

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

VÍCEBODOVÉ VSTŘIKOVÁNÍ PALIVA

MULTI-POINT INJECTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

TOMÁŠ SLAVÍK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RADIM DUNDÁLEK, Ph.D.

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Slavík Tomáš

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Vícebodové vstřikování paliva

v anglickém jazyce:

Multi-point Injection

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Získání přehledu o zadané problematice. Stanovení základních vývojových trendů.

Cíle bakalářské práce:

Vytvoření přehledu jednotlivých komponentů vstřikovacího systému, popis jejich funkce. Stručný historický přehled, perspektivní výhled do budoucna.

Seznam odborné literatury:

- [1] Vlk, F.: Příslušenství vozidlových motorů, Brno 2002
- [2] Vlk, F.: Vozidlové spalovací motory, Brno 2003
- [3] Internet
- [4] Prospekty a propagační materiály výrobců automobilů

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 30.10.2007

L.S.



prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této práce je popsat a přiblížit funkci vícebodového vstřikování paliva u zážehových spalovacích motorů, vytvořit přehled jednotlivých komponentů vstřikovacích systémů a popsat jejich funkci a porovnat vstřikovací systémy s ostatními druhy palivových soustav. V závěru budou uvedeny vývojové tendence spalovacích systémů.

Klíčová slova: vstřikování, motor, palivo, spalování, zážeh,

SUMMARY

The main objective of this Bachelor degree thesis is to describe and to bring closer the function of the multiple fuel injection system (nebo the function of fuel injections with multiple sets) in spark-ignition combustion engines, as well as to create a summary of individual components in fuel injection frameworks together with describing their functions and comparing them with other alternatives in fuel systems. In the conclusion, an elaboration on development trends in combustion engines will be provided.

Key words: fuel injection, engine, fuel, combustion, ignition

Bibliografická citace

Slavík , T. Vícebodové vstřikování paliva.

Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 40 s.

Vedoucí bakalářské práce Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tuto bakalářskou práci Vícebodové vstřikování paliva jsem napsal samostatně pod vedením Ing. Radima Dundálka, Ph.D. a s použitím uvedených zdrojů literatury.

V Brně 2008
Podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Radimu Dundálkovi, Ph.D. za jeho odborné vedení při tvorbě této bakalářské práce, za jeho rady a cenné připomínky.

Obsah:

Abstrakt	1
Summary	1
Čestné prohlášení	3
Poděkování	4
1) STRUČNÝ HISTORICKÝ PŘEHLED.....	7
2) ROZDĚLENÍ VSTŘIKOVACÍCH SYSTÉMŮ.....	8
2.1 Základní způsoby vstřikování paliva.....	8
2.1.1) Vícebodové vstřikování.....	8
2.1.2) Centrální vstřikování.....	8
2.1.3) Přímé vstřikování.....	9
2.2 Dělení dle způsobu vstřikování.....	9
2.2.1) Nepřetržité vstřikování.....	9
2.2.2) Časované vstřikování.....	9
2.3 Systémy vstřikování paliva.....	10
2.4 Dělení dle firmy BOSCH.....	10
2.4.1) Simultánní vstřikování.....	10
2.4.2) Sekvenční vstřikování.....	10
2.4.3) Skupinové vstřikování.....	10
2.5 Charakteristika vstřikovacích systému.....	12
3) JEDNOTLIVÉ ČÁSTI VSTŘIKOVACÍCH SYSTÉMU	
A POPIS JEJICH FUNKCE.....	15
3.1 Elektronické řízení zážehových motorů.....	15
3.1.1) Elektronická řídicí jednotka.....	15
3.1.2) Analogové signály.....	16
3.1.3) Vstupní signály.....	16
3.2 Zásobování palivem.....	16
3.2.1) Palivová nádrž	16
3.2.2) Odvětrávací soustava palivové nádrže	17
3.2.3) Palivové potrubí	18
3.2.4) Palivová čerpadla	18
3.2.5) Palivové systémy bez zpětného toku	20
3.3 Vstřikovací ventily.....	21
3.3.1) Vstřikovací ventily pro vícebodové vstřikování	21
3.3.2) Elektromagnetický vstřikovací ventil	21
3.3.3) Nejpoužívanější typy vstřikovacích ventilů	21
3.3.4) Piezokrystalické vstřikovací ventily	22
3.4 Zapalovací systémy.....	23
3.4.1) Cívkové zapalování	23
3.4.2) Tranzistorové zapalování	23
3.4.3) Elektronické zapalování	24
3.4.4) Plně elektronické zapalování	25

3.5 Zapalovací svíčky.....	28
3.5.1) Části zapalovací svíčky.....	28
3.5.2) Vzdálenost elektrod	29
3.5.3) Rozdělení typu dráhy jiskry.....	30
3.5.4) Tepelná hodnota.....	30
4) SROVNÁNÍ VSTŘIKOVACÍCH SYSTÉMŮ S OSTATNÍMI DRUHY PALIVOVÝCH SOUSTAV.....	29
4.1 Rozdělení paliva, směšovací poměr motoru.....	29
4.2 Akcelerace, decelerace.....	30
4.3 Spouštění motoru.....	30
5) SHRUTÍ A VÝHLED DO BUDOUCNA.....	31
5.1) Vývojové směry.....	31
5.2) Hybridní koncepce.....	31
5.3) Redukce emisí.....	31
5.4) Nový systém vstřikování PDI.....	32
5.4.1) Nové vstřikovače.....	32
5.4.2) Vysokotlaké čerpadlo.....	32
6) ZÁVĚR.....	34

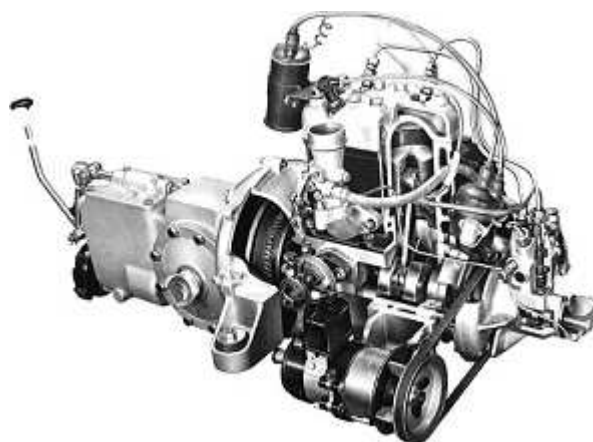
1) Stručný historický přehled

V roce 1952 vybavil sériově Bosch vozy Gutbrod Superior 600 a Goliath 700GP jako světovou novinku s přímým vstřikováním paliva. V porovnání s dosud známými modely s karburátorem snížila nová technika založená na vstřikování paliva firmy Bosch spotřebu o 20 % a současně zvýšila výkon motoru rovněž o 20 %. Také legendární Mercedes 300 SL s křídlovými dveřmi byl v roce 1954 vybaven přímým vstřikováním benzínu od firmy Bosch. Myšlenku přímého vstřiku technici převzali ze stavby letadel - už od roku 1937 dodávala společnost Bosch benzinová vstřikovací čerpadla pro letecké motory. V následujícím období to bylo především vstřikování benzínu do sacího potrubí od firmy Bosch, které pozvolna vytlačovalo klasický karburátor. V roce 1967 dodala společnost Bosch na trh systém D-Jetronic, celosvětově první elektronicky řízené vstřikování benzínu, ve voze VW 1600 TL. O pět let později vsadilo již 18 automobilových výrobců na systém Jetronic – Bosch, a tím zdůvodnili jeho úspěch. Přednosti vstřikování byly zřejmé: Exaktním dávkováním paliva mohli automobiloví výrobci zvýšit výkon vozidel a současně snížit spotřebu a škodlivé emise.

