đặt lên mối nối BE của transistor:

$$U_{E1} = U_R - U_{R0} < 0$$

Vì vậy, transistor VT_1 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 VT_2 sẽ ở trạng thái bão hòa, được xác định bởi điện trở R_3 .



Hình 4-27: Sơ đồ tiết chế bán dẫn loại dùng transistor PNP

Do điện trở R_0 và độ sụt áp VD_2 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_l của tiết chế, thì trong mạch $R - VD_1$ sẽ xuất hiện dòng điện $I = I_2$. Điện áp trên lớp

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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:

$$\begin{aligned} U_1 &= I_1(R_1 + R_2) + IR_2 \\ U_1 &= I(R + R_Z) + U_{OZ} + (I + I_1)R_2 \end{aligned} \quad (4-33)$$

Điều kiện transistor đóng mở:

$$U_{E1} = IR - I_k R_o$$

Giải hệ phương trình (4-33) đối với điện áp hoạt động có xem xét điều kiện đóng mở ta tìm được.

$$U_1 = U_{OZ} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + \frac{U_{OE1} + I_k R_o}{R_1} [R + R_2 + R_Z(R_1 + R_2) - R_2^2] \quad (4-34)$$

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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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:

$$\begin{cases} U_2 = U_{O2} + I_{O2}R_{O2} + \beta_1 I_{BE2}R_3 + U_{OE2} \\ U_2 = U_{D2} + (R_{D2} + R_4)I_{R4} \\ U_2 = I'(R_1 + R_2 + (I_{\sigma I} - I')R_2) \\ U_2 = U_{OZ} + I'(R + R_2 + R_Z) + I_{B1}(R_Z + R_2) + I'_1R_2 \\ U_{OE1} = I'R - R_{E1}(1 + \beta_1)R_{BE2} \end{cases} \quad (4-35)$$

Trong đó I'_1 , 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:

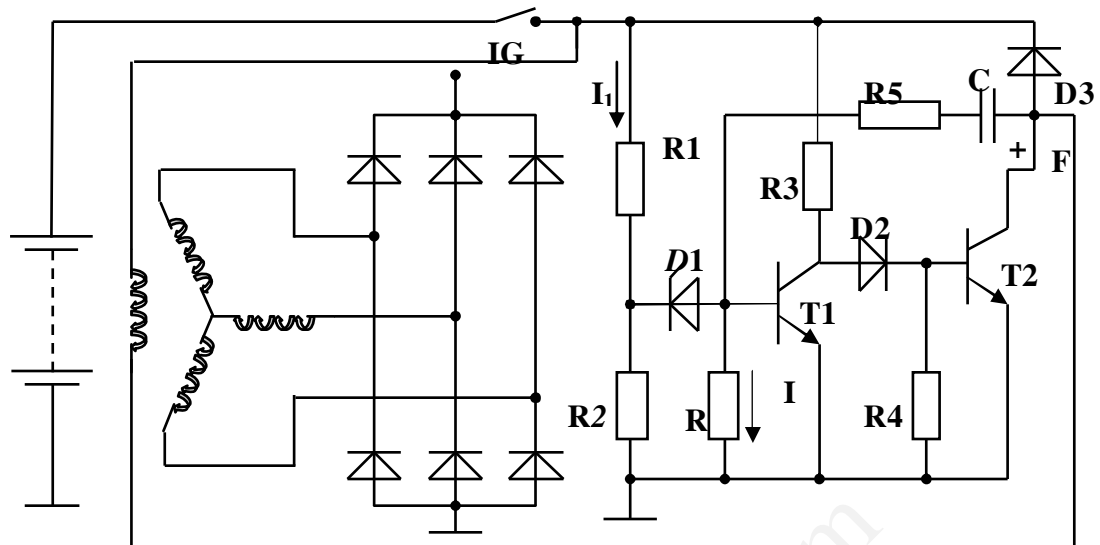
$$\begin{aligned} C &= (R_1 + R_2)U_{OZ} - \frac{U_{OE1}}{R_{E1}(1 + \beta_1)} [R_1(R_Z + R_2) + R_2R_Z] + \\ &\quad + \frac{1}{R_1R_2R} [(U_{D1} + U_{D2})(1 + \beta_1)R_{E1} - \beta_1R_3U_{OE1}]A. \\ D &= R_1 \frac{R_{E1}(1 + \beta_1)}{\beta_1R_3R} A. \\ A &= (R_1 + R_2) \left[\frac{R_ZR}{R_{E1}(1 + \beta_1)} + R + R_Z \right] + R_1R_2 \left[\frac{R}{R_{E1}(1 + \beta_1)} + 1 \right] \end{aligned}$$

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:

$$U_{dmtb} \approx U_Z (1 + R_2/R_1)$$

Sơ đồ cấu tạo và nguyên lý làm việc của tiết chế dùng transistor NPN

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



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 accu đến tiết chế, đến $R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow \text{mass}$. Điện áp đặt vào $D_1 = U \cdot R_2 / (R_1 + R_2) < U_{OZ}$ điện thế làm việc của D_1 , nên T_1 đóng. Do đó dòng đi theo mạch $R_3 \rightarrow D_2 \rightarrow R_4 \rightarrow \text{mass}$.

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 hoà 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_2 dùng để bảo vệ transistor T_2 .

Trong sơ đồ này người ta sử dụng mạch hồi tiếp âm bao gồm R_s và tụ C . Khi T_2 chớm đóng, điện áp tại cực C tăng làm xuất hiện dòng nạp I_c ($W_{kt} \rightarrow T_1 \rightarrow C \rightarrow R_5 \rightarrow R \rightarrow \text{mass}$).

Điện thế tại chân B của T_1 tăng vì $U_{BE1} = R(I + I_C)$ khiến T_1 chuyển nhanh sang trạng thái bão hoà 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 hoà. Như vậy, mạch hồi tiếp giúp tăng tần số đóng mở của tiết chế.

Lúc bắt đầu hoạt động, hiệu điện thế làm việc của tiết chế được xác định:

$$U_I = I_1 R_1 + R_2 (I_1 - I)$$

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

$$U_I = I_1 R_1 + U_{OZ} + R_Z I + IR.$$

Trong đó: $I = U_{BE1} / R$. Thế giá trị I vào 2 phương trình trên ta được:

$$U_I (R_1 + R_2) - R_2 U_{BE1} / R$$

$$U_I = R_1 I_1 + U_{OZ} + R_Z U_{BE1} / R + U_{BE1}$$

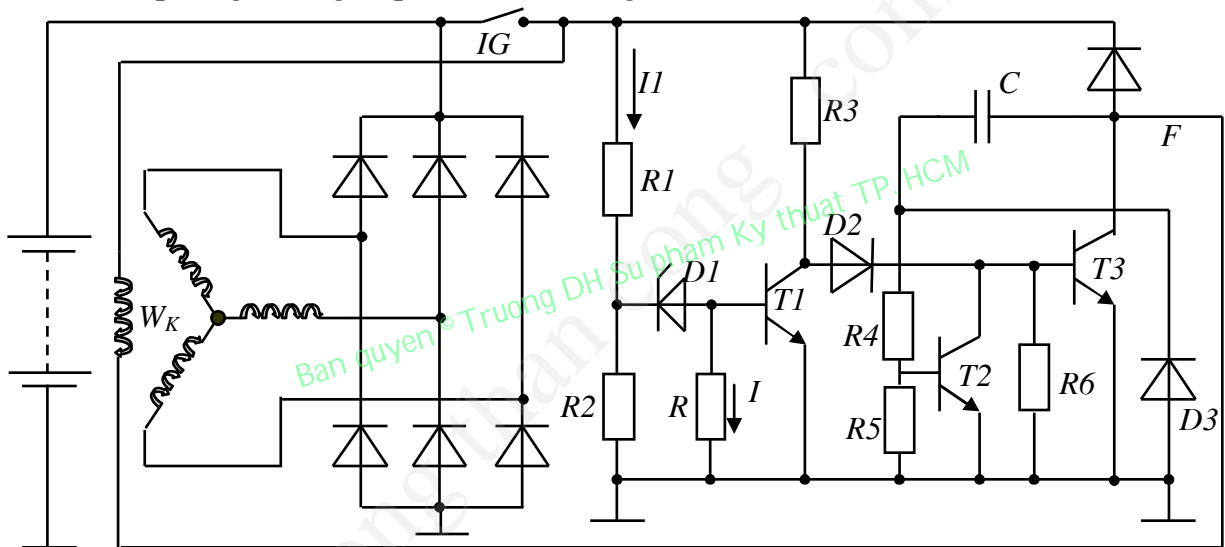
Giải hệ phương trình trên qua U_I ta thu được:

$$U_I = (1 + R_1 / R_2) [U_{OZ} + (R_Z + R) U_{BE1} / R] + R_1 U_{BE1} / R$$

Như vậy, muốn tăng hiệu điện thế hiệu chỉnh ta tăng R_1 hoặc giảm R_2

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 thì đầu F bị nối trực tiếp với dương và tụ C sẽ được nạp với dòng

$$i_c = \frac{U_a}{R_4 + R_5} \cdot R^{\frac{-t}{\tau_c}}$$

Trong đó: τ_c – hằng số mạch nạp,

U_a – điện áp accu.

$$\tau_c = (R_4 + R_5)C$$

$$U_{R5} = U_{BE2} = \frac{U_a}{R_4 + R_5} \cdot R_5 e^{\frac{-t}{\tau}}$$

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:

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

$$\frac{U_a}{R_4 + R_5} \cdot R_5 e^{\frac{-t_m}{\tau_c}} = U_{OE2}$$

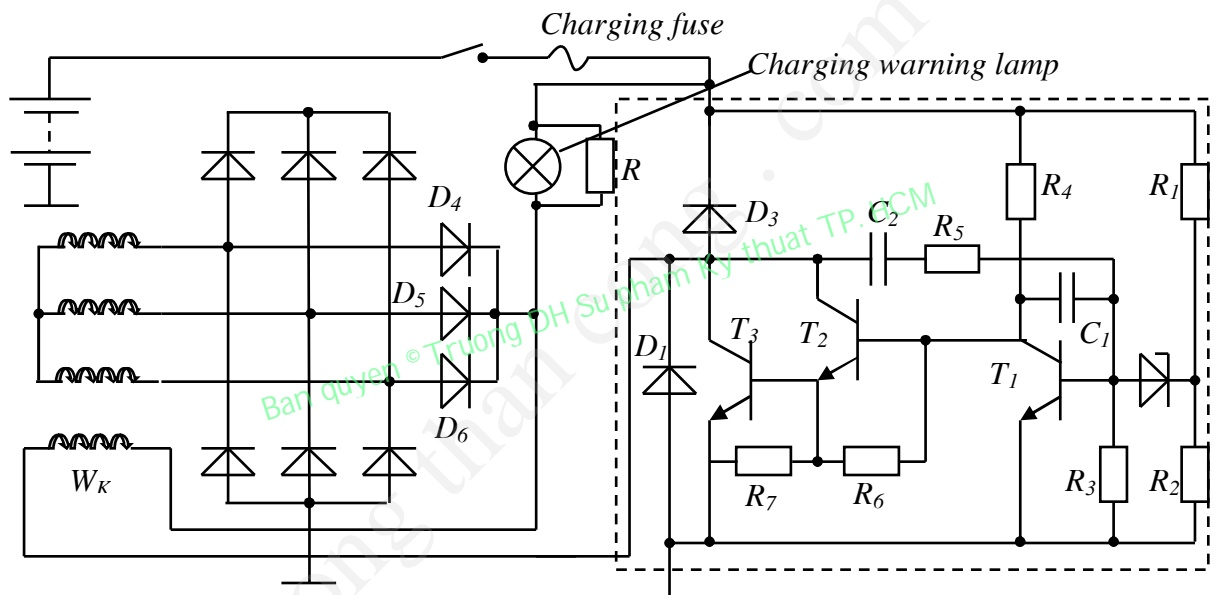
$$\Rightarrow t_m = \tau \ln \frac{U_a \cdot R_5}{(R_4 + R_5) \cdot U_{OE2}}$$

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.

Một số mạch thực tế trên xe:

Trên hình 4-30 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

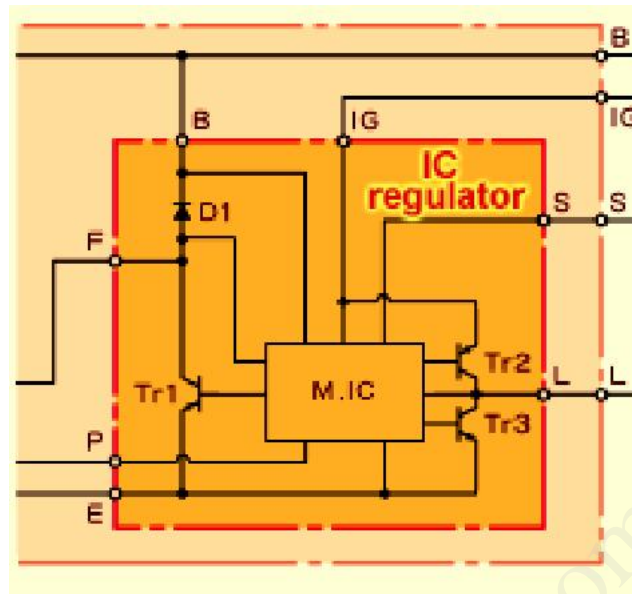
Mạch cung cấp điện cho cuộn kích và báo nạp được thực hiện bởi 3 diode nhỏ (diode trio) mắc từ đầu của các cuộn pha (D_4, D_5, D_6)

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 TR_2 và TR_3 theo tình trạng của máy phát.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



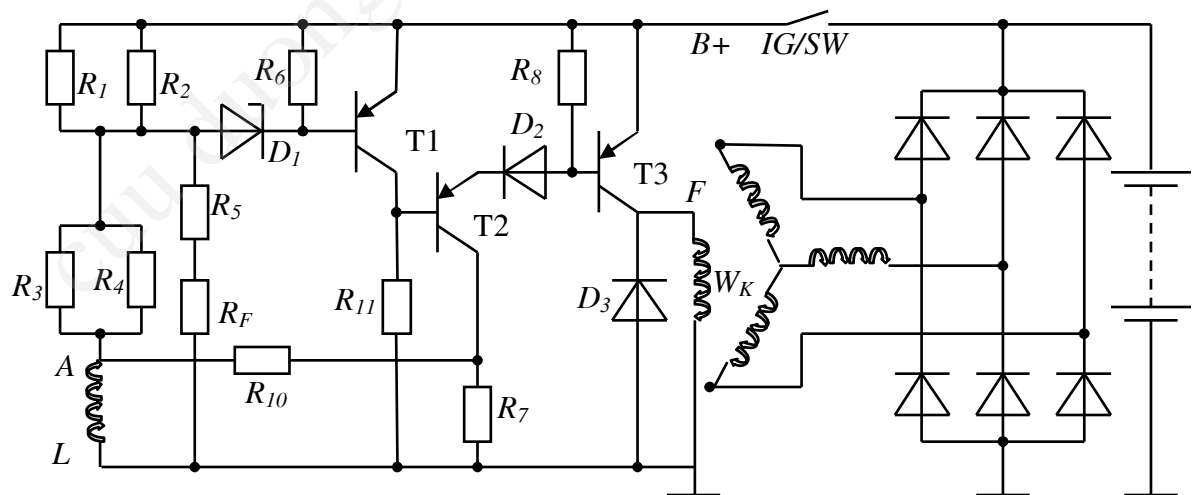
Hình 4-30b: *Sơ đồ tiết chế vi mạch kiểu M*

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.



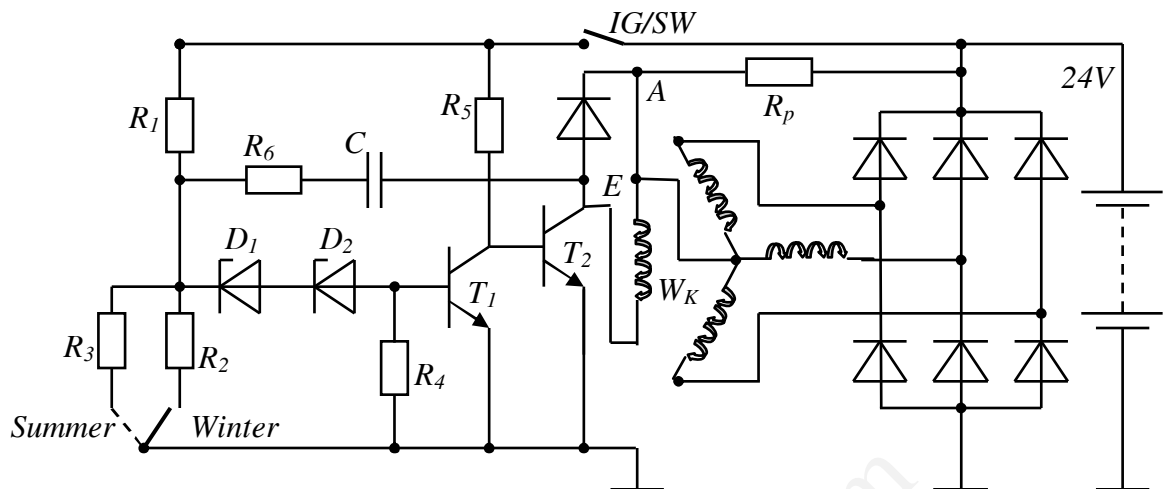
Hình 4-31: *Sơ đồ tiết chế PP350*

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 nằm trên máy phát xe KAMAZ được trình bày trên hình 4-32.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Tiết chế vi mạch xe KAMAZ



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.

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, ta phải tính toán chọn máy phát phù hợp theo các bước dưới đây:

1. Tính toán công suất tiêu thụ cần thiết cho tất cả các tải điện hoạt động liên tục (đối với loại 14v xem sơ đồ hình 4-33). Ví dụ $P_{w1} = 350W$.

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	$P_{w1} = 350W$

Bảng1: Tiêu thụ điện của các tải điện hoạt động liên tục

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

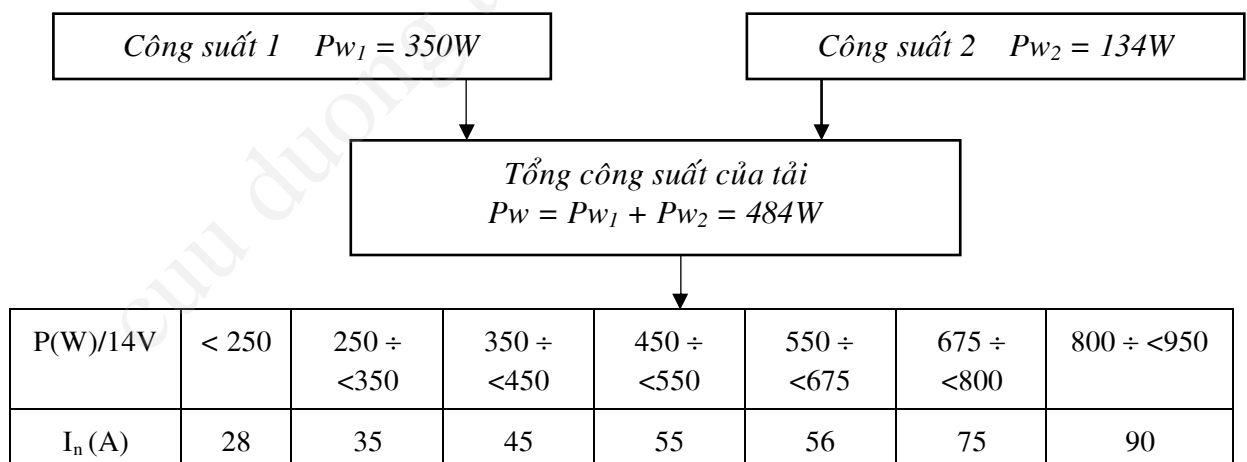
2. Tính toán công suất tiêu thụ cần thiết cho tất cả các tải điện hoạt động gián đoạn theo bảng 2 ta có $P_{w2} = 143W$.

Tải điện hoạt động gián đoạn	Giá trị thực (W)	Hệ số	Công suất tương đương (W)
Quạt điều hoà giàn nóng và giàn 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			$P_{w2} = 134W$

Bảng2: Tiêu thụ điện của các tải điện hoạt động gián đoạn

3. Lấy tổng các công suất tiêu thụ ($P_{w1} + P_{w2} = P_w = 484W$) 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.



Chương 5: HỆ THỐNG ĐÁNH LỬA

5.1 Lý thuyết đánh lửa cho động cơ xăng

5.1.1 Các thông số chủ yếu của hệ thống đánh lửa

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 bugie. 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 bugie, đặc biệt là lúc khởi động.

Hiệu điện thế đánh lửa U_{dl}

Hiệu điện thế thứ cấp mà tại đó quá trình đánh lửa xảy ra, được gọi là hiệu điện thế đánh lửa (U_{dl}). 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: Là áp suất trong buồng đốt tại thời điểm đánh lửa.

δ : Khe hở bugie.

T: Nhiệt độ ở điện cực trung tâm của bugie tại thời điểm đánh lửa.

K: Hằng số phụ thuộc vào thành phần của hỗn hợp hòa khí.

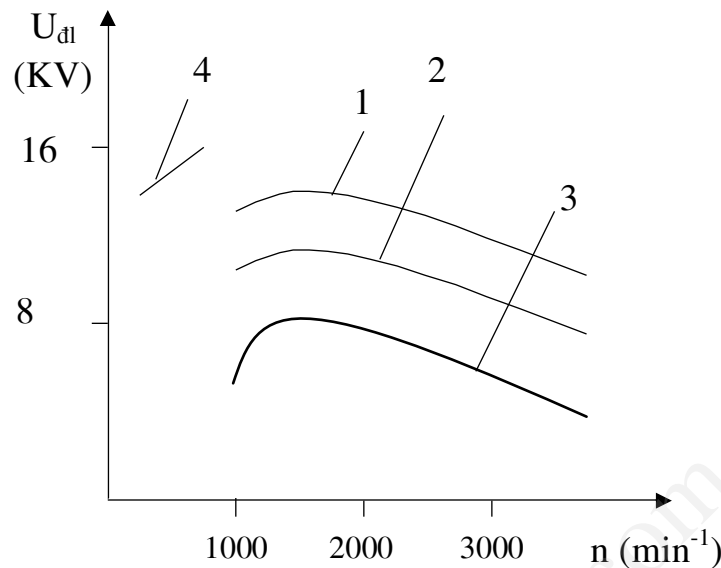
Ở chế độ khởi động lạnh, hiệu điện thế đánh lửa U_{dl} tăng khoảng 20 đến 30% do nhiệt độ điện cực bugie thấp.

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 bugie 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 bugie bị mài mòn. Sau đó U_{dl} tiếp tục tăng do khe hở bugie tăng. Vì vậy để giảm U_{dl} phải hiệu chỉnh lại khe hở bugie sau mỗi 10.000 km.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



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

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_{dl} :

$$K_{dt} = \frac{U_{2m}}{U_{dl}}$$

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.

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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Tốc độ biến thiên của hiệu điện thế thứ cấp S

$$S = \frac{du_2}{dt} = \frac{\Delta u_2}{\Delta t} = 300 \div 600 \quad V/ms$$

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.

Tần số và chu kỳ đánh lửa

Đối với động cơ 4 thì, số tia lửa xảy ra trong một giây hay còn gọi là tần số đánh lửa được xác định bởi công thức:

$$f = \frac{nZ}{120} \quad (Hz)$$

Đối với động cơ 2 thì:

$$f = \frac{nZ}{60} \quad (Hz)$$

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 ngâm hay transistor công suất dẫn bão hòa.

t_m : Thời gian vít hở 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 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.

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 tử điểm thượng.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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:

$$\theta_{opt} = f(p_{bđ}, t_{bđ}, p, t_{wt}, t_{mt}, n, N_o \dots)$$

Trong đó:

$p_{bđ}$: áp suất trong buồng đốt tại thời điểm đánh lửa.

$t_{bđ}$: nhiệt độ buồng đốt.

p : áp suất trên đường ống nạp.

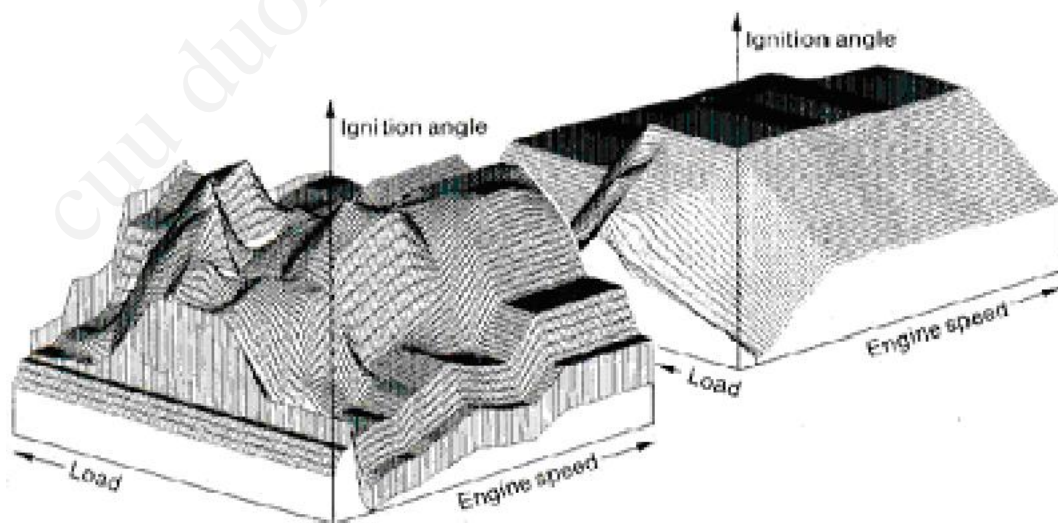
t_{wt} : nhiệt độ nước làm mát động cơ.

T_{mt} : nhiệt độ môi trường.

n : số vòng quay của động cơ.

N_o : chỉ số octan của xăng.

Ở các đời xe cũ, góc đánh lửa sớm chỉ được điều khiển theo hai thông số: tốc độ (bộ sớm ly tâm) và tải (bộ sớm áp thấp) của động cơ. Tuy nhiên, hệ thống đánh lửa ở một số xe (TOYOTA, HONDA ...), có trang bị thêm van nhiệt và sử dụng bộ phận đánh lửa sớm theo hai chế độ nhiệt độ. Trên các xe đời mới, 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 và xe đời cũ.



Hình 5.2. *Bản đồ góc đánh lửa sớm theo tốc độ và tải động cơ trên xe đời mới và xe đời cũ*

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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.

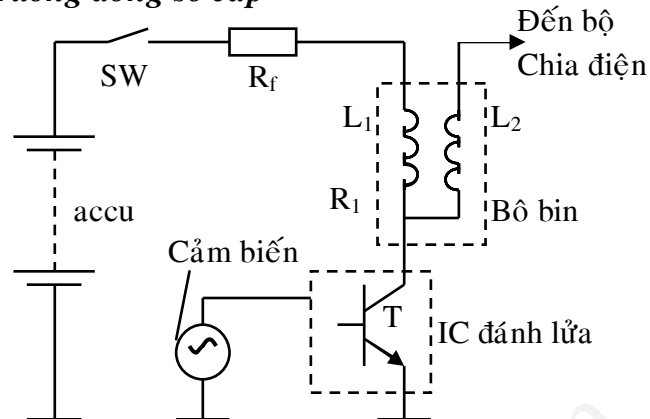
Thời gian phóng điện giữa hai điện cực của bougie tùy thuộc vào loại hệ thống đánh lửa. Tuy nhiên, hệ thống đánh lửa phải đảm bảo năng lượng tia lửa đủ lớn và thời gian phóng điện đủ dài để đốt cháy được hòa khí ở mọi chế độ hoạt động của động cơ.

5.1.2 Lý thuyết đánh lửa trong ô tô

Trong động cơ xăng 4 kỳ, hòa khí sau khi được đưa vào trong xylanh 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 đốt 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 trưởng 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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Quá trình tăng trưởng dòng sơ cấp



Hình 5-3: Sơ đồ nguyên lý hệ thống đánh lửa.

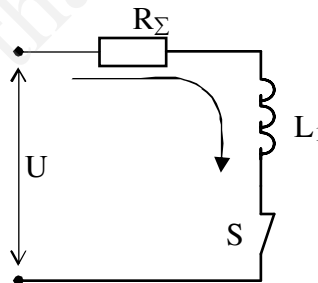
Trong sơ đồ của hệ thống đánh lửa trên:

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_l từ (+) accu đến $R_f \rightarrow L_1 \rightarrow T \rightarrow mass$. Dòng điện i_l 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 accu được bỏ qua, trong đó:

$$R_{\Sigma} = R_l + R_f$$

$$U = U_a - \Delta U_T$$

U_a : Hiệu điện thế của accu.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

ΔU_T : Độ sụt áp trên transistor công suất ở trạng thái dẫn bão hòa hoặc độ sụt áp trên vít lửa.

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:

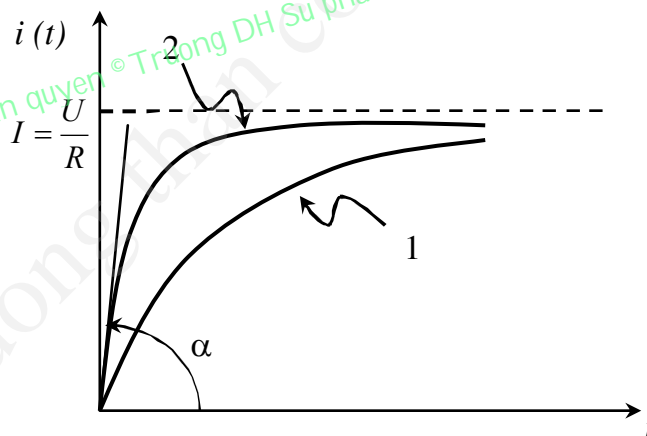
$$i_1(t) = \frac{U}{R_{\Sigma}} (1 - e^{-(R_{\Sigma}/L_1)t})$$

Gọi $\tau_l = L_1/R_{\Sigma}$ 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_1 .

$$\frac{di_1}{dt} = \frac{U}{L_1} e^{-t/\tau_l} \quad \frac{di_1}{dt} \Big|_{t=0} = \frac{U}{L_1} = \operatorname{tg} \alpha \quad \frac{di_1}{dt} \Big|_{t=\infty} = 0$$



Hình 5-5: Quá trình tăng trưởng dòng sơ cấp i_1 .

Với bobine xe đời cũ với độ tự cảm lớn (đường 1), tốc độ tăng chậm hơn bobine xe đời mới với độ tự cảm nhỏ (đường 2). Chính vì vậy, lửa sẽ yếu khi tốc độ càng cao. Trên các xe đời mới, hiện tượng này được khắc phục nhờ sử dụng bobine có L_1 nhỏ.

Đồ thị 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 thì cường độ dòng điện sơ cấp I_{ng} tại thời điểm đánh lửa khi transistor công suất ngắt là:

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{\Sigma}} (1 - e^{-t_d/\tau_l}) \quad (5-3)$$

Trong đó:

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

$$t_d = \gamma_d T = \gamma_d \cdot 120 / (n \cdot Z). \quad (5-3a)$$

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 xe đời cũ, tỷ lệ thời gian tích lũy năng lượng $\gamma_d = 2/3$, còn ở các xe đời mới nhờ cơ cấu hiệu chỉnh thời gian tích lũy năng lượng (góc ngậm) nên $\gamma_d < 2/3$.

$$\Rightarrow I_{ng} = \frac{U}{R_{\Sigma}} \left(1 - e^{-\frac{\gamma_d \cdot 120}{nZ} \cdot \frac{1}{\tau_1}} \right). \quad (5-4)$$

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:

$$\begin{aligned} W_{dt} &= \frac{I_{ng}^2 \cdot L}{2} = \frac{L_1}{2} \times \frac{U^2}{R_{\Sigma}^2} (1 - e^{-t_d/\tau_1})^2 \\ W_{dt} &= \frac{L_1 \cdot U^2}{2 R_{\Sigma}^2} = \frac{L_1}{2} \times \frac{U^2}{R_{\Sigma}^2} (1 - 2e^{-a} + e^{-2a}) \end{aligned} \quad (5-5)$$

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 thường 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 (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 xe đời mới, nhược điểm trên được loại trừ 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:

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

$$\begin{aligned}
 W_n &= \int_0^{t_d} i_1^2 \cdot R_1 \cdot dt \\
 W_n &= \int_0^{t_d} \frac{U^2}{R_\Sigma^2} R_1 (1 - 2e^{-t/\tau_1} + e^{-2t/\tau_1}) dt \\
 W_n &= \frac{U^2}{R_\Sigma^2} R_1 \left[t_d + 2\tau_1 (1 - e^{-t_d/\tau_1}) + (\tau_1/2)(1 - e^{-2t_d/\tau_1}) \right] \Big|_0^{t_d} \\
 W_n &= \frac{U^2}{R_\Sigma^2} R_1 \left(t_d + 2\tau_1 e^{-t_d/\tau_1} - (\tau_1/2) e^{-2t_d/\tau_1} \right) \Big|_0^{t_d} \quad (5-7)
 \end{aligned}$$

Công suất tỏa nhiệt P_n trên cuộn dây sơ cấp của bobine:

$$\begin{aligned}
 P_n &= \frac{1}{T} \int_0^{t_d} i_1^2 R_1 dt \\
 P_n &= \frac{U^2}{R_\Sigma^2} R_1 \left[\frac{t_d}{T} - 2 \frac{\tau_1}{T} (1 - e^{-t_d/\tau_1}) + \frac{\tau_1}{2T} (1 - e^{-2t_d/\tau_1}) \right] \quad (5-8)
 \end{aligned}$$

Khi công tắc máy ở vị trí ON mà động cơ không hoạt động, công suất tỏa nhiệt trên bobine là lớn nhất:

$$P_{nmax} \approx \frac{U^2}{R_\Sigma^2} R_1$$

Thực tế khi thiết kế, P_{nmax} phải nhỏ hơn 30 W để tránh tình trạng nóng bobine. Vì nếu $P_{nmax} \geq 30W$, nhiệt lượng sinh ra trên cuộn sơ cấp lớn hơn nhiệt lượng tiêu tán.

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 U/R_Σ .

Quá trình ngắt dòng sơ cấp

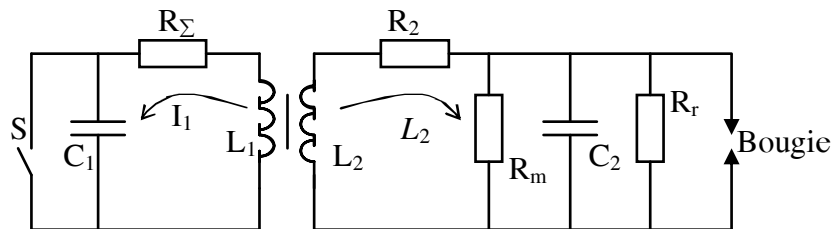
Khi transistor công suất ngắt, dòng điện sơ cấp và từ thông do nó sinh ra giảm đột ngột. Trên cuộn thứ cấp của bobine sẽ sinh ra một hiệu điện thế vào khoảng từ 15 KV ÷ 40 KV. Giá trị của hiệu điện thế thứ cấp phụ thuộc vào rất nhiều thông số của mạch sơ cấp và thứ cấp. Để tính toán hiệu điện thế thứ cấp cực đại, ta sử dụng sơ đồ tương đương được trình bày trên hình 5-6.

Trong sơ đồ này:

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 accu vì hiệu điện thế accu rất nhỏ so với hiệu điện thế xuất hiện trên cuộn sơ cấp lúc transistor công suất ngắt. Ta 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.

$$\Rightarrow I_{ng}^2 \cdot L_1 = C_1 + \frac{U_{2m}^2}{K_{bb}^2} + C_2 \cdot U_{2m}^2$$

$$U_{2m}^2 \times \left(\frac{C_1}{K_{bb}^2} + C_2 \right) = I_{ng}^2 \cdot L_1$$

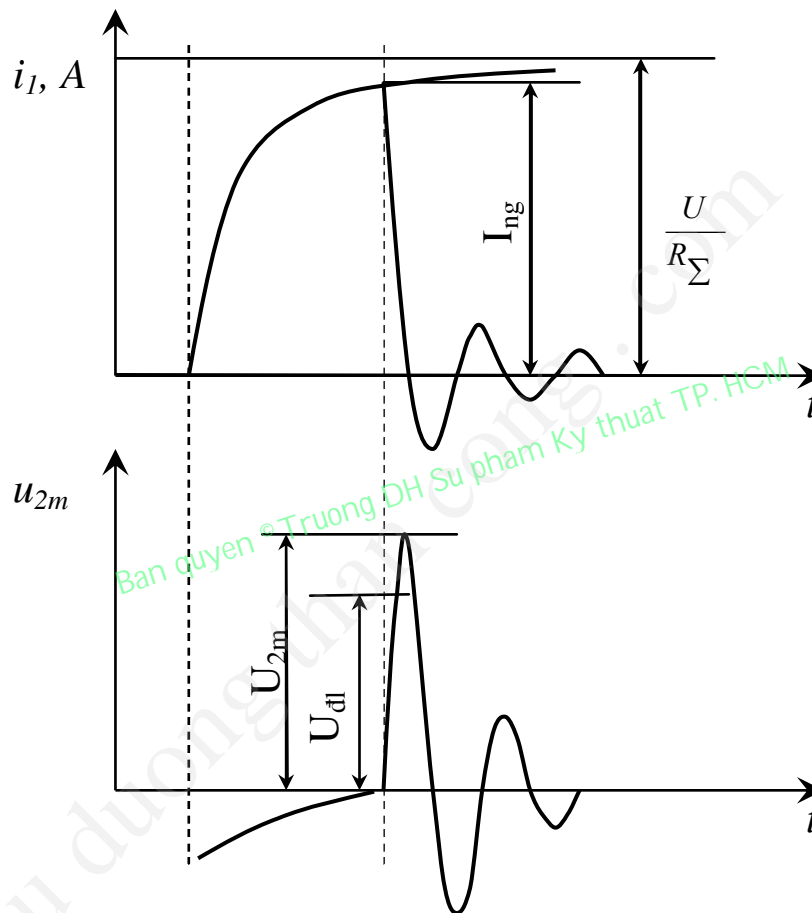
$$U_{2m} = K_{bb} I_{ng} \sqrt{\frac{L_1}{C_1 + K_{bb}^2 \cdot C_2}} \cdot \eta$$

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

$$U_{2m} = K_{bb} \sqrt{\frac{L_1 I_{ng}^2}{C_1 + K_{bb}^2 C_2}} \eta$$

$$U_{2m} = K_{bb} \sqrt{\frac{2W_{dt}}{C_1 + K_{bb}^2 C_2}} \eta \quad (5-9)$$

η : Hệ số tính đến sự mất mát trong mạch dao động, $\eta = 0,7 \div 0,8$.



Hình 5-7: **Quy luật biến đổi của dòng điện sơ cấp i_1 và hiệu điện thế thứ cấp u_{2m}**

Quy luật biến đổi dòng điện sơ cấp i_1 và hiệu điện thế thứ cấp u_{2m} được biểu diễn trên hình 5-7.

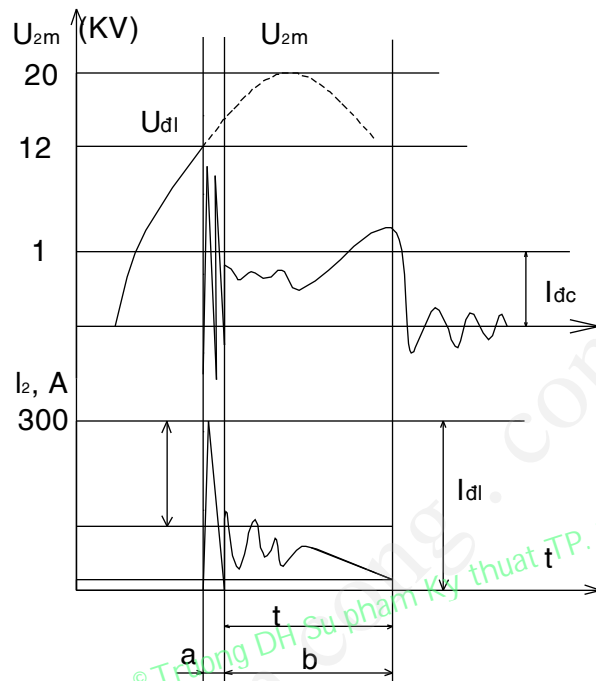
Khi transistor công suất ngắt, cuộn sơ cấp sẽ sinh ra một sức điện động khoảng 100 – 300V.

Quá trình phóng điện ở điện cực bougie

Khi điện áp thứ cấp u_2 đạt đến giá trị U_{dl} , tia lửa điện cao thế 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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 chục Amper (hình 5-8).



a. Thời gian tia lửa điện dung.

b. Thời gian tia lửa điện cảm.

Hình 5-8: Quy luật biến đổi hiệu điện thế thứ cấp U_{2m} và cường độ dòng điện thứ cấp i_2 khi transistor công suất ngắt.

Mặc dù năng lượng không lớn lắm ($C_2 \cdot U_{dl}^2 / 2$) 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. Tia lửa điện dung có màu xanh sáng kèm theo tiếng nổ lách tách đặc trưng.

Dao động với tần số cao ($10^6 \div 10^7 Hz$) và dòng lớn, tia lửa điện dung gây nhiều vô tuyến và mài mòn điện cực bougie. Để giải quyết vấn đề vừa nêu, trên mạch thứ cấp (như nắp delco, mỏ quẹt, dây cao áp) thường được mắc thêm các 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 $20 \div 40 mA$. Hiệu điện thế giữa hai cực bougie giảm nhanh đến giá trị $400 \div 500 V$. 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, he hở bougie và chế độ làm việc của động cơ. Thường thì thời gian tia

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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:

$$W_p = \int_0^{t_p} U_{dl} i_2(t) dt$$

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:

$$W_p \approx 0,5 \cdot I_{Ptb} \cdot U_{Ptb} \cdot t_{Ptb}$$

Trong đó: I_{Ptb} , U_{Ptb} và t_{Ptb} 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 ÷ 50 mJ.

5.2 Nhiệm vụ, yêu cầu và phân loại hệ thống đánh lửa

5.2.1 Nhiệm vụ

Hệ thống đánh lửa trên động cơ có nhiệm vụ biến nguồn điện xoay chiều, một chiều có hiệu điện thế thấp (12 hoặc 24V) thành các xung điện thế cao (từ 15.000 đến 40.000V). Các xung hiệu điện thế cao này sẽ được phân bố đến bougie của các xylanh đúng thời điểm để tạo tia lửa điện cao thế đốt cháy hòa khí.

5.2.2 Yêu cầu

Một hệ thống đánh lửa làm việc tốt phải bảo đảm các yêu cầu sau:

- Hệ thống đánh lửa phải sinh ra sức điện động 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 đốt cháy hoàn toàn hòa khí.
- 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.
- Sự mài mòn điện cực bougie phải nằm trong khoảng cho phép.

5.2.3 Phân loại

Hệ thống đánh lửa là một bộ phận quan trọng không thể thiếu trong cấu tạo động cơ xăng. Cùng với sự phát triển của ngành công nghiệp ô tô, hệ thống đánh lửa đã không ngừng được cải tiến, áp dụng những tiến bộ khoa học kỹ thuật nhằm mục đích hoàn thiện sự hoạt động của động cơ. Ngày nay, hệ thống đánh lửa cao áp được trang bị trên động cơ ô tô có rất nhiều loại khác nhau. Dựa vào

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

cấu tạo, hoạt động, phương pháp điều khiển, người ta phân loại hệ thống đánh lửa theo các cách phân loại sau:

Phân loại theo phương pháp tích lũy năng lượng:

- Hệ thống đánh lửa điện cảm (TI – Transistor Ignition System).
- Hệ thống đánh lửa điện dung (CDI – Capacitor Discharged Ignition System).

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 2 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.

Phân loại theo các phân bố điện cao áp:

- Hệ thống đánh lửa có bộ chia điện-delco (Distributor Ignition System).
- Hệ thống đánh lửa trực tiếp hay không có delco (Distributorless Ignition System).

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).

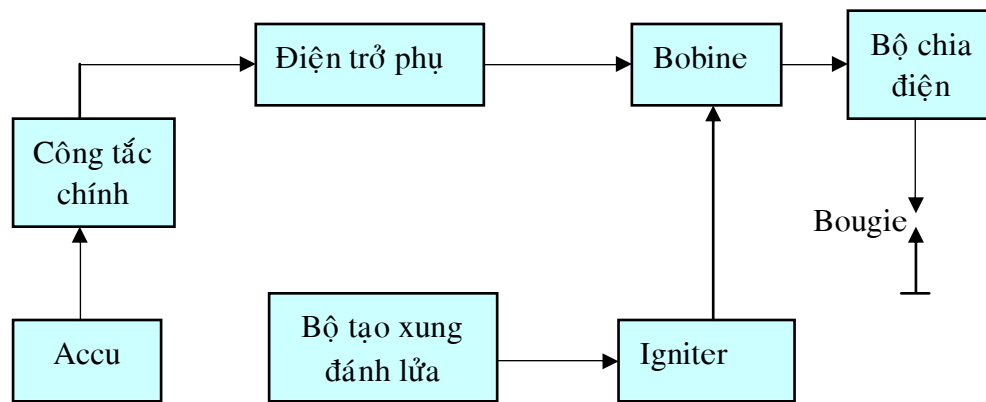
Phân loại theo kiểu ngắt mạch sơ cấp:

- Hệ thống đánh lửa sử dụng vít lửa (Conventional ignition system).
- Hệ thống đánh lửa sử dụng Transistor (Transistor ignition system).
- Hệ thống đánh lửa sử dụng Thyristor (CDI).

5.3 Sơ đồ cấu trúc khối và sơ đồ mạch cơ bản

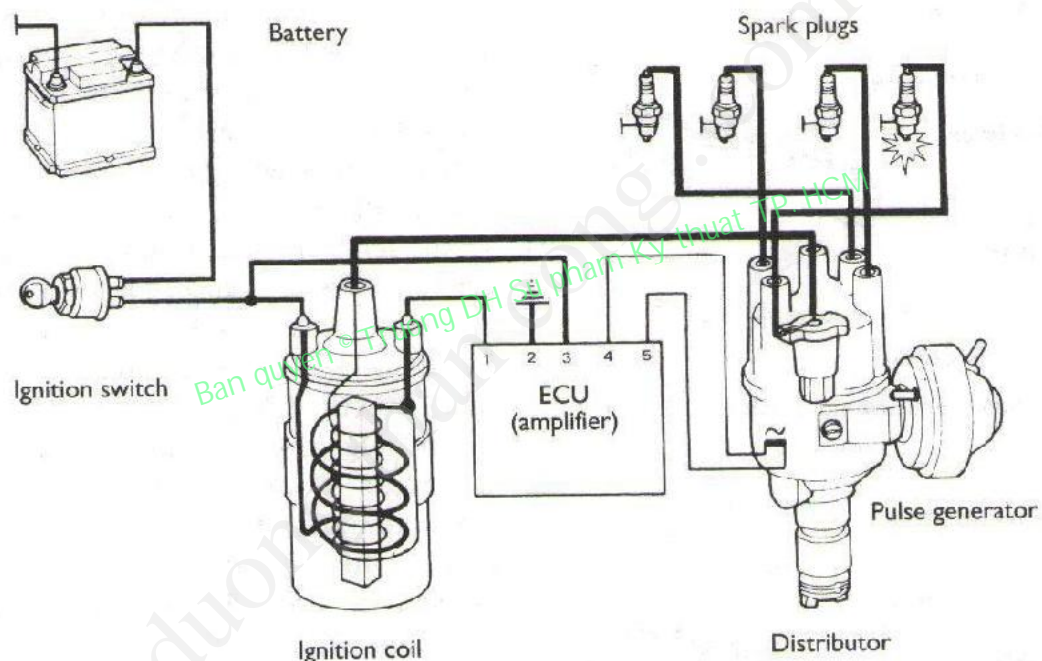
5.3.1 Sơ đồ cấu trúc khối

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 5-9: Sơ đồ cấu trúc chung của hệ thống đánh lửa

5.3.2 Sơ đồ mạch điện cơ bản



Hình 5-10 : Sơ đồ mạch điện cơ bản của hệ thống đánh lửa bán dẫn

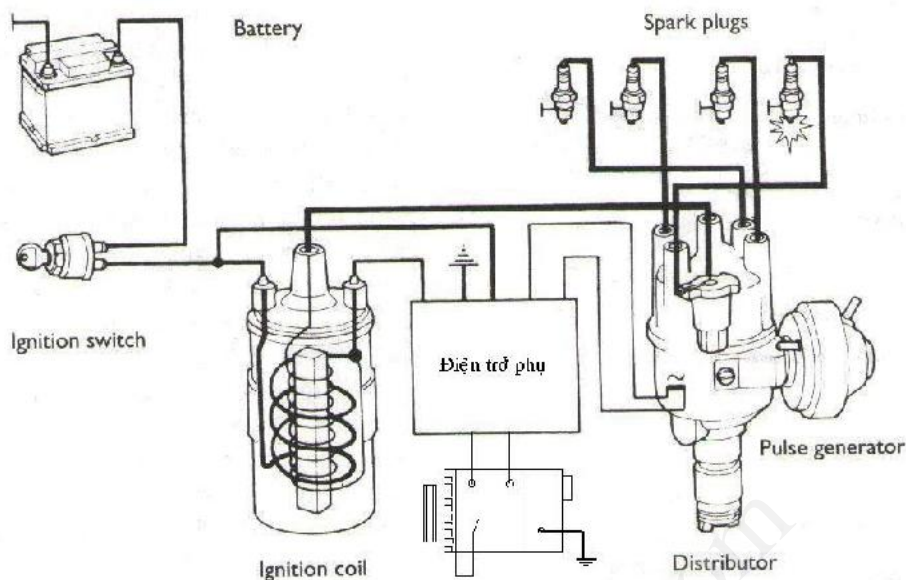
5.4 Hệ thống đánh lửa thường (hệ thống - Conventional gnition)

5.4.1 Sơ đồ và cấu tạo phần tử

Sơ đồ chung của hệ thống CI

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 (accu hoặc máy phát). Sơ đồ của hệ thống đánh lửa này trình bày trên hình dưới đây:

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

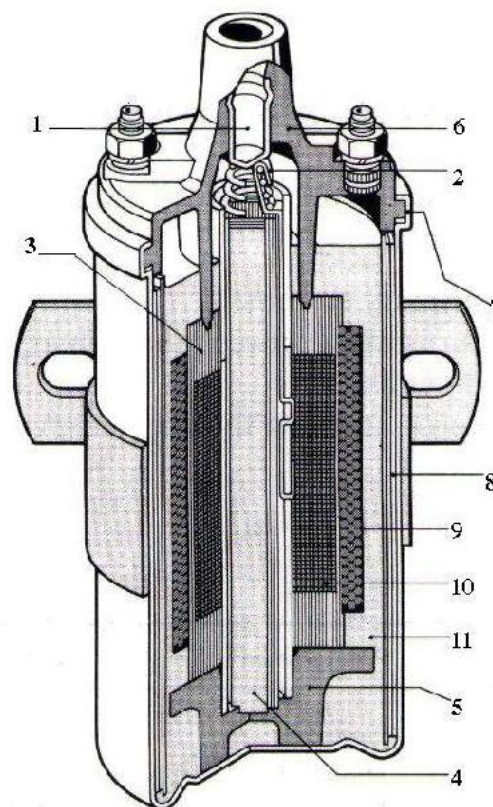


Hình 5-11 : Sơ đồ hệ thống đánh lửa CI

Cấu tạo phân tử

* **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 ÷ 40,000V) để phục vụ cho vấn đề đánh lửa trong ô tô.



Hình 5-12: Cấu tạo bobine

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Trên hình 5-12 vẽ mặt cắt dọc của một biến áp đánh lửa :

Lõi thép từ được ghép bằng các lá thép biến thế dày $0,35mm$ và có lớp cách mặt để giảm ảnh hưởng của dòng điện xoáy (dòng Fuco). 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 ($W_2 = 19000 \div 26000$ vòng) đường kính $0,07 \div 0,1 mm$. Giữa các lớp dây của cuộn W_2 có hai lớp giấy cách điện mỏng mà chiều rộng của lớp giấy rất lớn so với khoảng quấn dây để tránh trùng chéo các lớp dây và tránh bị đánh 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.

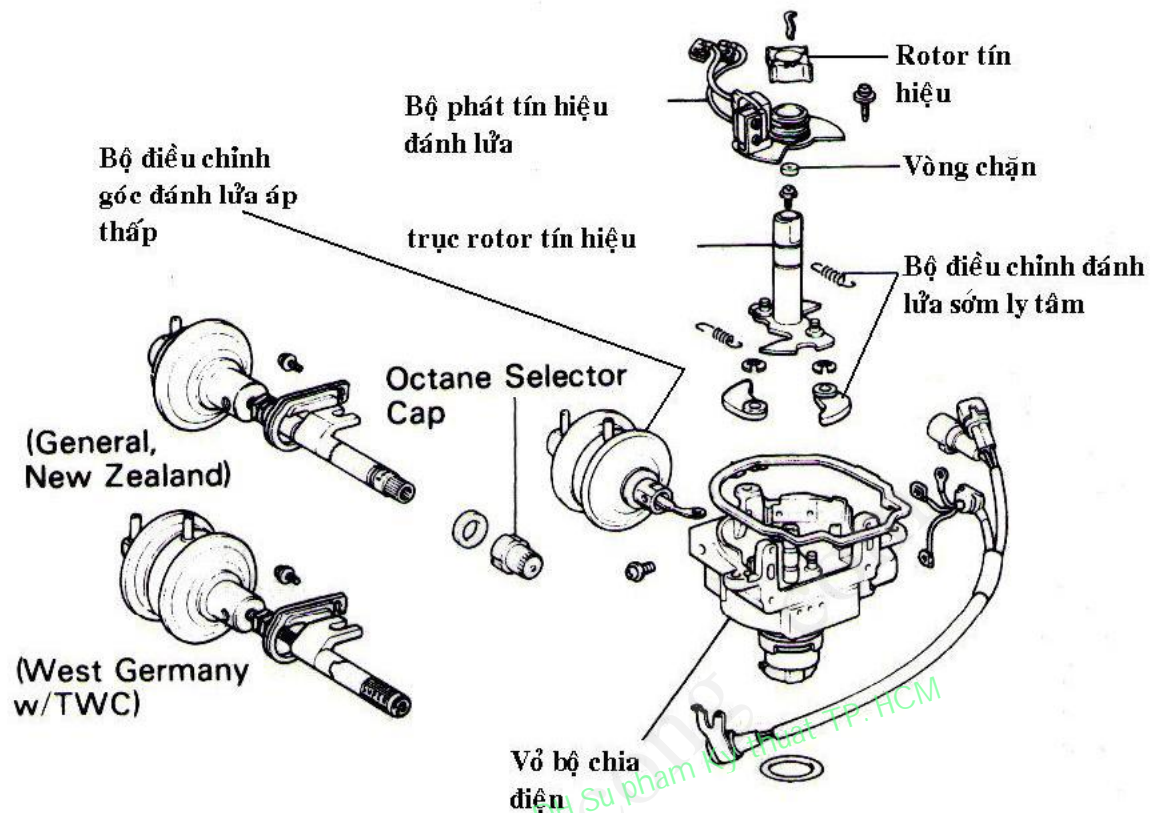
Cuộn thứ cấp sau khi đã quấn xong được cố định trong ống các tông cách điện, mà trên đó có quấn cuộn dây sơ cấp với số vòng dây không lớn lắm ($W_1 = 250 \div 400$ vòng), cỡ dây $0,69 \div 0,8 mm$. Một đầu của cuộn sơ cấp được hàn vào một vít bắt dây khác trên nắp. Hai vít bắt dây này rộng trong và to hơn vít thứ (lá vít gá hộp điện trở phụ). Toàn bộ khối gồm các cuộn dây và lõi thép đó được đặt trong ống thép từ, ghép bằng những lá thép biến thế uốn cong theo mặt trụ hỏ và các khe hỏ 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 đổ dầu biến thế để tăng tính an toàn của biến áp, nhưng yêu cầu làm kín tương đối khó. Hiện nay, việc điều khiển thời gian ngâm 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 quy định. 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.

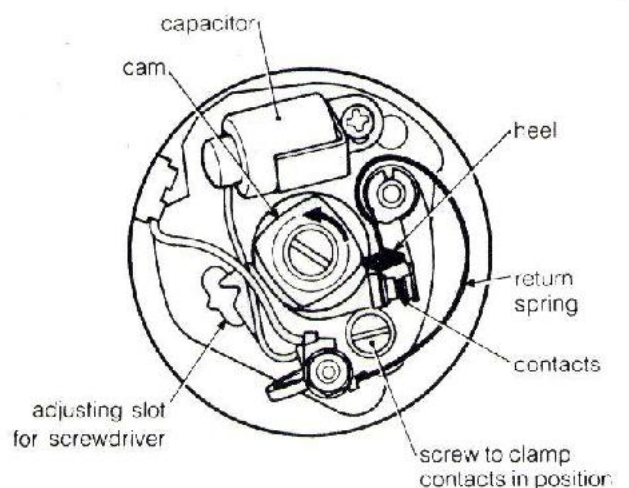
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 5-13: Cấu tạo bộ chia điện

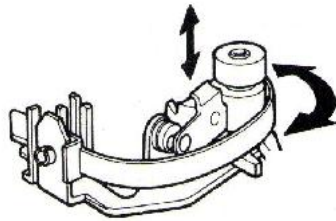
Bộ phận tạo xung điện: Hình 5-14 giới thiệu bộ phận tạo xung kiểu vít lửa, gồm những chi tiết chủ yếu như: cam 1, mâm tiếp điểm, tụ điện.

Cam 1 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 ổ bi. Trong bộ chia điện của một số nước khác 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 dũa 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.



Hình 5-14: Bộ phận tạo xung của bộ chia điện

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



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 phần cam quay (do truyền động từ trục bộ chia điện qua bộ điều chỉnh ly tâm truyền lên) các vấu cam sẽ lần lượt tác động lên gối cách điện của cần tiếp điểm làm cho tiếp điểm mở ra (tức là xảy ra hiện tượng đánh lửa), còn khi qua vấu cam tiếp điểm lại đóng lại dưới tác dụng của lò xo lá.

Các cơ cấu điều chỉnh góc đánh lửa. Bộ phận này gồm 3 cơ cấu điều chỉnh góc đánh lửa.

