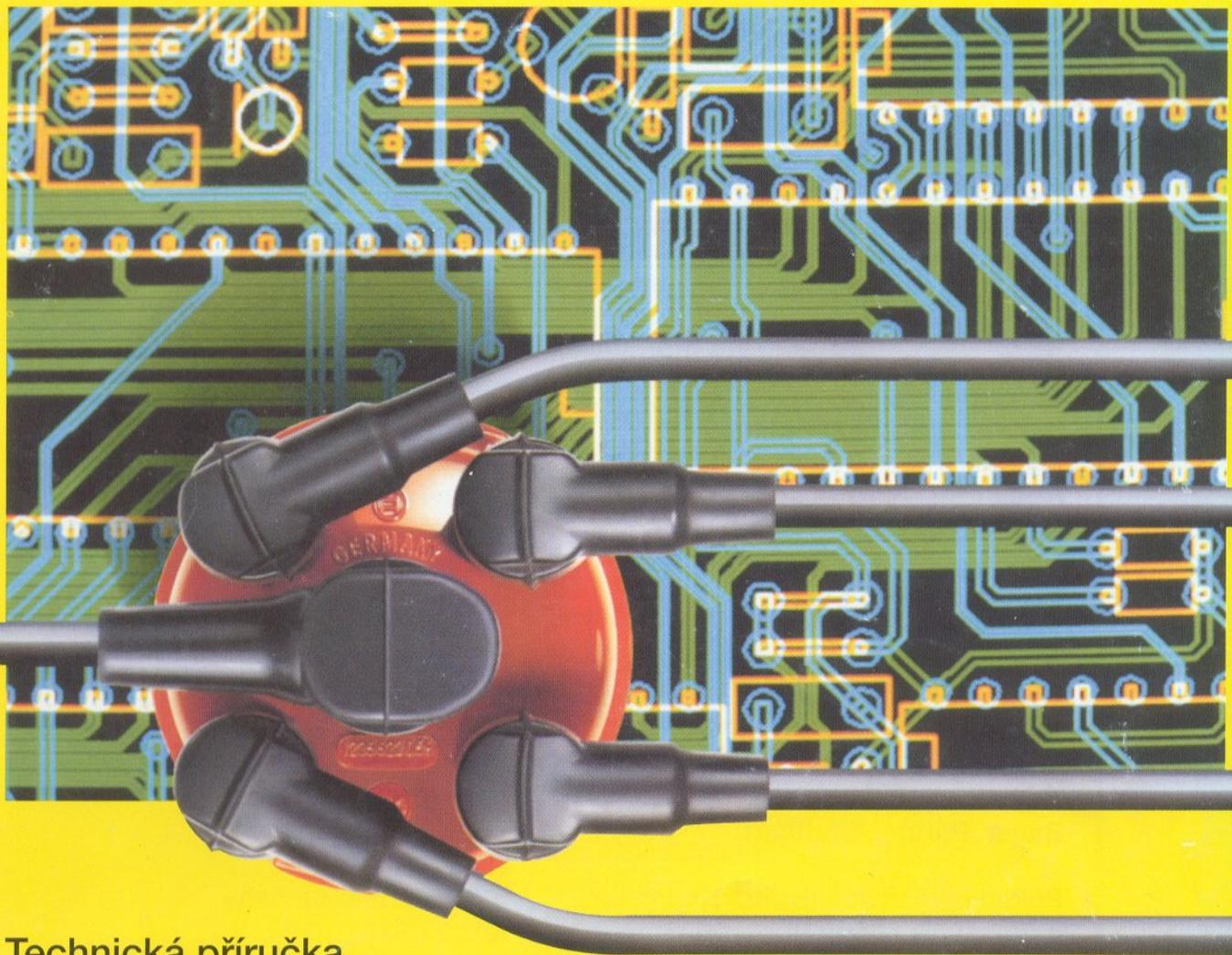


Řízení zážehového motoru

Zapalování

Vydání 98/99



Technická příručka



BOSCH

Vydavatel:

Robert Bosch GmbH, 1998
Postfach 30 02 20
D-70442 Stuttgart
Unternehmensbereich Kraftfahrzeug-
Ausrüstung
Abteilung Technische Informationen
(KH/VDT)

Šéfredaktor:

Dipl.-Ing.(FH) Ulrich Adler.

Redakce:

Dipl.-Ing.(FH) Horst Bauer,
Dipl.-Ing.(FH) Anton Beer,
Ing.(grad.) Arne Cypra.

Redakční zpracování ve spolupráci
s příslušnými odbornými odděleními
naší společnosti.

Technická grafika:
Bauer Partner, Stuttgart,

Pokud není uvedeno jinak, jedná se
o pracovníky firmy Robert Bosch
GmbH Stuttgart.

Kopírování, rozmnožování a překlad,
i částečný, je možný jen s naším před-
chozím písemným souhlasem a s uve-
dením zdroje. Obrázky, popisy, sché-
ma a jiné údaje slouží jen k vysvětle-
ní a doplnění textu. Nemohou být
použity jako podklady pro konstrukci,
montáž a dodávku. Nepřebíráme žád-
nou záruku za shodu obsahu s právě
platnými zákonnými ustanoveními.
Záruka je vyloučena.

1. české vydání, 1999

Přeloženo z německého originálu

Zündung

Robert Bosch GmbH, 1994

Překlad:

Ing. Antonín Růžička

Korektura:

Ing. Milan Cikryt

Vydavatel:

Robert Bosch odbytová spol. s r.o.
Automobilová diagnostika
Pod Višňovkou 25/1661
142 01 Praha 4 – Krč
Tel.: 02/61300 422-8
Fax: 02/61300 518

Grafická příprava:

MCH-TECH
Ing. Miloš Chlup
Vítkovická 378
199 00 Praha-Letňany
Tel.: 02/839 210 94
Fax: 02/839 230 40

Tisk:

Decibel Production

ISBN 80-902585-5-7

Zapalování

Bateriové zapalování, jeden z nejstarších komponentů zážehového motoru, prodělalo s bouřlivým vývojem na poli elektroniky v posledních letech značné změny, přestože dříve zůstalo po desetiletí téměř beze změn.

Dnes existují zapalovací systémy, které díky použití elektroniky mohou splnit na jedné straně množství požadavků a na straně druhé spoluprací s ostatními elektronickými systémy ve vozidle umožňují společnou optimalizaci a vazbu s motormanagementem.

Tato technická příručka poskytuje pohled na různé zapalovací systémy s jejich charakteristickými znaky.

Spalování v zážehovém motoru	2
<u>Zážehový motor</u>	
Zapalování v zážehovém motoru	4
Okamžik zapálení, přestavení předstihu, zapalovací napětí, zapálení směsi, emise škodlivých plynů, spotřeba paliva, náhylnost k detonačnímu spalování	
Konvenční cívkové zapalování (SZ)	7
Princip funkce, zapalovací cívka přerušovač, rozdělovač, regulace předstihu	
Kontakty řízené tranzistorové zapalování (TZ-K)	14
Princip funkce, zapojení	
Tranzistorové zapalování	17
s Hallovým snímačem (TZ-H) Hallův efekt, Hallův snímač, regulace proudu a úhlu sepnutí, řídicí jednotka	
Tranzistorové zapalování	21
s induktivním snímačem (TZ-I) Induktivní snímač, regulace proudu a úhlu sepnutí, řídicí jednotka	
Elektronické zapalování (EZ)	24
Výhody, princip funkce, vstupní signály, zpracování signálů, výstupní signály zapalování, řídicí jednotka	
Plně-elektronické zapalování (VZ)	30
Výhody, rozdělování napětí, zapalovací cívky, řídicí jednotka	
Regulace klepání	34
Základní funkce, zvláštní funkce, bezpečnost a diagnostika	
Spojovací prvky	38
Konektory a zdířky	
Test zapalování	40
Stroboskop, motortester	

Spalování v zážehovém motoru

Zážehový motor

Princip funkce

Zážehový Otto¹⁾ motor je spalovací motor s cizím zapalováním, který energii obsaženou v palivu převádí na energii pohybovou.

U zážehového motoru je směs paliva (benzínu nebo plynu) se vzduchem vytvářena vstřikovací soustavou mimo spalovací prostor. Směs, nasávaná dolů se pohybujícím pístem, proudí do spalovacího prostoru. Zde je během pohybu pístu nahoru stlačena. Časově řízené zapalování s cizí energií zapálí směs pomocí zapalovací svíčky. Uvolněná energie, daná výhřevností směsi, zvýší tlak ve válci a píst, spojený s klikovým hřídelem se vlivem odevzdané práce pohybuje opět dolů. Po každém hoření jsou spálené plyny z válce vytlačeny a je nasáta čerstvá směs paliva a vzduchu. Tato výměna plynu probíhá u spalovacích motorů automobilů především podle principu

čtyřdobého motoru. Pro jeden pracovní cyklus jsou tak zapotřebí dvě otáčky klikového hřídele.

Princip funkce čtyřdobého motoru

U čtyřdobého zážehového motoru je výměna plynu řízena ventily. Ty otvírají nebo zavírají sací a výfukové kanály každého válce.

- 1.doba sání
- 2.doba komprese a zapálení
- 3.doba expanze
- 4.doba výfuk

Sání

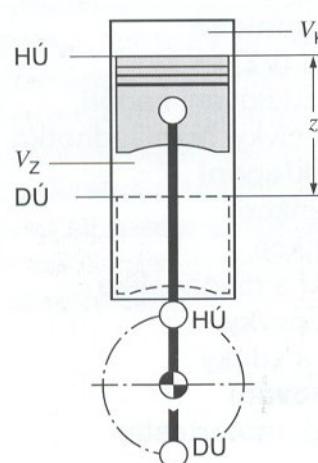
Sací ventil: otevřený
Výfukový ventil: zavřený
Pohyb pístu: dolů
Hoření: neprobíhá

Píst pohybující se dolů, zvětšuje objem ve válci a nasává čerstvou směs paliva se vzduchem přes otevřený sací ventil.

Komprese a zapálení

Sací ventil: zavřený
Výfukový ventil: zavřený
Pohyb pístu: nahoru
Hoření: fáze vzplanutí (zapálení)

Obrázek 1 Princip pístového motoru.
HÚ horní úvrat, DÚ dolní úvrat, V_Z zdvihový objem, V_K kompresní objem, z zdvih pístu.



1) Podle Nikolause Augusta Otto (1832 - 1891), který v roce 1878 na světové výstavě v Paříži poprvé představil čtyřdobý plynový kompresní motor.

Píst pohybující se nahoru, zmenšuje objem ve válci a stlačuje směs paliva se vzduchem. Těsně před tím, než píst dosáhne horní úvratí (HÚ) zapálí zapalovací svíčka stlačenou směs a zahájí tak hoření.

Zdvihovalý objem V_z
a kompresní objem V_K
udává kompresní poměr
 $\varepsilon = (V_z + V_K) / V_K$.

Hodnota kompresního poměru ε činí podle konstrukce motoru 7...13. S rostoucím kompresním poměrem spalovacího motoru roste jeho tepelná účinnost a palivo tak může být efektivněji využito. Např. zvýšení kompresního poměru z 6 na 8 způsobí zvýšení tepelné účinnosti o 12%. Zvyšování kompresního poměru je omezeno hranicí klepání. Klepáním rozumíme nekontrolované zapálení směsi, které se vyznačuje prudkým nárůstem tlaku. Klepání při hoření vede k poškození motoru. Hranice klepání může být posunuta k vyšším kompresním poměrům použitím paliva s vyšším oktanovým číslem a vhodným uspořádáním spalovacího prostoru.

Expanze (pracovní doba)

Sací ventil: zavřený

Výfukový ventil: zavřený

Pohyb pístu: dolů

Hoření: fáze prohořívání

Potom, co elektrická jiskra na zapalovací svíčce zapálila stlačenou směs paliva se vzduchem, stoupá teplota prohoříváním směsi.

Tlak ve válci prudce stoupá a tlačí píst dolů. Ten odevzdává přes ojnice na klikový hřídel práci, která je k dispozici jako výkon motoru.

Výkon roste se zvyšujícími se otáčkami a zvyšujícím se točivým momentem ($P = M \cdot \omega$).

Charakteristiky výkonu a točivého momentu spalovacího motoru vyžadují převodovku pro přizpůsobení požadavkům jízdních režimů.

Výfuk

Sací ventil: zavřený

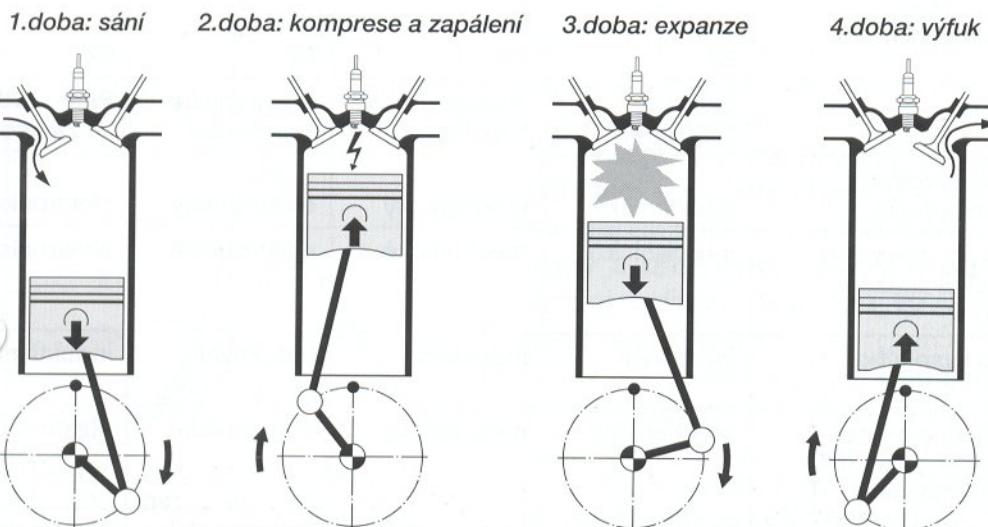
Výfukový ventil: otevřený

Pohyb pístu: nahoru

Hoření: neprobíhá

Píst pohybující se nahoru, vytlačuje spálené (výfukové) plyny přes otevřený výfukový ventil. Cyklus se pak opakuje. Doba otevření sacích a výfukových ventilů se částečně překrývá a tím se proudění a pulzování plynů využívá k lepšímu naplnění a vyplachování válce.

Obrázek 2 Pracovní cyklus čtyřdobého motoru



Zapalování v zážehovém motoru

Provedení zapalovacího systému u zážehového motoru se liší způsobem získání vysokého napětí, způsobem jeho rozdělení a přenosu a způsobem regulace předstihu.

Hlavní druhy zapalování jsou spolu s těmito charakteristickými znaky uvedeny v tabulce 1.

Okamžik zapálení

Okamžik zapálení je závislý zejména na hodnotě "otáček" a na "zatížení" motoru. Závislost na otáčkách je způsobena tím, že doba prohoření směsi je při konstantním plnění a konstantním poměru vzduch-palivo konstantní a proto musí dojít se stoupajícími otáčkami k dřívějšímu zapálení. Závislost na zatížení je ovlivněna ochuzením směsi zbyvajícím množstvím zbytkových plynů

při nízkém zatížení a menším naplněním válce. Tento vliv způsobí zvýšení prodlevy hoření a nižší rychlosť prohořívání směsi, takže okamžik zapálení musí být přesunut do polohy "dříve" tzn. do polohy většího předstihu (obrázek 1).

Regulace předstihu

Chování zapalování v závislosti na otáčkách a zatížení je zpracováno do funkce přestavení okamžiku zapálení. Poloha klikového hřídele před horní úvratí v okamžiku zapálení směsi udává předstih. V nejjednodušším případě vykonává funkci regulaci předstihu odstředivý regulátor a podtlaková komora. Podtlak je v širokém rozsahu měřítkem pro zatížení motoru.

U elektronických zapalovacích systémů jsou kromě toho zohledněny také další vlivy, jako např. teplota nebo změna složení směsi. Hodnoty všech funkcí regulace jsou mechanicky nebo elektronicky navzájem propojeny, aby z nich

Tabulka 1. Definice zapalovacích systémů

V zapalovacím systému jsou plněny následující minimální úkoly

Úkol	Zapalovací systém			
	SZ	TZ	EZ	VZ
	Cívkové zapalování	Tranzistorové zapalování	Elektronické zapalování	Plně-elektronické zapalování
Způsob vyvolání zapálení (prvek)	mechanický	elektronický	elektronický	elektronický
Stanovení předstihu z otáček a zatížení motoru	mechanické	mechanické	elektronické	elektronické
Výroba vysokého napětí	induktivní	induktivní	induktivní	induktivní
Rozdělení a přenos zapalovací jiskry do příslušného válce	mechanické	mechanické	mechanické	elektronické
Výkonový díl	mechanický	elektronický	elektronický	elektronický

mohlo být určen předstih. Před vlastním okamžikem zapálení musí být zásobník energie včas nabit. K tomu je u zapalovacího systému potřebné vytvoření tzv. doby sepnutí příp. úhlu sepnutí. Energie je většinou nahromaděna v induktivním zásobníku, v ojedinělých případech v kapacitním zásobníku. Vysoké napětí vznikne odpojením primárního vinutí od napájení a transformací. Vysoké napětí je přivedeno válci, který se právě nachází v kompresní době. K tomu potřebná informace o poloze klikového hřídele je při použití rozdělovače dána mechanickou vazbou pohonu rozdělovače a klikového hřídele. U bezrozdrodělovačových zapalovacích systémů je k tomu zapotřebí elektrický signál ze snímače klikového nebo vačkového hřídele. Spojovací prvky (konektory a zapalovací kabely) přenášejí vysoké napětí na zapalovací svíčky. Zapalovací svíčka musí být plně funkční ve všech provozních oblastech motoru, aby bylo vždy bezpečně zajištěno zapálení směsi.

Zapalovací napětí

Součinitel přebytku vzduchu λ a tlak ve válci, určený naplněním válce a kompresí, mají spolu se vzdáleností elek-

trod zapalovací svíčky určitý vliv na požadovanou hodnotu napětí a tím na nabídku potřebného napětí zapalovací soustavou.

Zapálení směsi

Zapalovací energie

K zapálení směsi vzduchu a paliva elektrickou jiskrou je pro jednotlivé zapálení zapotřebí energie asi 0,2 mJ, pokud je směs (klidná, homogenní) ve stoichiometrickém složení. Bohatší a chudší směsi (s turbulencí) vyžadují přes 3 mJ. Tato energie je jen zlomkem celkové energie obsažené v zapalovací jiskře.

Pokud je k dispozici příliš málo energie, neuskuteční se zapálení, směs nemůže vzplanout a vznikají výpadky ve spalování. Z tohoto důvodu musí být připraveno tolik zapalovací energie, aby došlo k bezpečnému zapálení směsi vzduchu a paliva i za nevýhodných vnějších podmínek. Přitom může být dostačující, pokud kolem jiskry proudí malý oblak směsi, schopný zapálení. Oblak směsi vzplane, zapálí zbývající směs ve válci a zahájí tak spalování paliva.

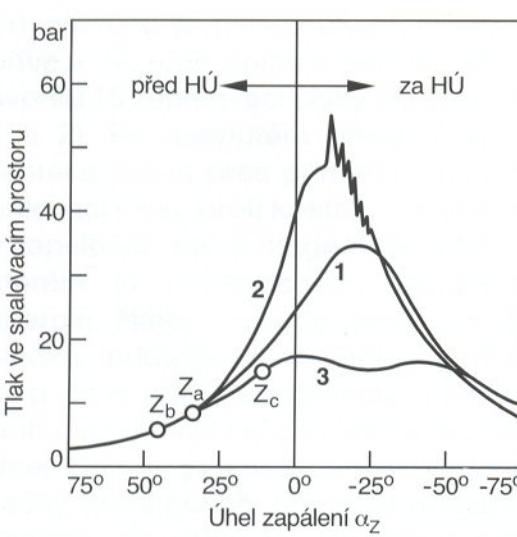
Vlivy na schopnost zapálení

Dobrá příprava a snadný přístup směsi k zapalovacím jiskrám zlepšuje schopnost zapálení stejně jako dlouhá doba výboje a vysoká délka jiskry příp. větší vzdálenost elektrod. Podobně příznivý vliv má silná turbulence směsi, za předpokladu, že je k dispozici dostatečná zapalovací energie. Poloha a délka jiskry jsou dány rozměry zapalovací svíčky, doba výboje druhem a dimenzováním zapalovací soustavy stejně jako okamžitymi zapalovacími podmínkami. Poloha jiskry a přístupnost směsi u zapalovací svíčky ovlivňují zejména ve volnoběhu výfukové zplodiny.

U bohatších směsí je výhodnější vysoká zapalovací energie a dlouhá doba výboje. Ukazuje se to na příkladu volnoběhu motoru. Ve volnoběhu může být směs velmi nehomogenní. Překrytí ventilů způsobuje vysoký podíl zbytkových plynů.

Zapalování v zážehovém motoru

Obrázek 1: Průběh tlaku ve spalovacím prostoru při různých hodnotách předstihu
1 Správný předstih, zapálení Z_a ve správném okamžiku, 2 Velký předstih, zapálení Z_b příliš brzo (klepání při spalování), 3 Malý předstih, zapálení Z_c příliš pozdě



Z porovnání normálního kontakty řízeného cívkového zapalování a tranzistorového zapalování je zřejmé, že jiskry tranzistorového zapalování významně sníží a stabilizují emise HC. Současně se stabilizuje také pravidelnost volnoběžného chodu.

Význam má také znečištění zapalovací svíčky. U silně znečištěných zapalovacích svíček dochází během doby, ve které narůstá vysoké napětí, k odtékání energie ze zapalovací svíčky přes vedlejší zkrat zapalovací svíčky. To vede ke zkrácení doby výboje, negativnímu působení na výfukové zplodiny a v mezních případech (při silně znečištěné nebo mokré svíčce) k úplnému výpadku zapalování. Určitý podíl výpadků zapalování nebývá normálně řidičem zaznamenán, ale vede k vyšší spotřebě paliva a může poškodit katalyzátor.

Emise škodlivých látek

Úhel zapálení α_z příp. předstih má významný vliv na výfukové zplodiny, točivý moment a spotřebu paliva zážehového motoru. Nejdůležitější škodlivé látky ve výfukových zplodinách jsou nespálené uhlovodíky (HC), oxidy dusíku (NO_x) a oxid uhelnatý (CO).

S dřívějším zapálením směsi (rostoucí hodnotou předstihu) vzrůstají emise nespálených uhlovodíků.

Emise NO_x se zvětšují s dřívějším zapálením směsi v celém rozsahu poměru vzduchu a paliva. Příčinou tohoto jevu je vyšší teplota spalování při dřívějším zapálení směsi.

Emise CO jsou na předstihu skoro nezávislé a jsou téměř výhradně funkcí poměru vzduchu a paliva.

Spotřeba paliva

Vliv předstihu na spotřebu paliva je přesně opačný než na emise škodlivých látek. S rostoucím součinitelem přebytku vzduchu musí být, pro vyrovnaní nižší rychlosti spalování, vždy směs zapálena dříve, aby průběh spalování zůstal optimální. Dřívější zapálení směsi (větší předstih) tedy znamená menší spotřebu paliva a vyšší točivý

moment, ale jen při odpovídající změně směsi.

Náchylnost k detonačnímu spalování

Další důležitá souvislost je mezi předstihem a náchylností ke klepání. To se projeví vlivem dřívějšího zapálení směsi (v porovnání se správným okamžikem zapálení - obrázek 1). Pokud dojde k zapálení směsi příliš brzo (velký předstih), dojde v důsledku tlakové vlny k dodatečným vzplanutím směsi na různých místech spalovacího prostoru. Tím směs prohořívá nerovnoměrně a dochází k velkému nárůstu tlaku ve spalovacím prostoru a k jeho silnému kolísání. Tento jev, nazvaný klepání nebo zvonění, je zřetelně slyšitelný zejména v nižších otáčkách. Ve vysokých otáčkách je tento zvuk přehlušen hlukem motoru. Ale právě v této oblasti může klepání vést k poškození motoru, kterému lze zabránit optimalizací vhodného paliva a předstihu.

Konvenční cívkové zapalování (SZ)

Konvenční cívkové zapalování je řízené kontakty. To znamená, že proud, který protéká cívkou, je vypínán a zapínán mechanickým kontaktem (přerušovačem) v rozdělovači.

Kontakty řízené cívkové zapalování je nejjednodušší verzí zapalování, ve kterém jsou realizovány všechny funkce. Vedle rozdělovače obsahuje celou řadu dalších prvků, které jsou spolu s jejich funkcemi uvedeny v tabulce 2.

Princip funkce

Synchronizace a rozdělení

Synchronizace s klikovým hřídelem a tím i polohou pístů v jednotlivých válcích je zajištěna mechanickou vazbou rozdělovače s vačkovým hřídelem nebo jiným hřídelem, vůči klikovému hřídeli v poměru otáček 2:1. Z tohoto důvodu vede také pootočení rozdělovače k posunu okamžiku zapálení příp. umožňuje změna v rozdělovači nastavení předepsaného předstihu. Mechanický, na horní díl hřídele rozdělovače pevně připojený palec zajišťuje správné rozdělení vysokého napětí a spolu s vysokonapěťovým vedením také přívod vysokého napětí k jednotlivým zapalovacím svíčkám.

