

Sistemas de Ignição

Ruben Tavares_1040171, Tiago Rocha_1040177
SIAUT, MEEC_DEE_ISEP - IPP

Resumo

A necessidade do sistema de ignição deve-se ao facto de que, uma vez comprimida a mistura gasolina-ar na câmara de combustão do sistema de injeção, este necessita de algo para fazer a ignição da respectiva mistura. O sistema de ignição transforma a tensão eléctrica fornecida pela bateria numa tensão elevada para alimentar as velas de ignição. A elevada tensão eléctrica aplicada aos terminais das velas, produz uma poderosa faísca entre os seus eléctrodos, que por sua vez faz a ignição da mistura que circula dentro de cada cilindro do motor de combustão. A explosão resultante na câmara de combustão força o pistão a movimentar-se dando continuidade ao ciclo de rotação do motor.

1. Introdução

O sistema de ignição foi aquele que sofreu as maiores modificações ao longo das últimas décadas quando se fala no controlo do funcionamento do motor. Para se compreender melhor o funcionamento deste sistema é fundamental, apesar de estar praticamente extinguido nos automóveis actuais, estudar o sistema de ignição convencional.

Na figura 1 é possível visualizar-se o sistema de ignição convencional.

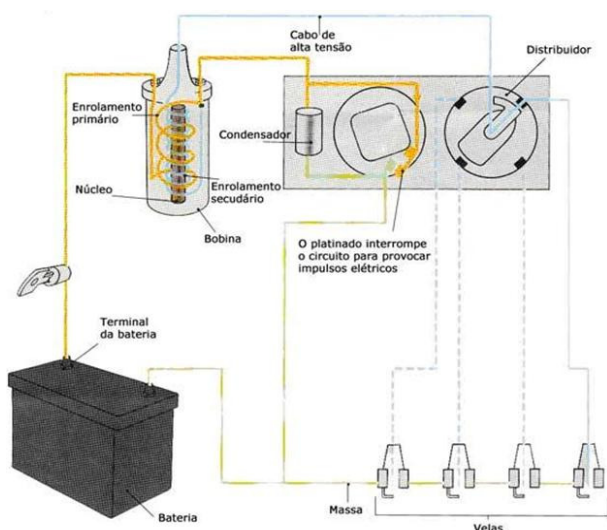


Figura 1 – Sistema de Ignição Convencional

Basicamente o seu objectivo continua inalterado, ou seja, fornecer ao motor uma faísca capaz de inflamar a mistura gasolina-ar. Contudo, vários componentes continuam presentes nos sistemas actuais como é o caso dos cabos de alta tensão, a bobina e as velas. Outros foram extinguidos como é o caso do distribuidor.

Nas últimas décadas as grandes alterações deveram-se, principalmente, ao aparecimento da electrónica de potência e à evolução da microelectrónica. Inicialmente pode-se destacar a ignição electromecânica com ruptor de contactos, também conhecido pelo sistema convencional, neste sistema o distribuidor encarregava-se não só de interromper a passagem da corrente pelo primário da bobina, por meio de contactos mecânicos (platinados), mas também, de estabelecer os ângulos de avanço requeridos de acordo com a velocidade de rotação do motor. Este sistema efectua a sua função com bastante inexactidão e possui um rendimento muito baixo.

Por volta dos anos 70, dá-se a grande inovação, o sistema de ignição electrónica sem contactos, mediante as quais o corte da passagem da corrente pelo primário da bobina se efectua sem desgaste, por processos magnéticos.

Já nos anos 80, estes sistemas sofrem modificações significativas, com o aparecimento do sistema de ignição integral, onde os avanços de ignição já não continuam a cargo do distribuidor mas sim a cargo da UCE (Unidade de Controlo Electrónica).

Na década de 90, surge o sistema de ignição sem distribuidor (*distributorless*), em que existe uma bobina por cada dois cilindros. Mais tarde surge também, o sistema de ignição sem distribuidor com uma bobina integrada por cilindro.

2. Sistema de Ignição Convencional

Apesar deste sistema estar praticamente extinguido é importante conhecer o seu modo de funcionamento assim como os seus principais elementos.

Este sistema é constituído basicamente pela bateria, chave de ignição, bobina de ignição, distribuidor, cabos de alta tensão e velas de ignição.

Quando se dá o fecho do circuito por intermédio da chave de ignição, a corrente procedente da bateria passa pelo primário da bobina e, daqui, aos contactos do ruptor, que por se encontrar fechado, deixa passar a corrente à massa. Quando a came gira, ergue o contacto e corta a passagem da corrente pelo ruptor. Neste momento e em virtude da indução electromagnética, produz-se a indução de uma corrente de alta tensão no enrolamento secundário

da bobina, criando-se um impulso de alta tensão que passa pelo cabo até à cabeça do distribuidor. Aqui o contacto móvel do distribuidor vai repartindo a corrente que recebe sucessivamente a cada uma das velas, produzindo-se a faísca na vela adequada. Cada vez que o ruptor separa os seus contactos (platinados), induz-se uma corrente no enrolamento secundário da bobina que cessa quando os contactos tornam a fechar-se.

2.1 - Bateria

Na maior parte dos automóveis a fonte de alimentação para o sistema de ignição é a bateria ou o alternador. No caso da bateria, ela transfere potência à bobina de ignição. Tipicamente, ela está dividida em compartimentos separados denominados por células. Cada célula produz aproximadamente 2V quando a bateria está totalmente carregada, portanto para se obter 12V são precisas 6 células, como se pode ver na figura 2.

Normalmente, uma bateria tem uma tensão de saída de 12V contínuos. A corrente produzida pela bateria é muitas vezes medida em *Ampere/hora (A/h)*.

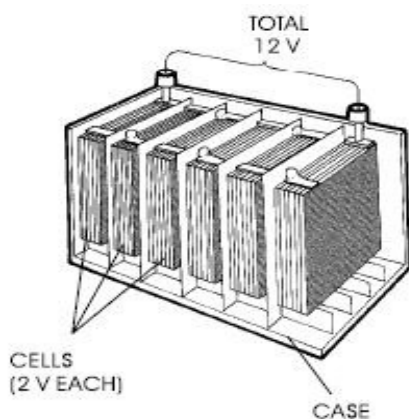


Figura 2 - Bateria

2.2 - Bobina de Ignição

Todos os sistemas de ignição contém uma bobina de ignição. Esta, é um tipo de transformador eléctrico que converte uma baixa tensão eléctrica em alta tensão eléctrica.

A bobina de ignição baseia o seu funcionamento no princípio da indução magnética. Esta é constituída por dois enrolamentos, o enrolamento primário e o enrolamento secundário. O enrolamento secundário tem um número muito maior de espiras relativamente ao primário, permitindo assim obter-se um elevado crescimento da tensão eléctrica.

O enrolamento primário está conectado à bateria, que por sua vez lhe aplica uma baixa tensão aquando do fecho do circuito através da chave de ignição. Quando a

corrente flui pelo enrolamento primário é criado um campo magnético muito forte à volta deste, como se pode ver na figura 3.