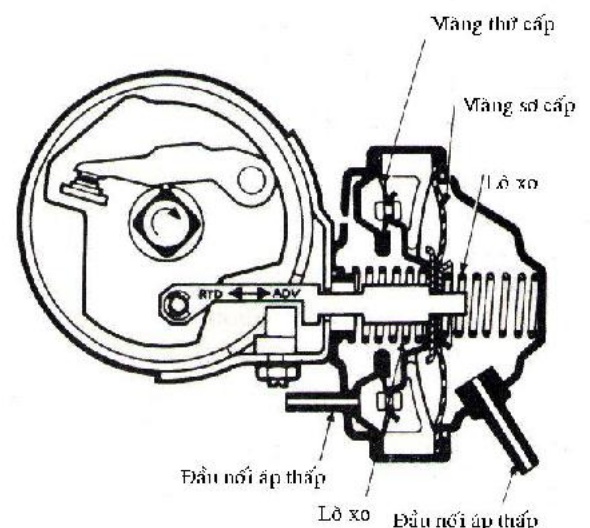
- _ Bộ điều chỉnh góc đánh lửa ly tâm
- _ Bộ điều chỉnh góc đánh lửa chân không.
- _ Bộ điều chỉnh góc đánh lửa theo trị số octan.

+ Bộ điều chỉnh góc đánh lửa ly tâm có tên gọi đầy đủ của nó 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 bằng hai chốt này bộ điều chỉnh ly tâm được gài vào hai rãnh trên thanh ngang của phần 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



Hình 5-15: Cấu tạo bộ điều chỉnh góc đánh lửa chân không

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 của sự thay đổi áp suất phía dưới bướm ga.

Trên màng có gắn cần kéo, đầu kia của cần kéo được mắc vào chốt của mâm tiếp điểm (mâm trên). Lò xo luôn ép màng về 1 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 2500°C và áp suất đạt $50\text{kg}/\text{cm}^2$. 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 bobin) 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 cháy sẽ tốt hơn nhưng càng khó đánh lửa và mau mòn điện cực. 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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

vào điện cực. Khe hở cho phép của bougie phụ thuộc vào hiệu điện thế cực đại của cuộn dây thứ cấp trong bobin 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: $0.01 \div 0.02\text{mm}/1,000\text{km}$), 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
-------------	-------------



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 đấu lộn dây, điện áp cần thiết để tạo ra tia lửa trên bougie sẽ tăng lên khoảng 20% 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 bìa do nhiệt độ của nó thấp hơn điện cực giữa.

Bougie nóng và bougie lạnh

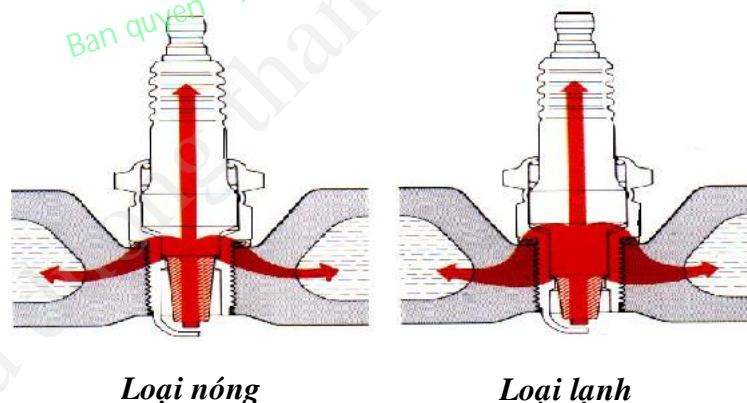
Nhiệt độ tối ưu ở điện cực trung tâm của bougie khi tia lửa bắt đầu xuất hiện thường khoảng 850°C vì ở nhiệt độ này, các chất bám vào điện cực bougie như muội than sẽ tự bốc cháy (Nhiệt độ tự làm sạch). Nếu nhiệt độ quá thấp ($< 500^{\circ}\text{C}$), muội than sẽ tích tụ trên bougie làm chập điện cực, dễ gây mất lửa khi

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

khởi động động cơ vào buổi sáng hoặc khi dư xăng. Nhiệt độ quá cao ($> 1000^{\circ}\text{C}$) 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 bugie không còn đánh lửa) mà động cơ vẫn nổ.

Để giữ được nhiệt độ tối ưu ở điện cực trung tâm của bugie, 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, bugie được chia làm 2 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 bugie lạnh, với phần sứ ngắn (xem hình) để tản nhiệt nhanh. Ngược lại, nếu thường chạy xe ở tốc độ thấp và chở ít người, bạn hãy sử dụng bugie nóng với phần sứ dài hơn. Trong trường hợp chọn sai bugie (bugie sẽ rất mau hư) ví dụ, dùng bugie nóng thay vào một động cơ đang sử dụng bugie lạnh, sẽ thấy máy yếu đi do tình trạng cháy sớm nhất là khi chạy ở tốc độ cao (Điểm lưu ý này dành cho các tay đua xe!). Trong trường hợp ngược lại, bugie sẽ bám đầy muội than khi xe thường xuyên chạy ở tốc độ thấp, dễ gây “mất lửa”.

Ta có thể phân biệt bugie nóng và bugie lạnh qua chỉ số nhiệt của bugie. Chỉ số (được ghi trên bugie) càng thấp thì bugie càng “nóng” và ngược lại.



Cách đọc thông số trên bugie.

Do ký hiệu trên các loại bugie khác nhau, trong khuôn khổ giáo trình này, chỉ giới thiệu cách đọc dòng chữ ghi trên bugie 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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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

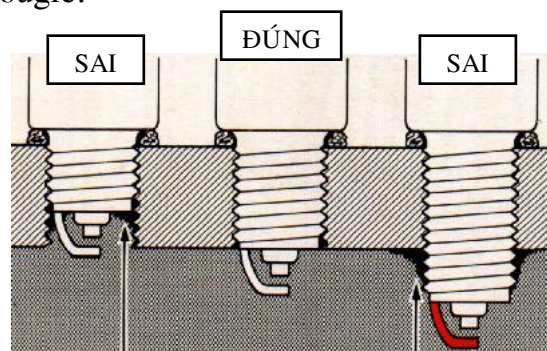
Chữ thứ sáu chỉ đặc điểm chế tạo: S-loại thường; A hoặc C- loại đặc biệt; G, GP hoặc GV- dùng cho xe đua có điện cực làm bằng kim loại hiếm; P- có điện cực Platin.

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.



Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Trị số lực siết

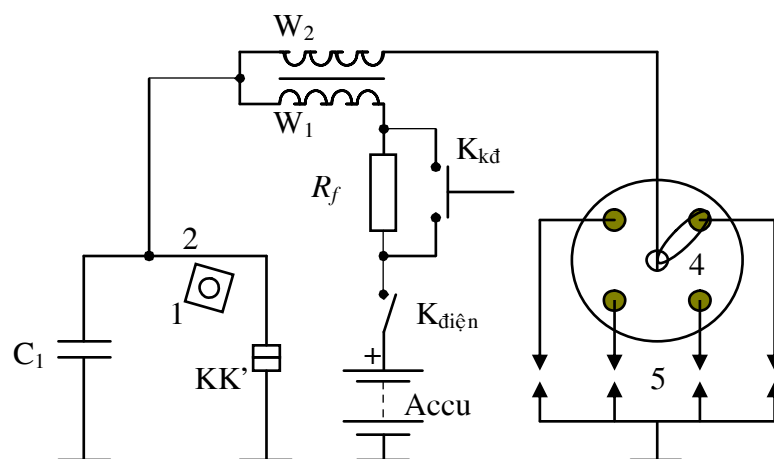
Trước khi siết bằng dụng cụ nên vặn tay cho đến khi thấy cứng. Một số xe có bougie đặt sâu, ta phải dùng đầu nối để đặt bougie vào. Nếu thả rơi sẽ làm chập đầu điện cực. Trị số lực siết cũng là điểm đáng lưu ý. Nếu siết quá lỏng, bougie sẽ bị nóng (dẫn đến cháy sớm) do nhiệt thoát ít. Siết quá chặt sẽ làm hỏng ren cả của bougie lẫn nắp máy. Vì vậy, cần tuân theo bảng trị số lực siết dưới đây.

<i>Loại bougie</i>	<i>Đường kính ren</i>	<i>Nắp máy gang</i>	<i>Nắp máy nhôm</i>
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° .

5.4.2 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 trường do dòng điện sơ cấp gây nên sẽ mất đi đột ngột, làm cảm ứng ra sức điện động cao thế trong cuộn thứ cấp W_2 . Điện thế này sẽ qua con quay chia điện 4 và dây cao áp đến các bougie đánh lửa 5 theo thứ tự thì nổ của động cơ. Khi điện thế thứ cấp đạt giá trị đủ để đánh lửa thì giữa hai điện cực của bougie đánh lửa sẽ xuất hiện tia lửa điện cao thế để đốt cháy hỗn hợp nổ trong xy lanh.



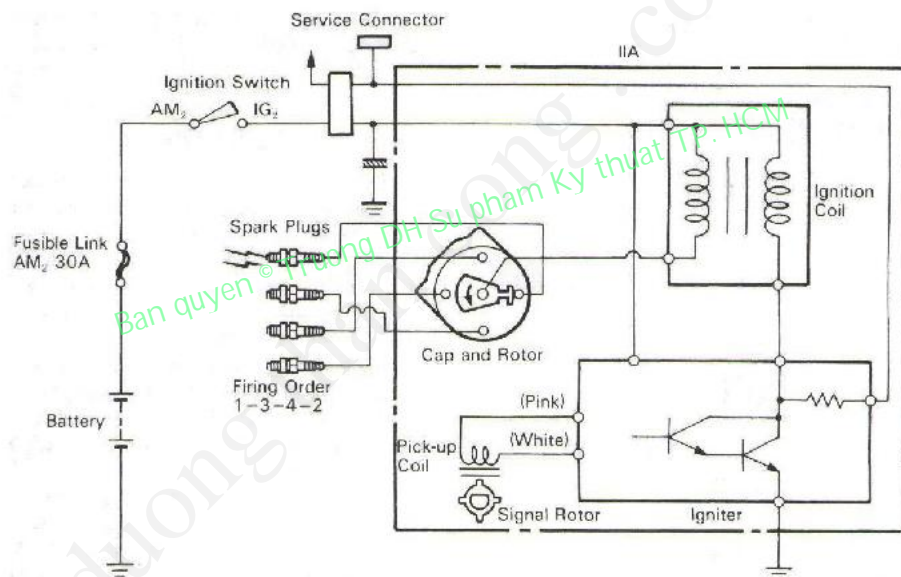
Hình 5-16: Sơ đồ nguyên lý hệ thống đánh lửa thường

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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.

Hệ thống đánh lửa bán dẫn

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 đóng mở của transistor công suất qua mạch khuếch đại trong IC đánh lửa (*igniter*).



Hình 5-17: Sơ đồ nguyên lý hệ thống đánh lửa bán dẫn

5.4.3 Các biện pháp nâng cao đặc tính đánh lửa

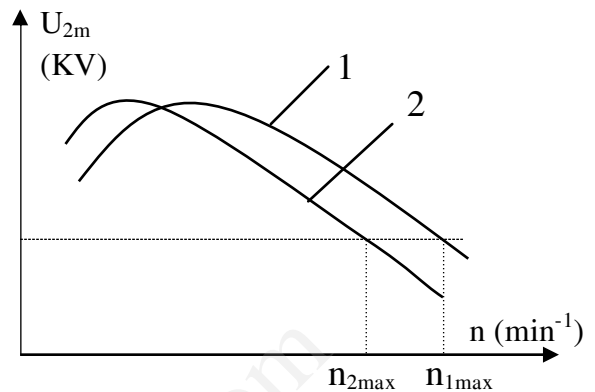
5.4.3.1 Biện pháp sử dụng điện trở phụ R_f

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_{Σ} 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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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_f .
 2. Không có điện trở phụ R_f .
- Hình 5-18: **Đặc tuyến đánh lửa**



5.4.3.2 Chọn thông số của bobine

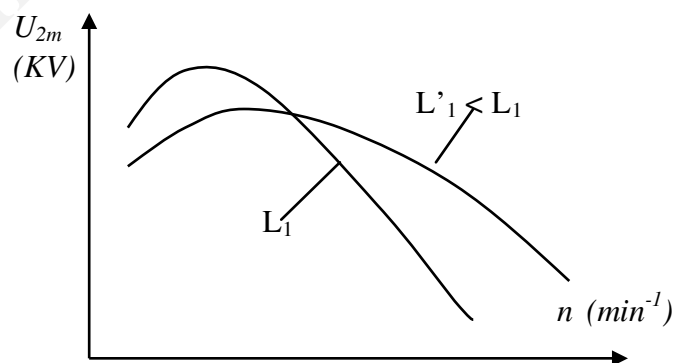
Như ta đã biết, hiệu điện thế thứ cấp U_{2m} phụ thuộc vào số vòng quay của động cơ. Giá trị của U_{2m} phần lớn phụ thuộc vào giá trị dòng điện sơ cấp khi transistor công suất ngắt (I_{ng}). Sự phụ thuộc của I_{ng} và U_{2m} vào số vòng quay động cơ được biểu diễn như trên đồ thị hình 5-19.

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.

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{\Sigma}} (1 - 2e^{-t_2/\tau_1})$$

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:

$$\tau_1 = \frac{L_1}{R_{\Sigma}}$$

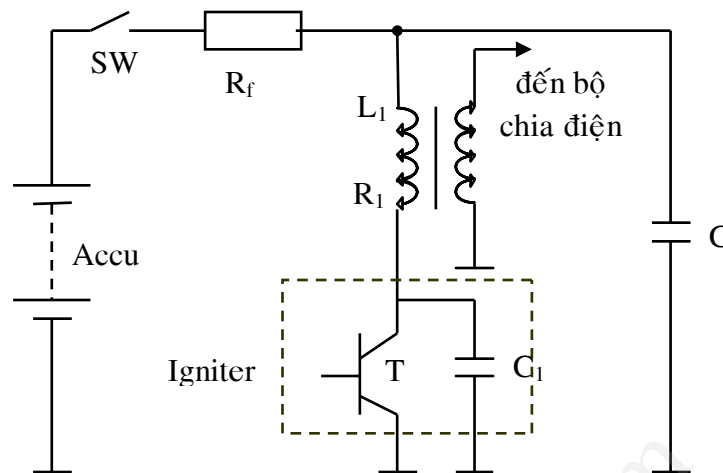


Hình 5-19: **Sự phụ thuộc của U_{2m} vào số vòng quay động cơ**

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:

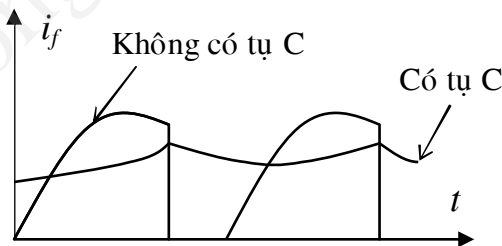
$$W_{dt} = \frac{L_1 I_{ng}^2}{2}$$

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_l từ (+) $accu \rightarrow R_f \rightarrow L_1 \rightarrow T \rightarrow mass$. 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 L_1 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:

$$b = \frac{2L_1}{R_1 R_f} + \frac{4L_1}{R_1^2}$$

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

$$d = \frac{L_1^2}{R_1 R_f} = \frac{\tau_1^2}{R_d^2}$$

Dòng sơ cấp i_{tc} tuân theo quy luật sau:

$$i_{tc} = \frac{U}{R_1 + R_f} + \frac{U}{R_f \cdot C \cdot L_1 \cdot \beta \cdot \gamma} \cdot e^{\alpha t} \sin(\beta t - \varphi) + \frac{U_{tc}}{L_{l\beta}} e^{\alpha t} \sin \beta t$$

Trong đó:

$$\alpha = -0,5 \left[\frac{R_1}{L_1} + \frac{1}{R_f C} \right]$$

$$\beta = 0,5 \sqrt{\frac{4}{CL_1} - \left[\frac{R_1}{L_1} + \frac{1}{R_f C} \right]}$$

$$\gamma = \alpha^2 + \beta^2$$

$$\varphi = \arccos(\alpha/\beta)$$

U_{lc} : Hiệu điện thế trên tụ vào thời điểm transistor T dẫn.

$$U_{tc} = \frac{\frac{e^{tm/R_f C} R_f}{R_1 + R_f} + \frac{\rho_2 e^{\alpha t_2}}{R_f \cdot C \cdot L_1 \cdot \beta \cdot \gamma} \cdot \sin(\beta t_d + \xi_2 - \varphi)}{e^{tm/R_f C} - \frac{\rho_2 e^{\alpha t_d}}{R_f \cdot C \cdot L_1 \cdot \beta \cdot \gamma} \sin(\beta t_d + \xi_1 - \varphi)} U$$

Trong đó:

$$\rho_1 = \sqrt{(L_1 \alpha + R_1 + R_f)^2 + L_1^2 \beta^2}$$

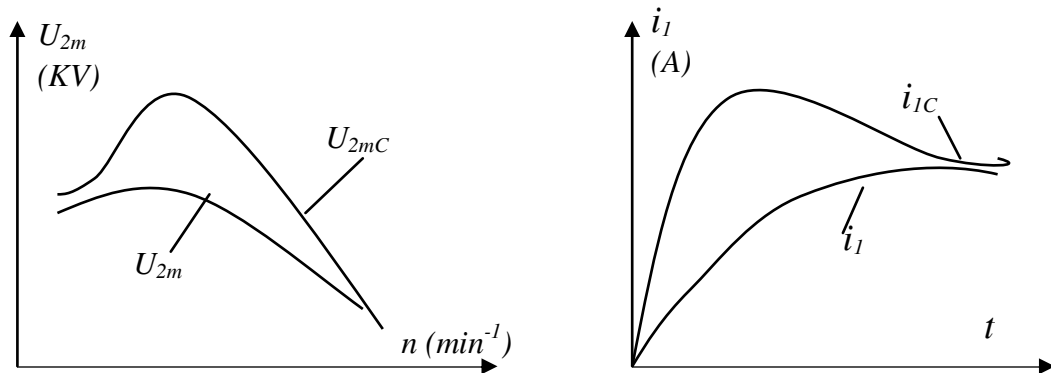
$$\rho_2 = \sqrt{(L_1 \alpha + R_1)^2 + L_1^2 \beta^2}$$

$$\xi_1 = \arccos \frac{L_1 \alpha + R_1 + R_f}{\rho_1}$$

$$\xi_2 = \arccos \frac{L_1 \alpha + R_1}{\rho_2}$$

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_l khi có tụ C và không có tụ C .

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



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 .

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 bugie và chuyển điện dung ký sinh của mạch thứ cấp C_2 sang mạch sơ cấp thông qua điện dung tương đương.

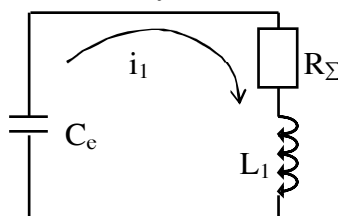
$$C_e = C_1 + K_{bb}^2 C_2$$

Trong đó:

C_1 : Điện dung của tụ điện mắc song song với transistor công suất.

K_{bb} : hệ số biến áp của bobinee.

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 đóng

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Đối với sơ đồ trên có thể viết phương trình vi phân:

$$R_{\Sigma}i_l + L_l \frac{di_l}{dt} + \frac{1}{C_c} \int_0^t i_l dt = 0 \quad (5-10)$$

Trong đó: $R_{\Sigma} = R_l + R_f$

R_l : Điện trở cuộn sơ cấp của bobine.

R_f : Điện trở phụ.

Chuyển phương trình trên qua dạng toán tử ta có:

$$R_{\Sigma}I_l(p) + L_l p I_l(p) - L_l i_l(0) + \frac{I_l(p)}{C_c p} = 0 \quad (5-11)$$

Lưu ý rằng $i_l(0) = I_{ng}$ - Cường độ dòng điện qua cuộn sơ cấp của bobine tại thời điểm transistor công suất đóng.

Từ (5 - 11) ta có:

$$I_l(p) = \frac{L_l I_{ng}}{L_l + R_{\Sigma} + 1/pC_c}$$

Hiệu điện thế xuất hiện trên cuộn sơ cấp gần bằng với hiệu điện thế trên tụ tương đương.

$$U_l(p) = \frac{I_l(p)}{pC_c} = \frac{I_{ng}}{C_c} \times \frac{1}{p^2 + R_{\Sigma}p/L_l + 1/C_c L_l}$$

Nghiệm của phương trình đặc trưng là cặp nghiệm ảo.

$$\rightarrow p_{1,2} = \alpha \pm \beta$$

Trong đó:

$$\alpha = -0,5 \frac{R_{\Sigma}}{L_l}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{L_l C_c} - \frac{R_{\Sigma}^2}{4L_l^2}}$$

Chuyển sang hàm gốc ta thu được biểu thức hiệu điện thế trên cuộn sơ cấp:

$$U_l(t) = I_{ng} e^{\alpha t} \sqrt{\frac{4L_l^2}{C_c(4L_l - R_{\Sigma}^2 C_c)}} \sin \beta t \quad (5-12)$$

Hiệu điện thế trên mạch thứ cấp:

$$U_2(t) = K_{bb} I_{ng} e^{\alpha t} \cdot \sqrt{\frac{4L_l^2}{C_c(4L_l - R_{\Sigma}^2 C_c)}} \sin \beta t \quad (5-13)$$

Như vậy hiệu điện thế trên cuộn thứ cấp có dạng tắt dần và đạt giá trị cực đại

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

U_{2m} khi $\beta t_m = \pi/2$ 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:

Để 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 $W_{dt} = 0, 5L_1 I_{ng}^2$.

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:

$$f = \frac{\beta}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{1}{L_1 C_e} - \frac{R_\Sigma^2}{4L_1}}$$

$$\text{Vì } \frac{1}{L_1 C_e} \gg \frac{R_\Sigma^2}{4L_1}$$

$$\text{Nên } f \approx \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1(C_1 + K_{bb}^2 C_2)}} \quad (5-16)$$

Tốc độ biến thiên của hiệu điện thế thứ cấp:

$$S = \frac{du_2}{dt} \approx \frac{\Delta U_2}{\Delta t} \quad (5-17)$$

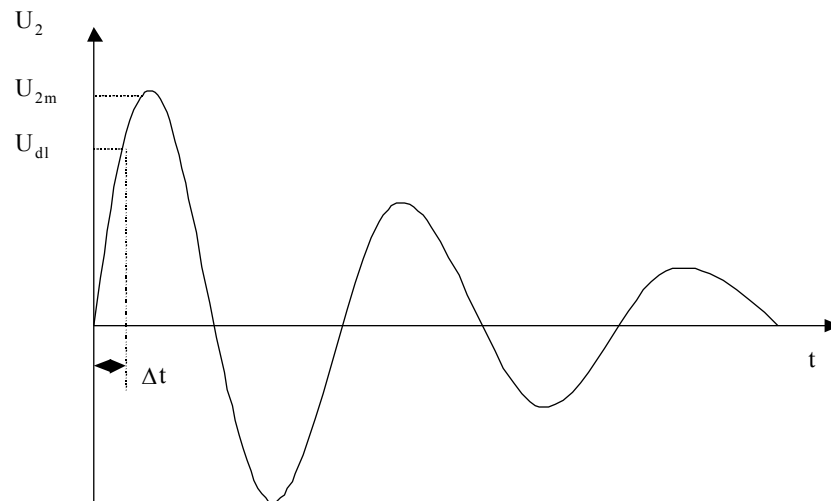
Chọn $\Delta U_2 = U_{dt}$: Hiệu điện thế cần thiết để tạo ra tia lửa trên bougie (hình 5-23).

$$U_{dt} = \frac{U}{K_{dt}}$$

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 $K_{dt} \geq 1,5 \div 1,8$.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 5-24: Sự biến thiên của hiệu điện thế thứ cấp

Từ hình 5-23 ta có:

$$U_{2m} \sin(\beta \Delta t) = U_{dt}$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{1}{\beta} \arcsin(1/K_{dt})$$

$$\Delta t = \sqrt{L_1(C_1 + K_{bb}^2 C_2)} \arcsin(1/K_{dt}) \quad (5-18)$$

Từ (5-17) và (5-18) ta thu được:

$$S = \frac{K_{bb} I_{ng} \sqrt{\frac{L_1}{C_1 + K_{bb}^2 C_2}}}{K_{dt} \sqrt{L_1(C_1 + K_{bb}^2 C_2)} \arcsin(1/K_{dt})}$$

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 accu 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_2/dt và điện dung ký sinh trên mạch thứ cấp C_2 .

Dựa vào các công thức (5 -14) & (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 1. Các tính toán được thực hiện theo số liệu cho trước như sau: $U_{2mkd} = 24$ kV; $U_{akd} = 6$ V; $W_{dt} = 80$ mJ; $du_2/dt = 360$ V/ μ s; $K_{dt} = 1,5$; $C_2 = 10^{-10}$ 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 góp cực đại I_{Cmax} và hiệu điện thế U_{CEmax} ở mức 400 đến 600V. Vì vậy không thể dùng bobine với $K_{bb} < U_{2mkd}$ để thay thế.

Bảng 1:

I_{ng}	5	6	7	8
R_1, Ω	0, 90	0, 75	0, 64	0, 56
L_1, mH	6, 40	4, 40	3, 26	2, 50
K_{bb}	58	70	82	94
$C_1, \mu F$	0, 25	0, 37	0, 49	0, 64
R_f, Ω	1, 50	1, 25	1, 10	0, 94

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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:

$$\tau_1 = \frac{L_1}{R_1} = \frac{2.W_{dt}}{(U_{akd} - \Delta U_t)I_{ng}}$$

Giá trị điện trở phụ R_f có thể xác định ở tốc độ cầm chừng của động cơ (chế độ không tải).

$$R_f = \frac{U_a - \Delta U_t}{I_{ng}} - R_1$$

Trong đó:

U_a : hiệu điện thế accu khi động cơ hoạt động ở tốc độ cầm chừng.

$$U_a = 13,5V$$

Transistor công suất của mạch điều khiển đánh lửa phải có giá trị sau:

$$U_{CEmax} = (1,2 \div 1,5)U_{2mkd}/K_{bb}$$

$$U_{Cmax} = (1,2 \div 1,5)I_{ng}$$

Mạch điều khiển đánh lửa igniter nên chọn loại có cơ cấu 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:

1. Kênh điều khiển thời điểm đánh lửa.
2. Kênh hiệu chỉnh thời gian tích lũy năng lượng t_d .
3. Kênh hạn chế dòng qua cuộn sơ cấp của bobine.
4. 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

Hiện nay, trên hầu hết các loại ô tô đều sử dụng 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:

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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

hiệu đánh lửa (tín hiệu điện áp) đưa vào. 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.

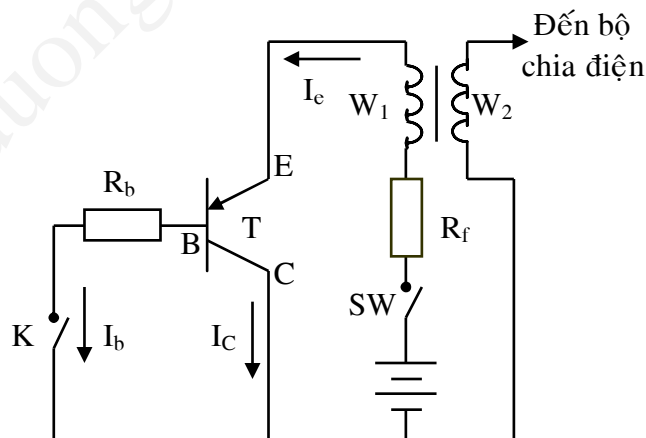
Hệ thống đánh lửa điều khiển bằng kỹ thuật số:

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 cốt máy, vị trí bướm ga, nhiệt độ động cơ, ... mà hệ thống vi xử lý (ECU – Electronic Control Unit) sẽ điều khiển để Igniter tạo ra tia lửa ở mạch thứ cấp vào đúng thời điểm đánh lửa. Hệ thống đánh lửa điều khiển bằng kỹ thuật số được trình bày ở chương sau.

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 5-24 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 $1A$.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

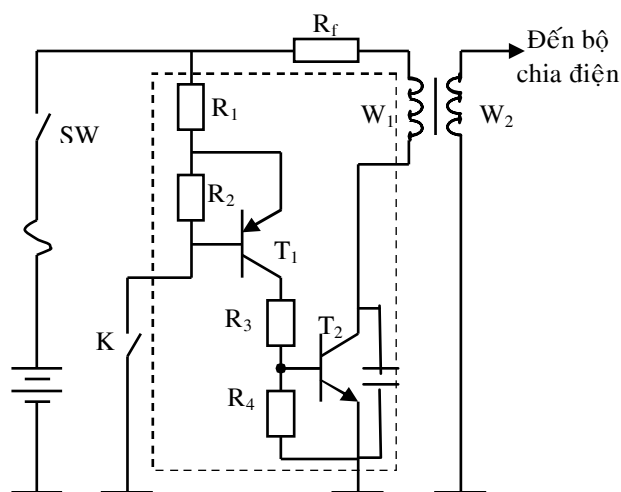
Nguyên lý làm việc của sơ đồ như sau:

Khi công tắc máy IGSW đóng thì cực E của transistor T được cấp điện dương. Còn điện áp ở cực C và cực B 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: $(+) \text{ accu} \rightarrow SW \rightarrow R_f \rightarrow W_1 \rightarrow \text{cực } E \rightarrow \text{cực } B \rightarrow R_b \rightarrow K \rightarrow (-) \text{ accu}$. R_b là điện trở phân cực được tính toán sao cho dòng I_b vừa đủ để transistor dẫn bảo hòa. Khi transistor dẫn dòng qua cuộn sơ cấp đi theo mạch: $(+) \text{ accu} \rightarrow SW \rightarrow R_f \rightarrow W_1 \rightarrow \text{cực } E \rightarrow \text{cực } C \rightarrow \text{mass}$ (âm accu). 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 trong 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_l qua W_1 cũng bị triệt tiêu 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 $200 \div 400V$ hoặc hơn nữa. 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 như vậy đặt vào 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.

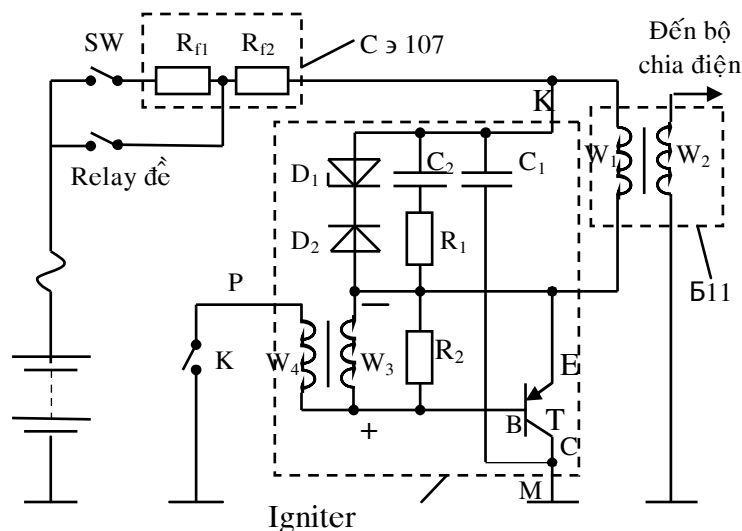
Thực tế, sơ đồ của hệ thống đánh lửa bán dẫn có tiếp điểm phức tạp hơn. Để sử dụng transistor loại NPN , người ta có thể dùng hai transistor như trong sơ đồ hình 5-26 của hãng *Motorola*, hoặc phức tạp hơn như sơ đồ hình 5-26 trang bị trên các xe Zin 130, Vonga – M24.

Sơ đồ hình 5-26 có nguyên lý làm việc tương tự sơ đồ hình 5-25.



Hình 5-26: Sơ đồ hệ thống đánh lửa của hãng *Motorola*.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 5-27: Sơ đồ hệ thống đánh lửa TK 102

Sơ đồ hình 5-27 bao gồm một hộp điện trở C 107, Igniter TK 102, bobine B 114 và bộ chia điện.

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 hở, 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_1 có thể tính: $I_1 = I_0 + I_b + I_c$.

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.

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 mối nối BE của transistor T làm cho nó chuyển sang trạng thái khóa nhanh chóng. Dòng qua T bị ngắt đột ngột làm cảm ứng trên cuộn dây W_2 một điện thế cao gửi đến bộ chia điện. Đồng thời, lúc này trên W_1 cũng xuất hiện một sức điện động tự cảm. 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 khép kín qua nó theo chiều ngược nên sức điện động này không gây tác hại cho transistor T .

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Tụ C_1 có tác dụng bảo vệ cho mạch khi điện áp nguồn có sự tăng đột ngột. R_2 là điện trở phân cực và bảo vệ cho transistor T .

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.

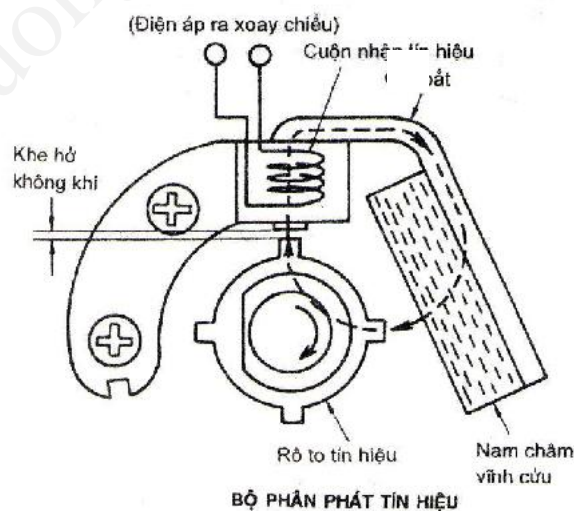
5.5.3 Cảm biến đánh lửa

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 gửi 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 số vòng quay động cơ, vị trí cốt máy, 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.

* Cảm biến điện từ:

- Loại nam châm đứng yên:



Hình 5-28: Cảm biến điện từ loại nam châm đứng yên

Cảm biến được đặt trong delco 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 delco. Khi rotor quay, các răng cảm biến

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 $0,2 \div 0,5 \text{ mm}$.

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).

$$e = k \cdot \omega \cdot n \cdot \frac{d\Phi}{d\alpha}$$

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.

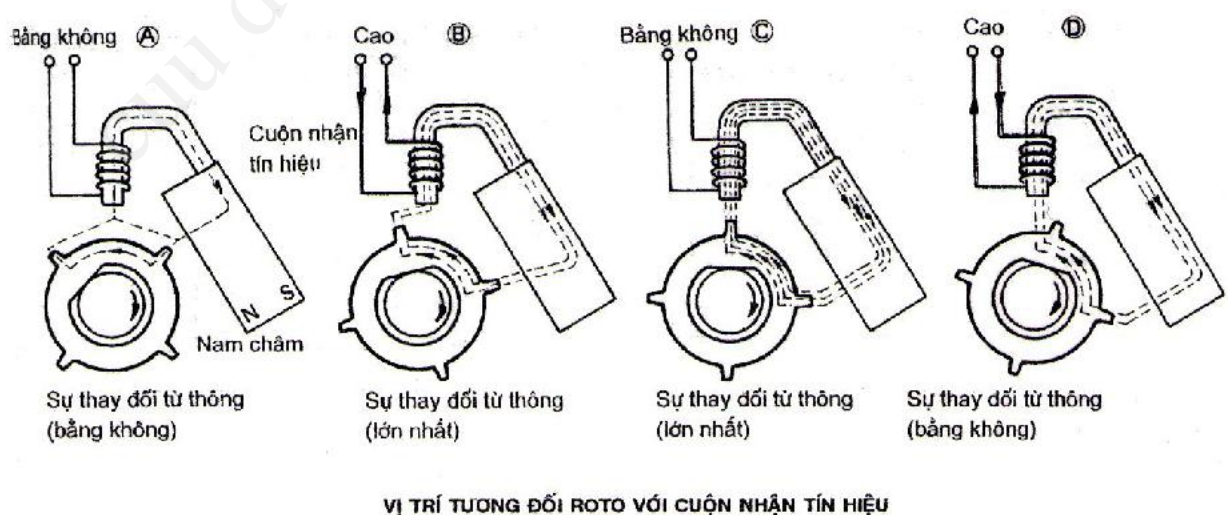
n : Tốc độ quay của rotor .

$\frac{d\Phi}{d\alpha}$: Độ biến thiên của từ thông trong lõi thép từ.

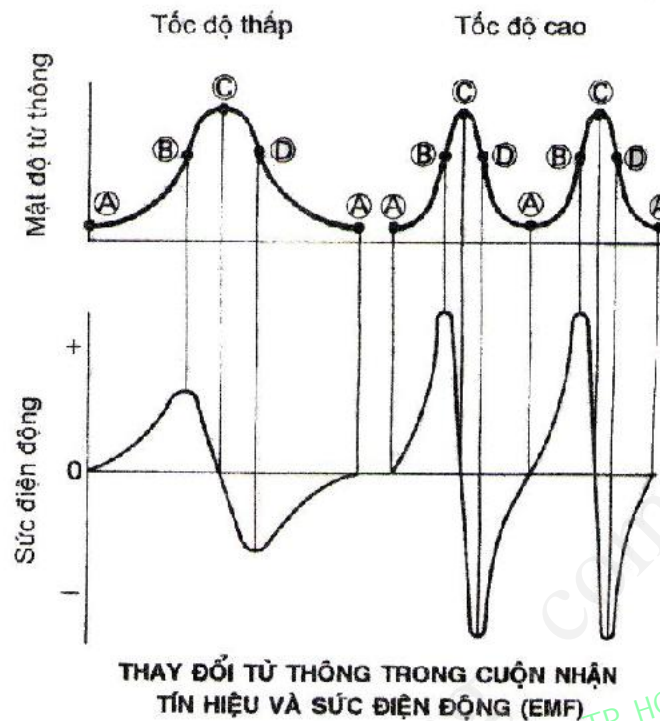
Khi răng cảm biến của rotor đối diện với lõi thép, độ biến thiên của từ trường bằng 0 và sức điện động trong cuộn cảm biến nhanh chóng giảm về 0 (hình 5-29c).

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). Hiệu điện thế sinh ra ở hai đầu dây cuộn cảm biến phụ thuộc vào tốc độ của động cơ.

Ở chế độ cầm chừng, hiệu điện thế rất nhỏ, chỉ vào khoảng 0,5V. Ở tốc độ cao nó có thể lên đến vài chục Volt.



Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

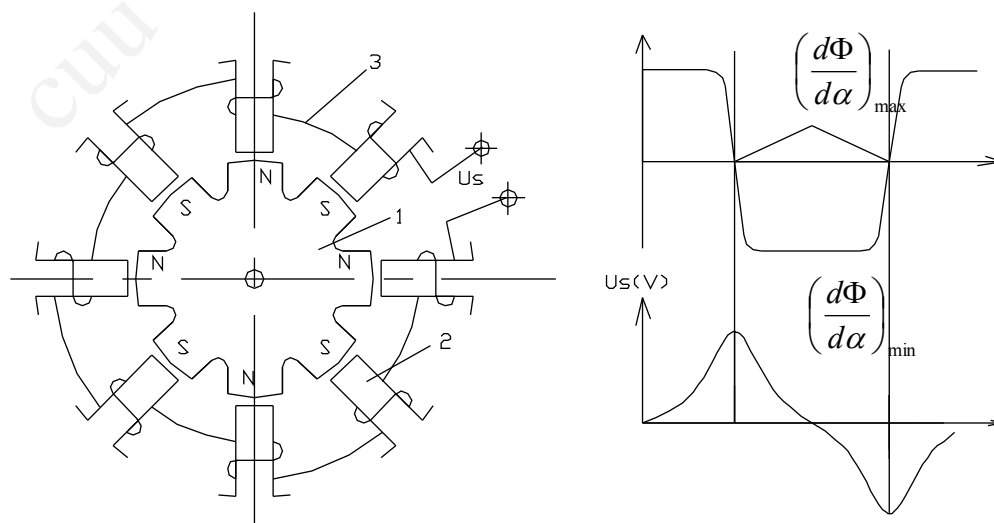


Hình 5-29: Nguyên lý làm việc của cảm biến điện từ loại nam châm đứng yên

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.

Cảm biến điện từ loại nam châm quay:



1. Rôto 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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 delco. 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 cảm chừng, 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 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 sớm hơn.

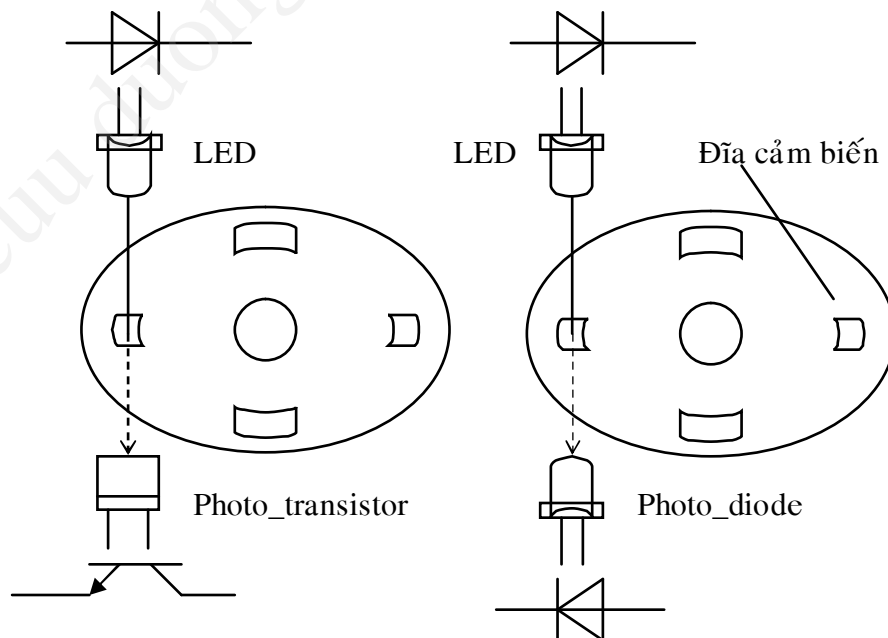
**** Cảm biến quang:***

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 delco có vị trí tương ứng như trong hình 5-31. Đĩa cảm biến được gắn vào trục của delco và có số rãnh tương ứng với số xylanh động cơ.

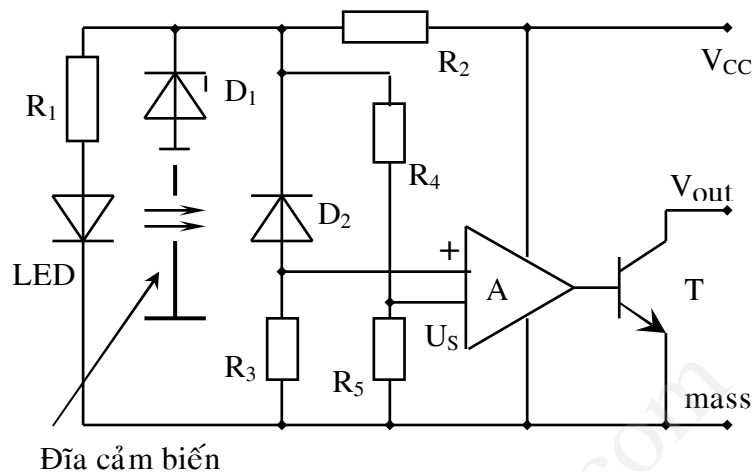
Điểm đặc biệt của hai loại phần tử cảm quang này là khi có dòng ánh sáng chiếu vào, nó sẽ trở nên dẫn điện và ngược lại, khi không có dòng ánh sáng, nó sẽ không dẫn điện. Độ dẫn điện của chúng phụ thuộc vào cường độ dòng ánh sáng và hiệu điện thế giữa hai đầu của phần tử cảm quang.



Hình 5-31: ***Cảm biến quang***

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Khi đĩa cảm biến quay, dòng ánh sáng phát ra từ LED sẽ bị ngắt quãng làm phần 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 nguyên lý làm việc của cảm biến quang

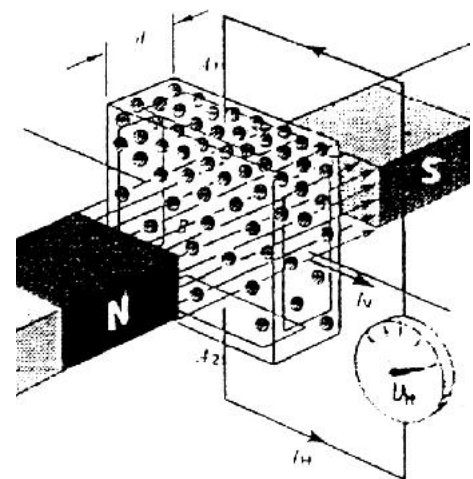
Hình 5-32 là sơ đồ mạch của một loại cảm biến quang. Cảm biến bao gồm ba đầu dây: một đầu dương (V_{cc}), một đầu tín hiệu (V_{out}) và một đầu mass. Khi đĩa cảm biến chắn ánh sáng từ LED qua photo diode D_2 , D_2 không dẫn, điện áp tại ngõ vào (+) sẽ thấp hơn điện áp so sánh U_s ở ngõ vào (-) trên Op-Amp A nên ngõ ra của Op-Amp A không có tín hiệu 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 gửi đến Igniter điều khiển transistor công suất. Do tín hiệu ra là xung vuông nên thời điểm đánh lửa cũng không bị ảnh hưởng khi thay đổi số vòng quay của trục khuỷu động cơ.

*** Cảm biến Hall:**

Hiệu ứng Hall:

Một tấm bán dẫn loại P (hoặc 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 Lawrence \vec{F}_L có chiều hướng từ dưới lên trên.

$$\vec{F}_L = q.B.\vec{v}$$



Hình 5-33: Hiệu ứng Hall

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Nếu vectơ \vec{B} vuông góc với vectơ \vec{v} ta có thể viết:

$$F_L = q.B.v$$

Trong đó: q là điện tích của hạt điện tử.

Như vậy, dưới tác dụng của lực *Lawrence*, 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, các hạt điện tử này sẽ chịu tác dụng của lực Culông F_c .

$$F_c = q . E$$

Khi đạt trạng thái cân bằng giữa hai bề mặt A_1 và A_2 của tấm bán dẫn, sẽ xuất hiện một điện thế ổn định U_H .

Khi cân bằng:

$$F_L = F_C$$

$$\Rightarrow q . E = q . B . v$$

$$\Rightarrow E = B . v$$

$$\Rightarrow \frac{U_H}{a} = B . v$$

$$\Rightarrow U_H = B . v . a \quad (5-24)$$

Ta lại 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.

$$a = \overline{A_1 A_2}$$

Thế (5-25) vào (5-24) ta được:

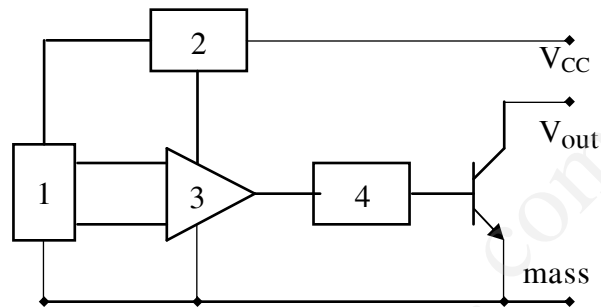
$$U_H = \frac{B . I}{q . \rho . d}$$

Điện thế 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).

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

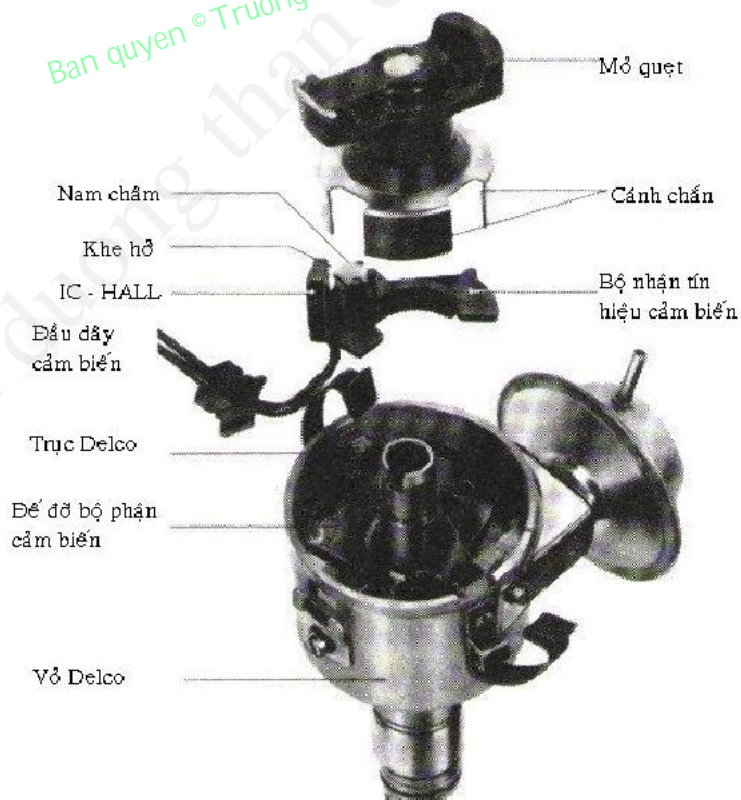
Cảm biến Hall:

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 delco, gồm một rôto bằng thép có các cánh chắn và các cửa sổ cách đều nhau gắn trên trục của delco. 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. Phần tử Hall; 2. Ổn áp ; 3. Op – Amp; 4. Bộ xử lý tín hiệu

Hình 5-34a: **Sơ đồ cấu tạo cảm biến Hall**

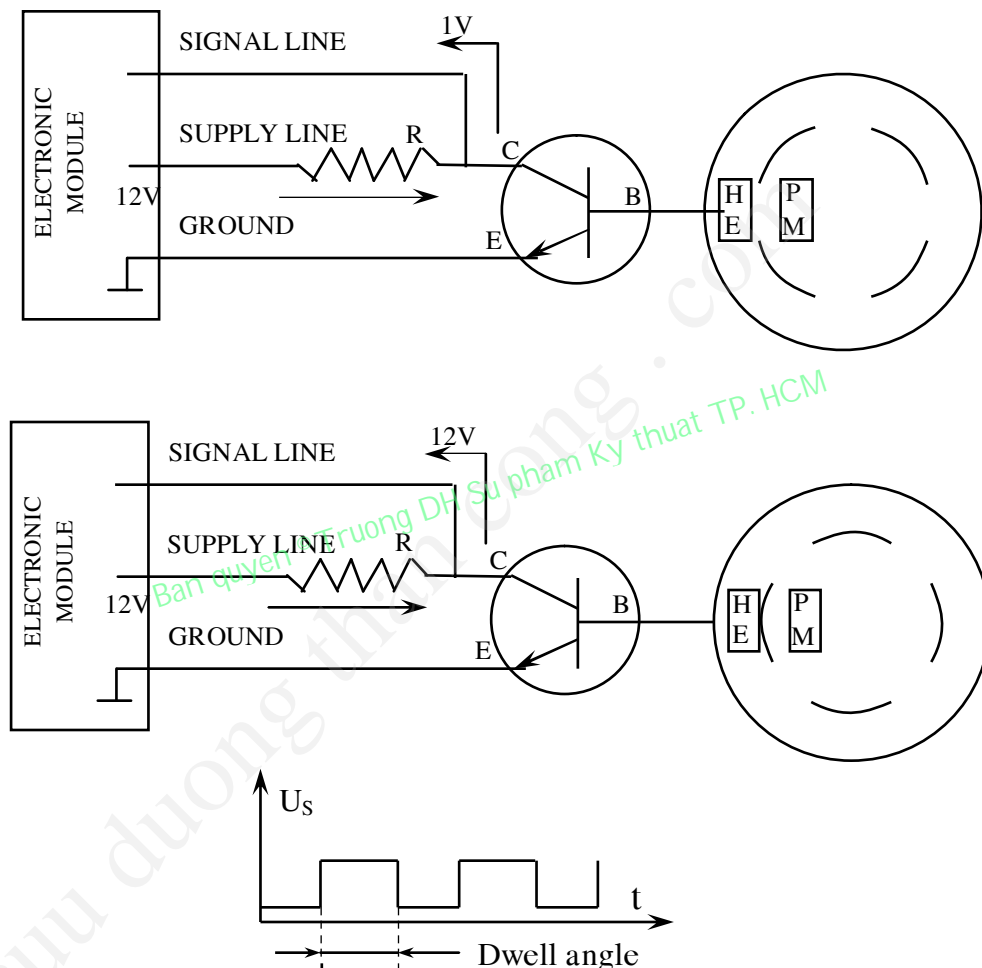


Hình 5-34b: **Cấu tạo delco với cảm biến Hall**

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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

điện áp điều khiển transistor T_r , làm cho T_r 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_r ngắt. Tín hiệu điện áp ra lúc này bằng điện áp từ Igniter nối với ngõ ra của cảm biến Hall.



Hình 5-35: Nguyên lý làm việc của cảm biến Hall

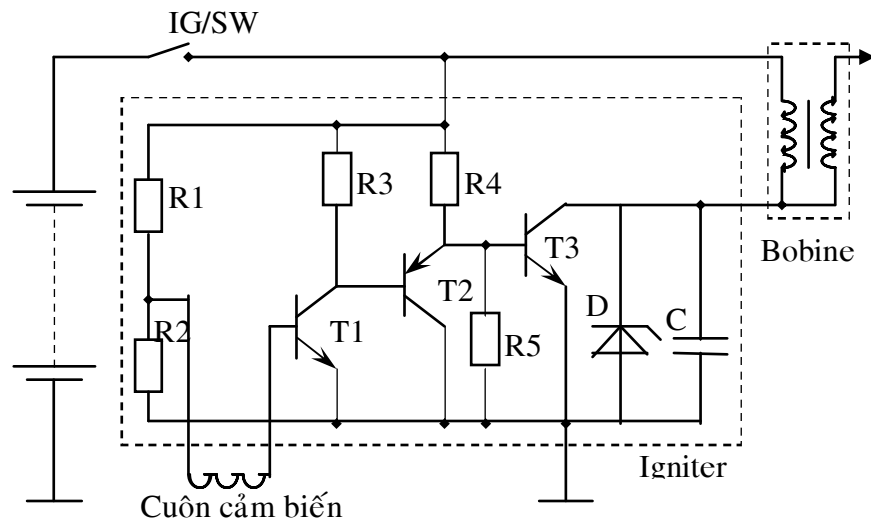
Như vậy, khi làm việc cảm biến Hall sẽ tạo ra một xung vuông làm tín hiệu đánh lửa. Bề rộng của cánh chắn xác định góc ngậm điện (Dwell Angle) (hình 5-35). Do xung điều khiển là xung vuông nên không ảnh hưởng đến thời điểm đánh lửa.

5.5.4 Hệ thống đánh lửa bán dẫn dùng cảm biến từ điện loại nam châm đứng yên

Hệ thống đánh lửa bán dẫn sử dụng cảm biến điện từ 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.

Sơ đồ mạch điện loại này được trình bày trên hình 5-36:

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

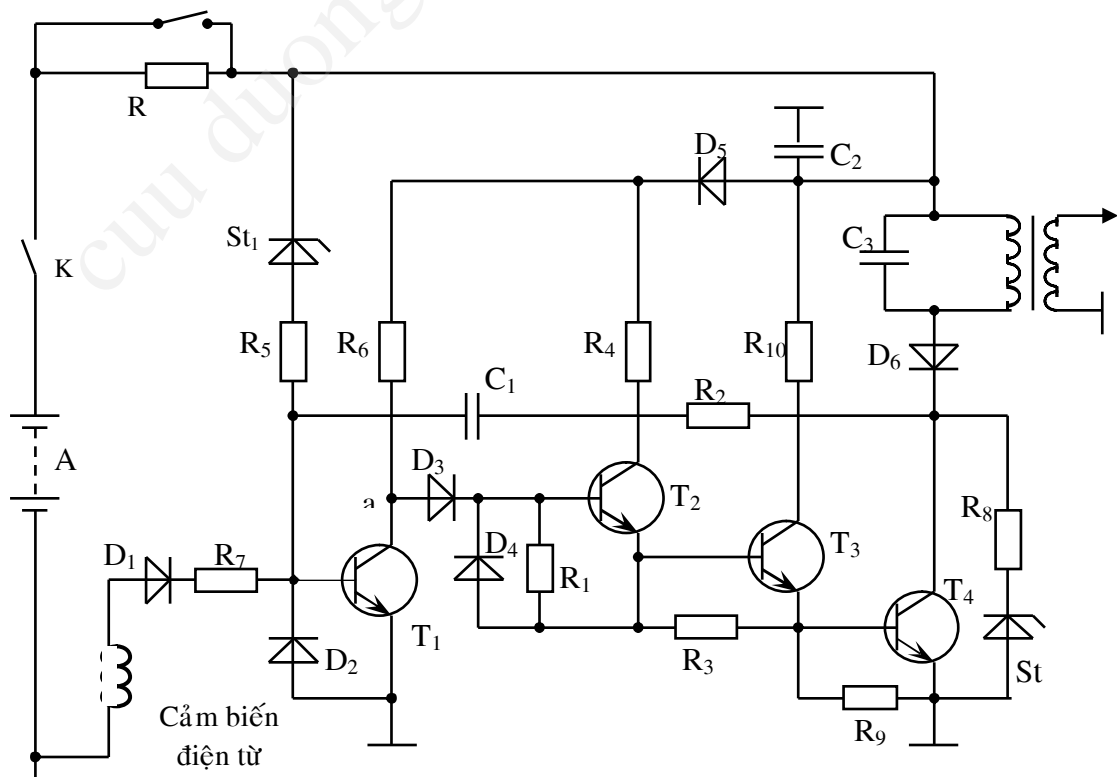


Hình 5-36: Hệ thống đánh lửa bán dẫn sử dụng điện từ (HONDA)

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 cuộn dây cảm biến, trên cuộn dây sẽ xuất hiện một sức điện động xoay chiều, nửa bán kỳ dương cùng với điện áp rơi 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.

5.5.5 Hệ thống đánh lửa bán dẫn dùng cảm biến từ điện loại nam châm quay



Hình 5-37: Sơ đồ cảm biến đánh lửa bán dẫn loại nam châm quay

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 của cảm biến đánh lửa, vì biên độ điện áp của nó không đủ để điều khiển trực tiếp T_3 .

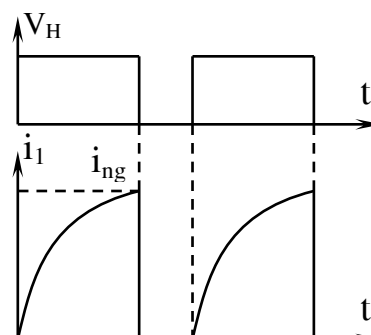
Khi khoá điện KĐ đóng và rotor của cảm biến không quay thì T_1 khoá vì điện thế ở hai cực phát và cực gốc bằng nhau ($U_{eb} = 0$). Khi đó điện thế ở cực gốc T_2 cao hơn điện thế ở cực phát, tức là $U_{eb} > 0$, nên xuất hiện dòng điện điều khiển: (+) Accu --> KĐ --> R --> D_5 --> R_6 --> điểm a --> D_3 --> cực gốc T_2 --> R_3 --> R_9 --> (-) Accu. Do vậy T_2 mở làm cho T_3 mở; đồng thời xuất hiện dòng điện điều khiển T_4 chạy qua tiếp giáp phát – góp 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 biến áp đánh lửa sẽ qua T_4 theo mạch: (+) Accu --> KĐ --> cuộn sơ cấp bobine --> D_6 --> tiếp giáp phát – góp của T_4 --> (-) Accu. 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 --> D_1 --> R_7 --> tiếp giáp E-B của T_1 --> (-) Accu và T_1 mở. Khi T_1 mở, điểm a coi như được nối với (-) Accu 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 nên 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 nổ trong xilanh động cơ.