Další milník představila společnost Bosch v roce 1976. Vstřikování benzínu s lambda regulací umožnilo účinné čištění výfukových plynů v třicestném katalyzátoru. V roce 1979 sloučili technici firmy Bosch systém Jetronic a plně elektronické zapalování s řízením podle datového pole do jedné řídicí jednotky, nazvané Motronic. V roce 2000 debutovala firma Bosch s přímým vstřikováním benzínu, systémem DI-Motronic s vrstveným plněním válců pro nízkou spotřebu a malé emise. Vstřikovací systém je založen na tlakovém zásobníku, který plní vysokotlaké čerpadlo na tlak 120 barů. Benzin je proto možno v každém okamžiku vstřikovat přímo do spalovacího prostoru. Systém Bosch DI-Motronic umožňuje různé druhy provozu - například také vrstvené plnění v oblasti částečného zatížení motoru s hodnotou součinitele přebytku vzduchu lambda větší než 1, tedy s přebytkem vzduchu. Automobil VW Lupo FSI a od letošního roku také VW Golf FSI vděčí za nízkou spotřebu paliva také této koncepci vrstveného plnění. Systémem DI-Motronic je možno rovněž kombinovat spontánní a dobře dávkovaný vývin síly s vysokým výkonem motoru. Předností této techniky lze využít nejen u sériově vyráběných vozidel, ale také v motoristickém sportu: Při 24hodinovém závodu v LeMans 2001 slavily vozy Audi R8 s přímým vstřikováním benzínu od firmy Bosch s výraznou převahou dvojité vítězství.

Letopočty počátku výroby jednotlivých vstřikovacích systémů od firmy BOSCH:

1967 D-JETRONIC
 1973 L-JETRONIC
 K-JETRONIC
 1979 MOTRONIC
 1982 KE-JETRONIC
 1983 MONO-JETRONIC
 1990 MONO-MOTRONIC
 1999 MOTRONIC MED7



Obr. 1.1 První motor se vstřikováním paliva [7]
 (Goliath 700GP)

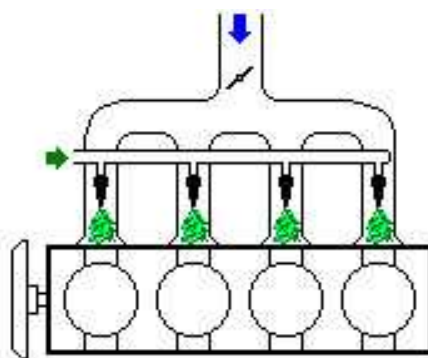
2) Rozdělení vstřikovacích systémů

V dnešní době rozeznáváme tři základní způsoby vstřikování paliva

- vícebodové vstřikování (nepřímé)
- centrální vstřikování (nepřímé)
- přímé vstřikování

2.1.1) Vícebodové vstřikování (MPI – Multi Point Injection)

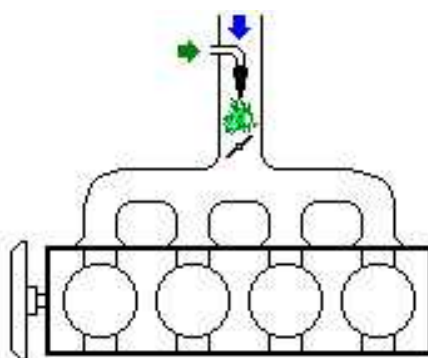
U tohoto vstřikování je každému válci motoru přiřazen jeden vstřikovací ventil. Tento ventil vstřikuje palivo přímo před sací ventil příslušného válce. Do této skupiny patří například JETRONIC L3.



Obr. 2.1 Schéma vícebodového vstřikování [9]

2.1.2) Centrální vstřikování (CFI – Central Fuel Injection)

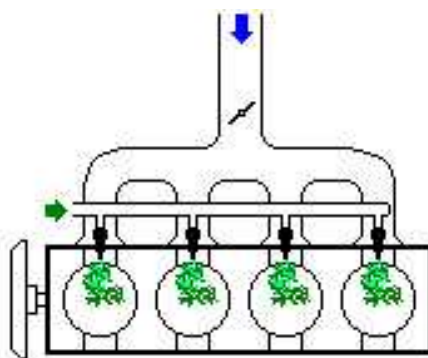
Jedná se o elektronicky řízený vstřikovací systém. Palivo je přerušovaně vstřikováno do sacího potrubí z jednoho elektromagnetického vstřikovacího ventilu nad škrtníci klapku. Motor je řízen polohou škrtníci klapky. Poloha škrtníci klapky je řízena při volnoběžném chodu snímačem otáček a například teplotou chladící kapaliny. Poloha klapky je určována potenciometrem. K zástupcům tohoto systému patří například K JETRONIC.



Obr. 2.2 Schéma centrálního vstřikování [9]

2.1.3) Přímé vstřikování (GDI – Gasoline Direkt Injection)

Palivo je vstřikováno přímo do spalovacích prostor příslušného motoru. Mezi první výrobce v Evropě patří koncern Volkswagen. Tento systém snižuje spotřebu paliva a snižuje emise ve výfukových plynech. V prvním případě o 5 - 40%. Tento systém má nyní všechny předpoklady pro využití v moderních zážehových motorech.



Obr. 2.3 Schéma přímého vstřikování [9]

2.2) Rozdělení podle způsobu vstřikování do sacího potrubí

2.2.1) Nepřetržité vstřikování

Tento systém je v podstatě vylepšením karburátoru. Vstřikovací trysky jsou umístěny ve větší vzdálenosti od sacího ventilu. Dochází tu stejně jako u karburátoru k velkému smáčení stěn sacího potrubí, které vede v různých režimech ke zvyšování škodlivin obsažených ve výfukových plynech. Příprava složení směsi pro chod naprázdno a pro částečné zatížení není tak dokonalá jako u časovaného vstřikování.

Mezi nejznámější představitele tohoto vstřikování patří například vstřikovací čerpadlo firmy TECALEMIT-JACKSON (Anglie), které se používá hlavně u sportovních vozů.

2.2.2) Časované, přetržité vstřikování

Při tomto vstřikování je palivo vstřikováno do sacího potrubí v přesně stanovených okamžicích. Trvání vstřiku je krátké a úspěch tohoto systému závisí hlavně na způsobu regulace vstřikovacího čerpadla. U tohoto vstřikování se dá s výhodou využít tzv. polopřímé vstřikování paliva. U polopřímého vstřikování je tryska umístěna co nejbližší sacímu ventilu nebo v hlavě válce a vstřikuje do sacího potrubí nebo přímo přes otevřený sací ventil do spalovacího prostoru motoru. To částečně umožňuje i vrstvení směsi, čímž se zvyšuje odolnost proti klepání, ochlazuje se vnitřní prostor válce, zvyšuje se plnění a tím i výkon motoru.

U tohoto typu vstřikování jsou nejznámějšími zástupci pro výrobu vstřikovacích čerpadel firmy LUCAS, KUGELFISHER, SPICA a BOSCH. Všechna tato zařízení jsou používána ke sportovním účelům, z čehož plyne větší náročnost na údržbu a opravy, protože tato zřízení jsou značně složitější. Nejdále se ve vývoji a konstrukci vstřikovacích čerpadel dostala firma BOSCH, která vytvořila několik typů vstřikovacích zařízení, která jsou jednoduchá, méně náročná na údržbu a jsou spolehlivá. Důkazem toho je i skutečnost, že tyto typy vstřikování jsou používány ve většině konstrukcí dnešních motorů.