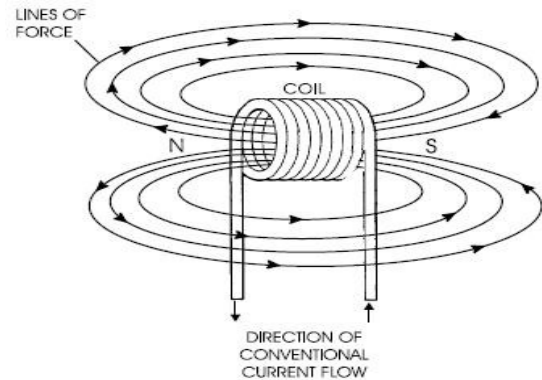


Figura 3 – Campo Magnético

Se a corrente que circula no enrolamento primário for repentinamente interrompida, ela irá sofrer uma elevada variação num curto espaço de tempo, o que vai proporcionar uma elevada variação do campo magnético, induzindo assim uma elevada tensão eléctrica no enrolamento secundário nesse mesmo espaço de tempo.

Como o enrolamento secundário tem um número de espiras bastante superior relativamente ao primário, a tensão induzida nele será também muitas vezes superior. Tipicamente, nos sistemas automóveis, é aplicada uma tensão de aproximadamente 12V no primário, sendo a tensão induzida no secundário de 20.000 a 90.000V.

O enrolamento secundário está conectado à cabeça do distribuidor, que por sua vez direcciona a corrente às velas de ignição através dos cabos de alta tensão.

Na figura 4 pode-se visualizar o aspecto de uma bobina de ignição.

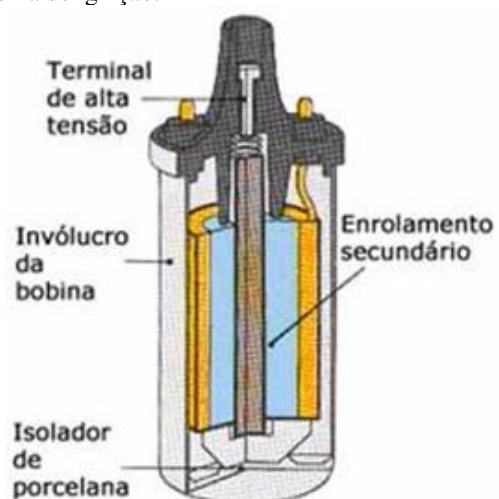


Figura 4 – Bobina de Ignição

2.3 - Distribuidor

Existem dois tipos de sistemas de ignição que são usados para controlar as faíscas nas velas: sistemas com distribuidor (sistema convencional) e sistemas sem distribuidor.

Nos sistemas com distribuidor, uma única bobina de ignição alimenta todas as velas do motor. O distribuidor é usado para direccionar a alta tensão da bobina de ignição para as velas de ignição. Um simples esquema do sistema de ignição com distribuidor pode ser visto na figura 5.

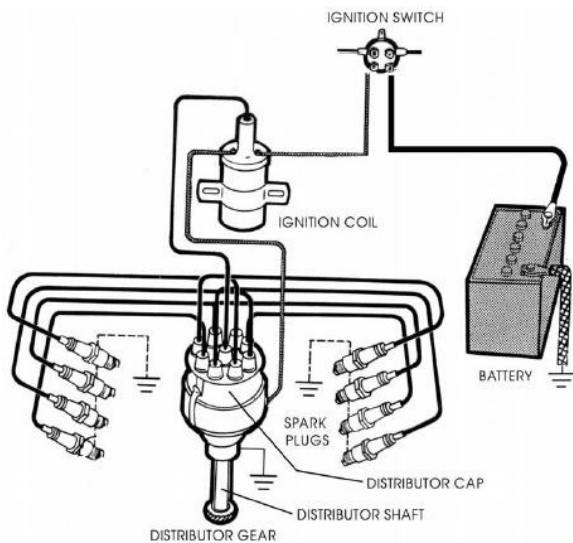


Figura 5 – Sistema com distribuidor

O distribuidor 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 corrente pelo enrolamento primário da bobina para que se produza a indução da corrente de alta tensão. Em segundo lugar, conta com os dispositivos de avanço automático que comandam o momento do 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 6 pode-se ver um distribuidor para um motor com quatro cilindros. Na parte inferior deste aparelho estão situadas as engrenagens do eixo do distribuidor e do eixo de comando. No meio está o corpo do distribuidor, parte de controlo, onde se encontra o ruptor para comando da corrente que circula no enrolamento primário e, também, os mecanismos de avanço automático (avanço centrífugo e avanço por vácuo). Na parte superior, está situada a cabeça do distribuidor que se encarrega de transportar a corrente de alta tensão para a respectiva vela, assim como o rotor ou contacto móvel que faz a ligação

do terminal de alta tensão procedente da bobina com o terminal de alta tensão da respectiva vela.

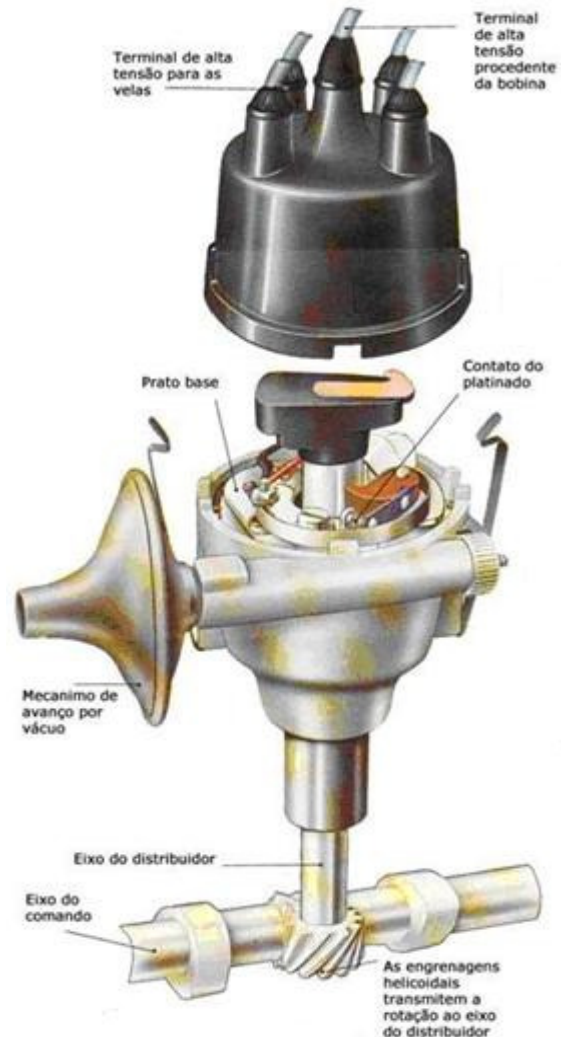


Figura 6 – Distribuidor de Ignição

2.3.1 – Corpo do Distribuidor

O corpo do distribuidor contém a parte de controlo da corrente, ou seja, a parte de baixa tensão, incluindo o ruptor e os mecanismos de avanço.

