

SISTEMAS AUTOMÓVEIS ELECTRICOS E ELECTRONICOS

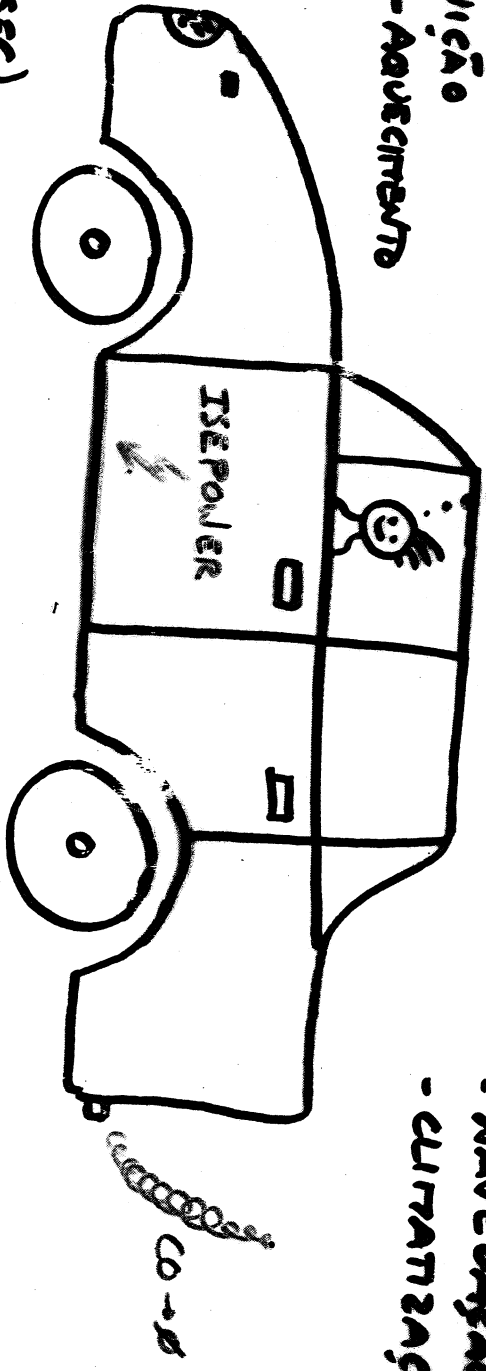
SISTEMAS FUNDAMENTAIS

- SUPRIMENTAÇÃO
- ARRANQUE
- CARGA
- INJEÇÃO
- INICIAÇÃO
- DIESEL - PRÉ-ACUMENTO

LABORATORIOS!!

SISTEMAS AUXILIARES

- INSTRUMENTAÇÃO
- ANTI-ROUBO
- ÁUDIO
- NAVEGAÇÃO
- CLIMATIZAÇÃO



OUTROS (SEC)

- ABS, TCS
- SRS (MR. BAG, PRÉ-TENS.)
- DIREÇÃO, SUSPENSÃO
- TRANSMISSÃO, CUBRILHO

REDES COMUM.

- CAN, VAN
- LIN, TTP

TOLERÂNCIA A FALLAS

VEÍCULOS ELECTRICOS

ÉRC

- INTERFERÊNCIA E COMPATIBILIDADE ELECTROMAGNÉTICA

Sistema de Arranque

O motor de combustão interna tem de ser impulsionado antes de começar a rodar autonomamente. Para este efeito existe o sistema de arranque, representado na figura seguinte:

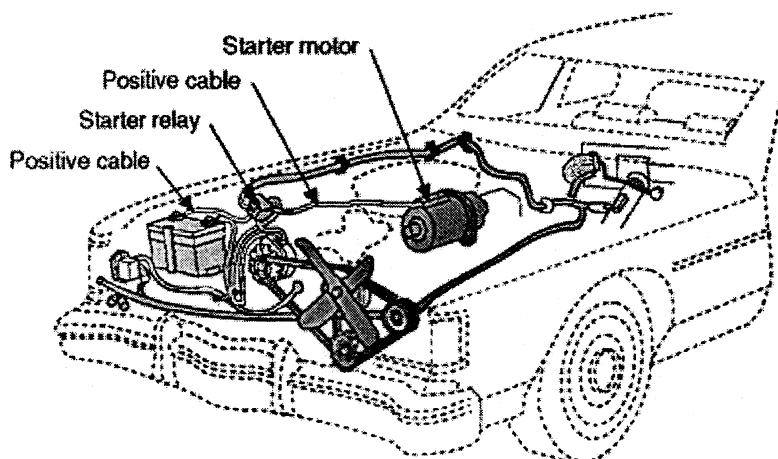


Figura 1: Sistema de arranque num automóvel ([1])

Constituição do Sistema de Arranque

O sistema de arranque é constituído por um conjunto de elementos eléctricos e mecânicos que trabalham conjuntamente para arrancar (mecanicamente) o motor, à custa da energia eléctrica fornecida pela bateria. Apesar de ser um dos mais simples sistemas do automóvel, é o que consome mais energia, devendo portanto ser muito robusto. Ele é constituído pelos seguintes elementos:

- Bateria
- Cablagem eléctrica
- Interruptor de ignição
- Relé de arranque (ou solenóide)
- Motor de arranque
- Pinhão (que engata no volante do motor)

que são representados, de uma maneira simplificada, na figura seguinte:

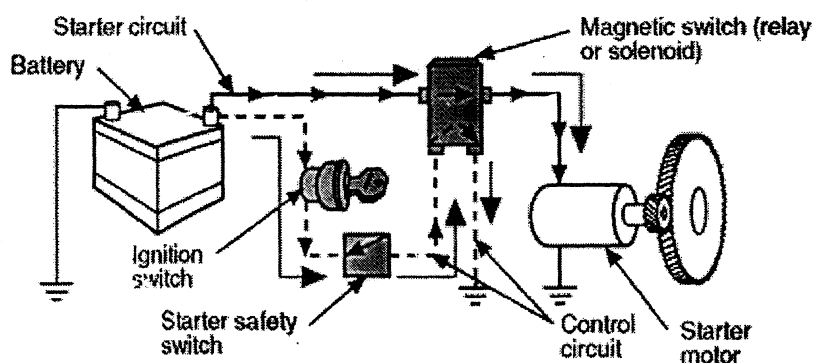


Figura 2: Esquema simplificado do sistema de arranque num automóvel ([1])

Quando o condutor do veículo liga o interruptor de ignição, a corrente flui da bateria para o relé de arranque, através do próprio interruptor de ignição. Esta pequena corrente (corrente de controlo) vai fazer actuar o relé, que tem duas funções fundamentais: seleccionar/interromper a alimentação do motor de arranque e engatar/desengatar o pinhão na/da cremalheira do volante do motor.

O motor de arranque é um motor eléctrico de corrente contínua, compacto mas ao mesmo tempo suficientemente potente para arrancar o motor de combustão (na ordem dos 4 CV - 3 KW). A elevada corrente necessária para o

funcionamento do motor de arranque (na ordem dos 100 - 300 A), produz um grande aquecimento dos condutores, não se devendo manter em funcionamento contínuo mais de 30 segundos, sob perigo de danificação (isolamentos, etc.). Devem também esperar-se cerca de 2 minutos para uma nova tentativa de arranque.

Constituição do Motor de Arranque

A carcaça do motor de arranque engloba muitos elementos, dos quais se salientam:

- Estator (enrolamentos indutores, núcleo)
- Rotor (enrolamentos do rotor, núcleo e segmentos colectores)
- Escovas
- Relê de arranque (solenóide)
- Pinhão

Podemos ver a seguir uma representação pormenorizada dos elementos constituintes de um motor de arranque, onde elementos rotativos como o rotor (*armature*), o veio do rotor (*armature shaft*) o colector (*commutator*), e o pinhão de ataque (*drive pinion*) bem como a embraiagem (*overrunning clutch*), uma escova e a sua mola (*brush, brush spring*) estão a sombreado:

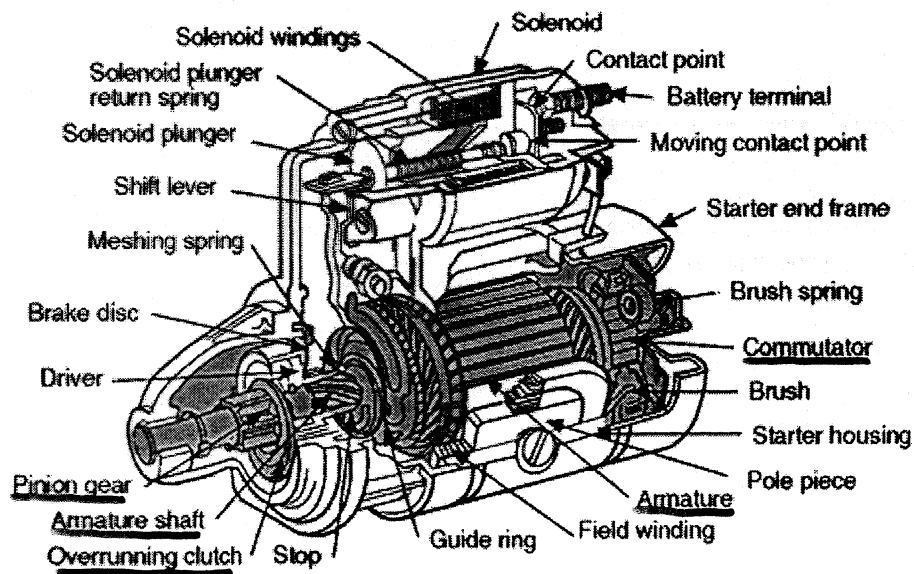
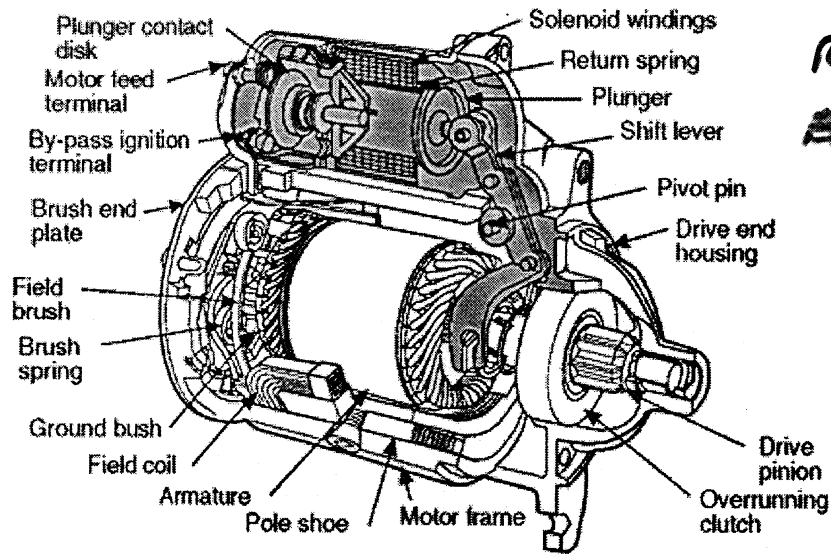


Figura 3: Elementos constituintes do motor de arranque - 1 (I)

ELEMENTOS ROTATIVOS A SOMBREADO

Na figura seguinte, apresenta-se a sombreado a parte do relé de arranque (*solenoid*) e a alavanca (*shift lever*) que, ao rodar sobre o seu eixo central (*pivot pin*), leva o pinhão de ataque (*drive pinion*) a engrenar no volante do motor:



RELÉ +
ALAVANCA A
SOMBREADO

Figura 4: Elementos constituintes do motor de arranque - 2 (I)

O princípio de funcionamento do motor de arranque é o do motor de corrente contínua:

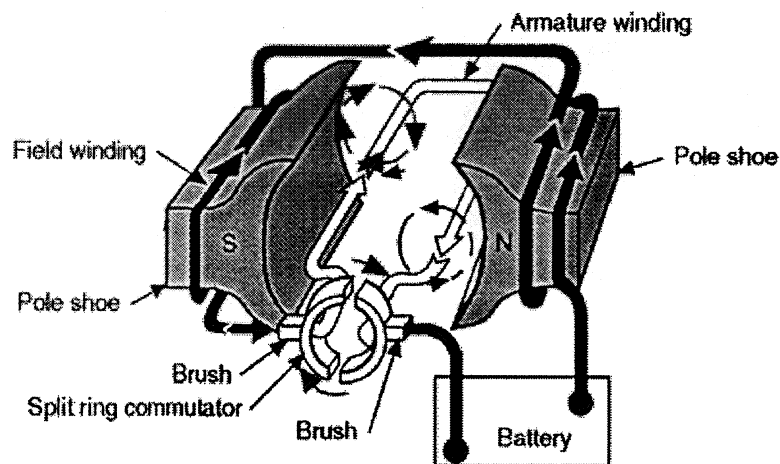


Figura 5: Princípio de funcionamento do motor de arranque (I)

Tal como foi já referido na abordagem ao electromagnetismo, dois campos magnéticos, um criado pelos enrolamentos do estator e outro criado pelos enrolamentos do rotor, fazem aparecer uma força induzida que faz girar o rotor.

Estator

O estator contém o enrolamento indutor, sendo este normalmente constituído por quatro pólos (o que corresponde a um motor eléctrico tetrapolar):

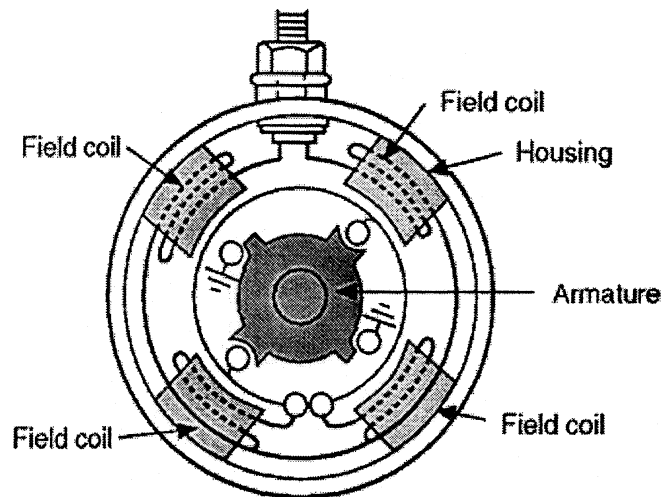


Figura 6: Estator tetrapolar (I)

Cada um dos pólos é produzido à custa de um electroímã, também chamado bobina de campo, cujo núcleo ferromagnético é denominado de massa polar:

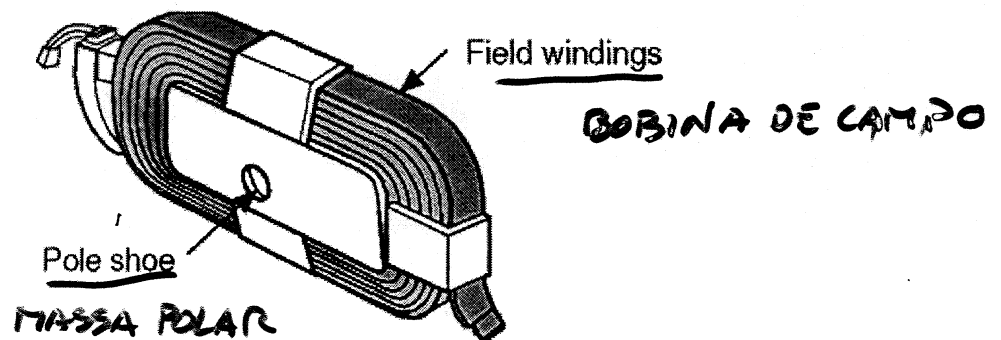


Figura 7: Bobina de campo do estator (I)

A vantagem da existência de quatro pólos, alternadamente Norte e Sul, é que em vez de se ter apenas um campo magnético como no caso do motor bipolar (apenas um polo Norte e um polo Sul), conseguem obter-se quatro campos magnéticos:

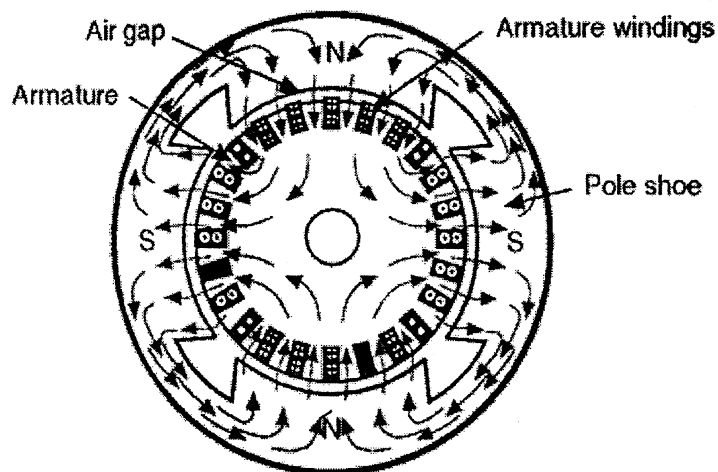


Figura 8: Campos magnéticos no estator (I)

A forma particular dos campos magnéticos implica um tipo especial de enrolamento rotórico, que vai ser referido a seguir.

Rotor

De modo a aumentar o binário do motor de arranque, o enrolamento do rotor é constituído não por uma espira, mas por vários enrolamentos (*windings*), dispostos à volta de todo o perímetro do rotor:

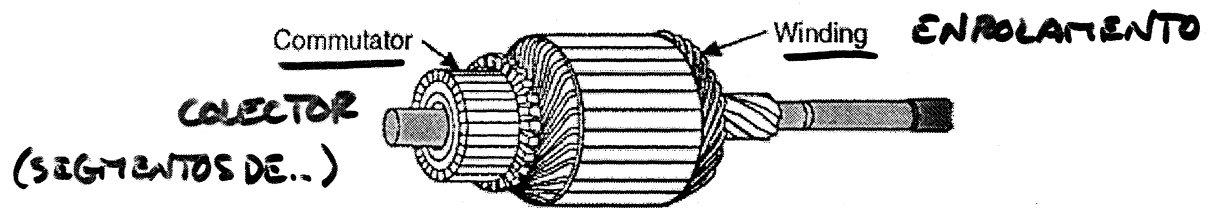


Figura 9: Enrolamentos e segmentos de coletor do rotor (I)

O núcleo do rotor (*armature core*) é feito à custa de muitas lâminas de ferro (*armature lamination*) sobrepostas e isoladas electricamente entre si, através de papel especial ou verniz. Deste modo evita-se o aparecimento de Correntes de Foucault no núcleo ao mesmo tempo que se mantêm as suas características ferromagnéticas:

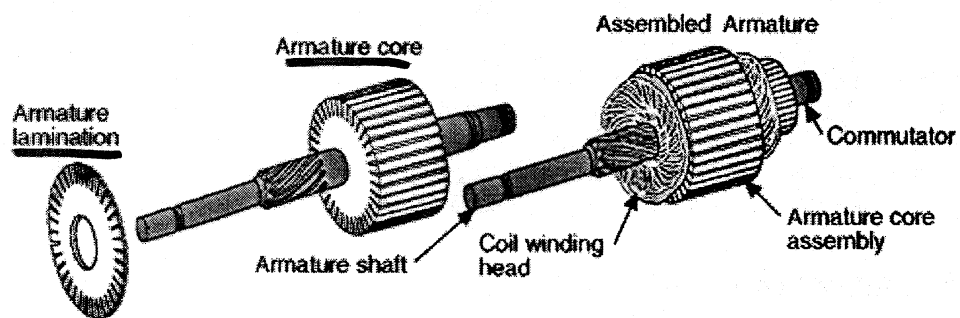


Figura 10: O núcleo é constituído por lâminas de ferro sobrepostas (I)

As ranhuras existentes do lado de fora do núcleo servem para segurar os enrolamentos do rotor. Os enrolamentos dão a volta ao núcleo e ligam aos segmentos do coletor. Cada segmento do coletor está isolado dos segmentos adjacentes através de um isolamento de mica.

Quanto aos enrolamentos do rotor, é necessário perceber que para um motor tetrapolar (caso dos motores de arranque mais comuns) eles não poderão ser montados da mesma maneira que para um motor bipolar (com dois pólos). Repare-se que no caso de um motor tetrapolar existem quatro campos magnéticos (ao contrário do motor bipolar, que tem apenas um) e a distância entre um polo Norte e um polo Sul é de 90° (ao contrário do motor bipolar, cujo afastamento é de 180°), como se pode verificar na *Figura 8*.

Devemos ter em conta que para o bom funcionamento de um motor, se os condutores de um dado enrolamento que estão sob a influência de um polo Norte estiverem a ser percorridos por uma corrente com um dado sentido, os condutores de retorno do mesmo enrolamento terão um sentido contrário de corrente, pelo que não poderão estar desfasados de 180° (pois aí está um outro polo Norte), mas sim de 90° :

O rotor poderá ter dois padrões de enrolamento distintos:

- Enrolamento Imbricado (*Lap Winding*)
- Enrolamento Ondulado (*Wave Winding*)

No **enrolamento imbricado**, o mais utilizado, os dois terminais de cada enrolamento estão ligados a segmentos de colectores adjacentes e todos os enrolamentos estão ligados em série:

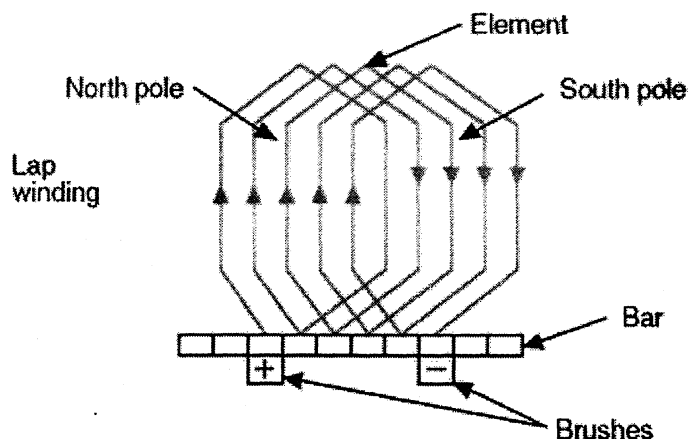


Figura 11: Enrolamento imbricado do rotor (II)

Pode confirmar-se que os condutores que estão sob a influência de um determinado polo indutor (N ou S), têm o mesmo sentido da corrente. Desta forma, todos vão estar sujeitos a uma força no mesmo sentido, o que aumenta a força total, aumentando o binário do motor de arranque.

Para um motor tetrapolar de quatro escovas, $\frac{1}{4}$ dos enrolamentos estão ligados em série entre duas escovas. Existem assim quatro caminhos (vias) em paralelo entre os terminais do induzido do motor. Este tipo de enrolamento é mais adequado para motores (dínamos) alimentados por **pequenas tensões**, resultando em correntes de maior grandeza. Adequa-se portanto ao arranque de motores de combustão, onde se dispõe de uma pequena tensão de alimentação (6, 12, 24 V).

O número de escovas utilizadas para transmitir a energia aos enrolamentos rotóricos é normalmente de **duas ou de quatro**. Tal como foi já explicado atrás, duas escovas de polaridades contrárias (+ e -) deverão estar desfasadas de 90°, de modo a permitir a alimentação adequada dos enrolamentos:

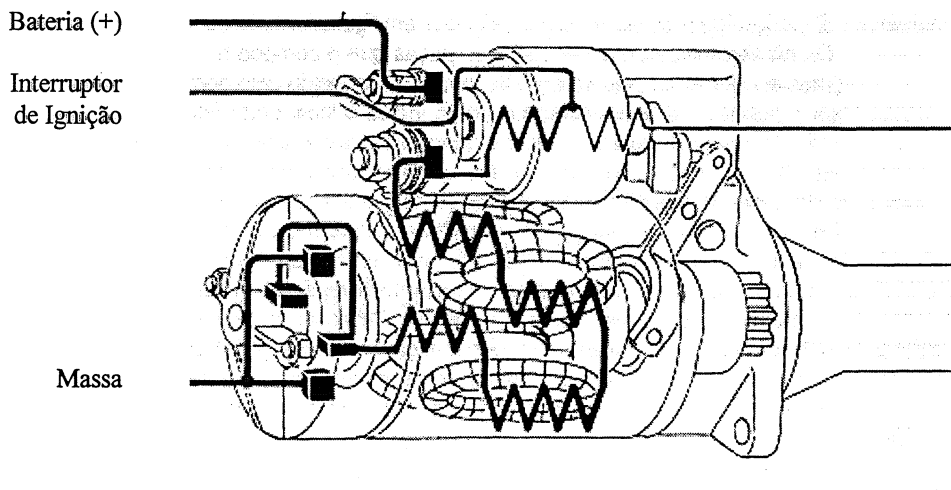


Figura 12: Motor tetrapolar com quatro escovas (e excitação série) (II)

Se houver apenas duas escovas, os enrolamentos que estiverem a passar, num dado instante, entre essas duas escovas (90°) vão ser percorridos por uma maior intensidade de corrente do que os restantes (270°), diminuindo o binário do motor de arranque.

É ainda de salientar que as escovas devem ter uma largura tal que curto-circuitem os terminais de um enrolamento em comutação. Isto é, as escovas devem fazer com que os enrolamentos que se encontram, num dado instante de tempo, numa linha neutra de campo magnético (entre um polo Norte e um polo Sul), não conduzam corrente. Se as escovas tiverem uma largura de pelo menos a largura de um segmento de colectores, uma escova curto-circuita os terminais de um enrolamento, enquanto um dos lados desse enrolamento está entre um polo Norte e um polo Sul e o outro lado desse mesmo enrolamento está entre um polo Sul e um polo Norte.

No **enrolamento ondular**, cada uma das extremidades liga a segmentos do colector que estão afastados de 90° ou 180° (180°, no caso da figura seguinte):

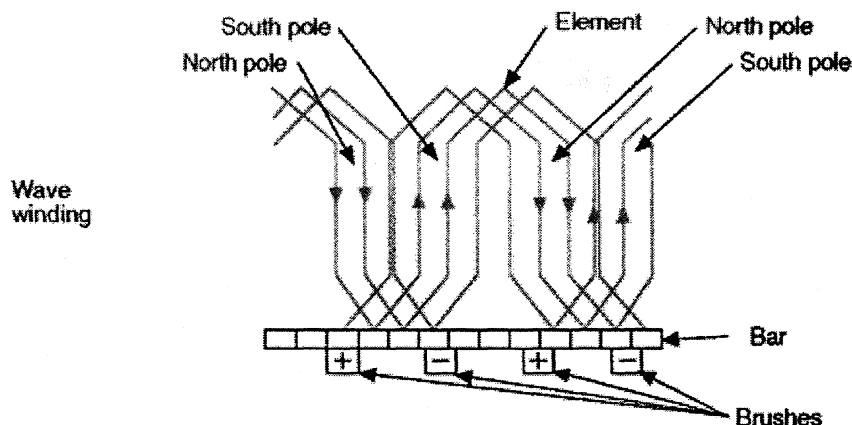


Figura 13: Enrolamento ondular do rotor (I)

Neste padrão, existem mais enrolamentos em série entre duas escovas de sinais contrários. Alguns enrolamentos não vão ser percorridos por corrente em certas posições de rotação do rotor. Isto acontece porque os terminais dos enrolamentos estão em contacto com segmentos de colector com a mesma polaridade. Este tipo de enrolamento é mais adequado para máquinas (motores/dínamos) de **elevadas tensões**.

Na figura seguinte pode visualizar-se a montagem de um enrolamento nas ranhuras do núcleo do rotor, bem como os dois terminais desse enrolamento ligam a segmentos de colector distanciados de 90°:

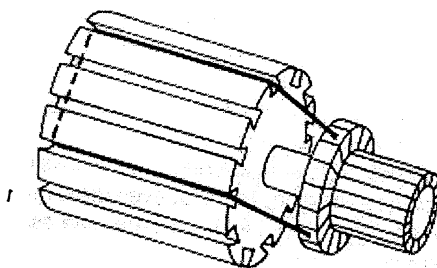


Figura 14: Exemplo de enrolamento rotórico para motor tetrapolar (I)

Tipo de Excitação

Tal como qualquer motor de corrente contínua, a excitação poderá ser feita de duas maneiras:

- electricamente (por enrolamentos estáticos)
- por **ímã permanente** (magneto).

Para a excitação comandada electricamente, podem ainda considerar-se três casos, consoante o tipo de ligação eléctrica entre os enrolamentos do estator e do rotor:

- em série - motor CC de **excitação série**
- em paralelo - motor CC de **excitação paralela** (ou *shunt*)
- em série-paralelo - motor CC de **excitação composta**

(Note-se que no caso de um motor de ímã permanente o enrolamento do estator não necessita de qualquer ligação eléctrica, não fazendo sentido estar a falar-se do tipo de ligação entre o enrolamento do estator e do rotor).

A **maior parte** dos motores de arranque são de **excitação série**:

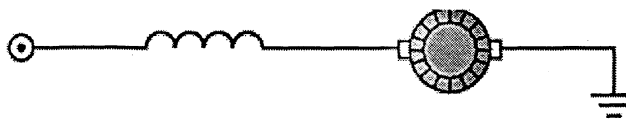


Figura 15: Representação eléctrica do motor CC de excitação série (I)

Tal como se pode verificar na *Figura 12*, a corrente vinda do terminal positivo da bateria atravessa os enrolamentos do estator, passando depois para a escova positiva e para o enrolamento que é alimentado nesse instante de tempo enrolamento (ou pelas duas escovas positivas dois enrolamentos, no caso de motores de arranque de quatro escovas). O enrolamento (os dois enrolamentos) que é alimentado, num dado instante de tempo depende de quais os segmentos do colectore que estão em contacto com as escovas, nesse instante de tempo. Por fim, a corrente atravessa a escova (as duas escovas) negativa que está ligada ao outro terminal da bateria através da massa.

Um motor de excitação série desenvolve o seu **binário máximo no arranque**. À medida que a velocidade do motor aumenta, o seu binário vai diminuir (devido ao aumento da força contra-electromotriz, que faz diminuir a tensão aplicada aos enrolamentos do estator).

O motor de **excitação paralela** tem os enrolamentos do estator em paralelo com os enrolamentos do rotor:

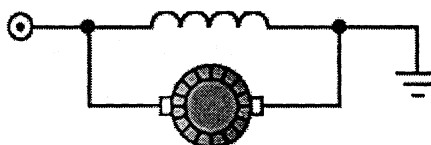


Figura 16: Representação eléctrica do motor CC de excitação paralela (I)

Este tipo de motor não vê o seu binário diminuir com o aumento de velocidade. De facto, a força contra-electromotriz gerada nos enrolamentos do rotor não diminui a excitação (corrente nos enrolamentos do estator). No entanto, este tipo de motor **não consegue fornecer um binário muito elevado**, não sendo utilizado como motor de arranque. É utilizado em motores de limpa pára-brisas, elevadores de janelas, assentos eléctricos, etc.

A excitação do motor poderá estar parte em série e parte em paralelo com os enrolamentos do rotor. Trata-se, neste caso, de um motor de **excitação composta**, ou série-paralelo:

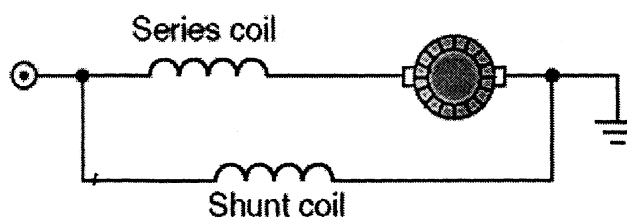


Figura 17: Representação eléctrica do motor CC de excitação composta (I)

Este tipo de configuração permite que o motor composto tenha ao mesmo tempo um **bom binário de arranque e uma velocidade de rotação constante**. O enrolamento colocado em paralelo é utilizado para limitar a velocidade do motor (em alguns tipos de motores de arranque, este enrolamento pode também ser utilizado para fazer deslocar o pinhão para o engatar no volante do motor de combustão).

Os motores de arranque de **ímã permanente** têm algumas vantagens relativamente aos anteriores:

- Menor peso
- Construção mais simples (menores custos)
- Menor aquecimento (menores perdas)

Pode visualizar-se a seguir um exemplo de um motor de arranque de excitação por íman permanente:

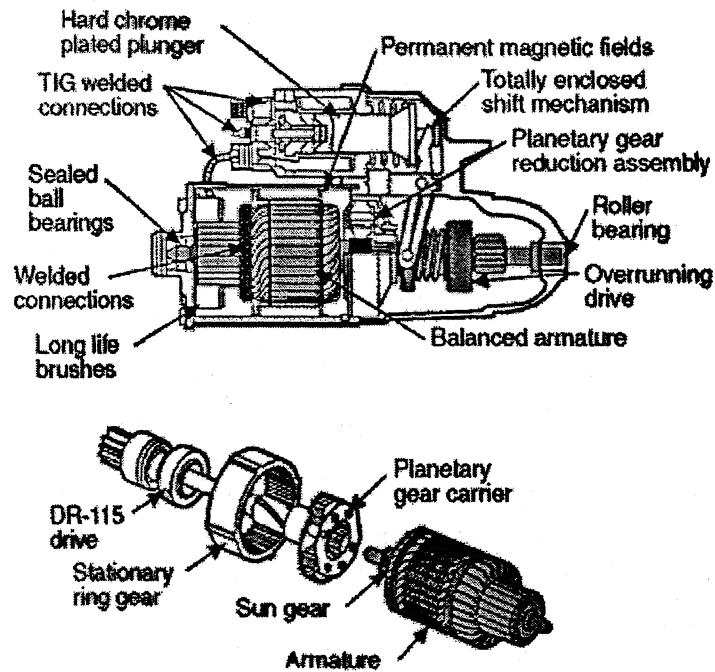


Figura 18: Motor de arranque com excitação por íman permanente (II)

Este tipo de motor de arranque poderá no entanto **não** fornecer o binário suficiente para alguns tipos de motores de combustão com maior inércia.

Relê de arranque (solenóide)

O relê de um sistema de arranque tem duas funções: abrir/fechar o circuito entre a bateria e o motor de arranque e engrenar/desengrenar o pinhão de ataque na cremalheira do volante do motor de combustão. A figura seguinte fornece uma representação esquemática destas duas funcionalidades:

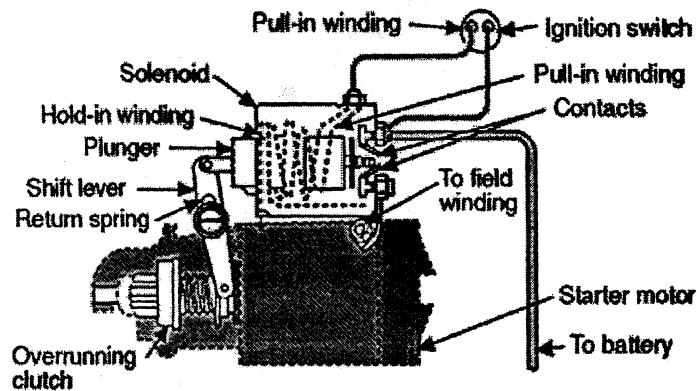


Figura 19: Representação esquemática do relê de arranque - 1 (II)

A figura seguinte mostra claramente como o relê estabelece o contacto eléctrico entre a bateria e o motor de arranque:

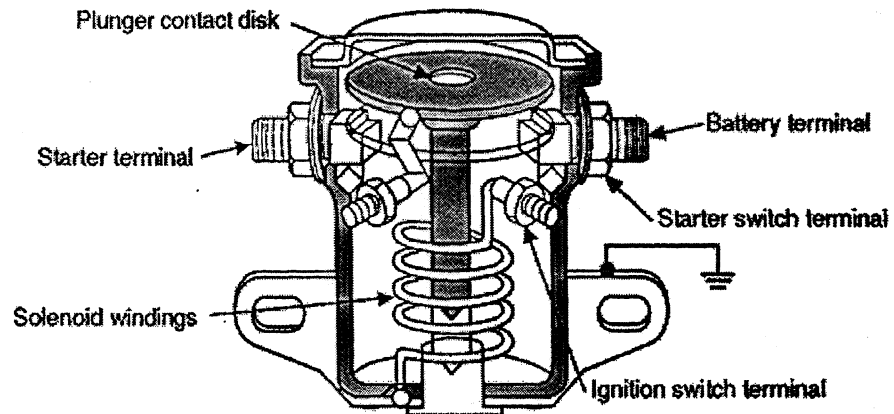


Figura 20: Representação esquemática do relê de arranque - 2 (I)

Quando é ligado o interruptor de ignição, aplica-se uma tensão ao circuito de controlo do relê de arranque (*ignition switch terminal*). Ao ser excitado o enrolamento do relê de arranque (*solenoid windings*), o núcleo ferromagnético é atraído, obrigando um disco de cobre (*plunger contact disk*) a ligar o terminal positivo da bateria (*battery terminal*) ao terminal de alimentação do motor de arranque (*starter terminal*).

Pinhão

O rotor do motor de arranque tem associado um pinhão que, através de uma embraiagem, transmite força motriz ao volante do motor, através de uma cremalheira:

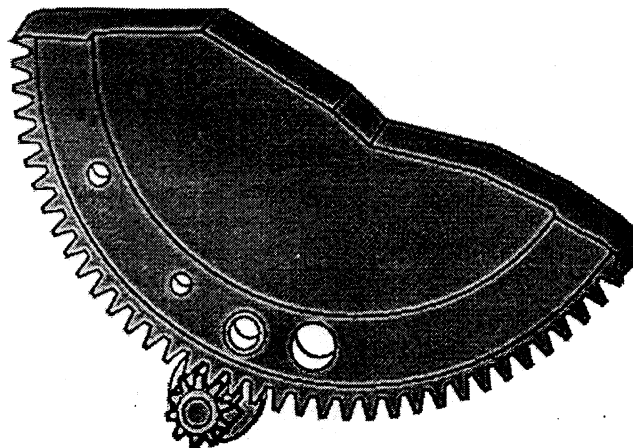


Figura 21: Engate entre pinhão e cremalheira do volante (I)

Existe sempre uma desmultiplicação do movimento, permitindo, ao mesmo tempo, reduzir a velocidade de rotação do motor de arranque e aumentar o seu binário. Existem cerca de 15 a 20 dentes na cremalheira do motor para cada dente do pinhão. Deste modo, para fazer rodar o motor a 100 rpm, o rotor do motor de arranque tem de rodar entre as 1500 e as 2000 rpm.

P - PINHÃO

C - CREMALHEIRA
(COROA DENTADA)

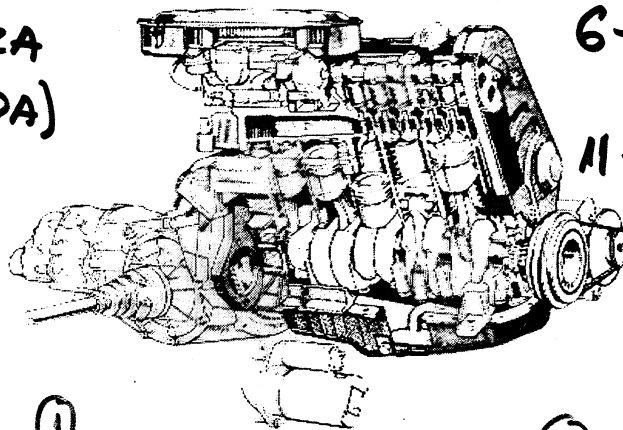
3,4 - MOLAS

5 - RELÉ DE
ARRANQUE

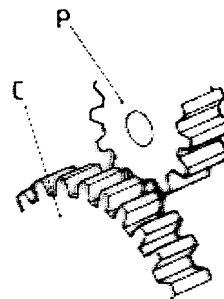
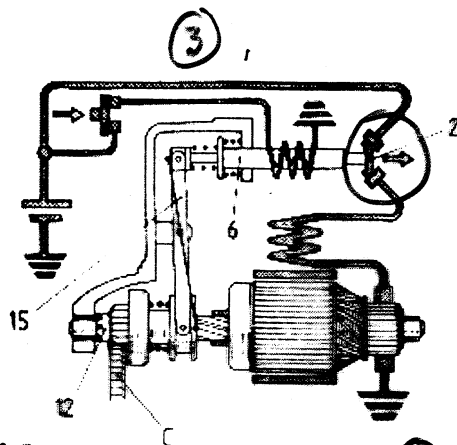
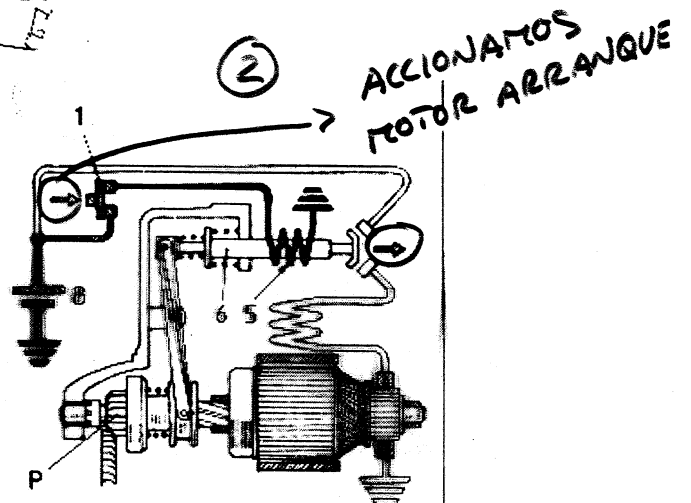
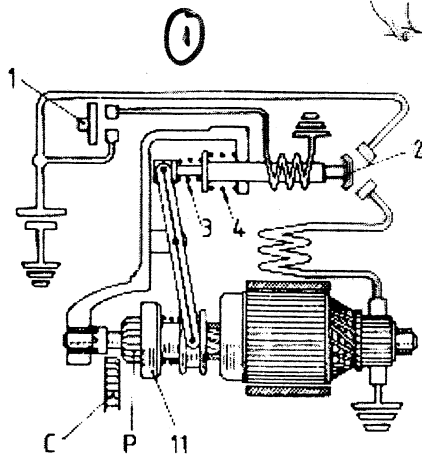
B - BATERIA

6 - NÚCLEO FERROMAG.

11 - RODA LIVRE
(PROTEGER ROTOR
DEPOIS DO ARRANQUE)

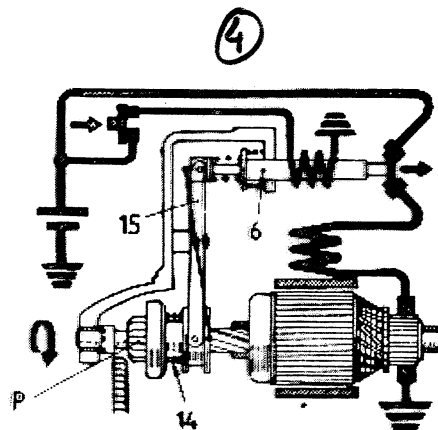


●
REPOUSO
(MOTOR TÉRMINO
PARADO OU A
FUNCIONAR)



15 - ALAVANCA

14 - MOLA (PARA
GARANTIR A
ENGRENAGEM)



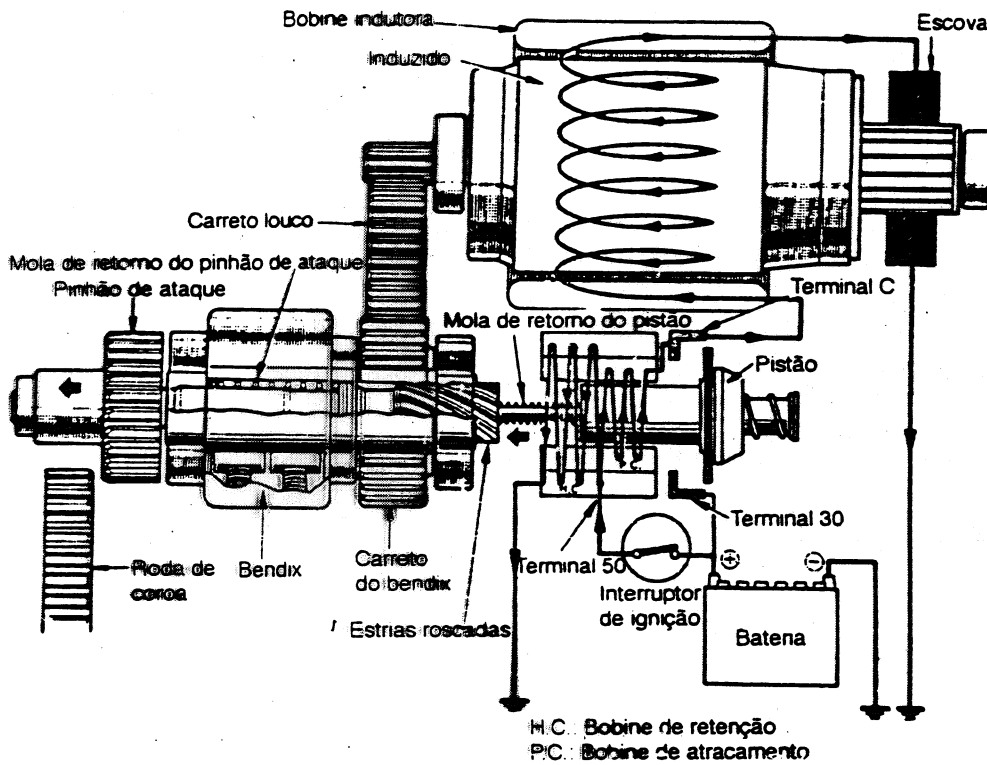
MECANISMO
DE
ENGRENAGEM
PINHÃO - CREMALHEIRA

TIPO REDUÇÃO

engrenar na roda de coroa
 ambas as engrenagens tiv
 As estrias roscad
 engrenarem com mais suavidade.

elocidade do motor significa que
 ave.

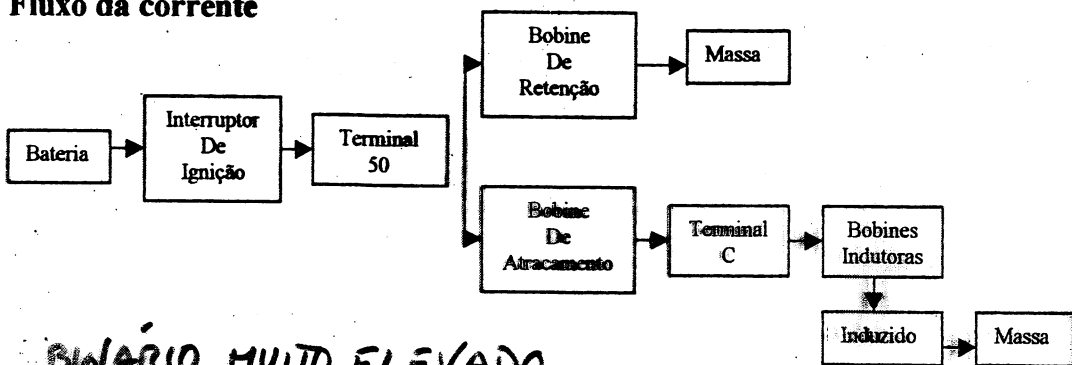
o pinhão e a roda de coroa a



→ CARRETES DE REDUÇÃO

→ "PISTÃO" DO RELÉ DE ARRANQUE EMPURRA DIRECTAMENTE O PINHÃO DE ATAQUE

Fluxo da corrente

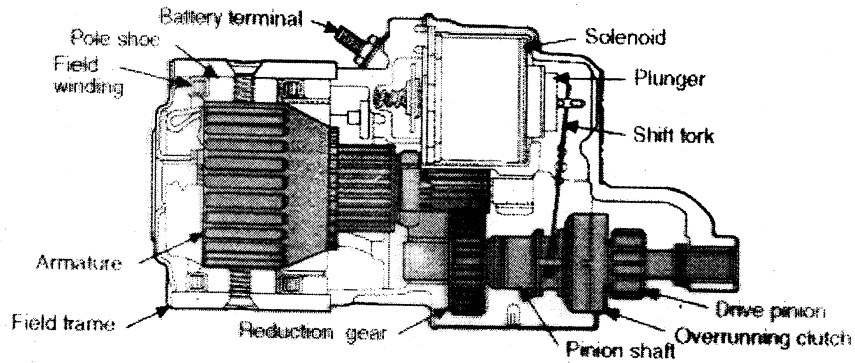


BINÁRIO MUITO ELEVADO

↓
 DIMENSÕES/PESO REDUZIDOS

RELAÇÃO → 1/3, 1/4

TIPO PLANETÁRIO

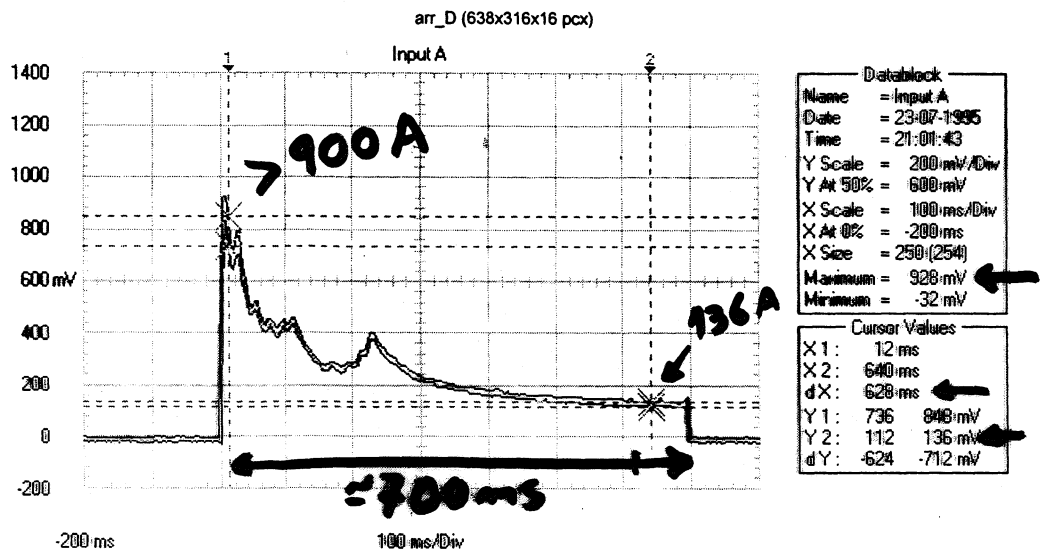


Motor de Arranque do Tipo Planetário (Gear Reduction Starter)

- PLANETÁRIO DE ENGRENAGENS PARA REDUZIR VELOCIDADE DO ROTOR → > BINÁRIO
- SISTEMA DE ALAVANCA IDÊNTICO AO "CONVENCIONAL"

RELAÇÃO → 1/5

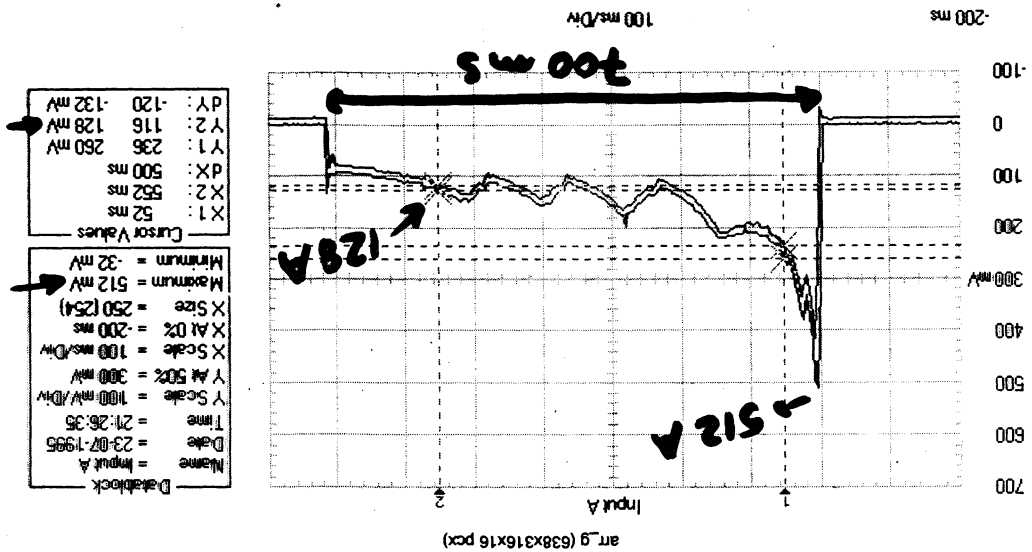
CORRENTE DE ARRANQUE



MOTOR DIESEL

PINÇA AMPERIMÉTRICA → 1 mV/A
 +
 FLUKE 123

MOTOR GASOLINA



CORRENTE DE ARRANQUE

SISTEMA DE ARRANQUE

MANUTENÇÃO E PREVENÇÃO DE AVARIAS

- Deve inspeccionar-se a montagem e verificar a sujidade do motor de arranque, apertando-o se fôr necessário.
- Limpar e ajustar os terminais.
- Inspeccionar a cablagem e verificar se há fios traçados ou curto circuitos
- Deve-se comprovar que o arranque funcione sem ruídos anormais.

AVARIAS DO MOTOR DE ARRANQUE (Como as Detectar)

*O motor de arranque não se move ao accionar o interruptor de arranque :

| CAUSA: | SOLUÇÃO: |
|------------------------------|-----------------------------|
| Interruptor em mau estado | Substituir o interruptor |
| Cabos do relé cortados | Repará-los ou substituí-los |
| Relé em mau estado | Substituí-lo |
| Bateria descarregada | Carregá-la ou substituí-la |
| Colector do motor sujo | Limpa-lo |
| Escovas com contacto à massa | Reparação em oficina |
| Induzido defeituoso | Reparação em oficina |

*O motor de arranque roda mas não engrena com o volante:

| CAUSA: | SOLUÇÃO: |
|-------------------------------|------------------------|
| Corrente insuficiente devido: | |
| Bateria com pouca carga | Carregar ou substituir |
| Dentes da coroa dentada gasta | Reparação em oficina |
| Escovas soltas ou gastas | Apertar ou substituir |
| Escovas com contacto à massa | Reparação em oficina |

*O motor roda mas não faz ruído ao engrenar o volante:

| CAUSA: | SOLUÇÃO: |
|---|--|
| Resistência anormal | Verificar se acontece em ponto Morto. Levar à Oficina |
| Bateria descarregada | Carregar ou substituir |
| Os dentes do pinhão e do volante encravam | Meter 1ª e fazer movimentos de vaivém da frente para trás com o motor desligado. Se não corrigir levá-lo à Oficina |

SISTEMA DE ARRANQUE

*O Motor de arranque continua rodando, depois de se largar o interruptor

CAUSA: → **SOLUÇÃO**
Interruptor colado Limpar ou substituir

*O motor não arranca, mesmo que o motor de arranque o faça rodar:

CAUSA: → **SOLUÇÃO**
Deficiência na carburação ou
na injeção Levar à Oficina

*O motor de arranque não engrena:

CAUSA: → **SOLUÇÃO:**
Pinhão bloqueado Desbloquear ou substituir

*O motor de arranque não actua e a luz dos faróis está normal:

CAUSA: → **SOLUÇÃO:**
Circuito aberto no relé e no solenoide Deve ser revisto
As ligações, o comutador e
as escovas, o interruptor,
trocar o solenoide

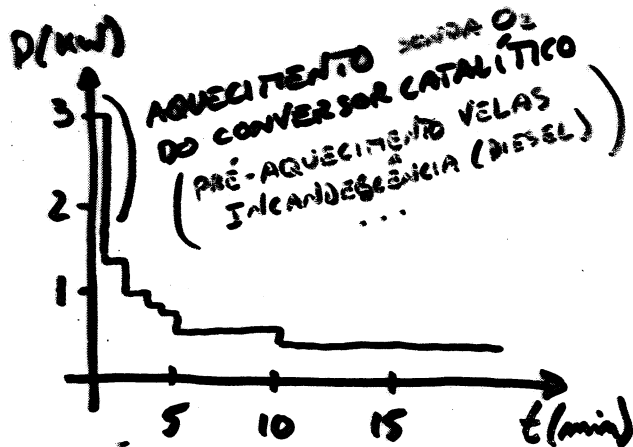
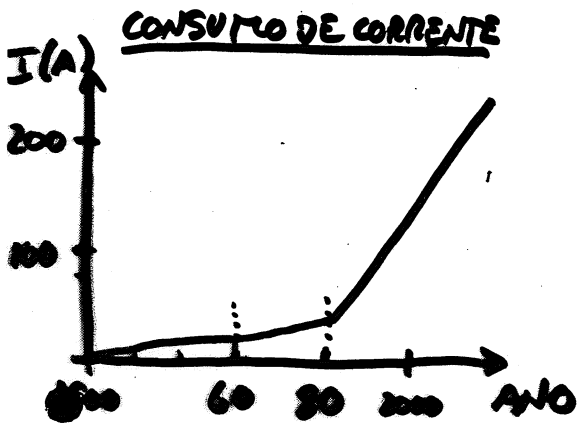
*O MOTOR RODA MAS NÃO ARRANCA:

CAUSA: → **SOLUÇÃO:**
Ligação bloqueada Retirar os cabos de alta e a
tampa do distribuidor
Escovas gastas Limpar e trocar de escovas
Bobine defeituosa Trocar a bobine
Braço do rotor partido Trocar o braço.

SISTEMA DE CARGA

REQUISITOS

- SATISFAZER O PEDIDO DE CORRENTE DE TODAS AS CARGAS
- FUNCIONAR AO "RALENTI" ($\approx 1-2$ kW)
- FORNECER UMA TENSÃO CONSTANTE SOB QUISQUER COND.
- BOA RELAÇÃO PESO/POTÊNCIA
- FIÁVEL, SILENCIOSO (POUCA MANUTENÇÃO)
- FORNECER UMA INDICAÇÃO DE BOM FUNCIONAMENTO (R)



+ CONTROLO ELECTRÓNICO
 + BOMBA DE ÁGUA
 + COMPRESSOR A/C

REQUISITOS DE POTÊNCIA

CARGAS CONTÍNUAS

| | | |
|--------------|----------------|------|
| IGNICÃO | 30 W | 2 A |
| INJECCÃO | 70 W | 5 A |
| BOMBA COMB. | 70 W | 5 A |
| INSTRUMENTOS | 10 W | 1 A |
| ... | Σ 200 W | 15 A |

CARGAS PROLONGADAS

| | | |
|----------------|----------------|------|
| LUZES PRESENÇA | 30 W | 2 A |
| "MÉDIOS" | 200 W | 15 A |
| RÁDIO | 20 W | 2 A |
| ... | Σ 300 W | 20 A |

CARGAS INTERMITENTES

| | | |
|-------------------|---------------|-------|
| LUZES TRANS. 40 W | 3 A | |
| VIDROS ELECTRÍCOS | 150 W | 11 A |
| SUZINA | 40 W | 3 A |
| VENTILHA RAD. | 150 W | 11 A |
| ... | Σ 2 kW | 150 A |

CARGA POTÊNCIA MÁXIMA ≠ MÉDIA

Sistema de Carga no Automóvel

Dinamo versus Alternador

Do capítulo de Electromagnetismo verificamos que a geração de um campo magnético indutor pode ser efectuada através de:

- Ímãs permanentes (magnetos) ou
- Electroímãs (bobinas indutoras)

Independentemente disso, os geradores de energia eléctrica (que convertem energia mecânica em energia eléctrica) podem ter dois tipos construtivos:

- O indutor é o estator e o induzido é o rotor
- O indutor é o rotor e o induzido é o estator

$i(\text{INDUTOR}) \ll i(\text{INDUZIDA})$

É muito importante salientar que a corrente necessária para gerar o campo magnético indutor (no caso de se utilizar uma bobina indutora) é bastante inferior à corrente gerada nos enrolamentos induzidos.

O gerador de corrente contínua ou dinamo só pode ser feito do primeiro modo, isto é:

- O indutor é o estator e o induzido é o rotor

A f.e.m. induzida no rotor tem de ser recolhida para o exterior através de escovas em contacto com os segmentos do colector ().

Um gerador de corrente alternada ou alternador poderá ser construído das duas maneiras.

- O indutor é o estator e o induzido é o rotor

Modo de funcionamento similar ao dinamo, diferindo apenas em que em vez de se recolher a corrente induzida através de segmentos de colector (como no dinamo), utiliza-se para isso anéis colectores ().

- O indutor é o rotor e o induzido é o estator

+ UTILIZADA

A bobina (ou íman) indutora é que roda provocando a indução de f.e.m. no induzido, neste caso o estator ().

produção de energia eléctrica utilizando o alternador, particularmente do segundo tipo, ao invés do dinamo, trás diversas vantagens (I, II):

- O alternador tem menor manutenção. No dinamo, a passagem de corrente elevada dos segmentos do colector para as escovas provoca o aparecimento de arcos eléctricos, provocando um rápido desgaste do colector e das escovas.
- O alternador tem melhor arrefecimento que o dinamo. Quanto maior a corrente numa bobina, maior o seu aquecimento. Se a bobina induzida for no estator (exterior), é mais fácil de refrigerar do que se for no rotor (interior). Quanto menores as perdas, melhor o rendimento.
- Para a mesma potência eléctrica gerada, o dinamo é muito mais volumoso e pesado. Enquanto um alternador de automóvel pesa cerca de 4 Kg, um dinamo para a mesma potência pesa de 8 a 10 Kg.
- O alternador tem melhor rendimento que o dinamo.
- O alternador tem uma construção mais simples.

No caso particular do sistema de carga dos automóveis com motores de combustão, as vantagens do alternador face ao dinamo são ainda maiores:

- O dinamo atinge a sua tensão nominal a um número de rotações superior ao do alternador. Enquanto o alternador atinge a sua tensão nominal a partir das 400/600 rpm, o dinamo dificilmente a atingirá abaixo das 1300 rpm. Deste facto resulta que quando o motor está a

rodar ao *ralenti*, o alternador já está a alimentar todos os circuitos, o que não acontece com o dínamo.

- No alternador, o rotor pode rodar a velocidades mais elevadas, da ordem das 15000 rpm, valor que é praticamente o dobro do possível de atingir com o dínamo.

Nos automóveis utiliza-se o alternador trifásico. Tal como foi já referido na análise dos sistemas trifásicos, considerando dois alternadores, um monofásico e outro trifásico, de igual volume e preço, o segundo tem uma potência aproximadamente 50% superior ao primeiro. Tal deve-se ao facto de haver um maior aproveitamento do perímetro do estator, isto é, há mais bobinas que são sede de f.e.ms. induzidas (1).

É de salientar que o alternador só começou a substituir o dínamo na década de 60, pois só nessa altura começaram a aparecer os primeiros dispositivos electrónicos rectificadores - os diodos.

Constituição do Sistema de Carga

Embora o alternador seja apenas parte do sistema de carga de um automóvel, este sistema é normalmente conhecido apenas por alternador. O sistema de carga é representado na figura seguinte:

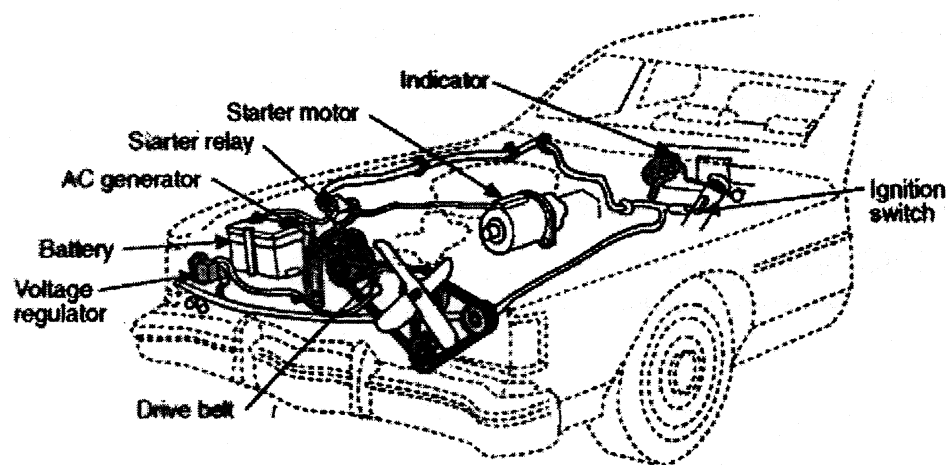


Figura 1: Sistema de carga num automóvel (1)

Este sistema é constituído basicamente por:

- Bateria
- Alternador (ou dínamo)
- Correia
- Regulador de tensão
- Interruptor (e relê) de ignição
- Fusível de protecção

Constituição do Alternador

O alternador engloba alguns dos elementos do sistema de arranque, como se pode verificar na *Figura 2*:

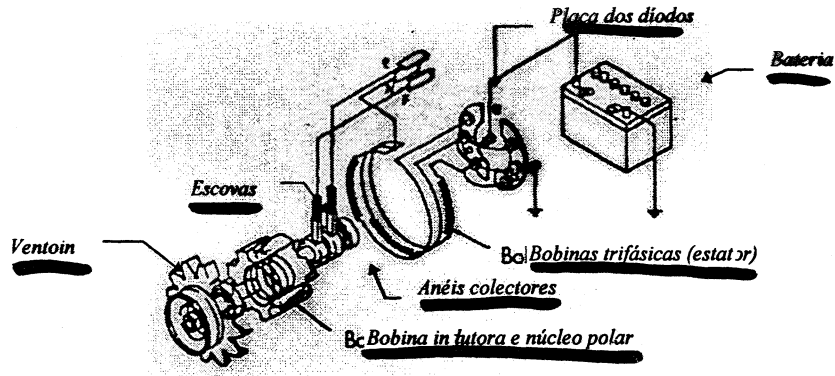


Figura 2: Principais elementos constituintes de um alternador (1)

São eles:

- Rotor (Veio, rolamentos, bobina inductora, núcleos polares e anéis colectores)
- Escovas
- Estator (enrolamentos trifásicos, núcleo)
- Ponte rectificadora (diodos)
- Ventoinha de refrigeração

+ REGULADOR DE TENSÃO

Dado que os reguladores de tensão actuais são de tamanho reduzido (deixaram de ser electromecânicos para passarem a ser electrónicos), o regulador de tensão começa a aparecer incluído dentro do próprio alternador.

Na figura seguinte representa-se o modo como os diversos componentes poderão estar montados:

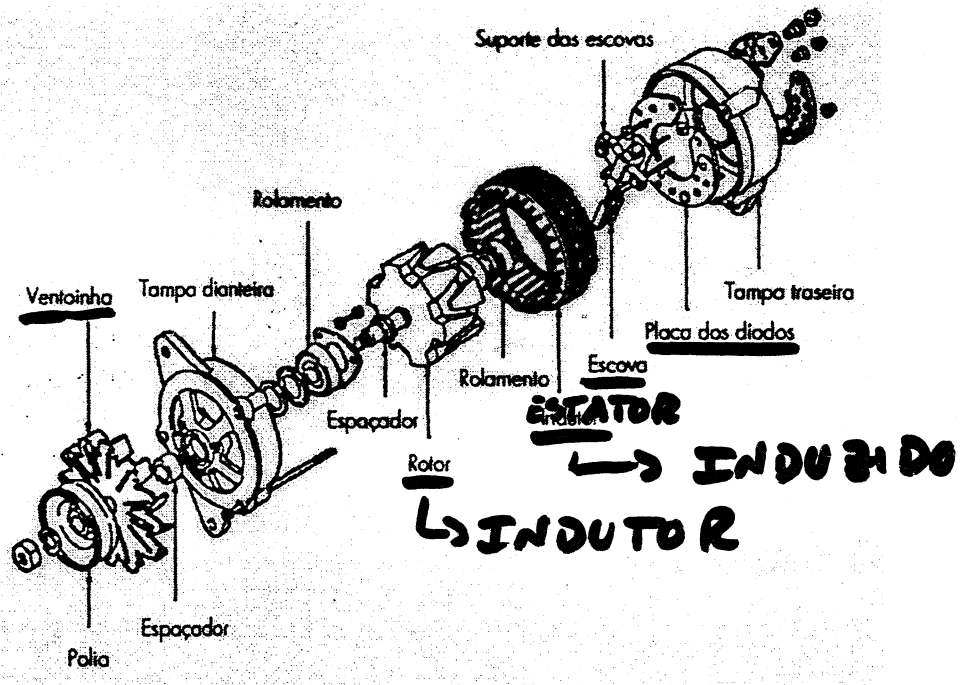


Figura 3: Montagem dos elementos de um alternador (1)

Rotor

O rotor é constituído por dois núcleos polares (pólos magnéticos Norte e Sul), uma bobina indutora (também chamada bobina de campo), dois anéis colectores e um veio do rotor.

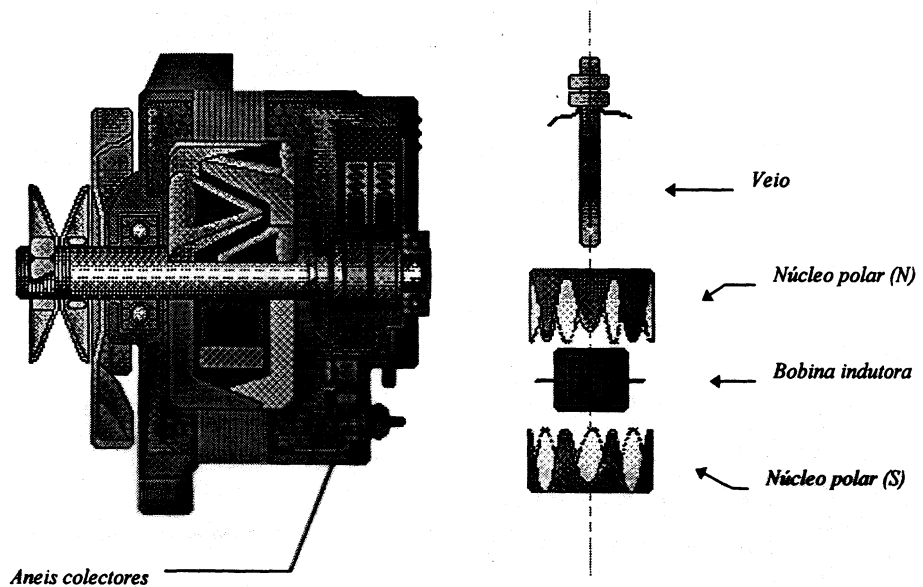


Figura 4: O alternador em corte e o rotor desmontado (1)

A bobina indutora está enrolada na mesma direcção em que roda o rotor e cada extremidade da bobina está ligada a um anel colector. Os dois núcleos polares estão instalados em cada lado da bobina, envolvendo-a. O fluxo magnético é produzido pela corrente que atravessa a bobina (2 a 5 A, fornecidos pela bateria), levando a que, com a rotação do rotor, os pólos sejam alternadamente Norte e Sul. Os anéis colectores são isolados do veio do rotor.

Saliente-se que o campo magnético indutor não poderia ser produzido por um íman permanente, pois, nesse caso, não seria possível a regulação da tensão (não seria possível aumentar ou diminuir a intensidade do campo magnético indutor, como no caso do electroímã).

→ Há casos com íman PERMAN.

Escovas

A bobina indutora recebe a corrente através de um par de escovas (assinaladas por 1, na figura seguinte) que fazem a sua ligação eléctrica à bateria, através dos anéis colectores:

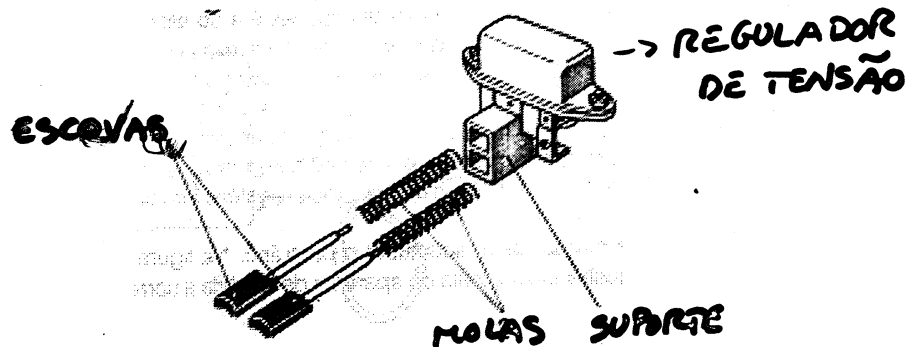


Figura 5: O alternador em corte e o rotor desmontado (1)

As escovas são “empurradas” contra os anéis colectores através de uns suportes (3) com molas (2). A baixa corrente (indutora) que tem de conduzir (2 a 5 A) permite-lhes um tempo de vida elevado.

Estator

O rotor é inserido no interior do estator. Existe apenas um ligeiro espacamento (menos de 1 mm) entre o estator e o rotor, para permitir maximizar o campo magnético que "entra" no estator (minimizando também o fluxo de fugas).

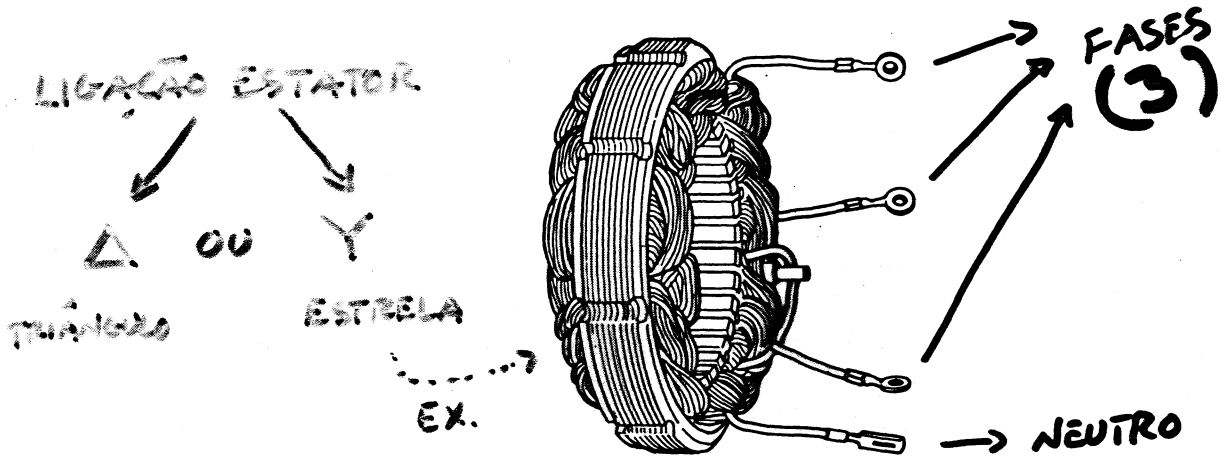


Figura 6: Os três grupos (6 bobinas cada) de enrolamentos do estator (I)

O estator de um alternador trifásico tem três grupos independentes de enrolamentos, um para cada fase, dispostos à volta de um núcleo ferromagnético laminado (Figura 6).