2.3) Systémy vstřikování paliva

V dnešní době již není jediným úkolem vstřikovacích systémů pouze míchání směsi, tedy připravit směs paliva s nasátým vzduchem. Nejvýznamnějším faktorem míchání směsi je požadavek na dodržení procenta emisí škodlivin ve výfukových plynech. Vstřikovací systémy představují nejvýhodnější způsob míchání směsi. Při současném použití katalyzátoru a jeho účinného katalytického řízení (redukování) emisí jsou v dnešní době používány u všech typů automobilů vstřikovací systémy firmy BOSCH, tyto systémy se dají rozdělit na dvě skupiny.

JETRONIC

Jeho funkčnost je omezena pouze na řízení vstřikování, zapalování pracuje nezávisle na přípravě směsi.

MOTRONIC

Tento systém řídí jak vstřikování, tak i zapalování.

Název obou systémů je odvozen od hlavní veličiny regulace přípravy směsi, což je množství nasávaného vzduchu, hmotnost vzduchu, druh vstřikování. Vstřikování je jednobodové, kontinuální, vícebodové.

2.4) Rozdělení vstřikování dle firmy BOSCH

U vstřikovacích systémů této firmy můžeme najít tři základní druhy vstřikování. Těmito druhy jsou vstřikování simultánní, sekvenční a skupinové.

2.4.1) Simultánní vstřikování

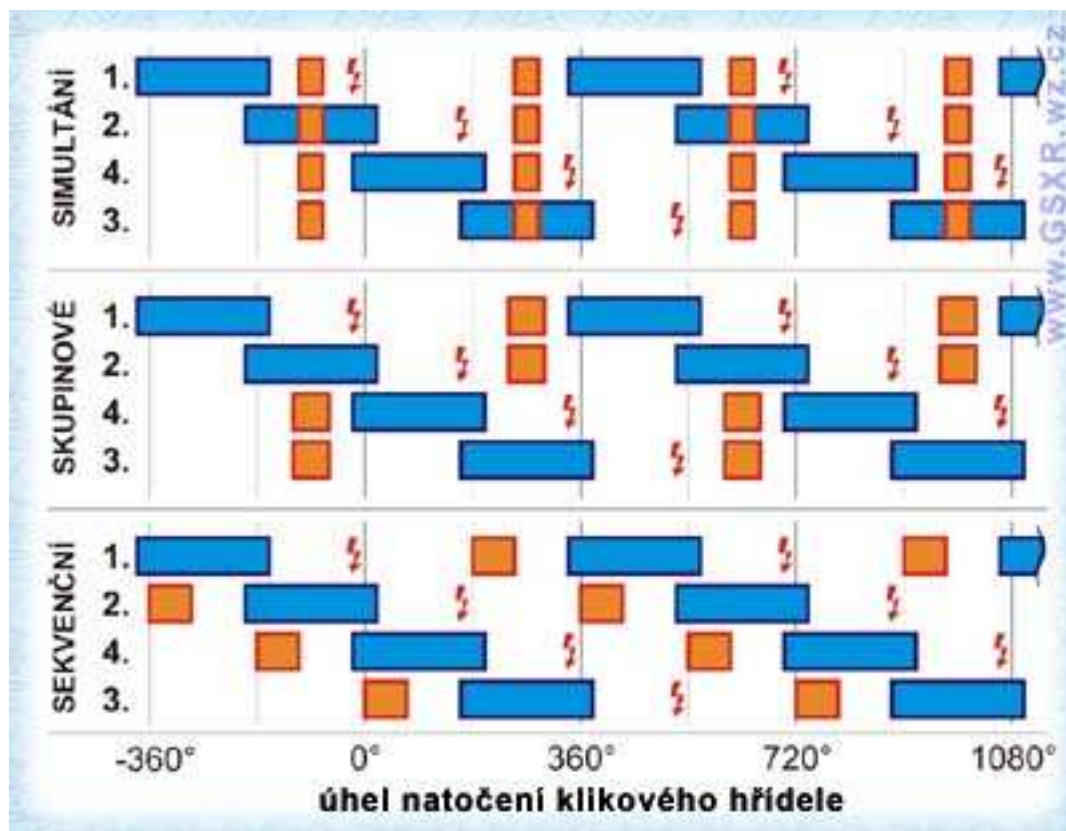
U tohoto vstřikování dochází ke vstřikování všech vstřikovacích ventilů v jeden okamžik, dvakrát za cyklus (dvakrát za otáčku vačkového hřídele, jednou za otáčku klikového hřídele). Časování daného vstřiku je dáno pevně předem.

2.4.2) Sekvenční vstřikování

Toto vstřikování má největší volnost, protože časování vstřiku je volně programovatelné. Může se tedy přizpůsobit různým kritériím. Vstřikovací ventily jsou ovládány nezávisle na sobě ve stejný okamžik.

2.4.3) Skupinové vstřikování

Dvě skupiny vstřikovacích ventilů, které vstřikují jednou za cyklus. Časový odstup těchto dvou skupin tvoří jedna otáčka klikového hřídele. Tento systém zaručuje už časovatelnost vstřiku pro provozní podmínky.



Obr. 2.4 Systémy řízení motoru BOSCH [8]

Mezi jednotlivými druhy vstřikovacích zařízení existují rozdíly v konstrukci, které jsou uvedeny v následující tabulce.

TAB. 2.5 Systémy vstřikování a zapalování			
Označení systému	Způsob vstřikování	Hlavní veličina	
D	Jetronic	simultánní vícebodové	
L			množství / hmotnost vzduchu
MONO		jednobodové	poloha škrtkic klapky / otáčky
K		kontinuálně vícebodové	množství vzduchu
KE		kontinuální s elektronickou optimalizací - vícebodové	množství vzduchu
ML	Motronic	Simultánní / sekvenční - vícebodové	
M			množství / hmotnost vzduchu
MP		tlak v sacím potrubí	
KE		kontinuální s elektronickou optimalizací - vícebodové	množství vzduchu
MONO		jednobodové	poloha škrtkic klapky / otáčky

2.5) Stručná charakteristika některých druhů vstřikovacích zařízení BOSCH

Všechna tato zařízení mají velké množství jednotlivých verzí. Každá verze má určité odlišnosti, mezi které patří hlavně:

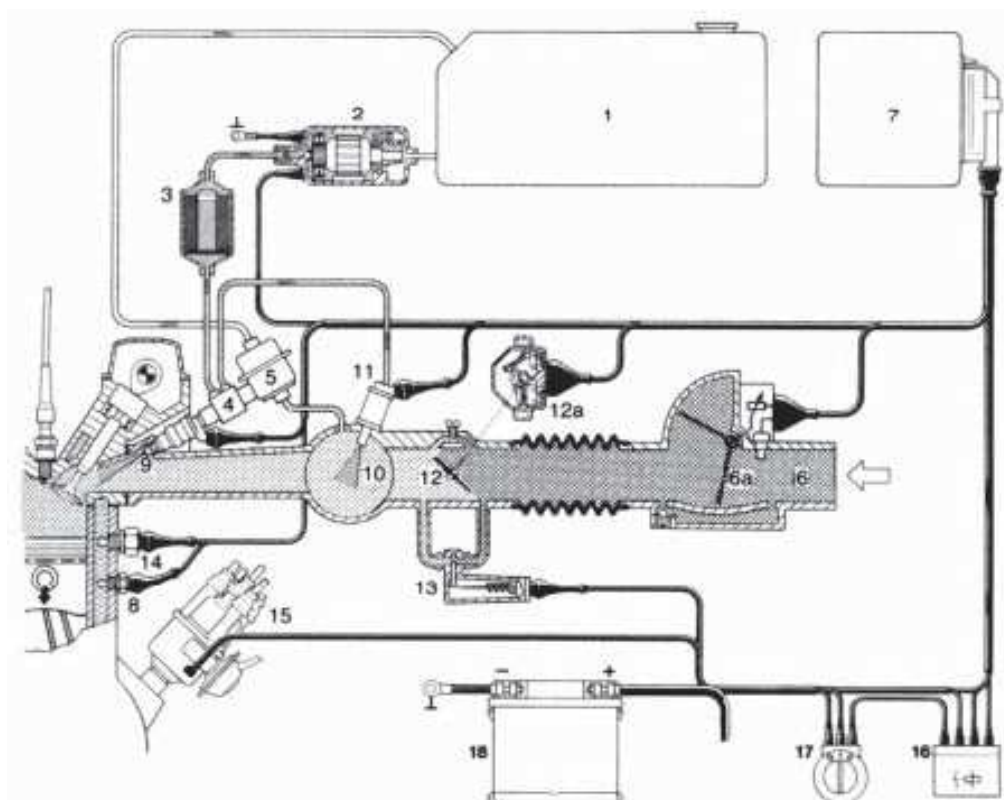
- různost funkcí
- vybavení podle požadavku (například požadavek exportní země)
- konstrukční řešení řídicí jednotky

