

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství

Studijní zaměření: Diagnostika a servis silničních vozidel

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Diagnostický rozbor zapalovací a vstříkovací soustavy vozidla

Autor: **Jakub Rous**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**

Akademický rok 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jakub ROUS**
Osobní číslo: **S11B0515P**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **Diagnostika a servis silničních vozidel**
Název tématu: **Diagnostický rozbor zapalovací a vstříkovací soustavy vozidla**
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem je provést zjištění hodnot pro správnou funkci jednotlivých systémů u vozidel se zážehovým motorem. Dále bude provedena specifikace požadavků s ohledem na výkonnostní parametry spalovacího motoru. Výsledné řešení je ve zhodnocení a správného určení parametrů pro provoz vozidla.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování rešerše včetně systematické specifikace požadavků
2. Vypracování variant koncepčního diagnostického modelu
3. Vypracování potřebného grafického zpracování
4. Zhodnocení navrženého diagnostického řešení a parametrů

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

MOTEJL, V., HOREJŠ, K. *Učebnice pro řidice a opraváře automobilů.* Brno: Littera, 2004

VLK, F. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel.* Brno: Vlk, 2005

VLK, F. *Podvozky motorových vozidel.* Brno: Vlk, 2001

KRIEDL, M., ŠMÍD, R. *Technická diagnostika - senzory, metody, analýza signálu.* Praha: Ben, 2006

FERENC, B. *Spalovací motory.* Brno: Computer Press, 2009

Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**


Katedra konstruování strojů

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jan Kutlwašer**

Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **19. září 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **25. května 2012**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.

děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.

vedoucí katedry

V Plzni dne 19. září 2011

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Josefu Formánkovi, Ph.D. za cenné rady a odborné vedení.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Rous	Jméno Jakub		
STUDIJNÍ OBOR	B2341 „Diagnostika a servis silničních vozidel“			
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Jméno Josef		
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Diagnostický rozbor zapalovací a vstřikovací soustavy vozidla			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	62	TEXTOVÁ ČÁST	61	GRAFICKÁ ČÁST	1
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	<p>Tato práce je zaměřena na diagnostický rozbor jednotlivých částí zapalovací a vstřikovací soustavy vozidla. Popis možných závad a jejich odhalení. Je zde krátce zmíněn i historický vývoj spalovacích motorů, diagnostiky a systémů zapalování a vstřikování.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	<p>Zapalování, přímé vstřikování, nepřímé vstřikování, diagnostika, spalovací motor, osciloskop, svíčky,</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Rous	Name Jakub	
FIELD OF STUDY	B2341 „Road Vehicles Diagnostics and Service“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Name Josef	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Diagnostic analysis of ignition and fuel injection system of the vehicle		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2012
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	62	TEXT PART	61	GRAPHICAL PART	1
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This thesis is focused on the diagnostic analysis of the ignition and fuel injection system of the vehicle. Description of possible defects and their detection. There is also briefly mentioned the historical development of the internal combustion engines, the diagnostic, the ignition and fuel injection system.
KEY WORDS	Ignition, direct injection, indirect injection, diagnostics, combustion engine, oscilloscope, spark plug

Obsah

1. Úvod	11
1.1. Historický vývoj spalovacích motorů	11
2. Automobilová diagnostika	15
2.1. Diagnostické prostředky	15
2.2. Osciloskop	16
3. Rozbor zapalovací a vstřikovací soustavy vozidla	18
3.1. Zapalování	18
3.1.1. Vývoj zapalování	18
3.1.2. Požadavky	19
3.1.3. Druhy zapalovacích systémů	21
3.1.4. Zapalovací svíčka	25
3.2. Vstřikování paliva	27
3.2.1. Historie vstřikování	27
3.2.2. Úkoly	28
3.2.3. Výhody oproti karburátoru	28
3.2.4. Základní rozdělení	29
3.2.5. Způsoby vstřikování	29
3.2.6. Nepřímé vstřikování	30
3.2.7. Přímé vstřikování	33
3.2.8. Elektromagnetické vstřikovací ventily	34
3.2.9. Vstřikovací ventily pro vícebodové vstřikování	35
3.2.10. Vstřikovací ventil pro centrální vstřikování	37
3.2.11. Tvary kužele vstřikovaného paliva	37
4. Diagnostický popis jednotlivých částí vstřikovacích systémů	38
4.1. Palivové pumpa (čerpadlo)	38
4.2. Vysokotlaké palivové čerpadlo	39
4.3. Regulátor tlaku paliva	41
4.4. Vstřikovací ventily	41
4.5. Řídící jednotka vstřikování	43
5. Diagnostický popis jednotlivých částí zapalovacích systémů	44
5.1. Řídící jednotka zapalování	44
5.2. Zapalovací cívka	45
5.3. Rozdělovač	47
5.4. Vysokonapěťové zapalovací kabely	47
5.5. Svíčky	48
5.6. Snímač (spínač) polohy škrticí klapky	52
5.7. Senzor klepání	53
5.8. Snímač polohy a otáček klikového hřídele	54
5.9. Snímač teploty motoru	55
6. Diagnostické hodnocení systémů	56

6.1.	Oscilogramy nalezených závad	56
6.1.1.	Nízká komprese na 3. válci	56
6.1.2.	Vadné zapalovací trafo	57
6.1.3.	Správný průběh cyklu vstřikovacího ventilu.....	58
6.1.4.	Zalepená jehla vstřikovacího ventilu.....	58
6.1.1.	Porovnání signálů snímačů vačkového a klikového hřídele	59
7.	Závěr.....	60
8.	Použitá literatura	61
8.1.	Knižní publikace.....	61
8.2.	Ostatní technické publikace.....	61
8.3.	Publikace na internetu	61

Seznam obrázků

Obr. 1-1	Spalovací Ottův motor z roku 1876 [20]	12
Obr. 1-2	První rychloběžný 4-taktní motor vyvinutý Daimlerem a Maybachem r. 1885 [21]	13
Obr. 1-3	První automobil sestavený Carlem Benzem r. 1886 [22]	14
Obr. 2-1	Konektor OBD a popis pinů [23].....	16
Obr. 2-2	Palubní diagnostika pomocí blikavých kódů	16
Obr. 2-3	Osciloskop užívaný v diagnostické praxi [4].....	17
Obr. 2-4	Signály elektronického zapalování naměřené pomocí osciloskopu [4].....	17
Obr. 3-1	Schéma historického magnetu na mopedu Stadion s11 [24]	18
Obr. 3-2	Časový průběh napětí na zapalovací svíče [7]	20
Obr. 3-3	Průběh tlaku ve spalovacím prostoru při různém předstihu [7].....	21
Obr. 3-4	Klasické zapalování (SZ) [12]	22
Obr. 3-5	Tranzistorové zapalování (TZ) [12].....	23
Obr. 3-6	Elektronické zapalování (EZ) [12]	24
Obr. 3-7	Plně elektronické zapalování (VZ) [12].....	25
Obr. 3-8	Konstrukce zapalovací svíčky [29].....	26
Obr. 3-9	Bosch - vstřikování benzínu z roku 1954 [8].....	27
Obr. 3-10	Porovnání způsobů vstřikování [7]	30
Obr. 3-11	Vstřikování Mono – Jetronic [9].....	31
Obr. 3-12	Jednobodové vstřikování paliva [3].....	31
Obr. 3-13	Vícebodové vstřikování paliva [3].....	32
Obr. 3-14	Vstřikování L – Jetronic s Lambda regulací [8]	33
Obr. 3-15	Přímé vstřikování paliva do válce [16].....	34
Obr. 3-16	Vstřikování Bosch Motronic MED 7 [25]	34
Obr. 3-17	Vstřikovací ventil s horním přívodem paliva [3].....	35
Obr. 3-18	Vstřikovací ventil se stranovým přívodem paliva [3].....	36
Obr. 3-19	Vstřikovací ventil pro přímé vstřikování [17]	36
Obr. 3-20	Vstřikovací ventil pro centrální vstřikování [9].....	37
Obr. 3-21	Tvary kužele vstřikovaného paliva [3]	37
Obr. 4-1	Palivový systém Bosch Motronic MED 7 [16].....	38
Obr. 4-2	Elektrické palivová pumpa [6].....	39

Obr. 4-3 Vysokotlaké palivové čerpadlo [17].....	40
Obr. 4-4 Vysokotlaký rozvod paliva [18]	40
Obr. 4-5 Mechanický regulátor tlaku paliva [8].....	41
Obr. 4-6 Regulátor tlaku paliva s elektromagnetem [16].....	41
Obr. 4-7 Správná a špatná funkce vstřikovacích ventilů [10]	42
Obr. 4-8 Řídící jednotka Motronic [28]	43
Obr. 5-1 Zapalovací systém Motronic MED 7 [16]	44
Obr. 5-2 Řídící jednotka elektronického zapalování EZK [12]	45
Obr. 5-3 Rozdělovač s mechanickou regulací předstihu [12]	47
Obr. 5-4 Poškozená izolace zapalovacího kabelu [26].....	48
Obr. 5-5 Zalomený zapalovací kabel [26].....	48
Obr. 5-6 Normální stav svíček [11].....	49
Obr. 5-7 Svíčky znečištěné sazemi [11].....	49
Obr. 5-8 Zaolejované svíčky [11]	50
Obr. 5-9 Svíčky zanesené olovem [11]	50
Obr. 5-10 Svíčky znečištěné popelem [11]	51
Obr. 5-11 Natavená střední elektroda [11].....	51
Obr. 5-12 Silně opotřebovaná střední elektroda [11].....	52
Obr. 5-13 Opotřebovaná kostřicí elektroda [11]	52
Obr. 5-14 Snímač polohy škrticí klapky [7].....	53
Obr. 5-15 Snímač klepání [13]	54
Obr. 5-16 Induktivní snímač otáček klikového hřídele [7]	55
Obr. 5-17 Snímač teploty chladicí kapaliny motoru [27].....	55
Obr. 6-1 Neklidná linie hoření jiskry [14].....	56
Obr. 6-2 Průběh sekundárního napětí a impulsů zapalovacího trafo [14].....	57
Obr. 6-3 Průběh napětí a proudu na vstřikovacím ventilu [14].....	58
Obr. 6-4 Zalepená jehla ventilu [14]	58
Obr. 6-5 Porovnání signálů vačkové a klikové hřídele [4].....	59

Seznam tabulek

Tab. 1 Druhy zapalovacích systémů	21
---	----

1. Úvod

Cílem této práce je seznámit čtenáře s problematikou, funkcí a diagnostickým rozbohem zapalovací a vstřikovací soustavy zážehového motoru silničních vozidel

Zapalovací a vstřikovací soustavy zážehových motorů silničních vozidel prošly za svou dobu více jak 130-ti leté historie dlouhým vývojem. Od historického zapalovacího magneta či karburátoru až k dnešním elektronicky řízeným jednotkám vstřikování a zapalování. Mechanické řízení a ovládání postupně začala nahrazovat elektronika a mikropočítače. V posledních letech je hlavním motorem pro vývoj nových systémů a zdokonalování těch stávajících především zvýšení hospodárnosti motorů a snižování emisí škodlivin ve výfukových plynech. Emisní limity jsou neúprosné, a pokud je automobilky chtějí plnit i do budoucna, nezbyvá jim než systémy stále zdokonalovat. Vstřikovací tlaky se tak pořád zvyšují, automobilky hojně přecházejí na přímé vstřikování paliva do válce, zapalování se přizpůsobuje provozním podmínkám motoru a to vše pro dosažení co nejnižších hodnot emisí a také zvýšení míry komfortu provozu. Díky tomu dosahují dnešní automobily téměř poloviční spotřeby paliva a dvojnásobného výkonu než jejich předkové před třiceti lety.

S přibývajícím elektronikou se tyto systémy stávají čím dál více složitější, proto vzrůstá potřeba speciálních diagnostických zařízení a programů pro zjišťování stavu, poruch a optimalizace. Na popis a možné závady jednotlivých součástí zapalování a vstřikování je tato práce zaměřena především. Jsou zde popsány základní principy a diagnosticky rozebrány jednotlivé součásti stávajících systémů. Prostor je také věnován historickému vývoji spalovacího motoru a systémům zapalování a vstřikování.

1.1. Historický vývoj spalovacích motorů

Prapůvod spalovacího motoru lze odvodit od konstrukce Angličana Roberta Streeta, který v roce 1794 využil dvojčinný parní stroj, jenž se pokoušel pohánět terpentýnovým olejem zplynovaným přímo ve válci. Takto upravený motor lze označit za dvoutakt pracující bez komprese.

Na počátku devatenáctého století, 1801, popsal Francouz Philippe Lebon spalovací motor pracující na svítíplyn.

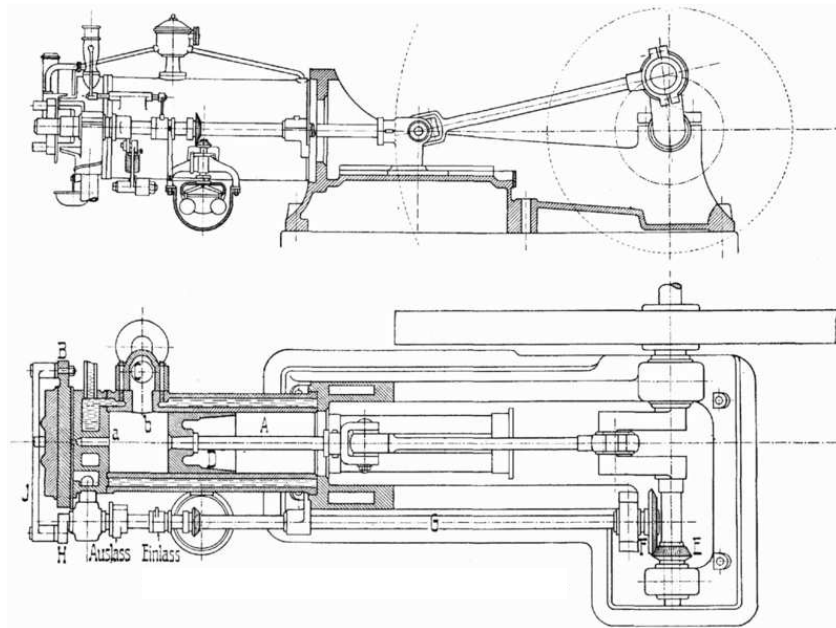
Během následujících dvaceti let nebyly kromě pokusů penzionovaného majora švýcarské armády Issaca de Rivaze zaznamenány žádné úspěchy v konstrukci spalovacího motoru. Rivaz se nechal inspirovat vzpomínkou na italského vynálezce Alessandra Voltu, který před lety pro pobavení důstojnického sboru střílel z pistolí plněných plynem, výbušnou směs zapaloval elektrickou jiskrou.

Major Rivaz spojil píst ve svislém válci s ozubeným hřebenem, které díky výbuchu plynné směsi vylétl z „hlavně-válce“ a divoce roztočil jedno z kol dvounápravového vozíku, na který jej vynálezce umístil. Přesto, že šlo o primitivní konstrukci, snad nám může být prvním příkladem pohonu zárodka automobilu motorem s vnitřním spalováním.

Dalším z vynálezců, kteří přispěli ke konstrukci spalovacího, zatím ještě plynového, motoru byl Samuel Brown. Ten v roce 1823 sestrojil plynový motor pracující na

„atmosférickém principu“. Na rozdíl od atmosférických parních strojů však zde konala práci vlastní hmotnost pístu – proto úvozovky!

Autorem prvního spalovacího motoru, který byl průmyslově vyráběn a skutečně doznal rozšíření a praktického užití, byl Belgičan Etienne Lenoir. V lednu 1860 dostal francouzský patent na motor pracující na principu dvoutaktu bez komprese a používající jako paliva svítiplyn. V těchto letech se spalovacími motory zabýval také obchodník z Kolína nad Rýnem Nikolaus August Otto. Nejprve zdokonalil Lenoirovu konstrukci (1863) a později (1876) dokonce sestrojil první plynový motor pracující se čtyřtaktním cyklem a kompresí! Ottův motor se záhy stal hitem a začal vytlačovat parní stroje.

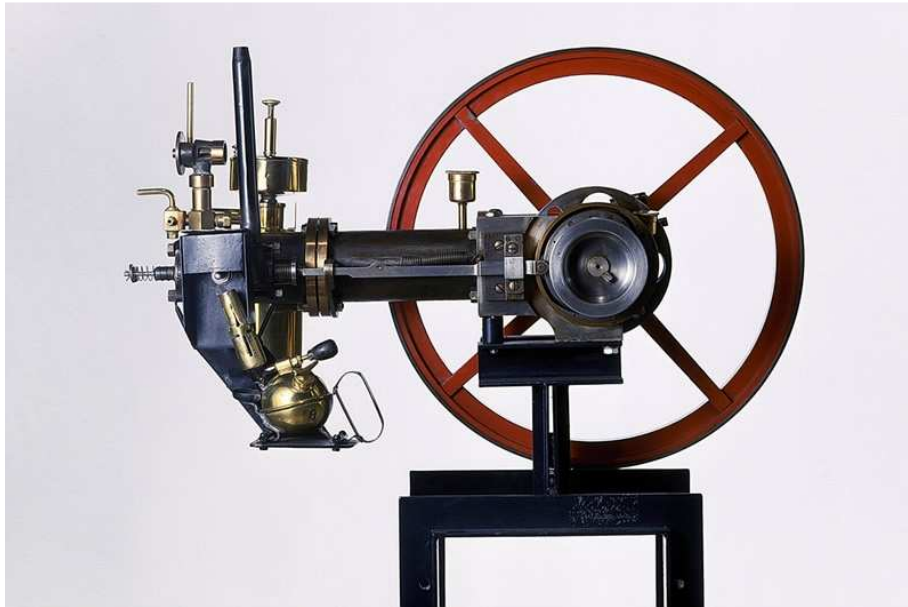


Obr. 1-1 Spalovací Ottův motor z roku 1876 [20]

Ottův plynový motor pracoval na základě čtyřdobého oběhu, jehož systém navrhl v roce 1861 Francouz Alphonse Beau de Rochas (1815 - 1891). Název čtyřdobý oběh byl zvolen proto, že pracovní oběh motoru proběhne při čtyřech po sobě následujících zdvích pístu. Jsou to: sání paliva, komprese paliva, expanze a výfuk zplodin po shoření paliva. Protože ze čtyř zdvihů pístu pouze jeden zdvih (expanzní) koná práci je chod jednoválcového čtyřdobého motoru nerovnoměrný. Rovnoměrnost chodu motorů musí zajišťovat těžký setrvačnick. Dokonalejší čtyřdobé motory mají válců několik - zpravidla čtyři nebo šest, ale často až šestnáct. Zvyšování počtu válců přispívá k plynulejšímu běhu motoru, protože válce jsou zkonstruovány tak, aby jejich pracovní cykly na sebe navazovaly.

V roce 1884 Otto zdokonalil elektrické zapalování pro své motory a tak znovu revolučně vylepšil fungování tohoto typu motorů. Do té doby byly motory stacionárními stroji, vzhledem k používání plynu a potřebě zapálení směsi plamenem. Otto zavedl nízkonapěťové magneto. Díky této inovaci bylo možno přejít na spalování kapalných paliv a tak se motory mohly stát mobilními.

Doposud však měly všechny vyráběné motor jedno společné: šlo o těžkopádné stacionární, pomaloběžné stroje s křížákovým uložením vedení (mezi pístnicí a ojnicí) a šoupátkovým rozvodem. První z konstrukce rychloběžných spalovacích motorů s kapalným palivem na bázi uhlovodíků přišel až v 80. letech 19. století z dílny Gottlieba Daimlera a Wilhelma Maybacha. Oba dva objevitelé a vynálezci původně pracovali u společnosti Deutz. V roce 1885 dosahoval Daimlerův vylepšený motor již 900 otáček za minutu, zatímco Ottovy konstrukce „točily“ pouze zhruba 200 otáček za minutu.



Obr. 1-2 První rychloběžný 4-taktní motor vyvinutý Daimlerem a Maybachem r. 1885 [21]

O rok později zabudoval motor do říditelného čtyřkolového vozu - budoucího automobilu. Samotný název tohoto dopravního prostředku, přeložitelný jako "samohyb", pochází z Itálie, kde se objevil již v 15. století.

