



BOSCH

Tecnologia para a vida



Centro de **Treinamento Automotivo**

Sistema de Gerenciamento de Motor Ciclo Otto

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Treinamento | Apostila técnica

Edição
Robert Bosch Ltda.
Automotive Service Solutions
Centro de Treinamento Automotivo
Campinas-SP

Criação e revisão
Equipe Técnica
Campinas-SP

Todos os direitos reservados.
Não havendo maiores informações, trata-se de
colaboradores da Robert Bosch Ltda., Campinas-SP

Reprodução, cópia e tradução, mesmo que de partes,
somente mediante autorização prévia por escrito e
indicação de fonte.
Ilustrações, descrições, esquemas e outros dados servem
somente para esclarecimentos e representação dos textos.
Não podem ser usados como base para projetos
(construção), instalação e volume de fornecimento. Não
assumimos qualquer responsabilidade pela conformidade
do conteúdo com as respectivas disposições legais.
Sujeito a modificações.

Robert Bosch Ltda.
Centro de Treinamento Automotivo
Rodovia Anhanguera Km 98 – Campinas-SP
E-mail: treinamento.automotivo@br.bosch.com



BOSCH
Tecnologia para a vida

Este material oferece informações para propósitos educacionais, o mesmo não deve ser utilizado para intervenções preventivas ou corretivas em veículos. Operações de manutenção em sistemas veiculares devem ser realizadas seguindo as instruções técnicas do fabricante do veículo.



Identificação

Nome: _____

Período: de _____ a _____

Local: _____

Cidade/UF: _____

Nome do Instrutor: _____

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Apresentação



O objetivo deste treinamento é apresentar de forma prática os conceitos de funcionamento dos componentes aplicados ao sistema de injeção.

Demonstrar as formas de diagnóstico e análise dos sensores e atuadores, além da avaliação eletrônica através de leituras de valores reais com scanner e procedimentos técnicos.



A metodologia e forma de transmissão das informações é de caráter construtivo permitindo ao participante o desenvolvimento de novos conhecimentos com base nas experiências vivenciadas durante o treinamento.



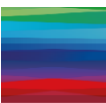
Para um melhor aproveitamento deste treinamento é desejável aos participantes possuir conhecimentos de sistemas elétricos automotivos e conceitos elétricos de sinais, grandezas elétricas e sistemas de carga.



A proposta do treinamento de carga horária de 32 horas, combina elementos teóricos conceituais do sistema de injeção eletrônica com atividades práticas realizadas em veículos. Para as atividades são utilizados osciloscópio automotivo, multímetro e scanner de diagnóstico.



Os valores de teste contidos nesta apostila não devem ser levados como padrão em outros veículos, para intervenções utilize o material do veículo em questão de acordo com a literatura técnica do fabricante.



Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Conteúdo

- Características do sistema de injeção indireta de combustível;
- Sistema de controle de carga e análise dos sensores MAP e MAF;
- Sistema de controle de torque e regulação da marcha-lenta;
- Aplicação de testes e análise do corpo de borboleta e pedal do acelerador;
- Características e tipos de sensores de rotação e fase;
- Sistemas de variadores de fase, modo de controle e ajuste;
- Análise e teste dos sensores de posição e atuadores dos variadores de fase;
- Ajuste do osciloscópio para análise do sincronismo digital;
- Características e funcionalidade de sistemas realimentados, avaliação e teste;
- Aquecedores de combustível, análise e teste do sistema de partida a frio;
- Análise do consumo elétrico da bomba de combustível de baixa pressão (fixa);
- Sensor de nível com impulso integrado, teste e análise;
- Tipos e características de sonda Lambda;
- Análise do sinal de aquecimento e da célula Nernst;
- Avaliação da sonda Pré e Pós catalisador;
- Características do sistema pós-tratamento;
- Catalisador, teste e avaliação;
- Avaliação eletrônica da correção da mistura, integrador lambda, STFT e LTFT;
- Correção do avanço de ignição e sistema de controle detonantes;
- Sistema de ignição DFS e EFS (primário e secundário), avaliação e teste.





Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Sinais de entrada e gerenciamento eletrônico

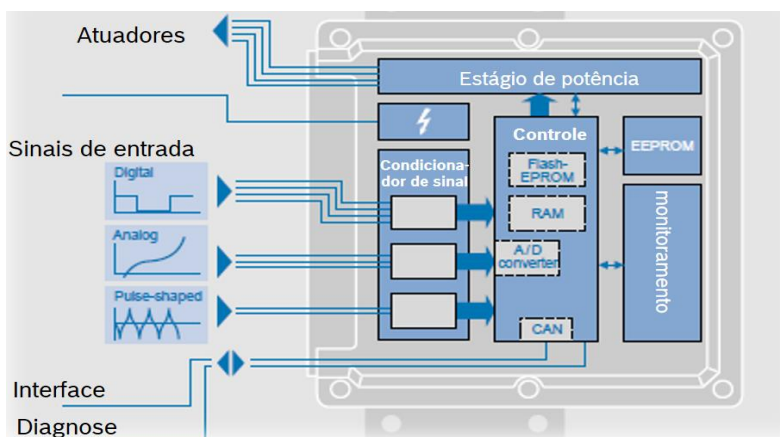
Os sensores registram os dados operacionais atuais do motor, os sinais são enviados para o circuito de entrada da unidade de comando, que processa as informações dos sensores e realiza correções através da ativação dos atuadores.

Na figura 1, o microprocessador reconhece o regime de funcionamento desejado pelo condutor e calcula o torque necessário a partir da informações de entrada. Estágios de saída amplificam esses sinais e ativam elementos reguladores que controlam o motor.

Os fatores determinantes e controláveis pelo unidade de controle para regulagem do torque do motor são: enchimento dos cilindros com ar, volume de combustível injetado e o ângulo de ignição.

O enchimento do cilindro com o respectivo volume de combustível, assim como a ignição no momento apropriado são dados monitorados e calculados através do sensores.

Figura 1 – Sinais de entrada e controle de saída



Fonte: Robert Bosch

Veja abaixo alguns exemplos e preencha os campos com os componentes correspondentes as suas atribuições.

Sinais de entrada (sensores):

- Solicitação de torque - _____;
- Posição e velocidade do motor - _____;
- Massa de ar - _____;
- Pressão - _____;
- Composição da mistura - _____;

Controle de atuadores:

- Gestão de torque - _____;
- Ajuste de detonação - _____;
- Dosagem de combustível - _____;
- Redução Nox - _____;
- Controle térmico - _____.



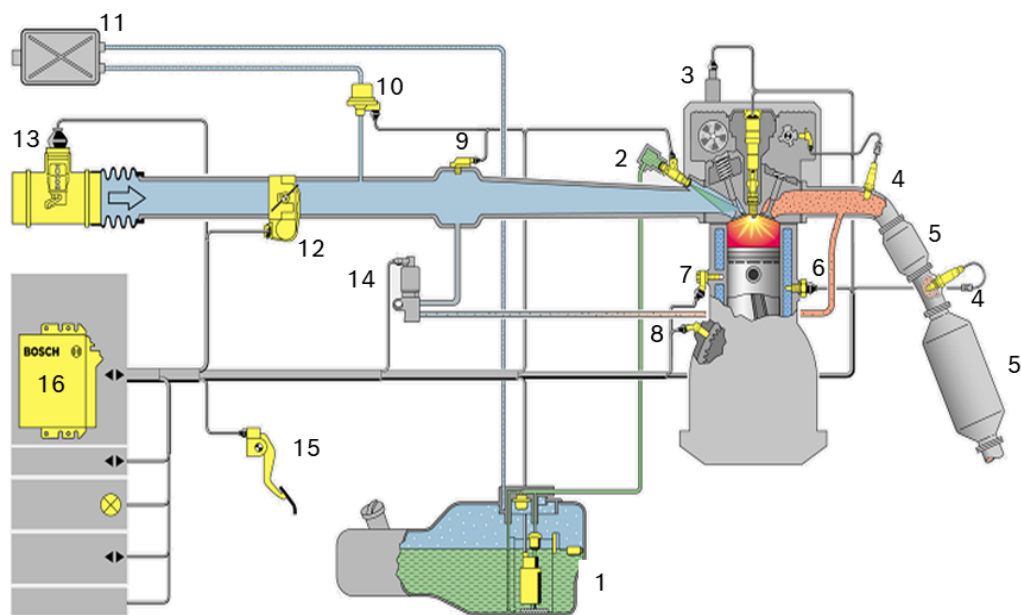


Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Sistema Motronic

Na figura 2 há uma imagem de um sistema completo de controle motor, os números indicam sensores e atuadores. Dentre os diversos sensores e atuadores existem os que controlam e determinam o funcionamento do motor, alguns que otimizam o funcionamento (aumento de torque e potência) e outros de controle ajuste de emissões de gases poluentes.

Figura 2 – Sistema de controle motor (Motronic Bosch)



Fonte: Robert Bosch

Analise a imagem acima (figura 2) e preencha a lista abaixo com os respectivos componentes.

- | | |
|-----------|------------|
| 1. _____; | 9. _____; |
| 2. _____; | 10. _____; |
| 3. _____; | 11. _____; |
| 4. _____; | 12. _____; |
| 5. _____; | 13. _____; |
| 6. _____; | 14. _____; |
| 7. _____; | 15. _____; |
| 8. _____; | 16. _____. |



O sensor de pressão do coletor de admissão (figura 3) está ligado pneumaticamente ao coletor de admissão e registra a pressão absoluta do coletor de admissão [kPa]. A faixa de medição desse sensor está entre 2....115 kPa (20.....1150 mbar) para sistemas não realimentados (turbocompressores). Para sistemas sobrealimentados os sensores MAP possuem uma faixa de medição ampla, que está entre 2 300 kPa, a depender da pressão máxima do sistema.

O sensor geralmente é conectado fisicamente ao coletor de admissão e está dividido em uma célula de pressão, com dois elementos sensores e um circuito de avaliação. Estes elementos estão dispostos juntos em um substrato cerâmico e o circuito de avaliação tem a função de amplificar a tensão elétrica dependente da pressão.

Os sensor de pressão absoluta (MAP) pode conter 3 pinos, e neste caso não realiza a medição de temperatura. Já em um sensor com 4 pinos realiza a medição de pressão e temperatura do ar.

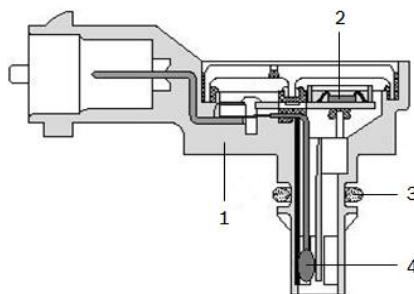
Figura 3 – Sensor de pressão do coletor (MAP)



Fonte: Robert Bosch

O sensor de pressão MAP da figura 4 trabalha com o princípio piezo resistivo, onde um elemento sensor (semicondutor), modifica sua resistência elétrica quando sofre uma deformação.

Figura 4 – Construção interna do sensor MAP



1. Carcaça com conector elétrico
2. Elemento sensor
3. O'ring
4. Sensor de temperatura NTC

Fonte: Robert Bosch



Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Controle de carga - Sensor de pressão do coletor de admissão

Esse tipo de sensor posicionado depois da borboleta do acelerador e antes das válvulas de admissão mede em tempo real as variações de pressão no coletor de admissão. Desta forma a possibilidade de detecção de qualquer anomalia relacionada a entrada de ar falsa, vedação das válvulas de admissão e entre outros, pode ser captada através de sensor MAP, facilitando assim o diagnóstico.

Um exemplo prático e usual a seguir: Problema de vedação das válvulas de admissão, fará com que a pressão no coletor sofra picos de oscilações em excesso, então é possível com auxílio do sensor MAP realizar diagnósticos até mesmo no funcionamento de sistemas mecânicos.

Para cada aceleração/oscilação há um valor de pressão absoluta no coletor de admissão, para isto, na figura 5 há um exemplo de uma tabela utilizada para um determinado veículo (MB C180 T – RB MB 6006).

Figura 5 – Exemplo de valores de Pressão e tensão do sensor MAP

<p>Pressão no tubo de admissão: valor bruto Valor nominal/estado:</p> <p>Pressão no tubo de admissão: valor bruto Gerenciamento de motor Motronic MED 17.7.2</p> <p>Valor real</p> <p>Valor teórico 0 V ... 5 V</p> <p>Campo de leitura máximo!</p>	<p>Pressão col.admissão após borb.acel. Valor nominal/estado:</p> <p>Pressão col.admissão após borb.acel. Gerenciamento de motor Motronic MED 17.7.2</p> <p>Valor real</p> <p>Valor teórico 0 mbar ... 2,000 mbar</p> <p>Campo de leitura máximo!</p>
<p>Motor desligado. Valor nominal:</p> <p>Pressão no tubo de admissão: valor bruto Gerenciamento de motor Motronic MED 17.7.2</p> <p>Valor real</p> <p>Valor teórico 1.7 V ... 2.1 V</p>	<p>Motor desligado. Valor nominal:</p> <p>Pressão col.admissão após borb.acel. Gerenciamento de motor Motronic MED 17.7.2</p> <p>Valor real</p> <p>Valor teórico 900 mbar ... 1,100 mbar</p>
<p>Motor à temperatura de serviço e trabalhando em marcha lenta. Valor nominal:</p> <p>Pressão no tubo de admissão: valor bruto Gerenciamento de motor Motronic MED 17.7.2</p> <p>Valor real</p> <p>Valor teórico 0.6 V ... 1 V</p>	<p>Motor à temperatura de serviço e trabalhando em marcha lenta. Valor nominal:</p> <p>Pressão col.admissão após borb.acel. Gerenciamento de motor Motronic MED 17.7.2</p> <p>Valor real</p> <p>Valor teórico 250 mbar ... 350 mbar</p>

Fonte: ESI[tronic]Bosch



Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Controle de carga - Sensor de massa de ar (MAF)

O medidor de massa de ar a filme aquecido trata-se de um sensor "térmico" de fluxo. Ele é instalado entre o filtro de ar e a borboleta de aceleração e registra o fluxo de massa de ar [kg/h] aspirado pelo motor de forma precisa. A medição deve ser exata especialmente em alta carga do motor, pois as pulsações e os refluxos resultantes não podem comprometer a precisão de medição do sensor de massa de ar.

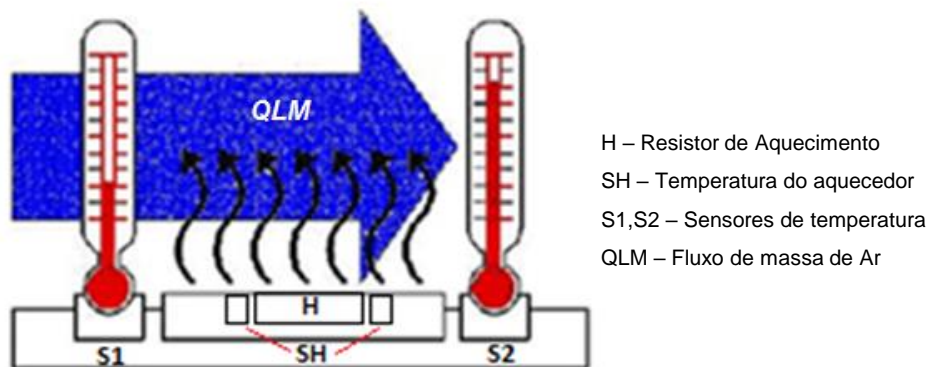
Na figura 6, o sensor de massa de ar de filme aquecido contém uma zona de aquecimento "H" e dois sensores de temperatura, sendo um sensor de entrada "S1" e outro de saída "S2".

Caso não houver o fluxo de ar através do componente, os dois lados com sensores de temperatura estarão equilibrados ($S1 = S2$).

Dependendo da massa de ar aspirada estabelecem-se diferentes temperaturas "S1" e "S2" e, a diferença de temperatura (ΔT) é convertida em sinal elétrico.

O sensor de temperatura adjacente "SH" do aquecedor mantém o resistor de aquecimento "H" a uma temperatura constante e controlável. Esse método difere de técnicas anteriores na prescindibilidade da corrente de aquecimento como sinal de saída. Ao contrário, o sinal deriva da diferença de temperatura no meio (ar) detectado pelos sensores de temperatura "S1" e "S2".

Figura 6 – Diagrama interno do sensor de massa de ar



Fonte: Robert Bosch

Resistores de medição e aquecimento configuram-se em forma de finas camadas de platina, atuando como substrato. O desacoplamento térmico da montagem é obtido pela instalação do chip de silício na área do resistor de aquecimento H, na seção do substrato micro mecanicamente afinada.

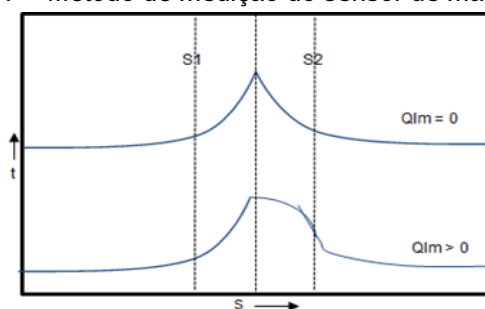
Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Controle de carga - Sensor de massa de ar (MAF)

O medidor de fio aquecido de fluxo de massa de ar funciona como elemento sensor e aquecedor.

Na figura 7, a curva de temperatura é mais íngreme no lado de aspiração “S1” (ar mais frio de entrada), o ar passa através do aquecedor “Qlm” (aquecedor cede calor), o ar aquecido entra em contato com o segundo sensor de temperatura “S2” (ar quente de saída). As tensões comparativas dos sensores resultam no sinal de saída do processador sobre a massa de ar (dependendo do modelo de sensor MAF aplicado a corrente de consumo do aquecedor pode ser agregado aos cálculos também).

Figura 7 – Método de medição do sensor de massa de ar



Fonte: Robert Bosch

Para garantir desempenho estável e confiável durante a vida útil do componente, o sistema deve queimar todos os depósitos acumulados da superfície dos aquecedores (aproximadamente 1000°C, após cada fase de funcionamento ativo (quando a ignição é desligada). Estes sensores podem trabalhar com as informações de saída através de circuito com sinais digitais ou analógico, essa variação irá depender do modelo do componente.

Na figura 8, a etapa com procedimento adaptativo via scanner de diagnóstico deverá ser realizado após a substituição do componente.

Figura 8 – Adaptação com aparelho de diagnóstico

Substituir medid. massa ar

Reset dos valores de adaptação

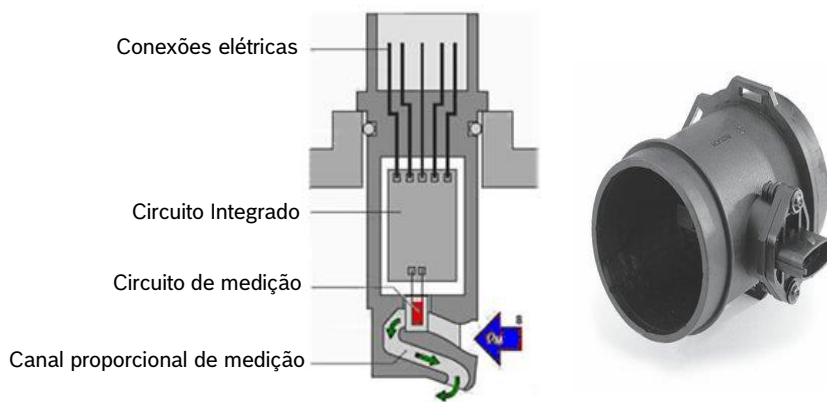
Fonte: Robert Bosch

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Controle de carga - Sensor de massa de ar (MAF)

Através de um pequeno orifício na entrada do sensor, o ar é transferido e a razão de cálculo da massa de ar é obtida. A definição do número de pinos de conexão é dependente da função exercida pelo componente como: temperatura, fluxo de ar, sinal de referência.

Figura 9 – Sensor de massa de ar de filme aquecido



Fonte: Robert Bosch

Alguns modelos de medidores de massa de ar podem ter medições de pressão e umidade do ar integrados ao sensor. Esse tipo de componente é encontrado no medidos do tipo HFM8 da Bosch, por exemplo.

- **HFM8 – T** : Sensor com medição de temperatura;
- **HFM8- pT** : Sensor com medição de pressão e temperatura;
- **HFM8- TH** : Sensor com medição de temperatura e umidade;
- **HFM8- pTH** : Sensor com medição de umidade, temperatura e pressão.

Os sinais compostos por diferentes informações podem ser transmitidos por portas de saídas separadas (digital e analógica) e em outros sistemas um único sinal de uma porta lógica de saída do sensor pode transmitir mais de uma informação (exemplo de protocolos SENT, LIN e VPW).

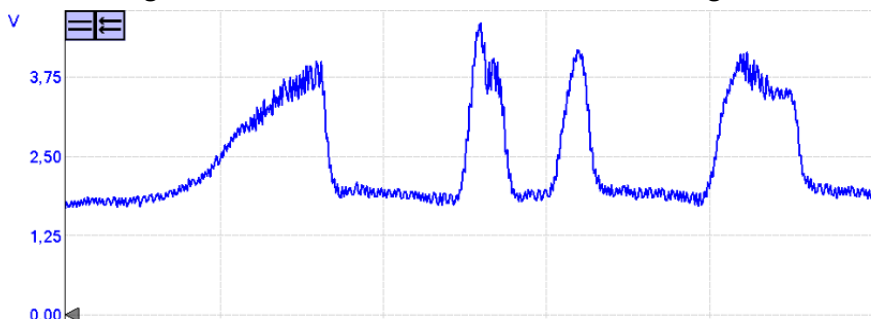


Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Controle de carga – Sinais dos sensores de massa de ar (MAF)

Na figura 10, exemplo de curva do sensor MAF do tipo analógico (HFM5 Bosch), sinal a partir de acelerações pulsadas (maior massa de ar, maior a tensão elétrica).

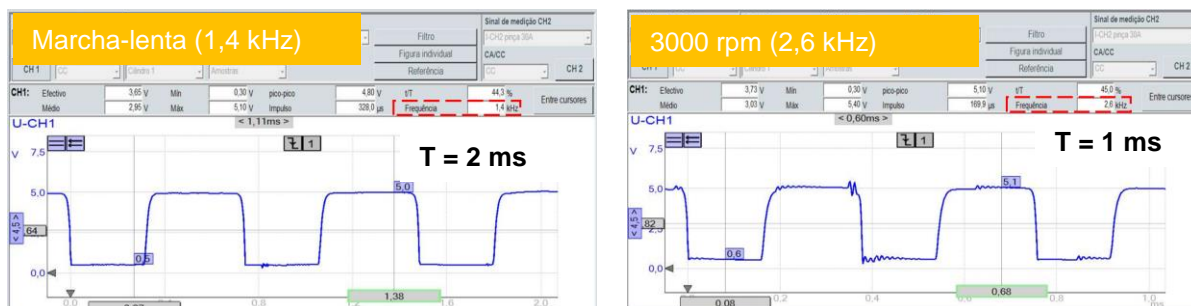
Figura 10 – Sinal do sensor de massa de ar analógico



Fonte: Robert Bosch

Na figura 11, exemplo de curva do sensor MAF do tipo digital (HFM7 Bosch), sinal em marcha-lenta e acelerações (maior massa de ar, maior a frequência).