Cada um dos três enrolamentos deverá ter um número de bobinas múltiplo do número de pares de pólos do rotor (rotor com seis pares de pólos é um valor comum, correspondendo a um estator com $3 \times 6 = 18$ bobinas ou $3 \times 12 = 36$ bobinas).

Esta restrição do número de bobinas do estator garante que, num dado instante de tempo, em todas as bobinas do mesmo enrolamento é induzida uma f.e.m. do mesmo valor, podendo estas ser ligadas em série (constituindo assim um mesmo enrolamento).

→ Σ FEM

Os três grupos de enrolamentos são dispostos alternadamente, com uma ligeira sobreposição, o que é necessário para a geração dos desfasamentos pretendidos (I).

Na figura seguinte podemos ver o rotor correspondente ao estator atrás apresentado. Pode verificar-se que o seu núcleo polar tem seis pares de pólos:

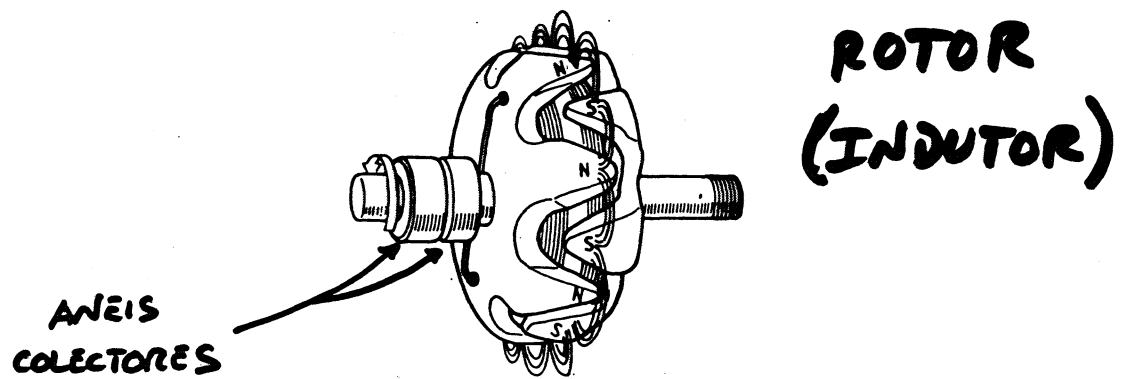
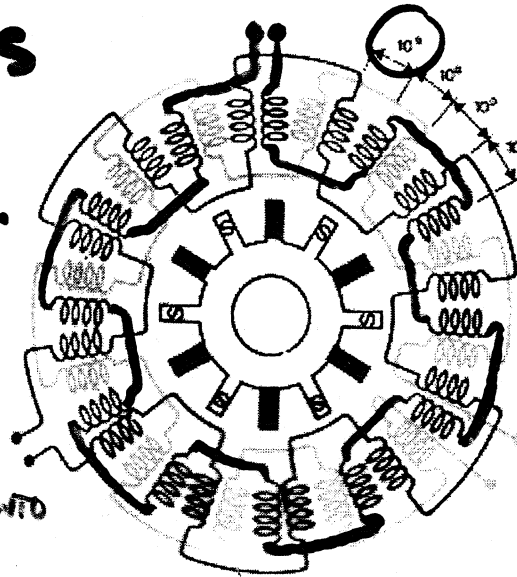


Figura 7: Núcleo polar do rotor (6 pares de pólos) (I)

ROTOR → m PARES DE PÓLOS (EX: 6)
 ESTATOR → $3 \times k \times m$ BOBINAS (EX: $3 \times 1 \times 6 = 18$)
 ↓ ↳ {1, 2, ...}
 3 ENROLAMENTOS
 (ALT. TRIFÁSICO)

Podemos ver na figura seguinte como estão ligadas as bobinas dos três enrolamentos do estator, para um alternador com seis pares de pólos indutores = doze bobinas por enrolamento:

3 ENROLAMENTOS
 X
 12 BOBINAS/ENROL.
 = 36 BOBINAS
 $\frac{360^\circ}{36} = 10^\circ$
 DESFAZAMENTO
 ENTRE
 BOBINAS



PODE LIGAR-SE
 • ESTRELA (Y)
 • TRIÂNGULO (Δ)
 → star
 → delta

Figura 8: Ligação das bobinas do estator de um alternador (I)

Saliante-se que, neste caso, para um mesmo enrolamento cada bobina está enrolada num sentido contrário das suas vizinhas. Só assim se consegue um sincronismo das f.e.m. induzidas, pois enquanto que uma está sob a influência de um pólo Norte, uma bobina vizinha está sob a influência de um Polo Sul.

Obviamente que a frequência da f.e.m. induzida é proporcional ao número de pares de pólos (e à velocidade de rotação do rotor).

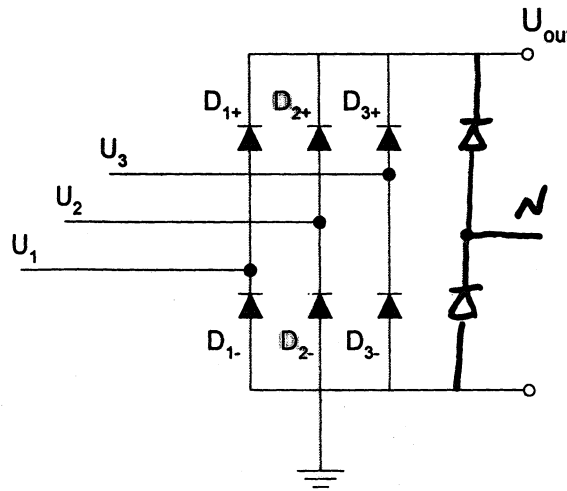
A ligação dos três enrolamento estáticos pode ser feita em estrela (conhecida em inglês por ligação Y) ou em triângulo (conhecida em inglês por ligação delta), sendo mais comum o primeiro caso (I).

Ponte Rectificadora (Flaca de Díodos)

A corrente alternada tri-ásica gerada pelo alternador terá de ser convertida em corrente contínua, dado que os componentes eléctricos de um automóvel exigem corrente contínua para funcionar. No caso particular da bateria, esta só se pode carregar se o sistema de carga lhe fornecer uma tensão contínua.

O sistema de segmentos de colector que servia para o dínamo não pode ser utilizado no alternador, pois aqui o induzido não roda (está estacionário). A solução é utilizar um dispositivo rectificador - uma ponte de díodos:

2 DIODOS
POR
FASE



se os enrolamentos estiverem ligados em Y, rectificand o têm-se um ganho de 15% !!
(+ 2 díodos)

Figura 9: Ponte rectificadora trifásica de onda completa

A rectificação (de onda completa) de um sistema trifásico exige dois díodos para cada uma das fases, resultando num total de seis díodos. O truque é transformar a "corrente negativa" em corrente positiva. Num dado instante de tempo, apenas dois díodos estão em condução - são aqueles que estão ligados às saídas do alternador que têm o maior potencial (positivo e negativo), nesse mesmo instante de tempo.

Ao serem aplicadas três tensões (U_1 , U_2 e U_3) desfasadas de 120° , o comportamento dos díodos vai ser o seguinte:

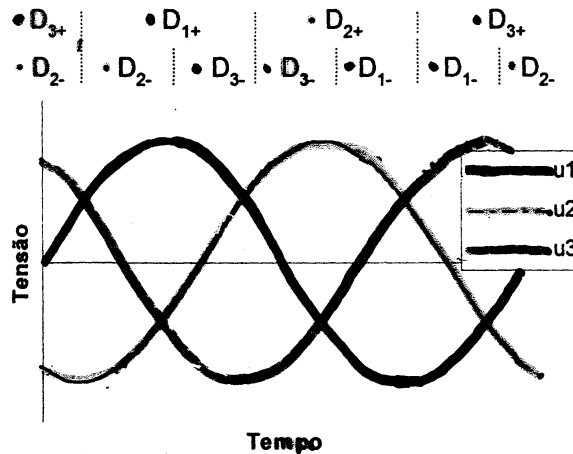


Figura 10: Condução dos díodos em função da tensão trifásica

A tensão de saída do sistema (U_{out}) terá sempre a mesma polaridade, o que era o objectivo inicial:

→ E COM PEQUENA OSCILAÇÃO

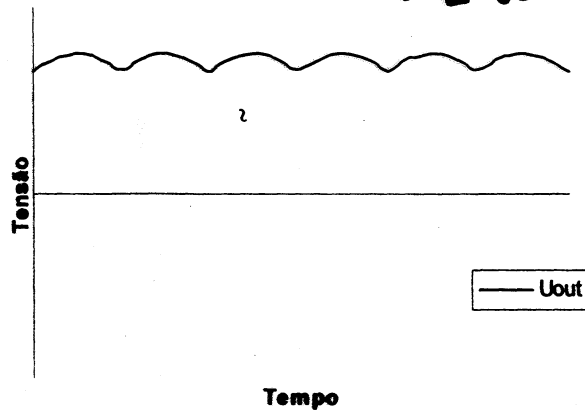


Figura 11: Tensão de saída rectificada

Nos alternadores, a ponte rectificadora é montada na chamada placa de díodos. Na figura seguinte pode visualizar-se a aplicação da ponte rectificadora à saída do alternador, observando o formato temporal das várias tensões intervenientes:

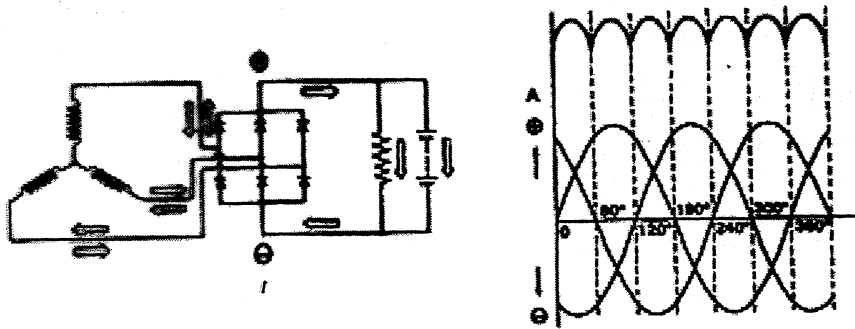


Figura 12: Rectificação da corrente alternada trifásica (I)

Pode observar-se na figura seguinte que embora o sentido das correntes nas bobinas do estator mude de sentido, o sentido da corrente nas cargas (bateria e receptores) é sempre o mesmo:

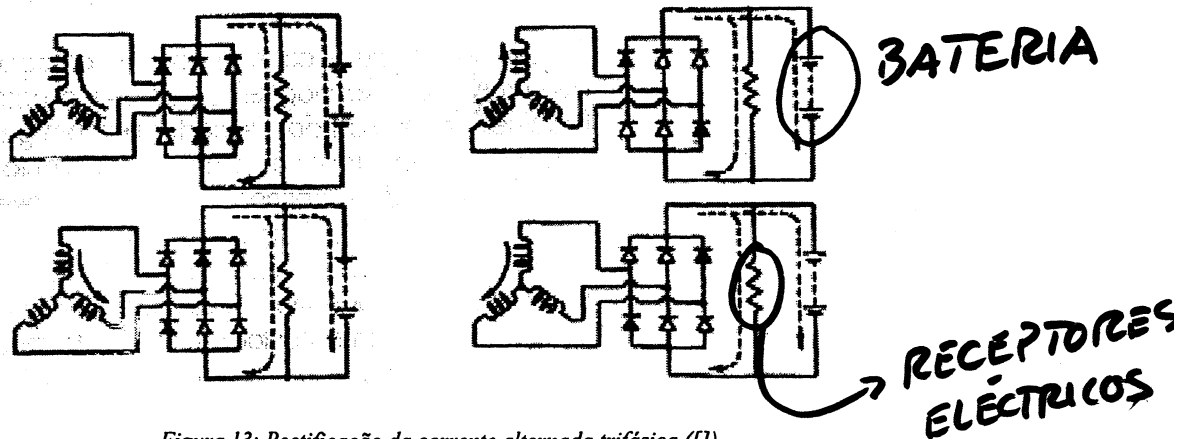


Figura 13: Rectificação da corrente alternada trifásica (I)

Tal como se verificou nas figuras atrás apresentadas, para um alternador com apenas um par de pólos e três enrolamentos estatóricos, em cada volta do rotor irão ocorrer seis picos de tensão. A tensão à saída da ponte rectificadora é, no entanto, demasiado ondulada.

Este problema é ultrapassado pelos alternadores trifásicos com seis pares de pólos e seis bobinas por enrolamento, em cada revolução do rotor irão ocorrer 36 picos de tensão (18 positivos e 18 negativos):

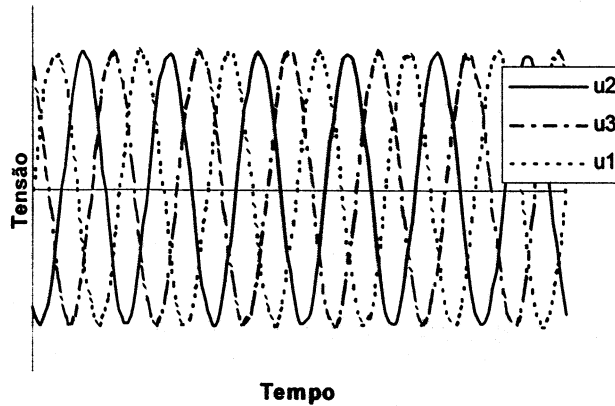


Figura 14: F.e.m. induzidas para 6 pares de pólos e 6 bobinas por enrolamento

A que vai corresponder uma tensão rectificada da seguinte forma, para o mesmo período de tempo que foi considerado anteriormente (uma volta do rotor):

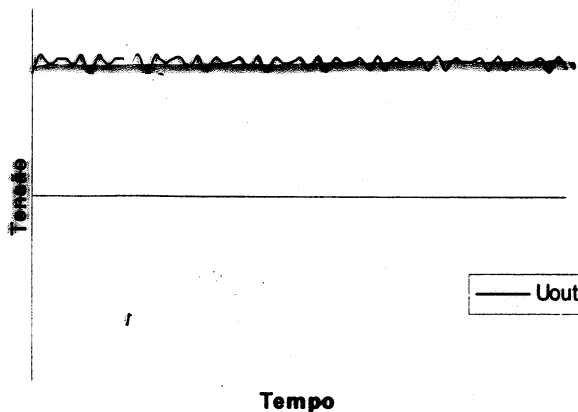


Figura 15: Tensão de saída rectificada para 6 pares de pólos e 6 bobinas por enrolamento

É fácil de notar que a tensão rectificada é muito mais estabilizada do que no caso do alternador básico (com 1 par de pólos e 1 bobina por enrolamento).

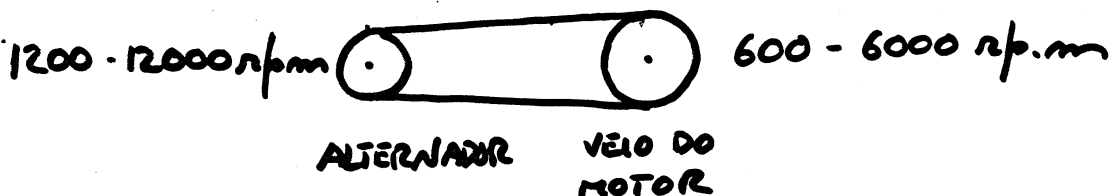
Regulador de Tensão

Praticamente todos os instrumentos receptores que equipam o automóvel funcionam correctamente desde que a tensão nominal da rede se mantenha dentro de limites muito estreitos. Ora, a f.e.m. produzida por um dado alternador varia com a velocidade de rotação do rotor e com a corrente de excitação do indutor.

No caso do automóvel, a velocidade de rotação do motor varia muito, desde as 600-900 rpm até às 6000-7000 rpm. No veio do motor existe uma desmultiplicação de cerca de duas vezes o que faz com que o alternador gire entre as 1200-1800 e as 12000-14000 rpm. Nestas condições, a tensão obtida no alternador seria variável, podendo atingir valores na ordem de 250 V, o que não pode acontecer.

Para resolver este problema recorre-se ao regulador de tensão. O objectivo deste aparelho é o de controlar a corrente de excitação da bobina indutora, mediante a velocidade de rotação do motor, reduzido a excitação quando sobem as rotações e aumentando a excitação quando a rotação é mais baixa. Para garantir uma boa carga da bateria e o funcionamento correcto do restante sistema eléctrico, a tensão à saída do regulador deverá situar-se entre os 13.5 e os 14.5 V.

→ A BATERIA VAI ANULAR ESTES PICOS DE TENSÃO (COMPORTA-SE COMO UM FILTRO PASSA-BAIXO)



Basicamente, um regulador de tensão sente o valor da f.e.m. gerada pelo alternador, alimentando a bobina indutora se essa f.e.m. é inferior à pretendida ($\approx 14V$) e interrompendo essa alimentação se a f.e.m. subir acima desse nível.

Existem dois tipos básicos de reguladores de tensão:

- Electromecânicos (OBSOLETOS)
 - Electrónicos
- ↳ MAS PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO É EQUIVALENTE

Regulador Electromecânico

O regulador electromecânico (Figura 16) é já pouco utilizado nos dias de hoje, tendo sido substituído pelo electrónico, pois este último é mais pequeno, mais leve e mais preciso. Apesar disso, o estudo do funcionamento do regulador electromecânico facilita a compreensão dos reguladores electrónicos, pois têm a mesma filosofia de funcionamento.

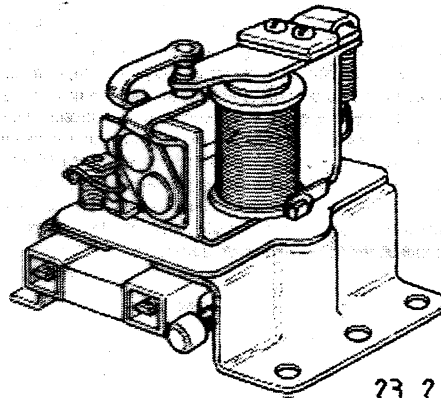


Figura 16: Exemplo de um regulador electromecânico (I)

Os reguladores electromecânicos funcionam da mesma maneira do que os relés de protecção electromagnéticos:

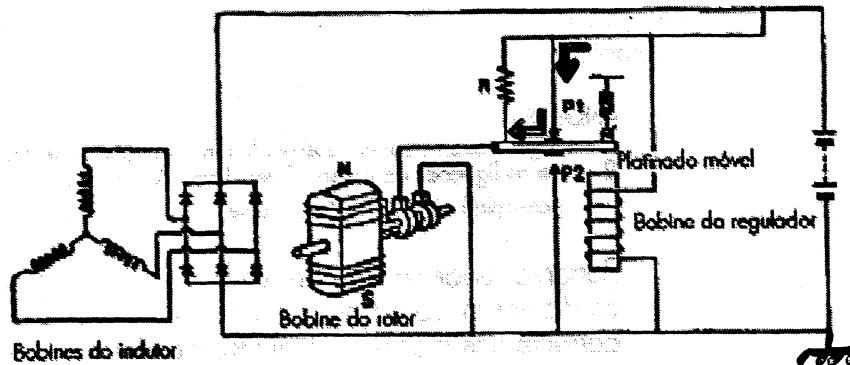


Figura 17: Regulação electromecânica de tensão corrente de excitação máxima (I)

O regulador fornece ou não corrente à bobina indutora (bobina do rotor), que produz o fluxo magnético necessário para que seja induzida f.e.m. alternada trifásica nos três enrolamentos do estator. O fornecimento de corrente (tensão) à bobina do rotor é controlado pelo regulador, através da abertura ou fecho do platinado móvel, dependendo da tensão aplicada ao electroíman do regulador.

Quando o alternador trabalha a baixo regime e a tensão à saída do alternador é mais baixa que a tensão da bateria, a força exercida pelo electroíman do regulador não é suficiente para atrair o platinado móvel. Na situação de "repouso" faz-se então o contacto com P1, de modo a que a corrente da bateria flui para a bobina do rotor (através de P1). No caso da figura anterior, o regulador está a fornecer uma corrente máxima à bobina do rotor.

Quando o rotor do alternador começa a rodar a uma velocidade mais elevada, e a tensão gerada ultrapassa um determinado valor ($\approx 14V$), o electroíman do regulador exerce uma força suficiente para

atrair o platinado móvel, separando-o de P1. O regulador passa a fornecer uma corrente intermédia à bobina do rotor:

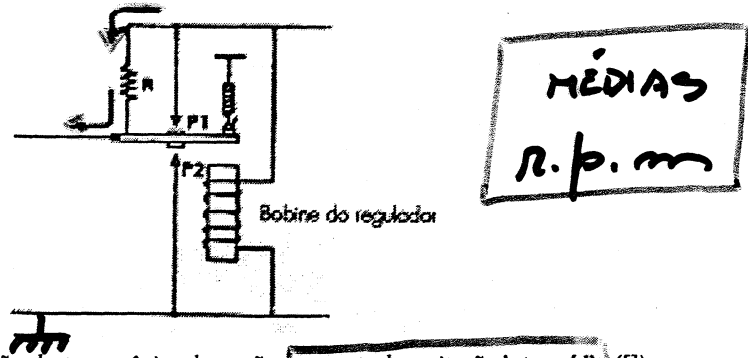


Figura 18: Regulação electromecânica de tensão - corrente de excitação intermédia (I)

Quando o alternador funciona a um regime ainda mais elevado, a força exercida pelo electroimã do regulador é ainda mais elevada, obrigando o platinado móvel a fazer contacto com P2. Neste caso a corrente percorre a resistência R e em seguida flui para P2 (e para a massa). A corrente que flui para a bobina do rotor é portanto nula:

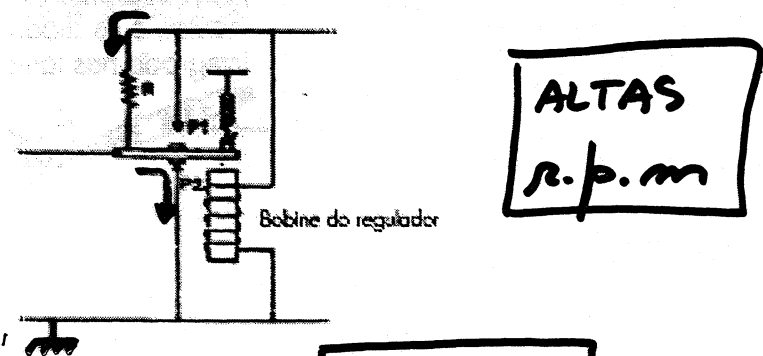


Figura 19: Regulação electromecânica de tensão - corrente de excitação nula (I)

Quando o platinado móvel se afasta de P1, a corrente passa a fluir através da resistência R, reduzindo portanto a sua intensidade. Menos corrente para a bobina do rotor implica que o alternador gere menos f.e.m. Consequentemente, haverá uma menor força de atracção por parte do electroimã do regulador, de modo que o platinado móvel retorna à sua posição de “repouso”, fazendo contacto com P1. Isto, por seu lado, provoca uma subida na corrente que alimenta a bobina do rotor, aumentando novamente a f.e.m. gerada pelo alternador, obrigando o platinado móvel a afastar-se novamente de P1.

Concluindo, quando o motor opera a baixos regimes, o platinado móvel aumenta ou diminui a corrente para a bobina do rotor, estando em contacto ou afastando-se de P1 (entrando a resistência em série), respectivamente. Para alta rotação, a corrente é ou não fornecida à bobina do rotor, conforme o platinado móvel faz contacto com P1 ou P2, respectivamente.

Regulador Electrónico

O segundo tipo de regulador é o regulador electrónico. Este tipo de regulador apresenta diversas vantagens em relação ao regulador electromecânico:

- Sendo mais leve e ocupando menos espaço do que os regulador electromecânico, pode ser montado internamente no alternador, evitando a cablagem adicional necessária a um regulador externo.
- Ao contrário do regulador electromecânico, não existem partes em movimento, podendo executar até 7000 operações de ligar/desligar por segundo (I). Esta elevada frequência de operação permite um melhor controlo (mais exacto) da corrente que é fornecida à bobina do rotor (corrente de excitação).
- A ausência de elementos mecânicos também uma vantagem deste tipo de reguladores, pois não ficam tão sujeitos a desgaste e avarias.

Os reguladores electrónicos podem basear-se em dois princípios de funcionamento, dependendo de como é produzido o campo magnético indutor:

- Alternador com electroímã

Quando o campo magnético indutor é gerado por um electroímã, a tensão de saída do alternador pode ser controlada através da maior ou menor corrente de excitação desse mesmo elemento. Uma das possíveis implementações baseia o seu funcionamento num díodo zener e no funcionamento de um transistor como relê electrónico. O díodo zener, pelas suas características, bloqueia a passagem da corrente até se atingir um determinado valor de tensão aos seus terminais, altura em que passa a conduzir. Se o zener controlar a corrente de base de um transistor, este funcionará como um relê electrónico, estabelecendo ou cortando a corrente de excitação do electroímã.

- Alternador com íman permanente

Se for um íman permanente a gerar o campo magnético indutor, não é possível controlar a sua intensidade. A única hipótese é controlar a corrente fornecida pelo alternador (pelos enrolamentos induzidos do estator), por intermédio de tiristores. Recorre-se também aqui aos díodos zener, elementos que controlam a condução ou corte do tiristores, permitindo assim a regulação da tensão do alternador.

OU OUTRO?
DISPOSITIVO
SÊMI-CONDI
(TRANS.)

Uma das possíveis implementações baseia o seu funcionamento num díodo zener e no funcionamento de um transistor como relê electrónico. O díodo zener, pelas suas características, bloqueia a passagem da corrente até se atingir um determinado valor de tensão aos seus terminais, altura em que passa a conduzir.

É a seguir apresentado um regulador electrónico básico:

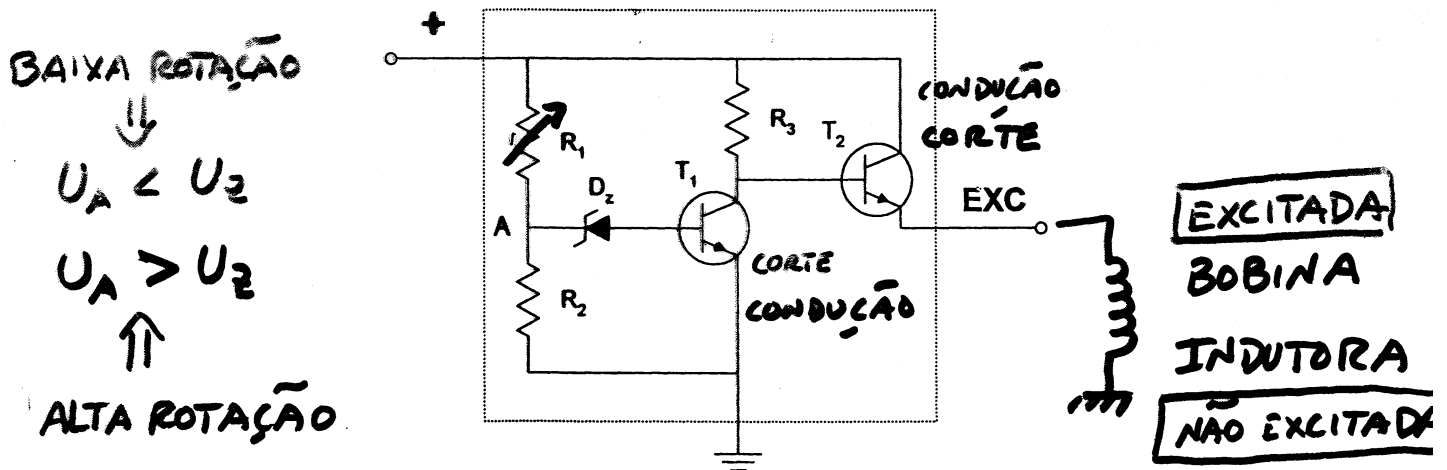


Figura 20: Um regulador electrónico básico (I)

O díodo zener D_z é utilizado para comandar dois transistores:

T_1 - transistor de comando (que vai pôr T_2 em corte ou em condução)

T_2 - transistor de potência (que vai conduzir ou cortar a corrente de excitação que o regulador fornece à bobina do rotor).

As resistências R_1 e R_2 constituem um divisor de tensão, definindo a tensão que vai fazer funcionar o regulador.

O regulador poderá estar em dois estados distintos:

A TENSÃO DE ENTRADA (+) É BAIXA

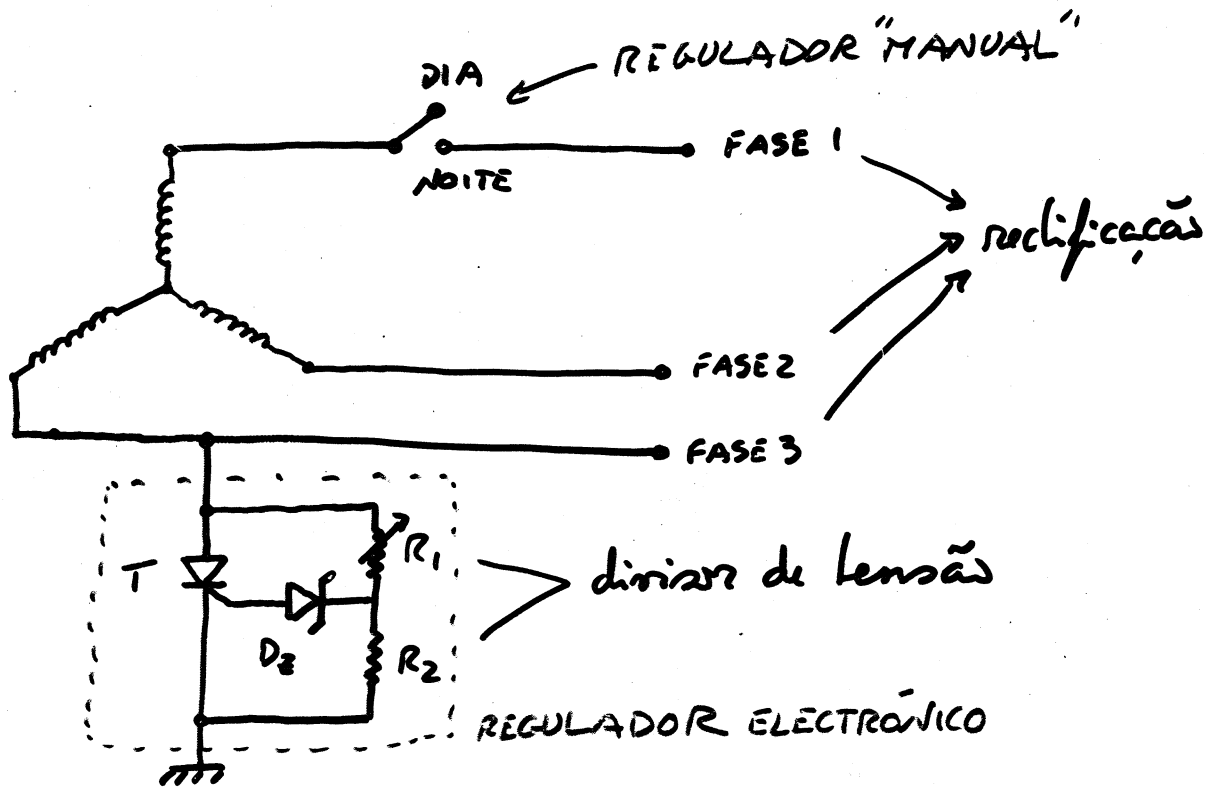
- O potencial no ponto A não é suficiente para fazer conduzir o diodo zener (não é atingida a tensão de zener)
- O potencial na base de T_1 é nulo, o que implica que T_1 fique em corte
- Se T_1 está em corte, o potencial na base de T_2 é suficiente para o pôr (T_2 em condução)
- Se T_2 está em condução, a saída (EXC) vai ficar ao mesmo potencial da entrada (+), pelo que a bobina do rotor é excitada.

A TENSÃO DE ENTRADA (+) É ALTA

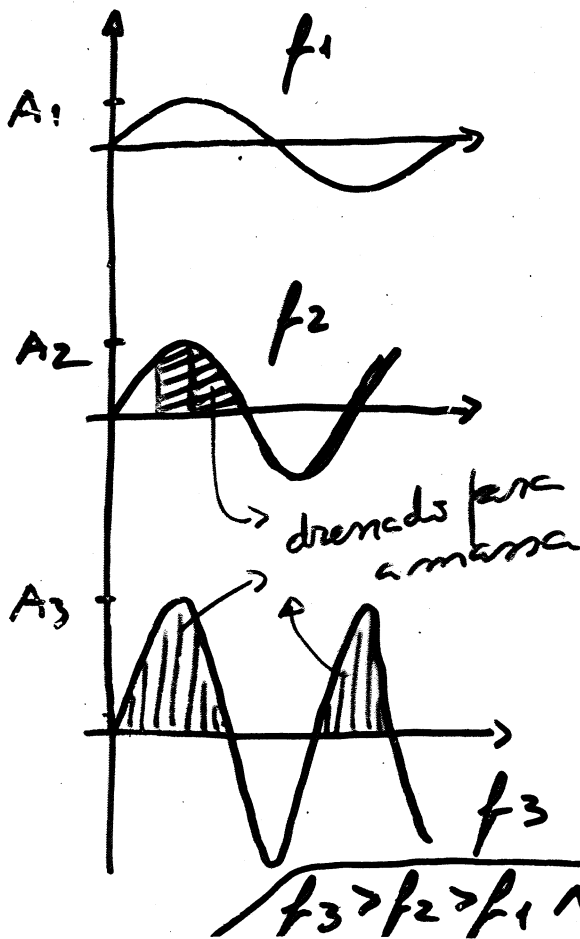
- O potencial no ponto A ultrapassa a tensão de zener, colocando D_z em condução
- A base de T_1 fica a um potencial positivo, o que implica que T_1 passe a conduzir
- Se T_1 está em condução, a base de T_2 fica a um potencial baixo, insuficiente para o pôr (T_2) em condução
- Se T_1 está em corte, a saída (EXC) vai ficar ao potencial da massa, pelo que a bobina do rotor não é excitada.

ALTERNADOR DE MAGNETO PERMANENTE

SUZUKI GS 400, GS 750



REGULAÇÃO DE TENSÃO (NA FASE 3)



Baixas RPM

TIRISTOR SEMPRE OFF
 → NÃO HÁ "DRENAGEM" DE CORRENTE

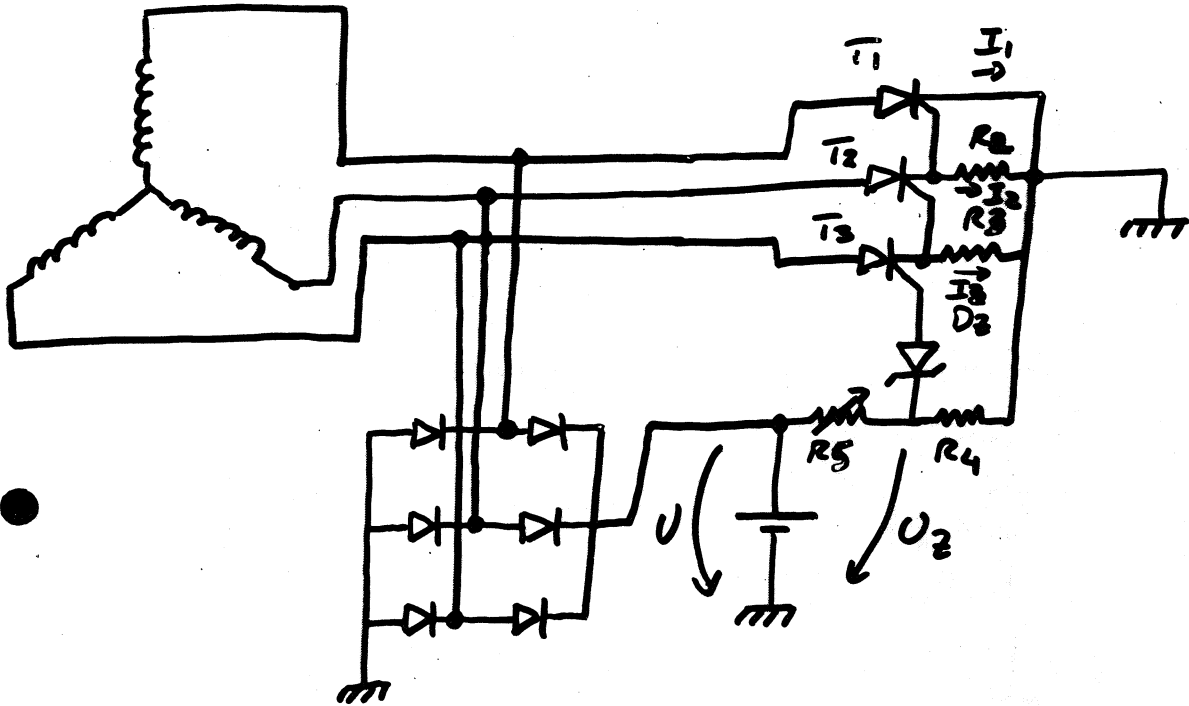
MÉDIAS RPM

TIRISTOR POR VEZES ON
 → HÁ ALGUMA DRENAGEM

ALTAS RPM

TIRISTOR SEMPRE ON
 → ANULA-SE MEIO CICLO POSITIVO

ALTERNADOR DE MAGNETO PERMANENTE KAWASAKI Z1000



BAIIXAS RPM $\Rightarrow U$ pequena $\Rightarrow U_2$ pequena \Rightarrow
 $\Rightarrow D_3$ OFF $\Rightarrow T_1, T_2, T_3$ OFF

● SE $U \uparrow$, $U_2 \uparrow \Rightarrow D_3$ ON \Rightarrow
 $\Rightarrow T_3$ ON $\Rightarrow I_3 \neq \emptyset \Rightarrow R_3 \cdot I_3 \neq \emptyset \Rightarrow$
 $\Rightarrow T_2$ ON $\Rightarrow I_2 \neq \emptyset \Rightarrow R_2 \cdot I_2 \neq \emptyset \Rightarrow$
 $\Rightarrow T_1$ ON

A CORRENTE É
 "DRENADA" PARA A MASSA NAS 3 FASES

SISTEMA DE CARGA

TENDÊNCIAS FUTURAS

- 2 BATERIAS → 1 SÓ PARA O ARRANQUE
evite o problema do abaixamento da tensão, durante o arranque
(montada ao lado do motor de arranque, < A.h e E < 12V para acelerar carga)
→ 1 PARA O RESTO DO SISTEMA (< corrente)

- SISTEMA/REDE ELÉTRICOS COM \neq TENSÕES
→ 12V, 24V, 36V, 42V

- REGULADOR "MULTI-FUNÇÃO"

EX: PARA AJUSTAR
DE INJEÇÕES
FUNÇÃO DO E

- índice e carga à ECU do motor térmico, para otimizar
- + serviços → > complexidade

- REFRIGERAÇÃO A ÁGUA

→ do alternador

- INTEGRAÇÃO MOTOR DE ARRANQUE / ALTERNADOR

- 1 ÚNICO EQUIPAMENTO
- possibilidade de auxiliar a tração, no arranque do veículo

... MAS PROBLEMAS...

Acoplamento/desacoplamento mecânico do alternador (BMW)

- alternador é acoplado mecanicamente durante a travagem
 - permitindo a carga da bateria
 - proporcionando algum binário resistente (ajuda na travagem)
- desacoplado nas outras situações
 - não oferece binário resistente (roda livre)
 - (mas também não carrega a bateria)
- sistema baseia-se numa embreagem controlada por computador
- verifica-se uma **redução de consumo de cerca de 3%**

IEEE Spectrum, Abril de 2007 (<http://www.spectrum.ieee.org>)



2008 5-Series



Regenerative braking in a nonhybrid

For 40 years, engineers from the Bavarian Motor Works have ingeniously applied technology to the pursuit of a single goal: superb handling and performance. But nowadays, not even BMW can ignore calls for cars that consume less, emit less, and tread more gently on the planet.

The company has not announced a hybrid, though it has partnered with GM and Daimler Chrysler in their two-mode hybrid project [see "2008 GMC Yukon Two-Mode Hybrid"]. And now, on its revised 5-Series sports sedans, BMW has introduced regenerative braking—the first time such a system has been used on a nonhybrid car.

The company's Brake Energy Regeneration system grew out of an intelligent alternator control project shown at last year's Paris Auto Show. The core idea is to change the times at which the alternator charges the battery.

In a conventional car, the alternator generates power continuously, regardless of other loads on the engine. But in the new 5-Series cars, it is engaged to generate power only when the car decelerates. At other times, when the car is cruising or accelerating, it merely freewheels. With the alternator no longer sapping power—a phenomenon known as alternator drag—the engine needs to work slightly less hard to move the car, cutting fuel consumption. The alternator itself has not changed; BMW has simply inserted an electronically controlled clutch that engages to let it charge only when the car decelerates.

The power to drive all the car's electric components—as much as 3.5 kilowatts in the average midsize car these days—is supplied by a somewhat more powerful battery. BMW won't release exact figures, but it does say that it uses glass-mat technology, which separates the battery's plates with saturated absorbent glass—boron silicate—rather than the usual gel or liquid electrolyte. The acid electrolyte is held in the microfibers between layers of lead, improving its energy storage during frequent charge/discharge cycles, compared with standard lead-acid batteries. Those ordinary batteries convert up to 20 percent of electrical energy to heat during charging, against as little as 4 percent for glass-mat designs.

Alternator drag is found in almost every vehicle sold today, so its impact may seem insignificant. But in the European Union driving cycle, which is used to measure fuel consumption for cars sold within that market, BMW's revised alternator system reduced energy consumption by roughly 3 percent. ■

POWER PLANT

- Nine different engines available, from 120 to 270 kW, including...
- 4- and 6-cylinder in-line diesels
- Gasoline in-line 6 or V8

TRANSMISSIONS

- 6-speed manual or automatic
- Rear- or all-wheel drive

CLAIMED FUEL EFFICIENCY

- 6.1 to 10.9 L/100 km

MORE

To reduce engine loads, BMW plans to introduce more electric accessory drives.

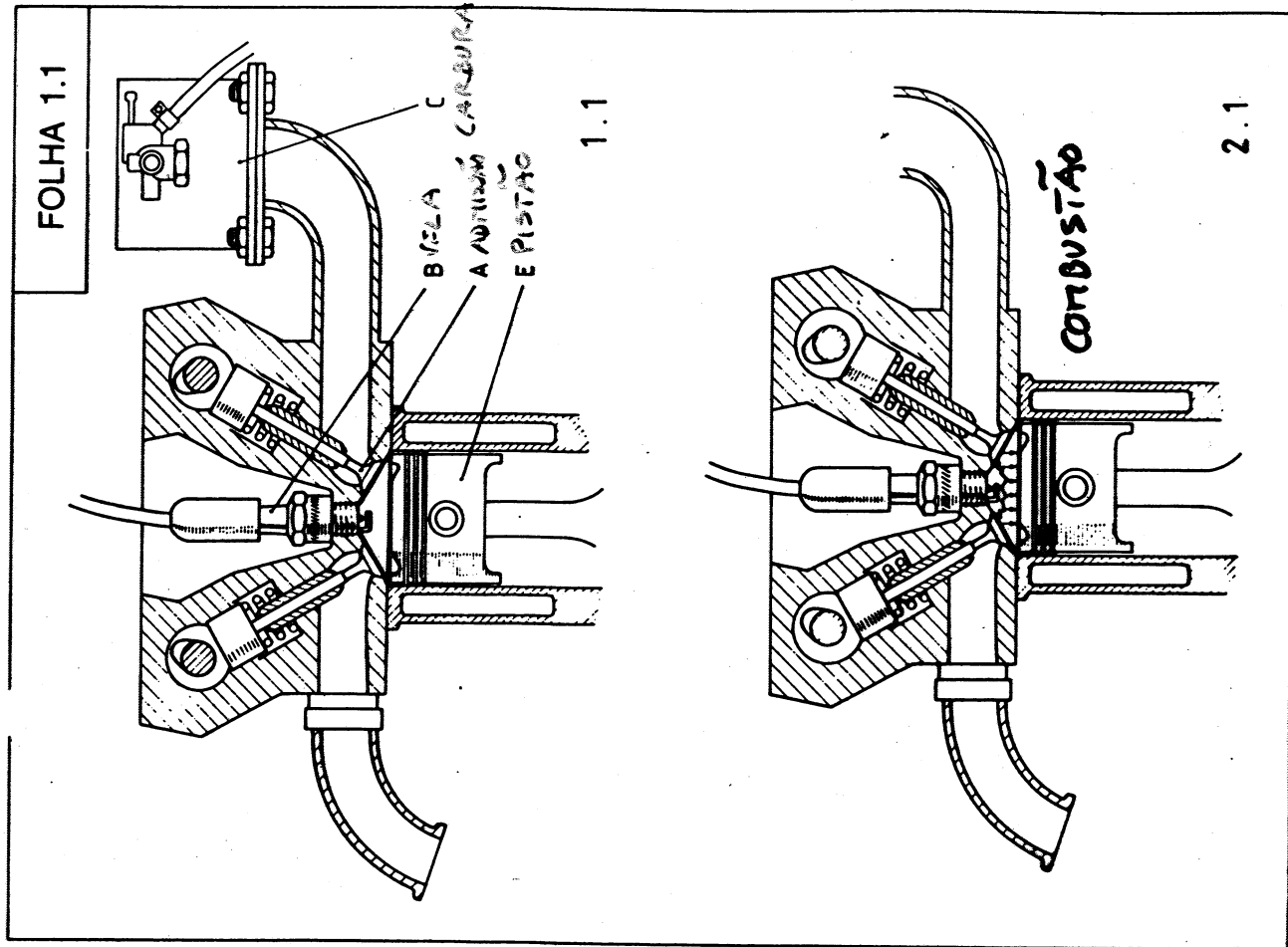
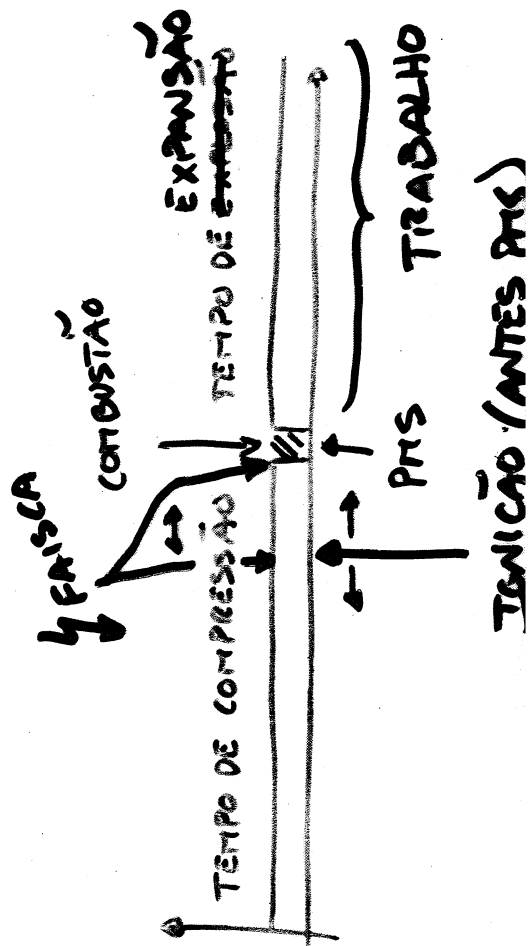
Folha 1.1. O motor de explosão e a necessidade de ignição

O motor de explosão tem a missão de converter a energia calorífica que contém o combustível em energia mecânica. Esta conversão realiza-se na câmara de combustão do motor. Na figura 1.1 temos os elementos fundamentais que intervêm nesta conversão. De uma parte temos o carburador (C), encarregado de misturar a gasolina com o ar, numa determinada proporção, para que o combustível disponha do oxigênio necessário para a queima completa da gasolina. Quando esta mistura penetra na câmara de combustão através da válvula de admissão (A) e se fecha esta válvula, o êmbolo ou pistão (E) ascende e comprime na câmara esta mistura obtida. Neste momento, a câmara está totalmente estanque.

Nesta situação, para que a mistura ceda toda a energia calorífica de que dispõe, é necessário encontrar-se um sistema para iniciar os fenómenos químicos da combustão, de modo que o combustível ceda toda a sua energia calorífica. O que se obtém provocando a ignição da mistura.

Nos motores de explosão, esta ignição produz-se por meio de uma faísca elétrica que se faz saltar entre os eléctrodes da vela (B).

Na figura 2.1 temos o momento em que se produz a combustão da mistura, iniciada pela faísca elétrica da vela. Esta faísca deve reunir algumas condições fundamentais. Em primeiro lugar deve ter uma elevada tensão elétrica, pois quando a mistura se encontra comprimida a atmosfera no interior da câmara de combustão é muito densa. Esta tensão deve ter, como mínimo, cerca de 14 000 volts. Em segundo lugar, deve dispor de uma quantidade de energia elétrica considerável, que pode resumir-se nuns 0,04 a 0,06 amperes; e, em terceiro lugar, deve encontrar-se perfeitamente sincronizada com a rotação do excêntrico, para que a combustão se produza exactamente no ponto morto superior (PMS) do êmbolo no final do tempo de compressão e início do tempo de expansão. Todos os sistemas de ignição elétrica para motores de explosão não só satisfazem estas condições como ainda, a nível técnico, se mantêm muito acima dos valores mínimos que acabámos de definir. Consegue-se, com isso, a maior segurança do seu funcionamento e do funcionamento do motor.



Folha 1.3. Esquema básico para a produção da faísca

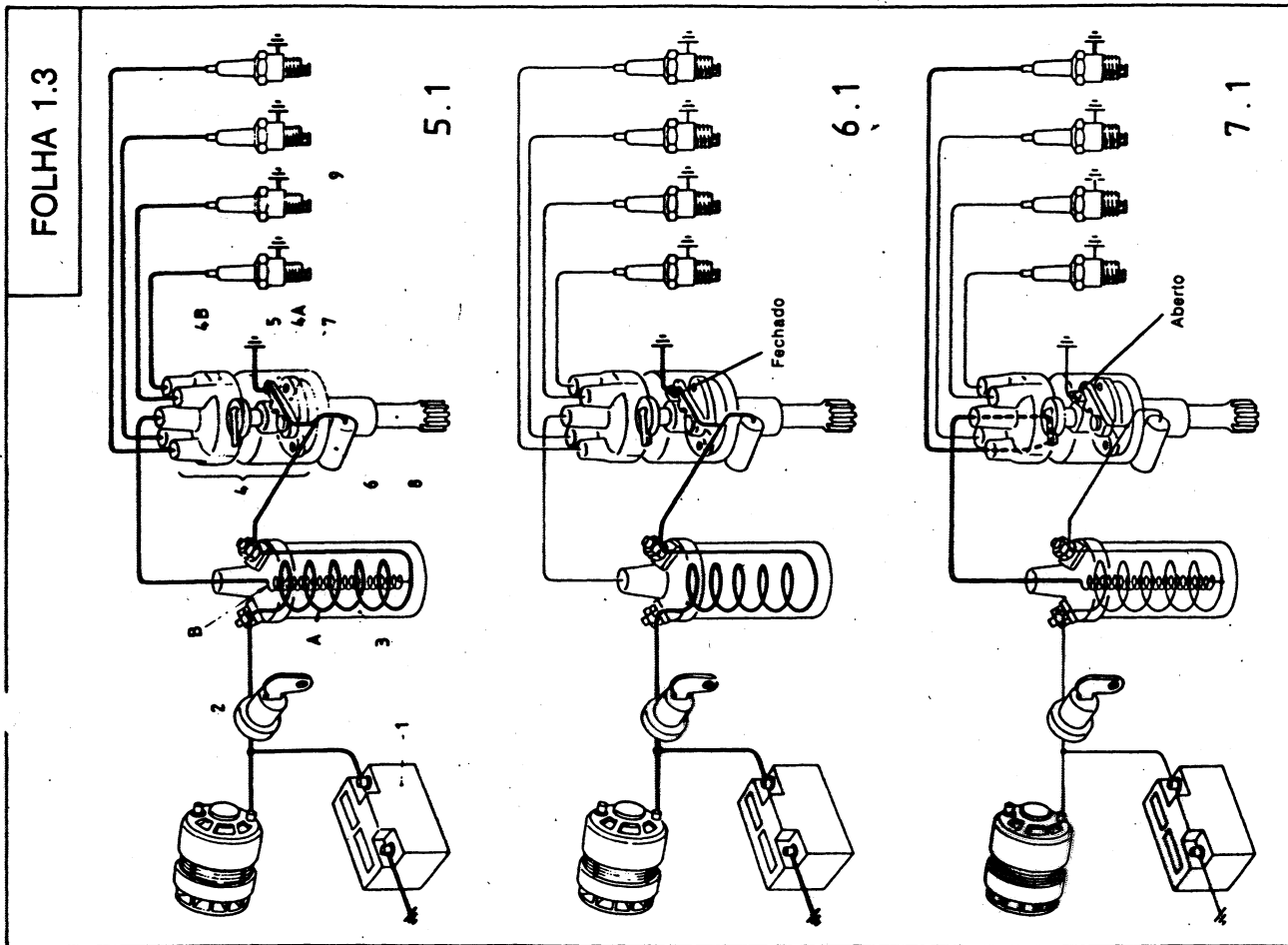
Resalta como muito importante, desde o princípio, ter uma ideia geral do modo utilizado pelos engenheiros para obter faíscas entre os eléctrodos das velas, que tenham as condições precisas para a inflamação da mistura. O sistema mais fácil de compreender é o que utiliza o sistema convencional de distribuidor e bateria, representado na figura 5.1. O seu circuito consta dos elementos seguintes:

Em 1 pode ver-se a bateria que alimenta de corrente eléctrica o circuito (também poderia ser substituída pelo alternador quando o motor estiver em marcha). Em 2 temos a chave de contacto no interruptor do mesmo número, a partir do qual a electricidade se reparte pelos diferentes circuitos do automóvel. Um deles é o formado pela bobina de ignição (3), a qual possui dois tipos de enrolamentos: um grosso (A), que forma o circuito de baixa tensão, e outro muito fino e de muitas voltas (B), que forma o circuito de alta tensão. A corrente recebida pela bobina, a partir do interruptor de contacto, passa através do enrolamento A até ao distribuidor (4), que na sua parte baixa (4A) consta de um interruptor que recebe o nome de ruptor (5), o qual é capaz de interromper o circuito de baixa tensão quando os seus contactos se separam (1). Esta parte do distribuidor é dotada também de um condensador (6) e de um avanço de ignição (7) e, por outro lado, comporta um eixo, cuja ponta vemos em 8, que é accionado pelo motor e sincronizado com a rotação deste de modo que o distribuidor conhece em todo o momento a posição exacta dos pistões do motor.

Por outro lado, e a partir da bobina (3), temos o enrolamento de fio fino (B) que constitui o circuito de alta tensão. Quando esta corrente de alta tensão se estabelece, passa à cabeça do distribuidor (4B) por meio de um borne de entrada central e, a partir daí, é distribuída às velas pela ordem que corresponde à ordem de ignição dos pistões, de modo que salte a faísca entre os eléctrodos das velas no mesmo momento em que os êmbolos alcançam o PMS no final do tempo denominado de compressão.

O funcionamento dos circuitos de baixa e alta tensão está representado, respectivamente, nas figuras 6.1 e 7.1. Na primeira figura temos o momento da passagem da corrente pelo enrolamento primário da bobina dado que os contactos do ruptor estão fechados (5). No momento em que estes contactos se abrem e interrompem a passagem da corrente pelo enrolamento primário, acontece o caso mostrado na figura 7.1. No interior da bobina induz-se uma corrente de alta tensão que passa à cabeça distribuidora e, a partir desta, a cada uma das velas sucessivamente.

Dado que o corte da corrente por parte do ruptor está sincronizado com o motor através do eixo de rotação do distribuidor, podem conseguir-se, deste modo, tantas faíscas como tempos de construção apresenta o motor, através da sua rotação.



(1) Este ruptor é constituído por uma parte fixa e uma parte móvel, vulgarmente denominadas platinadas.

Folha 1.4. Necessidade de um avanço de ignição

Sob o ponto de vista teórico, a faísca deve produzir-se quando o êmbolo (pistão) se encontra no PMS. Na prática, desde que a rotação do excêntrico seja muito rápida, o êmbolo ou pistão permanece curtíssimas fracções de segundo no seu estrito PMS, da ordem de poucos milésimos de segundo. Por outro lado, a faísca é somente o início da combustão, pelo que há que contar com o tempo que esta leva a produzir-se.

Para que o tempo de combustão coincida com o PMS do pistão, precisamos de adiantar ligeiramente o momento da faísca em relação a este ponto para que, de uma forma prática, coincidam combustão e PMS. Este ponto de avanço inicial é estabelecido pelo construtor e supõe os graus de avanço da calagem da ignição.

Mas o lugar em que deve saltar a faísca antes que se estabeleça o PMS do pistão varia, segundo o regime de rotações do motor, de modo que este avanço inicial da faísca deve poder ser regulado no sentido de tanto maior o avanço quanto maior a velocidade da rotação. Quando um motor gira, por exemplo, a 2000 rpm, a velocidade do êmbolo é inferior à que deverá chegar a 4000. Neste último caso, convém que o avanço da faísca se efectue também muito antes que no caso de só 2000 rpm. Se, pelo contrário, o motor gira a 400Q rpm e vai diminuindo a sua rotação até chegar só a 1000, também a faísca deverá ser produzida cada vez mais perto do PMS para conseguir extrair do motor o maior rendimento.

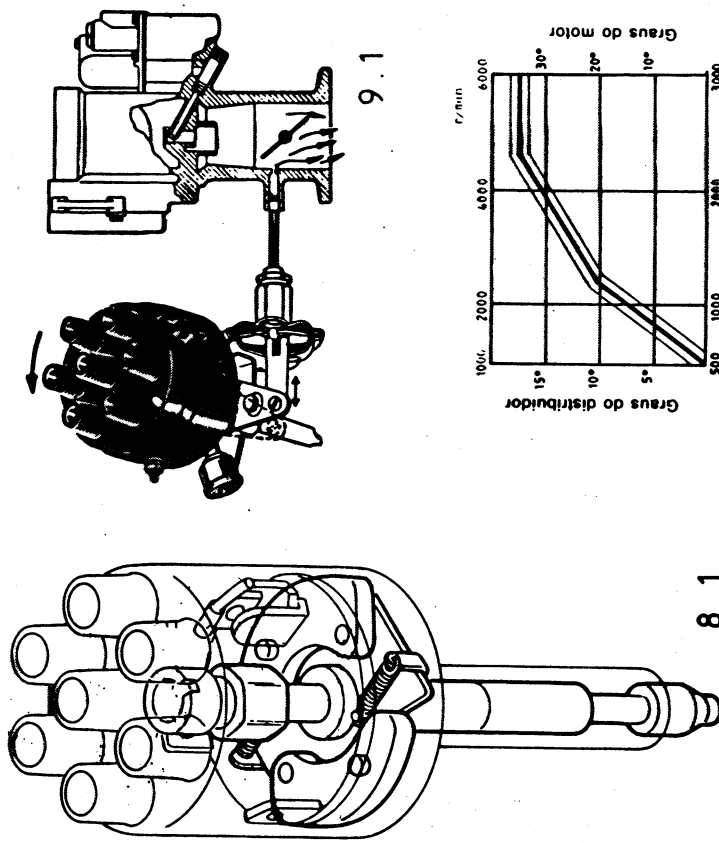
Os mecanismos aos quais cabe determinar o momento do salto da faísca em relação com a velocidade de rotação recebem o nome de **avanços de ignição** e têm uma grande importância no rendimento dos componentes deste circuito, tanto convencionais como electrónicos ou integrados.

Na figura 8.1 temos o esquema interno dum distribuidor no qual se destacam as peças que compõem um avanço de ignição do tipo centrífugo. Também na figura 9.1 temos um avanço de ignição chamado **regulador de vácuo** ou **avanço por depressão** que tem o mesmo objectivo.

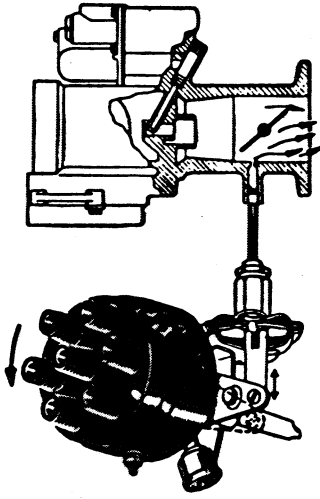
O funcionamento detalhado destes sistemas vê-lo-emos nas próximas folhas, em todo o pormenor. Agora somente interessa conhecer a necessidade que todos os sistemas de ignição têm de possuir um elemento que regule o momento do salto da faísca em relação ao regime de rotação do motor.

Nas figuras 10.1 e 11.1 temos as curvas estabelecidas em graus com relação às rpm que podem apresentar os avanços de ignição, centrífugos no primeiro caso, e de vácuo ou depressão no segundo. Cada construtor dispõe estas curvas segundo as necessidades concretas do seu motor, de modo que as apresentadas nestas figuras são apenas exemplificativas.

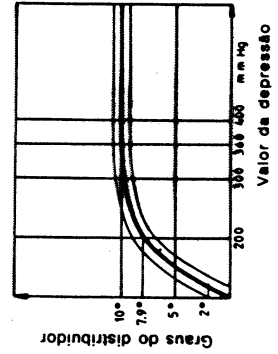
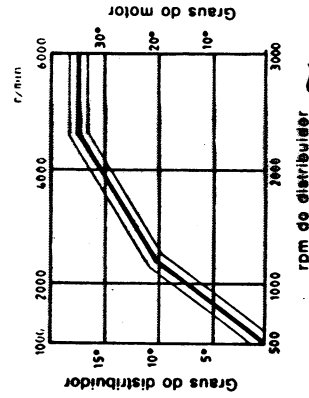
FOLHA 1.4



8.1



9.1



11.1

AVANÇO EM FUNÇÃO DE RPM

AVANÇO EM FUNÇÃO DA DEPRESSÃO

Folha 1.5. Diferentes sistemas de ignição

Vistas já as linhas fundamentais nas quais se desenvolve um sistema de ignição, passemos a ver as variedades de construção que estes equipamentos podem apresentar nos automóveis modernos. As diferentes famílias a que deram origem as investigações sobre o tema estão representadas nas diversas figuras da folha 1.5.

Inicialmente, podemos destacar o sistema (1) de ignição electromecânica com ruptor de contactos, no qual um distribuidor se encarrega ao mesmo tempo de interromper a passagem da corrente pelo primário da bobina, por meio de contactos mecânicos (platinados), e de estabelecer os ângulos de avanço requeridos de acordo com a velocidade de rotação do motor. Este sistema, a que também chamamos tradicional, efectua a sua função com excessiva inexactidão e com desajustes periódicos, necessitando de revisão com bastante frequência. E também o seu rendimento em momentos críticos de funcionamento é muito limitado, tal como pode ser, por exemplo, ao girar o motor a um regime elevado ou durante o arranque em tempo muito frio ou húmido.

A fim de melhorar a qualidade da faísca, introduziu-se a electrónica com as ignições electrónicas com ruptor de contactos (2). A característica fundamental de estes equipamentos é a de obter faíscas muito mais vigorosas em qualquer regime de rotação além de proteger o trabalho dos contactos para que estes trabalhem a menores intensidades eléctricas e prolonguem os seus períodos de revisão e afinação (regulação).

A inovação mais importante dá-se nas ignições electrónicas sem contactos (3), mediante as quais o corte da passagem da corrente pelo primário da bobina se efectua sem desgaste, por processos magnéticos, de modo que tanto o espaço de afinação (regulação) como a correcção do dispositivo só se efectuarão uma vez, permanecendo depois invariáveis.

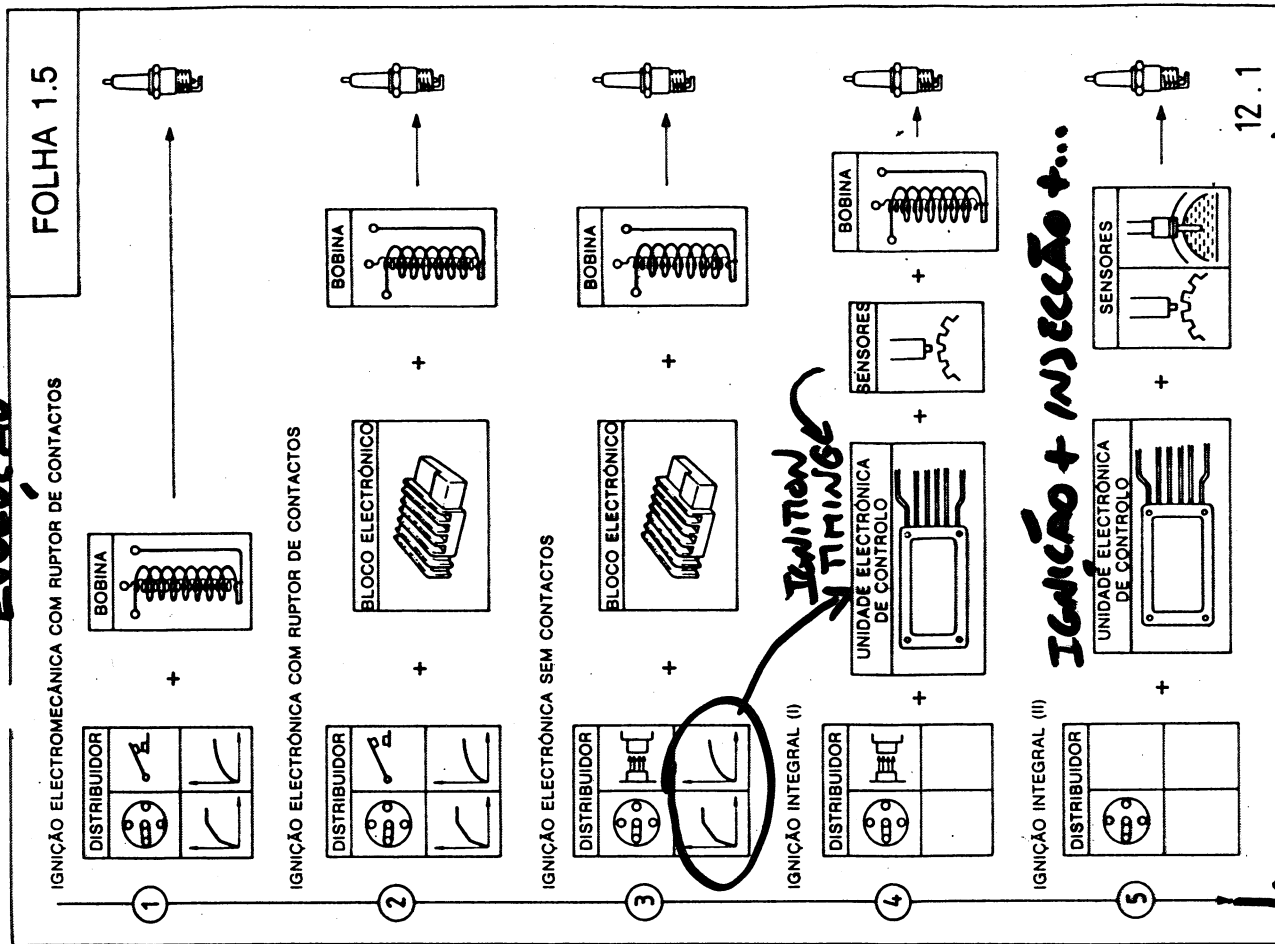
Nos sistemas vistos até aqui, os avanços de ignição continuam a cargo do distribuidor e quer os seus contrapesos centrífugos quer as membranas podem sofrer e sofrer alterações. Os sistemas de ignição integral (4) encarregam-se dos valores de avanço por meio de um microcomputador elementar que recebe o nome de unidade electrónica de controlo, a qual memoriza todos os estados possíveis de avanço de acordo com diferentes parâmetros. O distribuidor converte-se em apenas mais um sensor e no distribuidor, propriamente dito, da corrente de alta tensão em direcção às velas.

Por último, temos em 5 o desenvolvimento total da ignição integral. A unidade electrónica de controlo encarrega-se não só da ignição com todos os seus elementos, desde os avanços a própria bobina de ignição, como está preparada para ter a seu cargo outras funções do motor tais como os sistemas de injeção de gasolina, os quais com bina com o momento do salto da faísca para obter, deste modo, uma coordenação entre a mistura (sua dosagem) e o momento do salto da faísca.

Destes sistemas nos ocuparemos no decurso deste livro e a partir do ponto de vista prático.

EVOLUÇÃO

FOLHA 1.5



12.1

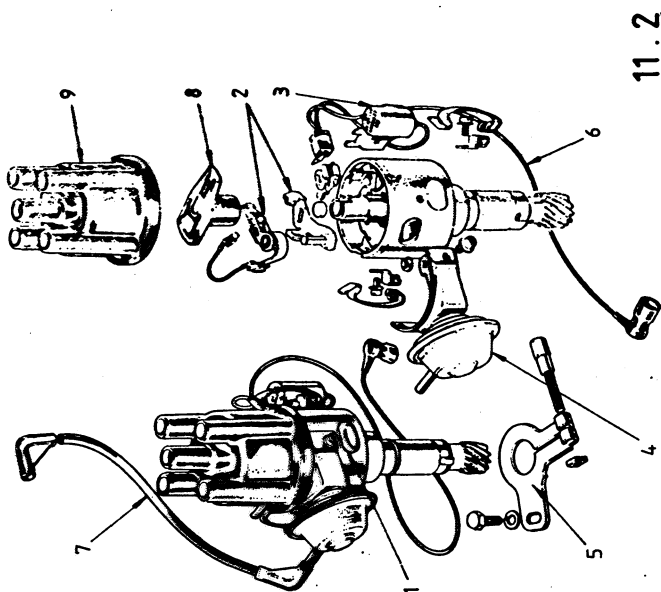
Folha 2.4. Função do distribuidor de ignição

O distribuidor de ignição é um aparelho que desempenha ao mesmo tempo três importantes funções: em primeiro lugar, dispõe do ruptor que é o mecanismo por meio do qual se pode interromper a passagem da corrente pelo enrolamento primário da bobina para que se produza a indução da corrente de alta tensão que vimos nas folhas anteriores. Em segundo lugar, conta com os dispositivos de avanço automático que comandam o momento de salto da faísca na vela, de acordo com a velocidade de rotação do motor. Por último, dispõe de um contacto móvel distribuidor da corrente de alta tensão a cada uma das velas de que consta o motor.

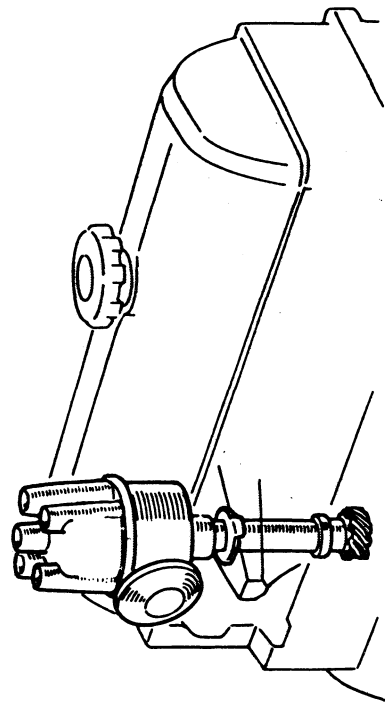
Na figura 11.2 temos um desenho que nos mostra o aspecto exterior de um distribuidor (1) montado (à esquerda) e parcialmente desmontado (à direita). O conjunto do ruptor, podemos vê-lo indicado em 2. Em 3, temos o condensador. Esta parte corresponde ao circuito de baixa tensão, ou seja, do enrolamento primário da bobina. Em 4 temos o conjunto de avanço de vácuo em depressão, enquanto em 5 temos a braçadeira de fixação do distribuidor com os respectivos parafusos. O cabo (6) é conectado à bobina de ignição, ao passo que o cabo (7) se conecta ao coletor de admissão para dali controlar a posição do avanço de vácuo. Na zona alta do desenho temos a parte do distribuidor propriamente dita, que consiste no contacto móvel (8) ou dedo ou pipeta que, devidamente introduzido no interior da tampa do distribuidor (9), distribui a corrente de alta tensão a cada uma das velas de que consta o motor.

O distribuidor deve ser accionado pelo motor térmico com tanta exactidão como a própria árvore de cames (árvore de excéntricos). Daí que, normalmente, seja esta peça tão importante do motor a mesma que costuma accionar o eixo do distribuidor. Na figura 12.2 temos um sistema muito típico de accionamento do dispositivo que nos ocupa.