Průběh zapalování

Při provozu je napětí akumulátoru (1) přivedeno přes spínací skříňku (2) na svorku 15 zapalovací cívky (3). (obrázek 1 a 2). Při sepnutém přerušovači (6) protéká proud přes primární vinutí zapalovací cívky proti kostře. Tím vznikne v zapalovací cívce magnetické pole, ve kterém je nahromaděna zapalovací energie. Nárůst proudu probíhá v důsledku indukčnosti a odporu primárního vinutí podle exponenciální funkce. Doba nabíjení je určena úhlem sepnutí. Úhel sepnutí je zase dán provedením vačky, která působí přímo na pohyblivý kontakt přerušovače. Na konci doby

sepnutí rozepne vačka přerušovač a přeruší tím tok proudu zapalovací cívky.

Tabulka 2.

Prvky konvenčního cívkového zapalování.

Cívkové zapalovací systémy se skládají z různých prvků, jejichž konstrukce a výkonové parametry závisí zejména příslušných motorech.

Prvky Funkce

Zapalovací cívka

akumuluje zapalovací energii a předává ji ve formě vysokonapěťových impulzů přes zapalovací kabely k zapalovacím svíčkám

Spínací skříňka

spínač v primárním proudovém okruhu zapalovací cívky, ovládaný ručně klíčkem

Předřadný odpor

při startu je zkratován, aby došlo k nárůstu napětí při startu

Přerušovač

spíná a rozepíná primární proudový okruh zapalovací cívky pro akumulaci energie a přeměnu napětí

Kondenzátor

slouží k urychlenému přerušení primárního proudu zapalovací cívky; účinně potlačuje tvorbu jisker na kontaktech přerušovače

Rozdělovač

rozděluje vysoké napětí na zapalovací svíčky v pevně stanoveném pořadí

Odstředivý regulátor

přestavuje samočinně předstih v závislosti na otáčkách motoru

Podtlakový regulátor

přestavuje samočinně předstih v závislosti na zatížení motoru

Zapalovací svíčka

obsahuje nejdůležitější díly pro vznik zapalovací jiskry (elektrody) a utěsňuje spalovací prostor

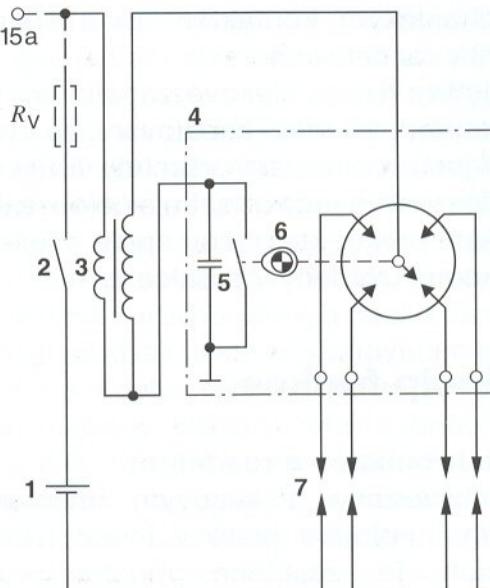
Proud a rychlosť rozepnutí akož i počet závitů vinutí sekundárnej strany zapalovací cívky určují predevším zapalovací napětí indukované na sekundárnej strane. Protože proud má snahu protékať obvodom pri pŕerušení, vytvárel by sa na kontaktoch pŕerušovače elektrický oblouk. Aby sa jeho tvorbę zabránilo, je paralelně ke kontaktom pŕerušovače zapojen kondenzátor (5). Proto až do výboje zapalovacího napětí protéká primárny proud kondenzátorem a tím ho nabijí. Z tohto dôvodu vzniká na svore 1 zapalovací cívky krátkodobě napětí niekoľka 100 V (obrázek 1 a 2).

Vysoké napětie indukované na sekundárnej strane nabijí zapalovací kábel vedouci k prostrednímu vývodu rozdělovače, kde zpôsobí výboj mezi palcem a vniesi elektrodou, tím nabijí vysokonapěťové vedenie k pŕislušné zapalovací svíčce a na zapalovací svíčce tak dojde k výboji tzn. k zapalovací jiskre.

Tak se premenjuje magnetická energie nahromaděná v zapalovací cívke v elektrickej energii jisker. Na zapalovací svíčke tím vzniká napětie hoření asi 400 V. Doba hoření činí zpravidla 1 až 2 ms. Potom co je zapalovací cívka vybita, sepne opäť vačka rozdělovače

Obrázek 1: Zapalovací soustava s konvenčním cívkovým zapalováním

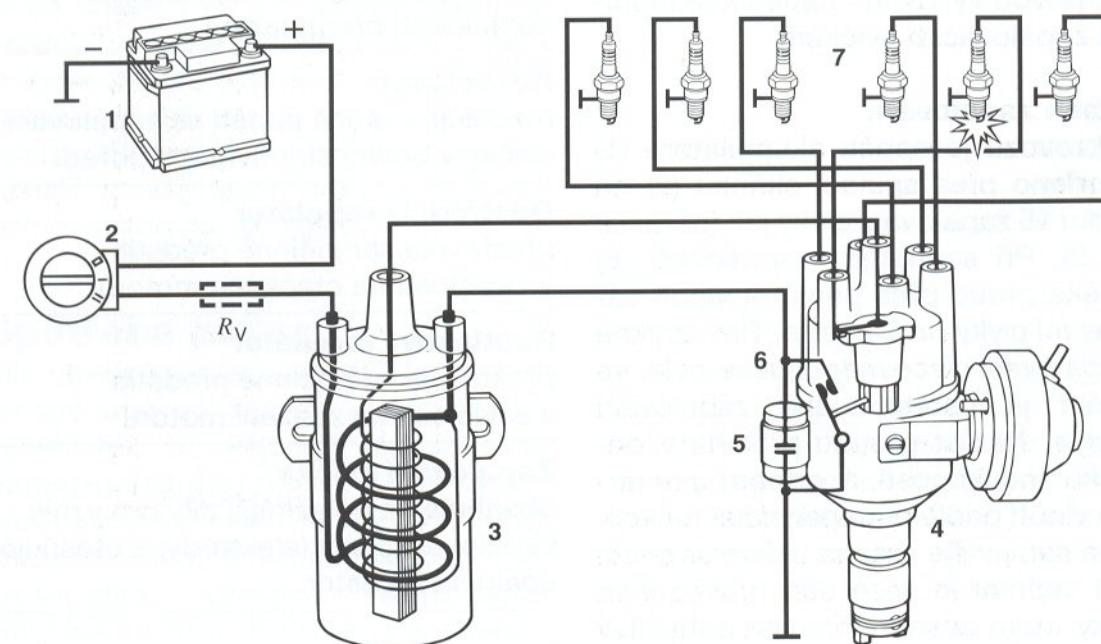
1 akumulátor, 2 spínací skříňka, 3 zapalovací cívka, 4 rozdělovač, 5 kondenzátor, 6 pŕerušovač, 7 zapalovací svíčky, R_V pŕedřadný odpor ke zvýšení napětí pri startu (není vždy použit)



kontakty pŕerušovače a zapalovací cívka je znova nabijena.

Obrázek 2: Schéma zapojení zapalovací soustavy s konvenčním cívkovým zapalováním

1 akumulátor, 2 spínací skříňka, 3 zapalovací cívka, 4 rozdělovač, 5 kondenzátor, 6 pŕerušovač, 7 zapalovací svíčky, R_V pŕedřadný odpor



Palec rozdělovače, který se mezitím dále otáčí, přenese vysoké napětí při následujícím zapálení na další zapalovací svíčku.

Zapalovací cívka

Konstrukce

Zapalovací cívka se skládá z pouzdra, ve kterém je uložen plášť z plechů, který ji magneticky uzavírá. Sekundární vinutí je navinuto přímo na lamenované železné jádro a přes jádro je elektricky spojeno s prostředním vývodem ve víku zapalovací cívky.

Protože vysoké napětí leží na železném jádře, musí být nahoru jádro izolováno víkem a ve dně dodatečně vloženou izolační vložkou. Primární vinutí leží vně a sekundární vinutí je pod ním (obrázek 3).

Izolační víko zapalovací cívky obsahuje symetricky k vysokonapěťovému vývodu (svorka 4) svorku 15 pro napětí akumulátoru a svorku 1 pro spojení s přerušovačem. Izolace a mechanické upevnění vinutí je provedeno zalévací asfaltovou hmotou. Vyskytují se také zapalovací cívky, které jsou naplněny olejem.

Ztráta výkonu vzniká zejména v primárním vinutí. Teplo vznikající při těchto ztrátách je odváděno plechovým pláštěm na pouzdro. Proto je zapalovací cívka upevněna tak širokou objímkou na karosérii, aby tímto kovovým páskem bylo odvedeno co možná největší množství tepla.

Funkce

Primární proud, který je zapínán a vypínán přerušovačem protéká primárním vinutím zapalovací cívky. Hodnota proudu je určena napětím akumulátoru na svorce 15 a ohmickým odporem primárního vinutí. Odpor primárního vinutí se může podle provedení zapalovací cívky pohybovat v rozmezí 0,2 až 3 Ω. Indukčnost primárního vinutí L_1 činí několik mH. Pro energii nahromaděnou

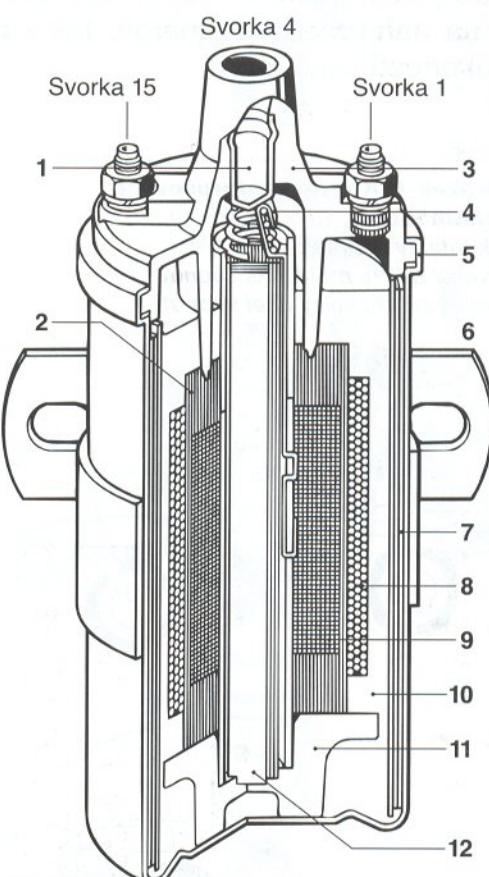
v magnetickém poli zapalovací cívky platí:

$$W_{Zc} = \frac{1}{2} L_1 \cdot I_1^2$$

W_{Zc} energie nahromaděná v zapalovací cívce, L_1 indukčnost primárního vinutí, I_1 proud, který v okamžiku rozepnutí kontaktů přerušovače protéká primárním obvodem zapalovací cívky. V okamžiku zapálení roste napětí na svorce 4 (vysokonapěťový vývod zapalovací cívky) přibližně podle sinusové funkce. Rychlosť růstu je určena induk-

Obrázek 3: Zapalovací cívka v řezu

1 vysokonapěťový vývod, 2 svitek plechů s izolačním papírem, 3 izolační víko, 4 interní vysokonapěťový vývod s pružinovým kontaktem, 5 pouzdro, 6 upevňovací objímka, 7 magnetické plechové opláštění, 8 primární vinutí, 9 sekundární vinutí, 10 zalévací hmota, 11 izolační vložka, 12 železné jádro



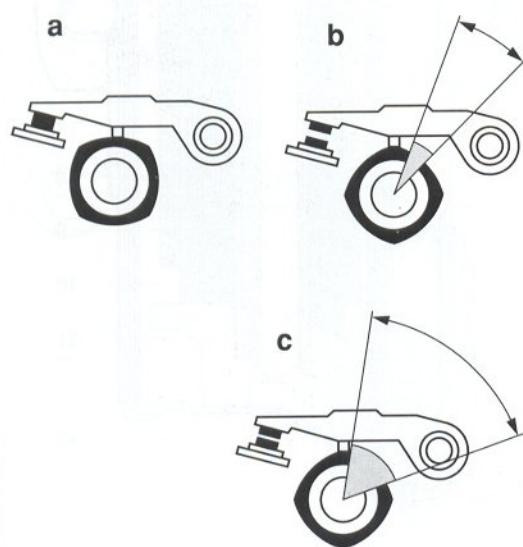
čností sekundárního vinutí a kapacitou zátěže na svorce 4. Pokud je na zapalovací svíčce dosaženo přeskokového napětí, klesne napětí na napětí hoření a energie nahromaděná v zapalovací cívce plyne do zapalovací jiskry. Jakmile již energie nepostačuje k udržení jiskrového výboje, jiskra zhasíná, a zbytková energie zakmitá v sekundárním okruhu zapalovací cívky.

Vysoké napětí je polarizováno tak, že střední elektroda zapalovací svíčky je negativní vůči kostře vozidla. Při opačné polaritě se mírně zvyšuje potřeba vysokého napětí. Zapalovací cívka je vytvořena jako úsporné trafo tak, že sekundární strana navazuje na svorku 1 nebo 15.

Stejně tak jako je indukčnost primáru a odpor primáru rozhodující pro nahromaděnou energii, je indukčnost sekundáru rozhodující pro charakteristiku vysokého napětí a jiskry. Typický poměr vinutí mezi primárním a sekundárním vinutím je 1 : 100. Indukované napětí, proud jiskry a doba trvání jiskry závisí jak na nahromaděné energii, tak i na indukčnosti sekundáru.

Obrázek 4: Kontakty přerušovače (schématicky)

- a) kontakty sepnuty
- b) velký odtrh, malý úhel sepnutí
- c) malý odtrh, velký úhel sepnutí



Vnitřní odpor

Dalším důležitým parametrem je vnitřní odpor zapalovací cívky, který určuje rychlosť nárůstu napětí a tím je měřítkem proto, kolik energie odteče ze zapalovací cívky v okamžiku přeskoku jiskry. Nižší vnitřní odpor je výhodný u znečištěné nebo mokré zapalovací svíčky. Vnitřní odpor je závislý na indukčnosti sekundárního vinutí.

Přerušovač

Přerušovač je ovládán vačkou, která má tolik vrcholů, kolik má motor válců. Vačku je možné vůči hřídeli rozdělovací pootočit. Pootočení vačky odpovídá změně předstihu, který je v závislosti na otáčkách dán odstředivým regulátorem. Vačka je uzpůsobena tak, že vytvoří úhel sepnutí odpovídající zapalovací cívce a počtu jisker (obrázek 4).

Tímto je pro kontakty řízené cívkové zapalování pevně určen úhel sepnutí, který je neměnný v celém rozsahu otáček. Úhel sepnutí se ale při provozu motoru mění opotřebením styčné plochy pohyblivého kontaktu s vačkou. Zde vzniklé opotřebení vede k tomu, že se kontakty přerušovače později rozepínají. Důsledkem je pozdější zapálení (menší předstih) a všeobecně větší spotřeba paliva. Toto je jeden z důvodů, proč se musí kontakty přerušovače pravidelně měnit a úhel sepnutí pravidelně kontrolovat. Dalším důvodem pro údržbu je opalování kontaktů. Kontakty musí spínat proud asi do 5 A a izolovat napětí asi do 500 V. U čtyřválcového, čtyřdobého motoru s otáčkami 6000 min⁻¹ spínají kontakty 12 000-krát za minutu, což odpovídá frekvenci 200 Hz.

Poškozené kontakty způsobují nedostatečné nabítí zapalovací cívky, nespřesný předstih a tím zvyšují spotřebu paliva a zhoršují emise výfukových plynů.

Rozdělovač

Rozdělovač je prvkem zapalovací soustavy s nejvíce funkcemi. Jeho hřidel se otáčí s polovičním otáčkami jako klikový hřidel. Např. rozdělovač pro čtyrválcový motor má čtyři výstupní vývody a v každém z nich vznikne za jednu otáčku palce jeden vysokonapěťový zapalovací impulz (obrázek 5).

Poznámky

Z vnějšího pohledu jsou viditelné především válcovité tvarované těleso rozdělovače a víko rozdělovače z izolační hmoty s vývody pro vysokonapěťové konektory. Vyskytuji se rozdělovače s dříkem, u kterých hřidel rozdělovače zapadne do ozubení v motoru. Jiná konstrukce rozdělovače s krátkou stavbou usnadňuje jeho montáž přímo na vačkový hřidel. V tomto případě dřík odpadá a spojka pohonu se nachází přímo na dně tělesa rozdělovače. Vysoké požadavky na přesnost rozdělovače vyžadují velmi dobré uložení. U rozdělovačů s dříkem poskytuje dřík sám o sobě velmi stabilní uložení. Rozdělovače s krátkou stavbou vyžadují doplnkové ložisko nad upevnovacím mechanismem.

Konstrukce

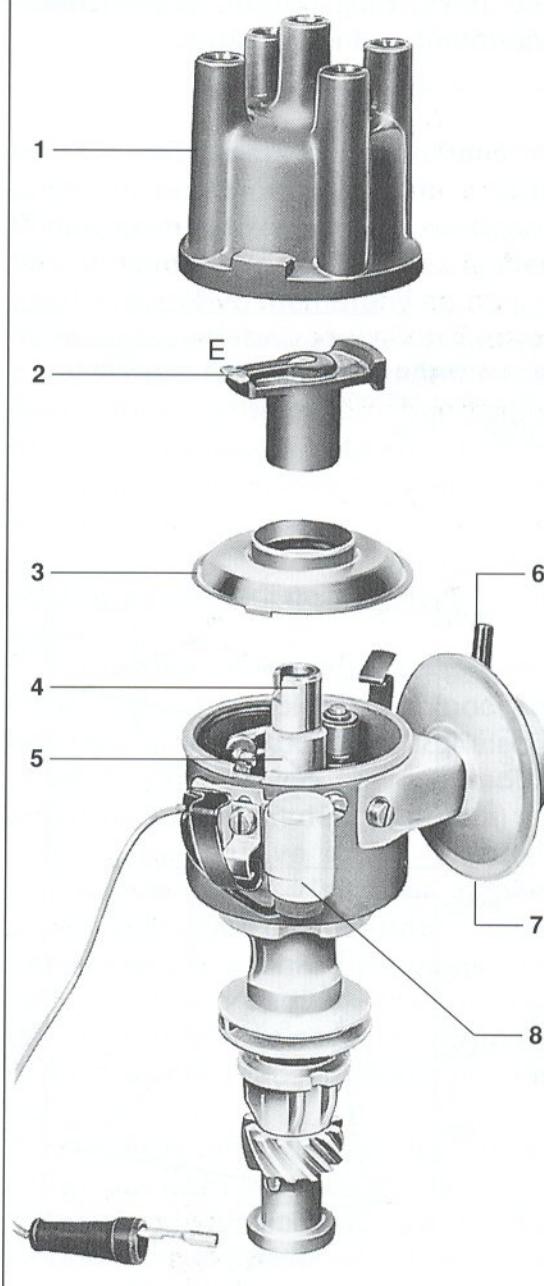
V tělese rozdělovače je umístěn systém odstředivé regulace, ovládání podtlakové regulace a systém spouštění a rozdělování zapalovacích impulzů. Kondenzátor a podtlaková komora jsou upevněny na vnější straně tělesa rozdělovače. Kromě toho se zde nacházejí spony pro upevnění víčka rozdělovače a konektory elektrické instalace.

Prachovka zabraňuje usazování nečistot a vlhkosti na systému přerušovače. Na hřidle rozdělovače se nad vačkou přerušovače nachází výrez, který určuje polohu palce. Proto musí být při montáži věnována pozornost tomu, aby byl palec nasazen do správné polohy. Palec a víko rozdělovače jsou zhodoveny z vysoce kvalitní umělé hmoty, na kterou jsou kladený zvláštní požadavky se zřetelem na odolnost vůči vysokému

napětí, stálost vůči podnebí, mechanickou pevnost a odolnosti proti vznícení.

Obrázek 5: Rozdělovač

- 1 víko rozdělovače
- 2 palec s elektrodou (E)
- 3 prachovka (ochrana proti prachu a kondenzátu)
- 4 hřidel rozdělovače
- 5 vačka přerušovače
- 6 připojka podtlakové hadičky
- 7 podtlaková komora
- 8 kondenzátor



Vysoké napětí vyvinuté v zapalovací cívce je přivedeno na prostřední vývod rozdělovače. Mezi palcem a prostředním vývodom je pružně uložen malý uhlíkový váleček, který zajišťuje kontakt mezi pevným víkem a rotujícím palcem. Zapalovací energie protéká od středu otáčení palce přes odrušovací odpor $\geq 1\text{ k}\Omega$ k elektrodě palce a přeskocí odtud na vnější elektrody, které jsou zality do výstupních vývodů víka. Přeskakové napětí, které je k tomu zapotřebí leží v rozsahu kV. Odpor v palci rozdělovače omezuje špičkové proudy při vzniku jiskry a tím slouží k odrušení. Kromě kontaktů přerušovače nevyžadují ostatní díly rozdělovače téměř žádnou údržbu.

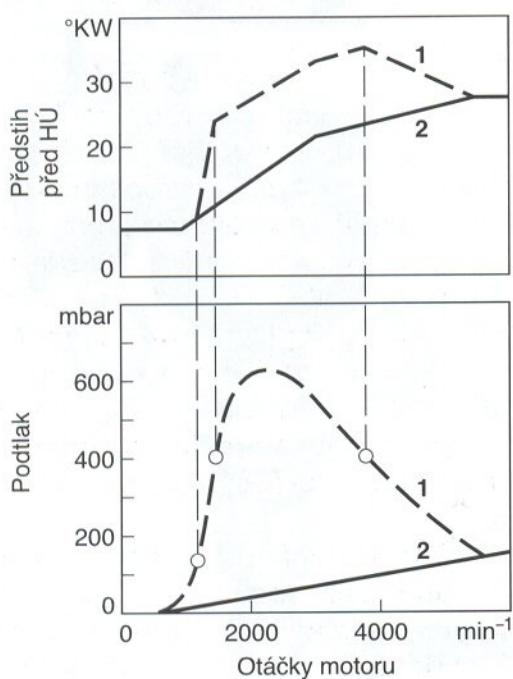
Regulace přestihu

Odstředivý regulátor s rostoucími otáčkami zvětšuje přestih. Při předpočtu konstantního plnění válce a konstantního složení směsi nám vydej konstantní doba nutná ke vznícení a prohoření směsi. Tato konstantní doba vyžaduje při vyšších otáčkách odpovídajícím způsobem nastavit dřívější zapálení směsi. Průběh charakteristiky rozdělovače je ale v praxi dodatečně ovlivněn hranicí klepání a změnou složení směsi.

Podtlakový regulátor zohledňuje stav zatížení motoru, protože rychlosť vzplanutí a prohoření směsi ve válci závisí velmi výrazně na naplnění válce.

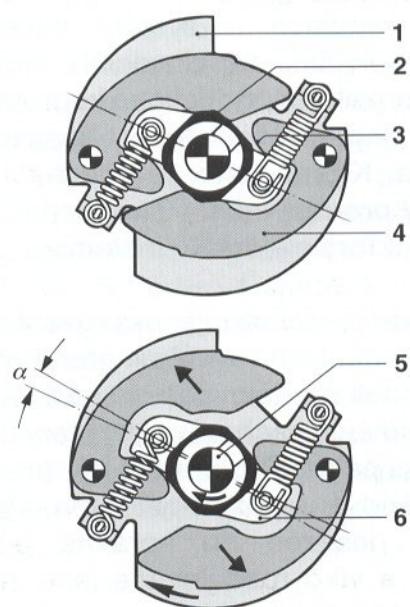
Otáčková příp. odstředivá regulace a zátěžová příp. podtlaková regulace jsou mechanicky navzájem spojeny tak, že se obě přestavení sčítají (obrázek 6).

Obrázek 6: Příklad společného působení odstředivého a podtlakového regulátoru
1 částečné zatížení
2 plné zatížení



Obrázek 7: Odstředivý regulátor v klidové poloze (nahoře) a v pracovní poloze (dole).