É nesta parte do distribuidor que se situa o ruptor que está encarregue de fazer o corte da corrente no enrolamento primário, os mecanismos de avanço para determinar o *timing* de ignição das velas e também o condensador responsável pela eliminação da faísca entre os platinados e pelo melhoramento da faísca nas velas.

Na figura 7 é possível visualizar o corpo do distribuidor visto de cima.

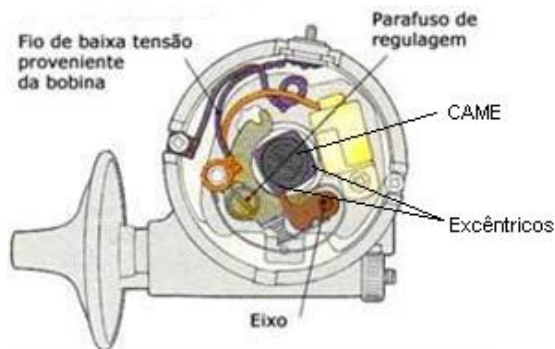


Figura 7 – Corpo do distribuidor

2.3.2 – Cabeça do Distribuidor

A cabeça do distribuidor é a parte que está encarregue de transportar a corrente de alta tensão do enrolamento secundário da bobina até à vela correspondente.

Na figura 8 é possível ver a tampa da cabeça do distribuidor assim como o contacto móvel encarregue de direccionar a corrente do terminal de alta tensão da bobina e o terminal de alta tensão das velas.



Figura 8 – Tampa e contacto móvel do distribuidor

No centro da tampa do distribuidor é feita a ligação entre o cabo proveniente da bobina e uma escova de carvão, que por sua vez está em contacto com o contacto móvel pela acção de uma mola. Quando o contacto móvel gira, a corrente procedente da escova central atravessa o eléctrodo metálico e salta, sob a forma de faísca, para cada um dos terminais das velas.

2.3.3 – Mecanismo de Interrupção da corrente

O mecanismo de corte da corrente no enrolamento primário usado no sistema de ignição convencional não é mais usado nos automóveis modernos, a não ser no caso particular de carros clássicos que são restaurados. Este mecanismo foi usado nos automóveis fabricados entre a década de 20 até meados da década de 70, é ainda hoje estudado devido à sua fácil compreensão de como ele funciona, servindo também de base para compreender melhor os mecanismos posteriores.

Os principais componentes deste mecanismo podem ser vistos na figura 9. Neste sistema, existe um par de contactos (um móvel e outro fixo, platinados), ligados ao enrolamento primário e à massa, montados no interior do corpo do distribuidor. Estes contactos abrem e fecham o circuito conforme a rotação da came que se encontra montada no eixo do distribuidor, eixo este que é guiado pelo eixo de comando do motor. Quando os contactos dos platinados estão em contacto, a corrente circula no enrolamento primário da bobina criando um campo magnético (figura 9A). Como a came continua a rodar, o excêntrico faz movimentar o ruptor que vai interromper o contacto entre os contactos dos platinados, interrompendo o fluxo de corrente no primário da bobina, obtendo-se uma grande variação do campo magnético, que por sua vez vai induzir uma elevada f.e.m. no secundário da bobina, alimentando assim a vela de ignição (figura 9B).

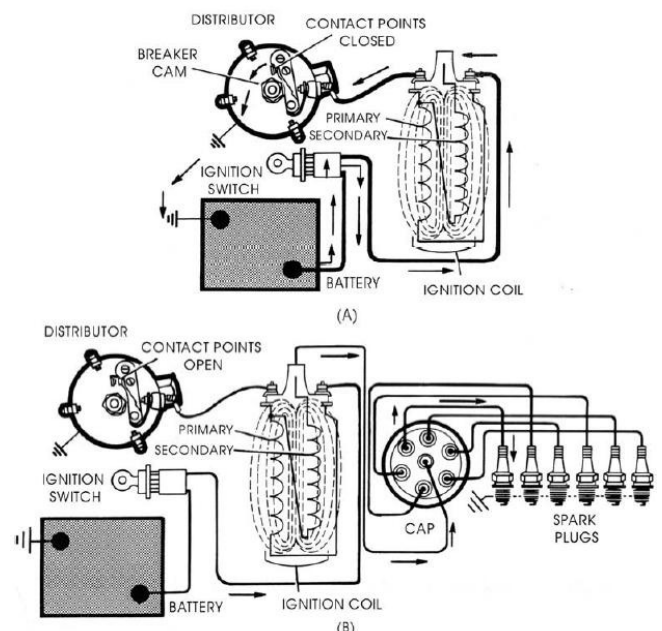


Figura 9 – Mecanismo de interrupção da corrente

A came do distribuidor é guiada pelas engrenagens do seu eixo e do eixo de comando que faz parte do motor. O número de excêntricos existentes na came é o mesmo que o número de cilindros do motor.

2.3.4 – Os Platinados

Os platinados usualmente transportam entre 3 e 4 amperes de corrente, e devem abrir e fechar aproximadamente 10.000 vezes por minuto a uma velocidade de rotação média. Para manipularem esta difícil tarefa, os platinados devem ser feitos de materiais de alta qualidade. A maior parte são feitos de um tipo de aço de alta qualidade coberto com uma camada de tungsténio.

No braço móvel ou martelo está fixo um taco denso de fibra que se encarrega de mover o martelo quando em contacto com o excêntrico abrindo o circuito (figura 10).

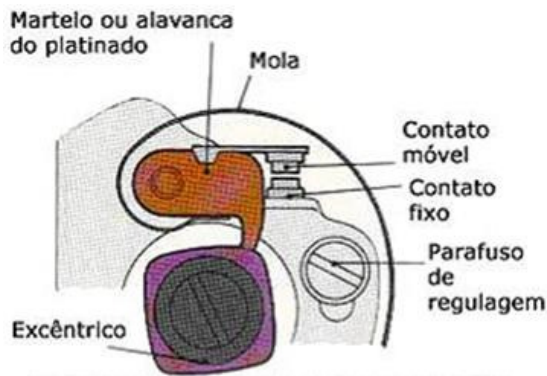


Figura 10 – Contactos abertos

À medida que a came roda, a mola empurra o martelo e fecha os contactos para que a corrente possa passar através destes para a massa (figura 11).

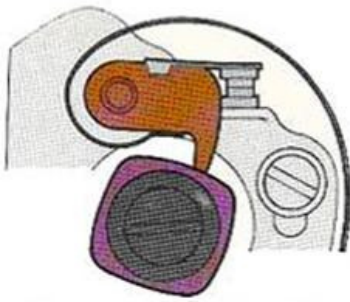


Figura 11 – Contactos fechados

2.3.5 – Condensador

Quando se dá a abertura dos contactos, para se evitar o aparecimento de um arco eléctrico entre estes, coloca-se entre eles um condensador ligado em paralelo. Este condensador absorve e armazena a corrente, ajudando o sistema de ignição a trabalhar de uma forma mais eficiente. Após o fecho dos contactos, a corrente é descarregada do condensador.