Problematikou dvoutaktních spalovacích motorů se zabýval další z německých vynálezců Carl Benz. Ten již v roce 1879 vyvinul pomaloběžný křížákový plynový motor, pracující s dvoutaktním cyklem. Ovšem brzo pochopil, že k pohonu automobilu bude potřebovat lehčí konstrukci. Usilovně tedy vyvíjel čtyřtakt, a to se mu také v roce 1885 povedlo. Benzův jednoválcový benzínový motor měl otevřenou klikovou skříň, automatický sací a vačkovou hřídelí ovládaný výfukový ventil. Tento motor namontoval do trojkolového dopravního vozidla a spolu s Daimlerem zahájil éru nového nezávislého dopravního prostředku - automobilu.



Obr. 1-3 První automobil sestavený Carlem Benzem r. 1886 [22]

Dvoutakty byly v době vynálezů Daimlera a Benze podstatně složitější než jejich čtyřtaktní bratříčci. Jednoduchý dvoutakt se sáním přes uzavřenou klikovou skříň a přepouštěcími kanály, tak jak je znám i dnes, sestrojil až v roce 1889 Angličan Day.

Zapalovat třaskavou směs ve válci jejím vysokým stlačením popsal již v roce 1861 Francouz de Rochas, jenže tehdy ještě myšlenka upadla v zapomnění. Realizace se dočkala až zhruba po 30 letech. Úspěšným řešitelem se stal vynikající Rudolf Diesel, který rozvinul úvahy Sadiho Carnota o ideálním pracovním cyklu motoru. V roce 1892 získal patent na motor, který ve válci stlačoval pouze vzduch až na samotnou hranici vznícení paliva. V ten okamžik bylo do spalovacího prostoru válce vstříknuto palivo (uvažovalo se vedle petroleje také o suchém prachu). Dieselův motor pracoval jako čtyřtaktní.

O sedm let později vyrobila společnost MAN první vznětový motor s dvoutaktním spalovacím cyklem. Tím pádem byly položeny základy motorizace společnosti v tomto smyslu, v jakém ji chápeme dnes – mohly vzniknout první automobily se spalovacími motory! Citováno z [15,19]

2. Automobilová diagnostika

Pojem diagnostika pochází z řeckého slova „Dia-gnosis“, což doslovně znamená „skrze poznání“. Je to metoda zabývající se určováním a rozeznáváním stavu technického zařízení. Zároveň se věnuje metodám, postupům a prostředkům, které umožní provést zkoumání na diagnostikovaném objektu.

Diagnostiku v oblasti motorových vozidel používáme především k určení současného stavu zkoumaného objektu. Diagnostický nález pak vede na zhodnocení stavu stroje. Stav hodnotíme jako bezvadný, provozuschopný či poruchový. V případě bezvadného a provozuschopného stavu můžeme stanovit tzv. prognózu, která je zaměřena na určení budoucího vývoje technického stavu zkoumaného objektu.

Při poruchovém stavu nejprve lokalizujeme prvotní místo vzniku poruchy, tento úkol patří v automobilové diagnostice mezi ty nejsložitější, poté analyzujeme příčinu poruchy a také zjišťujeme, proč se předčasně zhoršuje technický stav objektu.

2.1. Diagnostické prostředky

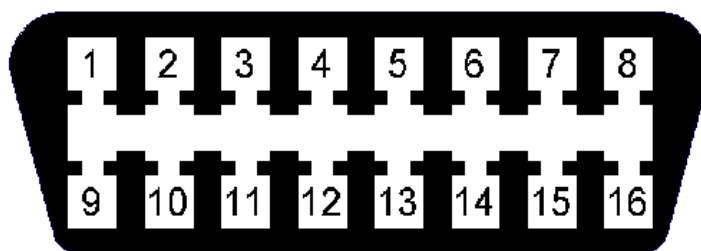
Mezi diagnostické prostředky můžeme zařadit spoustu jednoúčelových i multifunkčních přístrojů, které pomáhají odhalit závady na vozidle ve všech oblastech kontroly.

U dřívějších vozidel byla diagnostika podstatně snazší. V autech se nevyskytovalo tolik elektroniky, elektrická zapojení byla jednodušší a tak si člověk vystačil s prostým schématem zapojení. S nástupem elektronických řídicích jednotek vzrostla potřeba speciálních přístrojů, které by tyto systémy diagnostikovaly. Dnes se bez těchto multifunkčních diagnostických přístrojů neobejde žádný autoservis.

Moderní vozidla jsou vybavena vlastní palubní diagnostikou, známou jako OBD II (On-Board Diagnostics), v Evropě je označována EOBD (European On Board Diagnostics). Tento protokol je tvořen několika normami, které udávají požadavky na všechna vyrobená vozidla pro účel digitální diagnostiky systémů. EOBD slouží k diagnostice systémů a k detekci závad součástí, které se podílejí na redukci emisí škodlivých látek. Pokud dojde k závadě přímo ovlivňující emisní limity, rozsvítí se na palubní desce kontrolka poruchy motoru, tzv. MIL (malfunction indicator lamp), která řidiči značí poruchu v systému a nabádá k návštěvě servisu. Dnes jsou možnosti této diagnostiky dále rozšířeny i na další, zejména bezpečnostní prvky jako funkce airbagů, ABS, ESP.

Pro komunikaci vozidla s diagnostickým softwarem se používá standardizovaná 16-ti pinová zásuvka dostupné z místa řidiče, ve vzdálenosti 50 cm od volantu.

Tato palubní diagnostika je povinná pro všechny nové osobní automobily se zážehovým motorem od roku 2001 a se vznětovým od roku 2003.

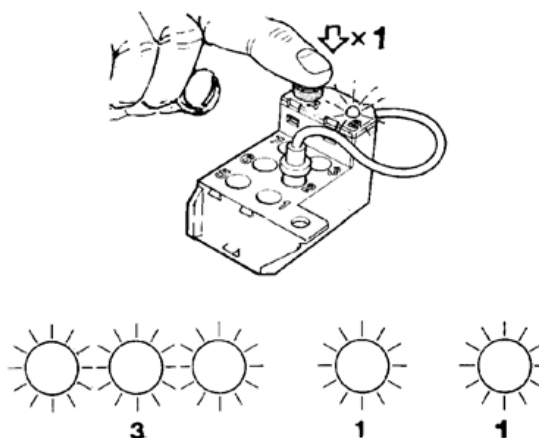


Pin 2 - J1850 Bus+
 Pin 4 - Chassis Ground
 Pin 5 - Signal Ground
 Pin 6 - CAN High (J-2284)
 Pin 7 - ISO 9141-2 K Line
 Pin 10 - J1850 Bus
 Pin 14 - CAN Low (J-2284)
 Pin 15 - ISO 9141-2 L Line
 Pin 16 - Battery Power

Obr. 2-1 Konektor OBD a popis pinů [23]

Ve vozech vyrobených přibližně do roku 2000 se můžeme setkat s různými předchůdci EOBD, kdy mezi výrobci nebyl synchronizován jeden typ zásuvky. Tyto systémy neměly tak bohaté možnosti jako dnes, všechny ale umožňovaly výpis paměti závad, nejčastěji v podobě kódů. Téměř každý výrobce používal jiný systém s vlastními kódy, ať již pouze číselnými nebo kombinace číslic a písmen. Za zmínění stojí také palubní diagnostika pomocí blikavých kódů, kdy jednotka zobrazila číselné kódy pomocí blikání diody. Kódy byly zvlášť pro jednotku vstřikování, zapalování, ABS a dalších jednotek na palubě.

V některých případech však samotná palubní diagnostika k přesnému určení závady nestačí a je nutné použít další metody jako například proměření akčních členů. Součásti zapalovací a vstřikovací soustavu vozidla se nejlépe zkontrolují pomocí osciloskopu.



Obr. 2-2 Palubní diagnostika pomocí blikavých kódů

2.2. Osciloskop

Osciloskop je měřicí přístroj, který umí viditelně zobrazit, jak se mění elektrické napětí v čase a umožňuje nahlédnout, jak se mění elektrický signál. Napětí můžeme brát za jakousi univerzální veličinu, na kterou můžeme převést ostatní fyzikální veličiny, jejichž přímé zobrazení by bylo ve většině případů značně obtížné či vůbec neproveditelné.

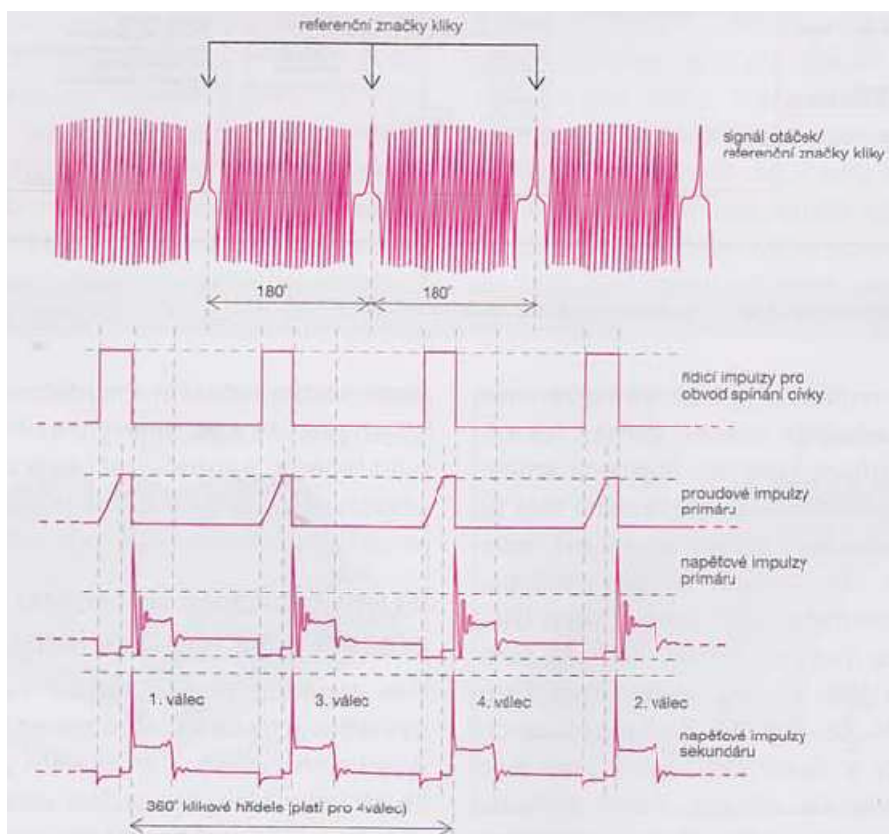
Název osciloskop je složenina ze dvou slov. První část slova ukrývá pojem oscilace, neboli česky kmitání. Druhá část – skop – pak znamená zobrazovač. Volně přeloženo jde o zařízení zobrazující kmitání. Grafickým výstupem z osciloskopu je tzv. oscilogram.

Dříve se v servisní praxi vyskytovaly osciloskopy jako samostatná zařízení, také jako čistě analogová zařízení, dnes jsou již integrovány do větších digitálních diagnostických motortesterů či grafických multiskopů.

U vstřikovací soustavy můžeme osciloskopem zjistit správnou funkci palivové pumpy a regulátoru tlaku, dále pak dobu vstřiku na jednotlivých vstřikovačích. A samozřejmě prověřit i ostatní akční členy jako snímač polohy škrticí klapky, elektronický plynový pedál a jiné. U zapalování pomůže osciloskop analyzovat primární i sekundární okruh. Dále funkci senzoru klepání, snímače polohy klikové hřídele a další.



Obr. 2-3 Osciloskop užívaný v diagnostické praxi [4]



Obr. 2-4 Signály elektronického zapalování naměřené pomocí osciloskopu [4]

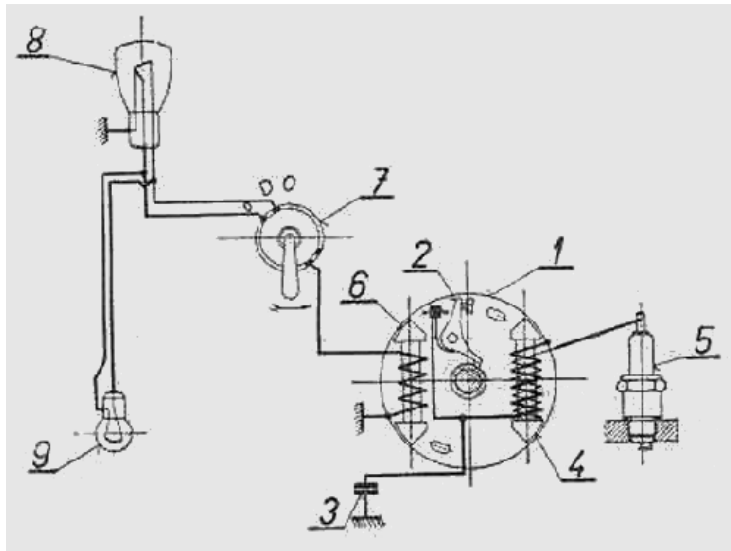
3. Rozbor zapalovací a vstřikovací soustavy vozidla

3.1. Zapalování

Účelem zapalovacího systému u zážehového motoru je zapálit (zažehnout) stlačenou směs paliva a vzduchu ve spalovacím prostoru vysokonapětovou elektrickou jiskrou, která přeskóčí mezi elektrodami zapalovací svíčky a směs zapálí.

3.1.1. Vývoj zapalování

V prvopočátcích motorismu se u zážehových motorů využívalo k zažehnutí palivové směsi jisker, které vznikaly odtržením kontaktů přímo ve válci. Na přelomu 19. a 20. století bylo používáno magneto se zapalovací svíčkou, která zapalovala palivovou směs vysokonapětovou jiskrou. Magneto ve spalovacím motoru je v podstatě generátor elektřiny s permanentními magnety, spjatý s klikovou hřídelí motoru, vyrábějící vysokonapětové pulsy pro zapalovací svíčky.



Obr. 3-1 Schéma historického magneta na mopedu Stadion s11 [24]

- | | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| 1. setrvačnickové magneto PAL | 6. osvětlovací cívka |
| 2. přerušovač | 7. přepínač |
| 3. kondenzátor | 8. žárovka světlometu dvouvláknová |
| 4. zapalovací cívka | 9. žárovka koncového světla |
| 5. zapalovací svíčka PAL | |

Během dvacátých let 20. století došlo k zavádění bateriového zapalování, kde se potřebná energie pro výrobu jiskry bere z akumulátoru, postupně se transformuje v zapalovací cívce a přivádí se na zapalovací svíčky. Tento systém je dodnes nejrozšířenější u většiny zážehových motorů. S postupem času se do zapalovacích systémů začala prosazovat řídicí elektronika, která vytlačovala mechanické řízení. V dnešních systémech již není zapotřebí rozdělovače, přerušovače, regulace otáček či podtlakové regulace tak, jak je známe z dob

staříčkových škodovek. Vše si bere na starost elektronika, v čele s řídicími jednotkami, a přidává k tomu ještě další měřené parametry motoru, aby zapalování probíhalo co nejlépe k provozním podmínkám motoru.

3.1.2. Požadavky

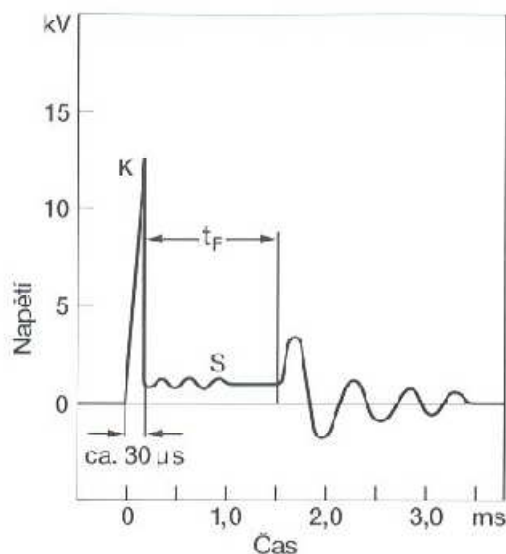
Výhodou zapalování s elektrickou jiskrou je zejména to, že umožňuje přesně nastavit okamžik zažehnutí směsi ve válci a tím optimálně využít výkonového potenciálu motoru. Také je možné umístit středisko zapálení směsi do nejvýhodnějšího místa ve spalovacím prostoru, s ohledem na způsob šíření plamene a rychlost hoření. Zapalovací soustava musí zajistit kvalitní zapálení palivové směsi za všech provozních podmínek motoru. Směs se musí zapálit takovým způsobem, aby doba mezi okamžikem výboje a skutečným začátkem hoření směsi byla co nejkratší. Pro správnou funkci zapalování je nutné, aby napětí akumulátoru (12V) bylo transformováno na 8000V – 24000V. Toto napětí se u každého motoru liší a záleží na mnoha faktorech. V první řadě je potřebná hodnota napětí dána kompresním tlakem, čím je tlak vyšší, tím vyšší musí být napětí.

Dále se napětí odvíjí od složení směsi. Chudší směs vyžaduje vyšší napětí než směs bohatší. K dispozici musí být také dostatek zápalné energie, aby se získala jiskra s co nejdélejší dobou hoření. Aby mohla být směs vzduchu a paliva zapálena, je zapotřebí energie 0,2mJ a to pouze v případě, že směs je homogenní a ve stechiometrickém poměru. Při provozu je však směs občas chudší či bohatší. V tomto případě je potřeba přivést energii přes 3mJ, což je pouze část celkové energie v jiskře. Při nedostatku energie nemůže zapálení směsi proběhnout a dostávají se výpadky v zapalování.

- **Vytvoření jiskry**

Aby mohla jiskra přeskočit z jedné elektrody na druhou, je potřeba dostatečně vysokého napětí. V bodu zážehu roste napětí na elektrodách zapalovací svíčky prudce od nuly až do hodnoty přeskokového napětí. Krátký první průraz a energie jím uvolněná je nejdůležitější pro zapálení směsi ve válci. Tento výboj vzniká vybitím kapacity zapalovací svíčky a je velmi krátký, přibližně 10^{-8} s. Po přeskoku jiskry mezi elektrodami začne napětí na svíčke klesat až na napětí hoření. Při hoření jiskry dojde k zapálení palivové směsi a napětí poté dokmitává již bez výboje zpět na nulu. Časový průběh napětí na svíčke je patrný z Obr. 3-2.

K zapalovací napětí, S napětí hoření, t_F doba trvání jiskry.



Obr. 3-2 Časový průběh napětí na zapalovací svíčke [7]

- **Vznik vysokého napětí**

U bateriového zapalování se nejčastěji vysoké napětí vytváří transformací v zapalovací cívce. Další funkcí cívky je akumulace zapalovací energie.

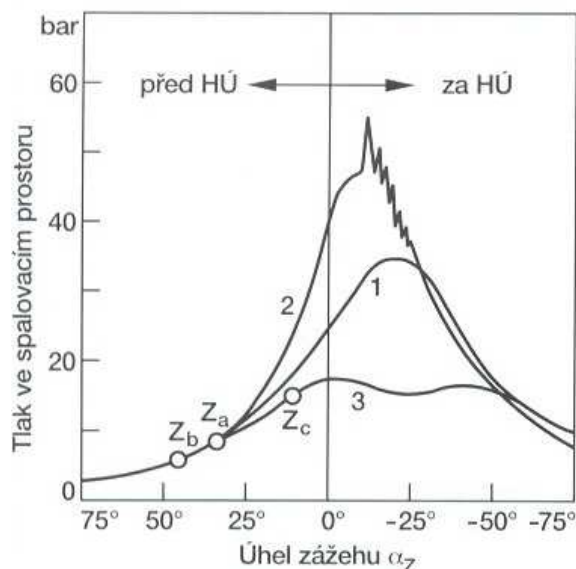
- **Nastavení předstihu a bod zážehu**

Nastavení předstihu je jeden z nejdůležitějších parametrů u zapalování. Předstih neboli úhel zážehu vyjadřuje posun bodu zážehu k poloze klikového hřídele v horní úvrati. Jelikož doba hoření směsi je při stejném složení konstantní, musí jiskra se změnou provozních podmínek přeskočit s určitým předstihem tak, aby byl spalovací tlak optimální v každé situaci. Brzké nebo opožděné zapálení má za následek snížení výkonu a zvýšení spotřeby. Průběh tlaku ve spalovacím prostoru je vyobrazen na Obr. 3-3.