- 1 základní deska
- 2 vačka přerušovače
- 3 oválná plocha
- 4 odstředivé závaží
- 5 hřídel rozdělovače
- 6 kulisa

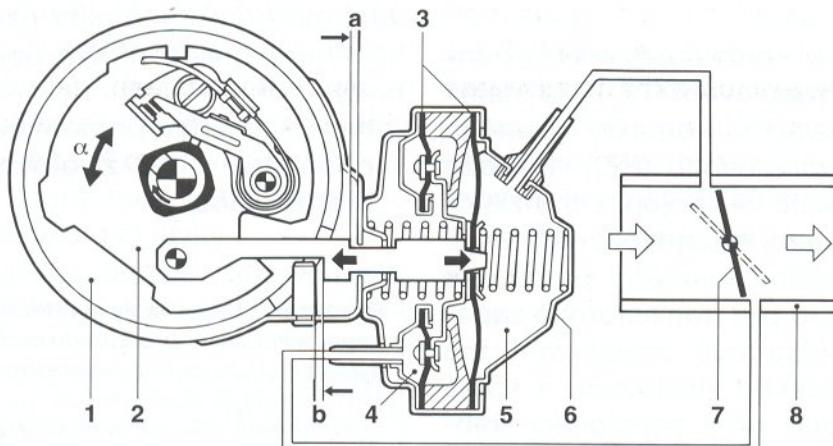


Obrázek 8: Podtlakový regulátor se systémem dřívějšího a pozdějšího zapálení

a) poloha "dřívější zapálení" (velký předstih) až na doraz

b) poloha "pozdější zapálení" (malý předstih) až na doraz

1 rozdělovač, 2 deska přerušovače, 3 membrána, 4 komora pro pozdější zapálení, 5 komora pro dřívější zapálení, 6 podtlaková komora, 7 škrťcí klapka, 8 sací potrubí



Odstředivý regulátor

Odstředivý regulátor přestavuje předstih v závislosti na otáčkách motoru. Základní deska, která nese odstředivá závaží se otáčí spolu s hřidelem rozdělovače, protože je s ním pevně spojená. S rostoucími otáčkami se odstředivá závaží roztahuje a natočí kulisu přes oválnou dráhu proti směru otáčení vačkového hřídele. Protože kulisa je pevně spojena s vačkou, natočí se i vačka proti hřídeli rozdělovače o úhel přestavení. O tento úhel bude předstih zvětšen (obrázek 7).

Podtlakový regulátor

Podtlakový regulátor přestavuje předstih v závislosti na výkonu motoru případně zatížení motoru. Jako měřítka pro přestavení okamžiku zapálení slouží podtlak v sacím potrubí blízko škrťcí klapky. Podtlak je přiveden do jedné nebo dvou membránových komor (obrázek 8).

Systém přestavení na "dřívější" zapálení

Čím menší je zatížení, tím dříve musí být zapálena směs vzduchu a paliva, protože směs je chudší a hoří pomaleji. Podíl spálených, ale nevyfouknutých zbytkových plynů ve spalovacím prostoru narůstá a směs je tak ochuzována.

Podtlak pro přestavení na dřívější zapálení je odebíráno ze sacího potrubí. S klesajícím zatížením motoru roste podtlak v komoře (pro dřívější zapálení) a způsobí pohyb membrány spolu s táhlem doprava (obrázek 8). Táhlo pootočí desku přerušovače proti směru otáčení hřídele rozdělovače. Tímto pohybem bude předstih ještě více zvětšen, tzn. posunut ve směru "dřívějšího" zapálení.

Systém přestavení na "pozdější" zapálení

V tomto případě je podtlak v sání odebrán za škrťcí klapkou. S pomocí kruhové komory pro "pozdější" zapálení je předstih při určitých stavech motoru (např. volnoběh, brzdění motorem) snížen tzn. posunut ve směru "pozdějšího" zapálení, aby došlo ke zlepšení emisí výfukových plynů. Kruhová membrána se spolu s táhlem pohybuje vlevo jakmile vznikne podtlak. Táhlo pootočí desku přerušovače spolu s přerušovačem ve směru otáčení hřídele rozdělovače.

Systém přestavení na "pozdější" zapálení je podřízen systému přestavení na "dřívější" zapálení: současný podtlak v obou dózách (částečné zatížení) způsobí potřebné přestavení ve směru "dřívějšího" zapálení.

Kontakty řízené tranzistorové zapalování (TZ-K)

Rozdělovač u kontakty řízeného tranzistorového zapalování (TZ-K) je stejný jako rozdělovač u kontakty řízeného cívkového zapalování (SZ). Protože kontakty pracují ve spojení s tranzistorovou zapalovací soustavou, nemusí již přerušovač spínat primární proud, ale jen řídicí proud pro tranzistorové zapalování. Tranzistorové zapalování má úlohu proudového zesilovače a spíná primární proud přes zapalovací tranzistor (nejčastěji Darlingtonův tranzistor). Zapojení kontaktů a funkce jednoduchého TZ-K jsou pro snadnější pochopení vysvětleny v porovnání s kontakty řízeným cívkovým zapalováním.

Princip funkce

Obrázky 2 a 3 ukazují zřetelně, že kontakty řízené tranzistorové zapalování vzniklo z tradičního, neelektronického cívkového zapalování: Tranzistor T nastupuje jako výkonový spínač na místo přerušovače a přebírá jeho spínací funkci v primárním okruhu zapalovací soustavy. Ale protože tranzistor má vlastnost relé, musí být také jako relé zapojen, a to může být provedeno například podle obrázku 2 s řídicím spínačem. Taková tranzistorová zapalování proto označujeme jako kontakty řízená.

V tranzistorových zapalovacích soustavách firmy Bosch má vačkou ovládaný přerušovač funkci tohoto řídicího spínače. Pokud jsou kontakty přerušovače sepnuty, protéká řídicí proud I_s do báze B a tranzistor je mezi emitorem E a kolektorem C elektricky vodivý. V tomto stavu odpovídá spínači v poloze "ZAPNUTO", a proud může protékat přes primární vinutí L_1 zapalovací cívky. Pokud jsou ale kontakty přerušovače rozepnuty, neprotéká do báze B žádný řídicí proud, a tranzistor není elektricky vodivý; zabraňuje tak průtoku primár-

ního proudu a odpovídá tak v tomto stavu spínači v poloze "VYPNUTO".

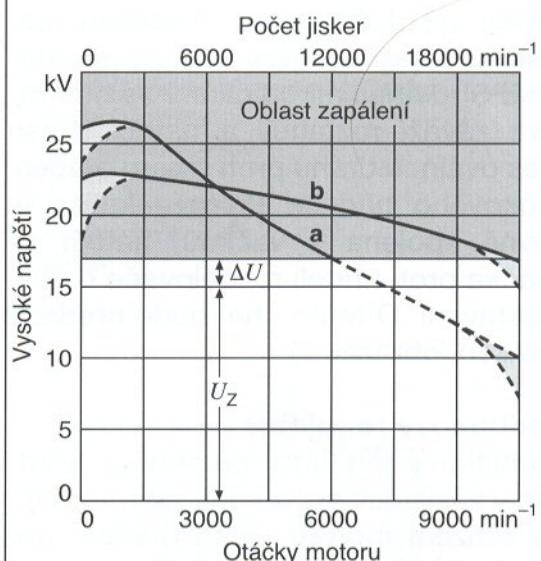
Výhody

Kontakty řízené tranzistorové zapalování má oproti kontakty řízenému cívkovému zapalování dvě podstatné výhody:

- rychlejší nárůst primárního proudu a
- podstatně delší životnost kontaktů přerušovače.

Obrázek 1: Nabídka vysokého napětí zapalovací cívky pro zapalovací svíčku v závislosti na počtu jisker příp. otáček (čtyřdobý, čtyrválcový motor)

a) zapalovací cívka s maximálním počtem jisker $12\ 000\ min^{-1}$
 b) vysoko výkonná zapalovací cívka s maximálním počtem jisker $21\ 000\ min^{-1}$
 U_Z zapalovací napětí, ΔU minimální napěťová rezerva
 šedá plocha: oblast bezvýpadkového provozu.



Při použití spínacího tranzistoru může být hodnota primárního proudu zvýšena, neboť mechanický kontakt může dlouhodobě a s požadovanou frekvencí spínat jen proudy do 5 A. Protože primární proud zvyšuje nahromaděnou energii s kvadrátem, zvyšuje se výkon zapalovací cívky a tím veškeré hodnoty, jako nabídka max. napětí, doba trvání jiskry a proud jiskry. Proto potřebuje

kontakty řízené tranzistorové zapalování kromě spínací jednotky zapalování také speciální zapalovací cívku.

Výrazně delší životnost TZ-K je dána odlehčením kontaktů přerušovače od vysokých proudů. Kromě toho se již nevyskytují dva problémy, které značně snižovaly nabídku napětí u kontaktně řízeného cívkového zapalování: kmitání kontaktů a opalovací jiskra na kontaktech která byla způsobena indukčností zapalovací cívky.

Opalovací jiskra působí zejména při nižších otáčkách a při startu, a je příčinou

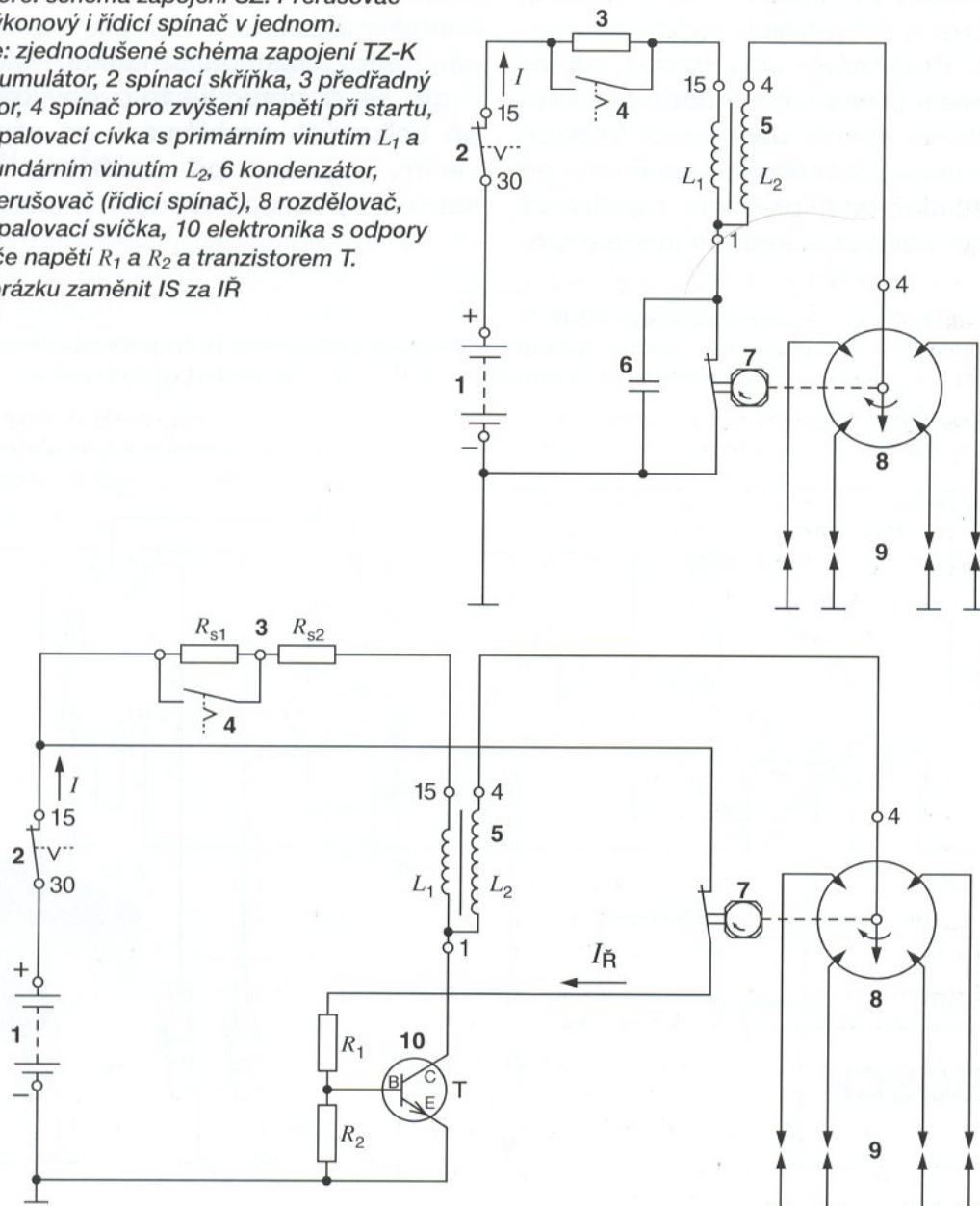
nou toho, že je snížena použitelná energie a že je zpomalen nárůst vysokého napětí. Kmitání kontaktů naproti tomu působí rušivě při vysokých otáčkách díky vysoké spínací frekvenci kontaktů. Pohyblivý kontakt kmitá při spínání a nabíjí tak zapalovací cívku v určitém časovém okamžiku méně silně, přičemž je zkrácena doba sepnutí. První nevýhodná vlastnost kontaktů přerušovače u kontakty řízeného tranzistorového zapalování odpadá, druhá ne.

Obrázek 2: Porovnání tradičního cívkového zapalování (SZ) s kontakty řízeným tranzistorovým zapalováním (TZ-K)

Nahoře: schéma zapojení SZ. Přerušovač je výkonový i řídící spínač v jednom.

Dole: zjednodušené schéma zapojení TZ-K
1 akumulátor, 2 spínací skříňka, 3 předřadný odpor, 4 spínač pro zvýšení napětí při startu, 5 zapalovací cívka s primárním vinutím L_1 a sekundárním vinutím L_2 , 6 kondenzátor, 7 přerušovač (řídící spínač), 8 rozdělovač, 9 zapalovací svíčka, 10 elektronika s odpory děliče napětí R_1 a R_2 a tranzistorem T.

V obrázku zaměnit IS za I_R



Zapojení

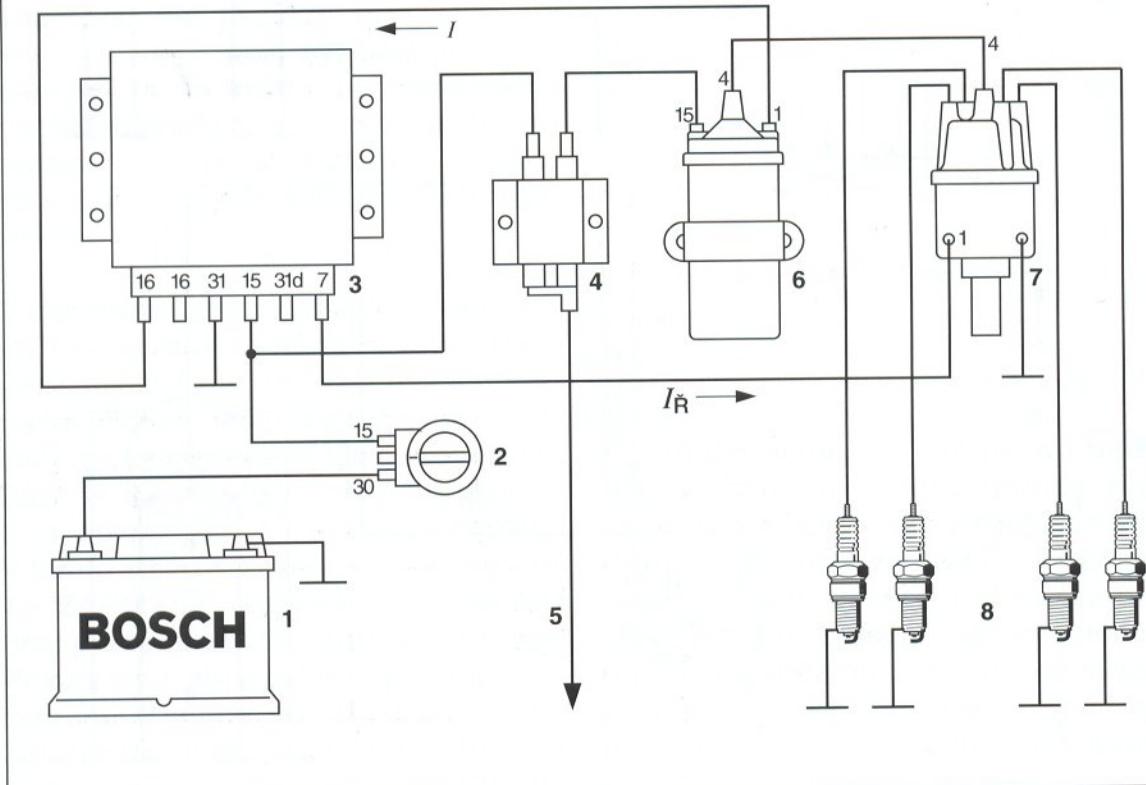
U kontakty řízeného tranzistorového zapalování je spínací jednotka zapalování (řídicí jednotka) zapojena mezi svorku 1 rozdělovače (tzn. přerušovač) a svorku 1 zapalovací cívky (obrázek 3). Dodatečně potřebuje spínací jednotka zapalování ještě vlastní svorku 15 s napájecím napětím a připojení kostry 31. Napájení primární strany zapalovací cívky probíhá přes pár předřadných odporů, které jsou obvykle zapojeny v řadě. Při startu je levý předřadný odpor přemostěn přes svorku 50 na startér. Tím je přiváděno vyšší napájecí napětí přes pravý předřadný odpor na zapalovací cívku. Předřadný odpor tak kompenzuje nevýhody, které nastávají při startu a při poklesu napětí akumulátoru. Předřadné odpory tak slouží k omezení primárního proudu u nízko-ohmických, rychle nabíjených zapalovacích cívek. Zabraňují tak zejména při nižších otáčkách přetížení zapalovací cívky, protože úhel sepnutí je stále tvo-

řen vačkou hřídele rozdělovače. Protože zapalovací cívka potřebuje k nabití konstantní dobu, ale nepracuje s neměnnou dobou sepnutí, je při nízkých otáčkách k dispozici příliš mnoho a při vysokých otáčkách příliš málo času k nabití zapalovací cívky. Předřadné odpory a rychle nabíjená zapalovací cívka umožňují optimalizaci v celém provozním rozsahu.

Starší vozidla byla vybavována TZ-K již ve výrobě. Mezitím však bylo toto zapalování vytlačeno tranzistorovým zapalováním s bezúdržbovým spouštěcím systémem. TZ-K se ale velmi dobře hodí jako dovybavovací řešení pro vozidla, která jsou sériově vybavena kontakty řízeným cívkovým zapalováním, jehož vlastnosti znatelně vylepší. Proto se doporučuje toto dovybavení při celkových problémech se zapalováním, zejména při problémech při startu a výrazných svodech napětí.

Obrázek 3: Prvky a schéma zapojení TZ-K

1 akumulátor, 2 spínací skříňka, 3 spínací jednotka zapalování, 4 předřadné odpory, 5 vedení ke startéru, 6 zapalovací cívka, 7 rozdělovač, 8 zapalovací svíčky, I primární proud, I_R řídící proud



Tranzistorové zapalování s Hallovým snímačem (TZ-H)

Vedle kontakty řízeného tranzistorového zapalování (TZ-K) existují ještě dvě další verze tranzistorového zapalování s Hallovým spouštěcím systémem. (TZ-H).

U jednoho provedení je úhel sepnutí určen tvarem rotoru v rozdělovači. Jiné provedení má řídící jednotku hybridní konstrukce a ta automaticky reguluje úhel sepnutí.

Dodatečné omezení proudu se zvláště výkonnou zapalovací cívkou jednoznačně dělají z této verze vysoce výkonnou zapalovací soustavu.

Hallův jev

Pohybují-li se elektrony ve vodiči, kterým procházejí siločáry magnetického pole, pak jsou elektrony vychylovány kolmo ke směru průtoku proudu a kolmo ke směru magnetického pole:

na A_1 vzniká přebytek elektronů a na A_2 vzniká jejich nedostatek, což znamená, že mezi A_1 a A_2 vzniká Hallovo napětí. Tímto tak zvaným Hallovým jevem se vyznačují zejména polovodiče (obrázek 1).

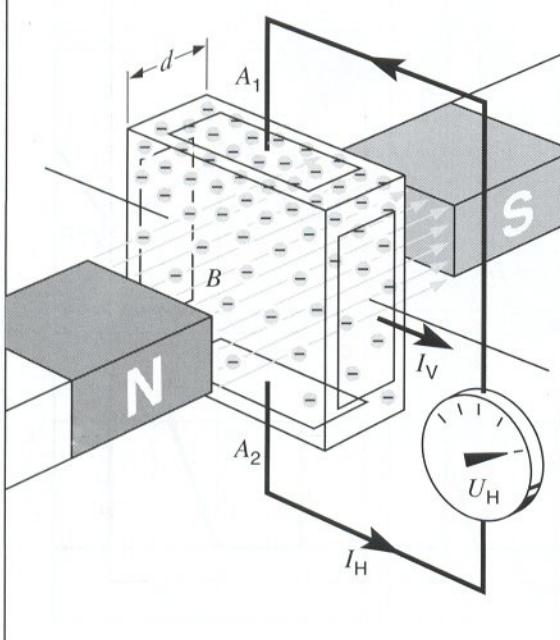
Hallův snímač

Pokud se otáčí hřídel rozdělovače, pohybují se clonky rotoru bez dotyku ve vzduchové mezere magnetické závory. Pokud je vzduchová mezera volná, protéká magnetické pole vestavěným integrovaným obvodem a tím také Hallovou vrstvou (obrázek 2).

Na Hallově vrstvě je vysoká hustota magnetického toku B , a Hallovo napětí U_H dosahuje maximum. Hallův integrovaný obvod je zapnut. Pokud jedna ze clonek vběhne do vzduchové mezery, ztrácí se větší část magnetického toku ve clonce a nepůsobí tak na integrovaný obvod. Hustota magnetického toku na Hallově vrstvě klesne až na malou zbytkovou hodnotu, která pochází z rozptýleného pole. Napětí U_H dosáhne minimum.

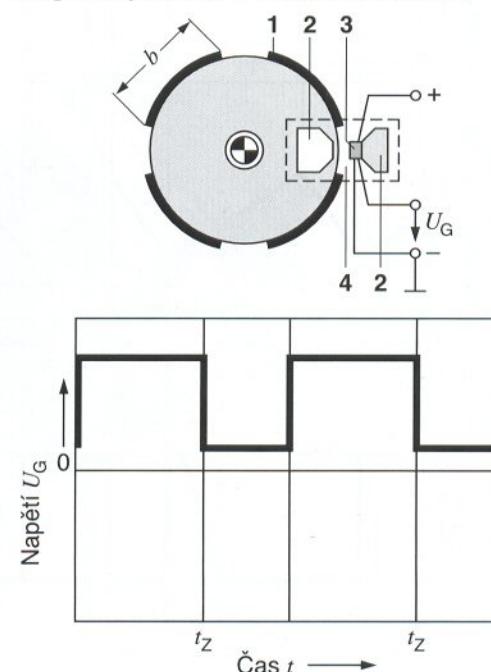
Obrázek 1: Hallův jev

B hustota magnetického toku, I_H Hallův proud, I_V napájecí proud, U_H Hallovo napětí, d tloušťka



Obrázek 2: Hallův snímač v rozdělovači

Nahoře: princip, dole: napětí snímače U_G (přetvořené Hallovo napětí)
1 clonka s šírkou b , 2 slabě magnetický vodivý prvek s trvalým magnetem, 3 Hallův integrovaný obvod, 4 vzduchová mezera.



Hallův snímač je umístěn v rozdělovači. Magnetická závora je namontována na pohyblivou nosnou desku.

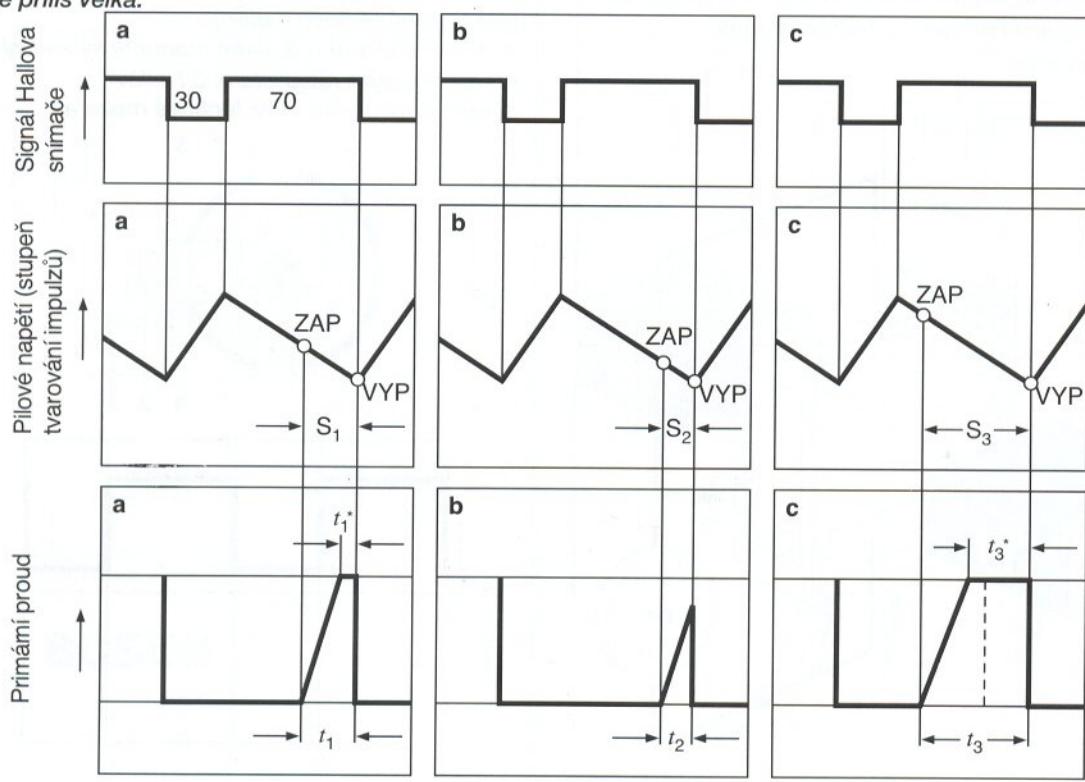
Hallův integrovaný obvod je usazen na keramickém nosiči a je proti vlhkosti, znečištění a mechanickému poškození zalit do umělé hmoty. Magnetické vodící prvky a rotor s clonkami jsou vyrobeny ze slabě magnetického materiálu. Rotor s clonkami a palec rozdělovače tvoří u provedení pro přestavbu starších zapalovacích systémů jeden stavební prvek. Počet clonek je shodný s počtem válců. Šířka b jednotlivých clonek může podle provedení spínací jednotky určovat maximální úhel sepnutí zapalovacího systému. Úhel sepnutí proto zůstává po celou dobu životnosti Hallova snímače konstantní; odpadá tak seřízení úhlu sepnutí. Princip funkce a konstrukce Hallova snímače dovolují seřízení zapalování na stojícím motoru, pokud není použit systém vypínání klidového proudu (vypínání primárního proudu při stojícím motoru a zapnutém zapalování).