FOLHA 2.4



11.2



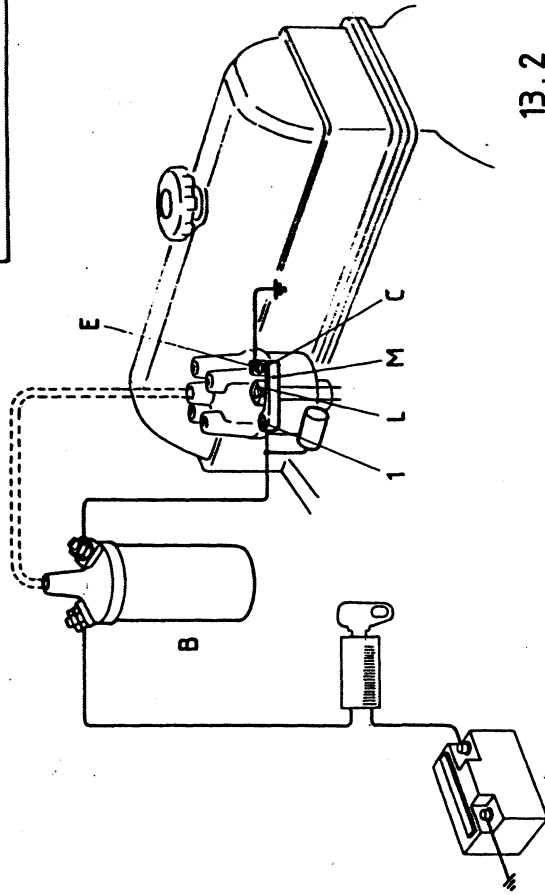
12.2

Folha 2.5. Função e constituição de ruptor

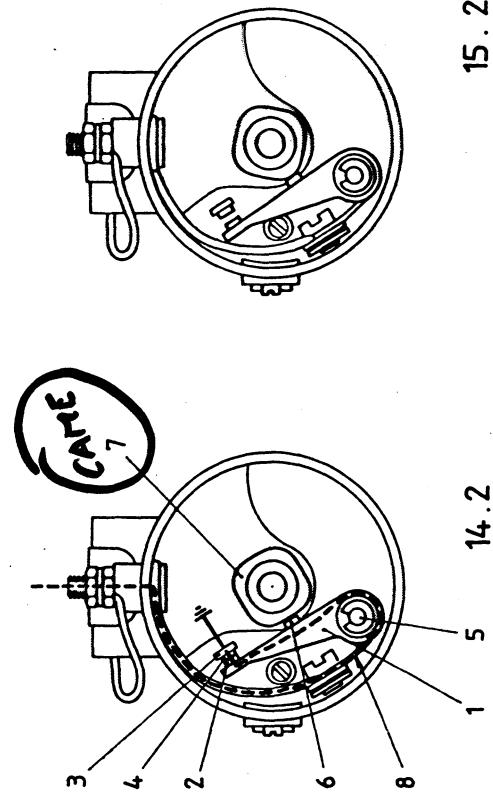
No circuito eléctrico que observámos na figura 2.2 já vimos que o ruptor (2) mais não era que um interruptor capaz de cortar a corrente que circula pelo enrolamento primário da bobina. Na figura 13.2 podemos ver a forma como se encontra o ruptor fazendo parte deste circuito de baixa tensão. A corrente procedente da bobina (B) chega até ao ruptor e passa em primeiro lugar pela peça denominada «martelo» (M), a qual está fixa por um dos seus extremos no ponto 1, pelo que pode ser deslocada pelos lóbulos do excêntrico (L), que, por sua vez, gira accionado pelo eixo do distribuidor. Quando o excêntrico não entra em contacto com o martelo (M), este encontra-se pressionado por uma lâmina em mola, de modo que o seu contacto (C) se apoia fortemente sobre o contacto da outra peça de que consta o conjunto, o esquadro (E), que permanece sempre fixo ao corpo do distribuidor ou deleco. Consequentemente, quando o lóbulos do excêntrico (L) gira e levanta o martelo, ambos os contactos (o do martelo e o do esquadro) se separam, impedindo a passagem da corrente eléctrica pelo enrolamento primário da bobina.

Visto que é de grande importância, vejamos em pormenor o funcionamento que acabámos de descrever. Na figura 14.2 vemos um distribuidor cuja tampa foi retirada e que nos mostra, visto de cima, o conjunto formado pelo ruptor. O martelo é assinalado com o número 1 e em 2 temos o contacto desta peça. Quanto ao esquadro, está assinalado com o número 3 e com o 4 o correspondente contacto. Em 5 vemos o eixo de rotação do martelo, enquanto que em 6 nos encontramos com um tacho de fibra sobre o qual pode agir cada um dos lóbulos da carne (excêntrico) (7), deslocando assim a posição do martelo em relação ao esquadro. Também temos a mola (8) como outro componente do ruptor. Na posição que vemos nesta figura, a carne (excêntrico) não age sobre o tacho de fibra, de modo que, pela acção da mola, os contactos do martelo e esquadro se acham unidos. Contudo, na figura 15.2 temos o momento em que a carne age sobre o tacho de fibra, levanta o martelo, vencendo a pressão da mola, e os contactos do martelo e esquadro separam-se. Este é o momento em que se suspende a passagem da corrente pelo enrolamento primário da bobina de ignição. Quando, continuando a sua rotação, a carne deixa de accionar o tacho de fibra, os contactos tornam a unir-se e restabelece-se a passagem da corrente. Este é o funcionamento do ruptor.

FOLHA 2.5



13.2



14.2

15.2

Folhas 2.6. e 2.7. Função e constituição do avanço automático

Pelos motivos já explicados, o distribuidor deve dispor de avanço de ignição para conseguir que a faísca se produza tanto mais antes do ponto morto superior do pistão quanto maior for a sua velocidade. Consegue-se esse objectivo graças ao emprego dos avanços automáticos, que podem ser de dois tipos: avanços centrífugos e avanços de vácuo. Conforme o projecto de motor, os distribuidores podem ir equipados com os dois tipos de avanços ou somente com o avanço centrífugo, segundo os casos. Vejamos cada um destes avanços separadamente.

Avanço centrífugo. O dispositivo de avanço centrífugo é composto de massas que ao girar à mesma velocidade que o eixo do distribuidor e em virtude da força centrífuga, que tende a afastar do centro de rotação um corpo que se mantenha em tais condições, produz a deslocação da carne (excêntrico) em relação ao eixo. Para compreender bem este funcionamento será melhor, em princípio, estudar a desmontagem das peças de um eixo de distribuidor, tal como se pode ver na figura 16.2. O referido eixo (1) está munido da placa de suporte do regulador centrífugo (2) que gira, por conseguinte, à mesma velocidade que o eixo. O eixo penetra pela extremidade do porta-cames (5), que é oco, de modo que formam dois conjuntos com movimentos independentes. A união do eixo do distribuidor com o porta-cames efectua-se por meio da placa (4) e das porcas (5 e 6), cujos pernos roscados se unem, por sua vez, por meio das molas (7) com os contrapesos (8). Estes contrapesos, unidos só por uma das suas extremidades aos pernos roscados 5 e 6, levam as molas (7) que são as que põem em contacto o eixo do distribuidor com o eixo porta-cames (excêntricos).

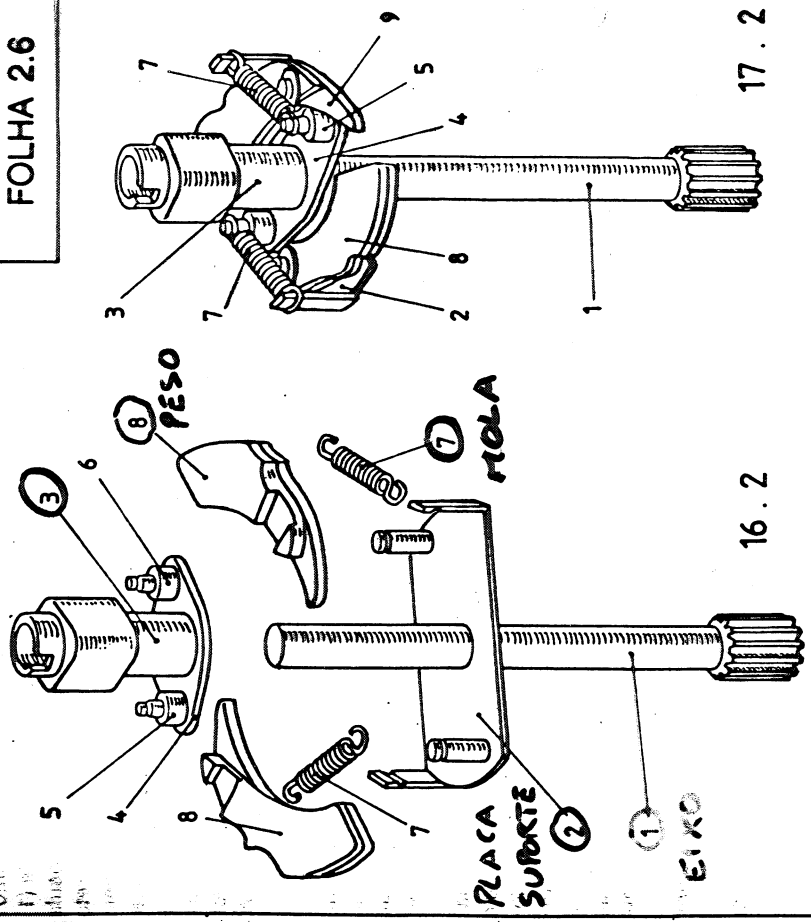
A montagem de todo este mecanismo pode ver-se na figura 17.2, na qual se reproduziram os mesmos números para cada peça. Observe-se que quando ocorre a rotação do eixo (1), quanto maior é a sua velocidade, tanto mais as massas centrífugas se movem para o exterior pelo que se estabelece uma relação de forças entre a pressão das molas (7) e as cabeças das massas centrífugas (9) que fazem pressão sobre o eixo porta-cames (excêntricos) no sentido de modificar a sua posição em relação ao eixo do distribuidor (1).

Este mecanismo foi estudado para que a proporcionalidade entre os movimentos dos dois eixos corresponda às necessidades de avanço no momento em que se produz a faísca de acordo com a velocidade do motor.

Para maior compreensão da forma da trabalhar deste avanço, vejamos a figura 18.2, que mostra as duas posições: a de repouso (à esquerda) e a de funcionamento (à direita). Observe-se que os dois desenhos mostram a mesma posição da placa do eixo (2), mas que no caso da direita o eixo porta-cames (3) se deslocou sensivelmente da sua posição em relação ao eixo do distribuidor. Isso foi devido à acção das massas centrífugas (8) sobre os pernos do eixo porta-cames.

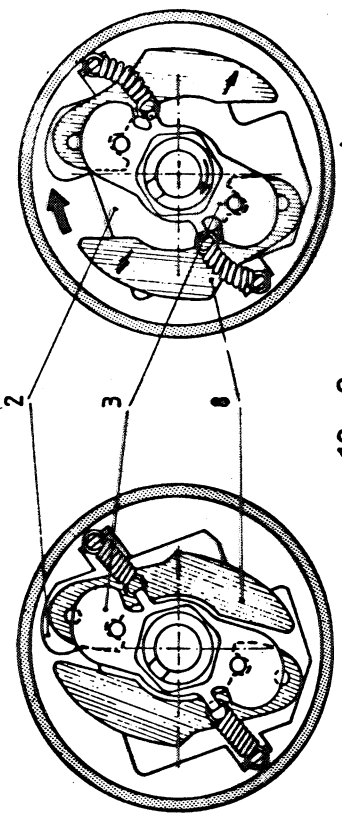
EIXO PORTA - CAMES

FOLHA 2.6



16.2

17.2



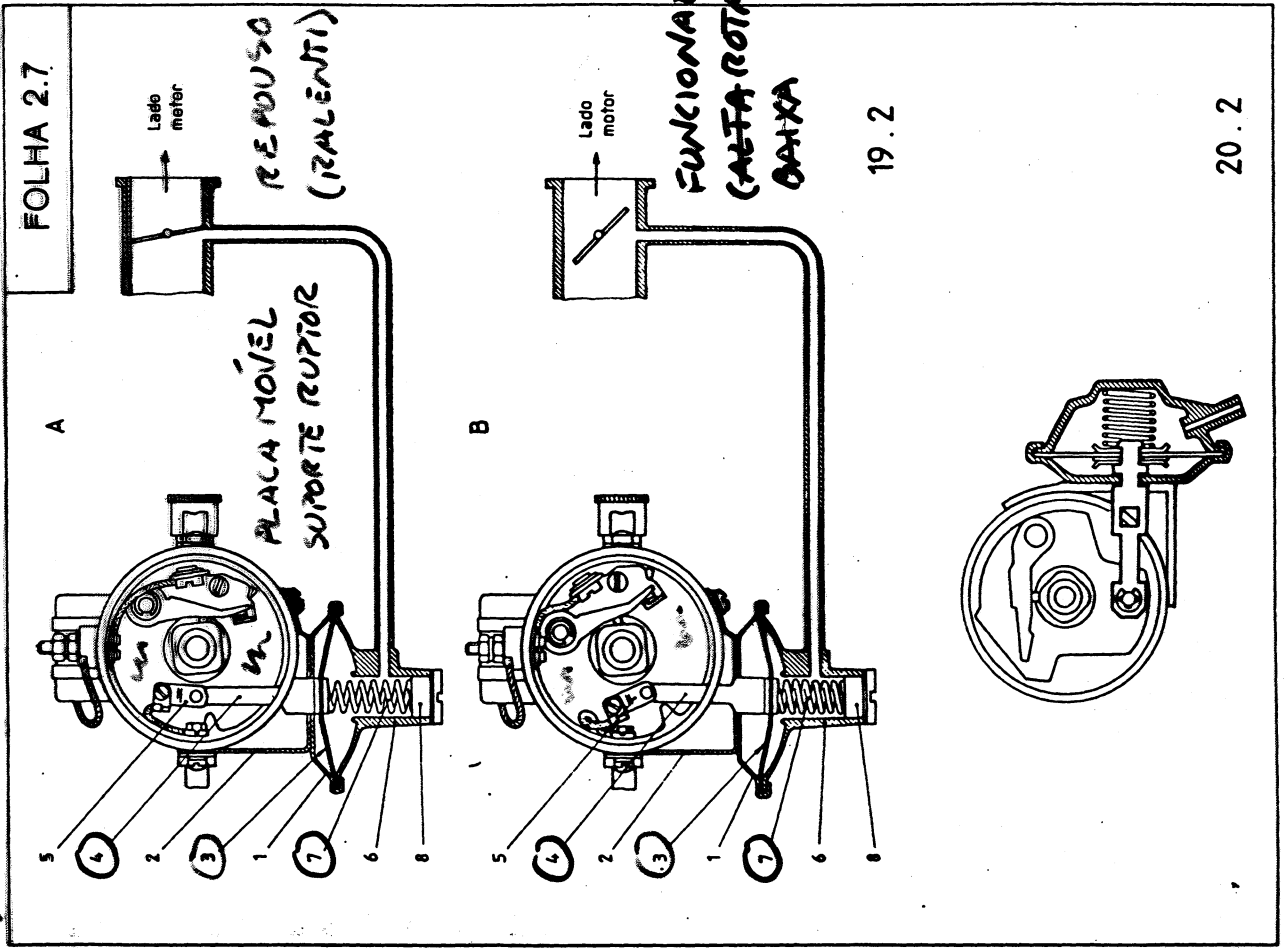
REPOUSO

FUNCIONAMENTO

(RA-LENTA)

(ALTA ROTACAO)

3-DIAFRAGMA 3-VARETA 7-MOLA



Avanço de vácuo. Obtém-se este avanço por meio de um dispositivo automático baseado na depressão que pode existir na coletor de admissão. Na figura 19.2 temos duas posições deste tipo de avanço numa instalação simples. Consiste numa cápsula (1) unida a um suporte (2) que se aplica ao corpo do distribuidor. No interior da cápsula encontra-se um diafragma (3) em parte fixo à vareta (4). A extremidade desta vareta prende a uma placa móvel que faz de suporte do ruitor, a qual pode mover-se por meio da articulação (5). Pela zona 1, a cápsula está em contacto com a pressão atmosférica. Pela parte oposta do diafragma (3) todo o dispositivo permanece totalmente estanque e somente conectado com a tubagem, à sua fixação ao carburador, o qual dispõe de uma tomada de vácuo para este caso. O diafragma (3) dispõe de uma mola oposta (7) colocada no interior de um tubo (6) que o força à posição de repouso, como se vê na figura A. Em 8 temos um tacho para regular a força desta mola.

O funcionamento é o seguinte: quando existe um valor importante de depressão no coletor de admissão o diafragma retira-se até à sua posição de máximo retraimento (Fig. B) e por meio da vareta (4) atrai a placa de suporte do ruitor, deslocando este da sua posição em relação à carne (excêntrico). Comparando a posição do ruitor nas figuras A e B vê-se a deslocação que pode sofrer.

Durante o regime *au ralenti* do motor, ou seja, com a borboleta fechada, o diafragma (3) não fica submetido a qualquer depressão de importância, mas esta começa a tornar-se sensível logo que se abre a borboleta, aumentando neste momento rapidamente e decrescendo depois lentamente à medida que a abertura da borboleta do carburador é maior. A pleno gás, a depressão diminui e fica totalmente anulada quando a borboleta se encontra totalmente aberta. As vantagens do regulador de avanço de vácuo são manifestas a baixas velocidades, dado que a borboleta se encontra ligeiramente aberta.

Na figura 20.2 temos o esquema de um destes avanços de vácuo, em escala maior para que melhor se possa compreender o seu funcionamento.

Os avanços de vácuo nunca podem substituir os centrífugos de que devem dispor todos os distribuidores, mas sim ser-lhes complementares.

Folha 2.8. Função e constituição do distribuidor.

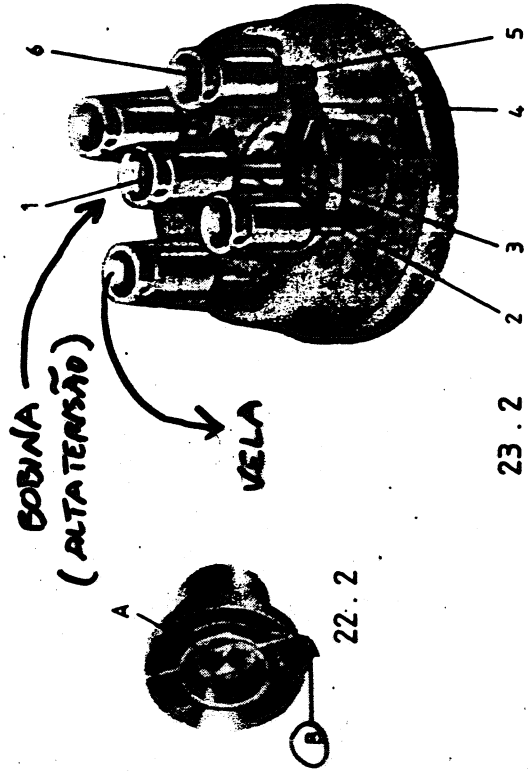
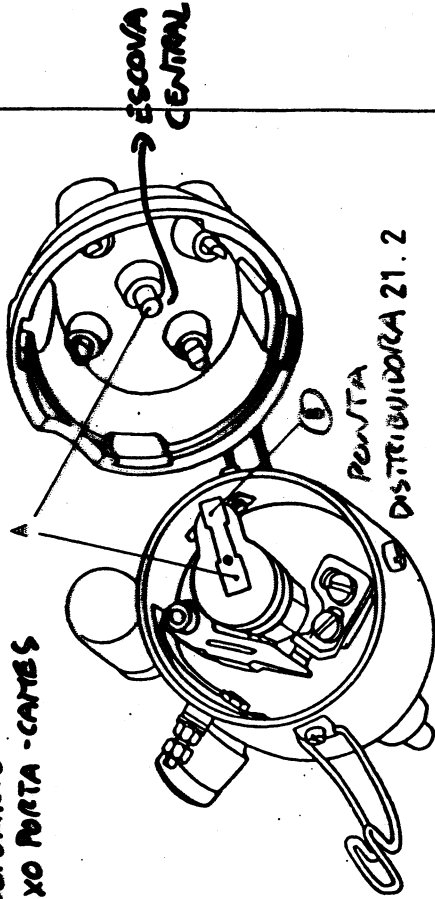
Nesta folha referimo-nos ao distribuidor propriamente dito, quer dizer: à parte de dele que corresponde à distribuição da corrente de alta tensão às velas, que é a zona que vamos encontrar sempre na parte superior deste dispositivo. Na figura 21.2 podemos ver as duas peças principais de que consta. Existe uma peça móvel fixada sobre o mesmo eixo de rotacão do porta-cames (excêntrico) e que, portanto, gira submeçada às mesmas deslocacões que o excêntrico procedentes dos avanços de ignição. Como pode ver-se na referida figura, a peça móvel através da qual recebe a corrente de alta tensão procedente da bobina pela escova central da tampa do distribuidor (assinallada com A na figura) e dali passa à parte central da peça móvel, donde a ponta (B) será levada sucessivamente a cada um dos contactos laterais da tampa, para passagem à massa através dos eléctrodo das velas.

Na figura 22.2 podemos ver um "dedo" de distribuidor separado do eixo porta-cames. É constituído por um material de grande poder isolante, está provido de uma tomada (A) para receber a corrente de alta tensão e uma ponta distribuidora (B) encarregada de enviar a corrente. A cada volta completa o "dedo" proporciona corrente a todos os cilindros de que consta o motor, pela ordem de ignição necessária.

Na figura 23.2 temos uma tampa típica de distribuidor na qual se efectua todo este simples trabalho de distribuição da corrente. Procedente do borne central da bobina de ignição, a tampa do distribuidor recebe esta corrente por 1 (que também é o seu borne central). Daqui, a corrente passa por 2 a um carvão de contacto (3), que se apia sobre a parte central do rotor do distribuidor. Em 4 vemos a extremidade desta escova distribuidora que cede a sua corrente ao borne (5) de alimentação de uma das velas. Na parte superior deste borne encontra-se um casquilho (6), ao qual virá adaptar-se o cabo da vela dum determinado cilindro de modo que a corrente passe até ela, quando a corrente ali chegar, procedente da bobina. Na figura 23.2 vemos uma tampa de distribuidor com quatro bornes (mais o central, que é de recepção, como já se disse). Isto quer dizer que se trata de um motor de quatro cilindros. A ordem sucessiva em que se encontram estes bornes deve corresponder à ordem de ignição do motor para que assim todas as velas recebam a faísca no momento em que o correspondente pistão se encontra em PMS no final do tempo de compressão.

EIXO DISTRIBUIDOR ALTA TENSÃO

SOLIDARIO COM EIXO PORTA-CAMES



FOLHA 2.8

Folha 2.9. Função e constituição dos cabos de alta tensão

Os cabos que transportam a corrente de alta tensão devem ser muito grossos, não pela quantidade de corrente que por eles será transportada mas pela necessidade de estarem dotados de um isolamento muito eficaz. A corrente pode atingir valores superiores a 30 000 volts com intensidades muito pequenas. Esta considerável tensão faz com que a corrente tenha tendência a procurar sempre o caminho mais fácil para voltar ao pólo negativo do gerador e qualquer microorifício que lhe apresente menor resistência que o salto forçado entre os eléctrodos da vela será aproveitado pela corrente para voltar à massa.

Na figura 24.2 podem ver-se os cabos de um automóvel de quatro cilindros. Em primeiro lugar, o cabo de alta tensão liga a bobina de ignição à parte superior do distribuidor, quer dizer, o cabo que transporta toda a corrente induzida. Seguidamente, todos os demais cabos que vão às velas de cada cilindro.

Os cabos de alta tensão podem ser de cobre ou de carvão, tal como nos mostra a figura 25.2. Os primeiros são pouco usados e distinguem-se por serem pouco flexíveis, comparados com os de carvão. Observe-se no desenho a grande espessura do isolamento que se dispõe em redor de cada núcleo. Os cabos de carvão costumam levar marcado, no plástico de cobertura exterior para o preservar da humidade, a resistência em ohms que deve ter cada determinado comprimento de cabo. É comum que seja de cerca de 15 000 ohms por cada 30 cm de cabo.

Outras peças muito importantes são os terminais, de capuz (1), que servem para a adaptação destes cabos às velas. Na figura 26.2 temos a vista exterior e interior dum destes capuzes de pressão, que é bastante corrente. Na figura 27.2 podemos ver um tipo de capuz de forquilha fabricado em plástico duro, enquanto o anterior costuma ser de borracha.

Os cabos de alta tensão devem ser manipulados com muito cuidado, não devendo extrair-se as velas puxando directamente, mas erguendo o capuz respectivo; procurar-se-á que, durante a marcha normal do veículo, não batam em qualquer zona do mesmo.

Por outro lado, cada cabo corresponde a determinada vela, de modo que não se deverá trocar aquando da montagem, pois isso faria que se recebesse a fálscã da vela durante o PMS do tempo de escape, pelo que seria completamente inoperante.

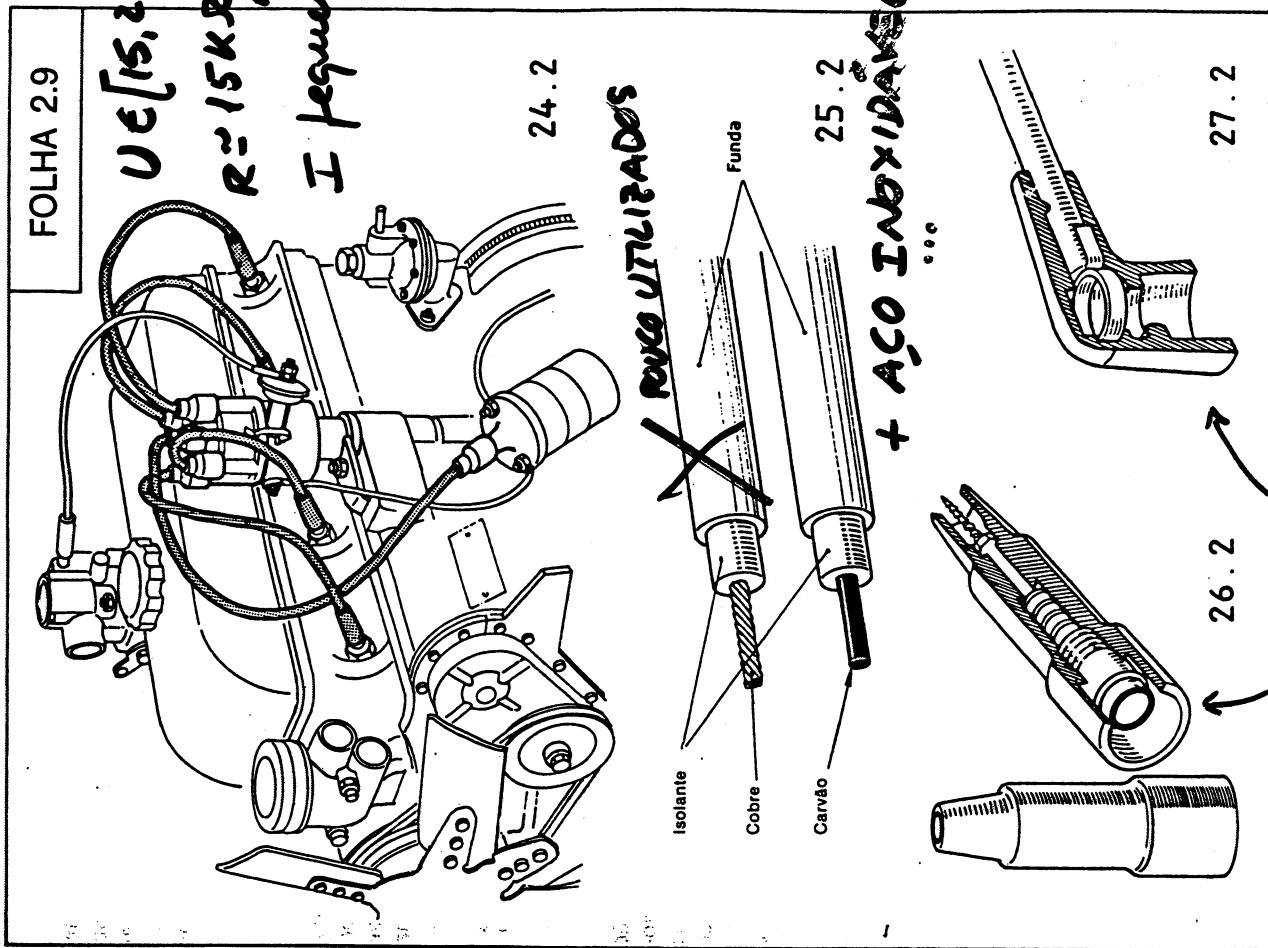
40kV o BOM ISOLAMENTO (V centímetros)
com ϵR que entre electrodos das
velas é especificadas para voltar à massa

3,4,2 o ATENÇÃO À ORDEM DE COLOCAÇÃO

o MALHA EXTERIOR (e P.T.E.)

(1) Vulgarmente denominados «cachimbos» terminais.

Car 22 A-174 15/15/50



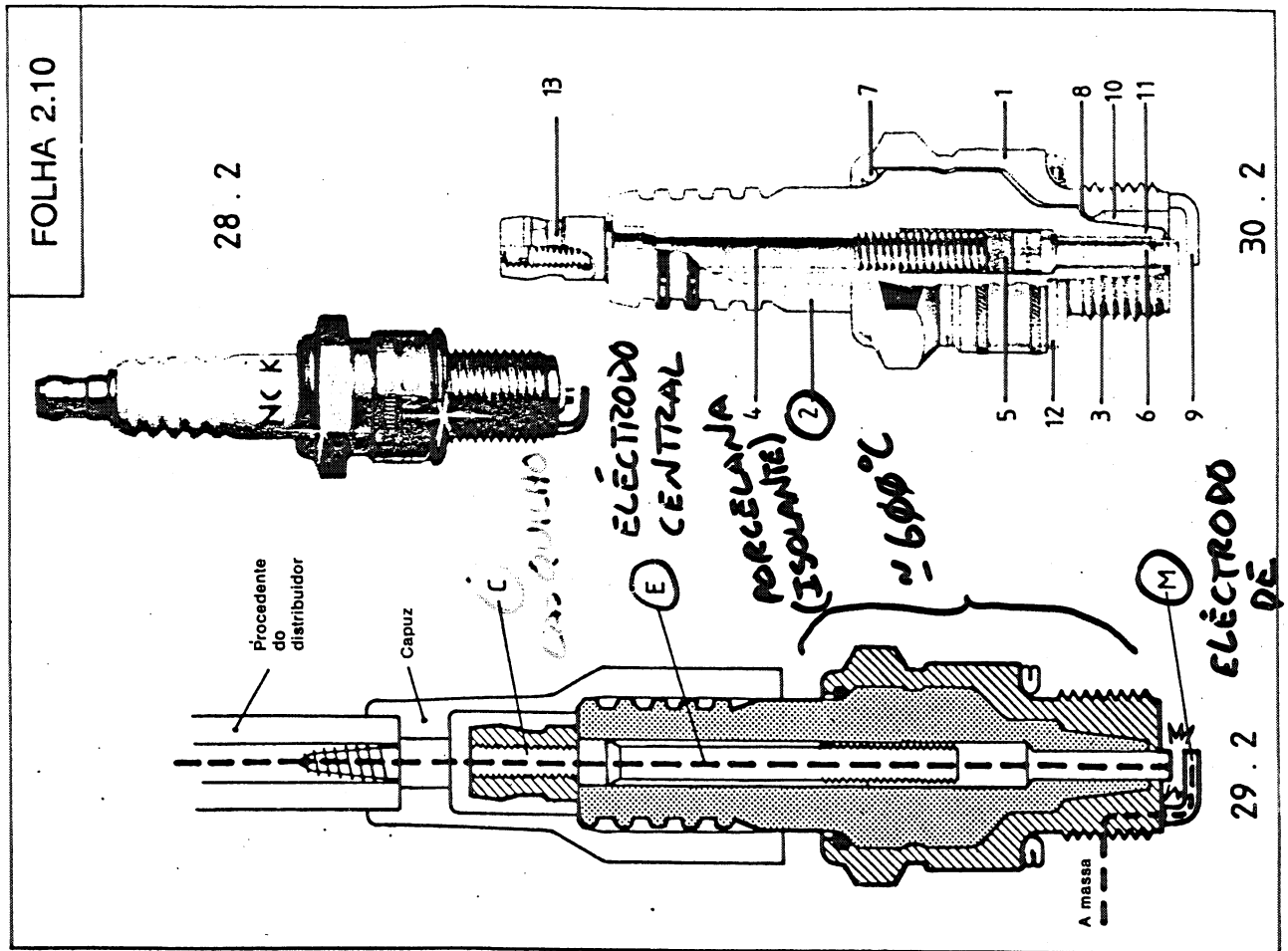
Folha 2.10. Função e constituição das velas

Como se pode deduzir de tudo o que até aqui dissemos, a vela tem uma missão aparentemente muito simples, que consiste em permitir o salto da corrente de alta tensão entre dois dos seus pontos ou eléctrodos. Quando isto se dá, a corrente torna-se visível sob a forma de raio e desenvolve a energia suficiente para iniciar a combustão da mistura que se encontra comprimida no interior estanco da câmara. Tudo isto resulta simples em teoria, mas na prática comporta bastantes dificuldades que fazem com que este dispositivo eléctrico tenha de ser fabricado com muito cuidado. Disso nos ocuparemos mais adiante. De momento temos uma vela na figura 28.2 mostrando-nos o seu conhecido aspecto exterior. O seu funcionamento pode ver-se na figura 29.2. A corrente de alta tensão procedente do distribuidor entra pelo casquilho superior (C) e circula por uma peça altamente condutora denominada **eléctrodo central (E)** até ao seu extremo inferior. Aqui a sua passagem encontra-se cortada para o eléctrodo de massa (M), que se encontra em comunicação, pela massa, com o pólo contrário do gerador. O eléctrodo da massa exerce uma atracção que se traduz no salto da corrente entre um e outro eléctrodo, produzindo-se assim a faísca que determinará a inflamação da mistura.

O eléctrodo central deve ser fabricado com materiais altamente condutores mas que, por sua vez, sejam muito resistentes ao calor, pois as temperaturas que uma vela pode acumular são muito altas devido especialmente ao seu contacto permanente com a câmara de combustão. A temperatura de funcionamento da parte baixa da vela deve ser de cerca de 600° C.

Na figura 30.2 temos uma vela em corte a fim de que vejamos a sua composição interna. Consta de um corpo metálico (1) que aprisiona um corpo de porcelana isolante (2). Este corpo metálico está dotado de rosca, para a sua sujeição à cabeça do cilindro. O eléctrodo central (4) pode ser composto de uma ou várias peças. Neste caso consta de um cilindro superior (4) roscado a uma massa colada muito condutora (5), da qual sai outra peça que compõe o extremo do eléctrodo central (6). A peça de porcelana encontra-se presa ao corpo metálico por meio de duas juntas (7 e 8), que a aprisionam fortemente. O eléctrodo da massa (9) forma parte do corpo metálico.

A margem do que fica dito, cabe destacar o espaço assinalado em 10, que é o que determina o grau térmico da vela (veja-se mais adiante a folha 5.2), a ponta ou pé do corpo isolante (11). Por fim, a vela dispõe de uma junta (12) para aderir ao topo da câmara de combustão e uma porca-casquilho (13) para permitir a sua inserção no capuz do cabo de alta tensão correspondente.



Folhas 3.2 e 3.3. Utilização de resistências de arranque e de choque

No sistema de ignição por distribuidor e bateria, que é ao que nos estamos exclusivamente referindo neste capítulo, costuma ser muito corrente encontrar-se uma resistência pela qual passa a corrente vinda do interruptor de ignição para alimentar o borne B ou + da bobina. Convém saber para que serve esta resistência.

Todo o electricista de automóveis sabe que quando o motor está frio e se produz o accionamento do motor de arranque, a tensão geral da rede baixa consideravelmente visto que o motor absorve muita corrente, restando insuficiente energia para a restante parte eléctrica. É frequente que numa instalação de 12 volts a queda de tensão, quando o arranque funciona, deixe a instalação com apenas 9 volts. Pois bem: com esta alimentação tão reduzida, é difícil a uma bobina de 12 volts produzir a faísca, com o que o motor não consegue entrar em marcha facilmente.

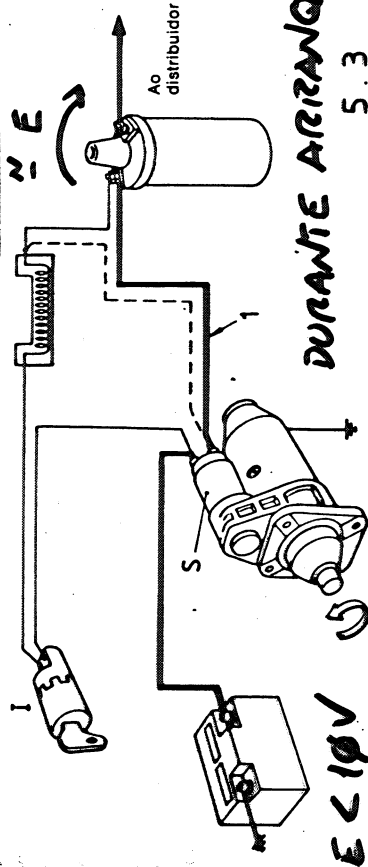
A solução dada a este problema consistiu em fabricar bobinas capazes de trabalhar normalmente a 9 volts, de modo que, quando se efectuava o arranque, não tinham dificuldade alguma em produzir uma faísca desde o primeiro momento. No entanto, quando se desligava o motor de arranque e se trabalhava com os 12 volts nominais, as bobinas ter-se-iam queimado por excesso de tensão, de modo que se protegiam com uma resistência de choque do modo como vamos ver nos desenhos.

Na figura 5.3 temos um esquema que nos mostra o caminho percorrido pela corrente quando se acciona o motor de arranque. Quando, através do interruptor de ignição (I) (chave de contacto), se dá corrente ao solenóide de arranque (S), este, ao mesmo tempo que faz de interruptor do referido motor, envia corrente à bobina pelo cabo 1, corrente esta que tem a queda de tensão própria do circuito e portanto de uns 9 volts. Quando o motor põe em funcionamento o motor térmico (fig. 6.3), restabelecem-se os 12 volts no circuito, mas a bobina já não pode receber corrente pelo cabo 1 visto que o solenóide está inactivo, e fá-lo através da resistência de choque (R). O valor desta resistência foi calculado para que reduza o valor da tensão da rede aos 9 volts a que funciona a bobina, de modo que esta continua trabalhando com a mesma qualidade de faísca e protegida pela mencionada resistência.

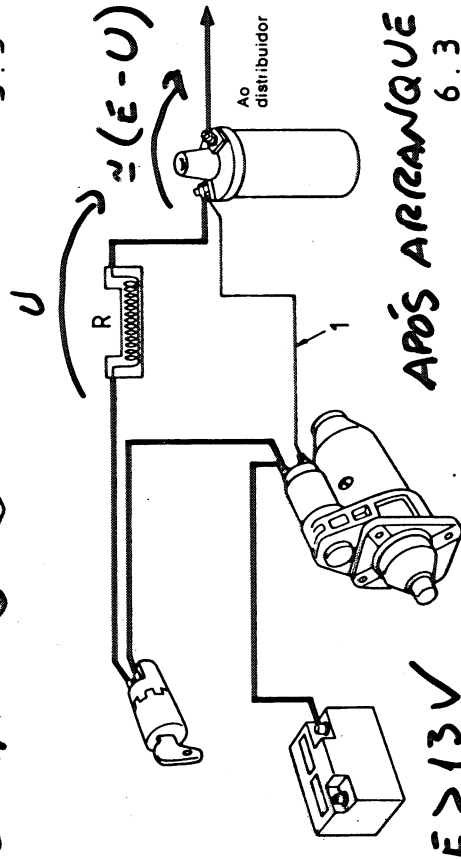
Nas bobinas dotadas de resistência de choque pode aumentar-se o número de voltas do primário e do secundário para produzir por sua vez uma maior tensão da corrente induzida. Além disso, aquecem menos, pelo que o seu funcionamento é mais seguro a qualquer regime de rotação do motor mesmo após um funcionamento muito prolongado.

Na figura 7.3 temos uma resistência característica deste tipo, tal como é na realidade. Consta de um núcleo (1) sobre o qual está enrolado um condutor que constitui a resistência. Na figura 8.3 encontra-se devidamente inserida dentro da sua caixa cerâmica de protecção com os seus dois bornes aparecendo pela parte superior da caixa. Este tipo de resistência encontra-se montado na cabina do modo que já vimos na figura 3.3 (folha 3.1). A corrente procedente da bateria e que chega através do interruptor de ignição (chave de contacto) vem ligar-se ao borne B1 da figura 8.3; atravessa a resistência e passa pelo borne contrário (B2), indo ligar-se ao borne B da mesma bobina de ignição. No borne B desta bobina, além disso, terá de unir-se o cabo procedente do solenóide de arranque, tal como já se viu nos esquemas anteriores.

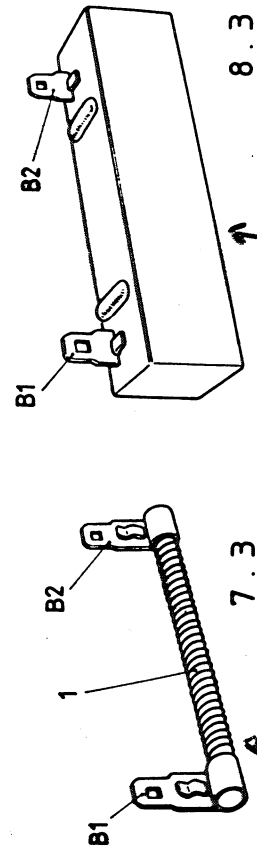
FOLHA 3.2



DURANTE ARRANQUE
5.3



APÓS ARRANQUE
6.3



RESISTÊNCIA
ARRANQUE

CAIXA

8.3

7.3

Refira-se que o núcleo dos transformadores é normalmente laminado, isto é, o núcleo é constituído por chapas de material ferromagnético que são isoladas entre si por um isolante (verniz, por exemplo):

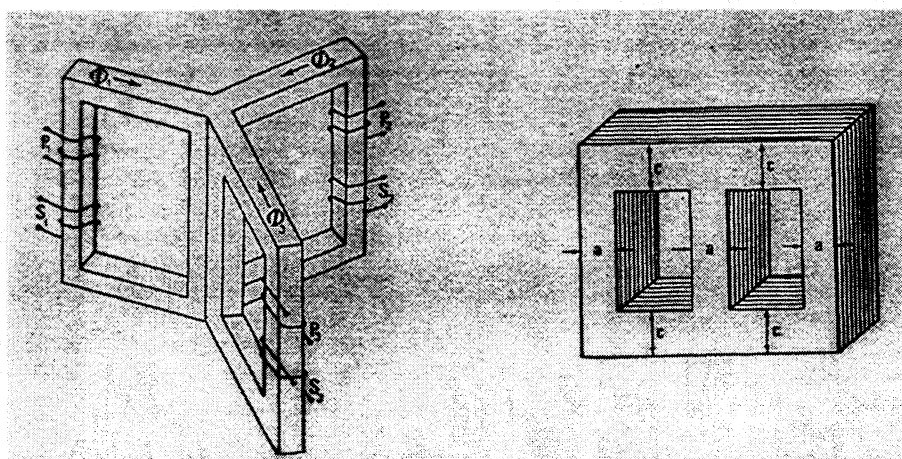


Figura 4: Núcleo laminado de um transformador (I)

Este processo construtivo reduz a formação de correntes induzidas no núcleo ferromagnético (*Correntes de Foucault*) reduzindo consequentemente as perdas caloríficas no núcleo do transformador.

Aplicação em Veículos - “Bobina” de Ignição no Automóvel

O funcionamento de um motor de explosão depende da geração de alta tensão aos terminais das velas, de modo a que se crie um arco eléctrico que incendeie a mistura ar-gasolina. Tanto os sistemas de ignição modernos (electrónicos), como os mais antigos (platinados), recorrem sempre a um transformador para a geração dessa alta tensão. A esse transformador é normalmente atribuído o nome de “bobina” de ignição.

Podemos ver na figura seguinte (I) um sistema de ignição simplificado, para um motor de 8 cilindros (em V):

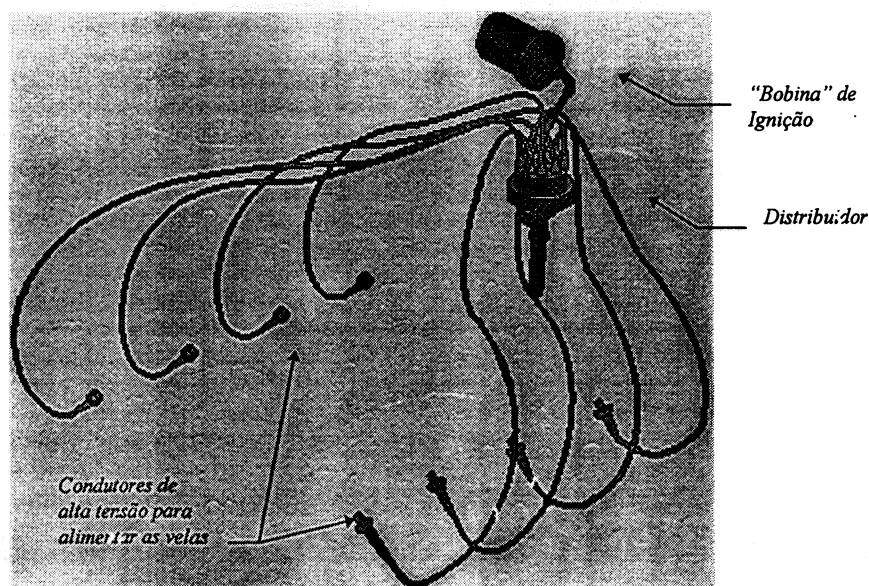


Figura 5: Sistema de ignição num automóvel - 1

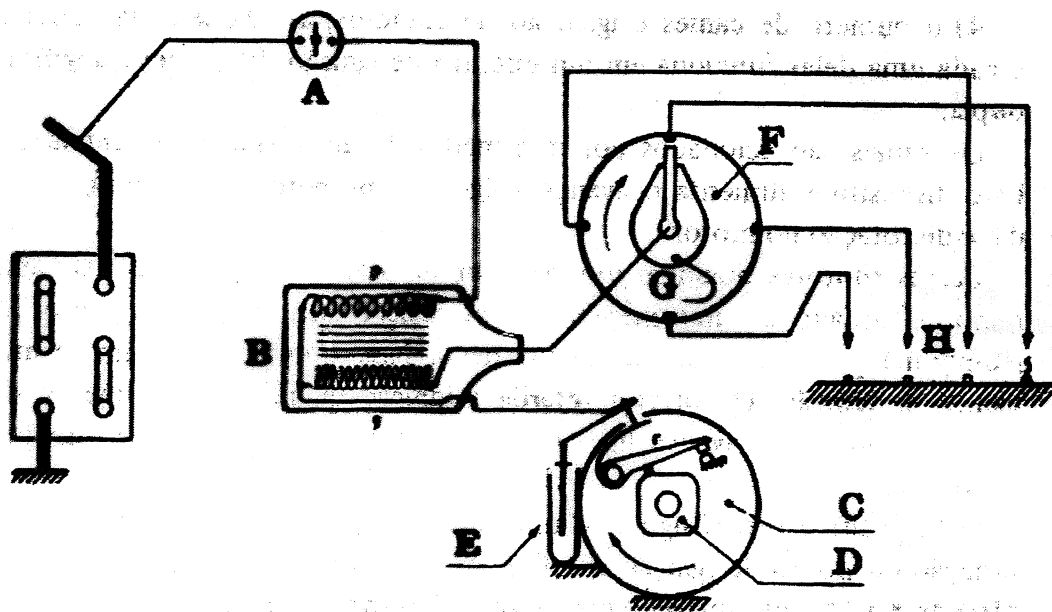
O princípio de funcionamento do sistemas de ignição é o seguinte:

- Suponhamos um transformador elevador de tensão (centenas de espiras no primário e dezenas de milhar de espiras no secundário (I)). Este transformador é, obviamente, a “bobina” de ignição.

- A variação rápida da tensão/corrente no primário de um transformador vai provocar, por indução mútua, uma grande variação de tensão no secundário (já referido no capítulo sobre Electromagnetismo).
- A partir de uma baixa f.e.m. da bateria (12 V, por exemplo), se interrompermos o circuito do primário e o voltarmos a ligar, repetidamente, obtemos no secundário uma tensão suficientemente alta para produzir a faísca nas velas.
- A alta tensão gerada pela "bobina" de ignição deverá ser distribuída a cada uma das velas em sincronismo com o ciclo do motor. Isso é feito pelo distribuidor.

A ligação/interrupção do circuito do primário pode ser feita por uma came que liga/desliga contactos (platinados), dentro do distribuidor, ou electronicamente, por intermédio do corte/condução de transístores.

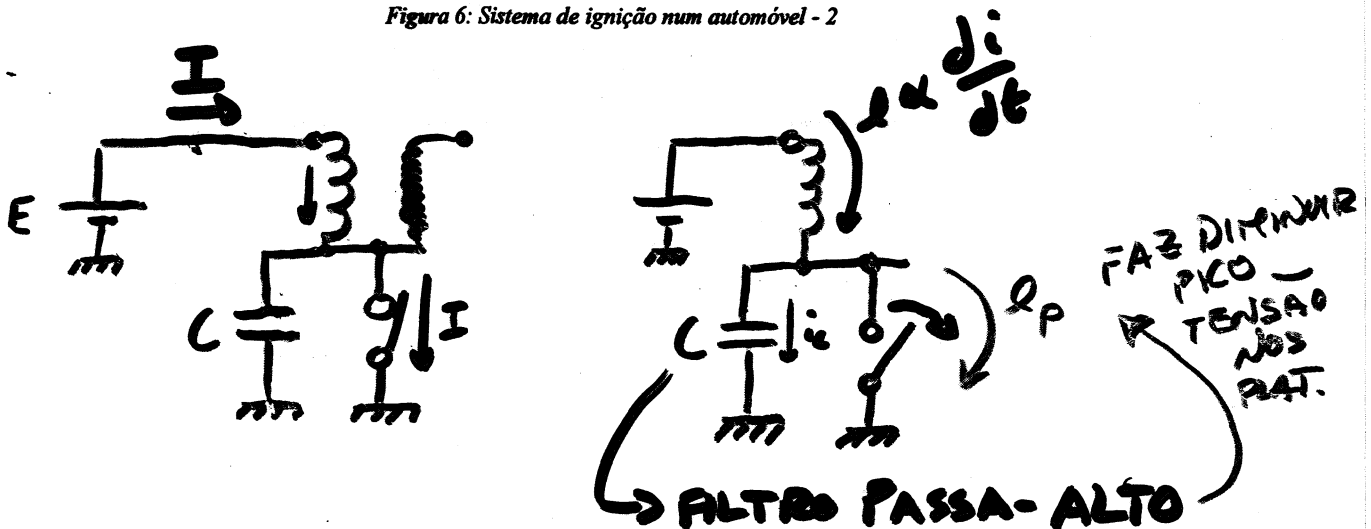
Na figura seguinte (II) apresenta-se o esquema de um sistema de ignição, podendo nomeadamente ver-se o rotor que executa a distribuição da alta tensão às velas (G e F), bem como o conjunto came (D) e platinados.



A : contacto de ignição
 B : bobina
 C : rupeor
 D : came
 E : condensador
 F : distribuidor

G : rotor de distribuição
 H : velas
 P : enrolamento primário
 r : lingüeta
 s : enrolamento secundário

Figura 6: Sistema de ignição num automóvel - 2



Na figura seguinte representa-se o sistema de ignição e o sistema de arranque ([]):

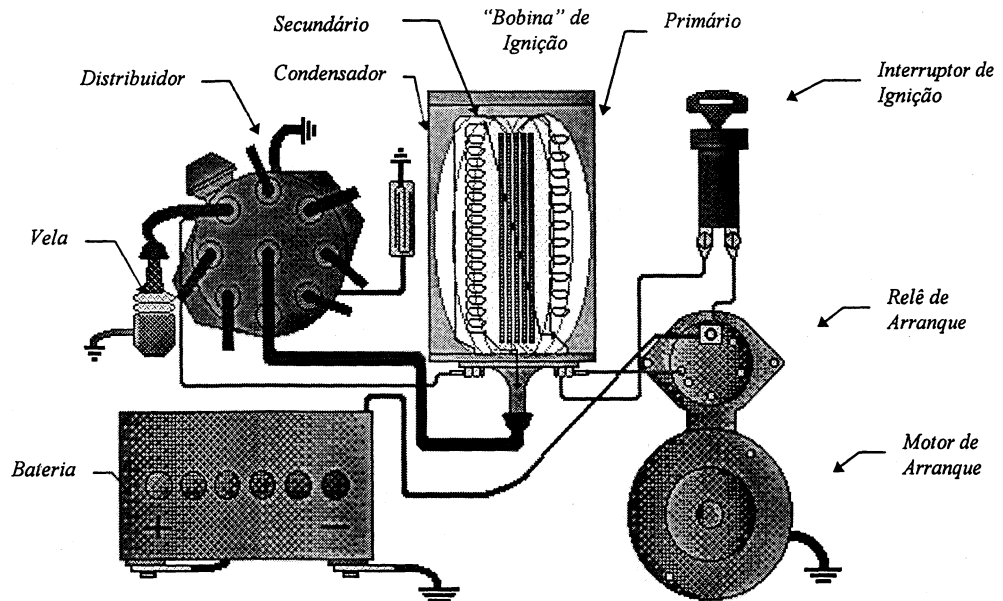


Figura 7: Sistema de ignição e sistema de arranque num automóvel

O **condensador**, que está em paralelo com o platino de corte, evita o aparecimento de um **arco eléctrico** aos terminais deste. O aparecimento deste arco eléctrico tem dois inconvenientes:

- A deterioração dos platinados (devido ao próprio arco eléctrico).
- A corrente primária não se anula (varia) tão depressa, pois o arco eléctrico representa uma passagem de corrente. Isto implica que a tensão secundária (a que vai provocar a ignição) vai ser menor, o que pode provocar a não ignição das velas.

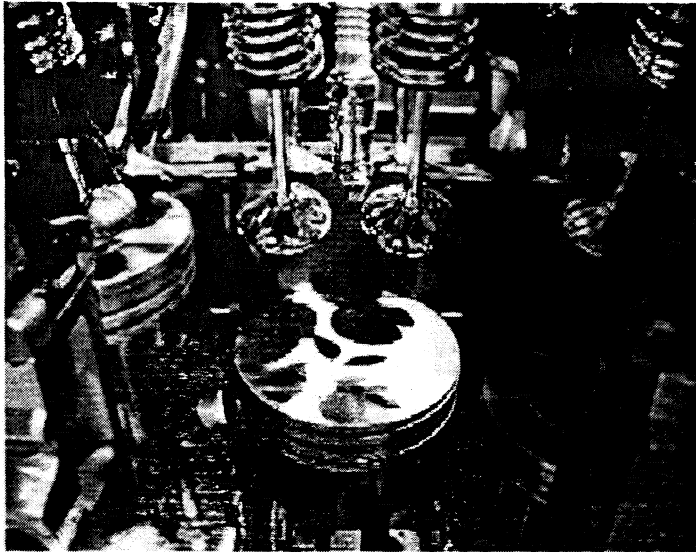
Tal como foi já referido no estudo do electromagnetismo (auto-indução), uma variação rápida na corrente que atravessa uma bobina provoca uma elevada força contra-electromotriz aos terminais dessa bobina:

$$e = -L \frac{\dot{a}}{a}$$

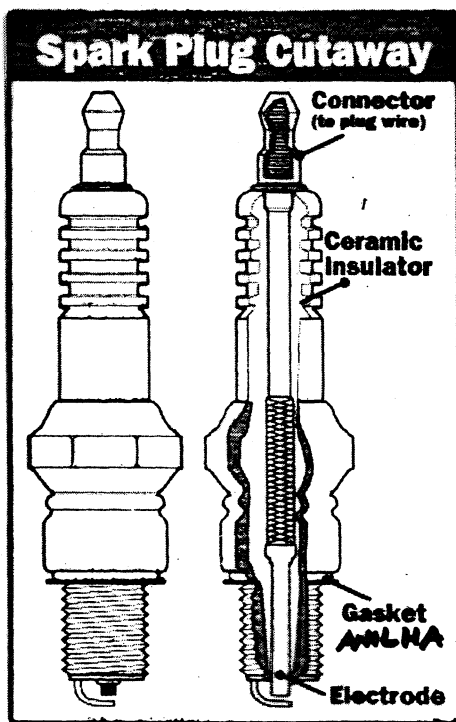
Ora o condensador, estando em série com a bobina primária no momento em que os platinados interrompem o circuito, vai conduzir a corrente devida à força contra-electromotriz que surge, evitando que apareça uma tensão elevada aos terminais dos platinados.

- Interferências no sistema de áudio.

VELAS DE IGNIÇÃO



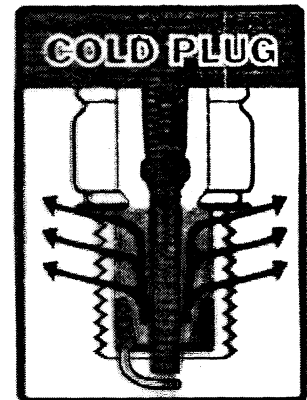
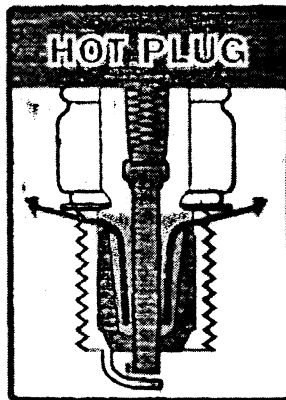
POSICIONAMENTO
(2 VÁLVULAS/CILINDRO)



ÁREA DE CONTACTO ENTRE PARTES
CERÂMICA E METÁLICA

VELAS
"QUENTES"

VELAS
"FRIAS"



SE A VELA AQUECER
DEMASIADO, A MISTURA
PODERIA INFLAMAR
ANTES DA FAISCA

< DISSIPACÃO DE
CALOR



FUNCIONA A
> TEMPERATURA



ELIMINA DEPÓSITOS
(RESÍDUOS QUE
SAFEM DO ELÉTRICO)

> DISSIPACÃO DE
CALOR



MOTORES DE
GRANDES

PERFORMANCES
(GRANDE COMPRESSÃO)

Folhas 4.9 e 4.10. Regulação da separação dos contactos por percentagem Dwell

Por motivos técnicos que não cabe aqui citar, a afinação da separação dos contactos do conjunto dos platinados mediante um apalpa-folgas constitui uma maneira muito pouco exacta de levar a cabo este trabalho. Já falamos dos defeitos nas superfícies dos contactos, mas também há que contar, além disso, com a dificuldade que há em efectuar uma medição perfeitamente exacta quando uma das partes se move, como sucede com o martelo.

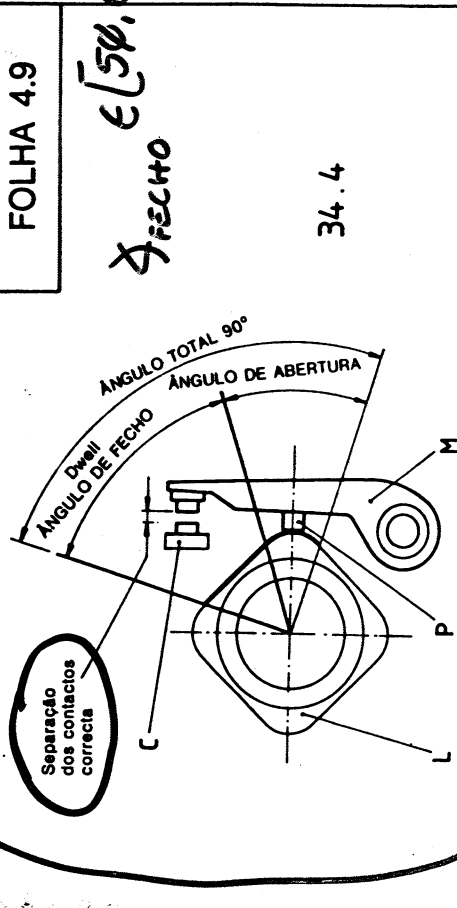
Para se conseguir uma boa afinação da separação dos contactos, que seja mais efectiva quanto ao tempo de saturação da bobina, utilizam-se outros processos, e há até distribuidores modernos aos quais só por aparelhos se pode fazer esta verificação. A teoria em que se baseiam denomina-se **ângulo ou percentagem Dwell**.

Na figura 24.4 vemos em que consiste o **ângulo Dwell**. Em L temos a representação de um excêntrico para motor de quatro cilindros; em P, o patim do martelo (M) e em C o contacto do quadro. O **ângulo Dwell** é aquele que vem indicado pelo tempo em que os contactos do jogo de platinados permanecem fechados. É evidente que existe uma relação entre este ângulo e a separação dos contactos, tal como pode ver-se nas figuras 35.4 e 36.4, nas quais temos, no primeiro caso, um **ângulo Dwell** demasiado pequeno, o que resulta de uma abertura excessiva dos contactos, enquanto na figura 36.4 acontece exactamente o contrário. Para que a altas velocidades não haja falhas de ignição, o fabricante faz coincidir a forma do excêntrico com a dos contactos, estuda a fundo o motor no banco de ensaios e determina o **ângulo Dwell** absolutamente conveniente para o seu motor, sem se preocupar com uma eventual divergência da separação dos contactos, tal como sucede nos distribuidores mais antigos. Deste modo se fabricam distribuidores modernos nos quais a regulação se efectua do exterior, com o motor em marcha, da forma como vamos explicar a seguir. Decerto que o valor da percentagem Dwell/tem de ser dado pelo fabricante do motor e costuma oscilar entre os 50 e os 60 graus. Escolhamos igualmente que no caso da percentagem Dwell/se pode dar também em percentagem de fecho com respeito aos graus de cada período de produção de faísca. Assim, podem encontrar-se nos manuais valores como: «Percentagem Dwell 65%», o que quer dizer, num motor de quatro cilindros nos quais cada período de produção de faísca dura 90 graus, um **ângulo de fecho de $90 \times \frac{65}{100} = 58,5$ graus**. Por isso muitos manuais falam já directamente de **ângulo de fecho** ou simplesmente de **ângulo de excêntrico**, valores que são complementares.

Verificação dos contactos em distribuidores de regulação exterior. Contando com a existência dos aparelhos de regulação por percentagem Dwell, ou de ângulo de excêntrico, construíram-se distribuidores nos quais os trabalhos de conservação e ajuste dos contactos do conjunto dos platinados se efectuam do exterior. Tal é o caso apresentado na figura 37.4 da folha 4.10.

Para começar, o estado de limpeza e de desgaste dos contactos mede-se por processos eléctricos, pela resistência que oferecem a passagem da corrente. Para isso mantêm-se os contactos completamente fechados e mede-se até que ponto deixam passar energia aplicando-lhes uma corrente muito fraca, actuando no potenciômetro do aparelho de verificação e passando, lentamente, do 0 volts até 0,3 (figura 38.4). Se a 0,2 volts a corrente não passa é sinal de que a sua resistência é excessiva, e isso pode ser devido a deficiência dos contactos, a má massa, a defeitos nos cabos, etc.

4 CILINDROS => Δ FECHO + Δ ABERTURA = 90°

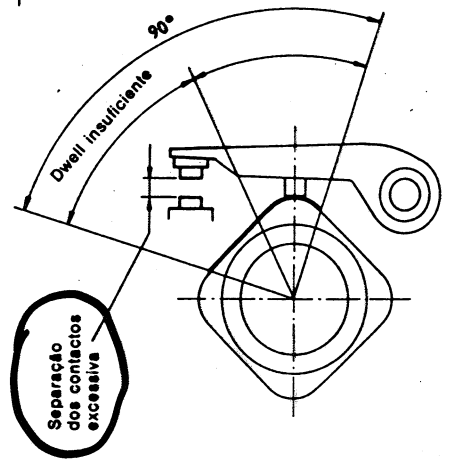
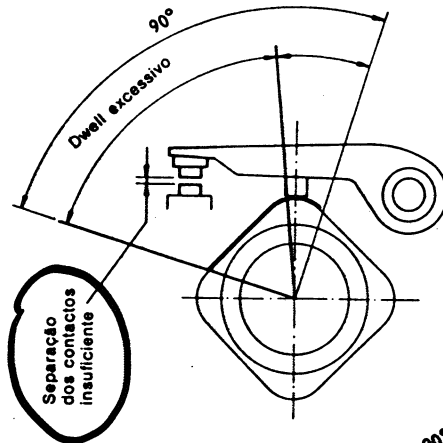


65% DWELL

⇔

$65\% \times 90^\circ = 58,5^\circ$

4 CIL.



CONCEITO AINDA SE MANTÉM NAS IGNIÇÕES MODERNAS

Folhas 4.12 e 4.13. Avanço por vácuo de diafragma duplo

Em alguns motores cujos construtores se preocupam com o problema da poluição atmosférica, pode encontrar-se um tipo de avanço por vácuo que, embora de aspecto semelhante ao que vimos estudando, tem, contudo, uma forma de trabalhar diferente visto que não só pode trabalhar no sentido de avançar a ignição, como até agora temos visto, mas também, além disso, pode trabalhar no sentido de atrasar a ignição, quer dizer, actuar como se o ponto inicial de afinação do distribuidor fosse modificado no sentido de um atraso do ponto inicial de avanço. Trata-se, pois, de um autêntico atraso de ignição.

Este tipo de distribuidores é aparentemente igual aos que conhecemos, mas distingue-se pela sua cápsula de vácuo, de maior dimensão, assim como pelo facto de que nesta cápsula de duas tomadas de depressão, uma é dirigida à parte alta do carburador (por cima da borboleta) e outra à parte baixa (depois da borboleta) dado que o jogo destas depressões estabelece o seu funcionamento.

Na figura 44.4 temos o esquema geral deste dispositivo de diafragma duplo: em 1 observamos o diafragma convencional, enquanto em 2 temos o que poderíamos chamar diafragma secundário. Por outro lado, temos em 3 a tomada de vácuo tradicional que se efectua antes da borboleta do carburador e em 4 a tomada de depressão que se efectua depois da borboleta.

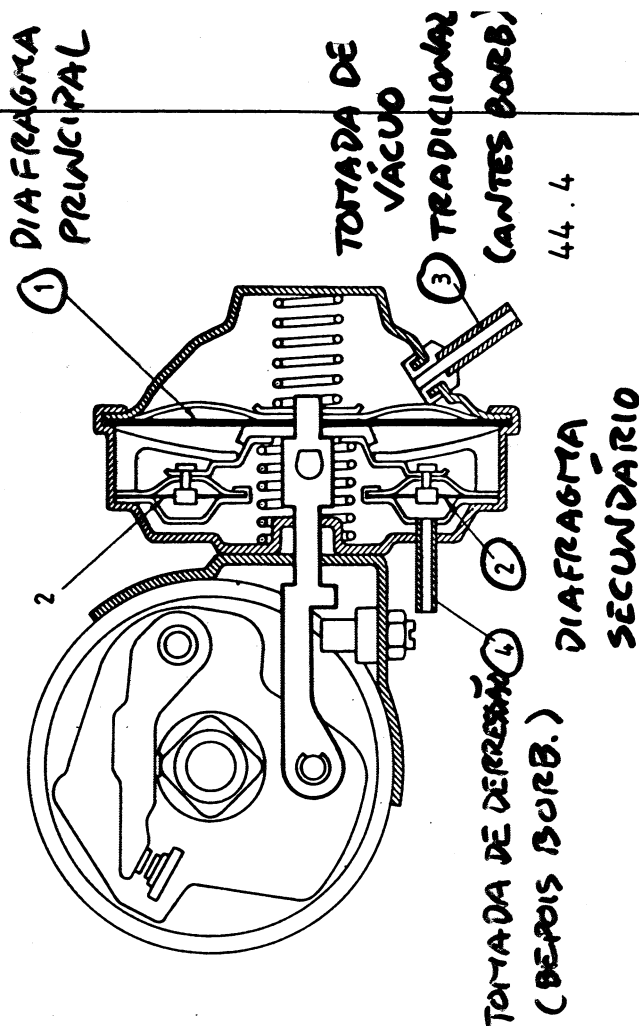
O funcionamento deste dispositivo de atraso de ignição vamos vê-lo acto contínuo. Mas antes disso digamos que a sua principal função é de melhorar a queima da mistura, tanto em regime de ralenti como em caso de sobrecargas. O atraso da faísca nestas condições contribui, e não pouco, para a obtenção de uma combustão mais completa com a notável redução das emissões de gases. Dito isto, vejamos como funciona.

O diafragma secundário não se encontra directamente ligado ao diafragma primário nem tão-pouco à sua vareta de accionamento, mas trabalha somente a modo de tipo. Isto já pode apreciar-se na citada figura 44.4, mas agora vemos o funcionamento em diferentes fases do regime do motor e a posição da borboleta do carburador.

Com a borboleta fechada. Este é o caso que nos mostra a figura 45.4 e que representa uma situação típica da marcha ao ralenti. Estando a borboleta (M) fechada, não há praticamente depressão na zona tradicional de vácuo (3), de modo que a membrana primária (1) fica à mercê da sua mola (5). Ora bem: nestas condições, a depressão reinante no colecter de admissão é muito importante, de modo que pela conduta (4) existe uma forte depressão que se torna sensível na câmara do diafragma secundário (6). Com isso a peça de topo (7) passa à sua posição mais baixa possível, tal como a seta indica, com o que a vareta de comando do dispositivo desloca a placa porta-jogo de platinados, e isso equivale a um atraso de ignição. Este atraso favorece a combustão completa da mistura, sempre excessivamente rica, da marcha lenta do motor.

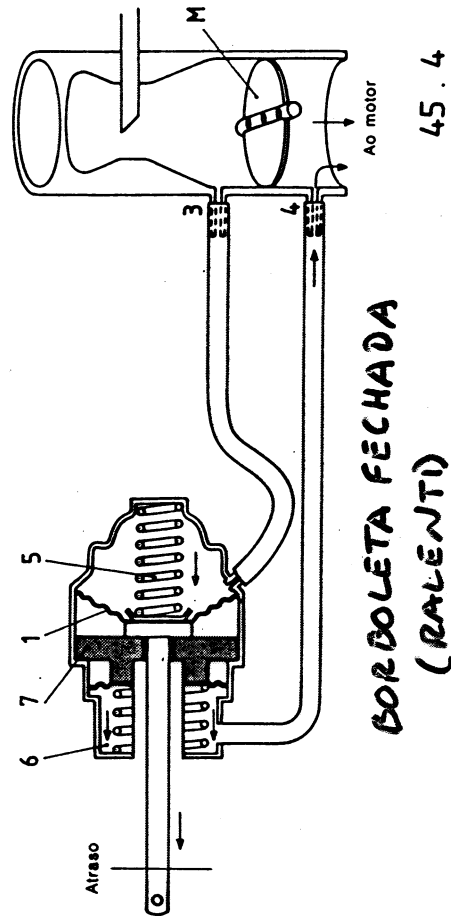
AVANÇO POR VÁCUO DE DIAFRAGMA DUPLA
AVANÇO +, ATRASO -

FOLHA 4.12



44.4

DIAFRAGMA SECUNDÁRIO



45.4

BORBOLETA FECHADA (RALENTI)

=> ATRASO DE IGNIÇÃO

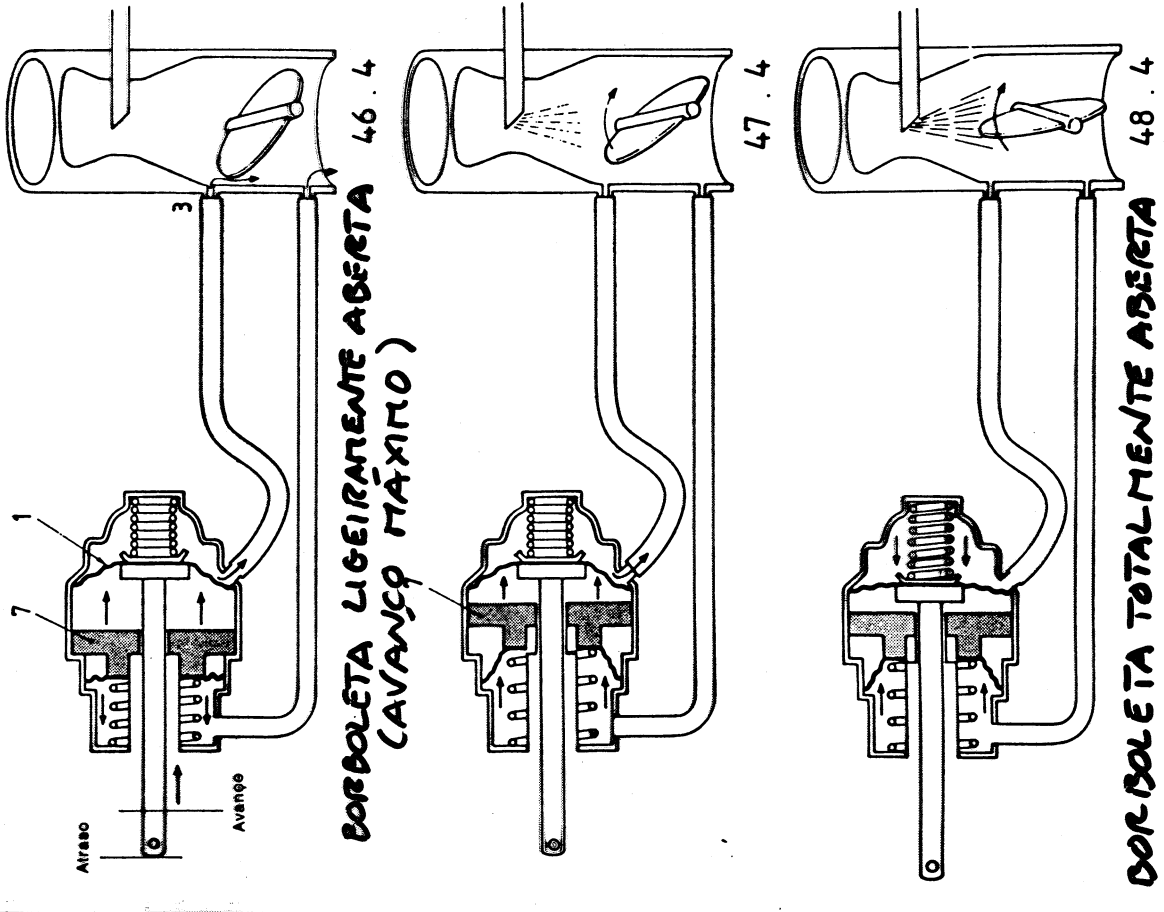
Com a borboleta ligeiramente aberta. Quando a borboleta se abre, de 0 a um quarto da sua abertura possível, a situação muda completamente, tal como se pode ver na figura 46.4 da folha 4.13. Neste ponto pode ver-se como a depressão reinante no corpo do carburador, por cima da borboleta, aumenta extraordinariamente, de modo que o diafragma primário (1) comprime a fundo a sua mola e arrasta a vareta de accionamento produzindo o avanço máximo que é típico da curva do dispositivo. Por seu lado, o diafragma secundário também participa desta depressão, o que o faz manter o topo (7) na sua posição máxima (ou aproximada), mas este funcionamento não se repercute nada no diafragma primário, de modo que o mecanismo secundário é como se não existisse.