2.3.6 – Mecanismos de Avanço Automático

Qualquer que seja a velocidade do motor, a duração da combustão é invariável. Quando o motor funciona em marcha lenta, a ignição ocorre no momento em que o pistão alcança o ponto morto superior (PMS) do seu curso, o que proporciona o tempo necessário para que a expansão dos gases empurre o pistão para baixo. À medida que a velocidade do motor aumenta, reduz-se o intervalo de tempo entre a subida e a descida do pistão, pelo que a ignição deve ser antecipada para que haja o tempo necessário para a combustão e a expansão. Consegue-se este efeito por meio de um mecanismo centrífugo de regulação do avanço, que pode ser completado com um dispositivo de avanço por vácuo.

- **Avanço Centrífugo** – Consiste num par de contrapesos que se mantêm junto ao eixo do distribuidor por acção de molas. A força centrífuga, actuando nos contrapesos, afasta-os progressivamente do eixo à medida que a velocidade do motor vai aumentando. Os contrapesos estão ligados à came de tal maneira, que quanto mais afastados estão do eixo, mais cedo abrem os contactos dos platinados. Este mecanismo pode ser analisado na figura 12.

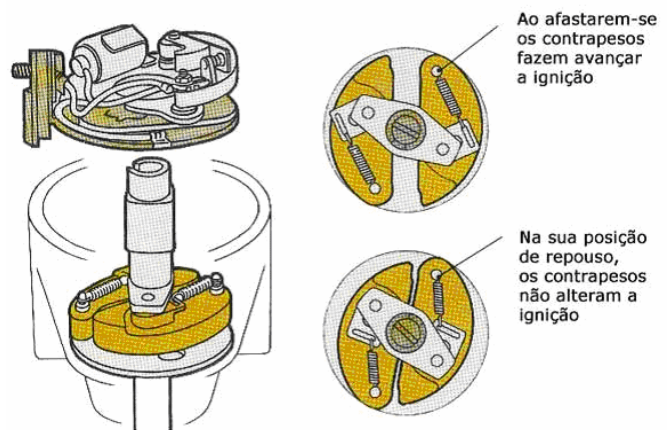


Figura 12 – Avanço Centrífugo

- **Avanço por vácuo** – Funciona por meio do vácuo criado no colectador de admissão. Ao abrir-se a borboleta, a sucção actua sobre um diafragma, o que faz antecipar o momento em que se dá a faísca, modificando a posição dos platinados em relação ao excêntrico. Com a borboleta completamente aberta, a força exercida sobre o diafragma é reduzida e verifica-se um menor avanço por vácuo. Este mecanismo pode ser analisado na figura 13.

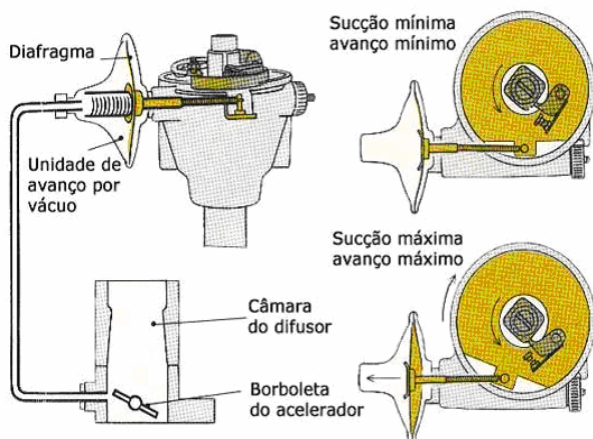


Figura 13 – Avanço por vácuo

2.3.7 – Ponto de Abertura

A distância entre os contactos dos platinados quando estes estão abertos é chamada de ponto de abertura (*point gap*)(figura14). Esta distância deve ser a correcta para que o motor trabalhe eficazmente. Quando o motor começa a trabalhar, o ponto de abertura deve ser suficientemente largo para prevenir corrente sob a forma de faísca entre os contactos. Contudo, se o ponto de abertura for muito pequeno, os contactos iram-se deteriorar rapidamente quando o motor tiver a trabalhar a baixas rotações. Quando uma faísca salta entre os contactos devido a um ponto de abertura muito pequeno, a vela provavelmente não irá fazer a ignição no *timing* certo.

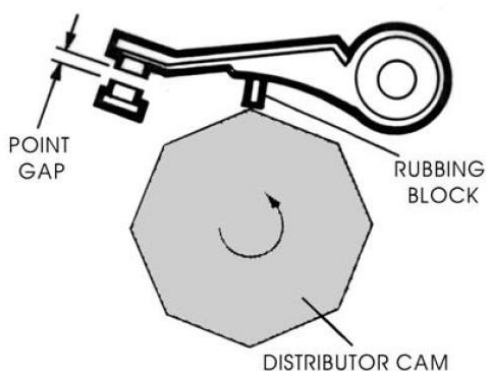


Figura 14 – Ponto de Abertura

2.3.8 – Ângulo Dwell

O *ângulo dwell* é o ângulo em graus que a came do distribuidor roda durante o tempo em que os contactos dos platinados estão fechados. Quando o taco de fibra que está fixo ao martelo (*rubbing block*) é alcançado pelo excêntrico da came, os contactos abrem e o período dwell termina. Seguidamente, quando o taco está sob a superfície plana da came, um novo período dwell começa. Este ângulo dwell é muito importante para um apropriado funcionamento do sistema de ignição.

Existem 360 graus num círculo, assim o ângulo dwell máximo para um determinado motor é de 360 graus a dividir pelo seu número de cilindros. Logo, um motor com 6 cilindros terá uma came com 6 excêntricos, ou seja, 60 graus de rotação entre cada excêntrico.

Portanto, o ângulo dwell máximo para um motor de 6 cilindros será de 60 graus. Se para este motor este ângulo for superior, os contactos iram permanecer sempre fechados, não havendo interrupção da corrente que circula no enrolamento primário da bobina, logo também não será produzida a faísca nas velas. Em contraste, se este ângulo fosse muito próximo de zero, os contactos iriam permanecer abertos e não iriam fechar o circuito, não havendo restituição do campo magnético, logo não haveria faísca nas velas.

O ângulo dwell e o ponto de abertura estão relacionados, se um aumenta, o outro diminui e vice-versa.

Normalmente, a técnica usada para ajustar os contactos é pela técnica dwell, por ser mais fácil e mais precisa no referido ajuste. Contudo, a técnica dwell requer um instrumento especializado chamado “testador dwell”. Este instrumento mede o tempo que os contactos depois de abertos demoram até serem fechados, e calcula o tempo, em graus, da rotação da came do distribuidor.