Přestavba z konvenčního zapalování na bezkontaktní zapalování je při přesném dodržování návodu pro montáž a při určitém vybavení samozřejmě možná (obrázek 4). Informace Vám poskytnou Bosch servisy.

Regulace proudu a úhlu sepnutí

Vysoké výkonné zapalovací soustavy pracují se zapalovacími cívками, které se velmi rychle nabíjejí. Z tohoto důvodu je ohmický odpor primárního vedení snížen na hodnotu menší než 1. Signál Hallový-závory v rozdělovači obsahem informace odpovídá signálu kontaktů přerušovače. V jednom případě je úhel sepnutí dán tvarem vačky hřídele rozdělovače a ve druhém případě je poměrné sepnutí dán rotorem s clonkami. Rychle se nabíjející zapalovací cívka nemůže pracovat s konstantním úhlem sepnutí. Proto musí být k ochraňné zapalovací cívce přijata dvě opatření: regulace primárního proudu a regulace úhlu sepnutí (obrázek 3).

Obrázek 3: Změna úhlu sepnutí posunutím spouštěcí úrovni u Hallova snímače
 a) úhel sepnutí S_1 je v pořádku, b) úhel sepnutí S_2 je příliš malý, c) úhel sepnutí S_3 je příliš velký, $t_1 \dots t_3$ doba pro řídící koncový stupeň, t_1^* doba omezení proudu je v pořádku, t_3^* doba omezení proudu je příliš velká.



Funkce regulace proudu

Regulace primárního proudu slouží k omezení proudu protékajícího zapalovací cívkou a tím k omezení akumulace energie v zapalovací cívce na stanovenou hodnotu. K pokrytí dynamických poměrů při zrychlení motoru je zapotřebí určitý časový předstih. To znamená, že zapalovací cívka potřebuje dosáhnout požadovaného proudu určitou dobu před okamžikem zapálení. V této fázi regulace proudu pracuje zapalovací tranzistor ve svém aktivním rozsahu. Na tranzistoru je větší pokles napětí než v čistém spínacím režimu. Tím vzniká vyšší ztrátový výkon, který může ležet v rozsahu 20 až 30 W.

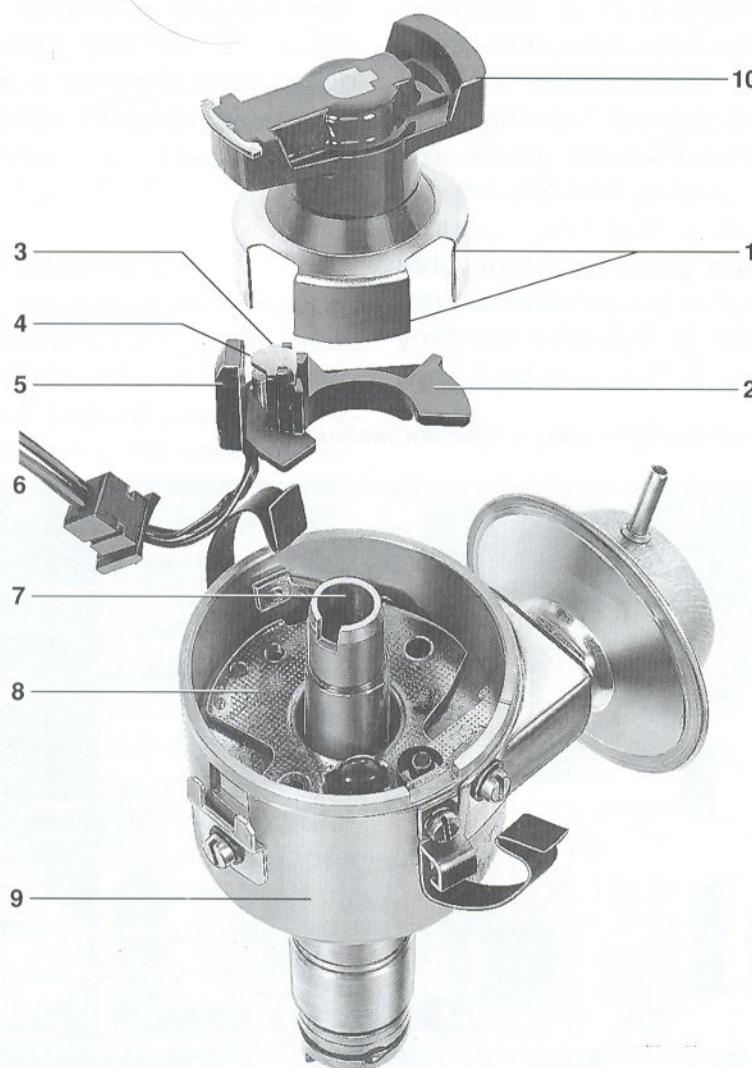
K minimalizaci ztrátového výkonu a k nastavení vhodného úhlu sepnutí je proto nutná regulace úhlu sepnutí (vlastně regulace doby sepnutí, protože nabíjení zapalovací cívky je omezeno časem).

Funkce regulace úhlu sepnutí

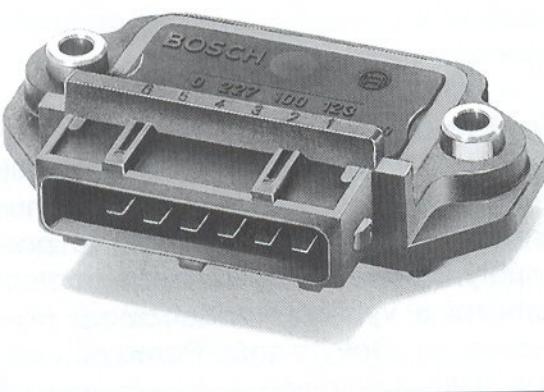
Protože v analogové technice probíhají regulační postupy jednoduše posunutím prahových hodnot napětí, je pravoúhlý signál Hallova snímače pomocí nabíjení a vybíjení kondenzátorů přeměněn na pilový signál. Poměrné sepnutí Hallova snímače se pohybuje mezi dvěma okamžiky zapálení 30:70.

Obrázek 4: Rozdělovač s Hallovým snímačem (provedení pro přestavbu starších systémů)

1 clonky, 2 magnetická závora, 3 půlový nástavec, 4 vzduchová mezera, 5 keramický nosič s Hallovým integrovaným obvodem (zality), 6 tří-žilové vedení ke snímači, 7 hřídel rozdělovače, 8 nosná deska, 9 těleso rozdělovače, 10 palec rozdělovače

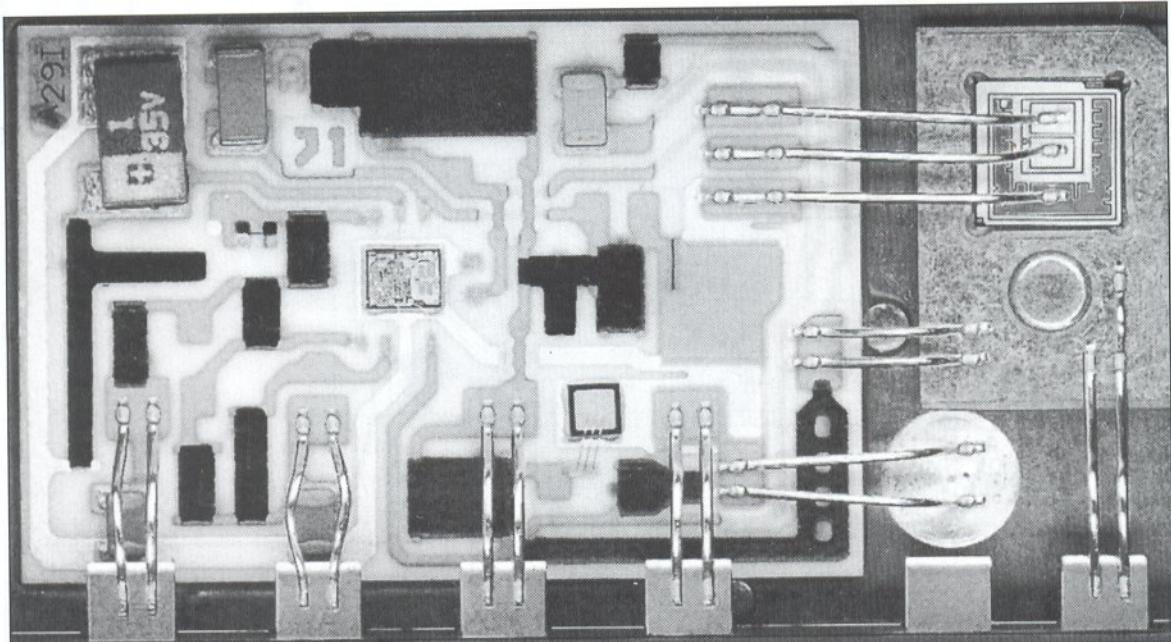


Obrázek 5: Řídicí (spínací) jednotka s koncovým stupněm pro regulaci proudu a regulaci úhlu sepnutí.



Na konci šířky clonky, která odpovídá 70%, leží stanovený okamžik zapálení, který je určen přestavením rozdělovače. Regulace je nastavena tak, že doba regulace proudu t_1 přesně odpovídá potřebnému dynamickému časovému předstihu. Z hodnoty t_1 je vytvořeno napětí a je porovnáno s klesající větví pilového napětí. Na průsečíku "ZAP" je primární proud zapnut, začíná úhel sepnutí. Tímto způsobem může být prostřednictvím změny hodnoty napětí, odvozené z doby regulace proudu, libovolně měněn bod spuštění úhlu sepnutí posunutím průsečíku na pilovém napětí. Tak je vytvořen správný úhel sepnutí pro každý provozní stav.

Obrázek 6: Zapojení řídicí jednotky v hybridní technice.



Protože regulace proudu a úhlu sepnutí jsou přímo závislé na proudu a čase, jsou vlivy proměnlivého napětí akumulátoru, vlivy teploty nebo zvláštní tolerance v zapalovacích cívkách vyregulovány. To činí tuto zapalovací soustavu vhodnou zejména pro studené starty. Protože díky tvaru Hallova signálu může při stojícím motoru a zapnutém zapalování protékat primární proud, jsou řídicí jednotky vybaveny dodatečným obvodem, který tento "klidový proud" po určité době vypne.

Řídicí jednotka

Tranzistorová zapalování s regulací proudu a regulací úhlu sepnutí jsou až na vyjimky zhotoveny v hybridní technice. Díky tomu se nabízí možnost, vytvořit z kompaktní a lehké řídicí jednotky (obrázek 5) a např. se zapalovací cívky jeden agregát. Z důvodu ztrátového výkonu vznikajícího v zapalovací cívce i v TZ-řídicí jednotce je nutné dostatečné chlazení a dobrý termický kontakt ke karosérii vozidla.

Tranzistorové zapalování s induktivním snímačem (TZ-I)

Tranzistorové zapalování s induktivním snímačem (TZ-I) je podobně jako zapalování s Hallovým snímače vysoce výkonný systém zapalování. Oba zapalovací systémy se liší jen nepatrně. TZ-I má ve srovnání s TZ-H ve vysokých otáčkách větší fázový posun mezi skutečným okamžikem zapálení a charakteristikou snímače. To je způsobeno induktivním snímačem u TZ-I, který představuje elektrický generátor střídavého proudu a díky zatížení způsobenému řídicí jednotkou vykazuje dodatečný fázový posun. V některých případech je tento jev dokonce žádoucí při korekci charakteristik proti klepání. TZ-I se, díky symetrické konstrukci snímače, vyznačuje ve srovnání s Hallovou závorou u TZ-H a jejím asymetrickým uspořádáním k ose otáčení, minimální "oscilací jisker".

Induktivní snímač

Trvalý magnet, induktivní vinutí a jádro induktivního snímače tvoří jeden pevně uzavřený stavebnicový prvek, tzv. "stator". Vzhledem k tomuto pevnému prvku se otáčí, na hřídel rozdělovače nasazená hvězdice, tzv. "rotor". Jádro a rotor jsou vyrobeny ze slabě magnetického železa; mají nástavce ve tvaru zubů (zuby statoru a rotoru).

Princip funkce spočívá v tom, že se při otáčení rotoru periodicky mění šířka vzduchové mezery mezi nástavci rotoru a statoru. Tím se také mění magnetický silový tok. Změna magnetického toku vyvolá v induktivním vinutí střídavé napětí. Hodnota vrcholového napětí $\pm U$ závisí na otáčkách: činí asi 0,5 V při nízkých a asi 100 V při vysokých otáčkách. Frekvence f tohoto střídavého napětí odpovídá počtu jisker za minutu.

Platí vztah:

$$f = z \cdot \frac{n}{2}$$

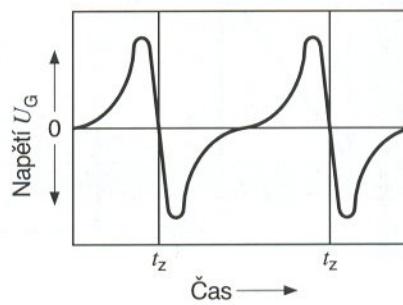
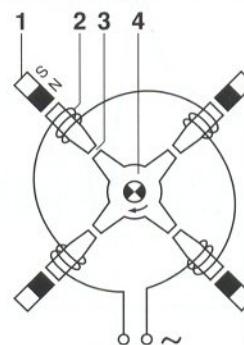
f frekvence příp. počet jisker (min-1)
z počet válců, n otáčky motoru (min-1)

Konstrukční poznámky

Induktivní snímač je umístěn v tělese rozdělovače místo přerušovače (obrázek 1). To, že se jedná o rozdělovač s induktivním snímačem, lze zvenku rozpoznat jen podle dvoužilového vodiče s konektorem. Slabě magnetické jádro induktivního vinutí má tvar kruhové desky a nazývá se "pólová deska". Na vnější straně pólové desky (např. ohnuty pod pravým úhlem nahoru) jsou pólové nástavce statoru. Odpovídajícím způsobem má rotor zahnuty své pólové nástavce směrem dolů. Hvězdice snímače impulzů - srovnatelná s kontakty přerušovače - sedí na duté hřídeli, která obepíná hřídel rozdělovače. Počet nástavců hvězdice a pólové desky se shoduje s počtem válců motoru. Mezi pevnými a pohyblivými

Obrázek 1: Rozdělovač s induktivním snímačem.

nahoře: princip, dole: indukované napětí
1 trvalý magnet, 2 induktivní vinutí s jádrem,
3 vzduchová mezera s proměnnou šířkou,
4 rotor



nástavci je v přímé protipoloze mezera přibližně 0,5 mm.

Regulace proudu a úhlu sepnutí

Regulace proudu a úhlu sepnutí probíhá u TZ-I podobně jako u TZ-H. Samozřejmě není tak náročné, protože v normálním případě nemusí být vyráběno pilové napětí, na kterém je pak posouvaný spouštěcí bod sepnutí.

Místo toho je signál induktivního snímače přímo vhodný jako pilové napětí, ze kterého je porovnáním s dobou regulace proudu určen odpovídající napěťový signál okamžiku sepnutí (obrázek 2).

Funkce regulace proudu

Regulace proudu zjišťuje nejprve hodnotu proudu měřením ztráty napětí na nízkoohmickém odporu, který je umístěn ve vedení emitoru zapalovacího tranzistoru. Přes regulační obvod omezení proudu je přímo ovládán budící

stupeň zapalovacího tranzistoru (Darlingtonův tranzistor).

Funkce regulace úhlu sepnutí

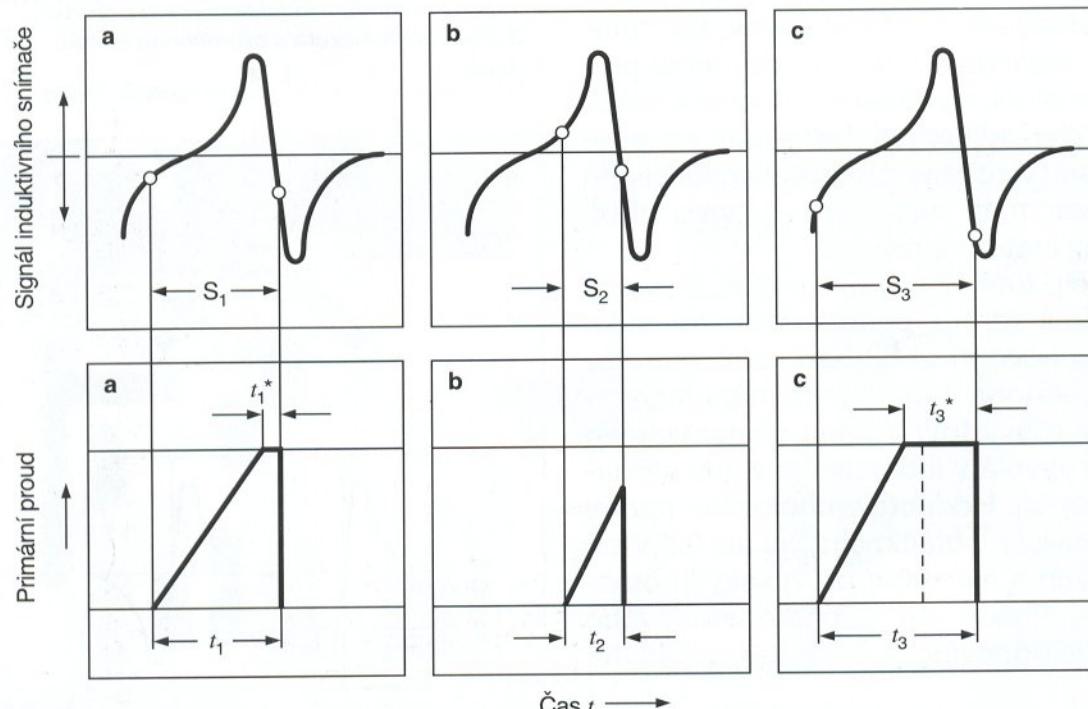
Regulace úhlu sepnutí pracuje se stejným měřicím napětím, přivádí ho ale do vlastního regulačního obvodu. Vyhodnocením doby, ve které tranzistor reguluje proud, lze odvodit případně korigovat úhel sepnutí.

Řídicí jednotka

Řídicí jednotky vysokých výkonových zapalovacích systémů TZ-I jsou až na výjimky zhodoveny v hybridní technice, která sloučuje vysokou hustotu uspořádání s nízkou hmotností a dobrou spoehlivostí.

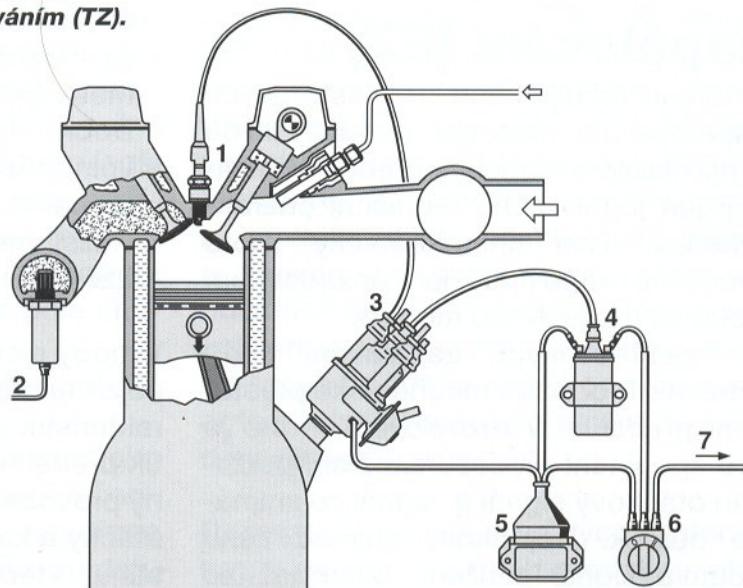
Pokud jsou schváleny nízké výkonové parametry, může být odstoupeno od regulace úhlu sepnutí a také případně od regulace proudu. Proto, mohou mít řídicí jednotky TZ-I v některých aplikacích menší velikost a tím se zvláště dobře hodí pro přímou montáž na těleso

Obrázek 2: Změna úhlu sepnutí posunutím spouštěcí úrovně u induktivního snímače
 a) úhel sepnutí S_1 je v pořadku, b) úhel sepnutí S_2 je příliš malý, c) úhel sepnutí S_3 je příliš velký,
 $t_1 \dots t_3$ doba pro řídicí koncový stupeň, t_1^* doba omezení proudu je v pořadku, t_3^* doba omezení proudu je příliš velká.



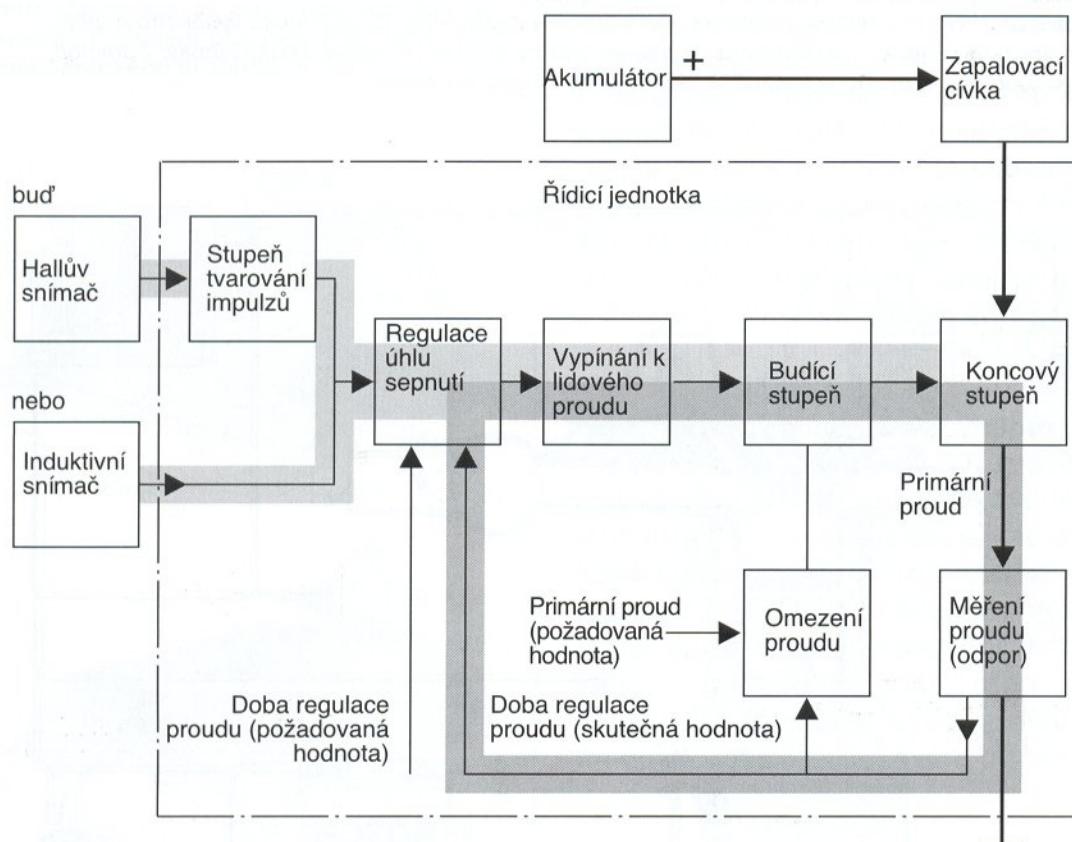
Obrázek 3: Soustava s bezkontaktně řízeným tranzistorovým zapalováním (TZ).

- 1 zapalovací svíčka
- 2 lambda sonda
- 3 rozdělovač s odstředivou a podtlakovou regulací jakož i s induktivním nebo Hallovým snímačem (alternativně)
- 4 zapalovací cívka
- 5 řídící (spínací) jednotka
- 6 spínací skříňka
- 7 k akumulátoru



rozdělovače. Tak se dá, podobně jako v případě montáže do jednoho celku se zapalovací cívkou, zmenšit počet vedení, spojujících komponenty zapalovacího systému (obrázek 4).