A medida que a borboleta se vai abrindo mais, como é o caso da figura 47.4, e se vai perdendo depressão em ambas as câmaras, a situação tende a normalizar-se pela a mola do diafragma vai vencendo a força desta debil depressão e restabelece a posição mais alta. Pode dizer-se que o diafragma secundário ficou inactivo.

Com a borboleta totalmente aberta. Esta é a situação representada na figura 48.4. Aqui pode dizer-se que a depressão reinante é muito fraca e, evidentemente, com uma força incapaz de vencer as molas antagonísticas de cada um dos diafragmas. O avanço por vácuo mantém-se agora em posição estática.

Este é o funcionamento do avanço por vácuo com diafragma duplo.

FOLHA 4.13



BORBOLETA LIGEIRAMENTE ABERTA
(AVANÇO MÁXIMO)

BORBOLETA TOTALMENTE ABERTA

(SEM AVANÇO, SEM ATRASO)

Folha 7.6. Classificação dos sistemas electrónicos de ignição

Deixando agora de parte as ignições integradas, das quais nos ocuparemos num próximo capítulo, as ignições electrónicas com ruptor têm em primeiro lugar uma divi- são muito importante que as define: as que têm ruptor provido de platinados, como a ignição tradicional, as que têm um tipo de ruptor electrónico nos quais não existe con- tacto físico de peças. As primeiras são as mais antigas e vamos dedicar-nos a elas em primeiro lugar.

Também do ponto de vista de projecto, cabe fazer a classificação de ignições trans- istorizadas e ignições por descarga de condensador (também chamadas ignições de capacidade), as quais correspondem a dois sistemas de diferente concepção técnica, que podem, por outro lado, ser, ou não, munidas de platinados, conforme veremos.

Na figura 24.7, apresenta-se ao leitor um gráfico aproximado das condições de funcionamento destas ignições de acordo com a velocidade de rotação do motor e por- tanto da sua necessidade de faíscas. Aqui se relacionam as tensões obtidas com a velo- cidade de rotação e podem ver-se os maiores valores atingidos pelas ignições electróni- cas. A zona assinalada a cinzento, da ignição tradicional (A), corresponde às quedas de tensão que são frequentes nas ignições electromecânicas. A curva B corresponde ao funcionamento das ignições transistorizadas e a curva C às ignições de capacidade.

Quando o circuito de alta tensão da ignição funciona em condições difíceis como pode acontecer quando existam fugas por humidade no ambiente, ou por sujidade nos contactos, falta de isolamento, etc., o comportamento dos sistemas citados decal até ao ponto que nos mostra a figura 25.7. Observe-se que nestes momentos a ignição transis- torizada funciona mesmo pior do que a tradicional, para além das 4000 rpm, facto que não sucede na ignição de capacidade.

A capacidade de atingir com grande rapidez uma grande tensão é mostrada na figura 26.7, onde se vê como também a ignição capacitiva (C) tem grandes vantagens em relação às ignições transistorizadas e tradicionais (A e B).

A seguir, vamos dedicar-nos, em primeiro lugar, ao estudo dos esquemas teóricos de funcionamento das ignições com platinados, tanto do tipo transistorizado como capa- citivo, para passar, mais adiante, ao estudo dos sistemas sem platinados.

FONTE → MIGUEL CASTRO, "MANUAL DA IGNIÇÃO",
PLÁTANO, 1989, ISBN 972-787-027-2

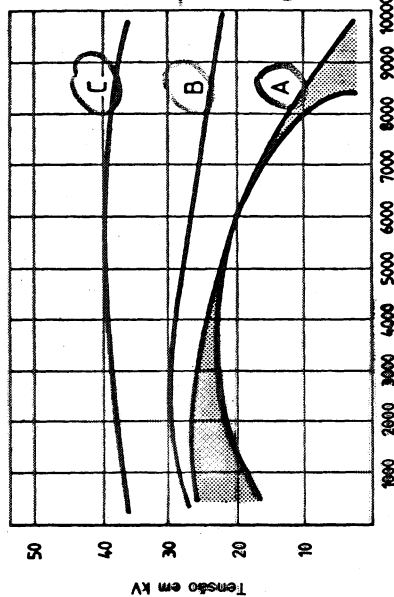
FOLHA 7.6

CA PACITIVA

TRANSISTORIZADA
(INDUTIVA)

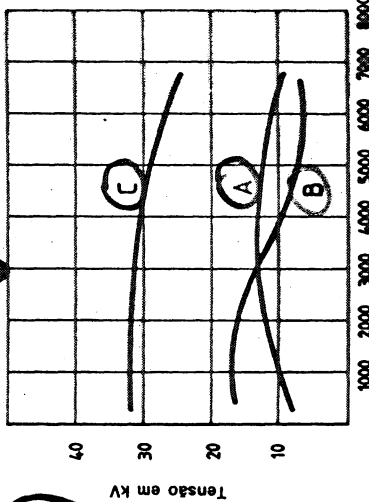
ELECTROMECÂNICA

24.7



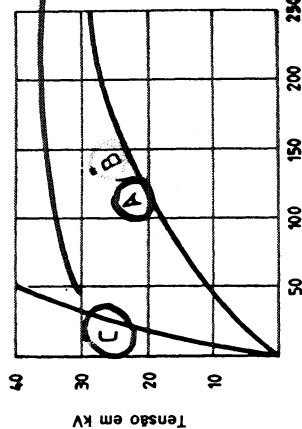
MÁS CONDIÇÕES
→ TENSÃO BAIXA

- HUMIDADE,
- SUJIDADE NOS CONTACTOS
- FALTA DE ISOLAMENTO
- ...



25.7

→ PICO DE TENSÃO
É MAIS RÁPIDO



26.7

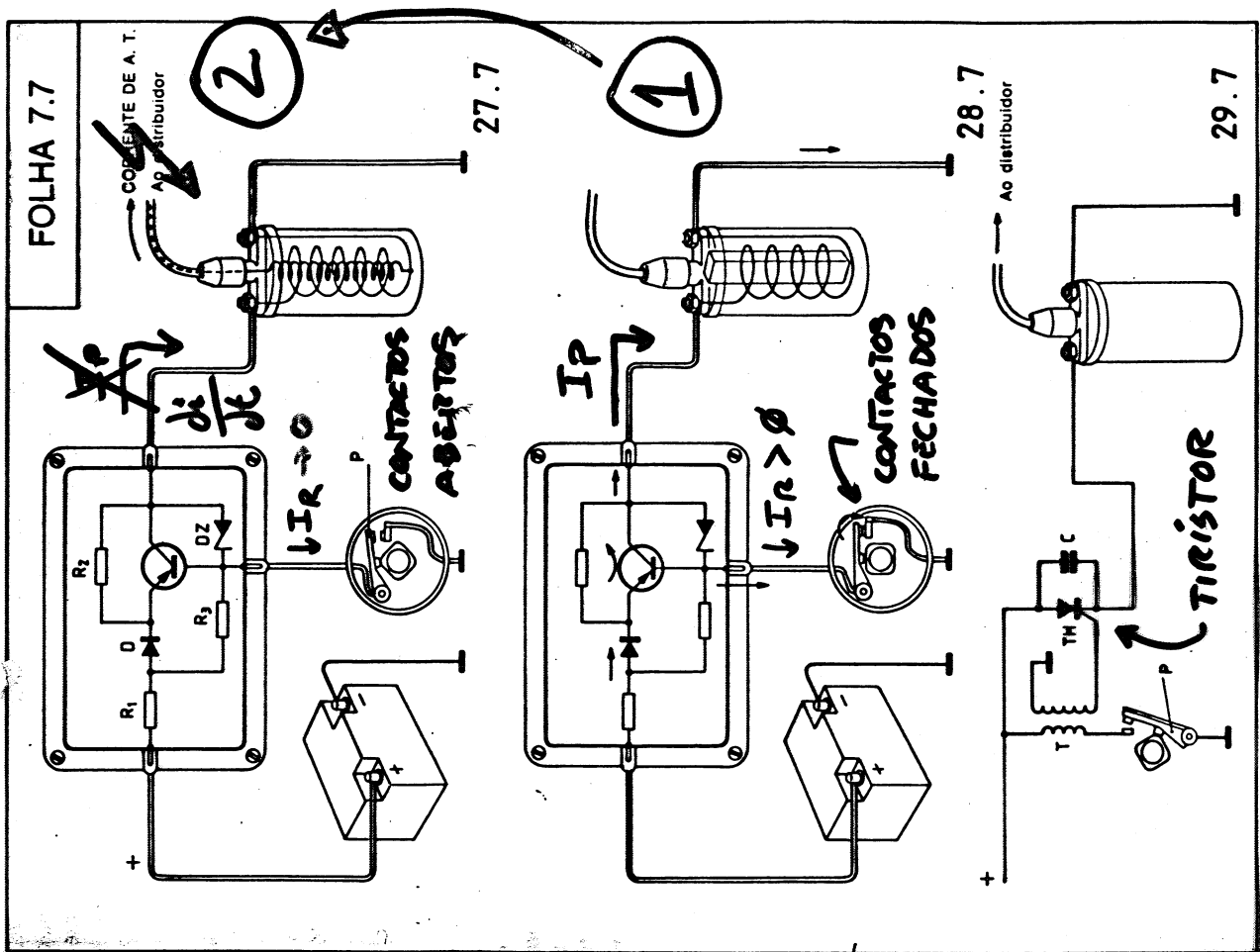
Folhas 7.7 e 7.8. Ignições transistorizadas com platinados

Como já se explicou na altura própria, o problema fundamental do jogo de platinados, próprio das ignições electromecânicas, é a grande intensidade de corrente que há-de circular por eles para poder alimentar devidamente o enrolamento primário da bobina. Esta passagem tão intensa de corrente origina grande libertação de calor, a formação de «crateras» e «promontórios» na superfície dos contactos, a desafinação das mesmas e uma contínua série de problemas de manutenção ou, então, uma má alimentação da bobina. Para dar solução a este problema o melhor é recorrer à redução da corrente de passagem pelos contactos e isso pode levar-se a cabo facilmente utilizando um transistor como relé. Na figura 27.7 temos um esquema simplificado dum a utilização semelhante. Os platinados não-de deixar passar apenas a corrente de base do transistor cuja intensidade é extraordinariamente inferior à da corrente principal que circula entre emissor e colector. Deste modo os defeitos eléctricos próprios dos platinados desaparecem (se bem que não, claro está, os defeitos mecânicos).

No circuito básico que vemos na figura 27.7 temos um só transistor PNP. A corrente procedente do borne + da bateria atravessa uma resistência (R_1) para obter o valor adequado; a seguir atravessa o diodo (D), que tem a missão de provocar a perda de carga à corrente que possa circular pela resistência R_2 no momento de se interromper a passagem da corrente pelo transistor em virtude da falta de corrente de base pela abertura dos contactos, evitando contracorrentes. Enquanto não houver tensão negativa na base do transistor, permanece bloqueado. Quando os platinados (P) se fecham (Fig. 28.7), existe esta tensão na base e a corrente atravessa o transistor e passa ao enrolamento primário da bobina, alimentando-o devidamente. Quando, em virtude da rotação da carne, os platinados se separam, a base fica sem tensão negativa e o transistor bloqueia-se. É o momento da indução e do salto da faísca na vela. Quando os platinados tornam a fechar-se, cria-se de novo tensão negativa na base e o transistor volta a conduzir. E assim sucessivamente. Na figura 22.7 temos além disso a resistência R_3 e o diodo Zener (DZ), que cumprem funções de protecção do transistor. No caso em que este elemento recebe tensões excessivas e perigosas, o diodo Zener dispara e envia-as à bobina, evitando a sobrecarga do transistor.

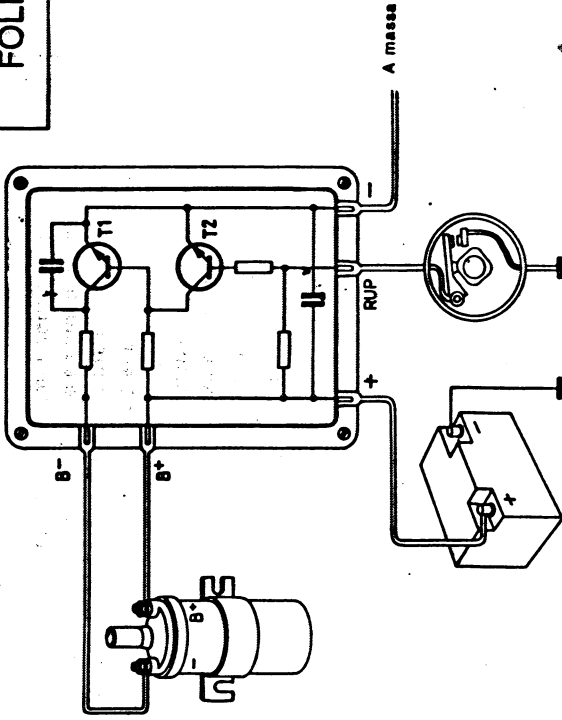
As ignições transistorizadas deste tipo podem também comportar um tiristor em vez de um transistor (se bem que seja menos corrente) e isso dá origem a um esquema básico similar ao que apresenta a figura 29.7. Aqui o tiristor (TH) actua também como relé, tal como pode ver-se na seguinte explicação. A corrente procedente da bateria através do condutor + não pode circular através do tiristor senão exclusivamente quando a sua porta recebe um impulso positivo. Este impulso é proporcionado pelo segundo enrolamento do pequeno transformador (T) em combinação com a posição dos platinados (P), os quais determinam o impulso, deixando, ou não, passar a corrente pelo primeiro enrolamento do transformador. Quando os platinados se abrem, o segundo enrolamento do transformador envia corrente inversa ao tiristor e este bloqueia-se. Esta é a base do seu funcionamento.

$I_R \ll I_P \Rightarrow$ MENOR DESGASTE,
MELHOR FUNCIONAMENTO, ...



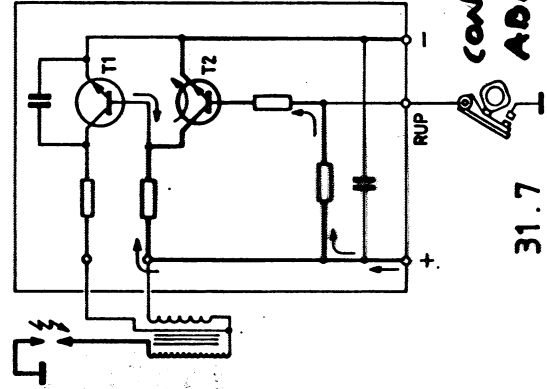
T₁ + T₂ ⇒ MELHOR FUNCIONAMENTO

FOLHA 7.8



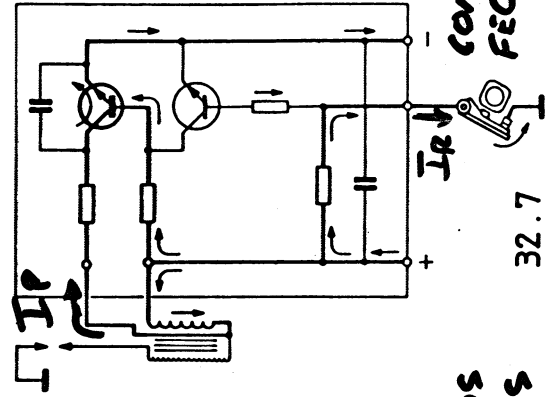
30.7

T₂ → COMANDO
T₂ → POTÊNCIA



31.7

CONTACTOS
ABERTOS



32.7

CONTACTOS
FECHADOS

T₁ ON ⇒ T₁ OFF

T₂ OFF ⇒ T₁ ON

133
MAYNES 99

Na prática, as ignições transistorizadas costumam integrar dois ou mais transistores para melhorar as suas condições de funcionamento. Na figura 30.7 da folha 7.8 temos o esquema dum equipamento que dispõe de dois transistores, o T₁, de potência, e o T₂, de comando. Ambos são, neste caso, do tipo NPN. O seu funcionamento é seguinte:

Do modo que mostra a figura 31.7, com os contactos dos platinados abertos, a corrente que provém da bateria, por +, pode circular pela base positiva do transistor T₂ pelo que este transistor se torna condutor; porém a sua corrente emissor-colector curta-circuita a passagem da corrente pela base do transistor de potência T₁, visto que a corrente que passa em grande quantidade entre emissor-colector de T₂ origina uma queda de tensão na base de T₁. O traço grosso do desenho indica os sítios pelos quais passa a corrente.

Quando os platinados se fecham, a queda de tensão efectua-se na base do transistor T₂, da maneira que mostra a figura 32.7, de modo que este transistor se bloqueia. Neste caso, a passagem da corrente positiva à base do transistor T₁ alimenta o primário da bobina. Esta constante oscilação da corrente, de um ao outro transistor, determina o funcionamento deste sistema de ignição, regido pelos contactos dos platinados.

Como pode ver-se, este tipo de sistemas de ignição resolve poucos dos problemas que os sistemas de ignição convencionais apresentam desde sempre. De facto, apenas aliviou o trabalho eléctrico dos contactos dos platinados, que se inicialmente deviam actuar como interruptores que permitissem a passagem de uma 5 amperes, agora trabalham com quantidades de corrente extraordinariamente inferiores, visto que a intensidade mais considerável circula pelo circuito emissor-colector do transistor de potência. Contudo, existe uma tensão maior proporcionada à fiação, se o equipamento está bem desenhado, sobretudo a partir dos 4000 rpm, tal como vimos nos gráficos da folha 7.6.

MOTOR EM FUNCIONAMENTO
 $\Rightarrow E \in [14, 15] V$
 SE A RESISTÊNCIA DO PRIMÁRIO DA
 BOBINA DE IGNIÇÃO
 $R \approx 3 \Omega$
 ENTÃO OS PLATINADOS TÊM DE
 INTERROMPER UMA CORRENTE DE
 $I = \frac{E}{R} \approx \frac{15}{3} = 5 A$

Folha 7.9. Ignições de descarga de condensador. 1. Jema elemental

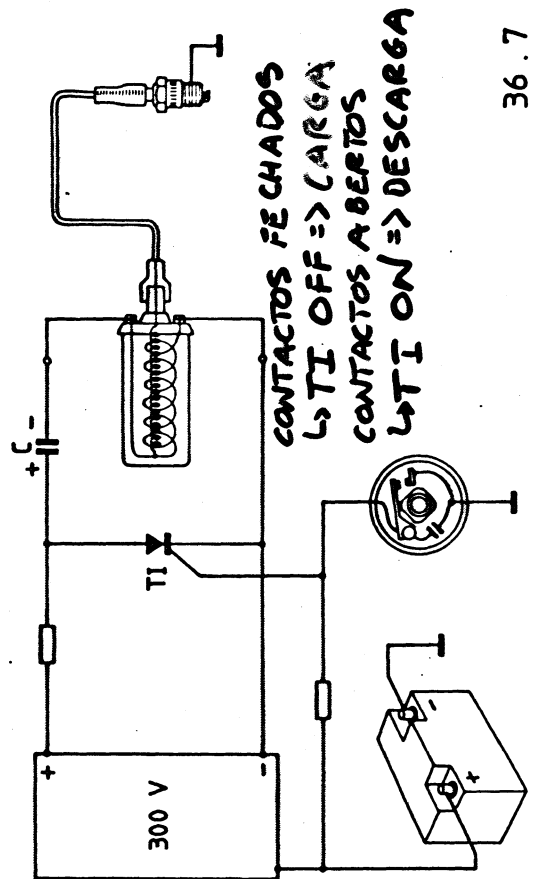
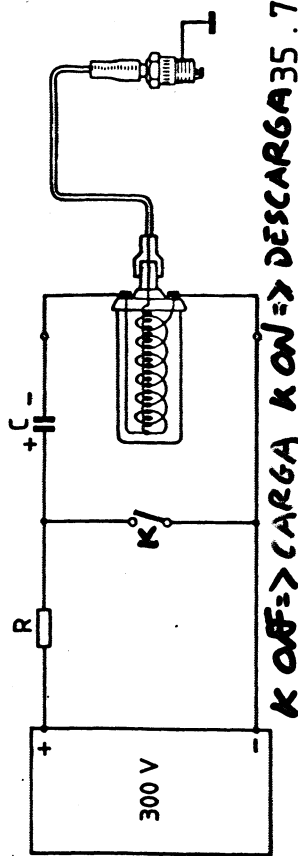
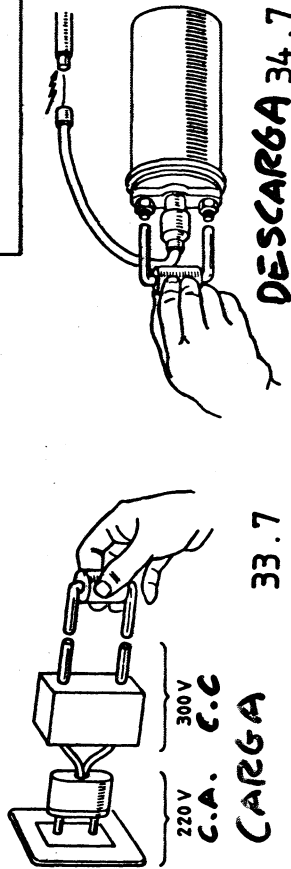
O sistema de descarga de condensador, também conhecido sob a denominação **ignição capacitiva**, baseia o seu funcionamento na acção de descarga de um condensador sobre o enrolamento primário da bobina. Para executar este equipamento, necessita-se, pois, de um condensador com a capacidade de 1 a 2 microfárads e uma fonte de tensão continua que seja capaz de proporcionar cerca dos 300V volts como mínimo.

De uma maneira gráfica, poderíamos dizer que o funcionamento se realiza em duas etapas: uma primeira, na qual o condensador se liga a uma fonte de carga (Fig. 33.7) para que atinja a tensão da fonte, de cerca de 300 volts, e se carregue. Numa segunda etapa o condensador carregado liga-se ao primário da bobina, tal como se indica na figura 34.7. Neste momento o condensador descarrega-se e o enrolamento primário recebe o impacto com grande rapidez, de forma instantânea, induzindo-se a corrente de alta tensão no enrolamento secundário.

Na prática, não se trata, é claro, de ir trasladando o condensador de uma fonte a outra e ainda menos com a mão. Tudo isso se pode fazer por outros meios. A figura 35.7 mostra um circuito de aproximação, e nele se pode ver como se realiza esta operação por um sistema de comutação. Nesta figura vemos como o condensador (C) se encontra ligado à fonte de tensão de 300 volts através de uma resistência (R); trata-se do borne positivo do condensador. O negativo volta à fonte de tensão através do primário da bobina até ao borne negativo. Deste modo está claro que o condensador se carrega até que adquire a mesma tensão da fonte. Para que o condensador se descarregue, necessita-se do interruptor (I), que quando se fecha pode colocar em curto-circuito a fonte de tensão, e é então que o condensador se descarrega ao sofrer uma variação de tensão, a que faz sobre o enrolamento primário da bobina. Ao abrir-se de novo o interruptor (I), a fonte de tensão fica incorporada no circuito do condensador e este novamente se carrega, ficando pronto para a próxima descarga.

Há que não confundir o interruptor I com os contactos dos platinados. Pelo contrário, deve ser um tipo de comutador electrónico que receba o sinal de controlo procedente dos platinados. Precisamente, os equipamentos de ignição capacitivos (por descarga do condensador) utilizam um tiristor para fazer as vezes deste comutador, o qual recebe as ordens de desbloqueio através da sua porta por impulsos procedentes dos platinados. Na figura 36.7 temos um esquema que nos aproxima cada vez mais da constituição electrónica destes equipamentos. Como se pode ver na figura, a corrente que atravessa os platinados é muito fraca, mas suficiente para disparar o tiristor T1.

FOLHA 7.9



Fólias 7.10 e 7.11. Circuito electrónico de uma ignição, e por descarga «capacitiva» (descarga do condensador)

Na figura 37.7 mostra-se o esquema geral de uma ignição por descarga «capacitiva» (descarga da «capacidade» do condensador). Vemos que está dividida em três partes fundamentais (A, B e C) que seguidamente vamos descrever:

Parte A. Dispositivo de elevação da tensão

Este dispositivo é o encarregado de elevar a tensão que recebe da bateria (12 volts nominais) até várias centenas de volts. Consta de um conversor no qual existem dois transistores (T1 e T2), uma resistência (R8) e um diodo (D7), além dos enrolamentos do transformador e das resistências de protecção das bases dos transistores (R6 e R7).

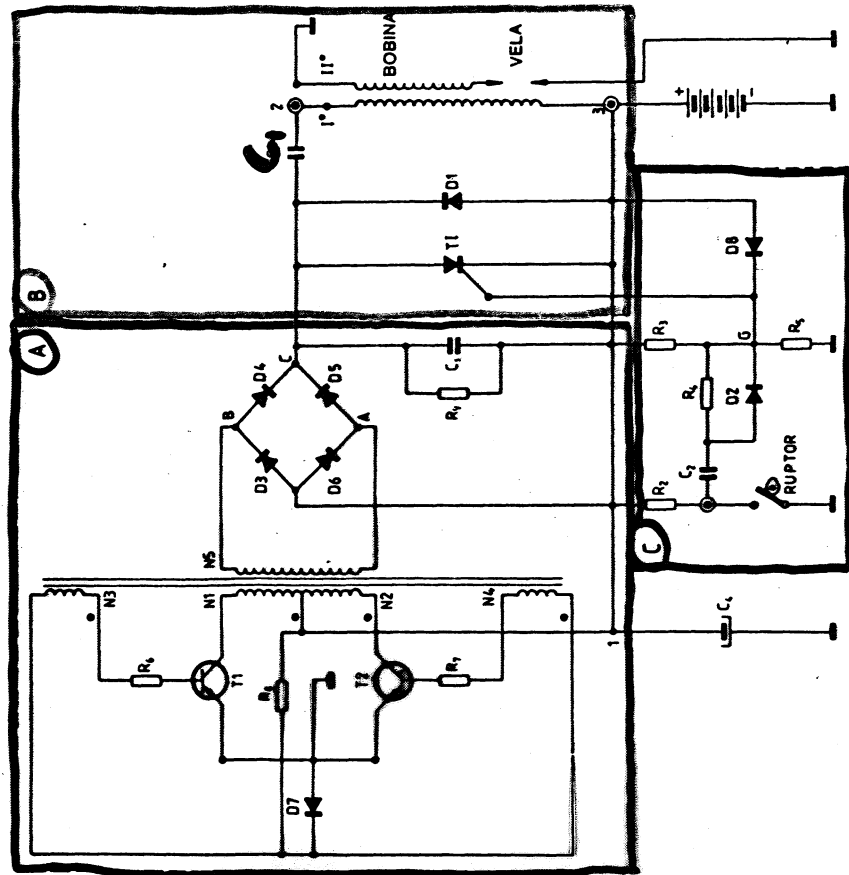
Os enrolamentos N1 e N2 constituem dois semienrolamentos primários do transformador e estão ligados pela parte central do borne + da bobina, através do borne 1, e logo unidos ao colector dos transistores T1 e T2 por cada um dos seus extremos. Por outro lado, os enrolamentos N3 e N4 vão para as bases dos transistores citados. Quanto ao enrolamento N5 representa o secundário do transformador cuja corrente sai através do ruptor A e B para a fonte rectificadora de diodos (D3, D4, D5 e D6). O funcionamento deste conversor é o seguinte: uma vez ligado o circuito à bateria, a corrente entra pelo borne 1, atravessa a série de resistências R6 e R7 e alimenta simultaneamente a base dos transistores; porém devido à desimetria própria do circuito, faz que um dos transistores se torne condutor inevitavelmente antes que o outro. Suponhamos que conduz primeiro o transistor T1. No primeiro instante da alimentação da base faz-se condutor o transistor e deixa passar a corrente emissor-colector através do enrolamento N1. Esta corrente passa em parte a realimentar a sua própria base através do enrolamento N3, com o que a corrente que passa pelo transistor vai aumentando. Quando o núcleo magnético se encontra saturado, a indução do enrolamento N1 desce rapidamente a zero, a corrente de base cai e o transistor T1 passa a situação de bloqueio. Agora é o transistor T2 que passa a conduzir e reproduz-se com ele o mesmo processo que vimos com o transistor T1. Este ciclo repete-se cerca de 3000 vezes por segundo.

A resistência R8 faz o efeito de resistência de arranque, enquanto que o diodo D7 serve para bloquear a tensão inversa entre emissor e base dos transistores T1 e T2. Quanto ao segundo enrolamento do conversor (N5), é o encarregado de transformar a corrente à tensão elevada precisa para a carga do condensador principal (C1). A corrente assim transformada é alterna e deve converter-se em contínua através da fonte rectificadora de diodos (D3, D4, D5 e D6), saindo a corrente pelo borne C da citada fonte. Por último temos o condensador (C3) de baixa capacidade, que tem a missão de nivelar a tensão contínua que sai do borne C e de reduzir as ondulações da corrente rectificadora.

BLOCOS FUNCIONAIS:

FOLHA 7.10

- A → ELEVAÇÃO DE TENSÃO
- B → DESCARGA DO CONDENSADOR
- C → CONTROLO DA DESCARGA



37.7

C1 → CONDENSADOR PRINCIPAL

Parte B. Dispositivo de descarga do condensador

O órgão principal deste sistema é, sem dúvida, constituído pelo conjunto do condensador (C1) e do tiristor (T1). A corrente que provém do borne C não pode passar através do tiristor porque se encontra bloqueado; isto pey-se pelo diodo D1: tem de ir aplicar-se ao condensador e proceder à sua carga.

Quando se produz um impulso de controlo na porta do tiristor procedente dos platinados, este passa a conduzir, pelo que põe em curto-circuito o conversor, o qual não suporta este estado e se desliga, de modo que deixa de oscilar e não proporciona tensão. Assim, pois, enquanto o tiristor for condutor o conversor fica paralisado. Agora o condensador C1 descarrega-se sobre o enrolamento primário da bobina. Acto contínuo, a falta de tensão através do tiristor bloqueia-o, pelo que desfaz o curto-circuito e o conversor começa de novo a oscilar. Esta situação reproduz-se a cada flicsa na vela.

Parte C. Dispositivo de controlo da descarga

Vejam os funcionamento deste dispositivo através das figuras 38.7 e 39.7 da folha 7.11. A corrente proveniente da bateria, quando os contactos estão fechados (Fig. 38.7), carrega o condensador C2 através das resistências R3 e R4, a uma determinada tensão, que é um pouco inferior à própria tensão nominal da bateria. Assim que os contactos dos platinados se abrem (Fig. 39.7) soma-se a esta tensão, através da resistência R2 (que tem um valor óhmico proporcional a fim de que um valor demasiado alto não exceda a corrente dos platinados e danifique os contactos), a tensão da bateria e, portanto, o ponto G funciona teoricamente a um nível de tensão da quase o dobro da tensão da bateria. A este respeito há que ter em conta que o cátodo do tiristor se encontra à tensão nominal da bateria e se necessita de uma tensão mais elevada para actuar sobre a sua porta. A abertura corresponde pois à descarga do condensador C2 através do diodo D2 sobre a porta do tiristor. Assim, pois, quando os platinados permanecem fechados carrega-se o condensador D2 -- e descarrega-se ao abrir-se aqueles.

Para finalizar, vejamos na figura 40.7 os elementos que fazem parte deste equipamento de ignição electrónica por descarga «capacitiva» (descarga do condensador) provida de platinados.

RUPTOR FECHADO → CARGA DE C1

RUPTOR ABERTO →

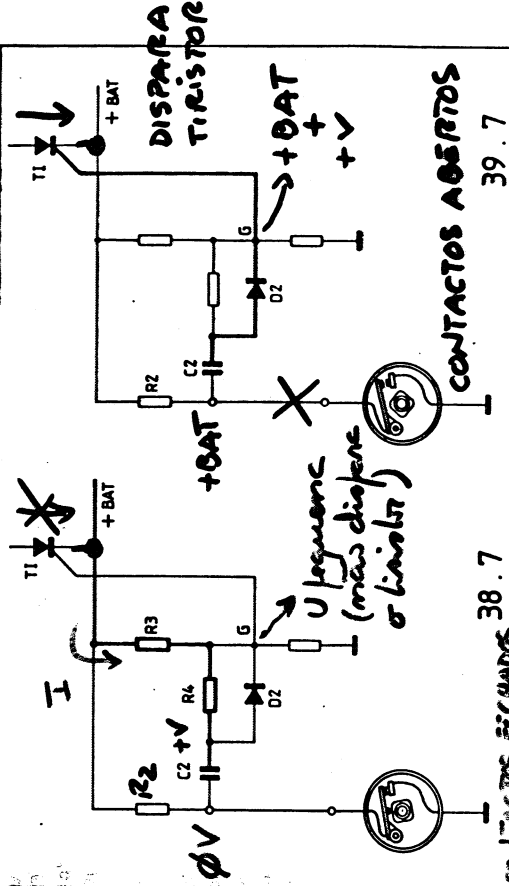
CONVERSOR EM CC (DEIXA DE OSCILAR)

TIRISTOR ENTRA EM CONDUÇÃO

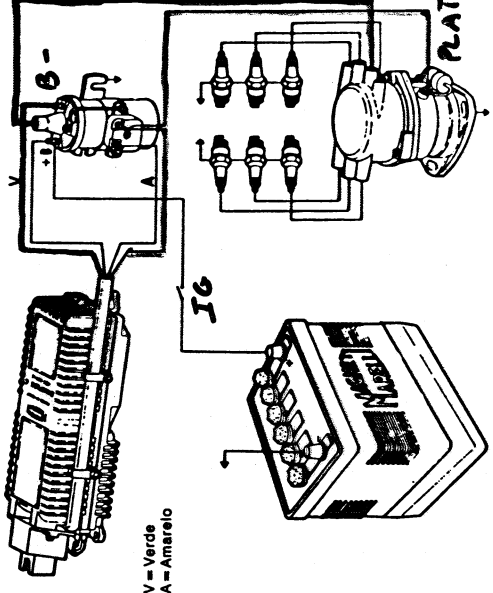
CONDENSADOR C1 DESCARREGA-SE NO PRIMÁRIO DA BOBINA DE IND. (DESCARGA DO CONDENSADOR)

PARA TI USAR NA TENSÃO NA GATE TEM DE SER SUPERIOR À TENSÃO NO CÁTODO (+BAT)

FOLHA 7.11



ALTA TENSÃO



O TIRISTOR ENTRA EM CONDUÇÃO DE FALTA DE CORRENTE

CONVERSOR ENTRA NOVAMENTE EM OSCILAÇÃO

Folha 7.12. Outros esquemas de ignição «capacity» com platinados

Na figura 41.7 mostra-se outro esquema quase semelhante ao que foi descrito anteriormente. Em A temos a zona do conversor. O condensador C e o tiristor T1 são a base do sistema para a alimentação do enrolamento primário da bobina de ignição (1). O comando do tiristor realiza-se através dos platinados (2) e da descarga do condensador C2 sobre uma resistência potenciométrica (R3), por meio da qual se regula o valor do impulso. Em 3 temos o interruptor de contacto.

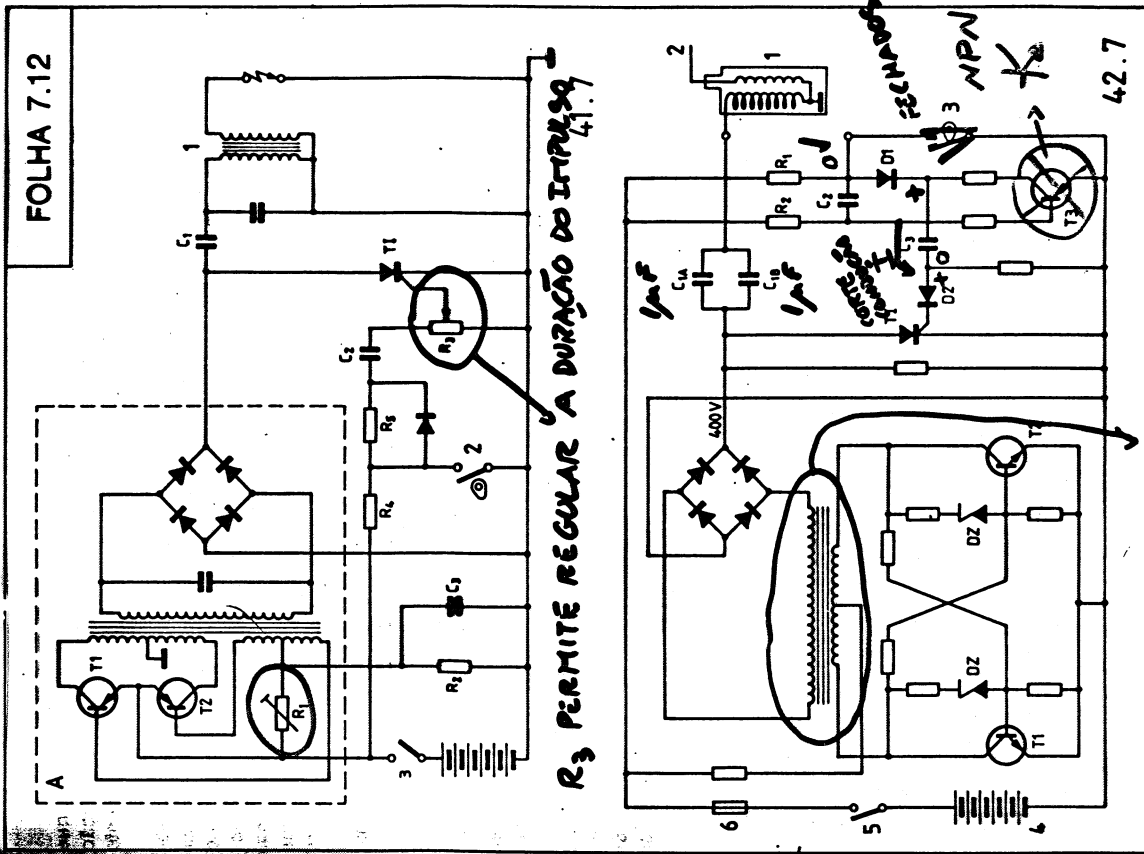
Na figura 42.7 temos outro exemplo de um projecto um pouco mais complexo. A primeira coisa que neste esquema nos chama a atenção é o facto de o típico condensador C1 ser substituído por dois condensadores C1A e C1B, montados em paralelo, pois de facto a sua forma de actuar é a mesma em ambos os casos, visto que o valor dos dois condensadores é de 1 microfarádio, igual ao valor de um só condensador noutros esquemas. Outro facto que pode surpreender-nos é a inserção dos diodos Zener nas bases dos transistores T1 e T2, a sua presença, juntamente com as resistências, têm a missão de assegurar a limitação da tensão de base à tensão Zener fixada. Também pode parecer-nos nova a presença de um transistor, o T3, no dispositivo de comando dos platinados (3). Este transistor e as resistências e condensadores que figuram são os responsáveis da afinação dos impulsos criados pelo jogo de platinados. Quando os contactos se encontram fechados circula uma corrente de cerca de 250 mA, que passa através da resistência R1, e se põe à massa além da corrente que circula pelo conjunto R1 - D1 - C2 e também R2 - C2 que passava através da base-emissor do transistor T3. (Este transistor recebe na base tensão negativa e bloqueia-se). Quando os contactos se abrem, C1 e C2 carregam-se, este último muito rapidamente através de R1 e D1, visto que o transistor agora é passante por a sua base receber tensão positiva, e descarrega-se de R1 e da corrente base-emissor do transistor T3, mas no momento em que os contactos dos platinados se fecham, de novo a corrente R1 - D1 e C2 torna a passar à massa, o condensador C3 fica carregado e só pode descarregar-se através do tiristor, pois o seu circuito polariza-se inversamente, de modo que se descarrega de novo sobre o tiristor quando os platinados se abrem.

Na figura temos em 1 a bobina de ignição cujo extremo (2) vai ao distribuidor para a passagem da corrente de alta tensão. Em 4 temos a bateria; em 5, o interruptor de contacto e, em 6, um fusível protector de toda a instalação.

CONTACTOS FECHADOS => T3 OFF => T1 OFF

CONTACTOS ABERTOS => T3 ON => T1 ON

COMENTE DE C3



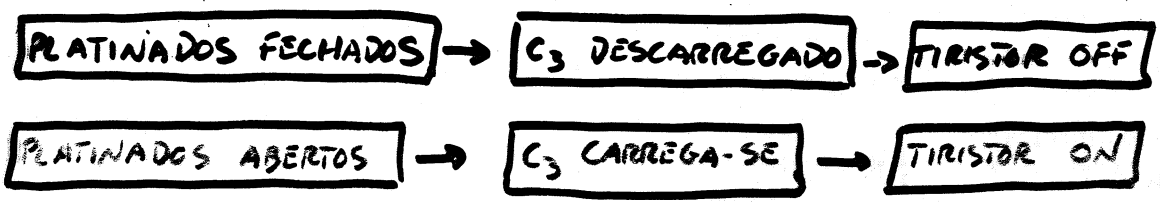
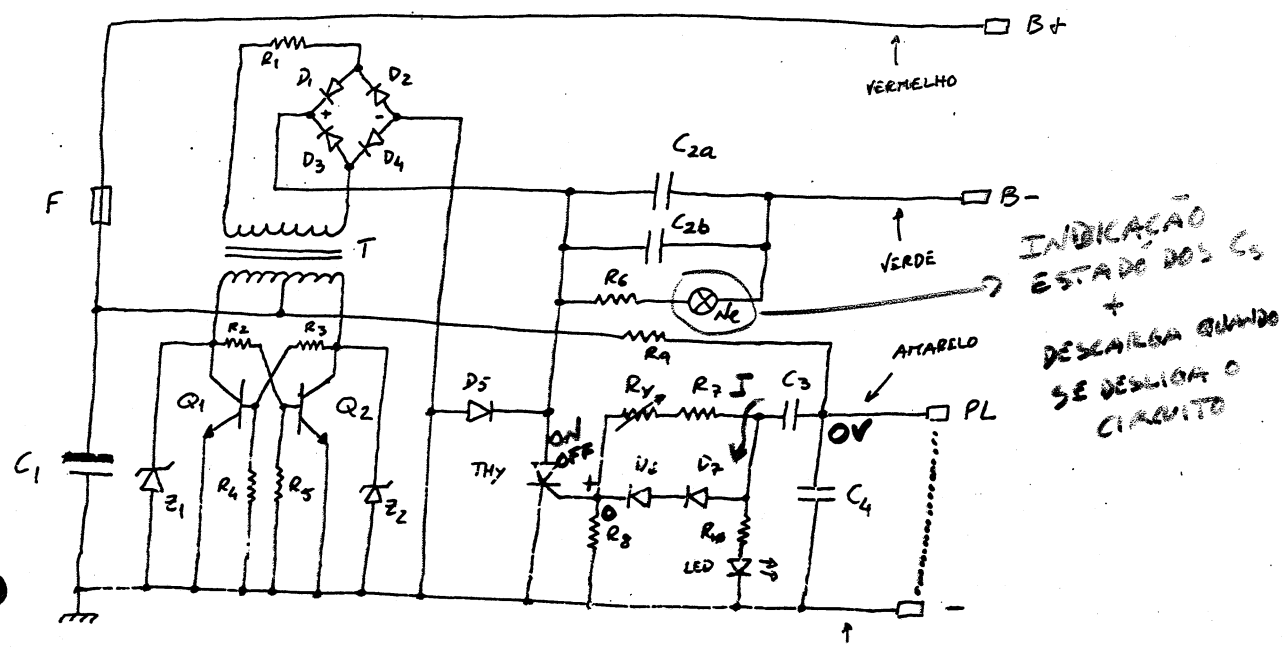
R1 PERMITE REGULAR O NÍVEL DO IMPULSO (!)

R3 PERMITE REGULAR A DURAÇÃO DO IMPULSO

TRANSFORMADOR NORMALÍSSIMO!
(220V/9-0-9V)

MALVES99

3. IGNIÇÃO ELECTRÓNICA CAPACITIVA (DESCARGA DE CONDENSADOR)



LIMITADOR DE REGIME

PLATINADOS FECHAM-SE → C₃ COMEÇA A DESCARREGAR-SE ATRAVÉS DE R_V, R₇, R₈

SE C₃ NÃO SE DESCARREGAR COMPLETAMENTE ATÉ À ABERTURA DOS PLATINADOS

NÃO HÁ IMPULSO DE DISPARO DO TIRISTOR

ENTÃO

R_V PODE SER REGULADA PARA EVITAR O DISPARO A PARTIR DE UMA DADA FREQUÊNCIA

QUANTO > R_V, + DURAÇÃO DA DESCARGA DE C₃ DEIXANDO DE HAVER IGNIÇÃO A < ROTAÇÃO

PROS E CONTRAS DA IGNIÇÃO ELECTRÓNICA CAPACITIVA



MAUVESFF

**Folhas 7.14, 7.15 e 7.16. Geradores de Impulsos. afaito
alternador**

Qualquer variação eléctrica que se consiga, por mais débil que seja, pode ser ampliada com o auxílio de transistores, desde que a apliquemos em primeiro lugar à base de um transistor e actuemos de modo a que a corrente emissor-colector deste transistor alimente a base de outro transistor, etc. Assim, usando este método, convertemos correntes mínimas de entrada em sinais adequados para um circuito de comando.

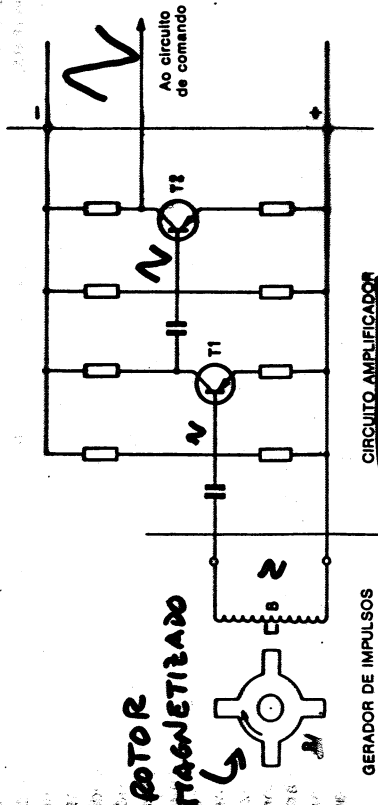
De acordo com isto, temos, na figura 46.7 um rotor magnetizado (B), que, próximo do bobinado (A), induz uma pequena corrente alterna pelo mesmo princípio do alternador. Esta zona é a chamada geradora de impulsos. A pequena corrente assim obtida alimenta a base do primeiro transistor (T1), que se torna condutor. Esta corrente emissor-colector produzida é centenas de vezes mais potente que a que recebe o transistor na sua base, porém, apesar disso, passa a corrente de base do segundo transistor T2, o qual multiplica por sua vez o valor desta corrente de base que recebe, a qual seguirá para o circuito de comando, que tanto pode ser um transistor de potência para a alimentação de um enrolamento primário de uma bobina de ignição, como a porta de um tiristor para permitir a descarga do condensador noutros sistemas.

A figura 46.7 mostra um esquema de como está introduzido na prática este sistema, correspondente a um motor da marca Peugeot. Aqui temos, em 1, representado o distribuidor, visto de cima. Temos uma roda polar (2) que gira accionada pelo motor e sincronizada com ele, tal como a carne nos delcos tradicionais. Num dos extremos do distribuidor temos a bobina geradora de impulsos (3), na qual se cria um impulso eléctrico cada vez que uma ponta da roda polar coincide com ele.

É este o sinal que passa ao bloco de amplificação (4) do equipamento electrónico, cujo resultado é a corrente de base do transistor de potência (5) que se desbloqueia e permite a passagem da corrente desde o borne + à massa no enrolamento primário (6) da bobina de ignição (7). Quando a roda polar (2), em virtude da rotação que lhe dá o eixo, perde contacto com a bobina (3), o bloco de amplificação (4) desactiva-se e não há corrente de base para o transistor de potência (5). Este bloqueia-se e interrompe-se a passagem pelo enrolamento primário. A bobina induz a corrente no secundário (8) e passa a corrente de alta tensão ao distribuidor (1), o qual a passa à vela (9) correspondente, produzindo-se a faísca. Cada vez que a ponta da roda polar contacta com a bobina geradora de impulsos, produz-se uma faísca.

Na figura 47.7 da folha 7.15 temos o aspecto exterior de um distribuidor deste tipo, uma vez retirada a tampa do distribuidor propriamente dito. Aqui temos em primeiro lugar uma grande roda polar (1) ocupando o centro do corpo do delco e, abaixo dela, a bobina geradora de impulsos mostrando a parte do núcleo (2) sobre o qual deverá colocar-se cada uma das pontas da roda polar. Como é lógico, o entreferro entre estes dois pontos tem muita importância para o correcto funcionamento do sistema. Já nos ocuparemos disso na parte prática.

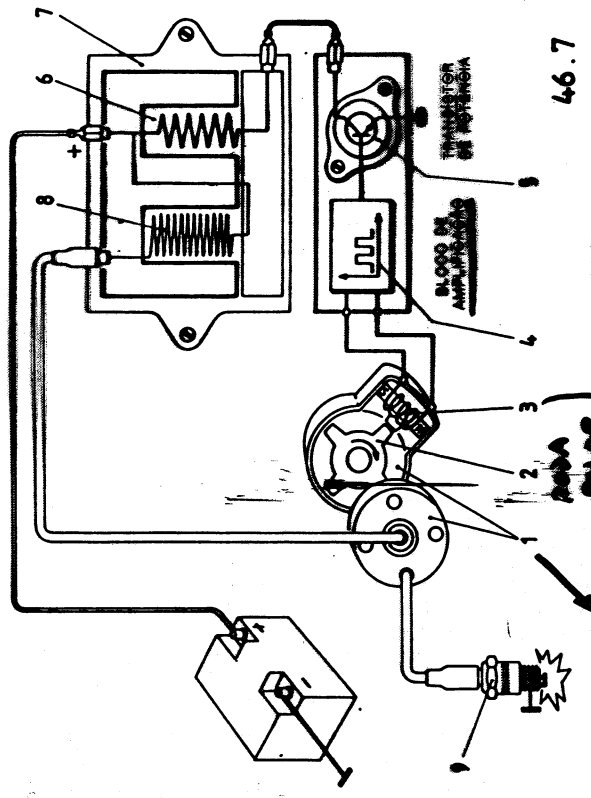
FOLHA 7.14



45.7

CIRCUITO AMPLIFICADOR

GERADOR DE IMPULSOS



46.7

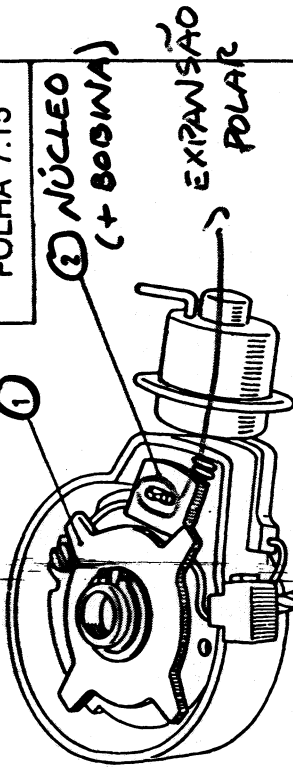
DISTRIBUIDOR

RODA POLAR

BOBINA

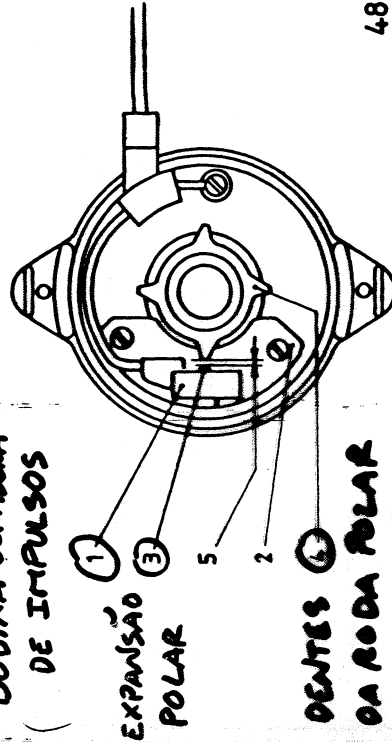
DENTES DA RODA POLAR

FOLHA 7.15

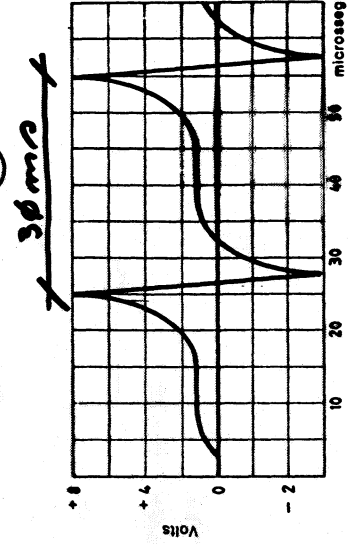


47.7

BOBINA GERADORA DE IMPULSOS



48.7



$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{33,3} = 30 \text{ ms}$$

MAI 1959

Na figura 48.7 temos o desenho de um distribuidor da marca Magneti-Marelli que utiliza um sistema semelhante. Aqui vemos em 1 a bobina geradora de impulsos, montada sobre um suporte de platoferrite (2) para facilitar a formação do circuito magnético. A expansão polar (3) contacta com as pontas da roda polar (4) deslizando o entreferro (5) cuja distância deve achar-se calibrada e somente pode desajustar-se se o eixo do delco tomar muita folga no seu alojamento. Durante a rotação da roda polar, cada vez que um dente contacta com a expansão polar (3) provoca a variação de fluxo no circuito magnético, como se disse. Aqui há que destacar que a forma do dente tem grande importância para determinar a forma da onda geradora. Na figura 48.7 temos, por exemplo, a onda gerada por este minialternador a 1000 rpm. Vemos que se pode distinguir um sinal nulo tive na fase de aproximação do dente ao seu ponto de entreferro; segue-se um sinal nulo (passagem por zero) no mesmo paralelismo do dente, para passar, imediatamente, à fase negativa, no momento do afastamento do dente. A passagem por zero é aproveitada para impedir a passagem de corrente ao transistor de potência, momento em que se produz a faísca nas ignições por transistor; a fase positiva serve, pelo contrário, para pôr em condução o transistor de potência na fase de carga ou alimentação do enrolamento primário da bobina. Assim, pois, a forma do dente permite obter a forma de onda conveniente para a elaboração do sinal por meio do qual se controla o tempo que deve permanecer em condução o transistor de potência.

Realizações práticas

É facto que os circuitos electrónicos, tanto transistorizados como de descarga de capacidade, são os mesmos no caso de utilização de platinados ou com geradores de impulsos, variando unicamente a explicação do sistema de comando. Tal é o caso do esquema apresentado na figura 50.7, que resulta substancialmente igual ao que estudámos na folha 7.10 (Fig. 37.7). Será conveniente comparar os dois esquemas para nos darmos conta das diferenças que se concretizam apenas no dispositivo de disparo do tiristor: ali tínhamos o ruptor como elemento desencadeador da descarga do condensador C2, que actuava sobre a porta do tiristor. Vejamos agora como se pode realizar igual função sem necessidade de platinados.

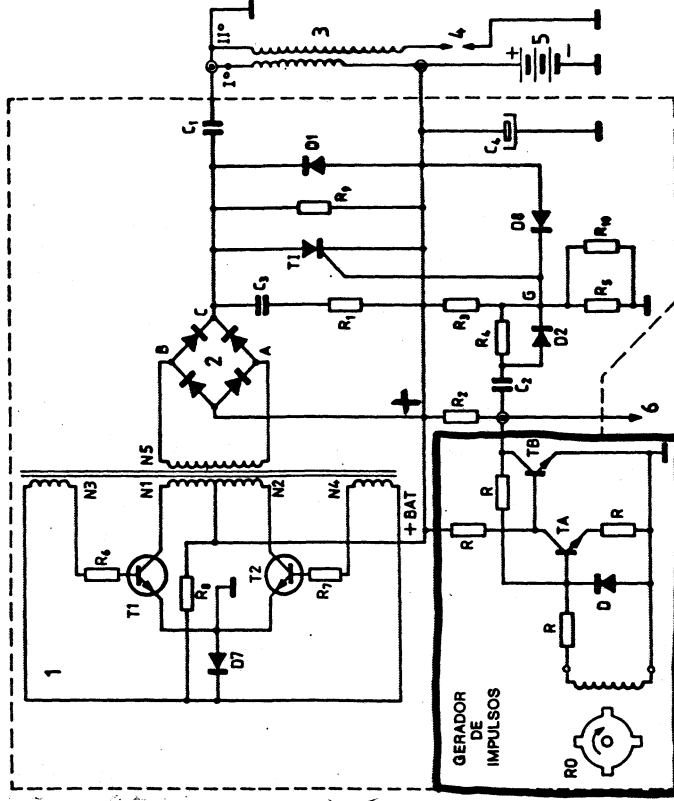
Em estado de repouso, a corrente da bateria entra no dispositivo pelo borne +BAT. O transistor TA não é condutor porque não tem corrente de base, pelo que a corrente positiva passa a alimentar a base do transistor TB. Este transistor é NPN, pelo que a base fica alimentada por tensão positiva, de modo que TB conduz para a corrente que procede do borne em contacto com o condensador C2, de envio para a porta do tiristor. A corrente passa à massa, pelo emissor, e permite a carga deste condensador (C2) de disparo.

Ora bem: quando o rotor (RO) se move e gera impulsos elétricos, gera-se corrente positiva que passa a alimentar a base do transistor TA. Neste momento torna-se condutor, pelo que a corrente o atravessa também desde a massa rumo ao borne +BAT (trata-se de um transistor NPN e recebe a corrente negativa pelo emissor e capta-a pelo colector). Neste momento a linha converge-se em negativa, e a tensão negativa é a que passa a fazer-se sensível na base TB, pelo que este transistor se bloqueia. Ao não passar corrente pelo transistor TB, o condensador C1 descarrega-se sobre a porta do tiristor, o que coloca em curto-circuito o conversor e descarrega-se o condensador C1 sobre o enrolamento primário da bobina. Antes do próximo contacto com o dente seguinte, o transistor TB torna a conduzir, pelo que carrega o condensador C2 ao passo que o secundário da bobina se descarrega na vela, etc. Observe-se, pois, como o transistor TB actua do mesmo modo como o fazem os platinados no esquema que estudámos na figura 37.7.

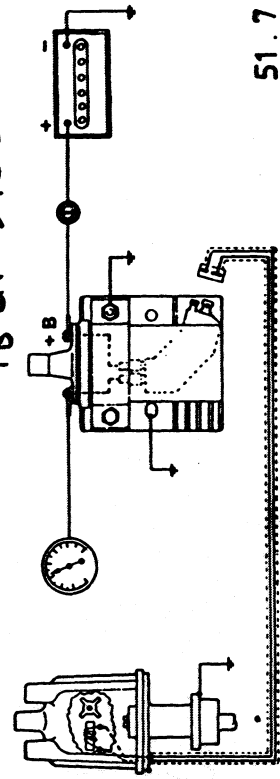
Para finalizar, na figura 51.7 temos a disposição geral de uma ignição da marca Magneti-Marelli de descarga capacitiva (de capacidade) e gerador de impulsos por efeito alternador. Aqui há que distinguir que não só o distribuidor tem de ser especial, mas que também a bobina de ignição há-de estar especialmente adaptada ao sistema, visto que a resistência do bobinado há-de ter uma baixa resistência, da ordem dos 0,80Ω, contra os cerca de 3Ω que as bobinas normais têm.

MUITO PARECIDO
COM CIRCUITO DA
FIG. 37.7
VARIANDO APENAS
O CIRCUITO DE CORTANDO
DO TIRISTOR.

FOLHA 7.16



CIRCUITO DE CORTANDO TB ON => TI OFF 50.7
TB OFF => TI ON



51.7

Folhas 7.17 e 7.18. Gerador de impulsos por efeito Hall

Além do efeito alternador, existe outro processo, muito utilizado nos equipamentos da Bosch e também na Duocellier, que baseia a criação do sinal noutra característica dos semicondutores e que se denomina efeito Hall.

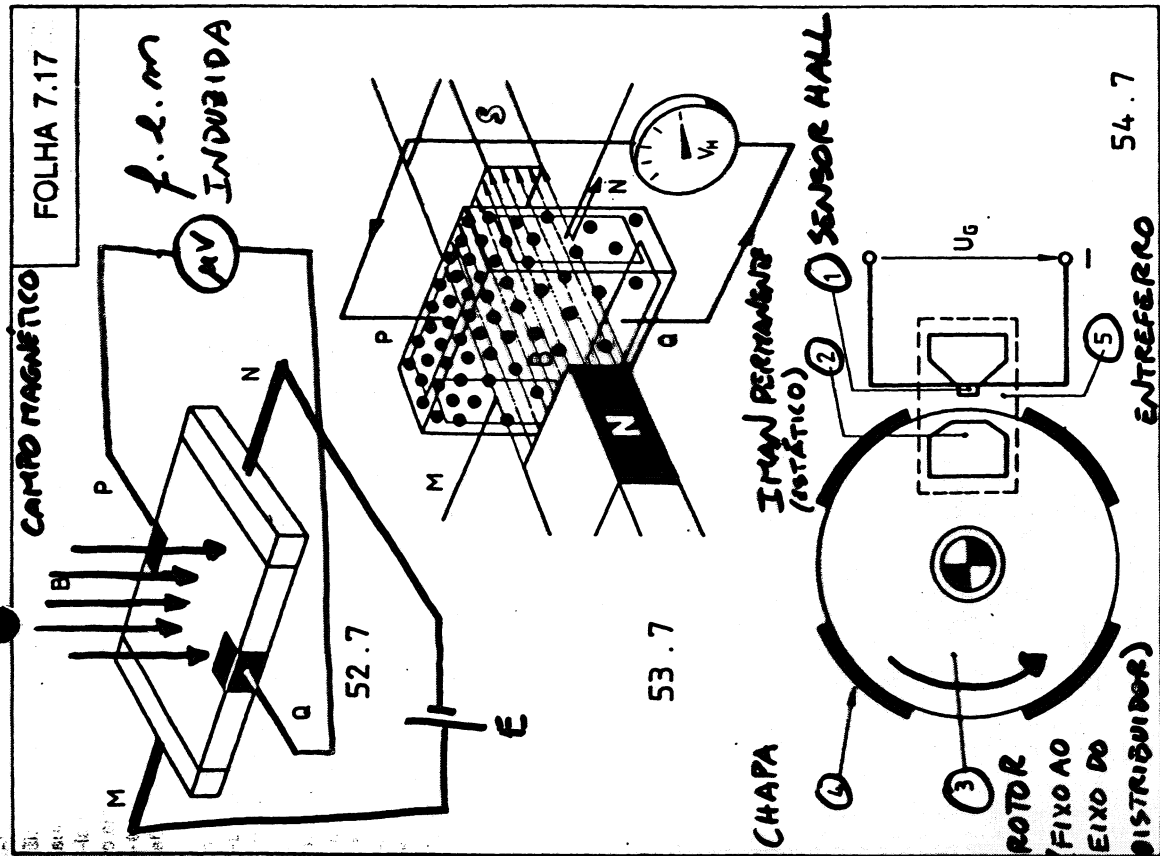
Na figura 52.7 poderemos ver como se processa este fenómeno. Aqui temos uma pequena placa de materiais semicondutores do tipo do antimónio de índio, da espessura de um décimo de milímetro, protegida por uma cobertura cerâmica e dotada dos quatro electrodos que se mostram na figura. Submetendo esta placa à passagem de corrente entre os seus electrodos M-N, quando por B recebe a influência de um campo magnético, observa-se que entre P e Q surge uma diferença de potencial que recebe o nome de efeito Hall. Ao mesmo tempo a resistência da placa aumenta em dois sentidos. Este fenómeno é também chamado magneto-resistência.

O efeito Hall pode explicar-se aproximadamente considerando que os electrões que se deslocam no interior dum semicondutor são desviados da sua trajectória pela acção de um campo magnético. A sua distorção é comparável à que se produz num condutor submetido a esta mesma força e que justifica a diferença de potência e o aumento de resistência. Assim, na figura 53.7 vemos como a presença do íman frente à plaqueta desvia os electrões e produz uma tensão que o voltímetro denuncia (V_H).

Dado o que fica dito, vemos que o efeito Hall é também um gerador de corrente, por meio do qual podemos estabelecer uma série de impulsões, que devidamente amplificadas poderão servir-nos de ordem de comando para dirigir a corrente em última instância através do primário da bobina de ignição. Na figura 54.7 temos um esquema da forma como proceder: assim, pomos um gerador Hall no corpo do distribuidor em posição de estator (1) e frente a ele um íman (2). Por sua vez, a peça rotativa (3), que fará as vezes de rotor, adaptam-se pequenas placas (4) que quando se interpoem entre o íman e o gerador Hall interrompem a passagem do fluxo magnético, de modo que no citado gerador se estabelece uma variação do fluxo à medida que as placas vedam ou permitem a passagem das linhas magnéticas, o que determina uma variação deste fluxo e a presença de sinais. O entreferro (5) entre o íman (2) e o estator feito de materiais semicondutores (J) permanece nesta situação sempre completamente invariável, em contraposição ao que acontece nos delcos providos de efeito alternador, nos quais, recordamos, está submetido aos possíveis desajustamentos do eixo do distribuidor que movimenta a peça rotativa. A utilização do efeito Hall torna, neste aspecto, muito mais seguros os distribuidores que o incorporam.

FRASES

Na figura 55.7 da folha 7.18 temos um desenho que nos mostra como é na realidade este dispositivo. Aqui há que destacar, em primeiro lugar, a disposição do íman permanente (2) que está no gerador Hall (1). O rotor (3) está fixado ao eixo do distribuidor e gira movimentado por ele como nos delcos tradicionais o faz a came (excentríca). Nos extremos do rotor achamos quatro chapas (4) fazendo parte do corpo do mesmo (num motor de quatro cilindros) devidamente desaxadas de 90 graus. Como a seta indica, quando o eixo está em movimento, as placas vão-se interpondo entre 1 e 2, anulando-se assim o campo magnético entre o íman e o gerador Hall alternadamente. É neste momento que a tensão de Hall desaparece, dando lugar a um sinal que o circuito transistorizado elabora de modo que o resultado final seja a activação de transistor de potência para estabelecer o circuito eléctrico no enrolamento primário da bobina.



FOLHA 7.17

f.e.m
INDUZIDA

52.7

53.7

54.7

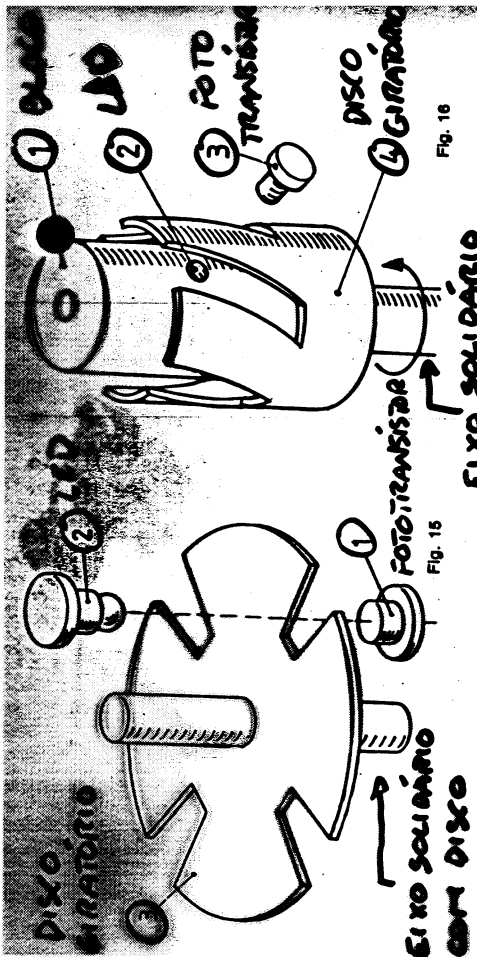


Figura 15. Sistema de gerar impulsos através da acção de uma fonte de luz (2) e um fototransistor (1). 3, disco giratório com placas.

Figura 16. Outro processo mecânico para obter impulsos de origem fotoeléctrica: 1, bloco fixo; 2, orifício na saída do raio de luz; 3, fototransistor; 4, disco giratório com placas.

Em-se impulsos que determinam o funcionamento do conjunto do bloco electrónico através de um circuito de amplificação.

Na figura 15 mostra-se um sistema mecânico passível de aplicação deste sistema. Dispõe-se do fototransistor (1) em frente da fonte de alimentação (2), que pode ser construído com um diodo LED, por exemplo. O aro giratório (3) vai junto ao eixo do distribuidor e apresenta tantas placas quantos cilindros possui o motor a que tem a fornecer faíscas para as velas. Evidentemente, ao rodar, as placas interrompem a passagem da luz para o fototransistor, de modo que este se torna condutor ou não condutor, de acordo com a posição das placas.

Outro sistema que procura o mesmo objectivo, se bem que utilizando um sistema mecânico diferente, é o que apresenta a figura 16. Aqui, a fonte de luz encontra-se no interior do bloco (1), que é fixo, e lança os seus raios através do orifício (2) sobre o fototransistor (3). Neste caso, a peça giratória está assinalada com o 4 e as suas placas interrompem a passagem da luz sucessivamente durante a rotação, sendo, caso contrário, a fonte do sinal ou impulso.

Um circuito que utiliza este sistema vai ser estudado com o auxílio da figura 17. Trata-se de um circuito electrónico totalmente transistorizado. O mais importante é, evidentemente, o sistema de captação dos impulsos gerados pelos fototransistor (F).

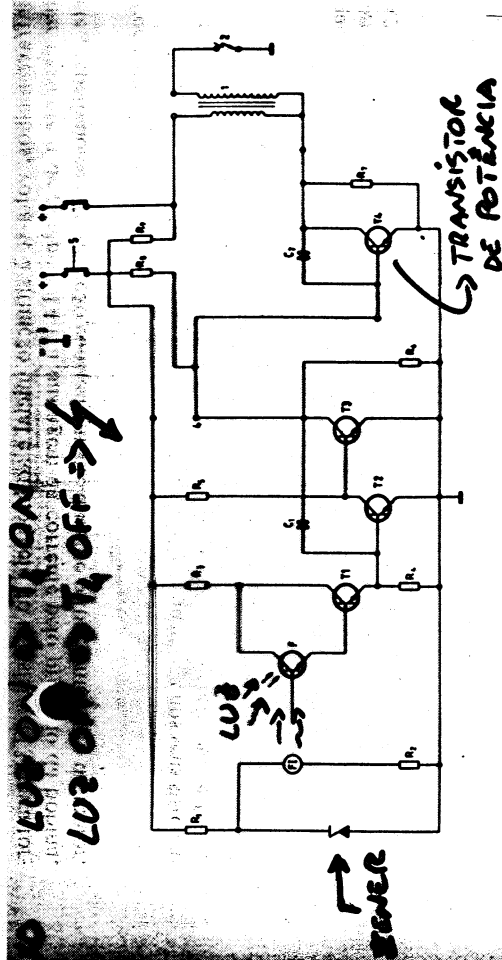


Figura 17. Esquema geral electrónico de funcionamento de uma ignição com gerador de impulsos à base de fototransistor: 1, bobina de ignição; 2, vela; 3, bornes de entrada da corrente procedente da rede; 4, borne de alimentação dos transistores T3 e T4; 5, comutador de contacto.

A corrente procedente do interruptor chega até à fonte de tensão infravermelha (FI) e esta luz permanente fica acesa com a devida protecção através das resistências R1 e R2 e o diodo Zener. A luz projecta-se sobre o fototransistor (F), fazendo com que este envie corrente positiva para a base do transistor T1, com o que este se torna condutor. Ao verificar-se esta circunstância, a base do transistor T2, alimenta-se com uma corrente positiva tornando-se ao mesmo tempo também condutor. No momento em que T2 conduz, a base de T3 torna-se negativa e, uma vez que se trata de um transistor do tipo NPN, este transistor (T3) fica bloqueado. Todo este conjunto amplificador fica aberto, isto é, não intervém no funcionamento do transistor de potência (T4), que actua recebendo corrente de base positiva através da resistência R8, tornando-se passante e permitindo, por sua vez, a passagem da corrente que circula pelo primário da bobina de ignição, tal como se vê na figura.