2.4 – Cabos de alimentação

Os cabos de alimentação do sistema de ignição podem ser de dois tipos: cabos do primário e cabos do secundário.

Os cabos do primário transportam elevadas correntes a baixas tensões da bateria para os componentes de ignição. Estes cabos são feitos de condutores com um diâmetro largo e cobertos com uma fina camada de material isolador. Em contraste, os cabos do secundário são usados para transportar pequenas correntes mas a elevadas tensões. Estes cabos são feitos de condutor com pequeno diâmetro e cobertos com uma grossa camada de isolamento de borracha ou plástico.

A figura 15 mostra uma comparação entre estes dois tipos de cabos.

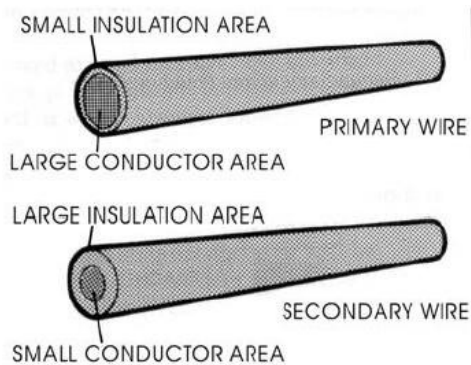


Figura 15 – Cabos de alimentação

2.5 – Velas de Ignição

As velas de ignição, também conhecidas por inflamadores, são os elementos onde se produz a faísca responsável pelo desencadear da combustão da mistura no interior dos cilindros. Esta faísca resulta da elevada diferença de potencial existente entre dois eléctrodos, em que um se encontra ligado à massa e o outro ao cabo que traz a corrente de alta tensão do distribuidor.

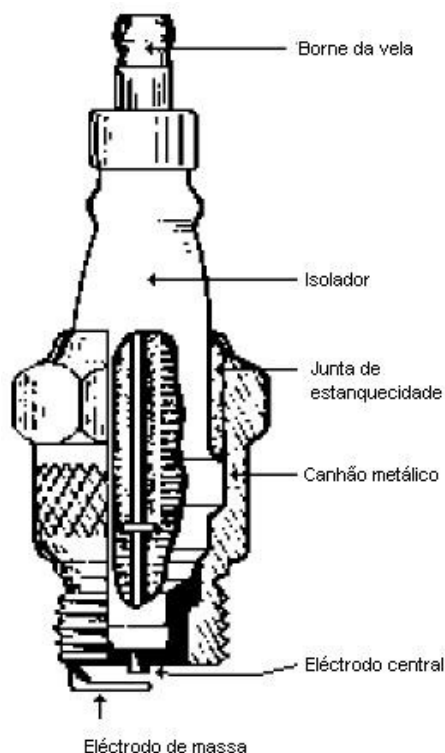


Figura 16 – Vela de Ignição

Como se pode observar na figura 16 uma vela é constituída por um canhão metálico, que permite a fixação

ao bloco motor e que tem na sua extremidade um eléctrodo de massa, tem ainda um eléctrodo central com uma das extremidades ligada ao cabo de alta tensão e outra por onde salta a faísca. Um isolante separa o eléctrodo central do canhão metálico.

Relativamente ao seu tipo as velas consideram-se divididas em frias e quentes, conforme a velocidade de dissipação do calor do eléctrodo é mais ou menos rápida. O poder de refrigeração depende da condutividade térmica do material exposto às altas temperaturas, ou da extensão do trajecto para perda das calorias. Quanto mais longo for este trajecto menor são as perdas de calor.

No que respeita à escolha das velas é necessário ter em consideração as indicações do fabricante, mas, caso não se disponha destas informações, não se deve geralmente optar por uma vela demasiado fria, pois esta pode dificultar a combustão, já as demasiado quentes podem tornar-se incandescentes originando combustões extemporâneas.

3. Sistema de Ignição Electrónica

Com o aparecimento da Electrónica de Potência, um passo de gigante foi dado para o aparecimento de novos e melhores sistemas de ignição.

Inicialmente, evoluiu-se para a ignição transistorizada com platinados, que utilizava um bloco electrónico constituído por transístores de controlo e potência entre o enrolamento primário e os platinados para limitar a quantidade de corrente eléctrica que circulava nestes. Por esta altura, também surgiria a ignição capacitiva que baseava o seu funcionamento na acção de descarga de um condensador sobre o enrolamento primário da bobina, este sistema era utilizado principalmente em automóveis de competição.

Por volta dos anos 70, dá-se outra grande inovação, o sistema de ignição electrónica sem contactos, mediante as quais o corte da passagem da corrente pelo primário da bobina se efectuava sem desgaste, por processos magnéticos.

Com a constante evolução da electrónica, o sistema de ignição começa a incorporar na sua constituição uma unidade computacional capaz de fazer o processamento de dados enviados por vários sensores sobre as diferentes características do motor, esta unidade é conhecida pela Unidade Electrónica de Controlo – UEC (ou, ECU do inglês *Electronic Control Unit*). A partir desta altura, por volta dos anos 80, os sistemas de ignição tinham sofrido já uma grande evolução desde os seus primórdios, sendo aqui todo o processo do avanço automático de ignição feito já pela ECU deixando de estar a cargo do distribuidor. Até então o distribuidor tinha apenas um pequeno sensor para corte da corrente no primário e era usado para fazer a distribuição da alta tensão para as

velas. Ao longo desta década, a ECU e os sensores utilizados foram evoluindo, com isto, deu-se também a evolução do sistema de ignição integral, ficando a partir deste momento a ECU encarregue do corte da corrente no enrolamento primário assim como todos os outros processos de monitorização do estado do motor. O distribuidor passou somente a ser utilizado para a distribuição da alta tensão para as velas.

A partir da década de 90, até aos dias de hoje, deu-se uma evolução a nível da ECU e dos sensores que a ela estão associados, e assistiu-se ao desaparecimento do distribuidor com o aparecimento dos sistemas de ignição directa (SID), que usam uma bobina para cada par de cilindros, ou uma bobina para cada cilindro como se verá no próximo capítulo.

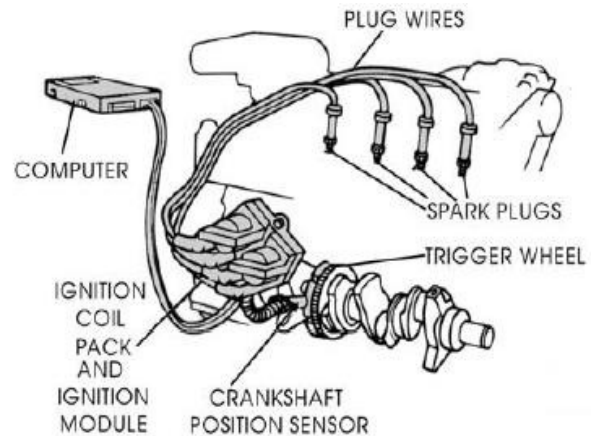


Figura 17 – Sistema de ignição directa

4. Sistemas de Ignição Directa

4.1 - Introdução

Os avanços nos motores modernos exigiram sistemas de ignição mais potentes e ainda mais seguros. Os grandes fabricantes como a Bosch, trabalham constantemente para desenvolverem sistemas de ignição cada vez mais eficientes, robustos e que proporcionam rendimentos cada vez mais elevados nos motores dos modernos automóveis. Estes sistemas são capazes de gerar alta tensão para a ignição com a máxima eficiência e precisão. As vantagens destes equipamentos são grandes face aos sistemas convencionais:

- Maior tensão para a ignição
- Maior disponibilidade de faíscas por minuto
- Melhor performance do motor
- Menor consumo de combustível
- Menor emissão de gases poluentes
- Maior resistência a variações de temperatura e vibrações.