Pokud dojde k zapálení směsi s příliš velkým předstihem, vzrůstá tlak ve válci ještě v kompresním zdvihu před dosažením horní úvrati a tím působí proti pohybu pístu. Příliš vysoký tlak ve spalovacím prostoru má také za následek vznik detonačního spalování, obecně známého jako klepání, při kterém dochází k samozápalům paliva. V důsledku klepání může dojít i k vážnému poškození spalovacího motoru.

Naopak při pozdním zapálení dochází k dohoření směsi až v průběhu expanzního zdvihu, tlak ve válci je nižší a s ním i tepelná účinnost motoru. V důsledku nízkého tlaku dochází ke snížení rychlosti hoření a směs tak může dohořovat ještě ve výfuku.

- 1 zapálení Z_a ve správném bodu zážehu
 2 zapálení Z_b příliš velký předstih (klepající spalování)
 3 zapálení Z_c příliš malý předstih



Obr. 3-3 Průběh tlaku ve spalovacím prostoru při různém předstihu [7]

3.1.3. Druhy zapalovacích systémů

Druhy zapalovacího systému u zážehových motorů se liší způsobem získávání vysokého napětí, jeho rozdělení, přenosu a regulací předstihu. Základní druhy zapalování jsou vyobrazeny v následující tabulce.

	SZ	TZ	EZ	VZ
	Klasické zapalování	Tranzistorové zapalování	Elektronické zapalování	Plně elektronické zapalování
Zdroj impulsů	mechanický	elektronický	elektronický	elektronický
Regulace úhlu předstihu zážehu	mechanická	mechanická	elektronická	elektronická
Dosažení vysokého napětí	induktivní	induktivní	induktivní	induktivní
Rozdělení vysokého napětí do příslušného válce	mechanické	mechanické	mechanické	elektronické
Výkonový stupeň	mechanický	elektronický	elektronický	elektronický

Tab. 1 Druhy zapalovacích systémů

- **Klasické zapalování (SZ)**

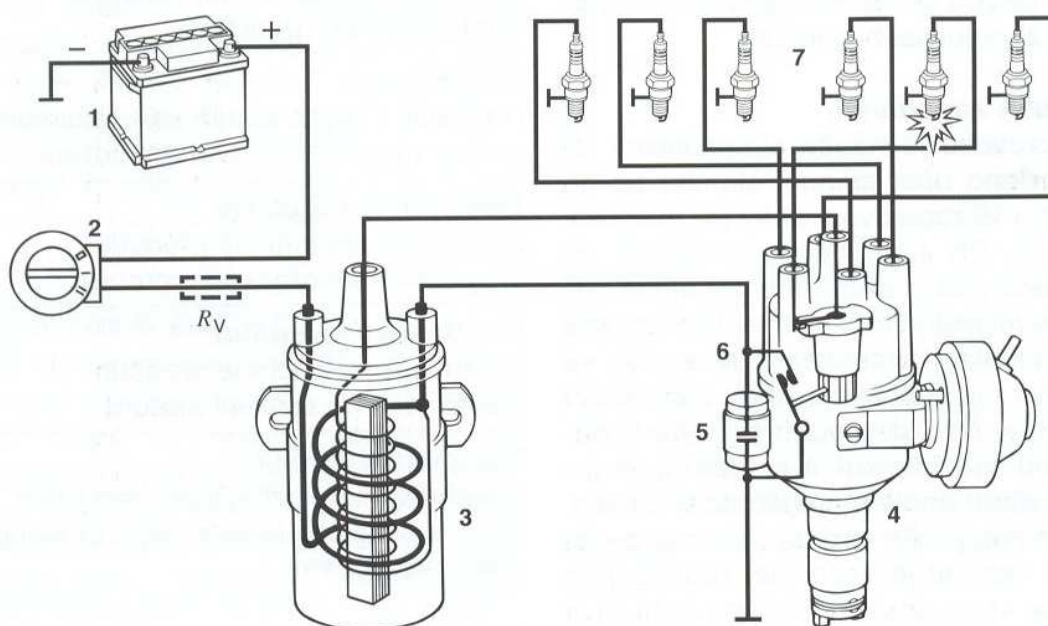
Jedná se o konvenční cívkové zapalování řízené kontakty. To znamená, že proud, který protéká cívkou, je vypínán a zapínán mechanickým kontaktem (přerušovačem) v rozdělovači.

Kontakty řízené zapalování je nejjednodušší verzí zapalování, ve které jsou realizovány všechny funkce.

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

- **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**, je při startu zkratován, aby došlo k nárůstu napětí při startu
- **Přerušovač** spíná a rozepíná primární proudový okruh zapalovací cívky pro akumulaci energie a přeměnu napětí
- **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 utěšňuje spalovací prostor. Citováno z [12]

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



Obr. 3-4 Klasické zapalování (SZ) [12]

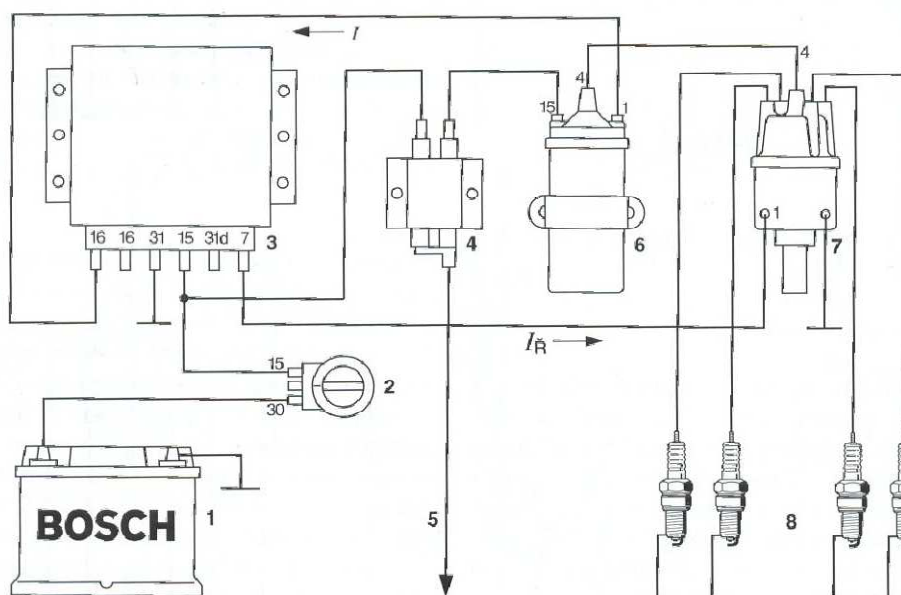
- **Kontakty řízené tranzistorové zapalování (TZ)**

Od klasického zapalování se liší především tím, že přerušovač už nespíná primární proud, ale pouze řídicí proud pro spínací jednotku zapalování. Ostatní funkce a části zapalování zůstávají obdobné jako u klasického zapalování.

Hlavní výhodou proti klasickému zapalování je rychlejší nárůst primárního proudu a podstatně delší životnost kontaktů přerušovače.

Existují ještě dvě verze tranzistorového zapalování, tzv. bezkontaktní, kde již není tranzistor řízen přerušovačem, ale elektrickými impulsy buď Hallovým snímačem (TZ-H) nebo indukčním snímačem (TZ-I).

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 řídicí proud



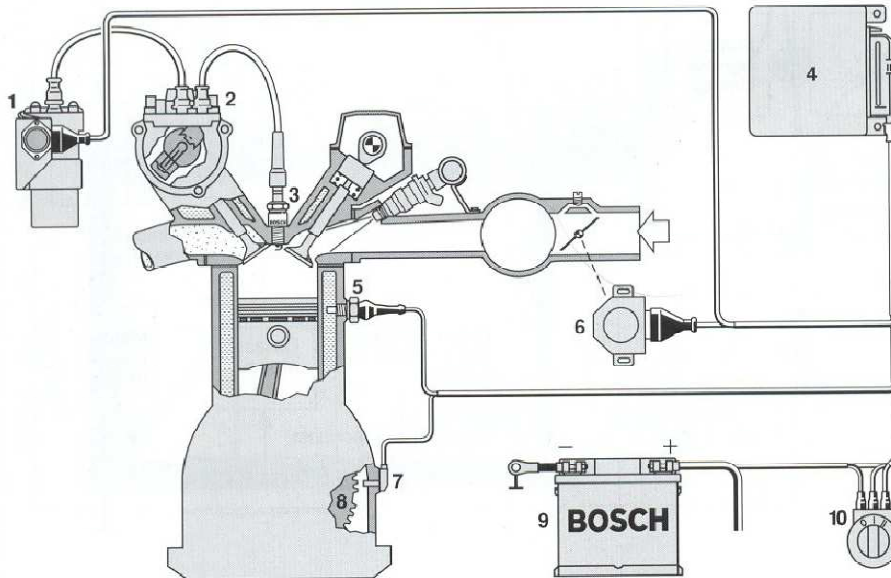
Obr. 3-5 Tranzistorové zapalování (TZ) [12]

- **Elektronické zapalování (EZ)**

Mechanický rozdělovač je stále přítomný, je však odstraněna mechanická regulace předstihu úhlu zážehu. Proto je pro spouštění procesu zapalování používán otáčkový signál ze snímače polohy klikové hřídele. Doplňkový snímač tlaku dodává signál zatížení. Mikroprocesor z těchto signálů vypočítává potřebné přestavení předstihu a odpovídajícím způsobem modifikuje výstupní signál, který je dále předáván do spínací jednotky.

Výhodou je lepší přestavení předstihu přizpůsobené individuálním podmínkám provozu. Sledování dalších parametrů motoru (teplota). Lepší chování motoru při startu a řízení volnoběhu. Nižší spotřeba paliva. Možnost realizace regulace klepání (EZ-K).

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



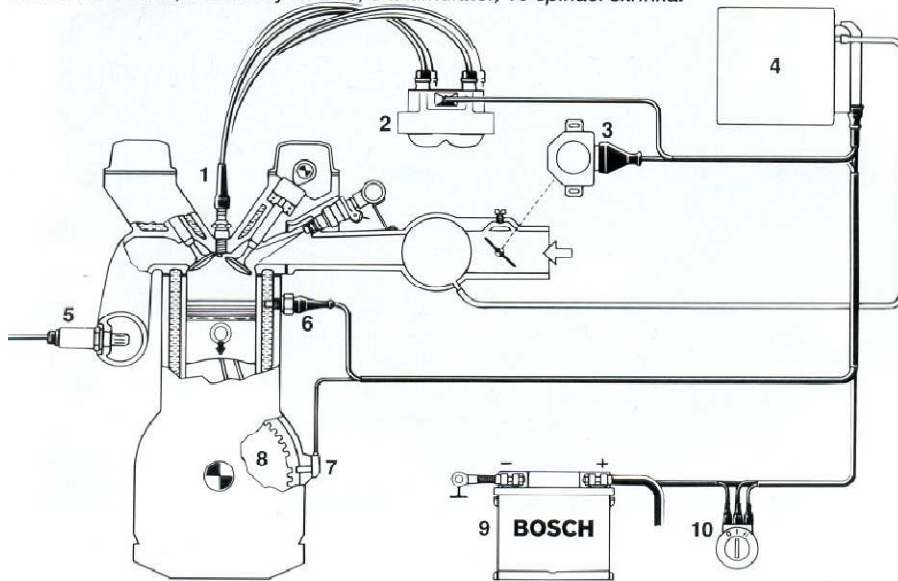
Obr. 3-6 Elektronické zapalování (EZ) [12]

- **Plně-elektronické zapalování (VZ)**

Nejpodstatnějším rozdílem proti elektronickému zapalování je nahrazení mechanického rozdělovače elektronickým. U plně-elektronického zapalování se tak již nenachází žádné rotační díly, je snížena hlučnost a jsou zde jisté konstrukční výhody pro výrobce motorů. Výkonové parametry jsou plně srovnatelné s elektronickým zapalováním.

Mechanický rozdělovač je nahrazen nejčastěji dvoujiskrovými cívkami. Například u čtyřválcového motoru jsou dvě dvoujiskrové cívky, které jsou střídavě řízeny koncovými stupni zapalování.

1 zapalovací svíčka, 2 dvoujiskrová zapalovací cívka (2x), 3 spínač škrtkové klapky, 4 řídicí jednotka 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.



Obr. 3-7 Plně elektronické zapalování (VZ) [12]

3.1.4. Zapalovací svíčka

Svíčka má za úkol zapálit ve válci směs vzduchu a paliva pomocí vysokého napětí. Jiskra přeskakuje mezi vnější a střední elektrodou. Nároky na vysokonapěťové svíčky se stále zvyšují. Je to dáno zvyšováním výkonu a pracovního rozsahu motoru. Svíčka pracuje ve velmi náročném prostředí, je vystavena změnám teplot při sání a při hoření, rozdíl teplot je přes 2000°C a tlak až 6 MPa. Za minutu přeskóčí až 4000 jisker. Napěťové rázy dosahují 30kV až 40kV. Musí také odolávat chemickým procesům, které mění vlastnosti materiálů svíček.

- **Konstrukce zapalovacích svíček**

Jako materiály pro konstrukci svíčky se používají keramika a kov. Hlavní části zapalovací svíčky jsou střední elektroda, keramické izolační těleso a kovové pouzdro nesoucí elektrodu se šroubením, pomocí něhož je svíčka zašroubována do hlavy válce, tím utěsňuje spalovací prostor a svým spodním koncem do něj přímo zasahuje. Popis jednotlivých částí svíčky je vidět na Obr. 3-8.



Obr. 3-8 Konstrukce zapalovací svíčky [29]

3.2. Vstřikování paliva

Aby mohl zážehový motor správně plnit svoji funkci, potřebuje ke svému provozu správný poměr vzduchu a paliva. Při ideálním spalování je poměr roven 14,7kg vzduchu na 1kg paliva. Tento poměr se nazývá stechiometrický. Za účelem zjištění odchylky skutečného a teoreticky nutného poměru vzduchu s palivem (14,7:1) byl zaveden součinitel přebytku vzduchu λ (lambda). Ten vyjadřuje poměr skutečně přivedené hmotnosti vzduchu k hmotnosti vzduchu potřebné ke stechiometrickému spalování. Zážehový motor je po dobu své životnosti provozován v různých režimech od ustálené jízdy, s důrazem na co nejnižší spotřebu, až po stavy, kdy je od motoru požadován plný výkon. Tomu se také u moderních motorů s elektronickými řídicími systémy tento poměr vzduchu a paliva přizpůsobuje. V oblasti částečného zatížení pracuje motor s nepřímým vstřikováním s přebytkem vzduchu $\lambda = 1,05 - 1,3$. Naopak při potřebě využít plného výkonu pracuje motor s mírně bohatou směsí se součinitelem $\lambda = 0,85 - 0,95$. Agregát s přímým vstřikem paliva do válců je schopen v určitém režimu pracovat s extrémně chudou směsí $\lambda = 1,5 - 3,0$. Takovéto přesné řízení poměru palivové směsi nebylo u dřívějších karburátorových systémů možné.

3.2.1. Historie vstřikování

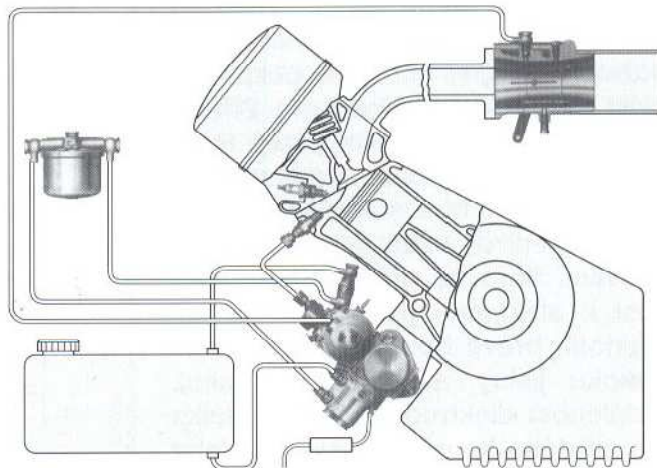
Vstřikování benzínu má dlouhou, téměř stoletou minulost. Již v roce 1898 vyrobila továrna na plynové motory Deutz v malém počtu kusů pístové čerpadlo pro benzínové vstřikování.

Jen o něco málo později byl objeven princip karburátoru a benzínové vstřikování pak již při tehdejšímu stavu nebylo konkurenceschopné.

Již v roce 1912 zahájil Bosch první experimenty s benzínovými vstřikovacími čerpadly. V roce 1937 šel do sériové výroby první letecký motor, s výkonem 1200 PS, s vstřikováním benzínu Bosch. Nespolehlivost karburátorové techniky způsobená zamrznáním a nebezpečím požáru, podpořila vývoj vstřikování benzínu právě v této oblasti. Tak začala éra vstřikování Bosch, ale ke vstřikování benzínu v osobních vozidlech byl ještě pořádný kus cesty.

V roce 1951 bylo poprvé přímým vstřikováním benzínu firmy Bosch sériově vybaveno osobní vozidlo. O několik málo let později následovala montáž do legendárního 300SL, sériového sportovního vozu Daimler – Benz.

V následujících letech byla mechanická vstřikovací čerpadla stále více vyvíjena. Citováno z [8]



Obr. 3-9 Bosch - vstřikování benzínu z roku 1954 [8]

3.2.2. Úkoly

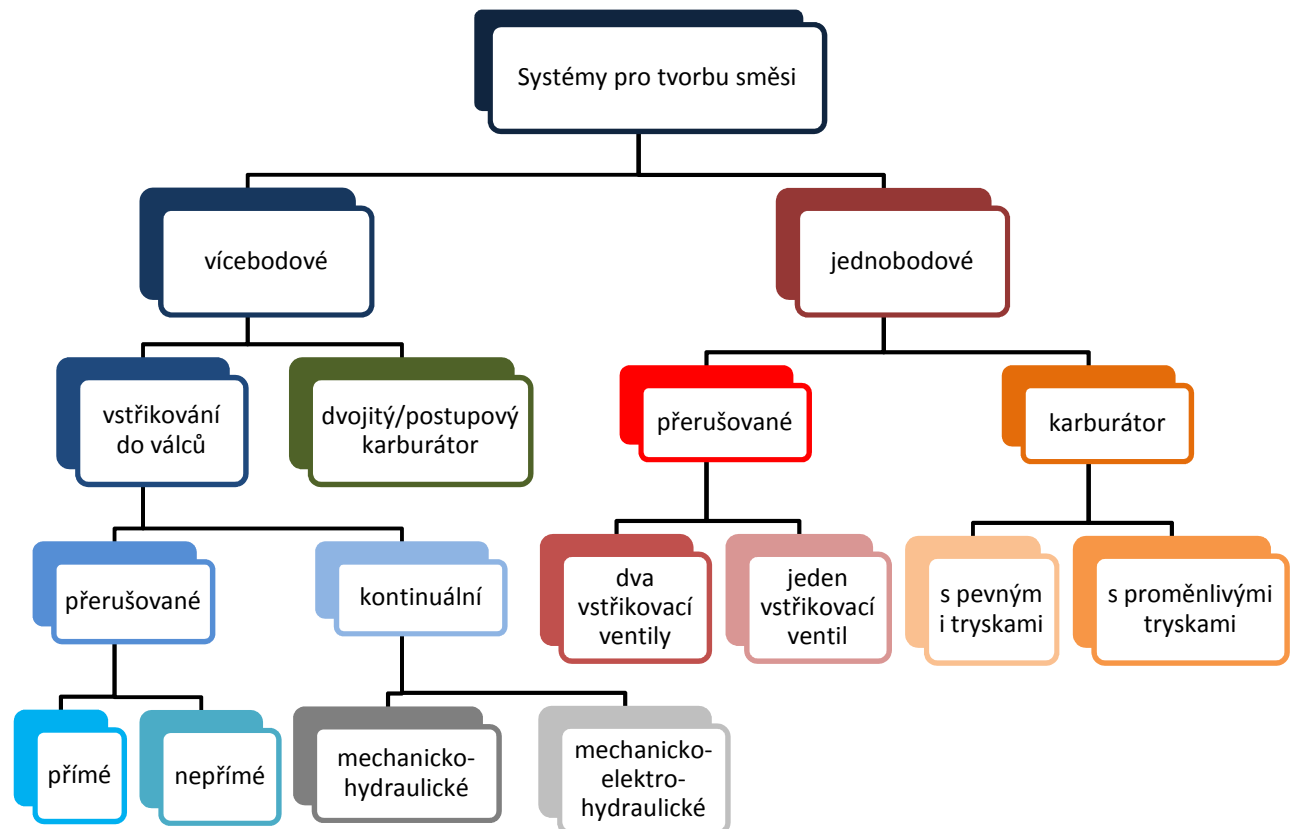
Základem je vstříknout palivo do válce či sacího kanálu v přesně odměřeném množství, odpovídající okamžitému množství vzduchu, který je nasáván. Palivo je pod tlakem jemně rozprášeno vstřikovacími tryskami a v sacím kanálu nebo přímo ve válci důkladně promícháno se vzduchem, vzniká tak zapalitelná palivová směs.