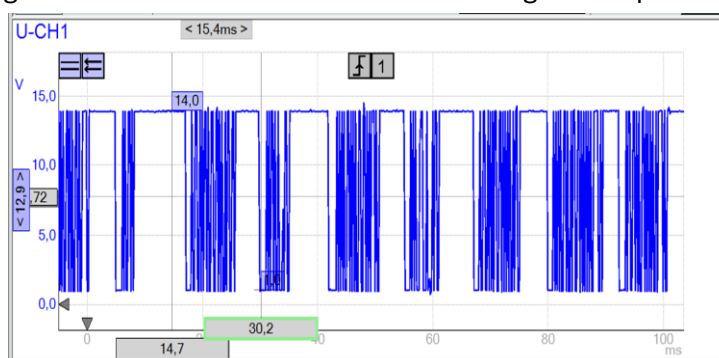
Figura 11 – Sinal do sensor de massa de ar digital



Fonte: Robert Bosch

Na figura 12, exemplo de curva do sensor MAF do tipo protocolado (LIN), sinal em marcha-lenta (temperatura).

Figura 12 – Sinal do sensor de massa de ar digital com protocolo



Fonte: Robert Bosch

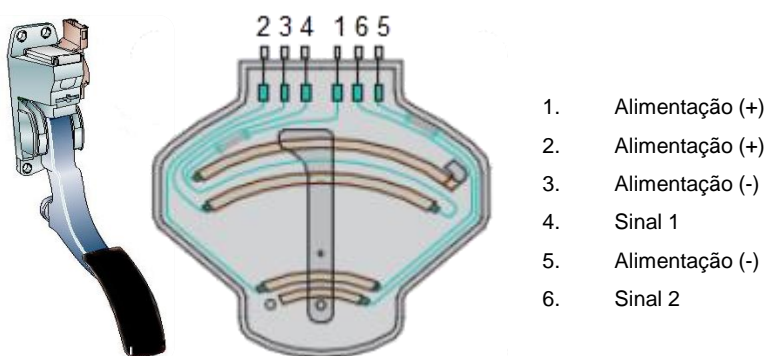
Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Solicitação de torque – Pedal do acelerador eletrônico (E-GAS)

Este componente possui duas resistências (figura 13), as quais são alteradas de acordo com o regime solicitado pelo condutor. A central interpreta essa variação de solicitação de regime através da variação de tensão enviada do pedal (sinal analógico ou digital) ou em alguns modelos um sinal PWM.

A solicitação de torque desejado é dado ao condutor do veículo através do pedal de acelerador, através do nível de tensão e velocidade de acionamento do mesmo. Desta forma é calculada a posição do pedal e o movimento do mesmo.

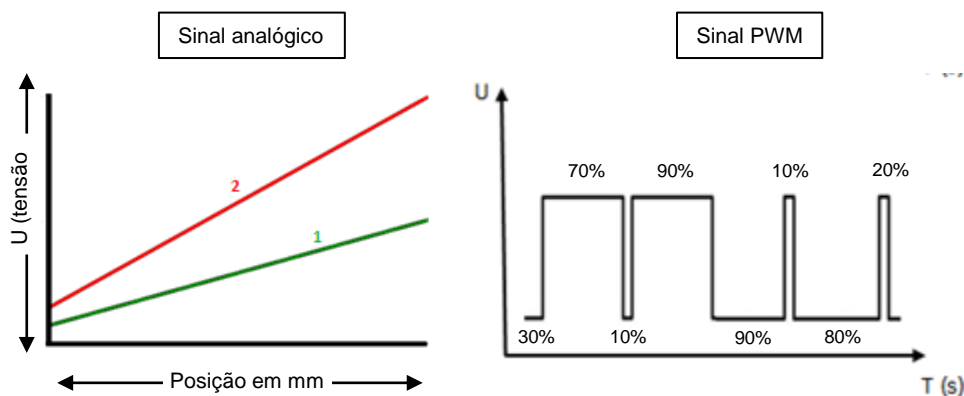
Figura 13 – Circuito eletrônico do pedal do acelerador



Fonte: Robert Bosch

Ao contrário do corpo de borboleta, os sinais das pistas do pedal do acelerador não se cruzam. Caso o pedal eletrônico forneça um sinal digital (PWM) deve ser analisado o percentual da largura de acordo com a posição angular do pedal.

Figura 14 – Forma de sinais do pedal do acelerador



Fonte: Robert Bosch

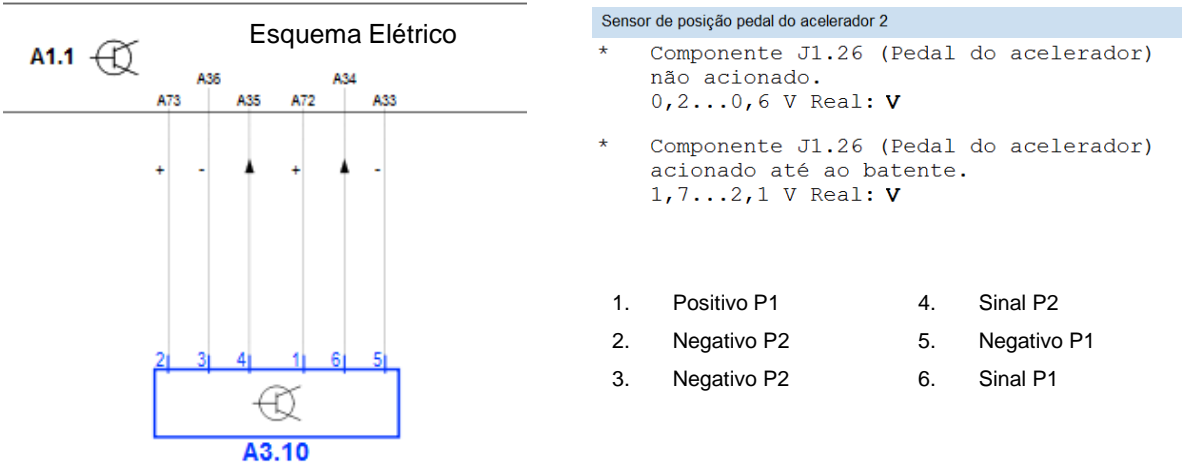


Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Solicitação de torque – Teste do pedal do acelerador eletrônico (E-GAS)

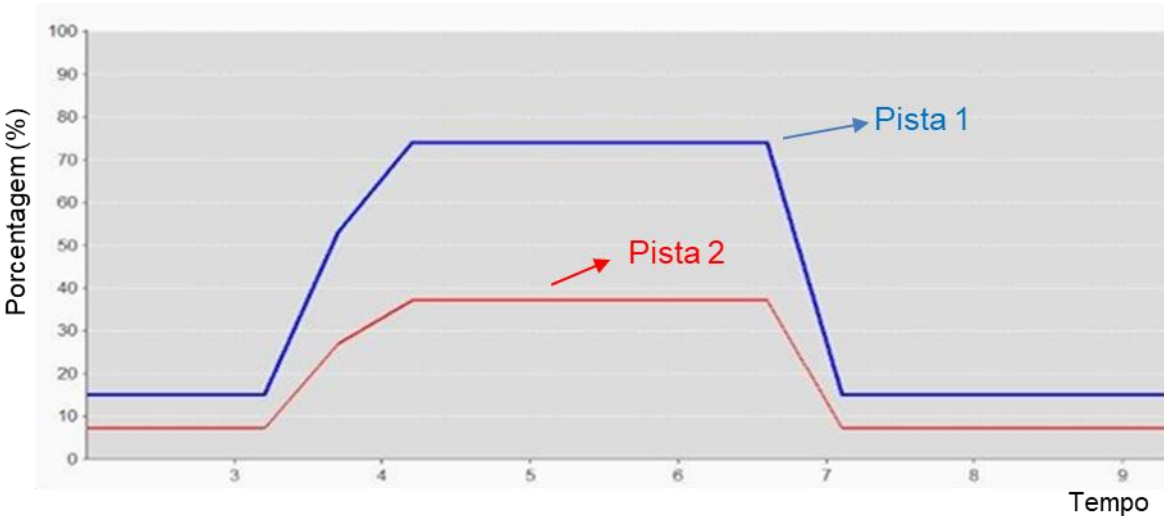
O teste e análise deve ser efetuado nas pista do pedal do acelerador com multímetro, scanner ou osciloscópio. Deve ser observado a linearidade entre as duas pistas e possíveis falhas em sua trilha de contato, além de suas alimentações.

Figura 15 – Valores de referência de teste e diagrama elétrico do pedal analógico



Fonte: Robert Bosch

Figura 16 – Sinal elétrico do pedal analógico (curso mínimo até máximo)



Fonte: Robert Bosch

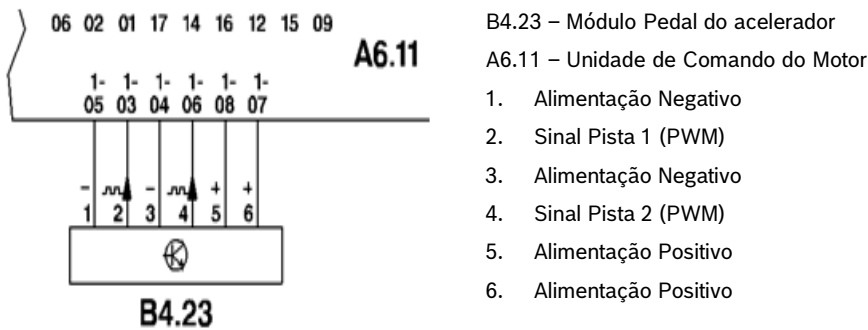




Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Solicitação de torque – Teste do pedal do acelerador eletrônico (E-GAS)

Figura 17 – Exemplo de esquema elétrico (pedal eletrônico digital)



Fonte: Robert Bosch

Figura 18 – Exemplo de valores de teste (pedal eletrônico digital)

```
Processos de valores reais
Valores reais

Sensor pos. d.pedal d.acelerador 1
Valor nominal/estado:
0...100 % Real: %

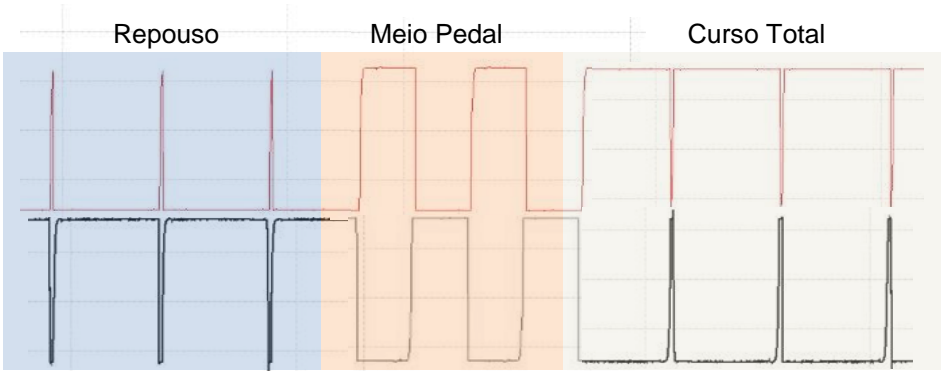
Campo de leitura máximo!

Componente J1.26 (Pedal do acelerador) não
acionado.
Valor(es) teórico(s):
10...30 % Real: %

Componente J1.26 (Pedal do acelerador)
acionado até ao batente.
Valor(es) teórico(s):
40...90 % Real: %
```

Fonte: Robert Bosch

Figura 19 – Sinal elétrico (pedal eletrônico digital)



Fonte: Robert Bosch



Diagnóstico de Injeção Eletrônica

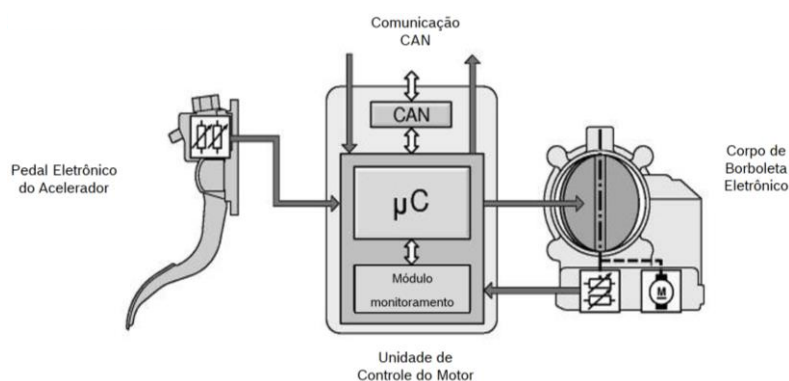
Sistema de gestão de torque - Acelerador eletrônico (E-GAS)

No motor ciclo Otto com formação de mistura externa o enchimento dos cilindros é o fator determinante para o torque liberado pelo motor. A borboleta controla o fluxo de ar aspirado pelo motor e, conseqüentemente, o enchimento dos cilindros.

No comando eletrônico de enchimento do motor E-GAS, uma unidade de comando eletrônica efetua o comando da borboleta de aceleração. A borboleta de aceleração forma um conjunto com o atuador (motor de corrente contínua) e o sensor de ângulo da borboleta.

Para atuação a unidade de comando do acelerador a ECU registra a posição do pedal do acelerador. Os dois potenciômetros do corpo de borboleta ajudam a unidade de comando de controle realizar um ajuste mais preciso em relação ao ângulo necessário, através de um controle PID (Proporcional Integral Derivativo). Esse sensor presente no corpo de borboleta está em duplicidade, posicionados de forma oposta um do outro, gerando duplicidade e redundância de informação. Caso ocorra uma falha o sistema entra em modo emergência e um valor de posição é assumida pela unidade.

Figura 20 – Conjunto de controle E-gas



Fonte: Robert Bosch

O elemento atuador para a influência do fluxo de massa de ar é a borboleta de aceleração. Quando a borboleta de aceleração não está totalmente aberta, o motor é estrangulado e o torque produzido é reduzido. Esse efeito depende da posição, diâmetro de abertura da borboleta e rotação do motor. Já com a borboleta totalmente aberta é atingido o torque máximo do motor (sem estrangulamento).



Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Gestão de torque – Corpo de borboleta eletrônico

O sensor de posição da borboleta (TPS) informa à unidade de comando a posição instantânea da borboleta (ângulo). Esse sensor é montado junto ao corpo de borboleta, enviando um sinal identificado para central (ECU).

O corpo de borboleta controla a entrada de ar para que o motor se mantenha em marcha lenta, mesmo com interferências externas como o ar-condicionado, alternador e outros que possam afetar a sua estabilidade. Todo controle é feito pela unidade de comando com base no regime do motor e carga.

Figura 21 – Corpo de borboleta eletrônico



Fonte: Robert Bosch

Geralmente o sistema é composto por um conector de 6 (seis) fios. Dois deles para alimentação do motor elétrico DC, mais dois pinos para alimentação das pistas e outros dois para retorno do sinal da posição da borboleta.

Na tabela 1, segue um exemplo genérico das funções do corpo de borboleta e unidade de controle do motor.

Tabela 1 – Pinos e funções do corpo de borboleta

Conector	Função	Valor
Pino 1	Sinal Pista 1	10mV4,9V
Pino 2	Alimentação P1,P2	4,9V (Positivo)
Pino 3	Alimentação Motor DC	13V (PWM)
Pino 4	Sinal Pista 2	4,9V.....10mV
Pino 5	Alimentação Motor DC	13V (PWM)
Pino 6	Alimentação P1,P2	0V (Negativo)

Fonte: Robert Bosch



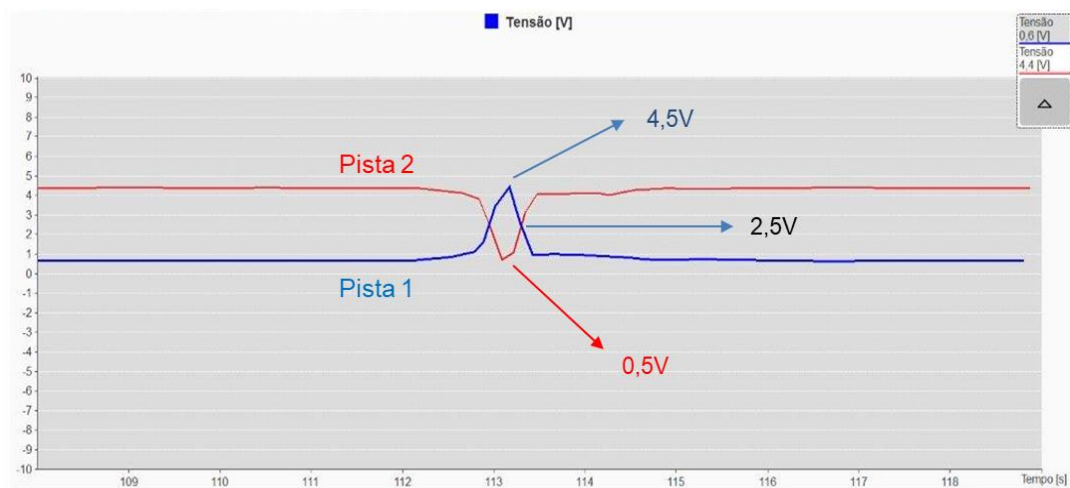
Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Teste do sensor de posição do corpo de borboleta eletrônico

No corpo de borboleta deve ser analisado a integridade das pistas como sua linearidade em relação ao sinal de retorno para a unidade de comando.

A soma dos sinais deve estar em torno de 4,9V referente ao valor de alimentação, conforme a imagem abaixo:

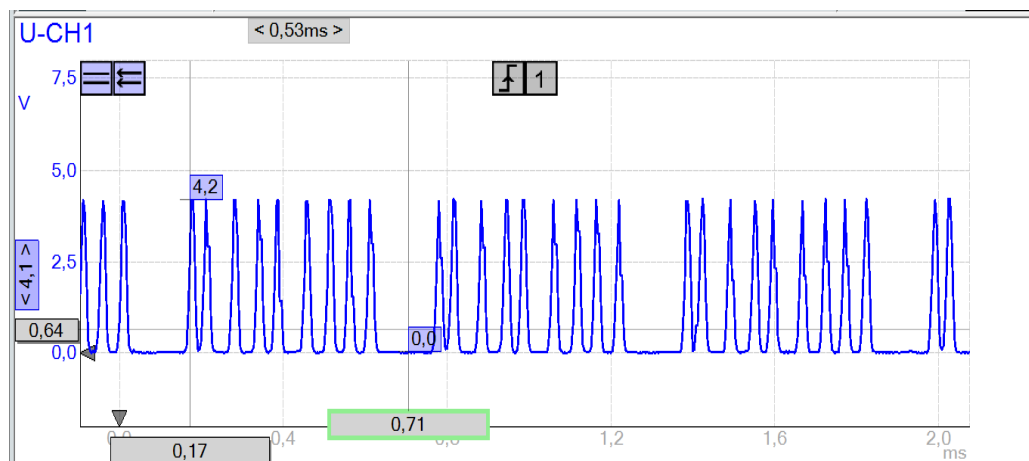
Figura 22 – Análise do sinal das pistas do corpo de borboleta



Fonte: Robert Bosch

Em algumas aplicações o corpo de borboletas possui 5 pinos de conexão elétrica, sendo apenas 1 pino de conexão responsável por transmitir as informações das pistas 1 e 2 para a ECU do motor, através do protocolo de comunicação SENT. Veja figura 23.

Figura 23 – Análise do sinal das pistas com protocolo SENT (Chevrolet)



Fonte: Robert Bosch

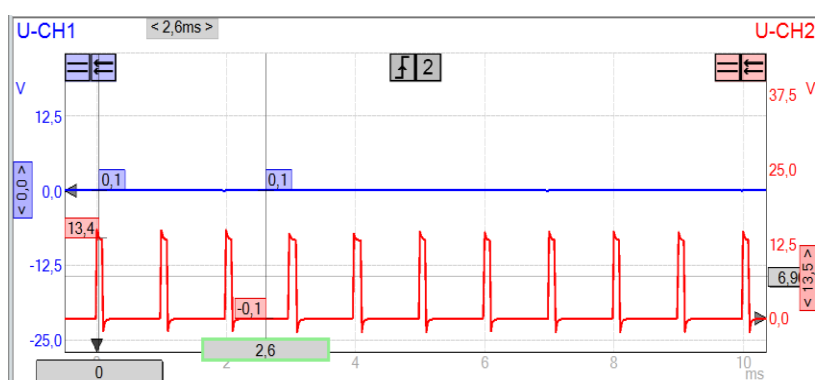
Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Teste do atuador do corpo de borboleta eletrônico

O motor elétrico de corrente contínua é alimentado através de largura de pulso modulado (PWM). A princípio em marcha-lenta, se não houver correção abrupta da marcha-lenta apenas um dos fios de alimentação do motor terá o sinal PWM e o outro uma alimentação constante em 12V ou 0V (a depender do sistema).

O sinal de ativação deve ser coletado com o auxílio de um osciloscópio, deve-se verificar a variação do percentual de ativação (%) e se necessário consumo elétrico. Na figura 24, o ajuste é através do sinal de ativação PWM em um dos fios apenas, para regime de marcha-lenta.

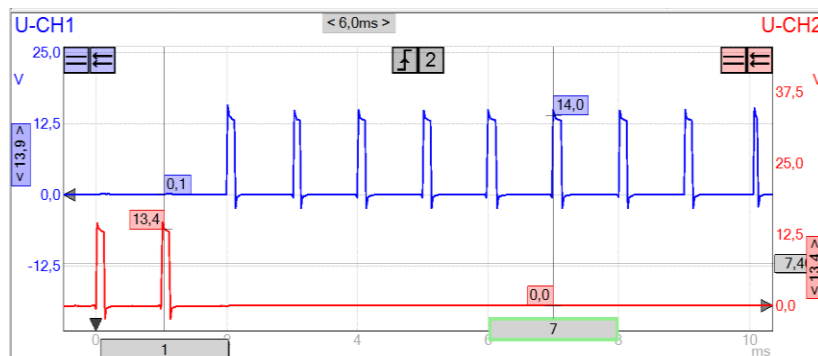
Figura 24 – Ativação do corpo de borboleta em marcha-lenta



Fonte: Robert Bosch

Note que na figura 25 o acionamento do motor DC (PWM) possui ativação através dos dois canais, controlando assim, de forma precisa tanto a abertura como o fechamento da borboleta.