Como já se viu anteriormente, existem dois sistemas diferentes para se fazer o controlo da faísca nas velas: os sistemas com distribuidor e os sistemas sem distribuidor. No sistema com distribuidor, existe apenas uma bobina de ignição encarregue de produzir as faíscas para todos os cilindros do motor, sendo o distribuidor o aparelho responsável pelo fornecimento da faísca ao cilindro apropriado no tempo apropriado.

Em contraste, um sistema sem distribuidor, ou sistema de ignição directa, como o próprio nome indica, não tem distribuidor.

Uma visão externa de um sistema de ignição directa típico é mostrado na figura 17. Este sistema é constituído por um computador (ECU), por um módulo de ignição, pelas bobinas de ignição, pelos cabos das velas e pelas velas de ignição. Note-se que as bobinas de ignição assim como o módulo de ignição estão contidos num mesmo conjunto.

Neste sistema, a ECU, o módulo de ignição e as bobinas de ignição trabalham em conjunto para controlarem as faíscas nos cilindros do motor. Vários sensores posicionados no motor enviam informação sobre o seu estado para a ECU, que processa a informação e determina o tempo ideal para a ignição. Portanto, é a ECU que indica ao módulo de ignição quando este deve ou não cortar o fluxo de corrente no enrolamento primário de cada bobina. Neste sistema, o módulo de ignição toma o lugar do distribuidor.

Por forma a que este sistema opere eficazmente, a ECU deve saber sempre qual a posição exacta da cambota. Por esta razão, um sensor especial é usado para medir a posição da cambota, sendo então depois essa informação processada na ECU para esta determinar o momento em que a faísca deve saltar dentro de cada cilindro.

Como se pode observar na figura 17, o sensor de posição da cambota é usualmente montado junto à cambota onde existe também uma roda especial, denominada de relutor. Esta roda, ou relutor, contém um tipo de brechas ou folgas, que representam as diferentes posições da cambota. Um tipo comum de um relutor é mostrado na figura 18. Este relutor tem 4 brechas na sua aresta, em que cada brecha representa um quarto de uma volta da rotação da cambota (90 graus).

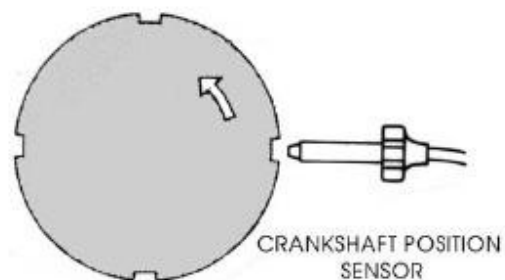


Figura 18 – Relutor e sensor de posição da cambota

Um tipo comum de sensor de posição da cambota é constituído por um ímã permanente e por um enrolamento de fio condutor. Quando este enrolamento é alimentado, um campo magnético é criado entre o sensor e a superfície do relutor. Quando se dá a rotação do relutor, devido à existência das brechas, é causada uma variação do campo magnético. Cada vez que uma brecha passa pelo sensor dá-se esta variação e um sinal eléctrico é enviado para a ECU que vai determinar a posição da cambota. Uma vez que a ECU sabe a posição da cambota, ela está pronta para determinar quando e qual o cilindro do motor que deve ser objecto de ignição. Por exemplo, suponha-se que o motor contém 4 cilindros em que a sua ordem de ignição é 1-2-3-4. Quando a ECU recebe o primeiro sinal do sensor de posição da cambota, que representa 90 graus de rotação da cambota, ela sabe que o cilindro 1 está no ponto morto superior(PMS) da sua fase de compressão e está pronto para receber uma faísca. Portanto, nesta fase a ECU envia um sinal ao módulo de ignição para este aplicar uma faísca na vela que se encontra incorporada no cilindro 1. Após a recepção do segundo sinal através do sensor, que corresponde a 180 graus de rotação da cambota, a ECU envia um outro sinal ao módulo de ignição que por sua vez dá ordem para se fazer saltar a faísca na vela incorporada no cilindro 2. O mesmo acontece para o terceiro e quarto sinal (que correspondem a 270 e 360 graus de rotação da cremalheira respectivamente) obtendo-se a faísca no cilindro 3 e 4 respectivamente. De seguida, todo este processo se repete durante o tempo em que o motor está em funcionamento.

A ECU faz ainda o processamento de outros dados para controlar o tempo de ignição e o seu avanço. Uma variedade de diferentes sensores recolhem informação acerca do estado do motor, como é o caso do sensor de velocidade e do sensor de temperatura. De seguida, a ECU calcula o número de graus de rotação da cambota a que deve ocorrer a faísca antes de ocorrer o PMS. Uma vez feito este cálculo, a ECU espera que a cambota atinja o ângulo exacto de rotação, para enviar um sinal ao módulo de ignição, que está encarregue de fornecer a devida tensão eléctrica à vela correspondente, para aí então se dar a ignição.

Este sistema repete todo este processo milhares de vezes por minuto. Não é um processo fácil, considerando a elevada velocidade a que um motor funciona, contudo os sistemas computacionais modernos podem efectuar milhões de decisões por segundo, podendo assim controlar toda esta operação de uma forma bastante eficiente mesmo a elevadas velocidades.

É de notar que esta é uma descrição muito básica de como funciona um sistema de ignição directa. Existem diferentes concepções de motores, com um número diferente de cilindros e componentes do sistema de ignição também diferentes. Mas, o princípio de funcionamento é todo ele similar.

4.2 – Sensor de Posição da Cambota

Existem dois tipos comuns de sensores de posição da cambota: os sensores magnéticos e os sensores de efeito-Hall. Enquanto os primeiros são usados em alguns veículos, os de efeito-Hall são cada vez mais usados nos carros modernos.

O sensor magnético usa um campo magnético para determinar a posição da cambota. Este sensor é colocado a uma distância aproximada de 1mm do relutor. Como já foi estudado, o relutor possui no mínimo tantas brechas quantos os cilindros do motor. Quando o motor está em funcionamento, o relutor encontra-se em rotação e o campo magnético criado pelo sensor flui facilmente por ele. Neste instante não existe variação do campo magnético e o sensor não produz um sinal em tensão. Contudo, quando uma brecha passa pelo sensor, o campo magnético sofre variação e o sensor envia um sinal em tensão alternada para a ECU. Este sinal indica à ECU que uma brecha passou pelo sensor (figura 19).