Quando a passagem dos raios infravermelhos se interrompem no captador de impulsos, bloqueia-se a base de T1, pelo que a base do transistor T2 se torna negativa através da resistência R4 e o transistor também fica bloqueado. No entanto, não acontece o mesmo com a base do transistor T3, que, pelo contrário, recebe corrente positiva na base através da resistência R5, de modo que se torna passante. Deste modo, a corrente positiva não ocorre à base do transistor de potência T4 através do borne 4 e fica bloqueado; a passagem da corrente pelo primário da bobina interrompe-se e produz-se a indução na bobina de ignição, que terá como resultado o salto da faísca

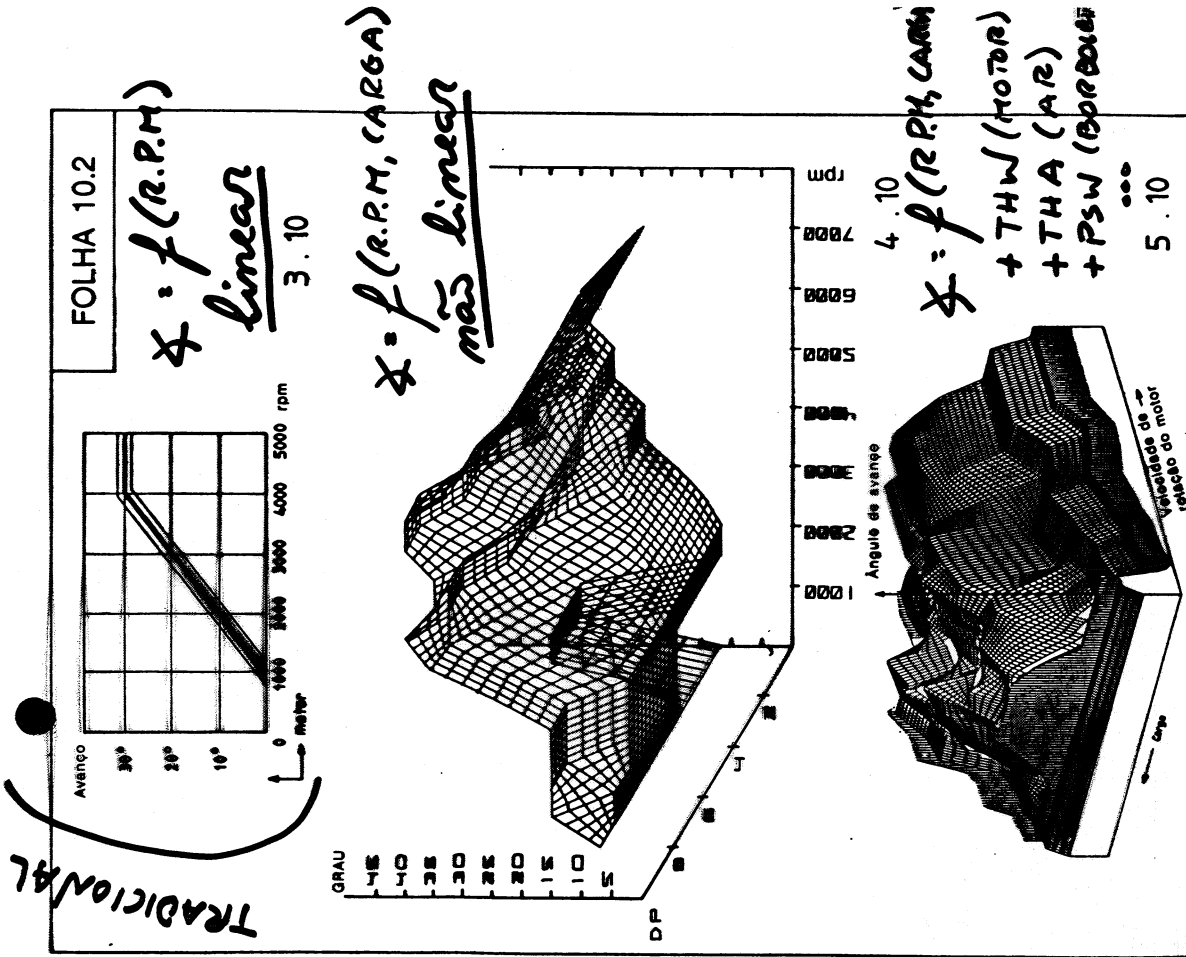
12 FONTE → NIVEL VICENTE, 'A ELECTRONICA DO AUTOMÓVEL', SANTARÉM, 1999. ISBN 972-707-012-4 223

Folha 10.2. O avanço da ignição integrada

Os avanços de ignição tradicionais, como, por exemplo, o centrífugo, são proporcionais à velocidade de rotação do eixo do daleco, quanto mais depressa gira este eixo, tanto mais se separam as massas centrífugas e tanto maior é o deslocamento da placa base que leva o rubor. Isto dá origem a uma curva como a que mostra a figura 3.10, em que se vê o comportamento linear do avanço. Este comportamento não corresponde à necessidade real do motor, visto que não basta rodar mais depressa para que o motor necessite de maior avanço, pois isso depende também do estado de carga a que está submetido o motor naquele momento. Tendo em conta este parâmetro, veremos que a curva de avanço de um motor pode ser tão irregular como se mostra na cartografia do computador da figura 4.10. Aqui, tendo em conta os parâmetros de depressão (ou carga) do motor e a sua velocidade de regime, podemos encontrar 512 situações diferentes em que o avanço da faísca a proporcionar ao motor deve ser diferente sem se relacionar com um ponto anterior ou posterior ao ponto escolhido para a prova, isto é, sem que se produza de uma maneira linear.

Os fabricantes de motores conseguem estas curvas depois de submeter o seu motor a provas exaustivas no banco de provas, tendo sempre em conta o maior rendimento do motor na situação medida. Desta forma, o avanço de ignição otimiza ao fazê-lo o avanço mecânico que conhecemos ou o de pressão. Cada um destes pontos obtidos são programados na memória do computador, a qual os guarda e aplica em cada momento, de acordo com as condições que lhe são transmitidas pelos sensores tanto de depressão (que lhe indica a carga) como o de regime de rotação, dando o circuito de comando uma ordem de atraso ou avanço da faísca conforme as condições expressas. Isto é o que fazem todas as ignições integradas.

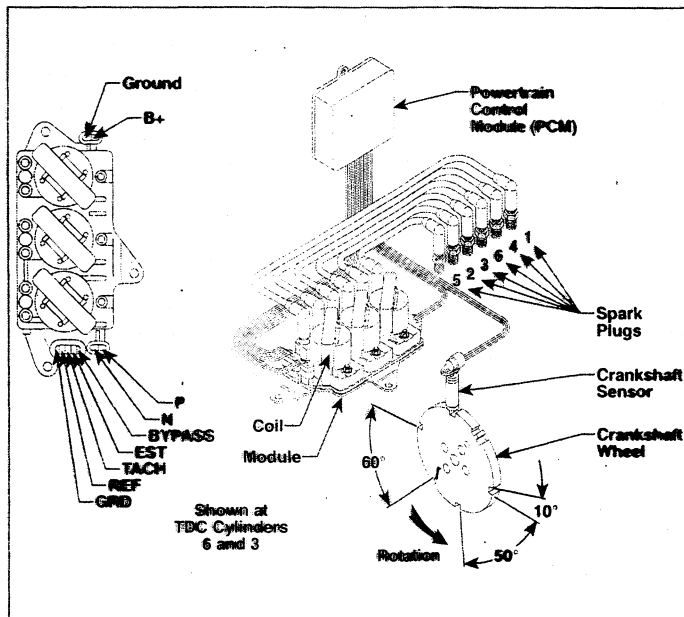
Na figura 5.10 apresentamos a cartografia complexa memorizada por um equipamento de ignição integral, tão completo como o Motronic da Bosch (o qual integra, além disso, o equipamento de injeção de gasolina). Nesta está, a memória da unidade eletrónica de controlo tem, além disso, um dispositivo ecrã de ordens recebidas para os avanços que são determinados por outros parâmetros como a temperatura do motor, a do ar de admissão e a posição da válvula de borboleta, dados que este equipamento maneja constantemente para o controlo da injeção de gasolina.



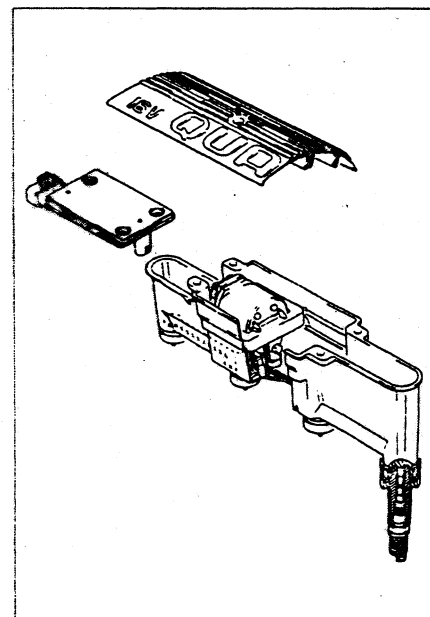
Direct Ignition Systems (DIS)

Types of Direct Ignition Systems

Full-Function (6) Cylinder DIS



Up-Integrated (4) Cylinder DIS



| Performance Characteristics | |
|-----------------------------|--|
| Nominal primary current | 9 A |
| Secondary output voltage | 37 kV into 50 pf load @ 9 A |
| Secondary rise time | 50 ms (10%-90% peak) into a 50 pf load |
| Secondary output energy | 65 mJ to an 800 V zener |
| Peak sec. current | 80 mA into 800 V zener |
| Spark duration | 2.5ms to an 800 V zener |

DELPHI

www.delphi.com

Energy & Chassis Systems
5820 Delphi Drive
Troy, Michigan 48098-2815
U.S.A.

Printed on Recycled Paper
©2002 Delphi Corporation. All rights reserved.
W-P&M-058-DEC02

DELPHI

Ignition

Direct Ignition Systems (DIS)

Description

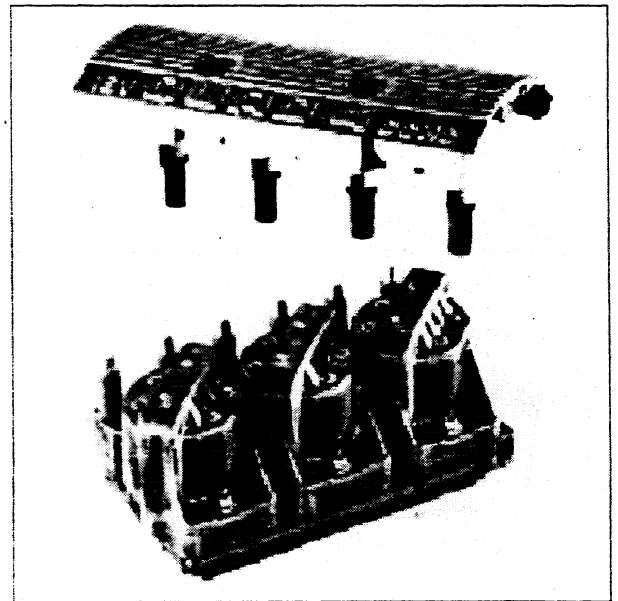
DIS is an electronic engine-sensing and spark control system that connects to the engine electrically, not mechanically. Unlike a distributor, it has no moving parts and does not require timing adjustment. A typical package includes one two-tower inductive coil for each cylinder pair, an ignition module, and a crankshaft and/or camshaft position sensor. The flexibility of DIS allows it to be mounted on or off the engine. DIS is compatible with today's most sophisticated engine management systems as well as simpler systems. It is available in full-function stand alone or up-integration configurations. A full-function direct ignition system has the ability to control its own timing without input from the powertrain control module (PCM). This safety feature allows for vehicle operation to a service center even with an inoperative PCM. The DIS module uses the sensor signal to determine crankshaft speed and position. It then interacts with the PCM in analyzing factors affecting engine performance in determining spark timing. DIS simplifies the engine interface circuitry of the PCM by buffering position sensor circuits, synchronizing coil firing to sensor outputs, and providing a simple crankshaft position reference for use by the PCM. Up-integration DIS partitions the electronics so the crankshaft speed and position information is processed by the PCM rather than the DIS ignition control module. This information, along with various other inputs, is used by the PCM to determine spark timing. This system is known as up-integrated because it relies on the PCM for timing signals.

Typical Applications

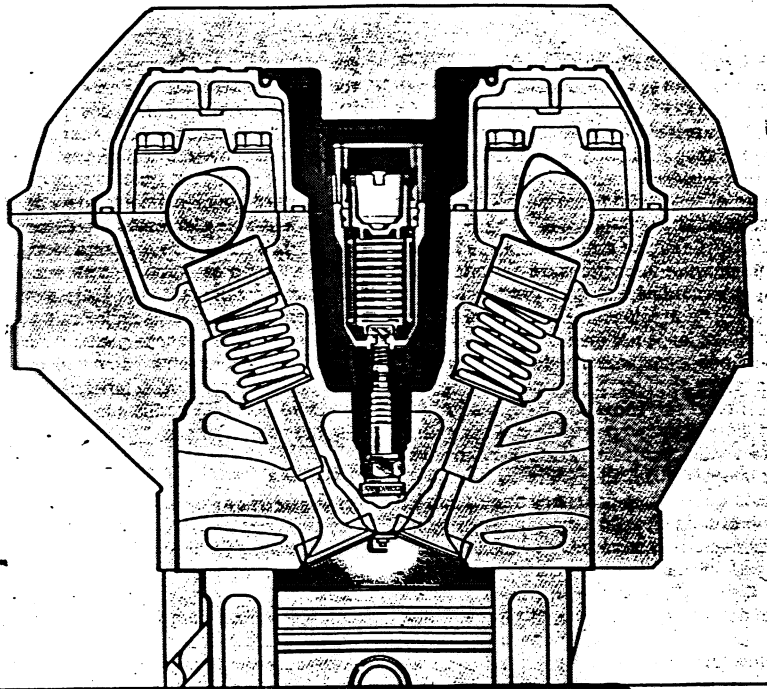
Four-, six-, and eight-cylinder engines.

Performance Advantages

Direct ignition systems never require timing to be adjusted and have no deterioration in performance due to mechanical wear.



| Features | Benefits |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| • Precise electronic spark timing | • Increased fuel economy |
| • Increased spark advance | • Better engine performance |
| • Lower RFI | • Less radio interference |
| • Reduced EMI sensitivity | • Less chance of misfire |



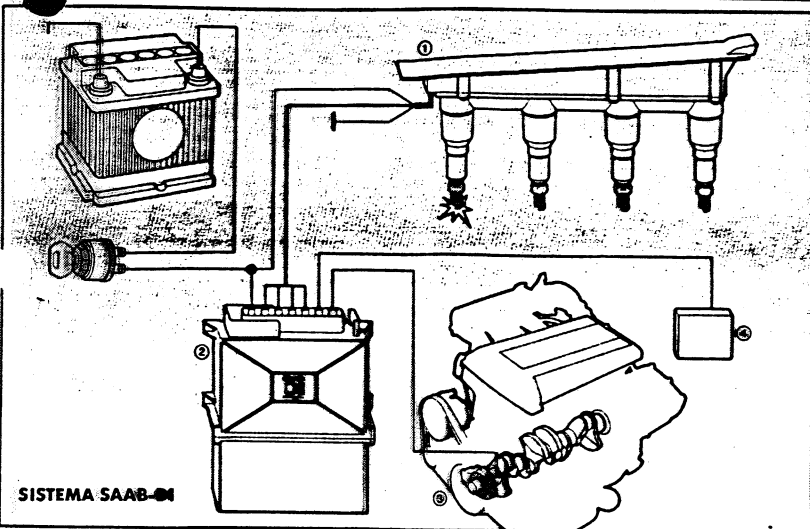
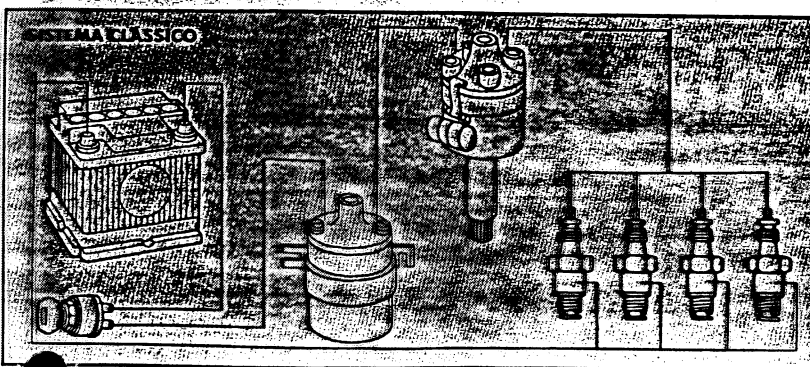
SISTEMA DE IGNIÇÃO DIRECTA (SAAB)

- CARACTERÍSTICAS**
1. IGNIÇÃO ELECTRÓNICA CAPACITIVA
 2. 1 BOBINA POR VELA
 3. FAÍSCAS MÚLTIPLAS NO ARRANQUE

VANTAGENS

1. $U_s \approx 40 \text{ kV}$
(CONVENCIONAL $\approx 20 \cdot 30 \text{ kV}$)
2. $\frac{dU_s}{dt} \approx 1 \mu\text{s}$
(CONVENCIONAL $\approx 20 \mu\text{s}$)
3. $> \text{R.P.M.}$
4. ÓPTIMO ARRANQUE A FRIO (ALGUNS S, -35°C)
5. ~~CABOS ALTA TENSÃO~~
 - PERDAS ~~ENERGIA ELEC.~~
 - RUÍDO ~~ELECTROMAGNET.~~

- ...
 (TODAS AS OUTRAS DAS IGNIÇÕES ELECTRÓNICAS CAPACITIVAS, SEM PLATINADOS NEM DISTRIBUIDOR)
- $> \text{POTÊNCIA}$
 - $< \text{CONSUMO}$ } **REND.**
 - FIABILIDADE
 - DURABILIDADE
 - SIMPLICIDADE
 - AUSÊNCIA MANUTENÇÃO



vido à maior intensidade dos arcos eléctricos que entre eles se iriam formar. Assim, optou-se pela utilização de transistores, cuja vantagem reside no facto de receberem uma pequena quantidade de corrente e poderem enviá-la muito ampliada para a bobina, de modo a permitir a produção de faíscas em qualquer altura que seja necessária.

-cilindricos de grandes performances. Neste sistema, a tensão gerada pela descarga do condensador no circuito primário é ampliada, através da bobina, obtendo-se no circuito secundário a requerida alta tensão. A grande vantagem deste sistema reside nas altas tensões que se conseguem obter em curtos períodos de tempo. No entanto, a

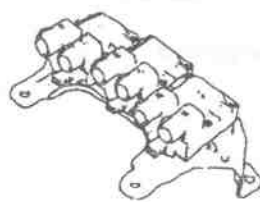
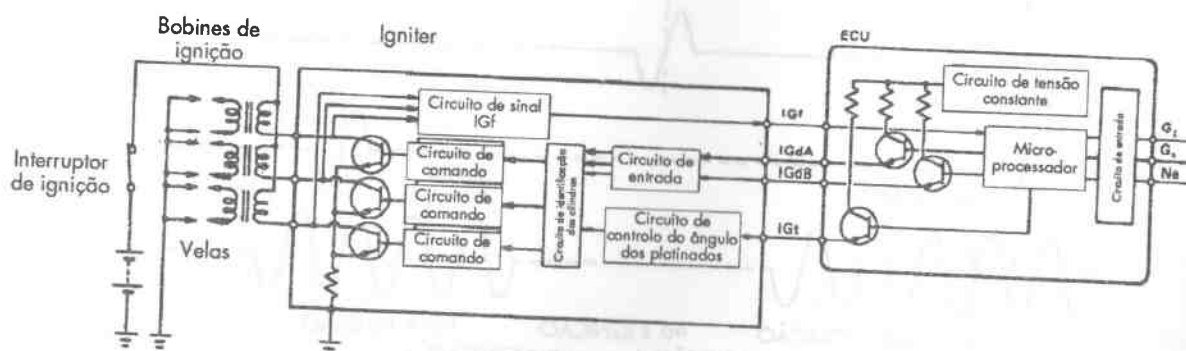
**HENRIQUE POQUE
 FONTE REVISIA TURBO**

SISTEMA DLI (Distributor-less Ignition - Ignição sem Distribuidor — motores 7M-GTE)

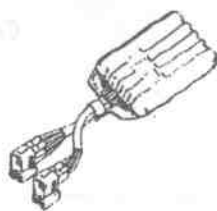
O DLI é um sistema electrónico de distribuição em que a corrente das bobinas de ignição alimenta directamente as velas.

No DLI, o **igniter** está ligado à ECU como mostra a figura. Há três bobinas de ignição: uma para os cilindros nº 1 e nº 6, uma para os cilindros nº 2 e nº 5, e uma para os cilindros nº 3 e nº 4. A ECU envia sinais de identificação de cilindro (IGdA, IGdB) e o sinal de ponto de ignição (IGf) para o **igniter**, de acordo com os sinais de ângulo da cambota (G1, G2, Ne) provenientes do sensor de posição da came, que detecta o ângulo da cambota. O **igniter** distribui a corrente primária às três bobinas, com base nestes sinais.

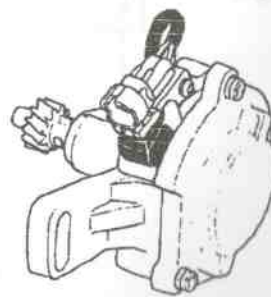
Assim, as velas dos cilindros nº 1 e nº 6 fazem saltar a faísca simultaneamente, assim como as dos cilindros nº 2 e nº 5, e as dos cilindros nº 3 e nº 4. Isto é, cada cilindro tem duas faíscas por ciclo.



BOBINES DE IGNIÇÃO



IGNITER



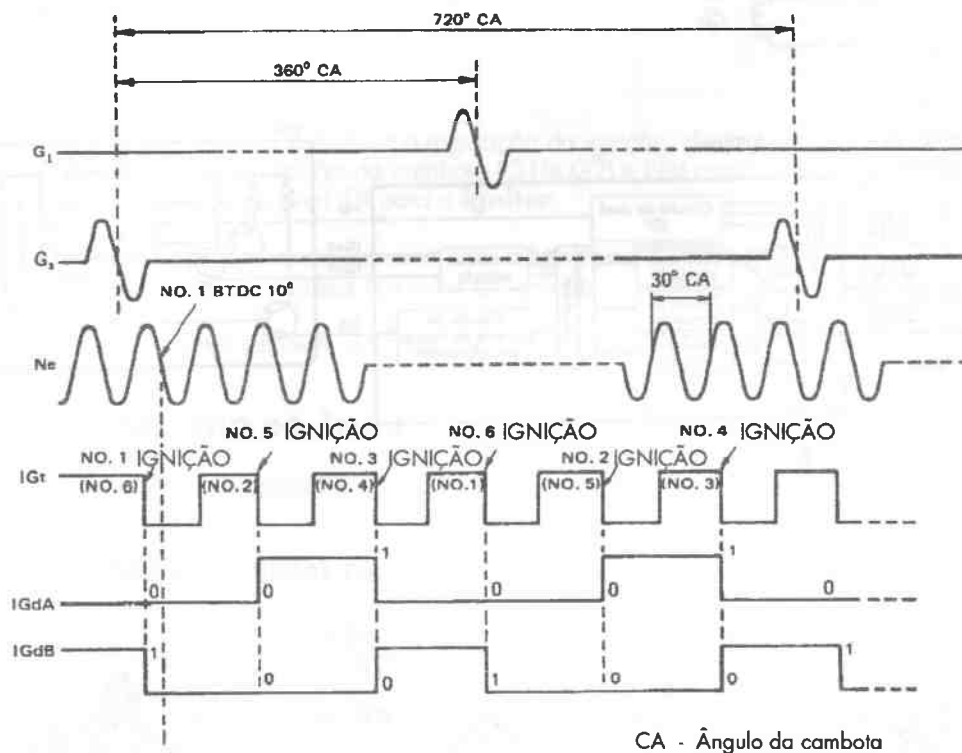
SENSOR DE POSIÇÃO DA CAME

Uma vez que o sinal IGt da ECU tem de ser distribuído às três bobinas, a ECU debita sinais de identificação dos cilindros (IGdA e IGdB). No quadro seguinte, apresenta-se o sincronismo dos diversos sinais.

O microprocessador é informado sobre quando o cilindro nº 1 está 10° APMS pelo primeiro sinal Ne que segue o G2, e debita os sinais IGdA e IGdB armazenados na memória, na combinação correspondente à ordem por que saltam as faíscas. O circuito de identificação do cilindro distribui então o sinal IGt ao circuito de controlo do transistor ligado à bobine de ignição, com base na combinação destes sinais. O ligar e o desligar dos sinais IGdA e IGdB está sincronizado com o sinal do TCCS.

— Nota —

Como as bobinas de ignição têm díodos de alta voltagem integrados no circuito secundário, a verificação de existência da continuidade não pode ser feita com um aparelho de teste vulgar.

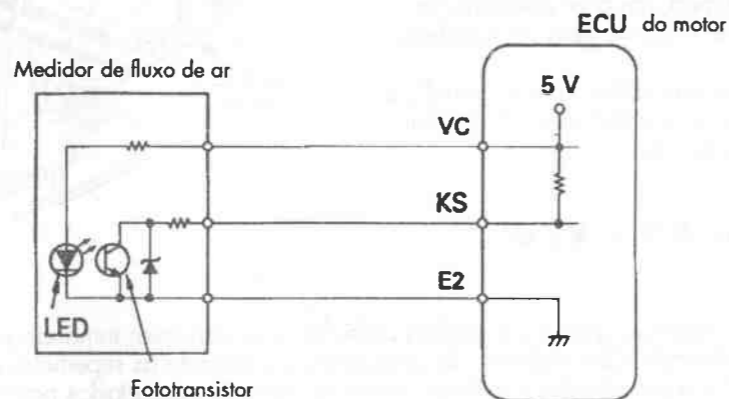


| IGNIÇÃO | SINAIS | IGdA | IGdB |
|--------------|-----------------|------|------|
| No. 1, No. 6 | (NO. 6) (NO. 1) | 0 | 1 |
| No. 5, No. 2 | (NO. 2) (NO. 5) | 0 | 0 |
| No. 3, No. 4 | (NO. 3) (NO. 4) | 1 | 0 |

— NOTA —

SE O CONECTOR ESTIVER DESLIGADO

A ECU avalia se o medidor de fluxo está avariado e acende a luz CHECK ENGINE. Ao mesmo tempo, as funções de segurança são acionadas, determinando a duração da injeção com base no ligar e desligar dos contactos IDL, mantendo assim o motor a rodar.



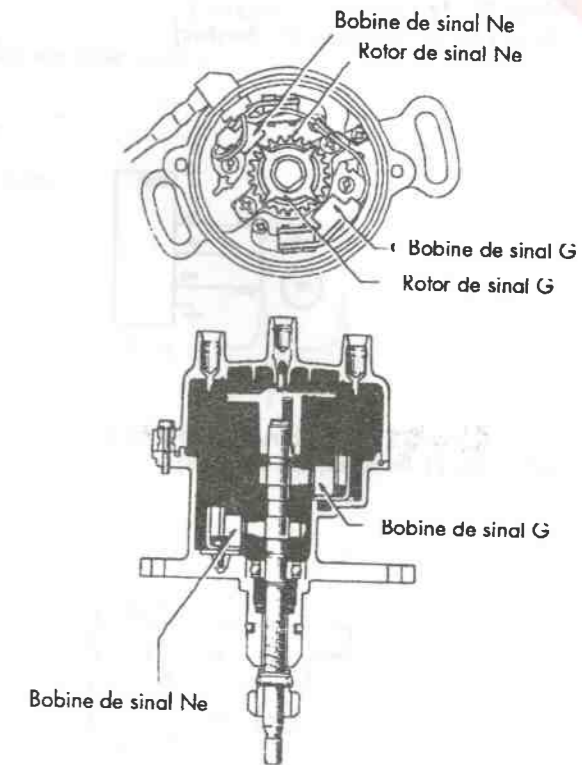
DISTRIBUIDOR (TCCS)

Num motor equipado com EFI convencional, o sinal de regime do motor é uma tensão primária gerada no terminal negativo da bobine de ignição. Por isso, o distribuidor e o computador do EFI não estão ligados.

No TCCS, um sensor de regime do motor e o sensor de ângulo da cambota (um ou os dois, conforme o motor) estão incorporados no distribuidor. Estes dois sensores são muito importantes, não só para o EFI, mas também para o ESA.

— Nota —

O avanço de vácuo e o mecanismo de avanço mecânico, incorporados no distribuidor convencional, não são utilizados no TCCS, uma vez que o avanço da ignição é controlado electronicamente pela ECU.



SENSOR DE ÂNGULO DA CAMBOTA E SENSOR DA ROTAÇÃO DO MOTOR

Sinal G (G1 e G2)

O sinal G informa o ECU sobre o ângulo de referência da cambota, utilizado para determinar o ponto de injeção e o ponto de ignição, relativamente ao PMS de cada cilindro.

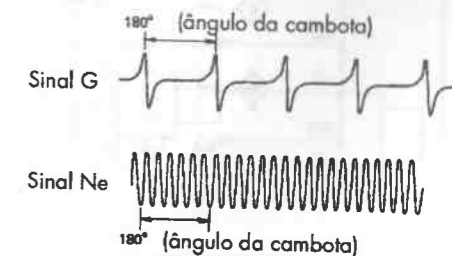
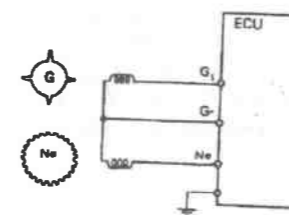
Sinal Ne

O sinal Ne é utilizado pela ECU para detectar o ângulo da cambota e o regime do motor. Serve para determinar a duração base da injeção e o ângulo base de avanço da ignição.

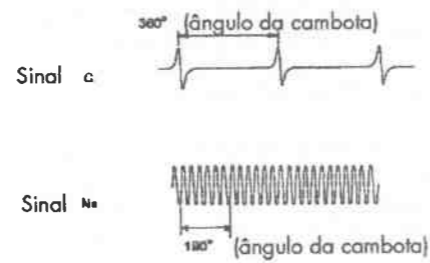
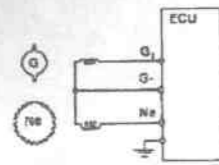
Estes sensores são formados por um rotor e uma bobine de captação de sinal. Os rotores estão fixos ao veio do distribuidor e as bobines à caixa do distribuidor. Quando os rotores giram, a bobine gera os sinais G e Ne.

O número de dentes do rotor e das bobines dependem do motor, como se indica abaixo.

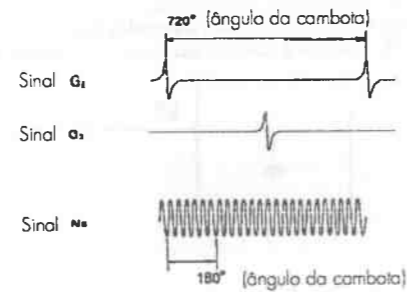
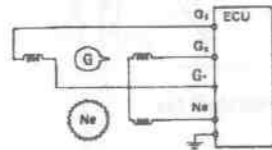
- a. Sinal G (1 bobine, 4 dentes)
- Sinal Ne (1 bobine, 24 dentes)



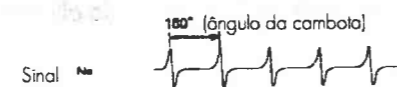
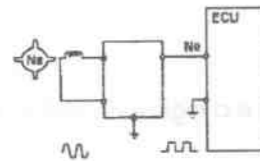
- b. Sinal G (1 bobine, 2 dentes)
Sinal Ne (1 bobine, 24 dentes)



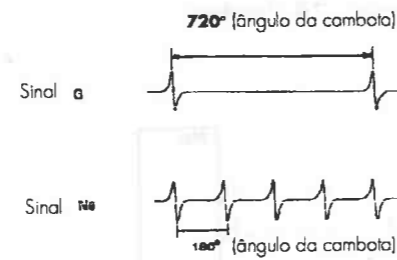
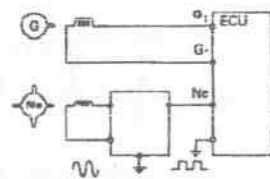
- c. Sinal G1 e G2 (2 bobines, 1 dente)
Sinal Ne (1 bobine, 24 dentes)



- d. Sinal Ne (1 bobine, 4 dentes)

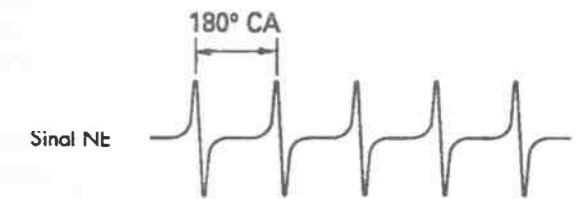
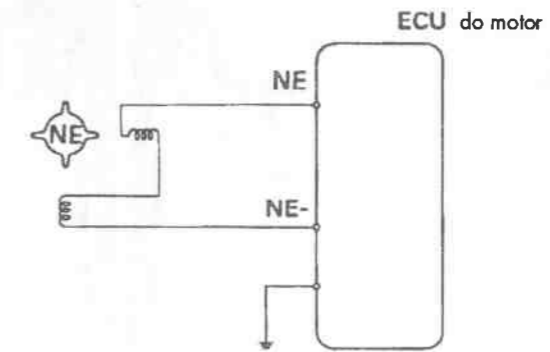


- e. Sinal G (1 bobine, 1 dente)
Sinal Ne (1 bobine, 4 dentes)



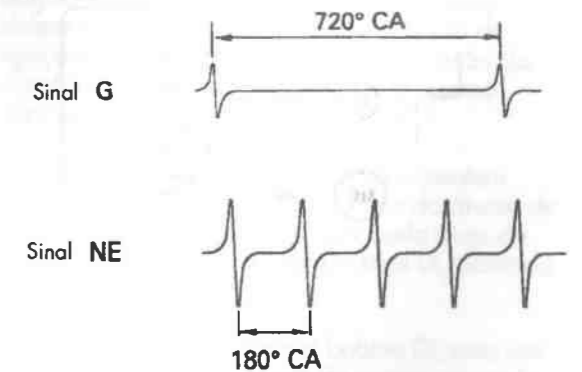
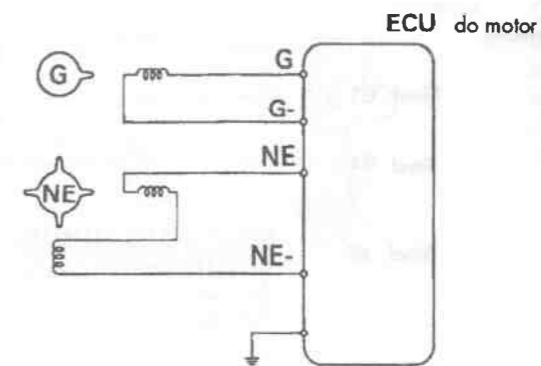
- f. Sinal Ne (2 bobines, 4 dentes)

Este tipo de circuito tem 2 bobines de sinal Ne ligadas em série, com a finalidade de evitar ruído no sinal Ne durante o funcionamento da bobine de ignição.



- g. Sinal G (1 bobine, 1 dente)
Sinal Ne (2 bobines, 4 dentes)

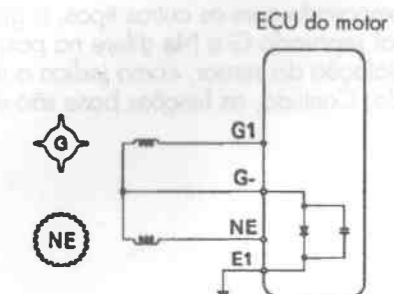
Este circuito também tem duas bobines de sinal Ne, com a mesma finalidade do circuito de (f).



REFERÊNCIA

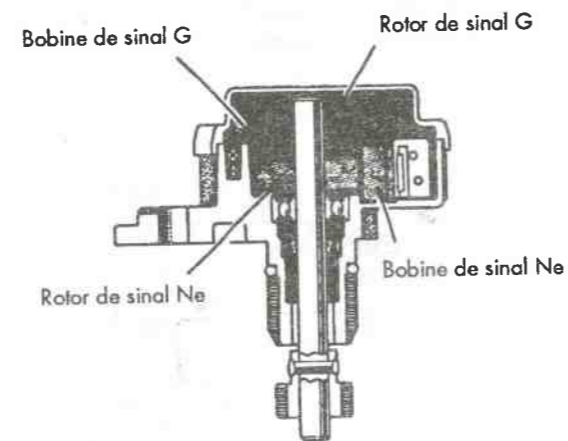
Consoante o modelo de motor, existem igualmente algumas ECU do motor nas quais o terminal G está ligado à massa através de um diodo.

Quando o diodo está incluído no circuito, obtém-se um valor de cerca de 0,7 V ao medir a tensão entre G- e E1.



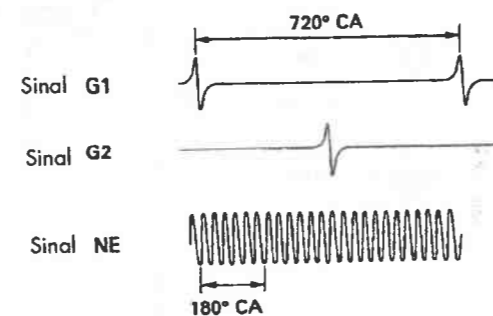
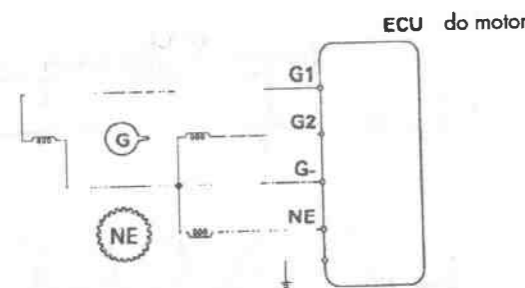
2. SENSOR DE POSIÇÃO DA CAME

A construção e funcionamento do sensor de posição da came são os mesmos que para o distribuidor, excepto no que se refere à eliminação do sistema de distribuição de tensão do distribuidor.



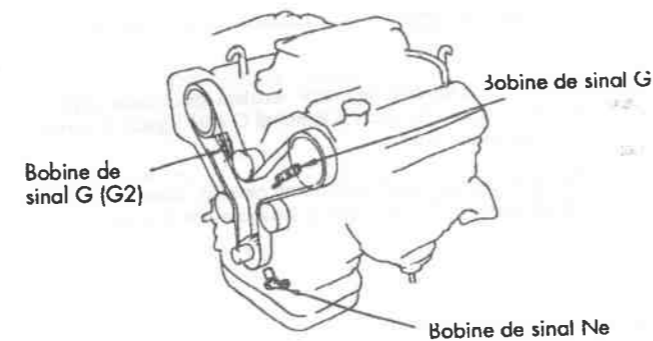
SINAIS G E Ne

Sinais G1 e G2 (2 bobines, 1 dente)
Sinal Ne (1 bobine, 24 dentes)

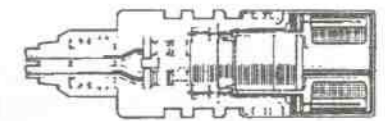


3 TIPO SEPARADO

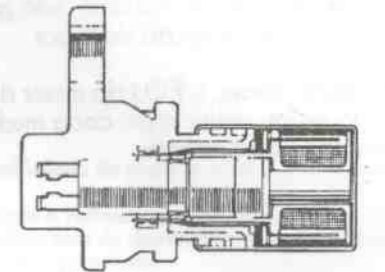
Comparado com os outros tipos, o gerador de sinal separado G e Ne difere na posição de instalação do sensor, como indica a ilustração ao lado. Contudo, as funções base são as mesmas.



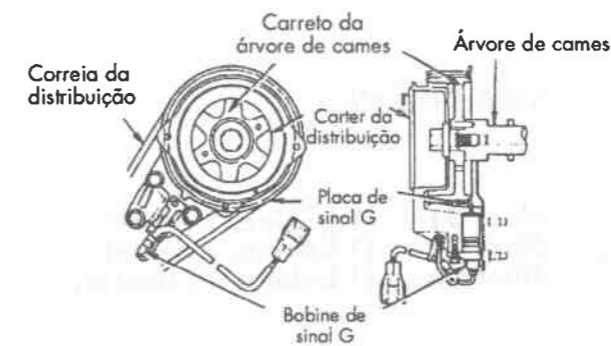
A rotação da polia de sinal G da árvore de cames e da polia de sinal NE da cambota altera a folga entre a(s) projecção(ões) da polia e da bobine G e da bobine Ne. A alteração na folga gera uma força electromotriz na bobine, o que provoca os sinais G e Ne.



BOBINE DE SINAL G



BOBINE DE SINAL Ne

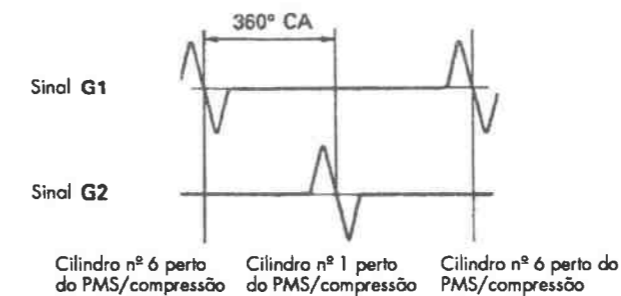


SINAL G

O sinal G1 informa a ECU do motor sobre o ângulo standard da cambota, utilizado para determinar o ponto de injeção e o ponto de ignição, relativamente ao PMS/compressão do cilindro nº 6. O sinal G2 transmite a mesma informação em relação ao cilindro nº 1.

Os sensores que geram estes sinais consistem numa placa de sinal, fixa ao carreto da árvore de cames e que roda uma volta por cada duas da cambota; e uma bobine para o sinal G, montada no corpo do distribuidor.

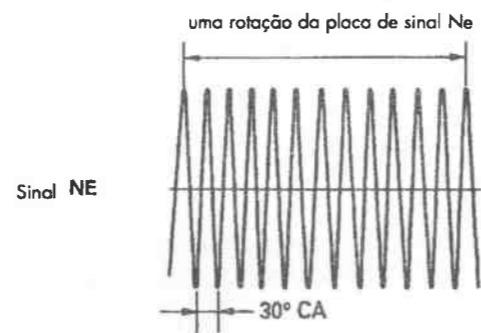
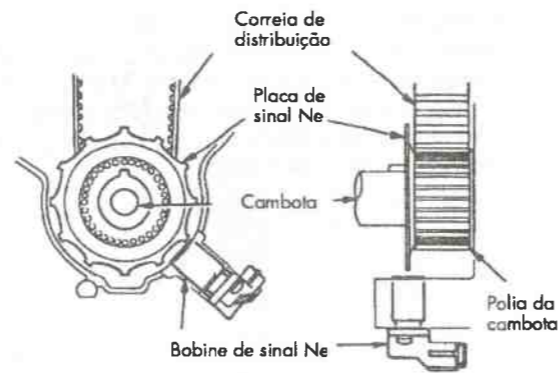
A placa de sinal G activa a bobine G, uma vez por cada rotação da árvore de cames, gerando ondas como as indicadas na tabela seguinte. A partir destes sinais, a ECU do motor detecta quando os pistões nº 1 e nº 6 estão próximos do seu PMS/compressão.



SINAL Ne

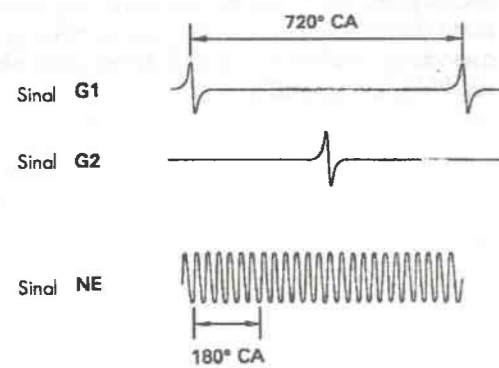
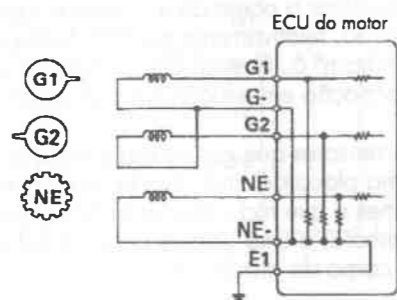
O sinal NE é utilizado pela ECU do motor para detectar o regime do motor. A ECU do motor determina a duração base da injeção e o ângulo de avanço base, com base nestes sinais. Os sinais Ne são gerados na bobine Ne pela placa de sinal Ne, como os sinais G. A única diferença é que a placa de sinal do sinal Ne tem 12 dentes, em lugar de apenas um. Portanto, são gerados 12 sinais Ne em cada rotação do motor.

A partir destes sinais, a ECU do motor detecta o regime do motor, assim como cada mudança de 30° no ângulo da cambota.



SINAIS G E Ne

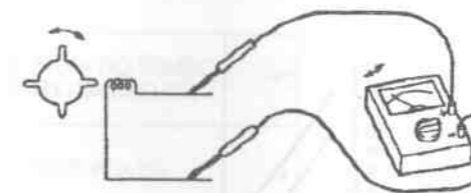
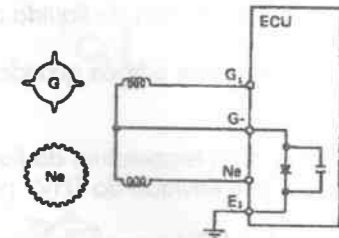
Sinal G1 (1 bobine, 1 dente)
 Sinal G2 (1 bobine, 1 dente)
 Sinal Ne (1 bobine, 12 dentes)



REFERÊNCIA

1. Consoante o motor, há também ECU'S em que o terminal G- está ligado à massa através de um diodo.

Quando o diodo está incluído no circuito, obtém-se uma leitura de cerca de 0,7 V, ao medir a tensão entre G e E1



2. Verificação de sinais G e Ne com volímetro

Ajuste o volímetro para a escala menor. Quando roda o veio do distribuidor, a agulha do volímetro oscila ligeiramente.

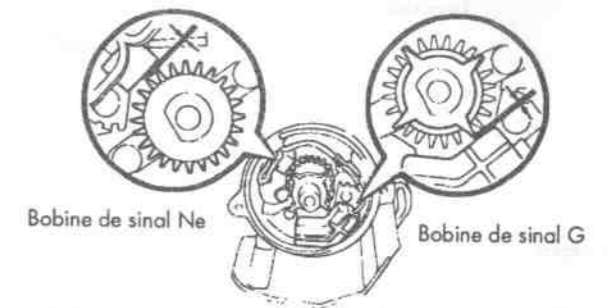
Prática

1. Verifique a folga nas bobinas G e Ne

Folga - 0,2 ~ 0,4mm

2. Verifique a resistência das bobines

G - G 140 ~ 180 ohm
Ne - G- 140 ~ 180 ohm

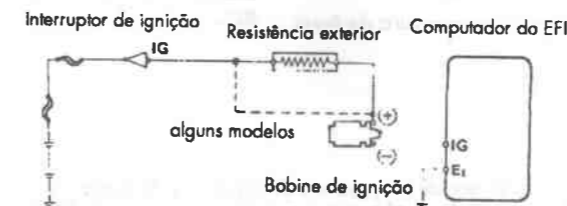


NOTAS

1. As bobines não são fornecidas separadamente.
2. Não desaperte os parafusos de fixação das bobines

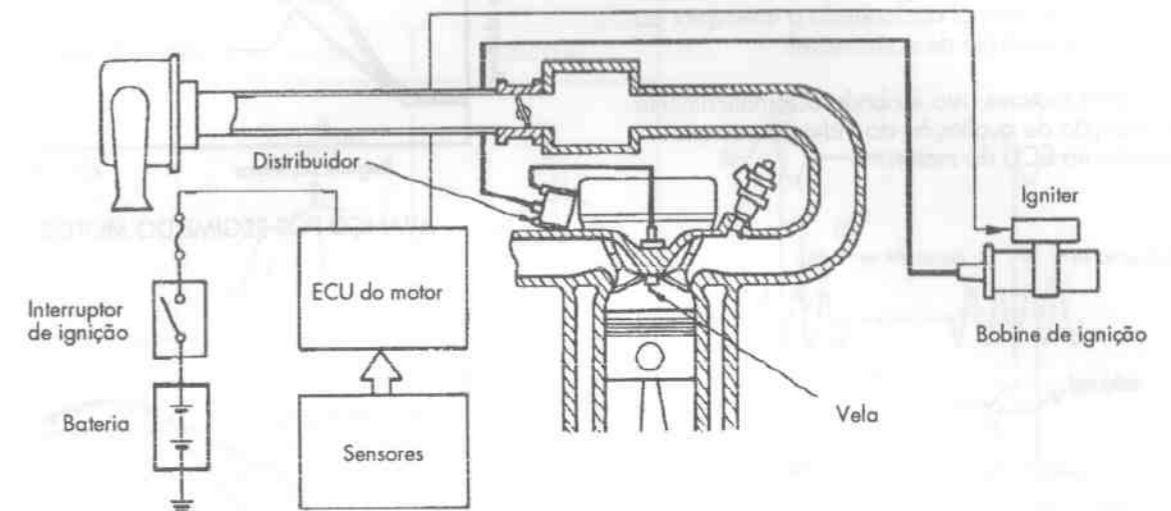
BOBINE DE IGNIÇÃO (EFI convencional)

Num motor equipado com EFI convencional, a tensão primária gerada no terminal (-) da bobine de ignição age da mesma forma que o sinal do regime do motor. Este sinal é um dos mais importantes no sistema EFI. As ligações entre a bobine de ignição e o computador são as indicadas.



GERAL

O sistema ESA (Avanço Electrónico da Ignição) é um sistema no qual a ECU (ao contrário de um avanço mecânico) controla o ponto de ignição do sistema.



1. PONTO DE IGNIÇÃO E CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO DO MOTOR

A fim de maximizar o rendimento de saída do motor, a mistura ar/gasolina pode ser inflamada quando ocorre a pressão máxima de combustão, isto é, cerca de 10° depois do PMS (ponto morto superior).

Contudo, o momento de ignição da mistura ar/gasolina para desenvolvimento da pressão máxima de combustão varia em função do regime do motor e da pressão no colector; a ignição deve ocorrer mais cedo quando a velocidade do motor é mais elevada, e mais tarde quando o regime é mais baixo. No EFI convencional, o ponto é avançado ou atrasado por um regulador existente no distribuidor.

Além disso, a ignição deve também ser avançada quando a pressão no colector é baixa (isto é, com um vácuo forte). No EFI convencional, isto é conseguido pelo avanço de vácuo do distribuidor. Contudo, o ponto óptimo de ignição é também afectado por outros factores, além do regime do motor e do volume de ar admitido, como a forma da câmara de combustão, a temperatura no seu interior, etc. Por esta razão, o regulador e os avanços de vácuo não podem proporcionar o ponto ideal de ignição para o motor. No sistema ESA, o motor obtém características quase ideais de ponto de ignição.

O ESA trabalha do seguinte modo: a ECU determina o ponto de ignição a partir da sua memória interna, que contém os dados ideais de ponto de ignição para cada condição de funcionamento e, em seguida, envia o sinal de ignição adequado ao **igniter**.

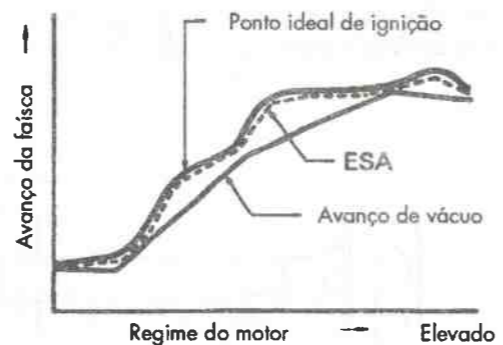
Como o ESA assegura sempre o ponto ideal de ignição, tanto a eficiência de alimentação como a potência do motor se mantêm a níveis óptimos.

2. PONTO DE IGNIÇÃO E QUALIDADE DO COMBUSTÍVEL

Em alguns motores, estão armazenados dois padrões de avanço da ignição, em função do índice de octanas da gasolina (normal ou super).

O padrão do ponto de ignição pode ser alterado para gasolina normal accionando o interruptor ou conector de controlo de combustível.

Em alguns motores, isto é obtido automaticamente pela função de avaliação do índice de octanas, existente na ECU do motor.



AVANÇO POR REGIME DO MOTOR



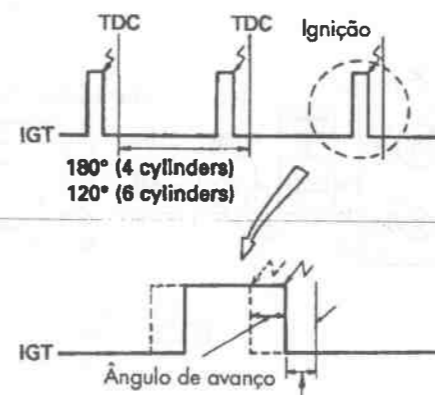
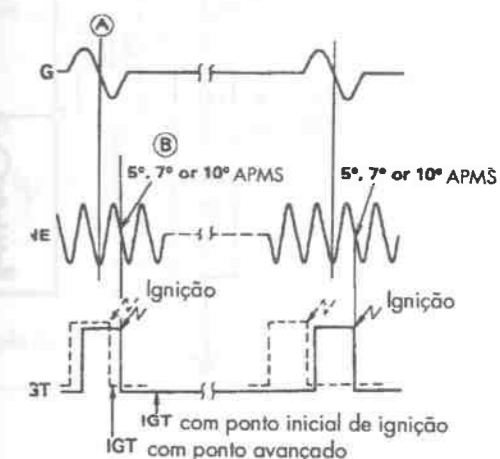
AVANÇO POR VÁCUO

AVALIAÇÃO DO ÂNGULO DA CAMBOTA (ÂNGULO INICIAL DE PONTO DE IGNIÇÃO)

A ECU avalia que a cambota atingiu 6°, 7° ou 10° APMS (conforme o modelo do motor) quando recebe o primeiro sinal NE (ponto [B] na ilustração abaixo) seguinte a um sinal G (ponto [A]).

Este ângulo é conhecido como ângulo inicial de ponto de ignição.

| ROTOR DE PONTO | PONTO (A) | PONTO (B) |
|--|-----------|-----------|
| ROTOR DE SINAL G E BOBINE DE SINAL G | | |
| ROTOR DE SINAL Ne E BOBINE DE SINAL Ne | | |



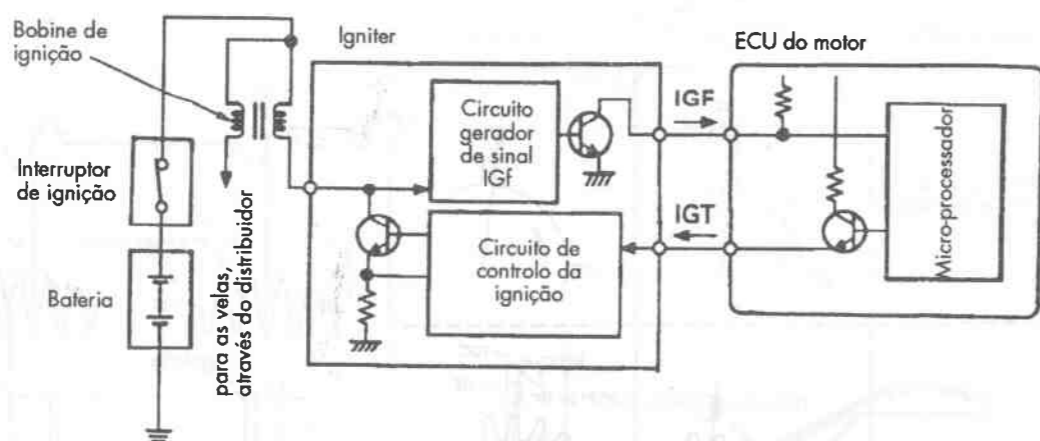
Ponto inicial de ignição de 5°, 7° ou 10° APMS (consoante modelo de motor)

SINAL IGT (PONTO DE IGNIÇÃO)

A ECU do motor envia um sinal IGT ao igniter, com base em sinais de cada sensor, de modo a conseguir um ponto óptimo de ignição. Este sinal IGT liga exactamente antes do ponto de ignição calculado pelo microprocessador e, em seguida, desliga. A vela de ignição emite faísca quando o sinal cessa.

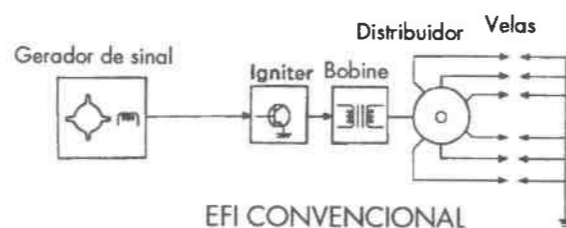
SINAL IGF (CONFIRMAÇÃO DE IGNIÇÃO)

A força contra-electromotriz gerada quando a corrente primária é interrompida leva este circuito a enviar um sinal IGF à ECU, que detecta, através dele, se realmente ocorreu a ignição, ou não. O sinal é utilizado para diagnóstico e para funções de segurança.

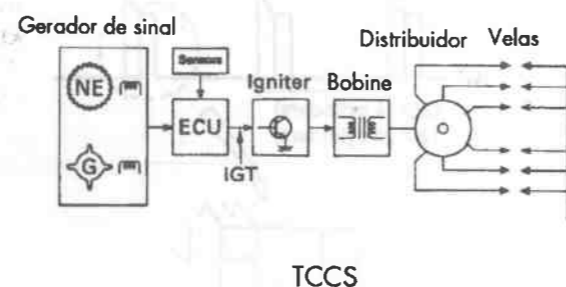


CIRCUITO DE IGNIÇÃO

O funcionamento do sistema de ignição no TCCS é basicamente o mesmo que o convencional EFI, excepto no que toca ao facto de que, no segundo, o **igniter** é ligado e desligado directamente pelo gerador de sinais.



No TCCS, os sinais provenientes do gerador de sinais passam em primeiro lugar pelo ECU, antes de se dirigirem ao **igniter**. Os tipos de sistema de ignição no TCCS podem ser distintos a partir do método usado para distribuir corrente às velas: ou pelo forma convencional, em que o distribuidor é utilizado, ou DLI (ignição sem distribuidor), em que não é utilizado um distribuidor.



Nesta secção, será explicado o funcionamento de ambos os sistemas.

1. CIRCUITO DE IGNIÇÃO CONVENCIONAL PARA TCCS

O micro-processador existente na ECU determina o ponto de ignição com base nos sinais G (G1 e G2) e NE, assim como nos sinais provenientes de cada sensor. Depois de determinar o ponto de ignição, a ECU envia o sinal IGT ao **igniter**.

Quando o sinal IGT desliga, desliga também o transistor Tr2 existente no **igniter**. Em consequência, a corrente primária da bobine de ignição é interrompida, levando a gerar uma tensão elevada (cerca de 20 a 35 kV) pela bobine secundária da bobine de ignição. Por seu lado, isto leva as faíscas a ser emitidas pelas velas.

O **igniter** incorpora os seguintes circuitos, a fim de proporcionar uma tensão secundária estável e a garantir a fiabilidade do sistema.

CIRCUITO DE CONTROLO DOS ÂNGULOS DOS PLATINADOS

Este circuito controla o período de tempo durante o qual Tr2 está ligado, a fim de assegurar a tensão secundária correcta.

REFERÊNCIA

Em alguns motores, é fornecido na ECU um circuito de controlo do ângulo dos platinaados.

CIRCUITO GERADOR DE SINAL IGF

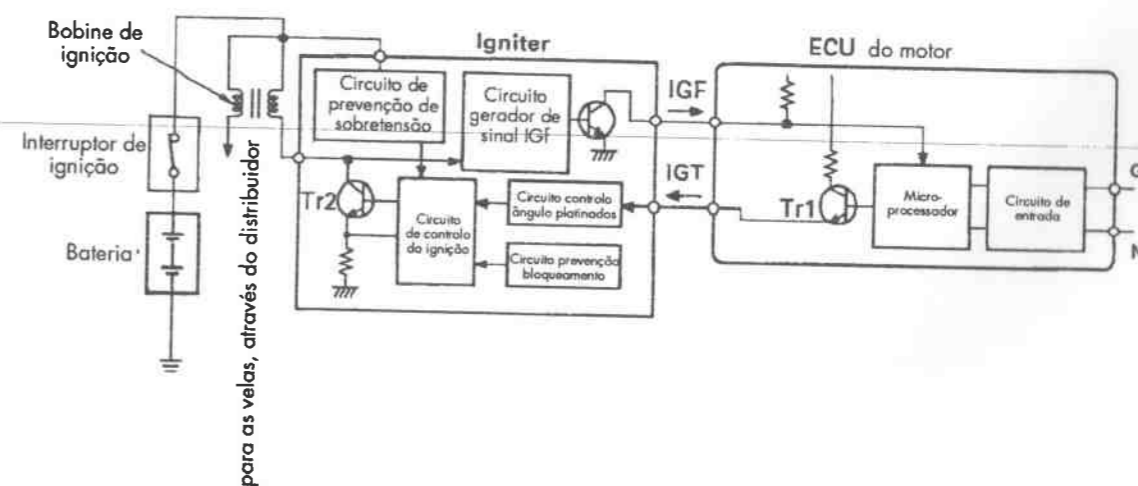
Este circuito gera o sinal IGF e envia-o à ECU.

CIRCUITO DE PREVENÇÃO DE LONGO PERÍODO DE EXPOSIÇÃO

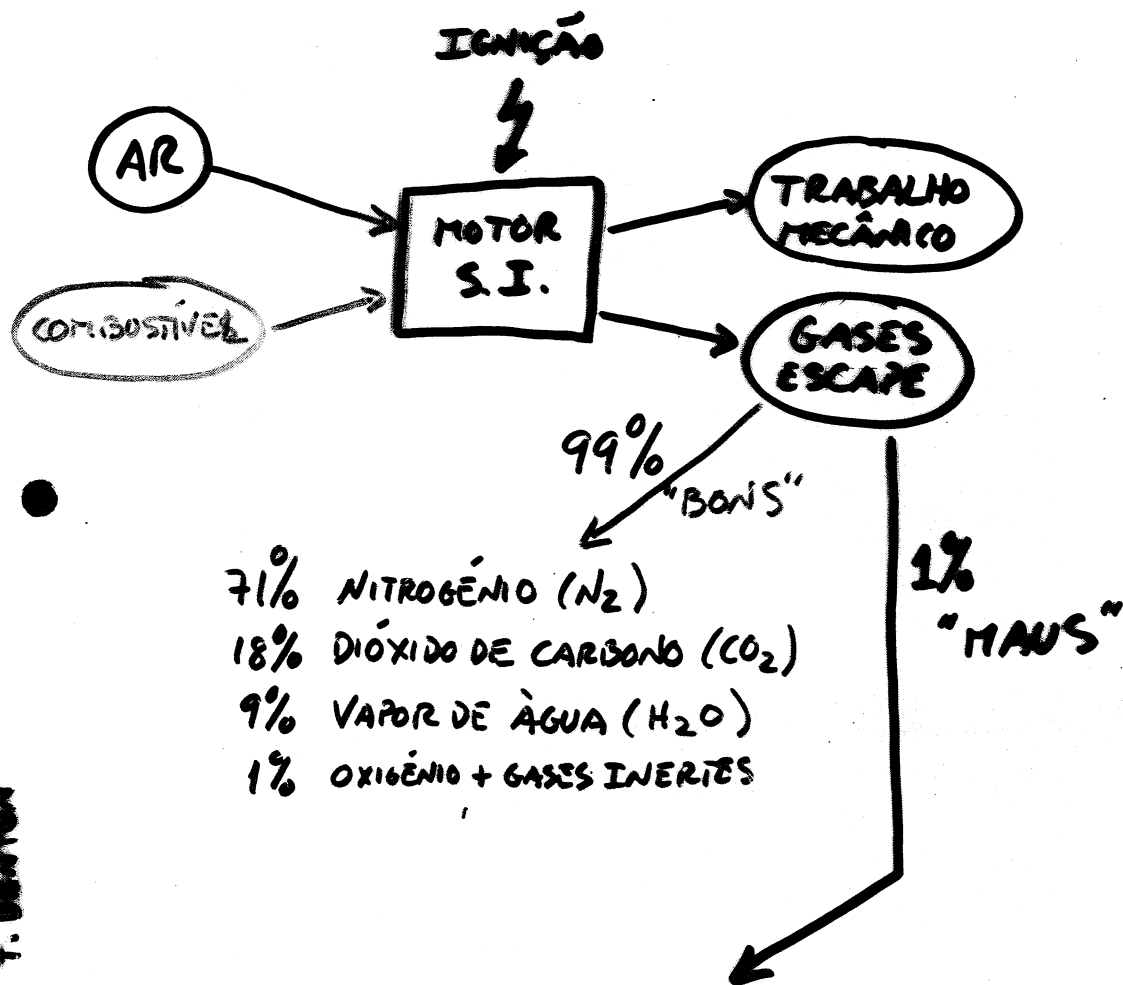
Este circuito força Tr2 a desligar se a corrente fluir continuamente durante um período mais longo que o valor pré-determinado, a fim de proteger a bobine de ignição Tr2.

CIRCUITO DE PREVENÇÃO DE SOBRETENSÃO

Este circuito força Tr2 a apagar se a tensão de alimentação se tornar muito elevada, a fim de proteger Tr2 e a bobine de ignição.



SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO DE COMBUSTÍVEL (MOTOR S.I.)



PROF. F. BASTOS

TÊM DE SER MINIMIZADOS

- ↳ AMBIENTE
- ↳ LIMITES LEGAIS (I. P. O.)

PARA REDUZIR EMISSÕES NOCIVAS É NECESSÁRIO:

- RELAÇÃO AR/COMBUSTÍVEL PRÓXIMA DA IDEAL → RELAÇÃO ESTEQUIOMÉTRICA
- UTILIZAÇÃO DE CATALIZADORES DE 3 VIAS

MISTURA AR/COMBUSTÍVEL

● MOTOR S.I. REQUER UMA DETERMINADA RELAÇÃO AR/COMBUSTÍVEL, PARA FUNCIONAR

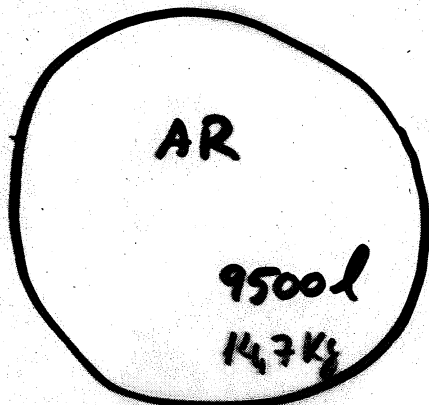
● ESTA RELAÇÃO INFLUENCIA:

- POTÊNCIA DO MOTOR
- CONSUMO DE COMBUSTÍVEL
- EMIÇÃO DE GASES POLUENTES

RELAÇÃO ESTEQUIOMÉTRICA

RELAÇÃO AR/COMBUSTÍVEL IDEAL (TEORICAMENTE)

- GARANTE COMBUSTÃO COMPLETA
- MINIMO DE COMBUSTÍVEL
(TODO O COMBUSTÍVEL É QUEIMADO USANDO TODO O OXIGÊNIO NO AR)
- MÁXIMO RENDIMENTO DO CATALISADOR DE 3 VIAS



PARA 1l
1kg COMBUSTÍVEL

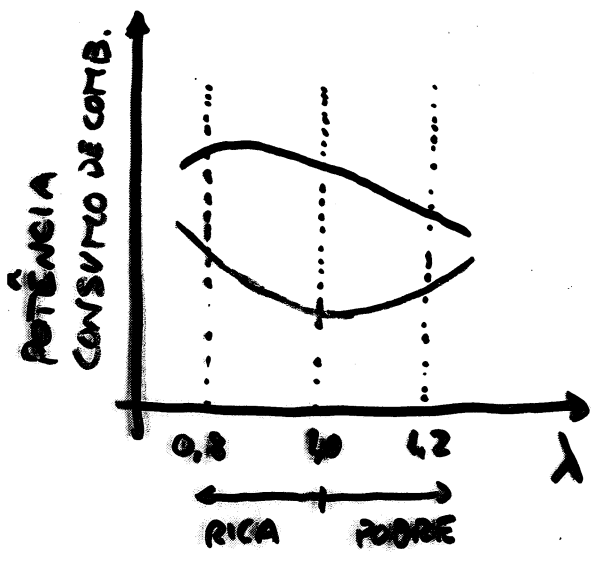
RELAÇÃO DE MASSA → 14,7:1

RELAÇÃO DE VOLUME → 9500:1

SEMPRE QUE POSSÍVEL, O MOTOR DEVE FUNCIONAR COM UMA RELAÇÃO ESTEQUIOMÉTRICA

MAS ESTA RELAÇÃO DEVE/TEM DE SER CORRIGIDA EM CERTAS CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO DO MOTOR

| | | | |
|---|--------------------|-------------------|----------------------|
| ● | ARRANQUE (A FRIO) | 1-5:1 | ↑ MISTURA "RICA" |
| | PÓS-ARRANQUE | 7-10:1 | |
| | AQUECIMENTO | 11-14:1 | |
| | CARGA PARCIAL | 14-15:1 | ↓ MISTURA "POBRE" |
| | CARGA TOTAL | 12-13:1 | |
| | DESACELERAÇÃO | CORTE COMBUSTÍVEL | |
| ● | ALTITUDES ELEVADAS | MENOR DENSIDADE | |



FACTOR LAMBDA

$$\lambda = \frac{\text{MASSA DE AR FORNECIDA}}{\text{MASSA TEORICAMENTE NECESSÁRIA}}$$

- $\lambda = 1 \rightarrow$ RELAÇÃO ESTEQUIOMÉTRICA
- $\lambda < 1 \rightarrow$ FALTA DE AR \rightarrow MISTURA RICA
- $\lambda > 1 \rightarrow$ EXCESSO DE AR \rightarrow MISTURA POBRE

NORMALMENTE

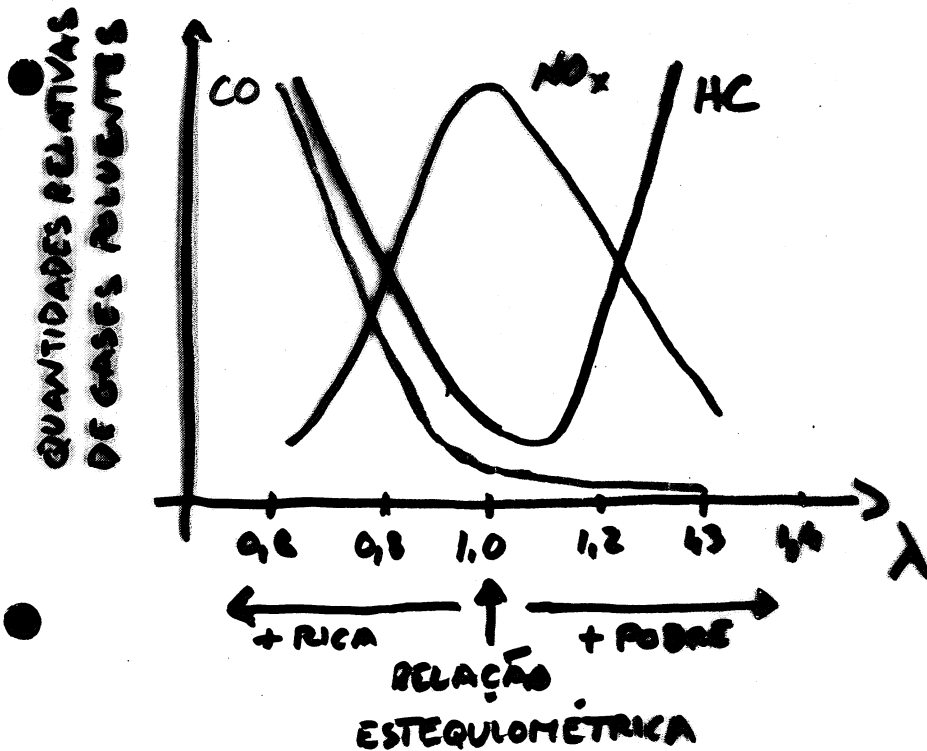
$$0,9 < \lambda < 1,5$$

(MOTORES DE INJEÇÃO INDIRECTA)

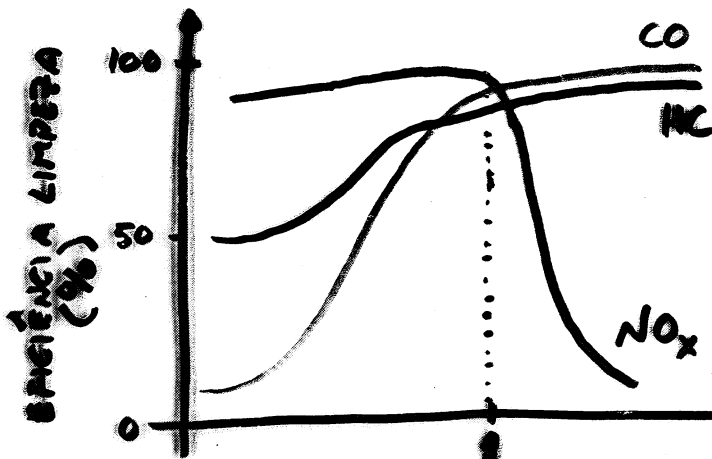
MAS

λ PODE ATINGIR O VALOR 1 (INJEÇÃO DIRECTA)

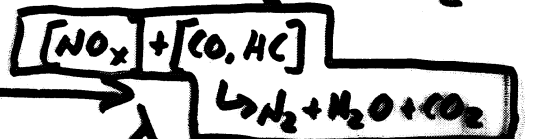
EFEITO DA RELAÇÃO AR/COMBUSTÍVEL NAS EMISSÕES DE GASES POLUENTES



EFICIÊNCIA NA "LIMPEZA" DOS GASES POLUENTES DE UM CONVERTOR CATALÍTICO DE 3 VIAS



$\lambda = 1 \Rightarrow \approx 98\%$
EFICIÊNCIA



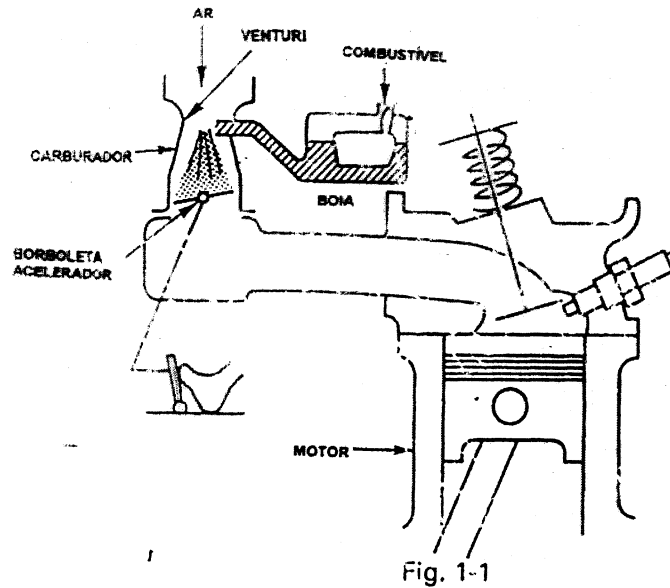
CAPÍTULO 1. QUAIS SÃO AS DIFERENÇAS ENTRE OS SISTEMAS DE CARBURADOR E OS SISTEMAS DE CONTROLO ELECTRÓNICO DA INJEÇÃO (ECI)?

1. QUAIS SÃO AS DIFERENÇAS ENTRE O SISTEMA DE CARBURADOR E OS SISTEMAS DE CONTROLO ELECTRÓNICO DA INJEÇÃO (ECI)?



Carburador

A pressão negativa produzida no venturi pelo fluxo de ar suga o combustível para a passagem de admissão antes da borboleta.