D – JETRONIC

Jedná se o první elektronický vstřikovací systém s vícebodovým vstřikováním. Systém je řízen tlakem vzduchu v sacím potrubí motoru.

L – JETRONIC

Systém s přerušovaným vstřikem paliva. U tohoto systému je zatížení dáno naměřeným množstvím, případně hmotností, motorem nasátého vzduchu. Měření nasátého vzduchu je prováděno klapkovým měřičem nebo měřičem hmoty vzduchu s vyhřívaným drátem nebo filmem.



Obr. 2.6 Schéma systému L-JETRONIC [2]

1) palivová nádrž 2) elektrické palivové čerpadlo 3) palivový filtr 4) potrubí rozdělovače 5) regulátor tlaku 6) měřič množství vzduchu s hradící klapkou 7) řídicí jednotka 8) čidlo teploty 9) vstřikovací ventil 10) společné sací potrubí 11) ventil pro studený start 12) škrťací klapka se spínačem škrťací klapky 13) ventil přidavného vzduchu 14) teplotní časový spínač 15) rozdělovač zapalování 16) relé 17) spínací skříňka 18) akumulátor

K - JETRONIC

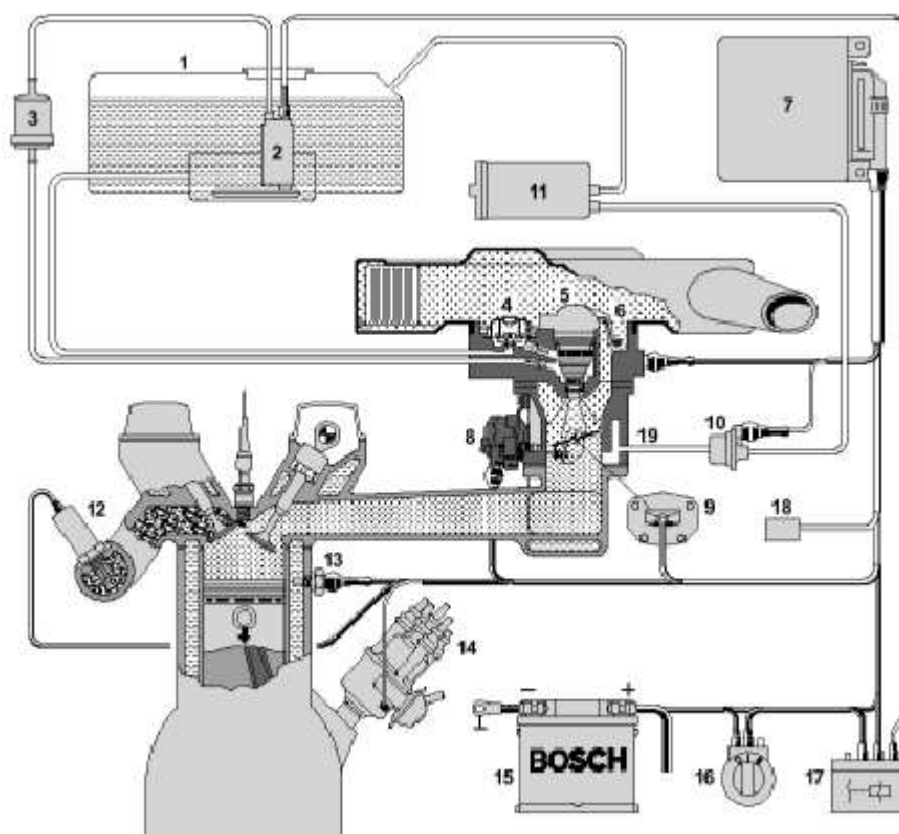
Kontinuálně pracující vstřikovací systém hydraulicko-mechanickým odměřováním paliva. Pomocí klapky měřiče vzduchu měříme množství vzduchu nasátého motorem. Mezi výhody tohoto systému patří dobrá stabilita volnoběhu, navrstvení ve spalovacím prostoru, jednoduše montovatelný, nízká poruchovost a jednoduchost systému, dodržení norem emisí atd.

KE – JETRONIC

Kombinovaný mechanicko - elektronický systém. Modernější verze systému K – JETRONIC. Založen na mechanické funkci K-JETRONIC, ale oproti svému předchůdci je vybaven navíc o elektronické řízení vstřikované dávky a zavedením lambda sondy.

MONO – JETRONIC

Systém nízkotlakého elektronicky řízeného centrálního vstřikování paliva. Používá se zejména pro čtyřdobé zážehové motory (čtyřválcové). Mezi výhody tohoto systému patří menší spotřeba paliva při daných režimech motoru, vyšší výkon motoru, zrychlení bez opoždění při přechodu na provozní zatížení. Pomocí přesného dávkování paliva má tento systém lepší studený start motoru a motor se zahřívá s minimální spotřebou paliva. Systém splňuje emisní požadavky i při vysokém stupni opotřebení motoru.



Obr.2.7 Schéma systému MONO – JETRONIC [2]

- 1) palivová nádrž 2) elektrické palivové čerpadlo 3) čistič paliva 4) regulátor tlaku paliva
- 5) elektromagnetický vstřikovací ventil 6) snímač teploty nasávaného vzduchu 7) nádoba s aktivním uhlím
- 8) řídicí jednotka 9) nastavovač škrtící klapky 10) potenciometr 11) ventil odsávání benzinových par 12) lambda sonda
- 13) snímač teploty chladící kapaliny 14) rozdělovač 15) akumulátor 16) spínací skříňka zapalování 17) relé 18) diagnostická zásuvka 19) vstřikovací jednotka

MONO – MOTRONIC

Systém nízkotlakého centrálního vstřikování paliva s integrovaným elektronickým zapalováním. Kombinace dvou řídicích systémů umožňuje optimalizaci odměření paliva a dobré řízení zapalování. Výhodou tohoto systému je snížení spotřeby při zahřívání motoru, snížení emisí ve výfukových plynech, stabilizace volnoběhu, lepší jízdní komfort.

3) Jednotlivé části vstřikovacích systémů a jejich funkce

3.1) Elektronické řízení zážehových motorů

System elektronického řízení se spojuje v jedné elektronické řídicí jednotce. Pomocí snímačů na motoru se získávají provozní data, jako například:

- zapalování (vypnuto – zapnuto)
- rychlost jízdy
- zařazený rychlostní stupeň
- klimatizace

V těchto případech jde o spínací vstupy.

- napětí akumulátoru
- teplota motoru
- množství nasátého vzduchu
- natočení škrtkové klapky
- otáčky motoru

V těchto případech se jedná o analogové hodnoty.