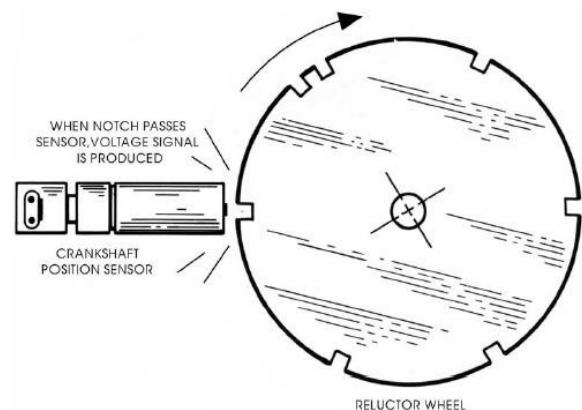


Figura 19 – Sensor magnético e relutor

O sensor de efeito-Hall trabalha da mesma forma que um sensor magnético, contudo, em vez de enviar um sinal em tensão alternada para a ECU, envia um impulso de corrente. Um anel interruptor é colocado na roldana da cambota como mostra a figura 20(A). Este anel contém três lâminas igualmente espaçadas, quando a cambota se encontra em rotação e as lâminas passam pelo sensor, este envia um impulso de tensão para a ECU. O tipo de impulsos gerado pela saída do sensor pode ser visto na figura 20(B).

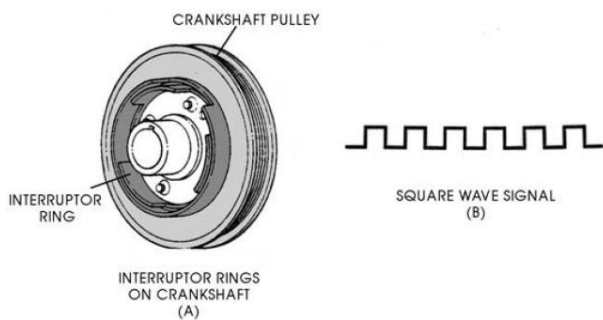


Figura 20 – Sensor de efeito-Hall

4.3 – O Relutor

Uma larga variedade de diferentes relutores são usados nos sistemas de ignição directa. Alguns têm brechas na borda ou aresta, enquanto outros possuem buracos ou fendas. A figura 21 mostra um relutor típico para um motor com 6 cilindros.

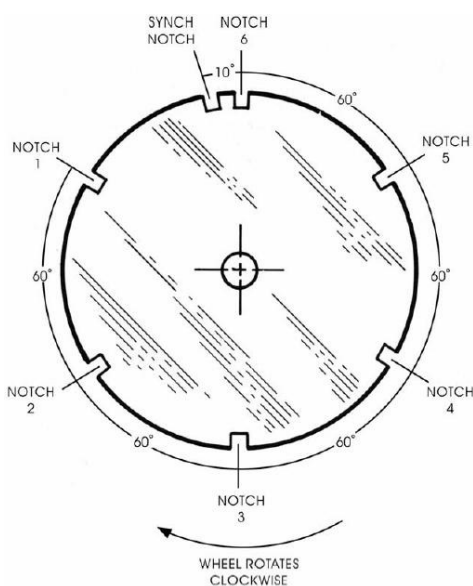


Figura 21 - Relutor

É de notar que o relutor representado na figura 21 também contém uma sétima brecha muito próxima de uma brecha de posicionamento da cambota. Esta brecha extra é chamada de brecha de sincronização. É usada para ajudar a ECU a identificar o ponto de começo da ordem de ignição. Por outras palavras, quando a brecha de sincronização passa pelo sensor de posicionamento da cambota, é dado à ECU um ponto de referência para esta

saber qual a ordem de ignição dos diversos cilindros do motor.

Cada vez que uma brecha do relutor passa pelo sensor de posição da cambota, é enviado um sinal eléctrico do sensor para a ECU. Contudo, quando a brecha de sincronização passa pelo sensor, outra brecha passa imediatamente a seguir. Assim quando a ECU recebe dois sinais muito próximos, ela sabe que a brecha de sincronização acabou de passar pelo sensor. Depois, a ECU recomeça a contagem dos sinais recebidos daquele ponto sabendo assim qual o cilindro que deve sofrer ignição.

A ECU mede também o tempo entre a recepção de cada sinal, podendo usar esta informação para determinar a velocidade de rotação do motor. Portanto, a ECU sabe que quando o tempo de recepção entre os sinais for grande, o motor está a trabalhar a baixas rotações. Pelo contrário, quando este tempo é curto ela sabe que o motor está a trabalhar a altas rotações. Nos sistemas que usam a brecha de sincronização, a ECU pode também fazer a sua identificação através da diferença de tempo entre os sinais.

Muitos tipos diferentes de relutores são usados por diferentes construtores. O relutor mostrado na figura 22 tem brechas a todo o seu redor. Os pontos de posição da cambota são representados pelas áreas em que faltam dentes na roda .

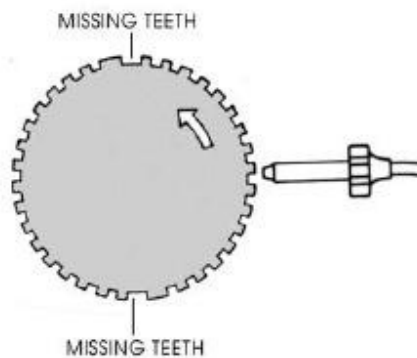


Figura 22 – Relutor dentado

Outro tipo de relutor é constituído por um prato que contém uma série de ranhuras na parte de fora da sua borda. Este prato é colocado na parte traseira da cambota perto da transmissão (figura 23). Desde que este prato esteja preso directamente na parte traseira da cambota, ele irá rodar assim que o motor entre em funcionamento. Nesta peça, o sensor de posição da cambota, detecta a presença de uma ranhura sempre que esta passe por ele, indicando a posição da cambota à ECU.

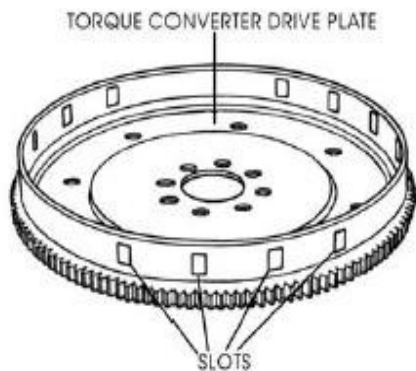


Figura 23 – Relutor com ranhuras

Como se pode verificar, a forma e constituição dos relutores variam, dependendo do modelo do motor. Contudo, todos eles funcionam da mesma maneira, ou seja, são desenhadas para rodar com a cambota, e as brechas ou ranhuras indicam a posição da cambota ao sensor de posição desta.