ECI

Em resposta ao sinal eléctrico do computador, a válvula de injeção (injector) injecta uma quantidade exacta de combustível no colector de admissão.

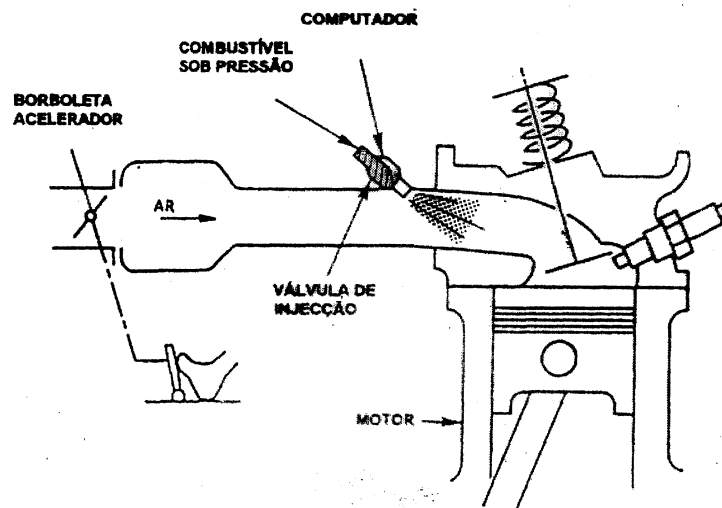


Fig. 1-2

FONTE: MITSUBISHI MPI

É PORTANTO FUNDAMENTAL QUE O MOTOR SI
FUNCIONE COM $\lambda \approx 1$, PARA MINIMIZAR GASES POLUENTES



MEDIR MASSA/VOLUME
DE AR ADMITIDO

COM > EXACTIDÃO
POSSÍVEL

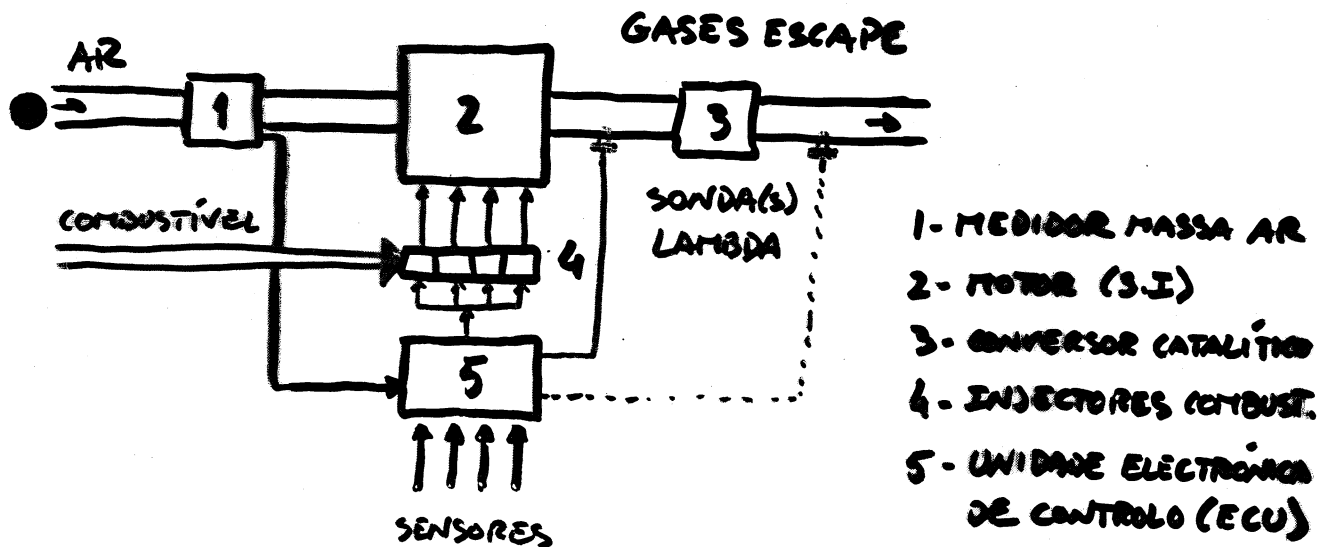
+

ADICIONAR QUANTIDADE
DE COMBUSTÍVEL CORRECTA

COM > EXACTIDÃO
POSSÍVEL
DE FORMA HOMOGÉNEA

É POR ESTA RAZÃO QUE A ALIMENTAÇÃO POR
CARBURADOR FOI SUBSTITUÍDA PELOS SISTEMAS DE

INJECCÃO ELECTRÓNICA



A SONDA LAMBDA (OU SENSOR DE OXIGÉNIO) MEDE A QUANTIDADE DE OXIGÉNIO EXISTENTE NOS GASES DE ESCAPE, PERMITINDO À ECU O AJUSTE DA QUANTIDADE DE COMBUSTÍVEL INJECTADA (CONTROLO EM MALHA FECHADA)

Advantages of EFI

Uniform Air/Fuel Mixture Distribution

Each cylinder has its own injector which delivers fuel directly to the intake valve. This eliminates the need for fuel to travel through the intake manifold, improving cylinder to cylinder distribution.

Highly Accurate Air/Fuel Ratio Control Throughout All Engine Operating Conditions

EFI supplies a continuously accurate air/fuel ratio to the engine no matter what operating conditions are encountered. This provides better driveability, fuel economy, and emissions control.

Superior Throttle Response and Power

By delivering fuel directly at the back of the intake valve, the intake manifold design can be optimized to improve air velocity at the intake valve. This improves torque and throttle response.

Excellent Fuel Economy With Improved Emissions Control

Cold engine and wide open throttle enrichment can be reduced with an EFI engine because fuel puddling in the intake manifold is not a problem. This results in better overall fuel economy and improved emissions control.

Improved Cold Engine Startability and Operation

The combination of better fuel atomization and injection directly at the intake valve improves ability to start and run a cold engine.

Simpler Mechanics, Reduced Adjustment Sensitivity

The EFI system does not rely on any major adjustments for cold enrichment or fuel metering. Because the system is mechanically simple, maintenance requirements are reduced.

©B7F EIALEK FVAGUAGE=BCT

©B7F SEL DENSIILY=3

©B7F SEL IMAGEADAPT=VU10

ESOGU110M=200

SISTEMAS DE INJEÇÃO PARA MOTORES S.I.

• INDIRECTA (OU EXTERNA)

MISTURA AR/COMBUSTÍVEL FAZ-SE NA
CÂMARA DE ADMISSÃO

TIPOS

• MONO-PONTO (SINGLE-POINT INJECTION - **SPI**)

1 ÚNICO INJECTOR IMEDIATAMENTE ANTES
DA BORBOLETA (MONTADO NO CORPO DA BORB.)

EX: MONO-JETRONIC, MONO-MOTRONIC

• MULTI-PONTO (MULTI-POINT INJECTION - **MPI**)

↑
SIMULTÂNEA
1-2 x / 360°
↓
SEQUENCIAL

1 INJECTOR POR CILINDRO, MONTADO NA
RESPECTIVA CÂMARA DE ADMISSÃO

EX: K-JETRONIC (MECÂNICA)

KE-JETRONIC (MECÂNICA/ELECTRÓNICA)

L-JETRONIC (ELECTRÓNICA)

LH-JETRONIC (" ")

MOTRONIC (" " INTEGRADA COM IGNICÃO)

• DIRECTA (OU INTERNA)

MISTURA AR/COMBUSTÍVEL FAZ-SE NA
CÂMARA DE COMBUSTÃO (DENTRO DO CILINDRO)

⇒ 1 INJECTOR POR CILINDRO

EX: MED-MOTRONIC

• EVITA A CONDENSACÃO DE COMBUSTÍVEL NAS PAREDES
DA CÂMARA DE ADMISSÃO (NÃO É QUEIMADO → HC)

SEQUENCIAL
(OBVIAMENTE) <

• PERMITE DOIS MODOS DE FUNCIONAMENTO

• INJEÇÃO TARDIA → < CONSUMO RALENTI / CARGA REDUZIDA

• " HOMOGENEA → > POTÊNCIA CARGA MAIOR

Electronically-controlled carburetor system (ECOTRONIC)

Basic carburetor
The basic carburetor is restricted to the throttle valve, float system, idle and transition systems, main system and choke. An idle-air control system with a choke-activated needle jet is also provided.

Additional components and actuators
The throttle-valve actuator is an electro-pneumatic servo device for controlling the cylinder charge. The actuator's plunger moves the throttle valve via a lever attached to the carburetor's throttle shaft.

The choke valve actuator is a final-control element designed to adapt the mixture in response to variations in engine operating conditions. This unit closes the choke valve to enrich the mixture by raising the pressure differential (vacuum) at the main jets while simultaneously increasing flow rates from the idle circuit.

Sensors

The throttle-valve potentiometer monitors the throttle valve's position and travel. One temperature sensor monitors the engine's operating temperature while a second sensor can be installed if necessary to monitor the temperature within the intake manifold.

The idle switch serves to identify trailing-throttle operation; it can be replaced

by appropriate software in the electronic control unit (ECU).

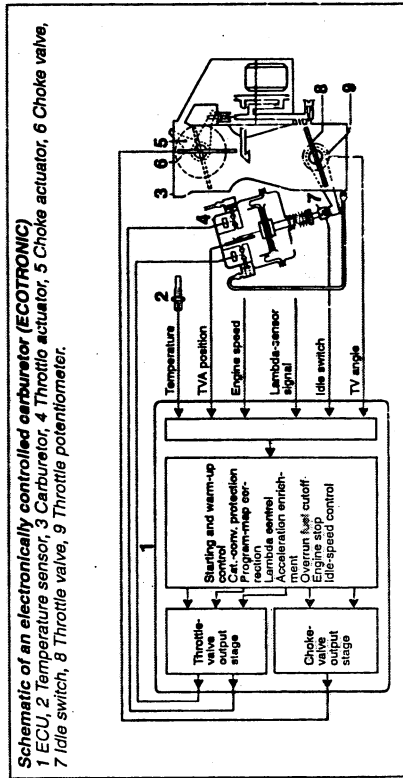
Electronic control unit (ECU)
The ECU's input circuit converts incoming analog signals into digital form. The processor performs further operations with the input data in order to calculate output values with reference to the programmed data map. The output signals control several functions, including regulation of the servo elements that operate the choke valve and main throttle valve.

Basic functions

The basic carburetor determines the primary functions of the system. The idle, transition and full-throttle systems all contribute to matching performance to the programmed curves. The base calibrations can be intentionally "lean", as the choke-valve control can provide a corrective enrichment.

Electronic functions

Electronic open and closed-loop control circuits regulate a number of secondary operations within the ECU. Several of these are illustrated below. Further functions may include: ignition control, transmission-shift control, fuel consumption displays and diagnosis capabilities.



Gasoline injection systems

Systems for external A/F mixture formation
Gasoline injection systems for external mixture formation are identified by the fact that the air-fuel mixture is created outside the combustion chamber (in the intake manifold).

Single-point injection (SPI)

Single-point injection is an electronically controlled injection system in which an electromagnetic fuel injector injects the fuel intermittently into the intake manifold at a central point ahead of the throttle valve. The Bosch single-point injection systems are called Mono-Jetronic and Mono-Motronic.

Multipoint injection (MPI)

Multipoint injection creates the ideal pre-conditions for satisfying the demands placed on a mixture-formation system. In multipoint injection systems, each cylinder is assigned a fuel injector, which injects the fuel directly ahead of that cylinder's intake valve. Examples of such systems

are KE- and L-Jetronic with their respective variants.

Mechanical injection system:

The K-Jetronic system operates without a drive and injects the fuel continuously. The injected fuel mass is not determined by the fuel injector but rather prespecified by the fuel distributor.

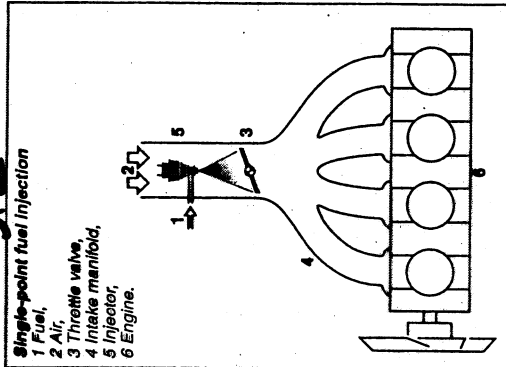
Combined mechanical-electronic injection system:

KE-Jetronic is based on the mechanical basic system of K-Jetronic. Thanks to the extended acquisition of operating data, this system facilitates electronically controlled supplementary functions in order to adapt the injected fuel quantity more exactly to the different engine operating states.

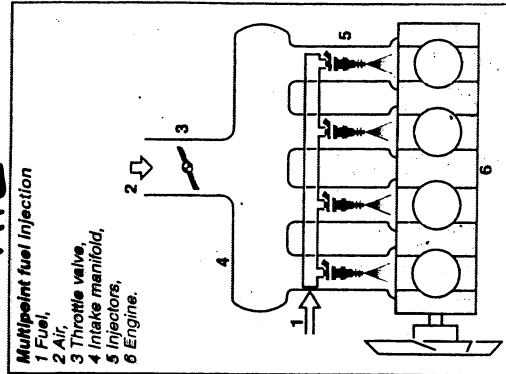
Electronic injection systems:

Electronically controlled injection systems inject the fuel intermittently with electromagnetically actuated fuel injectors. The injected fuel mass is determined by the injector opening time (for a given pressure drop across the injector).

SPI



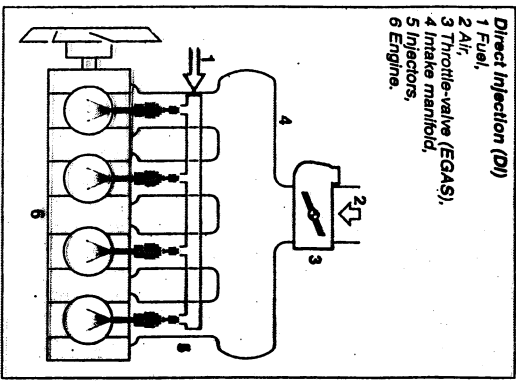
MPI



Examples: L-Jetronic, LH-Jetronic, and Motronic as an integrated engine management system.

The high standards required of a vehicle's smooth running and exhaust-emissions necessitate high demands being made on the A/F mixture composition of each working cycle. Precisely timed injection is significant as well as precise metering of the injected fuel mass in accordance with the air drawn in by the engine.

In modern multipoint injection systems, therefore, not only is each engine cylinder assigned an electromagnetic fuel injector but also this fuel injector is activated individually for each cylinder. In this way, both the fuel mass appropriate to each cylinder and the correct start of injection are calculated by the control unit (ECU). Injecting the precisely metered fuel mass directly ahead of the cylinder intake valve(s) at the correct moment in time improves mixture formation. This, in turn, helps to a large extent in preventing wetting of the intake-manifold walls with fuel, which can result in temporary deviations from the desired lambda value during transient engine operation. The advantages of multipoint injection can thus be fully exploited.



The engine intake manifold thus carries only the combustion air and can therefore be optimally adapted to the gas-dynamic requirements of the engine.

Systems for internal A/F mixture formation

In direct-injection systems for internal mixture formation, the fuel is injected directly into the combustion chambers by electromagnetically actuated fuel injectors. Each cylinder is assigned a fuel injector. Mixture formation takes place inside the cylinder. To ensure efficient combustion, it is essential that the fuel be finely atomized when leaving the injectors.

In normal operation, a direct-injection engine draws in only air and not an air-fuel mixture, as is the case in conventional injection systems. Herein lies an advantage of this new system: no fuel can precipitate on the intake-manifold walls. With external mixture formation, the air-fuel mixture is generally present throughout the entire combustion in a homogeneous state and in a stoichiometric ratio. On the other hand, formation of the mixture in the combustion chamber permits two completely different operating modes:

Stratified-charge operation

In stratified-charge operation, the mixture only has to be combustible in the area around the spark plug. The remaining section of the combustion chamber thus only contains fresh mixture and residual exhaust gas without unburnt fuel. In the idle and part-load ranges, this creates an altogether highly lean mixture and thus a reduction in the fuel consumption.

Homogeneous operation

In homogeneous operation, as with external mixture formation, there is a homogeneous mixture throughout the entire combustion chamber; and the entire fresh air available in the combustion chamber takes part in the combustion procedure. For this reason, this operating mode is used in the full-load range.

MED-Motronic is the management system for direct-injection gasoline engines.

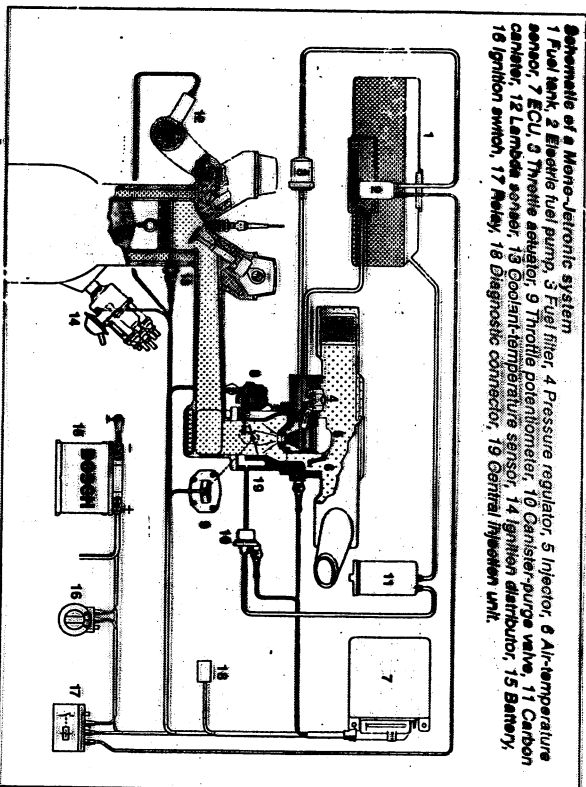
Single-point Injection systems

Single-point fuel injection has advanced beyond the compact fuel-injection system stage to become part of a comprehensive engine-management system.

The various single-point injection systems differ in the design of the central-injection unit. All systems feature an injector located above the throttle plate; they differ from multipoint injection units in that they frequently operate at low pressure (0.7...1 bar). This means that an inexpensive, hydrodynamic electric fuel pump can be used which is generally in the form of an in-tank unit. The injector is flushed continuously by the fuel flowing through it in order to inhibit the formation of air bubbles. This arrangement is an absolute necessity in such a low-pressure system. The designation "Single-Point Injection (SPI)" corresponds to the terms Central Fuel Injection (CFI), Throttle Body Injection (TBI) and Mono-Jetronic (Bosch).

Mono-Jetronic
 Mono-Jetronic is an electronically controlled, low-pressure single-point injection system for 4-cylinder engines, and features a centrally located solenoid-controlled fuel injector. At the heart of the system is the central injection unit, which uses the throttle valve to meter the intake air while injecting the fuel intermittently above the throttle valve. The intake manifold then distributes the fuel to the individual cylinders. Various sensors monitor all important engine operating data, which are then used to calculate the triggering signals for the injectors and other system actuators.

Central injection unit
 The injector is located above the throttle, in the intake-air path, in order to ensure homogeneous mixtures and consistent cylinder-to-cylinder distribution. The fuel spray is directed into the sickle-shaped orifice between the housing and throttle plate whereby fuel wetting of the intake-tract walls is inhibited to a great extent, and the high pressure differential pro-



ALGORITMO PARA DETERMINAÇÃO DA DURAÇÃO DA INJEÇÃO

(DEBÍMETRO)
MASSA DE AR

\checkmark

PRESSÃO + TEMP.
AR ADMITIDO

CALCULO DA DURAÇÃO DE INJEÇÃO BASE

TEMP. AR (THA)

TEMP. ÁGUA (THW)

TPS

SENSOR O₂

TENSÃO

CORREÇÃO TEMPERATURA DO AR ADMITIDO

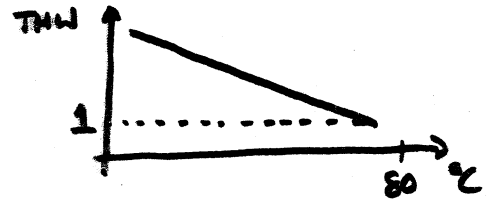
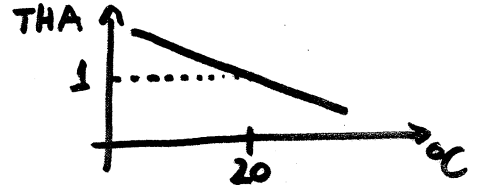
CORREÇÃO TEMPERATURA LÍQUIDO REFRIGERAÇÃO

CORREÇÃO ABERTURA DA BORBOLETA

CORREÇÃO AFR (SONDA LAMBDA)

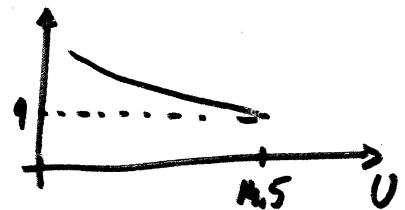
CORREÇÃO TENSÃO SISTEMA DE CARGA

INJECTORES



> ABERTURA => AUMENTA DURAÇÃO

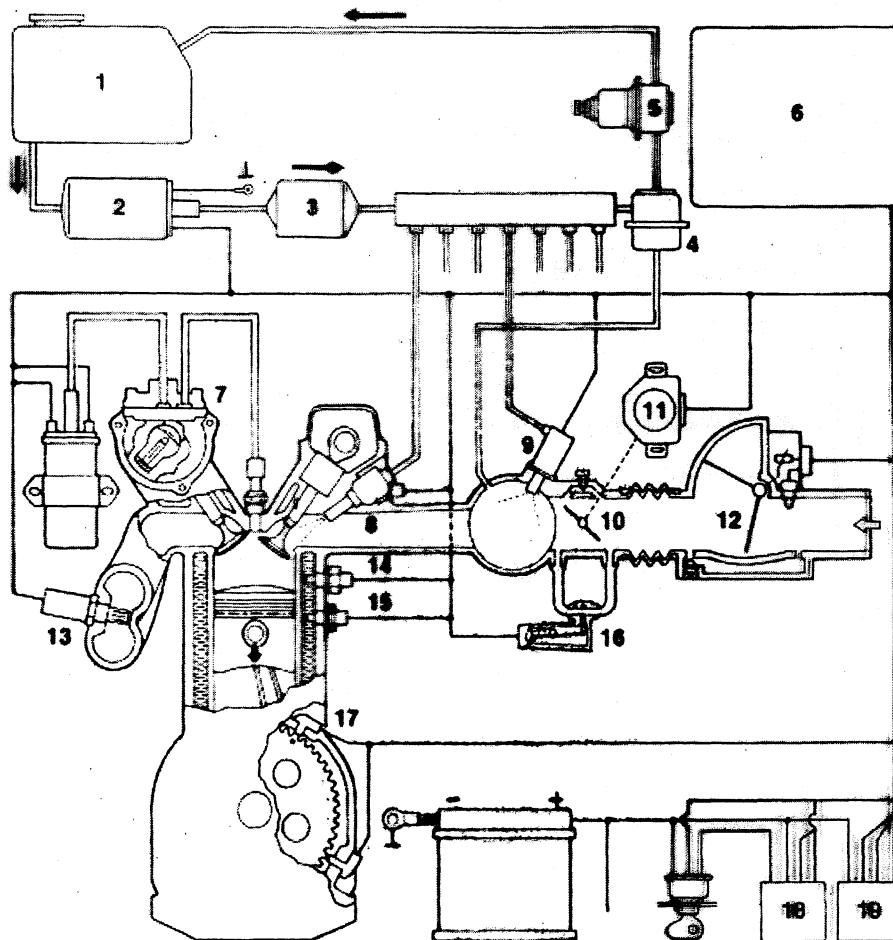
POBRE => AUMENTA
RICA => DIMINUI



Motronic Schematic

Components

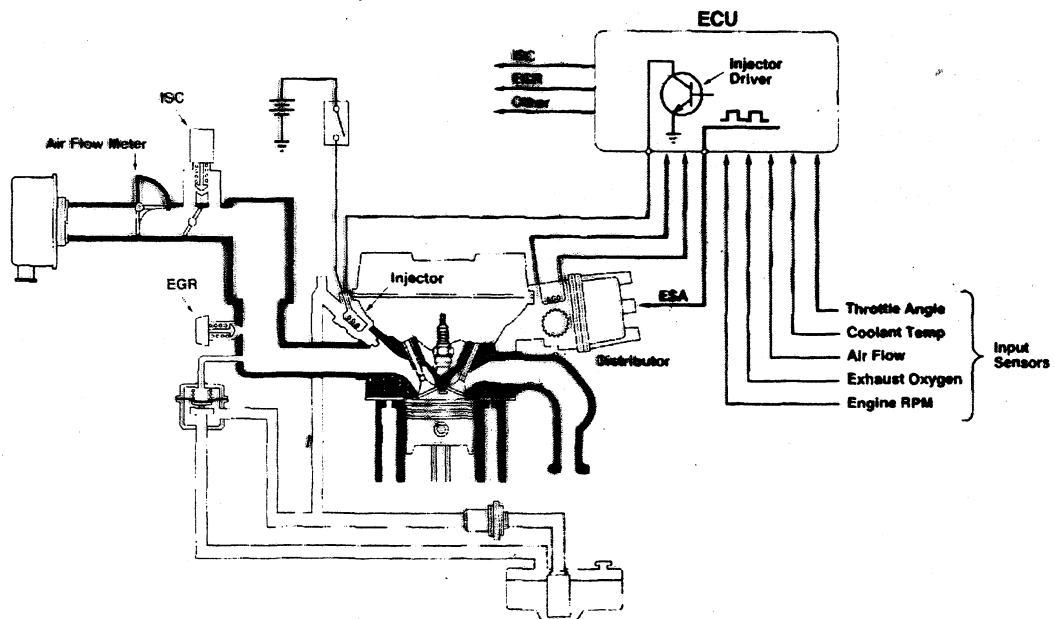
- | | | |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1. Fuel Tank | 8. Injection Valve | 15. Temperature Sensor |
| 2. Fuel Pump | 9. Cold Start Valve | 16. Auxiliary Air-valve |
| 3. Fuel Filter | 10. Throttle Valve | 17. Reference Mark Sensor |
| 4. Pressure Regulator | 11. Throttle Valve Switch | 18. Man Relay |
| 5. Pressure Damper | 12. Air Flow Meter | 19. Pump Relay |
| 6. Control Unit | 13. Oxygen Sensor | |
| 7. Ignition Distributor | 14. Thermo-time Switch | |



EFI/TCCS System

With the introduction of the Toyota Computer Control System (TCCS), the EFI system went from a simple fuel control system to a fully integrated engine and emissions management system. Although the fuel delivery system operates the same as Conventional EFI, the

TCCS Electronic Control Unit (ECU) also controls ignition spark angle. Additionally, TCCS also regulates an Idle Speed Control device, an Exhaust Gas Recirculation (EGR) Vacuum Switching Valve and, depending on application, other engine related systems.



Ignition Spark Management (ESA)

The EFI/TCCS system regulates spark advance angle by monitoring engine operating conditions, calculating the optimum spark timing, and firing the spark plug at the appropriate time.

Idle Speed Control (ISC)

The EFI/TCCS system regulates engine idle speed by means of several different types of ECU controlled devices. The ECU monitors engine operating conditions to determine which idle speed strategy to use.

Exhaust Gas Recirculation (EGR)

The EFI/TCCS system regulates the periods under which EGR can be introduced to the engine. This control is accomplished through the use of an EGR Vacuum Switching Valve.

Other Engine Related Systems

In addition to the major systems just described, the TCCS ECU often operates an Electronically Controlled Transmission (ECT), a Variable Induction System (T-VIS), the air conditioner compressor clutch, and the turbocharger/supercharger.

L-JETRONIC

Electronic Fuel Injection System Components

→ **WIDE-OPEN-THROTTLE**

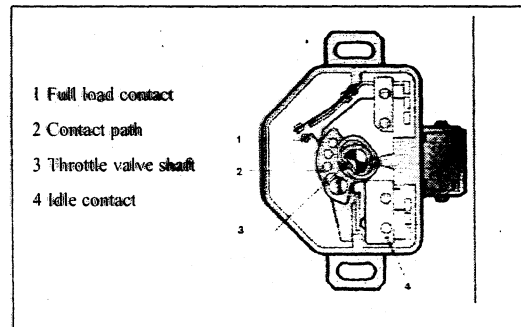
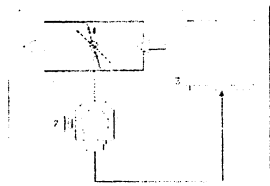
- Throttle and idle/WOT switches
- Air Mass Measurement
- Fuel Pump
- Fuel Injectors
- Pressure regulation
- Control Unit (some with O2 control)
- Combo Relay
- Cold Start
- Warm up enrichment
- Warm up Idle compensation

L-Jetronic System - Throttle and idle control

- Throttle opens to allow more air to be sucked in to engine
- Small amount of air bypasses the throttle so the engine gets air and will idle. Screw on side of throttle adjusts idle speed.
- Auxiliary air valve bypasses more air during warm-up to compensate for thicker oil.
- Air conditioned cars have another bypass valve that operate when compressor is running to compensate for load of AC.
- Aux Air Valve DOES NOT control mixture.

L-Jetronic System - Throttle and idle/WOT switches

- Switches on throttle tell ECU what special position the throttle is in
 - ◆ Idle, off-idle, wide open throttle (WOT).
 - ◆ ECU has special mixtures for these two conditions

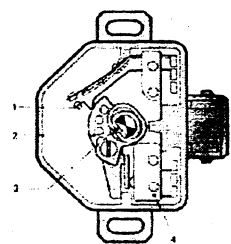


L-Jetronic System – Throttle and Idle/WOT switches

•Idle switch is used for coasting fuel-cut-off on later models(E12 79-81). When switch is closed (throttle closed), fuel is cut until engine rpm drops below ECU specified value.

•If idle is set too high, the coasting fuel-cut-off will cause the idle to cycle up and down as the ECU cuts fuel until idle drops below spec, then fuel resumes, RPM rise above spec and fuel is cut again. To test, unplug throttle switch or idle switch on units with separate switches. If idle is above spec (1400 for US 528i set it too spec and re-connect the switch

- 1 Full load contact
- 2 Contact path
- 3 Throttle valve shaft
- 4 Idle contact





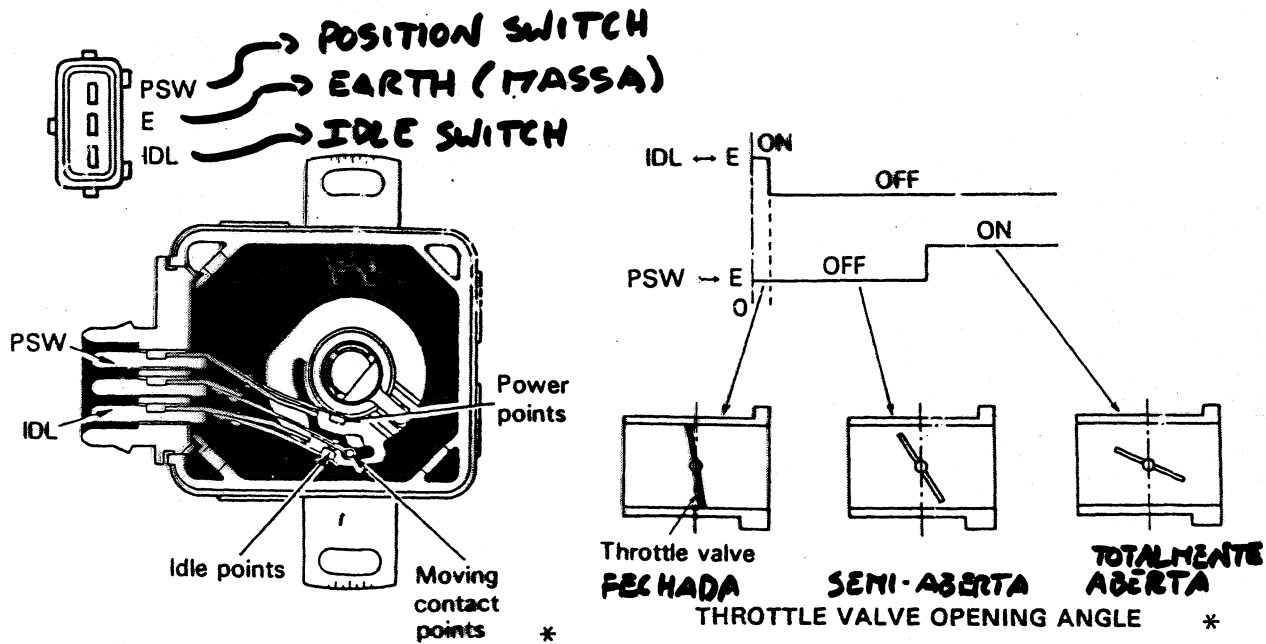
THROTTLE POSITION SENSOR (TPS)

1. CONSTRUCTION & OPERATION

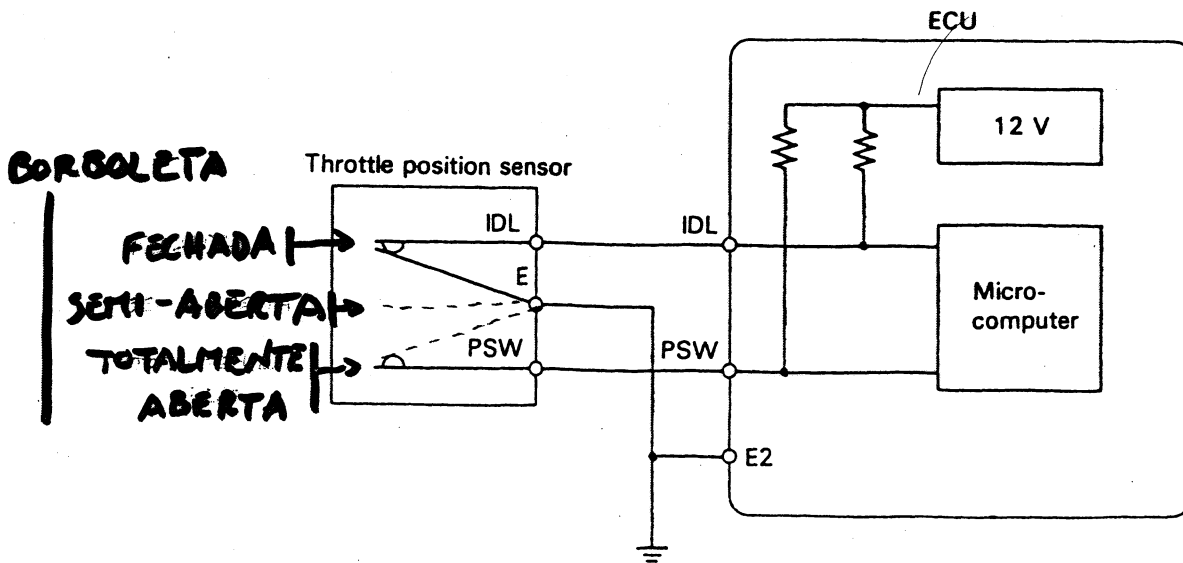
The throttle position sensor is mounted on the throttle body. It senses the throttle valve opening angle to detect engine load.

When the throttle valve is closed, the moving contact points and the IDL points make contact, informing the ECU that the engine is idling. This signal is also utilized to cut off fuel when decelerating.

When the throttle valve is opened more than 70° (from the closed position), the moving contact points and the PSW points make contact, informing the ECU that the engine is running under a full load. At all other timings, the moving contact points are in a neutral state, and no points are making contact.



The throttle position sensor and ECU are connected as shown in the diagram below.



4-6 Sensor Posição Borboleta (com interruptor de ralenti)

O sensor da posição da borboleta consiste numa resistência, um condutor e um contacto móvel que roda coaxialmente com o veio da borboleta do acelerador..

A rotação do veio da borboleta modifica a resistência que modifica a voltagem no terminal de saída da posição da borboleta. Isto permite a unidade de controlo do motor detectar a abertura da borboleta do acelerador. Com base na voltagem de saída, obtém-se a injeção correcta.

O interruptor de ralenti consiste num isolante, um condutor e um contacto móvel que roda coaxialmente com o veio da borboleta do acelerador.

Quando a borboleta do acelerador se fecha, logo antes da alavanca entrar em contacto com o ponto SAS (parafuso superior), o terminal de saída do interruptor de ralenti é ligado à massa, causando com que o interruptor de ralenti fique ligado (ON). Isto permite à unidade de controlo do motor determinar se o pedal do acelerador está premido ou não.

TIPO POTENCIOMÉTRICO

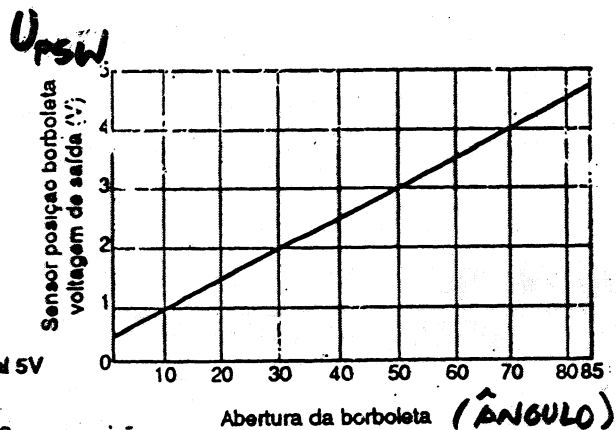
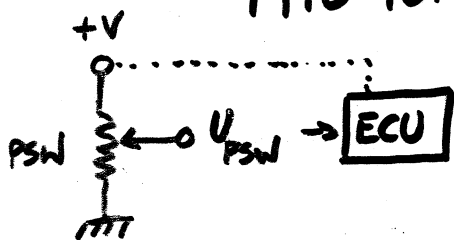


Fig. 4-21.

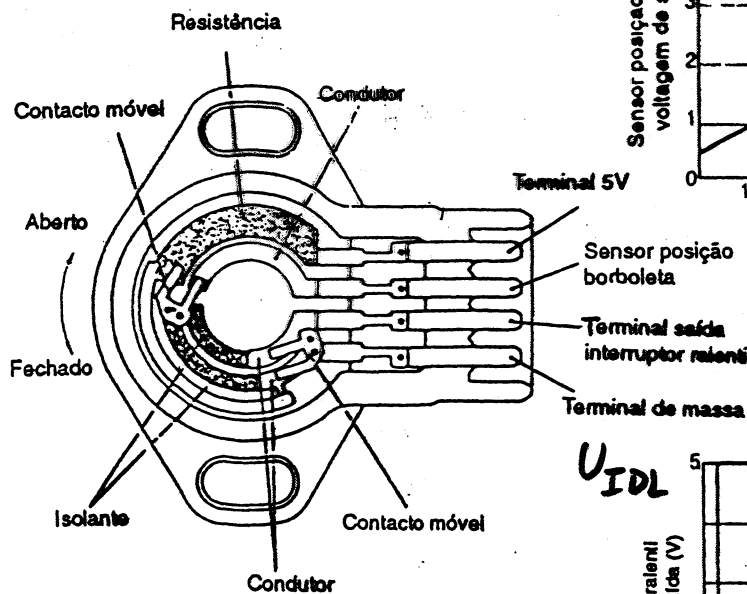


Fig. 4-20

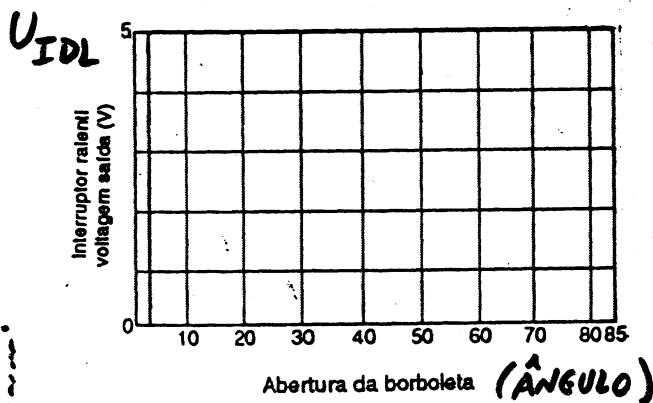
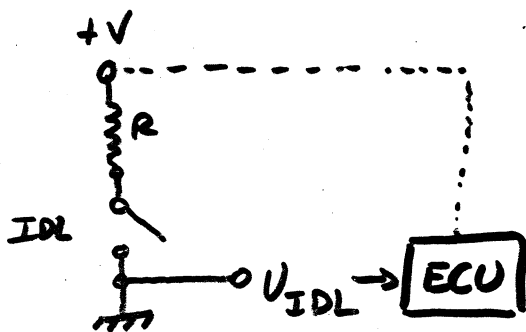


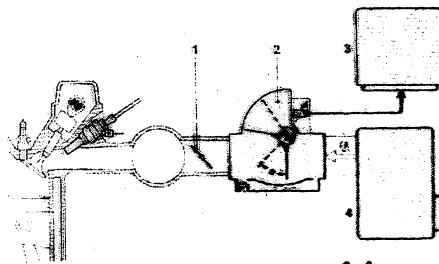
Fig. 4-22



L-Jetronic System - Air Mass Measurement

- Fuel Injection System has to know mass of air
- Airflow meter provides air mass flow information
 - ◆ Mass is calculated by volume (flow) and density
 - ◆ Need device to determine flow air
 - Flap on airflow meter
 - ◆ Need temperature to determine density
 - Temperature sensor in air flow meter (AFM)

"FLAP" ≈ PAÍ



- 1 Throttle plate
- 2 Air Flow Meter (with temperature sensor)
- 3 ECU
- 4 Air cleaner box

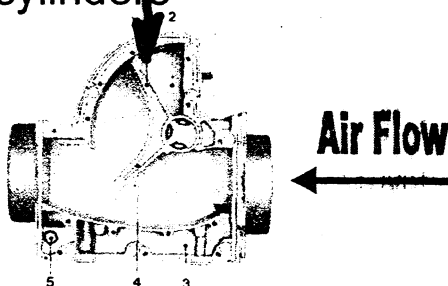
FLUYO → $kg/s = kg/l \times l/s$
 MASSA = DENSIDADE × VOLUME

↳ SENSOR TEMPERATURA ↳ DEBÍMETRO

$d = f(T)...$ (explicado à frente)

L-Jetronic System - Air Flow Meter - Mechanical Components

- AFM measures flow by spring loaded flap (door)
- Greater flow forces flap open. BINÁRIO MOTOR VS. BINÁRIO RESISTENTE
- Compensation flap and damping chamber act like shock absorber allowing door to settle quickly and to make it insensitive to vacuum pulsation's from cylinders



- 1 Compensation Valve
- 2 Damping Chamber
- 3 Air Bypass (idle mixture)
- 4 Air Sensor Flap
- 5 Idle mixture adjusting screw

Medidor do fluxo de ar tipo vortex de karman

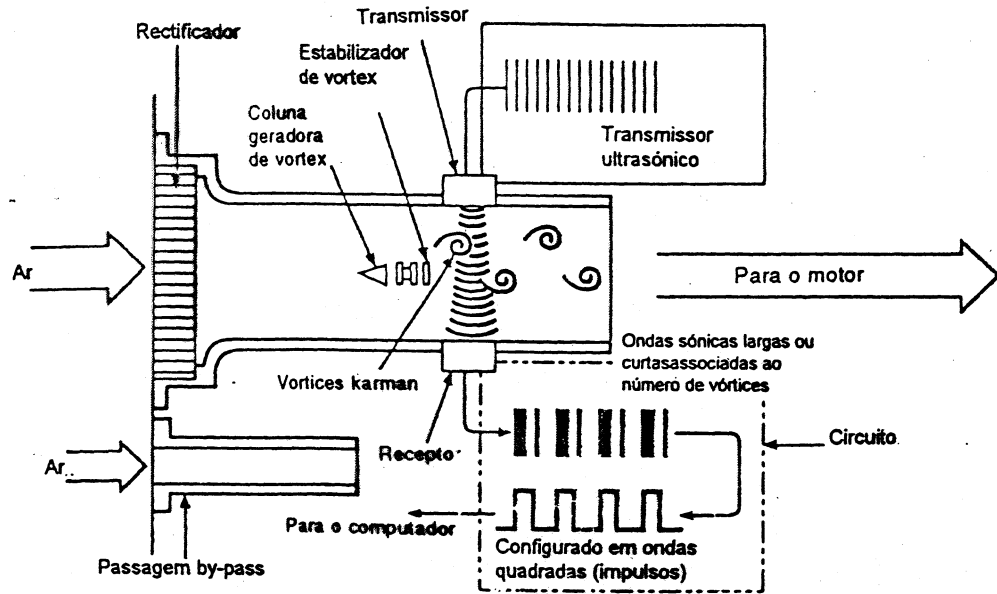


Fig. 3-4

Sensor térmico de fluxo de ar

Sistema de medição do fluxo principal

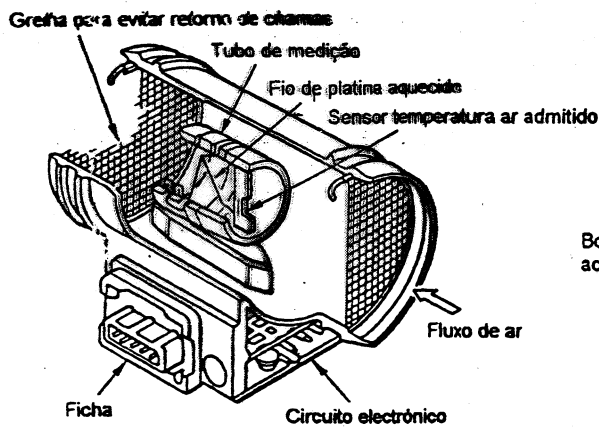


Fig. 3-5

Sistema de medição Bypass

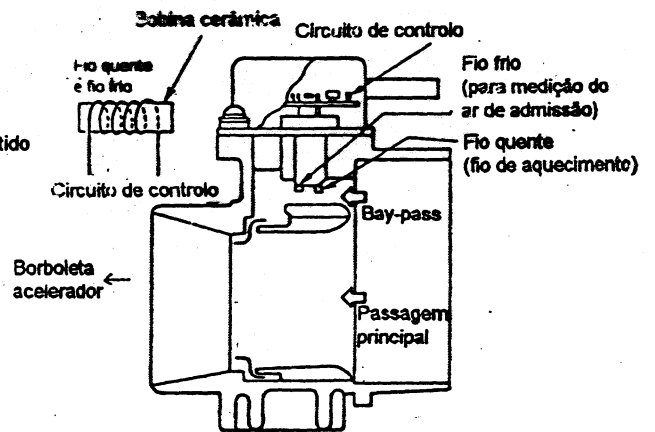


Fig. 3-6

Debímetro tipo válvula

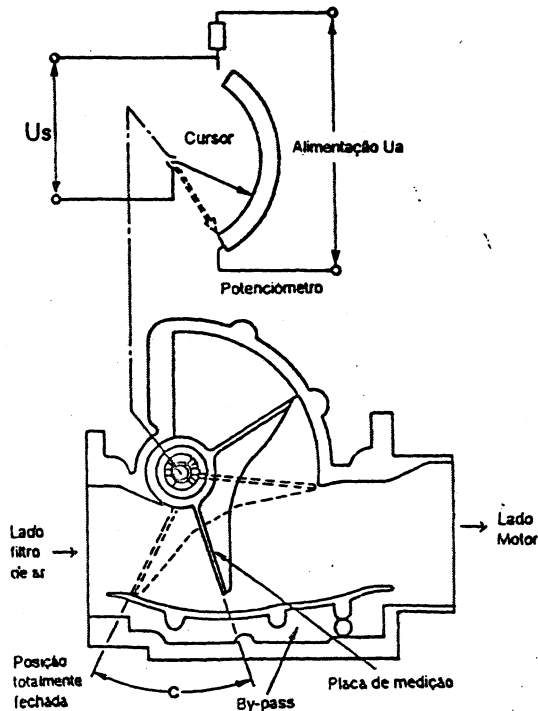


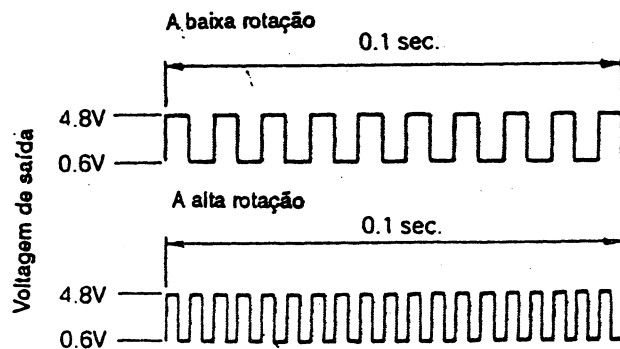
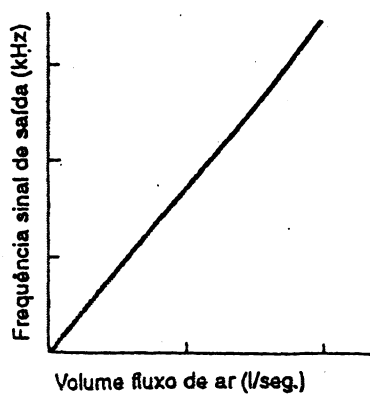
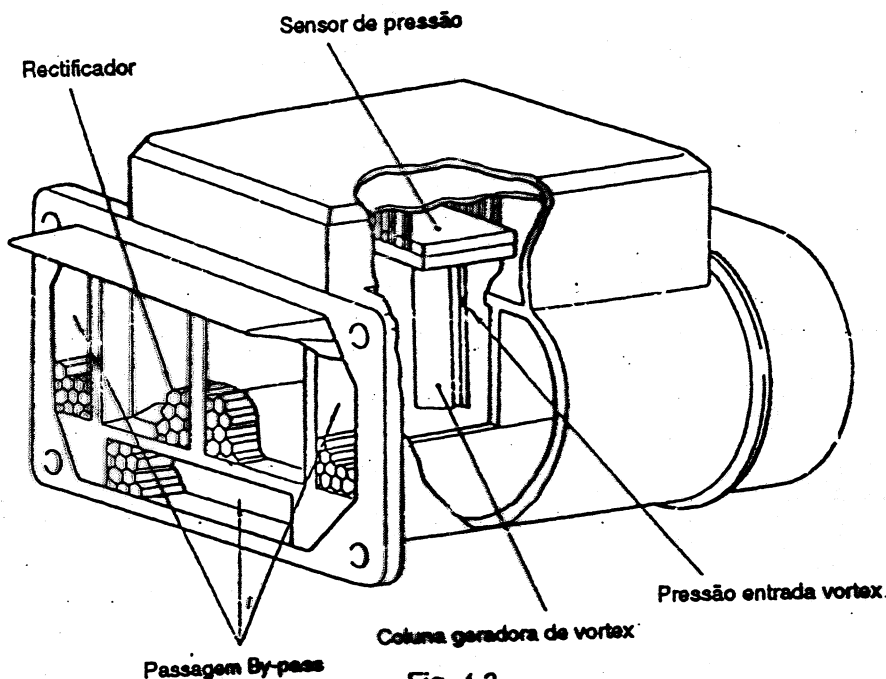
Fig. 3-7

Sensores

4-1 Debímetro - Sensor Fluxo de AR (AFS)

O debímetro (AFS) é um sensor que mede a quantidade de ar admitido pelo motor e é montado no filtro de ar. O AFS utiliza o Karman vortex para detectar a quantidade de ar que passa pelo filtro de ar e envia um sinal para a unidade de controlo do motor indicando a quantidade de ar admitido. A unidade de controlo do motor utiliza este sinal e o sinal da velocidade do motor (rpm) (sinal sensor angular da cambota) para calcular a tempo básico de comando dos injectores.

Um sensor da temperatura do ar admitido e de pressão barométrica estão integrados no debímetro (AFS).



MEDICÃO DO FLUXO DE AR ATRAVÉS

DO MÉTODO VELOCIDADE - DENSIDADE [T. DENTON]

GRANDEZAS FUNDAMENTAIS:

- TEMPERATURA DO AR ADMITIDO (T_{HA})
- PRESSÃO DO AR ADMITIDO (MAP)
- VELOCIDADE DE ROTACÃO DO MOTOR (R.P.M)

METODOLOGIA

1) CAUDAL DE AR $\rightarrow A_v = \left[\frac{RPM}{60} \cdot \frac{D}{2} \cdot V_e \right] - EGR_v$

Annotations: l/s (under A_v), $DISPLACEMENT (l)$ (above D), l/s (under EGR_v), $EFICIÊNCIA VOLUMÉTRICA (%)$ (under EGR_v), $TABELAS$ (under $EFICIÊNCIA VOLUMÉTRICA (%)$)

2) DENSIDADE DO AR $\rightarrow d_a = d_0 \cdot \left(\frac{P_i}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T_i} \right)$

Annotations: kg/l (under d_a), kg/l (under d_0), $intake pressure$ (under P_i), $intake temp.$ (under T_i), do, po, To (under d_0, P_0, T_0), $VALORES DE REFERÊNCIA "SEALEVEL STANDARD AIR"$ (under do, po, To)

3) MASSA DE AR $\rightarrow M_a = d_a \cdot V$

Annotations: kg (under M_a), kg/l (under d_a), l (under V), $volume de ar$ (under V)

4) FLUXO DE MASSA DE AR $\rightarrow A_m = d_a \cdot A_v$

Annotations: kg/s (under A_m), kg/l (under d_a), l/s (under A_v)

4^o) $A_m = d_a \cdot \left[\frac{RPM \cdot D \cdot V_e}{120} - EGR \right]$

CALCULA-SE A PARTIR DE (2) (MEDINDO T_i, P_i)

QUANTIDADE DE COMBUSTÍVEL

$F = \frac{A_m}{AFR} \rightarrow kg/s$

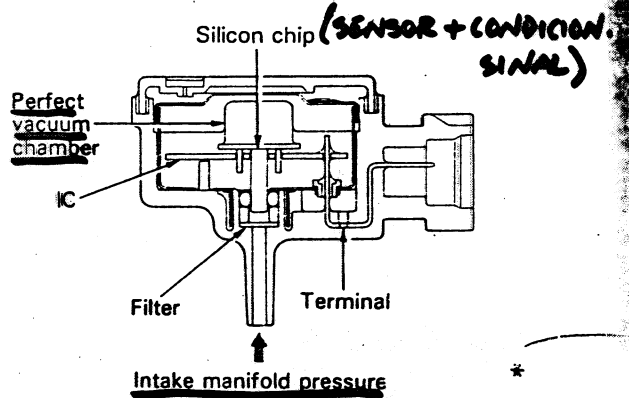
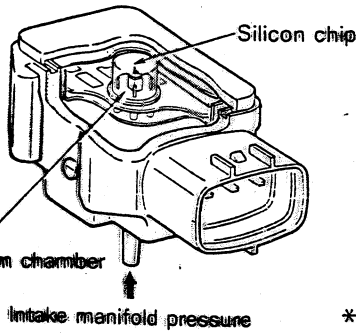
kg/s (under F), AFR (under F), \rightarrow AIR-FUEL RATIO

MAP - MANIFOLD AIR PRESSURE OU MANIFOLD ABSOLUTE PRESSURE
PIM - PRESSURE INTAKE MANIFOLD
MANIFOLD PRESSURE SENSOR (VACUUM SENSOR)



This is an extremely important sensor, which senses the volume of intake air. By means of a built-in IC sensor unit, the manifold pressure sensor senses the intake manifold pressure as a PIM signal. The ECU then determines the basic injection duration and basic ignition advance angle on the basis of this PIM signal.

SENSOR
PIEZORESISTIVO
OU
PIEZOELECTRICO



OPERATION & FUNCTION

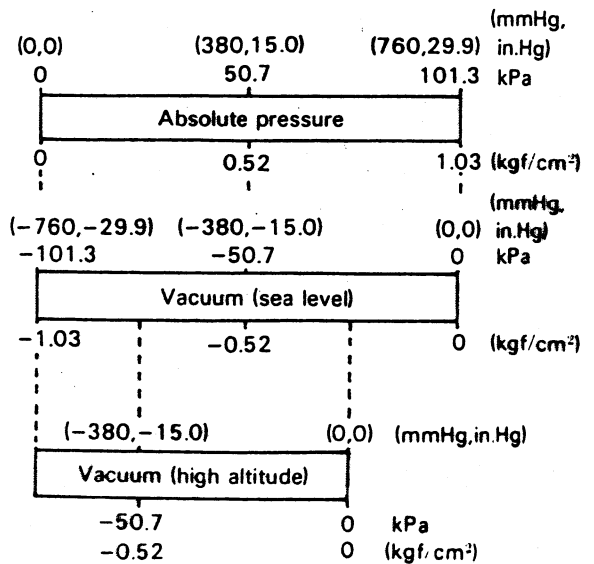
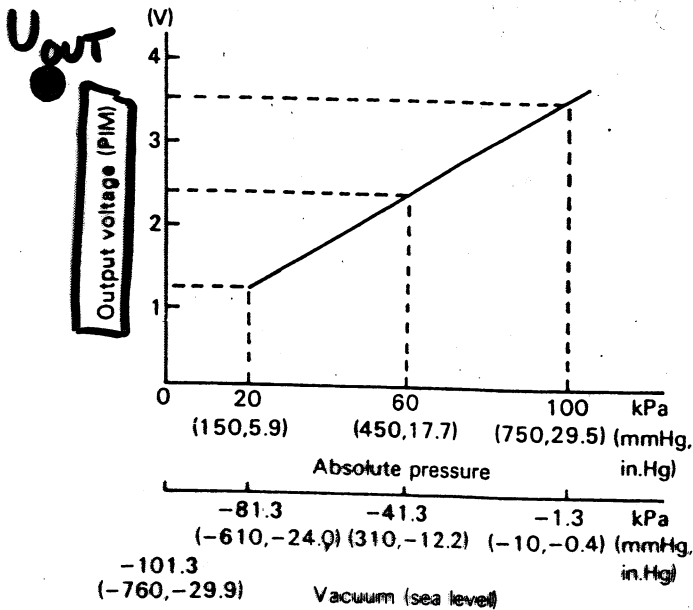
A silicon chip combined with a vacuum chamber is incorporated into the sensor unit, one side of the chip being exposed to intake manifold pressure and the other side to the internal perfect vacuum chamber.

A change in the intake manifold pressure causes the shape of the silicon chip to change, and the resistance value of the chip fluctuates in accordance with the degree of deformation. This fluctuation in the resistance value is converted to a voltage signal by the IC built into the sensor, and is then sent to the ECU from PIM terminal as an intake manifold pressure signal. The Vcc terminal of the ECU supplies constantly 5 volts as a power source for the IC.

- REFERENCE -

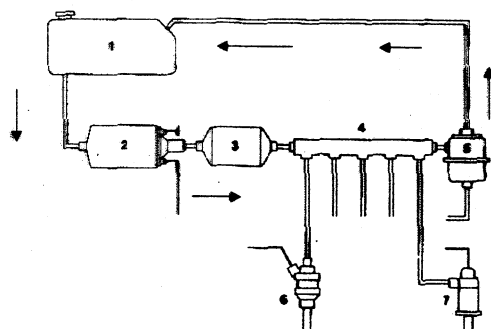
Since the manifold pressure sensor uses the perfect vacuum as a reference and senses the absolute pressure inside the intake manifold (the absolute pressure is 0 mmHg when there exists a perfect vacuum), it is not influenced by fluctuations in atmospheric pressure due to altitude.

This enables the air-fuel ratio to be maintained at the proper level at high altitudes.



L-Jetronic System - Fuel Flow

- Fuel is pumped up to fuel rail and excess returned to tank
- Because so much fuel is circulated, filter is quite large.
- Fuel lines are at high pressure (> 35psi), use BMW factory hose for replacement
- Inspect lines regularly, fuel under pressure can cause **LARGE fire**.

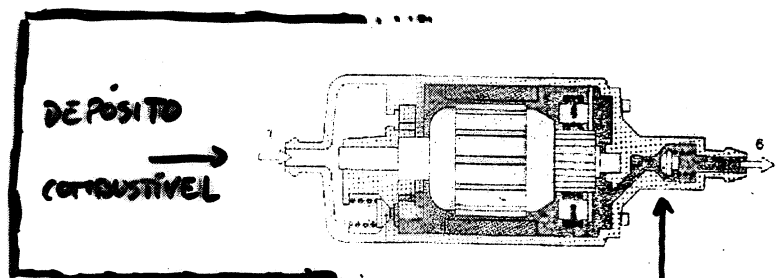


- 1 Fuel Tank
- 2 Fuel Pump w/ Check Valve
- 3 Fuel Filter
- 4 Fuel Rail
- 5 Pressure regulator
- 6 Fuel Injector
- 7 Cold Star Valve

INJECTOR

L-Jetronic System - Fuel Pump

- Uses positive displacement roller pump.
- Electric motor is in fuel stream and uses fuel to cool it.
 - ◆ Because there is **no air**, it won't explode.
- It's important not to run low on fuel as the pump can overheat and fail if fuel starved.
- Check fuel pump fuse (fuse #1, 16 amp) for corrosion - common no start or stall failure. I replace every 2 years and clean the fuse holder contacts.



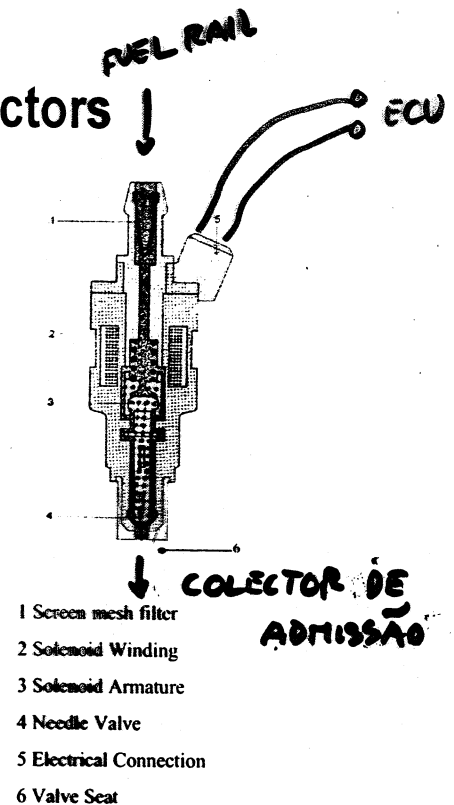
- 1 Suction Side (inlet from tank)
- 2 Pressure relief valve
- 3 Roller pump mechanism
- 4 Motor
- 5 Check valve
- 6 Pump discharge (outlet to filter)

VÁLVULA
SEGURANÇA

VÁLVULA ANTI-RETORNO (RETÉM PRESSÃO DO
COMBUSTÍVEL QUANDO A BOMBA PÁRA)

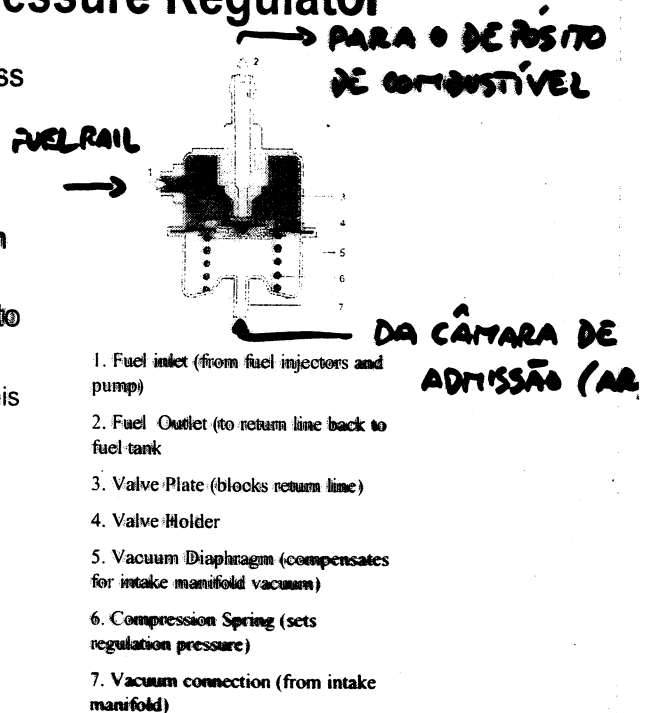
L-Jetronic System - Fuel Injectors

- Open when energized by ECU- not continuous as K-Jetronic.
- Current through windings causes magnetism pulling armature and attached needle valve up and way from valve seat allowing fuel to flow. Can test with magnet on a stick.
- All injectors are wired together and fire simultaneously,
- Flow is determined by pressure across injector and time (dwell) of opening.
- Normally more reliable than K-Jetronic type. See Rowe⁴.



L-Jetronic System - Pressure Regulator

- Provides constant pressure across fuel injector valve
- Fuel 1 under pressure from fuel pump enters and pushes against valve holder 4 and spring 6 which opens valve 3 at regulated pressure; allowing excess fuel 2 to escape back to tank
 - ◆ All the fuel between the pump and this valve are at the regulated fuel pressure.
- Vacuum diaphragm 5 works against spring to create less pressure when intake 7 is under vacuum so net pressure is constant



PRESSÃO COMBUSTÍVEL - (DE) PRESSÃO AR ADMITIDO = CONSTANTE

$\approx 3 \text{ kgf/cm}^2$

L-Jetronic System - Control Unit

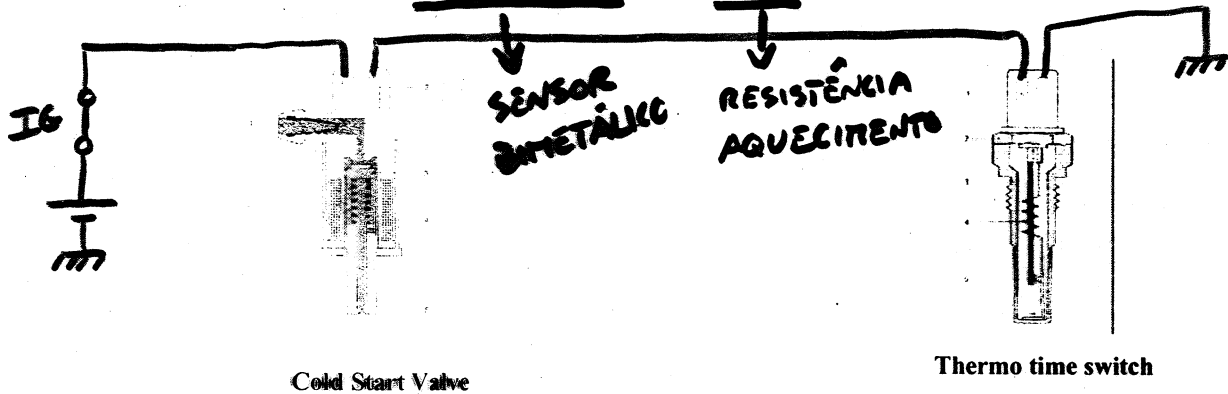
- Control unit (ECU) takes sensor information:
 - ◆ AFM flow and temperature
 - ◆ Engine RPM (from ignition)
 - ◆ Warm up information (from coolant temperature sensor)
 - ◆ Throttle mode (idle and WOT switches)
 - ◆ O2 sensor in Lambda systems
-and calculates opening duration of injectors
- This 'map' is hardwired into system (there's no chip available to modify)
- Some users have adjusted value of internal components⁵.

L-Jetronic System - Control Unit - Throttle Operating Modes

- Idle
 - ◆ Throttle is closed
 - ◆ Idle switch is closed, ECU supplies idle mixture (a little rich) for smooth idle
- Off - idle
 - ◆ Both switches are open. ECU reads AFM signal and O2 sensor (where installed) and determines how long to open injectors for proper mixture.
- Wide Open Throttle (WOT) or 'Yeeeeehaaaa! zone'
 - ◆ WOT switch is closed
 - ◆ Injector open time is fixed amount. Somewhat rich for added power.

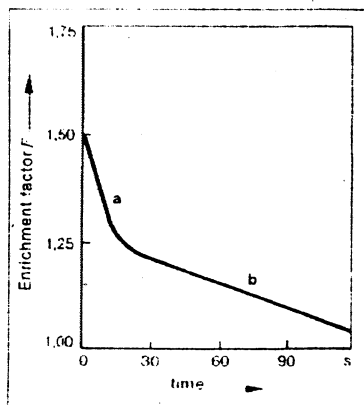
L-Jetronic System - Cold Start

- Extra fuel is required during cold start
- Cold start valve is operated for up to 30 seconds by thermo-time switch.
 - ◆ Switch is temperature and time sensitive.



L-Jetronic System - Warm up enrichment

- Once started ECU looks at coolant temperature to decide how much extra fuel to supply.
- Once at operating temperature, the warm up enrichment ceases.

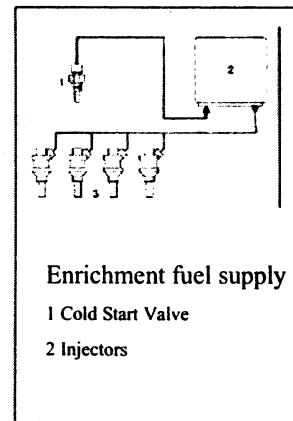


Warm up enrichment factor curve.

Curve a is cold start and warm up enrichment (extra fuel) combined. Note cold start valve and injectors are supplying fuel

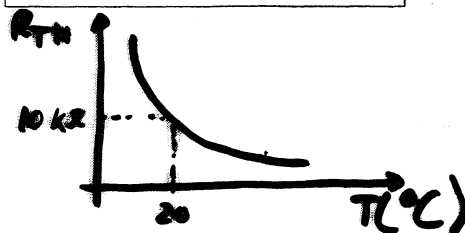
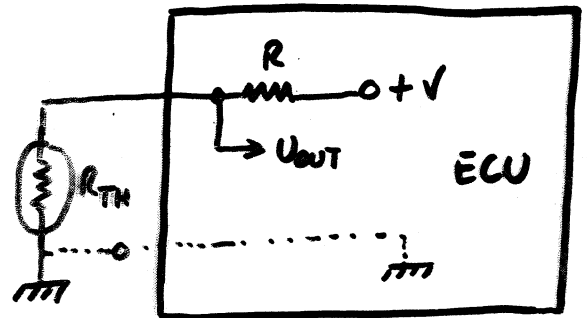
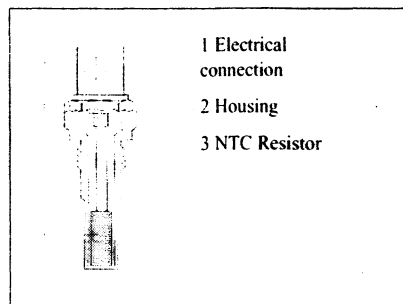
Curve b is warm up enrichment only (thermo time switch opens and cold start valve ceases operation).

At right hand side, warm up is nearing completion and enrichment tapers off.



L-Jetronic System - Warm up enrichment Components - Coolant Temp Sensor

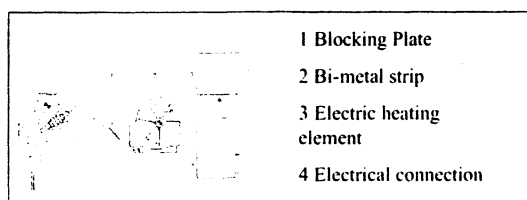
- Coolant temperature sensor mounted in thermostat housing.
- Sensor has high resistance when cold and low when warm.
- Connections do get intermittent - check for corrosion



$$T = f(U_{0UT})$$

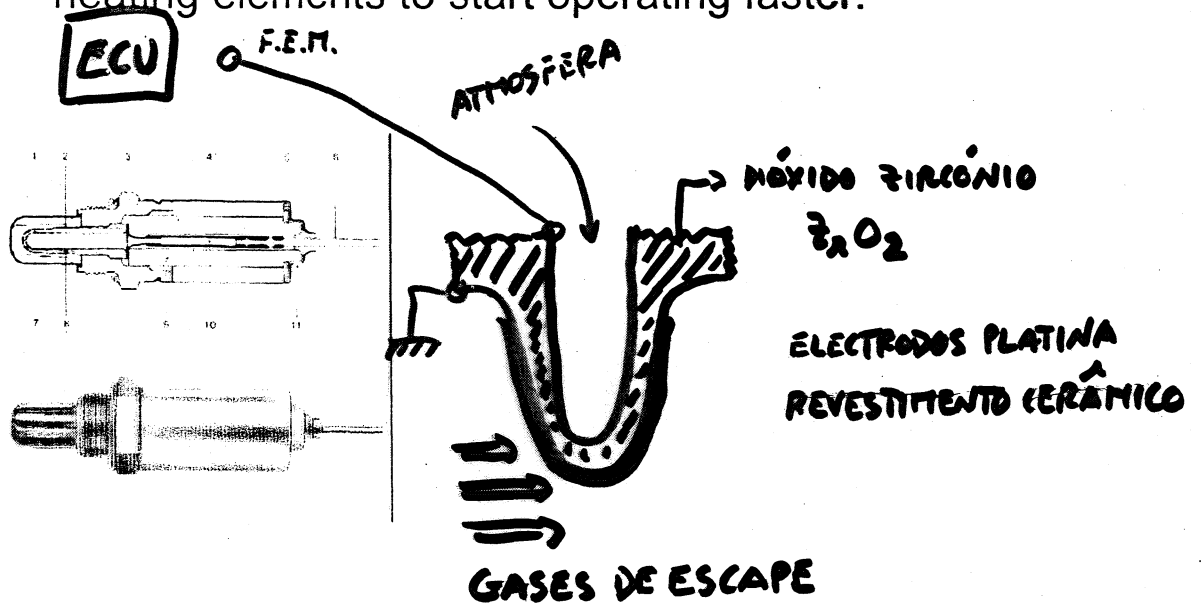
L-Jetronic System - Warm up Idle compensation

- During Warm-up, engine oil is thicker adding load to engine
- Auxiliary air valve bypasses throttle for additional air (like mini - throttle) while warming up. This brings idle speed up to desirable level
- Electrical heating element inside valve combined with engine heat bend bi-metal strip causing valve to close. This happens gradually reducing amount of throttle 'help'. Once warm, valve is closed



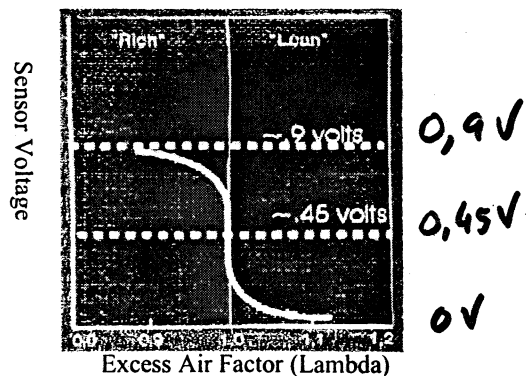
L-Jetronic System - Lambda - Components O2 Sensor

- O2 Sensor measures excess oxygen in exhaust gas. Sensors must be hot to work. Some have heating elements to start operating faster.