V řídicí jednotce se data připravují pro mikroprocesor. Mikroprocesor data porovnává a vypočítává potřebné ovládací signály. Tyto signály jsou odeslány na aktivní členy, které řídí chod motoru. Tímto jsou zaručeny správné parametry pro chod motoru při různých režimech.

Hlavními funkcemi elektronického řízení zážehových motorů je řízení vstřikování a zapalování. K tomuto řízení se snímají daná data. Přídavné řídicí a regulační funkce mají vliv na snížení emisí ve výfukových plynech a na snížení spotřeby paliva. Tyto funkce mají také vliv na složení výfukových plynů, jako například:

- regulace otáček při chodu naprázdno
- regulace klepání
- řízení systému odvětrávání
- recirkulace spalín ke snížení oxidů dusíku
- lambda regulace
- řízení vhánění sekundárního vzduchu ke snížení obsahu uhlovodíků HC

3.1.1) Elektronická řídicí jednotka

Jádrem jednotky je mikroprocesor, ten je spojen datovou sběrnicí s programovatelnou pamětí (EPROM) a přepisovatelnou pamětí (RAM). V přepisovatelné paměti jsou obsaženy programovatelné kódy a data parametrů funkcí. Tato paměť je určena k ukládání adaptačních hodnot. Přepisovatelná paměť je propojena stále s akumulátorem, aby se z ní nesmazala data po vypnutí motoru. Data vstupují do mikroprocesoru přes signálový interface, který data upravuje tak, aby je mohl mikroprocesor zpracovat.

Řídicí jednotka musí bezchybně zpracovávat signály při napětí od 6V (start) do 15V a teplotách prostředí od -30°C do 60°C. Regulator napětí připravuje pro digitální obvody konstantní napájecí napětí 5V.

3.1.2) Analogové signály

Analogové signály jsou přiváděny na analogově-digitální převodník procesoru (A/D převodník) a jsou zde převedeny na digitální hodnoty. Signál induktivního snímače s informacemi o otáčkách a poloze klikového hřídele je zpracováván nejdříve ve spínacím obvodu, kde se potlačují rušivé impulsy.

3.1.3) Vstupní signály

Tyto signály jsou do jednotky přiváděny v různém tvaru, jsou vedeny přes zesilovače, převaděče a ochranné obvody. Dále jsou pak zpracovávány přímo mikroprocesorem pomocí programu, který je uložen v pevné paměti (ROM, EPROM). Řídící jednotky jsou kvůli velkému počtu modelů vozů vybaveny kódováním. Podle kódování jsou v paměti uložena pro každý typ vozu příslušná data, ta dále slouží k servisu. Jiné jednotky jsou zkonstruovány tak, že náležitá vstupní data se do ní vkládají až na konci výrobního cyklu.

3.2) Zásobování palivem

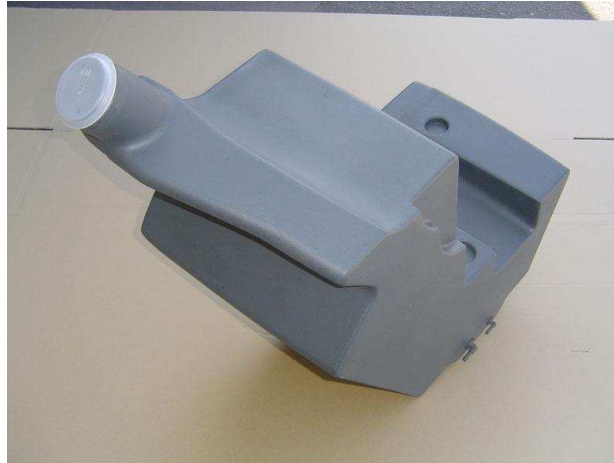
Zásobování paliva má za úkol přepravit palivo z palivové nádrže k elektromagnetickému vstřikovacímu ventilu. U zážehových motorů se používá soustava, která má tyto části:

- palivová nádrž
- palivové potrubí
- dopravní palivové čerpadlo
- čistič paliva
- vstřikovací systém
- sací potrubí

3.2.1) Palivová nádrž

Palivová nádrž je zásobníkem paliva pro motorové vozidlo. Nádrže mohou být vyrobeny z vylisovaných plechových dílů jejich svařením. Nyní se používají spíše plastové nádrže, tím se dosahuje menší poruchovosti nádrží. Nejčastější poruchy nádrží jsou proražení a prodření. Při malém rozsahu škody se tyto vady dají odstranit lepením nebo pájením. Každá nádrž je vybavena vlnolamy, které brání hromadění paliva při akceleraci, deceleraci nebo při projíždění zatáčkami. Pro zjištění stavu paliva v nádrži se používá měřicí přístroj. U vstřikovacích systémů se používá ponorné čerpadlo do nádrže uložené ve vlastním prostoru. Na dně nádrže je výpustný odkalovací šroub.

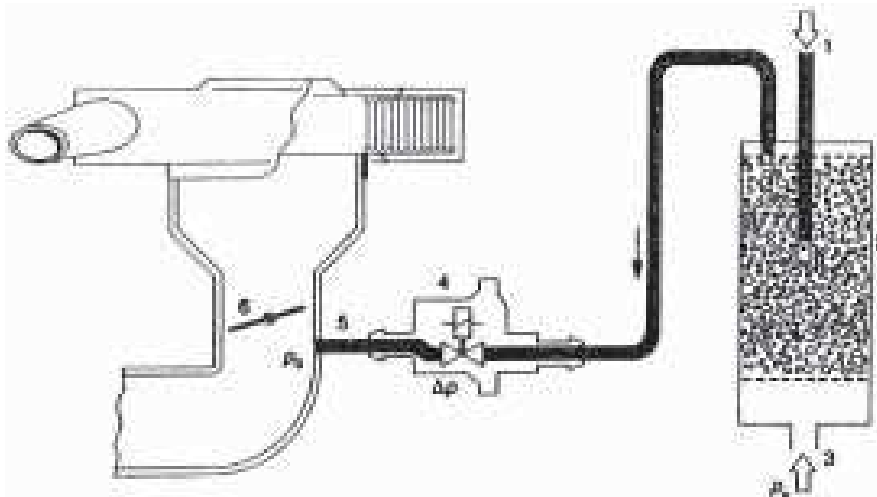
Konstruktéři volí velikost nádrže tak, aby vozidlo mělo dojezd na plnou nádrž kolem 500 km. Po ujetí této vzdálenosti snímač množství paliva vydá signál, že v nádrži je minimální množství paliva, které postačí na dojezd do 100km. Tato informace je viditelná na přístrojové desce motorového vozidla. Hrdlo nádrže je opatřeno zátkou a někdy i hrubým čističem paliva (sítko) pro zachycení hrubých nečistot.



Obr 3.1 Plastová palivová nádrž [10]

3.2.2) Odvětrávací soustava palivové nádrže

Nedílnou součástí nádrže je také odvětrávací systém. Palivo se ohřívá tepelným zářením nebo přebytečným ohřátým palivem vracejícím se od vstřikovacích ventilů. Tím vznikají v nádrži emise HC, kde se také nejvíce vypařují. Odvětrávací systém zabraňuje vzlínání palivových par do prostoru vozidla. Tento systém tedy slouží ke snížení emise HC. Benzinové páry jsou odsávány do nádoby s aktivním uhlím, kde se regenerují přisáváním vzduchu pod tlakem ze sacího potrubí přes elektromagnetický ventil. Tento ventil je řízen řídicí jednotkou. Aktivní uhlí zadržuje benzinové páry a umožní odvětrat pouze čistý vzduch, čímž se také zajišťuje vyrovnání tlaků. Při provozu se v sacím potrubí vytvoří podtlak. To způsobí, že okolní vzduch je do potrubí nasáván přes aktivní uhlí. Tento vzduch aktivní uhlí regeneruje a strhává přebytečné naakumulované palivo do sacího potrubí. Toto palivo je následně spáleno. Regenerační ventil, který je umístěn na hadičce k sacímu potrubí, dávkuje regenerační proud pro aktivní uhlí.