Figura 25 – Ativação do corpo de borboleta em aceleração



Fonte: Robert Bosch

Após substituição e/ou limpeza o ajuste dos parâmetros do corpo de borboletas devem ser realizados, através do scanner automotivo.

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Regime de funcionamento - Sensor de rotação indutivo

A posição da árvore de manivelas (parte inferior) do motor de combustão interna é uma informação importante para que a ECU do motor calcule o momento exato para injeção do combustível e ângulo da ignição.

O eixo de manivelas, dispõe de uma roda de impulsos (exemplo 60 dentes), onde faltam dois dentes (falha). Um sensor passivo ou ativo de rotação explora essa sequência de 58 dentes.

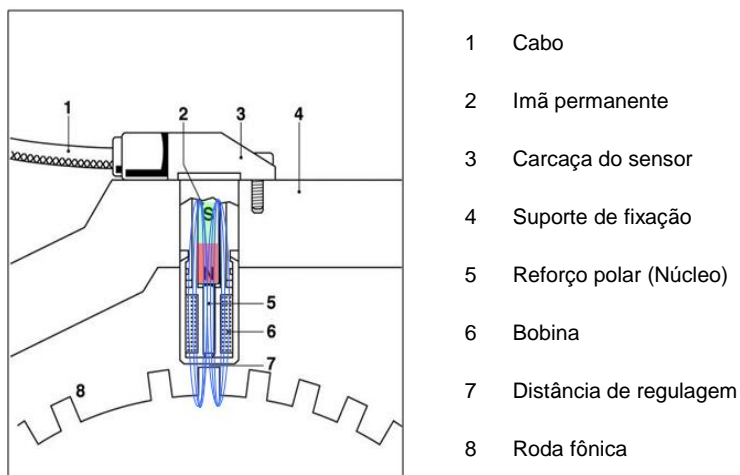
O sensor indutivo consiste em um ímã de barra, com um pino ferromagnético, sustentando uma bobina de indução de cobre com dois terminais. Quando os dentes da roda de impulsos passam pelo sensor, ocorre uma alteração do fluxo magnético, isto induz uma tensão na bobina.

A intensidade do sinal induzido diminui de acordo com a distância entre roda fônica e sensor. Em contra partida um aumento crescente da proximidade entre sensor e roda fônica e a rotação, resultará no aumento da intensidade do sinal.

Este sensor também utiliza-se de um efeito de relutância variável, ou seja, quando a rotação do motor é menor a amplitude da tensão e frequência são menores e vice-versa.

Este sinal senoidal é tratado pela ECU como uma tensão retangular (digital) e com amplitude constante (internamente na unidade de comando).

Figura 26 – Sensor de rotação indutivo



Fonte: Robert Bosch



Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Regime de funcionamento - Sensor de rotação indutivo

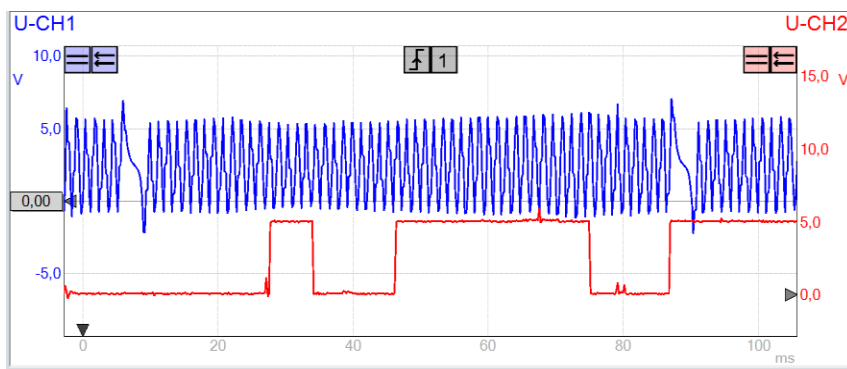
Com base no princípio de geração de corrente por indução magnética, os sensores indutivos não utilizam alimentação externa, a geração é variável conforme aumento ou diminuição das RPM (relutância variável). Nos sensores podem existir tensões de referência por parte da ECU do motor, exemplo de circuito pull-up (2,5; 3,5) ou pull-down (20 mV, 200 mV).

De acordo com o tipo de circuito eletrônico e sensor, podem existir sinais de rotação do motor no dois pinos de conexão elétrica e em outros sistemas apenas em um pino de conexão.

O diagnóstico executado nesse tipo de sensor, inicia-se com a medição da resistência elétrica, que geralmente está entre 800 Ohms à 1,1 kOhms (alguns sensores podem ter resistência maior)

Abaixo segue a figura 27 com a captação do sinal do sensor de rotação indutivo através do osciloscópio.

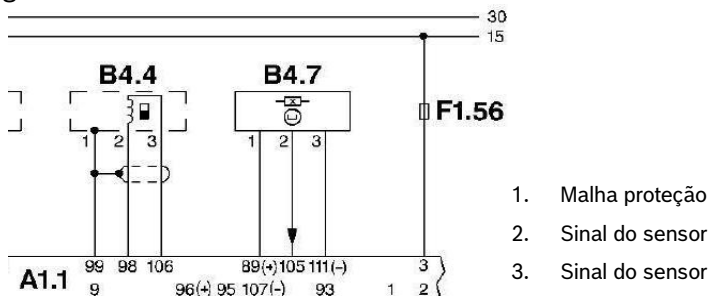
Figura 27 – Sinal do sensor de rotação vs sensor de fase (VW Passat)



Fonte: Robert Bosch

Sensores do tipo passivo com 3 pinos de conexão elétrica, possuem dois pinos para conexão do sensor e um terceiro para a malha de proteção contra interferências.

Figura 28 – Conexão elétrica sensor indutivo



Fonte: Robert Bosch

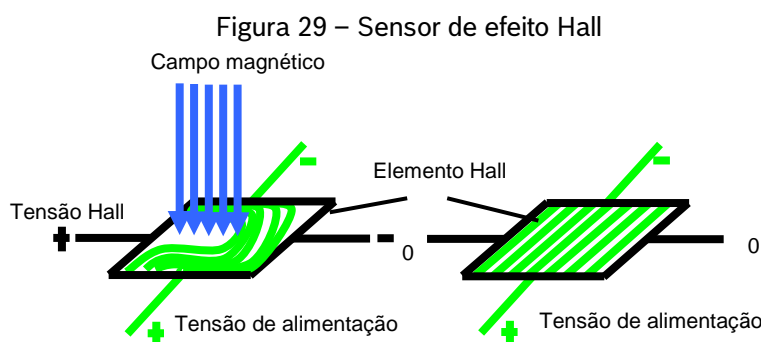


Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Regime de funcionamento - Sensor de rotação ativo

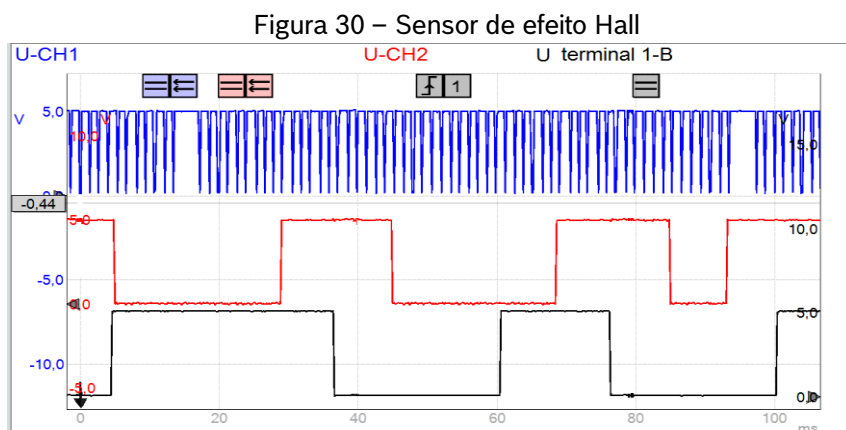
Sensores semicondutores utilizam o efeito hall, na forma de chaves de hélice, por exemplo como sensores disparadores em distribuidores. O sensor e os circuitos eletrônicos são integrados ao chip do sensor. O sensor Hall (com tecnologia bipolar para temperaturas de até 150°C e consiste em elementos polares e magnéticos permanentes.

Um disparador ferromagnético ou disco polar se desloca pelo entreferro e isso faz com que ocorra um interrupção das linhas de força do campo magnético, logo a tensão Hall é assumida com **0 (zero) Volts**.



Fonte: Robert Bosch

Contrário aos sensores indutivos que não necessitam de alimentação, esse sensor requer uma fonte de alimentação externa através da unidade de comando, que pode ser de **4,9V** ou **12V** além do **negativo**. Seu sinal é enviado a unidade de comando na forma digital (onda quadrada) sendo a tensão Hall de **0 Volts**, esse sensor em questão não gera um sinal, mas trabalha tratando um sinal através da variação do campo magnético.



Fonte: Robert Bosch

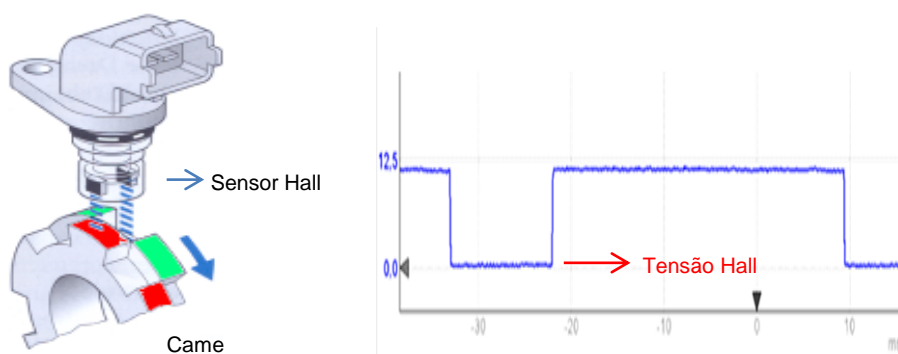
Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Regime de funcionamento - Sensor de fase ativo

A unidade de comando do motor necessita saber qual é a fase de funcionamento do motor referente ao cilindro, para justes individuais de injeção de combustível sequencial e ignição individual.

Como a tensão Hall está na faixa de milivolt, o sinal é processado no sensor e enviado a unidade de comando. No caso mais simples a unidade de comando, verifica a tensão Hall durante a passagem da falha do dente no came ou disco polar. Dependendo da estratégia de emergência da unidade de comando é possível que o sensor de fase assuma de forma transitória o funcionamento do motor, caso o sensor de rotação não esteja funcionando.

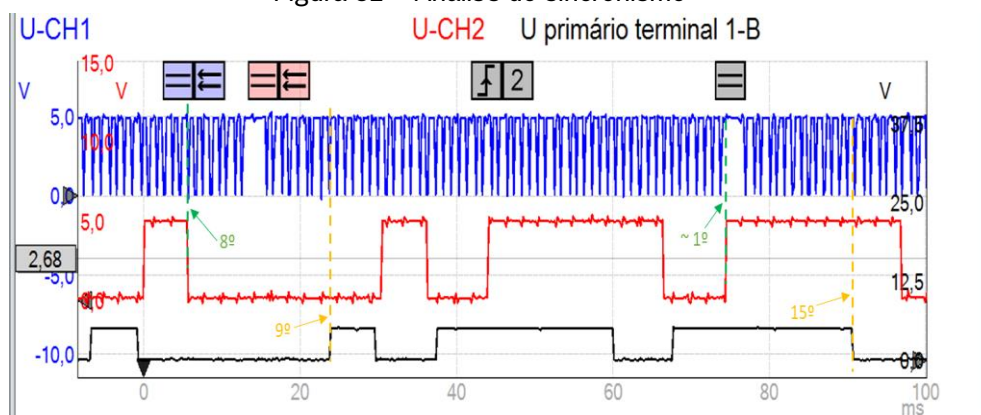
Figura 31 – Sensor de fase do tipo ativo



Fonte: Robert Bosch

O sincronismo digital pode ser testado utilizando um osciloscópio através dos sinais dos sensores de rotação, fase admissão e fase escape, veja figura 32. Desvio por torção da árvore de cames não necessariamente poderá ser observado através dessa análise.

Figura 32 – Análise do sincronismo

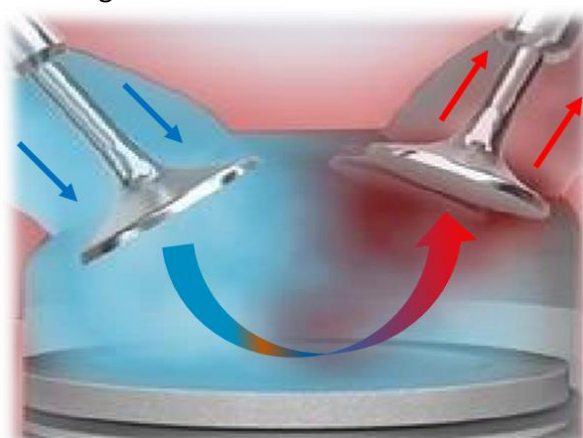


Fonte: Robert Bosch

O cruzamento de válvulas consiste em um sistema de gestão da abertura variável das válvulas de admissão e escape, que em um ciclo de motor mantêm as válvulas de admissão e escape abertas em simultâneo por breves milissegundos. Isso ocorre para que a maior pressão do lado da admissão empurre os gases da combustão anterior para a linha do escape, afim de oxigenar rapidamente a câmara de combustão.

Quando a válvula de admissão é aberta se tem um primeiro movimento da massa de ar no duto com a válvula de escape ainda aberta. A inércia da saída dos gases da queima anterior gera uma depressão na câmara, associada ao movimento descendente do pistão (PMI) acaba criando uma força de arrasto e sucção de uma nova carga de ar (fazendo a lavagem do cilindro).

Figura 33 – Cruzamento de Válvulas



Fonte: Robert Bosch

Para efeito do melhoramento do enchimento do motor existem basicamente duas possibilidades de controle da abertura e fechamento das válvulas de admissão e escape.

1. Ajuste da antecipação/retardo da abertura e fechamentos das válvulas.

Este sistema de forma controlada ajusta o momento angular da abertura e fechamento das válvulas (Vanus, MultiAir, VVT, VVT-i, VVT-iW e VCT).

2. Ajuste da profundidade de abertura.

Estes sistemas visam o controle da amplitude de abertura, permitindo que uma massa maior de ar entre na câmara de combustão com maior deslocamento (milímetro) de abertura (Valvelift, VarioCam Plus, Camtronic, VTEC e MIVEC).

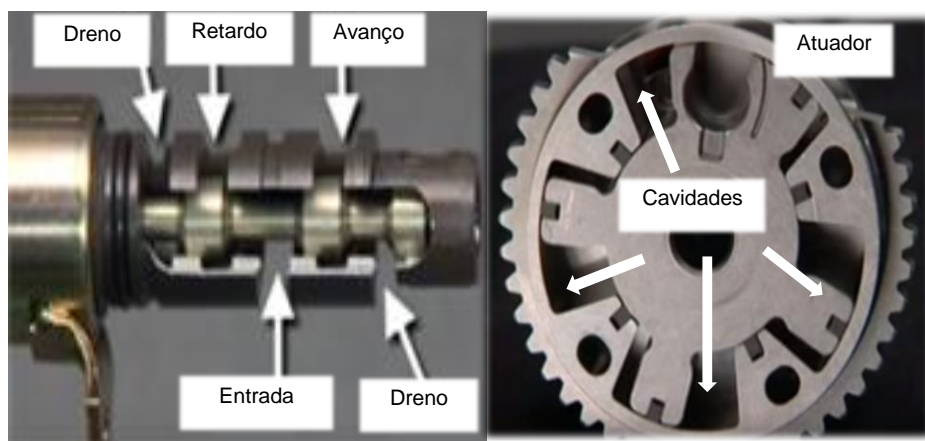
Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Variador de fase VVT

Este é o tipo de sistema mais utilizado para controle de abertura variável das válvulas, eletro válvulas de controle possuem pontos de entrada e saída de óleo que se alternam de acordo com o regime do motor. O sentido do fluxo é definido de acordo com o movimento do eixo central da válvula, o avanço é feito via um sinal digital PWM e o recuo é feito através de uma mola.

As posições de avanço máximo e recuo da válvula invertem o sentido de fluxo de óleo, o atuador do comando é composto por quatro cavidades, então é inserido o óleo na cavidade desejada e retirado o óleo da outra cavidade, essa alteração gera o deslocamento do eixo de comando e consequentemente o avanço ou atraso da abertura das válvulas, na posição intermediária o fluxo de óleo é bloqueado e o comando fixado.

Figura 34 – Variador de fase VVT



Fonte: Robert Bosch

Os valores de avanço e retardo podem ser assumidos através da análise do scanner com valores positivos e negativo. Por exemplo, + 24° para posição de repouso (retardo máximo) para situação de marcha-lenta. Quando o dispositivo for acionado no sentido de avanço angular o valor poderá ser negativo, por exemplo – 24°.

Em alguns sistemas não há escala entre valores positivos e negativos, por exemplo, esse valor poderá ser “0” (zero) para posição de repouso (retardo) e positivo para avanço.

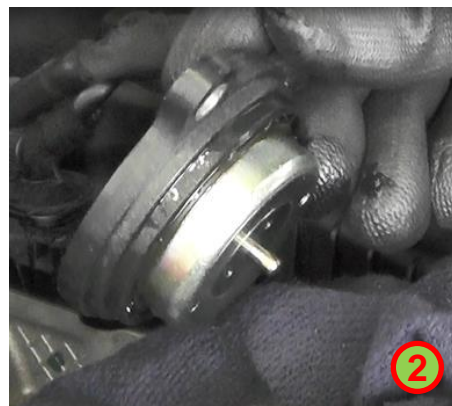


Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Variador de fase VVT

A unidade de comando do motor calcula o tempo de distribuição das válvulas com base na carga momentânea do motor, no sinal de referência do came e rotação. A ativação do respectivo mecanismo de ajuste é feita através válvulas eletro-hidráulicas ou através de válvulas elétricas, veja figura 35.

Figura 35 – Válvula elétrica VVT



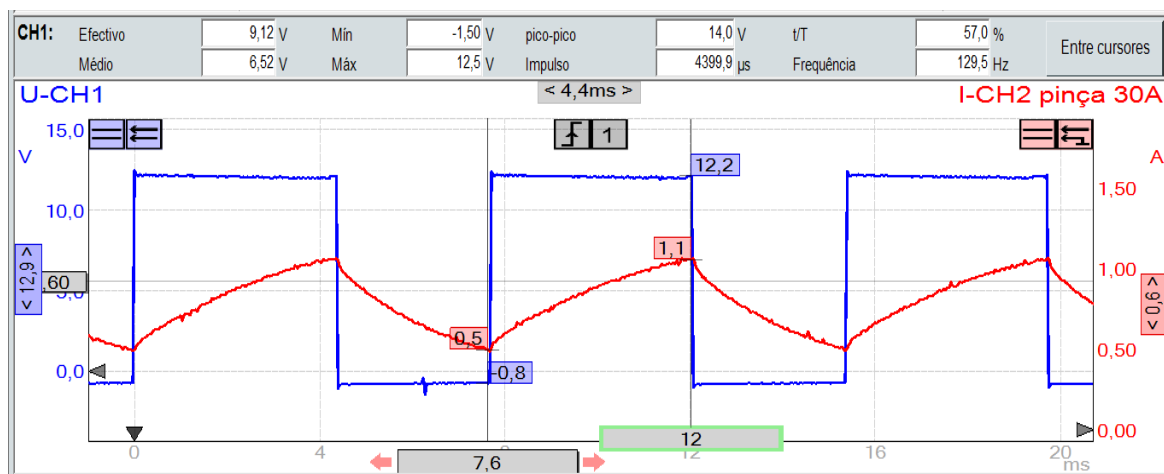
1. Pino em repouso (sentido de avanço no atuador hidráulico acoplado ao eixo cames).
2. Pino sobressalente (sentido de atraso no atuador hidráulico acoplado ao eixo cames).

Fonte: Robert Bosch

O controle da válvula é proporcional ao avanço e retardo necessário, dependendo do sistema em marcha-lenta nenhum sinal será encontrado, visto que, o recuo é basicamente realizado através de alguma força mecânica (mola).

Em outros sistemas um sinal padrão para a posição de bloqueio será utilizado em marcha-lenta e em qualquer momento de carga do motor, veja a figura 36.

Figura 36 – Sinal de controle da válvula VVT



Fonte: Robert Bosch

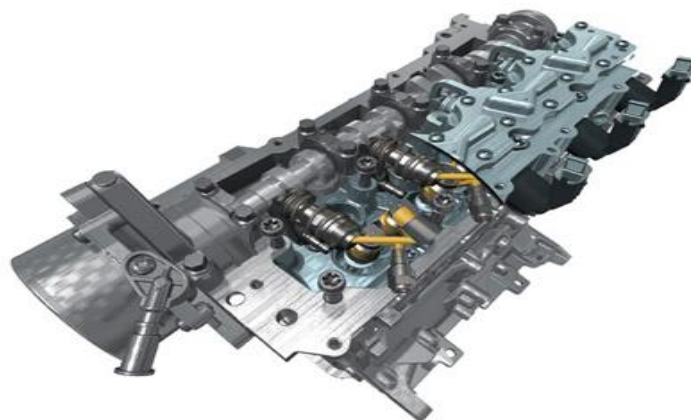


Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Variador de fase MultiAir

Neste tipo de variador de fase, o eixo comando das válvulas lado admissão foi substituído por um conjunto eletro hidráulico, que possui válvulas elétricas (VVA), bombas mecânicas individuais comandados pelo eixo de comando de escape e impulsos hidráulicos instalados nas válvulas de admissão.

Figura 37 – Conjunto MultiAir

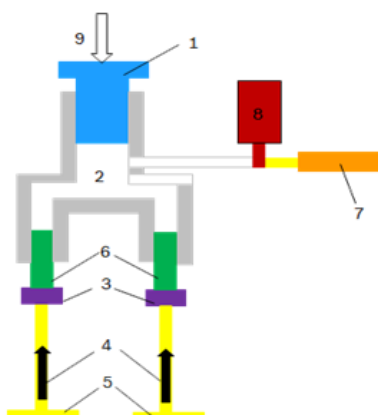
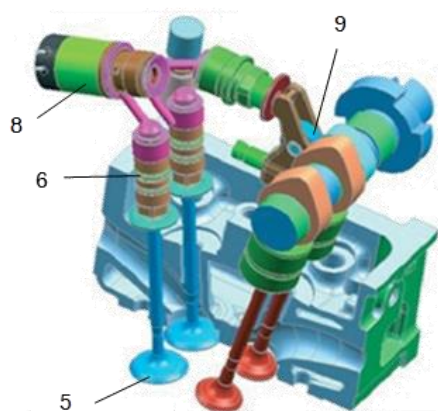


Fonte: Robert Bosch

Na figura 38, o movimento da árvore de came roletado [9], empurram os pistões da bomba para pressurizar o óleo, que é deslocado até um solenoide [8]. O solenoide direciona a quantidade correta para a haste de impulsão das válvulas [6].