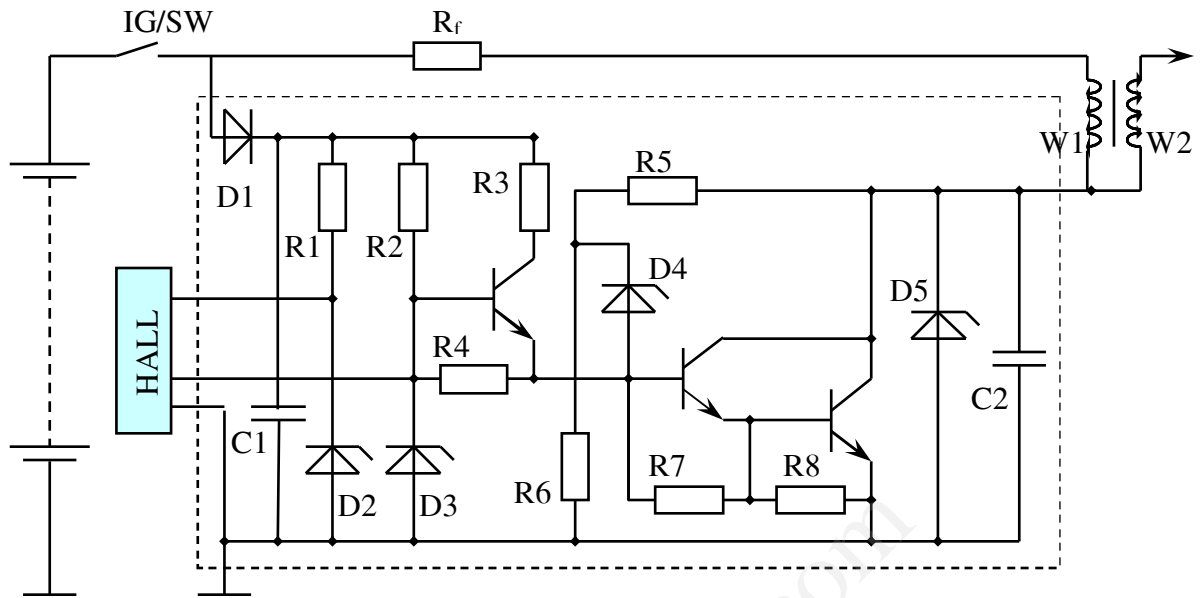
5.5.6 Hệ thống đánh lửa bán dẫn sử dụng cảm biến bán dẫn (cảm biến Hall)

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 (IGSW) 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.



Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 5-38: **Hệ thống đánh lửa bán dẫn sử dụng cảm biến Hall (BOSCH)**

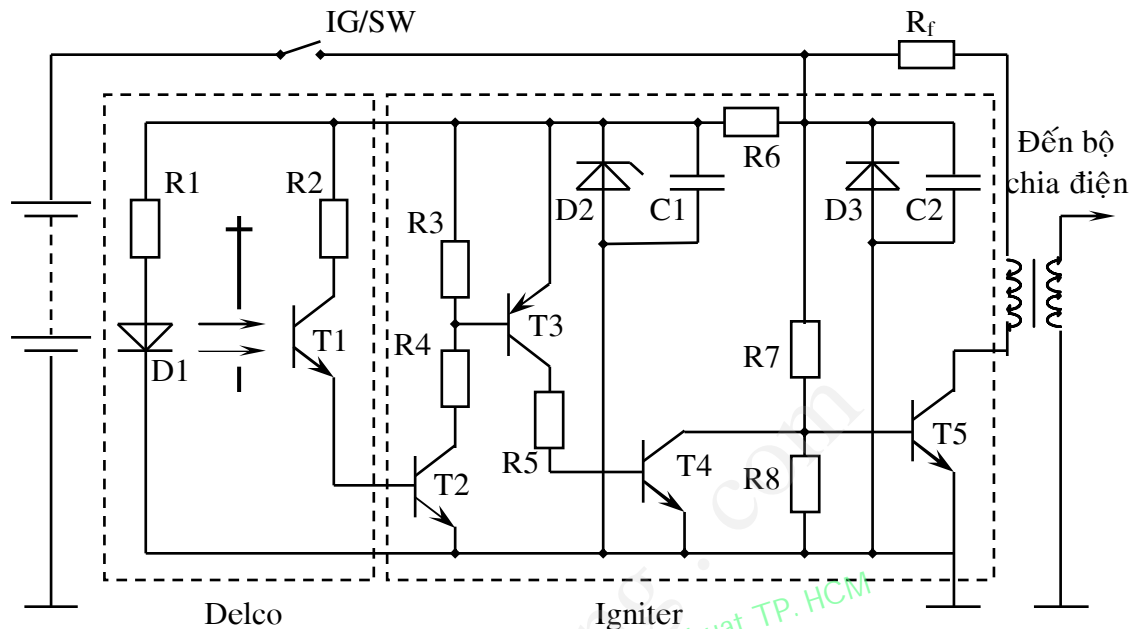
Nguyên lý làm việc của hệ thống:

Khi bật công tắc máy, dòng điện sau công tắc IG/SW được tách làm hai nhánh, một nhánh qua điện trở phụ R_f qua cuộn sơ cấp và chờ ở cực C của transistor T_3 , một nhánh sẽ qua diode D_1 qua R_1 và vào 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 đầu vào đảm bảo cho Igniter làm việc chính xác. Diode D_1 có nhiệm vụ bảo vệ IC Hall trong trường hợp mắc lộn cực accu 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 cảm ứng lên cuộn thứ cấp W_2 một điện áp cao tạo tia lửa điện ở 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 rút dây cao áp ra quá xa 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 bán dẫn sử dụng cảm biến quang điện



Hình 5-39: Sử dụng 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 delco 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 sẽ 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.

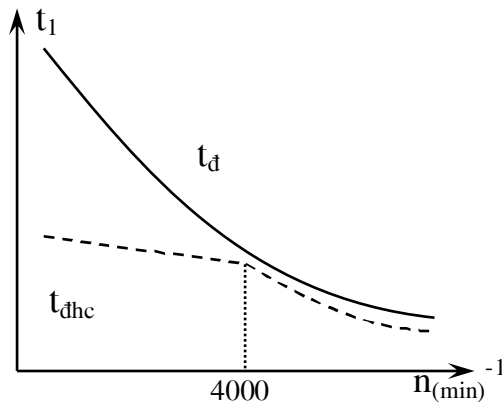
5.5.8 Hiệu chỉnh góc ngậm điện trong hệ thống đánh lửa

Như đã biết, thời gian tích lũy năng lượng t_d trên cuộn sơ cấp phụ thuộc vào vòng quay n của xylanh và số xylanh Z .

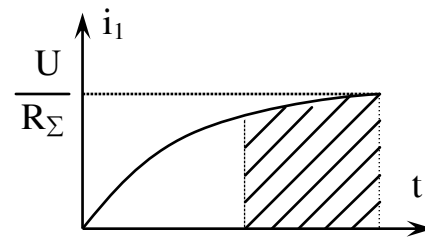
$$t_d = \frac{2}{3} \cdot \frac{120}{n \cdot Z}$$

Đối với một động cơ bất kỳ, số xylanh Z là cố định. Vì vậy, thời gian tích lũy năng lượng t_d chủ yếu phụ thuộc vào số vòng quay của động cơ. Dựa vào đồ thị hình 5-40 và hình 5-41 ta nhận thấy: ở số vòng quay n thấp, thời gian tích lũy năng lượng t_d rất dài. Cũng từ đồ thị hình 5-41 thì khi động cơ chạy ở số vòng quay 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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 5-40: Thời gian ngậm điện phụ thuộc số vòng quay động cơ

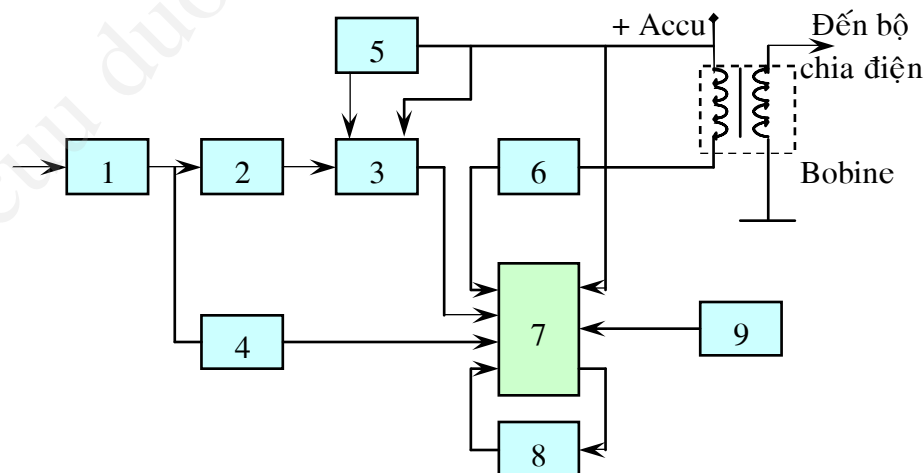


Hình 5-41: Thời gian tăng trưởng dòng sơ cấp ở tốc độ thấp

Để tiết kiệm năng lượng và tránh gây nóng bobine khi động cơ làm việc ở số vòng quay thấp trong một thời gian dài, người ta thiết kế một igniter với 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 ($4 \div 5$ 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:



Hình 5-42: Sơ đồ khối hệ thống đánh lửa với mạch điều khiển hiệu chỉnh thời gian tích lũy năng lượng t_d

1. Bộ chuyển tín hiệu thành xung vuông.
2. Cụm biến đổi độ hồng xung.
3. Cụm hiệu chỉnh thời gian.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

4. *Cụm điều khiển ngắt dòng.*
5. *Ổn áp.*
6. *Hạn chế biên độ xung điện áp sơ cấp.*
7. *Cổng ra.*
8. *Hạn chế dòng sơ cấp.*
9. *Bảo vệ mạch khi mắc cực ngược cực accu.*

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 accu cung cấp để hiệu chỉnh thời gian t_d sau đó gửi tín hiệu đến cổng ra (7). Cổng 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. Ổn áp (5) có nhiệm vụ ổn 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 bất công tắc máy sau $2 \div 7$ s mà không khởi động để tránh tình trạng cháy bobine. Cụm (9) có tác dụng bảo vệ mạch khi mắc ngược cực accu, đảm bảo cho các linh kiện điện tử trong Igniter không bị phá hủy. Cụm (6) có nhiệm vụ hạn chế biên độ xung điện áp sơ cấp khi xung điện áp tăng quá cao trong trường hợp rút dây cao áp ra chẳng hạn để bảo vệ mạch. Khi cường độ dòng sơ cấp tăng cao, bộ hạn chế dòng (8) sẽ hạn chế để dòng điện sơ cấp tăng đến một giá trị nhất định cũng với mục đích là để bảo vệ mạch igniter.

Sơ đồ thực tế :

Bộ 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 chính IGSW, một đầu dây nối với âm bobine và một đầu dây nối với mass.

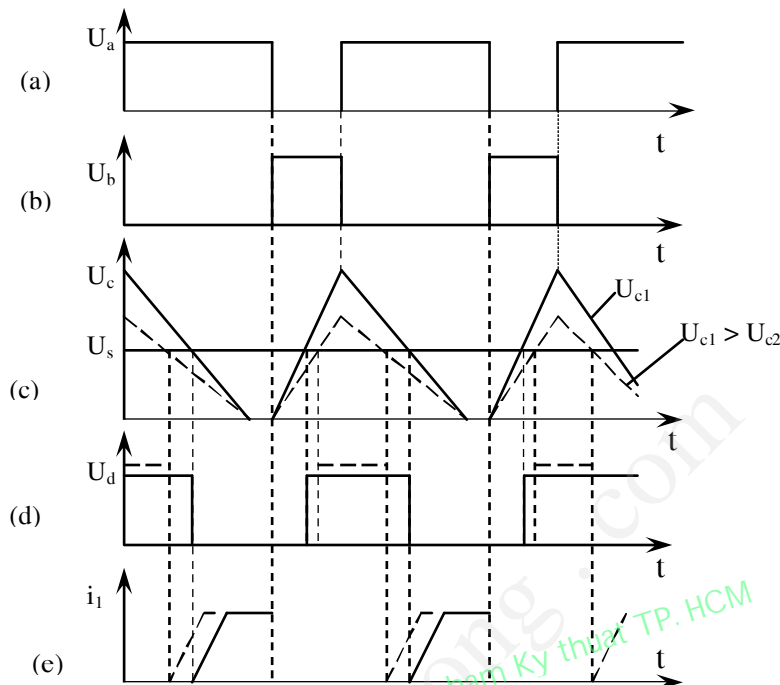
Hoạt động của mạch hiệu chỉnh thời gian tích lũy năng lượng t_d như sau:

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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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.

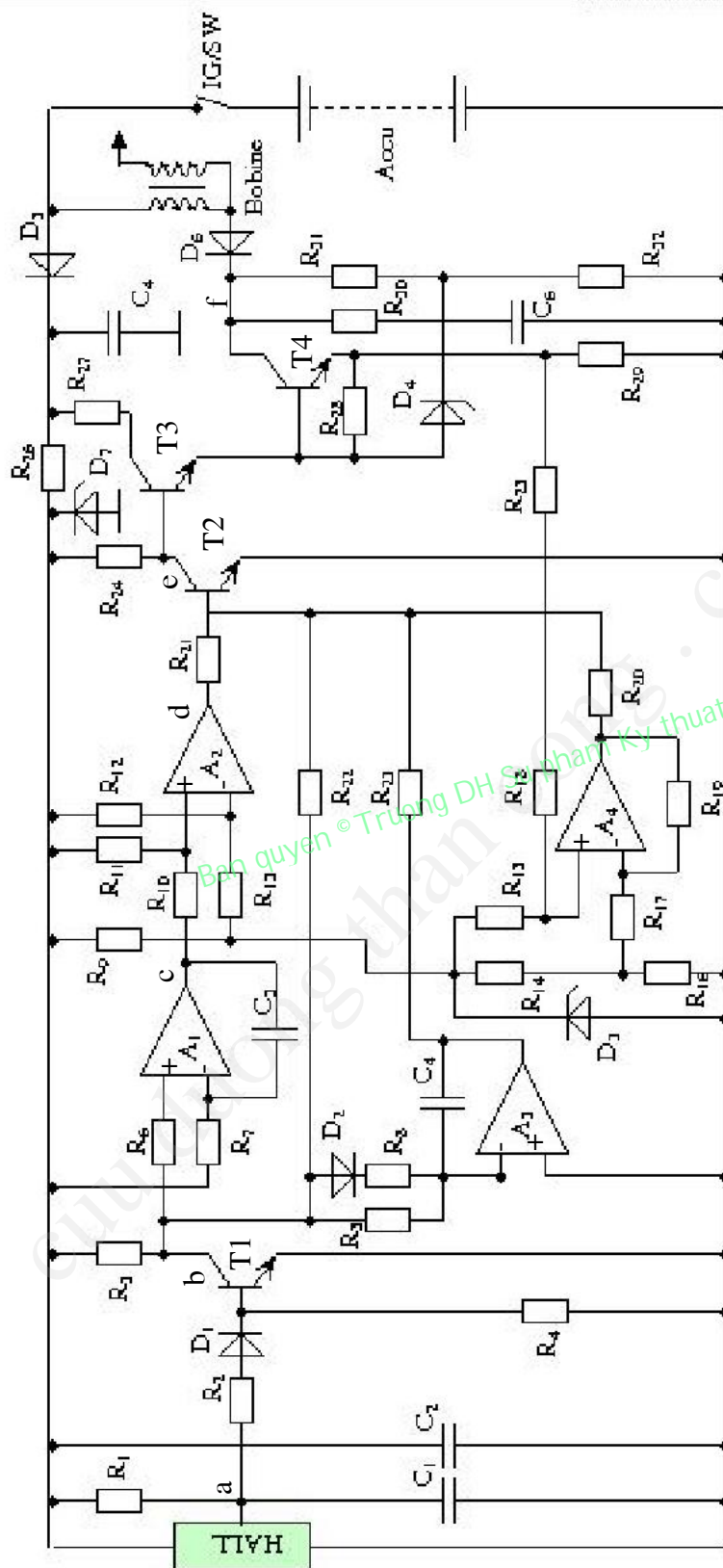


Hình 5-43: **Hệ thống đánh lửa làm việc khi số vòng quay động cơ $n = n_1$**

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 accu. Nếu điện áp accu 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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

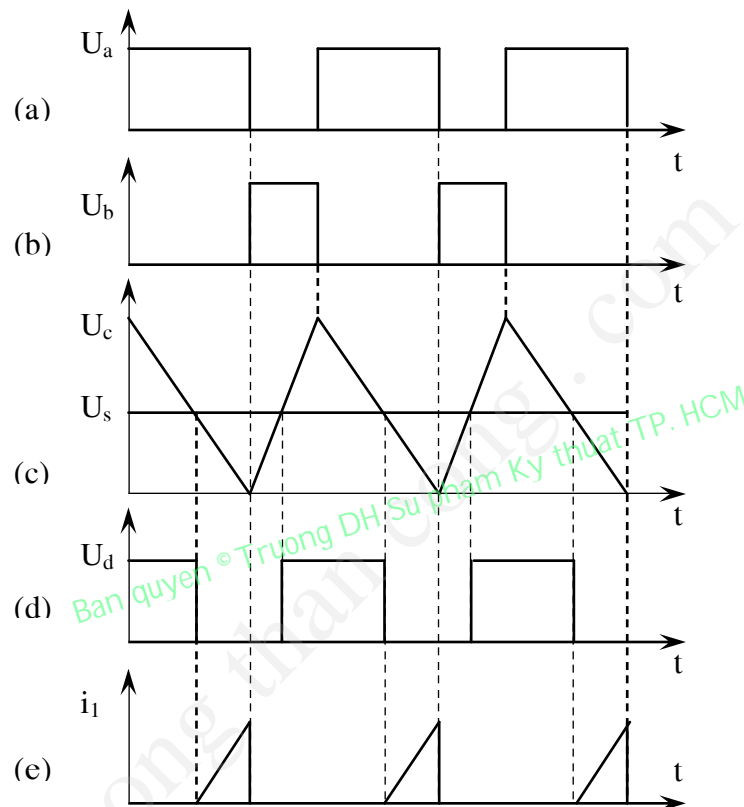


Hình 5-44: Sơ đồ hệ thống đánh lửa với mạch điều khiển hiệu chỉnh thời gian tích lũy năng lượng t_d

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 số vòng quay động cơ $n > n_{gh}$ ($n_{ng} = 4000 \text{ v/ph}$), 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 số vòng quay 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 đóng, nhờ nạp điện lâu, điện áp ở ngõ ra của cụm A_3 sẽ tăng từ từ trong vòng $2 \div 7s$, 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_l , L_l 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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

U_r tỷ lệ với dòng sơ cấp I_r : $U_R = R_{29} \cdot i_r$ 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_r giảm khiến độ sụt áp trên R_{29} giảm và ngõ ra của A_4 sẽ xuống mức thấp. Quá trình 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)

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 mô tô. 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:

$$W_c = \frac{C.U^2}{2}$$

Trong đó:

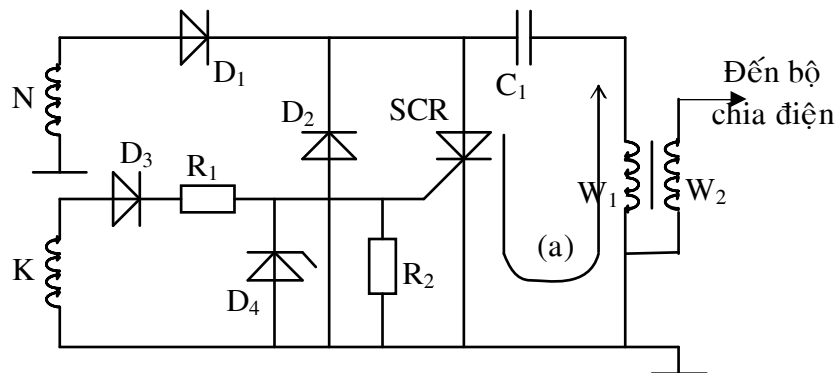
C : là điện dung của tụ điện (F); U : Là điện áp trên tụ điện (V).

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 thì 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.

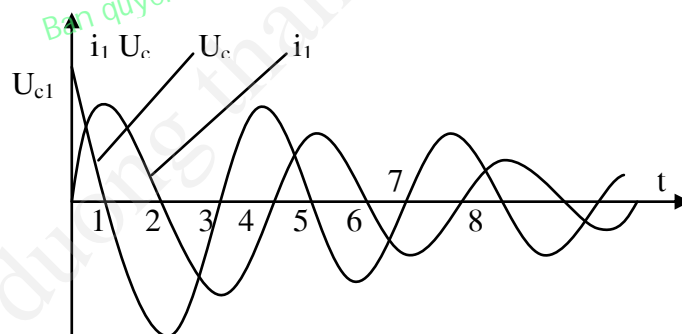
Hình 5-46 trình bày một sơ đồ đơn giản của hệ thống đánh lửa điện dung trên xe gắn máy.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 5-46: Sơ đồ hệ thống đánh lửa CDI trên xe gắn máy (với $D_2 // SCR$)

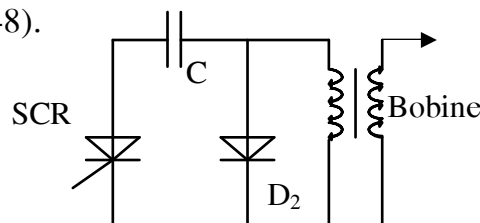
Khi SCR ngắt, tụ điện C_1 sẽ nạp nhờ nguồn điện N đã chỉnh lưu qua diode D_1 . Khi có tín hiệu đánh lửa từ cuộn dây điều khiển K, SCR dẫn, tụ điện C_1 sẽ xả theo chiều mũi tên (a): (+) tụ điện $C_1 \rightarrow SCR \rightarrow mass \rightarrow W_1 \rightarrow (-)$ tụ điện C_1 . Sự biến thiên dòng điện 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 bugie đánh lửa. Tuy nhiên, sau 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).



Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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:

$$U_{2m} = U_{cl} \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} \times \eta$$

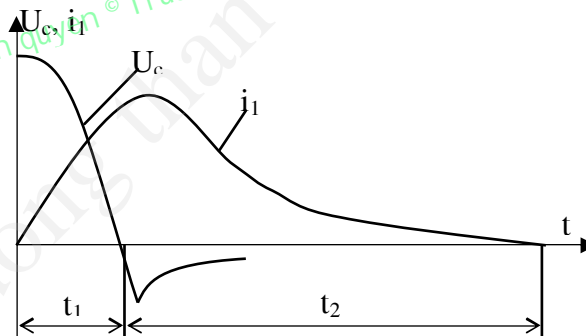
U_{cl} : Hiệu điện thế trên tụ lúc bắt đầu phóng.

C_1 : Điện dung tụ điện.

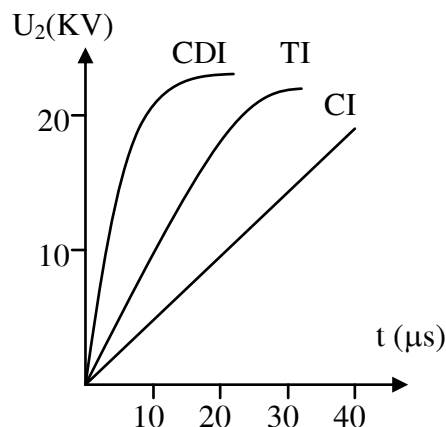
C_2 : Điện dung ký sinh trên mạch dao động.

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)**



Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 (TT) 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 bugie 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 bugie.

Sơ đồ thực tế

Sơ đồ hệ thống đánh lửa CDI điều khiển vít có mạch chống rung BOSCH:

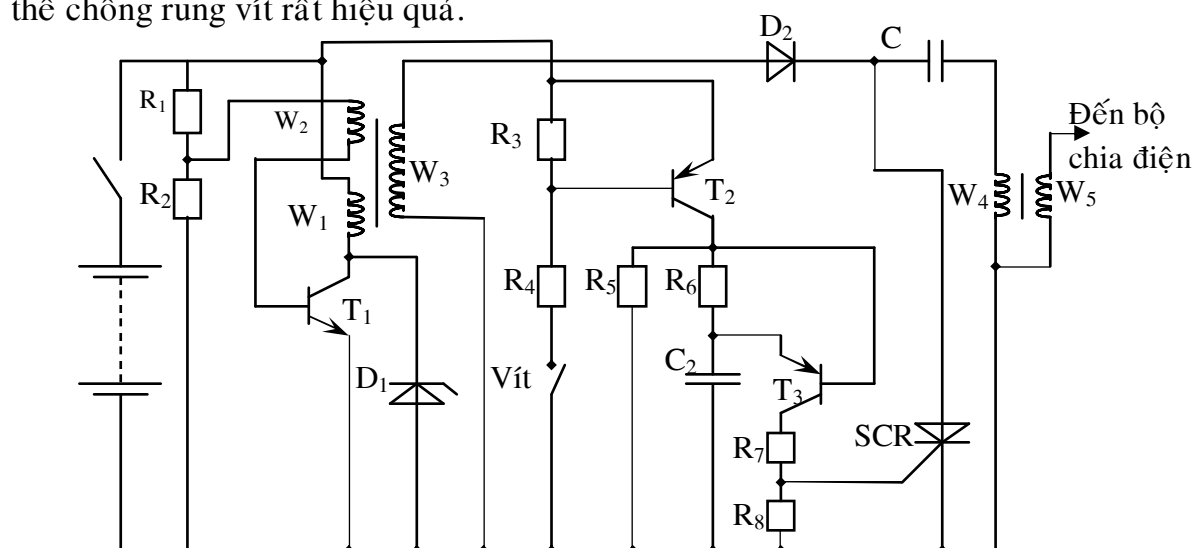
Sơ đồ này được sử dụng trên xe Porche, Alfa-Romeo, Maserati (hình 5-51)

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 $300 \div 400 VDC$.

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 . Nguyên lý làm việc của mạch đổi điện như sau:

Ở 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 . Trên sơ đồ này có mạch điện tử có thể chống rung vít rất hiệu quả.



Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 2 transistor

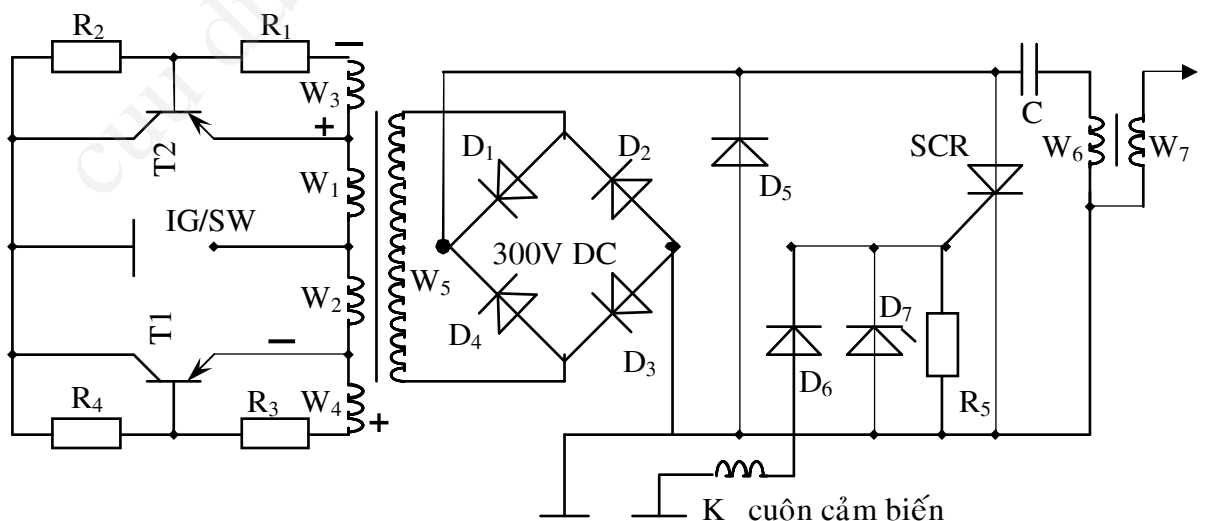
Hình 5-52 trình bày một sơ đồ hệ thống đánh lửa điện dung có bộ đảo điện sử dụng hai transistor.

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:

(+) $\rightarrow w_1 \rightarrow w_2 \rightarrow R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow mass.$

$w_2 \rightarrow w_4 \rightarrow R_3 \rightarrow R_4 \rightarrow mass.$



Hình 5-52: Sơ đồ hệ thống đánh lửa CDI không vít có bộ đảo điện sử dụng 2 transistor

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 300 V 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 quá trình 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 số vòng quay động cơ vì thời gian nạp điện rất ngắn do tụ điện đã được thiết kế sao cho ở số vòng quay cao nhất, tụ điện vẫn nạp đầy giữa hai lần đánh lửa.

Hiệu điện thế thứ cấp cao, 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 ($0,3 \div 0,4 \text{ ms}$) 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.

Chương 6: HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN LẬP TRÌNH CHO ĐỘNG CƠ ÔTÔ

6.1 Khái quát về hệ thống điều khiển lập trình cho động cơ

6.1.2 Lịch sử phát triển

Vào thế kỷ 19, một kỹ sư người Pháp ông Stevan đã nghĩ ra cách phun nhiên liệu cho một máy nén khí. Sau đó một thời gian một người Đức đã cho phun nhiên liệu vào buồng cháy nhưng không mang lại hiệu quả nên không được thực hiện. Đầu thế kỷ 20, người Đức áp dụng hệ thống phun nhiên liệu trong động cơ 4 thì tĩnh tại (nhiên liệu dùng trên động cơ này là dầu hoả nên hay bị kích nổ và hiệu suất rất thấp). Tuy nhiên, sau đó sáng kiến này đã được ứng dụng thành công trong việc chế tạo hệ thống cung cấp nhiên liệu cho máy bay ở Đức. Đến năm 1966, hãng BOSCH đã thành công trong việc chế tạo hệ thống phun xăng kiểu cơ khí. Trong hệ thống phun xăng này, nhiên liệu được phun liên tục vào trước supap hút nên có tên gọi là *K – Jetronic* (*K- Konstant* – liên tục, *Jetronic* – phun). *K – Jetronic* được đưa vào sản xuất và ứng dụng trên các xe của hãng Mercedes và một số xe khác, là nền tảng cho việc phát triển cho hệ thống phun xăng thế hệ sau như *KE – Jetronic*, *Mono-Jetronic*, *L-Jetronic*, *Motronic* ...

Tên tiếng Anh của *K-Jetronic* là *CIS (Continuous Injection System)* đặc trưng cho các hãng xe Châu Âu và có 4 loại cơ bản cho CIS là: *K – Jetronic*, *K – Jetronic – với cảm biến oxy* và *KE – Jetronic* (có kết hợp điều khiển bằng điện tử) hoặc *KE – Motronic* (kèm điều khiển góc đánh lửa sớm). Do hệ thống phun cơ khí còn nhiều nhược điểm nên đầu những năm 80, BOSCH đã cho ra đời hệ thống phun sử dụng kim phun điều khiển bằng điện. Có hai loại: hệ thống *L-Jetronic* (lượng nhiên liệu được xác định nhờ cảm biến đo lưu lượng khí nạp) và *D-Jetronic* (lượng nhiên liệu được xác định dựa vào áp suất trên đường ống nạp).

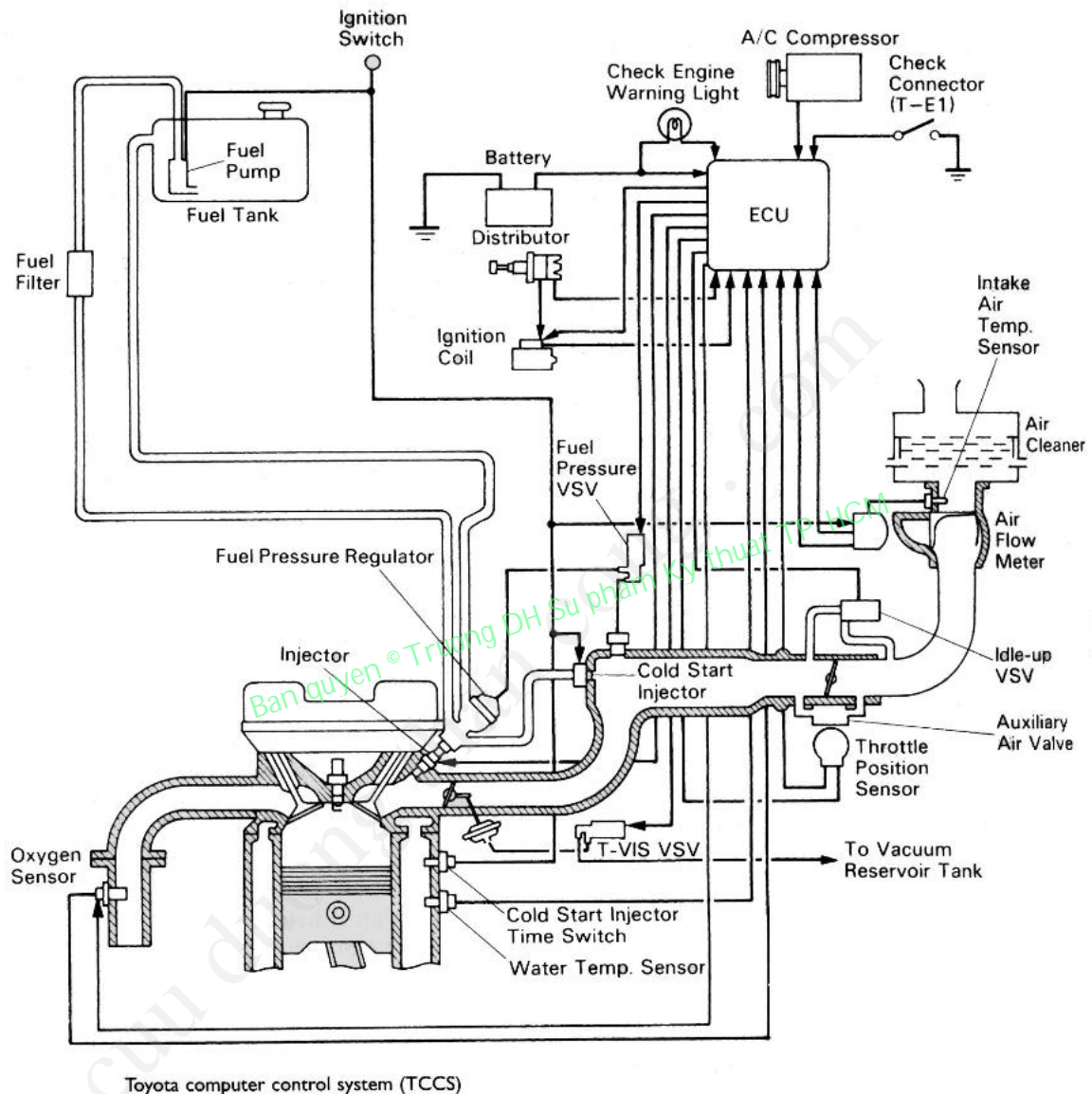
Đến năm 1984 người Nhật (mua bản quyền của BOSCH) đã ứng dụng hệ thống phun xăng *L-Jetronic* và *D-Jetronic* trên các xe của hãng Toyota (dùng với động cơ 4A – ELU). Đến năm 1987 hãng Nissan dùng *L – Jetronic* thay cho bộ chế hoà khí của xe Nissan Sunny.

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 delco và hệ thống này đã có mặt trên hầu hết các xe thế hệ mới.

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 chúng giúp động cơ đáp ứng được các yêu cầu gắt gao về khí xả và tính tiết kiệm nhiên liệu. Thêm vào đó, công suất động cơ cũng được cải thiện rõ rệt.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Những năm gần đây, một thế hệ mới của động cơ phun xăng đã ra đời. Đó là động cơ phun trực tiếp: *GDI (Gasoline Direct Injection)*. Trong tương lai gần, chắc chắn *GDI* sẽ được sử dụng rộng rãi.



Hình 6-1: Sơ đồ hệ thống điều khiển động cơ

6.1.2 Phân loại và ưu nhược điểm

Phân loại:

Hệ thống phun nhiên liệu có thể được phân loại theo nhiều kiểu. Nếu phân biệt theo cấu tạo kim phun ta có 02 loại:

Loại CIS - Continuous Injection System: là kiểu sử dụng kim phun cơ khí, gồm 4 loại cơ bản:

- Hệ thống *K – Jetronic*: việc phun nhiên liệu được điều khiển hoàn toàn bằng cơ khí.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

- Hệ thống *K – Jetronic* có cảm biến khí thải: có thêm một cảm biến oxy.
- Hệ thống *KE – Jetronic*: Hệ thống *K-Jetronic* với mạch điều chỉnh áp lực phun bằng điện tử.
- Hệ thống *KE – Motronic*: kết hợp với việc điều khiển đánh lửa bằng điện tử.

Các hệ thống vừa nêu sử dụng trên các xe châu Âu model trước 1987. Do chúng đã lỗi thời nên giáo trình này sẽ không đề cập đến.

Loại AFC-Air Flow Controlled Fuel Injection: sử dụng kim phun điều khiển bằng điện. Hệ thống phun xăng với kim phun điện có thể chia làm 2 loại chính:

- ***D-Jetronic*** (xuất phát từ chữ *Druck* trong tiếng Đức là áp suất) với lượng xăng phun được xác định bởi áp suất sau cánh bướm ga bằng MAP-manifold absolute pressure sensor.

- ***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 đo gió loại cánh trượt. Sau đó có các phiên bản: *LH – Jetronic* với cảm biến đo gió 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 AFC được chia làm 02 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 loại 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 supáp hút và khả năng thất thoát trên đường ống nạp.

Loại MPI-Multi Point Fuel Injection: phun đa điểm

Đây là hệ thống phun nhiên liệu đa điểm, với mỗi kim phun cho từng xy lanh được bố trí gần supáp hút (cách khoảng 10 – 15 mm). 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 đa điểm ra đời đã khắc phục được các nhược điểm cơ bản của hệ thống phun xăng đơn điểm. Tùy theo cách điều khiển kim phun, hệ thống này có thể chia làm 3 loại chính: phun độc lập hay phun từng kim (*independent injection*), phun nhóm (*group injection*) hoặc phun đồng loạt (*simultaneous injection*).

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Nếu căn cứ vào đối tượng điều khiển theo chương trình, người ta chia hệ thống điều khiển động cơ ra 3 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 gọi tên là ***ECES-Electronic Concentrated Control System***, ... Nhờ tốc độ xử lý của CPU khá cao, các hộp điều khiển động cơ đời mới trong ngày nay thường gồm cả chức năng điều khiển hộp số tự động và quạt làm mát động cơ.

Nếu phân biệt theo kỹ thuật điều khiển ta có thể chia hệ thống điều khiển động cơ làm 2 loại: ***Analog*** và ***Digital***. Ở những thế hệ đầu tiên xuất hiện từ 1979 đến 1986, 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 từ đó 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*).

Ưu điểm của hệ thống phun xăng:

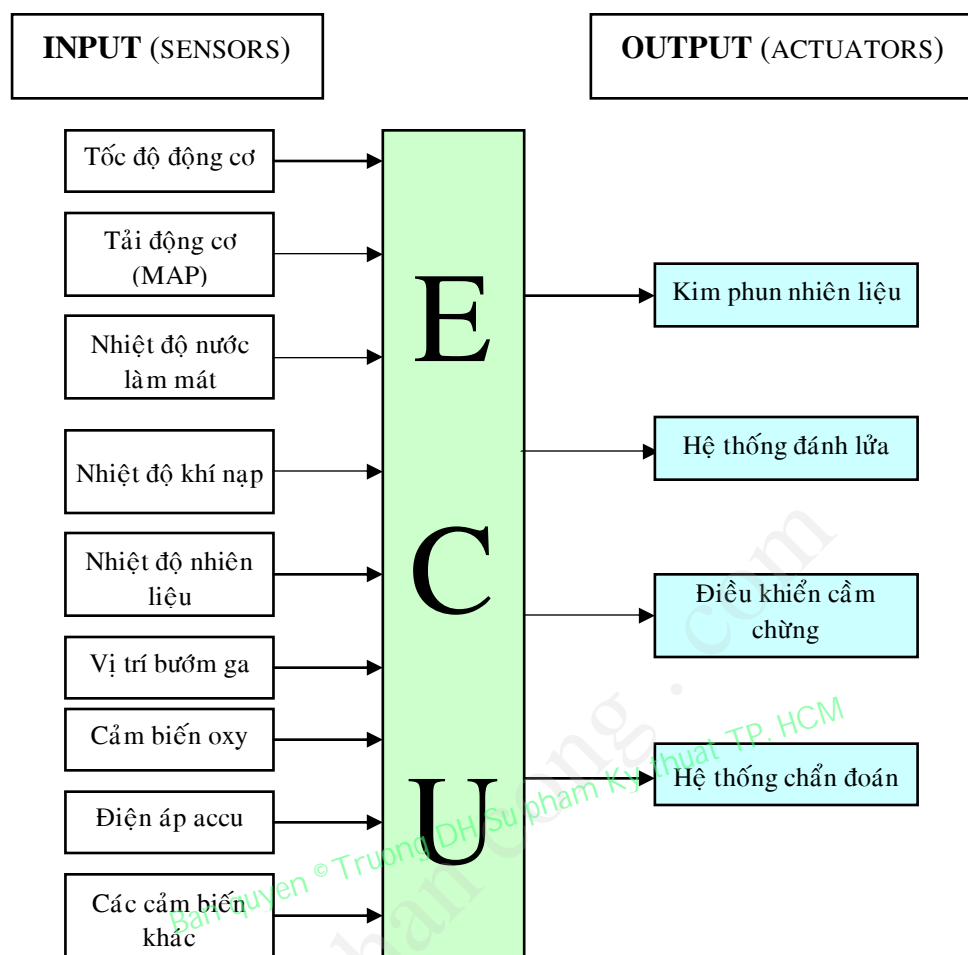
- Có thể cấp hỗn hợp khí nhiên liệu đồng đều đến từng xi lanh.
- Có thể đạt được tỷ lệ khí nhiên liệu chính xác với tất cả các dải tốc độ động cơ.
- Đáp ứng kịp thời với sự thay đổi góc mở bướm ga.
- Khả năng hiệu chỉnh hỗn hợp khí nhiên liệu dễ dàng: có thể làm đậm hỗn hợp khi nhiệt độ thấp hoặc cắt nhiên liệu khi giảm tốc.
- Hiệu suất nạp hỗn hợp không khí – nhiên liệu cao.
- Do kim phun được bố trí gần supap hút nên 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.

6.2 Cấu trúc hệ thống điều khiển lập trình và thuật toán điều khiển

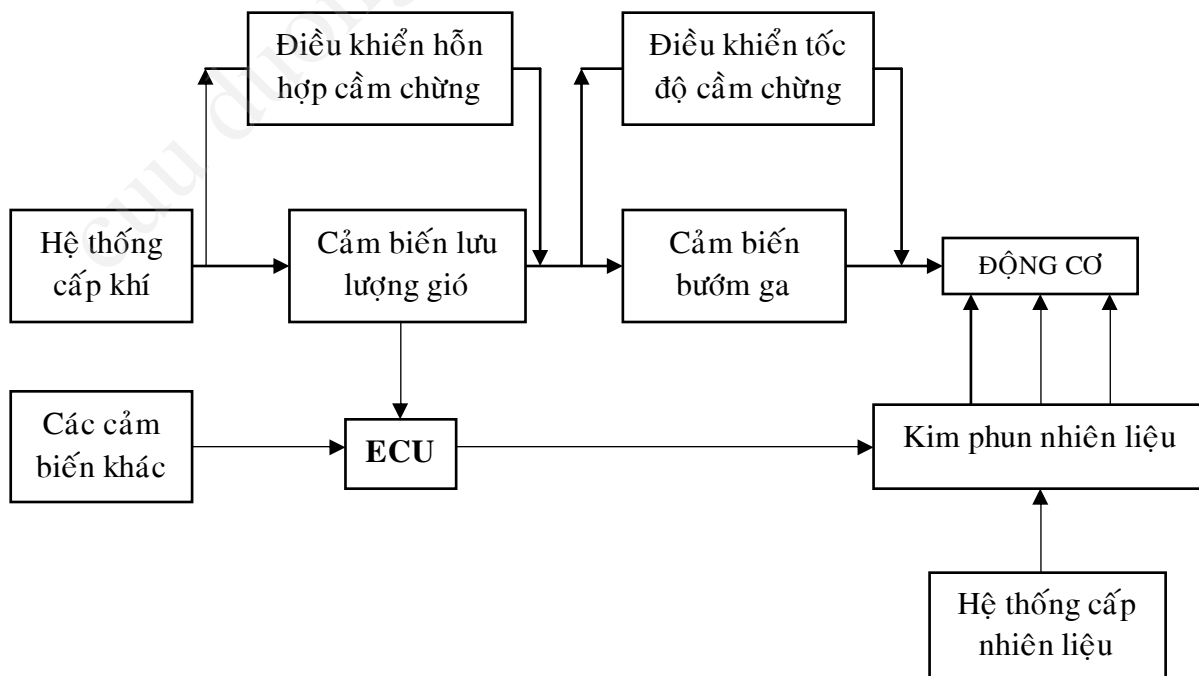
6.2.1 Sơ đồ cấu trúc và các khối chức năng

Sơ đồ cấu trúc và các khối chức năng của hệ thống điều khiển động cơ theo chương trình được mô tả trên hình 6-2 và 6-3. Hệ thống điều khiển bao gồm; ngõ vào (*inputs*) với chủ yếu là các cảm biến; hộp *ECU – electronic control unit* là bộ não của hệ thống có thể có hoặc không có bộ vi xử lý; ngõ ra (*outputs*) là các cơ cấu chấp hành (*actuators*) như kim phun, bobine, van điều khiển cầm chừng...

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 6-2: Sơ đồ cấu trúc của hệ thống điều khiển lập trình



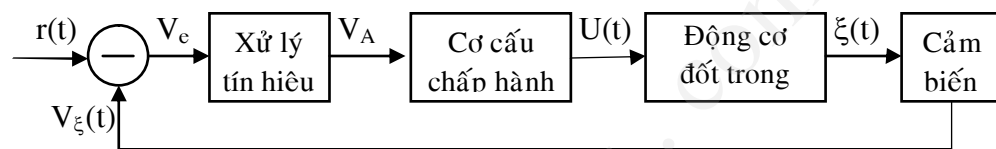
Hình 6-3: Sơ đồ các khối chức năng của hệ thống điều khiển phun xăng

6.2.2 Thuật toán điều khiển lập trình

Thuật toán điều khiển lập trình cho động cơ được nhà chế tạo viết và cài đặt sẵn trong CPU. Tùy thuộc vào từng chế độ làm việc hay tình trạng động cơ, mà ECU tính toán dựa trên lập trình có sẵn đó để đưa ra những tín hiệu điều khiển sao cho động cơ làm việc tối ưu nhất.

Lý thuyết điều khiển

Các hệ thống điều khiển kiểu cổ điển trên ô tô thường được thiết kế với liên hệ ngược (*feedback control*). Mặc dù trong một hệ thống điều khiển có nhiều thông số phụ thuộc, đầu tiên ta hãy xem xét hệ thống với một thông số. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống này được trình bày trên hình 6-4a.



Hình 6-4a: **Sơ đồ nguyên lý của hệ thống điều khiển động cơ với liên hệ ngược**

Thông số điều khiển xuất hiện ở đầu ra (động cơ đốt trong) được ký hiệu $\xi(t)$. Tín hiệu so $r(t)$ đã được định sẵn. Cảm biến sẽ đưa ra tín hiệu $V_\xi(t)$ tỉ lệ thuận với $\xi(t)$, tức là:

$$V_\xi(t) = k_s \xi(t)$$

Khi đó sẽ xuất hiện sự chênh lệch điện thế giữa tín hiệu thực và tín hiệu so $V_e(t)$:

$$V_e(t) = r(t) - V_\xi(t)$$

Nếu hệ thống làm việc lý tưởng thì giá trị $V_e(t)$ trong một khoảng thời gian nào đó (ví dụ ở chế độ động cơ đã ổn định) phải bằng 0. Trên thực tế giữa 2 tín hiệu nêu trên luôn có sự chênh lệch và mạch điều khiển điện tử sẽ dựa vào sự chênh lệch này để hình thành xung $V_A(t)$ điều khiển cơ cấu chấp hành (chẳng hạn kim phun). Việc thay đổi này sẽ tác động đến thông số đầu vào $U(t)$ của động cơ (ví dụ tỉ lệ hòa khí).

Ngày nay, có rất nhiều phương pháp điều khiển động cơ dựa trên cơ sở sử dụng máy tính để xử lý tín hiệu. Thông thường các máy tính này giải bài toán tối ưu có điều kiện biên để điều khiển động cơ. Mục tiêu của bài toán tối ưu là điều khiển động cơ đạt công suất lớn nhất với mức tiêu hao nhiên liệu nhỏ nhất trong các điều kiện giới hạn về độ độc hại của khí thải. Như vậy, ta có thể biểu diễn hệ thống điều khiển ô tô tối ưu trong mối quan hệ của 3 vectơ sau:

$$\begin{aligned} \vec{y} &= (y_1, y_2, y_3, y_4); \\ \vec{u} &= (u_1, u_2, u_3, u_4, u_5); \\ \vec{x} &= (x_1, x_2, x_3). \end{aligned}$$

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Vectơ $y(t)$ là hàm phụ thuộc các thông số ở ngõ ra bao gồm các thành phần sau:

- $y_1(x(t), u(t))$ – tốc độ tiêu hao nhiên liệu.
- $y_2(x(t), u(t))$ – tốc độ phát sinh HC.
- $y_3(x(t), u(t))$ – tốc độ phát sinh CO.
- $y_4(x(t), u(t))$ – tốc độ phát sinh NO_x

Vectơ $x(t)$ mô tả tình trạng của động cơ tức điều kiện hoạt động, phụ thuộc vào các thông số:

- x_1 – áp suất trên đường ống nạp.
- x_2 – tốc độ quay của trục khuỷu.
- x_3 – tốc độ xe.

Vectơ $u(t)$ mô tả các thông số được hiệu chỉnh bởi hệ thống điện tử, bao gồm các thành phần:

- u_1 – tỉ lệ khí – nhiên liệu trong hòa khí (*AFR – air fuel ratio*).
- u_2 – góc đánh lửa sớm.
- u_3 – sự lưu hồi khí thải (*EGR – exhaust gas recirculation*).
- u_4 – vị trí bướm ga.
- u_5 – tỉ số truyền của hộp số.

Để giải bài toán tối ưu nêu trên với các điều kiện biên, người ta xác định mục tiêu tối ưu là lượng tiêu hao nhiên liệu F theo chu trình thử *EPA – Environmental Protection Agency*:

$$F = \int_0^T y_1(x(t), u(t)) dt$$

Trong đó:

$x_3(t)$ là tốc độ xe qui định khi thử nghiệm xác định thành phần khí thải theo chu trình *EPA*, T là thời gian thử nghiệm. Như vậy, động cơ đốt trong sẽ được điều khiển sao cho F luôn đạt giá trị nhỏ nhất với các điều kiện biên là qui định của các nước về nồng độ các chất độc hại trong khí thải.

$$\begin{aligned} & \int_0^T y_2(x(t), u(t)) dt \langle G_2 \\ & \int_0^T y_3(x(t), u(t)) dt \langle G_3 \\ & \int_0^T y_4(x(t), u(t)) dt \langle G_4 \end{aligned}$$

Trong đó: G_2, G_3, G_4 – hàm lượng chất độc trong khí xả theo qui định tương ứng với HC, CO và NO_x . Trong quá trình xe chạy, các vectơ $x(t), u(t)$ là các thông số động. Khi giải bài toán tối ưu nêu trên, ta cũng có thể đặt ra các giới hạn của các vectơ này. Trên thực tế, các kết quả tối ưu thường được xác định

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

bằng thực nghiệm và được nạp vào bộ nhớ EEPROM dưới dạng bảng tra (*look-up table*).

Điều khiển phun xăng:

Thuật toán điều khiển phun xăng phụ thuộc vào các yếu tố:

Điều khiển chống ô nhiễm: việc hoà trộn hỗn hợp có thể thực hiện bằng 2 cách phun trên đường ống nạp hoặc phun trong xy lanh (GDI). Nếu đủ thời gian, hỗn hợp hòa khí sẽ phân bố đồng nhất trong xy lanh với tỷ lệ thay đổi trong khoảng $0.9 < \lambda < 1.3$. đối với động cơ phun trực tiếp GDI với tỷ lệ hòa khí rất nghèo $\lambda > 1.3$ cũng phải tạo ra vùng hỗn hợp tương đối giàu ở vùng gần bougie trong buồng cháy.

Quá trình cháy bắt đầu từ khi có tia lửa và được đặc trưng bởi:

- Ngọn lửa màu xanh đối với hỗn hợp đồng nhất và tỷ lệ lý tưởng. Trường hợp này không có muội than hình thành.
- Ngọn lửa màu vàng đối với hỗn hợp phân lớp và tỷ lệ hòa khí nghèo. Muội than sẽ hình thành.

Các chất độc trong khí thải như: CO, HC, NO_x phụ thuộc mạnh vào tỷ lệ hòa khí:

$\lambda < 1$: tăng lượng HC và CO.

$\lambda = 1$: có đủ 3 chất CO, HC, NO_x để phản ứng với nhau trong bộ xúc tác. Sau bộ xúc tác có rất ít chất độc.

$\lambda \cong 1.1$: lượng NO_x sẽ đạt giá trị cực đại do nhiệt độ buồng cháy cao và còn thừa Oxy.

$\lambda > 1.1$: giảm NO_x và nhiệt độ buồng cháy. Tăng hàm lượng HC do thỉnh thoảng không cháy được hỗn hợp.

$\lambda > 1.5$: chế độ đốt nghèo với khí độc thấp trừ NO_x.

Hàm lượng O₂ còn trong pô có thể được dùng để xác định tỷ lệ λ nếu $\lambda \geq 1$ thông qua cảm biến Oxy.

Công suất động cơ:

– Hỗn hợp giàu $\lambda < 1$: công suất dung tích xy lanh đạt cực đại nhờ lượng nhiên liệu tăng. Sử dụng phổ biến ở chế độ tải lớn trước 1970. Ngày nay chỉ được dùng trong chế độ làm nóng (warm-up) động cơ. Hàm lượng chất độc trong khí thải cao.

– Hỗn hợp lý tưởng $\lambda = 1$: công suất tương đối cao. Được sử dụng để tăng hiệu suất của bộ xúc tác.

– Hỗn hợp tương đối nghèo $1 < \lambda < 1.5$: hiệu suất tốt nhờ tăng lượng khí nạp nhưng hàm lượng NO_x tăng. Sử dụng ở chế độ tải nhỏ trước 1980.

– Hỗn hợp nghèo $\lambda > 1.5$: hiệu suất rất cao nhưng hàm lượng NO_x vẫn còn lớn vì vậy phải có bộ xúc tác cho NO_x.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Lượng nhiên liệu tổng cộng được phun ra phụ thuộc vào các thông số sau:

- Lưu lượng khí nạp theo thời gian m'_a .
- Góc mở bướm ga α_i .
- Tốc độ động cơ n .
- Nhiệt độ động cơ T_c .
- Nhiệt độ môi trường (khí nạp) T_a .
- Điện áp ắc quy U_b .

Chức năng chính của điều khiển phun xăng:

- Kiểm soát lượng xăng phun theo thời gian theo lượng khí nạp để đạt tỷ lệ mong muốn.
- Tăng lượng nhiên liệu ở chế độ làm nóng sau khởi động lạnh.
- Tăng lượng khí nạp lẫn nhiên liệu (tăng hỗn hợp) cho động cơ nguội vì ma sát lớn.
- Bù lượng nhiên liệu bám trên ống nạp.
- Cắt nhiên liệu khi giảm tốc hoặc tốc độ quá cao.
- Hiệu chỉnh theo nhiệt độ khí nạp và áp suất khí trời đối với *L-jetronic*.
- Điều chỉnh tốc độ cảm chừng.
- Điều chỉnh λ .
- Điều chỉnh lưu hồi khí thải.

Phun gián đoạn:

So với kiểu phun liên tục (K-jetronic), phun gián đoạn tiết kiệm nhiên liệu hơn nhờ độ chính xác cao hơn. Công suất động cơ thay đổi trong khoảng lớn. Tỷ lệ công suất động cơ toàn tải và cảm chừng 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'_f tỷ 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 tỷ lệ thuận với tốc độ động cơ.

Lượng xăng phun cho mỗi xy lanh và chu kỳ cháy là:

$$m_f = \int_0^{\frac{2}{n \cdot z}} m'_f \cdot dt$$

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:

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

$$m_f = \frac{m'_f}{n} \frac{2}{Z}$$

Do đó tỷ 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:

$$m_f = \frac{m_a}{L_{st}\lambda} = \frac{1}{L_{st}\lambda} \frac{m'_a}{n} \frac{2}{Z}$$

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 tỷ 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.

$$m_f \approx \rho_i A_{eff} \sqrt{2 \frac{\Delta P}{\rho_f}} t_{inj}$$

Trong đó: ρ_i – 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 $\Delta P \cong 2000 \text{ bar}$ 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 tỷ 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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

phun nhiên liệu cảm biến đo gió 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, cầm chừng). Trong động cơ Diesel, λ luôn > 1.3

– Điện áp ắc quy: ảnh hưởng đến thời điểm nhấc 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 ($\lambda_a = \frac{m_a}{m_{ath}}$) 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 súpáp. 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 súpáp 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 2000 rpm và 3000 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:

$$m_a = \int_{t_a}^{t_b} m'_a . dt$$

$$t_b - t_a = \frac{1}{fp} = \frac{2}{n.Z}$$

Suy ra :

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

$$m_a = \int_0^{\frac{1}{f_p}} m'_a \cdot dt$$

Tính toán thời gian mở kim trong D-Jetronic: phương pháp tốc độ - tỷ 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 tỷ 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 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 đo gió 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 EPRM. Phương pháp này còn được gọi là *phương pháp tốc độ - tỷ 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

Hay:

$$M_a = d_a V$$

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 tỷ trọng d_a theo biểu thức:

$$d_a = d_o \frac{p}{p_o} \times \frac{T_o}{T}$$

Trong đó: d_o là 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 $T_o = 293^\circ K$.