L-Jetronic System - Lambda - Components O2 Sensor Output Curve

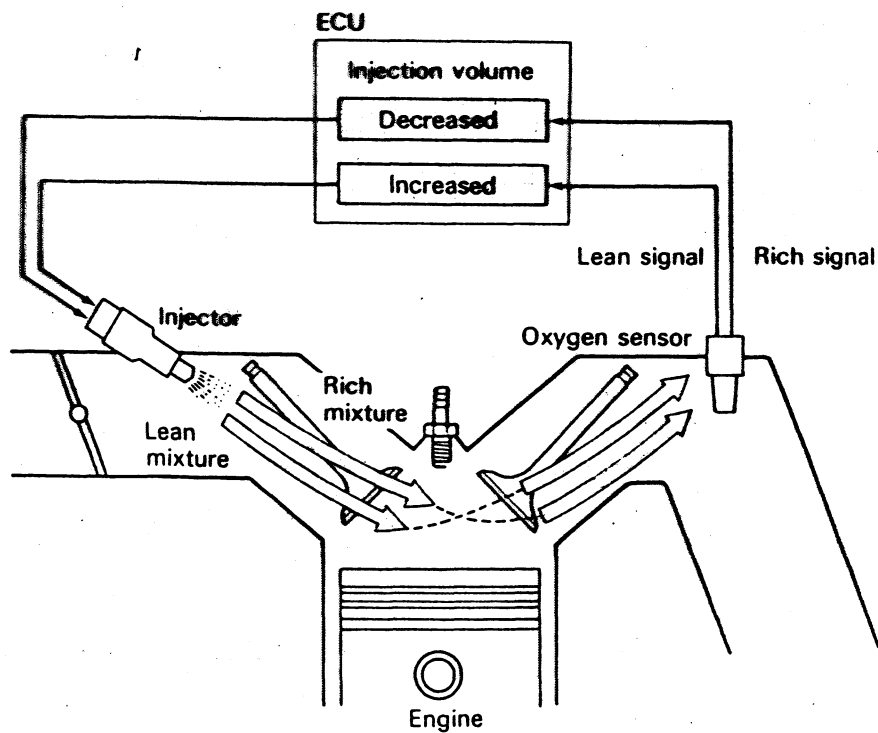
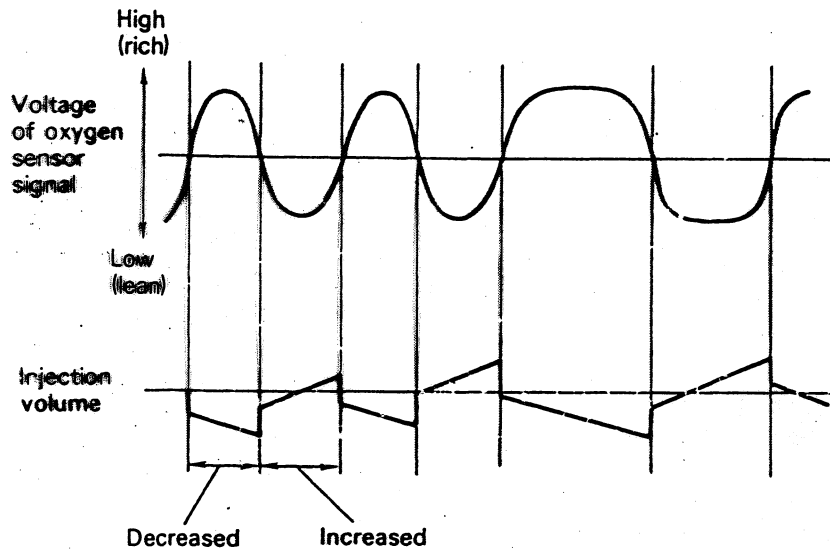
- The sensors output changes rapidly around the 14.7 to 1 ratio. This provides a mixture with just enough oxygen to burn hydrocarbons in catalytic converter.
- The lambda system controls around this point. The ECU cycles mixture lean and rich slightly. It looks at the average of the lambda signal and adjusts the average of the mixture accordingly.



← $> \Delta O_x$ (ATMOSFERA - ESCAPE)



The ECU compares the voltage of signals sent from the oxygen sensor with a predetermined voltage. If the voltage of a signal is higher than that voltage, it judges the air-fuel ratio to be richer than the ideal air-fuel ratio and reduces, at a constant rate, the amount of fuel injected. If the voltage of a signal is lower, it judges that the air-fuel ratio is leaner than the ideal, and increases the amount of fuel injected.



4-5 Sensor de Detonação

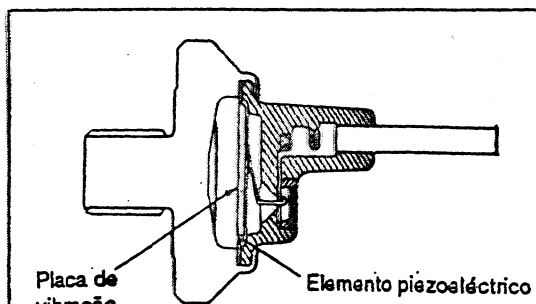


Fig. 4-17

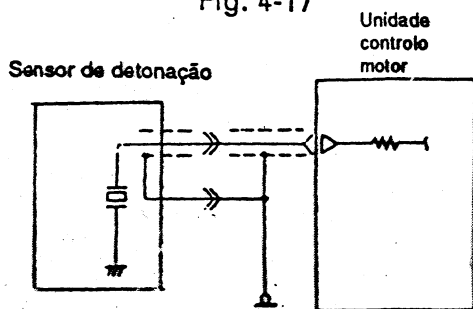


Fig. 4-18

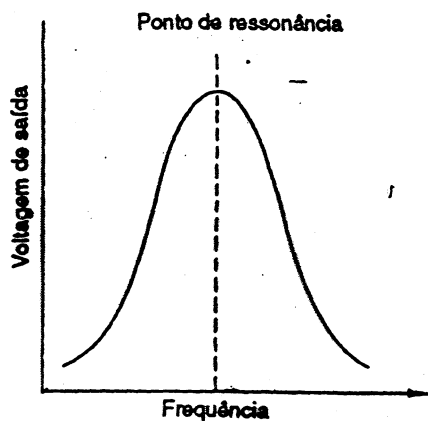


Fig. 4-19

O sensor de detonação detecta as vibrações no bloco do motor causadas pela detonação, e envia um sinal proporcional à sua intensidade.

O número de vibrações do bloco devidas à detonação variam em função do motor, o sensor de detonação possui uma placa vibratória que vibra com o mesmo número de vibrações (frequência natural) do bloco do motor e um elemento piezoelétrico que gera voltagem quando a placa vibra. Quando a detonação ocorre a placa vibra em ressonância com o bloco do motor e o sensor de detonação envia um sinal de voltagem superior. Quando a detonação cessa, a voltagem de saída do sensor de detonação desce porque a placa de vibração não ressoa. A central de comando do motor utiliza este sinal para atrasar o avanço da ignição de acordo com a intensidade da detonação.

4-7 Sensor PMS e Ângulo da Cambota

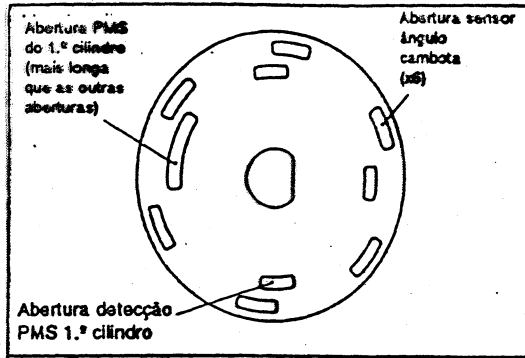


Fig. 4-23

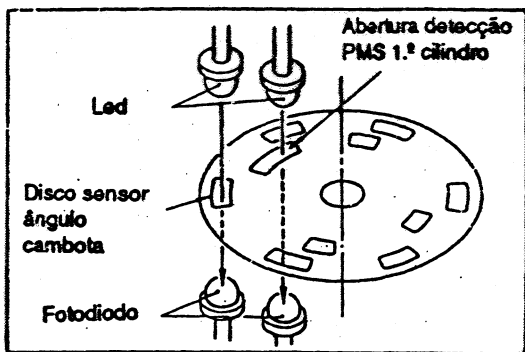


Fig. 4-24

O sensor de PMS e ângulo da cambota consiste num disco e uma unidade sensor que estão montados no conjunto sensor da posição da cambota ou distribuidor. O disco é plano, uma placa metálica redonda com seis passagens de luz distribuídas pela periferia, espaçadas 60 graus.

O disco, fixo no eixo do sensor, roda com a árvore de cames traseira de admissão, e as aberturas do disco são lidas por um sensor óptico.

A unidade do sensor possui dois LED's (díodos electro-luminescentes) e fotodiodos ambos para detecção de dois tipos de aberturas. O disco roda através do espaço existente entre os LED's e fotodiodos.

A luz emitida pelo LED atinge o fotodiodo cada vez que passa uma abertura.

O fotodiodo, quando exposto à luz, permite passar a corrente no sentido oposto de um diodo normal. Assim a corrente circula como indicado pelas linhas ponteadas na ilustração ao lado. Como resultado, aproximadamente 5V são aplicados ao comparador da unidade sensor, e 5V aparecem no terminal da unidade de controlo do motor.

Após a passagem da abertura, a luz do LED é bloqueada, e o fotodiodo cessa a passagem de corrente, e a corrente no terminal da unidade de controlo do motor cai para 0V. Desta forma o sinal do sensor é enviado para a unidade de controlo do motor como um impulso.

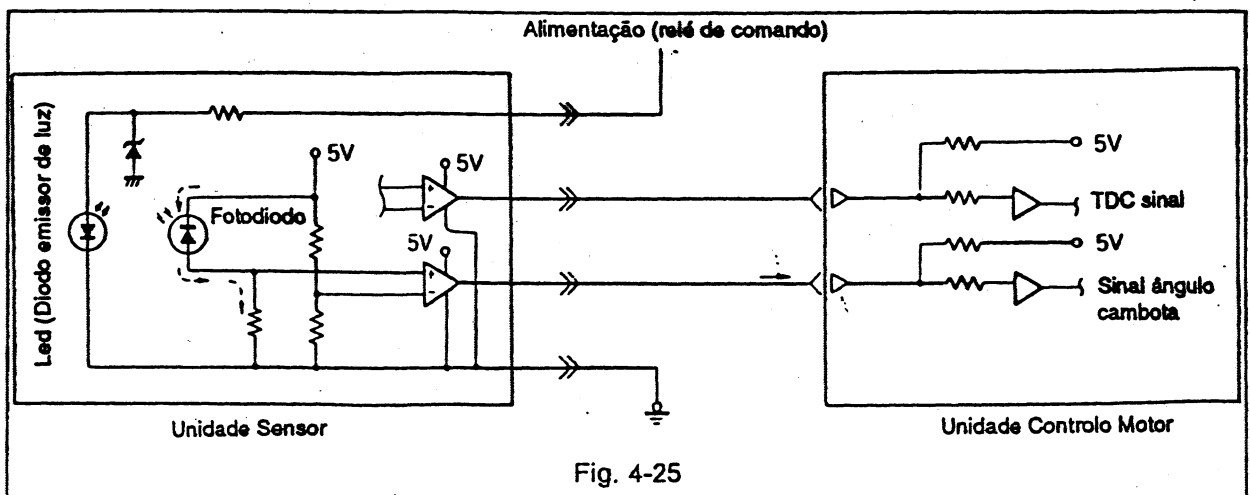


Fig. 4-25

SISTEMA DE CONTROLO DO MOTOR

(tipo montagem directa)

A placa de fluxo magnético para o sensor de PMS e uma para o ângulo da cambota têm o perfil indicado abaixo.

O PMS ou ângulo da cambota são detectados por pás de uma placa blindada cujo fluxo magnético passa através de um sensor de efeito hall que nesta unidade é bloqueado ou permitido a passar.

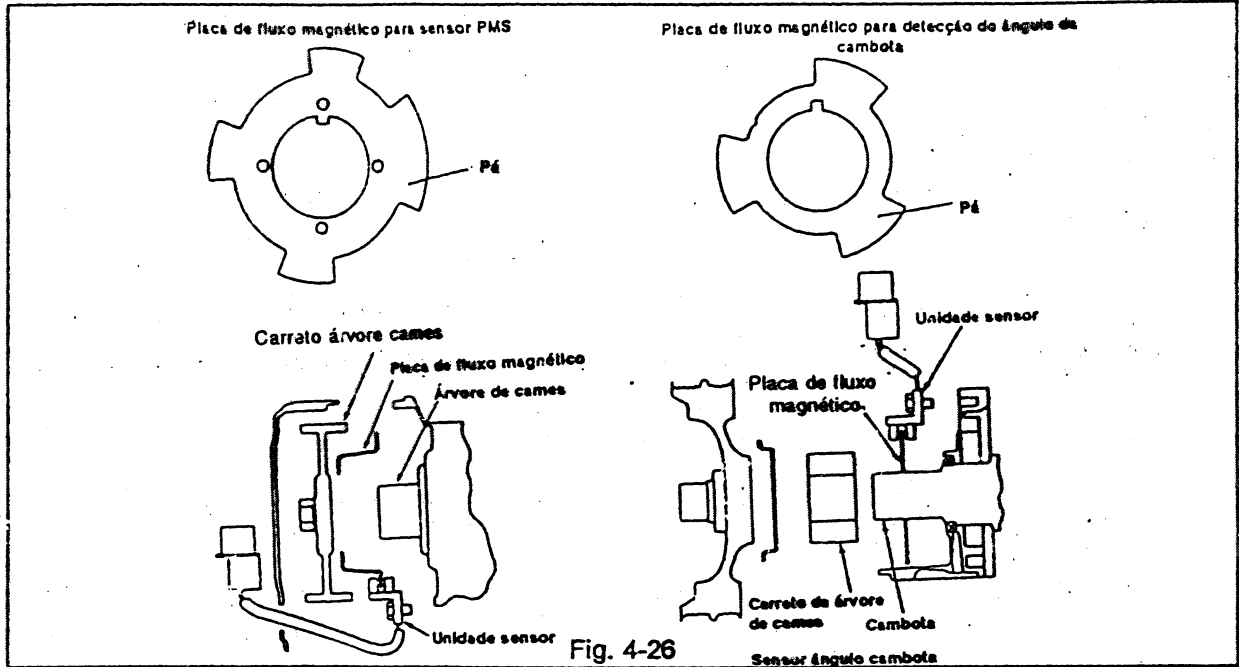


Fig. 4-26

O sensor PMS consiste numa placa de fluxo magnético fixa na bancada traseira de cilindros no carrete da árvore de cames de escape e o sensor é montado na cabeça do motor. O sensor angular da cambota consiste numa placa de fluxo magnético fixa no carrete da bomba de óleo do motor. O sensor PMS e sensor angular da cambota convertem as rotações da árvore de cames e da cambota em impulsos como se ilustra abaixo e envia estes sinais à unidade de controlo do motor.

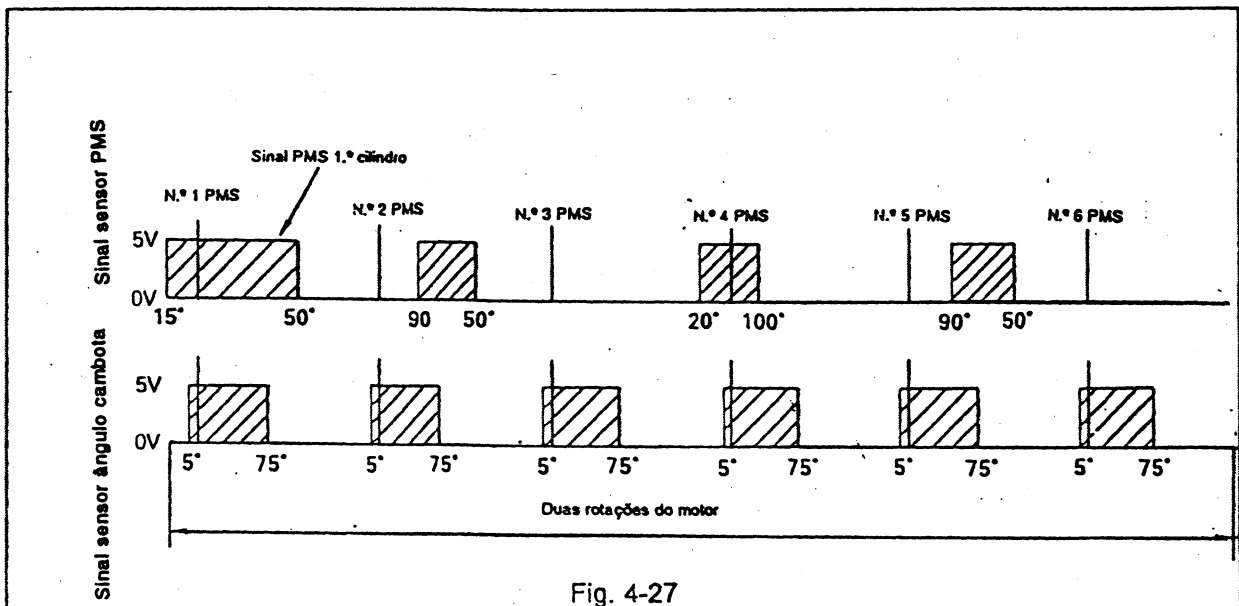
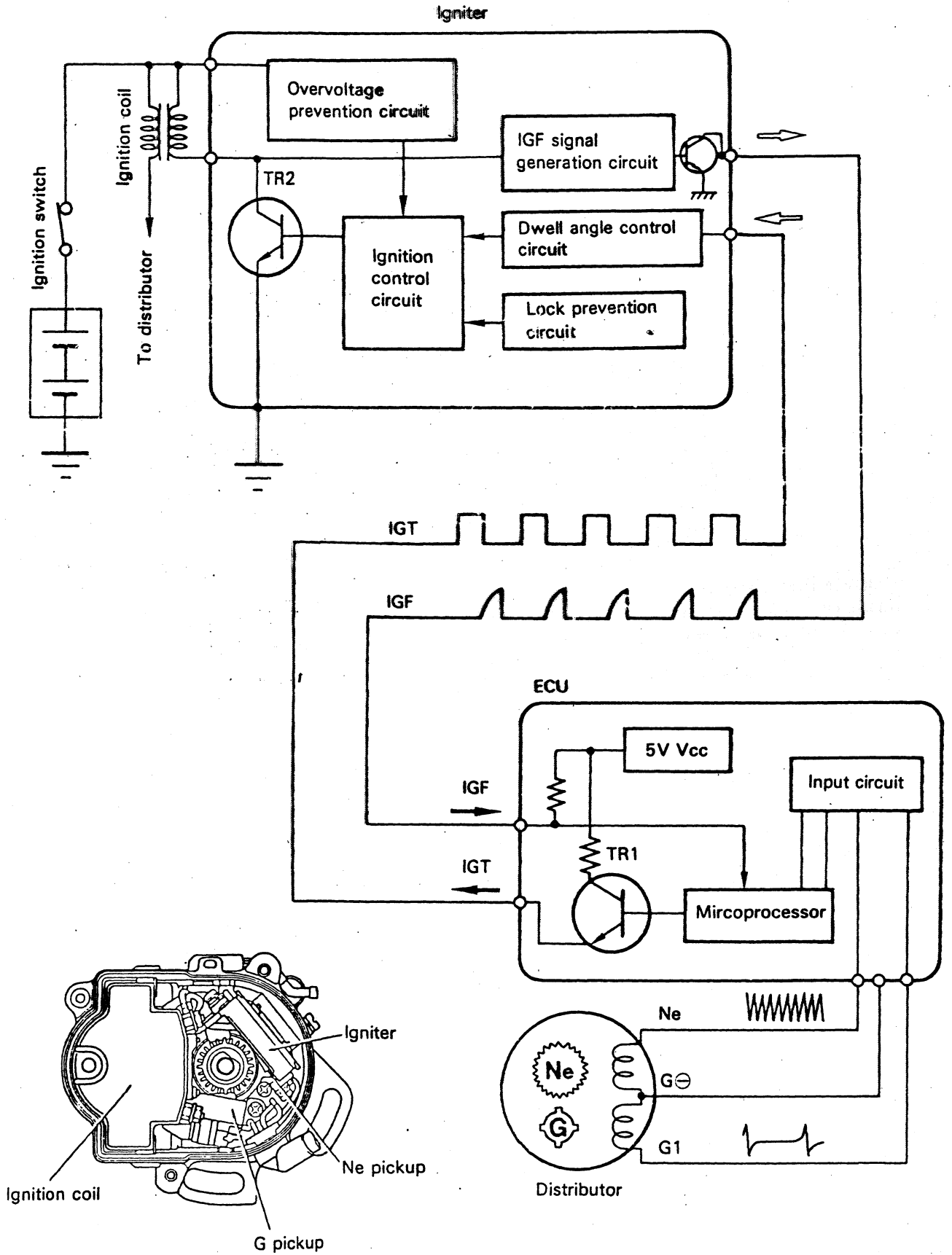


Fig. 4-27



3. SYSTEM DIAGRAM



CONTROLO DA INJEÇÃO DE COMBUSTÍVEL

(2) Início da injeção de combustível a baixa rotação

Quando a temperatura do líquido de arrefecimento é baixa (é necessária uma grande quantidade de combustível para o arranque), o combustível é injectado em todos os cilindros simultaneamente duas vezes por cada rotação do motor com base no sinal 5° antes do PMS do sensor angular da cambota.

(3) Injeção extra no momento da aceleração

Quando o motor é acelerado e a abertura da borboleta varia excede o valor presente, uma quantidade extra de combustível de acordo com o valor da aceleração é fornecido aos quatro cilindros simultaneamente em intervalos de tempo específicos (10 ms).

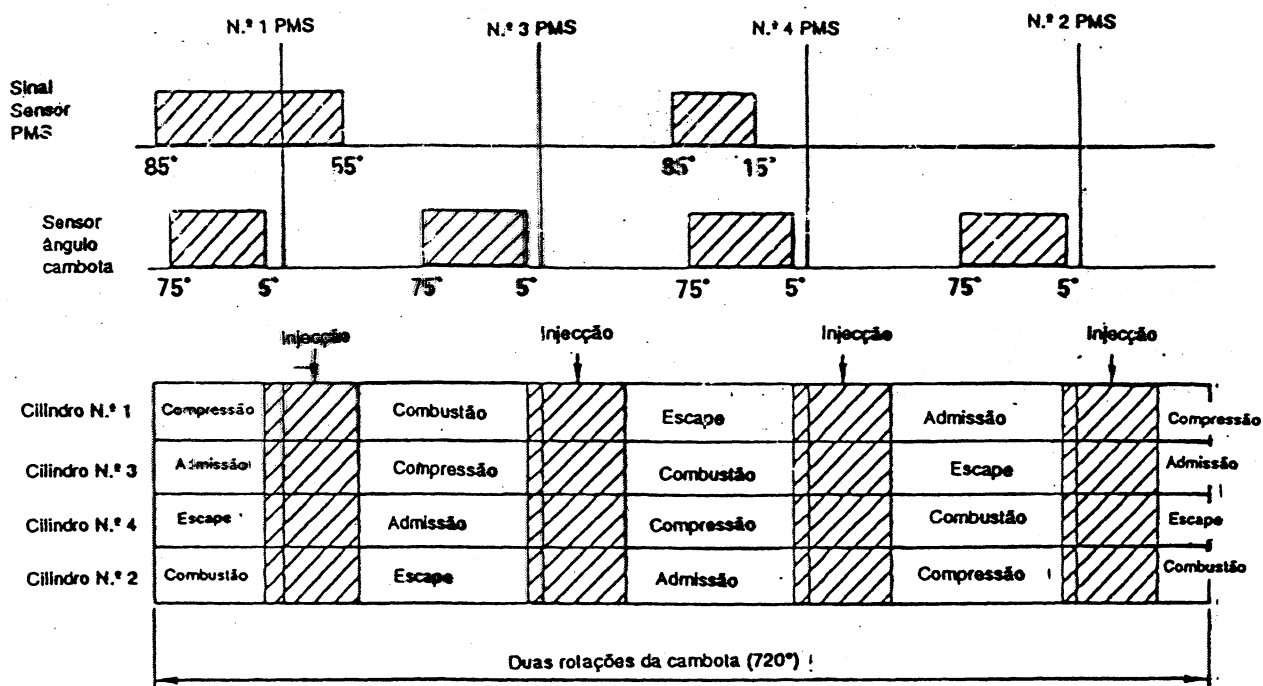


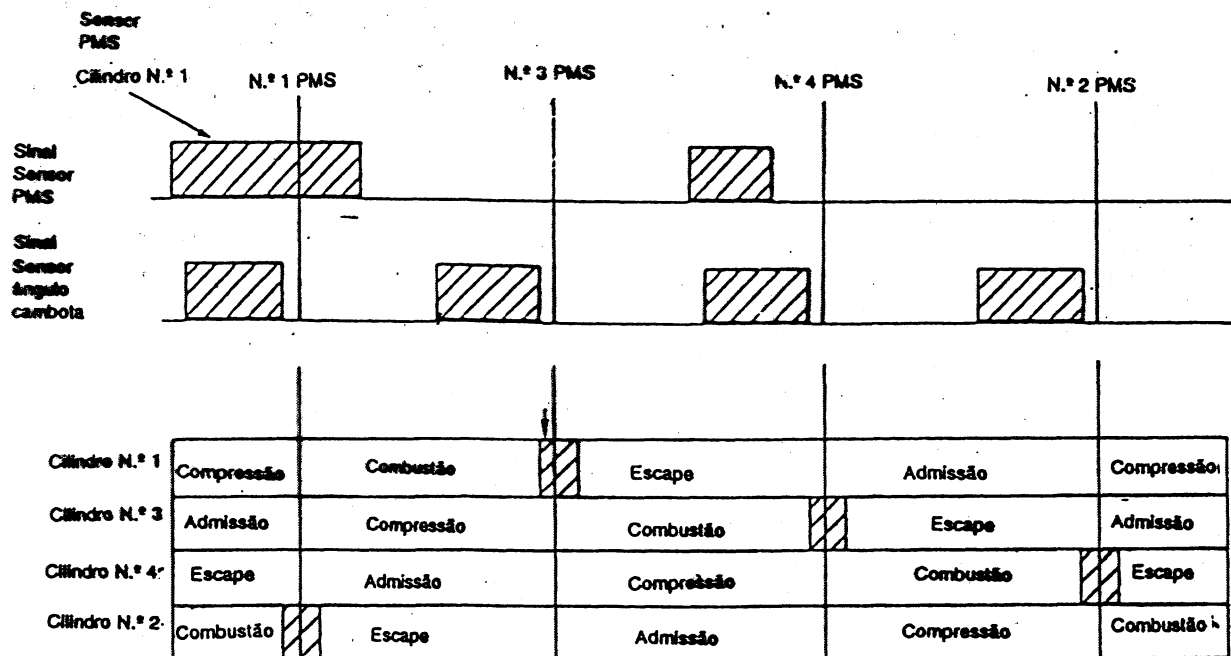
Fig. 5-9

5-2-2 Injecção sequencial

O injector é comandado no tempo de escape de cada cilindro.

O sinal PMS (PMS 1º cilindro) é o sinal de referência para a injeção sequencial. Este sinal permite ao sistema detectar o tempo de compressão do 1º cilindro e injectar sequencialmente o combustível nos cilindros 2, 1, 3 e 4 na ordem mencionada.

A injeção em cada cilindro é executada uma vez por cada duas rotações da cambota com base no sinal 5º antes do PMS do sensor angular da cambota.



6. COMANDO VELOCIDADE RALENTI (ISC)

Para compensar as variações de ralenti e as cargas de utilização, o motor Passo-a-passo (STM) é comandado para a frente e para trás de acordo com um controlo lógico pré-determinado para controlar a quantidade de ar que passa no by-pass do corpo da borboleta, mantendo, portanto, o ralenti a uma velocidade óptima.

Para o comando do servo ISC, a velocidade do ralenti é sempre calculada pela ECU. Se houver uma diferença em relação ao valor de ralenti pré-determinado, a velocidade de resposta é obtida pelo comando do motor passo-a-passo (STM) para corrigir a velocidade de ralenti actual em relação à velocidade pré-determinada. Para compensar variações de carga tais como do ar condicionado, o controlo de posição STM que comanda o STM para posição óptima (step) também é obtida.

O comando de posição STM também é obtido quando se faz o arranque do motor ou desacelerado.

Configuração do sistema

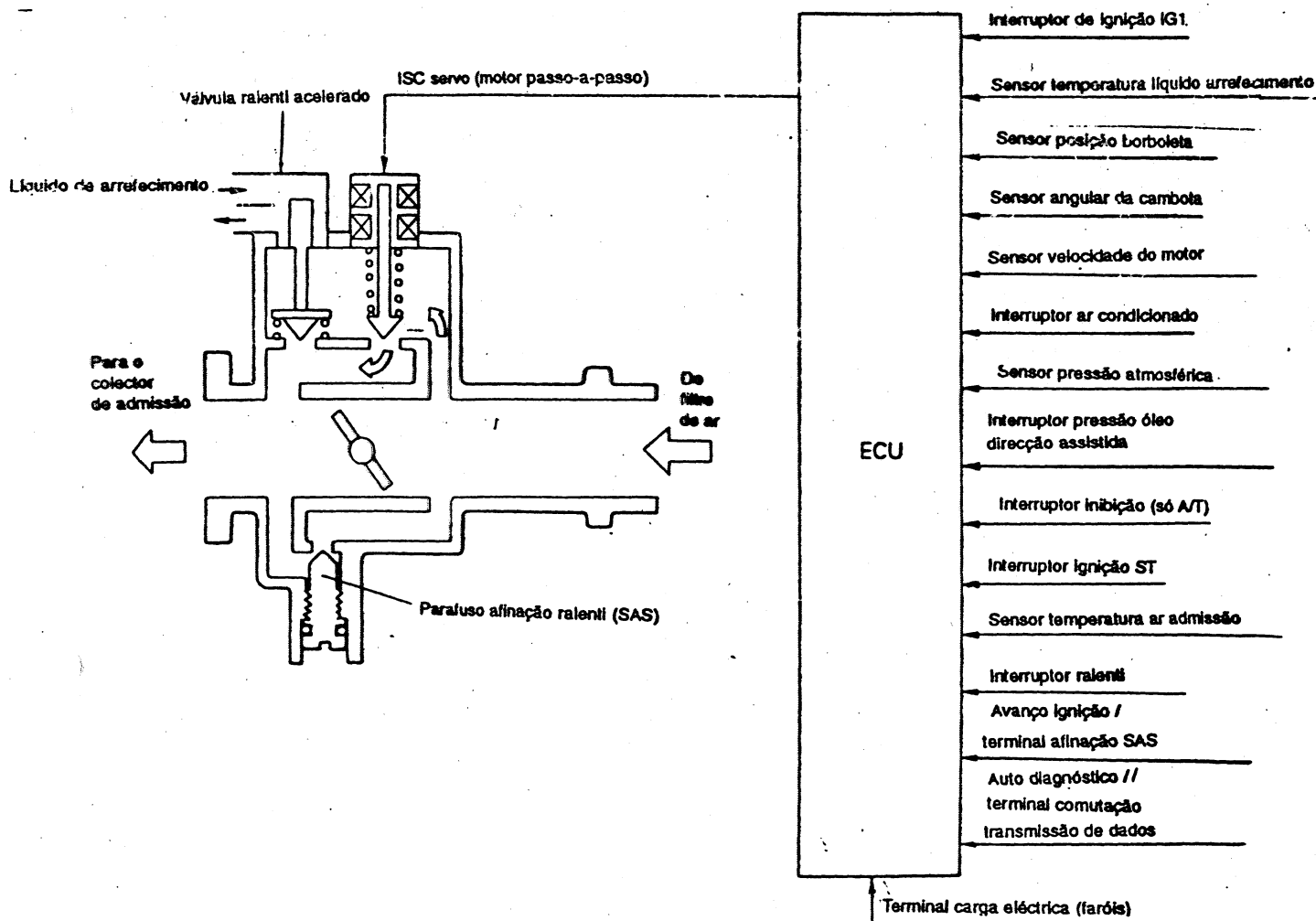


Fig. 6-1

ISC (Idle Speed Control)

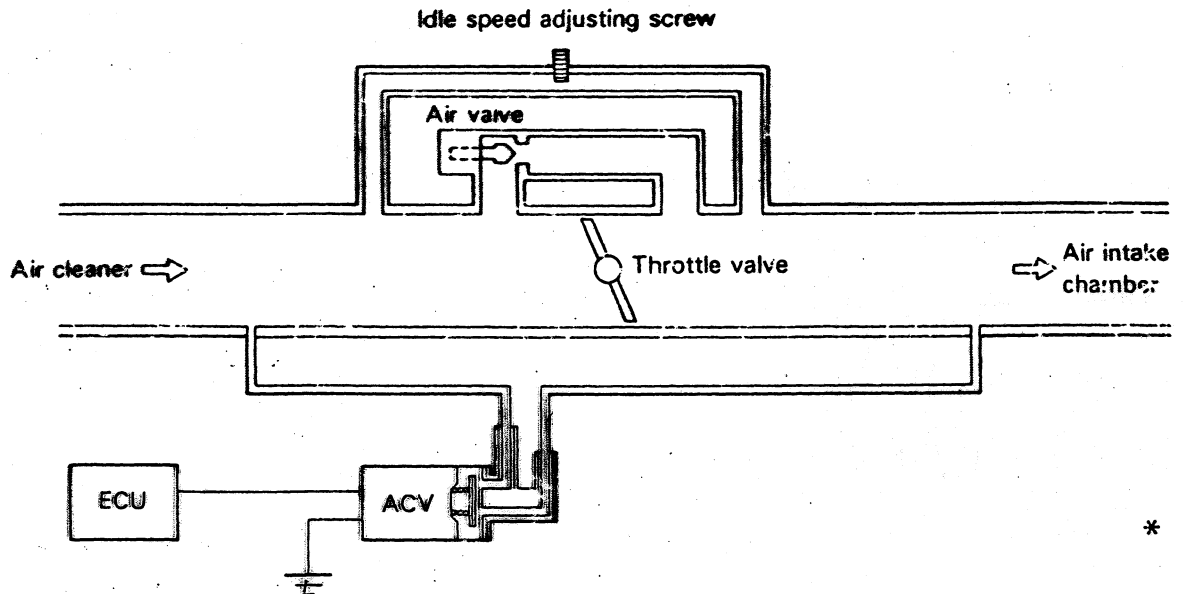


GENERAL

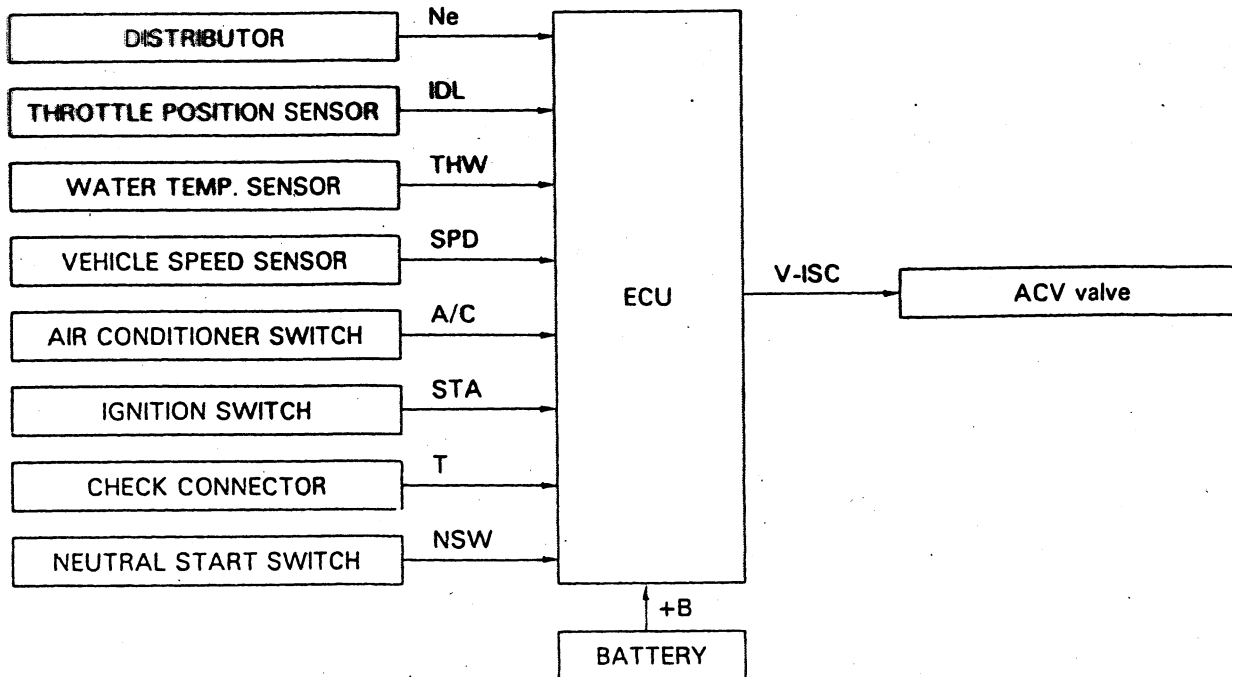
The 4A-FE engine is equipped with an ISC system which uses an ACV (air control valve) to maintain engine startability and idling stability.

Since the air volume controlled by this ACV is small, an air valve for controlling fast idle in the cold state and the idle-up mechanisms for power steering and the air conditioner are provided.

ISC SYSTEM DIAGRAM



ISC BLOCK DIAGRAM

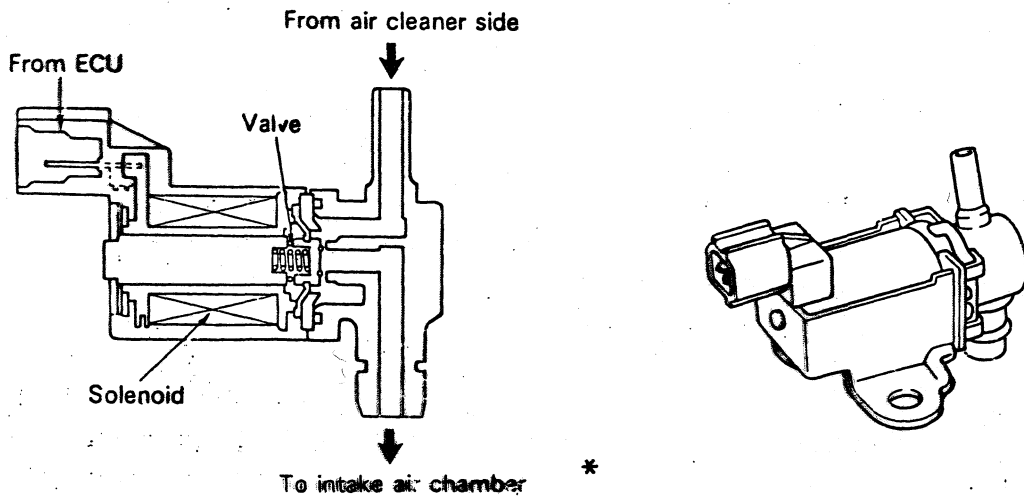




AIR CONTROL VALVE (ACV)

While current flows according to the signal from the ECU, the coil is excited and the valve moves. This changes the gap between the solenoid valve and the valve body, regulating the idle speed. However, the fast-idle speed is regulated using an air valve.

In actual operation, current to the coil is switched on and off every 100 msec., so the position of the solenoid valve is determined by the proportion of time the signal is on and the time it is off (i.e., by the duty ratio). That is, the valve opens wider the longer current flows to the coil.

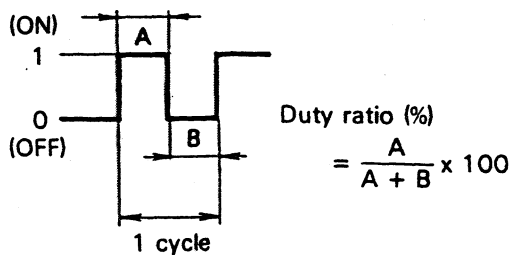


— REFERENCES —

DUTY RATIO

The duty ratio is the ratio, of the interval during which current flows in one cycle of a signal. The figure below shows one cycle during which current flows and then does not flow.

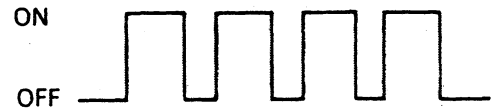
- A: Current flows**
- B: Current does not flow**



Low duty ratio

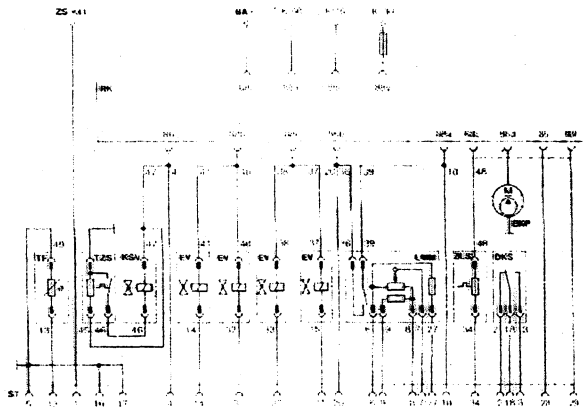


High duty ratio



L-Jetronic System - Control Unit, Basic Schematic

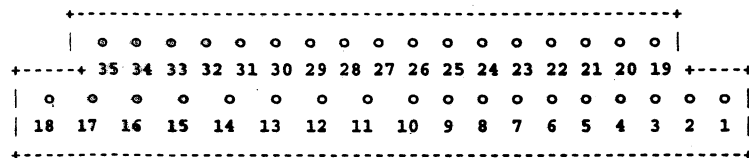
- This is a generic system schematic.
- Haynes diagram is good, but owners manual shows more internal component detail



- TF Coolant Temp Sensor
- TZS Thermo-time switch
- KSV Cold Start Valve
- EV Fuel Injector
- LMM Air Flow Meter (AFM) with pump switch and air temperature sensor
- ZLS Auxiliary Air Valve
- DKS Throttle Switch (idle, WOT)
- EKP Electric Fuel Pump
- RK Fuel Injection Combo Relay
- ZS Ignition Coil
- BA Battery
- ST Multi-pin connector to ECU

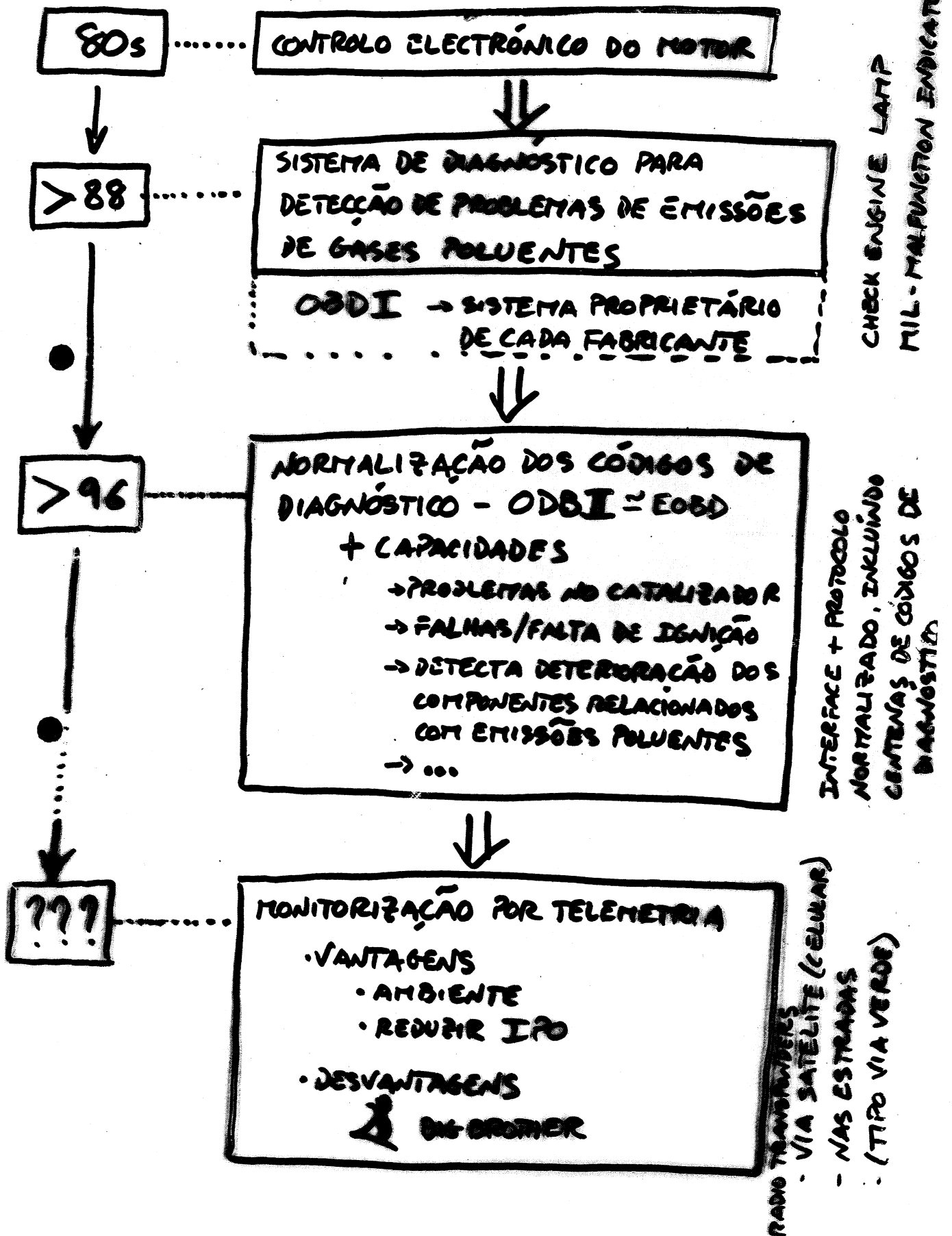
L-Jetronic System - Control Unit Pin out

Seen into the female connectors.



- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 1. Ignition coil | 19. No connection |
| 2. Throttle switch, idle ? | 20. Main relay + engine running |
| 3. Throttle switch, WOT ? | 21. No connection |
| 4. Pin 50 via main relay | 22. No connection |
| 5. Earth connection | 23. No connection |
| 6. Air flow sensor + ? | 24. No connection |
| 7. Air flow sensor signal | 25. No connection |
| 8. Air flow sensor - ? | 26. No connection |
| 9. Air flow sensor air temp. | 27. Air flow sensor |
| 10. Main relay, pin 15 | 28. No connection |
| 11. No connection | 29. No connection |
| 12. No connection | 30. Injectors |
| 13. Coolant temperature sensor | 31. Injectors |
| 14. Injectors | 32. Injectors |
| 15. Injectors | 33. Injectors |
| 16. Earth connection | 34. Auxiliary air valve, bimetal |
| 17. Earth connection | 35. Earth connection |
| 18. Throttle switch + | |

ON-BOARD DIAGNOSIS (OBD)





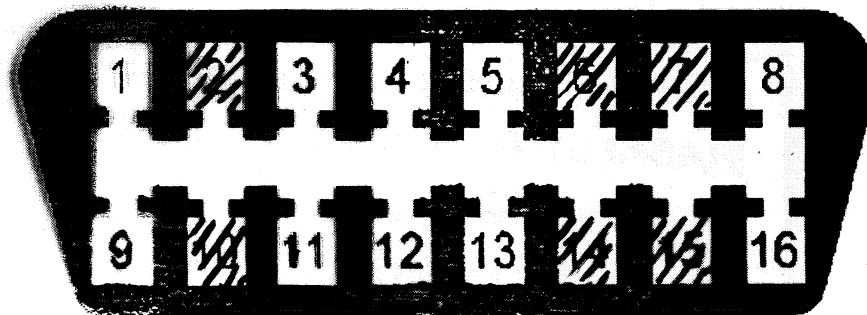
Does My Car Have OBD-II?

All cars and light trucks built and sold in the United States after January 1, 1996 were required to be OBD II equipped. In general, this means all 1996 model year cars and light trucks are compliant, even if built in late 1995.

Two factors will show if your vehicle is definitely OBD II equipped:

- 1) There will be an OBD II connector as shown below, and
- 2) There will be a note on a sticker or nameplate under the hood: "OBD II compliant".

The Connector



- Pin 2 - J1850 Bus+
- Pin 4 - Chassis Ground
- Pin 5 - Signal Ground
- Pin 6 - CAN High (J-2284)
- Pin 7 - ISO 9141-2 K Line
- Pin 10 - J1850 Bus
- Pin 14 - CAN Low (J-2284)
- Pin 15 - ISO 9141-2 L Line
- Pin 16 - Battery Power

Where is the connector located?

The connector must be located within three feet of the driver and must not require any tools to be revealed. Look under the dash and behind ashtrays.

The Three Flavors of OBD II

While the parameters, or readings, required by OBD II regulations are uniform, the auto manufacturers had some latitude in the communications protocol they used to transmit those readings to scanners. Naturally, each felt they had the one true way, so we have three different OBD II communications protocols in use.

OBD II

ON-BOARD DIAGNOSIS

OBD-2 (SAE) Diagnostic Trouble Codes (DTCs)

P01XX Fuel and Air Metering

- P0100 Mass or Volume Air flow Circuit Malfunction
- P0101 Mass or Volume Air flow Circuit Range/Performance Problem
- P0102 Mass or Volume Air Flow Circuit Low Input
- P0103 Mass or Volume Air flow Circuit High Input
- P0104 Mass or Volume Air flow Circuit Intermittent
- P0105 Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Malfunction
- P0106 Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Range/Performance Problem
- P0107 Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Low Input
- P0108 Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit High Input
- P0109 Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Intermittent
- P0110 Intake Air Temperature Circuit Malfunction
- P0111 Intake Air Temperature Circuit Range/Performance Problem
- P0112 Intake Air Temperature Circuit Low Input
- P0113 Intake Air Temperature Circuit High Input
- P0114 Intake Air Temperature Circuit Intermittent
- P0115 Engine Coolant Temperature Circuit Malfunction
- P0116 Engine Coolant Temperature Circuit Range/Performance Problem
- P0117 Engine Coolant Temperature Circuit Low Input
- P0118 Engine Coolant Temperature Circuit High Input
- P0119 Engine Coolant Temperature Circuit Intermittent
- P0120 Throttle Pedal Position Sensor/Switch A Circuit Malfunction
- P0121 Throttle/Pedal Position Sensor/Switch A Circuit Range/Performance Problem
- P0122 Throttle/Pedal Position Sensor/Switch A Circuit Low Input
- P0123 Throttle/Pedal Position Sensor/Switch A Circuit High Input
- P0124 Throttle/Pedal Position Sensor/Switch A Circuit Intermittent
- P0125 Insufficient Coolant Temperature for Closed Loop Fuel Control
- P0126 Insufficient Coolant Temperature for Stable Operation
- P0130 O2 Sensor Circuit Malfunction (Bank 1 Sensor 1)
- P0131 O2 Sensor Circuit Low Voltage (Bank 1 Sensor 1)
- P0132 O2 Sensor Circuit High Voltage (Bank 1 Sensor 1)
- P0133 O2 Sensor Circuit Slow Response (Bank 1 Sensor 1)
- P0134 O2 Sensor Circuit No Activity Detected (Bank 1 Sensor 1)
- P0135 O2 Sensor Heater Circuit Malfunction (Bank 1 Sensor 1)
- P0136 O2 Sensor Circuit Malfunction (Bank 1 Sensor 2)
- P0137 O2 Sensor Circuit Low Voltage (Bank 1 Sensor 2)

...
P0199

P05XX - VEHICLE SPEED, IDLE CONTROL AND AUXILIARY INPUTS

P0500 VEHICLE SPEED SENSOR MALF.

...

P0574

P06XX - COMPUTER AND AUXILIARY OUTPUTS

P0600 - SERIAL COMMUNICATION LINE MALFUNCTION

...

P0698

P07XX - TRANSMISSION

P0700 TRANSMISSION CONTROL ... SYSTEM MALFUNCTION

P0790

P02XX - FUEL AND AIR METERING

P0200 - INJECTOR CIRCUIT MALFUNCTION

...

P0296

P03XX - IGNITION SYSTEM OR MISFIRE

P0300 - RANDOM/MULTIPLE CYLINDER MISFIRE DETECTED

...

P0309

P04XX - AUXILIARY EMISSION CONTROLS

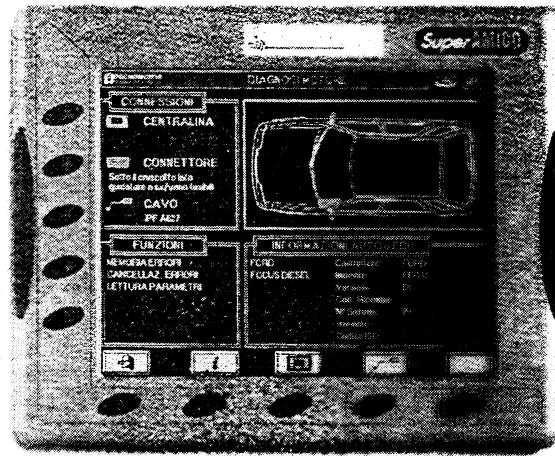
P0400 - EXHAUST GAS RECIRCULATION FLOW MALFUNCTION

...

P0485

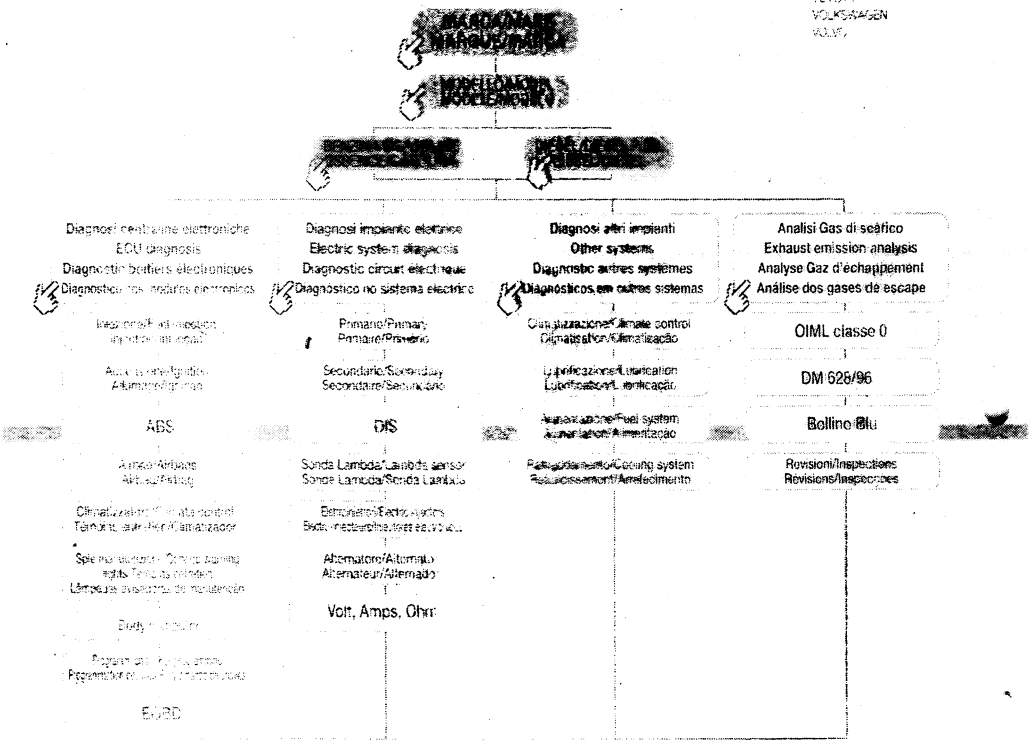
FERRAMENTA DIAGNÓSTICO: SUPERAMICO MULTITESTER (TECNOMOTOR)

SPECIFICATIONS



Diagnosi effettuabili su/Vehicle coverage
 Diagnósticos possíveis em/Diagnósticos possíveis em:

- ALFA
- ALFA
- AUTEBIANCHI
- BMW
- CITROEN
- CHRYSLER
- FIAT
- FIAT
- GM
- HONDA
- HYUNDAI
- JAGUAR
- JEEP
- MINI
- LANCIA
- LANCIA
- MERCEDES BENZ
- MINI
- NISSAN
- PEUGEOT
- RENAULT
- SAAB
- SEAT
- SKODA
- SUZUKI
- TOYOTA
- VOLKSWAGEN
- VALEO



Massima flessibilità: interfaccia ECU
 Data transfer to PC
 Customizable software menu
 Visualizzazione dati su PC



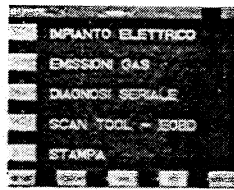
Collegamento ad un PC
 Interfacce to PC
 Connexion à un ordinateur
 Ligação a um PC



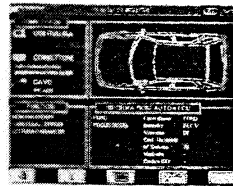
Collegamento diretto a stampante
 Direct printer connection
 Connexion directe à imprimante
 Ligação directa a impressora



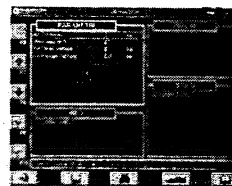
Stampa refero Bollino Blu



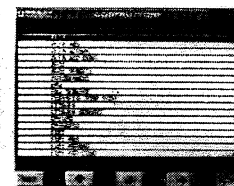
Menu/Menu
Menu/Menu



Interfaccia auto-diagnosi/Self-diagnosis
Interfaçe de interface auto-diagnóstico
Interfaçe para auto-diagnóstico (Ford EECV)



Interfaccia manutenzione spe di servizio
Maintenance service lights interface
Interfaçe e manutenção de serviço
Interfaçe de manutenção/luzes assistidas de serviço



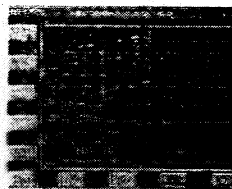
Visualizza del sottomenu auto-diagnosi
Self-diagnosis sub-menu screen
Page-écran du sous-menu auto-diagnostic
Página do sub-menu de auto-diagnóstico



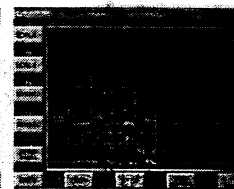
Menu Iniziativa elettrica/Electrics system
menu/Menu - sistema elétrico
Menu do sistema elétrico



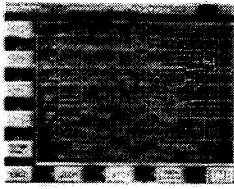
Menu Oscilloscope/Oscilloscope menu
Menu Osciloscópio/Menu Osciloscópio



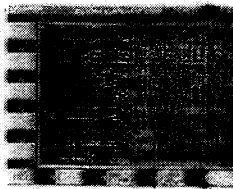
Analisi onda Di/DIS wave form
Análise onda DIS/Análise da onda DIS



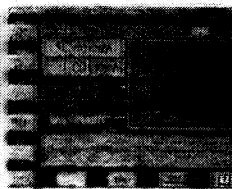
Analisi onda-wave form
Análise onda/Análise da onda



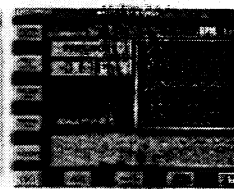
Confronto onda wave form con il valore
compari son/Confronto com o valor de
referencia/Confronto com o valor de referencia



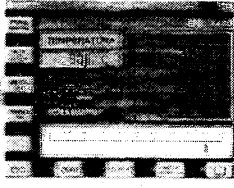
Zoom



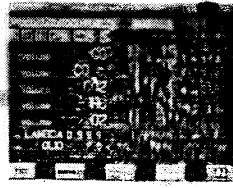
Multimet a resistenza/Resistance
multimetro/Multimetro resistência
Multimetro para resistência



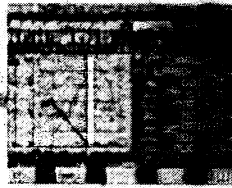
Multimetro pressione/Pressure multimeter
Multimetro pressão/Multimetro para pressão



Multimetro temperatura
Temperatures multimeter
Multimetro temperatura
Multimetro para temperatura



Analisi gas classica
Conventional exhaust gas analysis
Análise gas clássica
Análise clássica dos gases



Analisi gas lambda
Lambda sensor gas analysis
Análise gas lambda
Análise dos gases lambda



Analisi gas grafici
Gas analysis graphics
Análise gas gráfica
Análise gráfica dos gases

DATI TECNICI

Alimentazione
Dimensioni LCD
4 seriale RS232
Linea seriale K-L
6 ingressi analogici
4 uscite digitali
porta USB
PS 485
Linea J1850
Linea CAN
Presse VGA
Porta parallela
Alimentazione da batteria
e/o accendisigari

TECHNICAL DATA

Power supply
LCD Dimensions
4 serial RS232
K-L serial line
6 analogic input
4 digital input
4 digital output
USB port
RS-485
J1850 line
CAN line
VGA line
Parallel port
Coerces from two power sources:
battery and/or cigarette lighter

DOSSIER TECHNIQUES

Alimentation
Dimensions affichage LCD
4 seriales RS232
Ligne seriale K-L
6 entrées analogiques
4 sorties digitales
4 sorties digitales
Porte USB
RS-485
Ligne J1850
Ligne CAN
Ligne VGA
Porte parallele
Alimentation par batterie
et/ou par allumage

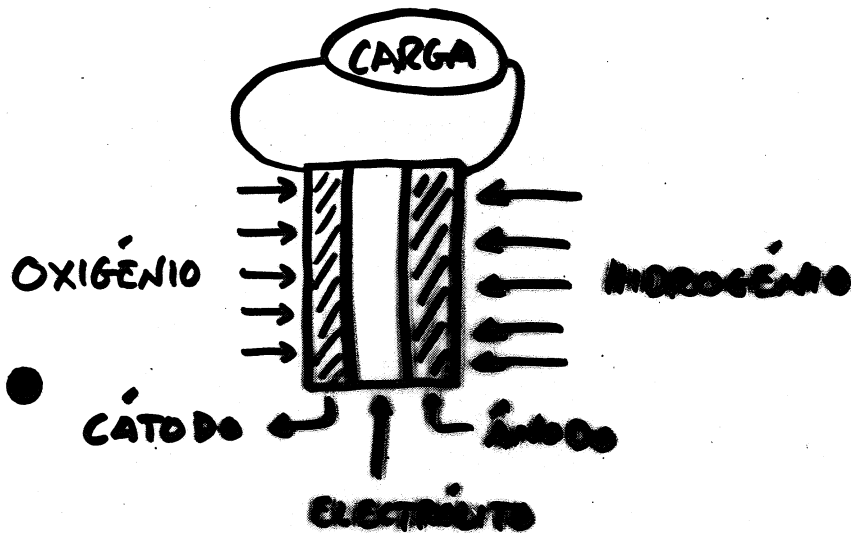
DIAGNOS TÉCNICOS

Alimentação
Dimensões do monitor LCD
4 seriales RS232
Linha serial K-L
6 entradas analógicas
4 entradas digitais
4 saídas digitais
Porta USB
PS 485
Linha J 1850
Linha CAN
Linha VGA
Porta paralela
Alimentação através de bateria
e/ou isqueiro

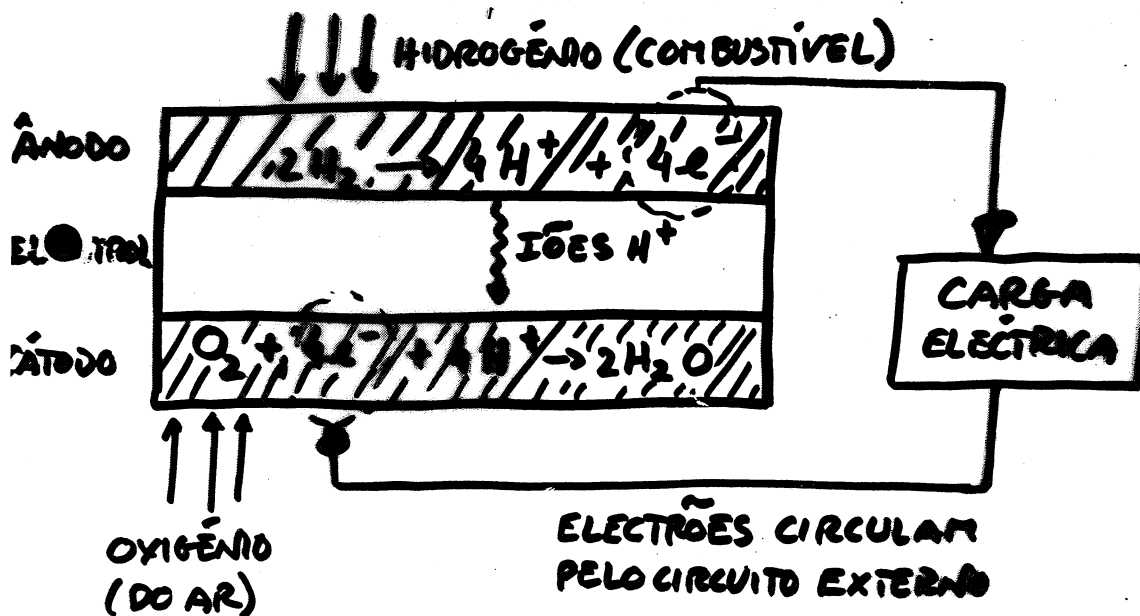
12 Vdc
9,4" (190 x 145 mm)

FUEL CELL VEHICLES (FCV)

PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO CÉLULA COMBUSTÍVEL



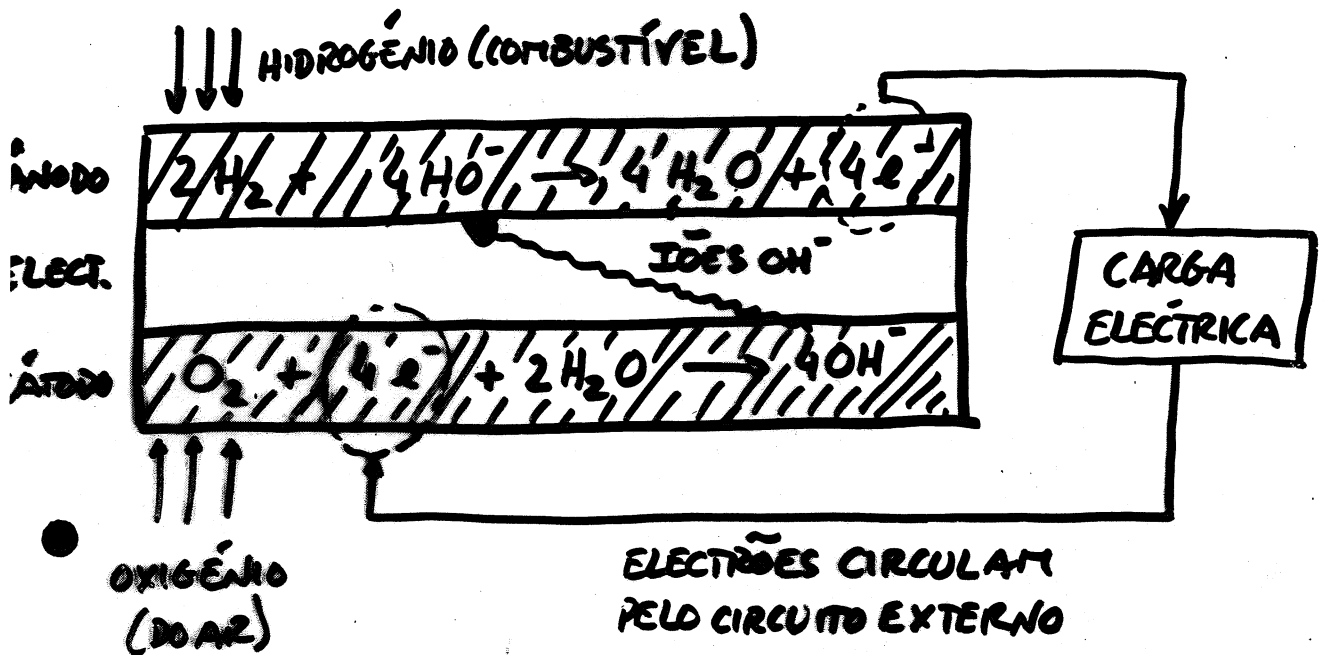
ACID ELECTROLYTE FUEL CELL



PROCESSO REVERSÍVEL

☺ → PERMITE RECARREGAR DEPÓSITO DE H_2 ATRAVÉS DA ELECTROLISE DA ÁGUA

ALKALINE ELECTROLYTE FUEL CELL



PROBLEMA DO ARMAZENAMENTO (NO POSTO DE ABASTECIMENTO E NO VEÍCULO) 1 kg H₂ ≈ 5ℓ GASOLINA

| HIDROGÉNIO | PRESSÃO/TEMP. | MASSA NETA DE ÁGUA |
|------------|----------------------|-----------------------------------|
| GASOSO | 5000-10000 PSI ☹️ | 9.78 kg ↓ ≈ 60 km AUTONOMIA |
| LÍQUIDO | -224.6 °C ☹️ | 3 kg ↓ ≈ 240 km AUTONOMIA |
| SÓLIDO | 200 PSI 😊 | |

USD 3 (USA 2008)
AUTONOMIA DE 400 km (LIGEIRO DE PASSAGEIROS)

MAIS GRANDE TEMPO PARA ABASTECER

tabela fuel cell (711x791x16M jpeg)

| | Conventional ICE Vehicle | Fuel Cell Vehicle | |
|-----------------------|--|---|---|
| Environmentally Clean | NO | YES | The only emission from hydrogen and fuel cells is warm water |
| High Performance | YES | YES, and surpassing conventional vehicles | Current Fuel Cell Vehicle Prototypes have comparable or better performance characteristics as conventional ICE vehicles. Typically, FCVs are faster off the line and are starting to demonstrate more power. Example: ICE Ford Focus has 110 hp and Ford's newest FC Focus has an 85 kW Ballard Mark 902 fuel cell, which equals 117 hp. Eventually, FCVs will offer highly superior performances |
| Low Maintenance | NO | YES | With practically no moving parts, FCVs require no oil for lubrication and general maintenance |
| Reliability | NO | YES | Fuel Cells have proven to be a reliable source of power (99.9999% reliable) |
| Comfort | YES for today's standards; NO for tomorrow's | YES | There are many reasons why FCVs will be more comfortable than conventional vehicles: 1) no transmission for a smooth ride 2) low noise 3) no dirty exhaust 4) more interior room 5) more on-board power 6) more design freedom 7) drive by wire technology |
| Low Noise | NO | YES | Practically all the noise FCVs make comes from the air compressor or fans |
| High Efficiency | NO | YES | FCVs are not limited by the Carnot cycle or mechanical connections involving friction like conventional vehicles |
| Design Freedom | NO | YES | All the components, which make up a FCV, are electrical and connected by wires. Conventional vehicles consist of mechanical components interconnected. This essential lets FCV designers put any component anywhere on the vehicle, unlike today's vehicles |
| On-Board Power | NO (limited to stored battery energy) | YES | FCVs are essentially portable power generators. They can be used to power many more on board electronics than conventional vehicles as well as supplying off board power (camping, grid credits, etc) |

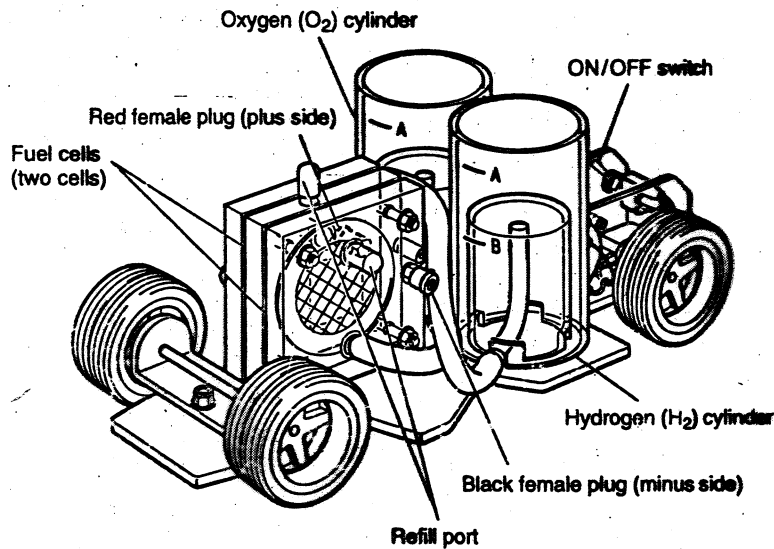
~
JAPÃO

2010 → 50 000 FCV
2020 → 5 000 000 FCV

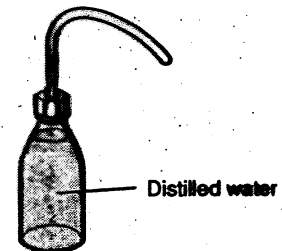
3. Operation

Note:

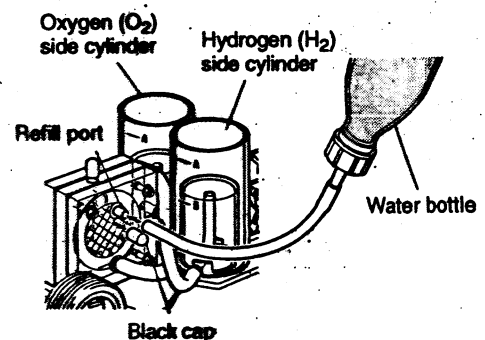
This FC Vehicle Model is a double fuel cell type, using two fuel cells that contain a proton exchange membrane sandwiched between two electrodes. This fuel cell is also a reversible type. In addition to performing the role of electrolysis of water, it can also function as a fuel cell.