O óleo é pressurizado pelo cames através da bomba, se a válvula magnética estiver aberta (sem energia) o óleo é acumulado, conforme o volume de óleo pressurizado é definido o momento e intensidade de abertura das válvulas.

Figura 38 – Componentes do sistema MultiAir



1. Elemento superior da bomba.
2. Câmara de óleo.
3. Tucho.
4. Força da mola da válvula.
5. Válvulas de admissão.
6. Impulsor hidráulico.
7. Acumulador de pressão.
8. Válvula VVA.
9. Movimento do came (alavanca).

Fonte: Robert Bosch



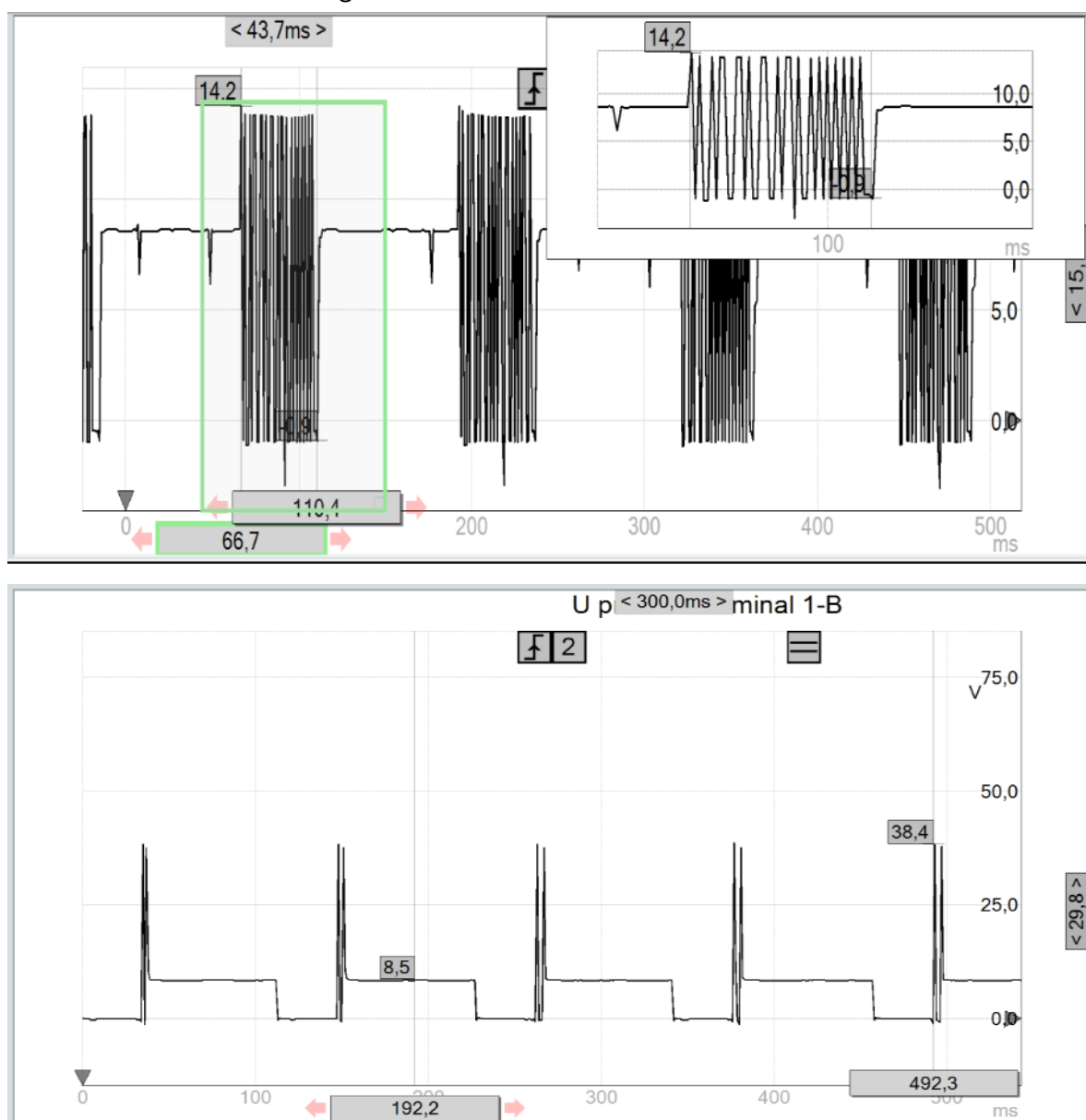


Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Variador de fase MultiAir

Nas versões mais recentes do sistema MultiAir existe uma gama maior de operacionalidade do momentos de aberturas das válvulas. Uma das principais vantagens da utilização do sistema é o trabalho em certos regimes de operação do motor com a borboleta totalmente aberta, reduzindo a zero as perdas por pulsações. A válvula de controle é acionada através dos dois pinos de alimentação, sendo assim é necessário a utilização de dois canais do osciloscópio automotivo, veja figura 39.

Figura 39 – Sinal de acionamento MultiAir



Fonte: Robert Bosch



Diagnóstico de Injeção Eletrônica

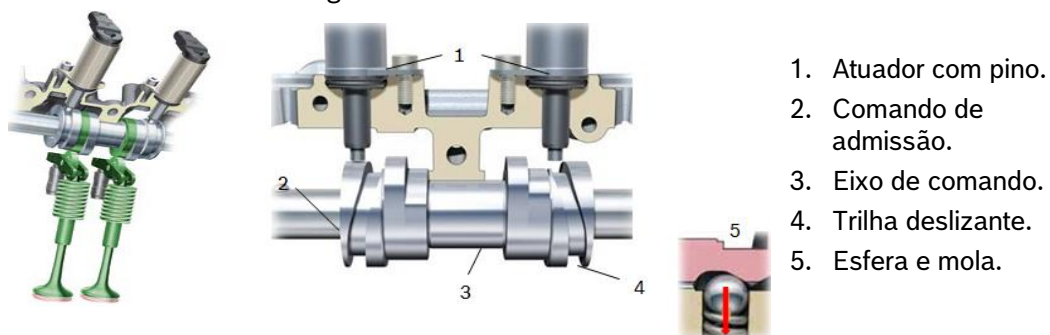
Variador de fase Valve Lift

O variador trabalha com a amplitude de abertura das válvulas, neste caso a variação poderá ocorrer apenas entre dois valores (mínimo e máximo).

Dois eixos excêntricos de entrada são deslocados no limite de dois batentes do tipo esfera / mola [5]. Em cada um dos eixos excêntricos há elementos de came de tamanhos diferentes e nas mangas cilíndricas há sulcos em forma de espiral. Quando a válvula elétrica é acionada um pino de metal se estendem (4), encaixando na ranhura espiral e fazendo o eixo de mover axialmente.

Cada cilindro possui duas válvulas, uma para amplitude máxima e retorno (amplitude mínima). Este sistema pode trabalhar em paralelo com o sistema de avanço e retardo angular (VVT).

Figura 40 – Variador de fase Valve Lift



Fonte: Robert Bosch

Na figura 41, há o sinal de acionamento da válvula para levantamento total de abertura da válvula [5] e posteriormente o retorno [6], realizado em aceleração.

Figura 41 – Sinal da válvula de levantamento

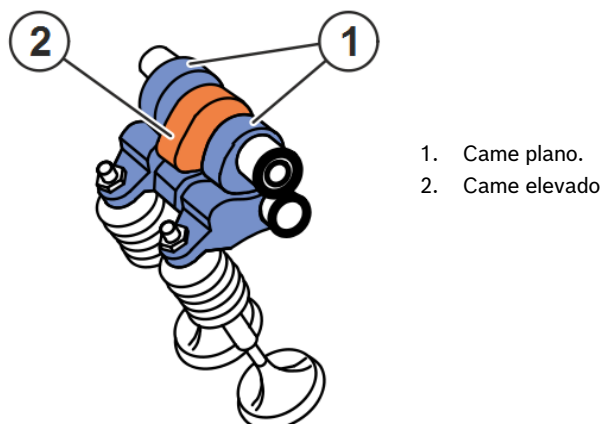


Fonte: Robert Bosch

O sistema regula o funcionamento da válvula, para otimizar a potência em rotações e carga alta do motor.

O sistema é composto por 2 came planos e, um came central elevado. Basicamente a diferença final é que o came plano resulta em profundidade de abertura da válvula menor em relação ao movimento de abertura com o came elevado.

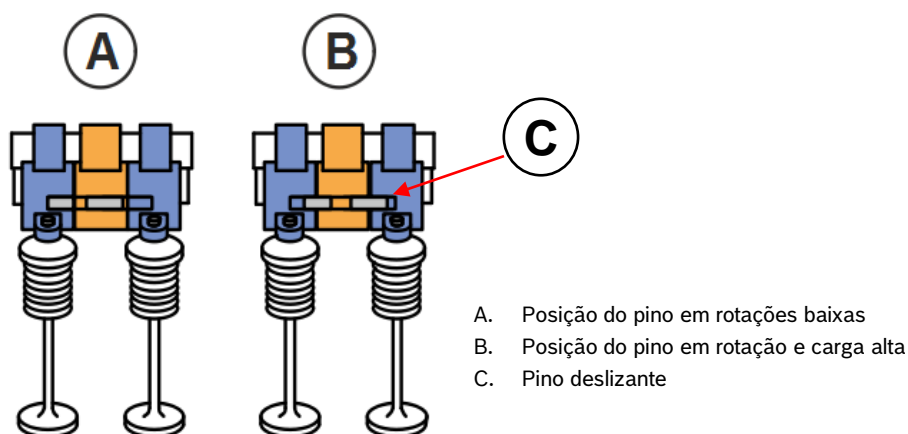
Figura 42 – Conjunto do variador de fase Valve Lift



Fonte: Robert Bosch

Com a rotação do motor reduzida (marcha-lenta) e carga baixa do motor, um pino deslizante (pino de fixação) é movido para a posição de repouso, de modo que os balancins externos (laterais) não estão travados ao balancim central. Quando a válvula elétrica é acionada a pressão do óleo incide no pino deslizante, que é então movido, ligando o balancim central aos balancins externo. Desta forma, se tem o movimento do curso mais longo da válvula.

Figura 43 – Pino deslizante Valve Lift



Fonte: Robert Bosch

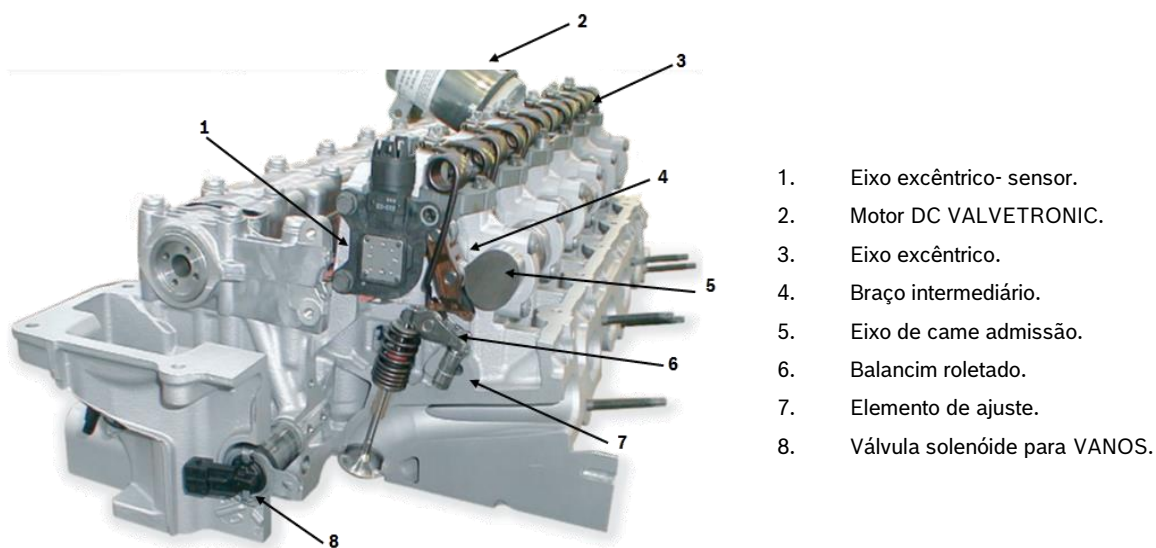
Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Variador de fase Valvetronic

O Valvetronic consiste em controle de elevação da válvula totalmente variável, combinado com o controle variável do eixo de comando de válvulas (VANOS). O controle de elevação da válvula 'VALVETRONIC' é feito apenas no lado da admissão.

Um motor elétrico trifásico (2) é usado para ajustar o um eixo excêntrico (3). O eixo de rosca sem-fim do motor elétrico movimenta uma engrenagem helicoidal, que é fixada no eixo excêntrico, a rotação do eixo excêntrico move o braço intermediário (4) na direção do eixo de comando de admissão (5). A posição dos balancins de came do tipo rolete (6) muda com referência à alavanca de transferência.

Figura 44 – Conjunto Valvetronic



Fonte: Robert Bosch

O motor elétrico é ativado em aproximadamente no tempo de 300 milissegundos, entre sua abertura máxima e seu fechamento (em torno de 0,3mm – 9,5mm para Valvetronic 1 e 0,18mm-9,9mm no Valvetronic 2).

Após o reparo ou qualquer ação que interfira na integridade do sistema, o mesmo deve ser ajustado seguindo os procedimentos especificados pelo fabricante e com auxílio de um equipamento de diagnóstico (scanner).

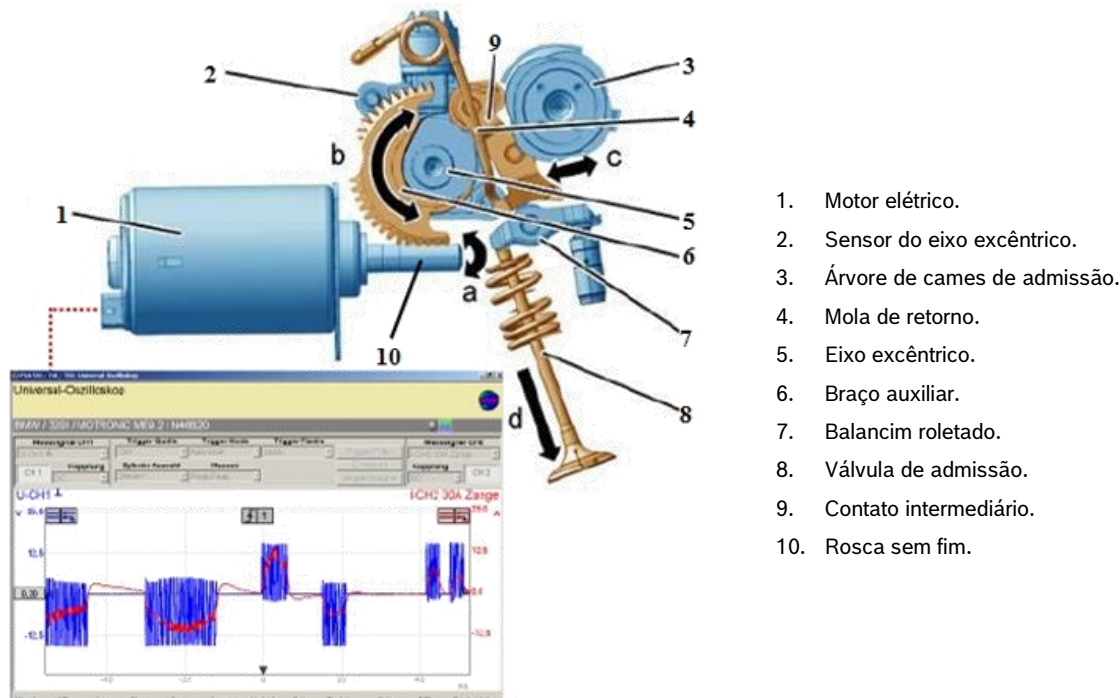


Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Variador de fase Valvetronic

Na versão mais recente do sistema Valvetronic o sensor do eixo excêntrico e o motor elétrico sem escova trifásico estão agregados em um único componente.

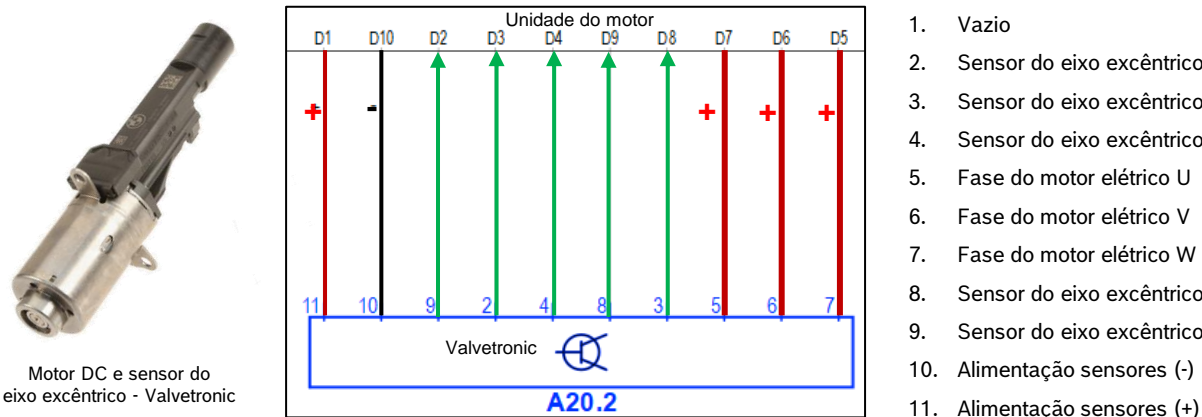
Figura 45 – Controle do variador Valvetronic



Fonte: Robert Bosch

O sensor do eixo excêntrico possui cinco sensores de posição (geralmente de efeito Hall), sendo 3 para ajustes mais “grosso” e 2 para ajustes mais “refinados” (menor que 7,5°).

Figura 46 – Esquema elétrico do variador Valvetronic



Fonte: Robert Bosch

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Sistema sobrealimentado

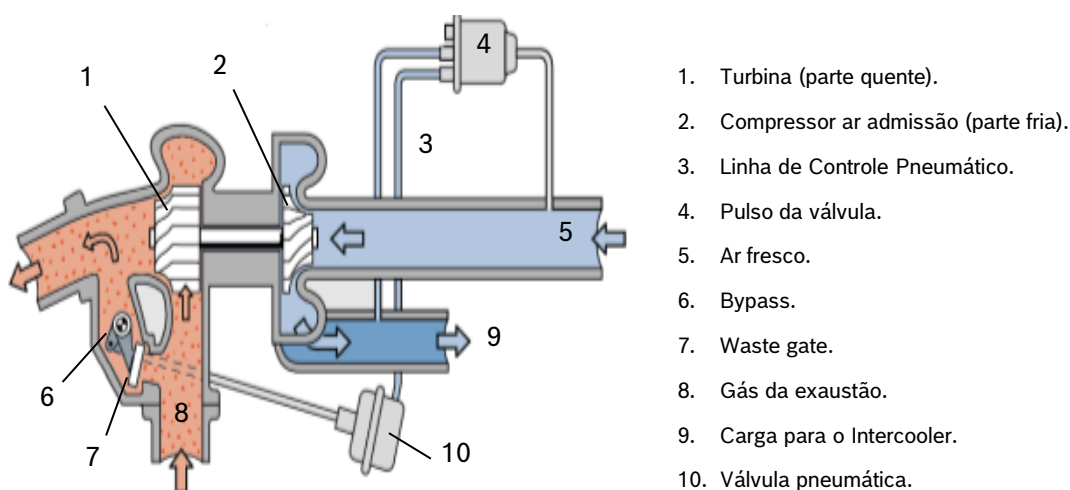
O turbocompressor utiliza a energia do gás de escape para comprimir o ar aspirado, desta maneira uma quantidade maior de massa de ar é fornecida ao motor ao qual, mais combustível é injetado.

A potência do motor e o torque máximo aumentam em relação à capacidade cúbica, o turbo-compressor é um pré-requisito para a tecnologia de motores 'Downsizing': (redução da capacidade cúbica para a potência inalterada do motor). Assim, como resultado, motores com menor consumo de combustível e emissões de CO₂ correspondentemente reduzidas.

No caso do modo de sobrecarga e/ou ao liberar o pedal do acelerador desenvolve-se uma pressão de retorno que freia o impulsor do compressor, para evitar isso a válvula de alívio de pressão de carga é aberta por um atuador elétrico ou mecanicamente (pneumaticamente).

A Waste Gate é ativada através da válvula de controle de pressão de carga, uma linha de controle esta válvula é pneumaticamente conectada a uma válvula de pulso que é acionada pela ECU do motor através de um sinal elétrico (PWM), a Waste Gate também pode ser eletrônica, assim não depende de atuação pneumática. Para o controle da pressão de carga um sensor de pressão fornece as informações sobre a pressão de carga.

Figura 47 – Wastegate com controle pneumático



Fonte: Robert Bosch



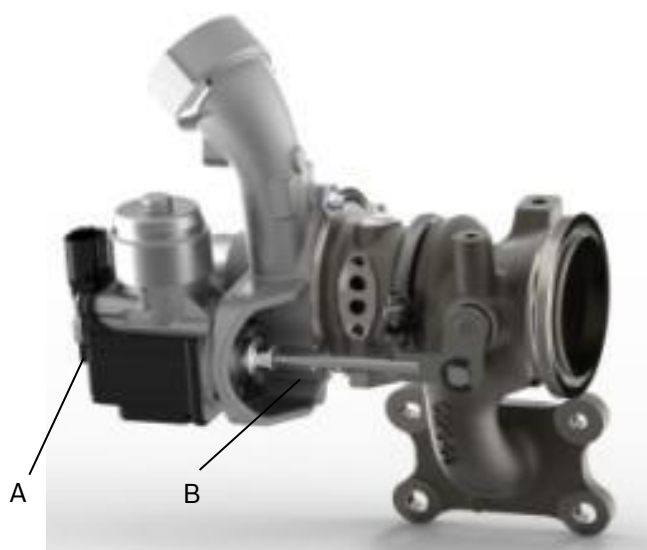
Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Sistema sobrealimentado

Em outras aplicações de turbocompressores poderá haver a utilização de válvulas Waste Gate eletrônicas, ou seja, a válvula é acionada através de um motor elétrico que determina a posição de abertura by-pass de acordo com a necessidade e a solicitação mediante à um sinal de largura de pulso modulada (PWM).