- vstříknout jemně rozprášené palivo do nasávaného vzduchu
- upravit směšovací poměr paliva se vzduchem optimálně příslušnému stavu provozu motoru (zatížení, teplota, otáčky)
- udržovat nízký poměr škodlivin ve výfukových plynech

3.2.3. Výhody oproti karburátoru

- přesnější odměření paliva ke vzduchu za všech provozních stavů motoru
- vstřikování probíhá větším rozdílem tlaků, tlakem palivového čerpadla, oproti menšímu tlakovému rozdílu v difuzoru karburátoru
- přívod paliva v jemně rozptýlené formě
- krátké vzdálenosti a časy dopravy směsi k válci
- jemnější rozptýlení paliva, rychlejší odpařování a tvorba směsi
- u vícebodového vstřikování rovnoměrné rozdělení paliva do jednotlivých válců
- rychlejší odezva motoru při změně polohy škrtkové klapky
- snížení specifické spotřeby paliva
- nižší obsah škodlivin ve výfukových plynech
- výhodnější průběh vnější rychlostní charakteristiky motoru
- zlepšení startování studeného motoru a fáze zahřívání
- snazší realizace přeplňování

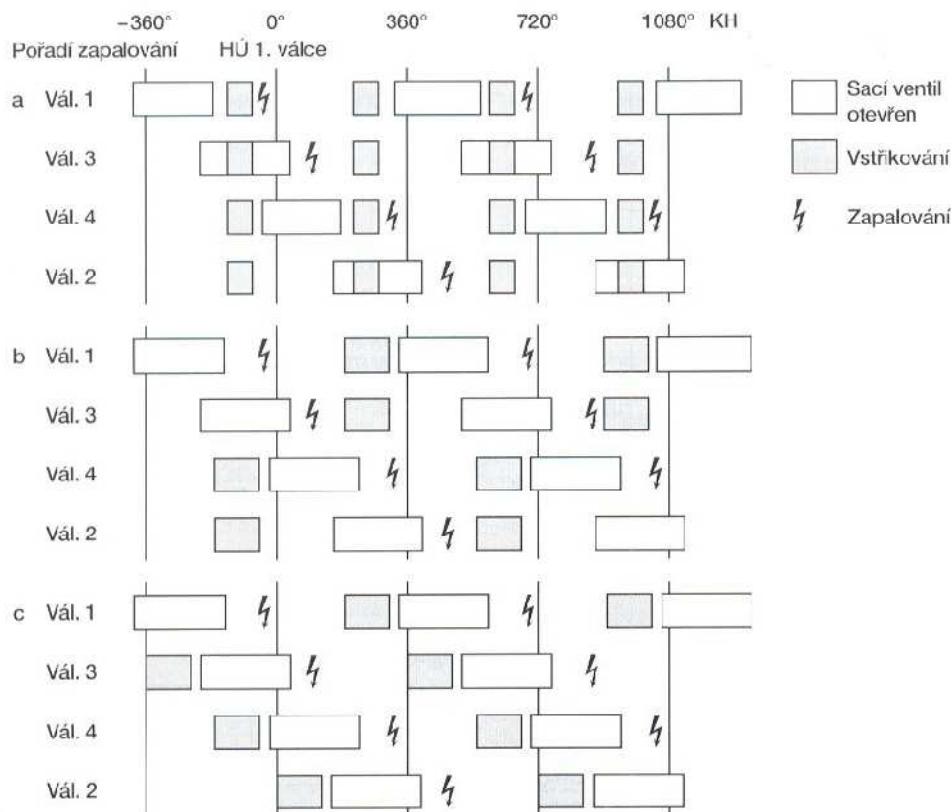
3.2.4. Základní rozdělení



3.2.5. Způsoby vstřikování

- **Simultánní** – vstřikovací ventily se otevírají všechny ve stejný okamžik, jednou za otáčku klikového hřídele a vstřikují jen polovinu dávky z důvodu rozdílného času na odpaření paliva. Okamžik vstřiku je dán pevně předem.
- **Skupinové** – je tvořeno dvěma skupinami vstřikovacích ventilů, kdy každá skupina vstřikuje jednou za cyklus. Vstřikuje se celá dávka paliva najednou a to před zavřením sacího ventilu. Časový odstup obou skupin tvoří jedno otočení klikového hřídele. Okamžik vstřiku může být přesněji načasován dle provozních podmínek.
- **Sekvenční** – vstřikovací ventily jsou ovládány nezávisle na sobě podle pořadí zapalování a vstřikují celou dávku paliva těsně před začátkem sání. Okamžik vstřiku je volně programovatelný a lze ho přizpůsobit na příslušná optimalizační kritéria.

a simultánní vstřikování, b skupinové vstřikování, c sekvenční vstřikování.



Obr. 3-10 Porovnání způsobů vstřikování [7]

3.2.6. Nepřímé vstřikování

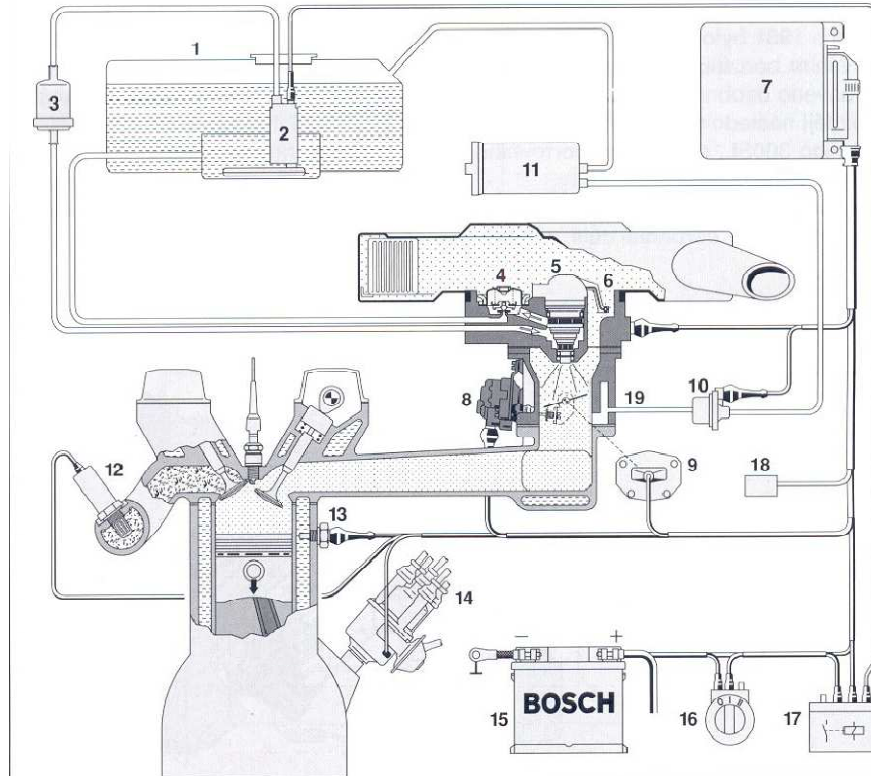
- **Jednobodové vstřikování**

Někdy také označováno jako centrální vstřikování paliva. Elektronicky řízený vstřikovací systém, kde je palivo vstřikováno do sacího potrubí jedním elektromagnetickým ventilem umístěným před škrticí klapkou. Směs je rozptýlena v prostoru škrticí klapky a dále proudem vzduchu unášena k jednotlivým válcům. Systém může být vybaven jedním nebo dvěma vstřikovacími ventily. Hlavní výhodou tohoto systému je konstrukční jednoduchost oproti vícebodovému vstřikování. Nevýhodou je nerovnoměrné rozdělení směsi pro jednotlivé válce, do nich se tak dostává nestejně množství směsi rozdílné kvality. Největším představitelem této skupiny je vstřikovací systém Bosch, tento systém ve své době umožnil rozšíření vstřikování i pro menší vozidla.

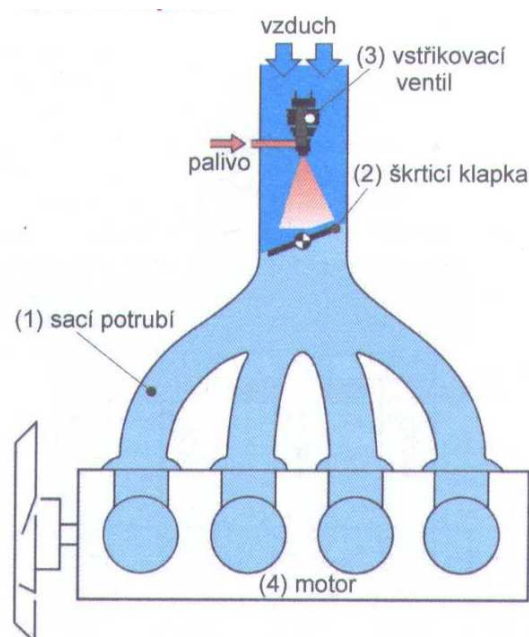
Mono - Jetronic (1987): elektronicky řízené centrální vstřikování, cenově výhodné

Mono - Motronic (1990): elektronicky řízené centrální vstřikování a zapalování

1 palivová nádrž, 2 elektrické palivové čerpadlo, 3 palivový filtr, 4 regulátor tlaku, 5 elektromagnetický vstříkovací ventil, 6 snímač teploty nasávaného vzduchu, 7 elektronická řídicí jednotka, 8 nastavovač škrťací klapky, 9 potenciometr škrťací klapky, 10 regenerační ventil, 11 nádoba s aktivním uhlím, 12 lambda sonda, 13 snímač teploty motoru, 14 rozdělovač, 15 akumulátor, 16 spínací skříňka, 17 relé, 18 diagnostická zásuvka, 19 vstříkovací jednotka.



Obr. 3-11 Vstříkování Mono – Jetronic [9]



Obr. 3-12 Jednobodové vstříkování paliva [3]

- **Vícebodové vstřikování**

Každému válci je přiřazen jeden elektromagnetický ventil, který vstřikuje paprsek paliva buď do sacího potrubí, nebo bezprostředně před sací ventil. Po otevření sacího ventilu jsou palivové páry strhávány proudem vzduchu, vlivem víření promíchány a do spalovacího prostoru se tak dostává homogenní směs. Podmínky pro rozdělení směsi pro jednotlivé válce jsou stejnoměrné. Vícebodové vstřikování může být buď přerušované, nebo kontinuální. Hlavními představiteli vícebodového vstřikování jsou systémy firmy Bosch.

D - Jetronic (1967): první elektronický vstřikovací systém, řízený tlakem v sání

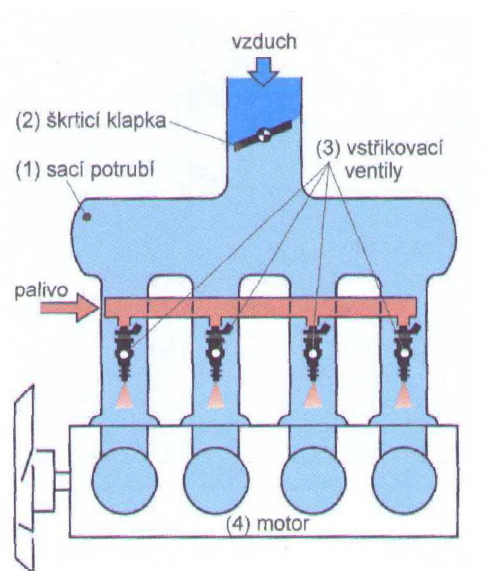
K - Jetronic (1973): mechanicko-hydraulicky řízený systém, měřící množství nasávaného vzduchu

KE - Jetronic (1982): rozšíření systému K-Jetronic o elektronický systém, s lambda sondou

L - Jetronic (1973): elektronicky řízený systém, měřící množství nasávaného vzduchu

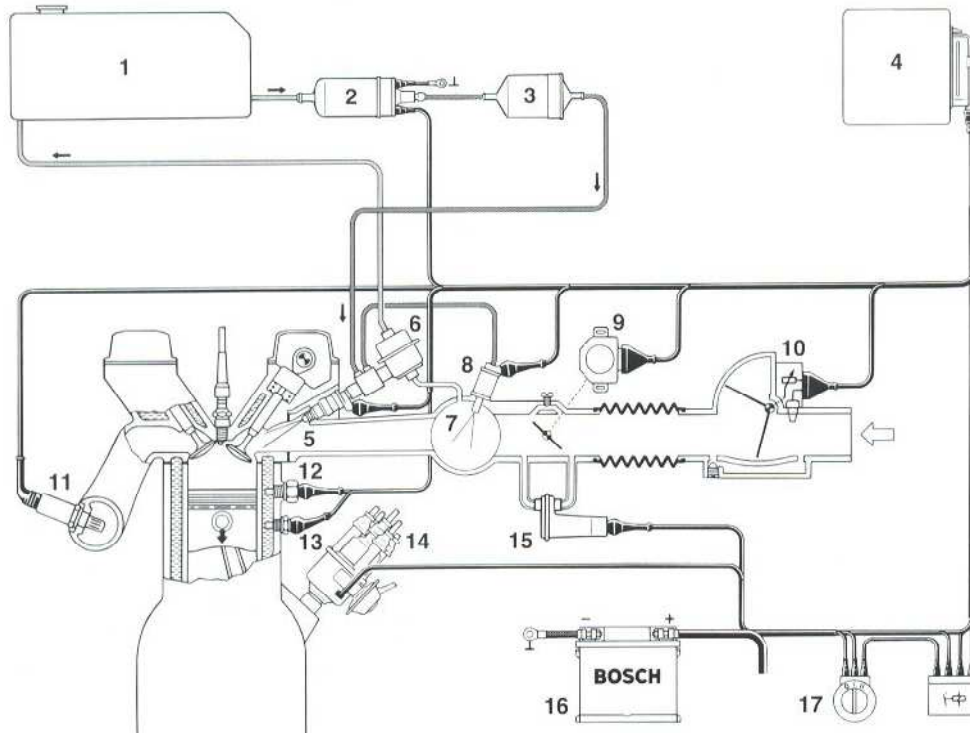
LH - Jetronic (1982): vylepšení systému L-Jetronic, měření nasávaného vzduchu pomocí žhaveného drátku

Motronic (1979): vstřikování L-Jetronic spojené s elektronickým zapalováním dohromady řízené mikro počítačem



Obr. 3-13 Vícebodové vstřikování paliva [3]

1 palivová nádrž, 2 elektrické palivové čerpadlo, 3 palivový filtr, 4 řídicí jednotka, 5 vstřikovací ventil, 6 rozdělovací potrubí s regulátorem tlaku, 7 sběrné sací potrubí, 8 ventil studeného startu, 9 spínač škrtící klapky, 10 měřič množství vzduchu, 11 lambda sonda, 12 teplotně časový spínač, 13 snímač teploty motoru, 14 rozdělovač, 15 šoupátko přidavného vzduchu, 16 akumulátor, 17 spínací skříňka



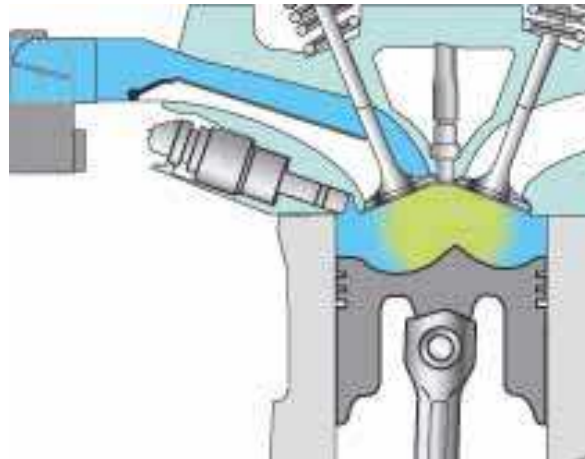
Obr. 3-14 Vstřikování L – Jetronic s Lambda regulací [8]

3.2.7. Přímé vstřikování

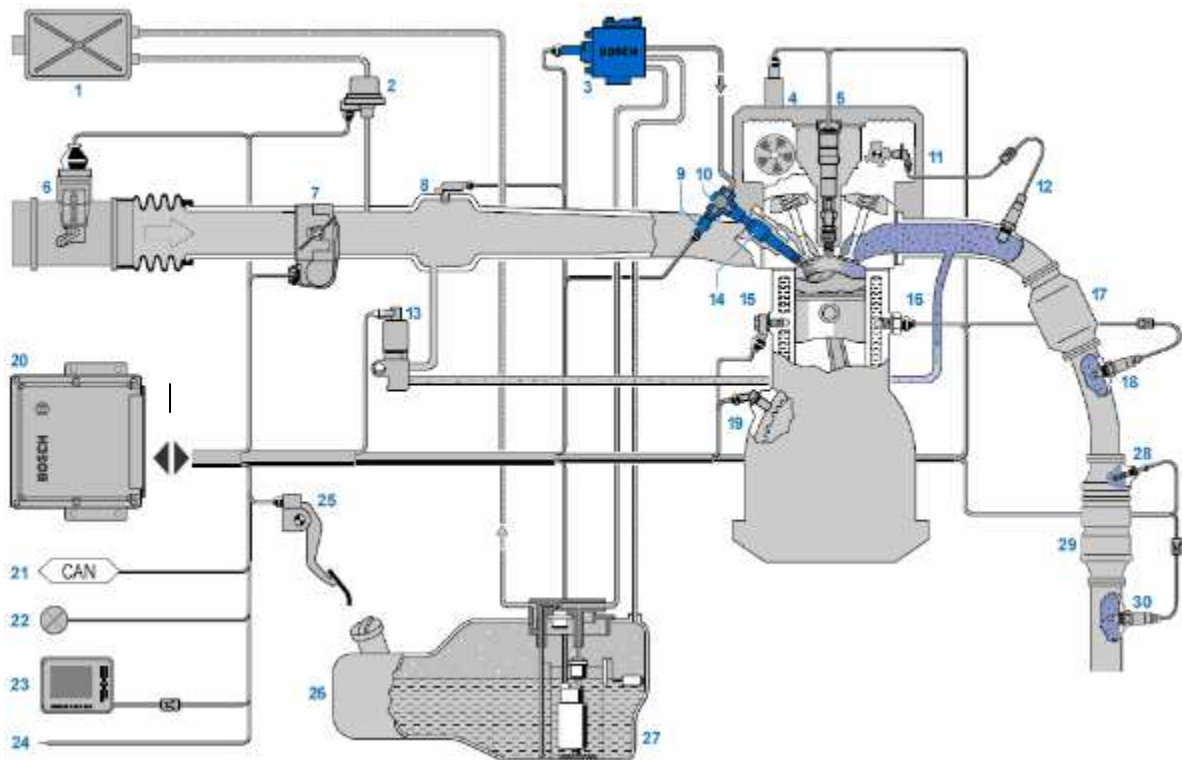
Označuje se také jako GDI (Gasoline Direct Injection) či FSI (Fuel Stratified Injection). Dochází ke vstřikování paliva elektromagnetickým ventilem přímo do spalovacího prostoru a až zde dojde ke smíšení paliva se vzduchem, to je hlavní rozdíl oproti nepřímému vstřikování. Systémy přímého vstřikování v podstatě pracují ve dvou odlišných módech. V oblasti nízkého až středního zatížení motoru systém pracuje v módu s vrstvenou směsí, kdy se palivo vstřikuje při kompresní fázi. Směs je velice chudá s poměrem lambda v rozmezí 1,6 až 3, ovšem její promísení je provedeno tak, aby v místě zážehu, tedy v okolí zapalovací svíčky, byla směs bohatá a došlo vůbec k zapálení.