Lưu lượng không khí tính bằng thể tích đi qua cánh bướm ga thường được dựa vào cảm biến tốc độ động cơ:

$$R_v = \frac{n}{60} \frac{D}{2} \eta_v$$

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Trong đó: D – dung tích xy lanh. 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 lưu hồi 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:

$$R_m = \left[\left(\frac{n}{60} \frac{D}{2} \eta_v \right) - R_{EGR} \right] d_o \times \frac{p}{p_o} \times \frac{T_o}{T}$$

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 đo gió cánh trượt hoặc đo gió 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, 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 xy lanh là Z , khối lượng không khí đi vào mỗi xy lanh sẽ là:

$$R_{mc} = \frac{R_m \times 120}{nZ}$$

Từ đó, lượng nhiên liệu cần phun vào một xy lanh:

$$m_{fc} = \frac{R_{mc}}{(A/F)_d}$$

với $(A/F)_d$ là tỷ lệ hoà khí mong muốn.

Thời gian mở kim phun căn bản sẽ phụ thuộc vào lưu lượng của kim phun R_{inj} :

$$t_b = \frac{m_{fc}}{R_{inj}}$$

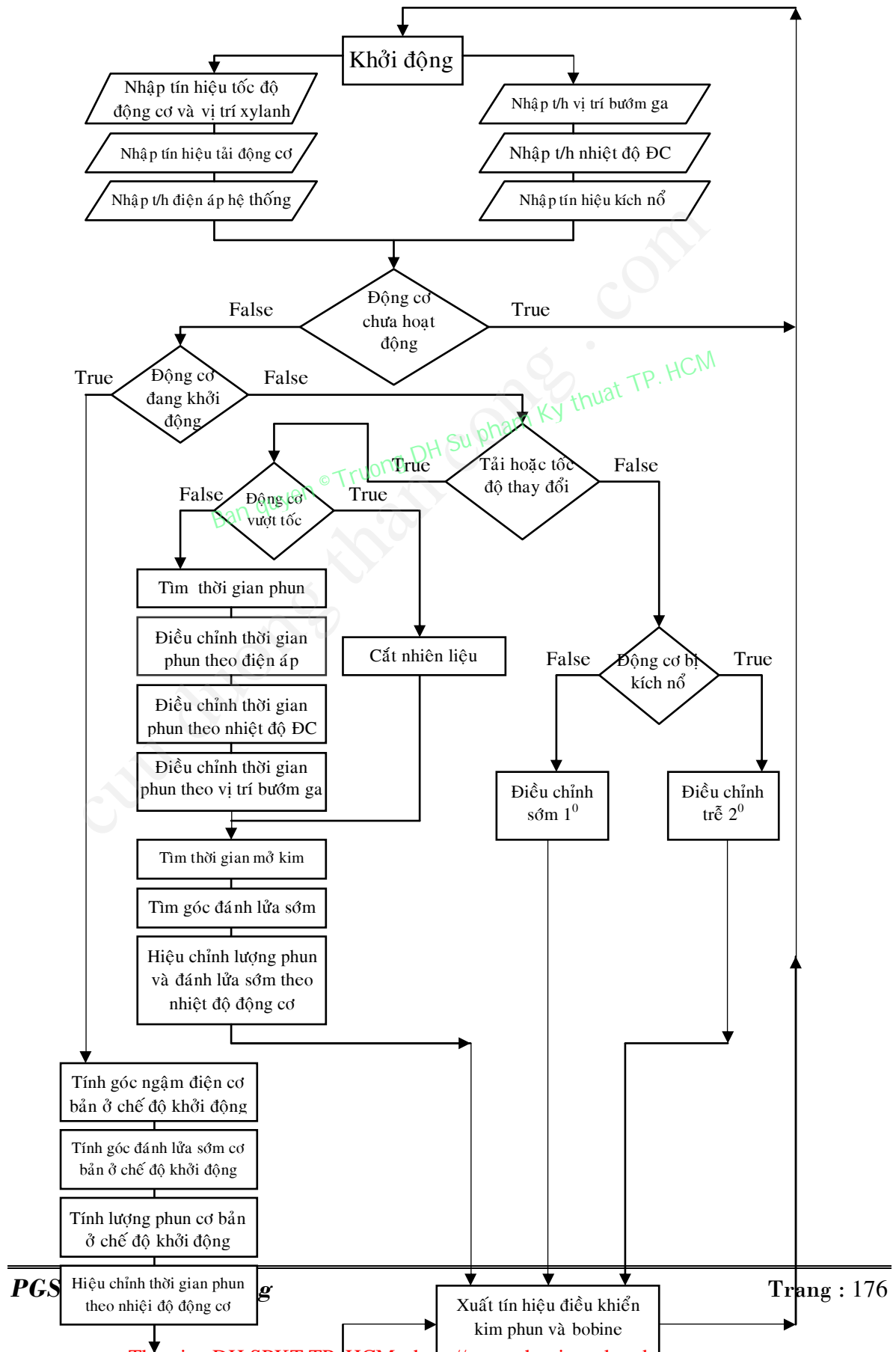
Nếu bộ điều áp (pressure regulator) được sử dụng, R_{inj} sẽ gần như là một hằng số nhờ sự chênh lệch áp suất trên ống dẫn xăng đến đầu kim phun và đuôi kim phun (áp suất trên đường ống nạp) không đổi. Trên một số xe không sử dụng điều áp, bản đồ sự phụ thuộc của lưu lượng kim phun vào áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp phải được ghi vào EPROM.

Như vậy để xác định thời gian phun căn bản, EPROM trong ECU dùng với cảm biến MAP, ngoài giá trị η_v còn phải nhớ các biểu thức để tính toán dựa trên

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 6-4b.



Hình 6-4b: *Thuật toán điều khiển động cơ*

6.3 Các loại cảm biến và tín hiệu ngõ vào

6.3.1 Cảm biến đo lưu lượng khí nạp

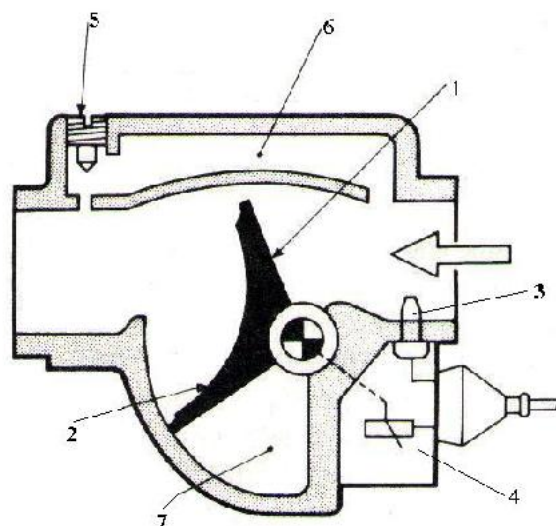
Để xác định lượng khí nạp (lượng gió) đi vào xy lanh trong L-Jetronic người ta sử dụng các loại cảm biến khác nhau nhưng ta có thể phân làm 2 kiểu: đo lưu lượng với thể tích dòng khí (cánh trượt, Karman ...) và đo lưu lượng bằng khối lượng dòng khí (dây nhiệt).

6.3.1.1 Cảm biến đo gió kiểu cánh trượt (đời 80 đến 95)

Cảm biến đo gió kiểu cánh trượt được sử dụng trên hệ thống L-Jetronic để nhận biết thể tích gió nạp đi vào xy lanh động cơ. Nó là một trong những cảm biến quan trọng nhất. Tín hiệu thể tích gió 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.

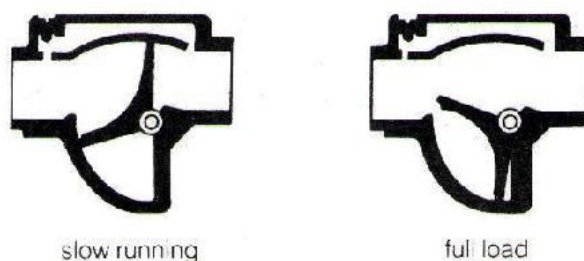
Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

Bộ đo gió kiểu trượt bao gồm cánh đo gió được giữ bằng một lò xo hoàn lực, cánh giảm chấn, buồng giảm chấn, cảm biến không khí nạp, vít chỉnh cảm chừng, mạch rẽ phụ, điện áp kế kiểu trượt được gắn đồng trục với cánh đo gió và một công tắc bơm xăng.



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 6-5: *Bộ đo gió kiểu trượt*

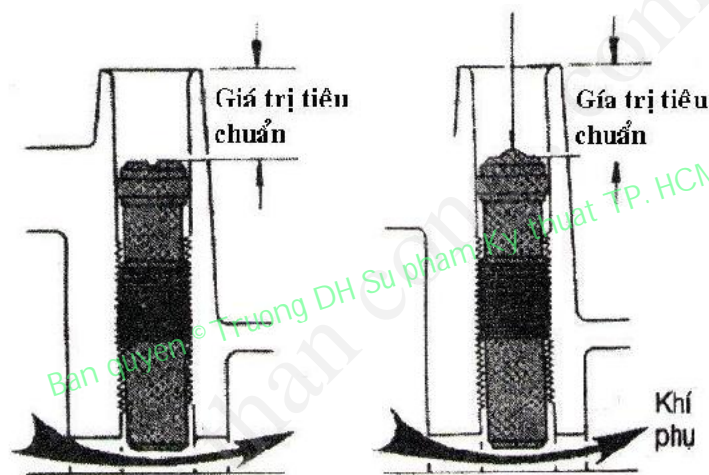


Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Lượng gió vào động cơ nhiều hay ít tùy thuộc vào vị trí cánh bướm ga và tốc độ động cơ. Khi gió nạp đi qua bộ đo gió 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 gió thành tín hiệu điện áp nhờ điện áp kế.

Vít chỉnh hỗn hợp cầm chừng (vít chỉnh CO)

Bộ đo gió có hai mạch gió: mạch gió chính đi qua cánh đo gió và mạch gió rẽ đi qua vít chỉnh CO. Lượng gió qua mạch rẽ tăng sẽ làm giảm lượng gió qua cánh đo gió vì thế, góc mở của cánh đo gió sẽ nhỏ lại và ngược lại.

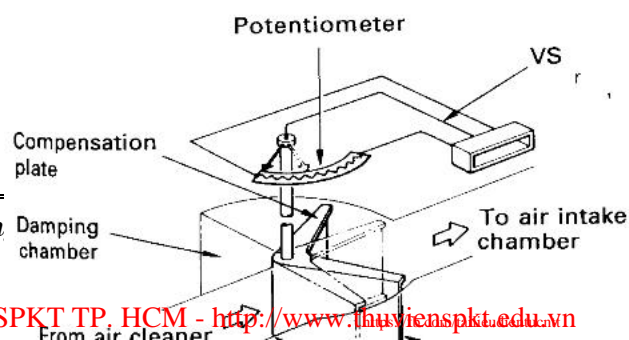


Hình 6-6: ***Vít chỉnh hỗn hợp cầm chừng***

Vì lượng xăng phun cơ bản phụ thuộc vào góc mở cánh đo gió, nên tỷ lệ xăng gió có thể thay đổi bằng cách điều chỉnh lượng gió qua mạch rẽ. Nhờ chỉnh tỷ lệ hỗn hợp ở mức cầm chừng 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 cầm chừng vì khi cánh đo gió 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 đo gió. Do áp lực gió thay đổi, cánh đo gió sẽ bị rung gây ảnh hưởng đến độ chính xác. Để ngăn ngừa dao động cánh đo gió, người ta thiết kế một cánh giảm chấn liền với cánh đo để dập tắt độ rung.

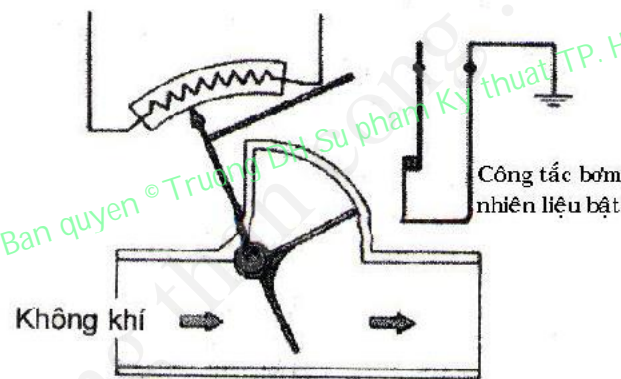


Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Hình 6-7: *Cánh giảm chấn và buồng giảm chấn*

Công tắc bơm nhiên liệu (chỉ có trên xe Toyota)

Công tắc bơm nhiên liệu được bố trí chung với điện áp kế. Khi động cơ chạy, gió được hút vào nâng cánh đo gió 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 đo gió kiểu trượt.



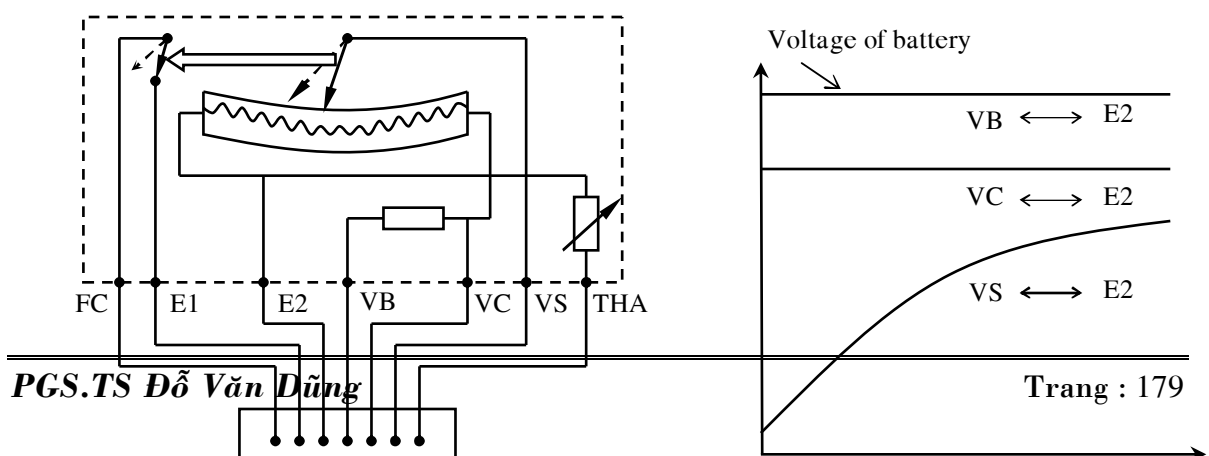
ĐỘNG CƠ ĐANG CHẠY

Hình 6-8: *Công tắc bơm xăng trong bộ đo gió kiểu trượt*

Mạch điện

Có hai loại cảm biến đo gió cánh trượt 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 accu 12V tại đầu VB. VC có điện áp không đổi nhưng nhỏ hơn. Điện áp ở đầu VS tăng theo góc mở của cánh đo gió.



Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Hình 6-9: **Mạch điện và đường đặc tuyến cảm biến đo gió loại điện áp tăng**

ECU so sánh điện áp accu (V_B) với độ chênh điện áp giữa V_C và V_S để xác định lượng gió nạp theo công thức:

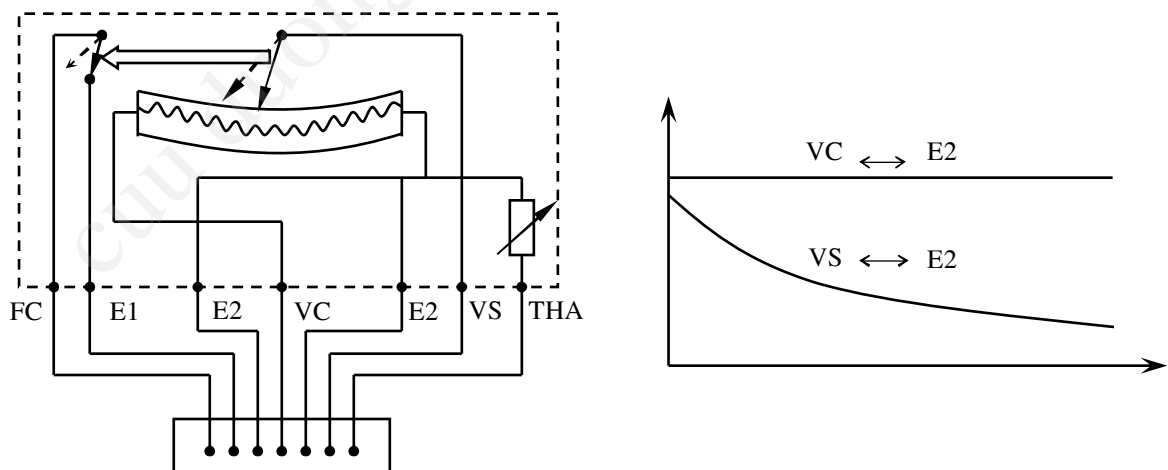
$$G = \frac{V_B - V_{E2}}{V_C - V_S}$$

G : lượng gió nạp

Nếu cực V_C bị đoản mạch, lúc đó G tăng, ECU sẽ điều khiển lượng nhiên liệu phun cực đại, bất chấp sự thay đổi ở tín hiệu V_S . Điều này có nghĩa là: khi động cơ ở cầm chừng, nhiên liệu được phun quá nhiều và động cơ sẽ bị ngập xăng dẫn tới ngưng hoạt động.

Nếu cực V_S bị đoản mạch, V_C sẽ luôn ở mức cực đại làm cho G giảm, lúc này ECU sẽ điều khiển lượng phun nhiên liệu giảm đi mặc dù có sự thay đổi ở tín hiệu V_S .

Loại 2: Điện áp V_S giảm khi lượng khí nạp tăng. Loại này ECU sẽ cung cấp điện áp 5V đến cực V_C . Điện áp ra V_S thay đổi và giảm theo góc mở của cánh đo.



Hình 6-10: **Mạch điện và đường đặc tuyến cảm biến đo gió loại điện áp giảm**

6.3.1.2 Cảm biến đo gió dạng xoáy lốc (Karman)

Nguyên lý làm việc

Các cảm biến loại này dựa trên hiện tượng vật lý sau:

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Khi cho dòng khí đi qua một vật thể cố định khó chảy vòng (thanh tạo xoáy - Karman Vortex) thì 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 phun xăng nhưng trong khuôn khổ giáo trình này chỉ khảo sát hai loại chính: loại Karman quang và loại Karman siêu âm.

*** 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 6-11, 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 phototransistor. 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:

$$f = S \cdot \frac{V}{d}$$

Trong đó:

V : là vận tốc dòng khí

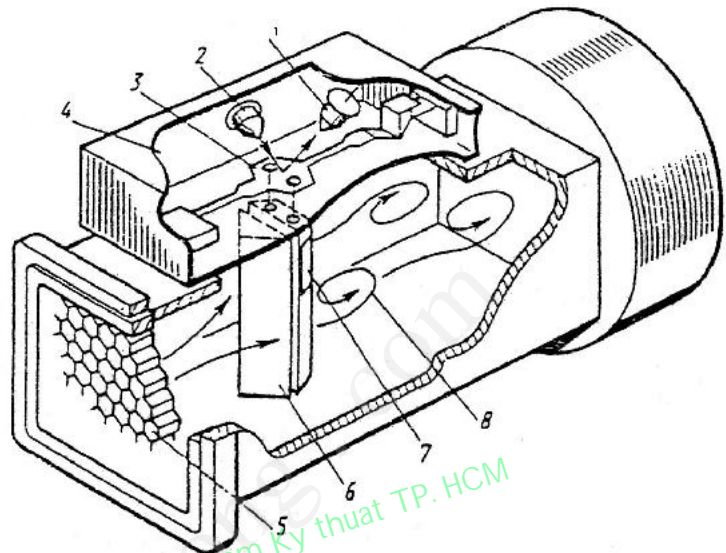
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

d : là đường kính trụ đứng

S : là số Struhal ($S = 0.2$ đối với cảm biến này)

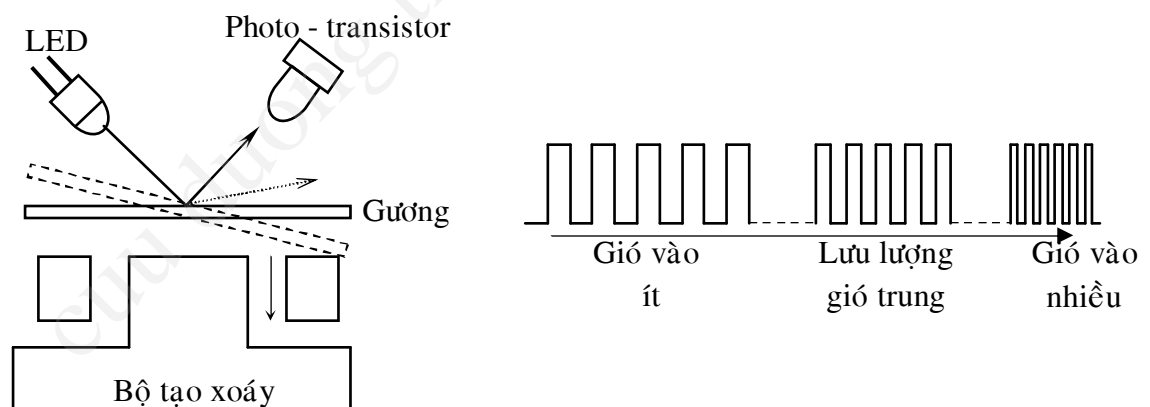
Căn cứ vào tần số f , ECU sẽ xác định thể tích tương ứng của không khí đi vào các xy lanh, từ đó tính ra lượng xăng phun cần thiết.

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



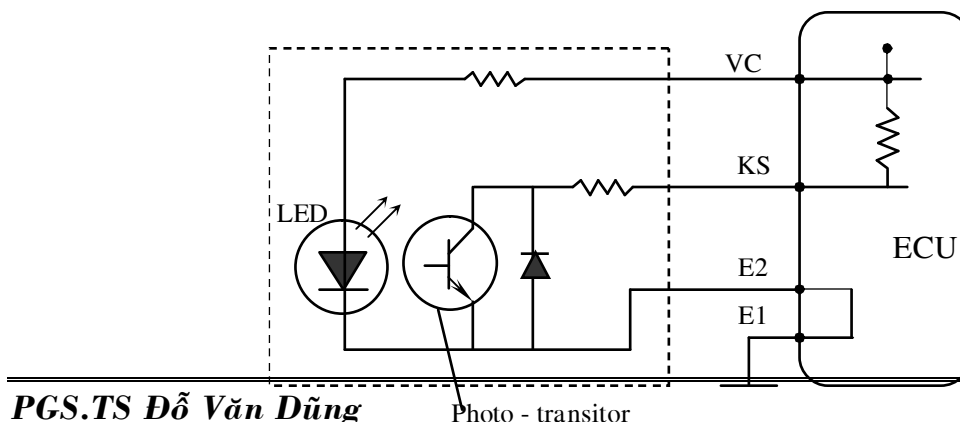
Hình 6-11: **Bộ đo gió kiểu Karman quang**

Khi lượng gió vào ít, tấm gương rung ít và phototransistor sẽ đóng mở ở tần số thấp. Ngược lại, khi lượng gió vào nhiều, gương rung nhanh và tần số f cao.



Hình 6-12: **Cấu tạo và dạng xung loại Karman**

Mạch điện:



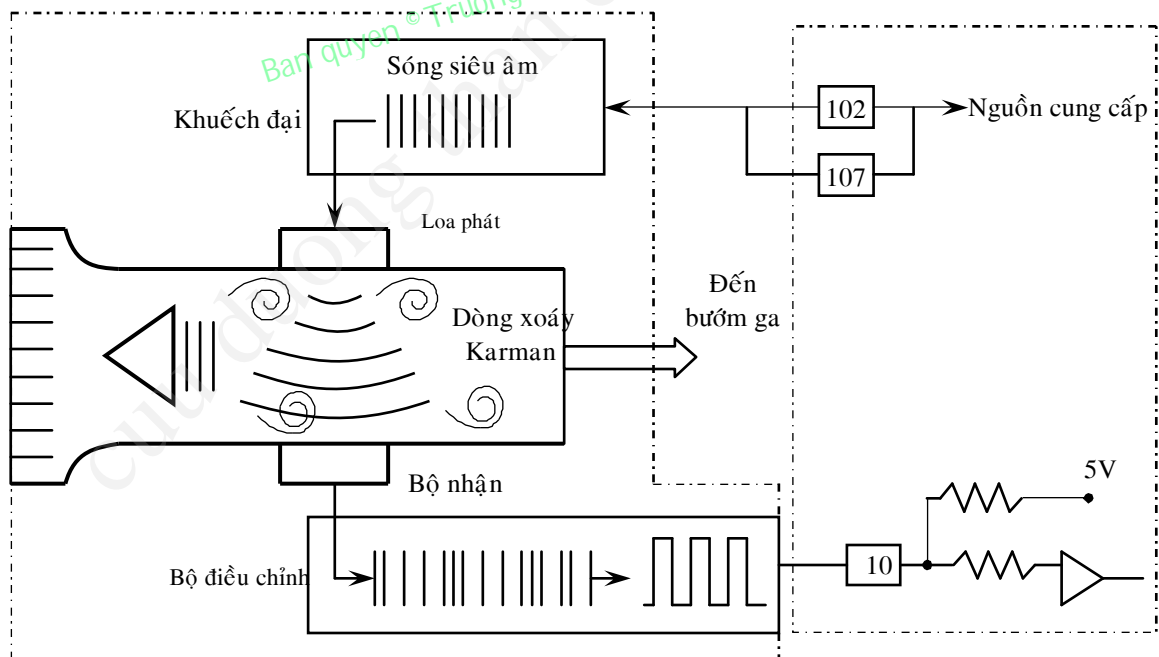
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Hình 6-13: **Mạch điện đo gió kiểu Karman quang**

*** Bộ đo gió Karman kiểu siêu âm (ultrasonic)**

Cấu tạo: Bộ đo gió Karman kiểu siêu âm được sử dụng trong hệ thống LU-Jetronic (Misubishi, Huyndai) 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. |
| Cục 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 đổi các sóng siêu âm đã nhận được thành các xung điện dạng số. |



Hình 6-14: **Cấu tạo cảm biến đo gió Karman kiểu siêu âm**

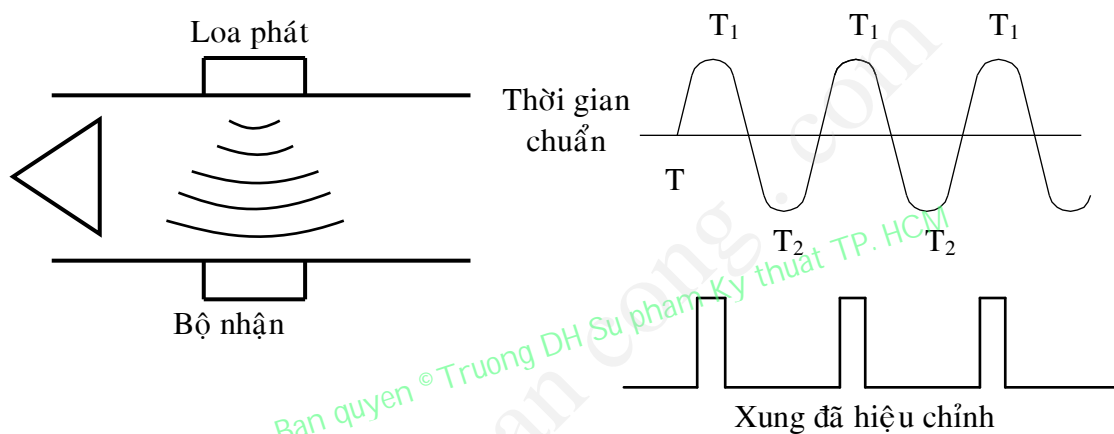
Phương pháp đo gió:

Khi dòng khí đi qua cục tạo xoáy dạng cột với mặt cắt hình tam giác, nó sẽ tạo ra 2 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 độ mở của cánh bướm ga.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

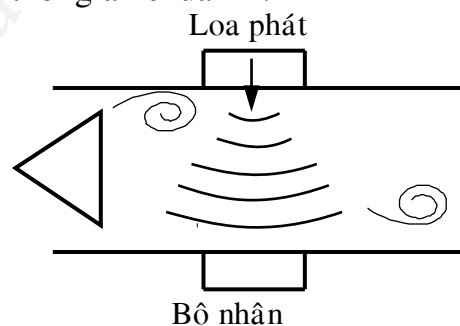
Hình 6-15: Cách tạo xoáy lốc

Khi không có dòng khí đi qua thì cực 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 6.16).



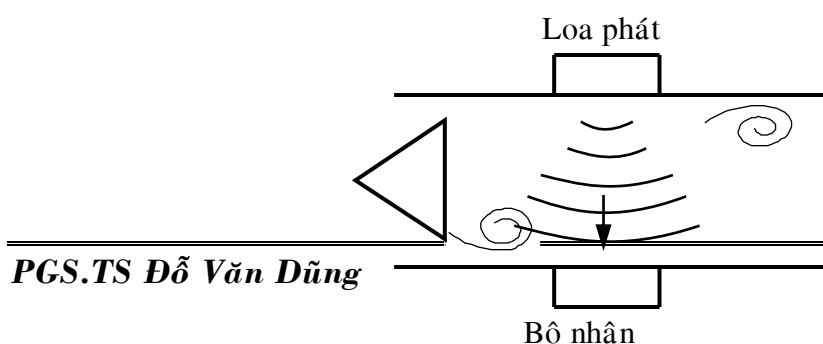
Hình 6-16: Bộ phát sóng và dạng xung

Sóng siêu âm khi gặp dòng xoáy theo chiều kim đồng hồ đi qua sẽ truyền đến bộ nhận 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 6-17: Dòng khí xoáy cùng chiều sóng siêu âm

Trong trường hợp sóng siêu âm gặp dòng xoáy ngược chiều kim đồng hồ, thời gian để bộ nhận sóng nhận được tín hiệu từ bộ phát là T_2 lớn hơn thời gian chuẩn T .

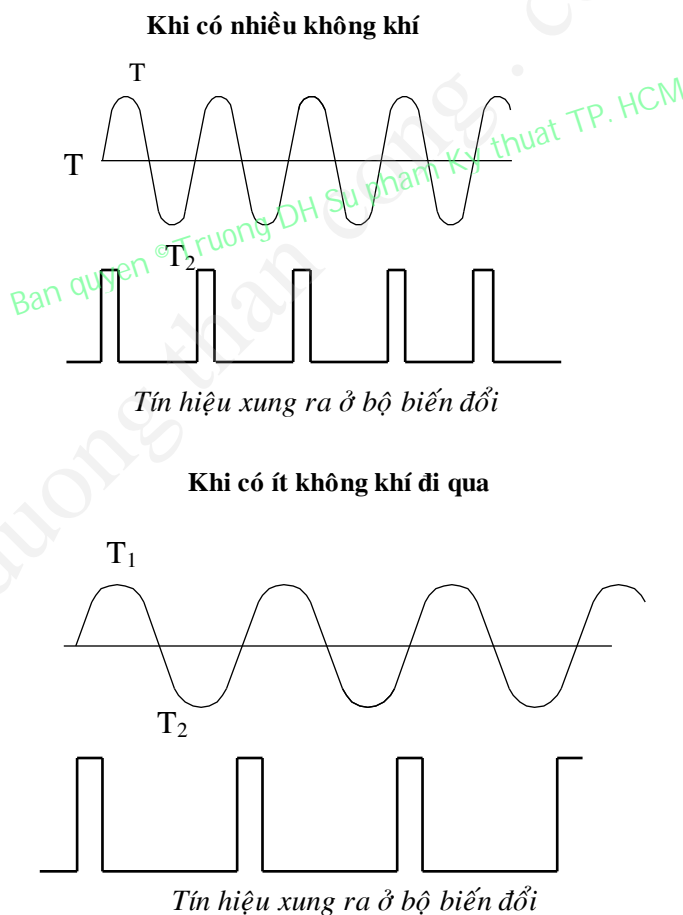


Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

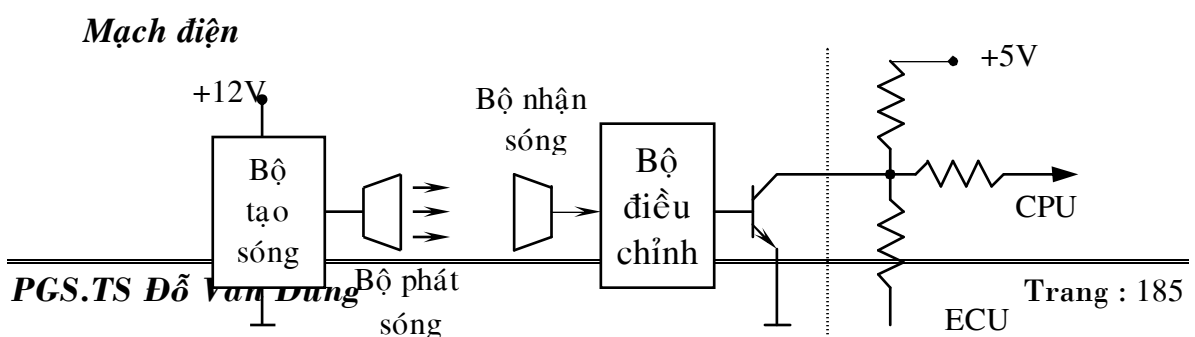
Hình 6-18: **Dòng khí ngược chiều sóng siêu âm**

Như vậy, khi không khí đi vào xylanh, do các dòng xoáy thuận và nghịch chiều kim đồng hồ liên tục đi qua giữa bộ phát và bộ nhận 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 gió vào 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 tỷ lệ thuận với tần số phát xung của bộ điều chỉnh.



Hình 6-19: **Xung ra của bộ đo gió Karman siêu âm thay đổi theo lưu lượng khí nạp**



Hình 6-20: *Mạch điện cảm biến đo gió Karman siêu âm*

6.3.1.3 Cảm biến đo gió kiểu dây nhiệt (trong LH-Jetronic)

Nguyên lý của bộ đo gió kiểu nhiệt dựa trên sự phụ thuộc của năng lượng nhiệt W thoát ra từ một linh kiện được nung nóng bằng điện (phần tử nhiệt) như : dây nhiệt, màng nhiệt hoặc điện trở nhiệt (thermistor) được đặt trong dòng khí nạp vào khối lượng gió G đi qua và được tính theo công thức sau:

$$W = K . \Delta t . G^n$$

Trong đó:

K : hằng số tỷ lệ

Δt : chênh lệch nhiệt độ giữa phần tử nhiệt và dòng khí.

n : hệ số phụ thuộc vào đặc tính trao đổi nhiệt giữa phần tử nhiệt và môi trường.

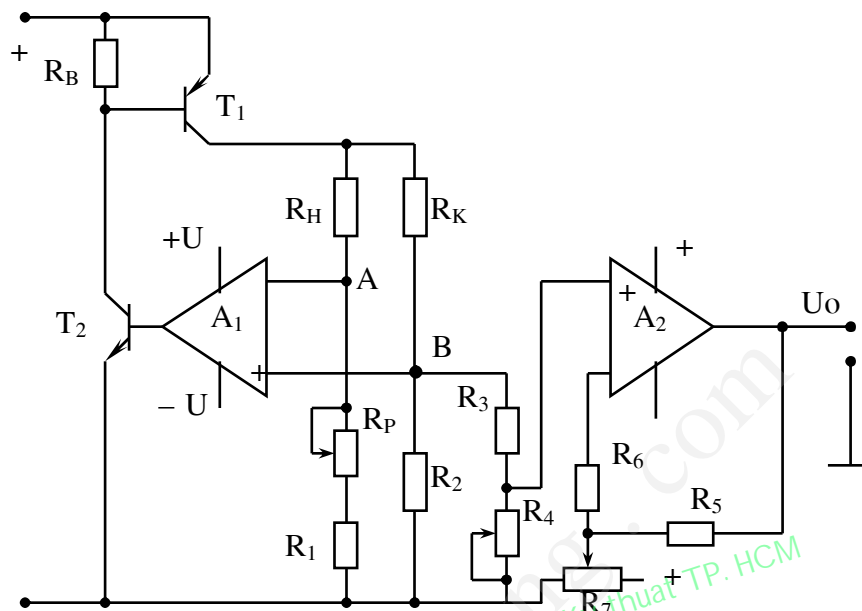
Sơ đồ cảm biến đo gió loại nhiệt độ không đổi được trình bày trên hình 6-17.

Điện trở R_H (được nung nóng) và điện trở bù nhiệt R_K (làm bằng platin) được mắc vào hai nhánh của cầu *Wheatstone*. Cả hai điện trở này đều được đặt trên đường ống nạp.

Khi nối các ngõ 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 T_1 và T_2 , làm thay đổi cường độ dòng điện chảy qua cầu.

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, 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 vào của dòng không khí. Tín hiệu điện thế ra của mạch đo được lấy từ R_2 có hệ số nhiệt điện trở rất nhỏ, do đó tỷ lệ thuận với dòng điện đi qua nó. Tín hiệu này sau khi đi qua cầu phân thế gồm R_3 và R_4 được đưa đến OP AMP2 giữ chức năng chuyển phát. Điện trở R_4 dùng để điều chỉnh điện thế ở ngõ ra.

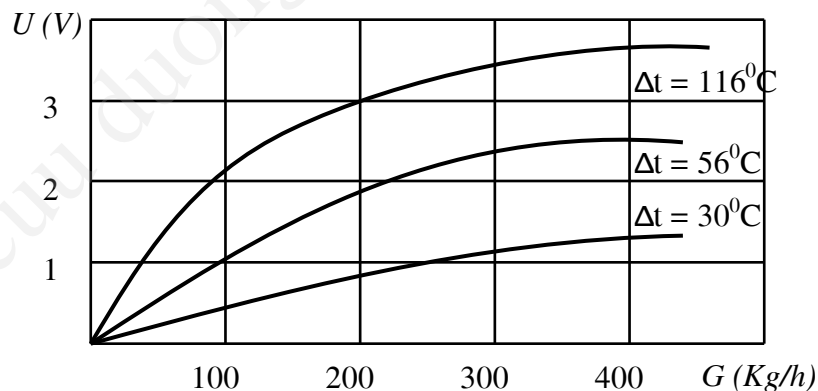
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 6-21: **Mạch điện cảm biến đo gió kiểu dây nhiệt**

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 6-22: **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 tỷ 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°C (air mass sensor BOSCH).

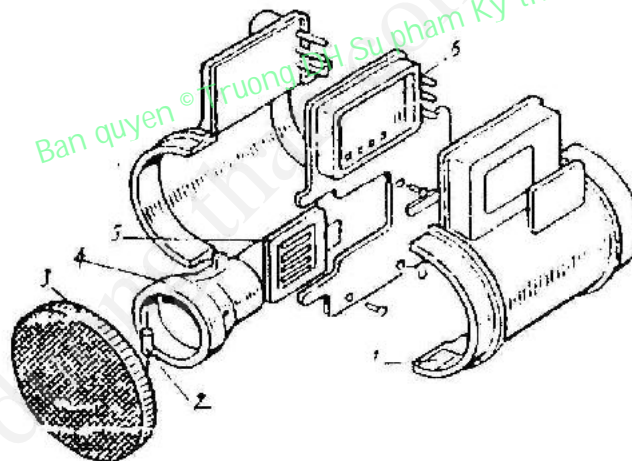
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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°C lên 1000°C sau khi tắt công tắc máy, trong trường hợp động cơ đã chạy trên 1500 vòng/phút , tốc độ xe trên 20km/h và nhiệt độ nước dưới 150°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 đo gió 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 $9 \div 360 \text{ kg/h}$ 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 đo gió 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.



1-Thân; 2-Cảm biến nhiệt độ không khí; 3-Lưới ổn định;
4-Kênh đo; 5-Màng nhiệt; 6-Mạch điện tử

Hình 6-23: Cảm biến đo gió loại màng nhiệt

Hình trên trình bày cấu tạo cảm biến đo gió 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°C nhờ mạch tương tự như hình 6-21. Thang đo của cảm biến trong khoảng $15 \div 470 \text{ kg/h}$.

Khi thiết kế cảm biến đo gió kiểu nhiệt, đặt trên đường ống nạp của động cơ cần lưu ý những đặc điểm sau:

1. 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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

2. 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.
3. Cảm biến đo gió 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.
4. Vít chỉnh CO trên cảm biến không nằm trên đường bypass mà là biến trở gắn trên mạch điện tử.
5. Trên một số xe, cảm biến đo gió 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 tỷ lệ thuận với lượng không khí và được đưa về ECU xử lý để tính lượng xăng tương ứng.

Cảm biến kiểu nhiệt thường gặp trên các động cơ phun xăng có tăng áp (Turbo charger), vì áp lực lớn trên đường ống nạp nên không thể sử dụng MAP sensor hoặc cảm biến đo gió 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 đo gió kiểu nhiệt đã được ứng dụng rộng rãi trong hệ thống điều khiển phun xăng hiện nay.

6.3.1.4 Cảm biến áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp (MAP - Manifold Absolute Pressure sensor)

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. Khi tải thay đổi, áp suất tuyệt đối trong đường ống nạp sẽ thay đổi và MAP sensor sẽ chuyển thành tín hiệu điện thế 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.

Có ba loại:

- **Loại áp điện kế**

Cấu tạo và nguyên lý hoạt động:

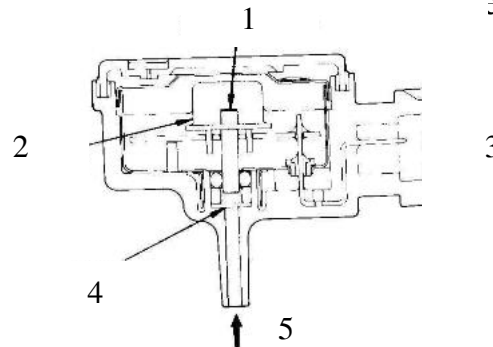
Loại cảm biến này dựa trên nguyên lý cầu Wheatstone. Mạch cầu Wheatstone được sử dụng trong thiết bị nhằm tạo ra một điện thế phù hợp với sự thay đổi điện trở.

Cảm biến bao gồm một tấm silicon nhỏ (hay gọi là màng ngăn) dày hơn ở hai mép ngoài (khoảng 0,25 mm) và mỏng ở giữa (khoảng 0,025 mm). Hai mép được

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

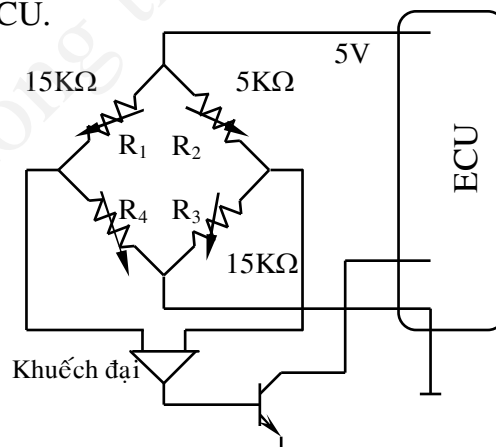
làm kín cùng với mặt trong của tấm silicon tạo thành buồng chân không trong cảm biến. Mặt ngoài tấm silicon tiếp xúc với áp suất đường ống nạp. Hai mặt của tấm silicon được phủ thạch anh (quartz) để bảo vệ (quartz resistor).

1. Mạch bán dẫn
2. Buồng chân không
3. Giắc cắm
4. Lọc khí
5. Đường ống nạp



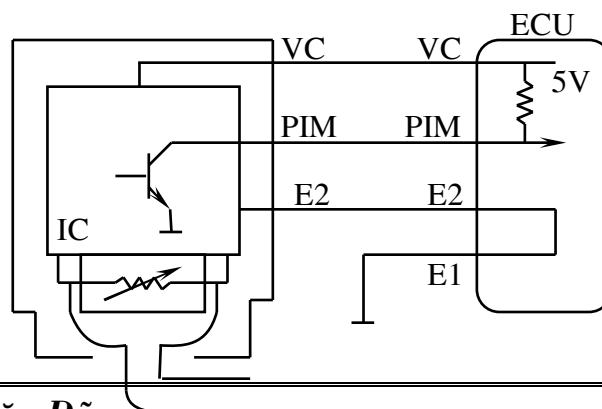
Hình 6-35: Cảm biến áp suất đường ống nạp

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 2 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 2 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.



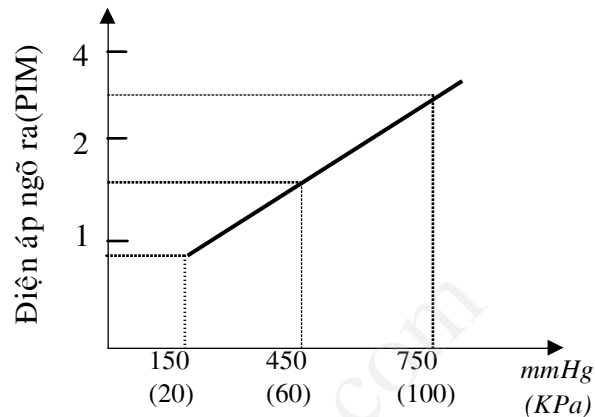
Hình 6-36: Sơ đồ nguyên lý cảm biến áp suất đường ống nạp

Mạch điện:



Hình 6-37: **Mạch điện cảm biến áp suất đường ống nạp**

Đường đặc tuyến:

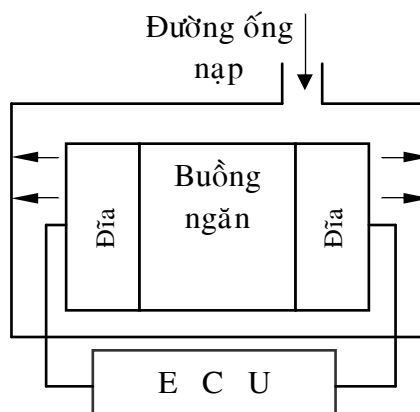


Hình 6-38: **Đường đặc tuyến của MAP sensor**

Hiện nay trên các ô tô, tồn tại 2 loại cảm biến đo áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp khác nhau về tín hiệu đầu ra: điện thế (TOYOTA, HONDA, DAEWOO, GM, CHRYSLER...) và tần số (FORD). Ở loại MAP điện thế, giá trị điện thế thấp nhất (lúc cánh bướm ga đóng hoàn toàn) và giá trị cao nhất (lúc c toàn tải) cũng phụ thuộc vào loại xe, gây khó khăn trong việc lắp lẫn.

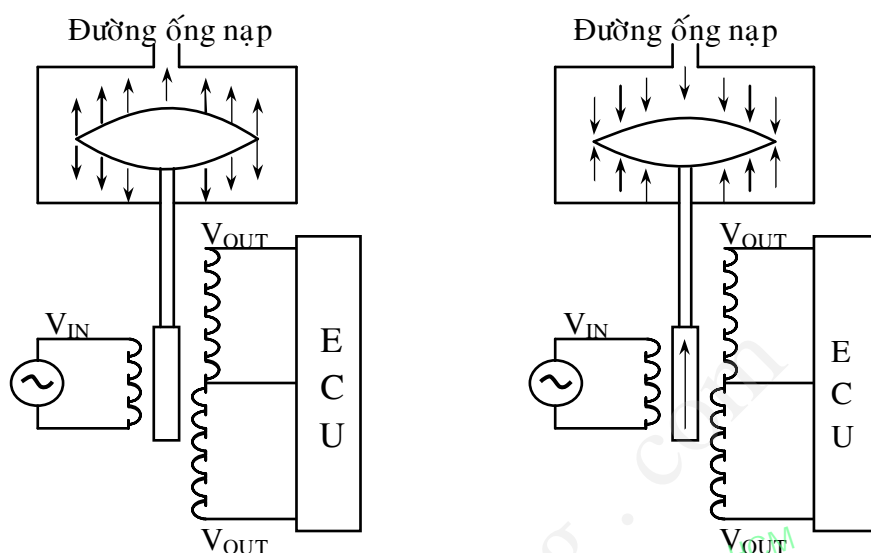
- **Loại điện dung**

Cảm biến này dựa trên nguyên lý thay đổi điện dung tụ điện. Cảm biến bao gồm hai đĩa silicon đặt cách nhau tạo thành buồng kín ở giữa. Trên mỗi đĩa có điện cực nối hai tấm silicon với nhau. Áp suất đường ống nạp thay đổi sẽ làm cong hai đĩa vào hướng bên trong, làm khoảng cách giữa hai đĩa giảm khiến tăng điện dung tụ điện. Sự thay đổi điện dung tụ điện sinh tín hiệu điện áp gửi về ECU để nhận biết áp suất trên đường ống nạp.



Hình 6-39: **Sơ đồ cấu tạo cảm biến MAP loại điện dung**

- **Loại sai lệch từ tuyến tính:**



Hình 6-40: Sơ đồ nguyên lý MAP sensor loại sai lệch từ tuyến tính

Cảm biến này bao gồm một cuộn dây sơ cấp, hai cuộn dây thứ cấp quấn ngược chiều nhau và một lõi sắt di chuyển. Một nguồn điện áp xoay chiều được cung cấp cho cuộn sơ cấp. Khi lõi ở vị trí giữa, chênh lệch điện thế giữa hai cuộn thứ cấp bằng không. Khi áp suất đường ống nạp thay đổi, buồng khí áp sẽ hút lõi thép di chuyển phù hợp với tải động cơ, lúc này từ thông qua hai cuộn thứ cấp sẽ khác biệt gây nên sự chênh lệch điện thế. Tín hiệu điện thế từ các cuộn thứ cấp được gửi về ECU nhận biết tình trạng áp suất trên đường ống nạp.

6.3.2 Cảm biến tốc độ động cơ và vị trí piston

Cảm biến vị trí piston (TDC sensor hay còn gọi là cảm biến G) báo cho ECU biết vị trí tử điểm thượng hoặc trước tử điểm thượng của piston. Trong một số trường hợp, chỉ có vị trí của piston xylanh số 1 (hoặc số 6) được báo về ECU, còn vị trí các xylanh còn lại sẽ được tính toán. Công dụng của cảm biến này là để 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 xylanh 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 xylanh. Cảm biến này cũng được dùng vào mục đích điều khiển tốc độ cầm chừng hoặc cắt nhiên liệu ở chế độ cầm chừng cưỡng bức.

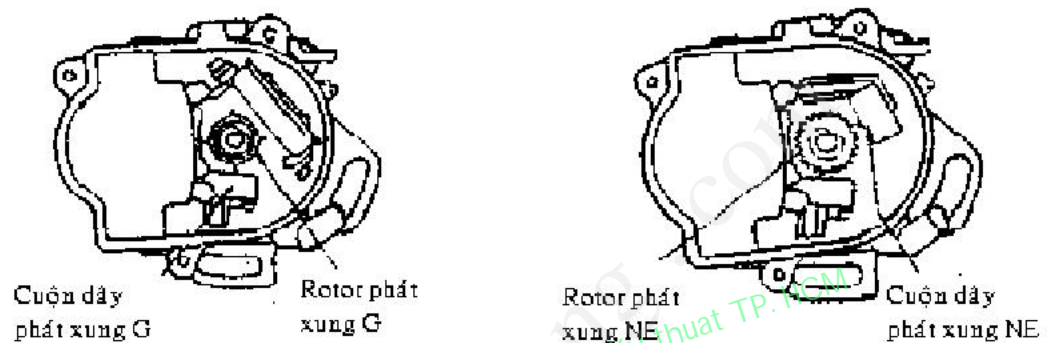
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 xilanh và cảm biến tốc độ động cơ có nhiều dạng khác nhau như: cảm biến điện từ loại nam châm quay hoặc đứng yên, cảm biến quang, cảm biến Hall...

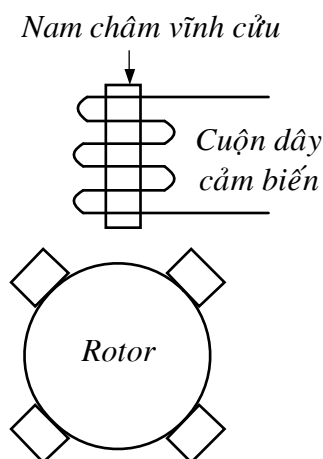
6.3.2.1 Loại dùng cảm biến điện từ

Cấu tạo:



Hình 6-24: Sơ đồ bố trí cảm biến *G* và *NE* trên xe *TOYOTA*

Trên hình 6-24 trình bày sơ đồ bố trí của cảm biến vị trí xy lanh và tốc độ động cơ dạng điện từ trên xe Toyota loại nam châm đứng yên. 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.



Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Hình 6-25: *Sơ đồ nguyên lý của loại dùng cảm biến điện từ*

Nguyên lý hoạt động (xem hình 6-25): 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 cửa răng của rotor không nằm đối diện cực từ, thì 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 cửa 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, thì khe hở không khí tăng dần làm từ thông giảm sinh ra một sức điện động theo chiều ngược lại.

♦ **Tín hiệu G:**

Cuộn cảm nhận tín hiệu G, gắn trên thân của bộ chia điện. Rotor tín hiệu G có 4 răng sẽ cho 4 xung dạng sin cho mỗi vòng quay của trục cam. Xem hình 6-26.

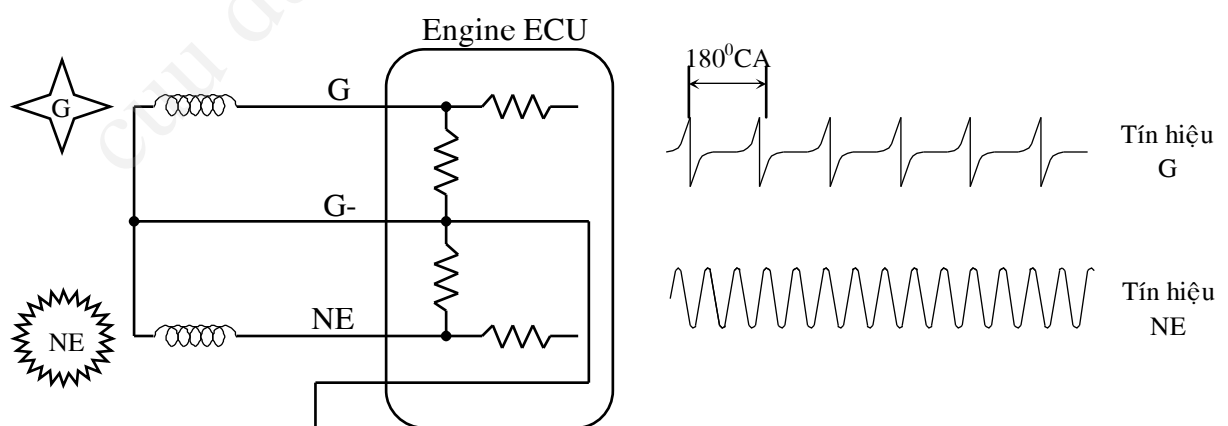
♦ **Tín hiệu NE:**

Tín hiệu NE được tạo ra trong cuộn cảm cùng nguyên lý như tín hiệu G. Điều khác nhau duy nhất là rotor của tín hiệu NE có 24 răng. Cuộn dây cảm biến sẽ phát 24 xung trong mỗi vòng quay của delco.

Mạch điện và dạng xung:

Tín hiệu G (1 cuộn kích 4 răng)

Tín hiệu NE (1 cuộn kích 24 răng).