O sensor de carga monitora na linha de pressão qual o valor real encontrado é informado para a unidade de controle do motor, que controla a abertura da válvula de acordo com esse valor mensurado. A válvula de alívio pode estar integrada ao conjunto, através do alívio interno ou externo. Essa válvula também deve ser analisada, após acelerações breves deve ocorrer a excitação da válvula, através da alimentação on/off.

Figura 48 – Wastegate com controle elétrico



A - válvula de Alívio (Blow Off Valve)

B - Waste Gate

Fonte: Robert Bosch

O teste devem ser realizados nas linha pneumáticas e elétricas, através da utilização de vacuômetros/manômetros (pressão manométrica), scanner (valores via software), multímetro (checando alimentação) e osciloscópio (análise de sinais).



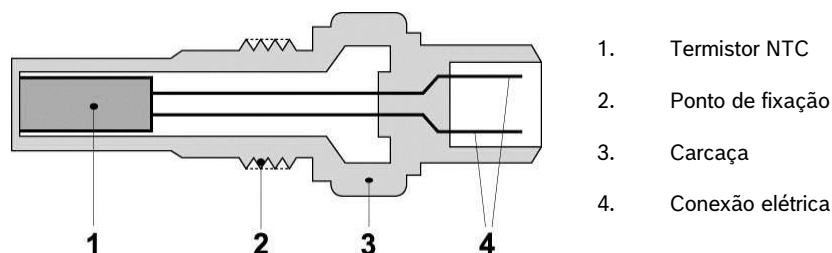


Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Sensor de temperatura NTC

O sensor de temperatura do motor possui um resistor de coeficiente de temperatura negativo (NTC – Negative Temperature Coefficient). Isto quer dizer que o valor de resistência diminui com o aumento da temperatura.

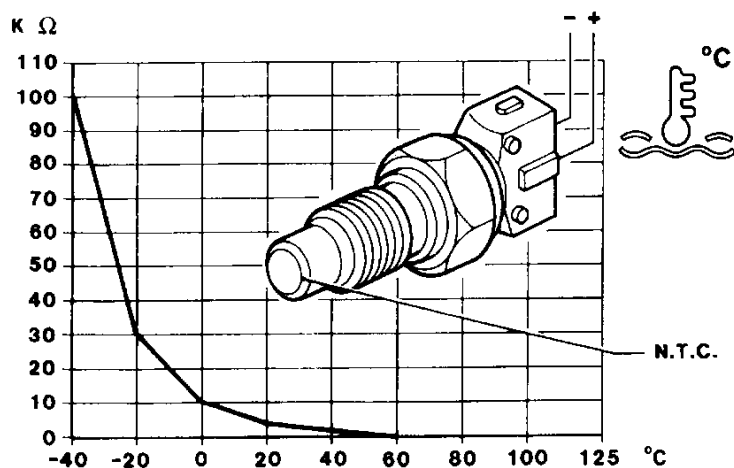
Figura 49 – Sensor NTC



Fonte: Robert Bosch

A figura 50 mostra o princípio da curva de resistência em função da temperatura. O resistor NTC é parte de um circuito divisor de tensão alimentado com 5V e a tensão elétrica no resistor NTC depende da temperatura da água ou ar..

Figura 50 – Relação temperatura vs Resistência



Fonte: Robert Bosch

O efeito que se tem durante uma medição elétrica na grandeza tensão é: Diminuição da tensão com o aumento da temperatura do fluido e o contrário quando a temperatura é menor.



Diagnóstico de Injeção Eletrônica

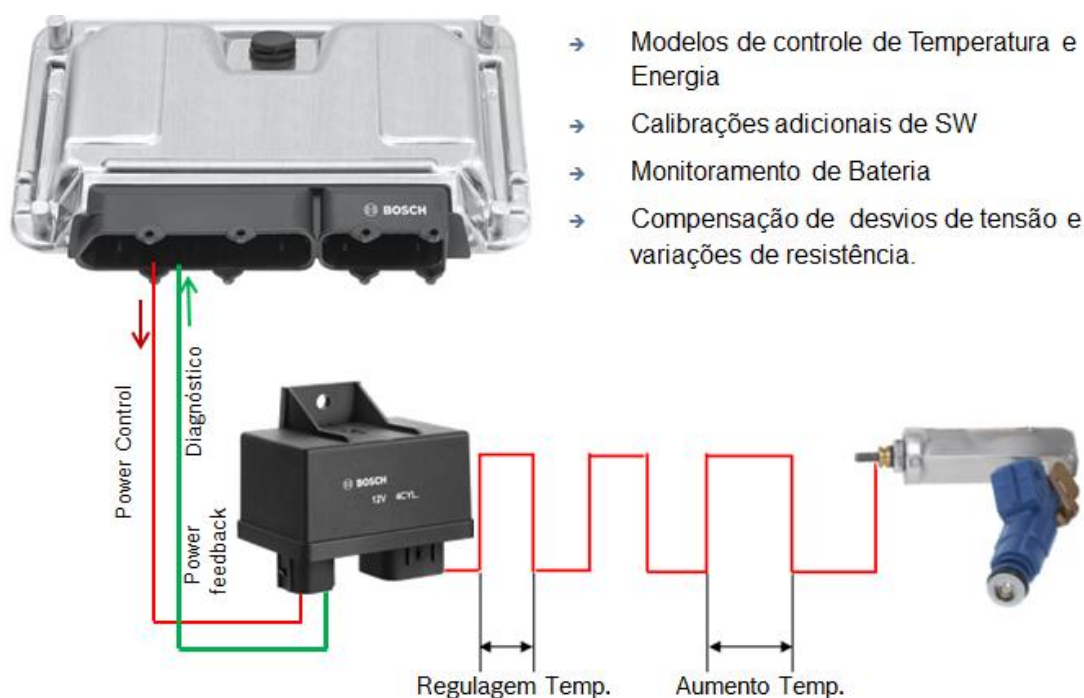
Sistema de partida à frio com aquecedores – Flex Start

O sistema é composto por uma ECU de potência, resistência PTC's e Unidade de Comando.

A ECU de potência controla o aquecimento das resistências PTC's através de um controle chamado "Power Normalization", pois há um grande perigo de formação de bolhas dentro do tubo distribuidor devido ao aquecimento do combustível e até mesmo uma possível corrosão.

O combustível é aquecido antes de ser injetado, com isso é possível mudar o estado do combustível álcool mesmo em baixas temperaturas e assim ter um funcionamento sem falhas à frio e com níveis de emissões reduzidos. Desta forma não há necessidade do reservatório com o combustível gasolina.

Figura 51 – Sistema de partida à frio com aquecedores



Fonte: Robert Bosch

O negativo do componente aquecedor PTC pode ser conectado diretamente a massa, portanto, pode estar na carcaça ou em outras aplicações diretamente na unidade de comando. O controle de aquecimento é via sinal PWM (Largura de Pulso Modulado) pelo pino positivo 12V.

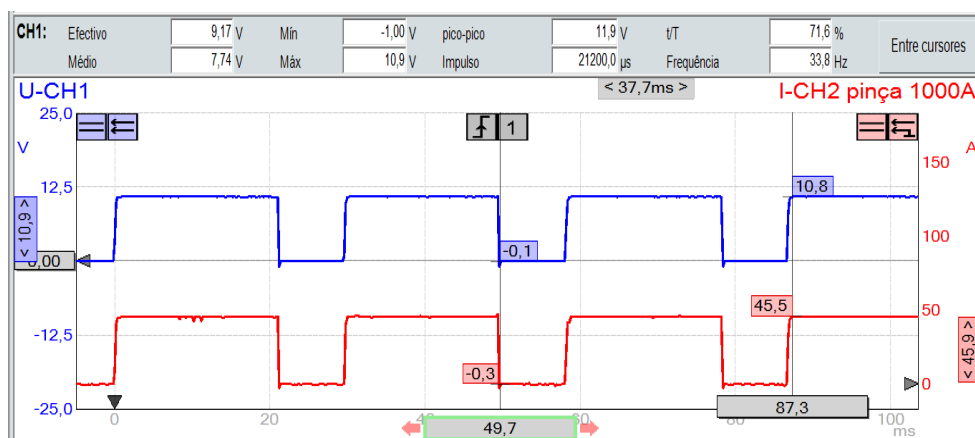
Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Sistema de partida à frio com aquecedores – Sinais de controle

A estratégia de aquecimento se difere em relação ao software e sistema. Portanto há a possibilidade de um primeiro aquecimento logo ao desativar o alarme, abrir a porta ou até mesmo só após ligar a ignição.

Na figura 52 há um sinal de controle por PWM individual para cada aquecedor, estes são defasados para menor consumo elétrico.

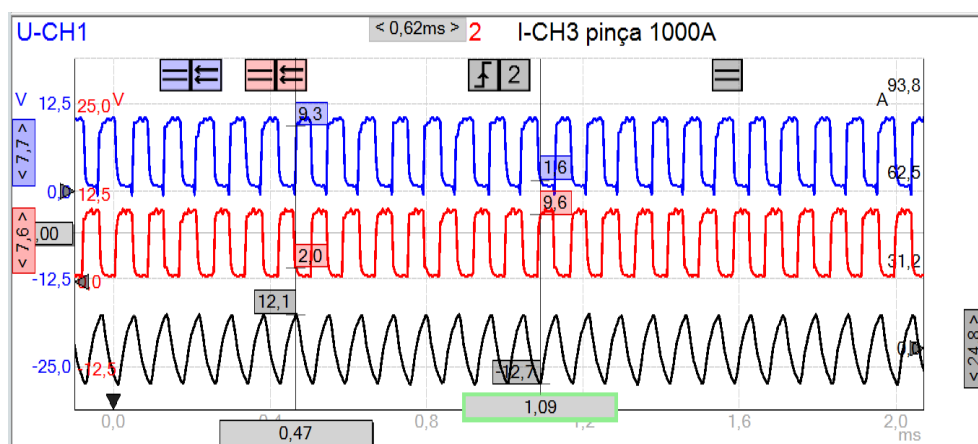
Figura 52 – Ativação por PWM



Fonte: Robert Bosch

Outros sistemas possuem um circuito de aquecimento integrado ao próprio injetor (injetores de 4 pinos de conexão), estes possuem outro método de ativação. O controle é realizado através de um perfil de sinal nos dois pinos do aquecedor através de um sinal senoidal, veja figura 53.

Figura 53 – Ativação por sinal senoidal



Fonte: Robert Bosch

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

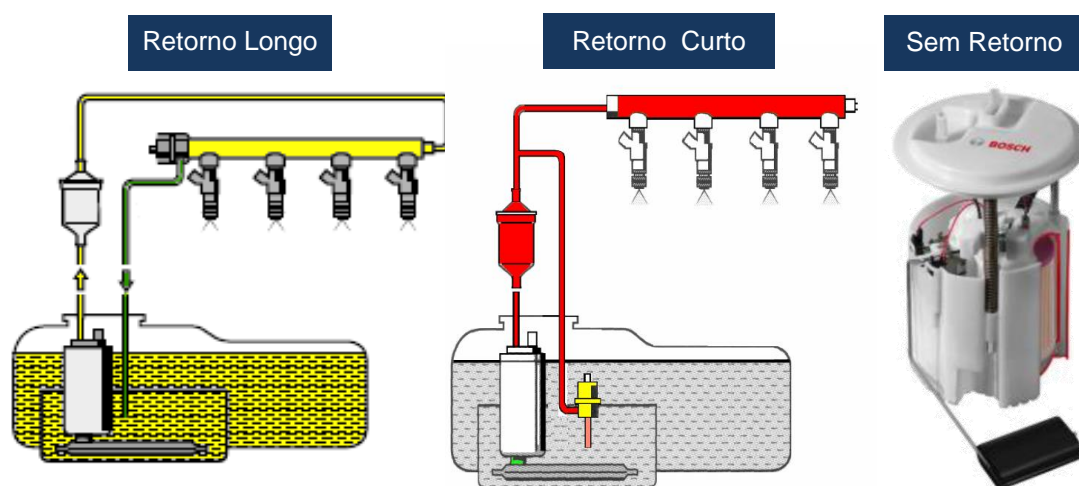
Sistema de alimentação de combustível

O sistema de alimentação de combustível tem a função de disponibilizar sempre a quantidade de combustível necessária ao motor sob todas as condições operacionais. Para tanto, uma bomba de acionamento elétrico fornece o combustível do tanque através de um filtro para a galeria de combustível, onde estão montados as válvulas injetoras eletromagnéticas. Essas o injetam em dosagem exata no coletor de admissão do motor. O combustível não consumido retorna ao tanque através de um regulador de pressão. Porém é cada vez mais comum a utilização de alimentação de combustível sem retorno.

Um regulador de pressão regula a pressão do sistema por variação do fluxo de combustível que retorna para o volume do tanque, com isto a pressão do circuito é ajustada para a pressão de trabalho dependendo do sistema (300KPa, 350KPa, 400KPa, 450KPa e etc.)

No sistema sem retorno o regulador de pressão é instalado nas imediações da bomba e isto elimina o tubo de retorno para o tanque, o que leva a uma redução de custo e da temperatura do combustível reduzindo as emissões de hidrocarbonetos.

Figura 54 – Sistema de retorno de combustível



Fonte: Robert Bosch

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

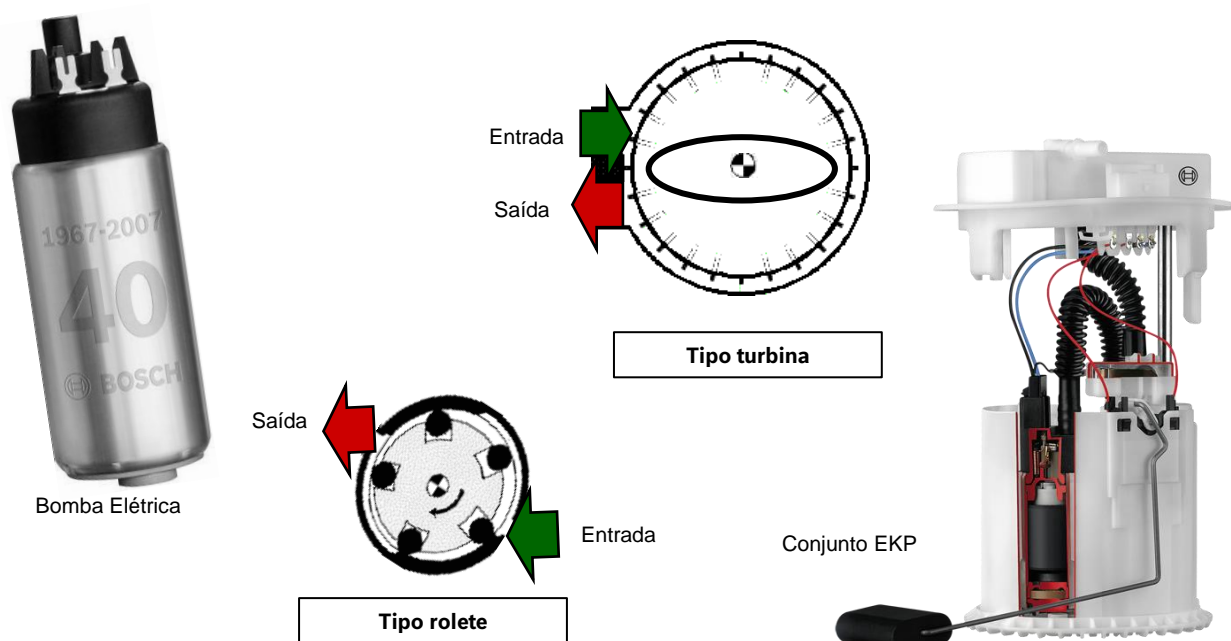
Sistema de alimentação de combustível

A função da bomba de combustível é garantir a vazão para que uma pressão de combustível ideal e constante, seja qual for o regime de carga do motor (Marcha-lenta, Parciais e Plena Carga) seja garantida para as válvulas injetoras.

A circuito da bomba deve garantir um período de pressão (estanqueidade), após o desligamento da chave.

No sistema deve ser analisado sua alimentação elétrica (V) e o consumo elétrico. Tais informações devem ser comparadas com a literatura técnica específica do veículo.

Figura 55 – Bombas de combustível



Fonte: Robert Bosch

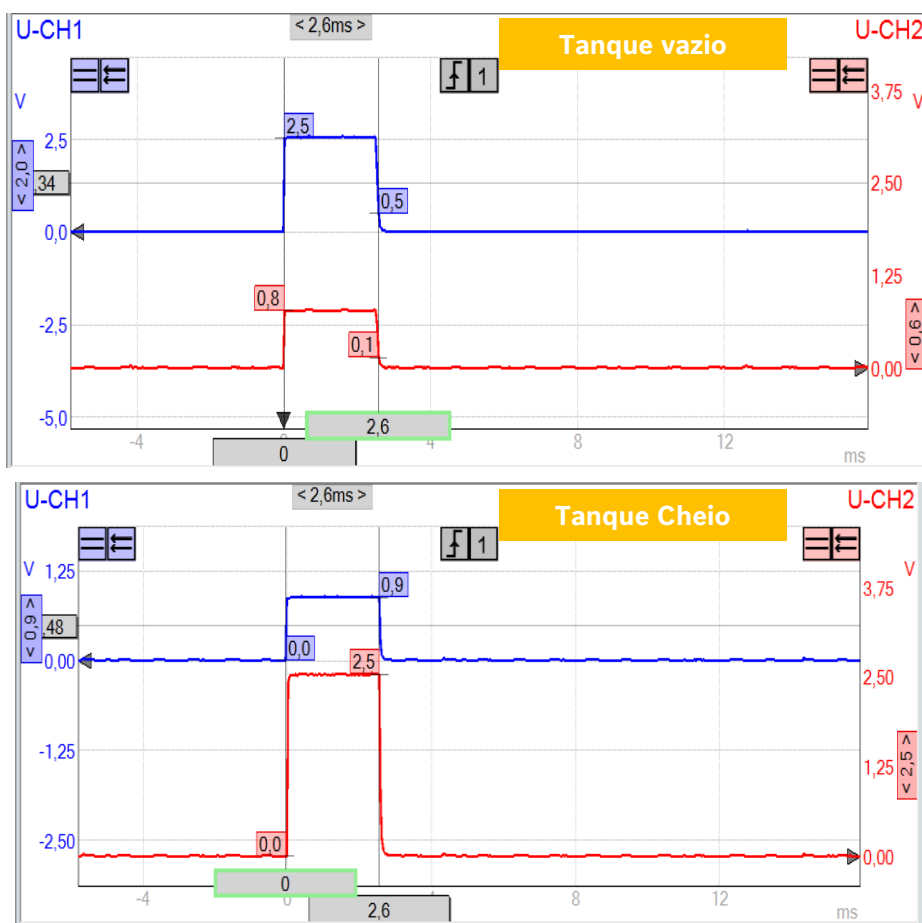
Através do uso de um osciloscópio analisando a curva de corrente elétrica é possível definir alguns parâmetros que indicam falhas no conjunto de escovas de um bomba de combustível. Para isso é necessário utilizar uma pinça Amperimétrica e, ajustar o canal do osciloscópio para uso do acoplamento em AC ou CA (corrente alternada). Utilizando este recurso é possível detectar falha mecânica no contato da escova e rotor da bomba além da definição da rotação da mesma.

O sensor de nível trabalha, segundo o princípio da variação de resistência, há uma pista (trilha) no qual desliza sobre ele um contato, que realiza a medição de resistência ao longo de seu circuito. Embora pareça um componente simples, atualmente é encontrado nesses sensores um sinal de onda quadrada digital que altera a sua amplitude mediante ao nível do tanque, ou seja, não cabe mais a medição de tensão analógica do sensor.

Este impulso elétrico é produzido pela unidade de carroceria (BSI) ou pelo próprio painel, e a amplitude do sinal é modificada mediante a variação da resistência do sensor (nível do tanque), veja figura 56.

O sinal do sensor de nível é um *start* para a abertura da janela de aprendizado para o reconhecimento de um novo combustível. Então nota-se uma função importante realizada, baseado também na informação do sensor de nível.

Figura 56 – Sinal do sensor de nível de combustível



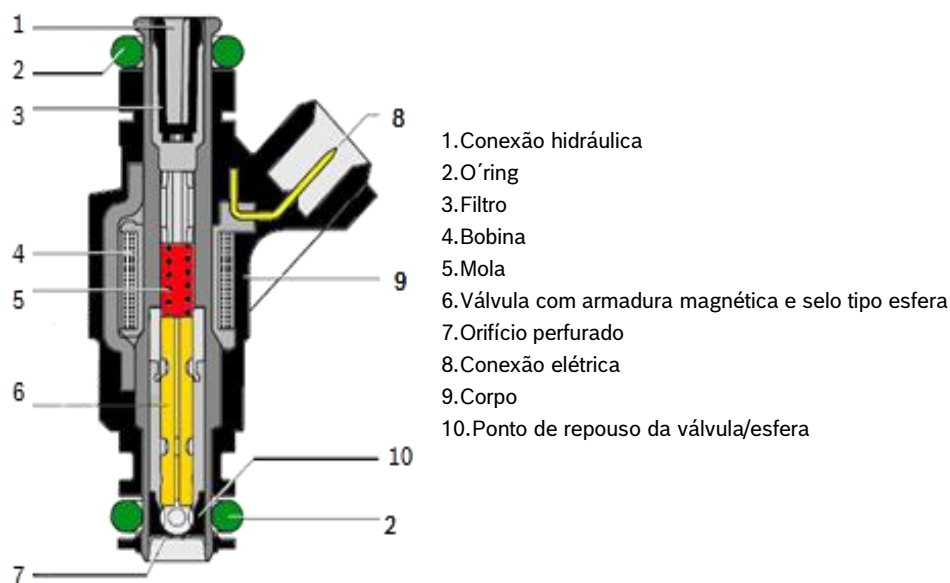
Fonte: Robert Bosch

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Sistema de alimentação de combustível – Válvula Injetora

Essencialmente, os componentes da formação da mistura têm que garantir uma preparação da mistura ar-combustível apropriada para um sistema. Além da dosagem precisa do volume de combustível injetado de acordo com o ar aspirado pelo motor, a injeção no tempo exato torna-se cada vez mais necessária. Por isso é atribuído uma válvula injetora eletromagnética a cada cilindro do motor. Ela injeta o combustível dosado e pulverizado no tempo determinado pela unidade de controle, esse tempo pode variar de acordo com o momento de abertura da válvula de admissão, carga do motor e rotação..