Při vysokém zatížení přechází motor do režimu práce s homogenní směsí, kdy poměr lambda dosahuje až hodnoty 1. Palivo je vstřikováno již při sacím zdvihu, aby došlo k vytvoření dokonale homogenní směsi. Správnému promíchání směsi v obou režimech napomáhá speciálně tvarované dno pístu.

Přímé vstřikování se nejvíce rozšířilo v posledním desetiletí, i když se tímto systémem zabývala řada výrobců již daleko dříve. Výkonově je shodné s klasickými vstřikovacími systémy, avšak klesá spotřeba paliva a také výrazné snížení emisí CO₂. Největšími představiteli jsou systémy GDI (Mitsubishi), FSI (VW), IDE a TCe (Renault).



Obr. 3-15 Přímé vstřikování paliva do válce [16]



Obr. 3-16 Vstřikování Bosch Motronic MED 7 [25]

1 nádoba s aktivním uhlím (filtr); 2 odvzdušňovací ventil nádrže; 3 vysokotlaké čerpadlo; 4 nastavování vačkového hřídele; 5 zapalovací cívka; 6 měřič průtoku vzduchu s teplotním čidlem (hot-film sensor); 7 Škrticí klapka (Egas); 8 senzor tlaku v sacím potrubí; 9 snímač tlaku paliva; 10 vysokotlaký palivový zásobník (rail); 11 snímač polohy vačkového hřídele; 12 širokopásmová lambda sonda; 13 ventil recirkulace výfukových plynů; 14 ventil vstřikování paliva; 15 snímač klepání; 16 teplotní čidlo motoru; 17 předkatalyzátor; 18 post-katalizační sonda; 19 snímač otáček; 20 řídicí jednotka motoru; 21 sběrnice CAN; 22 kontrolka diagnostiky; 23 diagnostické rozhraní; 24 imobilizér; 25 modul plynového pedálu; 26 palivová nádrž; 27 podávací palivové čerpadlo; 28 teplotní čidlo výfukových plynů; 29 NOx katalyzátor; 30 lambda sonda

3.2.8. Elektromagnetické vstřikovací ventily

Elektromagnetický vstřikovací ventil je akční člen, který vstřikuje do spalovacího prostoru přesně odměřenou dávku paliva. Podle systému vstřikování přísluší buď každému válci jeden vstřikovací ventil, ten bývá umístěn v těsné blízkosti sacího kanálu. Nebo bývá jeden společný vstřikovač pro všechny válce. Ventil je ovládán elektromagneticky, impulsy z řídicí jednotky motoru. Celá jednotka vstřikovacího ventilu se skládá z těla ventilu a vstřikovací jehly spojenou s magnetickou kotvou. V těle ventilu je vinutí elektromagnetu a vedení jehly. V klidovém stavu tlačí šroubovitá pružina jehlu ventilu do těsnící polohy v kuželovém sedle trysky. Po přivedení proudu na vinutí dojde ke zdvihu jehly o přibližně 0,1 mm, a tím ke vstřiku paliva skrz trysku. Doba otevření ventilu se mění v závislosti na zatížení motoru, otáčkách a dalších veličinách zpracovávaných řídicí jednotkou. Vstřikovací otvory mají průměr v desetinách milimetru. Vstřikované palivo musí být přehřáté a vedené dostatečným tlakem, tak aby nesmácelo sací kanály, což by mělo za následek například zhoršenou startovatelnost zahřátého motoru.

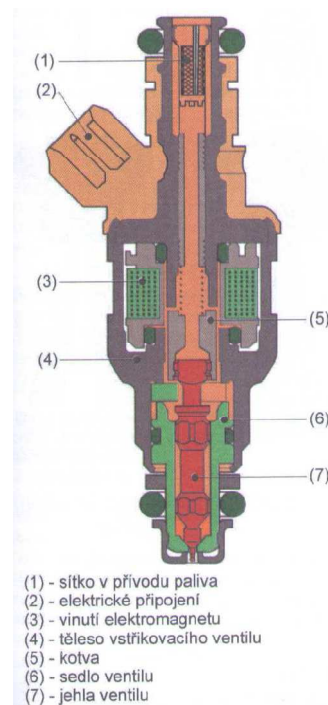
3.2.9. Vstřikovací ventily pro vícebodové vstřikování

Ventily se liší podle přívodu paliva: - s horním přívodem paliva („*top - feed*“)
- se stranovým přívodem paliva („*botom - feed*“)

- **S horním přívodem paliva („*top - feed*“)**

Tento typ vstřikovacího ventilu je zásobován palivem shora v axiálním směru. V horní části je ventil připojen k palivovému rozvodu, tento přívod je utěsněný těsnícím kroužkem a zajištěn svorkou proti vypadnutí. Zde se také nachází jemné sítko pro zachytávání případných nečistot. Do sacího potrubí je ventil zasazen spodní částí, a opět těsněn těsnícím kroužkem.

Nejrozšířenějším typem těchto trysek je Bosch EV4. Dále se také můžeme setkat s diskovými tryskami (např.: Spica), kde uzávěr má tvar disku namísto jehly.

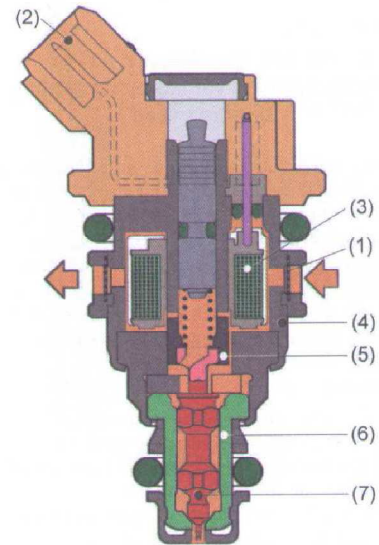


Obr. 3-17 Vstřikovací ventil s horním přívodem paliva [3]

- **Se stranovým přívodem paliva („*bottom - feed*“)**

Tento vstříkovací ventil je integrován přímo do palivového rozvodu a je neustále proplachován a tím i ochlazován palivem. Rozdělovač paliva je umístěn přímo na sacím potrubí. Hlavní výhodou, oproti ventilu s horním přívodem paliva, je to, že zaručuje bezproblémové startování i klidný chod teplého motoru, to je způsobeno neustálým ochlazováním paliva. Výhodou je také velmi malá zástavbová výška celého modulu obsahujícího rozdělovací potrubí a vstříkovací ventily.

Nevýhodou tohoto typu je ohřívání protékajícího paliva odpadovým teplem z trysek a motoru. Vyšší teplota způsobuje zvýšené vypařování v palivové nádrži, což může zapříčinit překročení limitních hodnot emisí odpařeného paliva.

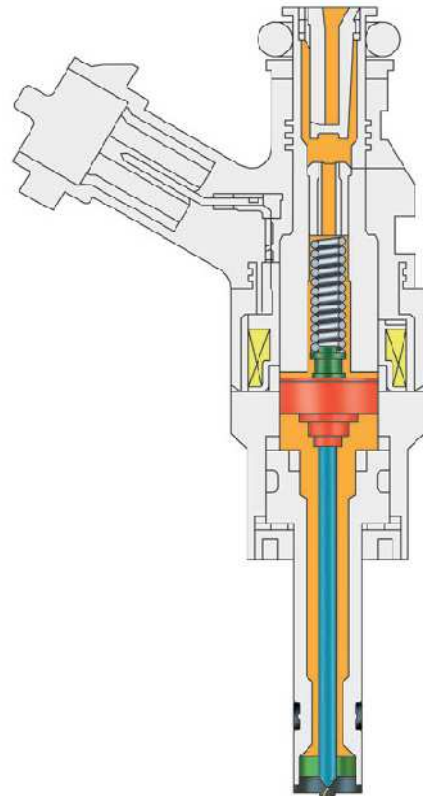


- (1) - sítko v přívodu paliva
- (2) - elektrické připojení
- (3) - vinutí elektromagnetu
- (4) - těleso vstříkovacího ventilu
- (5) - kotva
- (6) - sedlo ventilu
- (7) - jehla ventilu

Obr. 3-18 Vstříkovací ventil se stranovým přívodem paliva [3]

- **Vstříkovací ventil pro přímé vstříkování**

Vstříkovací ventily pro přímé vstříkování paliva do válce se po vzhledové stránce liší od těch konvenčních především svým tvarem vstříkovací trysky, která musí být delší, aby zasáhla až do spalovacího prostoru. Tyto vstříkovače pracují s vyššími tlaky paliva než konvenční. Principem funkce se od nich však neliší.

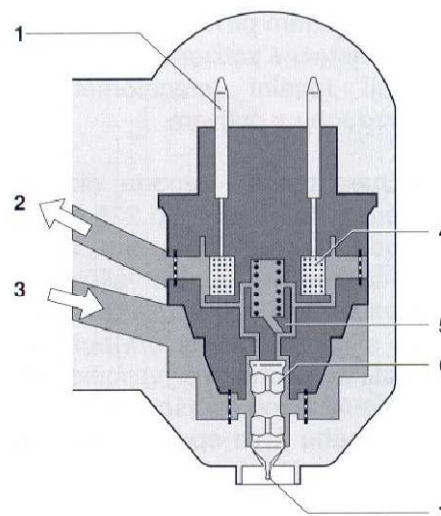


Obr. 3-19 Vstříkovací ventil pro přímé vstříkování [17]

3.2.10. Vstříkovací ventil pro centrální vstříkování

Vstříkovací ventil pro centrální vstříkování se po konstrukční stránce v podstatě neliší od vstříkovačů pro vícebodové vstříkování. Odlišné je jeho umístění. Nachází se v celém vstříkovacím modulu umístěném před škrtkící klapkou. Pro lepší rozprášení paliva do prostoru klapky má ventil tzv. rozstříkovací čep.

1 elektrický přípoj, 2 odvod paliva, 3 přívod paliva, 4 cívka elektromagnetu, 6 jehla ventilu, 7 rozstříkovací čep.



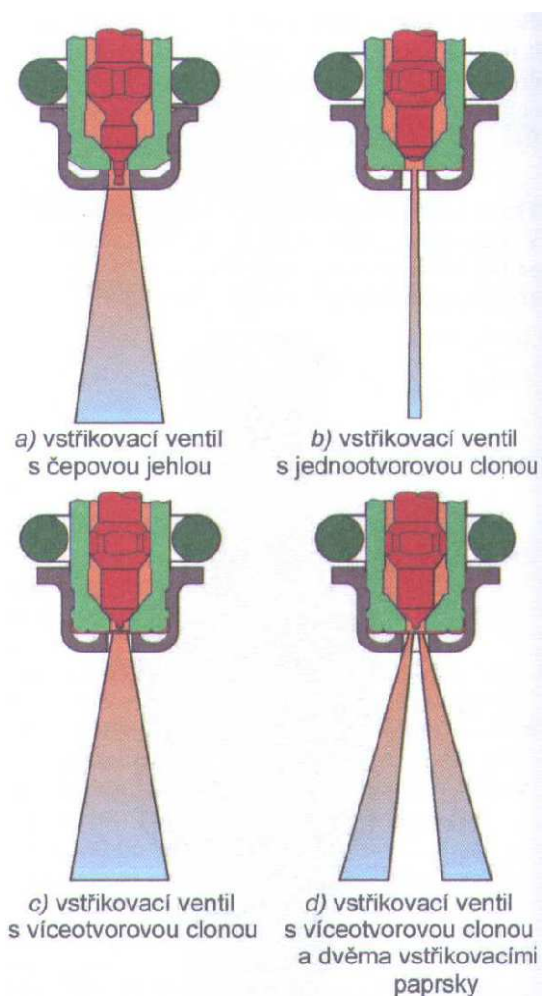
Obr. 3-20 Vstříkovací ventil pro centrální vstříkování [9]

3.2.11. Tvary kužele vstříkovaného paliva

Každý motor má specifickou geometrii sacího potrubí a hlavy válce a tomu je třeba přizpůsobit vrcholový úhel a tvar kužele vstříkovaného paliva a také rozměry jeho kapiček, aby bylo zaručeno vytvoření optimální homogenní směsi. Musí být dosažen minimální kontakt paliva se stěnami sacího potrubí. Těmto potřebám se přizpůsobují tvary vypouštěcích otvorů vstříkovacích ventilů.

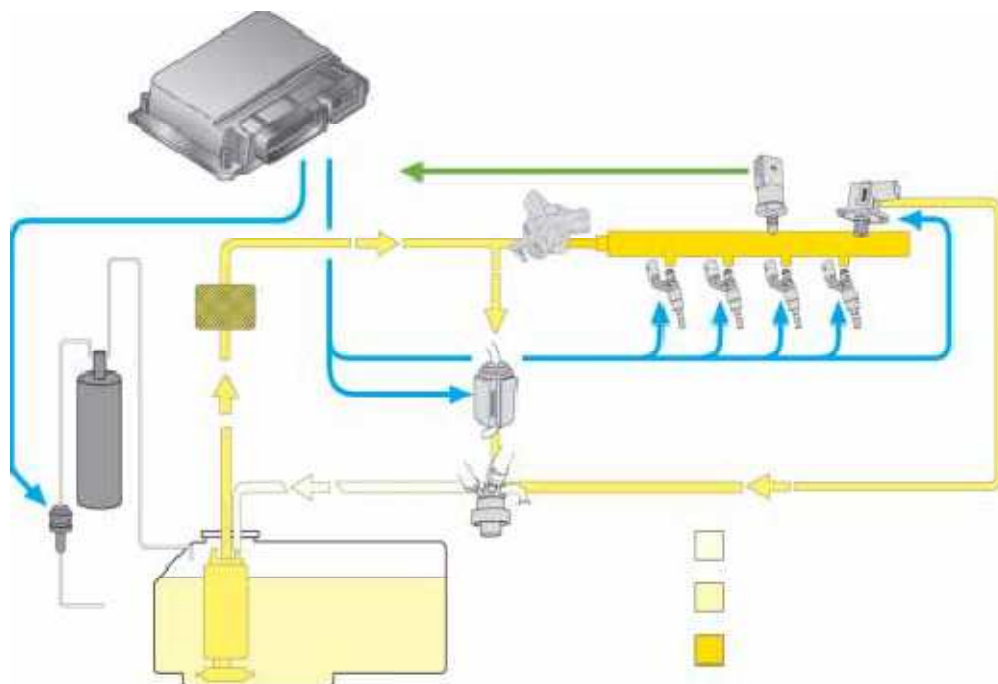
Hlavní tvary kužele jsou:

- kuželový svazek
- dvou paprskový svazek



Obr. 3-21 Tvary kužele vstříkovaného paliva [3]

4. Diagnostický popis jednotlivých částí vstříkovacích systémů



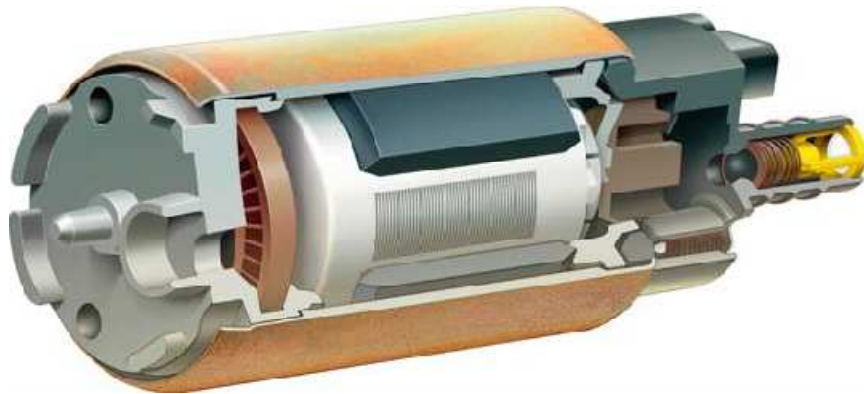
Obr. 4-1 Palivový systém Bosch Motronic MED 7 [16]

Vstříkovací systémy paliva se sice neustále zdokonalují, ale základní princip zůstává zachován. Stále je zde čerpadlo, které dodává palivo z nádrže a dává palivu dostatečný tlak, vstříkovací trysky, tlakové ventily a soustava čidel, senzorů a jednotek, ať již mechanických nebo elektronických, které celý proces vstříknutí paliva sledují a řídí.

4.1. Palivové pumpa (čerpadlo)

V dnešních vozidlech se už dávno nenachází pouze jedno čerpadlo. Ke vstříkování paliva jsou zapotřebí vyšší tlaky než u karburátorů či prvních elektronických „stříkaček“ před třiceti lety.

První čerpadlo, takzvané podávací, je elektrické a nachází se v palivové nádrži společně s měřičem hladiny paliva. Jeho funkcí je především čerpat palivo z nádrže a dopravit ho přes palivový filtr blíže k motorovému prostoru. Zde se nachází druhé čerpadlo, které slouží k vytvoření potřebného vstříkovacího tlaku, ten se liší podle systému vstříkování paliva. Toto čerpadlo je u starších vozidel také elektrické. Nejnovější vozy, využívající techniku přímého vstříku paliva, mají vysokotlaké čerpadlo odlišné konstrukce poháněno přímo od vačkového hřídele motoru.



Obr. 4-2 Elektrické palivová pumpa [6]

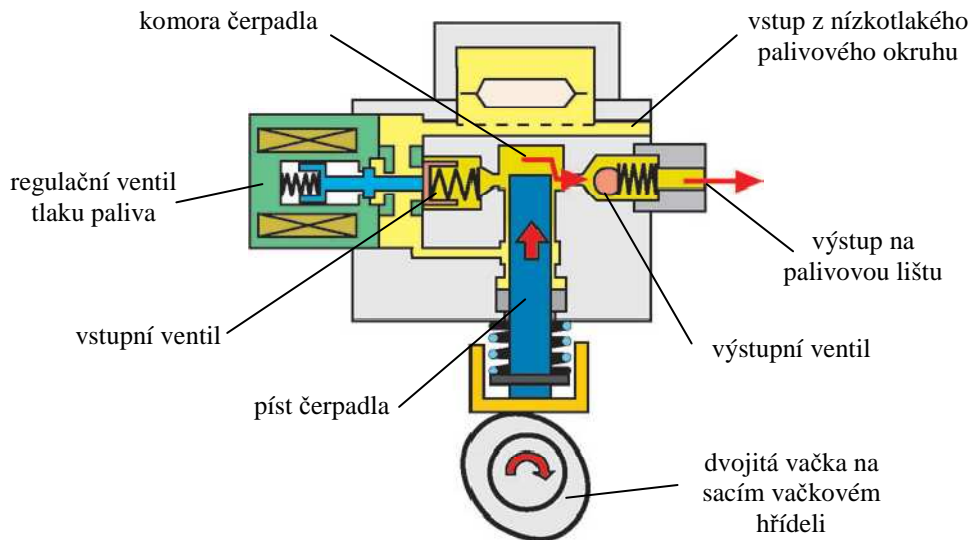
Nefunkčnost elektrického palivového čerpadla se projeví například problémy se startem, výpadky motoru či ztrátou výkonu vozidla. U vozidel vybavených tzv. autodiagnostikou se objeví i chybové hlášení. Chyba nemusí být vždy v rozbitém čerpadle, příčinou může být ucpaný filtr, tento problém souvisí zejména s palivem, kdy v důsledku například delší odstávky vozidla dochází k usazování podílů bioložek obsažených v palivu.

Dále může být příčinou chybné vedení elektrického proudu nebo poškozené ovládací relé. K poškození samotného palivového čerpadla může dojít při běhu tzv. nasucho, a to v případě vyprázdnění palivové nádrže.

K diagnostice činnosti palivového čerpadla postačí u starších vozů obyčejný multimetr či osciloskop, u těch novějších je možné přidat diagnostické zařízení s příslušným softwarem, na kterém se může provést test akčních členů. Činnost palivového čerpadla lze ověřit i změřením tlaku paliva na vstřikovací rampě (liště).

4.2. Vysokotlaké palivové čerpadlo

Tato pumpa se nachází pouze u novějších motorů s přímým vstřikem paliva do válce, konkrétně jde o pumpu, kterou používá koncern VW u svých jednotek TSI,TSFI a FSI. Je poháněna přímo od vačkového hřídele speciální dvojitou vačkou. Tlak, na který pumpa stlačuje palivo, je až 100 bar. Takto stlačené palivo je dále dodáváno přes tlakový zásobník (rail) až k vysokotlakým vstřikovačům.