Obrázek 4: Blokové schéma řídící jednotky s Hallovým nebo induktivním snímačem



Elektronické zapalování (EZ)

Tradiční rozdělovače tranzistorových zapalovacích systémů s odstředivou a podtlakovou regulací předstihu realizují jen jednoduché regulační charakteristiky. Tyto charakteristiky proto převážně odpovídají jen požadavkům optimálního provozu motoru.

U "elektronických zapalování" (EZ, obrázek 1) odpadá mechanické přestavení předstihu v rozdělovači. Proto je pro spouštění procesu zapálení používán otáčkový signál tj. signál ze snímače otáček. Doplňkový snímač tlaku dodává signál zatížení. Mikropočítáč vypočítává z těchto signálů potřebné přestavení předstihu a odpovídajícím způsobem modifikuje výstupní signál, který je dále předáván do spínací jednotky.

Výhody

- Přestavení předstihu může být lépe přizpůsobeno individuálním a rozma-

nitým požadavkům, které jsou na motor kladeny.

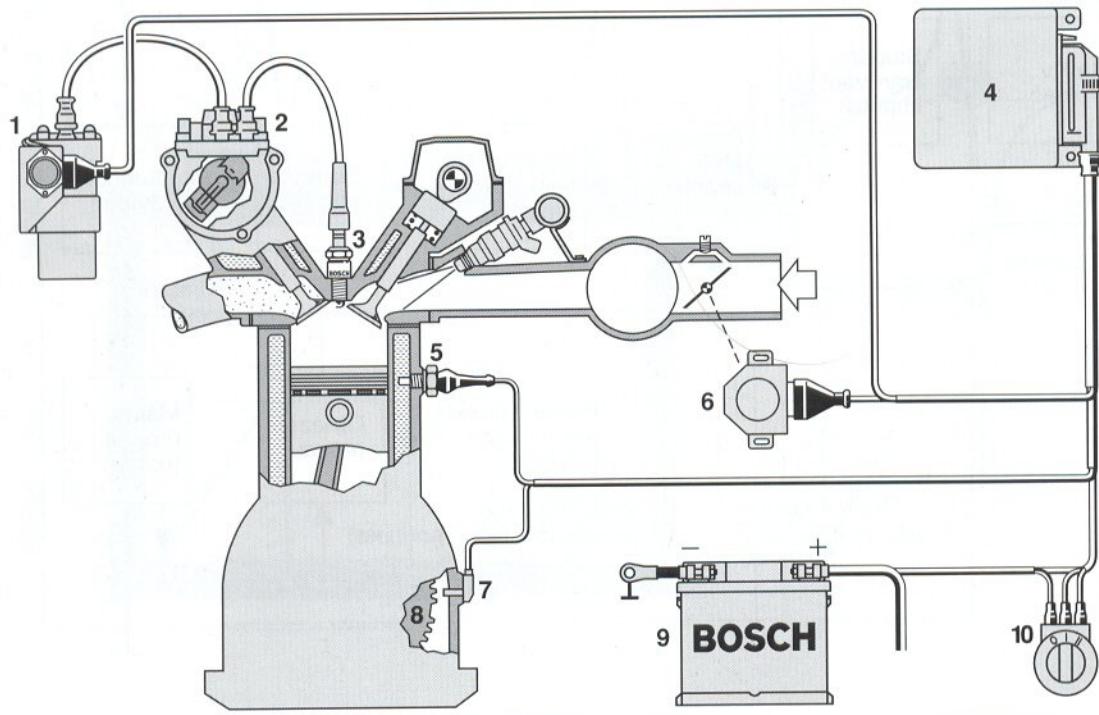
- Je možné zahrnout další řídicí parametry (např. teplotu motoru).
- Dobré chování při startu, lepší řízení volnoběžných otáček a nižší spotřeba paliva
- Rozšířené získávání provozních dat
- Lze realizovat regulaci klepání

Výhody elektronického zapalování jsou nejzřetelnější při pohledu na pole charakteristik předstihu. Pole charakteristik předstihu obsahuje pro každý možný provozní bod motoru, tzn. pro každé otáčky a každé zatížení, hodnotu předstihu, která je zvolena jako nejlepší kompromis při konstrukci motoru.

Předstih pro určitý provozní bod motoru je upraven podle různých hledisek, a to s ohledem na spotřebu paliva, točivý moment, emise výfukových plynů, vzdálenost od hranice klepání, teplotu motoru atd.. Podle optimalizačního kritéria má jedno nebo druhé hledisko

Obrázek 1: Elektronická zapalovací soustava (EZ).

1 zapalovací cívka s vestavěným koncovým stupněm zapalování, 2 rozdělovač vysokého napětí, 3 zapalovací svíčka, 4 řídicí jednotka, 5 snímač teploty motoru, 6 spinač škrťicí klapky, 7 snímač otáček a polohy, 8 ozubený kotouč, 9 akumulátor, 10 spinaci skříňka.



větší váhu. Proto vypadá pole charakteristik předstihu u elektronického zapalování, ve srovnání s polem charakteristik mechanicky odstředivě a podtlakově řízeného systému, často velmi rozpolceně. Pokud by měl být pro lepší názornost dodatečně znázorněn, většinou nelineární, vliv teploty nebo jiných korekčních funkcí, bylo by zapotřebí nezobrazitelné čtyřozměrné pole charakteristik.

Princip funkce

Signál odebíraný ze snímače podtlaku používá zapalování jako signál zatížení. Z tohoto signálu a otáček je vytvořeno tříozměrné pole charakteristik předstihu, které umožnuje pro každý bod otáček a každý bod zatížení (horizontální rovina) určit nejvhodnější předstihu (vertikální rovina). V celém poli charakteristik je podle požadavků naprogramováno asi 1000 ... 4000 samostatně vyvolatelných hodnot předstihu (obrázek 2).

Při zavřené škrtící klapce je zvolena

speciální charakteristika pro volnoběh a brzdění motorem. Pro otáčky menší než jsou ve volnoběhu předepsané, může být předstih posunut na "dříve" (tzn. zvětšen) a tím dojde ke stabilizaci volnoběhu dosažením vyššího točivého momentu. Při brzdění motorem jsou z důvodu emisí výfukových plynů a chování při jízdě naprogramovány odladěné hodnoty předstihu. Při plném zatížení je zvolena charakteristika plného zatížení. Zde je nejvhodnější hodnota předstihu naprogramována s ohledem na hranici klepání.

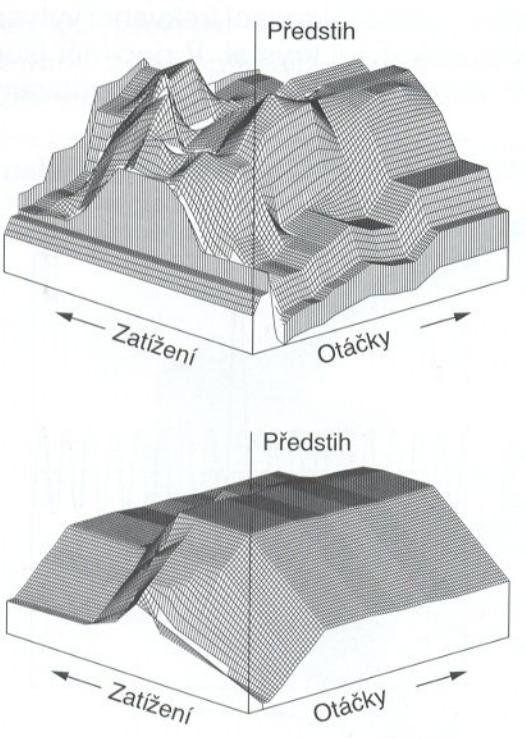
Pro start může být u určitých systémů naprogramován průběh předstihu jako funkce otáček a teploty motoru nezávisle na poli charakteristik předstihu. Tím může být při startu dosaženo vysokého momentu motoru, aniž by vznikly zpětně působící rázy. Podle požadavků jsou pole charakteristik realizovatelná s různou komplexností nebo také s několika programovatelnými charakteristikami.

Elektronické přestavení předstihu je možné v rámci různých elektronických systémů zapalování. Plně integrované přestavení předstihu je použito např. u systému Motronic. Ale také jako doplněk k tranzistorovému zapalování (ve formě dodatečné přestavovací jednotky). Elektronické přestavení předstihu může být realizováno jako jednotka s integrovaným koncovým stupněm.

Zjištění otáček

Ke stanovení otáček a k synchronizaci s klikovým hřídelem jsou dvě možnosti: snímání signálu přímo z klikového hřídele nebo snímání signálu přímo z vačkového hřídele příp. rozdělovače, který je osazen Hallovým snímačem. Výhody, které nabízí pole charakteristik předstihu v zobrazené formě, mohou být s nejvyšší přesností využity díky snímačům otáček na klikovém hřídeli.

Obrázek 2: Optimalizované elektronické pole charakteristik předstihu (nahoru) ve srovnání s polem charakteristik předstihu mechanického systému (dole).



Vstupní signály

Otáčky (poloha klikového hřídele) a tlak v sání jsou dvě hlavní řídicí veličiny pro předstih.

Otáčky a poloha klikového hřídele

Ke zjištění otáček slouží induktivní impulzní snímač, který snímá zuby speciálního ozubeného kola na klikovém hřídeli. Díky takto vzniklé změně magnetického toku je indukováno střídavé napětí, které je vyhodnocováno řídicí jednotkou. K jednoznačné identifikaci má toto ozubené kolo mezeru, která je zjištěna induktivním snímačem a signál je zpracován ve speciálním obvodu. Také se ještě používá řešení s Hallovým snímačem v rozdělovači. U symetrických motorů je kromě toho možné induktivně vyhodnocovat impulzy ze segmentů na klikovém hřídeli. Počet segmentů přitom odpovídá polovině počtu válců (obrázek 3 až 5).

Zatížení (tlak v sání)

Tlak vyskytující se v sacím potrubí působí přes hadičku na snímač tlaku. Vedle tlaku v sání se jako signály zatížení hodí zejména hmotnost vzduchu nebo množství vzduchu nasávaného za časovou jednotku, které udávají míru plnění válce, tedy vlastní zatížení motoru. U zážehových motorů, které jsou vybaveny elektronickým vstřikováním paliva, se proto nabízí možnost využít

signál zatížení používaný pro přípravu směsi také pro zapalování.

Poloha škrtící klapky

Spínač škrtící klapky vysílá při volnoběhu a při plném zatížení motoru spínací signál (obrázek 5).

Teplota

Snímač teploty umístěný v bloku motoru (obrázek 5) dodává řídicí jednotce signál, který odpovídá teplotě motoru. Dodatečně nebo místo teploty motoru může být také pomocí dalšího snímače získávána teplota nasávaného vzduchu.

Napětí akumulátoru

Napětí akumulátoru je také korekční veličina, která je měřena řídicí jednotkou.

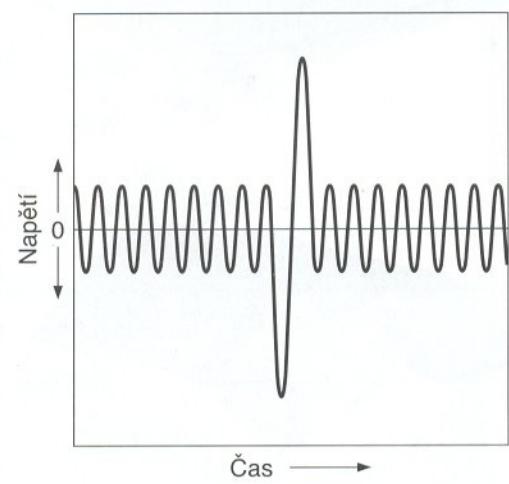
Zpracování signálů

Tlak v sacím potrubí, teplota motoru a napětí akumulátoru jsou jako analogové veličiny digitalizovány v analogovo-digitálním převodníku. Otáčky, poloha klikového hřídele a dorazy škrtící klapky jsou digitální signály a jsou proto zpracovávány přímo mikropočítačem. Zpracování signálů probíhá v mikropočítači, tvořeném mikroprocesorem, jehož taktovací frekvenci vytváří piezoelektrický krystal. V počítači jsou pro každé zapálení nově vypočítávány



Obrázek 3: Ozubený kotouč (na klikovém hřídeli) s induktivním snímačem

Obrázek 4: Průběh indukovaného napětí



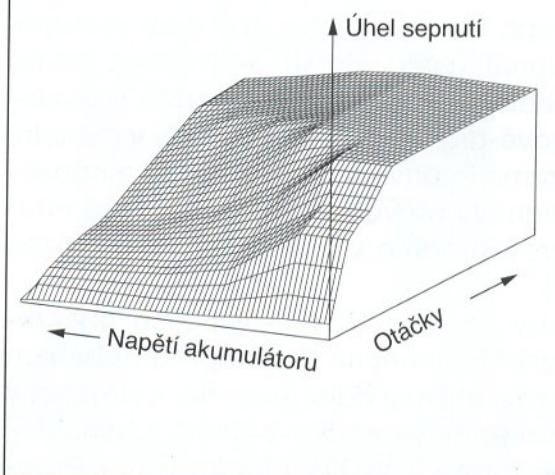
aktualizované hodnoty pro předstih a dobu sepnutí, aby tak mohl být motoru v každém pracovním bodě nabídnut optimální předstih jako výstupní veličina.

Výstupní signály zapalování

Primární obvod zapalovací cívky je spínán pomocí výkonového koncového stupně v elektronické řídicí jednotce. Doba sepnutí je řízena tak, aby sekundární napětí zůstávalo téměř konstantní, nezávislé na otáčkách a napětí akumulátoru.

Proto, aby byla každému bodu otáček a každému bodu napětí akumulátoru nově stanovena doba sepnutí, příp. úhel sepnutí, je zapotřebí další pole charakteristik, pole charakteristik úhlu sepnutí (obrázek 6). To obsahuje síť uzlových bodů, mezi kterými je, podobně jako u pole charakteristik předstihu, interpolováno. Použitím takového pole charakteristik úhlu sepnutí lze energii naakumulovanou v zapalovací cívce jemně dávkovat, podobně jako u regulace úhlu sepnutí. Vyskytují se ale také elektronické zapalovací systémy, u kterých je pole charakteristik úhlu sepnutí překryto ještě regulací úhlu sepnutí, která optimalizuje úhel sepnutí samostatně pro každý válec.

Obrázek 6: Pole charakteristik úhlu sepnutí

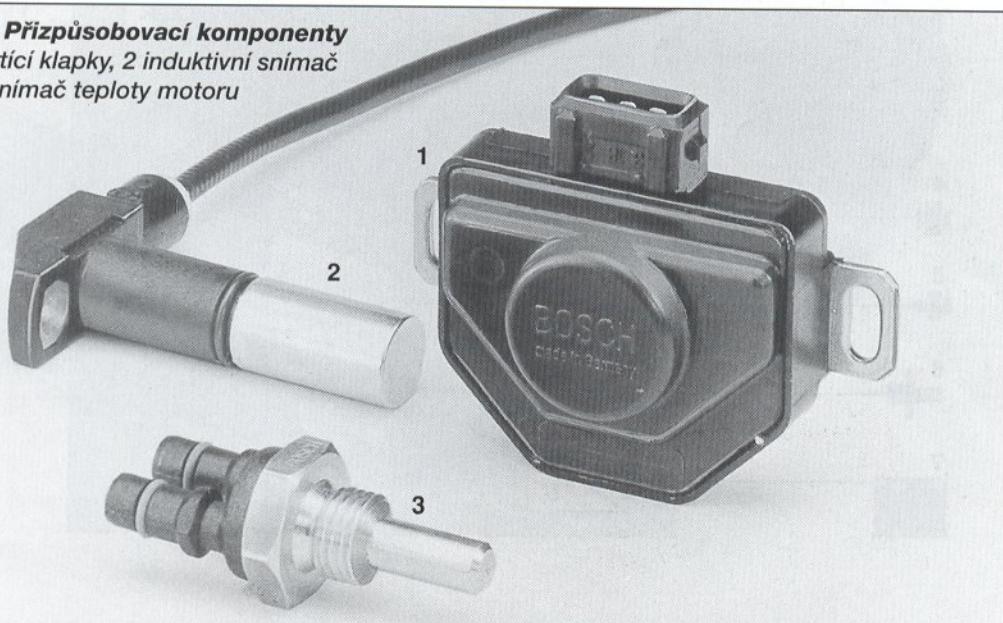


Řídicí jednotka

Jak ukazuje blokové schéma (obrázek 7), je jádro řídicí jednotky elektronického zapalování tvořeno mikropočítačem. Tento mikropočítač obsahuje všechna data, včetně polí charakteristik a programů, pro zjištění vstupních veličin a pro výpočet výstupních veličin. Protože snímače jsou převážně elektromechanické, na drsný provoz motoru přizpůsobené komponenty, je nutné signály pro řídicí jednotku upravit.

Obrázek 5: Přizpůsobovací komponenty

1 spínač škrťicí klapky, 2 induktivní snímač impulzů, 3 snímač teploty motoru



Tvarovací obvody impulzů převádějí impulzně tvarované signály ze snímačů (např. signál ze snímače otáček) na definované digitální signály. Snímače např. teploty a tlaku mají jako výstupní signál často signál analogový. Tento analogový signál je převeden v analogově-digitálním převodníku a v digitální formě je přiveden počítači. Analogově-digitální převodník může být také integrován přímo v mikropočítači (obrázek 7).

Aby mohla být data v polích charakteristik změněna krátce před náběhem série, existují řidicí jednotky s elektricky programovatelnou pamětí, nejčastěji ve formě EPROM (Electronically Programmable Read Only Memory).

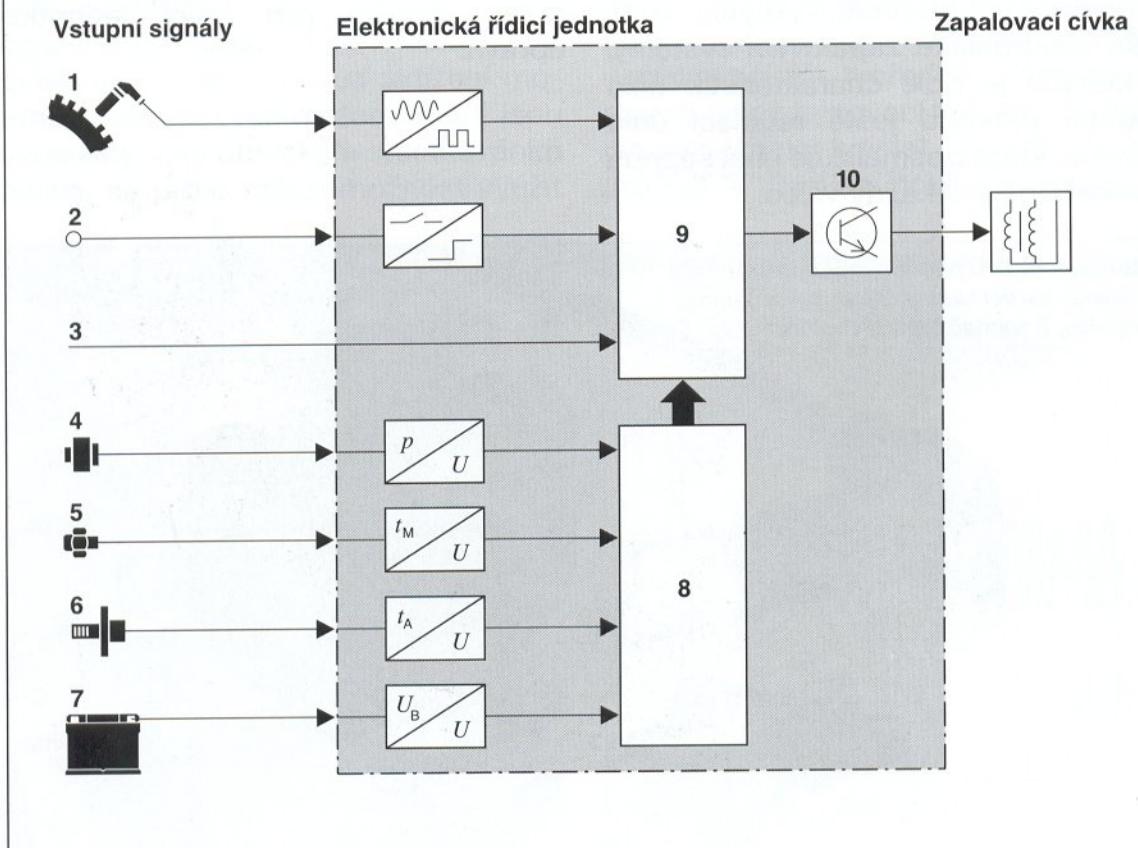
Koncový stupeň zapalování

Koncový stupeň zapalování může být zabudován buď do řidicí jednotky (jak je zobrazeno v blokovém schématu na

obrázku 7) nebo umístěn externě, většinou v kombinaci se zapalovací cívkou. U externě umístěného koncového stupně zapalování se řidicí jednotka většinou nachází v prostoru pro cestující. Zřídka zde bývá umístěna řidicí jednotka s integrovaným koncovým stupněm zapalování.

Pokud jsou řidicí jednotky s integrovaným koncovým stupněm zapalování umístěny v motorovém prostoru, potřebují velmi dobrý odvod tepla. Toho je dosaženo nasazením hybridní techniky. Polovodičové prvky a tím také koncové stupně jsou přitom umístěny přímo na tělese chladiče, který zaručuje tepelný kontakt s karoserií. Díky tomu mohou být tyto řidicí jednotky používány při teplotách okolí až do 100 °C. Mezi další výhody hybridních řidicích jednotek patří malá velikost a lehkost.

Obrázek 7: Zpracování signálů v elektronické řidící jednotce zapalování (blokové schéma)
1 otáčky motoru, 2 signály spínače škrťicí klapky, 3 CAN (sériový BUS), 4 tlak v sání, 5 teplota motoru, 6 teplota nasávaného vzduchu, 7 napětí akumulátoru, 8 analogově-digitální převodník, 9 mikropočítač, 10 koncový stupeň zapalování



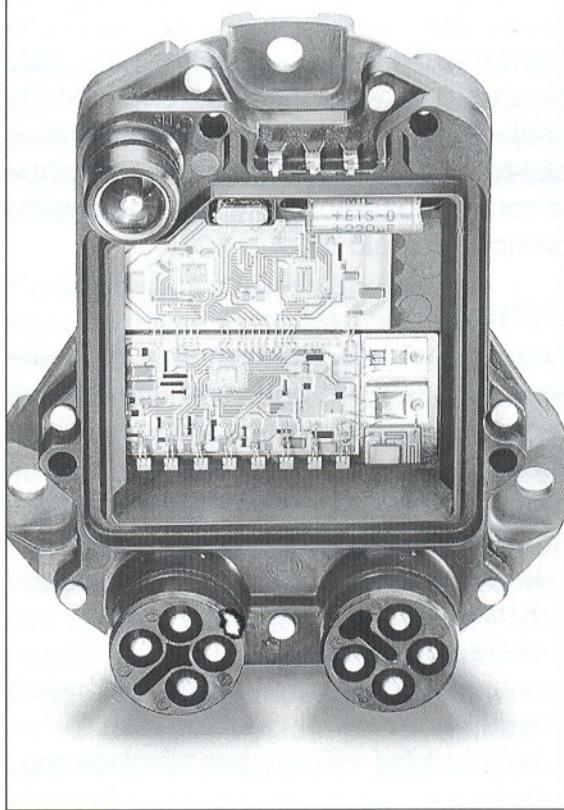
Další výstupní veličiny

Podle aplikací existují vedle koncového stupně také ovladače pro další výstupní veličiny. Příkladem mohou být výstupy pro otáčkové signály a signály stavu pro jiné řídící jednotky jako vstřikování, diagnostické signály, spínací signály pro ovládání vstřikovacích čerpadel nebo relé atd..

Elektronické zapalování je vhodné zejména pro kombinaci s jinými řídícími systémy motoru (obrázek 8 a 9). Spolu s elektronickým vstřikováním tak v jediné řídící jednotce vzniká základní provedení Motronicu.