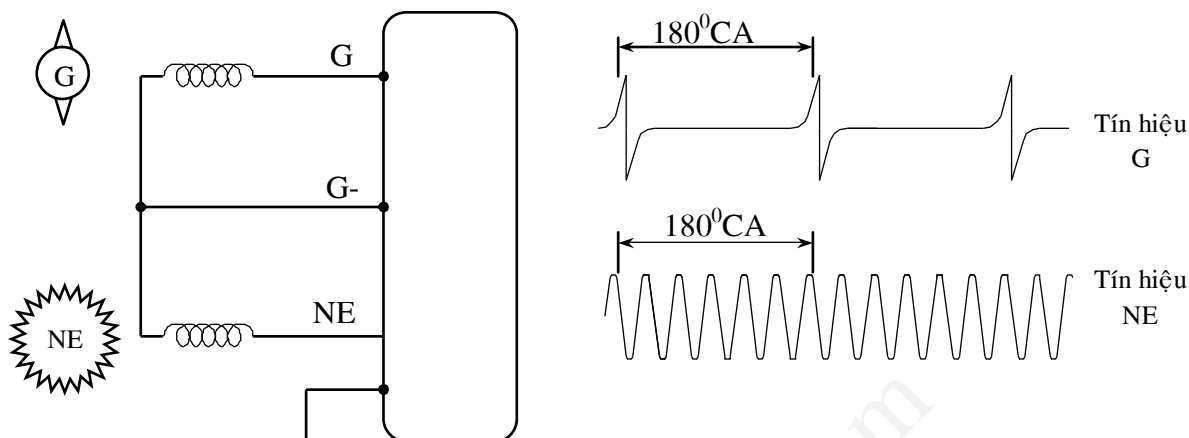


Hình 6-26: *Sơ đồ mạch điện và dạng tín hiệu xung G và NE.*

Một số mạch điện và dạng xung của tín hiệu G và NE với số răng khác nhau trên TOYOTA

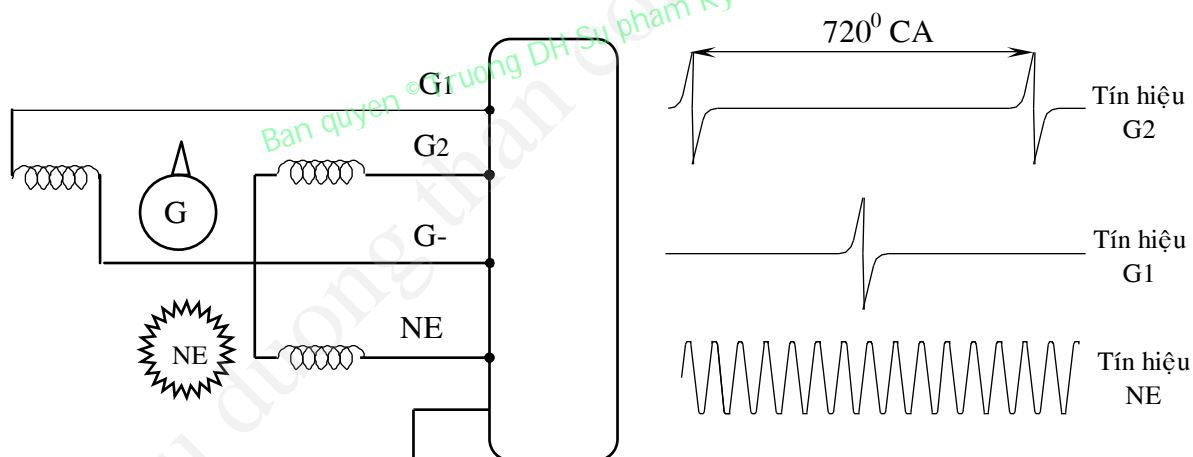
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

1. Tín hiệu G (1 cuộn kích, 2 răng).
Tín hiệu NE (1 cuộn kích, 24 răng).



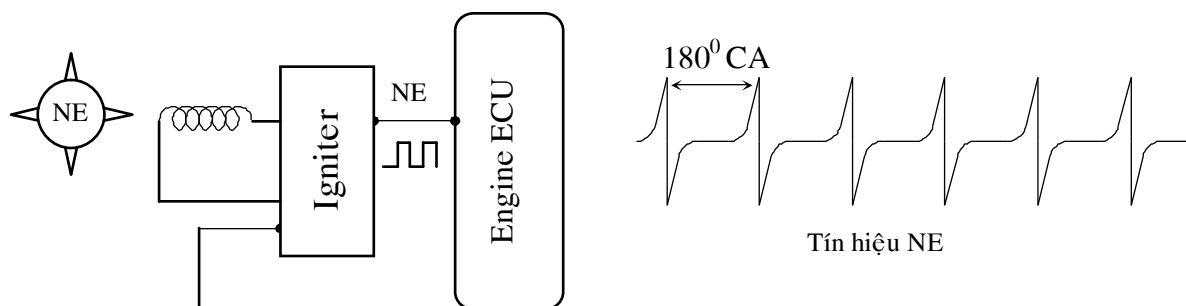
Hình 6-27: Sơ đồ và dạng xung loại 2/24

2. Tín hiệu G_1 và G_2 (2 cuộn kích, 1 răng).
Tín hiệu NE (1 cuộn kích, 24 răng).



Hình 6-28: Sơ đồ và dạng xung loại 1/24

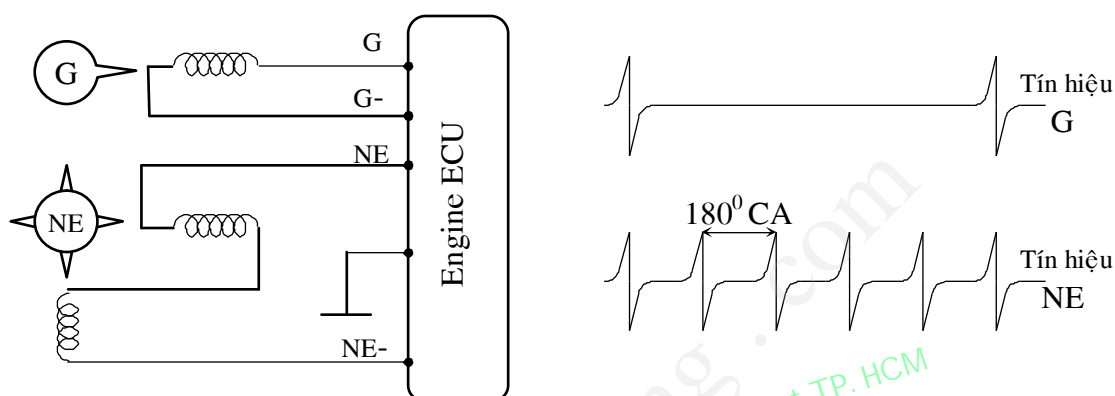
3. Tín hiệu NE (1 cuộn kích, 4 răng).



Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

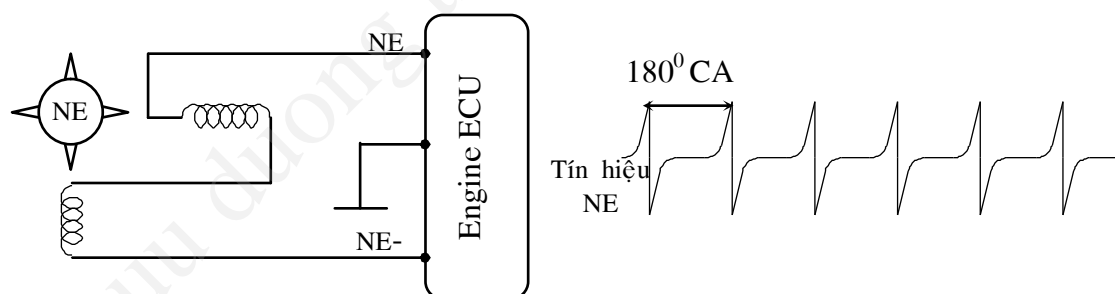
Hình 6-29: Sơ đồ và dạng xung loại 1 cuộn dây chung cho G và NE kết hợp với IC đánh lửa

4. Tín hiệu G (1 cuộn kích, 1 răng).
Tín hiệu Ne (2 cuộn kích, 4 răng).



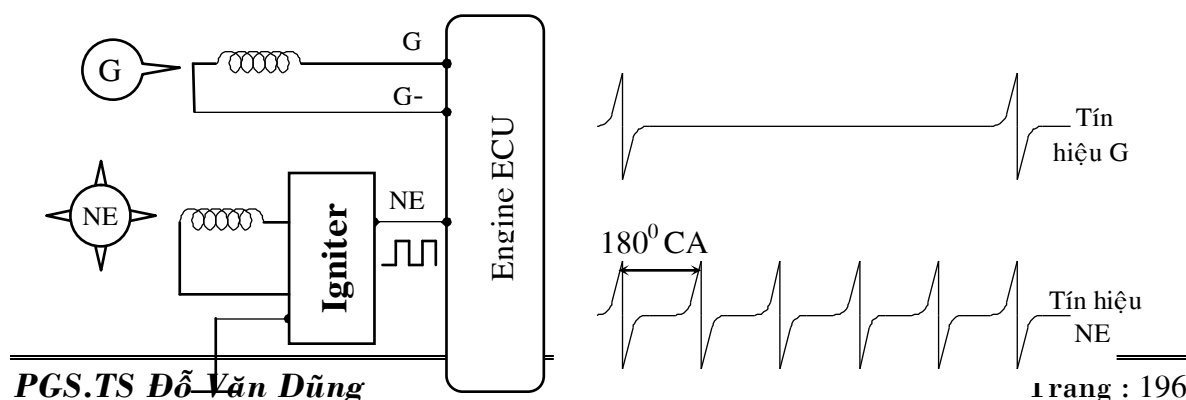
Hình 6-30: Sơ đồ và dạng xung loại 1/4

5. Tín hiệu NE (2 cuộn kích, 4 răng)



Hình 6-31: Sơ đồ và dạng xung loại 2 cuộn dây chung cho G và NE

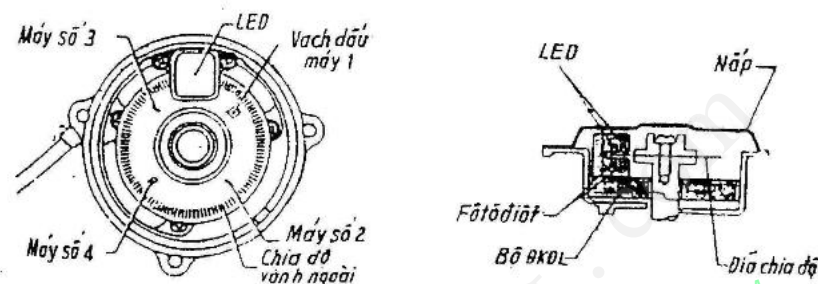
6. Tín hiệu G (1 cuộn kích, 1 răng).
Tín hiệu NE (2 cuộn kích, 4 răng).



Hình 6-32: Sơ đồ và dạng xung của loại 4/4 kết hợp IC đánh lửa

6.3.2.2 Loại dùng cảm biến quang:

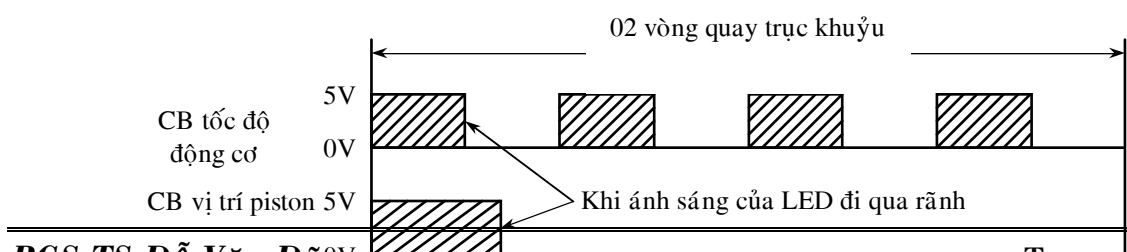
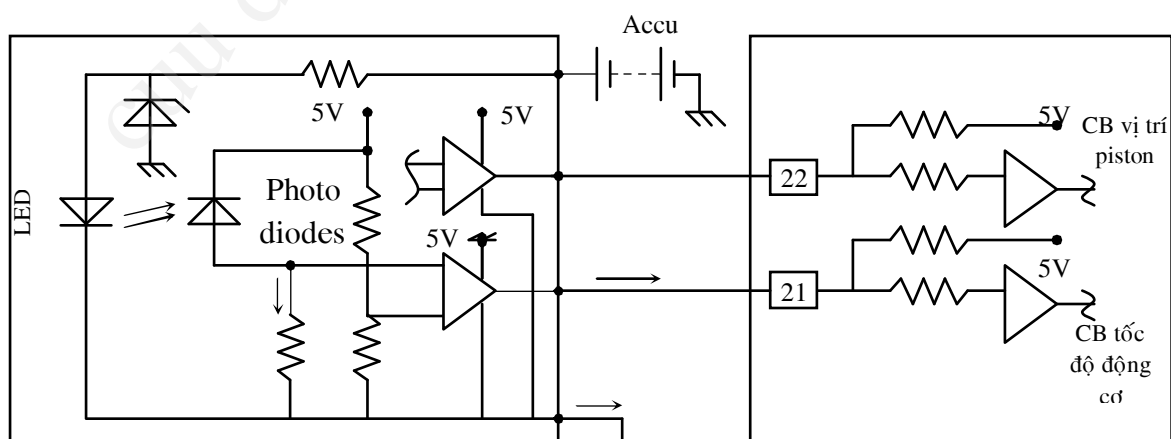
Cấu tạo:



Hình 6-33: Cảm biến quang

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 xy lanh 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 đều ứng với 2^0 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.

Mạch điện:



Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Hình 6-34: **Mạch điện cảm biến quang**

Khi đĩa quay, các rãnh lần lượt đi qua photocouple. 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 photocouple, photodiode 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.

6.3.3 Cảm biến bướm ga (Throttle position sensor)

Cảm biến vị trí cánh bướm ga được lắp ở trên trục cánh bướm ga. Cảm biến này đóng vai trò chuyển vị trí góc mở cánh bướm ga thành tín hiệu điện thế gửi đến ECU.

Tín hiệu cảm chừng (*IDL*) dùng để điều khiển phun nhiên liệu khi tăng tốc và giảm tốc cũng như hiệu chỉnh thời điểm đánh lửa. Trên một số xe, cảm biến vị trí bướm ga còn giúp ECU điều khiển hộp số tự động.

Tín hiệu toàn tải (*PSW*) dùng để tăng lượng xăng phun ở chế độ toàn tải để tăng công suất động cơ.

Có nhiều loại cảm biến vị trí cánh bướm ga, tùy theo yêu cầu và thiết kế trên các đời xe ta thường có các loại:

6.3.3.1 Loại công tắc

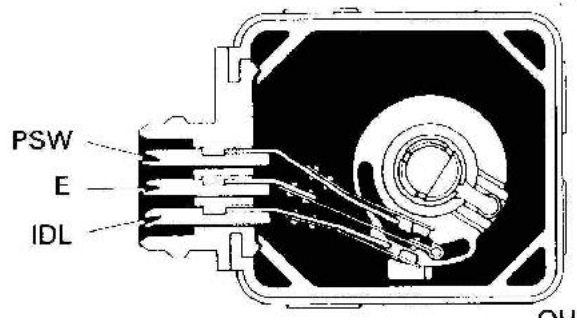
Cấu tạo:

Gồm có:

- Một cần xoay đồng trục với cánh bướm ga.
- Cam dẫn hướng xoay theo cần.
- Tiếp điểm di động di chuyển dọc theo rãnh của cam dẫn hướng
- Tiếp điểm cảm chừng
- Tiếp điểm toàn tải

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

1 2-contact type



Hình 6-41: Cảm biến cánh bướm ga loại công tắc

Hoạt động:

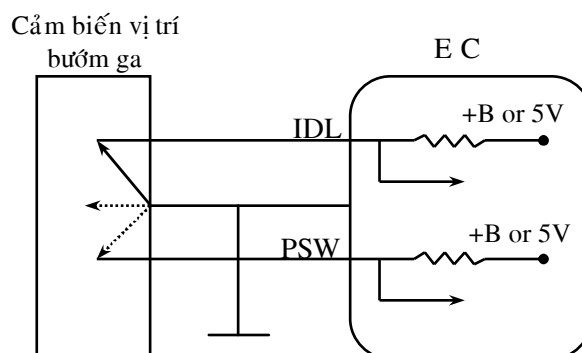
- Ở chế độ cầm chừng: Khi cánh bướm ga đóng (góc mở $< 5^\circ$) thì tiếp điểm di động sẽ tiếp xúc với tiếp điểm cầm chừng và gửi tín hiệu điện thế thông báo cho ECU biết động cơ đang hoạt động ở mức cầm chừng.

Tín hiệu này cũng dùng để cắt nhiên liệu khi động cơ giảm tốc đột ngột (chế độ cầm chừng cưỡng bức). Ví dụ, khi xe đang chạy ở tốc độ cao ta muốn giảm tốc độ, ta nhả chân đạp ga thì tiếp điểm cầm chừng trong công tắc cánh bướm ga đóng, báo cho ECU biết động cơ đang giảm tốc. Nếu tốc độ động cơ vượt quá giá trị nhất định tùy theo từng loại động cơ thì ECU sẽ điều khiển cắt nhiên liệu cho đến khi tốc độ cơ đạt tốc độ cầm chừng ổn định.

- Ở chế độ tải lớn: Khi cánh bướm ga mở khoảng $50^\circ - 70^\circ$ (tùy từng loại động cơ) so với vị trí đóng hoàn toàn, tiếp điểm di động tiếp xúc với tiếp điểm toàn tải và gửi tín hiệu điện thế để báo cho ECU biết tình trạng tải lớn của động cơ.

Mạch điện: Có hai loại:

Loại âm chờ:

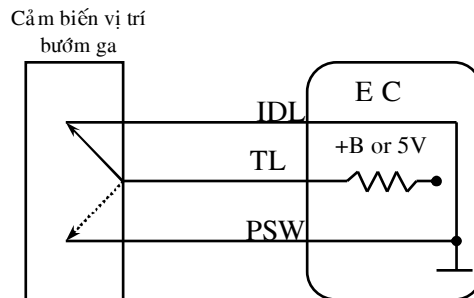


Hình 6-42: Mạch điện cảm biến vị trí cánh bướm ga loại âm chờ

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

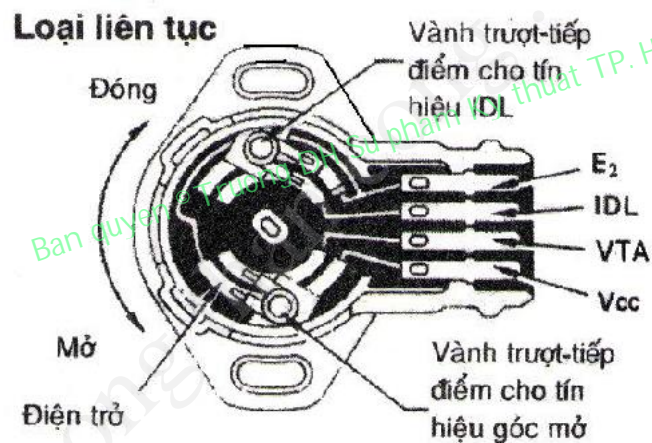
Điện áp 5V đi qua một điện trở trong ECU đưa đến cực IDL và cực PSW. Ở vị trí cầm chừng điện áp từ cực IDL qua công tắc tiếp xúc IDL về mass. Ở vị trí toàn tải điện áp từ cực PSW qua công tắc tiếp xúc PSW về mass.

Loại dương chờ:



Hình 6-43: Mạch điện cảm biến vị trí bướm ga loại dương chờ

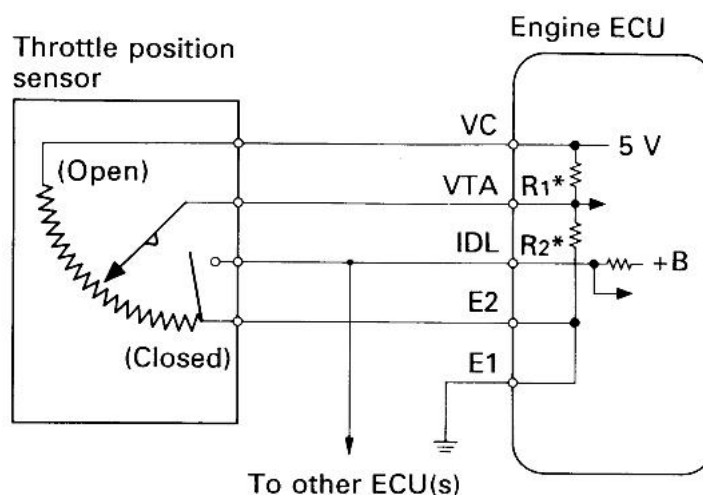
6.3.3.2 Cảm biến vị trí cánh bướm ga loại biến trở:



Hình 6-44: Cảm biến cánh bướm ga loại biến trở

Loại này có cấu tạo gồm hai con trượt, ở đầu mỗi con trượt được thiết kế có các tiếp điểm cho tín hiệu cầm chừng và tín hiệu góc mở cánh bướm ga, có cấu tạo như hình 6-44.

Mạch điện:



Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

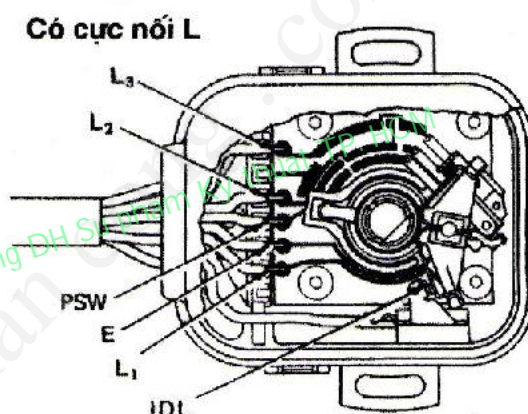
Hình 6-45: **Mạch điện cảm biến vị trí cánh bướm ga loại biến trở**

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 cầu chùng nối cực IDL với cực E2. Trên đa số các xe trừ Toyota, cảm biến bướm ga loại biến trở chỉ có 3 dây VC, VTA và E2 mà không có dây IDL.

6.3.3.3 Một số loại cảm biến vị trí cánh bướm ga có thêm các giác phụ

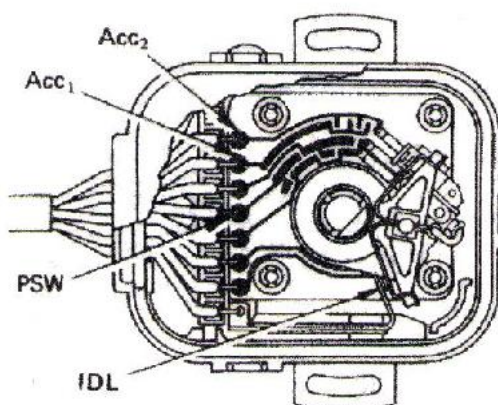
Trên xe có trang bị hộp số tự động, khi sang số cảm biến vị trí cánh bướm ga sẽ đồng thời bật sang vị trí L1, L2, L3 tương ứng với các vị trí tay số. Tín hiệu này được gửi về ECU để điều chỉnh lượng xăng phun phù hợp với chế độ tải.

Hình 6-46: **Cảm biến cánh bướm ga có thêm vị trí tay số**



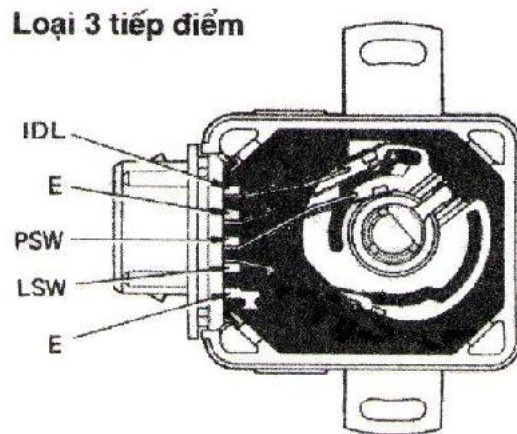
Đối với loại cảm biến có công tắc ACC1 và ACC2. Khi động cơ tăng tốc ở các chế độ khác nhau, tín hiệu từ hai vị trí công tắc này được gửi về ECU điều khiển tăng lượng xăng phun đáp ứng được quá trình tăng tốc động cơ.

Có cực nối Acc



Hình 6-47: **Cảm biến có công tắc ACC1 và ACC2**

Một số cảm biến có thêm công tắc cháy nghèo (*lean burn*).



Hình 6-48: *Cảm biến bướm ga có thêm công tắc chày nghèo (LSW)*

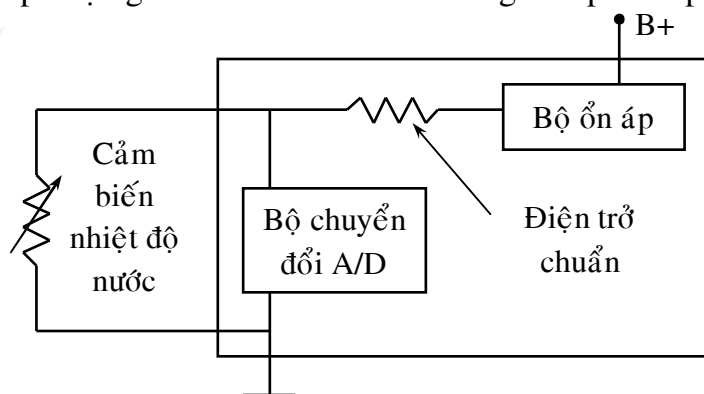
6.3.4 Cảm biến nước làm mát và cảm biến nhiệt độ khí nạp

6.3.4.1 Cảm biến nhiệt độ nước làm mát (Coolant water temperature sensor)

Dùng để xác định nhiệt độ động cơ, có cấu tạo là một điện trở nhiệt (*thermistor*) hay là một diode.

Nguyên lý:

Điện trở nhiệt là một phần 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 co-efficient*). 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.



Hình 6-49 : *Mạch điện của cảm biến nhiệt độ nước làm mát*

Trên sơ đồ hình 6-49 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

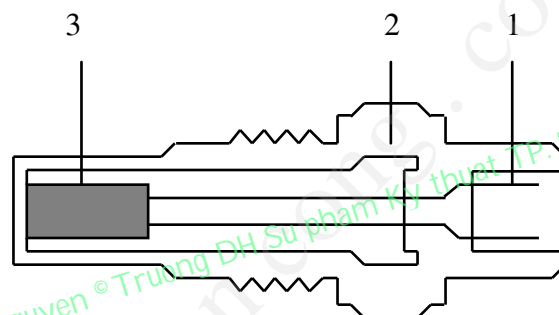
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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.

Cấu tạo:

Thường là trụ rỗng có ren ngoài, bên trong có gắn một điện trở dạng bán dẫn có hệ số nhiệt điện trở âm.

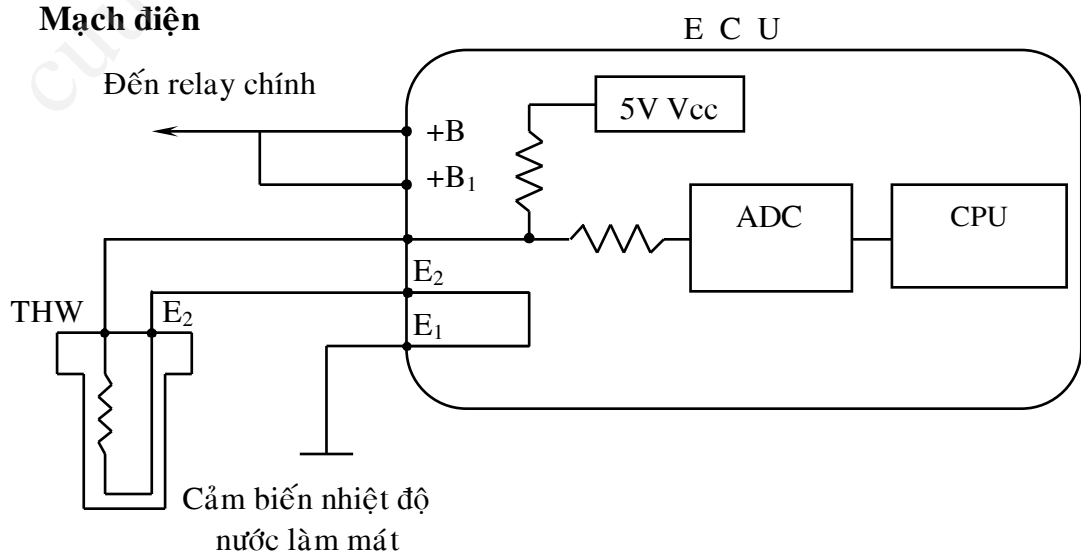


1- Đầu ghim; 2- Vỏ; 3- Điện trở (NTC)

Hình 6-50: **Cảm biến nhiệt độ nước làm mát**

Ở động cơ làm mát bằng nước, cảm biến được gắn ở thân máy, gần bong nước làm mát. Trong một số trường hợp cảm biến được lắp trên nắp máy.

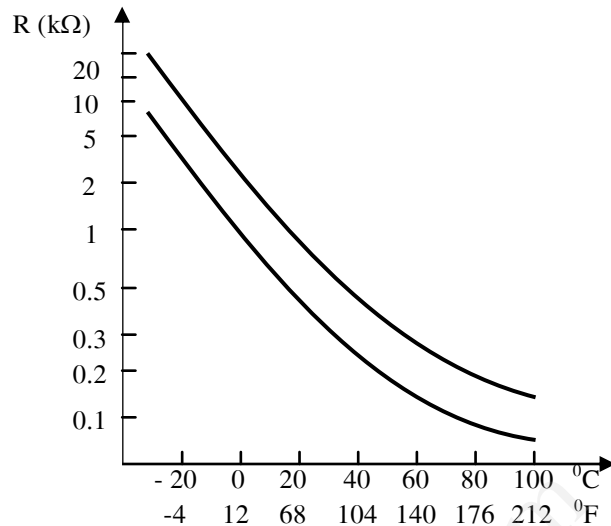
Mạch điện



Hình 6-51: **Mạch điện cảm biến nước làm mát**

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Đường đặc tuyến



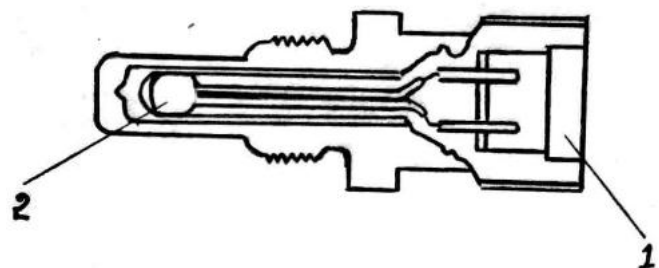
Hình 6-52: Đường đặc tính của cảm biến nước làm mát

6.3.4.2 Cảm biến nhiệt độ khí nạp (Intake Air Temperature hay Manifold Air Temperature 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 đo gió hoặc trên đường ống nạp.

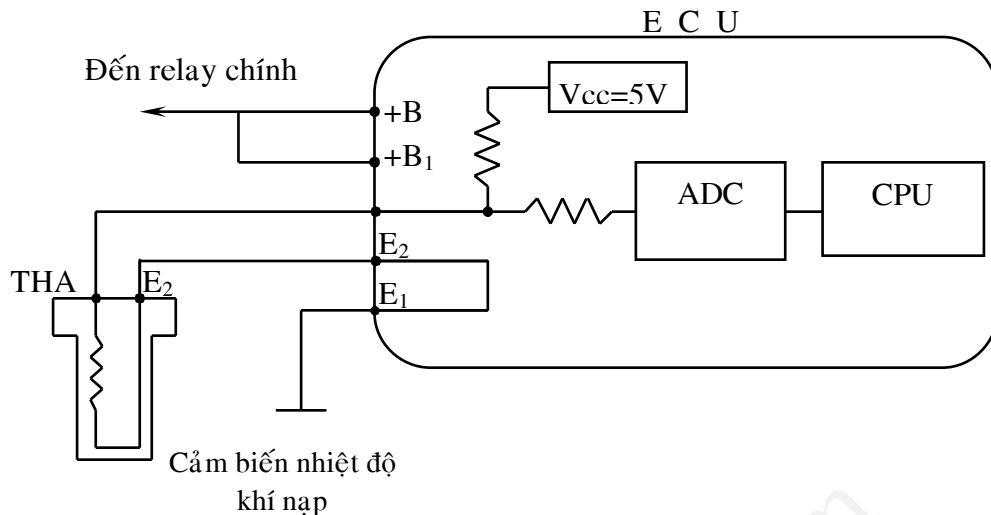
Tỷ trọng của không khí thay đổi theo nhiệt độ. Nếu nhiệt độ không khí cao, hàm lượng oxy trong không khí thấp. Khi nhiệt độ không khí thấp, hàm lượng oxy trong không khí tăng. Trong các hệ thống điều khiển phun xăng (trừ loại LH- Jetronic với cảm biến đo gió loại dây nhiệt) lưu lượng không khí được đo bởi các bộ đo gió 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.

1. Đầu ghim.
2. Điện trở NTC



Hình 6-53: Cảm biến nhiệt độ khí nạp

Mạch điện:



Hình 6-54: *Mạch điện của cảm biến nhiệt độ khí nạp*

6.3.5 Cảm biến khí thải (Exhaust gas sensor) hay cảm biến oxy (Oxygen sensor)

Để chống ô nhiễm, trên các xe được trang bị bộ hóa khử (TWC - Three way catalyst). Bộ hóa khử sẽ hoạt động với hiệu suất cao nhất ở tỷ lệ hòa khí lý tưởng 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 thế gửi về ECU để điều chỉnh tỷ lệ hòa khí thích hợp trong một điều kiện làm việc nhất định (chế độ điều khiển kín - Closed loop control).

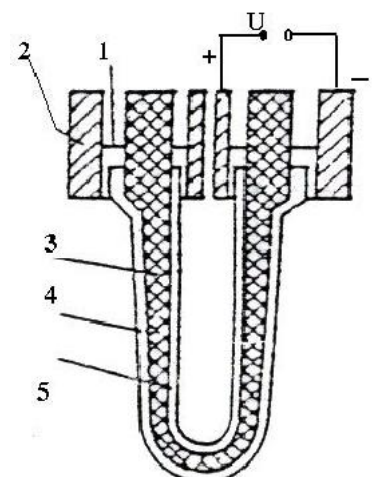
Cảm biến oxy được gắn ở đường ống thải. Có hai loại cảm biến oxy, khác nhau chủ yếu ở vật liệu chế tạo:

- Chế tạo từ Dioxide Zirconium (ZrO_2).
- chế tạo từ Dioxide Titanium (TiO_2)

6.3.5.1 Cảm biến oxy với thành phần Zirconium

Nguyên lý hoạt động:

1. Đệm dẫn điện
2. Thân
3. Chất điện phân khô
- 4,5. Điện cực ngoài và trong



Hình 6-55: *Cảm biến với thành phần Zirconium*

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 plantin để dẫn điện. Lớp plantin 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 600-900 mV. 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

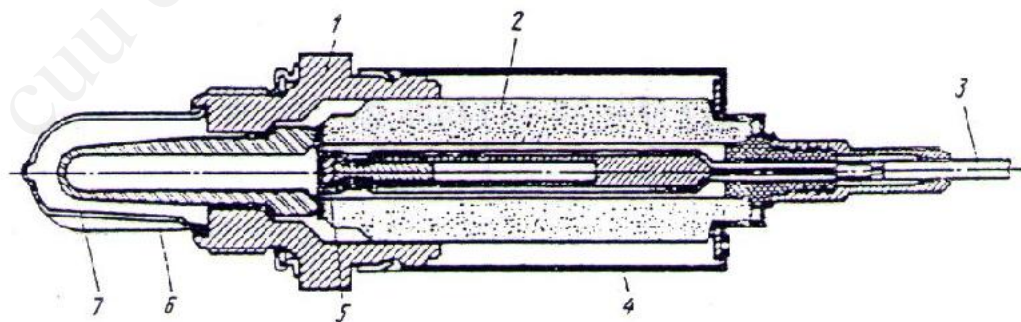
F : Hằng số Faraday

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:



Thân ; 2- Đệm ; 3- Dây nối ; 4- Vỏ ;
1- 5- Thanh tiếp xúc ; 6- Gốm ZrO_2 ; 7- Màng bảo vệ

Hình 6-56: **Cấu tạo cảm biến oxy loại Zirconium**

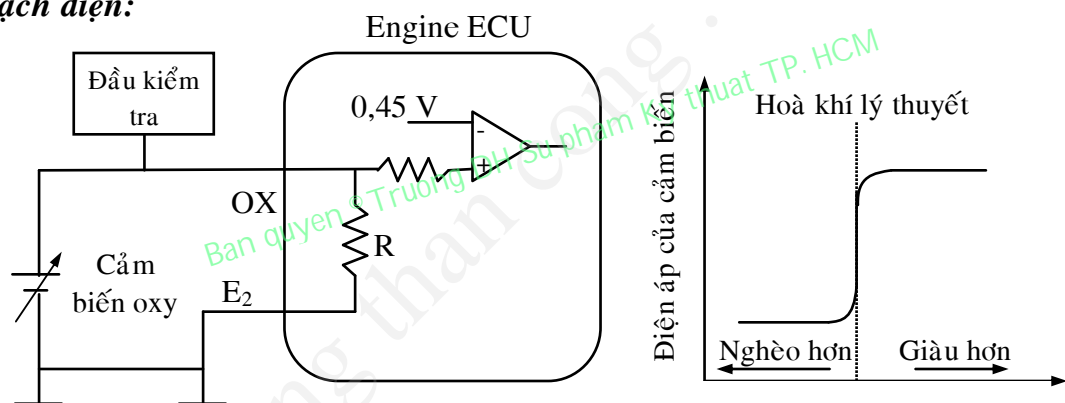
Thân cảm biến được giữ trong một chân có ren, bao ngoài một ống bảo vệ và được nối với các đầu dây điện.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Bề mặt của chất ZrO_2 được phủ một lớp platin mỏng cả mặt trong lẫn mặt ngoài. Ngoài lớp platin là một lớp gốm ZrO_2 rất xốp và kết dính, mục đích 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 kép 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 gốm 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 gốm 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 và được cung cấp điện từ accu.

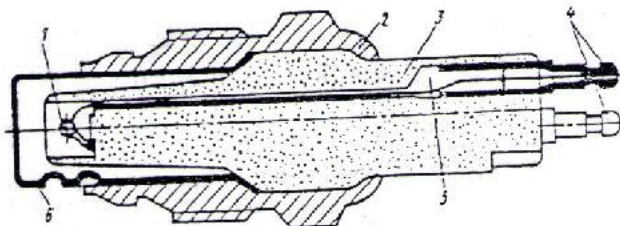
Mạch điện:



Hình 6-57: **Mạch điện của cảm biến oxy loại Zirconium**

6.3.5.2 Cảm biến oxy với thành phần Titanium

Cấu tạo:



Hình 6-58: **Cảm biến oxy loại 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 tính 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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 :

$$\rho = A \cdot P_{o_2}^{\frac{1}{n}} \cdot e^{\frac{E_0}{K \cdot T}}$$

Trong đó: A: hằng số

P: áp suất cục bộ của oxy trong khí thải

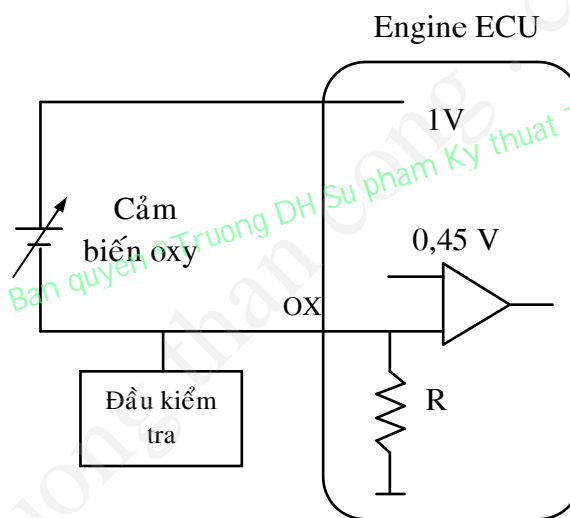
$n = 4$

E_0 : năng lượng kích thích

K: hằng số

T: nhiệt độ của chất TiO_2

Mạch điện:



Hình 6-59: *Mạch điện của cảm biến oxy loại Titania*

6.3.6 Cảm biến tốc độ xe (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 cầm chừng và tỷ lệ hòa khí phù hợp khi tăng tốc hoặc khi giảm tốc.

Có bốn loại cảm biến tốc độ:

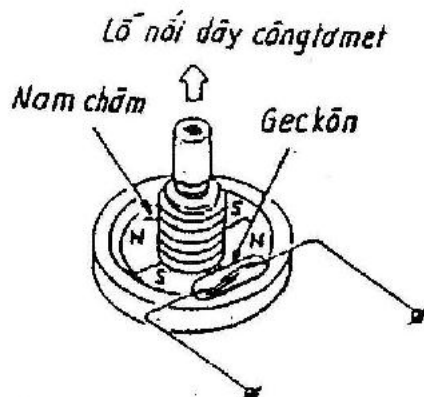
- ❖ Loại công tắc từ
- ❖ Loại cảm biến Hall
- ❖ Loại cảm biến từ trở
- ❖ Loại cảm biến quang

Trong giáo trình này chỉ trình bày loại cảm biến công tắc từ vì các loại khác tương tự như các cảm biến đánh lửa.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

♦ **Cảm biến tốc độ xe loại công tắc từ:**

Cấu tạo:



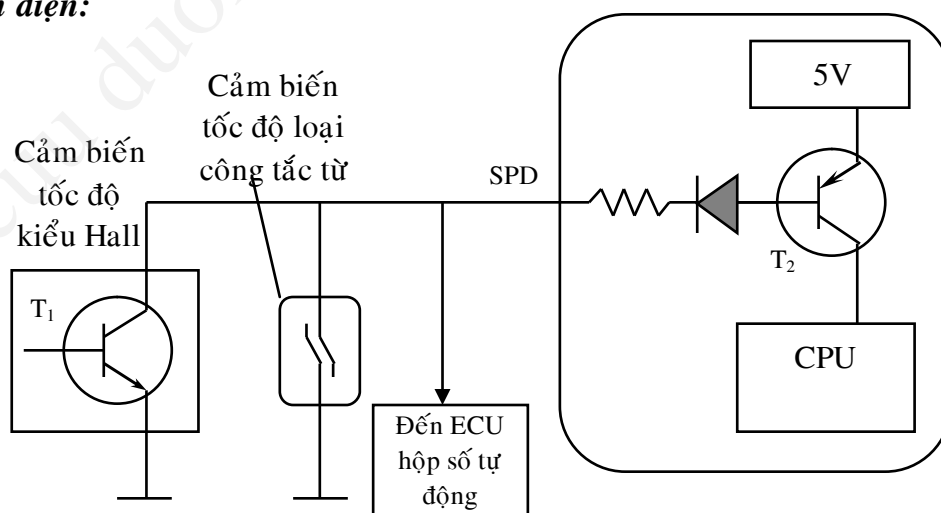
Hình 6-60: **Cảm biến tốc độ xe**

Cảm biến này 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.

Các 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.

Mạch điện:



Hình 6-61: **Sơ đồ mạch cảm biến tốc độ xe**

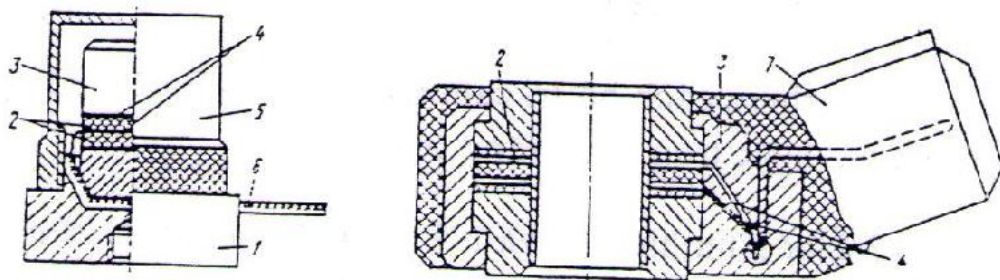
6.3.7 Cảm biến kích nổ (Knock or Detonation sensor)

Cảm biến kích nổ thường được chế tạo bằng vật liệu áp điện. Nó được gắn trên thân xylanh hoặc nắp máy để cảm nhận xung kích nổ phát sinh trong động

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

cơ và gửi tín hiệu này tới ECU làm trễ thời điểm đánh lửa nhằm ngăn chặn hiện tượng kích nổ.

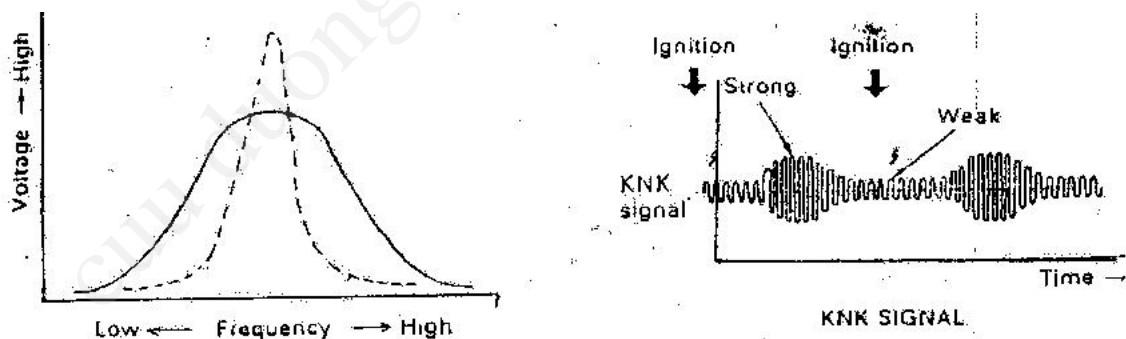
Cấu tạo và nguyên lý hoạt động:



1- Đáy cảm biến; 2- Tinh thể thạch anh;
3- Khối lượng quán tính; 4- Nắp; 5- Dây đan; 6- Đầu cảm biến

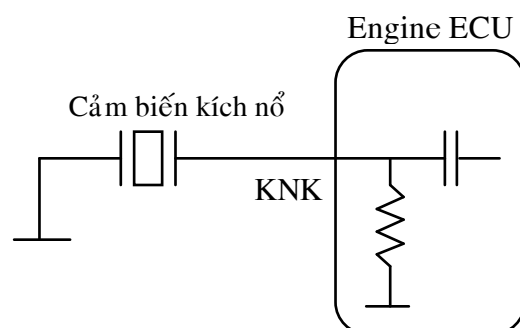
Hình 6-62: Cấu tạo cảm biến kích nổ

Thành phần áp điện trong cảm biến kích nổ được chế tạo bằng tinh thể thạch anh là những vật liệu khi có áp lực sẽ sinh ra điện áp (piezoelement). 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. Tín hiệu điện áp này có giá trị nhỏ hơn 2,4 V. Nhờ tín hiệu này, ECU nhận biết hiện tượng kích nổ và điều chỉnh giảm góc đánh lửa cho đến khi không còn kích nổ. ECU sau đó có thể chỉnh thời điểm đánh lửa sớm trở lại.



Hình 6-63: Đồ thị biểu diễn tần số kích nổ

Mạch điện:



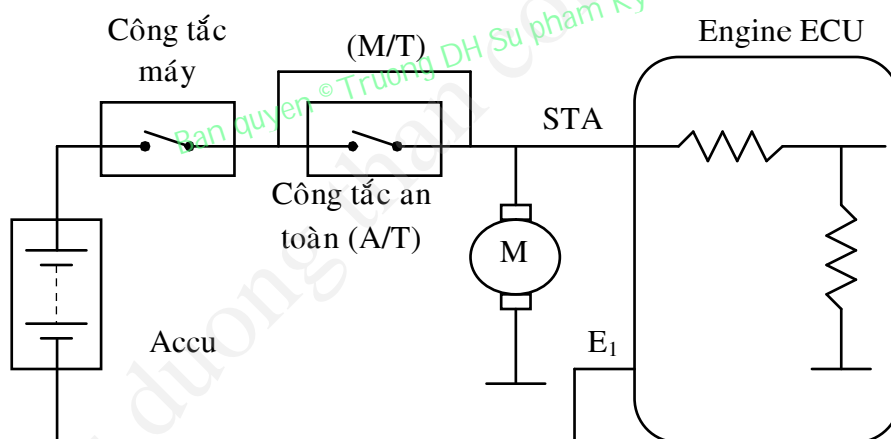
Hình 6-64: *Mạch điện cảm biến kích nổ*

6.3.8 Một số tín hiệu 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:

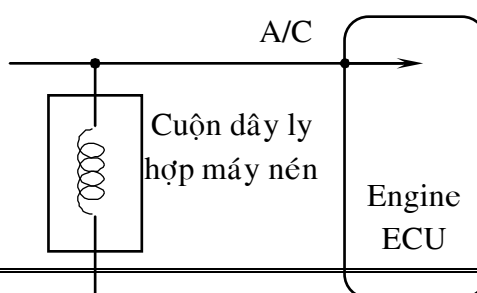


Hình 6-65: *Mạch điện khởi động*

- **Tín hiệu công tắc máy lạnh**

Khi bật công tắc máy lạnh, để tốc độ cảm chừng ổn định phải gửi tín hiệu báo về ECU nhằm điều khiển thời điểm đánh lửa và tốc độ cảm chừng (Van ISCV):

Mạch điện:



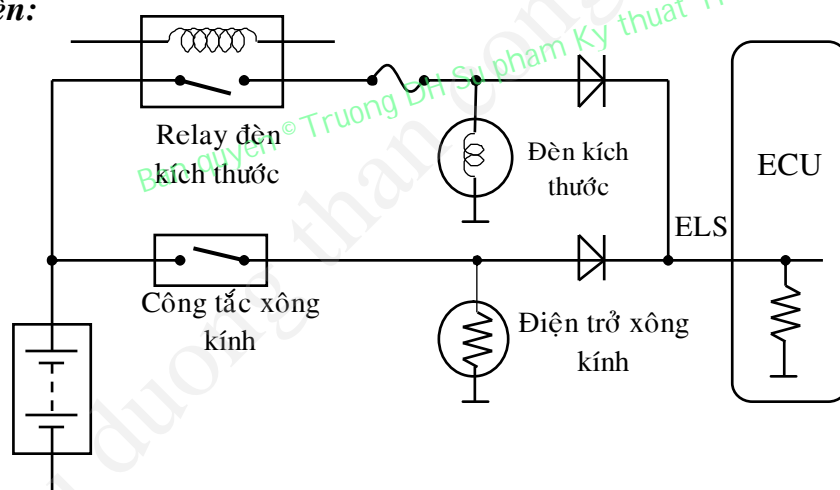
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Hình 6-66: **Mạch điện công tắc máy lạnh**

• **Tín hiệu phụ tải điện:**

Khi bật các hệ thống điện công suất lớn trên xe, máy phát sẽ phát công suất lớn hơn và tốc độ cầm chừng giảm do tăng tải trên máy phát. Hậu quả là tốc độ cầm chừng 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 cầm chừng. 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 vi mạch.

Mạch điện:

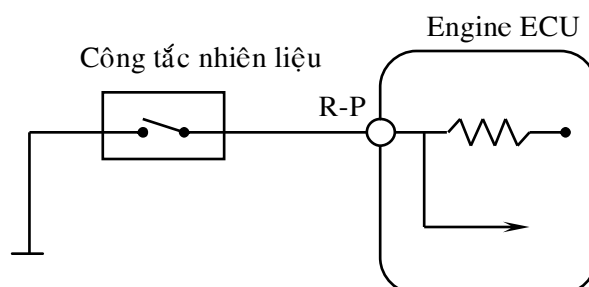


Hình 6-67: **Mạch điện tín hiệu các phụ tải điện trên Toyota**

• **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:



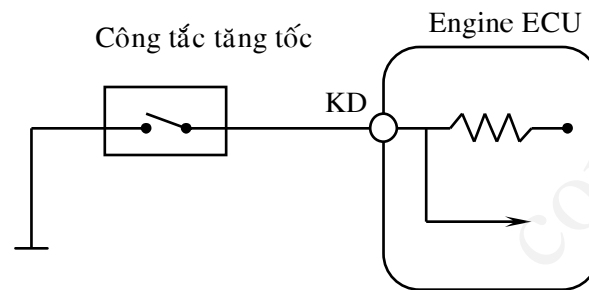
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Hình 6-68: **Mạch tín hiệu nhiên liệu**

- **Công tắc tăng tốc (Kick – down 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:

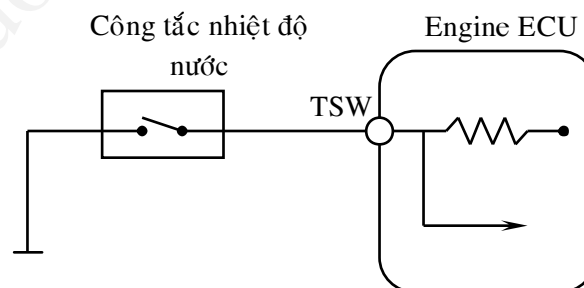


Hình 6-69: **Mạch điều khiển tăng tốc**

- **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:



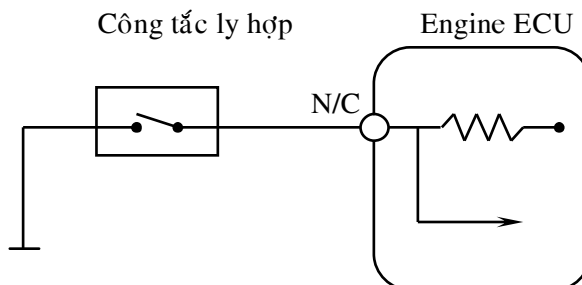
Hình 6-70: **Mạch điện công tắc nhiệt độ nước**

- **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:

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

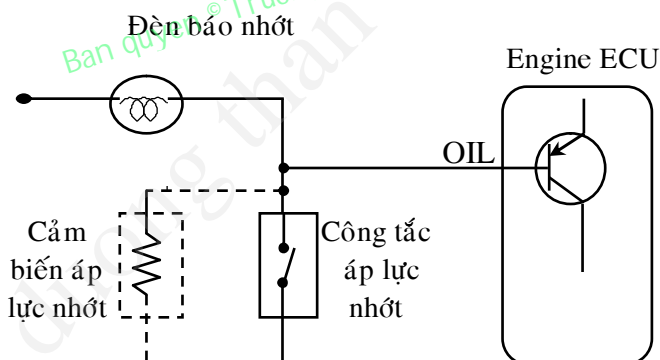


Hình 6-71: **Mạch điện công tắc ly hợp**

- **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 ngừng hoạt động của động cơ.

Mạch điện:

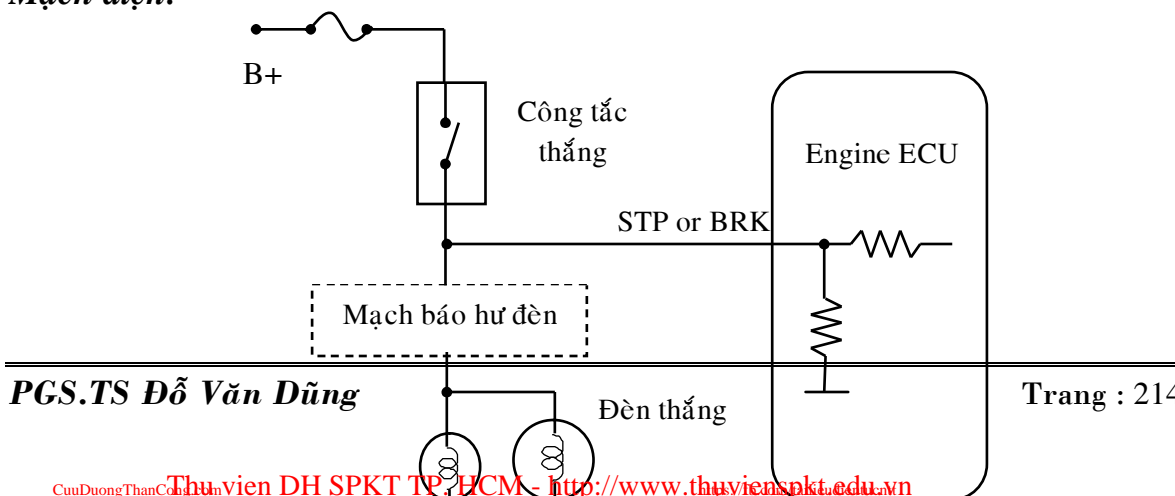


Hình 6-72: **Mạch điện công tắc áp suất dầu**

- **Công tắc đèn thắng (Stop Lamp Switch)**

Khi đạp thắng, công tắc đèn thắng ở vị trí ON đồng thời gửi tín hiệu điện về ECU để điều khiển ngừng phun nhiên liệu giảm tốc độ động cơ khi xe đang phanh.

Mạch điện:



Hình 6-73: *Mạch điện công tắc đèn thắng*

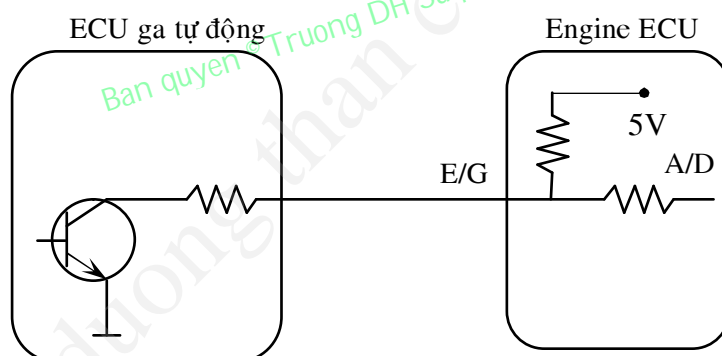
TÍN HIỆU THÔNG TIN GIỮA CÁC ECU TRÊN XE

Giữa các ECU của các hệ thống trên xe thường có sự giao tiếp để phối hợp điều khiển hoạt động.

- Tín hiệu ECU hệ thống điều khiển 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:

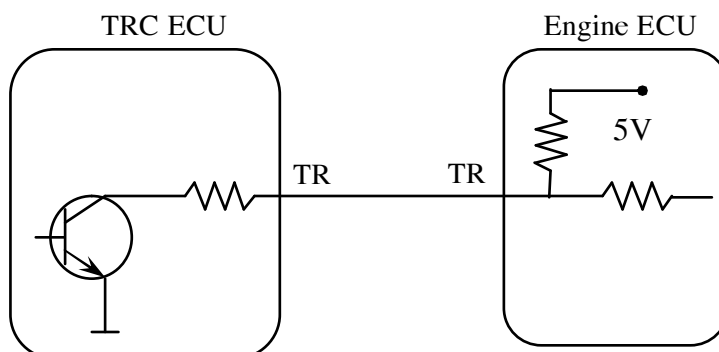


Hình 6-74: *Mạch điện điều khiển ga tự động*

- 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:



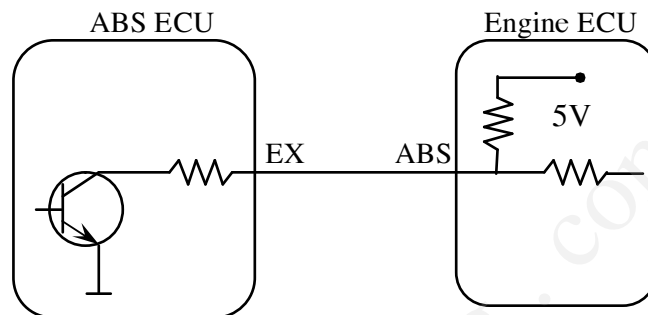
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Hình 6-75: **Mạch điện 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 ngưỡng phun nhiên liệu để giảm tốc độ động cơ.

Mạch điện:

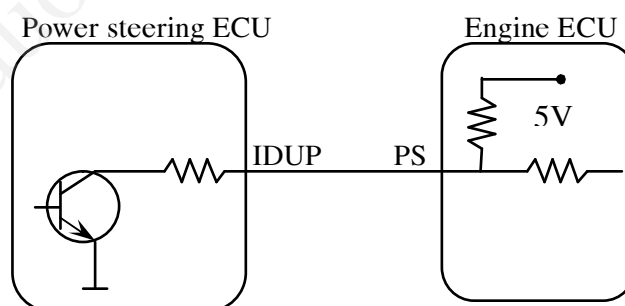


Hình 6-76: **Mạch điện điều khiển hệ thống phanh ABS**

- Tín hiệu từ ECU điều khiển hệ thống trợ lực lái (Power steering)

Khi quay tay lái, tải trên bơm trợ lực lái sẽ tăng làm giảm tốc độ cầm chừng của động cơ. ECU trợ lực lái sẽ gửi tín hiệu về ECU động cơ để điều khiển van ISCV tăng tốc độ cầm chừng.

Mạch điện:

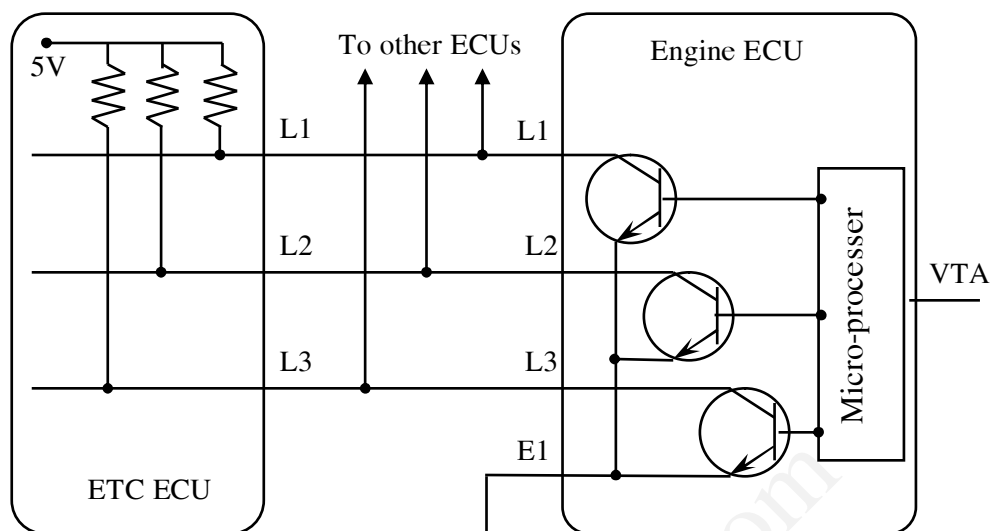


Hình 6-77: **Mạch điện hệ thống trợ lực lái**

- 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 góc này được trao đổi với ECU động cơ để điều khiển lượng xăng phun phù hợp.