1. Fill the water bottle with the distilled water.
Caution: Do only use distilled water



2. Remove the black cap covering the refill port on the side of the fuel cell (either left or right).
3. Insert the tip of the water bottle hose into this refill port.



MÁQUINAS ELÉTRICAS EM TRANSPORTES

1. Motivação Para o Estudo das Máquinas Eléctricas

O estudo das máquinas eléctricas mostra-se de particular importância num curso de Eng. Mecânica de Transportes. Como se sabe, os veículos cuja tracção resulta do movimento de um motor de combustão interna, necessitam, para o seu funcionamento, de máquinas eléctricas tais como o alternador, o motor de arranque e a "bobina" de ignição.

Sendo os veículos de tracção eléctrica uma realidade no que respeita aos transportes ferroviários, são também já uma grande aposta por parte dos fabricantes de veículos rodoviários, nomeadamente automóveis, motas, bicicletas. Esta tracção é obviamente obtida a partir do movimento de rotação de um motor eléctrico, podendo este ser de corrente contínua ou corrente alternada.

Refira-se também que o transporte de materiais em ambiente industrial ou em edificios públicos, é quase totalmente constituído por veículos eléctricos, quer sejam guiados por um operador, guiados automaticamente ou autónomos.

Em termos mais latos, podemos considerar as máquinas eléctricas como parte integrante do nosso dia-a-dia. O motor eléctrico vulgarizou-se em aparelhos de uso comum tais como máquinas de barbear, berbequins, varinhas mágicas, picadeiras, ventoinhas, aparelhos de ar condicionado, aspiradores, etc.

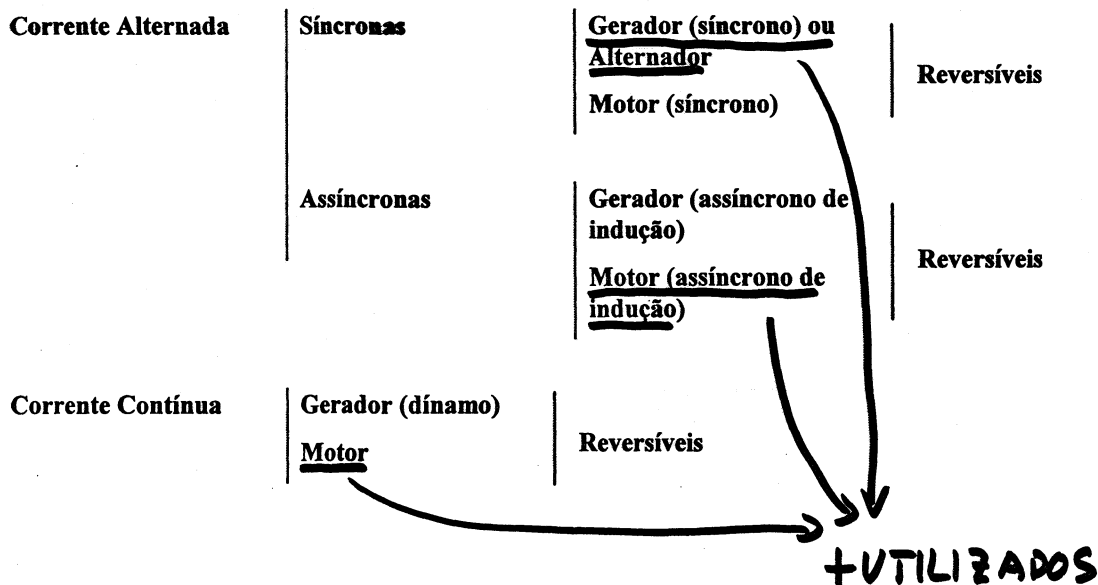
Os transformadores são também largamente utilizados, tanto nos sistemas de transporte e distribuição de energia eléctrica, como em aplicações de domínio doméstico, tais como carregadores de bateria, telefones portáteis, candeeiros de lâmpadas de halogénio e muitas outras.

1.2. Classificação das Máquinas Eléctricas

As máquinas eléctricas podem ser classificadas quanto à função que exercem:

- Transformação de energia mecânica em energia eléctrica - Geradores | máquinas rotativas
- Transformação de energia eléctrica em energia mecânica - Motores | máquinas rotativas
- Transformação de tensão/corrente eléctrica - Transformadores | máquinas estáticas

Considerando o seu princípio de funcionamento, podemos dividir as máquinas rotativas da seguinte maneira (I):



1.3. Características das Máquinas Eléctricas

Rotor/Estator e Indutor/Induzido

Nas máquinas rotativas, existe sempre uma parte fixa - **estator** - e uma parte móvel - **rotor**. Nos geradores, o movimento de rotação do rotor provoca o aparecimento de uma f.e.m. no estator. Nos motores, a aplicação de uma f.e.m. ao estator provoca o movimento de rotação do rotor.

Costumam também utilizar-se os termos **indutor** e **induzido** para representar a causa e o efeito, respectivamente, de um gerador ou de um motor. No caso dos motores, o indutor é o estator, provocando uma força de rotação induzida no rotor (sendo este o induzido).

Na figura seguinte podem observar-se o estator e o rotor de um motor de corrente contínua de um "Carro Eléctrico" do Porto (I). O estator funciona como indutor e o rotor com induzido:

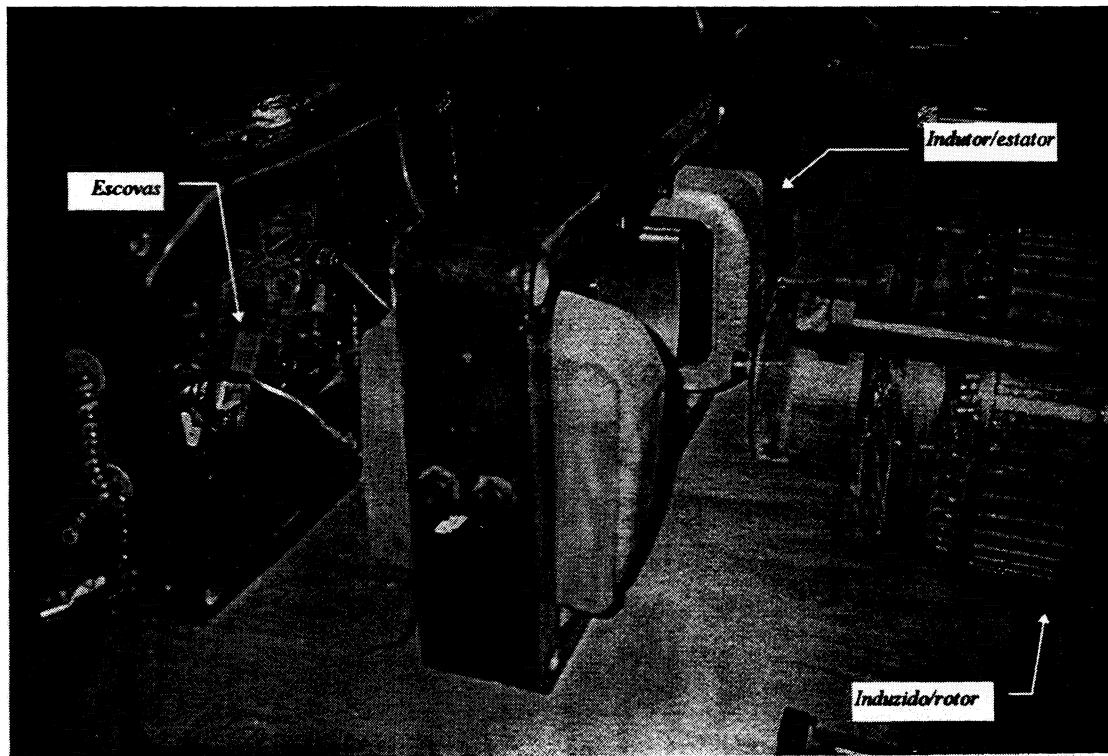


Figura 1: Motor de "Carro Eléctrico" (desmontado)

Para os geradores, o estator é normalmente onde é induzida a f.e.m., por movimento do rotor (indutor):

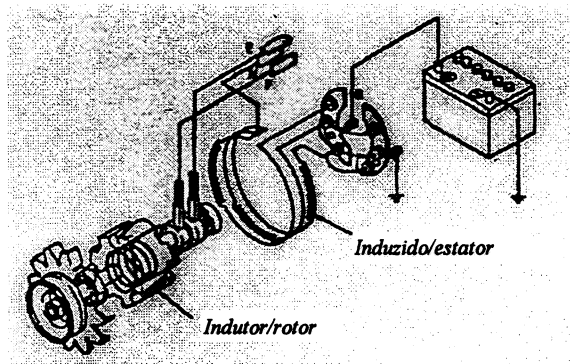


Figura 2: Estrutura básica do alternador de um automóvel (I)

No caso do transformador, pode considerar-se o primário como o indutor e o secundário como o induzido.

Sincronismo e Número de Pólos

Todas as máquinas rotativas de corrente alternada têm uma relação entre a frequência da tensão de alimentação e a sua velocidade de rotação. Porém, as máquinas síncronas possuem uma velocidade de rotação fixa, que está relacionada, de uma forma rígida, com aquela frequência. Essa relação é dada pela equação:

$$f = p \cdot n$$

em que f é a frequência, n é a velocidade de rotação (em rotações por segundo) e p é o número de pares de pólos da máquina.

Como o número de pares de pólos p é constante para uma dada máquina, verificamos que a velocidade de rotação n depende directamente da frequência f da f.e.m. de alimentação.

Perdas e Rendimento

A potência útil é igual à potência absorvida menos as perdas. O rendimento η é definido como a potência útil P_u a dividir pela potência absorvida P_a :

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

As perdas poderão ser as seguintes:

- **Perdas Eléctricas**

Perdas por *Efeito de Joule* nos enrolamentos - os condutores das bobinas têm uma resistência não nula, logo, a passagem de corrente vai provocar perdas caloríficas.

⇒ Escolher materiais de baixas resistividades

Limitar o comprimento dos condutores

Aumentar a secção dos condutores

Limitar a intensidade da corrente

- **Perdas Magnéticas**

Perdas inerentes ao meio ferromagnético - perdas por *Correntes de Foucault*, perdas histeréticas, perdas por fluxo de fugas, etc.

⇒ Escolher materiais com boas características ferromagnéticas

Escolher materiais com elevada resistividade (ferro com 3% de silício)

Laminar os núcleos ferromagnéticos (lâminas finas e isoladas entre si)

- **Perdas Mecânicas** (apenas para as máquinas rotativas)

Perdas por Atrito - perdas por atrito nos apoios e rolamentos.

⇒ Boa manutenção - rolamentos e lubrificação

Perdas por Arrastamento - as peças móveis em rotação provocam um arrastamento do meio envolvente (ar), produzindo um binário resistente.

Pretende-se que o rendimento de uma máquina seja o mais próximo possível da unidade (100%). A maioria das máquinas eléctricas tem um rendimento superior a 80%.

Características Nominais

Tensão Nominal - valor de tensão que se supôs existir entre os terminais de uma dada máquina aquando do seu projecto.

Corrente Nominal - corrente que percorre a máquina, cuja existência é prevista no projecto e que pode ser suportada sem problemas.

Velocidade Nominal - velocidade alcançada quando a máquina é percorrida pela corrente nominal.

Outras Características

Carga

Em Vazio - quando a potência útil (eléctrica ou mecânica) é nula

Plena Carga - quando a potência útil é a nominal

Binário

Motor - binário desenvolvido pela máquina (rotativa)

Resistente - binário que a carga impõe à máquina (rotativa)

Nota: Se os dois binários não forem iguais, aparece uma aceleração angular proporcional.

1.4. Transformadores

Apesar do princípio de funcionamento do transformador ter sido já explicado atrás, pretendem aqui focar-se alguns aspectos mais práticos deste dispositivo.

O transformador é uma máquina estática, isto é, não tem peças em movimento, que baseia o seu funcionamento na indução magnética. Este aparelho destina-se a transformar um sistema de grandezas alternadas em um ou vários sistemas de grandezas alternadas da mesma frequência e de intensidades e tensões geralmente diferentes (II).

Tal como foi já referido, existem dois circuitos distintos - o primário e o secundário - que, apesar de estarem isolados electricamente, estão "ligados" magneticamente, pois o fluxo magnético gerado pela bobina primária vai percorrer também o interior da bobina secundária.

Transformadores Monofásicos e Trifásicos

No caso de transformadores monofásicos, existe somente uma bobina primária e uma bobina secundária. Para um transformador trifásico, existirão três bobinas primárias e três bobinas secundárias:

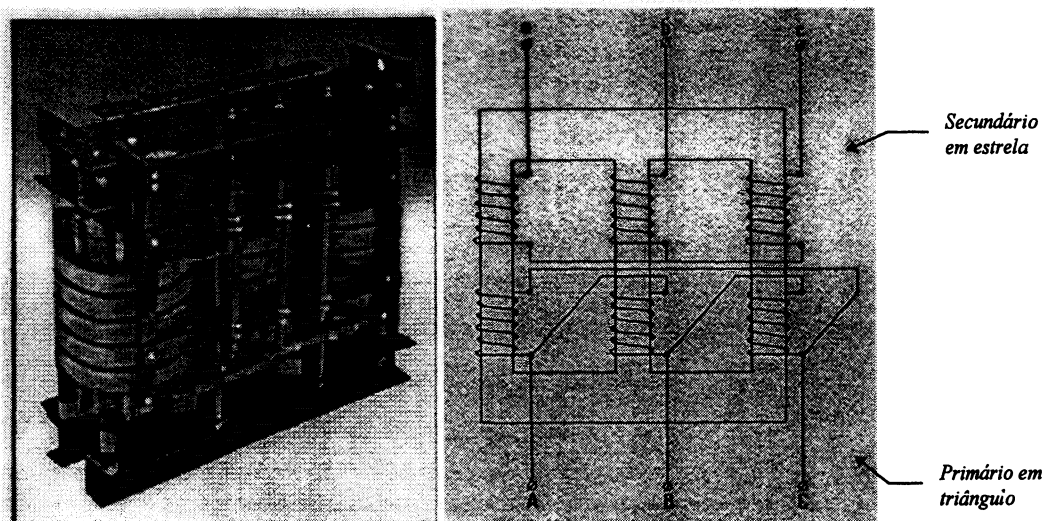


Figura 3: Transformador trifásico e esquema eléctrico (II)

Motor de Indução Trifásico - Tracção Eléctrica

O motor eléctrico mais utilizado, em termos globais é, sem sombra de dúvida, o motor assíncrono trifásico, mais conhecido como **motor de indução** (Figura 1).

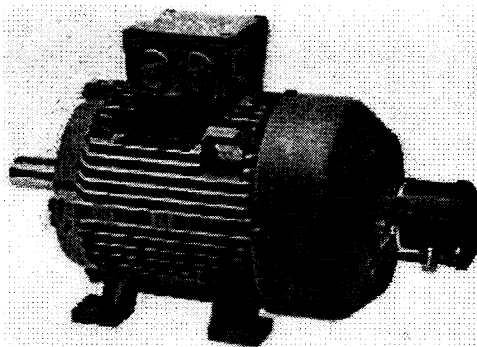


Figura 1: Motor de indução

O termo **assíncrono** utiliza-se pois a velocidade de rotação do rotor não é igual à velocidade de rotação do campo girante criado pelo estator, isto é, o movimento do rotor não é síncrono com o movimento do campo girante do estator.

O termo **indução** utiliza-se pois o movimento de rotação do rotor é o resultado do aparecimento de f.e.ms. induzidas no rotor.

Princípio de Funcionamento - Campo Girante

O motor de indução é um motor que baseia o seu princípio de funcionamento na criação de um campo magnético rotativo. A partir da aplicação de tensão alternada (trifásica, usualmente) no estator, consegue produzir-se um campo magnético rotativo - campo girante - que atravessa os condutores do rotor. Este campo magnético variável induz no rotor f.e.ms. que, por sua vez, criam o seu próprio campo magnético girante. Este campo magnético girante criado pelo rotor, ao tender a alinhar-se com o campo girante do estator, produz um movimento de rotação no rotor.

A velocidade de rotação do rotor é ligeiramente inferior à velocidade de rotação do campo girante do estator, não estando por isso o rotor sincronizado com esse campo girante.

Estator e Rotor

Este motor tem um estator do tipo do alternador (já abordado) e que constitui o indutor. O rotor, que será o induzido, pode apresentar-se de duas formas:

- Rotor em Curto-Circuito (ou em Gaiola de Esquilo) **+ UTILIZADO**

O enrolamento do rotor consiste em barras condutoras dispostas ao longo do rotor e em todo o seu perímetro, curto-circuitadas nas extremidades por anéis condutores. Utiliza-se o termo Gaiola de Esquilo pois o rotor assemelha-se às gaiolas em que os esquilos brincam, quando em cativeiro. Estas barras são geralmente de alumínio mas podem também ser de cobre ou outro condutor. Este é o motor mais comum hoje em dia pois tem diversas vantagens relativamente ao motor de rotor bobinado e aos motores de corrente contínua, nomeadamente o facto de não ter anéis colectores nem escovas.

- Rotor Bobinado

O enrolamento do rotor é similar ao enrolamento do estator. Este tipo de motor tem também anéis colectores e escovas que, ao conduzirem a corrente gerada no rotor para o exterior, permitem, através de resistências variáveis, limitar a corrente no arranque e controlar a velocidade de rotação do motor.

O aparecimento dos conversores electrónicos de potência veio permitir controlar o arranque e a velocidade do motor mais simples - o motor de indução com rotor em curto-circuito. Desta forma,

consegue evitar-se em muitos casos a utilização do motor de indução de rotor bobinado e do motor síncrono.

O rotor em curto-circuito (gaiola de esquilo) tem o seguinte aspecto:

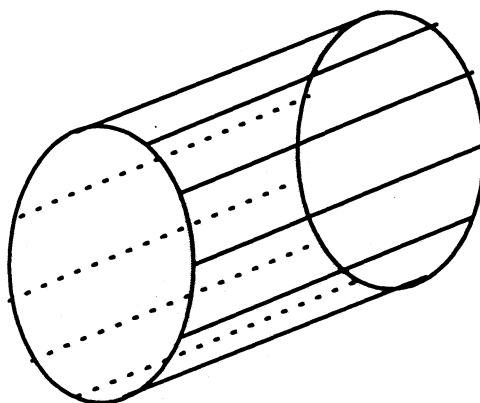


Figura 2: Rotor em gaiola de esquilo ou em curto-circuito ([1])

Na figura seguinte visualizam-se as várias componentes que podem constituir um motor de indução de rotor em curto-circuito, nomeadamente o estator e o rotor:

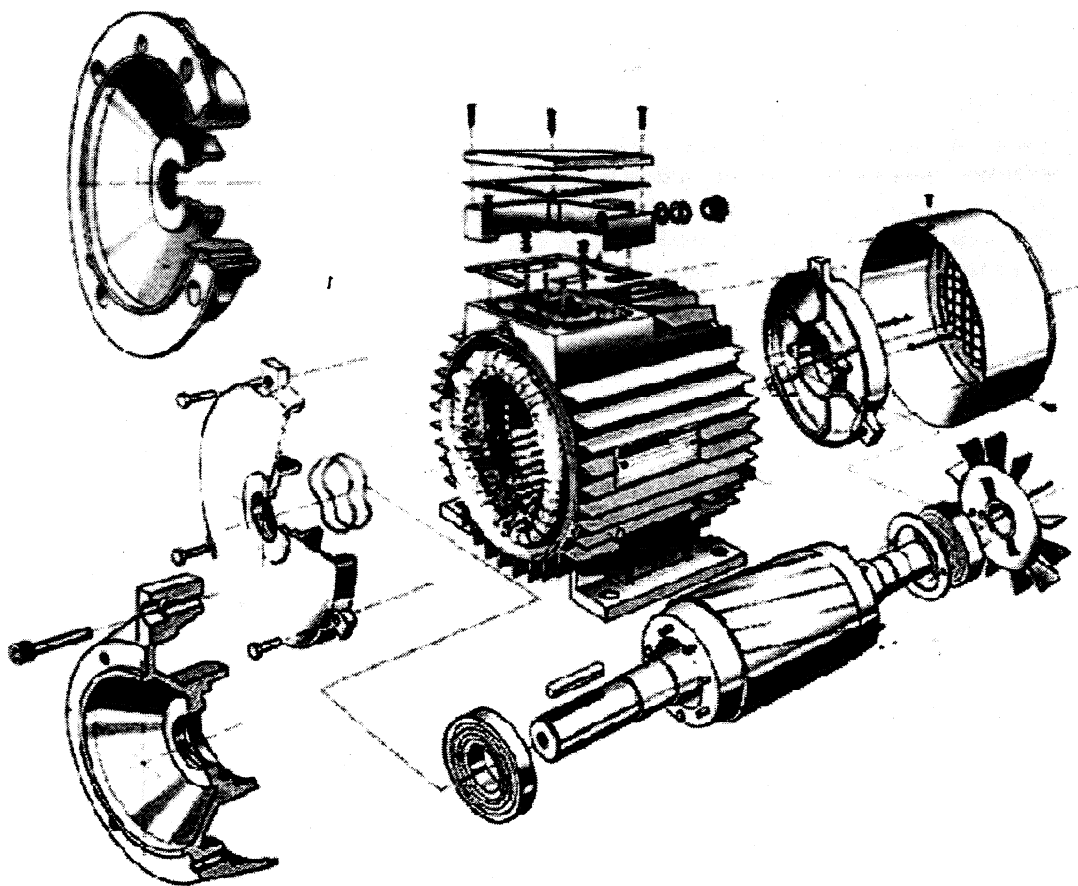


Figura 3: Constituição interna de um motor de indução ([1])

Número de Pólos, Velocidade de Sincronismo

As bobinas do estator estão dispostas de tal forma, que o campo magnético criado gira ao longo do estator. A velocidade de rotação do campo girante é constante e é denominada velocidade de sincronismo. Se o rotor girasse síncrono com o campo, a sua velocidade seria:

$$n = \frac{120f}{p} \text{ (rpm)}$$

em que f é a frequência da tensão de alimentação e p é o número de pólos do motor.

Da expressão anterior, quanto maior for o número de pólos magnéticos (sempre em número par) - p , tanto menor será a frequência do campo girante, diminuindo por isso a velocidade de sincronismo - n .

Deduz-se então que a maior velocidade possível de atingir com um motor de indução, alimentado por uma fonte trifásica de 50 Hz é de 3000 rpm, pois o menor número possível de pólos é 2.

É possível arranjar os enrolamentos do estator de modo a obter motores de 2, 4, 6, 8, 10, 12 pólos, etc. Motores de mais de 12 pólos não são normalmente utilizados:

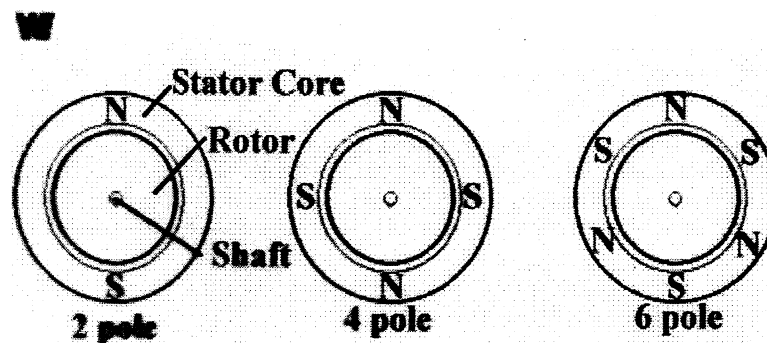


Figura 4: Localização dos pólos de um motor de indução ([Error! Reference source not found.])

Deslizamento

Num motor de indução, a velocidade de rotação do rotor é diferente da velocidade de sincronismo. Este facto deve-se a que tem de existir uma diferença de velocidades entre o rotor e o campo girante do estator. Se o rotor girar à mesma velocidade do campo girante, deixaria de existir movimento relativo, deixando de existir correntes induzidas no rotor, o que implicaria a não existência de força (binário) induzida no rotor.

A esta diferença de velocidades dá-se o nome de deslizamento - s (ou escorregamento) e pode ser calculado por:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \times 100\%$$

em que n_s é a velocidade de sincronismo e n é a velocidade de rotação do rotor.

O deslizamento do motor dependerá de:

- Perdas mecânicas por atrito (apoios e rolamentos) e arrastamento (ar)
- Carga imposta

Quando o motor roda em vazio, o deslizamento é muito pequeno, pois o binário necessário é mínimo (apenas o suficiente para suportar as perdas mecânicas). À medida que o pedido de carga vai aumentando, o deslizamento vai aumentando, até que no limite o binário (resistente) é tanto que o motor não roda e $s = 1$.

Quando maior o motor, menos deslizamento ele tem. Valores típicos para o deslizamento são da ordem de 0.5% em vazio e entre 3% a 5% à sua carga nominal (plena carga), dependendo do tipo de motor.

Para dar uma ideia das velocidades envolvidas, apresenta-se a seguinte tabela para um deslizamento de 5% à plena carga:

| Nº de Pólos | Velocidade de Sincronismo | Velocidade à Plena Carga |
|-------------|---------------------------|--------------------------|
| 2 | 3000 | 2850 |
| 4 | 1500 | 1375 |
| 6 | 1000 | 950 |

Rendimento

É também muito importante referir que o deslizamento está intimamente relacionado com o rendimento do motor. De facto, quanto maior o deslizamento, maiores as perdas, sendo menor o rendimento do motor. O deslizamento à plena carga dá uma ideia do rendimento do motor ($\eta \leq 100\% - s$).

O rendimento de um motor é tanto maior quanto maior a sua potência (o deslizamento diminui com a potência). Valores típicos de rendimento para motores de indução trifásicos de rotor em curto-circuito são de 80% para um motor de 0.75 kW, 95% para potências de 100 kW e mais de 98% para motores de grandes potências.

Obviamente que quanto mais a velocidade de rotação se aproximar da velocidade de sincronismo, melhor será o rendimento do motor (menor é o deslizamento).

Binário

O binário motor à plena carga pode ser conhecido, se forem conhecidas a potência e a velocidade à plena carga, pela seguinte expressão:

$$T = \frac{P}{n} \times 9550$$

em que a unidade do binário T é o Newton.Metro (N.m), a unidade da potência P é o KiloWatt (KW) e a unidade da velocidade de rotação n é rotações por minuto (rpm).

Quando o motor roda à plena carga, o binário desenvolvido pelo motor será igual ao binário necessário para manter a carga a rodar àquela velocidade.

Durante o arranque, contudo, o binário desenvolvido pelo motor terá de ser superior ao imposto pela carga, caso contrário o motor não acelera.

Arranque

A maior parte dos motores de indução são suficientemente robustos para arrancarem directamente da rede, isto é, acelerarem a carga desde parado até à velocidade nominal, estando aplicada a tensão nominal. No entanto, o arranque directo implica um consumo de corrente, durante a fase inicial de arranque, cinco a sete vezes superior à corrente nominal do motor.

A elevada corrente no arranque directo poderá ter efeitos nocivos:

- Para o motor

O excesso de corrente causa sobreaquecimento, podendo deteriorar os isolamentos.

- Para a instalação eléctrica.

Ou é dimensionada para estes valores de corrente, ou poderão disparar os dispositivos de protecção (relés ou fusíveis). Uma apreciável queda de tensão na linha poderá afectar o funcionamento de outros equipamentos alimentados pela mesma linha.

Poderão então existir casos em que é necessário um método de arranque alternativo, baseando-se todos na redução da tensão de alimentação:

- **Arranque por reóstato**

Uma resistência variável é introduzida em série com o enrolamento do estator. Método antieconómico, devido às perdas por *Efeito de Joule* no reóstato.

- **Arranque por transformador ou autotransformador**

É utilizado um transformador ou um autotransformador trifásico para auxiliar o arranque por variação da tensão de alimentação. Dispendioso, dado o preço do transformador.

- **Arranque estrela-triângulo**

Um comutador liga o estator em estrela, inicialmente e, após uma certa velocidade, comuta a ligação para triângulo, aumentando a tensão aplicada a cada um dos enrolamentos. Antes da utilização dos conversores electrónicos era o método de arranque mais comum.

- **Arranque por conversor electrónico de potência**

O mesmo equipamento de controlo controla a velocidade e o arranque do motor.

Os motores de rotor bobinado tem também a possibilidade de poderem ser arrancados (e controlar a velocidade) por introdução de uma resistência rotórica, na fase de arranque.

Controlo de Velocidade

O controlo de velocidade dos motores de indução (de rotor em curto-circuito) poderá ser efectuado por diversos métodos:

- **Variação do número de pólos (do estator)**

Neste método, os enrolamentos do estator são projectados de forma que, alterando as ligações das bobinas, o número de pólos possa ser alterado nas relações 2:1, 4:1, etc. Recapitulando que a velocidade de sincronismo pode ser calculada por:

$$n = \frac{120f}{p} \text{ (rpm)}$$

podem obter-se várias velocidades. Apesar de ser um método robusto e eficiente, tem as desvantagens de só se poderem obter velocidades discretas e de que o estator é mais complexo, aumentando o custo do motor.

- **Variação da frequência**

Ao observar a expressão da velocidade de sincronismo, verifica-se que esta é proporcional à frequência da tensão de alimentação. Para a tensão da rede eléctrica nacional, esta frequência é fixa (50 Hz), exigindo um dispositivo electrónico que forneça uma tensão com frequência variável. Com os conversores electrónicos de potência é também possível obter uma tensão a frequência variável a partir de uma fonte de alimentação contínua, como é o caso das baterias dos automóveis eléctricos.

- **Variação da tensão de alimentação**

A variação da tensão de alimentação poderá ser feita por um autotransformador ou por um conversor electrónico de potência. Sendo o binário motor proporcional ao quadrado da tensão aplicada, variando a tensão varia-se o binário disponível, logo a velocidade vai ser diferente.

- **Variação da tensão e da frequência de alimentação**

Os sistemas modernos de controlo de velocidade baseados em conversores electrónicos de potência permitem controlar ao mesmo tempo a tensão e a frequência de alimentação, permitindo um mais adequado arranque e controlo de velocidade dos motores de indução.

Travagem Regenerativa

Embora possa parecer estranho à primeira vista, o motor de indução de rotor em curto-circuito pode também funcionar como um gerador, mesmo sabendo que o rotor não recebe qualquer energia eléctrica do exterior. Este fenómeno acontece pois, mesmo deixando de alimentar os enrolamentos do estator (caso da travagem), existe um magnetismo remanente (campo magnético que permanece no núcleo ferromagnético do rotor) que, dado que o rotor está em rotação, induz uma f.e.m. nos enrolamentos do estator. O aparecimento desta f.e.m. faz com que o motor passe a fornecer energia ao sistema que antes lhe fornecia (carregando as baterias no caso dos automóveis ou dando energia à rede no caso de outros veículos ligados à rede eléctrica).

A f.e.m. induzida no estator é proporcional à velocidade de rotação do motor. Com a diminuição da velocidade, diminui o valor desta f.e.m., diminuindo o binário de travagem. Por este motivo, na fase final da travagem regenerativa é necessário ajudar esta "travagem eléctrica" com uma travagem mecânica.

Aplicação em Veículos - Automóvel Eléctrico (EV1)

O aparecimento dos conversores electrónicos de potência levou ao aparecimento dos motores de indução na tracção eléctrica de veículos de transporte. Este tipo de motor eléctrico tem algumas vantagens relativamente aos outros tipos, quer o motor de corrente contínua quer o motor síncrono, nomeadamente:

- É **simplex e robusto** e está praticamente isento de manutenção pois não tem escovas para inspeccionar ou para substituir, possuindo uma **fiabilidade elevada**.
- Para a mesma potência é **menos volumoso e pesado** e tem **grande capacidade de suportar sobrecargas**.
- A ausência de anéis colectores (caso do motor síncrono) ou de segmentos de colector (motor de corrente contínua) permite uma **velocidade de rotação mais elevada**.
- Por simples troca de duas fases permite efectuar a inversão de marcha, o que **reduz a complexidade da aparelhagem de controlo**.
- Toleram bem **ambientes severos e fortes vibrações**, dado que não tem contactos deslizantes na parte rotórica da máquina.
- Pode **integrar-se directamente no sistema de transmissão mecânico**, pois é um motor robusto e fiável.

O exemplo aqui dado revela um dos mais recentes automóveis eléctricos, já em comercialização nos EUA - o EV1 da General Motors. As suas especificações eléctricas são as seguintes (□):

- **Motor**

Tipo: motor de indução trifásico

Potência: 102 kW (137 cavalos) entre as 7000 e as 13000 rpm

Binário: 150 N.m, entre as 0 e as 7000 rpm

Aceleração 0-100 Km/h: 9 segundos (aproximadamente)

Velocidade máxima: 130 Km/h (limitada)

- **Bateria**

Tipo: Ácido-chumbo (26 módulos, 533 Kg)

F.e.m.: 26 módulos x 12 V = 312 V

Energia: 16.3 KW.h (53 A.h cada)

Autonomia: 125 Km (aproximadamente)

Carregador: Indutivo (3-4 h a 230 V)

- Controlador de Potência (Velocidade)

Tipo: Inversor trifásico (conversor de potência) baseado em 6 IGBT (transistor de potência)

Recuperação de energia na travagem (travagem regenerativa): permite ganhar até 15% em autonomia.

Motor Síncrono - Tracção Eléctrica

A construção do motor síncrono é idêntica à do alternador. Na realidade, podemos pensar na máquina eléctrica síncrona como um gerador ou como um motor, dependendo do tipo de energia fornecida à máquina e do tipo de energia obtida da máquina:

- No gerador síncrono (alternador)

Fornece-se energia mecânica e energia eléctrica ao enrolamento do rotor

Obtém-se energia eléctrica (alternada trifásica) nos enrolamentos do estator

- No motor síncrono

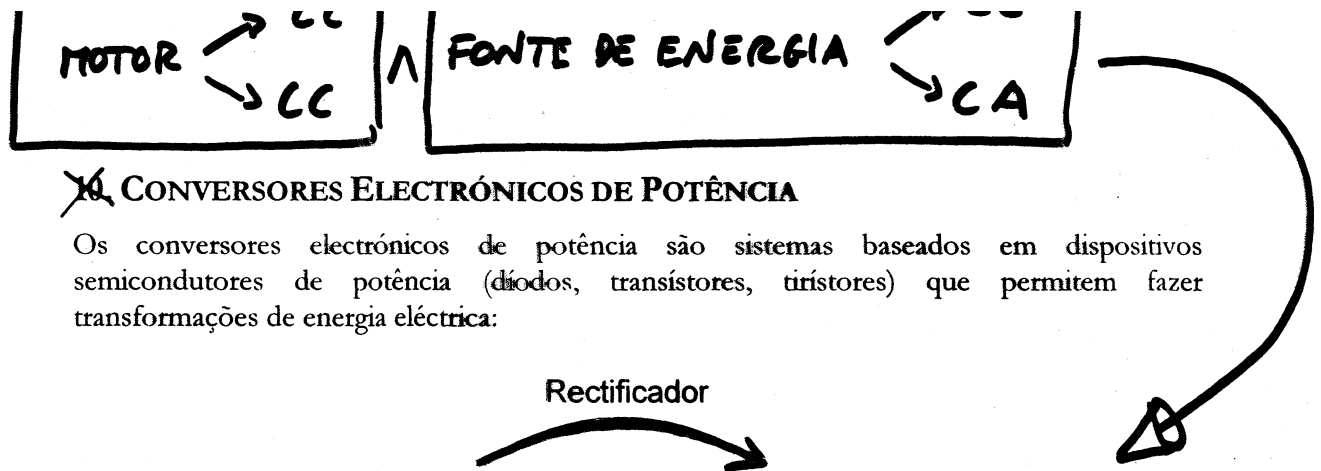
Fornece-se energia eléctrica (alternada trifásica) nos enrolamentos do estator e energia eléctrica ao enrolamento do rotor

Obtém-se energia mecânica

Portanto, um alternador de um automóvel pode também funcionar com um motor.

Embora com o aparecimento dos dispositivos electrónicos de potência se comece a utilizar cada vez mais o motor de indução (motor assíncrono), o motor síncrono é ainda muito utilizada a nível de tracção eléctrica, nomeadamente nos comboios (normais e de alta velocidade), devido a diversas razões, nomeadamente porque a ausência de deslizamento ($f=p.n$) permite obter uma velocidade rigorosa para uma dada frequência de alimentação

A alimentação dos enrolamentos do estator é feita a partir de um circuito electrónico de potência, enquanto que a alimentação do enrolamento do rotor.



CONVERSORES ELECTRÓNICOS DE POTÊNCIA

Os conversores electrónicos de potência são sistemas baseados em dispositivos semicondutores de potência (diodos, transistores, tiristores) que permitem fazer transformações de energia eléctrica:

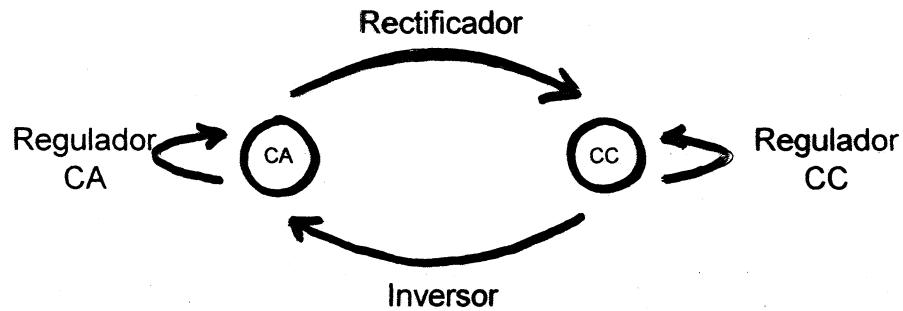


Figura 161: Tipos de conversores electrónicos de potência

Embora este tipo de conversores se aplique a uma vasta gama de aplicações, vai aqui dar-se mais ênfase às aplicações relacionadas com a engenharia de transportes, nomeadamente no controlo de velocidade de motores.

Cada um dos conversores electrónicos tem um equivalente electromecânico, isto é, é possível fazer a mesma conversão de energia eléctrica recorrendo a máquinas eléctricas. Antes de aparecerem os semicondutores de potência, a conversão de energia era feita através de agrupamentos de máquinas eléctricas. Assim, podemos ter as seguintes conversões electromecânicas de energia:

- Rectificação
Motor CA + Gerador CC
- Inversão
Motor CC + Gerador CA
- Regulação CC
Motor CC + Gerador CC
- Regulação CA
Motor CA + Gerador CA
- Transformador ou autotransformador (mesma frequência)

PASSADO ☹️

São inúmeras as vantagens dos conversores electrónicos de potência face aos seus equivalentes electromecânicos, nomeadamente:

- Perdas muito reduzidas
- Consumo muito reduzido
- Muito menor manutenção
- Tamanho e peso muito reduzido
- Custo muito menor
- Maior facilidade de controlo (de nível de tensão e de frequência)

PRESENTE 😊

10.1. Dispositivos Semicondutores de Potência

É a seguir feita uma descrição funcional dos diversos dispositivos semicondutores de potência utilizados nos conversores electrónicos de potência.

Díodos

Os díodos têm a característica fundamental de conduzirem a corrente num sentido e obstruírem a corrente em sentido contrário. Por não se poder controlar a sua condução/corte, o díodo é conhecido por **dispositivo não controlado**. À primeira vista parece que este dispositivo só permite a rectificação de corrente, com já foi referido no alternador. Na realidade, são a seguir descritas algumas outras funções dos díodos (□):

- Rectificação

A utilização dos díodos em ponte permite a rectificação de corrente alternada, tanto monofásica (2 ou 4 díodos), quer trifásica (3 ou 6 díodos). É o caso da “placa” de díodos do alternador, no sistema de carga do automóvel.

- Protecção

Um circuito onde a corrente deve circular apenas num determinado sentido e nunca em sentido contrário, pode ser protegido pela presença de um díodo. Por exemplo, o caso de um gerador em série com uma bateria, onde se pretende que a corrente possa passar do gerador para a bateria, mas nunca da bateria para o gerador. Utiliza-se um díodo em série, ligado ente o gerador e a bateria no sentido da bateria.

O díodo pode tanto servir para proteger um dado circuito com características indutivas, quando colocado em anti-paralelo com o elemento indutivo. Quando o circuito está ligado, o díodo não deixa passar corrente, comportando-se como um circuito aberto. Quando se interrompe o circuito, a f.c.e.m. que surge aos terminais do elemento indutivo vai descarregar-se pelo díodo, não aparecendo aos terminais do interruptor, evitando o aparecimento de um arco eléctrico (caso dos platinados).

- Regulação de Tensão

O díodo *Zener* comporta-se como um díodo normal quando polarizado directamente, mas a sua característica inversa permite-lhe conduzir a partir de um dado valor de tensão, chamado *Tensão de Zener*. Este fenómeno é utilizado em inúmeros sistemas electrónicos, dando como exemplo a utilização nos reguladores do sistema de carga do automóvel.

- Emissão de Luz

Os díodos emissores de luz (LED - Light Emitting Diode) funcionam como um díodo normal, com a funcionalidade adicional de emitirem luz quando conduzem. O seu baixo consumo e grande durabilidade leva a que sejam preferidos às lâmpadas, em aplicações onde apenas uma luz indicadora é necessária, como é o caso dos painéis de instrumentos dos automóveis, por exemplo.

- Sensor de Luz

Os fotodíodos têm um funcionamento semelhante aos díodos Zener, só que a corrente inversa aumenta com o fluxo de luz. Aplicações no domínio automóvel incluem ignições electrónicas sem platinados e alarmes anti-roubo.

Transistores e Tiristores

Os transistores e os tiristores são utilizados na maior parte dos conversores electrónicos de potência como relés electrónicos.

O funcionamento do **transistor** como relê já foi abordado quando se descreveu o funcionamento dos reguladores electrónicos. Basicamente, é possível controlar o corte/condução de uma corrente de grande potência com uma pequena corrente aplicada à base. É por isso denominado de **dispositivo totalmente controlado**.

O **tiristor** comporta-se como um diodo controlado, isto é, ele impede a passagem de corrente inversa, mas permite a passagem de corrente directa, desde que aplicado um impulso de tensão à sua porta. No entanto, o tiristor só deixa de conduzir quando a corrente se anula (excepto os GTO). Chama-se por isso um **dispositivo semi-controlado**. O tiristor é também conhecido como Diodo Rectificador Controlado de Silício (SCR - Silicon Controlled Rectifier). Por esta razão, o SCR é mais adequado para os conversores que têm como entrada sinais alternados (AC/DC ou AC/AC), pois a passagem da tensão por zero facilita a comutação (corte) do tiristor. O SCR utiliza-se, por exemplo, na regulação de tensão dos alternadores de ímans permanentes (em alguns motociclos).

Apresentam-se na tabela seguinte os tipos de transistores e tiristores mais utilizados nos conversores electrónicos de potência, bem como as suas características de consumo, velocidade e potência (|||):

| Dispositivo | (PERDAS) | (COMUTAÇÃO) | (CONTROLO DE...) |
|--|----------|-------------|----------------------------------|
| | Consumo | Velocidade | Potência |
| BJT (Bipolar Junction Transistor) | Médio | Média | Elevada (< 300 A) |
| MOSFET (Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor) | Reduzido | Alta | Média (<50 A) |
| IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) | Reduzido | Média | Elevada |
| SCR - Silicon Controlled Rectifier | Elevado | Baixa | Muito elevada (mais de 400 A) |
| GTO (Gate-Turn-Off Thyristor) | Elevado | Baixa | Muito elevada |
| MCT (MOS-Controlled Thyristor) | Reduzido | Alta | Elevada |

O **consumo** corresponde à energia consumida pelo circuito de comando e pela queda de tensão no elemento na passagem corte/condução e condução/corte. A **velocidade** representa a maior ou menor rapidez comutação (que influencia o consumo). A **potência** representa a maior ou menor potência suportada pelo dispositivo e que este consegue controlar.

Para evitar a utilização de dois tiristores na rectificação de onda completa, utiliza-se o *Triac* (*Triode AC Switch*), constituído basicamente por dois tiristores em anti-paralelo. Este

dispositivo tem larga aplicação nos reguladores de iluminação doméstica, conhecidos como *dimmers*.

Os objectivos a atingir quer nos tirístores quer nos transístores são:

- Rapidez de actuação (caracteriza a frequência de funcionamento máxima)
- Potência elevada (centenas de Ampère, centenas de Volt)
- Baixo consumo (perdas energéticas)

10.2. Conversores CA/CC - Rectificadores

A conversão de CA para CC poderá ser de onda completa ou de meia onda, consoante se utilizam as duas alternâncias ou apenas uma alternância da tensão alternada sinusoidal, respectivamente. Dependendo dos dispositivos semicondutores utilizados (diodos, transístores/tirístores), o rectificador poderá ter maior ou menor grau de controlo - rectificador totalmente controlado, semi-controlado ou não controlado. Estas variantes de sistemas rectificadores são descritas a seguir.

Rectificação de Onda Completa

A rectificação chama-se de onda completa quando ambas as alternâncias (positivas e negativas) do sinal sinusoidal são rectificadas.

Os casos mais comuns de rectificação são os que têm como entrada sistemas monofásicos e trifásicos. No caso da rectificação de um sistema monofásico, são necessários quatro elementos semicondutores. Para rectificar um sistema trifásico, são necessários seis desses elementos.

Para um sistema monofásico à entrada, apresenta-se na *Figura 162* um rectificador não controlado de onda completa:

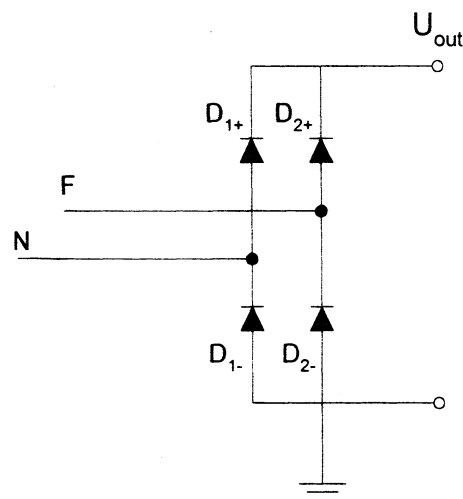


Figura 162: Rectificação monofásica de onda completa, não controlada

O formato das tensões de entrada e de saída serão do tipo:

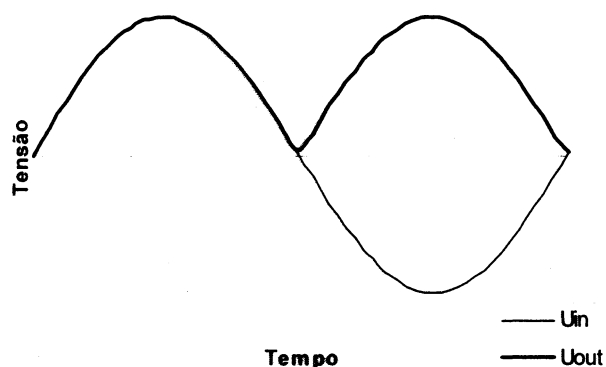


Figura 163: Formas da tensão de entrada e de saída

Rectificação de Meia Onda

Em determinadas aplicações, nomeadamente aquelas que não envolvem potências muito elevadas, pode não ser necessária a rectificação de onda completa. Recorre-se então à rectificação de meia onda onde só metade das alternâncias são transmitidas à carga. Poupa-se assim na quantidade dos dispositivos semicondutores utilizados, bem como nos dispositivos auxiliares para protecção e comando desses semicondutores, no caso de estes serem controlados.

No caso da rectificação de um sistema monofásico, é suficiente apenas um elemento semicondutor. Para rectificar um sistema trifásico, são necessários três desses elementos.

Veja-se o exemplo da rectificação de meia onda, não controlada, para um sistema monofásico:

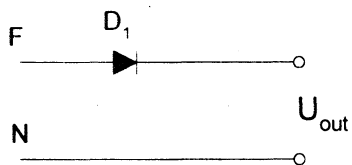


Figura 164: Rectificação monofásica de meia onda, não controlada

Em termos de sinais de entrada e de saída, o resultado é o seguinte:

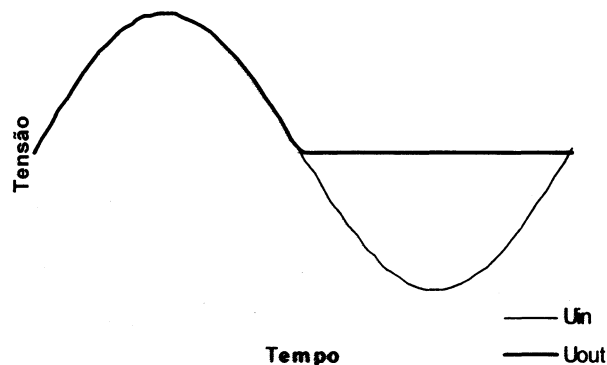


Figura 165: Formas da tensão de entrada e de saída

Obviamente que a retificação de meia onda tem a vantagem de utilizar menos componentes, resultando nomeadamente em menores custos iniciais, menores perdas energéticas, menor manutenção. No entanto, apenas metade da potência disponível é aproveitada e o sinal rectificado apresenta maiores oscilações (é menos constante), implicando que esta técnica poderá não ser adequada para determinadas aplicações.

A retificação também poderá ser não controlada, controlada ou semi-controlada, consoante é ou não necessário controlar a potência do sinal rectificado. São a seguir descritos estes tipos de rectificadores

Rectificadores Não Controlados

Os rectificadores totalmente baseados em díodos dizem-se não controlados pois não é possível controlar a entrada em condução destes dispositivos semicondutores. Os rectificadores não controlados têm duas limitações:

- É impossível controlar a potência do sinal rectificado
- A transformação é irreversível, isto é, não é possível a recuperação de energia (passar de contínua para alternada).

O caso já apresentado do sistema de carga da maior parte dos automóveis actuais, onde a carcaça do alternador incorpora uma “placa” de díodos é um exemplo de um rectificador trifásico não controlado (Figuras 128, 129, 130).

Rectificadores Controlados (Totalmente)

Quando se torna necessário controlar a potência (nível de tensão) do sinal rectificado, é necessário incorporar dispositivos semicondutores controlados, tirístores ou transístores.

No caso dos sistemas de carga de alguns motociclos, por exemplo, o alternador tem excitação por íman permanente ([23]). Um alternador deste tipo impede que a regulação da tensão de saída seja feita regulando a alimentação da bobina de excitação, pois ela não existe (mas sim um íman permanente). Uma das soluções utilizadas é a recorrer a uma ponte rectificadora controlada, onde a regulação de tensão é feita através da colocação em condução/corte dos elementos semicondutores, de uma forma “inteligente”.

Para conseguir controlar a transmissão de potência tanto nas alternâncias positivas como negativas, todos os elementos semicondutores têm de ser controlados (tiristores/transistores).
 Veja-se o exemplo da rectificação de onda completa, controlada, para um sistema monofásico:

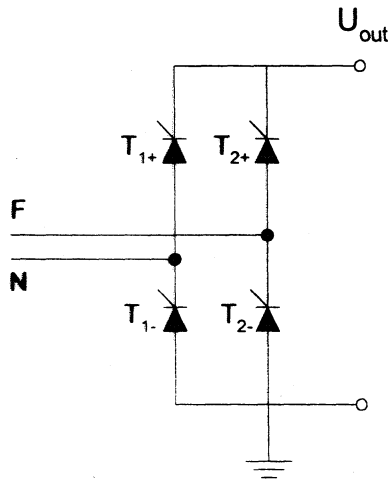


Figura 166: Rectificação monofásica de onda completa, totalmente controlada

Os circuitos de comando dos semicondutores controlados (tiristores, neste caso) bem como os circuitos de auxílio à comutação, não representados na figura anterior, não se inserem no contexto desta disciplina.

Em termos dos sinais de entrada e de saída, o resultado depende do instante em que os tiristores entram em condução. A figura seguinte representa a saída de tensão para um ângulo de disparo de 30°:

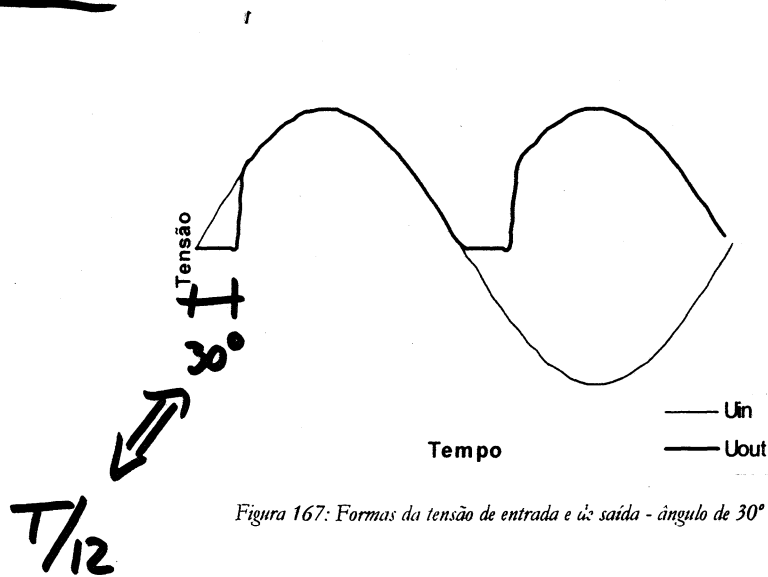


Figura 167: Formas da tensão de entrada e de saída - ângulo de 30°

Se o ângulo de disparo for aumentado, a potência transmitida é menor. A figura seguinte representa a saída de tensão para um ângulo de disparo de 90°:

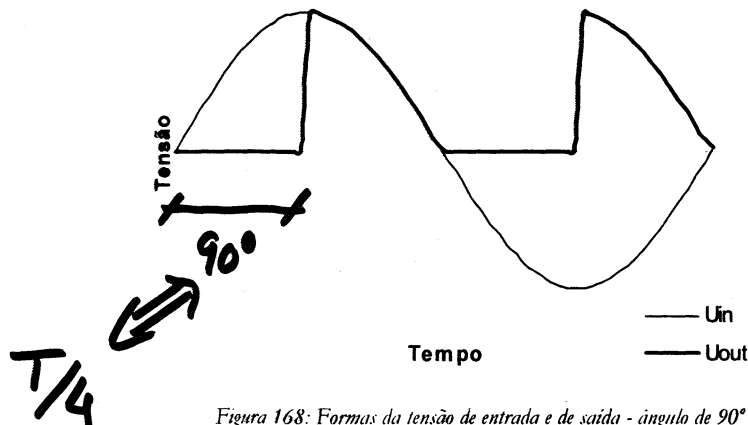


Figura 168: Formas da tensão de entrada e de saída - ângulo de 90°

No caso limite, se os tiristores não forem disparados, eles nunca vão conduzir, levando a que a potência transmitida seja nula. É portanto possível controlar totalmente a potência do sinal rectificado, desde zero até ao valor máximo do sinal de entrada.

É possível a recuperação de energia por parte da fonte alternada, desde que o receptor seja indutivo (caso de um motor) e que o disparo dos dispositivos semicondutores seja feito a partir de um ângulo de 90°.

Rectificadores Semi-Controlados

Nestes rectificadores, metade dos elementos semicondutores são tiristores ou transistores e a outra metade são diodos. É possível controlar apenas parcialmente a potência do sinal rectificado (metade das alternâncias).

Aplicação em Veículos - Sistema de Carga no Automóvel

Um exemplo de um rectificador trifásico não controlado é o da maior parte dos sistemas de carga nos automóveis, onde existe uma ponte rectificadora com 6 diodos. No entanto, em alguns motociclos, o alternador tem a excitação por íman permanente [], o que inviabiliza a regulação da tensão por controlo da corrente de excitação do alternador. Uma possível solução é utilizar uma ponte rectificadora controlada, de modo a poder regular-se a tensão à saída do alternador.

10.3. Conversores CC/CA - Inversores

A partir de uma fonte CC é possível obter uma fonte CA com valores de frequência e tensão variáveis, através de uma ponte de tiristores/transistores. Os inversores podem classificar-se em:

- Inversores de onda quadrada (choppers)
- Inversores de Modulação de Largura de Impulsos (MLI)

consoante o sinal gerado à sua saída.

O conversor da Figura XX permite implementar tanto um inversor de onda quadrada como um inversor de MLI. Refira-se que a única diferença entre estes dois tipos de inversores é o modo como se comandam a interrupção/condução dos dispositivos semicondutores.

**PWM - PULSE WAVE
MODULATION**

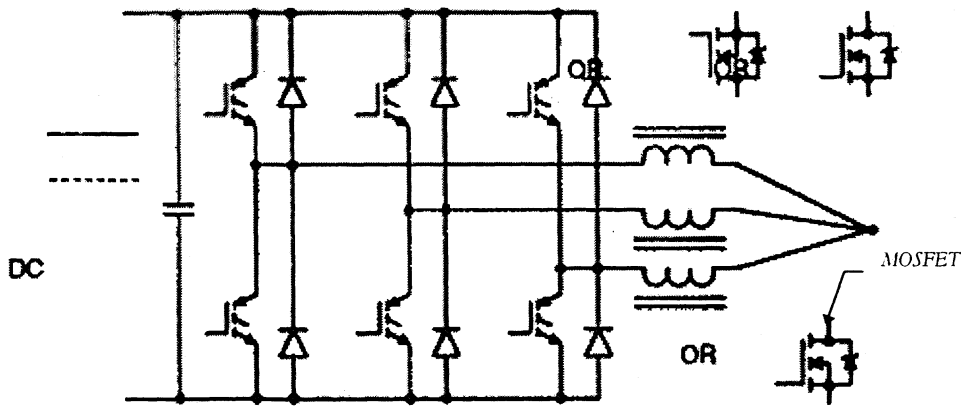


Figura 169: Inversor trifásico baseado em IGBTs (□)

Em nenhum dos dois tipos de inversores o sinal de saída é alternado sinusoidal. A vantagem dos inversores MLI relativamente aos primeiros é que o sinal de MLI é muito mais fácil de “transformar” num sinal sinusoidal do que um sinal quadrado (filtragem muito mais simples).

Apresenta-se a seguir um exemplo de um sinal MLI (monofásico) bem como a sinusóide da sua frequência fundamental:

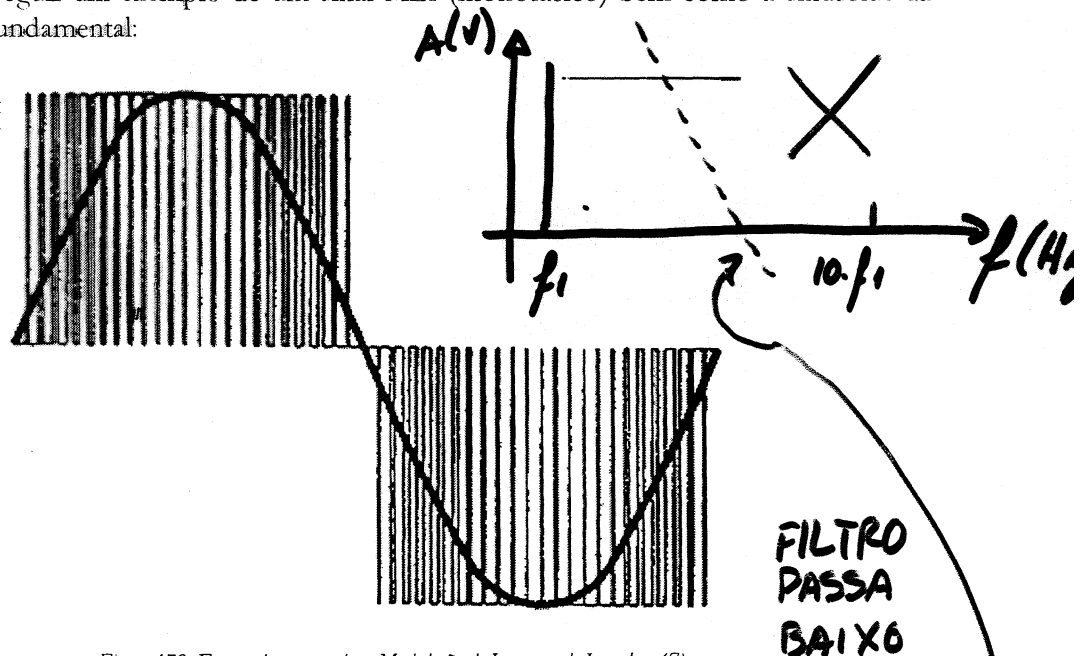


Figura 170: Forma de um sinal em Modulação de Largura de Impulsos (□)

Um sinal MLI, apesar de não ser sinusoidal, pode ser facilmente transformado num sinal sinusoidal através de uma filtragem passa-baixo.

Nota: A componente mais significativa de um sinal MLI é a frequência fundamental (a da sinusóide representada na figura atrás. A frequência mais próxima é muito mais atenuada e fica bastante “distante” da primeira (frequência de comutação é 10 vezes maior), também é visível na figura atrás. Portanto, é extremamente simples a filtragem passa-baixo do sinal MLI, de modo a obter um sinal sinusoidal. No caso de estarmos a controlar um motor, como ele é um receptor indutivo, ele vai conduzir melhor as frequências baixas do que as altas ($X_L = \omega.L$), comportando-se como um filtro passa-baixo. Portanto, a forma da tensão aplicada ao motor seja MLI, a corrente vai ser aproximadamente alternada sinusoidal, condição necessária e suficiente ao bom funcionamento do motor.

Aplicação em Veículos - Controlador de Velocidade de Motor CA em Automóvel Eléctrico

Foi já referido, no capítulo referente ao motor de indução, o exemplo do veículo eléctrico EV1, da General Motors. O controlo do motor de indução trifásico utilizado para a tracção é feito por um inversor trifásico baseado em 6 IGBT. Estes dispositivos têm de ser capazes de comutar 600 V, 750 A.

É também implementada a recuperação de energia na travagem (travagem regenerativa), que permite ganhar até 15% em autonomia.

Em [34] é dado um exemplo de um sistema típico de controlo de um motor de indução:

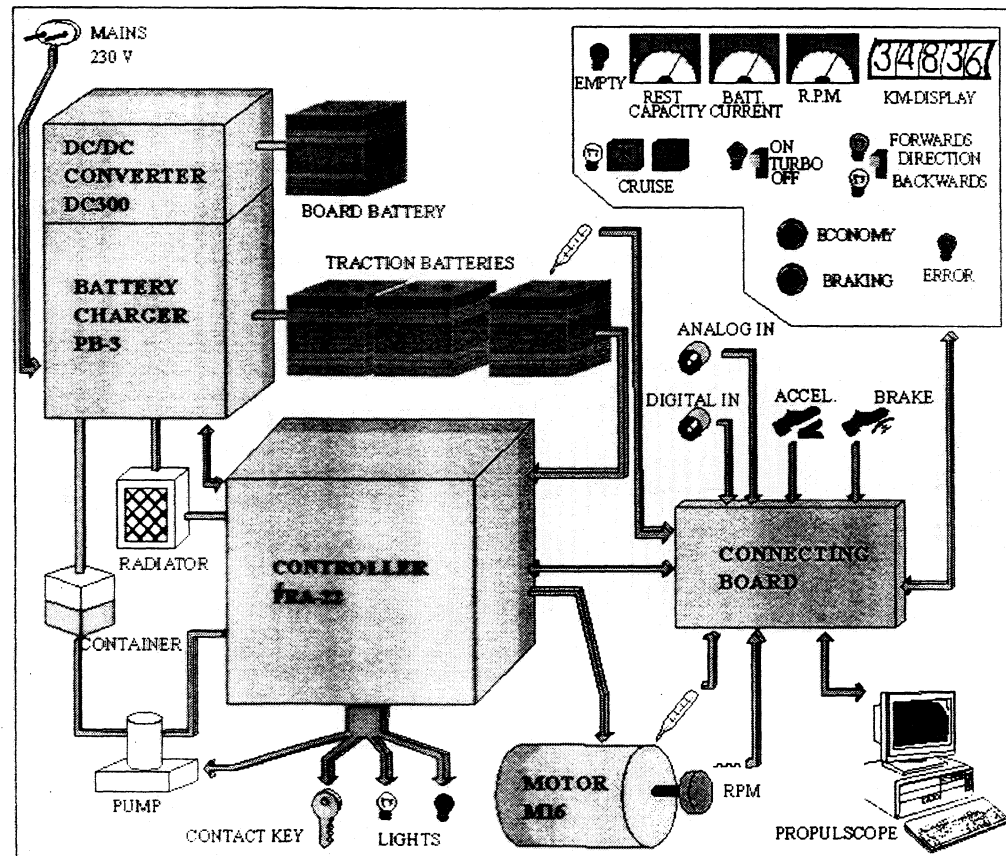


Figura 171: Sistema de controlo de motor com todos os componentes ([34])

O controlador (FRA-22) converte tensão contínua das baterias (total de 200 V) em tensão alternada trifásica adequada para o controlo de um motor de indução trifásico num veículo eléctrico. Também é sua função monitorizar e controlar o funcionamento da maior parte dos componentes periféricos deste sistema.

Por exemplo, o controlador monitoriza a temperatura das baterias, armazena informação sobre energias consumida e recuperada e calcula a capacidade restante das baterias. Este controlador também armazena separadamente a energia recuperada em travagens regenerativas ou em condução em descida.

A possibilidade de alterar determinados parâmetros do sistema (programáveis por *software*) alternando o comportamento do sistema de controlo, permite satisfazendo as especificidades de cada fabricante de veículos eléctricos.

10.4. Conversores CC/CC - Reguladores CC

Um regulador CC, também denominado de *chopper* (cortador), funciona muito simplesmente interrompendo periodicamente a corrente fornecida por uma fonte CC.

Um circuito possível para implementar um regulador CC é o seguinte:

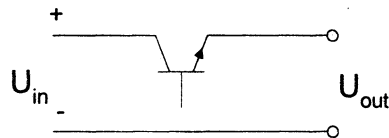


Figura 172: Regulador CC (I)

Consegue controlar-se a potência transmitida variando o tempo em que o transistor está em condução. Isto é feito através da variação do *duty cycle*, isto é, da relação entre o tempo em que a ponte está em condução e o tempo em que está em não condução.

Na figura seguinte apresenta-se formas de onda exemplificativas da entrada e da saída de um regulador CC:

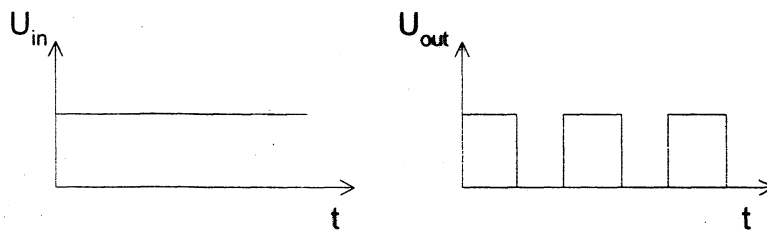


Figura 173: Exemplo de tensão de entrada e de saída do regulador

Desta forma, este regulador controla o valor médio da tensão de saída, desde um valor igual ao da tensão de entrada (nunca corta) até zero (nunca conduz).

Aplicação em Veículos - Controlador de Velocidade de Motor CC em Automóvel Eléctrico

Um outro veículo eléctrico que deverá aparecer a qualquer momento nos circuitos comerciais é o Toyota RAV4-EV. Este, ao contrário do EV1, utiliza um motor CC de excitação por íman permanente:

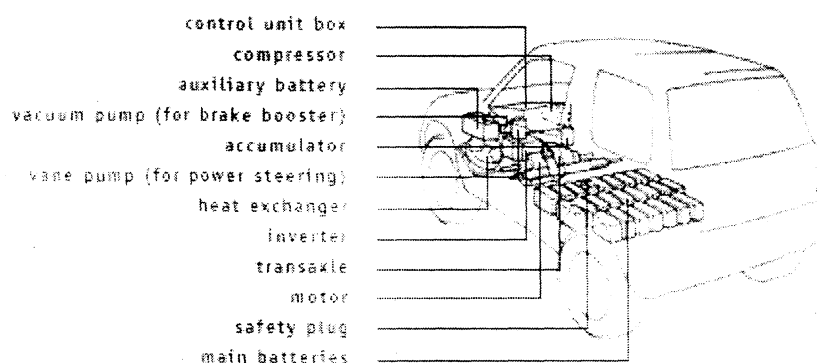


Figura 174: Componentes de um Toyota RAV4-EV (RAV4-EV)

O tipo de regulador, não especificado em (RAV4-EV), tem de regular a tensão de saída das baterias (24 baterias de 12 V, correspondendo a 288 V) para controlar a velocidade do motor de 45 KW (60 cv). Este veículo também suporta recuperação de energia na travagem (travagem regenerativa).

10.5. Conversores CA/CA

Há duas hipóteses:

- Pretende variar-se apenas a potência
- Pretende variar-se a potência e a frequência → **CA/CC/CA**

No primeiro caso, utiliza-se uma ponte de tiristores para efectuar uma ligação intermitente entre a fonte de CA e a carga (tipo Triac, no caso monofásico), conseguindo-se desta forma regular a potência fornecida à carga.

No segundo caso, o que se faz normalmente é primeiro efectuar uma rectificação (controlada ou não controlada) e depois uma inversão para os valores de potência e frequência pretendidos. Um exemplo de um conversor deste tipo, adequado ao controlo de um motor de indução trifásico por MLI, é o apresentado na figura seguinte:

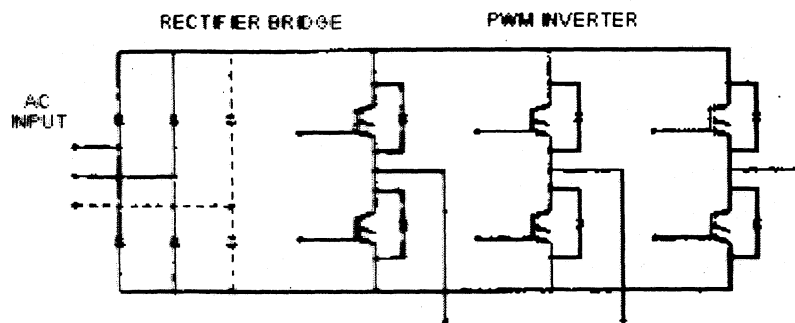


Figura 175: Regulador CA baseado em IGBTs ([picim])

Normalmente entre a rectificação e a inversão é comum inserir-se um filtro passa-baixo para suavizar (tornar mais constante) a forma do sinal.

Aplicação em Veículos - Controlador de Velocidade em TGV

Um excelente exemplo da aplicação de um conversor CA/CA à tracção eléctrica é o do TGV Atlantique 24000 (comboio de alta velocidade):

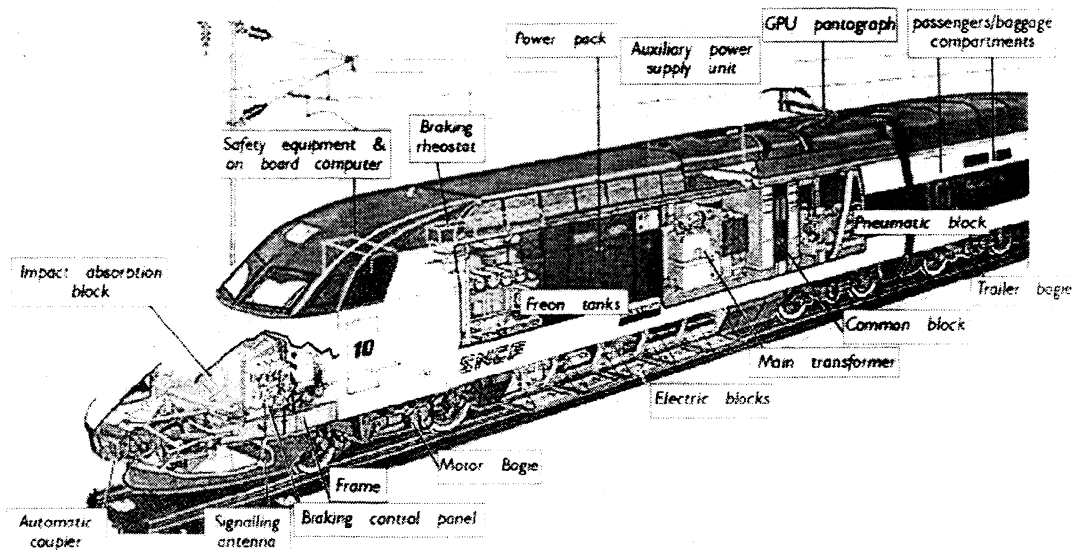


Figura 176: Componentes de um TGV' ([33])

Entre o pantógrafo (dispositivo de captação da energia que circula na linha aérea, mais conhecida como catenária) e os motores de tracção existe um sistema de electrónica de

potência com o objectivo de controlar a corrente alternada sinusoidal monofásica da catenária de modo a poder variar a velocidade do comboio.

A cadeia de potência é constituída pelos seguintes módulos:

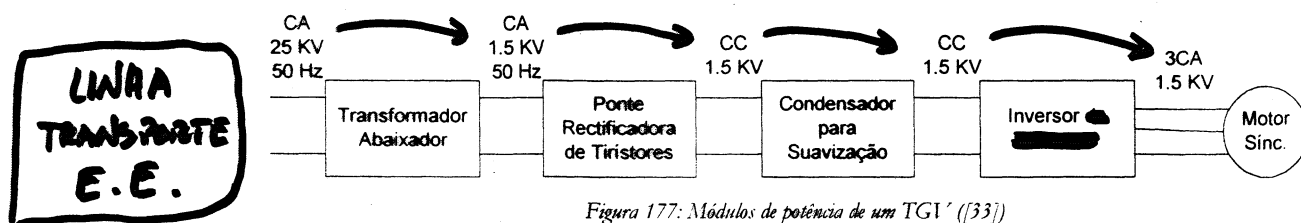


Figura 177: Módulos de potência de um TGV ([33])

A tracção é conseguida através de dois motores síncronos trifásicos de 1100 KW (cada), com uma rotação máxima de 4000 rpm e um peso de 1440 Kg (cada). Todos os módulos excepto o transformador são em número de dois (um para cada motor). Cada unidade de potência pesa

68 toneladas!