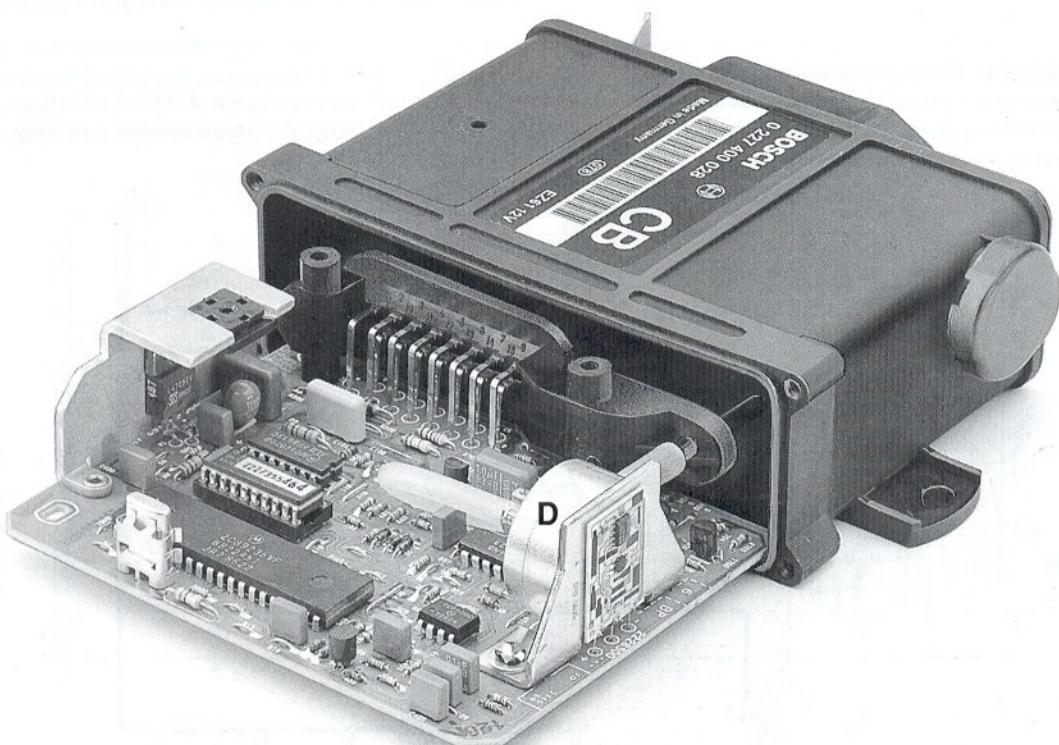
Rovněž velmi rozšířenou formou je spojení elektronického zapalování s regulací klepání. Tato kombinace je nabízena především proto, že přestavení předstihu ve směru "později" (jeho zmenšení) je nejrychleji a nejbezpečněji účinkující regulační zásah, který zabrání klepání motoru.

Obrázek 9: Řídící jednotka elektronického zapalování v hybridní technice
Snímač zatištěn je umístěn ve viku.



Obrázek 8: Řídící jednotka elektronického zapalování s regulací klepání v provedení s deskou plošných spojů

Tlaková dóza (D) slouží k měření tlaku v sacím tlaku v sacím potrubí.



Plně-elektronické zapalování (VZ)

“Plně-elektronické zapalování” (VZ, obrázek 1) se vyznačuje dvěma základními vlastnostmi: má všechny funkce elektronického zapalování a neobsahuje rotační rozdělování vysokého napětí pomocí rozdělovače.

Výhody

Klidové nebo-li elektronické rozdělování vysokého napětí nepřináší žádné výhody ve hmotnosti. Jeho výhody však jsou:

- podstatně menší elektromagnetická úroveň rušení, protože nedochází k výskytu nekrytých jisker
- žádné rotující díly
- snížení hlučnosti
- snížení počtu vyskonapěťových spojů a
- konstrukční výhody pro výrobce motoru

Výkonové parametry plně-elektronického zapalování jsou srovnatelné s elektronickým zapalováním.

Rozdělování napětí

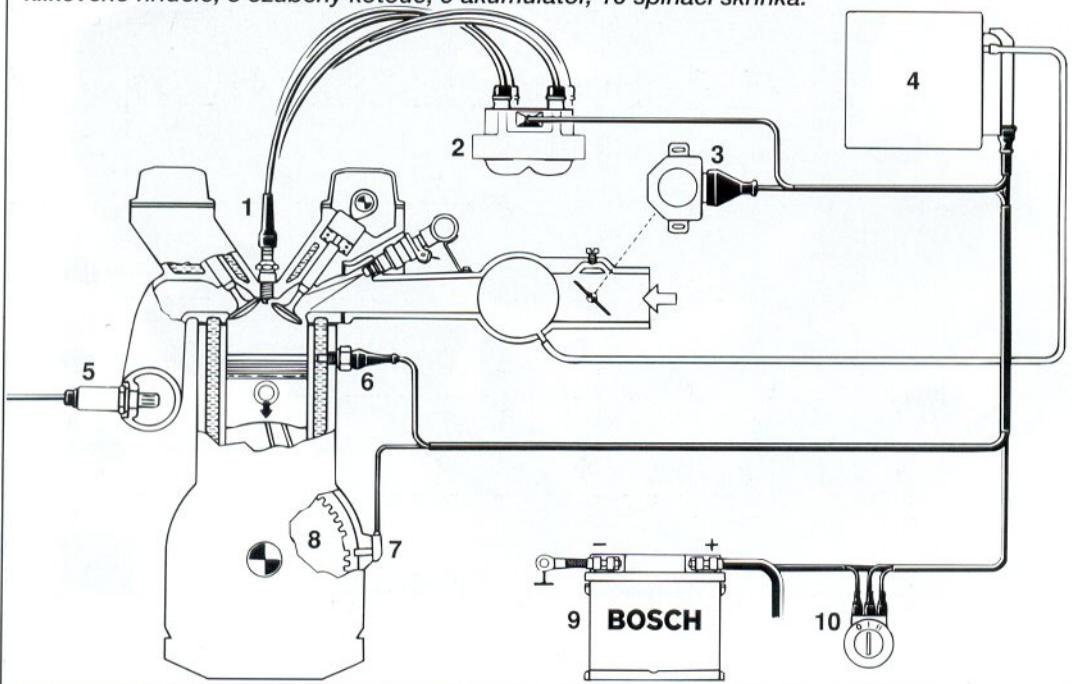
Rozdělování s dvoujiskrovými zapalovacími cívками

Místo rozdělovače jsou v nejjednodušším případě, např. u čtyrválcového motoru, použity dvoujiskrové zapalovací cívky. Obě dvoujiskrové zapalovací cívky jsou střídavě řízeny jednotlivými koncovými stupni zapalování. V okamžiku zapálení, který je stejně jako u elektronického zapalování stanoven z mikroprocesorem řízeného pole charakteristik, vytvoří dvoujiskrová zapalovací cívka současně dvě jiskry. Obě zapalovací svíčky, na kterých vzniknou jiskry, jsou elektricky zapojeny do série se zapalovací cívkou tak, že na každém vyskonapěťovém výstupu zapalovací cívky je zapojena jedna zapalovací svíčka. Zapalovací svíčky musí být uspořádány tak, aby jedna zapalovací svíčka zapálila ve válci v kompresní době, zatím co druhá vytváří jiskru v době výfuku ve válci, který je přesazen o 360° . O jednu otáčku klikového hřídele později zapalovací svíčky opět zapalují, ale nyní s vyměněnými rolemi.

Také druhá dvoujiskrová zapalovací cívka vytvoří pokaždé dvě jiskry, ale ty

Obrázek 1: Plně-elektronické zapalování (VZ)

1 zapalovací svíčka, 2 dvoujiskrová zapalovací cívka (2x), 3 spínač škrťicí klapky, 4 řídící jednotka s s integrovanými koncovými stupni, 5 lambda sonda, 6 snímač teploty, 7 snímač otáček a polohy klikového hřídele, 8 ozubený kotouč, 9 akumulátor, 10 spínací skříňka.



jsou vůči těm předchozím posunuty o 180° otočení klikového hřídele. Na příkladu čtyřválcového motoru lze uvést, že vždy zapalují současně 1 a 4 a potom 3 a 2 válec.

Kromě toho dvoujiskrová zapalovací cívka, která zapaluje jako první, vyžaduje signál, který označí počátek jedné otáčky. V zobrazeném příkladě určuje, signál HÚ, že musí být provedeno zapálení u skupiny válců 1/4. Počítac zjistí, kdy dojde k pootočení klikového hřídele o 180° a zařídí pak zapálení ve skupině válců 2/3 pomocí druhé dvoujiskrové zapalovací cívky. Na začátku druhé otáčky přichází opět signál HÚ a zapálení ve skupině válců 1/4.

Díky této nucené synchronizaci je také zajištěno, že při jakýchkoliv poruchách nedojde k výpadku synchronizace pořadí zapalování. Pro tento typ klidového nebo elektronického rozdělování vysokého napětí jsou vhodné jen motory se sudým počtem válců (např. 2, 4, 6), viz obrázek 2.

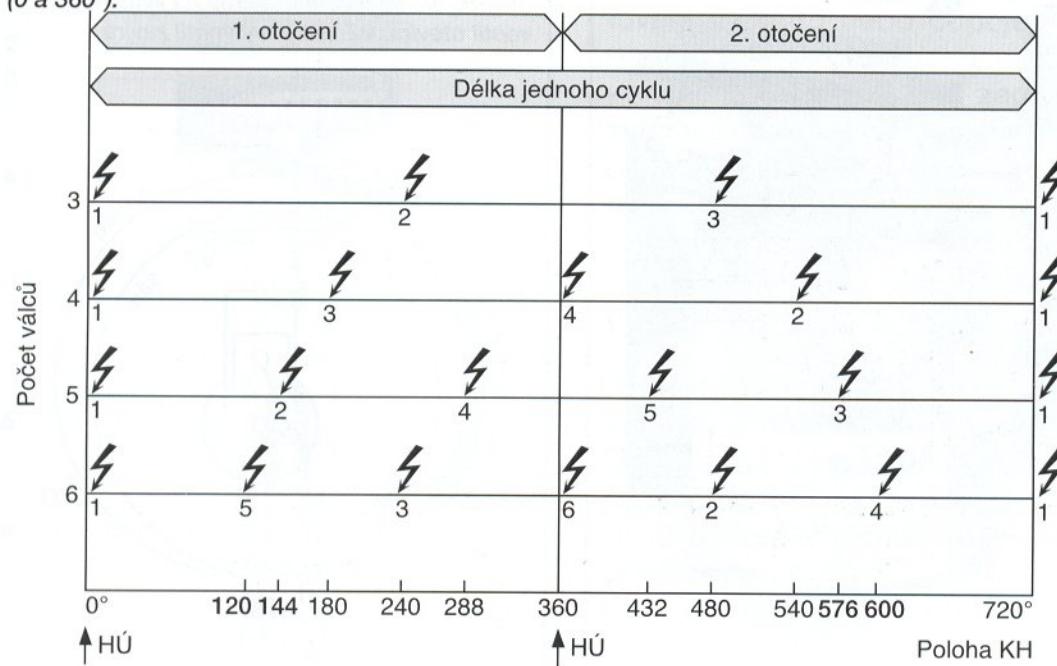
Poloviční počet válců pak udává počet potřebných zapalovacích cívek. Schéma plně-elektronického zapalování zobrazuje soustavu s rozdělováním vysokého napětí pomocí dvou dvoujiskrových zapalovacích cívek. Snímač polohy na klikovém hřídeli slouží kromě výpočtu předstihu také k aktivaci správné zapalovací cívky.

Rozdělování s jednojiskrovými zapalovacími cívkami

Plně-elektronické zapalování pro lichý počet válců (např. 3, 5) vyžaduje vlastní zapalovací cívku pro každý válec (jednojiskrové zapalovací cívky jsou ve spojení s plně-elektronickým zapalováním vhodné také pro sudý počet válců). Vlastní rozdělování napětí k zapalovacím cívkám probíhá na straně nízkého napětí a to ve výkonovém modulu s rozdělovací logikou. U lichého počtu válců probíhá cyklus po dvě otáčky klikového hřídele; proto také v tomto případě nepostačuje jeden signál HÚ. K synchronizaci musí být vyhodnocen signál z vačkového hřídele.

Obrázek 2: Pořadí zapalování u čtyřdobého motoru v průběhu dvou otáček klikového hřídele (cyklus)

Motory se sudým počtem válců vysílají jednoznačný signál pro zapálení skupin válců při HÚ (0 a 360°).



Rozdělování s čtyřjiskrovými zapalovacími cívками

Další možností pro klidové rozdělení napětí je čtyřjiskrová zapalovací cívka, která má dvě primární vinutí (s opačným smyslem vinutí) a jedno sekundární vinutí. Dvě primární vinutí jsou řízena dvěma koncovými stupni zapalování. Vysokonapěťové vinutí má na každém výstupu dvě diody s opačnou polaritou zapojení. Od těchto diod vychází po jednom zapalovacím kabelu ke každé zapalovací svíčce. Tím jsou střídavě, funkcí diod, (podobně jako u dvoujiskrových zapalovacích cívek), vytvářeny současně dvě jiskry.

Požadavek napětí

Protože jsou u dvoujiskrových a čtyřjiskrových zapalovacích cívek zapojeny dvě zapalovací svíčky v sérii, vzniká z důvodu jiskry při nízkém tlaku v době výfuku dodatečná potřeba vysokého napětí několika kilovolt, která je však kompenzována vynecháním jiskřiště v rozdělovači. Kromě toho je v každé skupině válců jedna zapalovací svíčka

"nesprávně" přepólována. To znamená, že střední elektroda je kladná, a ne jak je obvyklé záporná. Také tím vzrůstá o něco požadavek napětí.

Zapalovací cívky

Provedení

Dvoujiskrové zapalovací cívky, stejně jako většinou i čtyřjiskrové zapalovací cívky, jsou normálně v plastovém provedení. Kompaktní konstrukce a velká plocha na vrchní straně umožňují, u těchto zapalovacích cívek, umístění dvou oddělených vysokonapěťových vývodů. Chlazení a upevnění cívek je provedeno pomocí ven vytažených železných jader (obrázek 3).

Pracovní postup

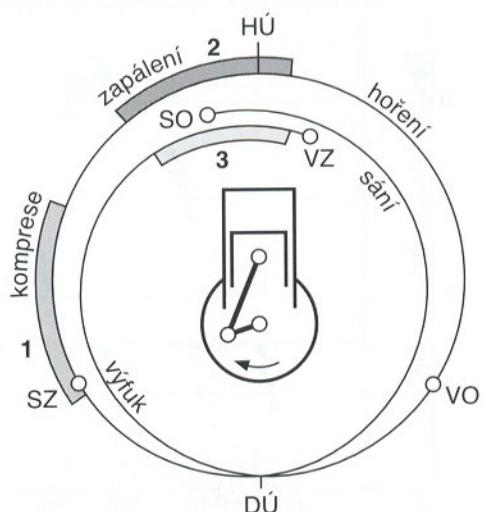
Na pracovním cyklu čtyřdobého motoru (dvě otáčky klikového hřídele) si lze ukázat jak v průběhu jednotlivých dob motoru vznikají zapalovací jiskry u jedné dvoujiskrové zapalovací cívky. První otáčka začíná krátce po SO (sací ventil otevírá) a trvá až do HÚ (horní

Obrázek 3: Dvoujiskrová zapalovací cívka



Obrázek 4: Vznik zapalovacích jisker u dvoujiskrové zapalovací cívky v pracovním cyklu čtyřdobého motoru.

1 pásmo zapnutí (počátek) primárního proudu,
2 pásmo zapálení první zapalovací jiskry,
3 pásmo zapálení druhé zapalovací jiskry, HÚ
horní úvrat, DÚ dolní úvrat, SO sací ventil
otevírá, SZ sací ventil zavírá, VO výfukový
ventil otevírá, VZ výfukový ventil zavírá



úvrat). Druhá otáčka začíná u HÚ a končí krátce před VZ (výfukový ventil zavírá). K zapálení dochází v kompresní době a to ve vyznačené oblasti krátce před a za HÚ, dle polohy bodu v poli charakteristik předstihu (obrázek 4).

V šedě znázorněném pásmu od SZ, začíná úhel sepnutí, tzn. je zapnut průtok primárního proudu zapalovací cívkou. Bod sepnutí se v tomto pásmu samozřejmě posouvá společně s okamžikem zapálení a odpovídá poli charakteristik úhlu sepnutí vzhledem k okamžiku zapálení.

Druhá zapalovací jiskra vzniká u dvoujiskrové zapalovací cívky na konci doby výfuku, protože obě jiskry vznikají současně, tzn. při stejně poloze klikového hřídele. Jiskra proto může přeskočit ještě v době výfuku, ve které je již znova otevřen sací ventil. To je kritické zejména při velkém překrytí ventilů (překrytí doby otevření sacího a výfukového ventilu).

Klidové rozdělování vysokého napětí s jednojiskrovými zapalovacími cívками (obrázek 5) vyžaduje, aby počet konco-

vých stupňů zapalování byl shodný s počtem válců.

V tomto případě se nabízí smontovat výkonový koncový stupeň se zapalovací cívkou. Tím budou na minimum redukována vedení pro vysoké napětí a střední napětí mezi zapalovacím tranzistorem a zapalovací cívkou.

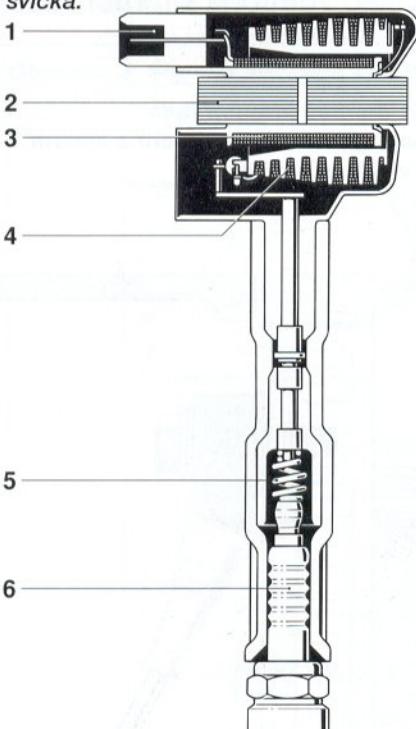
Řídicí jednotka

Řídicí jednotka plně-elektronického zapalování je totožná s řídicí jednotkou elektronického zapalování.

Koncové stupně zapalování mohou být integrovány do řídicí jednotky (např. u dvoujiskrových nebo čtyřjiskrových zapalovacích cívek) nebo mohou být umístěny externě do výkonového modulu s rozdělovací logikou, příp. mohou být v jednom stavebním celku se zapalovací cívkou (např. u jednojiskrových zapalovacích cívek).

Obrázek 5: Jednojiskrová zapalovací cívka

1 pripojovací konektor nízkého napětí,
2 lamelované železné jádro, 3 primární vinutí,
4 sekundární vinutí, 5 vysokonapěťový vývod,
uvnitř s pružným kontaktem, 6 zapalovací svíčka.



Nebezpečí úrazu

Všechny elektrické zapalovací soustavy jsou životu nebezpečné. Zásadně platí, že při práci na zapalovacích soustavách musí být zapalování vypnuto nebo odpojen zdroj napětí. Takové práce jsou např.:

- výměna dílů jako jsou zapalovací svíčky, zapalovací cívky příp. zapalovací transformátory, rozdělovače, zapalovací kably atd.
- pripojování motortesterů, strobo-skopických pistolí, testerů úhlu sepnutí, osciloskopů atd.

Při testování zapalovací soustavy se zapnutým zapalováním vznikají v celé soustavě životu nebezpečná napětí. Diagnostické práce smějí být proto prováděny jen vyškoleným odborným personálem.

Regulace klepání

Základní funkce

Hranice klepání

Provoz s katalyzátorem vyžaduje chod motoru s bezolovnatým benzínem při vzdušném součiniteli $\lambda = 1,0$. Olovo bylo do benzínu dříve přidáváno jako prostředek proti detonačnímu spalování, aby byl u motorů s vysokým kompresním poměrem umožněn provoz bez tzv. klepání. Při použití bezolovnatého benzínu lze normálně očekávat nižší kompresní poměr a vyšší spotřebu paliva.

“Klepání” nebo “zvonění” je nekontrolovaná forma hoření, která pokud nastává příliš často nebo příliš prudce, může vést až k poškození motoru. Z tohoto důvodu je hodnota předstihu stanovena vždy tak, aby byla vždy v bezpečné vzdálenosti od hranice klepání. Protože je ale hranice klepání závislá také na kvalitě paliva, stavu motoru a na podmírkách okolí, znamená tato bezpečná vzdálenost, díky příliš malé hodnotě předstihu, zvýšení spotřeby paliva o několik procent.

Tato nevýhoda může být odstraněna, pokud je hranice klepání zjišťována během provozu a hodnota předstihu je

pak regulovala až po tuto hranici. Tuto úlohu přebírá regulace klepání (obrázek 1).

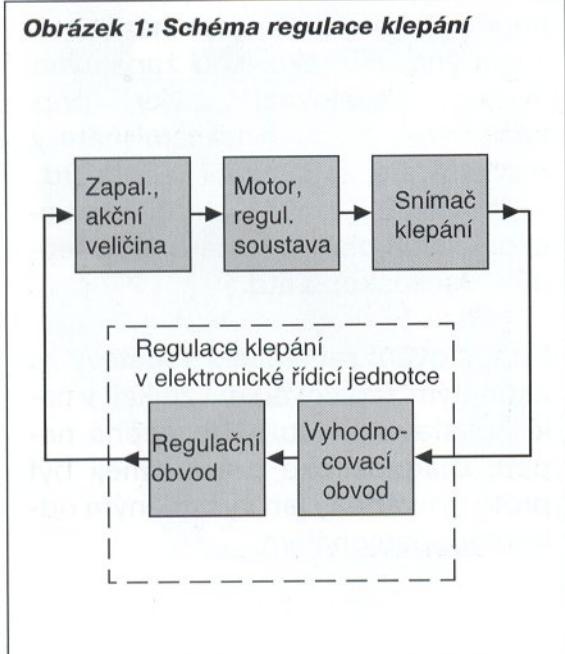
Snímač klepání

Doposud není možné zjistit hranici klepání bez toho, aniž by motor zaklepal. Během regulace podél hranice klepání dochází neustále k jednotlivým zaklepáním. Soustava je však příslušnému typu vozidla přizpůsobena natolik, že klepání není slyšitelné a že je s bezpečně zabráněno vzniku škod.

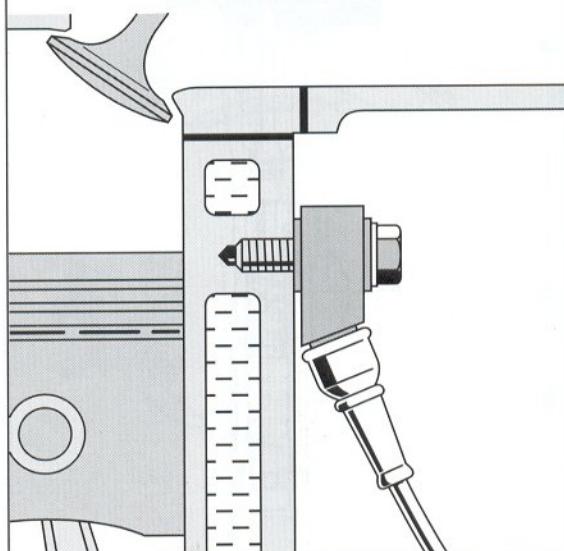
Jako měřící senzor slouží snímač klepání, který snímá typické vibrace vzniklé při klepání, převádí je na elektrický signál a přivádí ho do elektronické řídicí jednotky (obrázek 2 až 4).

Místo montáže snímače klepání je zvoleno tak, aby bylo za všech okolností zajištěno jisté rozpoznání klepání z každého válce. Většinou leží na podélné straně bloku motoru. U šesti a více-válcových motorů již většinou jeden snímač klepání nestačí zachytit klepání ze všech válců motoru. V takovýchto případech se používají dva snímače klepání na jednom motoru a jsou přepínány způsobem, který odpovídá pořadí zapalování.

Obrázek 1: Schéma regulace klepání



Obrázek 2: Snímač klepání jako širokopásmový snímač zrychlení s vlastní frekvencí vyšší než 25 kHz.



Rídicí jednotka

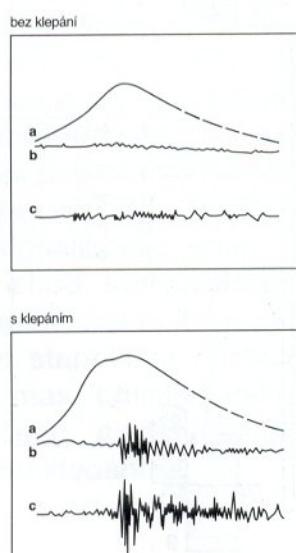
V elektronické řídící jednotce jsou vyhodnocovány signály ze snímačů. Přitom je pro každý válec vytvořena referenční úroveň, která se neustále přizpůsobuje provozním podmínkám. Porovnáním se skutečným signálem, který je získán filtrací a integrací ze signálu snímače během části úhlu otočení klikového hřídele, ukazuje pro každé hoření v každém válci, zda při něm dochází ke klepání. Pokud je tomu opravdu tak, pak je bod zážehu jen v tomto válci posunut o pevnou hodnotu ve směru "pozdějšího zážehu" (zmenšen předstih), např. o 3° KH. Tento postup se opakuje při každém rozpoznáném detonačním spalování pro každý válec. Pokud již ke klepání nedochází, je hodnota předstihu po malých krocích pomalu zvětšována, až se vrátí zpět na hodnotu své charakteristiky.

Protože se v jednom motoru hranice klepání jednotlivých válců vzájemně liší a v pracovním rozsahu motoru se navíc velmi silně mění, znamená to v praktickém provozu na hranici klepání, že každý válec potřebuje vlastní hodnotu předstihu.

Tento "selektivní způsob" rozeznání klepání a regulace klepání pro jednotlivé válce umožňuje optimalizaci účinnosti motoru a spotřeby paliva.