Mạch điện:



Hình 6-68: **Mạch điện điều khiển hộp số tự động**

6.4 Bộ điều khiển điện tử (ECU – Electronic Control Unit)

6.4.1 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 ưu ở các chế độ hoạt động của động cơ, giúp chẩn đoán động cơ một cách hệ thống khi có sự cố xảy ra.

Điều khiển động cơ bao gồm hệ thống điều khiển xăng, lửa, góc phối cam, ga tự động (cruise control). Ngoài ra, trên các động cơ diesel ngày nay thường sử dụng hệ thống nhiên liệu bằng điện tử (EDC – *electronic diesel control hoặc unit pump in line*).

Bộ điều khiển, máy tính, ECU hay hộp đen là những tên gọi khác nhau của mạch điều khiển điện tử. 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 thích hợp.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 chấu dùng nối ECU với hệ thống điện trên xe, với các cơ cấu chấp hành và các cảm biến.

Cấu trúc của ECU cũng tương tự như các máy tính bao gồm:

6.4.2 Cấu tạo

❖ **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 gài 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 giữ 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)

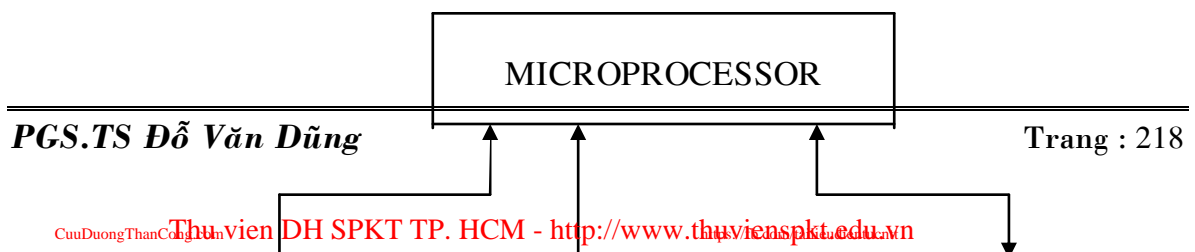
Cấu trúc cơ bản giống như ROM nhưng cho phép lập trình (nạp dữ liệu) ở nơi sử dụng chứ không phải nơi sản xuất như ROM. PROM cho phép sửa đổi chương trình điều khiển theo những đòi hỏi khác nhau.

* **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 accu đến máy tính thì bộ nhớ KAM sẽ bị mất.

❖ **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 6-69: *Sơ đồ khối của các hệ thống trong máy tính với microprocessor*

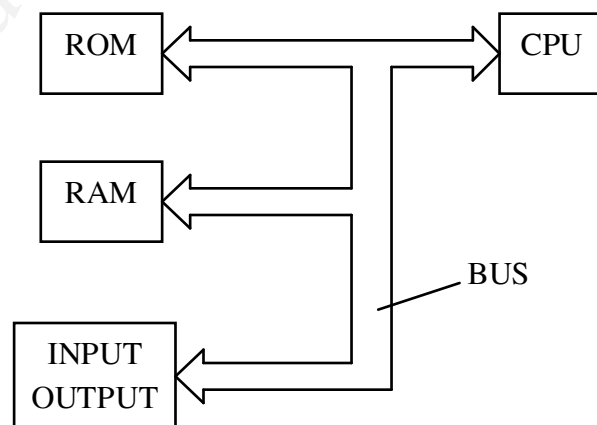
❖ **Đường truyền - BUS:** chuyển các lệnh và số liệu trong máy tính theo 2 chiều.

ECU với những thành phần nêu trên có thể tồn tại dưới dạng một IC hoặc trên nhiều IC. Ngoài ra người ta thường phân loại máy tính theo độ dài từ các RAM (tính theo bit).

Ở những thế hệ đầu tiên, máy tính điều khiển động cơ dùng loại 4, 8 hoặc 16 bit phổ biến nhất là loại 4 và 8 bit. Máy tính 4 bit chứa rất nhiều lệnh vì nó thực hiện các lệnh logic tốt hơn. Tuy nhiên, máy tính 8 bit làm việc tốt hơn với các phép đại số và chính xác hơn 16 lần so với loại 4 bit. Vì vậy, hiện nay để điều khiển các hệ thống khác nhau trên ô tô với tốc độ thực hiện nhanh và chính xác cao, người ta sử dụng máy 8 bit, 16 bit hoặc 32 bit.

6.4.3 Cấu trúc ECU

Ngày nay trên ô tô hiện đại có thể trang bị nhiều ECU điều khiển các hệ thống khác nhau. Cấu trúc của ECU được trình bày trên hình 6-70

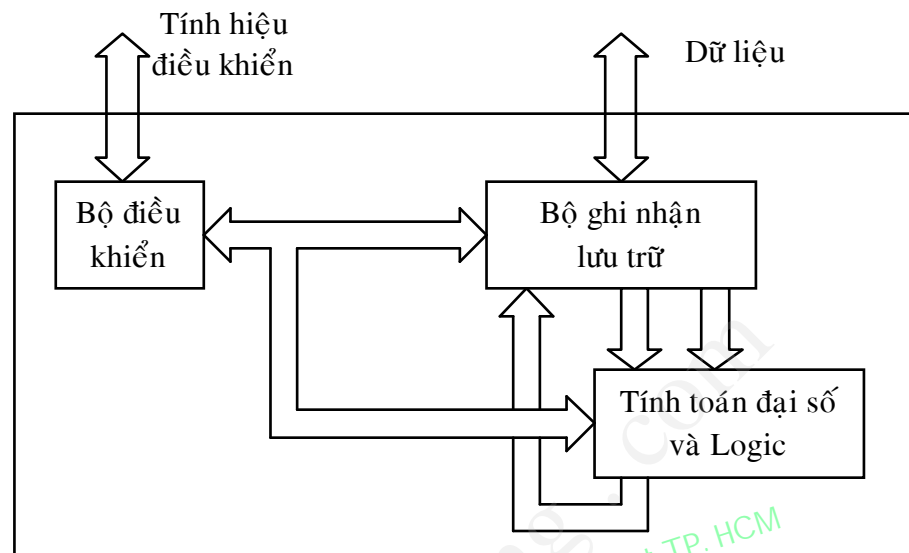


Hình 6-70 : *Cấu trúc máy tính*

Bộ phận chủ yếu của nó 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.

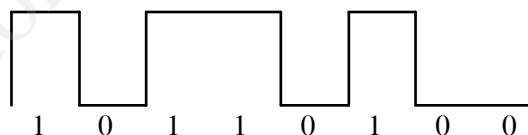
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Sơ đồ cấu trúc của CPU trên hình 6-71. 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.



Hình 6-71 : **Cấu trúc CPU**

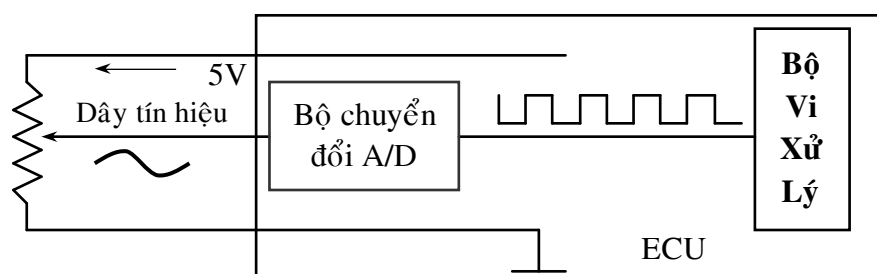
Bộ điều khiển ECU hoạt động trên cơ sở tín hiệu số nhị phân với điện áp cao biểu hiện cho số 1, điện áp thấp biểu hiện cho số 0. Mỗi một số hạng 0 hoặc 1 gọi là bit. Mỗi dãy 8 bit sẽ tương đương 1 byte hoặc 1 từ (word). Byte này được dùng để biểu hiện cho một lệnh hoặc 1 mẫu thông tin.



6.4.4 Mạch giao tiếp ngõ vào

Bộ chuyển đổi A/D (Analog to Digital Converter) :

Dùng để chuyển các tín hiệu tương tự từ đầu vào với sự thay đổi điện áp trên các cảm biến nhiệt độ, bộ đo gió, cảm biến bướm ga ...v.v... thành các tín hiệu số để bộ vi xử lý hiểu được.

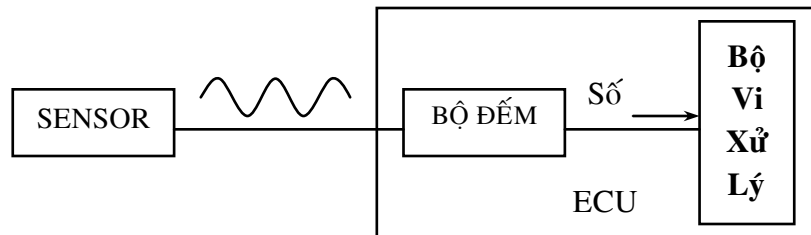


Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Hình 6-72: **Bộ chuyển đổi A/D**

Bộ đếm (Counter):

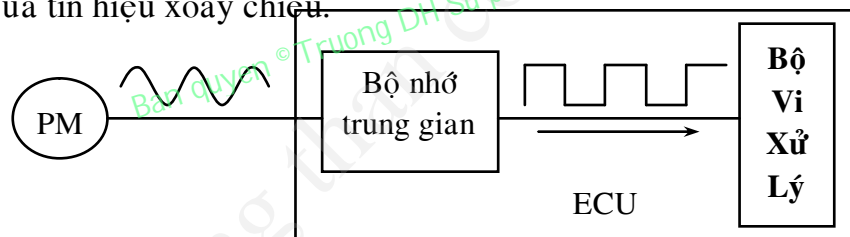
Dùng để đếm xung ví dụ như từ cảm biến vị trí piston rồi gửi lượng đếm về bộ vi xử lý.



Hình 6-73: **Bộ đếm**

Bộ nhớ trung gian (Buffer):

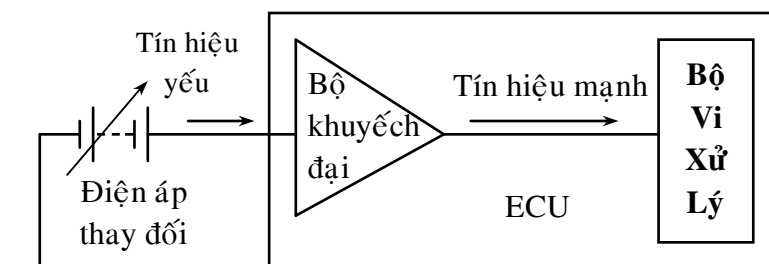
Chuyển tín hiệu xoay chiều thành tín hiệu sóng vuông dạng số, nó không giữ lượng đếm như trong bộ đếm. Bộ phận chính là một Transistor sẽ đóng mở theo cực tính của tín hiệu xoay chiều.



Hình 6-74: **Bộ nhớ trung gian**

Bộ khuếch đại (Amplifier):

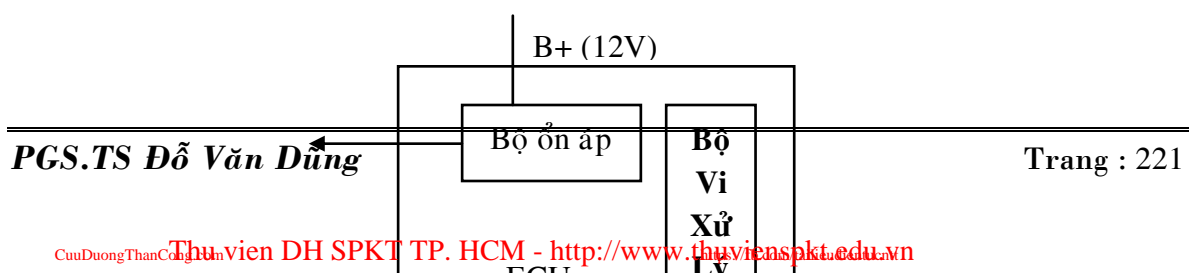
Một số cảm biến có tín hiệu rất nhỏ nên trong ECU thường có các bộ khuếch đại.



Hình 6-75: **Bộ khuếch đại**

Bộ ổn áp (Voltage regulator):

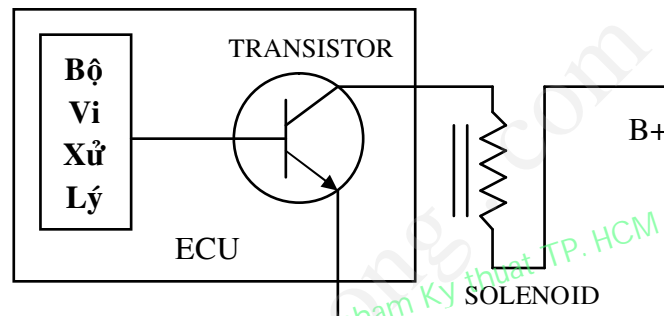
Thông thường trong ECU có 2 bộ ổn áp: 12 V và 5 V.



Hình 6-76: **Bộ ổn áp**

Giao tiếp ngõ ra:

Tín hiệu điều khiển từ bộ vi xử lý sẽ đưa đến các transistor công suất điều khiển relay, solenoid, motor... Các transistor này có thể được bố trí bên trong hoặc bên ngoài ECU.



Hình 6-77: **Giao tiếp ngõ ra**

6.5 Điều khiển đánh lửa

6.5.1 Cơ bản về đánh lửa theo chương trình

Trên các ô tô hiện đại, kỹ thuật số đã được áp dụng vào trong HTĐL từ nhiều năm nay. 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 mã hóa tín hiệu đưa vào ECU (Electronic control unit) xử lý và tính toán để 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) đã được loại bỏ hoàn toàn. HTĐL với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử (*ESA-electronic spark advance*) được chia làm 2 loại sau :

- HTĐL sử dụng bộ vi xử lý (Microprocessor ignition system).
- HTĐL 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 delco
- Hệ thống đánh lửa theo chương trình không có delco (đánh lửa trực tiếp).

So với các hệ thống đánh lửa trước đó, HTĐL 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.

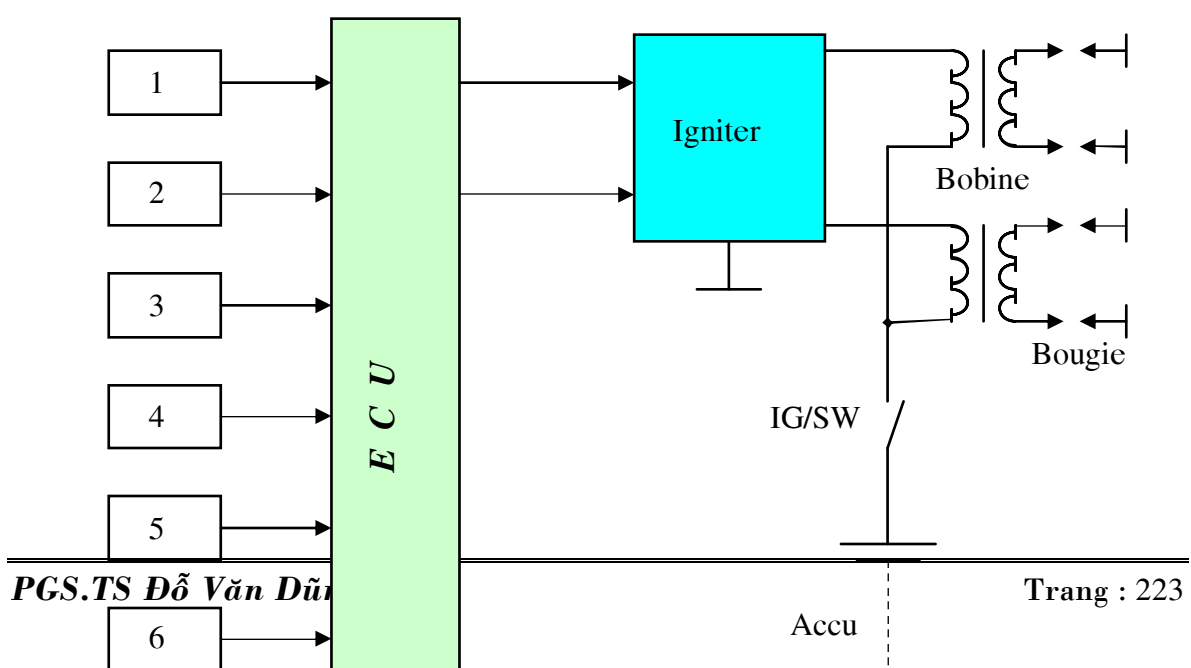
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

- Góc ngậm điện luôn luôn được điều chỉnh theo tốc độ động cơ và theo hiệu điện thế accu, bảo đảm điện áp thứ cấp có giá trị cao ở mọi thời điểm.
- Động cơ khởi động dễ dàng, cầm chừng 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 HTĐL với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử kết hợp với hệ thống phun xăng đã thay thế hoàn toàn HTĐL 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 xylanh 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 cốt máy (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 HTĐL 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 igniter (output signals).

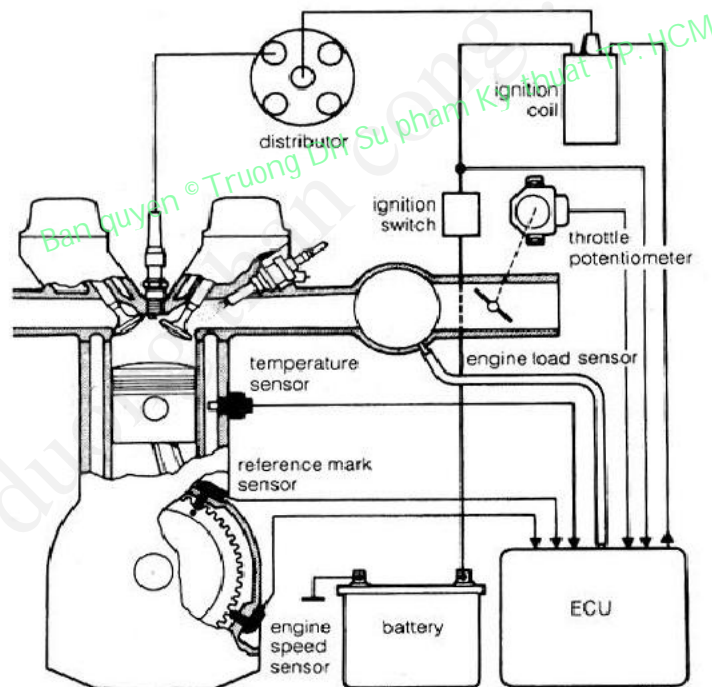
1. Tín hiệu tốc độ động cơ (NE)
2. Tín hiệu vị trí cốt máy (G)
3. Tín hiệu tải
4. Tín hiệu từ cảm biến vị trí cánh bướm ga.
5. Tín hiệu nhiệt độ nước làm mát.
6. Tín hiệu điện áp accu
7. Tín hiệu kích nổ.



Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Hình 6-78: Sơ đồ khối HTĐL với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử

Ngoài ra còn có thể có các tín hiệu vào từ cảm biến nhiệt độ khí nạp, cảm biến tốc độ xe, cảm biến ôxy. 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 6-79 mô tả vị trí của các cảm biến trên động cơ.

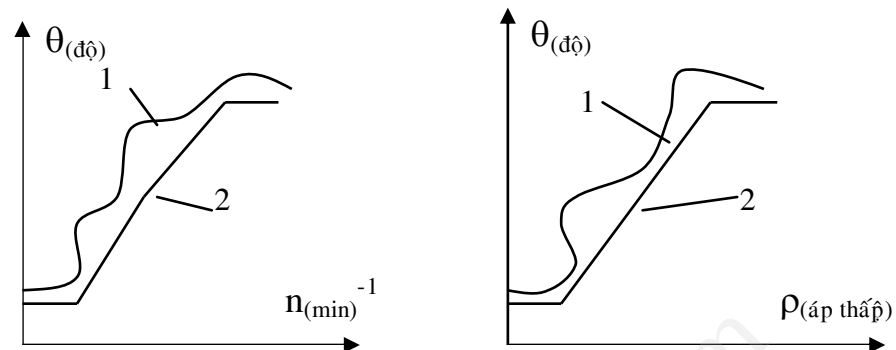


Hình 6-79: Cấu tạo của HTĐL với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử

Trong các loại tín hiệu ngõ vào, tín hiệu tốc độ động cơ, vị trí piston (cốt máy) 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 cốt máy, bánh đà, đầu cốt cam hoặc delco. 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 cốt máy.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

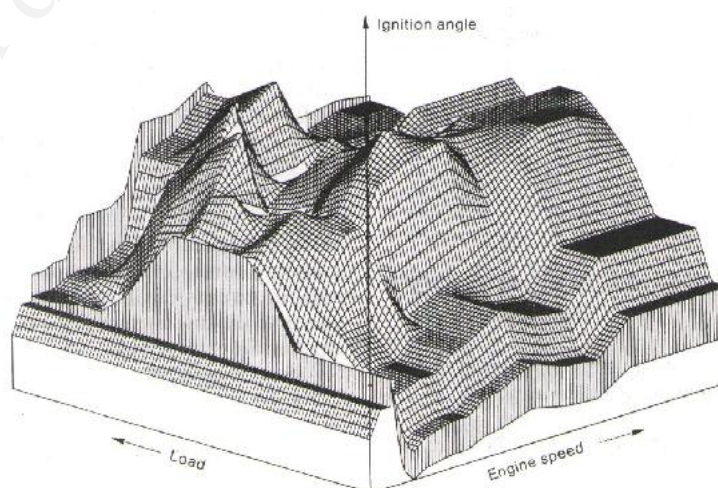
Để xác định tải của động cơ, ECU dựa vào tín hiệu áp suất trên đường ống nạp hoặc tín hiệu lượng khí nạp. Do sự thay đổi về áp suất trên đường ống nạp khi thay đổi tải, tín hiệu điện áp gửi về ECU sẽ thay đổi và ECU nhận tín hiệu này để xử lý và quy ra mức tải tương ứng để xác định góc đánh lửa sớm.



1. Đặc tính đánh lửa sớm bằng điện tử
2. Đặc tính đánh lửa sớm hiệu chỉnh bằng cơ khí

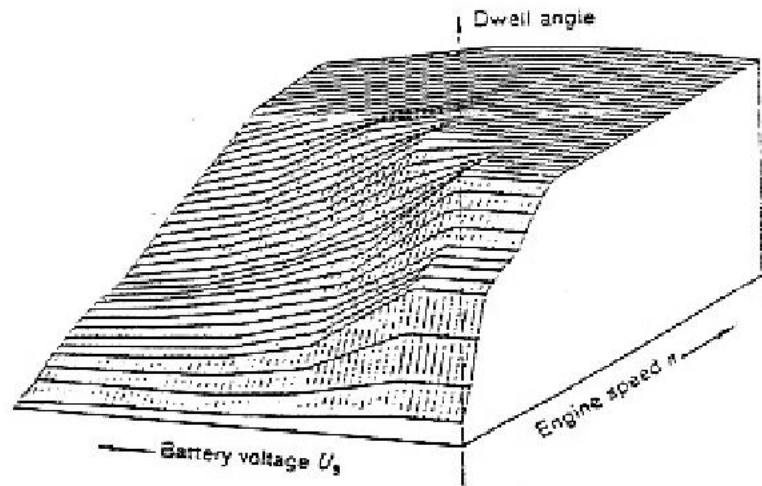
Hình 6-80: So sánh đặc tuyến điều chỉnh góc đánh lửa sớm kiểu cơ khí và điện tử

Trong các HTĐL 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 và không chính xác. 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 6-80 mô tả sự sai lệch giữa 2 kiểu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử và cơ khí. Đối với HTĐL 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 6-81) với khoảng 1000 đến 4000 điểm đánh lửa sớm được chọn lựa đưa vào bộ nhớ.



Hình 6-81: Bản đồ góc đánh lửa sớm lý tưởng

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 6-82: **Bản đồ góc ngâm điện**

Một chức năng khác của ECU trong việc điều khiển đánh lửa là sự điều chỉnh góc ngâm điện (*dwell angle control*). Góc ngâm điện phụ thuộc vào hai thông số là hiệu điện thế accu và tốc độ động cơ. Khi khởi động chẳng hạn, hiệu điện thế accu bị giảm do sụt áp, vì vậy, ECU sẽ điều khiển tăng thời gian ngâm 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 ngâm điện lớn) gây lãng phí năng lượng nên ECU sẽ điều khiển xen bốt xung điện áp điều khiển để giảm thời gian ngâm điện nhằm mục đích tiết kiệm năng lượng và tránh nóng bobin. 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 ngâm 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 ngâm điện không thể lắp lẫn.

Góc đánh lửa sớm thực tế khi động cơ hoạt động được xác định bằng công thức sau:

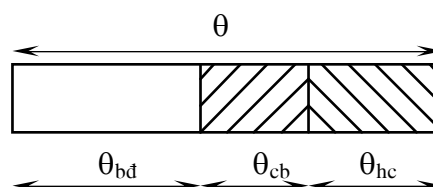
$$\theta = \theta_{bd} + \theta_{cb} + \theta_{hc}$$

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



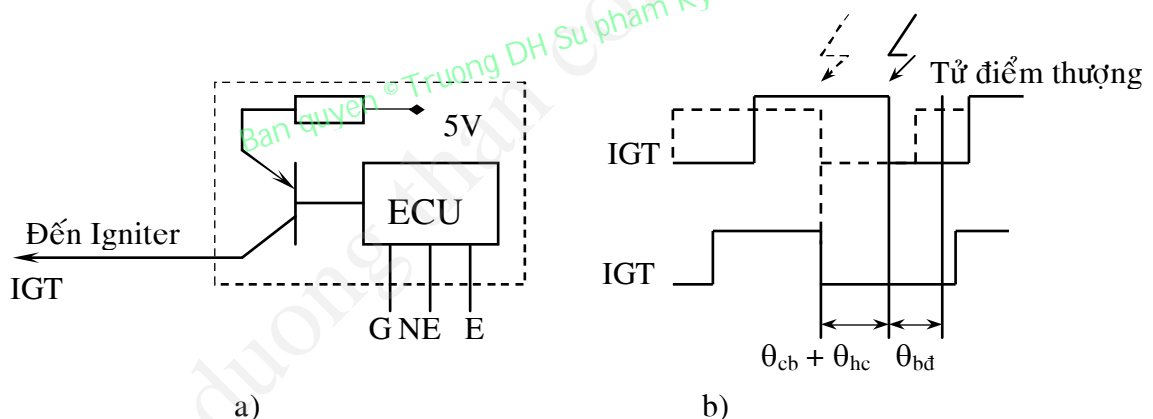
Hình 6-83 : **Góc đánh lửa sớm thực tế**

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Góc đánh lửa sớm ban đầu (θ_{bd}) phụ thuộc vào vị trí của delco hoặc cảm biến vị trí cốt máy (tín hiệu G). Thông thường, trên các loại xe góc đánh lửa sớm ban đầu được hiệu chỉnh trong khoảng từ 5^0 đến 15^0 trước tử điểm thượng ở tốc độ cầm chừng. Đối với HTĐL 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 6-83).

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.



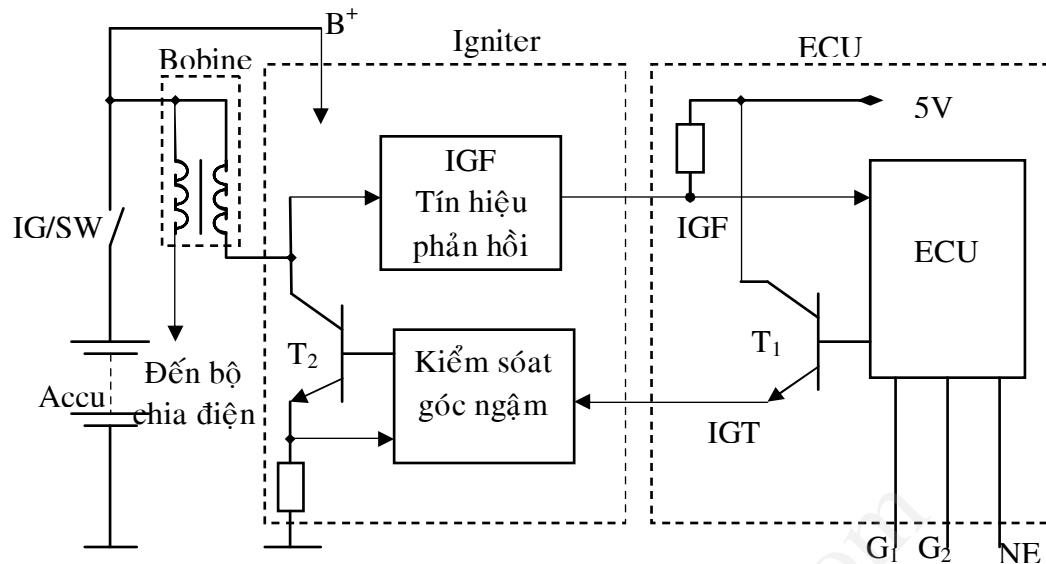
Hình 6-84: Xung điều khiển đánh lửa IGT

Sau khi xác định được góc đánh lửa sớm, bộ xử lý trung tâm (CPU- Central Processing Unit) sẽ đưa ra xung điện áp để điều khiển đánh lửa (IGT) (hình 6-84a). Hình 6-84b 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 (hình 6-84b).

Để cân lửa cho HTĐL với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử, trên đa số các loại xe ta phải báo cho ECU biết. Ví dụ, trên Toyota, khi cân lửa ta nối hai đầu TEI và EI 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 điều chỉnh góc đánh lửa sớm mới chính xác.

6.5.2 Hệ thống đánh lửa lập trình có bộ chia điện

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 6-85: 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 (CPU) 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 HTĐL 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 từ trong delco được đưa thẳng vào igniter. Tại đây, sau khi chuyển thành xung vuông sẽ gửi về ECU. ECU dựa vào xung này để xác định đồng thời tốc độ động cơ và vị trí piston để dựa vào đó đưa ra xung IGT điều khiển đánh lửa sớm (TOYOTA, VAN, CADILAC, DAEWOO...).

6.5.3 Hệ thống đánh lửa lập trình không có bộ chia điện

Ưu điểm của htđl trực tiếp

Hệ thống đánh lửa trực tiếp (DIS - Direct Ignition System) hay còn gọi là HTĐL không có bộ chia điện (DLI - Distributorless ignition) được phát triển từ giữa thập kỷ 80, trên các loại xe sang trọng và ngày càng được ứng dụng rộng rãi trên các loại xe khác nhờ có các ưu điểm sau:

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

- 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 mỏ quét nên không có khe hở giữa mỏ quét 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 quét, chổi than, nắp delco.
- Trong HTĐL có 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 xilanh $Z > 4$).
- Loại bỏ được những hư hỏng thường gặp do hiện tượng phóng điện trên mạch cao áp và giảm chi phí bảo dưỡng.

Phân loại, cấu tạo và hoạt động của HTĐL trực tiếp

Đa số các HTĐL 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.

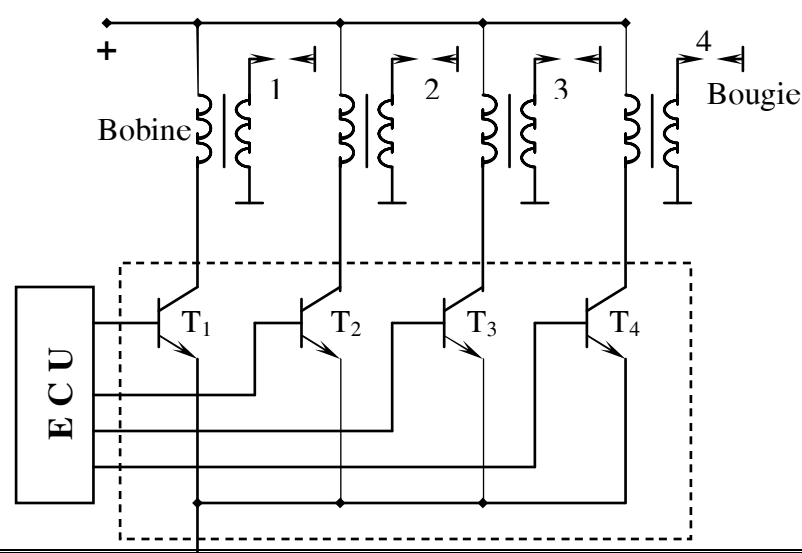
HTĐL trực tiếp được chia làm ba loại chính sau:

• Loại 1: Sử dụng mỗi bobin cho một bougie

Nhờ tần số hoạt động của mỗi bobin nhỏ hơn trước nên các cuộn dây sơ cấp và thứ cấp ít nóng hơn. Vì vậy kích thước của bobin rất nhỏ và được gắn dính với nắp chụp bougie.

Trong sơ đồ (hình 6-86), ECU sau khi xử lý tín hiệu từ các cảm biến sẽ gửi tín hiệu đến cực *B* của từng transistor công suất trong igniter theo thứ tự thì nổ và thời điểm đánh lửa.

Cuộn sơ cấp của các bobin 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 trực tiếp bằng điện áp 12V.

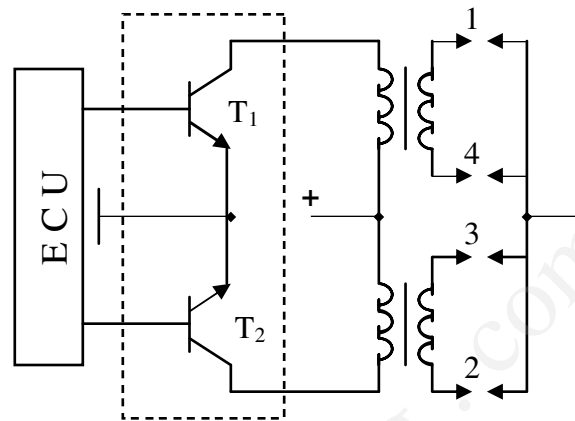


Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Hình 6-86: HTĐL trực tiếp sử dụng mỗi bobin cho từng bugie

- **Loại 2: sử dụng mỗi bobin cho từng cặp bugie**

Sơ đồ mạch đánh lửa loại này được trình bày trên hình 6-87.



Hình 6-87: HTĐL trực tiếp sử dụng mỗi bobin 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 nổ: 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:

$$U_{tc} = U_1 + U_2$$

$$U_1 = U_{tc} \frac{R_1}{R_1 + R_4} \quad (1)$$

$$U_4 = U_{tc} \frac{R_4}{R_1 + R_4} \quad (2)$$

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.

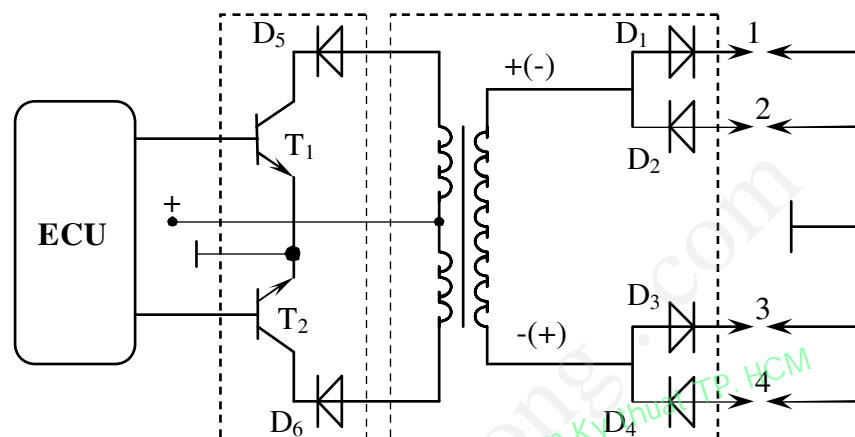
Ở thời điểm đánh lửa, xy lanh số 1 và số 4 cùng ở vị trí gần tử điểm thượng nhưng trong hai thì khác nhau nên điện trở khe hở bugie của các xy lanh trên cũng khác nhau: $R_1 \neq R_4$. Lấy ví dụ xy lanh số 1 đang ở thì nén thì R_1 rất lớn còn ở xy lanh số 4 đang ở thì thoát nên R_4 rất nhỏ do sự xuất nhiều ion nhờ phản ứng cháy và nhiệt độ cao. Do đó: $R_1 \gg R_4$, và từ (1), (2) ta có $U_1 \approx U_2$; $U_4 \approx 0$. Có nghĩa là tia lửa chỉ xuất hiện ở bugie số 1. Trong trường hợp ngược lại $R_1 \ll R_4$; $U_1 \approx 0$; $U_4 \approx U_{tc}$, tia lửa sẽ xuất hiện ở bugie số 4. Quá trình tương tự cũng xảy ra

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 nổ là 1-3-4-2 hoặc 1-2-4-3.

Đối với động cơ 6 xilanh, để đảm bảo thứ tự thì nổ 1-5-3-6-2-4, HTĐL trực tiếp sử dụng ba bobin: một cho xilanh số 1 và số 6. Một cho xilanh số 2 và số 5 và một cho xilanh số 3 và số 4.

• **Loại 3: Sử dụng một bobin cho 4 xilanh**



Hình 6-88: **HTĐL trực tiếp sử dụng một bobin cho 4 xilanh**

Trong sơ đồ trên, bobin có hai cuộn sơ cấp và một cuộn thứ cấp được nối với các bugie 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 bugie 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 HTĐL trực tiếp loại 2 và 3 là chiều đánh lửa trên hai bugie cùng cặp ngược nhau dẫn đến hiệu điện thế đánh lửa chênh nhau khoảng 1,5 đến 2 kV.

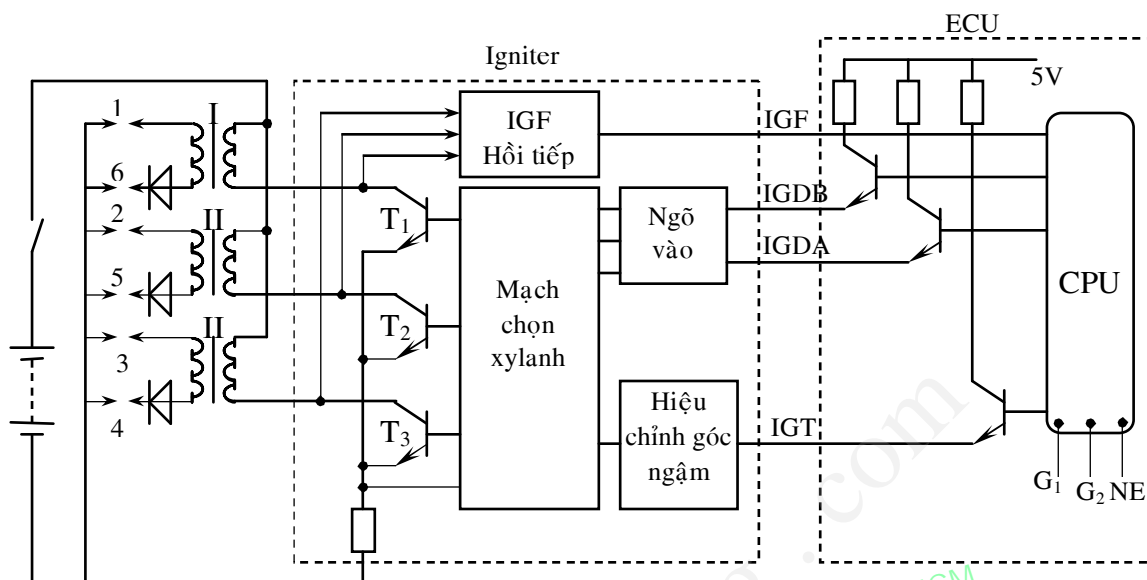
Sơ đồ điều khiển góc đánh lửa sớm của HTĐL trực tiếp Toyota:

HTĐL trực tiếp có sơ đồ góc đánh lửa sớm nêu trên được trình bày trên hình 6-89a bao gồm ECU, Igniter và ba bobin đánh lửa cho động cơ 6 xilanh.

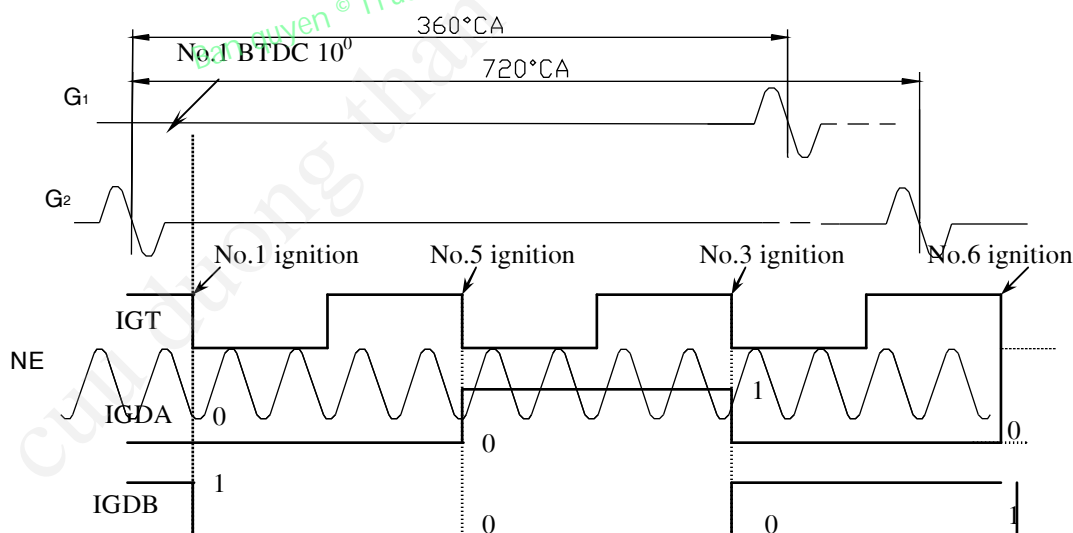
Sau khi nhận được các tín hiệu cần thiết, bộ xử lý trung tâm sẽ dựa vào các tín hiệu ngõ vào, tính toán thời điểm đánh lửa và đưa đến igniter ba xung IGT , $IGDA$, $IGDB$ (hình 6-89b). Xung IGT là xung quyết định góc đánh lửa sớm được đưa vào bộ hiệu chỉnh góc ngậm điện để xén xung và sau đó đi qua mạch xác định xilanh (Cylinder identification circuit). Xung $IGDA$ và xung $IGDB$ có dạng như trên hình 6-89b, được đưa vào ngõ vào (Input circuit) của igniter. Tại đây

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

tùy thuộc vào trạng thái của hai xung (mức cao hay thấp) mà igniter sẽ xác định xy lanh cần đánh lửa theo đúng thứ tự thì nổ.



Hình 6-89a: Sơ đồ điều khiển góc đánh lửa sớm của HTDL trực tiếp xe Toyota



Hình 6-89b: Dạng xung điều khiển đánh lửa trực tiếp

Để đảm bảo đánh lửa theo đúng thứ tự thì nổ 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

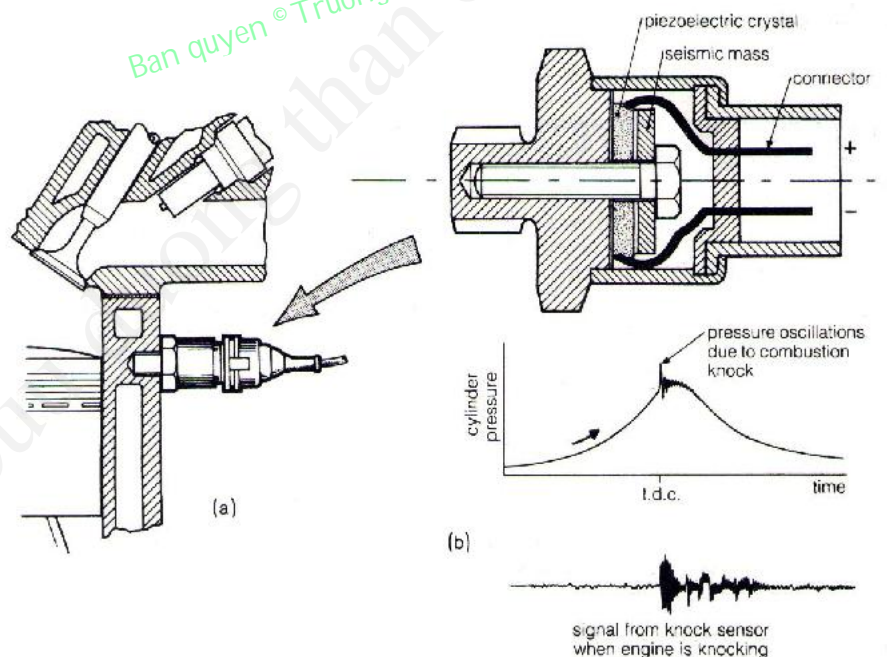
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 như vậy cho xy lanh số 2 và số 5, số 3 và số 4, xung *IGF* là xung hồi tiếp, báo cho ECU biết HTĐL đang hoạt động.

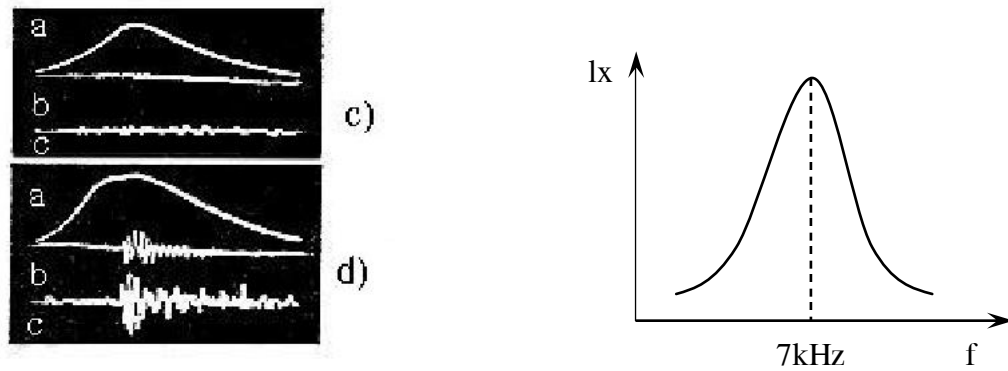
6.5.4 Điều khiển chống kích nổ

Khi sử dụng xăng có chỉ số octane quá thấp hoặc vì nguyên nhân nào đó động cơ quá nóng, sẽ xảy ra hiện tượng kích nổ trong xy lanh. Hiện tượng kích nổ xảy ra thường xuyên sẽ rất nguy hiểm, gây hư hỏng 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 tránh hiện tượng 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 6-90a). Cảm biến kích nổ được chế tạo từ thạch anh, là loại vật liệu áp điện. Kích thước của cảm biến được tính toán để xảy ra hiện tượng ở cộng hưởng ở tần số $5 \div 7 \text{ kHz}$, là tần số rung của động cơ khi xảy ra hiện tượng kích nổ (hình 6-90b).



Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

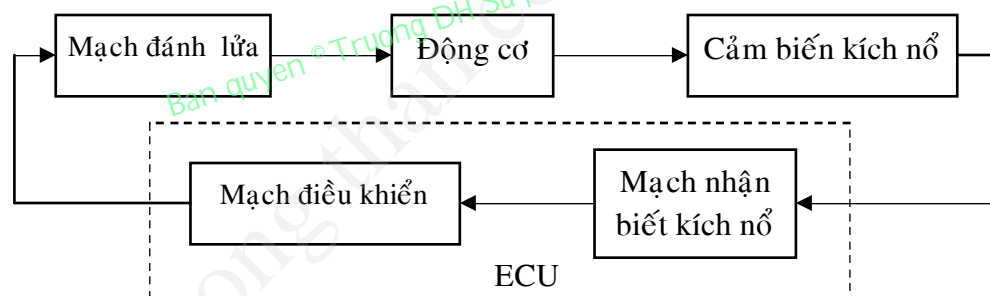


a. Cảm biến kích nổ

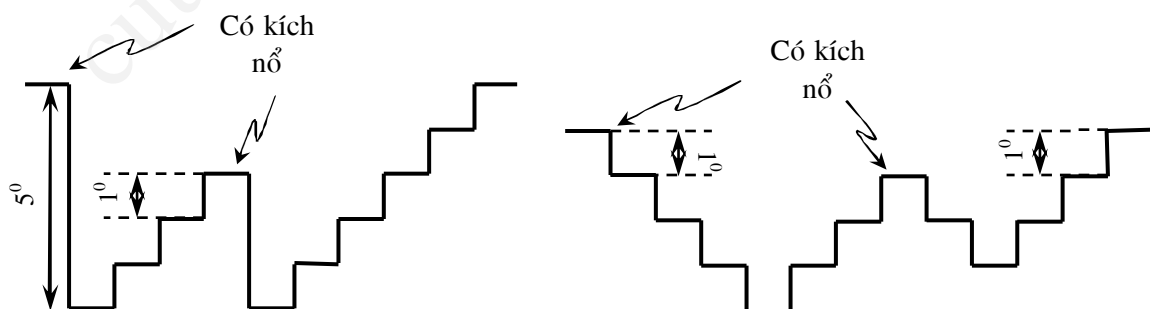
b, c, d. Tín hiệu từ cảm biến kích nổ

Hình 6-90: Cảm biến kích nổ và dạng tín hiệu

Hình 6-90c biểu diễn các xung điện áp từ cảm biến kích nổ tương ứng với quá trình cháy bình thường trong xilanh 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 6-90d) khiến ECU nhận biết tín hiệu này để giảm góc đánh lửa sớm.



Hình 6-91: Sơ đồ điều khiển kích nổ kiểu hồi tiếp



Loại điều khiển giảm nhanh

Loại điều khiển giảm chậm

Hình 6-92: 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 6-91. Kích nổ thường chỉ xảy ra ở một vài xilanh. Vì vậy, dựa vào thời điểm kích nổ (quá trình cháy) và vị trí cốt máy mà ECU có thể nhận biết được

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

chính xác các xilanh đã xảy ra hiện tượng kích nổ. Việc hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm chỉ được thực hiện ở xilanh này để ít ảnh hưởng đến công suất động cơ. Việc giảm góc đánh lửa sớm được thực hiện từng góc nhỏ theo từng chu kỳ của từng xilanh cho đến khi hiện tượng kích nổ chấm dứt. Khi hiện tượng kích nổ chấm dứt, ECU sẽ từng bước 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 6-92).

Để tránh kích nổ xảy ra, khi ta sử dụng loại xăng thường, một số loại động cơ có nấc điều chỉnh: một cho loại xăng thường, một cho loại xăng đắt tiền (có chỉ số octane cao). Trong trường hợp này, bộ nhớ trong ECU có 2 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.

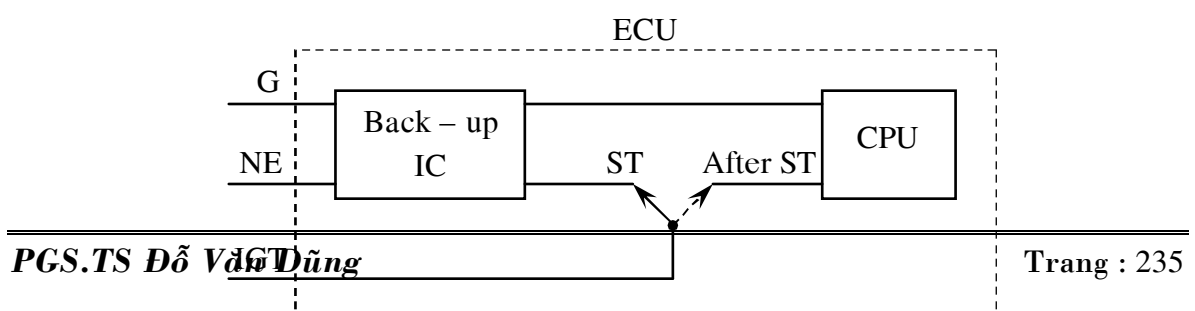
Ngoài ra, góc đánh lửa sớm còn được hiệu chỉnh theo các điều kiện làm việc khác như kết hợp với hệ thống điều khiển ga tự động (cruise control), hệ thống cắt nhiên liệu khi vượt tốc, hệ thống kiểm soát lực kéo, hiệu chỉnh theo chế độ lưu hồi khí thải...

6.5.5 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 cầm chừng, 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 6-93).



Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Hình 6-93: Điều khiển góc đánh lửa sớm ở chế độ khởi động

Thông thường, góc đánh lửa sớm được chọn nhỏ hơn 10^0 . Với góc đánh lửa này, động cơ được khởi động dễ dàng ngay cả khi nguội, đồng thời tránh sự nổ dôi. 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 cầm chừng.
- 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.

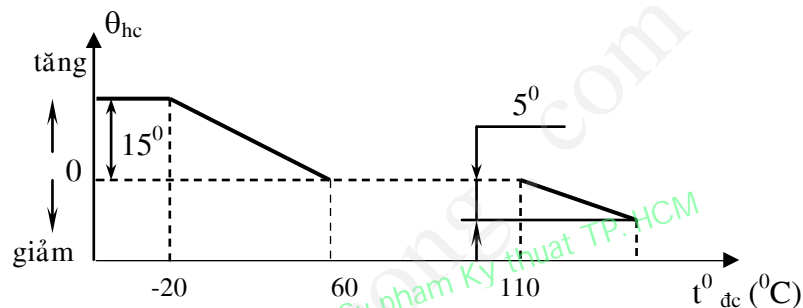
Để ngăn ngừa các trường hợp xấu ảnh hưởng đến hoạt động và tuổi thọ của động cơ do đánh lửa quá sớm hoặc quá trễ, ECU chỉ thực hiện việc chỉnh góc đánh lửa sớm (bao gồm $\theta_{cb} + \theta_{hc}$) trong giới hạn từ 10^0 đến 45^0 trước tử điểm thượng.

Hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm theo nhiệt độ của động cơ:

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện 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 hoà khí trong buồng đốt. Khi nhiệt độ của động cơ nằm trong khoảng -20° đến 60°C thì góc đánh lửa sớm được thực 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 6-94). 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°C , ECU không thực hiện sự hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm theo nhiệt độ.

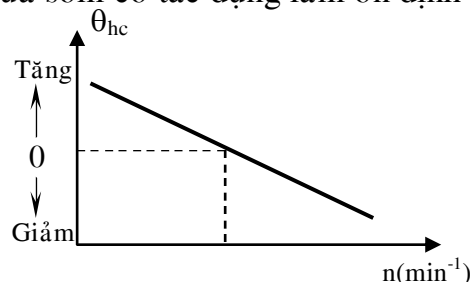


Hình 6-94: **Hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm theo nhiệt độ động cơ**

Trong trường hợp động cơ quá nóng (over temperature) ($> 110^{\circ}\text{C}$) 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 cầm chừng:

Ở chế độ cầm chừng 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 6-95: **Hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm theo sự ổn định của động cơ ở chế độ cầm chừng**

Khi cánh 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 cầm chừng, 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

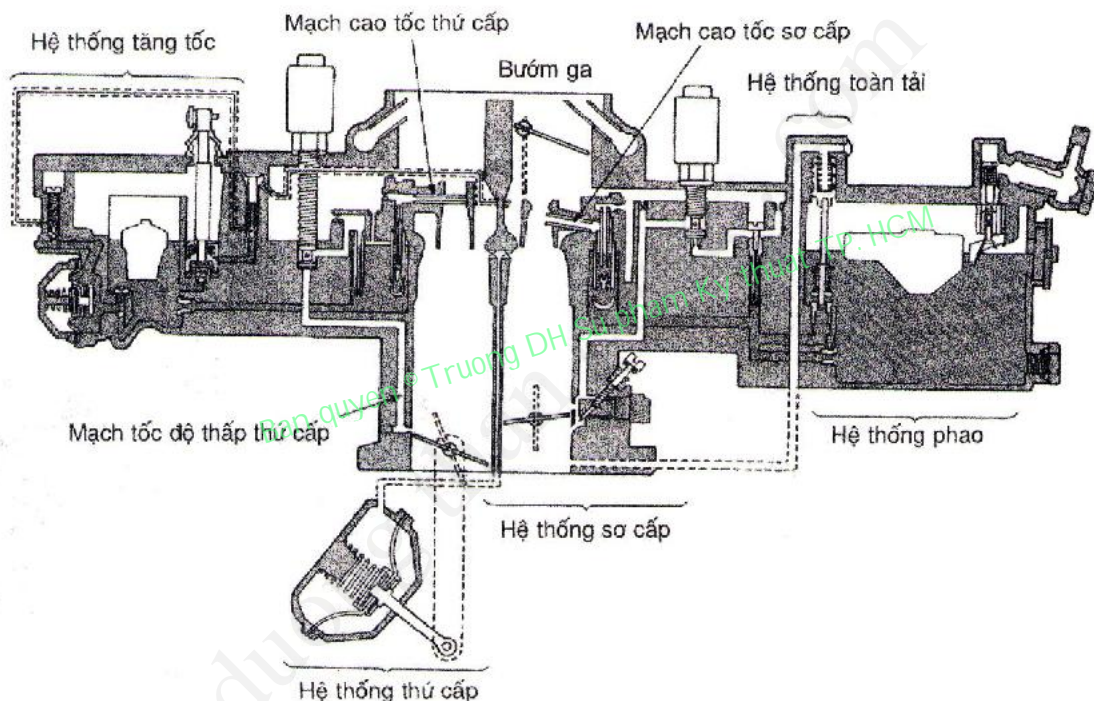
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 cầm chừng bị giảm xuống dưới mức quy định.

6.6 Điều khiển nhiên liệu

6.6.1 Điều khiển nhiên liệu trong hệ thống nhiên liệu chế hòa khí

Sơ lược về điều khiển hệ thống nhiên liệu với bộ chế hoà khí:



Hình 6-96 : *Sơ đồ mô tả bộ chế hoà khí hai hòng hút xuống* (ĐC 4A-F)

Trong bộ chế hòa khí, xăng cung cấp cho động cơ được hút ra từ vòi phun nhờ lực hút chân không tạo ra bởi dòng khí khi đi qua họng khuếch tán. Nếu sự chênh lệch độ cao (h) giữa miệng vòi phun và mức nhiên liệu trong buồng phao thay đổi thì lượng xăng cung cấp từ vòi phun cũng thay đổi và tỷ lệ khí-nhiên liệu cũng thay đổi. Do vậy, mức xăng trong buồng phao phải giữ cố định. Điều này thực hiện bởi hệ thống phao.