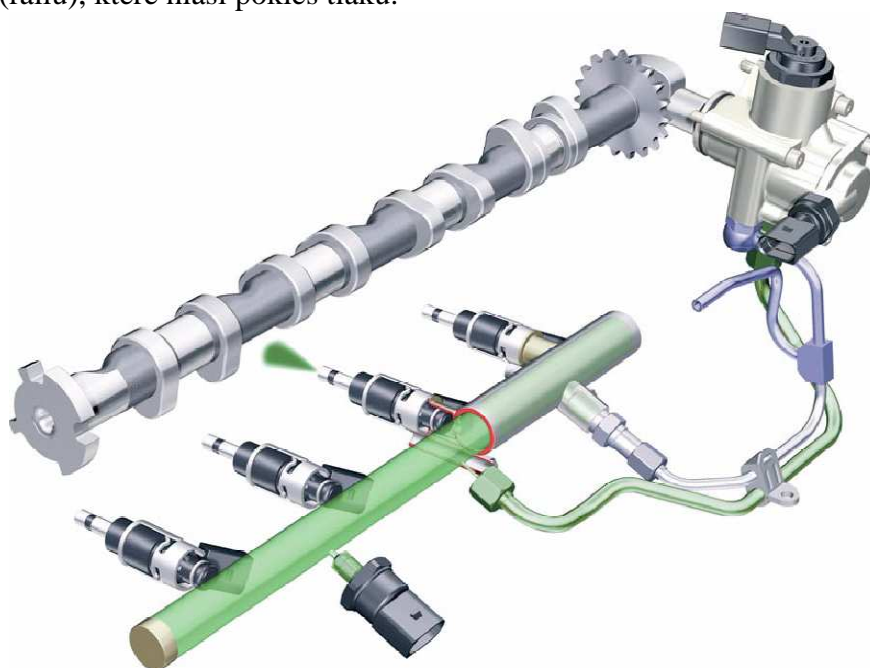


Obr. 4-3 Vysokotlaké palivové čerpadlo [17]

Jakékoliv poškození nebo závada této pumpy má za následek okamžité přerušení dodávky paliva a tím i zastavení motoru. Dojde i k rozsvícení kontrolky motoru, nabádající k navštívení servisu.

Závady tohoto zařízení můžou být spojeny především s únavou vnitřních komponent pumpy, jako jsou pružinky a různá těsnění. Na životnosti čerpadla se také podepíše kvalita tankovaného paliva. Oprava poškozeného zařízení či výměna za nový kus je velmi nákladná.

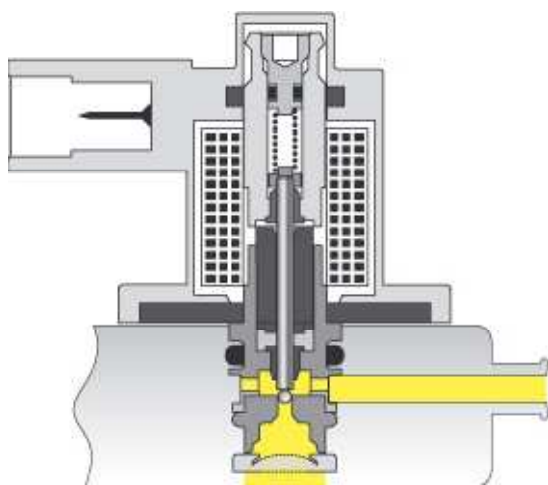
Prvním příznakem odcházející vysokotlaké palivové pumpy můžou být zdlouhavé starty, avšak jsou známy i případy, kdy čerpadlo odejde bez předchozího varování. Diagnostikovat vadné čerpadlo lze nejlépe změřením tlaku paliva v zásobníku (railu). Řídící jednotka se o nefunkčnosti čerpadla dozvídá prostřednictvím senzoru tlaku paliva, umístěného v zásobníku (railu), které hlásí pokles tlaku.



Obr. 4-4 Vysokotlaký rozvod paliva [18]

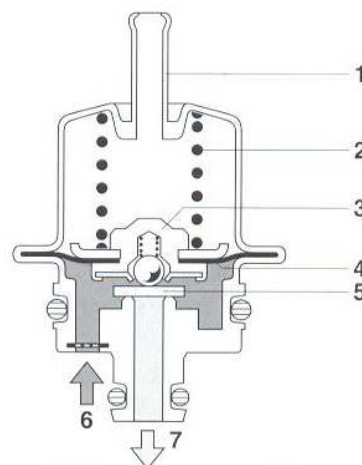
4.3. Regulátor tlaku paliva

Regulátor tlaku paliva slouží k udržování konstantního rozdílu mezi tlakem paliva v rozdělovači a tlakem v sacím potrubí. Tlak paliva se musí neustále měnit podle aktuálního tlaku v sacím potrubí. Regulátor tak propouští část paliva do zpětného vedení a udržuje tím konstantní tlakový spád na vstřikovacích ventilech. Bývá umístěn na samém konci palivového rozdělovače, v některých případech i na palivovém vedení. Starší vozy měly tento regulátor čistě mechanický, membránový, ovládaný tlakovou hadičkou přímo ze sacího potrubí za škrticí klapkou. Dnes je regulátor ovládan pulzně elektronicky, pomocí elektromagnetu, na základě údajů z řídicí jednotky motoru.



Obr. 4-6 Regulátor tlaku paliva s elektromagnetem [16]

1 připojení k sacímu potrubí, 2 pružina, 3 ventilový nosič, 4 membrána, 5 ventil, 6 přívod paliva, 7 odvod paliva.



Obr. 4-5 Mechanický regulátor tlaku paliva [8]

U mechanického regulátoru se závady projeví poklesem tlaku paliva, či nestálým chodem motoru a zvýšenou spotřebou pohonných hmot. Elektronicky řízený regulátor zůstává při přerušení dodávky proudu uzavřený, tlak paliva je tedy stále přítomný. Aby nedošlo k poškození ostatních komponent z důvodu vysokého tlaku, je zároveň v regulátoru umístěn přetlakový ventil, který při tlaku 120 bar (u motorů FSI) přepouští palivo do zpětného vedení. Vnitřní diagnostika na chybný regulátor sama upozorní varováním.

U mechanického regulátoru se může časem porušit membrána a propouštět tak palivo do sání skrz ovládací hadičku.

Správnou funkci regulátoru se dokáže zjistit změřením tlaku paliva v zásobníku, či u mechanického, odpojením tlakové hadičky.

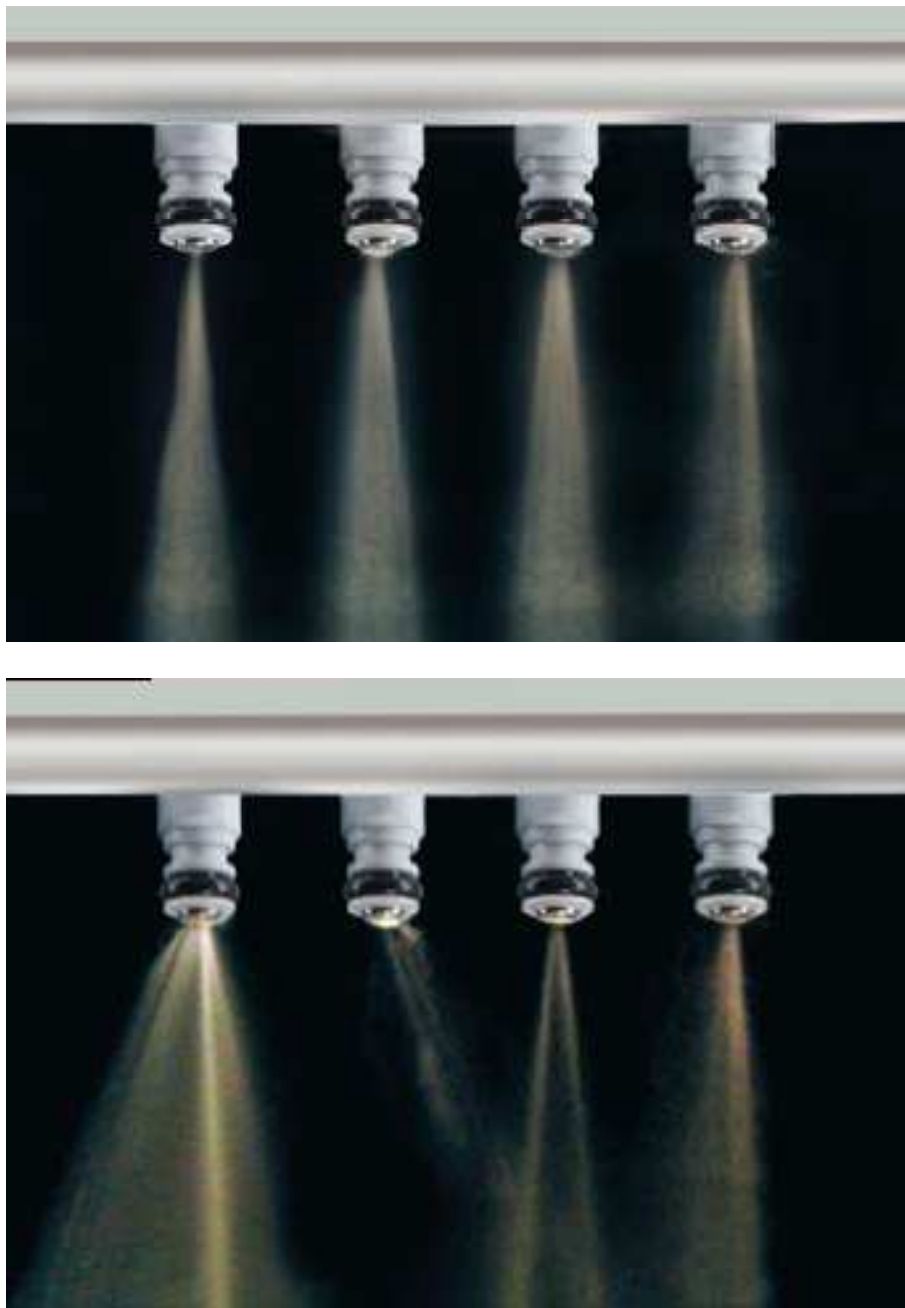
4.4. Vstřikovací ventily

Pro výkonnost a hospodárnost motoru jsou vstřikovací ventily důležitým prvkem. Jejich nesprávná funkce může vést ke značnému a drahému poškození motoru. Proto je důležité zjistit poruchu včas a vyměnit je.

Poruchy vstřikovačů se projeví nejčastěji výpadkem jednotlivých válců. Dalšími příznaky může být neklidný chod motoru, problémy se studeným i teplým startem, špatná reakce motoru na akceleraci, zvýšené emise spalin.

Příčiny můžou být buď elektrického charakteru jako poškozená cívka, zkrat nebo přerušování v kabelovém svazku či špatný kontakt. Mechanické závady se hůře odhalují a příčinou může být netěsnící ventil, různé průtočné množství ventilů, špatná charakteristika rozstříkávání.

Elektrické závady lze diagnostikovat pomocí motortesterů načtením z paměti závad či pomocí osciloskopu. Mechanické závady se odhalují hůře, provádí se test těsnosti vstřikovače, pomocí zkušebního zařízení na měření emisí přímo ve válci, kdy se hlídá hodnota HC (nespálené uhlovodíky). Dále se motortesterem za chodu motoru měří průtočné množství paliva jednotlivých vstřikovačů, na základě rozdílu se vyhodnotí vadný vstřikovač.



Obr. 4-7 Správná a špatná funkce vstřikovacích ventilů [10]

V některých případech není nezbytné vstříkovací ventil měnit za nový, postačí pouze jeho vyčištění. K tomu se nejčastěji využívá speciální ultrazvukové čistící lázně, ta většinou vyčistí i silně zanesené části vstříkovačů.

4.5. Řídicí jednotka vstříkování

Řídicí jednotka je mozek celého motormanagementu, který zpracovává data ze všech senzorů, vyhodnocuje je a následně ovládá další akční členy. Mimo to komunikuje s dalšími jednotkami a také s centrální řídicí jednotkou. Dnešní řídicí jednotky vstříkování mají v sobě integrovanou i jednotku zapalování a pracují tak společně. Sloučení obou jednotek dohromady přišlo až s nástupem systému Motronic, tedy na začátku 90. let. Do té doby byly jednotky oddělené (K, L, LH - Jetronic) nebo byla ve voze pouze jednotka vstříkování a zapalování bylo mechanické.



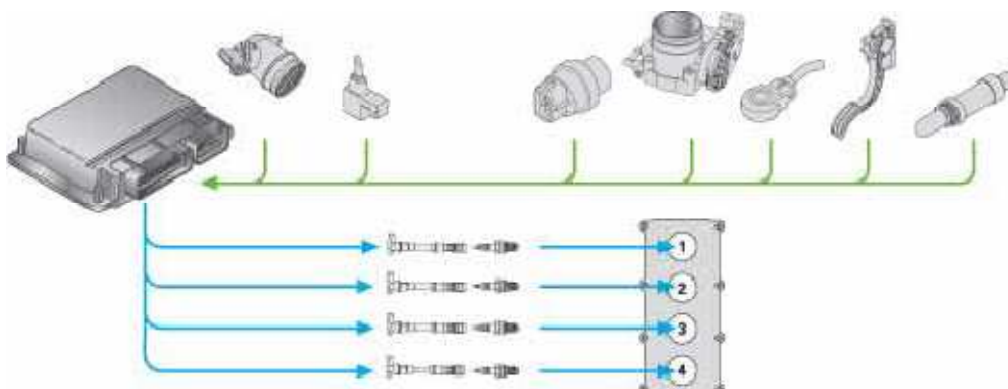
Obr. 4-8 Řídicí jednotka Motronic [28]

Řídicí jednotky jsou náchylné na poškození, a proto jsou uzavřeny do kovových skříní. Jejich umístění ve vozidle se může různit, někdy mohou být uloženy v motorovém prostoru nebo v prostoru pro posádku, pod palubní deskou.

Řídicí jednotka je čistě elektronické zařízení, které může poškodit především nadměrná vlhkost a s ní související oxidace komponent. Další poškození může způsobit neodborný zásah spojený především s chiptuningem. Také je důležité jednotku odpojovat, popřípadě vyndat z vozidla, pokud se automobil vystavuje teplotám na 80°C nebo se na karoserii provádějí svařovací operace.

Jakékoliv poškození má často za následek znehybnění celého vozidla a většinou nákladnou výměnu celé jednotky. Ale najdou se dnes na trhu i firmy, specializující se na opravy všech druhů řídicích jednotek, ceny oprav se pohybují přibližně v řádu desetin toho, co stojí nová jednotka.

5. Diagnostický popis jednotlivých částí zapalovacích systémů



Obr. 5-1 Zapalovací systém Motronic MED 7 [16]

Stejně tak, jako se zdokonalují vstřikovací systémy, se vyvíjí i zapalování. I když činnost zapalování zůstává stále stejná, jedinou součástí, která se za poslední půl století nezměnila je svíčka. Všechny ostatní komponenty prošly dlouhým vývojem a postupným nahrazováním mechanických částí elektrickými.

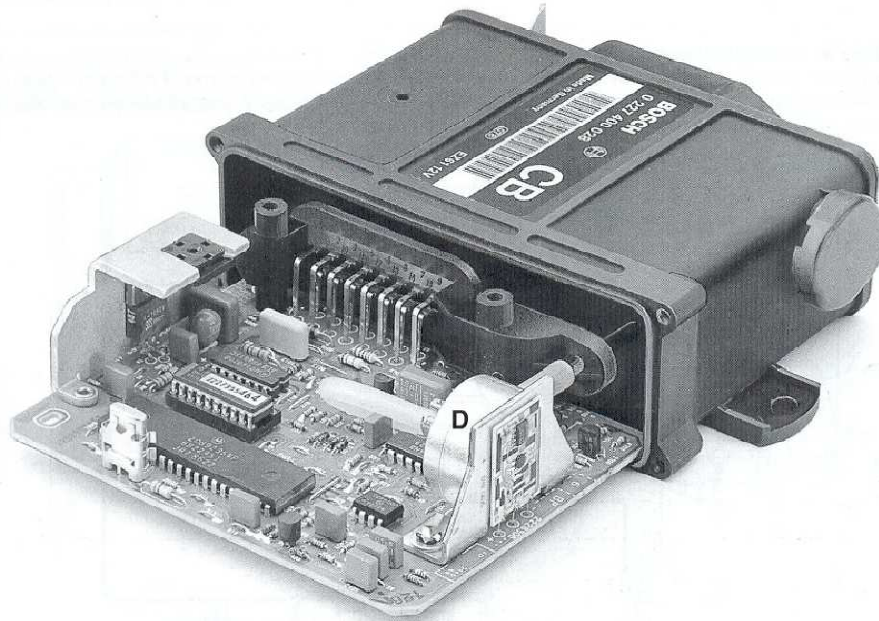
5.1. Řídící jednotka zapalování

Řídící jednotka se v zapalovacích systémech objevila až s nástupem elektronického zapalování (EZ), tedy v 80. letech. Tato řídicí jednotka v podstatě nahradila mechanické přestavování předstihu v rozdělovači prováděné podtlakovou a otáčkovou regulací. Správná hodnota předstihu je vypočítávána na základě signálů ze snímače polohy a otáček klikového hřídele, tlaku v sání, teploty motoru a polohy škrticí klapky. Jednotka pracuje s třírozměrným polem charakteristik, které umožňuje pro každý bod otáček a zatížení určit nejvýhodnější předstih. V tomto poli je naprogramováno až 4000 samostatně vyvolaných hodnot předstihu.

Dnes jsou jednotky zapalování a vstřikování integrovány do jedné společné jednotky ovládající celý motormanagement.

Co se poškození týče, platí v podstatě to samé jako u řídicí jednotky vstřikování.

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



Obr. 5-2 Řídicí jednotka elektronického zapalování EZK [12]

5.2. Zapalovací cívka

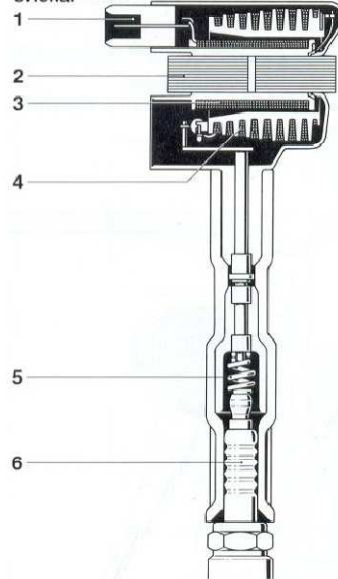
Zapalovací cívka předává vysokonapěťové impulsy do zapalovacích svíček. Ve starších systémech zapalování se vyskytovala vždy jedna cívka pro všechny svíčky motoru. Tato konstrukce se přestala používat s nástupem plně elektronického zapalování (VZ), kde se již nenachází ani klasický rozdělovač. Je zde možné objevit dvoujiskrové, jednojiskrové i čtyřjiskrové zapalovací cívky.

Dvoujiskrové cívky se nejčastěji používají u motorů se sudým počtem válců, např. u čtyřválcového motoru jsou dvě dvoujiskrové cívky. Cívky bývají umístěné v motorovém prostoru uložené v plastovém pouzdru, chlazení a upevnění je provedeno pomocí ven vytažených kovových jader.



Obr. 5-3 Dvoujiskrová zapalovací cívka [12]

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



Obr. 5-4 Jednojiskrová zapalovací cívka [12]

Jednojiskrové zapalovací cívky se využívají u motorů s lichým počtem válců, tedy tam, kde je potřeba vlastní zapalovací cívky pro každý válec. Ovšem hodí se i pro sudý počet válců. Jejich provedení se od dvoujiskrových cívek liší, cívky jsou umístěny přímo na hlavě válců, odpadá vedení vysokého napětí skrz zapalovací kabely.

Při poruše cívky nastává okamžitě výpadek zapalování, podle druhu cívky buď jednoho, nebo více válců. V cívce může dojít k porušení primárního či sekundárního vedení.

Odhalit závadu na cívce pomůže u starších vozidel prosté proměření primárního a sekundárního obvodu. Optimální na tuto operaci je osciloskop. U novějších vozů je možné odhalit závadu i pomocí palubní diagnostiky a načtení paměti závad. Problémy se zapalovacími cívkami jsou bohužel poměrně běžné.