Obr 3.2 Odvětrávací palivová soustava [2]

- 1) přívod paliva do zásobníku s aktivním uhlím
- 2) zásobník s aktivním uhlím
- 3) čerstvý vzduch
- 4) ventil regenerátoru
- 5) přívod do sacího potrubí
- 6) škrtková klapka

3.2.3) Palivové potrubí

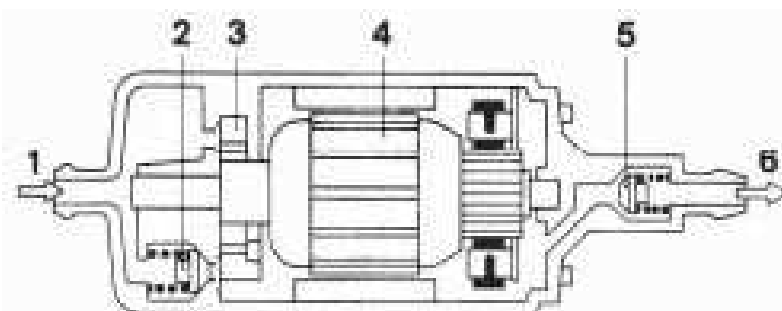
Má za úkol spojit jednotlivé části palivového systému. Nejvíce se pro výrobu palivového potrubí používají ocelové bezešvé trubky. Dříve se používaly trubky mosazné nebo měděné. Současná potrubí se skládají z trubek plastových a jednotlivé části se spojují šroubením. Dále se také používají různé typy vysokotlakých hadic na konci opatřených šroubením pro snadné spojení. Palivové potrubí musí být uchyceno pružně, podobně jako motor. Pružné zavěšení musí umožňovat změny odchylek, které jsou způsobeny vlivem pohybu mezi karosérií a motorem.

3.2.4) Palivová čerpadla

Dopravují palivo do vstřikovacího systému. Současné typy vozidel mají uloženy palivové nádrže níže než vstřikovač, proto se zde k dopravě paliva používají palivová čerpadla. Nejpoužívanějším typem čerpadel, která se používají v benzínových motorech, jsou čerpadla membránová. U motorů se vstřikování paliva se používají elektricky poháněná ponorná vícestupňová čerpadla lopatková.

Elektrické palivové čerpadlo zaručuje kontinuální dopravu paliva z palivové nádrže přes palivový filtr až ke vstřikovacím ventilům. U těchto čerpadel rozeznáváme dva druhy. Prvním druhem jsou čerpadla určená k montáži přímo do palivového systému (inline). Druhým typem jsou čerpadla, která se umísťují do palivové nádrže (intank) pomocí speciálního držáku. Toto čerpadlo je zpravidla vybaveno přídatným palivovým filtrem na sací straně, elektrickými a hydraulickými vnějšími přípojkami, snímačem průtoku paliva a nádobkou se zásobním reservoárem.

Elektromotor a vlastní čerpadlo tvoří těleso elektrického palivového čerpadla. K průtoku paliva dochází oběma směry, tím je zaručeno jejich dostatečné chlazení. Toto chlazení umožňuje vyšší výkon elektromotoru bez použití složitých těsnění. V elektromotoru nehrozí žádné nebezpečí výbuchu, protože zde nemůže dojít ke tvorbě zápalné směsi kvůli absenci kyslíku. Na přípojném víku jsou umístěny přípojné elektrické kontakty, zpětný ventil a nátrubek výtlaku. Po vypnutí palivového čerpadla zpětný ventil ještě po určitou dobu udržuje tlak v systému a tím brání tvorbě bublinek.



Obr. 3.3 Elektrické palivové čerpadlo [2]

- 1) sací strana 2) přetlakový ventil 3) valivé lamelové čerpadlo 4) kotva elektromotoru 5) ventil zpětného rázu
6) tlaková strana

Dvoustupňové čerpadlo

Toto čerpadlo se používá například v systému MONO JETRONIC. V tomto případě jde o dvoustupňové proudové čerpadlo. První stupeň tvoří boční kanálové čerpadlo. Jako hlavní člen je zde obvodové lopatkové čerpadlo. Obě čerpadla jsou umístěna na stejném oběžném kole.

U prvního stupně je vnitřnímu lopatkovému věnci v oběžném kole přiřazen oboustranný postranní kanál v tělese čerpadla v sacím víku. Palivo se urychluje rotujícím lopatkovým věncem oběžného kola a v postranních kanálech mění svou pohybovou energii na tlakovou. Na konci postranního kanálu je palivo dále vedeno vně umístěného hlavního stupně čerpadla. V přepouštěcím kanále je mezi prvním a hlavním stupněm umístěn odplyňovací otvor, kterým se přebytečné palivo a popřípadě i bublinky v palivu vrací zpět do palivové nádrže. Princip hlavního členu je identický s principem prvního členu s rozdílem ve tvaru oběžného kola a kanálu.

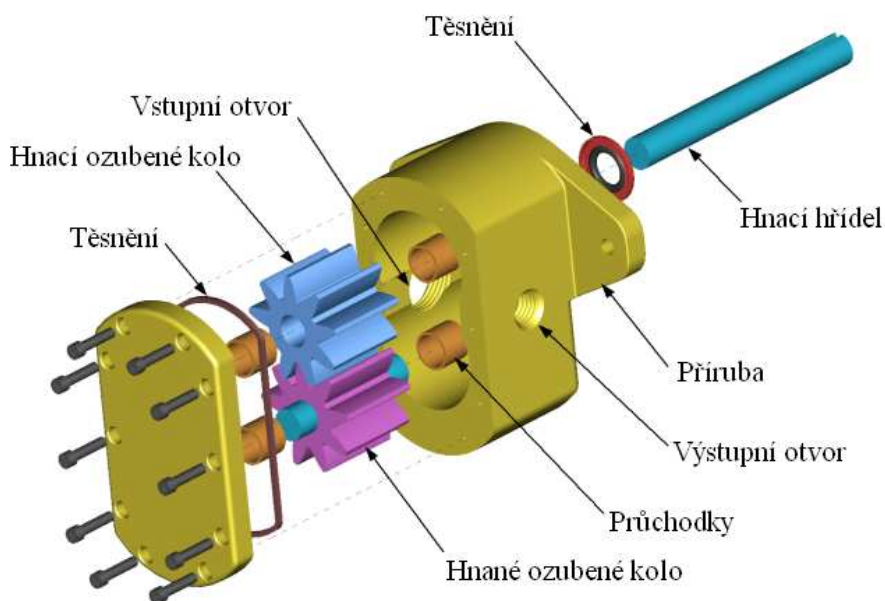
Druhy čerpadel

Dle systémových požadavků se používají různé typy čerpadel:

- objemová čerpadla
- proudová čerpadla

Objemová čerpadla

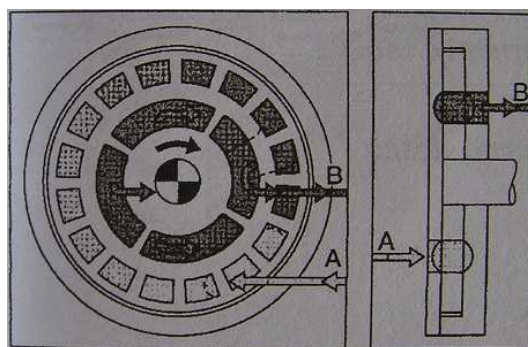
Čerpání paliva u tohoto druhu čerpadel je založeno na změně velikosti palivových komor. Při zvětšování komor se do nich nasává palivo přes plnicí otvor. Při dosažení maximálního naplnění se plnicí otvor uzavře a otevře se otvor výtláčový, ze kterého je palivo při zmenšování komor vytlačováno. Mezi objemová čerpadla řadíme vnitřní zubová čerpadla a válečková lamelová čerpadla.