Lượng xăng được cung cấp qua vòi phun chính được xác định bởi sự chênh lệch áp suất không khí (chân không) ở họng khuếch tán và áp suất khí quyển trong buồng phao.

Khi xăng từ bơm nhiên liệu đi qua van kim vào buồng phao, phao nổi lên đóng van kim lại và dừng việc cấp xăng. Khi xăng trong buồng phao bị tiêu thụ,

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

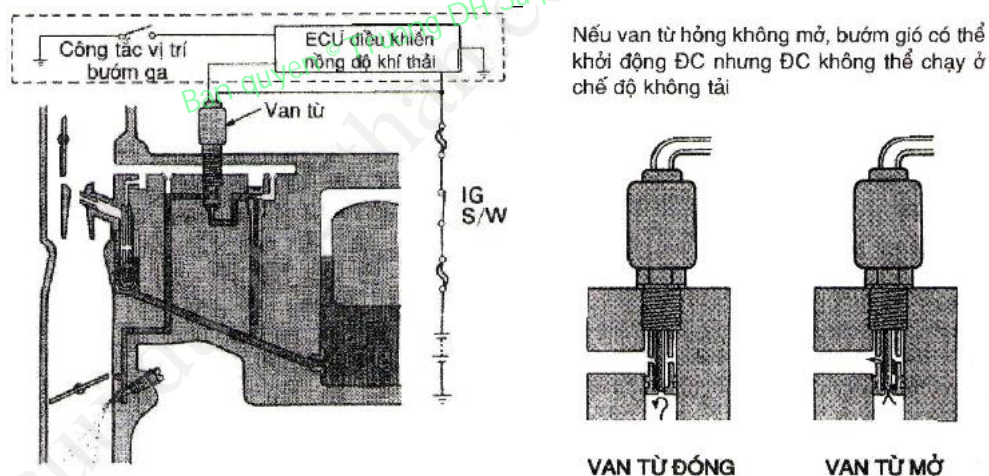
mức xăng sẽ giảm và van kim mở, và xăng chảy vào buồng phao. Bằng cách này xăng ở buồng phao được giữ mức cố định.

Do mức xăng trong buồng phao thay đổi, phao nâng lên hoặc hạ xuống, chuyển động này được truyền đến van kim qua cần đẩy. Lò xo ngăn không cho van kim tự động mở và đóng bởi chuyển động lên xuống của phao khi có sự di chuyển của xe và giữ cho mức nhiên liệu không đổi.

Trên hệ thống điều khiển nhiên liệu bằng bộ chế hòa khí thì việc điều khiển nhiên liệu chủ yếu dựa vào các cơ cấu điều khiển bằng áp thấp và cơ khí, chỉ có một vài bộ phận được điều khiển bằng điện như: van từ chống dieseling (hiện tượng động cơ tiếp tục nổ khi tắt máy), hệ thống mở bướm gió tự động, công tắc vị trí bướm ga. Trong phần giáo trình này chúng ta chỉ xem xét về điều khiển bằng điện.

*** Van từ**

Nếu động cơ tiếp tục chạy sau khi khóa điện ngắt gọi là hiện tượng “dieseling”. Chống lại hiện tượng này bằng hai cách: ngừng cung cấp nhiên liệu cho bộ CHK hoặc cấp nhiều khí cho hệ thống nạp. Cách đầu tiên được sử dụng phổ biến hơn và được thực hiện bởi van từ.



Hình 6-97: *Van từ chống hiện tượng Dieseling*

Khi tắt công tắc đánh lửa, van từ đóng, ngừng cung cấp nhiên liệu cho mạch tốc độ thấp. Tùy thuộc vào kiểu xe, van điện này còn được điều khiển bởi ECU kiểm soát chế độ cầm chừng cưỡng bức, giúp giảm nồng độ khí thải khi giảm tốc (phanh động cơ) và tiết kiệm nhiên liệu.

*** Hệ thống mở bướm gió tự động**

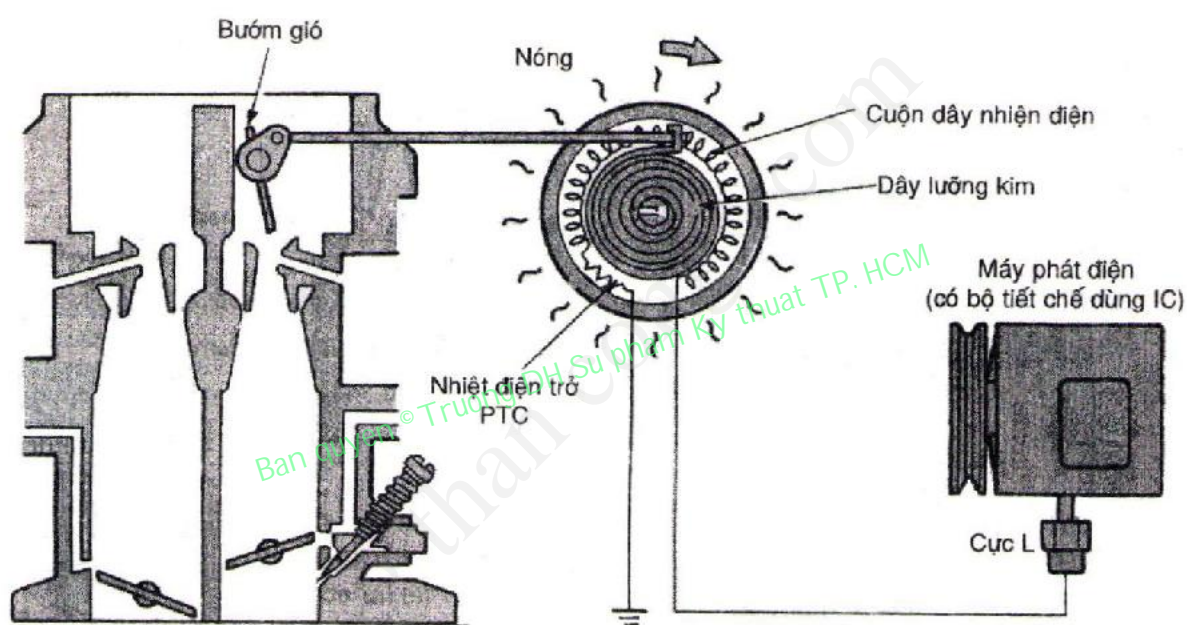
Khi động cơ lạnh, xăng khó bốc hơi, hỗn hợp khí nhiên liệu sẽ bị nghèo, dẫn đến khó khởi động. Ngoài ra, càng lạnh sự cản quay càng lớn làm tốc độ khởi động động cơ thấp, độ chân không trong đường ống nạp yếu, lượng xăng cung cấp qua lỗ không tải giảm.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Hệ thống bướm gió tự động được trang bị cho phép hỗn hợp khí – nhiên liệu đậm hơn được cung cấp cho các xi lanh khi động cơ lạnh. Kiểu bướm gió sử dụng hiện nay là bướm gió tự động điện tử hoặc bướm gió điều khiển bằng tay.

Khi động cơ đã được khởi động:

Bướm gió được đóng hoàn toàn bởi dây lưỡng kim cho đến khi nhiệt độ môi trường đạt tới 30°C (86°F). Khi động cơ quay với bướm gió đóng, độ chân không được tạo ra ở dưới bướm gió lớn hơn nên một lượng xăng lớn được cung cấp qua các mạch cao và thấp tốc sơ cấp nhiều hơn và hỗn hợp khí – nhiên liệu đậm hơn.



Hình 6-98: *Sơ đồ hệ thống mở bướm gió tự động*

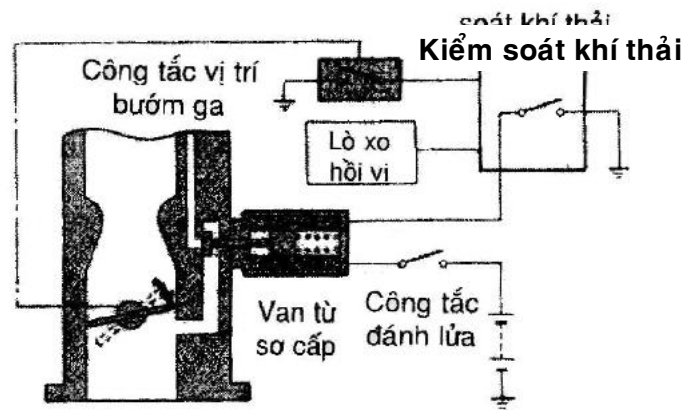
Sau khi khởi động:

Khi động cơ đã nổ, cực L của máy phát điện bắt đầu có điện áp, tạo dòng điện cấp cho cuộn dây nhiệt điện. Khi lưỡng kim nhiệt nóng lên, nó bắt đầu giãn nở và mở bướm gió. Để giới hạn dòng điện đi vào cuộn dây nhiệt sau khi bướm gió đã mở hết (phía trong buồng lò xo đạt khoảng 100°C tức 212°F), người ta dùng điện trở nhiệt có hệ số nhiệt dương (PTC).

*** Công tắc vị trí bướm ga (chỉ có trên vài kiểu xe)**

Công tắc này báo cho ECU kiểm soát nồng độ khí thải và tiết kiệm nhiên liệu ở chế độ cầm chừng cường bức. Khi giảm tốc, bướm ga đóng hoàn toàn, ECU dựa vào tín hiệu này và tín hiệu tốc độ động cơ để điều khiển bật tắt van từ sơ cấp.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 6-99: Công tắc vị trí bướm ga

6.6.2 Điều khiển phun xăng

6.6.2.1 Điều khiển bơm xăng và điều áp

Cấu tạo bơm xăng

Tùy theo nhà chế tạo và năm sản xuất mà bơm xăng được đặt trong hoặc ngoài thùng xăng. Hiện nay, bơm xăng sử dụng cho các hệ thống phun xăng có hai loại: *Loại cánh quạt và 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:

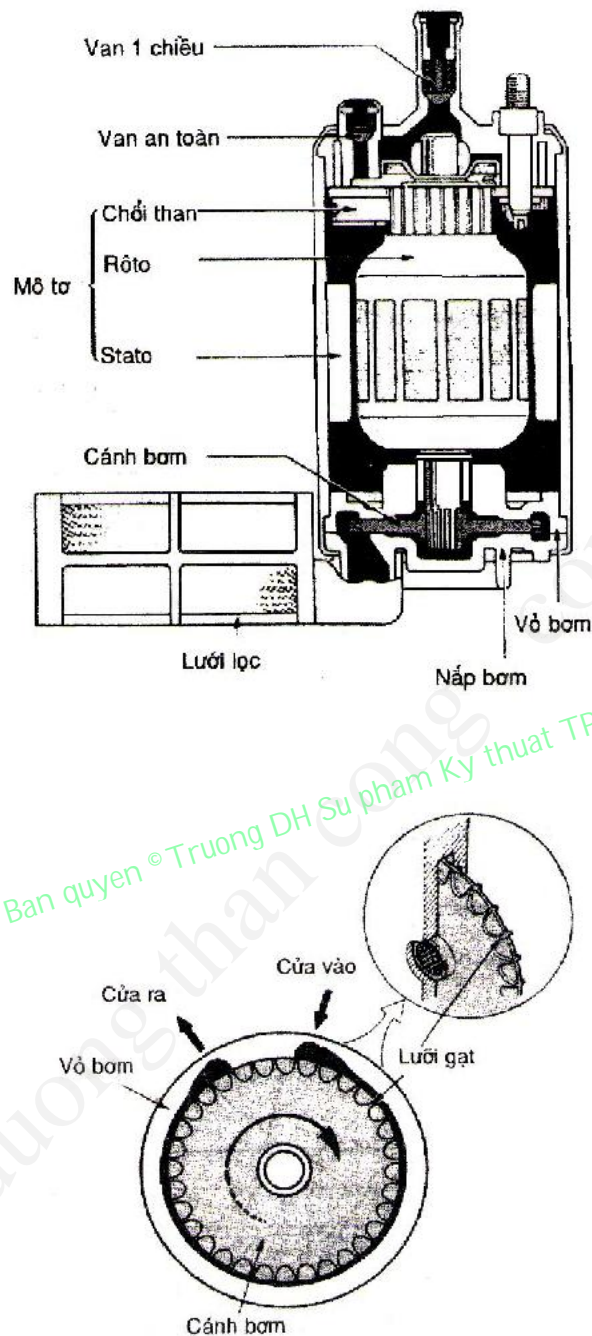
Motor điện

Bộ phận công tác của bơm

Van kiểm tra (van một chiều)

Van giảm áp và lọc.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 6-100: **Bơm cánh quạt**

Motor: là động cơ điện một chiều.

Bánh công tác: có từ 1 ÷ 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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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.

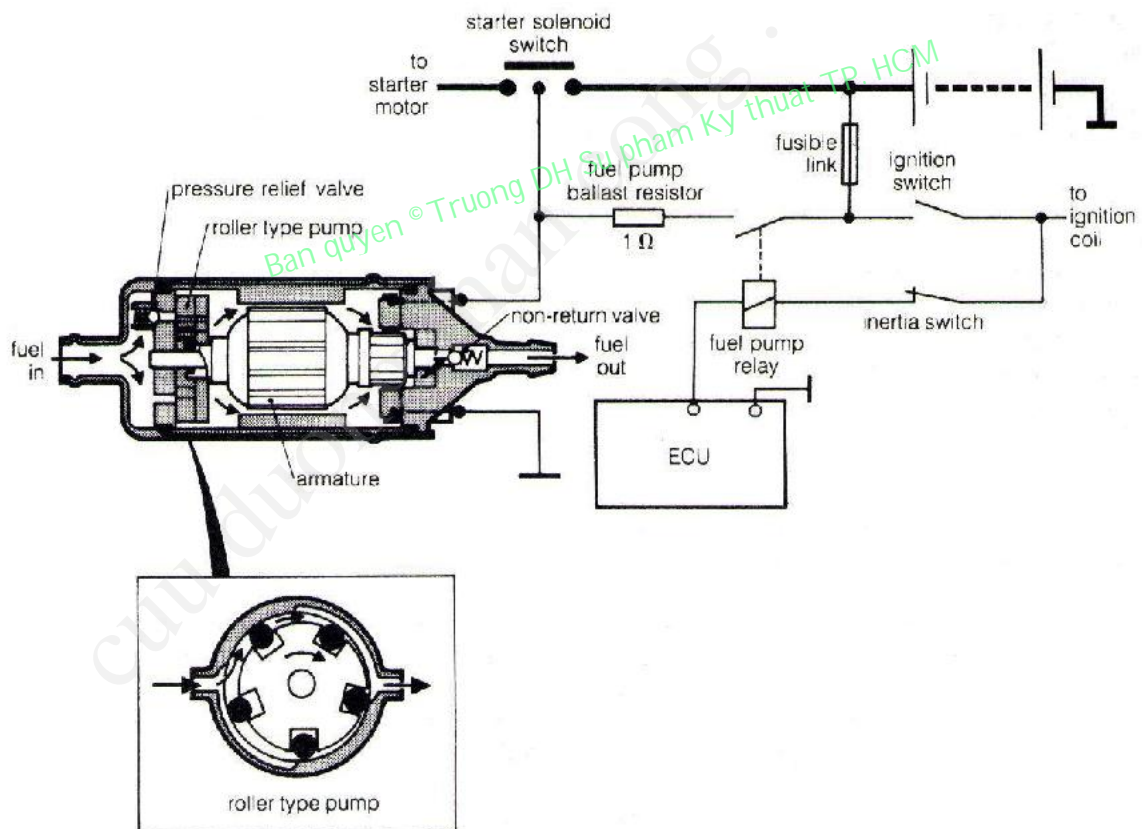
Cấu tạo bơm này gồm các thành phần sau:

Motor điện một chiều.

Bộ phận công tác của bơm.

Van giảm áp và van một chiều.

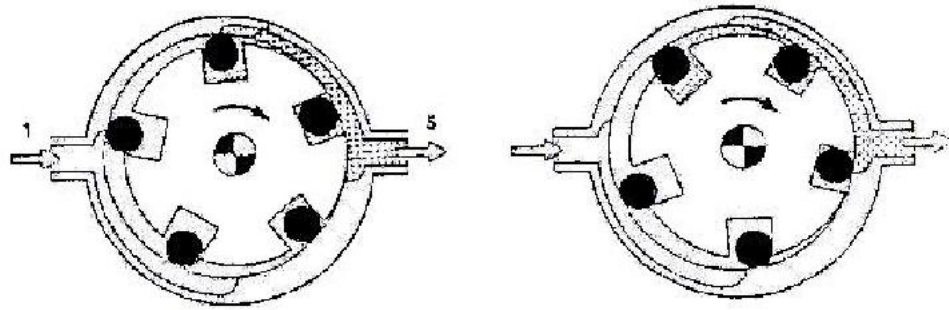
Hoạt động của motor điện, van giảm áp và van một chiều giống như bơm cánh quạt.



Hình 6-101: **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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



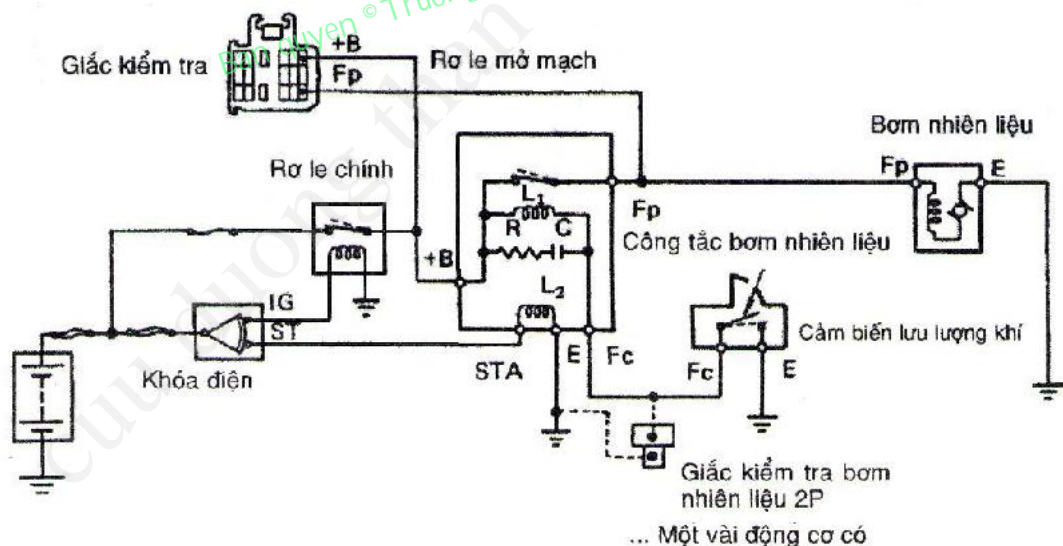
Hình 6-102 : Nguyên lý hoạt động của bơm con lăn

Sơ đồ mạch điện điều khiển bơm xăng

Bơm xăng có thể được điều khiển theo 3 cách:

- Không qua hộp ECU máy như ở hệ thống phun xăng với bộ đo gió kiểu trượt TOYOTA.
- Qua hộp ECU máy nhưng hoạt động theo nguyên lý ON – OFF .
- Qua hộp ECU máy 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 6-103: Mạch điện điều khiển bơm xăng không qua ECU

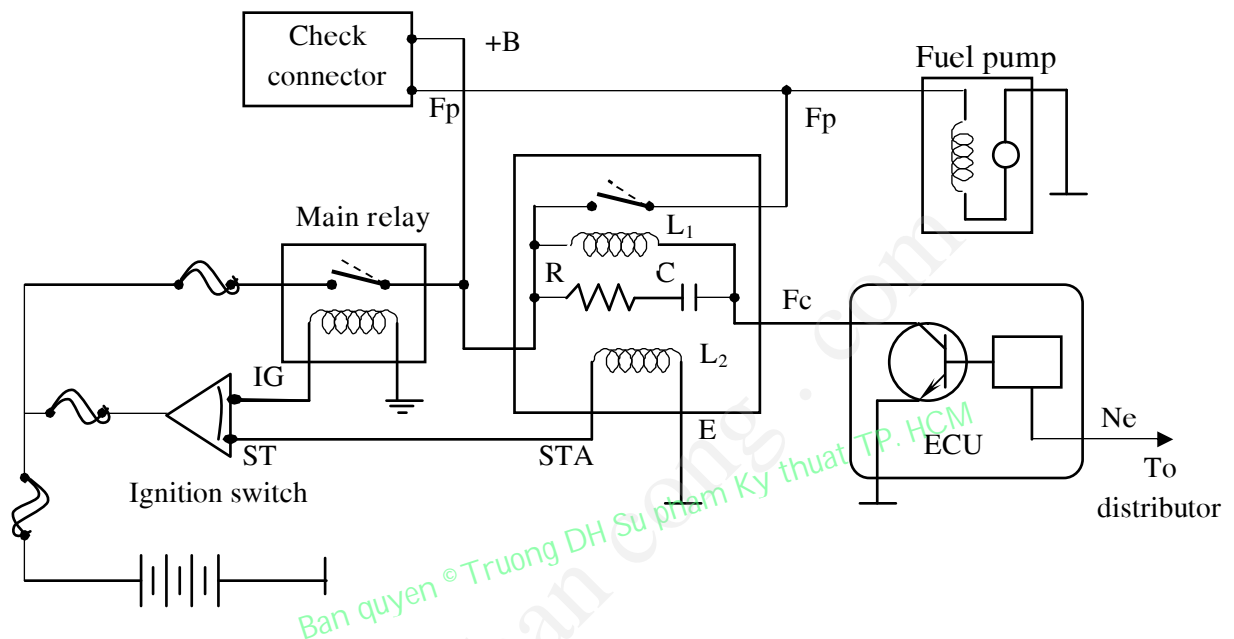
Bơm xăng dùng cho hệ thống phun xăng sử dụng bộ đo gió kiểu trượt trên xe Toyota chỉ làm việc khi động cơ hoạt động. Đó là một đặc điểm an toàn cho hệ thống.

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 đo gió cũng di chuyển khỏi vị trí ban đầu (nhờ dòng khí hút vào động cơ) và đóng tiếp điểm bơm xăng ở cảm biến đo gió.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 6-104: **Mạch điện điều khiển bơm xăng có ECU điều khiển**

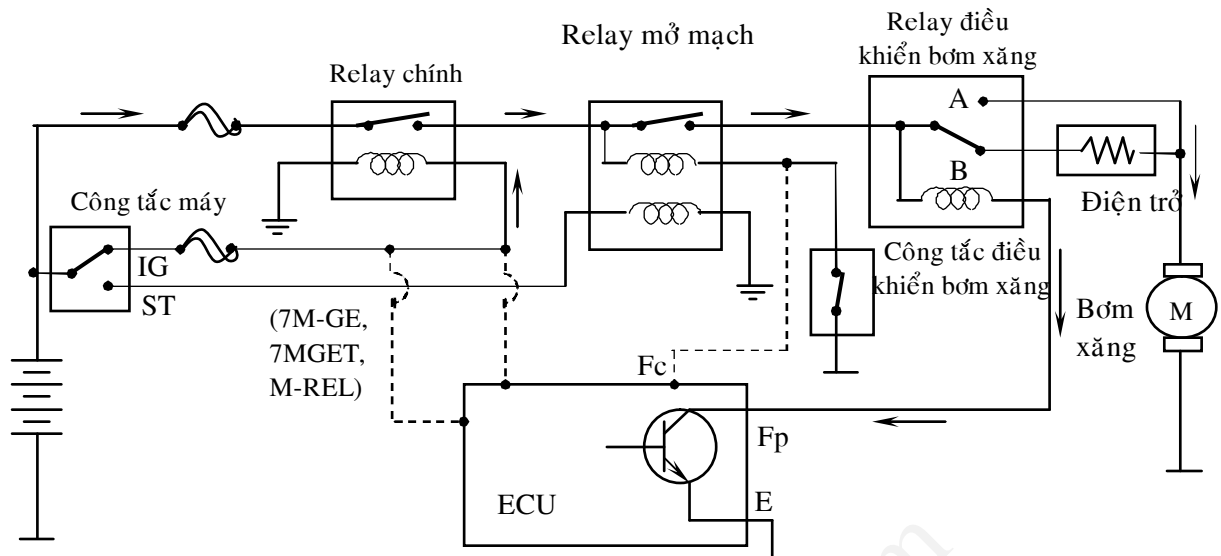
Nguyên lý hoạt động tương tự như loại ở trên, chỉ khác nhau ở tín hiệu điều khiển bơm xăng. Khi khởi động động cơ, ECU nhận tín hiệu tốc độ động cơ (NE) để điều khiển transistor mở cho dòng điện qua cuộn L_2 của relay bơm xăng qua transistor về mass tạo lực hút để đóng tiếp điểm relay bơm xăng. Khi khoá 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 cọc chẩn đoán còn được bố trí đầu +B và FP giúp nối mạch bơm xăng và 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 cầm chừng hoặc ở điều kiện tải nhẹ, ECU điều khiển transistor mở, có dòng: từ accu - 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 chạy cầm chừng của động cơ.

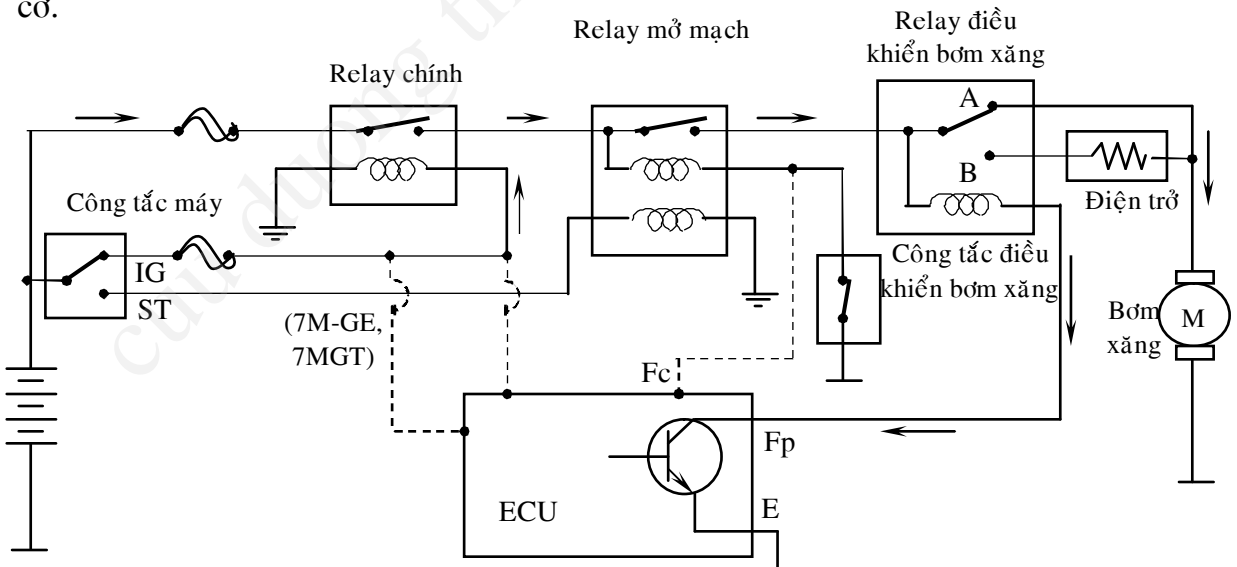
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 6-105a: Sơ đồ điều khiển bơm xăng qua ECU 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 nhanh để cung cấp lượng xăng cần thiết cho chế độ làm việc này của động cơ.



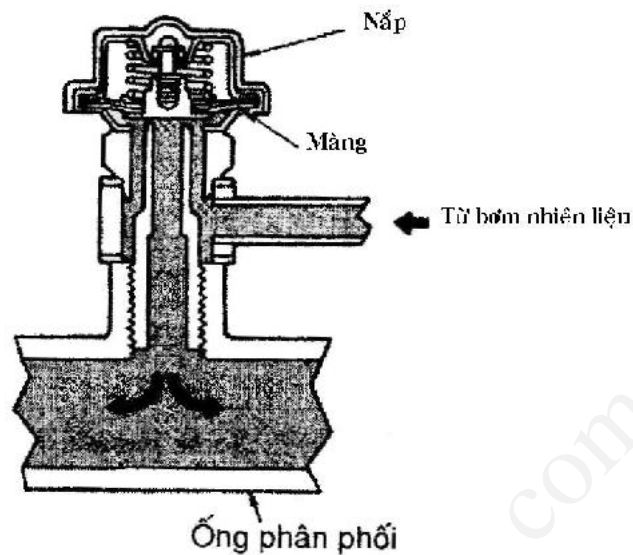
Hình 6-105b: Mạch điện điều khiển bơm xăng qua ECU điều khiển tốc độ bơm

Bộ giảm rung động

Áp suất nhiên liệu được duy trì ở $2,55 - 2,9 \text{ kgf/cm}^2$ tùy theo độ chân không trên đường ống nạp bằng điều áp. Tuy nhiên, vẫn có sự dao động trên đường ống

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

do quá trình phun nhiên liệu không liên tục. Bộ giảm rung động có tác dụng hấp thụ các dao động này bằng một lớp màng.



Hình 6-106: **Bộ giảm dao động**

Bộ ổn định áp suất (điều áp)

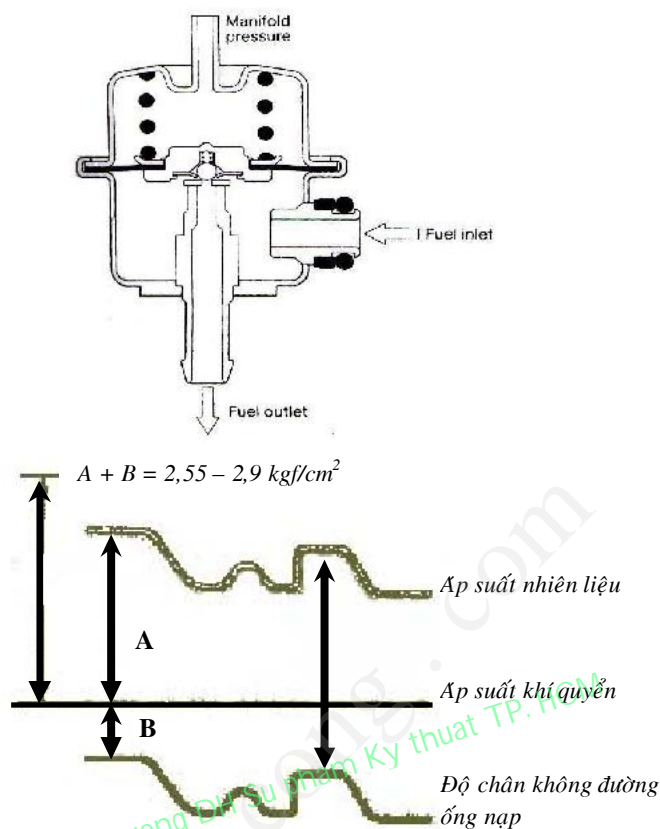
Bộ ổn định áp suất làm ổn định áp suất nhiên liệu đến các kim phun. Lượng phun nhiên liệu được điều khiển bằng thời gian của tín hiệu cung cấp đến các kim phun. Mặc dù vậy, do sự thay đổi độ chân không trong đường ống nạp, lượng nhiên liệu phun ra sẽ thay đổi và phụ thuộc vào lực hút ở đáy kim nếu áp 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 nạp B được duy trì không đổi.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



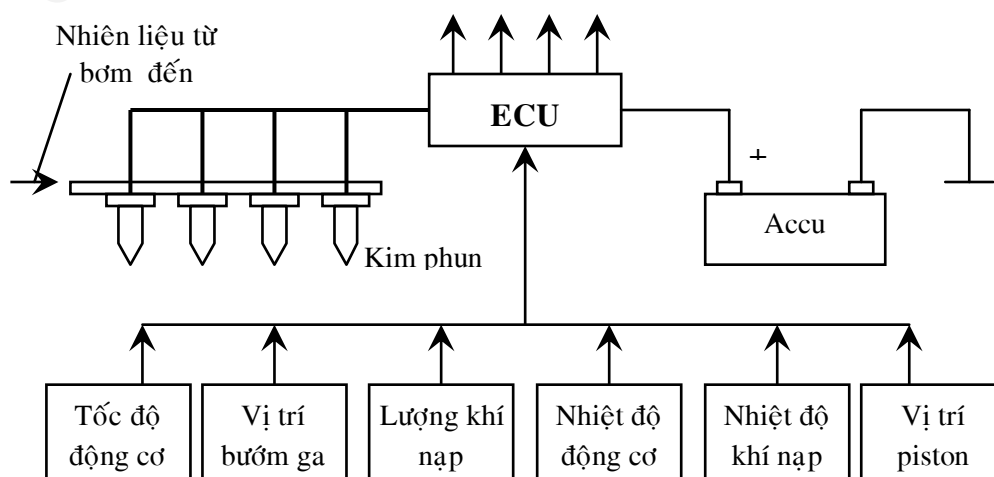
Hình 6-107: **Bộ điều áp và đặc tính hoạt động**

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.

6.6.2.2 Điều khiển kim phun

Nguyên lý kết cấu kim phun

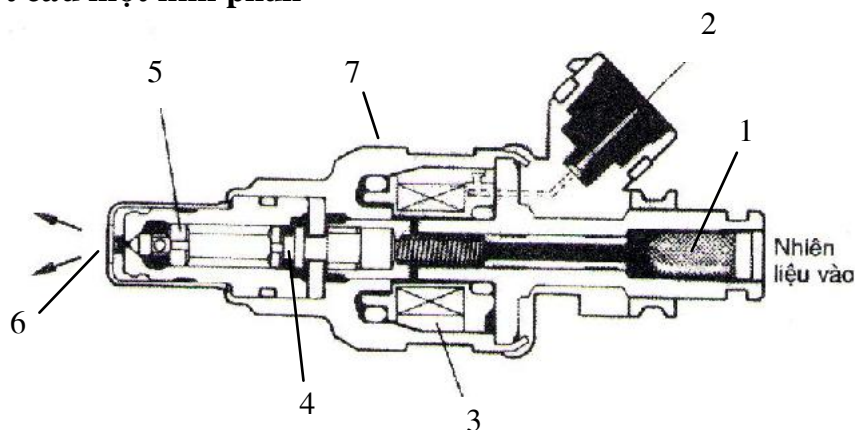
Sơ đồ tổng quát của hệ thống điều khiển kim phun được trình bày trên hình 6-108.



Hình 6-108: **Sơ đồ tổng quát hệ thống phun nhiên liệu**

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Kết cấu một kim phun

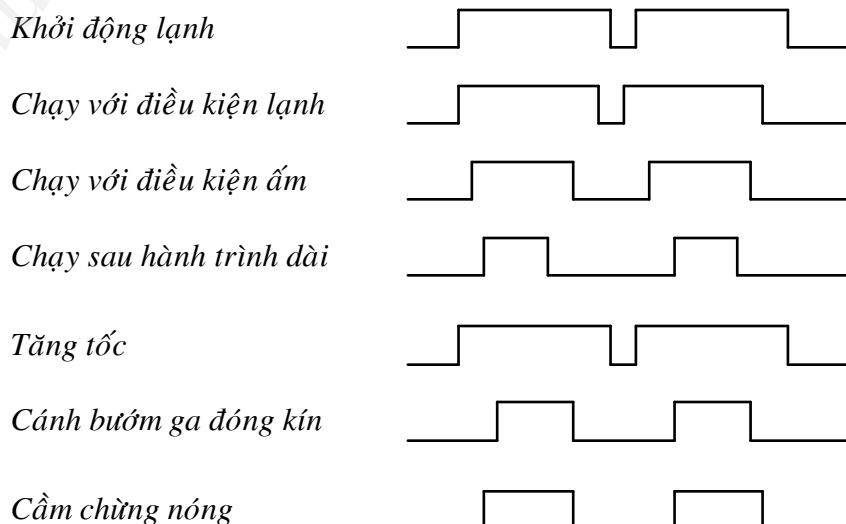


Hình 6-109: **Kết cấu kim phun**

Theo hình 6-109 cấu tạo của kim gồm: 1- *Bộ lọc*: Bảo đảm nhiên liệu đi vào kim phun phải thật sạch; 2- *Giắc cắm*: Nối với mạch điện điều khiển; 3- *Cuộn dây*: Tạo ra từ trường khi có dòng điện; 4- *Ti 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*.

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 6-110 cho thấy độ rộng xung thay đổi tùy theo chế độ làm việc của động cơ. Giả sử cánh bướm ga mở lớn khi tăng tốc thì cần nhiều nhiên liệu hơn. Do đó ECU sẽ tăng chiều dài xung. Điều này có nghĩa là ti kim sẽ giữ lâu hơn trong mỗi lần phun để cung cấp thêm một lượng nhiên liệu.



Hình 6-110: **Xung điều khiển kim phun ứng với từng chế độ làm việc của động cơ**

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện 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 nhích khỏi bề khoảng 0.1 mm nên nhiên liệu được phun ra khỏi kim phun.

Nếu ta gọi:

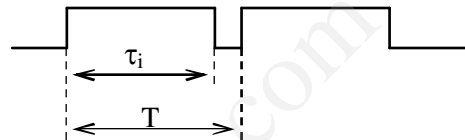
Q : Lượng nhiên liệu phun ra khỏi kim.

T : chu kỳ xung.

τ_i : độ dài xung.

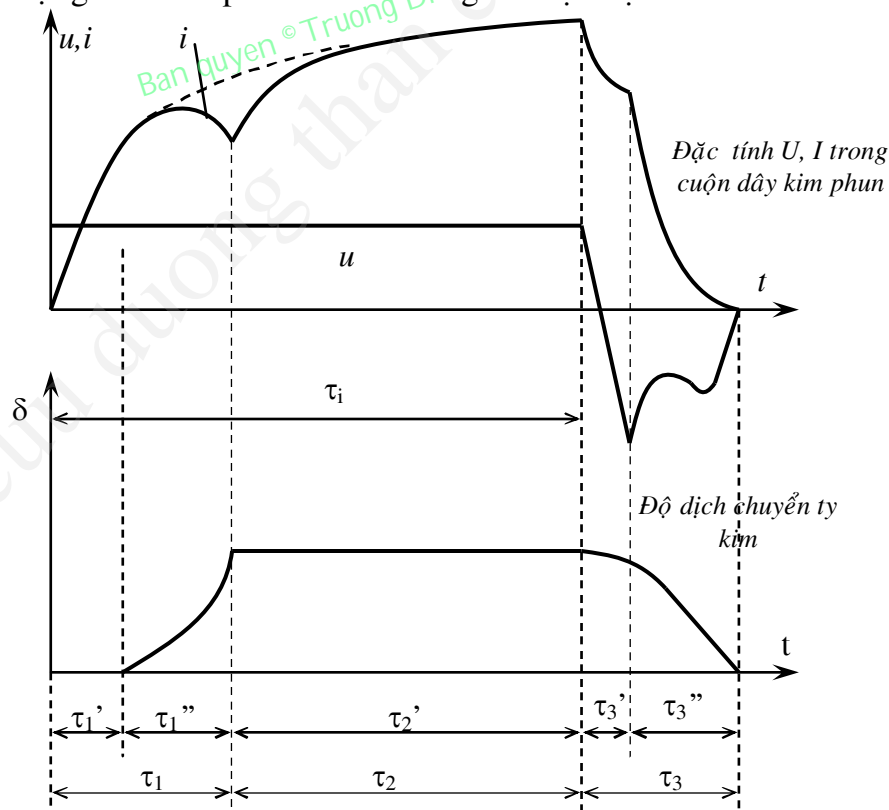
Thì Q sẽ được tính bởi công thức:

$$Q = \int_0^T q(\tau) d\tau$$



Quá trình hoạt động:

Trên hình 6-111 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 chia làm 3 giai đoạn cụ thể như sau:



Hình 6-111: **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:

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

$$i = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-\frac{Rt}{L}} \right)$$

Trong đó:

R : tổng trở kim

L : độ tự cảm của kim phun

U : điện áp đặt vào mạch

*** Giai đoạn I:** Trong thời gian τ_i (từ lúc ti kim được nâng lên hết cỡ).

-Giai đoạn I_a : Thời gian τ_i , mặc dù có hiệu thế đặt vào nhưng ti kim vẫn chưa nhấc lên được. Khi dòng điện đạt giá trị I_m để $F_{lực từ} > F_{cản}$ ti bắt đầu di chuyển. Kết thúc giai đoạn I_a .

-Giai đoạn I_b : Thời gian τ_i : 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 II:** 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 III:** 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 mở nào đó do sức điện động tự cảm. Sau đó sức căng lò xo làm đóng ti kim lại.

Kết luận: 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_i , ti 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 xúpáp 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_j . Trong trường hợp lý tưởng $t_i = t_j$.

Trong quá trình thiết kế kim phun đã xuất hiện những khó khăn. 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

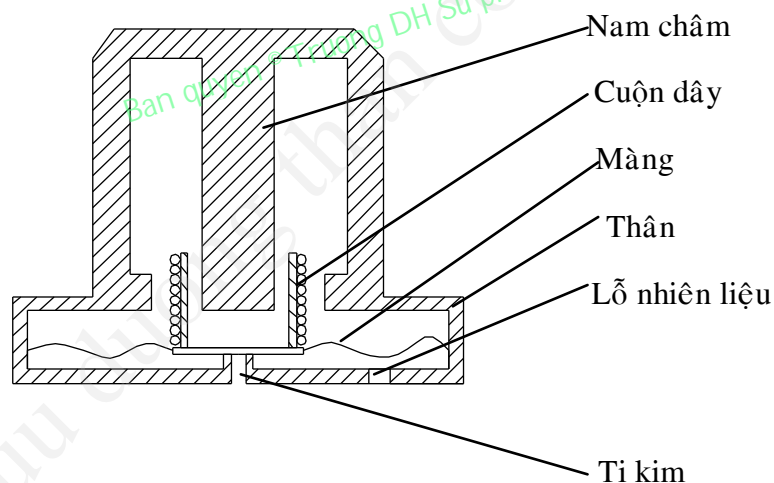
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

dây, khối lượng của ti kim và các yếu tố khác nhau như áp lực nhiên liệu, ma sát). Kết quả là trên thực tế ti 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 dẫn từ, mắc điện trở phụ kiểm soát bằng dòng, còn có những biện pháp tăng độ nhạy như sau:

-Dùng vật liệu áp điện

-Dùng nam châm vĩnh cửu.

Nhiên liệu đi vào lỗ dầu đi vào khoang A của kim, áp lực trên màng cân bằng và ti kim chỉ tì vào đáy bằng một lực nhỏ do lực đàn hồi của màng và sự chênh lệch bên trên và bên dưới do sự khác biệt điện tích khi tác động lên cuộn dây một xung thuận (từ trường do cuộn dây sinh ra ngược chiều với nam châm vĩnh cửu) cuộn dây bị hút lên và ti kim mở ra. Khi ngắt xung điều khiển có thể dùng thiết bị đổi chiều tự động để lực tác dụng ngược lại.



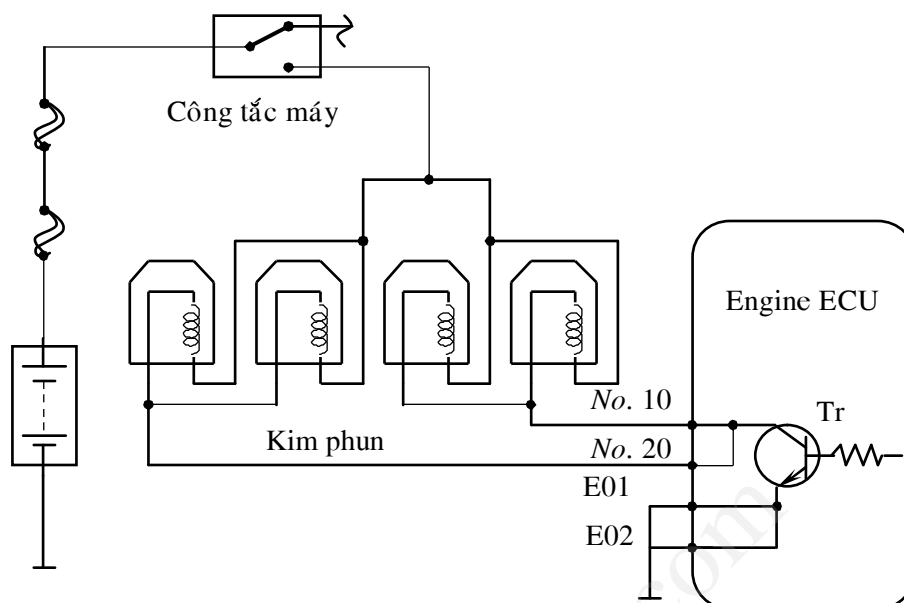
Hình 6-112: ***Biện pháp tăng độ chính xác trong hoạt động của kim phun***

Phương pháp điều khiển kim phun:

Phương pháp điều khiển kim phun bằng điện áp cho loại kim phun điện trở cao:

Điện áp accu 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_010 , N_020 đến E_{01} , E_{02} về mass. Trong khi Tr mở, dòng điện chạy qua kim phun làm nhấc ti kim và nhiên liệu được phun vào trước supap nạp.

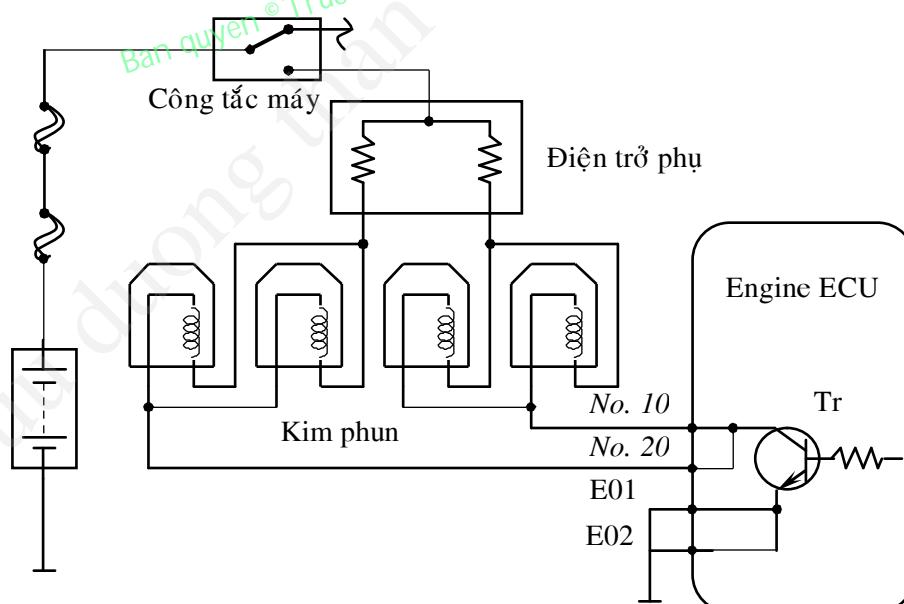
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 6-113: Mạch điện điều khiển kim phun bằng áp

Mạch điện hình 6-113 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:

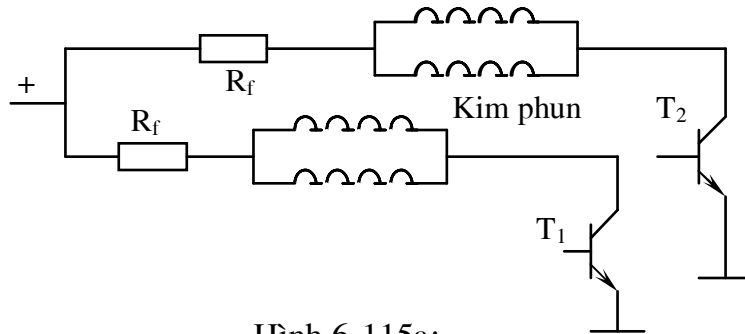


Hình 6-114: Mạch điện kim phun có điện trở thấp

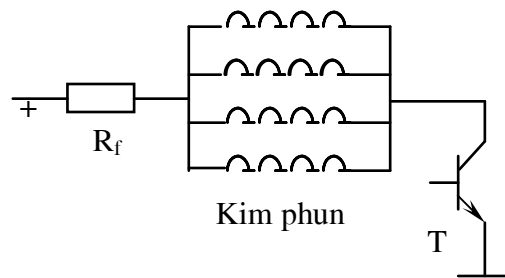
Mạch điện làm việc tương tự như loại trên nhưng vì sử dụng kim phun có điện trở thấp nên một điện trở phụ R_f được mắc giữa công tắc máy và kim phun để hạn dòng.

Lưu ý: Có nhiều cách mắc điện trở phụ như hình 6-115.

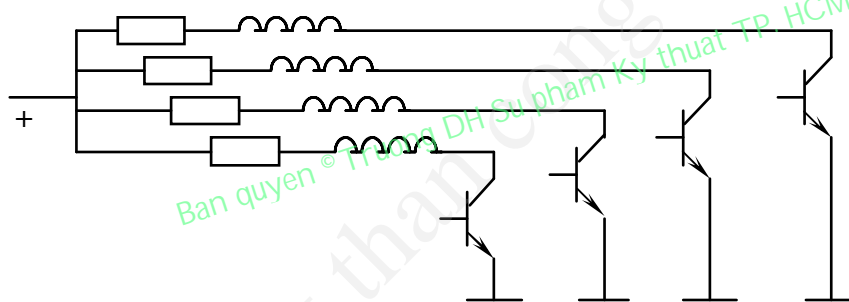
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 6-115a:



Hình 6-115b:



Hình 6-115c:

- a). Một điện trở phụ cho hai cuộn dây kim
- b). Một điện trở phụ cho ba cuộn dây kim
- c). Một điện trở phụ cho từng cuộn dây kim

Hình 6-115: Các cách mắc điện trở phụ cho kim phun có điện trở thấp

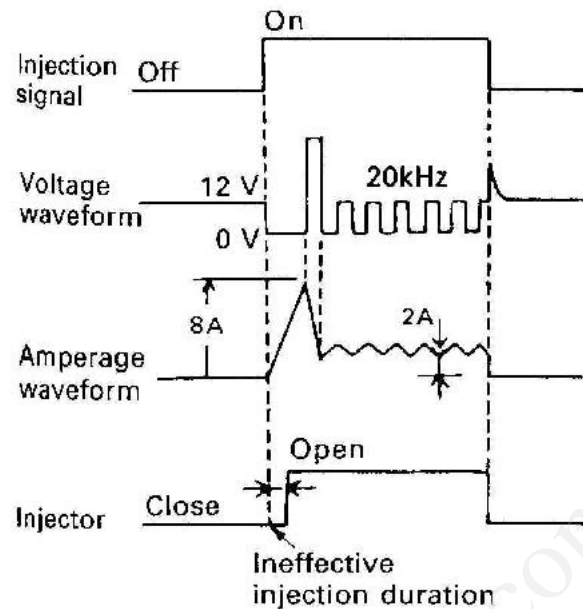
Phương pháp điều khiển bằng dòng:

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.

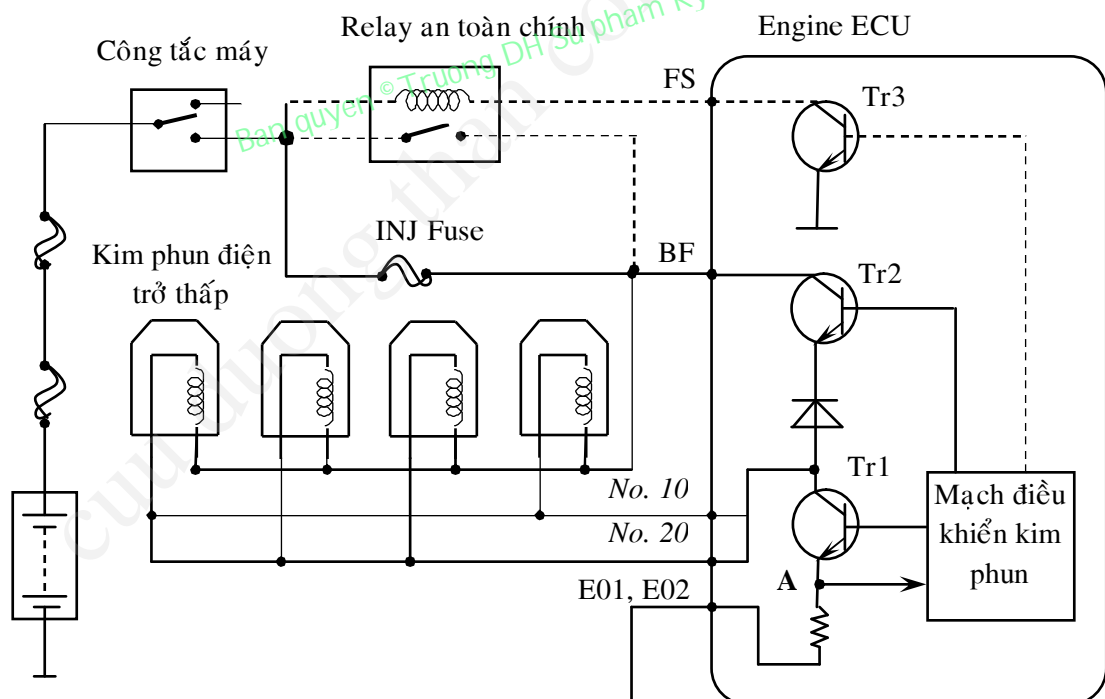
Trong khi ti kim được giữ, dòng được giảm xuống còn 2A giảm sự tiêu hao công suất do sinh nhiệt.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 6-116: **Phương pháp điều khiển kim phun bằng dòng**

Mạch điện điều khiển hoạt động này được miêu tả như hình sau đây:



Hình 6-117: **Mạch điện điều khiển kim phun bằng dòng**

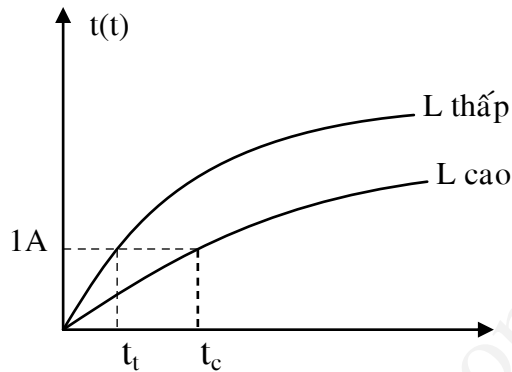
Khi công tắc máy bật ở vị trí ON, relay an toàn chính mở nhờ nối mass ở mạch điều khiển kim phun thông qua đầu nối FS của ECU. Điều này làm Tr_1 trong ECU mở cho dòng chạy đến cuộn dây kim phun.

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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

soát (khi điện áp đầu +B là 14V, dòng trong kim là 8A, khi ti 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 6-118: **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 dòng điện cho nên khi L cao thì có sự cản dòng nhiều, 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.

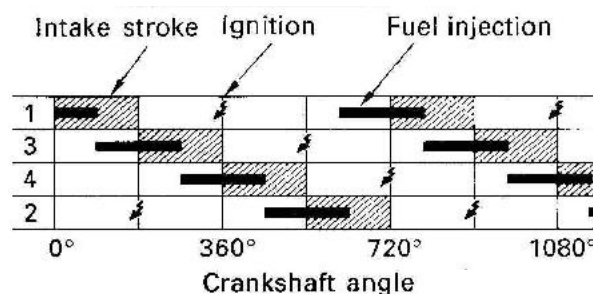
Vì vậy, để khắc phục hiện tượng này, người ta dùng cuộn dây kim phun có số vòng dây ít hơn (vì $L = \mu \cdot \mu_0 \cdot \omega$) để L giảm và đường kính dây lớn hơn để tăng độ nhạy của kim phun. Mà ta biết : $R = \rho \frac{l}{S}$. Do đó R giảm. Vì vậy, để hạn chế dòng qua cuộn dây người ta mắc thêm một điện trở phụ.

Chức năng của ECU trong việc điều khiển kim phun

Phương pháp phun và thời điểm phun:

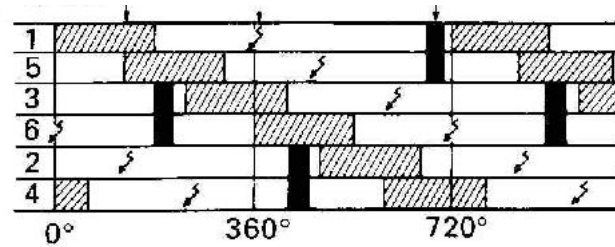
Phương pháp phun bao gồm các phương pháp phun đồng thời, nhóm 2 xilanh, nhóm 3 xilanh hay phun độc lập cho từng kim. Phương pháp và thời điểm phun được mô tả như các sơ đồ dưới đây:

Phun độc lập:

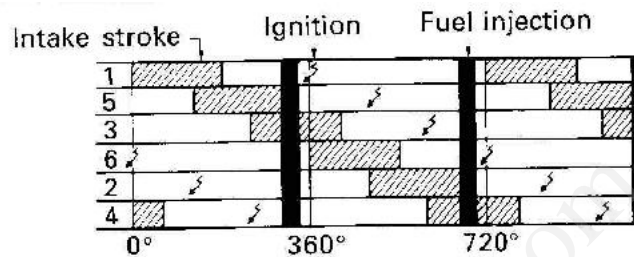


Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Phun nhóm:



Phun đồng loạt:



Hình 6-119: Các phương pháp phun và thời điểm phun

Điều khiển thời gian phun nhiên liệu:

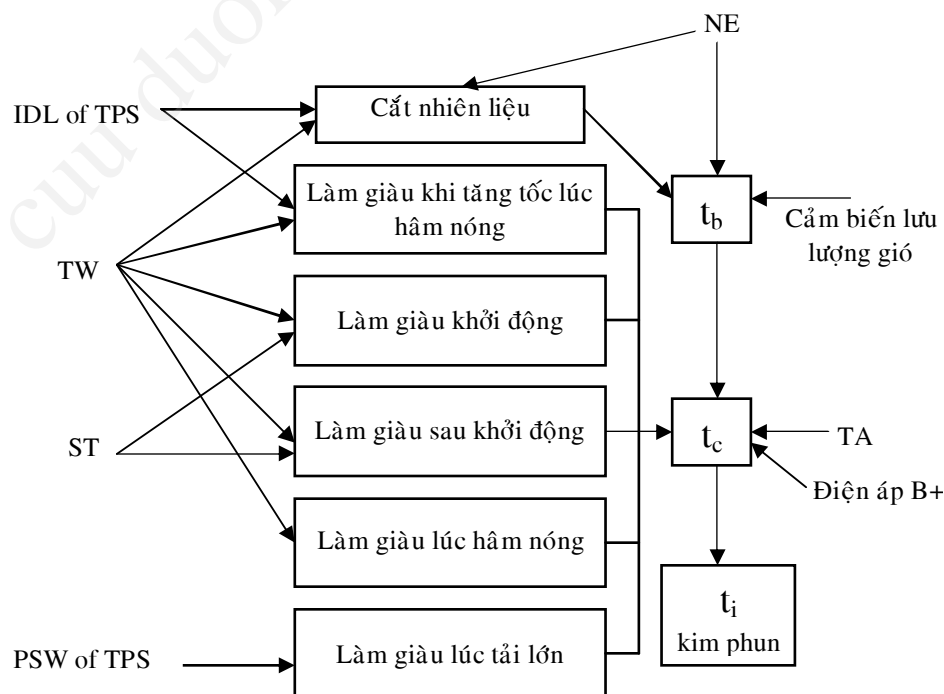
Thời gian phun nhiên liệu thực tế được xác định bởi hai đại lượng:

- t_b : Thời gian phun cơ bản (dựa chủ yếu vào lượng khí nạp và tốc độ động cơ)

- t_c : Thời gian điều 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.