Obrázek 3: Signály snímače klepání

a) průběh tlaku ve válci, b) odfiltrovaný tlakový signál, c) signál snímače klepání

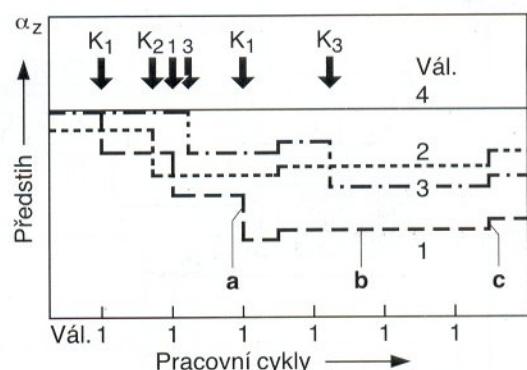


Pokud je motor zkonstruován pro provoz s benzínem "super", lze jej při regulaci klepání provozovat i s benzínem "normál", aniž by vzniklo nebezpečí škod. V dynamickém režimu se přitom zvýší četnost klepání. Aby se tomuto jevu zabránilo, může být v paměti elektronické řídící jednotky uloženo samostatné pole charakteristik předstihu pro každé z obou paliv. Motor je pak po startu provozován s "polem charakteristik předstihu - super" a pokud četnost klepání překročí definovanou mez, přepne na "pole charakteristik předstihu - normál". Řidič toto přepnutí nezpozoruje; pouze výkon a spotřeba paliva se nepatrně zhorší. Vozidlo zkonstruované pro provoz s benzínem "super" a vybavené konvenční zapalovací soustavou, nemůže být bez nebezpečí poškození vlivem klepání provozováno s benzínem "normál", zatím co vozidlo zkonstruované pro provoz s benzínem "normál" nevykazuje při provozu s benzínem "super" žádné výhody ve spotřebě a výkonu.

Obrázek 4: Regulace klepání

Regulační algoritmus u čtyřválcového motoru K₁ ... K₃ klepání ve válcích 1 ... 3 (u válce 4 bez klepání)

- a) zmenšení předstihu
- b) doba trvání stupně pro zvětšení předstihu
- c) zvětšení předstihu



Regulace klepání u přeplňovaných motorů

Plnící tlak vzduchu je regulován pomocí příkonu turbíny turbodmychadla.

Regulační zásah je prováděn otevřením průřezu obtokového ventilu, který je ovládán řídícím tlakem vzduchu přes elektromagnetický ventil. Řídicí hodnoty pro elektromagnetický ventil jsou uloženy v poli charakteristik. Pomocí tohoto pole charakteristik je plnící tlak nastaven na hodnotu, požadovanou motorem a odpovídající požadavku řidiče (poloze plynového pedálu).

Ve srovnání s konvenčními přeplňovanými motory má tento systém následující výhody: v částečném zatížení je nižší spotřeba práce pro naplnění válce, nižší protitlak výfukových plynů, nižší podíl zůstatku výfukových plynů ve válci, nižší teplota stlačeného vzduchu, libovolně naprogramovaná charakteristika max. plnícího tlaku na otáčkách, měkký náběh turbodmychadla, lepší jízdní vlastnosti (obrázek 5).

Při regulaci plnícího tlaku pomocí pole charakteristik je regulace prováděna regulačním okruhem. Snímač tlaku mě-

ří tlak v sacím potrubí a jeho hodnota je porovnávána s odpovídající hodnotou v poli charakteristik. Pokud je mezi skutečnou a požadovanou hodnotou plnícího tlaku zjištěna odchylka, je vyregulována pomocí elektromagnetického ventilu.

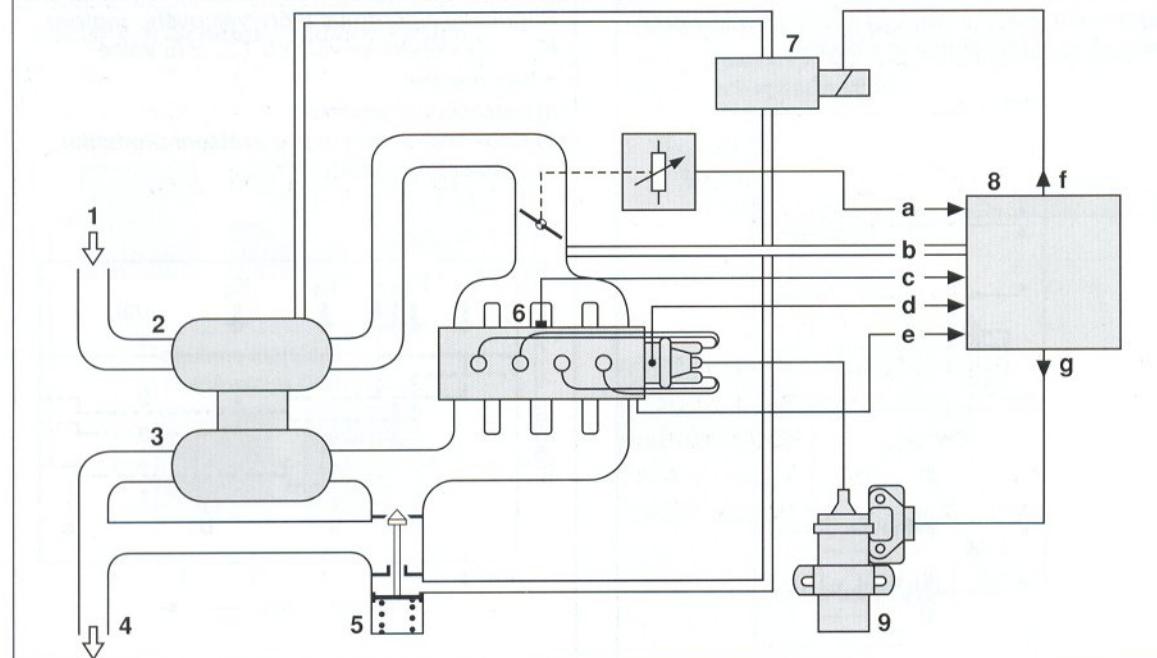
Výhody regulace plnícího tlaku ve srovnání s jeho řízením: tolerance a opotřebení jednotlivých dílů, zejména obtokového ventilu a turbodmychadla nemají vliv na hodnotu plnícího tlaku vzduchu. Při použití snímače absolutního tlaku může být regulována hodnota plnícího tlaku v širokém rozsahu nezávisle na hodnotě tlaku okolního vzduchu (korekce nadmořské výšky).

Při klepání je prováděno zmenšení předstihu v klepajícím válci, stejně jako u nepreplňovaných motorů. Kromě toho, dojde ke snížení plnícího tlaku, pokud hodnota zmenšeného předstihu nejméně jednoho válce podkročí určitou mezní hodnotu. Tato hodnota je ve formě charakteristiky, závislé na otáčkách, uložena v elektronické řídící jednotce. Její výše odpovídá maximální dovolené teplotě výfukových plynů na vstupu turbíny.

Obrázek 5: Regulace klepání pomocí kombinace elektronického zapalování a regulace plnícího tlaku

1 nasávaný vzduch, 2 kompresor, 3 turbina, 4 výfukové plyny, 5 obtokový ventil, 6 snímač klepání, 7 elektromagnetický taktovací ventil, 8 řídící jednotka, 9 zapalovací cívka s vestavěnými koncovými stupni.

Signály: a poloha škrťcí klapky, b tlak v sacím potrubí, c signály klepání, d zapalovací impulzy, e teplota motoru, f poloha taktovacího ventilu, g předstih



Přestavovací algoritmus (algoritmus: dle určitého schématu probíhající postup výpočtu) s rychlým poklesem tlaku a jeho pomalým postupným zvyšováním se podobá algoritmu regulace předstihu, má však zřetelně větší časové konstanty.

Sladění obou regulačních algoritmů je prováděno s ohledem na četnost klepání, dynamické chování motoru, obtokový ventil a turbodmychadlo, teplotu výfukových plynů a stabilitu regulace. Výhody této kombinované regulace ve srovnání s prostou regulací předstihu: zlepšení účinnosti motoru, snížení teplného zatížení turbodmychadla, snížení teploty stlačeného vzduchu.

Výhody ve srovnání s prostou regulací plnícího tlaku vzduchu: rychlejší reakce regulace při klepání, dobré dynamické chování motoru, stabilita regulace.

Zvláštní funkce

Kromě základních funkcí, rozpoznání a regulace klepání, stanovení předstihu z polí charakteristik předstihu, stanovení úhlu sepnutí, případně plnícího tlaku, může být měřen např. tlak v sacím potrubí, jako signál zatížení pomocí snímače tlaku umístěného v řídicí jednotce, nebo může být zpracován signál zatížení pocházející ze systému vstřikování paliva. Teploty chladící kapaliny a nasávaného vzduchu mohou být zohledněny jako korekční veličiny.

Pokud je to zapotřebí, může být realizováno vypnutí dodávky paliva při deCELERaci, stabilizace volnoběhu, omezení max. otáček motoru vypínáním zapalování nebo vypínáním vstřikovacích ventilů a řízení palivového čerpadla. Kromě toho je při výpadku počítače – tento stav je signalizován řidiči – umožněn nouzový chod, který zabraňuje odstavení vozidla. U přeplňovaných motorů může být stanovena otáčkově závislá hodnota max. plnícího tlaku a rovněž zabezpečeno snížení plnícího tlaku v důsledku klepání.

Bezpečnost a diagnostika

Všechny funkce regulace klepání, při jejichž výpadku by mohlo dojít k poškození motoru, vyžadují neustálou kontrolu. Tato kontrola musí při závadě zajistit přechod do režimu, ve kterém bude zabezpečen provoz motoru bez nebezpečí jeho poškození. Přechod do nouzového režimu může být řidiči signalizován pomocí kontrolky na přístrojové desce. Při inspekční prohlídce vozidla může být konkrétní závada vyčtena pomocí blikacího kódu nebo vhodného testeru.

Kontrole podléhá:

1. Snímač klepání včetně přívodního vedení, nepřetržitě během provozu nad mezními otáčkami. Při rozpoznané závadě je předstih v rozsahu pole charakteristik, ve kterém je regulace klepání aktivní, zmenšen o pevnou hodnotu; u přeplňovaných motorů je současně snížen plnící tlak vzduchu.
2. Vyhodnocovací elektronika až po počítač, v rozsahu pod mezními otáčkami. Při rozpoznané závadě dojde ke stejné, již popsané reakci.
3. Signál zatížení, nepřetržitě během celého provozu. Při zjištění závady jsou použity hodnoty předstihu odpovídající maximálnímu zatížení, při souběžné neustálé aktivaci regulace klepání. Další snímače a signály (např. snímač teploty) jsou kontrolovány a v případě zjištění závady nahrazovány hodnotou dle potřeb konkrétní aplikace.

Spojovací prvky

Úlohou spojovacích prvků je bezpečný přenos vysokého napětí od zapalovací cívky přes rozdělovač až k zapalovací svíčce. Dle požadavků na motor a tím také na zapalování existují různé možnosti připojovací techniky.

Konektory a zdířky

Základní provedení

Příklad nejčastěji používané připojovací techniky je konektorové spojení na vysokonapěťových vývodech rozdělovače. Varianta zdířek A (obrázek 1) má jen relativně nízkou vysokonapěťovou vodivost a proto se v dodávkách pro prrovýrobu vyskytuje jen ojediněle. Nejčastěji jsou používány varianty B a C. Obě se vyznačují tím, že na dně vývodu rozdělovače mají kolík s osazením a na straně zapalovacího kabelu válcovou dutinku s pružnou sponou. Tím vzniká dlouhé a pevné překrytí

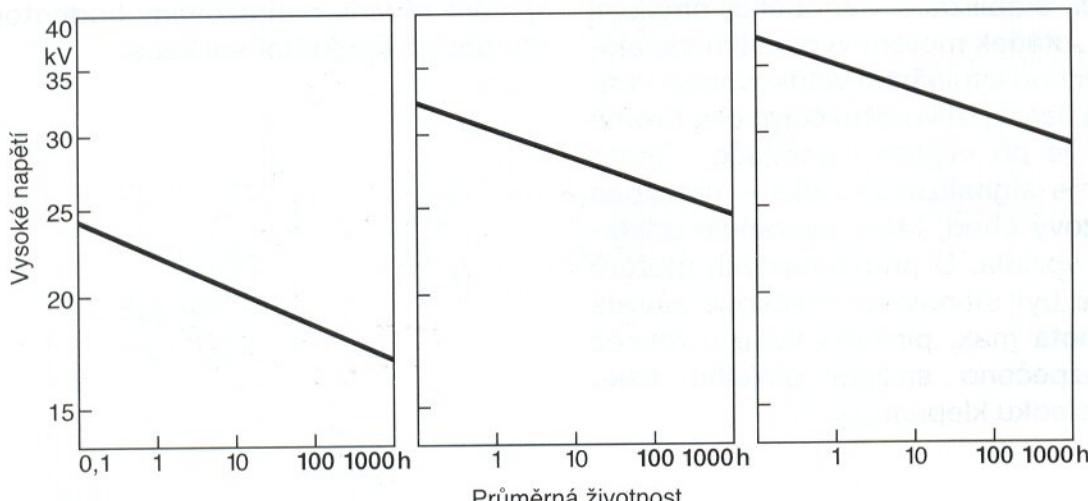
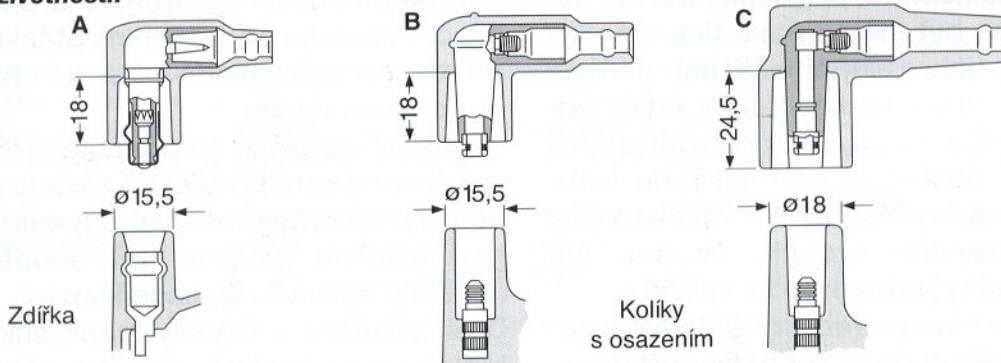
obou kontaktů, které zajistí velmi dobrou elektrickou vodivost. Další zvětšení povrchu (jako v případě varianty C) vytváří potřebnou rezervu, která je nutná zejména pro technologii 30-kV u motorů pracujících s chudou směsí. Kromě toho je současně pečlivě zajištěna pevnost a vodotěsnost spoje.

Životnost

U jednotlivých variant konektorů lze znázornit jejich průměrnou životnost v provozních hodinách pomocí klesajících přímek. Jejich význam vyplývá z obrázku 2:

Pokud jsou nové díly vystaveny napětí U_X , odolávají zátěži nejprve beze změn. Pomalu však dochází ke snižování izolační schopnosti a po čase t_1 již musí být počítáno s ojedinělými průrazami. Proces pokračuje a po čase t_2 je 63% dílů zničeno. Při nižších napětích odolávají díly zatížení podstatně déle než při vysokých napětích (logaritmická stupnice). To také přibližně odpovídá

Obrázek 1: Varianty A, B, C konektorů a zdířek a jejich vysokonapěťová odolnost v závislosti na životnosti.



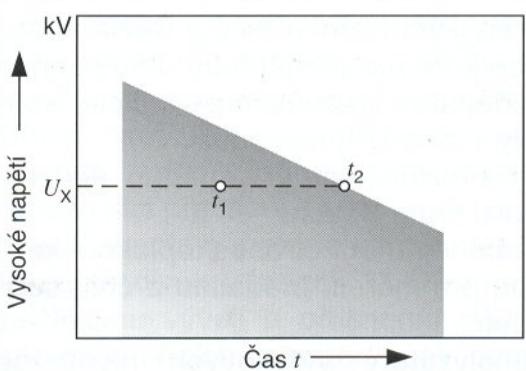
statickému rozdělení průběhu napětí motoru. Potřeba velmi vysokého napětí je při porovnání s celkovým počtem zapálení velmi ojedinělá. Nejčastěji leží vysoké napětí v oblastech pod 25 kV, přičemž varianty B a C ve spojení s bezúdržbovými zapalovacími soustavami, stabilními vysokonapěťovými zapalovacími kably s kovovým jádrem a pravidelnou výměnou svíček vedou k bezproblémové životnosti zapalovací soustavy, která je shodná s životností vozidla.

Zvláštní provedení

Zvláště pečlivé provedení připojovací techniky se skládá z vodotěsných koncek, velmi kvalitních zapalovacích kabelů, vodotěsného rozdělovače s vodotěsnými konektory a z gumových krytek zapalovací cívky a rozdělovače. Těmito gumovými krytkami je zajištěna dodatečná ochrana proti stříkající vodě a nečistotám. Gumová krytka rozdělovače navíc zlepšuje odrušení (obrázek 3).

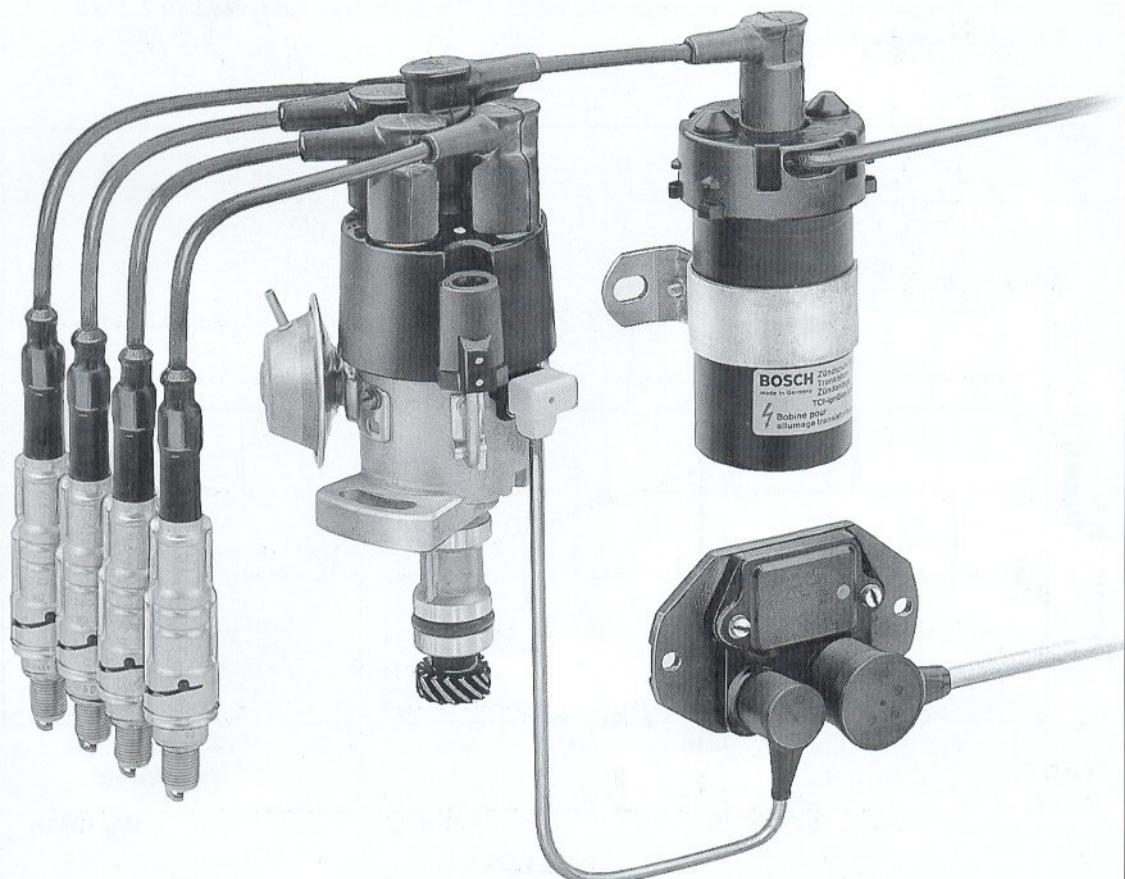
Obrázek 2: Průběh izolační schopnosti konektorových spojů

U_X napětí, t_1 doba po které dochází k jedinému průrazu, t_2 doba po které jsou průrazy velmi časté



Obrázek 3: Propojení prvků zapalovací soustavy

Ochranné gumové krytky zabraňují vniknutí nečistot a vlhkosti



Test zapalování

Bezvadně fungující zapalování má pro správnou funkci zážehového motoru velký význam. Proto je ve většině evropských zemí a také v České republice kontrola předstihu a úhlu sepnutí předepsanou součástí periodické kontroly v rámci měření emisí.

Pro přezkoušení a případné seřízení nabízí firma Bosch:

- samostatnou stroboskopickou lampu pro měření předstihu a úhlu sepnutí
- analyzátor výfukových plynů se stroboskopickou lampou, snímačem HÚ a měřením úhlu sepnutí
- ucelenou řadu motortesterů se stroboskopickou lampou, paměťovým osciloskopem a celou řadou dalších funkcí pro diagnostiku kompletní zapalovací soustavy
- elektronický informační systém ESI

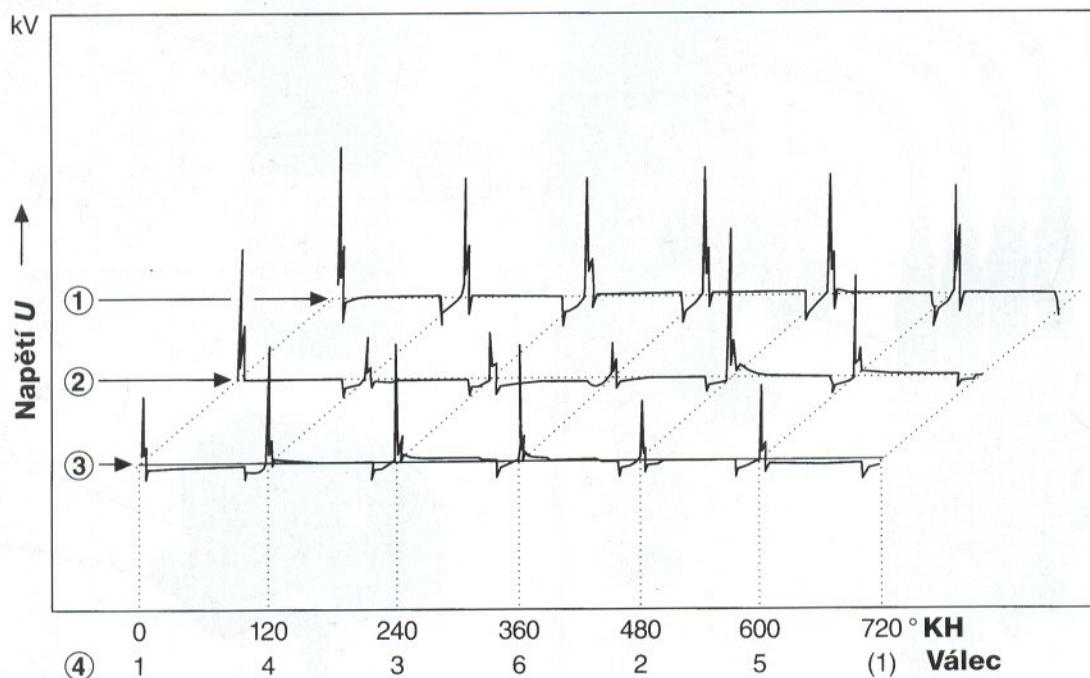
s potřebnými schématy zapojení, předepsanými hodnotami a postupy diagnostiky a oprav.

Stroboskopická lampa

Toto diagnostické zařízení je napájeno z akumulátoru vozidla. Vestavěná stroboskopická lampa bliká synchronizovaně se zapalovacími impulzy 1. válce a analogicky s otáčkami motoru. Nabílkáním příslušné značky na setrvačníku nebo řemenici a změnou nastavení časového zpoždění na stroboskopické pistoli lze značku na setrvačníku nebo řemenici dostat do zákrytu se značkou na bloku motoru. Nyní může být hodnota předstihu odečtena přímo na displeji stroboskopické lampy a pokud naměřená hodnota nesouhlasí s hodnotou výrobce vozidla může být provedeno seřízení na správnou hodnotu. U moderních motorů může být předstih změřen také bez stroboskopické lam-

Obr. 1 Oscilogram sekundáru zapalování 6-válcového motoru s dvoujiskrovými cívками v 3D – zobrazení

- 1 Zobrazení vedle sebe, hlavní a vedlejší jiskry jsou překryty
- 2 Zobrazení pozitivních výbojů: hlavní jiskry u válců 1, 2 a 5 (vysoké přeskakové napětí v době komprese), vedlejší jiskry u válců 4, 3 a 6 (nízké přeskakové napětí v době výfuku)
- 3 Zobrazení negativních výbojů: Hlavní jiskry u válců 4, 3 a 6, vedlejší jiskry u válců 1, 2 a 5
- 4 Pořadí zapalování 1-4-3-6-2-5



py, pomocí snímače HÚ (horní úvratí), většinou pomocí motortesteru.