Figura 57 – Válvula injetora EV6 Bosch



Fonte: Robert Bosch

Caso a bobina da válvula de injetora esteja desenergizada, a mola e a força resultante da pressão de combustível pressionam a agulha sobre o seu assento, conseguindo a estanqueidade do componente, evitando assim algum tipo de gotejamento.

Este componente trabalha com o princípio de funcionamento baseado em eletromagnetismo, ou seja, um campo magnético controlável determina o movimento da haste da agulha (tipo esfera).

O formato do jato, o ângulo e o tamanho das gotículas influem sobre a formação da mistura ar-combustível.

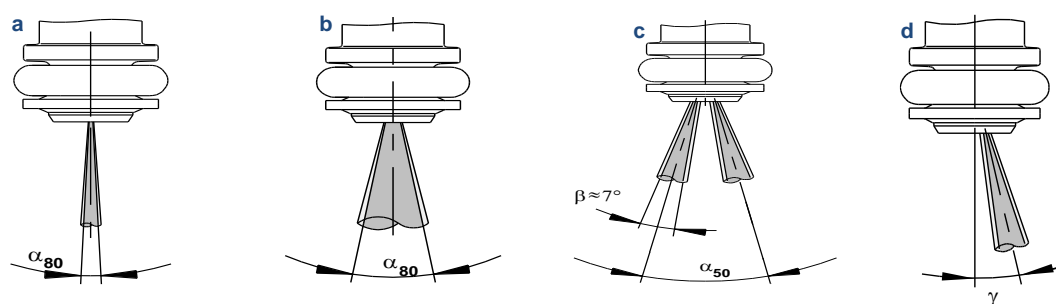
É importante garantir a aplicação correta do injetor de combustível, de acordo com a especificação técnica de cada modelo de veículo.

O injetor de injeção indireta é projetado com determinado número de orifícios e ângulos de injeção, isso se deve ao fato de que o combustível deve ser injetado na parte mais quente do motor (limitado a posição do injetor), geralmente se utiliza a injeção projetada na parte de trás da válvula de admissão.

Jato Cônico : Os diversos jatos de injeção saem através da abertura da placa de furos de injeção. A soma dos jatos de injeção formam um cone (EV6). Jatos cônicos também podem ser obtidos através de um pino na ponta da agulha da válvula injetora (EV1).

Jato Duplo : É utilizado para motores que possuem duas válvulas de admissão, sendo cada jato individualmente direcionado à cada válvula de admissão.

Figura 58 – Projeção da injeção de combustível



Fonte: Robert Bosch

Legenda da figura 58:

a- Jato em Linha, **b-** Jato Cônico, **c-** Jato Duplo, **d-** Ângulo Gama

α_{80} : 80% do combustível encontra-se dentro do ângulo α

α_{50} : 50% do combustível encontra-se dentro do ângulo α

β : 70% do combustível no jato individual encontra-se no ângulo β

γ : Ângulo de direção do jato

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Sistema de alimentação de combustível – Teste da válvula injetora

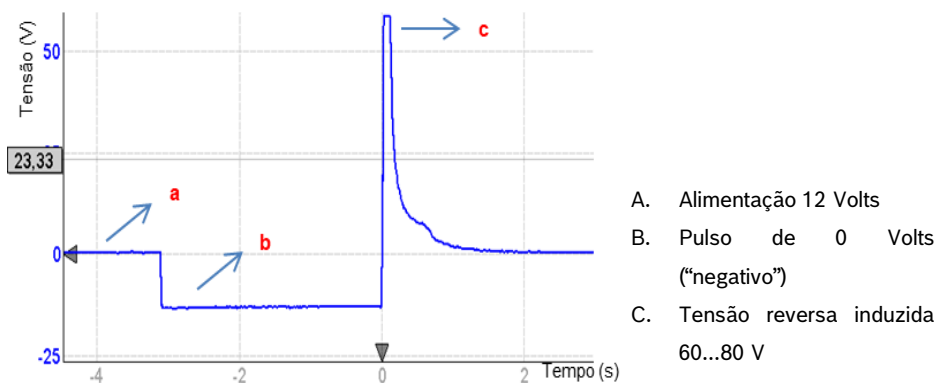
A ativação da válvula de injeção é feita através de um estágio de potência inserido dentro da unidade de comando. Um dos pinos de conexão do atuador geralmente é alimentação por uma tensão 12 Volts e, é constante com o motor em regime de trabalho. Essa alimentação ainda pode ser compartilhada com outros componentes, como válvula do Canister, sonda lambda e entre outros.

No momento exato da injeção do combustível, a unidade de comando do motor envia um pulso elétrico (step-down) próximo à linha de 0 (zero) Volts, enquanto que, na outra extremidade do enrolamento (outro pino de conexão), a tensão de 12 V é mantida constante. Desta forma, uma corrente elétrica circula pelo componente (bobina), formando um campo magnético, o qual proporciona o movimento da agulha e, liberando a passagem de combustível.

Após a unidade de comando suprimir o pulso negativo da válvula injetora, a agulha através da força resultante da mola e da pressão de combustível retorna ao seu ponto de repouso (fechamento).

Ao desativar o atuador, a corrente elétrica é interrompida abruptamente e o efeito do campo magnético é reduzido rapidamente, ocorre neste instante transitório um pico elevado de tensão reversa, como pode ser visto na figura 58.

Figura 59 – Sinal de ativação do injetor de combustível



Fonte: Robert Bosch

A tensão reversa apresenta valores diferentes de acordo com a aplicação dos injetores, ou seja, a resistência do enrolamento da válvula injetora (exemplo: 12...17 ohms) determinará o pico da tensão, devido a indutância.

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

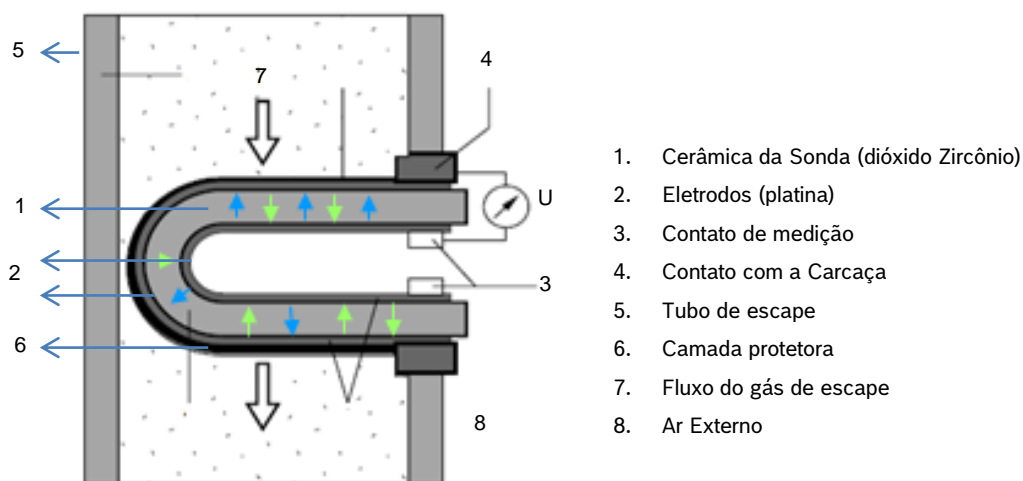
Sistema de regulagem da mistura – Sonda Lambda planar convencional

A sonda Lambda mede apenas a concentração de oxigênio no gás de escape e compara com uma concentração de oxigênio conhecida.

Este sensor de oxigênio é composto por um material cerâmico chamado de Dióxido de Zircônio, revestido por material poroso de platina (Nernst) e, trata-se de um gerador de sinal. Sua operação baseia-se na alteração das propriedades da cerâmica a alta temperatura, de acordo com o coeficiente de ar Lambda (λ).

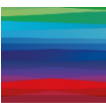
Conhecida como “ Sonda de dois pontos”, a sonda Lambda indica se o gás de escape apresenta mistura rica ($\lambda < 1$) ou pobre ($\lambda > 1$). A curva característica de tensão (0 à 1V) permite a regulagem da mistura para $\lambda = 1$, sendo aproximadamente 500 mV a mistura estequiométrica, acima de 500 mV mistura rica e abaixo de 500 mV mistura pobre.

Figura 60 – Sonda lambda Planar



Fonte: Robert Bosch

O lado externo dos eletrodos da sonda lambda (2) adentra o fluxo de gás de escape, o lado interno dos eletrodos fica em contato com o ar de referência (8). Basicamente a sonda consiste de um corpo de cerâmica especial, cuja superfície é provida de eletrodos de platina permeáveis ao gás. O princípio de funcionamento da sonda, baseia-se na porosidade do material cerâmico, permitindo a difusão do oxigênio do ar e em altas temperaturas a cerâmica torna-se condutora.

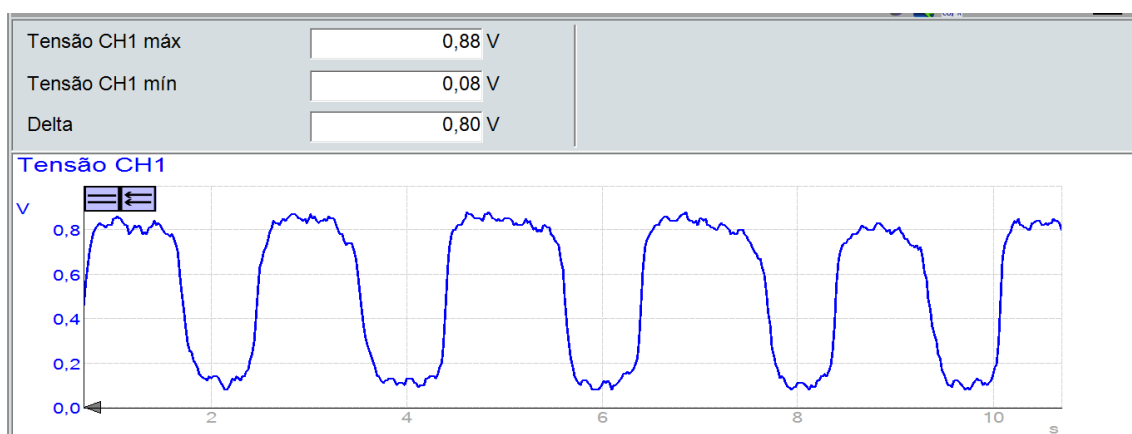


Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Sistema de regulagem da mistura – Sonda Lambda planar convencional

Havendo uma variação no teor de oxigênio entre os dois lados do eletrodo, estabelece-se uma tensão elétrica. A medida que há maior concentração de oxigênio dentro do(s) tubo(s) de escape a tensão gerada pelo elemento na célula Nernst é menor e o fator lambda λ maior que 1 e vice-versa. Caso a sonda não entre em funcionamento o valor atribuído poderá ser 450 ..500 mV ou outra tensão qualquer mantido pelo unidade do motor como referência.

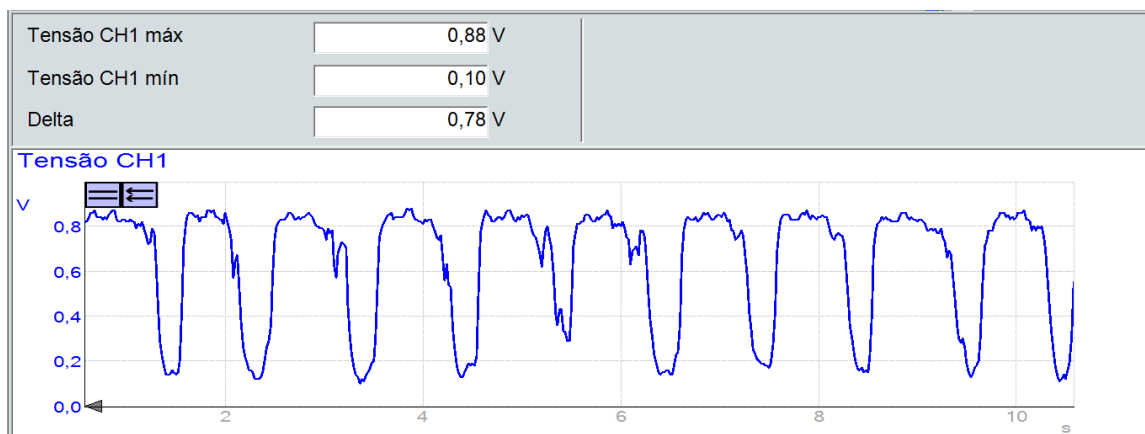
Figura 61 – Sinal da sonda lambda planar em marcha-lenta



Fonte: Robert Bosch

A medida que o motor é acelerado e mantido em rotação alta constante, maiores ciclos de impulso de oxigênio acontecem no tubo de escape. A sonda ao receber estes ciclos de fluxos com maior frequência, deve produzir o sinal com mais ciclos de correções (pobre e rico).

Figura 62 – Sinal da sonda lambda planar em rotação



Fonte: Robert Bosch



Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Sistema de regulagem da mistura – Sonda Lambda planar convencional

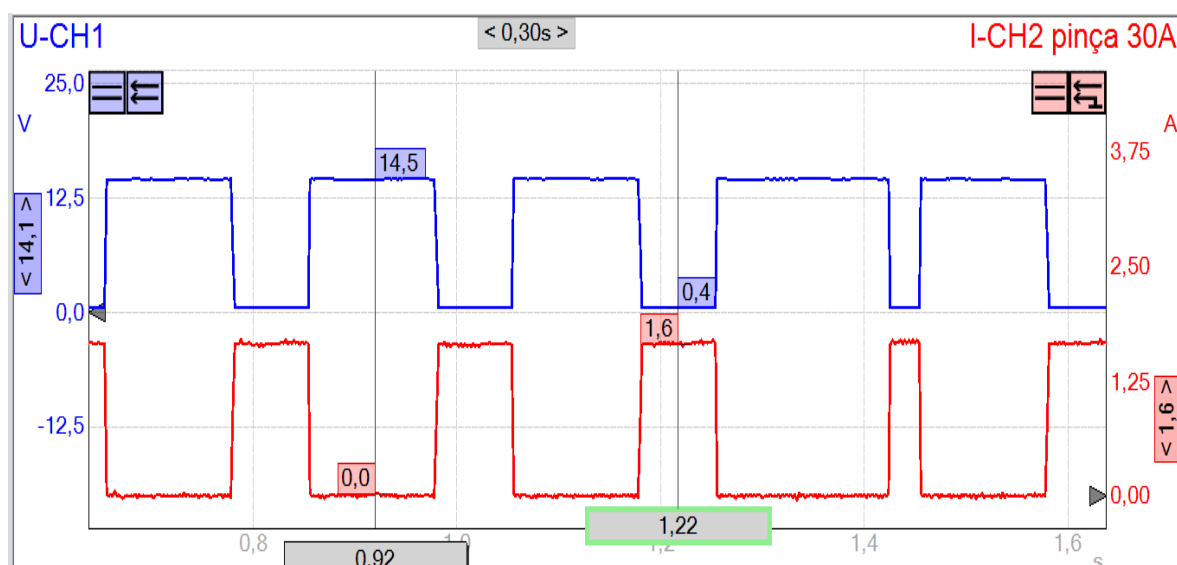
O elemento cerâmico da sonda aumenta a capacidade de porosidade e condução de íons após aquecido. Desta forma, o aquecimento da sonda reduz o tempo de ativação para o início da regulagem lambda, após a partida no motor, garantindo também o funcionamento da regulagem mesmo com o gás de escape mais frio (p. ex. na marcha-lenta).

A cerâmica ativa da sonda é aquecida de dentro para fora por um elemento aquecedor cerâmico no centro da sonda, de modo que, mesmo com a temperatura do gás de escape ainda baixa, a temperatura da cerâmica da sonda é suficientemente alta para a sua função.

Através de uma alimentação controlada é feito o aquecimento da resistência PTC (Coeficiente Positivo de Temperatura), através do pulso de largura modulado (PWM).

Deve ser analisado na sonda Lambda o valor de resistência do circuito de aquecimento de acordo com o veículo e aplicação.

Figura 63 – Sinal de ativação do aquecedor da sonda



Fonte: Robert Bosch

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

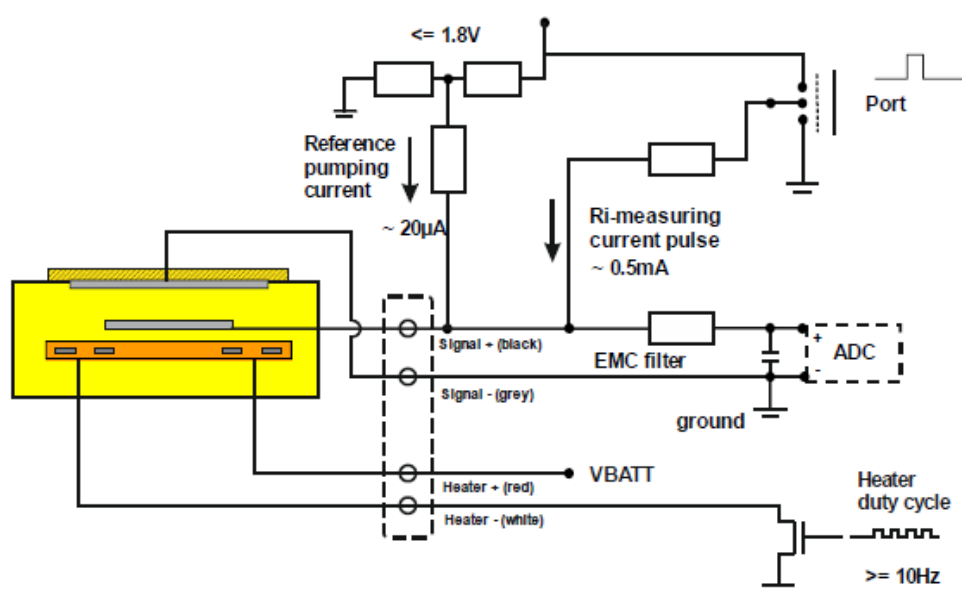
Sistema de regulagem de mistura – Sonda Lambda XFour

No geral, algumas coisas mudaram em relação a sonda planar e a sonda Xfour, umas das grandes mudanças é em relação a uma célula de referência de ar fixo dentro da sonda e a utilização de uma célula de bombeamento de íons de oxigênio.

O sinal de tensão da sonda com ignição ligada e, no início da fase fria do motor é maior (ex.; 1,2 ... 2V), diferente das sonda convencionais. Porém após o aquecimento da sonda e motor, as tensões avaliadas são iguais as sondas tradicionais (100 mV ... 980 mV).

O bombeamento de íons de oxigênio exigem um circuito de controle diferente e específico para esses modelos de sonda. Por isso essa sonda passou a ter uma análise e controle constante, utilizando-se de impulsos elétricos gerados pela unidade de controle, a sonda é otimizada em relação a processo de medição de teor de oxigênio (maior sensibilidade) e também constantemente monitorada (operacionalidade).

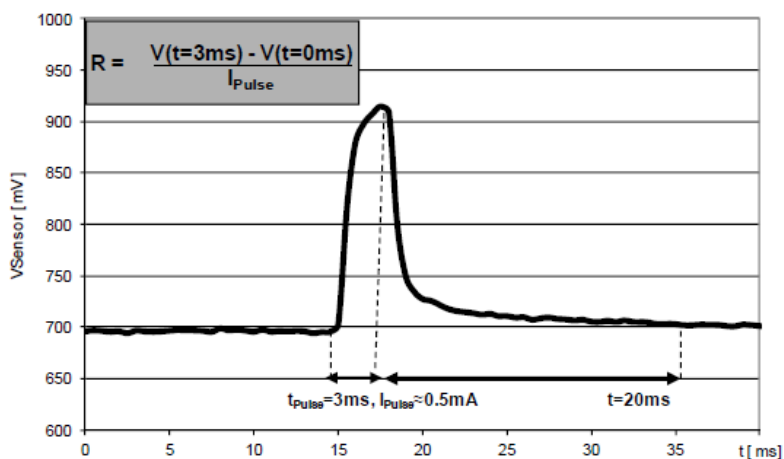
Figura 64 – Circuito de controle e monitoramento da sonda LSFx



Fonte: Robert Bosch

A sonda deve ter uma temperatura estabilizada da célula Nernst e, a temperatura é determinada pela medição do valor de resistência interna da célula Nernst (Resistência 220 Ohms equivalente à 780°C). Esta medição da resistência interna feita pela unidade de comando, através de um pulso de corrente (pulso de corrente = 0.5...0.6mA; pulso = 3ms, período 500ms).

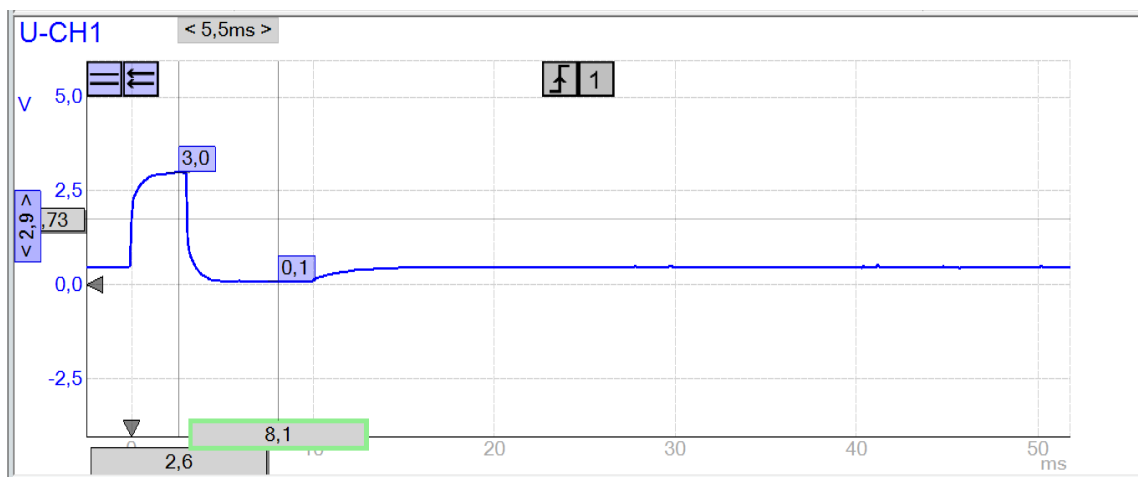
Figura 65 – Medição da resistência interna / corrente elétrica



Fonte: Robert Bosch

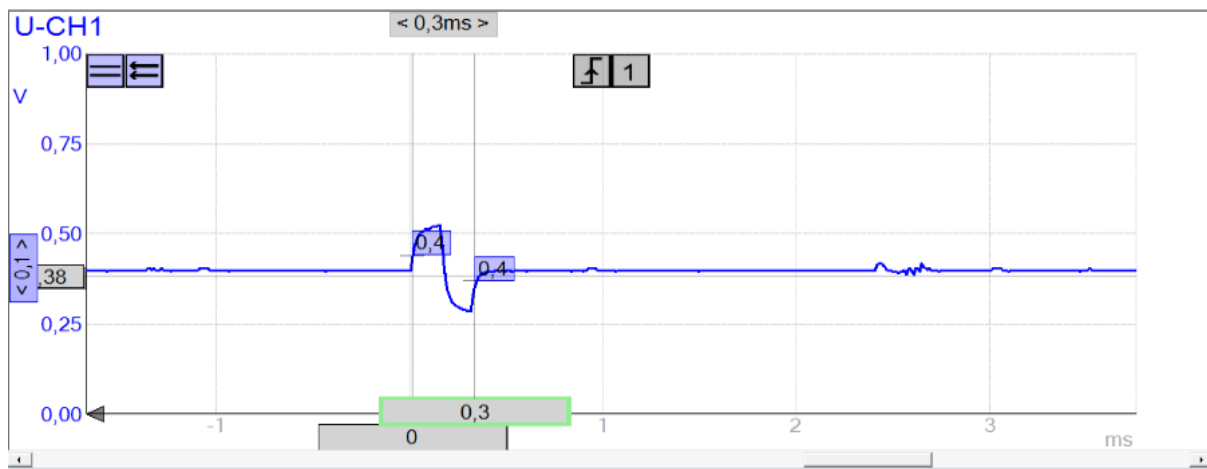
Os impulsos elétricos providenciados pela unidade de controle podem ser captados através do uso do osciloscópio e ajustes dos eixos X e Y. Note na figura 65 a amplitude do impulso elétrico com a sonda em fase fria e na figura 66 após a sonda aquecida e operacional.