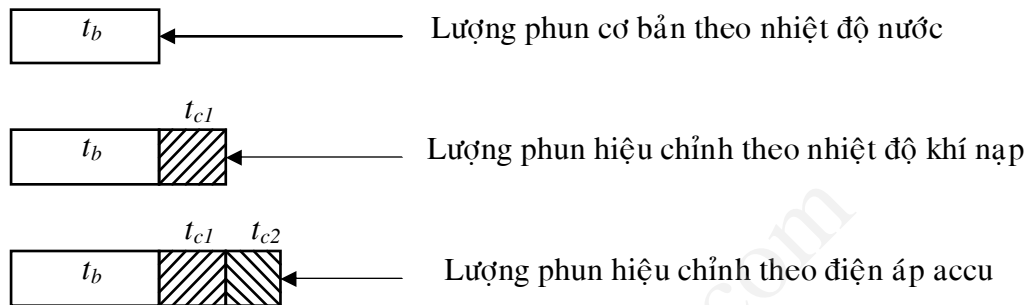


Hình 6-120: Điều khiển thời gian phun nhiên liệu

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 accu để tạo ra thời gian phun thực tế t_i .



Hình 6-121: **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:

$$t_i = t_b + t_c + t_{accu}$$

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 của 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.

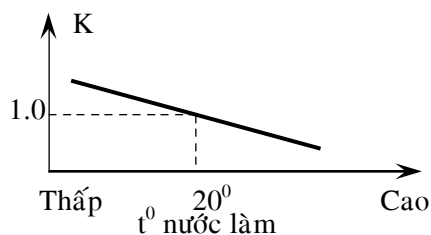
Sự hiệu chỉnh thời gian phun:

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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.

a. Sự hiệu chỉnh theo nhiệt độ khí nạp:

Hệ số hiệu chỉnh



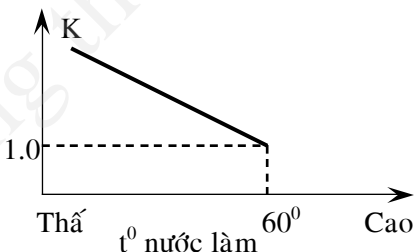
Hình 6-122: **Đặc tính hiệu chỉnh bởi nhiệt độ khí nạp**

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 hoà 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 đo gió kiểu Karman có thể tới 20%).

b. Sự làm giàu nhiên liệu khi khởi động:

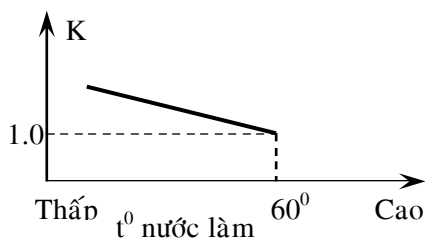
Hệ số hiệu chỉnh



Hình 6-123: **Sự hiệu chỉnh làm giàu sau khi 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 sự làm giàu về cơ bản sẽ tăng gấp đôi số lượng nhiên liệu phun vào.

c. Sự làm giàu hâm nóng:



Hình 6-124: **Sự làm giàu hâm nóng**

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Khi 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).

d. 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.

e. 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.

f. Sự hiệu chỉnh lúc tăng tốc:

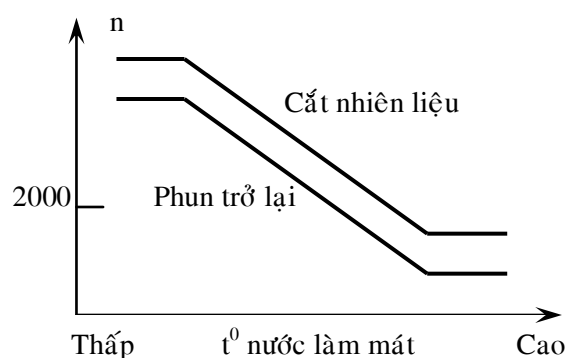
Khi ECU nhận ra sự tăng tốc của động cơ dựa tín hiệu từ cảm biến bướm ga, lượng nhiên liệu phun được tăng lên để cải thiện sự hoạt động tăng tốc của động cơ.

g. 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.

h. 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.



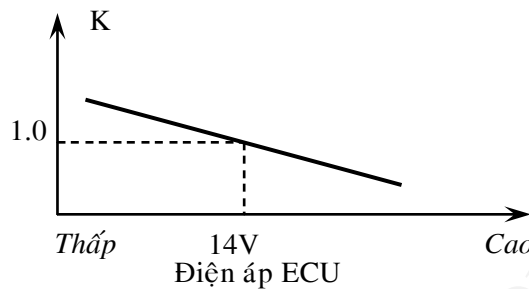
Hình 6-125: Đồ thị biểu diễn sự cắt nhiên liệu

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Cắt nhiên liệu tại 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 accu:



Hình 6-126: ***Hiệu chỉnh lượng phun theo điện áp***

Có một sự trì hoãn giữa thời gian mà ECU gửi 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 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.

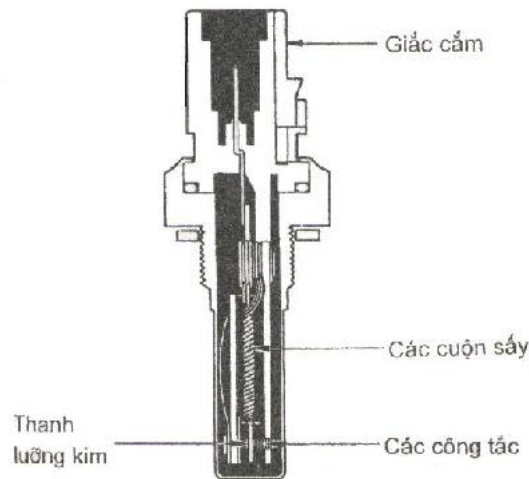
+ ***Phương pháp 2:*** Điều khiển khởi động nhờ ECU và cảm biến nhiệt độ động cơ.

- *Phương pháp 1:*

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.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 6-127: **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.

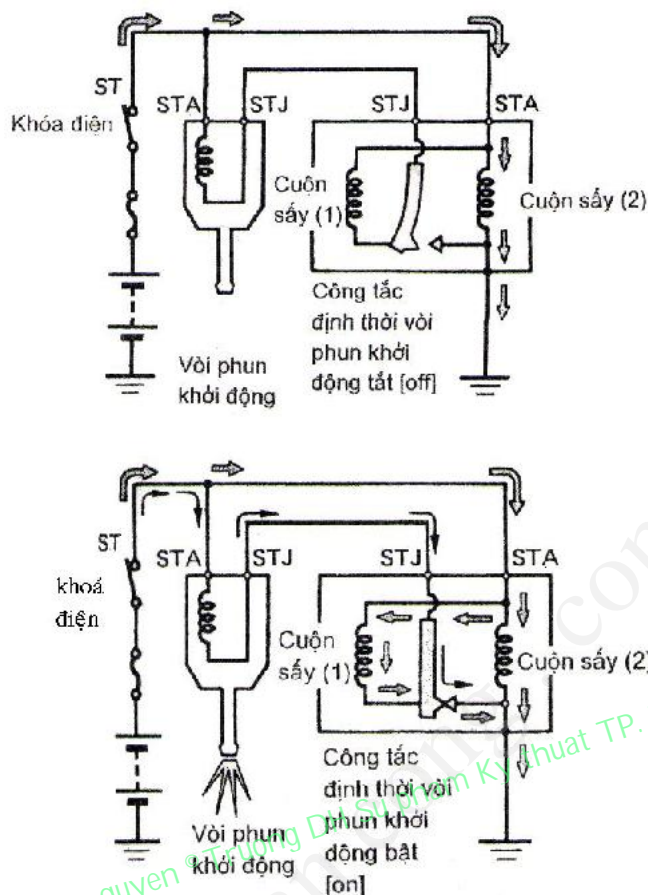
Khi động cơ đã nóng, công tắc luôn bị ngắt. Vì vậy, khi khởi động lúc động cơ nóng kim phun khởi động lạnh không làm việc.

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.

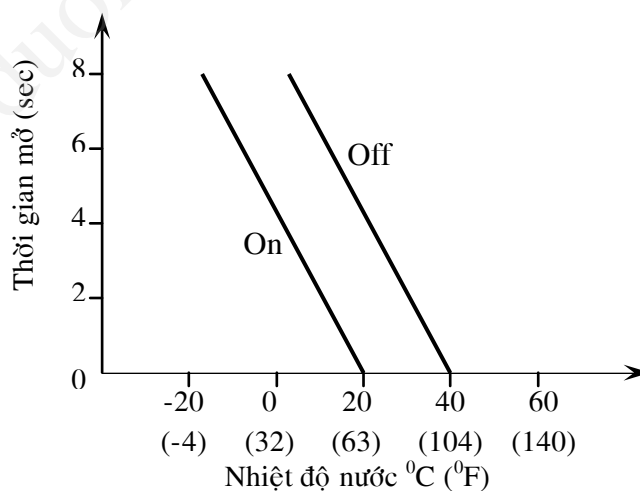
Vì lý do nào đó động cơ khởi động quá lâu thì hai điện trở sưởi nóng số 1 và 2 sẽ nung nóng thanh lưỡng kim làm tiếp điểm mở ra, giới hạn thời gian mở kim phun khởi động.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 6-128: **Mạch điện công tắc nhiệt thời gian**

Đường đặc tuyến :

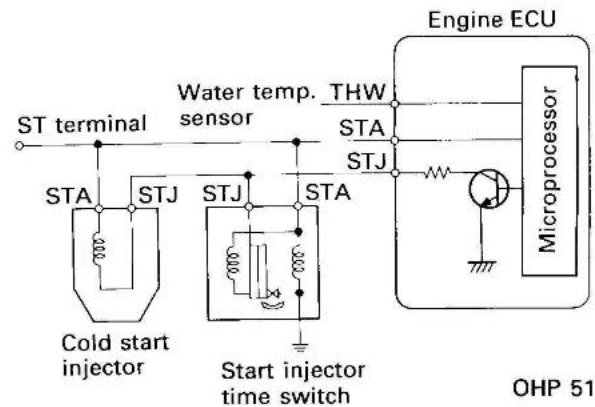


Hình 6-129: **Đường đặc tuyến**

- **Phương pháp 2:**

Ở loại này, việc điều khiển kim phun khởi động lạnh được thực hiện theo công tắc nhiệt thời gian và ECU.

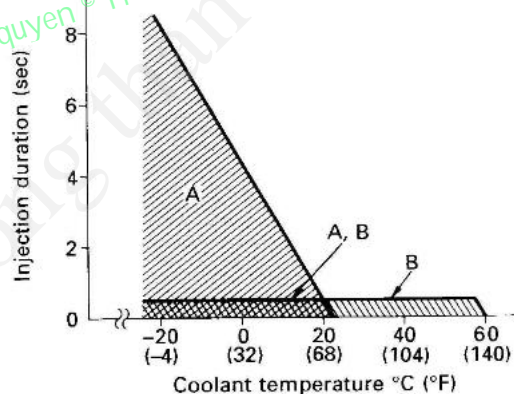
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 6-130: **Mạch điện kim phun khởi động lạnh**

Sau khi khởi động, dây nhiệt bị nung nóng, làm mở 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 6-131: **Đường đặc tuyến làm việc của phương pháp 2**

6.6.3 Điều khiển chế độ không tải (cầm chừng) và kiểm soát khí thải

Để điều khiển tốc độ cầm chừng, 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 cầm chừng 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 cầm chừng. Đôi khi biện pháp mở thêm cách bướm ga cũng được sử dụng.

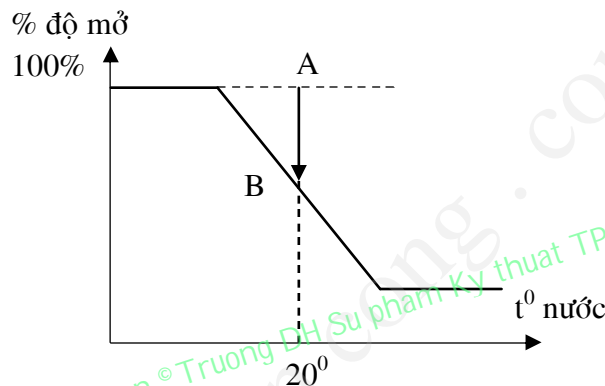
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

- **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.

- **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 cầm chừng để đóng từ vị trí mở hoàn toàn đến vị trí được ấn định theo nhiệt độ nước làm mát.

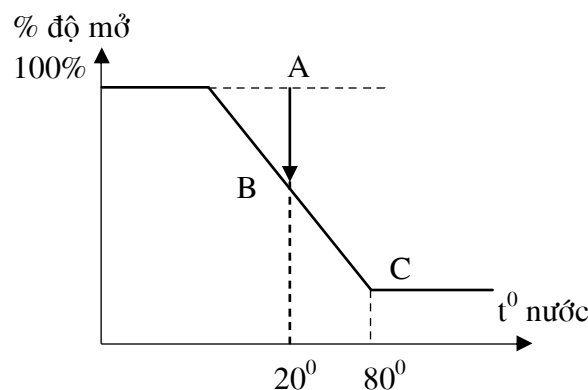


Hình 6-132: **Điều khiển cầm chừng ở chế độ sau khởi động**

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 ấn định.

- **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 .



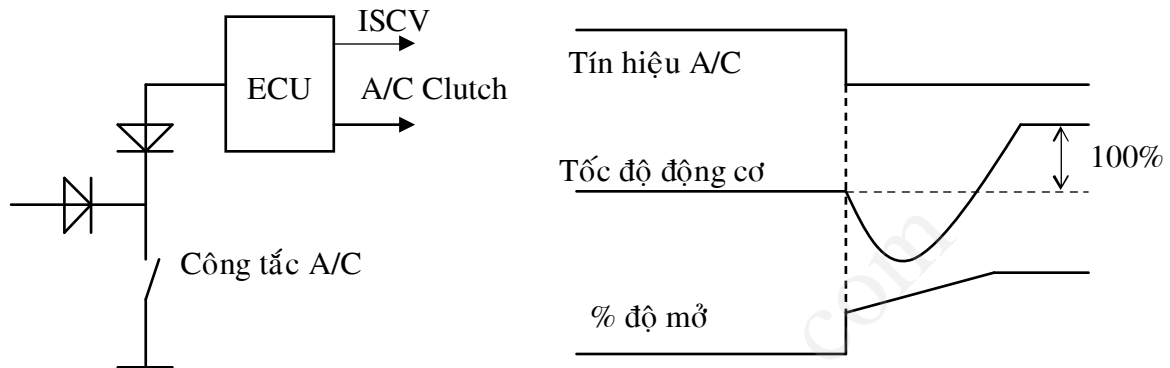
Hình 6-133: **Điều khiển cầm chừng ở chế độ hâm nóng**

- **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 cầm chừng động cơ tụt xuống. Nếu sự chênh lệch tốc độ

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

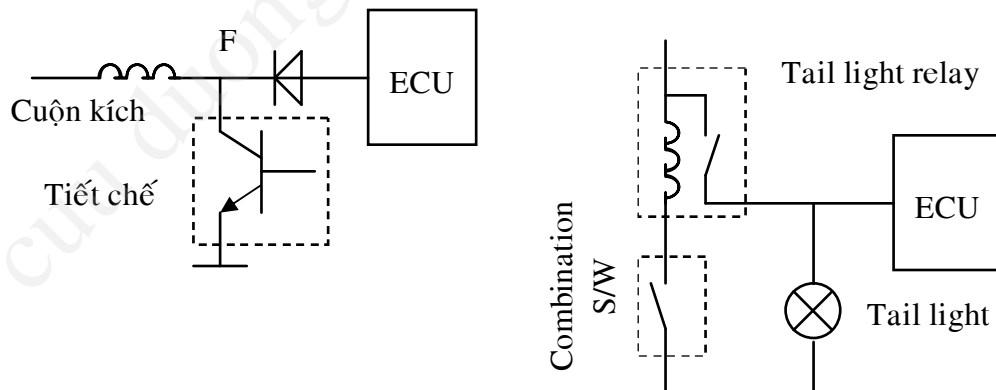
thật sự của động cơ và tốc độ ổn định của bộ nhớ lớn hơn 20 v/p thì ECU sẽ gửi tín hiệu đến van điều khiển để tăng lượng khí thêm vào qua đường bypass nhằm mục đích tăng tốc độ động cơ khoảng 100 v/p. Ở những xe có trang bị ly hợp máy lạnh điều khiển bằng ECU, khi bật công tắc máy lạnh ECU sẽ gửi tín hiệu tới van điều khiển trước để tăng tốc độ cầm chừng sau đó đến ly hợp máy nén để tránh tình trạng động cơ đang chạy bị khựng đột ngột.



Hình 6-134: **Chế độ máy lạnh**

- **Theo 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 cầm chừng 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).

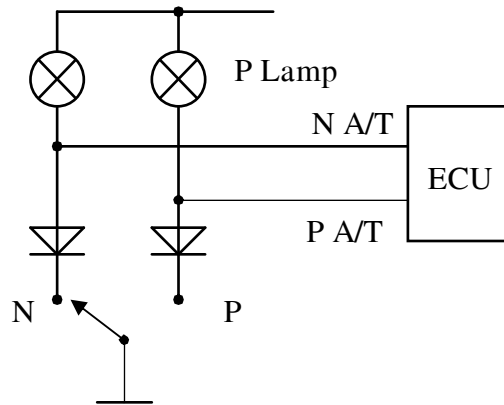


Hình 6-135: **Điều khiển cầm chừng theo tải máy phát**

- **Tín hiệu từ 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 cầm chừng.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

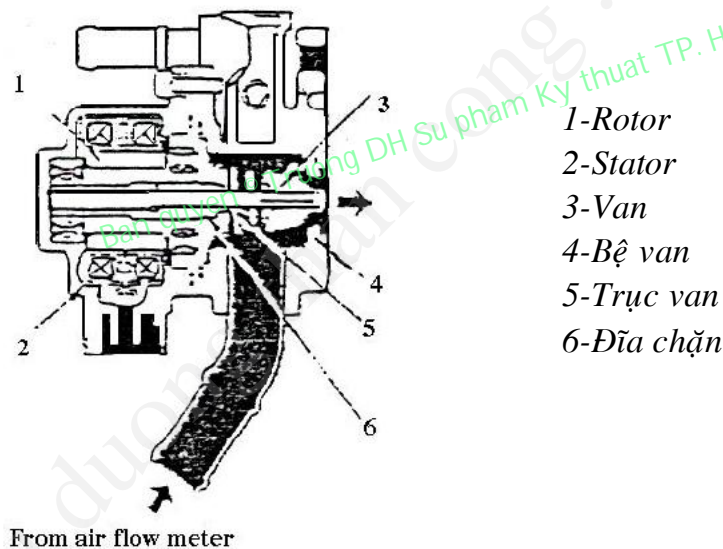


Hình 6-136: Tín hiệu từ hộp số tự động

- Cấu tạo van điều khiển tốc độ cầm chừng

Kiểu motor bước (Stepper motor)

* Cấu tạo:



Hình 6-137: Cấu tạo của motor bước

Van điều khiển trên hình 6-137 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 cầm chừng cũng được vặn kín hoàn toàn.

Rotor: gồm một nam châm vĩnh cửu 16 cực. Số cực phụ thuộc vào từng loại động cơ.

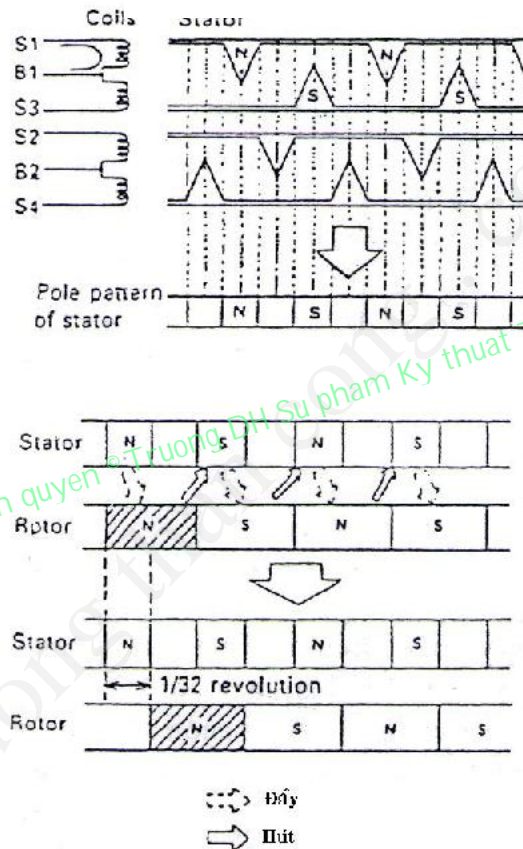
Stator: Gồm hai bộ lõi, 16 cực xen kẽ nhau. Mỗi lõi được quấn hai cuộn dây ngược chiều nhau.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

*** 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.

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 bệ van.

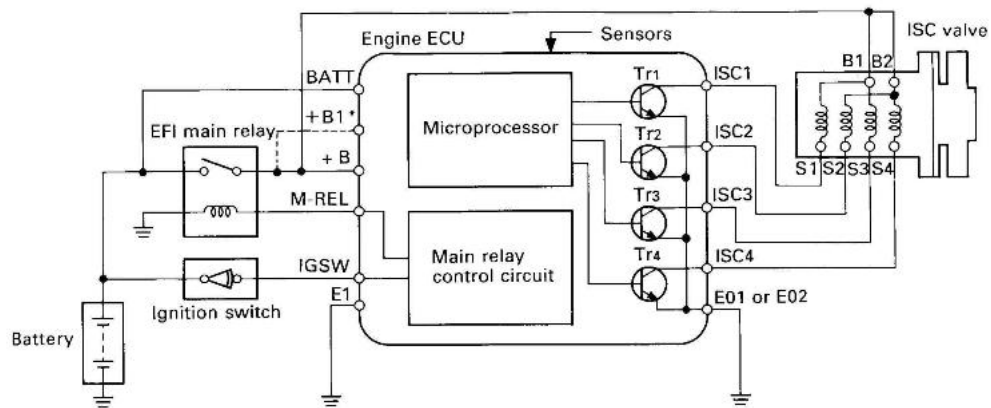


Hình 6-138: **Hoạt động của motor bước**

*** Mạch điện:**

Tốc độ cầm chừng quy định đã được lưu trữ trong bộ nhớ theo trạng thái hoạt động của máy điều hoà 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 cầm chừng 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.

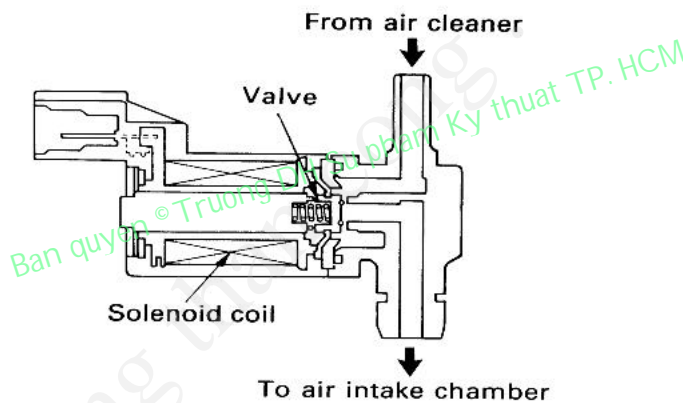
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



Hình 6-139: **Mạch điện của kiểu motor bước**

Kiểu Solenoid:

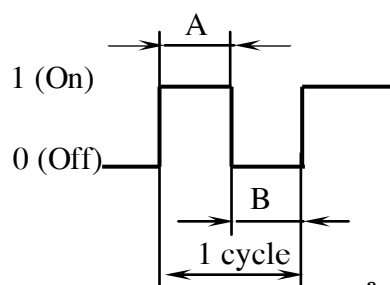
- Cấu tạo như hình 6-140



Hình 6-140: **Cấu tạo của kiểu solenoid**

Cuộn solenoid được ECU điều khiển theo độ hồng xung. Khi có tín hiệu solenoid sẽ hoạt động làm thay đổi khe hở giữa van solenoid và bệ 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 được tính theo công thức:

$$W = \frac{A}{A + B} \cdot 100\%$$



Hình 6-141: **Dạng xung của kiểu Solenoid**

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

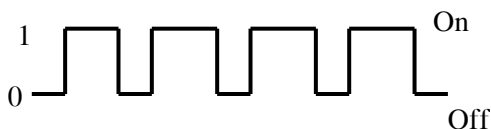
Trong đó : **A:** Có dòng (ON) **B:** Không có dòng (OFF)

Nếu muốn van mở ít thì xung điều khiển có chỉ số làm việc W nhỏ và ngược lại.

a. Chỉ số làm việc thấp.

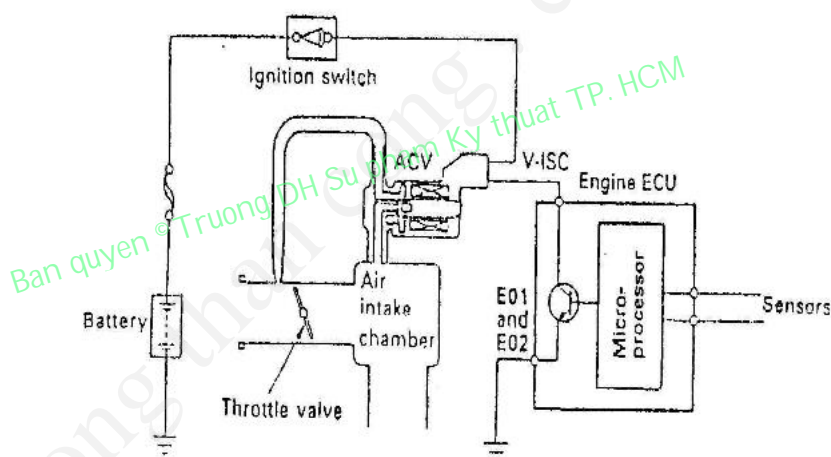


b. Chỉ số làm việc cao



Hình 6-42: Xung làm việc cao-thấp của solenoid

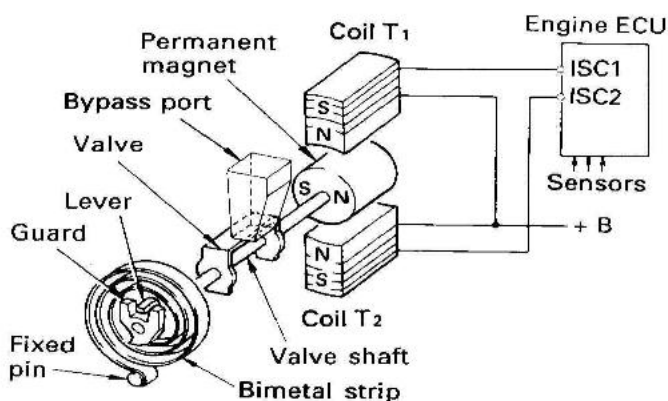
• **Mạch điện**



Hình 6-143: Mạch điện của van điều khiển cam chùng kiểu solenoid

Kiểu van xoay :

Cấu tạo



Hình 6-144: Cấu tạo van xoay cam chùng kiểu van xoay

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

Nguyên tắc 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 6-144:

-**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 .

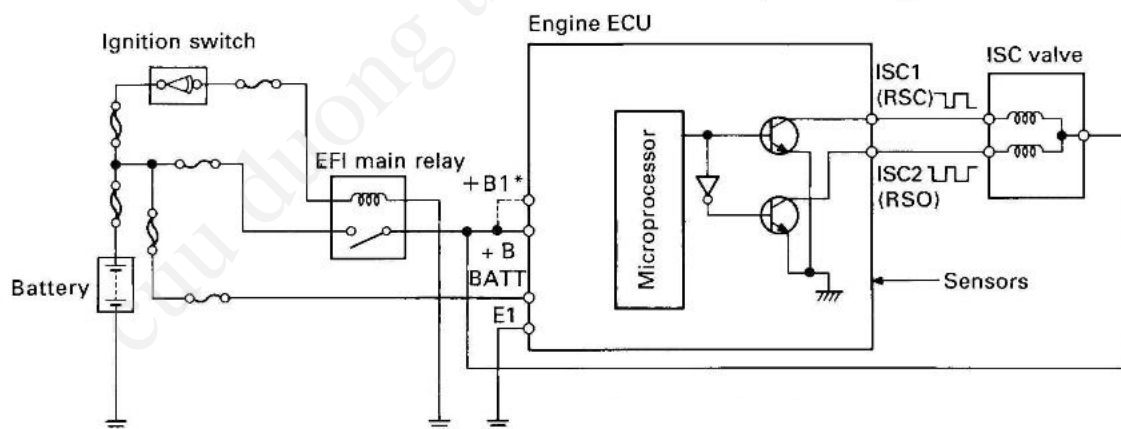
-**Van** : Đặt treo ở tiết diện giữa của trục van. Nó sẽ điều khiển lượng gió đi qua mạch rẽ. Van xoay cùng với trục của nam châm.

-**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 chấu bảo vệ. Trên chấu bảo vệ có một rãnh, một chốt xoay liên 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 cảm chừng hoạt động tốt cũng như lúc lò xo lưỡng kim không tiếp xúc với mặt cắt có vát rãnh trên chấu bảo vệ. Cơ cấu này là thiết bị an toàn không cho tốc độ cảm chừng quá cao hay quá thấp do mạch điện bị hư hỏng.

Mạch điện:



Hình 6-145: **Mạch điện kiểu van xoay**

6.6.5 Hệ thống tự chẩn đoán

Với hệ thống điều khiển phun phức tạp và tinh vi, khi xảy ra sự cố kỹ thuật (máy không nổ được, không chạy chậm được, không kéo tải được, tốc độ tăng được...) không dễ phát hiện được sự cố kỹ thuật xảy ra. Để giúp người sử dụng xe, thợ sửa chữa nhanh chóng phát hiện hư hỏng trong hệ thống phun xăng, ECU được trang bị hệ thống tự chẩn đoán. Nó sẽ ghi lại toàn bộ những sự cố ở đa số các bộ phận quan trọng trong hệ thống và làm sáng đèn kiểm tra

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

(*check engine lamp*), thông báo cho lái xe biết hệ thống có sự cố. Khi thấy đèn báo hiệu sự cố sáng tài xế sẽ ngừng xe để chẩn đoán. Cách chẩn đoán của mỗi hãng khác nhau, ở đây chỉ giới thiệu hệ thống chẩn đoán trên loại xe TOYOTA.

Trong mạng điện của xe có bố trí những giắc hờ (được đẩy nắp bảo vệ) được gọi là giắc kiểm tra (*check connector*). Đối với hầu hết các xe TOYOTA, cách thao tác gồm 2 bước:

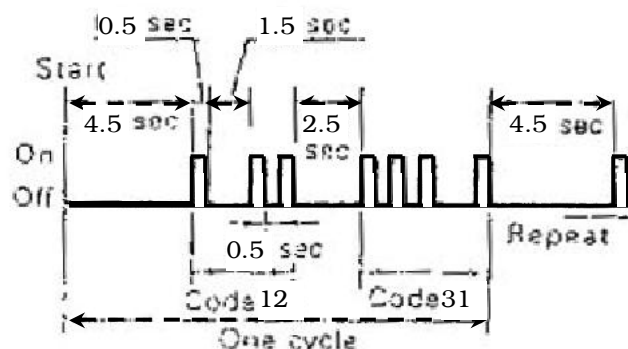
- Normal mode: để tìm chẩn đoán hư hỏng ở các bộ phận xe.
- Test mode: Dùng để xóa bộ nhớ cũ (code cũ) và nạp lại từ đầu (code mới) sau khi đã sửa chữa hư hỏng.

* **Normal mode:** Phải đáp ứng các điều kiện sau:

- Hiệu điện thế accu 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 2 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 thì đèn chớp đều đặn 2 lần/giây (với loại xe dùng cảm biến đo gió cánh trượt, khoảng cách giữa những lần đèn sáng và đèn tắt khác nhau).

Nếu xe có sự cố ở bộ phận nào của hệ thống phun xăng thì báo sự cố sẽ chớp theo những chuỗi khác nhau, mỗi chuỗi chớp ứng với một mã số hư hỏng. Ví dụ: Đối với loại phun xăng có cảm biến đo gió cánh trượt, 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.

















Hình 6-146: **Dạng mã lỗi trong hệ thống tự chẩn đoán**

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 thì 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



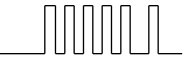
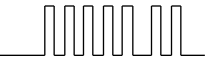


Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 giấy nối tắt lỗ EI và TEI ở gác kiểm tra ra. Để không bị nhầm lẫn tốt nhất nên ghi lại chuỗi mã sự cố vài lần.

Bảng mã chẩn đoán :

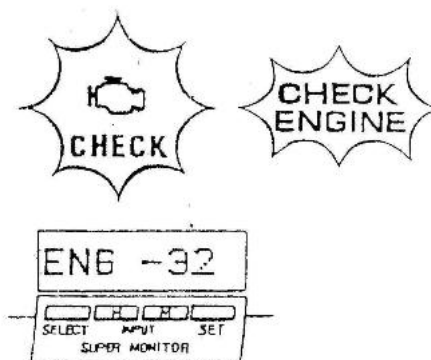
Số Mã	Nhịp Đèn Báo	Thuộc Hệ
--		Bình thường
12		Tín hiệu (G và NE)
13		Tín hiệu NE
14		Đánh lửa (IGT)
15		Tín hiệu (IGF)
17		Tín hiệu (G)
21		Cảm biến Oxy
22		Cảm biến nhiệt độ nước làm mát
24		Cảm biến nhiệt độ khí nạp
25		Hoà khí nghèo
26		Hoà khí giàu
27		Cảm biến Oxy thứ hai
31		Cảm biến đo gió
41		Cảm biến vị trí bướm ga

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

42		Cảm biến tốc độ xe
43		Tín hiệu khởi động
51		Điều hoà nhiệt độ
52		Cảm biến kích nổ số một
55		Cảm biến kích nổ số hai
71		Cảm biến van EGR

Căn cứ vào mã sự cố và bảng mã ta có thể tìm pan khắc phục.

Từ năm 1995 trở lại đây, để thống nhất hóa các hệ thống các tiêu chuẩn, hệ thống OBD-II (On – Board – Diagnosis) đã ra đời. Việc chẩn đoán có thể không thông qua đèn check engine mà qua máy quét mã lỗi (code scanner). Cùng với mã lỗi, các dữ liệu về thông số làm việc của động cơ như nhiệt độ nước làm mát, tốc độ động cơ, góc đánh lửa sớm ... cũng được đọc qua đường TE 2. Khi thực hiện thao tác chẩn đoán thì trên màn hình máy quét sẽ báo luôn các mã sự cố bằng như ở hình vẽ.



Hình 6-147: ***Hệ thống tự chẩn đoán bằng máy quét***

* **Test mode:** phải thỏa mãn các điều kiện sau:

- Hiệu điện thế accu bằng 11V hoặc lớn hơn.
- Công tắc cảm biến vị trí bướm ga đóng.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

- Tay số ở vị trí N.
- Tất 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 Line) 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.

Khởi động động cơ lúc này bộ nhớ RAM sẽ xóa hết các mã chẩn đoán và ghi vào bộ nhớ các mã chẩn đoán mới. Nếu hệ thống chẩn đoán nhận biết động cơ vẫn còn bị hư hỏng thì đèn check engine vẫn sáng. Muốn tìm lại mã sự cố chúng ta thực hiện lại các bước ở Normal mode và sau khi khắc phục sự cố, phải xóa bộ nhớ. Nếu không xóa, nó 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 phun xăng ra ít nhất là 10s, sau đó lắp lại. Nếu không biết cầu chì đó ở đâu thì có thể tháo cọc accu ra khoảng 15s.

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.

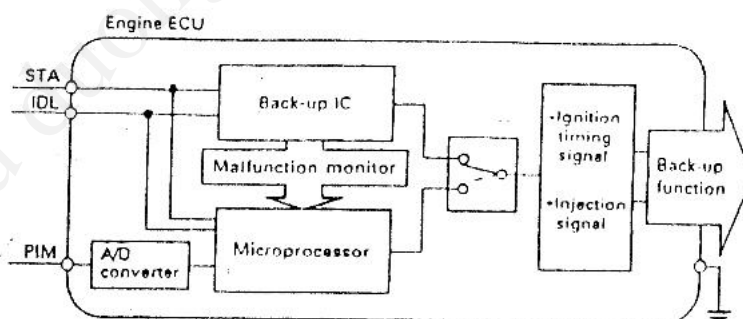
Tín hiệu mất	Hiện tượng	Chức năng fail-safe
Tín hiệu đánh lửa của (<i>IGF</i>)	Hư hỏng ở hệ thống đánh lửa và việc đánh lửa không thể xảy ra (tín hiệu <i>IGF</i> không gửi đến ECU)	Ngừng phun nhiên liệu
Tín hiệu từ cảm biến áp suất đường ống nạp (<i>MAP sensor</i>)	Nếu mất tín hiệu từ cảm biến này, lượng xăng phun cơ bản không được tính và kết quả là động cơ bị chết máy hoặc khó khởi động.	Nếu nổi tắt cực T và E_1 ECU sẽ lấy giá trị tiêu chuẩn (30 kPa) để thay thế cho tín hiệu này.
Tín hiệu đo gió	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 cảm chừng cho việc tín 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 $< - 50^{\circ}\text{C}$ hay $> 139^{\circ}\text{C}$. Điều này sẽ làm tỉ lệ hoà 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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

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 áp động cơ hoặc lượng gió nạp. Điều này 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.



Hình 6-148: **Chức năng back-up**

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 cầm chừng, đồng thời đèn Check-engine sẽ báo sáng thông báo cho tài xế.

Chương 7: HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN QUẠT LÀM MÁT ĐỘNG CƠ

7.1 Giới thiệu chung và phân loại

Hệ thống làm mát trên động cơ có nhiệm vụ giữ cho động cơ luôn 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 mất 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, xilanh. Nếu cụm piston – xilanh không được làm mát thì dầu bôi trơn giữa piston và xi lanh không còn tác dụng bôi trơn, dẫn đến bó kẹt piston, đồng thời nếu xilanh quá nóng thì 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.

Nhưng khi động cơ quá nguội nhất là lúc máy mới khởi động thì nó 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 xi lanh và bên trong nắp qui lác), 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 xuống. Áo nước là một hệ thống các rãnh xung quanh xi lanh và bên trong nắp qui lác, nó được thiết kế bảo đảm đủ lưu lượng nước để giải nhiệt cho động cơ.

Phân Loại

Hệ thống làm mát trên động cơ ô tô được chia làm 2 loại: hệ thống làm mát bằng gió và 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 xilanh một luồng không khí để thu 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) thì lợi dụng tốc độ chuyển động của xe thay cho quạt gió. Đây là kiểu làm mát đơn giản được sử dụng ở các động cơ nhỏ như xe gắn máy. Trong ô tô cũng có dùng nhưng ít.

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

*** 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 điền đáy phần nước nóng đã 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 $50^{\circ} \div 60^{\circ} \text{C}$. 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

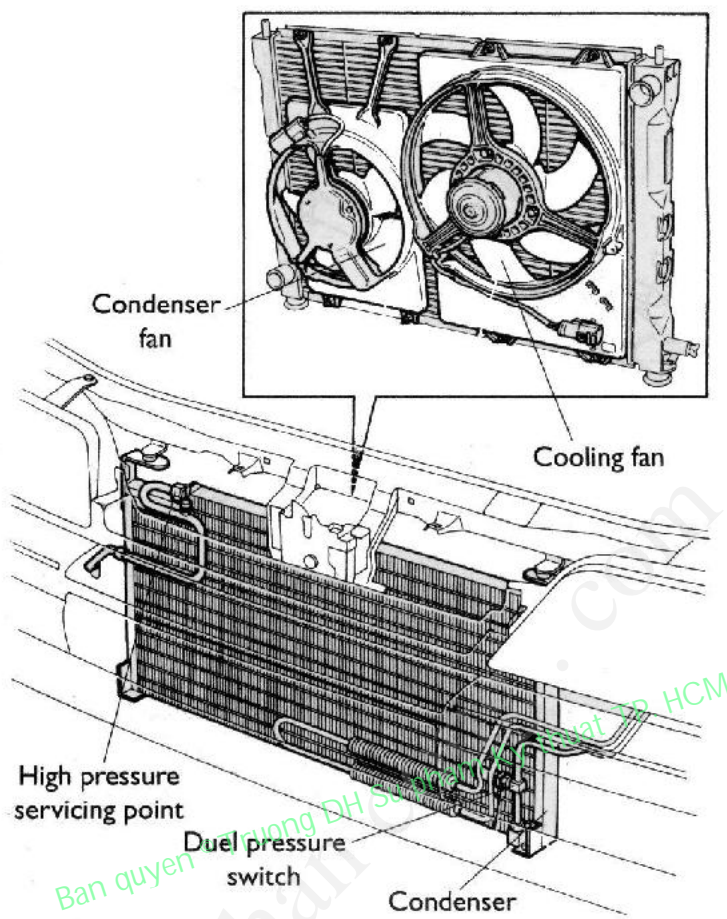
Két nước được làm mát bằng không khí. Nhưng nó làm mát không khí khi xe không chuyển động. Quạt làm mát được sử dụng để tạo sức hút không khí qua két nước.

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.

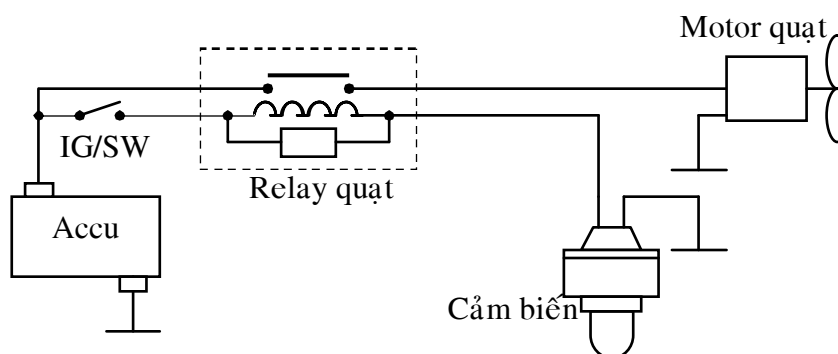
Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ



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, điều này làm nhiệt độ động cơ gia tăng đạt đến nhiệt độ tối ưu nhanh chóng, đồng thời giảm được suất tiêu hao nhiên liệu cũng như giảm được tiếng ồn.

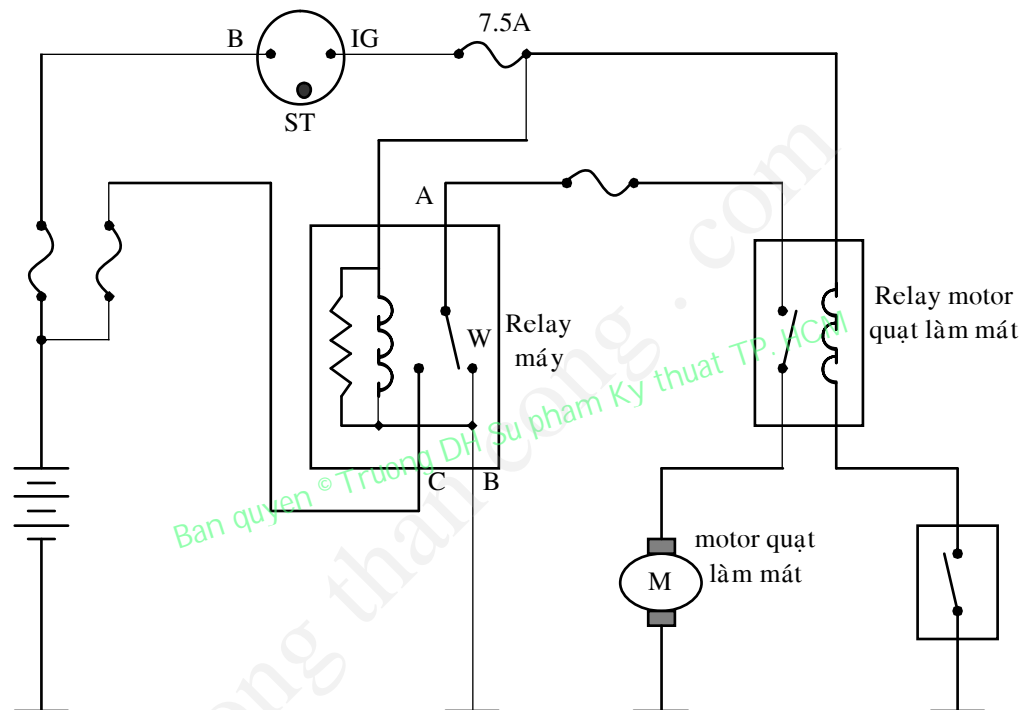


Hình 7-2: Sơ đồ cơ bản mạch điều khiển quạt làm mát

7.3 Điều khiển làm mát độc lập

7.3.1 Hệ thống điều khiển quạt kết nước bằng công tắc nhiệt thường đóng

Hệ thống điều khiển quạt làm mát động cơ lắp đặt trên xe TOYOTA dùng công nhiệt loại thường đóng. Cấu tạo của mạch điện bao gồm: Accu, 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*

Nguyên lý hoạt động:

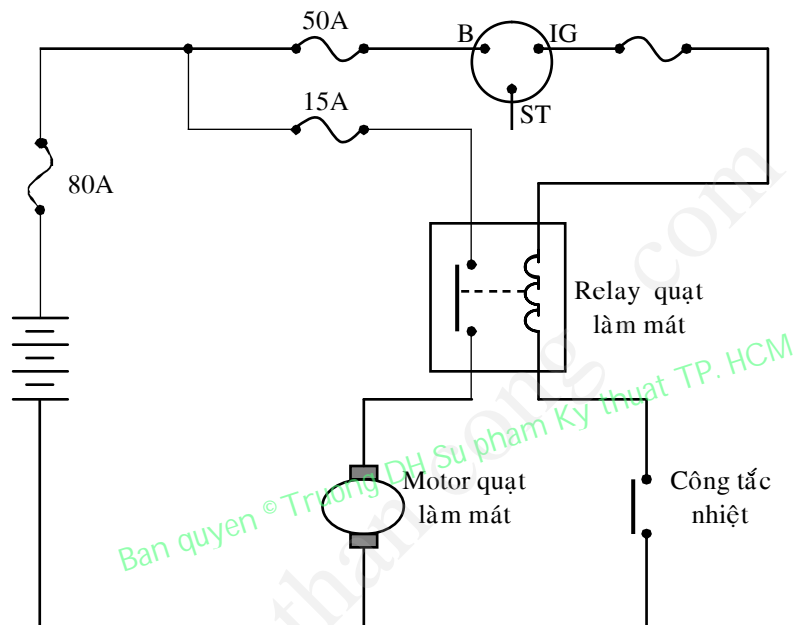
Khi bật công tắc máy (IG/SW) sẽ có dòng điện qua cầu chì 7,5A cung cấp cho cuộn dây của relay quạt làm mát (cooling fan motor relay) qua công tắc nhiệt độ nước (water temperature switch) về mass hút công tắc ngắt dòng đến motor.

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 thì công tắc nhiệt độ nước (water temperature switch) sẽ ngắt dòng qua cuộn dây của relay quạt giải nhiệt kết 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 kết nước bằng công tắc nhiệt thường mở

Hệ thống điện 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: accu, 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) sẽ có dòng từ (+) Accu qua cầu chì đến cung cấp cho cuộn dây của relay quạt làm mát kết nước.

Đồng thời có dòng từ +Accu qua cầu chì 15A đến chờ ở công tắc của relay quạt làm mát động cơ (radiator fan relay).

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.

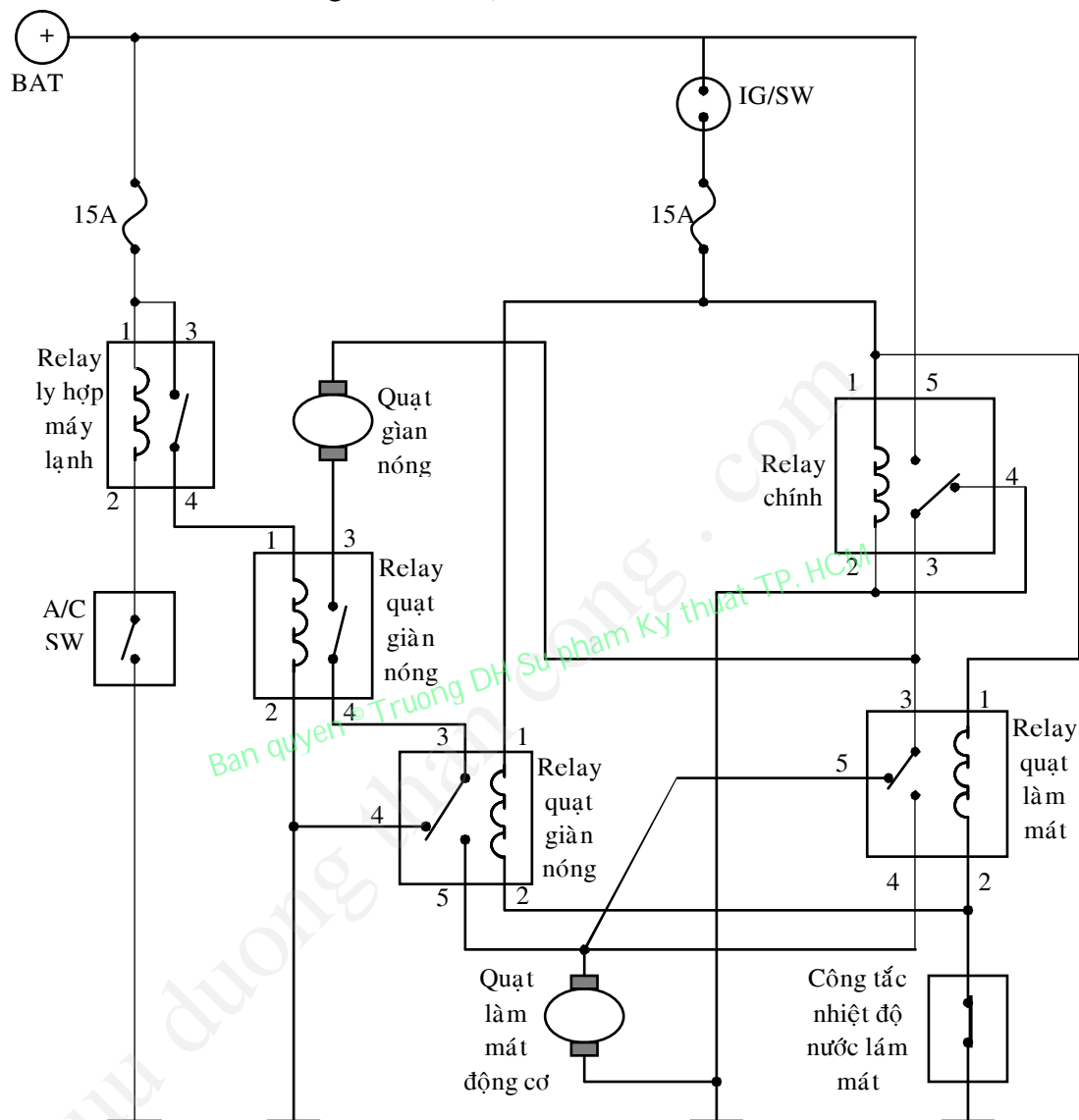
Khi nhiệt độ nước làm mát vượt quá 90°C , công tắc nhiệt độ nước sẽ đóng tiếp mass cho cuộn dây của relay quạt (radiator fan relay) để đóng công tắc cung cấp dương cho quạt làm việc.

7.3.2 Hệ thống điều khiển quạt làm mát kết hợp với hệ thống điều hoà 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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

thống bao gồm các bộ phận: accu, 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 $> 90^{\circ}\text{C}$).



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: (+)Accu \rightarrow IG \rightarrow cầu chì 15A \rightarrow qua cuộn dây của relay chính \rightarrow mát. \rightarrow qua cuộn dây của relay quạt kết nước làm mát \rightarrow công tắc nhiệt độ nước \rightarrow mát. \rightarrow qua cuộn dây của relay quạt giàn nóng \rightarrow công tắc nhiệt độ nước làm mát \rightarrow mát. \rightarrow 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:

(+)Accu \rightarrow cuộn dây của ly hợp điện từ (A/C Magnetic clutch relay) \rightarrow mass làm đóng relay ly hợp điện từ, và đồng thời qua relay 4 chân của quạt giàn

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

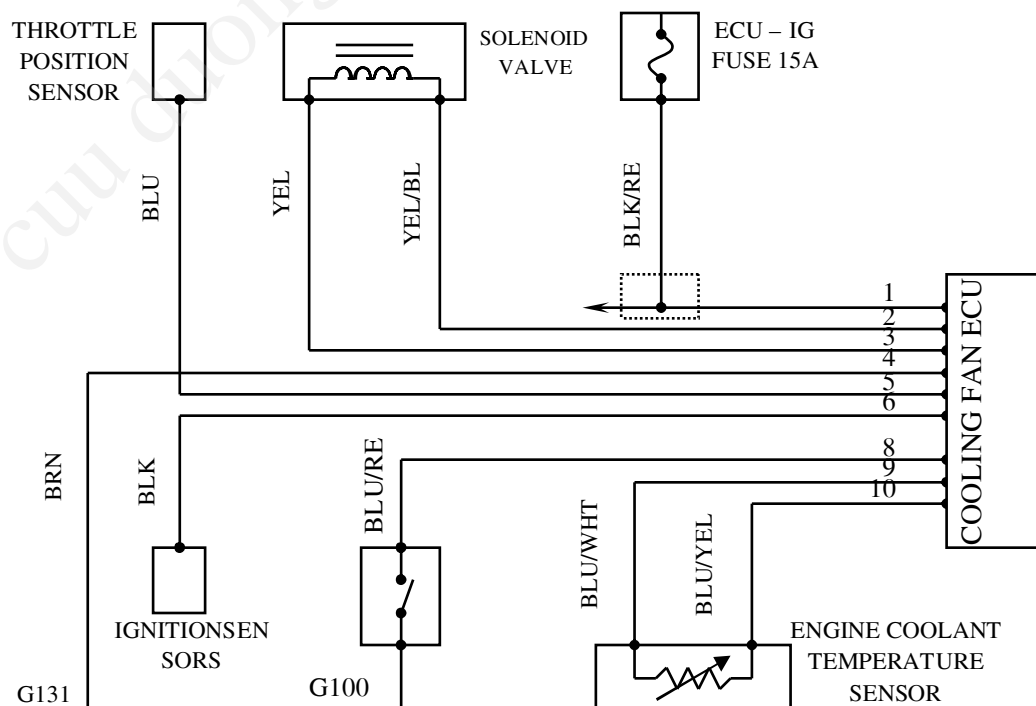
nóng dòng tiếp điểm relay. Xuất hiện dòng đi từ relay chính → motor quạt giàn nóng → relay 4 chân của quạt giàn nóng → relay 5 chân của quạt giàn nóng → motor quạt kết nước làm mát động cơ → mát. Làm cả hai quạt đều quay, nhưng với tốc độ chậm do mắc nối tiếp với nhau.

Khi nhiệt độ nước làm mát động cơ $> 90^{\circ}\text{C}$, 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. Motor quay ở tốc độ cao nhất.

7.4 Điều khiển quạt làm mát qua hộp điều khiển

7.4.1 HT 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: Accu, cầu chì, hộp điều khiển quạt (Cooling Fan Ecu), cảm biến vị trí bướm ga (Throttle position sensor), van solenoid, công tắc áp suất bơm (A/C singlepressure swith), cảm biến nhiệt độ nước làm mát động cơ (Engine Coolant temperrature 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

Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại - Hệ thống điện động cơ

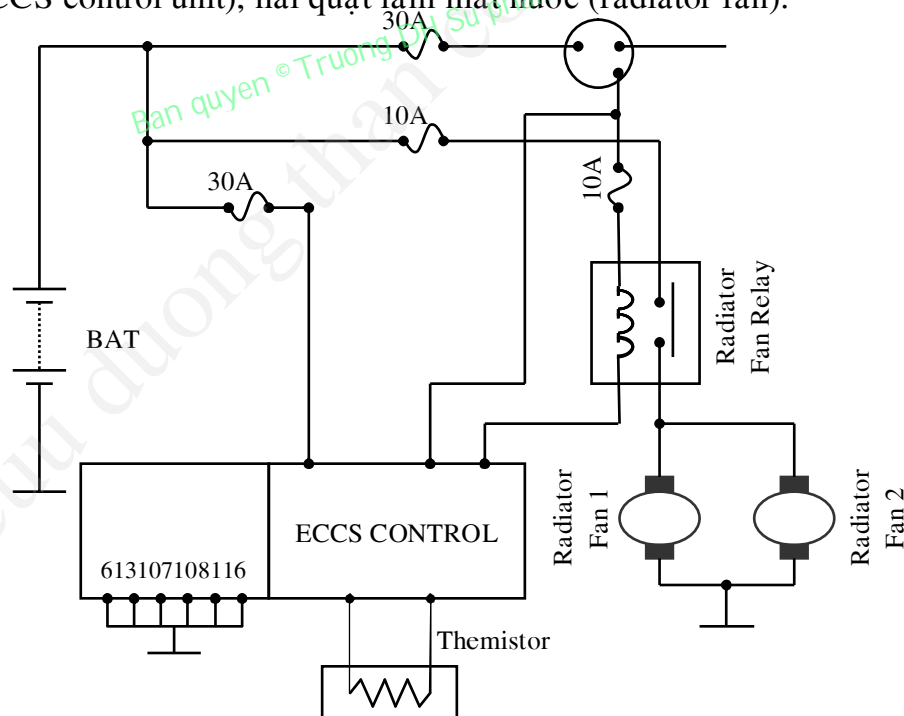
Nguyên lý hoạt động:

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 bảo vệ 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 gửi 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 gửi về hộp.

7.4.2 Hệ thống điều khiển quạt với ECU động cơ

Sơ đồ 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: Accu, 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