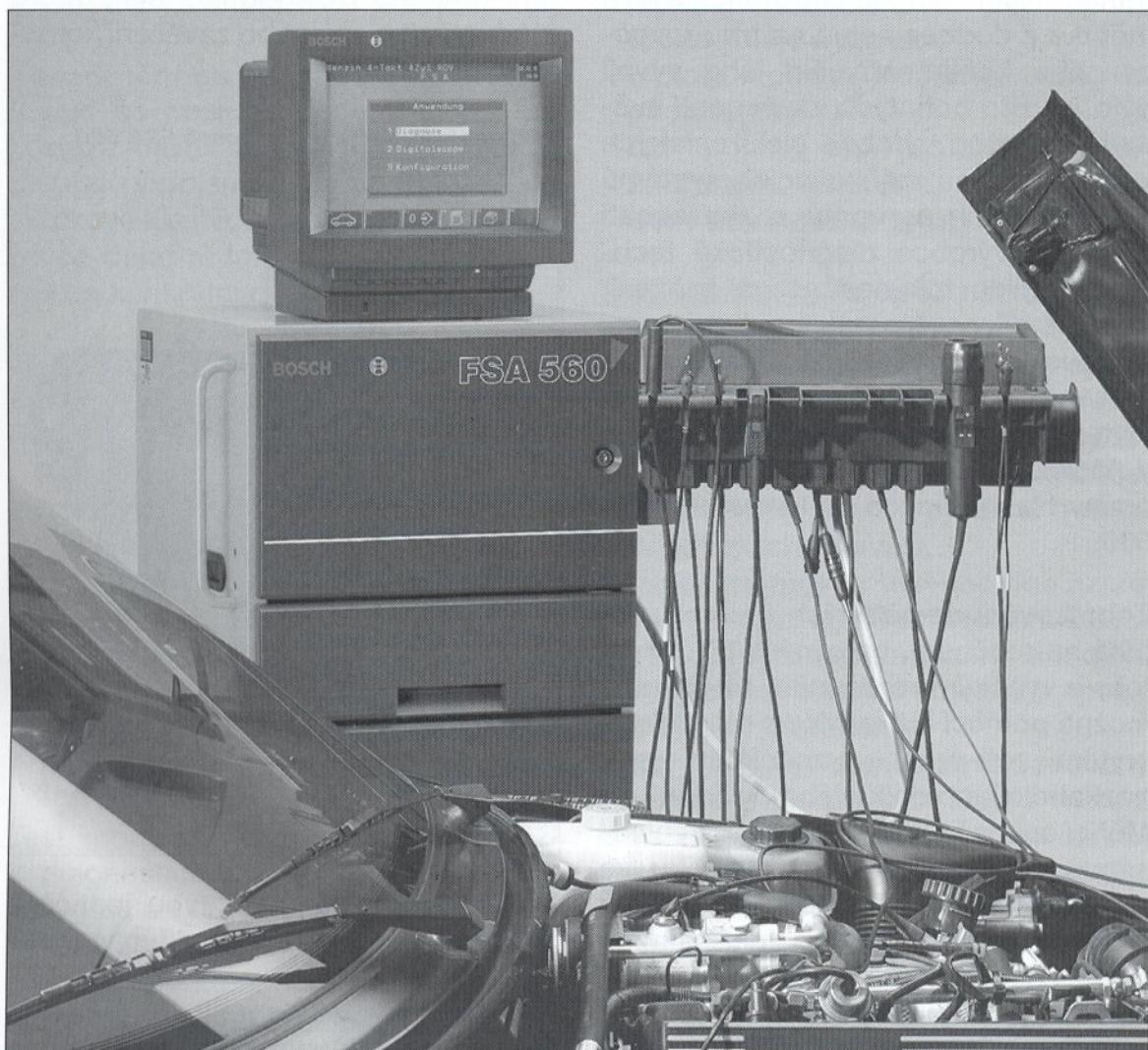
Motortestery

Firma Bosch nabízí pro diagnostiku zapalovacích soustav ucelenou řadu motortesterů, které se od sebe navzájem liší rozsahem funkcí.

S každým z nich je však možné měřit základní veličiny jako např. otáčky, teplotu, předstih, úhel sepnutí, napětí na svorce 1 zapalovací cívky, provádět test relativní komprese pomocí startovacího proudu, apod..

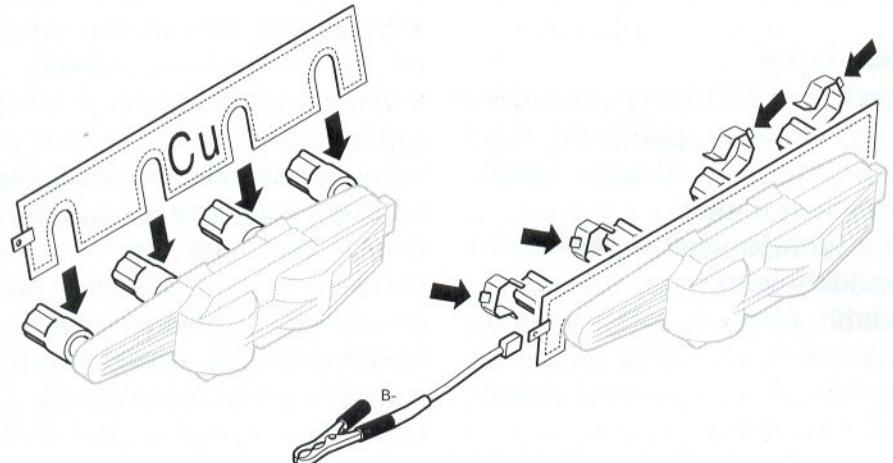
Motortestery řady MOT 240, MOT 250 a FSA 560 jsou vybaveny paměťovým digitálním osciloskopem, se kterým je možné měřit, zobrazovat a vyhodnocovat různé průběhy napětí (např. napětí na zapalovacích svíčkách) a průběhy proudu (např. průběh nabíjecího proudu zapalovací cívky).

Obrázek 2: Motortester s řadou funkcí



U vozidel s moderními zapalovacími soustavami, které jsou řízeny jemně odstupňovaným polem charakteristik již většinou není seřízení předstihu a úhlu sepnutí možné. U těchto vozidel proto roste význam vyhodnocení průběhu napětí na primáru a zejména sekundáru zapalovací soustavy. Firma Bosch proto ke svým motortesterům dodává velmi rozsáhlé příslušenství umožňující připojení na sekundár zapalovací soustavy bez demontáže zapalovacích cívek (obrázek 3). Díky velmi pečlivému vývoji a přesnému přizpůsobení měřících adaptérů pak naměřené hodnoty přímo odpovídají skutečným hodnotám a není zapotřebí jejich vzájemný přepočet. Nevzniká tak potřeba demontování zapalovacích cívek ze zapalovacích svíček ani vkládání různých přídavných zapalovacích vedení s nebezpečím vzniku přídavných

Obrázek 3: Příklad bezdemontážního připojení sekundáru zapalovací soustavy Škoda 1,0, 1,3 a 1,6 MPI.



zkreslení a poškození testované zapalovací cívky.

BOSCH FSA 560

Představitelem té nejvyšší kategorie motortesterů je BOSCH FSA 560 (obrázek 3), který při své premiéře na frankfurtském autosalónu stanovil nová měřítka a dodnes nemá na trhu rovnocenného konkurenta. Při jeho vývoji bylo využito bohatých zkušeností světově známého výrobce elektronických zapalovacích a vstřikovacích systémů a elektrických agregátů a zkušeností předního výrobce diagnostické techniky. Vzniklo tak nadčasové zařízení, které se díky své modulární konstrukci a neustálému vývoji diagnostického software dokáže přizpůsobit specifickým požadavkům zákazníků.

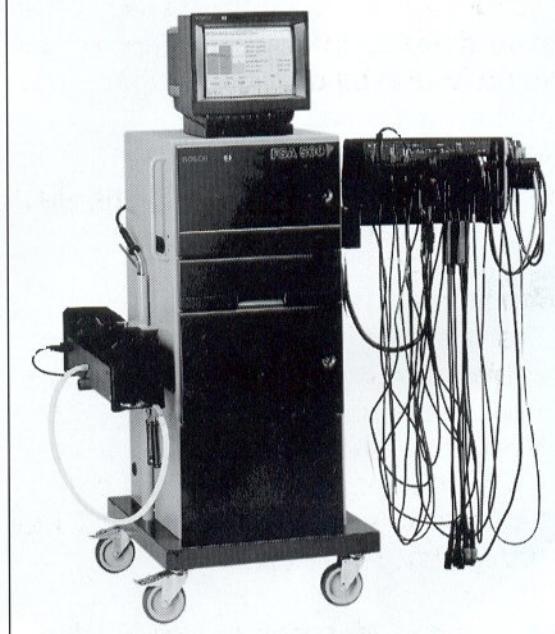
V následujícím textu budou krátce popsány hlavní funkce motortesteru FSA 560.

Zobrazování naměřených hodnot probíhá na otočném, barevném 17" monitoru s vysokým rozlišením. Obsluha je možná pomocí klávesnice s plastickým krytem proti prachu a znečištění nebo bezkabelového dálkového ovládání.

Měřící snímače jsou uloženy v přehledném a originálně výkyvném držáku, ve kterém má každý snímač svůj zvláště vytvarovaný odkládací prostor. To umožňuje jejich přehledné umístění a zabraně zahnutí přípojných vedení.

Napájení probíhá ze sítě a pro bezproblémový provoz je doporučeno použití záložního zdroje. Jednotlivé moduly jsou uloženy v pojízdném přístrojovém vozíku, ve kterém je v samostatném oddělení uložena tiskárna protokolů, a který svou konstrukcí umožňuje uložení druhého PC-modulu, analyzátoru výfukových plynů nebo zavěšení komory opacimetru.

Obrázek 4: Motortester Bosch FSA 560 v maximální výbavě



Software se skládá ze dvou jednotek dvou s naprostě rozdílnými funkcemi.

a) Systémový software

je součástí základní dodávky přístroje

a je modulárně rozdělen do aplikací, diagnostických programů, testovacích kroků a měřících funkcí a navíc obsahuje zjednodušenou databanku zákazníků s možností uložení adresy zákazníka a typu testovaného vozidla.

Návod/informace

Návod pro obsluhu FSA 560 je integrován přímo do systémového software. Pouhým stisknutím klávesy "i" (informace) může být ke každému kroku vyvolána nápověda k

- významu a průběhu každého testovacího kroku
- připojení požadovaných snímačů
- významu soft-tlačítek vyskytujících se v daném kroku
- významu hard-tlačítek
- významu jednotlivých symbolů
- bezpečnostním pokynům

Odpadá tak časově velmi náročné listování v tištěném návodu pro obsluhu.

Upozornění na chybnou obsluhu

Pokud se obsluha dopustí chyby při obsluze (navolí nesprávný počet válců, prohodí připojení sv. 1 a sv. 15, nezapojí otáčkové kleště, ...) zobrazí se na obrazovce důležité informace s upozorněním na konkrétní chybu obsluhy.

Diagnostika

Aplikace diagnostika je rozdělena do 6 diagnostických programů:

- Test motoru
- Multimetr
- Test elektroniky**
- Měření emisí
- Analýza motoru *
- Symptom (motor neběží)

* Ize navolit jen s CompacSoftem

** tento krok je v současnosti plně nahrazen tzv. KTS-kartou

Test motoru je program, který slouží k diagnostice a opravě motoru, jeho agregátů a systémů zapalování a vstřikování. Je rozdělen do dalších testovacích kroků, které jsou zaměřeny na diagnostiku a opravy jednotlivých komponentů motoru a nabízejí k tomu po-

třebné měřící funkce. Průběh jednotlivých testů je veden pomocí návodů na obrazovce.

Multimetr nabízí čtyři testy:

- **URI**
univerzálně použitelný multimetr pro měření napětí, odporu a proudu.
- **napěťová analýza**
testovací krok sloužící k podrobné kontrole napěťových signálů. Průběh signálu je zobrazen v osciloskopickém okně a nejdůležitější naměřené veličiny jsou zobrazeny v číselné podobě. V tomto kroku je umožněno také měření frekvence.
- **proudová analýza**
funkce je totožná s napěťovou analýzou, je však určena pro proudové signály
- **tlak/teplota** je určen k diagnostice:
tlaku vzduchu
tlaku kapalin (snímač je zvláštním příslušenstvím)
teploty oleje a kapalin
teploty vzduchu (snímač je zvláštním příslušenstvím)
čas (stopky), např. pro měření poklesu systémového tlaku paliva během doby předepsané výrobcem

Test elektroniky je nově nahrazen tzv. KTS-kartou a umožňuje komunikaci s řídicími jednotkami elektronických systémů zapalování, vstřikování, řízení převodovek, bezpečnostních (ABS, ASR, ESP, airbagů, ...) a komfortních (klimatizace, centrální zamýkání, ...) systémů a nulování servisních intervalů.

Analýza motoru je test motoru řízený softwarem Bosch - CompacSoft. Obsahuje pokyny s upozorněním na možné příčiny závad a navíc umožňuje speciální výtisky protokolu.

Měření emisí je samostatně dodávaný speciální program pro úřední měření emisí dle české legislativy. Jeho náročnost vyžaduje dodatečnou montáž tzv. PC modulu a modulu čtyřsložkového analyzátoru výfukových plynů. Vlastnosti motortesteru FSA 560 se tak rozšíří o úřední měření emisí zážehových motorů na úrovni Emisní systémové

analýzy s databankou vozidel, databankou zákazníků, tiskem kompletních protokolů A4 a automatickou evidencí nálepek a osvědčení včetně automatického zpracování hlášení pro ÚVMV, ÚSMD a DI. Pouhým doplněním modulu opacimetru RTM 430 se jeho schopnosti dále rozšíří o úřední měření emisí vznětových motorů.

Symptom je program tzv. řízené diagnostiky pomocí příznaků závady. V současné době obsahuje jediný příznak "motor neběží".

Digitální osciloskop

Je paměťový osciloskop umožňující zobrazení, ukládání do paměti a vyhledávání závad u zapalovacích, napěťových a proudových signálů.

Díky průmyslovému operačnímu systému OS9 jsou jednotlivé oscilogramy zobrazovány s mimořádnou ostrostí, přesností a bez jakýchkoliv zkreslení. Jedinečnou vlastností je tzv. provoz v reálném čase, jehož důsledkem je to, že je zachycena a vyhodnocena každá změna signálu. Systém umožňuje snímání až 20 obrazů za sekundu. Zajišťuje, že nikdy nedojde ke ztrátě žádné informace a umožňuje klidné zobrazení oscilogramu na obrazovce. V paměti je vždy uložen průběh signálu za posledních 8 sekund a to bez jediného přerušení. S pomocí inteligentního vyhledávacího módu mohou být velice rychle a jednoduše rozpoznány a vyhledány závady. Z uložených průběhů signálu jsou vyhodnoceny a uloženy určité charakteristické veličiny - např. sekundární (tzv. přeskakové) napětí, napětí hoření, doba trvání hoření a úhel sepnutí. Pomocí vyhledávací funkce mohou být všechny hodnoty jedné veličiny zobrazeny pro všechny válce jako křivky vedle sebe. Tak lze okamžitě odhalit i jinak velmi těžko rozumnatelné sporadické závady.

Pomocí lupy může být část oscilogramu – např. zapalovací signál jednoho válce – z důvodu přesného pozorování a snadnějšího rozpoznání závad roztažen do větší velikosti.

Pomocí dvou-kanálového-osciloskopu mohu být zobrazeny dva rozdílné signály současně, např. signál ze snímače (vstupní signál) na kanále 1 a signál z akčního člene (výstupní signál) na kanále 2.

Tímto způsobem se velmi zjednoduší vyhledávání a přiřazení závad (snímač – spínací jednotka – akční člen) u elektrotechnických systémů. V případě zapalování lze pod sebou zobrazit např. signál primáru a signál sekundáru a tak velmi jednoduše a rychle určit, zda zdroj závady leží v primárním nebo sekundárním okruhu.

Digitální osciloskop obsahuje následující diagnostické programy:

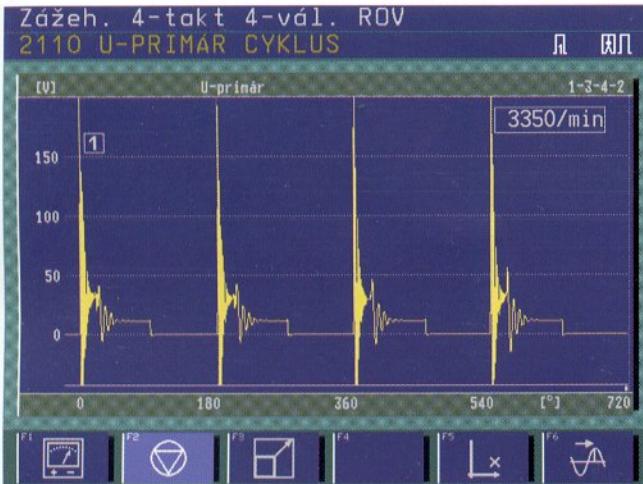
- Zapalování, k analýze signálů zapalování na primární a sekundární straně.
- Multi, ke kontrole napěťových a proudových signálů
- Charakteristiky, k zobrazení měřených hodnot ve formě charakteristik tj. v závislosti na otáčkách motoru nebo na čase.

CompacSoft

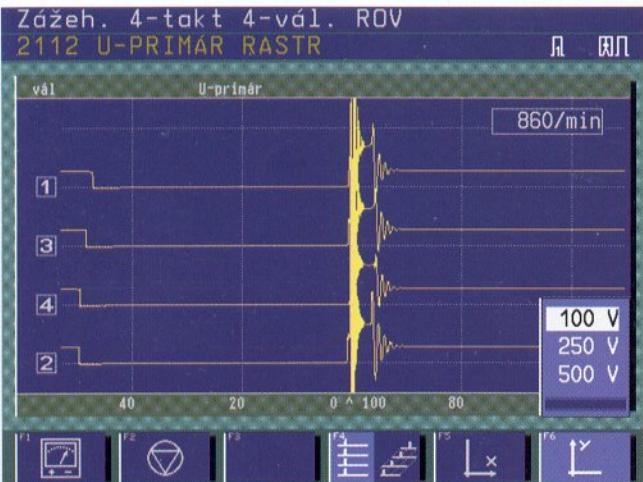
představuje diagnostický software specifický pro vozidla konkrétních výrobců. Obsahuje nejen předepsané hodnoty a návody na připojení motortesteru, ale i postupy diagnostiky. Je vždy dodáván jako zvláštní příslušenství.

Zatím poslední známou možností je rozšíření funkce motortesteru o informační systém firmy Bosch, který obsahuje velmi důležité informace pro diagnostiku a vyhledávání závad v elektrotechnických systémech vozidel.

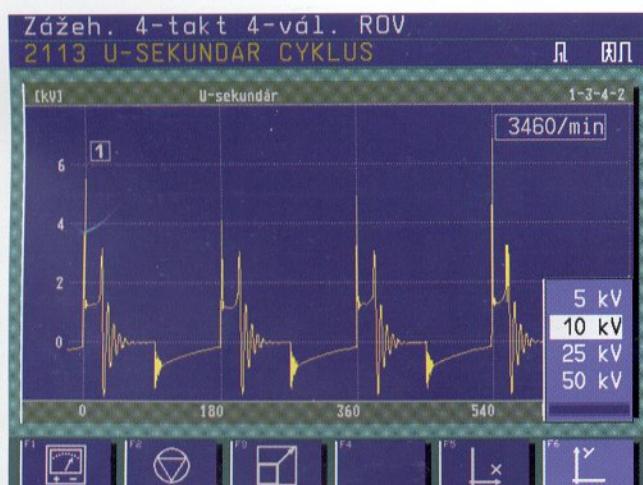
Příklady použití osciloskopu zapalování motortesteru FSA 560



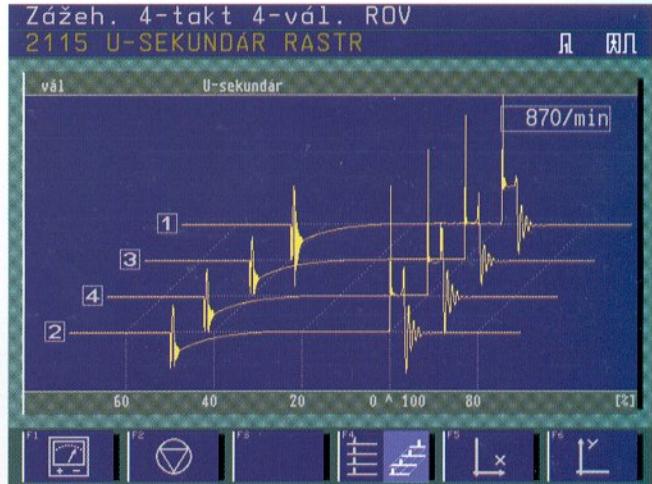
Oscilogram primáru.
Obraz je uložen v paměti.



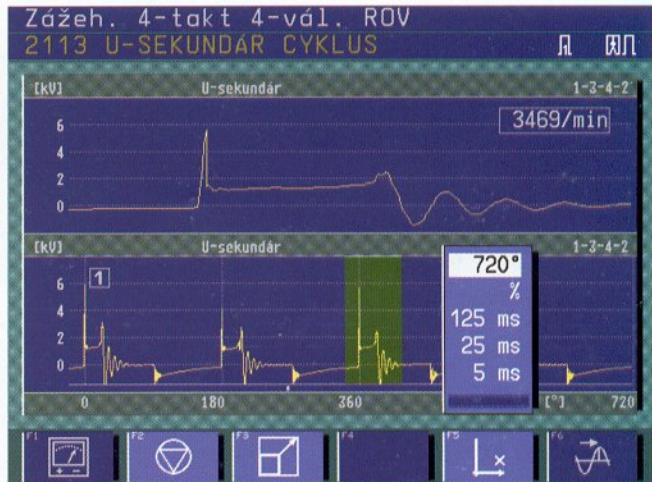
Primární oscilogram v zobrazení nad sebou s nabídkou volby rozsahu na ose „y“.



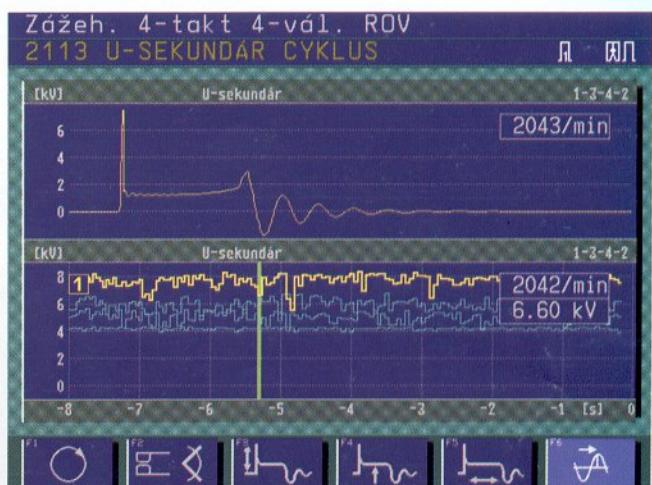
Oscilogram sekundáru vedle sebe s nabídkou rozsahu na ose „y“.



Oscilogram sekundáru
v 3D-zobrazení.



Obraz sekundáru 4.válce pod lupou,
uložený v paměti s nabídkou
rozsahu na ose „x“.



Vyhodnocení přeskokového napětí
1.válce za posledních 8 s.

Distribuce:

Robert Bosch odbytová spol. s r.o.

Automobilová diagnostika

Pod Višňovkou 25/1661

142 01 Praha 4 – Krč

Tel.: 02/61300 422-8

Fax: 02/61300 518

Seznam příruček

	Objednací číslo
Elektronika motoru	1 987 720 001
Bezpečnostní a komfortní systémy	1 987 720 037
Symboly a elektronická schémata	1 987 722 002
Odrůšení	1 987 722 008
Systém vstřikování K-Jetronic	1 987 720 009
Systém vstřikování KE-Jetronic	1 987 720 021
Systém vstřikování L-Jetronic	1 987 720 010
Systém vstřikování Mono-Jetronic	1 987 720 033
Systém řízení motoru Motronic	1 987 720 011
Emise zážehových motorů	1 987 722 020
Akumulátory	1 987 720 003
Zapalování	1 987 720 004
Zapalovací svíčky	1 987 720 005
Alternátory	1 987 720 006
Startéry	1 987 720 007
Přehled vstřikování vznětových motorů	1 987 722 038
Řadová vstřikovací čerpadla	1 987 722 012
Regulátory řadových čerpadel	1 987 722 013
Rotační vstřikovací čerpadla	1 987 722 014
Brzdové soustavy osobních vozidel	1 987 722 023
Vzduchové brzdové soustavy:schémata	1 987 722 015
Vzduchové brzdové soustavy:zařízení	1 987 722 016
Common Rail	1 987 720 054
Rotační čerpadlo s radiálními písty	1 987 720 053
Světelná technika	1 987 720 039
Regulace dynamiky jízdy	1 987 720 052