Figura 66 – Impulso elétrico sonda Xfour em fase fria



Fonte: Robert Bosch

Figura 67 – Impulso elétrico sonda Xfour em operação

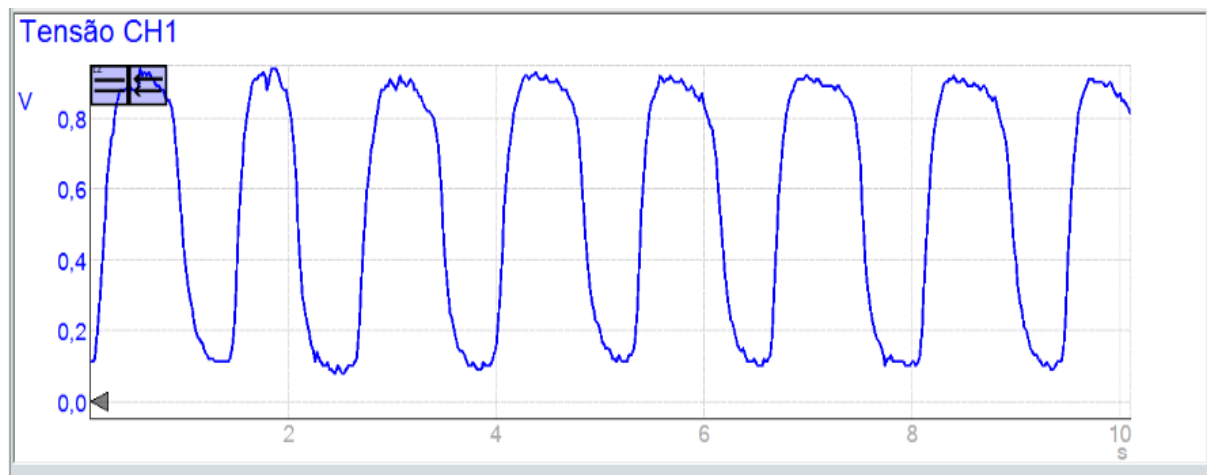


Fonte: Robert Bosch

Observe na figura 67 o ciclo completo, da fase de aquecimento até o estado de opção normal da sonda. Veja que, a tensão é alta no início da fase de controle (figura 65) e posteriormente a tensão é reduzida e entra na faixa operacional entre 0 V até 1 V (figura 66).

Nesta etapa a avaliação é feita de forma normal, igual aos valores da sonda convencional.

Figura 68 – Sinal da sonda Xfour em marcha-lenta



Fonte: Robert Bosch

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

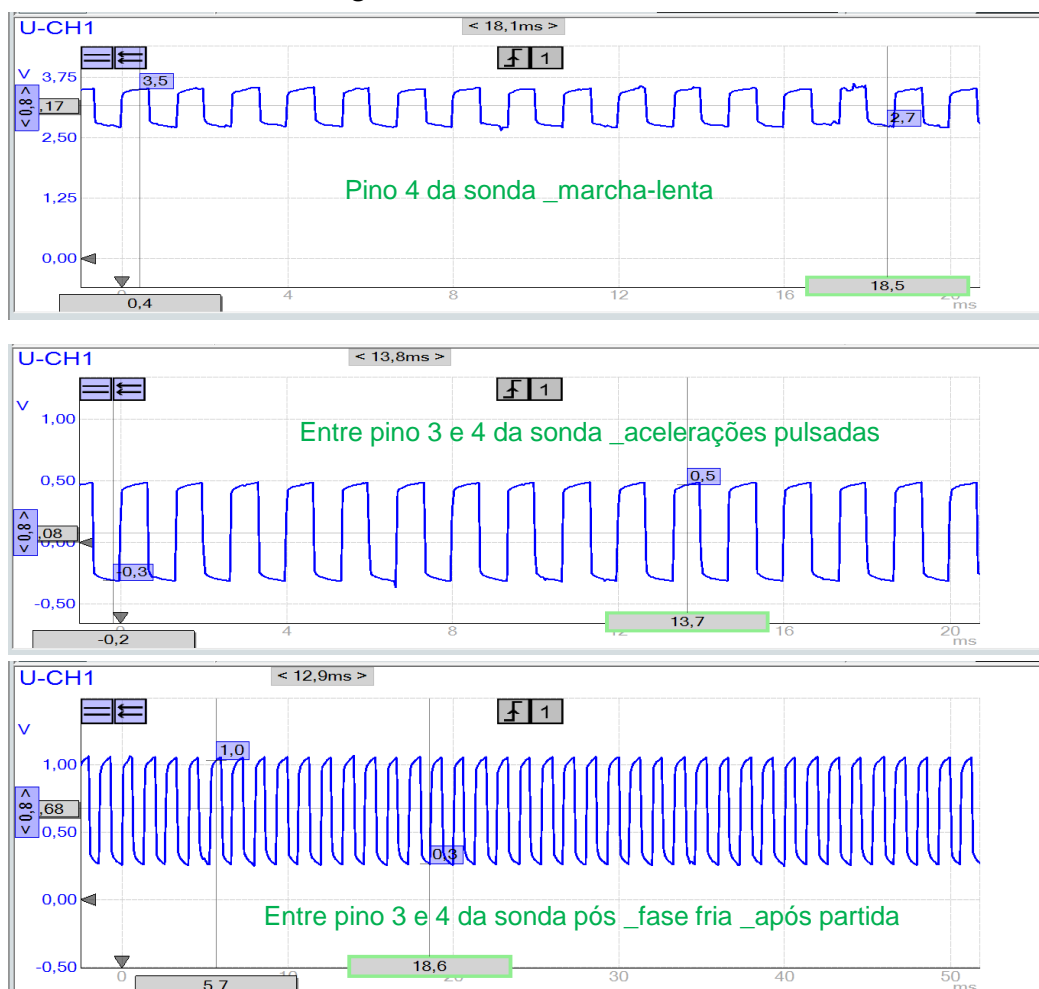
Sistema de regulagem de mistura – Sonda Lambda de dióxido de titânio

O sensor de oxigênio baseado na construção do material de dióxido de titânio é um sensor que altera sua resistência interna mediante a concentração do oxigênio. Sendo assim, o componente não gera uma tensão elétrica senoidal, mas pelo contrário, altera sua resistência rapidamente conforme a concentração de oxigênio na exaustão.

A resistência do elemento interno altera da escala de kOhm até MOhm, a partir de lambda igual a 1, como resultado disso a tensão aplicada pela unidade de controle do motor se altera na faixa de 3,8 V (rica = λ 0,9) até valores de tensão menores que 0,4 V (pobre = λ 1,1).

O sinal de saída tem características de onda quadrada, e o ciclo altera o nível de tensão rapidamente conforme a correção da mistura.

Figura 69 – Sinal da sonda TiO₂



Fonte: Robert Bosch

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Sistema de pós tratamento dos gases – Catalisador & Sonda Lambda

O catalisador tem a função de converter os componentes poluentes como:

HC (Hidrocarboneto), CO (Monóxido de Carbono) e NOx (Óxidos de Nitrogênio) em componentes não nocivos como H₂O (Vapor de Água), CO₂(Dióxido de Carbono) e N₂ (Nitrogênio),

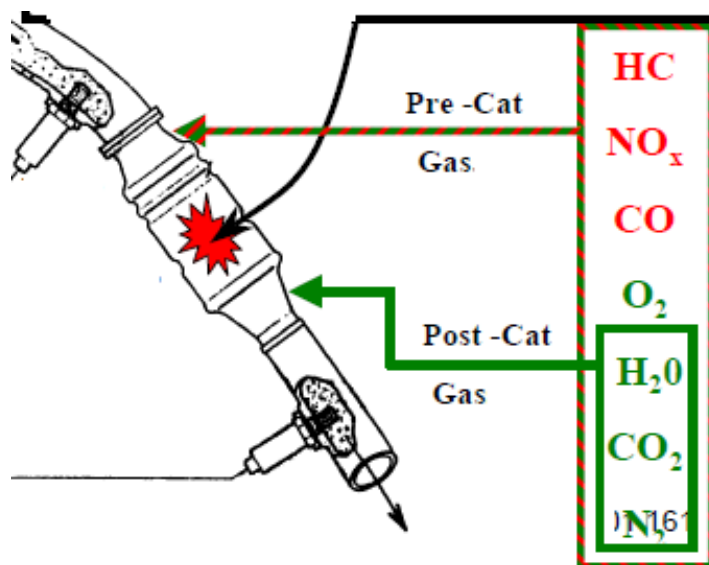
O catalisador é composto de uma carcaça metálica, o substrato e a camada catalítica ativa de metal nobre. Como substrato utilizam-se normalmente monólitos cerâmicos e o substrato contém metais nobres como Platina, paládio e ródio.

Platina e Paládio aceleram a oxidação de HC e CO. Ródio acelera a redução de NOx. O oxigênio necessário para oxidação está presente no próprio gás de escape residual ou é retirado do NOx.

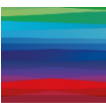
Para garantir um bom funcionamento do catalisador é necessário que os componentes HC, CO e NOx estejam em equilíbrio e isso deve ser garantido pelos componente que realizam o ajuste e a formação da mistura.

Os catalisadores só atingem uma conversão significativa a partir de uma determinada temperatura de funcionamento. No catalisador de três vias ela é de 300°C, sendo a faixa ideal de trabalho de 400...800°C.

Figura 70 – Conversão e oxidação dos gases



Fonte: Robert Bosch



Diagnóstico de Injeção Eletrônica

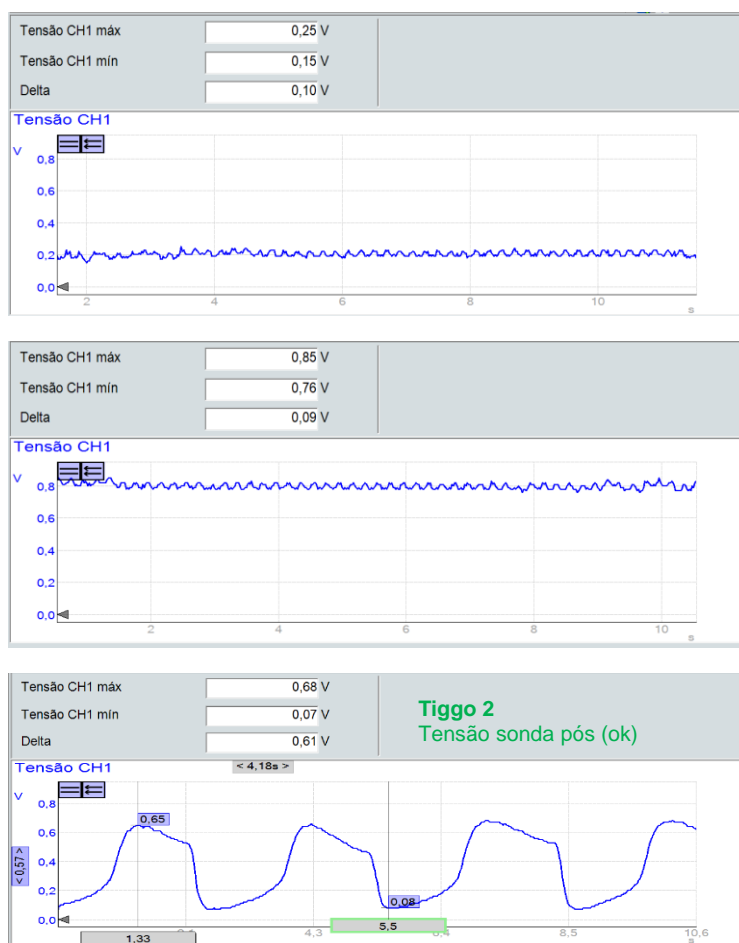
Sistema de pós tratamento dos gases – Catalisador & Sonda Lambda

Como mencionado anteriormente o catalisador tem a função de converter os componentes poluentes, e é necessário que o componente seja monitorado, quanto a capacidade de oxidação e conversão.

A sonda pós catalisador tem a função de monitoramento catalítico, ao realizar as funções estabelecidos, após o processo químico do catalisador menor será o teor de oxigênio livre monitorado pela sonda lambda. Sendo assim, o nível de amplitude de oscilação não deverá ser igual ao da sonda pré catalisador.

A tensão da sonda pós, poderá estar com uma tensão estável acima de 500 mV ou abaixo de 500 mV e até mesmo em alguns casos com leve oscilação (desigual a sonda pré), caso contrário será indicação de falha catalítica ou da própria sonda.

Figura 71 –Sinal da sonda pós em marcha-lenta



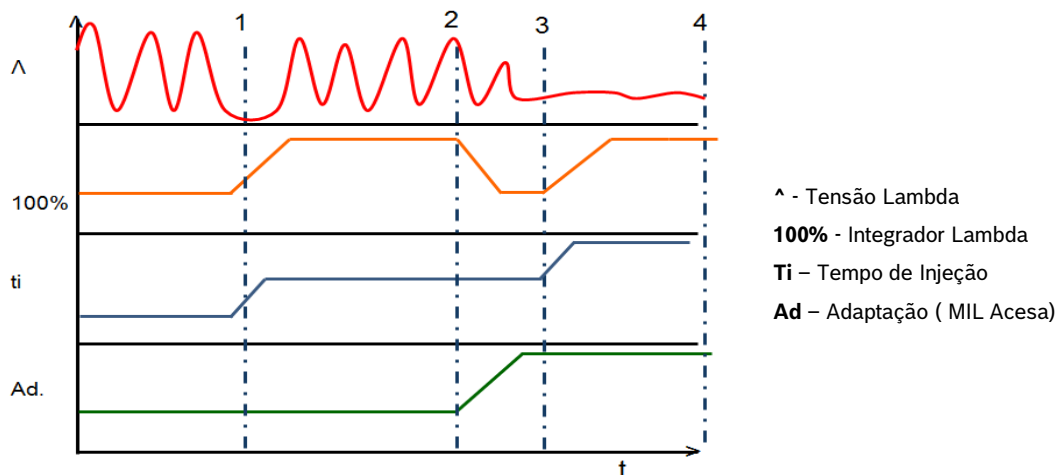
Fonte: Robert Bosch

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Sistema de correção da mistura – Adaptação lambda

O integrador Lambda trabalha como um incrementador, assim o fator de desvio do integrador geralmente em porcentagem é aplicado ao valor de correção do tempo de injeção, como mostra a figura abaixo:

Figura 72 – Correção / integrador lambda



Fonte: Robert Bosch

1. Entrada falsa de ar, o integrador executa um enriquecimento, tempo de injeção aumenta;
2. A adaptação produz o enriquecimento;
3. Uma entrada extra de ar, mistura muito pobre, limite de adaptação alcançada. Integrador está no limite da correção;
4. Lâmpada MIL acesa.

Uma possível análise a ser realizada no veículo é em relação aos ajuste de curto e longo prazo, para a detecção e diagnóstico de um problema crônico, a razão do combustível escolhido pela central (A/F) também é definido nesses parâmetros.

O ajuste de longo prazo (Mistura multiplicativa)

O termo LTFT (Long Term Fuel Trim), memoriza os parâmetros para futuras aplicações, levando em consideração o tempo de injeção tendendo a ser maior ou menor em relação ao tipo de combustível (Etanol e Gasolina) por um longo período, como fatores de desgaste natural do motor, tolerâncias de fabricação mecânico e elétricos.

O ajuste Curto (Mistura aditiva)

O termo STFT (Short Term Fuel Trim), é o ajuste que está sendo realizado de acordo com a leitura em tempo real da sonda lambda, p. ex., troca de combustível.

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Sistema de pós tratamento de gases – Válvula EGR

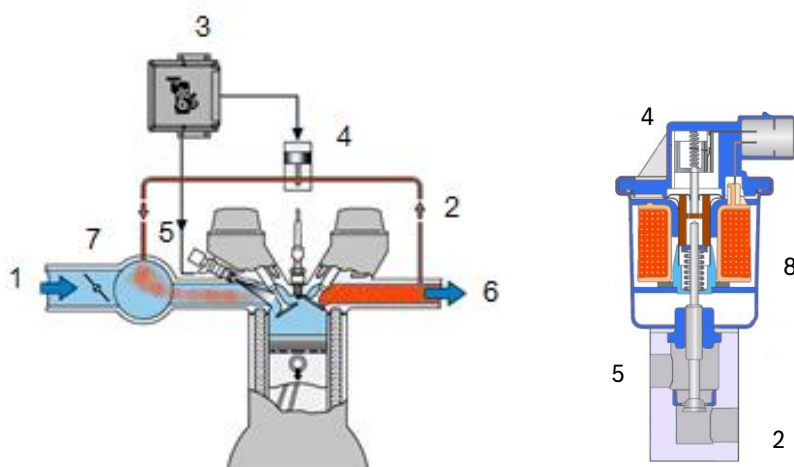
Com a recirculação do gás de escape (EGR) é possível reduzir emissões de óxidos de nitrogênio.

Na abertura da válvula de recirculação do gás de escape, uma parte do gás flui para o coletor de admissão, essa massa de gás residual que flui adicionalmente para o coletor de admissão e, portanto para o cilindro, influi inicialmente sobre a pressão no coletor e na pressão interna da câmara de combustão.

A redução da pressão interna na câmara de combustão resulta na redução da temperatura interna da câmara e, esse é o fator que proporciona a redução de Nox.

As válvulas EGR costumam ser acionadas por válvulas eletro pneumáticas, através do vácuo. Atualmente há atribuições de válvulas EGR's, como sensor de posição integrado e acionamento puramente elétrico.

Figura 73 – Recirculação dos gases de exaustão



1. Entrada de Ar (atmosférico)
2. Recirculação de gases de exaustão
3. Unidade de controle do motor
4. Válvula EGR
5. Entrada dos gases de escape
6. Escape
7. Borboleta do acelerador
8. Eletro válvula EGR

Fonte: Robert Bosch

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Sistema de Pós Tratamento de Gases – Bomba de Ar Secundário

A bomba de ar secundário aspira ar ambiente e o injeta dentro do coletor de escape, após as válvulas de escape.

A aspiração do ar ocorre do compartimento do motor, significa que existe um filtro de ar próprio integrado e as válvulas de ar secundário são montadas entre a bomba de ar secundário e o coletor de escape.

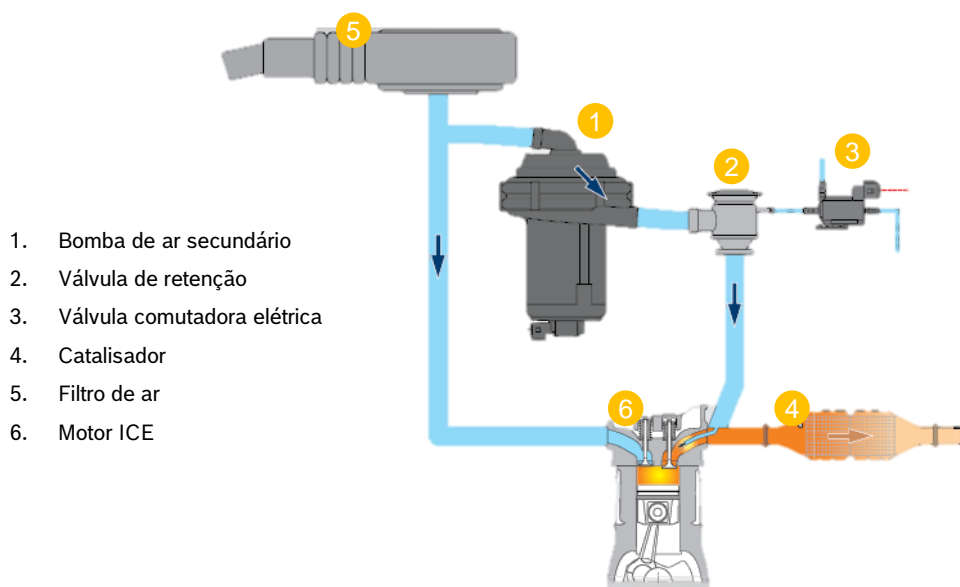
Uma válvula de retenção de ar secundário evita que nos gases de escape, a água de condensação ou os picos de pressão no sistema de gases de escape (por exemplo: falhas de ignição), causem danos na bomba de ar secundário.

A válvula de corte do ar secundário, assegura que o ar secundário só entre no coletor de escape na fase de partida à frio e geralmente são acionadas por meio de vácuo, que é controlado por uma válvula de comutação elétrica ou que abrem pela pressão da bomba de ar secundário.

As funções de corte e de retenção podem ser encontradas numa única “válvula de retenção e que pode ser desligada”.

Existem também as válvulas de ar secundário elétricas que dispõem de tempos de abertura e de fechamento mais curtos do que as válvulas de acionamento pneumático e, podem ser equipadas com um sensor de pressão para a monitoramento.