5.3. Rozdělovač

Rozdělovač slouží k rozdělení vysokého napětí k jednotlivým svíčkám. Má jeden vstup z cívky a výstupů tolik, kolik má motor válců. Nejčastěji je na samostatné hřídeli, která má poloviční otáčky než hřídel kliková. U vozidel s elektronickým zapalováním bývá umístěn přímo na vačkové hřídeli.

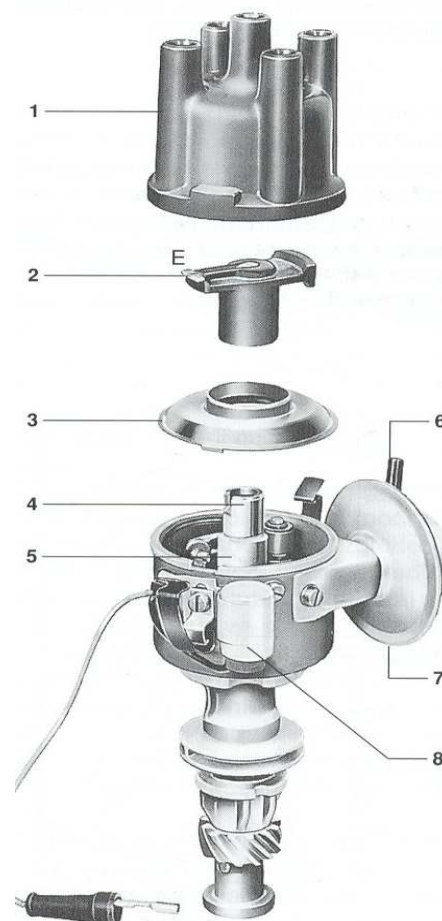
U starších vozů vybavených klasickým, či tranzistorovým zapalováním se na rozdělovači nachází i podtlaková a otáčková regulace.

Samotný rozdělovač tvoří víko a palec s elektrodou. Na palec je přiváděno vysoké napětí z cívky. Při otáčení palce dochází k přeskoku napětí mezi elektrodou palce a pevnými kontakty na víku rozdělovače, napětí je pak dále distribuováno přes zapalovací kabely ke svíčkám.

Závada na rozdělovači se vyznačuje například vynecháváním zápalů, nerovnoměrným chodem, v extrémním případě může dojít k zastavení motoru.

Příčinou můžou být oběhané kontakty na palci a víku rozdělovače, výjimkou není ani rozpadlý palec.

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



Obr. 5-3 Rozdělovač s mechanickou regulací předstihu [12]

5.4. Vysokonapět'ové zapalovací kabely

Zapalovací kabely tvoří většinou měděné jádro, popřípadě vinutý nerezový drát. Vše je obklopeno izolací, popřípadě i odrušovacími či indukčními rezistory. Izolace je vyrobena většinou z elastických plastických hmot nebo může být použit i silikon.

Poškození nastává při špatné manipulaci (utržení koncovky), špatném vedení kabelu v motorovém prostoru, kdy může dojít ke kontaktu s velmi horkými díly motoru a tím natavení kabelu a poškození izolace. Opotřebením je také dáno stárnutí kabelu, kdy na povrchu ještě není vidět mechanické poškození, ale drobnými trhlinkami proniká do kabelu vlhkost a ztrácí se zapalovací energie.



Obr. 5-4 Poškozená izolace zapalovacího kabelu [26]



Obr. 5-5 Zalomený zapalovací kabel [26]

5.5. Svíčky

Svíčky patří k nejdůležitější součásti zapalování, jelikož přímo ovlivňují chování motoru. Svíčky je třeba pravidelně kontrolovat a po určitém kilometrovém proběhu (20 – 80 tisíc km) i měnit. Podstatné je také používat svíčky správné specifikace dle požadavků výrobce vozu. Špatný typ svíček může mít na chování motoru značný vliv. Například v důsledku špatného typu svíčky s jiným stupněm odrušení, může dojít k rušení řídicí jednotky elektromagnetickým polem.

Podle stavu svíček lze zkušeným okem servisního technika poznat i stav dalších částí motoru. Zde je pár příkladů svíček v různém stavu, ukazujících i na kondici motoru.

- **Normální**

Pokud je motor v pořádku, má svíčka v ideálním případě barvu od šedobílé-šedožluté až po světlehnědou. To poukazuje na správně zvolenou tepelnou hodnotu svíčky, složení směsi a nastavení zapalování jsou v pořádku, jednotka pro studený start funguje. Nedochozí k tepelnému přetížení a nejsou zde ani žádné zbytky přísad paliva obsahující olovo nebo složky legur z motorového oleje.



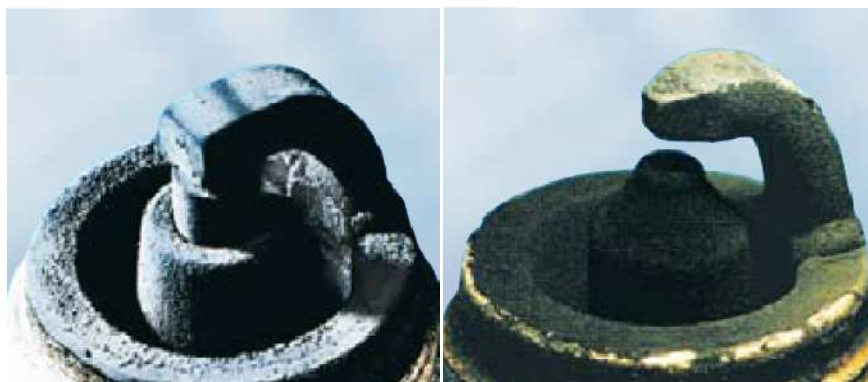
Obr. 5-6 Normální stav svíček [11]

- **Znečištění sazemi**

Patka izolátoru, elektrody a těleso zapalovací svíčky jsou pokryty matnými, sametovými sazemi.

Příčinou může být nesprávné složení směsi, kdy je směs příliš bohatá. Také může být ucpaný vzduchový filtr, není v pořádku vstřikovací systém, převažuje provoz vozidla na kratší vzdálenosti nebo jsou zapalovací svíčky příliš studené.

V důsledku může dojít k vynechávání zapalování, špatným studeným startům a celkovému chování motoru za studena.



Obr. 5-7 Svíčky znečištěné sazemi [11]

- **Zaolejováno**

Celá funkční plocha svíčky je pokryta lesklým povlakem sazí nebo olejovým karbonem.

Příčinou je přítomnost většího množství oleje ve spalovacím prostoru. Olej proniká okolo silně opotřebovaných pístních kroužků, válců a vedení ventilů. Další příčinou může být poškozené turbodmychadlo, kdy olej proniká do kompresorové skříňe dmychadla a to vhání olej do sání.

Svíčky tak neplní stoprocentně svoji funkci a může dojít k výpadkům zapalování a špatnému chování při startu.



Obr. 5-8 Zaolejované svíčky [11]

- **Zanesení olovem**

Patka izolátoru vykazuje místní hnědožlutou sklovinu, která může přecházet až do zelené.

Tohle způsobí přísady do paliva s obsahem olova, sklovina vzniká při vysokém zatížení motoru po dlouhodobém provozu při částečném zatížení. Při vyšším zatížení se povlak stane elektricky vodivým a vyvolá vynechání zážehu.

Řešením je výměna svíček, čištění starých bohužel nepomůže.



Obr. 5-9 Svíčky zanesené olovem [11]

- **Tvoření popela**

Silný povlak popela z přísad oleje a paliva na patce izolátoru i kompenzačním prostoru (kruhové vybrání) na kostřící elektrodě. Uvolněný až struskovitý povlak.

Příčinou jsou částice z přísad oleje, které vytvářejí popel ve spalovacím prostoru, který se na svíčke usazuje. Může vést k samozápalům, ztrátě výkonu a k poškození motoru.

Nutné vyměnit svíčky za nové a odstranit závadu na motoru, popřípadě použít jiný olej.



Obr. 5-10 Svíčky znečištěné popelem [11]

- **Natavená střední elektroda**

Střední elektroda je odtavená, současně je silně narušena také kostřící elektroda.

Příčinou je tepelné přetížení v důsledku samozápalů, například díky špatnému nastavení předstihu zapalování (předčasný zážeh), vadným ventilům, poškozenému rozdělovači nebo špatné kvalitě paliva.

Výsledkem je vynechávání zapalování, ztráta výkonu, případně až poškození motoru. Je možné prasknutí patky izolátoru v důsledku přehřátí střední elektrody.

Je nutné zkontrolovat motor, zapalování a přípravu směsi. Samozřejmě jsou nové svíčky.



Obr. 5-11 Natavená střední elektroda [11]

- **Silné opotřebení střední elektrody**

Toto opotřebení vzniká při nedodržování doporučeného servisního intervalu výměny svíček.

Důsledkem je vynechávání zapalování, především při zrychlování, kdy není zapalovací napětí při velké vzdálenosti elektrod dostačující. Motor se také špatně chová při startu.

Řešením je výměna svíček.



Obr. 5-12 Silně opotřebená střední elektroda [11]

- **Silné opotřebení kostřicích elektrod**

Agresivní přísady v oleji či palivu, nedostatečné podmínky proudění ve spalovacím prostoru, případně důsledek usazenin, klepání motoru. Nedochozí k tepelnému přetížení.

Důsledkem je jako v předchozím případě vynechávání zapalování, především při zrychlování, kdy není zapalovací napětí při velké vzdálenosti elektrod dostačující. Motor se také špatně chová při startu.

Řešením je opět výměna svíček za nové.



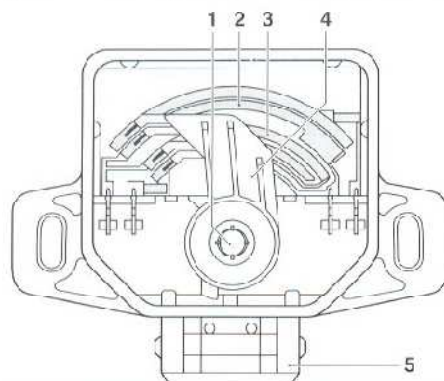
Obr. 5-13 Opotřebená kostřicí elektroda [11]

5.6. Snímač (spínač) polohy škrticí klapky

Od dob elektronického zapalování je používán spínač a později snímač polohy škrticí klapky, který dává řídicí jednotce signál o aktuálním zatížení motoru. V prvních verzích se vyskytuje spínač, který spíná ve dvou krajních polohách, volnoběh a plný plyn. Řídicí jednotka podle tohoto signálu upraví předstih zapalování. V novějších verzích je tento senzor dokonalejší, místo pouhého spínače je zde snímač na principu potenciometru, ten vyhodnocuje úhel natočení škrticí klapky a přenáší poměr napětí přes odporové zapojení do řídicí jednotky. Ta tak dostává přesné informace o provozním stavu motoru (volnoběh, částečný výkon, plný výkon) a může tak lépe regulovat celé zapalování. Snímač má až dvě odporové dráhy (úhlové rozsahy) pro vyšší přesnost. Snímač je umístěn na tělese škrticí klapky a je spojen s její hřídelí.

V nejnovějších systémech je tento snímač nahrazen celým modulem ovládající škrticí klapku servomotorkem s integrovaným snímačem polohy a úhlu natočení klapky. Signál z tohoto snímače využívá i jednotka vstřikování.

1 hřídel škrticí klapky, 2 odporová dráha 1,
3 odporová dráha 2, 4 raménko
potenciometru s jezdcí, 5 elektrický konektor.



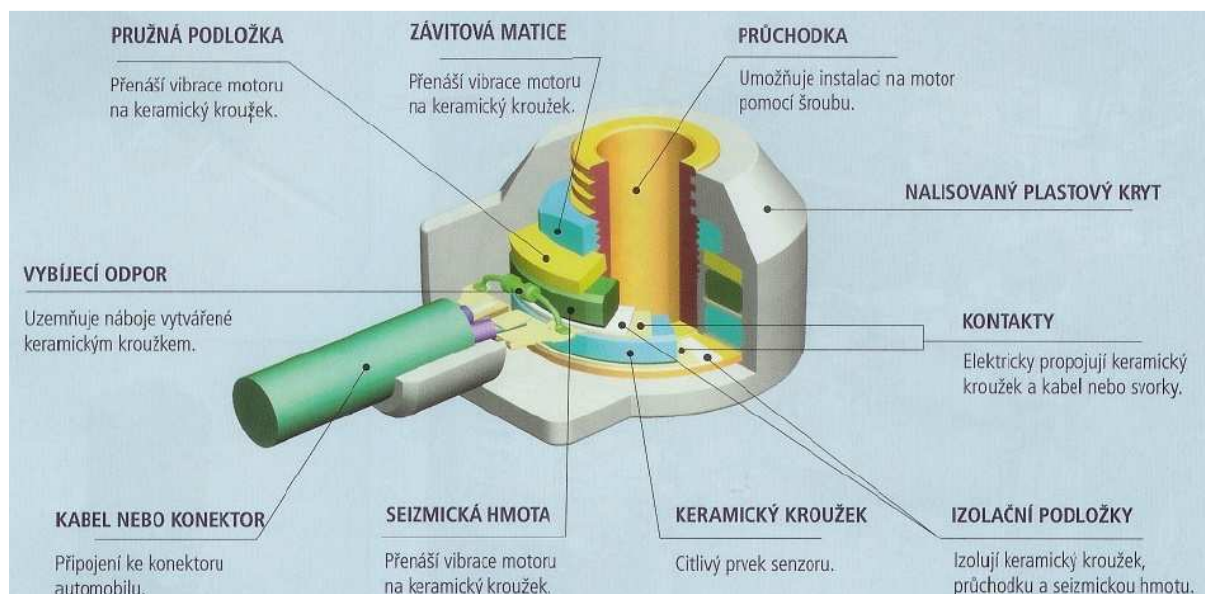
Obr. 5-14 Snímač polohy škrticí klapky [7]

Nejčastější závadou na snímači jsou vydřené odporové dráhy a to buď v jednotlivých místech, nebo v celé délce dráhy. Tím dochází ke skokovým změnám informací nebo úplné ztrátě kontaktu. Jednotka v tu chvíli nemá možnost zjistit, v jakém provozním stavu se motor nachází. Při poruše u novějších systémů přechází řídicí jednotka do nouzového stavu, který umožňuje pouze dojetí domů nebo do servisu.

Příznakem vadného spínače je neklidný volnoběh a snížení výkonu.

5.7. Senzor klepání

Klepání nebo zvonění je nekontrolovaná forma hoření, která pokud nastává příliš často nebo příliš prudce, může vést k vážnému poškození motoru. Dříve se do benzínu přidávalo olovo jako prostředek proti detonačnímu spalování u motorů s vyšším kompresním poměrem. Hranice klepání je závislá na kvalitě paliva, stavu motoru a okolních podmínkách. Aby byl možný provoz motoru na samé hranici klepání s optimálním úhlem předstihu, tedy v maximální účinnosti motoru, nachází se u elektronických systémů zapalování senzor klepání, s jehož pomocí jednotka předstih reguluje.



Obr. 5-15 Snímač klepání [13]

Snímač klepání je piezoelektrický senzor, převádějící kmity motoru na elektrický signál, který je dále zpracováván řídicí jednotkou zapalování. Pokud dojde k detonačnímu spalování, řídicí jednotka sníží v příslušném válci hodnotu předstihu.

Poškození tohoto senzoru může vést k poškození motoru, jelikož řídicí jednotka nemá jinou možnost jak zjistit detonační spalování.

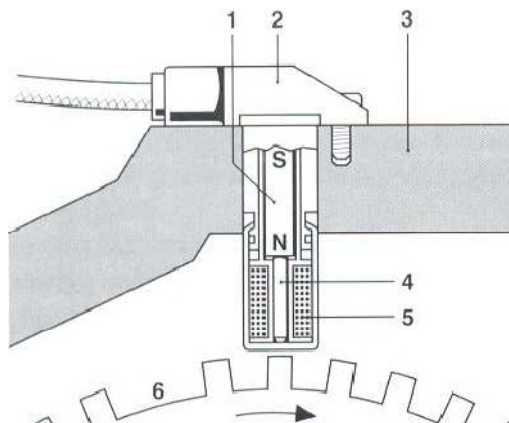
Kontrolu čidla klepání provedeme pomocí osciloskopu nebo pomocí vlastní diagnostiky součástí přes diagnostickou zásuvku. Chyba nemusí být vždy v čidle, proto je nutné prověřit i zapojení konektorů a cestu kabeláží.

5.8. Snímač polohy a otáček klikového hřídele

Jednou z dalších veličin pro správné řízení předstihu, jsou otáčky klikového hřídele. Otáčky se zjišťují induktivním impulsním snímačem, který se nachází na bloku v blízkosti setrvačnicku, kde snímá otáčky speciálního ozubeného kola na klikovém hřídeli. Díky vzniklé změně magnetického toku je indukováno střídavé napětí, které je vyhodnocováno řídicí jednotkou. Ozubený kotouč má vynechány dva zuby (zubová mezera), které definují přesnou polohu prvního válce.

Novější systémy používají ještě snímač polohy vačkového hřídele, založen na Hallově jevu, a řídicí jednotka porovnává tyto dva signály mezi sebou. Navíc se zde otáčkové signály používají i pro řízení vstřikování.

1 permanentní magnet, 2 těleso snímače,
3 skříň motoru, 4 jádro z měkké oceli, 5 vinutí
cívky, 6 ozubený kotouč se vztažnou značkou
(zubovou mezerou).



Obr. 5-16 Induktivní snímač otáček klikového hřídele [7]

Pokud dojde k poruše indukčního snímače nebo přerušení vedení signálu do jednotky, motor okamžitě zhasíná a nejde dále opětovně nastartovat.

Vhodným zařízením pro kontrolu vadného snímače je osciloskop, dále je možno použít diagnostické zařízení, které umožní načtení paměti závad a proměření signálu ze snímače.

5.9. Snímač teploty motoru

Je jeden z hlavních senzorů dodávající řídicí jednotce informace o teplotě motoru, která podle toho poté reguluje předstih zapalování. Bývá našroubován přímo v bloku nebo hlavě motoru a je ohříván od chladicí kapaliny motoru.



Obr. 5-17 Snímač teploty chladicí kapaliny motoru [27]

Senzor je v podstatě NTC termistor, kdy se zahřívajícím se snímačem klesá jeho vnitřní odpor. Vada se projeví zvýšenou spotřebou paliva, špatnými starty či nestálým chodem motoru. Řídicí jednotka totiž postrádá informace o teplotě nebo dostává zkreslené hodnoty.

Diagnostikovat vadný senzor lze nejlépe přímým proměřením a zjištěním, zda se jeho odpor mění s teplotou, tak jak udává výrobce. Vozidla vybavená autodiagnostikou tuhle práci většinou ulehčí po napíchnutí na diagnostické zařízení a načtení paměti závad. Závada však nemusí být jenom v čidle, problém se může vyskytnout i po cestě kabeláží, ve spoji může dojít k přechodnému odporu, který informace z čidla zkreslí.

6. Diagnostické hodnocení systémů

K odhalení závad na systémech zapalování a vstřikování se již dlouhou dobu používají také speciální diagnostické přístroje. K rozvoji těchto zařízení došlo se zavedením elektronického vstřikování paliva a zapalování.

Automobil se propojí s diagnostickým softwarem pomocí OBD konektoru, software komunikuje s řídicí jednotkou automobilu a přímo zobrazuje jednotlivé údaje a hodnoty, tak jak s nimi sama pracuje. Servisní technik může porovnat naměřené hodnoty s referenčními hodnotami pro daný typ automobilu a tím odhalit a vyhodnotit chyby.

Výhodou některých diagnostických programů jsou připravené návody pro vyhledání a odstranění typických poruch. Dále pak vnitřní databáze, která technikovi přímo umožňuje vyhledat náhradní díl s možností zjištění jeho ceny. To vše zkracuje čas potřebný ke znovuzprovoznění vozidla.