Obr. 3.4 Zubové čerpadlo [11]

Proudová čerpadla

U těchto čerpadel je palivo urychlováno oběžným kolem. Palivo je vháněno do kanálu. Zde dochází k výměně impulsů, což má za následek vznik tlaku. Mezi proudová čerpadla patří například obvodová lopatková čerpadla a boční kanálová čerpadla.

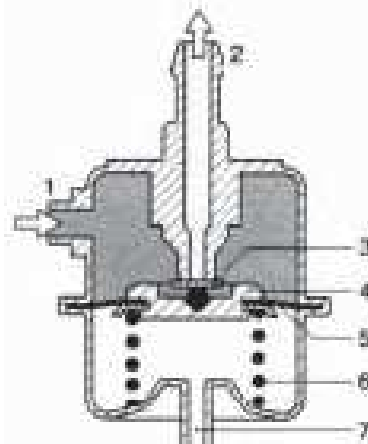


Obr 3.5 Princip bočního kanálového čerpadla [2]

3.2.5) Palivové systémy bez zpětného toku

Jedná se většinou o palivové jednotky uložené přímo v nádrži s integrovaným regulátorem tlaku. Regulace zajišťuje vratný tok v palivové jednotce umístěné v nádrži. Je zde také jemný čistič paliva, protože nečistoty obsažené v palivu mohou ovlivnit správnou činnost vstřikovacího ventilu a regulátoru tlaku. Čistič je vybaven papírovou vložkou (pórovitost 0,01mm). Filtrační vložka je připevněna v kovovém pouzdře pomocí opěrné desky.

Palivo dále protéká rozdělovačem paliva, který zajišťuje rovnoměrné rozdělení paliva ke všem vstřikovacím ventilům. Rozdělovače se nejčastěji vyrábějí z oceli, hliníku nebo plastu. Rozdělovačem musí neustále proudit palivo, proto se regulátor tlaku paliva montuje na samý konec rozdělovače. Regulátor je membránový s přepadem. Membrána, která je vyrobena z pogumované tkaniny, rozděluje regulátor na část palivovou a pružinovou. Palivo se pak dále dostává do tlumiče tlaku paliva, který má obdobnou konstrukci jako regulátor tlaku. Membrána rozděluje tlumič na komoru palivovou a vzduchovou.



Obr. 3.6 Regulátor tlaku paliva [2]

- 1) přívod paliva
- 2) přípojka zpětného odtoku
- 3) talíř ventilu
- 4) nosič ventilu
- 5) membrána
- 6) tlačná pružina
- 7) přípojka sacího potrubí

3.3) Vstříkovací ventily

Kvůli vysokým požadavkům na emise výfukových plynů a na klidný chod motoru je třeba dopravovat na každý pracovní zdvih motoru palivo o správném složení směsi. Vedle správného složení směsi je také důležité vstříknutí směsi paliva do válce motoru.

3.3.1) Vstříkovací ventily pro vícebodové vstříkávání

Na každý válec motoru připadá jeden elektromagnetický vstříkovací ventil. Ventil slouží ke vstříku přesného množství paliva před sací ventil v okamžik přesně určený řídicí jednotkou. Vstříkáváním paliva odpadá problém s vysrážením přebytečného paliva na stěnách sacího potrubí při nestacionárním režimu motoru. Sací potrubí slouží pouze k dopravě vzduchu pro spalování a může být proto plně přizpůsobeno aerodynamickým požadavkům motoru.

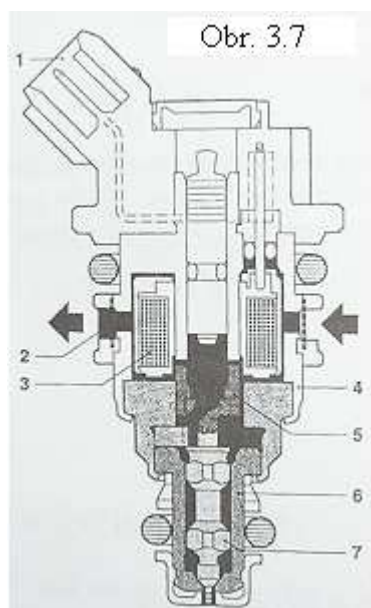
3.3.2) Elektromagnetický ventil

Tento ventil obsahuje ventilovou jehlu, která je ovládána kotvou elektromagnetu. Ventilová jehla je přesně vedena v těle ventilu. Při klidovém režimu tlačí pružina shora ventilovou jehlu do sedla ventilu, tím se uzavírá průchod paliva do sacího potrubí. Když začne řídicí jednotka ovládat elektromagnetickou cívku v tělese ventilu, jehla se zvedne o 60 až 100 μm a umožňuje palivu vstřík kalibrovaným otvorem do sacího potrubí motoru. Podle způsobu vstříkávání je ovládací čas 1,5 až 8 ms a frekvence 3-125 Hz.

3.3.3) Nejpoužívanější typy vstříkovacích ventilů:

TOP – FEED (vstříkovací ventil s přívodem paliva shora)

Tento vstříkovací ventil je zásobován palivem axiálně shora. Horním těsnícím kroužkem je zasazen do otvoru, který má příslušný tvar. Tento otvor je v rozdělovači paliva. Těsnící kroužek je zajištěn přídržnou svorkou proti vypadnutí. Spodním těsnícím kroužkem je vsazen do sacího potrubí motoru.



BOTTOM – FEED (vstříkovací ventil s přívodem paliva zespodu, viz obr. 3.7)

Tento ventil je integrovaný do rozdělovače paliv a neustále jím protéká palivo. Rozdělovač paliva je přímo montován na sací potrubí motoru. Ventil je zajištěn a fixován přídržnou svorkou nebo víkem rozdělovače paliva, které je popřípadě také vybaveno elektrickými připojovacími kontakty. Úniku paliva je zamezeno dvěma pryžovými kroužky. Výhodou modulu se vstříkovacím ventilem BOTTOM – FEED, který se skládá ze vstříkovačů a rozdělovače paliva, je velmi nízká stavební výška.

Požadavky na minimální kontakt paliva se stěnami sacího potrubí se splňují různými výpočty a odměřováním paliva. K těmto potřebám slouží kalibrované vypouštěcí otvory vstříkovacích ventilů. Vstříkovací ventily mohou mít jeden

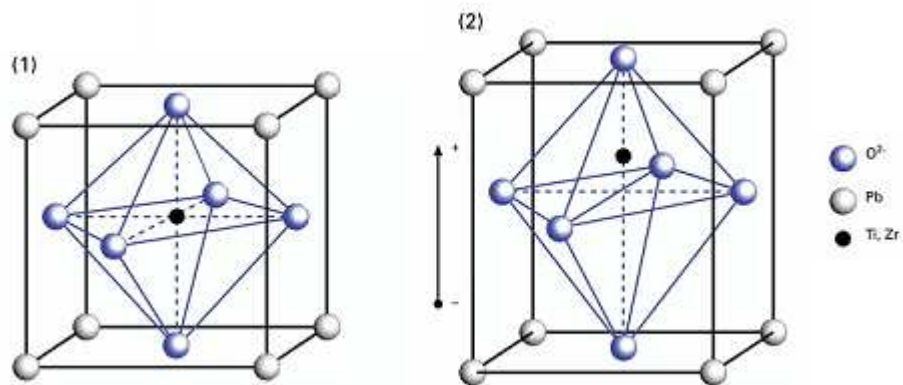
kalibrovaný nebo více kalibrovaných otvorů. U jednootvorového ventilu se vytváří velmi tenký paprsek paliva, který téměř nesmáčí sací potrubí. Nevýhodou ale je, že palivo je málo rozprášeno. Víceotvorové ventily jsou na samém konci osazeny kalibrovanými otvory. Tyto otvory jsou uspořádány tak, aby vytvářely podobný tvar paprsku jako je u kuželového rozstřiku paliva u trysek s kruhovou štěrbínou.