Figura 74 – Sistema de insuflação de ar secundário



Fonte: Robert Bosch

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Sistema de retenção da evaporação do combustível – Válvula do canister

O combustível aquecido no tanque gera a produção de gases HC (hidrocarboneto) que são reutilizados pelo motor.

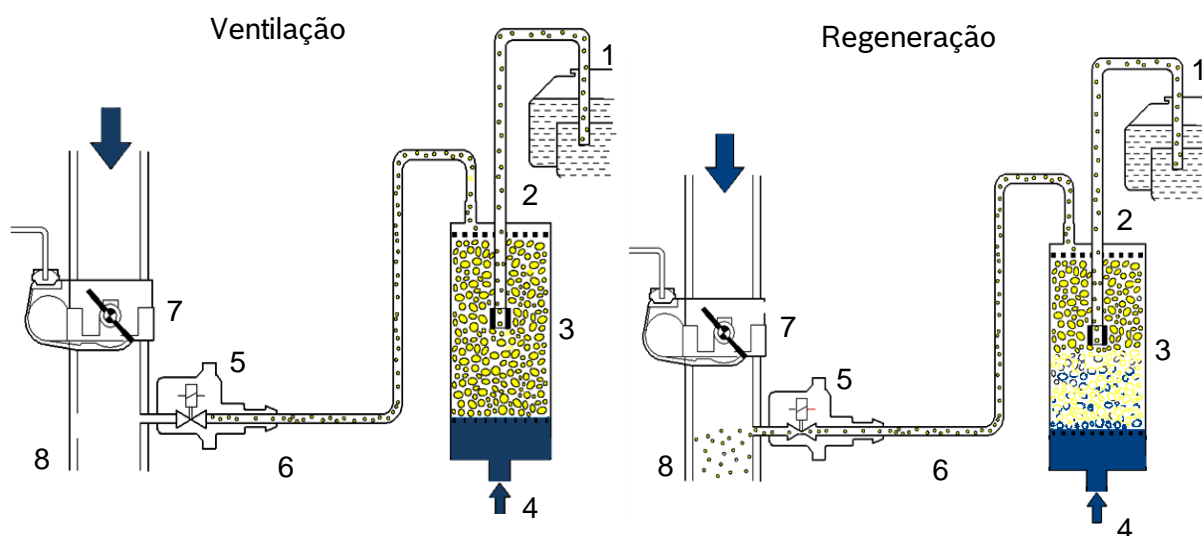
O sistema é equipado com um recipiente de carvão ativado, onde se conecta um tubo vindo da ventilação do tanque de combustível. O carvão ativado retém o vapor de combustível e apenas o ar é direcionado para o ambiente externo.

Para que o carvão seja regenerado outra mangueira conectada ao coletor de admissão forma-se o vácuo, que faz com que o ar ambiente flua para o coletor de admissão levando consigo o vapor de combustível (HC).

A válvula do canister regula esse fluxo de regeneração e em alguns casos é possível a utilização de um sensor no tanque para monitoramento da pressão.

O fluxo de regeneração não é conhecido pela unidade de comando, portanto um ar totalmente limpo, assim como um vapor totalmente enriquecido podem ser aspirado pelo motor. Quando o fluxo é pobre essa regeneração corresponde a 1% ao contrário, uma mistura rica corresponde a 30%.

Figura 75 – Sistema de recirculação do gás HC



Fonte: Robert Bosch

- 1- Tanque combustível
- 2- Linha de purga
- 3- Filtro carvão ativado
- 4- Ar atmosférico

- 5- Válvula regenerativa do canister
- 6- Linha para coletor admissão
- 7- Borboleta acelerador
- 8- Coletor admissão

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

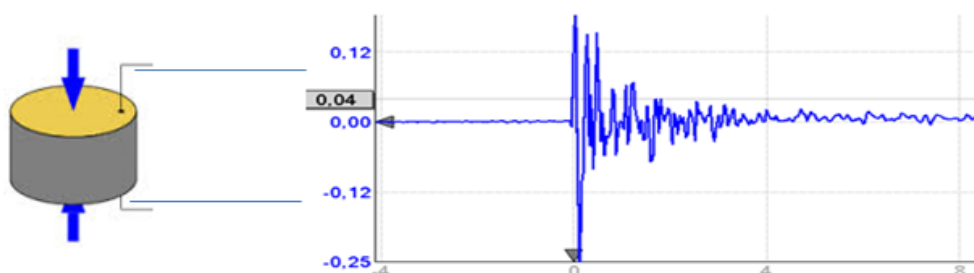
Sistema de controle detonantes – Sensor de detonação

Nos motores ciclo Otto, em determinadas circunstâncias podem ocorrer processos de queimas anormais, que limitam o ponto de ignição mais adiantado e com isto o aumento de potência e o grau de eficiência.

A detonação é uma queima espontânea que ainda não foi atingida pela frente de chama principal. Essas chamas espontâneas podem atingir velocidades de até 2000m/s, enquanto a combustão normal atinge 30 m/s, nesse instante ocorre uma elevada pressão na câmara de combustão e um excesso de temperatura.

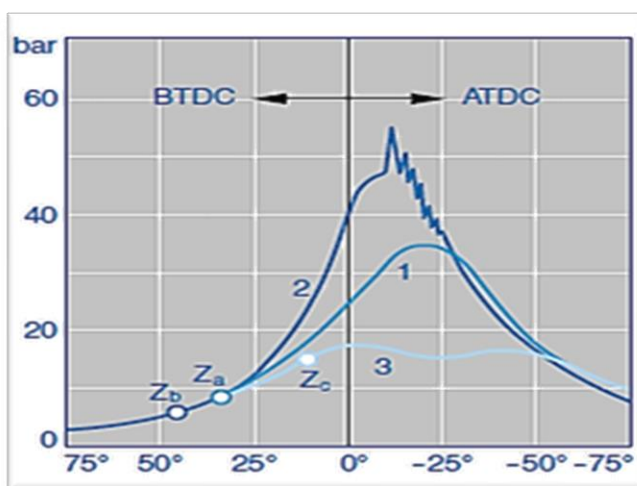
Para a detecção de detonações que são prejudiciais ao motor, é utilizado um sensor de detonação que realiza a detecção de vibrações através da parede do bloco do motor, esse sensor é composto por um elemento piezo elétrico, que é capaz de gerar uma tensão de acordo com níveis de vibrações, pressões e deformações.

Figura 76 – Sinal do sensor de detonação



Fonte: Robert Bosch

Figura 77 – Correção do avanço de ignição contra detonação



1. Ignição em tempo correto Z_a
2. Ignição avançada Z_b (detonação)
3. Ignição atrasada Z_c

Fonte: Robert Bosch

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

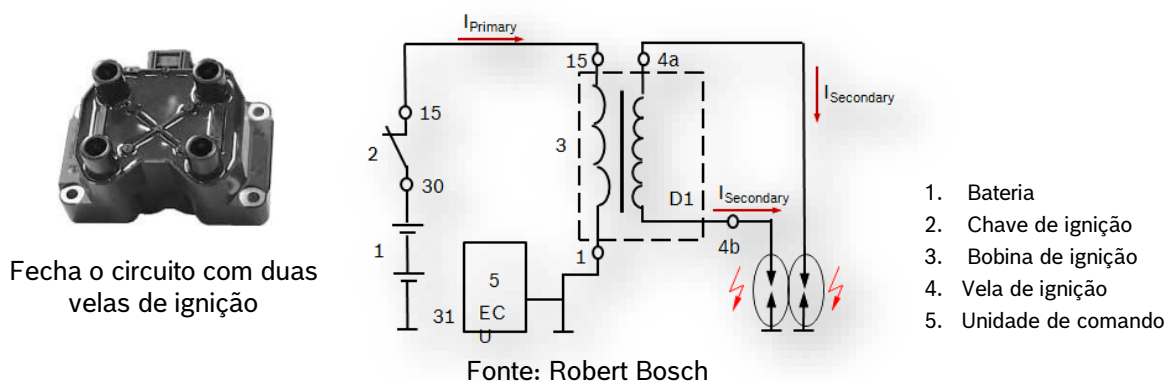
Sistema de ignição – Bobinas de Ignição

O sistema de ignição é composto por uma bobina com um enrolamento primário e secundário, um estágio de potência da ignição para o comando de corrente através do enrolamento primário (**integrado a unidade de comando do motor ou na própria bobina**) e uma vela de ignição ligado na extremidade do enrolamento da bobina.

O estágio de potência aciona o primário da bobina de ignição, antes do ponto de ignição desejado, através de um sinal de borda positiva ou negativa.

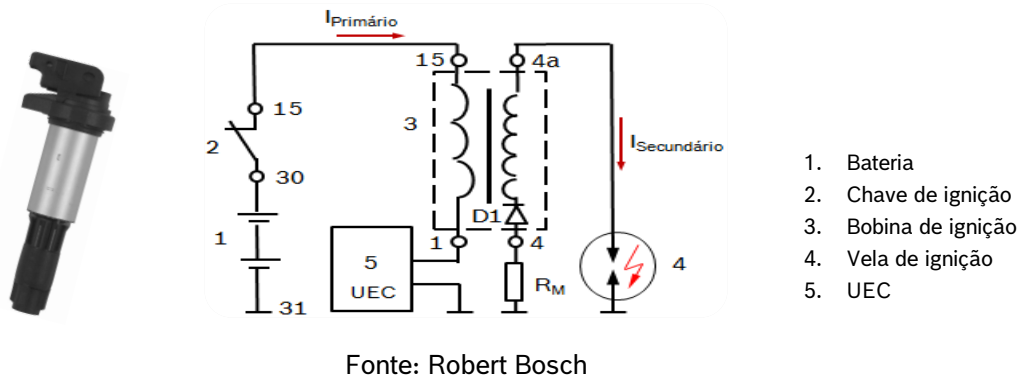
Quando o enrolamento primário é alimentado, uma corrente elétrica circula através das espiras e um campo magnético é criado. No momento exato da ignição, a corrente é interrompida e a energia do campo magnético é descarregada por indução (tensão reversa) no enrolamento secundário (salta da centelha), mas também retorno no enrolamento primário.

Figura 78 – Sistema de ignição com bobina dupla



Nas bobinas individuais uma extremidade do enrolamento secundário é conectada à massa e no mesmo circuito, nota-se o uso de um diodo supressor.

Figura 79 – Sistema de ignição com bobina simples





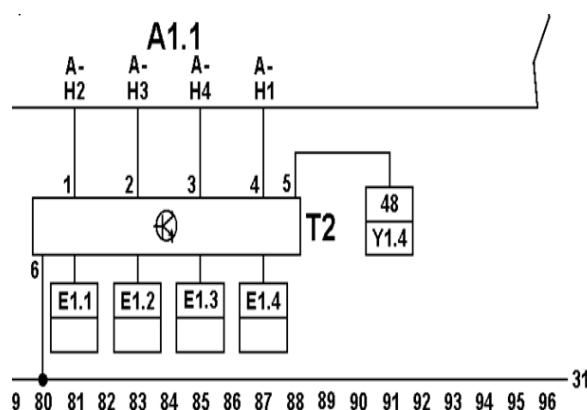
Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Sistema de Ignição – Estágio de potência

O estágio de potência é nada menos, que um transistor de potência (limita a tensão e corrente do primário) acoplado na unidade de comando do motor ou na própria bobina de ignição.

As diferenças são: com o transistor na bobina, a tensão de indução, que ocorre no próprio enrolamento primário não retorna a unidade de comando do motor, já no caso da utilização do estágio de potência na unidade de comando essa tensão retorna até o elemento interno da unidade.

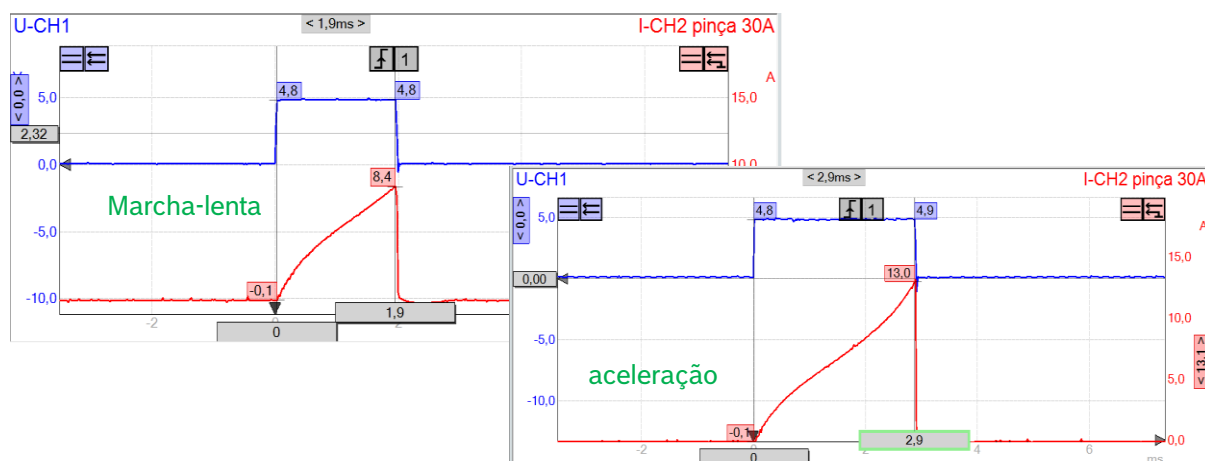
Figura 80 – Diagrama elétrico da bobina com estágio de potência



Fonte: Robert Bosch ESI{tronic]

Para este tipo de bobina o sinal de ativação/controle é considerado de baixa potência, pois o sinal é enviado da ECU do motor para a base do transistor. A parte alta do sinal (aprox.; 5V) é o momento de carga da bobina (ângulo de permanência) é um dos fatores que podem definir a tensão secundária de disparo.

Figura 81 – Sinal de controle da bobina com estágio de potência



Fonte: Robert Bosch



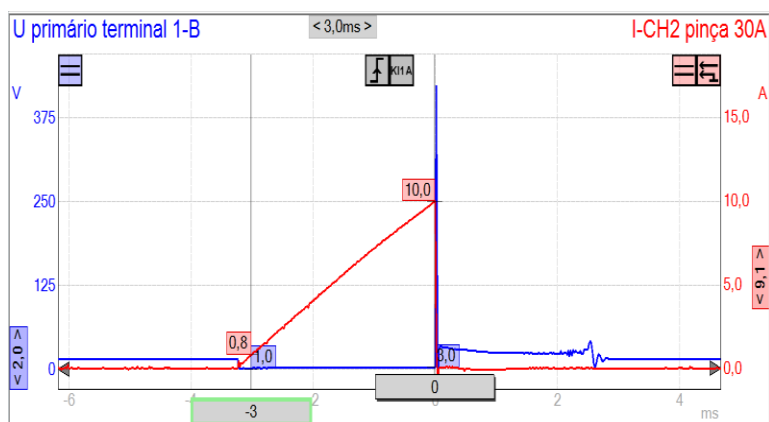
Diagnóstico de Injeção Eletrônica

Sistema de Ignição – Estágio de potência

Para a bobina cujo o estágio de potência está integrado na unidade de controle do motor o sinal de ativação da bobina é considerado de alta potência, fisicamente na conexão da bobina nota-se uma bitola de fio maior.

A parte baixa do sinal (aprox.; 0V) é o momento de carga da bobina (ângulo de permanência) é um dos fatores que podem definir a tensão secundária de disparo. O pico mais alto da tensão é devido ao desligamento do circuito primário e consequentemente a indução da tensão reversa devido ao campo magnético.

Figura 82 – Sinal de ativação da bobina sem estágio de potência

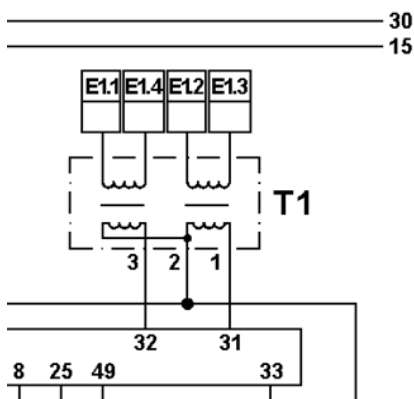


Fonte: Robert Bosch

Para este tipo de bobina o diagrama elétrico não possui o símbolo de circuito ou sistema com transistor, veja figura 83.

Neste caso, deve se atentar ao uso correto de cabos adaptadores para medir o sistema de ignição de forma correta e com segurança ao equipamento.

Figura 83 – Diagrama elétrico da bobina sem estágio de potência



Fonte: Robert Bosch ESI{tronic]

Diagnóstico de Injeção Eletrônica

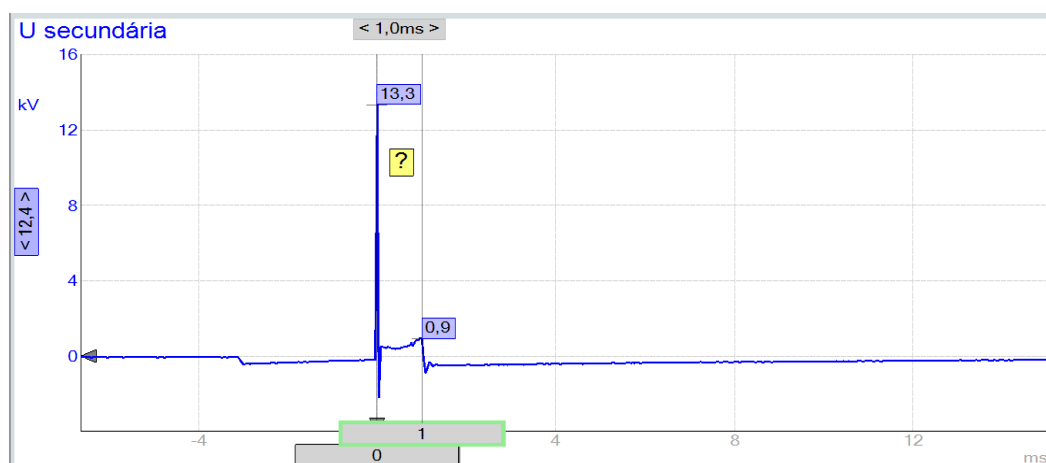
Sistema de ignição – Circuito secundário

Um dos fatores que definem a tensão máxima do secundário (tensão de ignição), é a resistência do circuito secundário (espiras e espaçamento entre eletrodo central e massa).

O sinal do sistema de ignição do circuito secundário é composto pelas seguintes etapas:

1. Tensão de ignição: Tensão/energia para o salto da centelha entre eletrodos, como consequência o tempo de queima é reduzido e a tensão de queima aumentada.
2. Tensão de queima: É a energia utilizada realmente para queima da mistura, de forma geral a falta dela indica falhas de combustão.
3. Tempo de queima: É o tempo de duração da inflamabilidade da mistura formada, este tempo sofre mudanças conforme a tensão de ignição altera.

Figura 84 – Sinal do circuito secundário de ignição



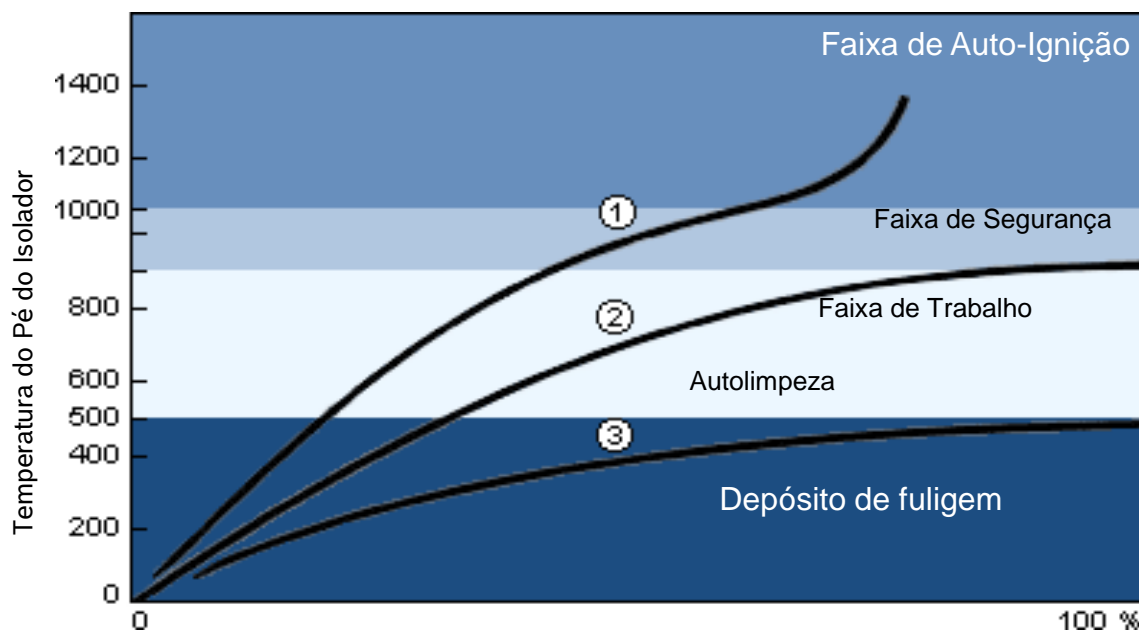
Fonte: Robert Bosch

Sistemas que não possuem cabos de vela, o sinal pode ser captado através do uso de ponta de provas adaptadoras e os sinais poderão ter características diferentes, devido a posição de contato da bobina e ponto de medição e, até mesmo devido a construção da bobina.

Um cabo teste é uma boa ferramenta para ser utilizada durante as medições do circuito secundário de ignição.

A vela de ignição tem a responsabilidade também de “regular” a temperatura na câmara de combustão, se a temperatura for baixa favorece o acúmulo de fuligem e muito alta favorece a auto ignição. O objetivo é que a temperatura de 500°C seja alcançada logo nos primeiros instantes, essa é a faixa de autolimpeza da vela de ignição.

Figura 85 – Controle térmico da vela de ignição



Fonte: Robert Bosch

A temperatura deve se manter na faixa de trabalho [2], pois acima dessa faixa o desgaste dos eletrodos da vela aumenta muito (devido à oxidação e corrosão por gás quente) e, se esse limite for excedido aumenta-se o risco de autoignição.

A escolha correta da vela de ignição irá garantir além de uma boa centelha, também a temperatura ideal na câmara de combustão. Por isso, o índice de grau térmico deve ser aplicado corretamente e, para isso consulte a literatura técnica para aplicação correta.

*Queremos fazer parte da **SUA**
carreira profissional!*

Robert Bosch Ltda.

Centro de Treinamento Automotivo

Rodovia Anhanguera Km 98

Campinas-SP

Telefone (19) 2103-1419

E-mail

treinamento.automotivo@br.bosch.com

Site

www.boschtreinamentoautomotivo.com.br



BOSCH
Tecnologia para a vida