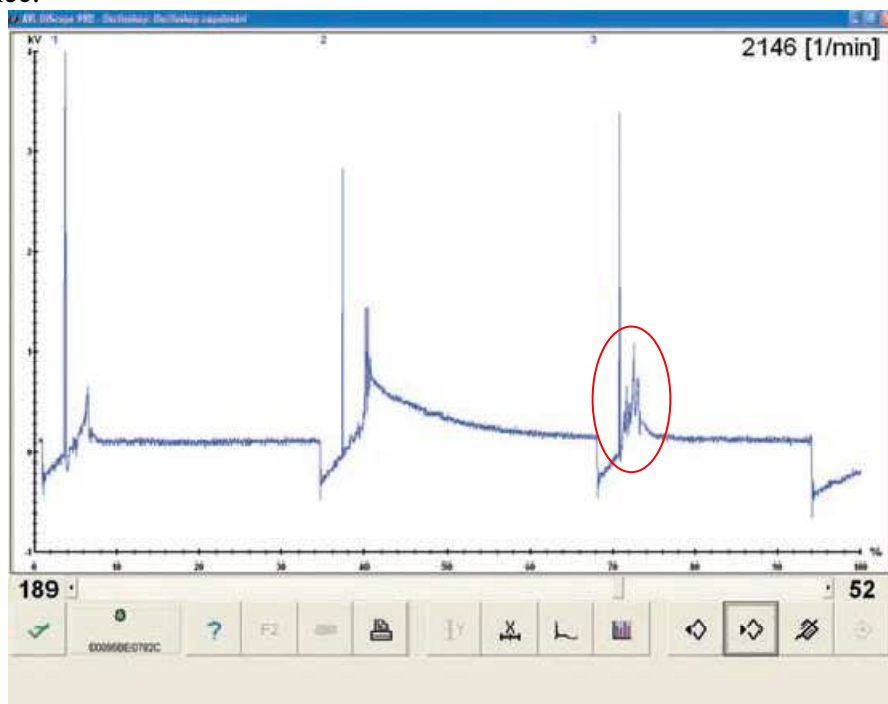
Jak již bylo uvedeno, při diagnostice celé řady akčních členů se s výhodou používá osciloskop. Na následujících stránkách je zobrazeno pár názorných příkladů odhalení závady s pomocí právě tohoto zařízení.

6.1. Oscilogramy nalezených závad

6.1.1. Nízká komprese na 3. válci

Zde je zobrazen oscilogram sekundárního okruhu jednocívkového zapalování EFS. Závada se projevovala nepravidelným chodem motoru a diagnostický program hlásil vynechávání 3. válce.

Při ustálených zvýšených otáčkách motoru bylo často vidět zarušení linie hoření. V tomto režimu motoru, kdy nevzniká víření nehomogenní směsi, musí být linie hoření jiskry klidná. Pokud není, jedná se nejčastěji o nehomogenní směs způsobenou nekvalitním rozprášením vstřikovaného paliva nebo nízkou kompresí. Následný test komprese ukázal vadný 3. válec.



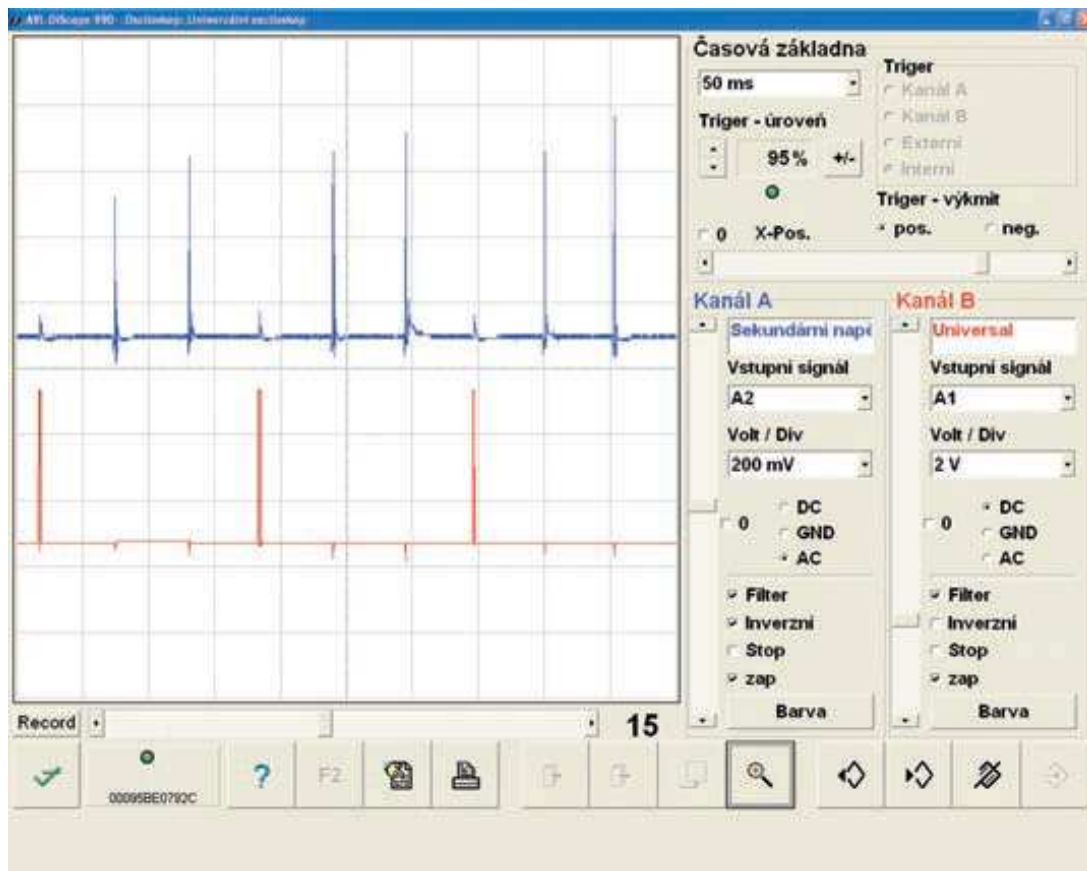
Obr. 6-1 Neklidná linie hoření jiskry [14]

6.1.2. Vadné zapalovací trafo

V tomto případě se jedná o oscilogram sekundárního napětí jednojiskrového zapalování EFS. Zde se závada projevuje nerovnoměrným chodem motoru a bylo zjištěno chybové hlášení o vynechávání 1. válce.

Na oscilogramu je vidět průběh sekundárního napětí (modrá) a vstupních impulsů zapalovacího trafo EOBD diagnostikou určeného prvního válce (červená). Příčinou závady bylo zapalovací trafo, které nedokázalo naindukovat potřebné vysoké napětí pro přeskok jiskry. Primární proud vykazoval normální průběh, z čehož vyplývá, že závada byla v samotném sekundárním vinutí.

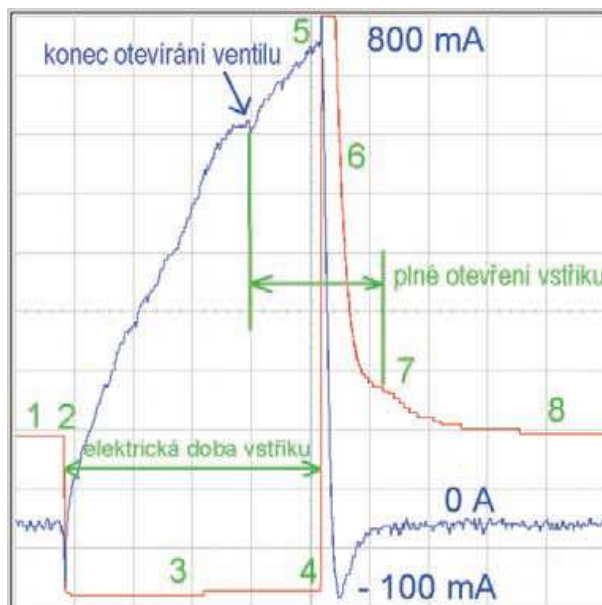
Oprava spočívala ve výměně zapalovacího trafo a také zapalovacích svíček.



Obr. 6-2 Průběh sekundárního napětí a impulsů zapalovacího trafo [14]

6.1.3. Správný průběh cyklu vstřikovacího ventilu

Na tomto oscilogramu je pro názornost zobrazen správný průběh napětí (červená) a proudu (modrá) na elektromagnetickém vstřikovacím ventilu při volnoběžných otáčkách motoru. Je zde vidět doba vstřiku, průběh otevírání a zavírání ventilu.

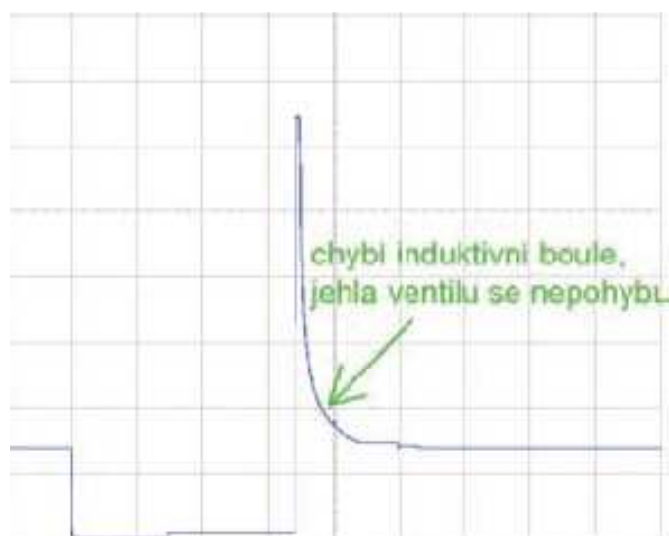


Obr. 6-3 Průběh napětí a proudu na vstřikovacím ventilu [14]

6.1.4. Zalepená jehla vstřikovacího ventilu

Zde je vidět průběh napětí na vstřikovacím ventilu, z kterého je poznat, že se jehla ventilu nepohybuje. Chybí zde tzv. induktivní boule, což je nepatrné zvýšení napětí, které je projevem zastavení pohybu jehly ventilu. V tomto okamžiku ustává pohyb jehly v magnetickém poli.

Induktivní boule je výsledkem práce rychlosti pohybu jehly ventilu, její tvar se u různých vstřikovacích ventilů liší, odvíjí se od průřezu ventilu, síly pružiny, elektrických vlastností vinutí atd.



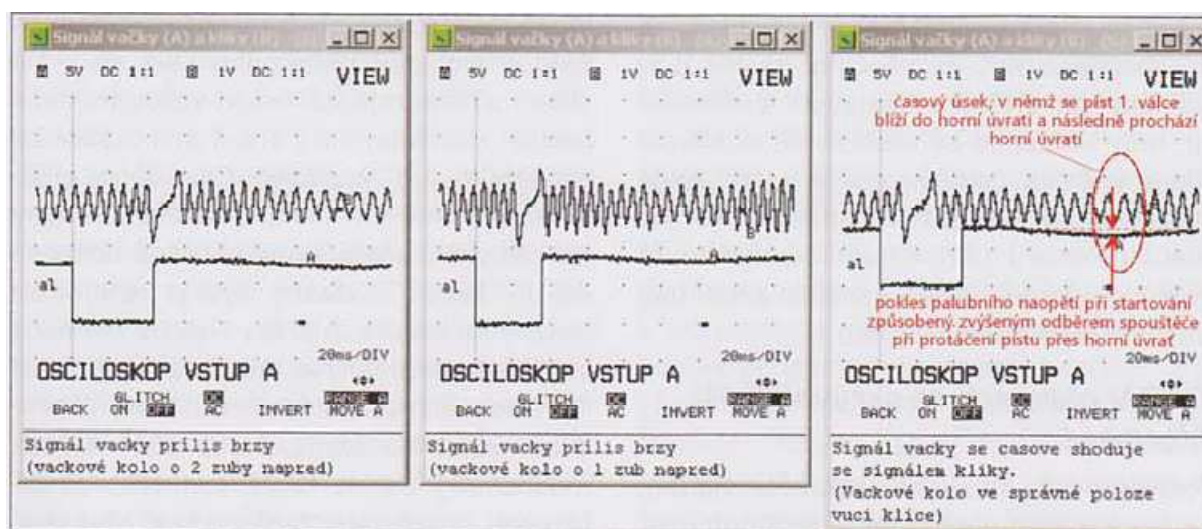
Obr. 6-4 Zalepená jehla ventilu [14]

6.1.1. Porovnání signálů snímačů vačkového a klikového hřídele

Na těchto oscilogramech jsou vidět dva signály. První (sinusový) přísluší indukčnímu snímači otáček klikového hřídele a je tvořen signály od impulzního kola. Spodní (pravoúhlý) signál tvoří Hallův snímač vačkového hřídele. Oba tyto signály potřebuje řídicí jednotka znát, aby věděla, jaké je přesné natočení klikového hřídele a zda se nachází píst prvního válce v kompresním zdvihu.

Z prvního oscilogramu je patrné, že signál z vačkového hřídele přichází příliš brzy a předchází referenční signál kliky. V tomto případě se jedná o posunuté rozvodové kolo na vačkové hřídeli. Motor nelze nastartovat.

Řešením je správné nastavení rozvodů v tomto případě o dva zuby, poté se již signály shodují a motor startuje bez problémů.



Obr. 6-5 Porovnání signálů vačkové a klikové hřídele [4]

7. Závěr

V této bakalářské práci jsou obecně shrnuty možnosti diagnostiky a rozbor jednotlivých zapalovacích a vstřikovacích systémů zážehových motorů. Práce je sestavena do tří hlavních částí. Hned v úvodu bylo poukázáno na historický vývoj od prvopočátku spalovacích motorů, jsou zde zmíněni důležití vynálezci a průkopníci na poli automobilismu, kteří položili základy nové éry pohonných jednotek.

Hlavním bodem druhé části bylo seznámení s jednotlivými systémy a součástmi zapalování a vstřikování. Je zde také kratší ohlédnutí do historie palubní diagnostiky a dále popis osciloskopu jako diagnostického zařízení zvláště vhodného pro kontrolu správné funkce zapalování a vstřikování. Dále jsou probrány nejdůležitější systémy zapalování, od bateriového až po plně elektronické. U vstřikování jsou rozepsány tři hlavní skupiny vstřikování, z níž poslední, přímé vstřikování, zažívá svůj boom teprve v posledních deseti letech. Je to dáno především tlakem vlád a organizací na neustálé snižování obsahu škodlivin ve výfukových plynech. Automobilky zjistily, že pokud chtějí vyhovět stanoveným emisním limitům, musejí stále hledat nové technologie v oblasti spalování. A přímé vstřikování je jednou z těchto technologií. Podle průzkumů může být motor s přímým vstřikováním přibližně o 15% úspornější než ten samý motor s klasickým vstřikováním do sacího kanálu.

Třetí část byla věnována diagnostickému rozboru jednotlivých komponent zapalování a vstřikování a to jak starším, tak i nejnovějším systémům. Jsou zde zmíněny příznaky a následky problémů způsobených výpadkem jednotlivých součástí, dále popis nejběžnějších závad a také nastíněno řešení. Závěr kapitoly je doplněn o několik názorných ukázek závad zapalování a vstřikování odhalených pomocí osciloskopu.

Diagnostiku zapalovací a vstřikovací soustavy vozidla pomáhají v dnešní době výrazně ulehčovat moderní diagnostické přístroje. Hlavním předpokladem správné diagnostiky, je náležitě vyškolený personál. Na rozdíl od „uživatele“ diagnostiky by měl odborník vyčíst z oscilogramu i nepatrné odlišnosti, které mohou poukazovat i na jiné závady. Avšak ani tradiční metody diagnostiky se neztrácejí, příkladem může být posouzení stavu svíček, podle kterých zkušený technik dokáže poznat celkový stav motoru. Všeobecně platí, že odborné znalosti technika jsou jedním z hlavních faktorů, od kterého se odvíjí doba zjištění, nalezení a odstranění závady na vozidle. Tedy doba, po kterou je vůz v servise, a kterou majitel vozu zaplatí.

8. Použitá literatura

8.1. Knižní publikace

- [1] FERENC, Bohumil. *Spalovací motory*. Brno: 3. vyd. Computer press, a.s., 2009. 388s. ISBN 978-80-251-2545-8
- [2] GSCHEIDLE, Rolf a kolektiv. *Příručka pro automechanika*. Praha: Sobotáles, 2001. 629s. ISBN 80-85920-76-X.
- [3] JAN, Zdeněk; ŽDÁNSKÝ, Bronislav. *Automobily 4 – příslušenství*. Brno: Avid, 2008. 313s. ISBN 978-80-87143-08-7
- [4] JIČÍNSKÝ, Štěpán. *Osciloskop a jeho využití v opravárenské praxi*. Praha: 1. vyd. Grada publishing, a.s., 2006. 237s. ISBN 80-247-1417-5
- [5] ŠTASTNÝ, Jiří; REMEK, Branko. *Autoelektrika a autoelektronika*. Praha: Nakladatelství T. Malina, 1997. 280s. ISBN 80-901975-4-X

8.2. Ostatní technické publikace

- [6] BOSCH. *Přezkoušené elektrických palivových čerpadel ve vozidle*.
- [7] BOSCH. *Systém řízení motoru Motronic*. 1999. ISBN 80-902585-3-0
- [8] BOSCH. *Systém vstřikování L-Jetronic*. 1999. ISBN 80-902585-2-2
- [9] BOSCH. *Systém vstřikování Mono-Jetronic*. 1999. ISBN 80-902585-4-9
- [10] BOSCH. *Vstřikovací ventily: Zjišťování a odstraňování závad*.
- [11] BOSCH. *Zapalovací svíčky v praxi*.
- [12] BOSCH. *Zapalování*. 1999. ISBN 80-902585-5-7
- [13] GENEL, *Management motoru*.
- [14] HAMPL, Jiří. Praktikum osciloskopické analýzy závad. *AutoExpert*. 2006, č. 1-12. ISSN 1211-2380
- [15] OLŠANSKÝ, Milan. Cesta ke spalovacímu motoru. *Trucker*. 2004, č. 10. s. 58-60. ISSN 1335-5431
- [16] VOLKSWAGEN AG. *Self-Study Programme 253 - Direct Petrol Injection System with Bosch Motronic MED 7*. 2002.
- [17] VOLKSWAGEN AG. *Self-Study Programme 334 - The fuel system in FSI engines*. 2004.
- [18] VOLKSWAGEN AG. *Self-Study Programme 337 - The 2.0l FSI engine with turbocharger*. 2004.

8.3. Publikace na internetu

- [19] ŠTĚPÁN, Daniel. *Spalovací motory a jejich vliv na životní prostředí*. Pardubice, 2001. 26s. Semestrální práce. Dopravní fakulta Jana Pernera.
- [20] Nicolaus Otto. *Wikipedie* [online]. 21. 4. 2012 [cit. 2012-06-25]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Nicolaus_Otto
- [21] Daimler: Engines, carburetors, radiators and transmissions (1883 – 1901). *Daimler* [online]. 2012 [cit. 2012-06-25]. Dostupné z: <http://www.daimler.com>
- [22] Benz Patent Motor Car, the first automobile (1885 – 1886). *Daimler* [online]. 2012 [cit. 2012-06-25]. Dostupné z: <http://www.daimler.com>

- [23] Vehicle OBD Connector Pin Assignments For Serial OBDII. *Race Technology* [online]. 1.3.2011 [cit. 2012-06-25]. Dostupné z: www.race-technology.com
- [24] Eletrická schémata - Stadion s11. *Jawa21* [online]. [cit. 2012-06-25]. Dostupné z: <http://jawa21.mypage.cz>
- [25] STREET METROPOLS FORUM - für berufsschule. *STREET METROPOLS FORUM* [online]. 25.2.2010 [cit. 2012-06-25]. Dostupné z: <http://www.board-4you.de/v76/boards/161/thread.php?threadid=185&sid=994410f8c34e6e3fd028d607c2a2136b&page=1>
- [26] NGK - Damage patterns on ignition cables. *NGK* [online]. 2012 [cit. 2012-06-25]. Dostupné z: www.ngk.de
- [27] BKP Automotive Coolant Temperature Sensor. *BKP Automotive* [online]. 2011 [cit. 2012-06-25]. Dostupné z: <http://www.bkpauto.com>
- [28] DI_Motronic. *Bosch* [online]. 2012 [cit. 2012-06-25]. Dostupné z: http://rb-kwin.bosch.com/sg/pool/de/Benzin/DI_Motronic.jpg
- [29] Řez zapalovací svíčkou. *Auto svíčky - Brisk Tábor* [online]. 2012 [cit. 2012-06-25]. Dostupné z: www.brisk.cz