4.4 – Bobinas de Ignição

As bobinas de ignição usadas na maior parte dos sistemas de ignição directa são bastante similares às usadas nos sistemas de ignição mais antigos como é o caso do sistema convencional. Estas bobinas têm os enrolamentos primário e secundário, e a faísca é produzida da mesma forma. Contudo, os sistemas de ignição directa utilizam mais do que uma bobina de ignição, em alguns sistemas existe uma bobina por cilindro, mas actualmente a maior parte do automóveis utiliza uma bobina por cada dois cilindros, ou seja, uma bobina provoca a ignição em dois cilindros ao mesmo tempo.

As bobinas usadas nestes sistemas são usualmente todas montadas num único bloco, como mostra a figura 24.

As bobinas de ignição que estão contidas num simples bloco como mostra a figura 24(A), possuem uma bobina para cada cilindro num motor com 4 cilindros. Em contraste, o bloco de bobinas mostrado na figura 24(B), contém uma bobina para cada dois cilindros num motor com 6 cilindros. Já na figura 24(C) é mostrado um bloco de bobinas que contém uma bobina para cada par de cilindros num motor com 4 cilindros.

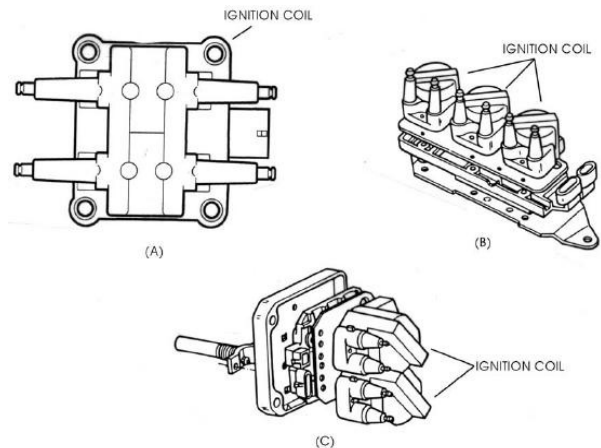


Figura 24 – Bobinas de Ignição (SID)

Estes blocos de bobinas de ignição podem produzir tensões muito elevadas. Tipicamente, a tensão fornecida às velas pode chegar aos 90.000V. Devido a este valor tão elevado de tensão eléctrica é preciso ter muito cuidado quando se trabalha com estes sistemas para prevenir acidentes com choques eléctricos.

Os blocos de bobinas de ignição são normalmente montados na parte lateral por fora do bloco-motor. Os cabos das velas fazem a ligação entre as várias bobinas e cada uma das velas existentes em cada um dos cilindros.

Futuramente, prevê-se que um arranjo da disposição das bobinas diferente do mais utilizado nos dias de hoje venha a prevalecer e entrar em força na construção dos sistemas de ignição directa. Este sistema, utiliza uma pequena bobina integrada em cada cilindro juntamente com a vela de ignição, como mostra a figura 25.

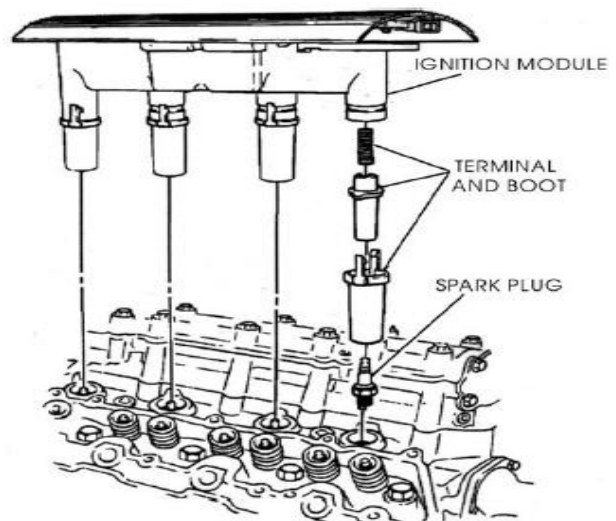


Figura 25 – SID com uma bobina por cilindro

Portanto, estas bobinas são montadas directamente por cima das velas, não sendo necessários os cabos de alta tensão de ligação às velas. Este sistema funciona de maneira idêntica aos sistemas de ignição directa estudados até aqui, sendo a única diferença de que as bobinas estão separadas e não contidas num único bloco.

5. Conclusões

Após este estudo, a principal conclusão que se pode tirar é que apesar do motor de combustão não ter sofrido grandes alterações no último século, alguns sistemas como o sistema de ignição sofreram grandes alterações tendo sempre como principal objectivo o melhoramento no funcionamento do motor.

Entre as décadas de 20 e 60 os automóveis utilizavam o sistema de ignição convencional, este sistema apresentava inúmeras deficiências que levavam estes sistemas a terem baixos rendimentos e necessidade de inúmeras reparações ao longo do seu ciclo de vida.

Entretanto, na década de 70 com a evolução da electrónica de potência e também da microelectrónica, dá-se um grande salto no sentido do melhoramento destes sistemas.

Actualmente, estes sistemas evoluíram bastante relativamente ao sistema de ignição convencional, sendo totalmente controlados por uma unidade computacional, que juntamente com vários sensores, monitorizam o estado das diversas características do motor agindo em função destas de forma a melhorar o seu rendimento e desempenho. Mesmo assim apesar do bom desempenho destes sistemas, a transferência de potência nas velas para a mistura ar-combustível é muito baixa, cerca de 1%. A maior parte da energia é dissipada nas resistências do transformador, dos cabos de alta tensão e das velas. Esta situação é adequada (mas não óptima) para a maior parte dos motores, mas não servirá as necessidades de ignição dos motores futuros assim como combustíveis alternativos que requerem maior energia de descarga para entrarem em combustão. Estes requisitos para o crescimento da

potência e energia de ignição terão de ser obtidos com sistemas de ignição cada vez mais eficientes. Segundo testes actuais por engenheiros que trabalham na indústria automóvel, estes requisitos podem ser obtidos colocando condensadores junto com o enrolamento secundário e com a utilização de componentes que tenham perdas muito baixas. Com estas modificações, a eficiência de transferência de energia poderá aumentar entre 50 a 70%.

Certamente que o futuro nos trará novas evoluções, tendo sempre em vista, o melhoramento da eficácia, do desempenho e do rendimento do motor automóvel assim como a diminuição dos gases poluentes.

6. Bibliografia

- [1] G.J. Rohwein, “An Efficient, Power Enhanced Ignition System”, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 25, No. 2, April 1997
- [2] G. J. Rohwein “Automotive Ignition Transfer Efficiency”, 2002
- [3] Allan W. M. Bonnicksen “Automotive Computer Controlled Systems”, 2001
- [4] Ignition System Components and Operation
- [5] Miguel de Castro “Manual da Ignição”, Plátano Edições Técnicas, 1989
- [6] Apontamentos da disciplina SIAUT do curso de MEEC – ISEP - IPP