3.3.4) Piezoelektrické vstřikovací ventily

Tyto vstřikovací ventily fungují na základě deformace krystalické mřížky za působení tlaku. Při posunutí iontů z jejich rovnovážných poloh je vyvolán proudový impuls, to znamená, že v krystalu vzniká elektrické napětí. Při opačném postupu, kdy přivedeme na krystal napětí, se toto napětí projeví velmi rychlou deformací krystalu. Vedle nejvíce používaného křemíkového krystalu se pro výrobu těchto ventilů používá keramický materiál s přísadou oxidu olovnatého nebo zirkoničitého, který má též piezoelektrické účinky.

Pro potřebný zdvih jehly potřebujeme dostatečnou tloušťku piezoelektrického prvku. Firma Siemens používá prvek, který se skládá ze 400 vrstev tenké keramické fólie, které jsou sestaveny do válcového tvaru. Na tento prvek se přivádí napětí, což má za následek, že se krystaly protáhnou. Přes mechanismus složený z pružinek a pístků se toto protažení přeneše na ventilovou jehlu a zajistí její požadovaný zdvih.

Hlavními výhodami těchto ventilů je možnost vstřiku minimálního objemu paliva za velmi krátkou dobu vstřiku (0,1 s). Rychlost spínání je zde 4krát rychlejší než u elektromagnetických vstřikovacích ventilů. Tato technologie umožňuje rozfázovat vstřikování na 7 samostatných vstřiků, což vede ke snížení hlučnosti motoru a ke snížení emisí ve výfukových plynech.



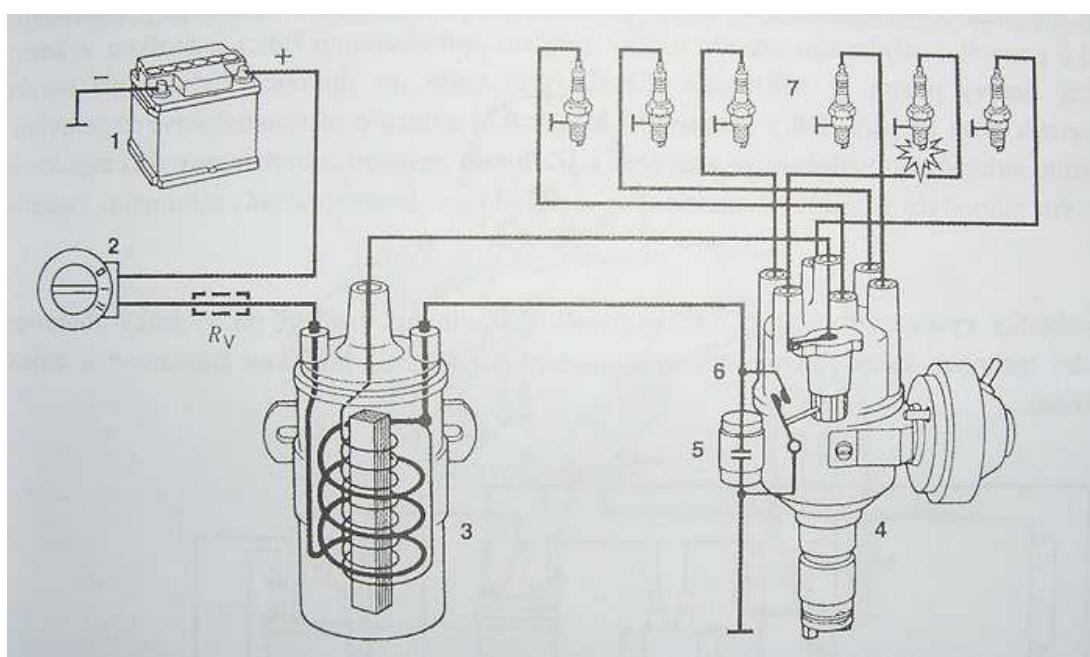
Obr. 3.8 Změna krystalické mřížky [14]

3.4 Zapalovací systémy

Typy zapalovacích systémů se liší podle způsobu dosažení vysokého napětí, jeho přenosem, rozdělení a způsobu regulace předstihu.

3.4.1) Cívkové zapalování

Toto zapalování je řízeno kontakty. Proud, který protéká cívkou, je zapínán a vypínán mechanickým kontaktem v rozdělovači. Jedná se o nejjednodušší typ zapalování, proto již nemá takový význam.



Obr. 3.9 Cívkové zapalování [2]

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

3.4.2) Tranzistorové zapalování

Tranzistorové zapalování řízené kontakty

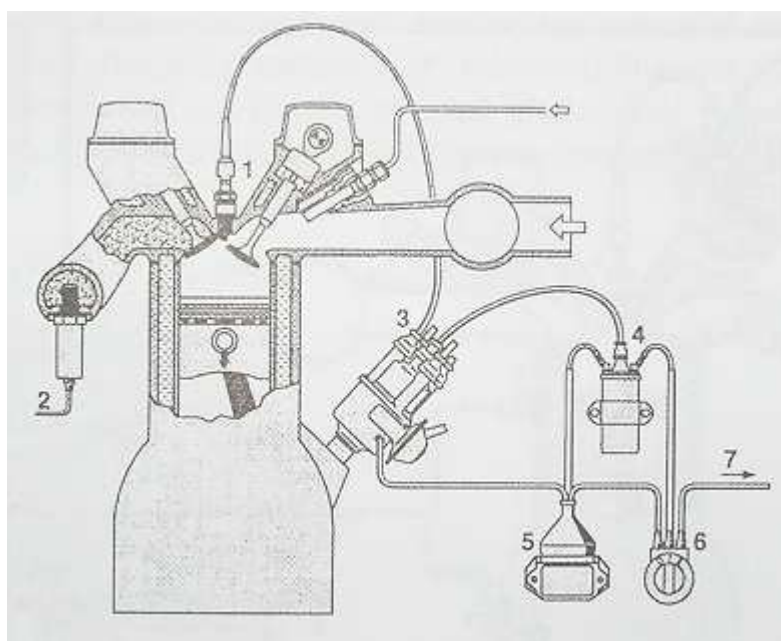
Rozdělovač u tohoto typu zapalování má stejnou konstrukci jako u cívkového zapalování. Kontakty pracují ve spolupráci s tranzistorovou soustavou, proto už nemusí rozdělovač spínat primární proud. Rozdělovač už pouze řídí proud pro tranzistorové zapalování. Tranzistorové zapalování funguje jako zesilovač a spíná proud pro zapalovací tranzistor.

Tranzistorové zapalování s Hallovým snímačem v rozdělovači

U tohoto provedení je úhel sepnutí určen tvarem rotoru v rozdělovači. Jedná se o vysoce výkonnou zapalovací soustavu.

Tranzistorové zapalování s induktivním snímačem v rozdělovači

Ve vysokých otáčkách má větší fázový posun mezi skutečným zapalováním a charakteristikou snímače. Řídící jednotka vyrobena zpravidla v hybridní technice.



Obr. 3.10 Soustava s bezkontaktně řízeným zapalováním [2]

1- zapalovací svíčka, 2- lambda sonda, 3- rozdělovač, 4- zapalovací cívka, 5- řídicí jednotka, 6- spínací skříňka, 7- vedení k akumulátoru

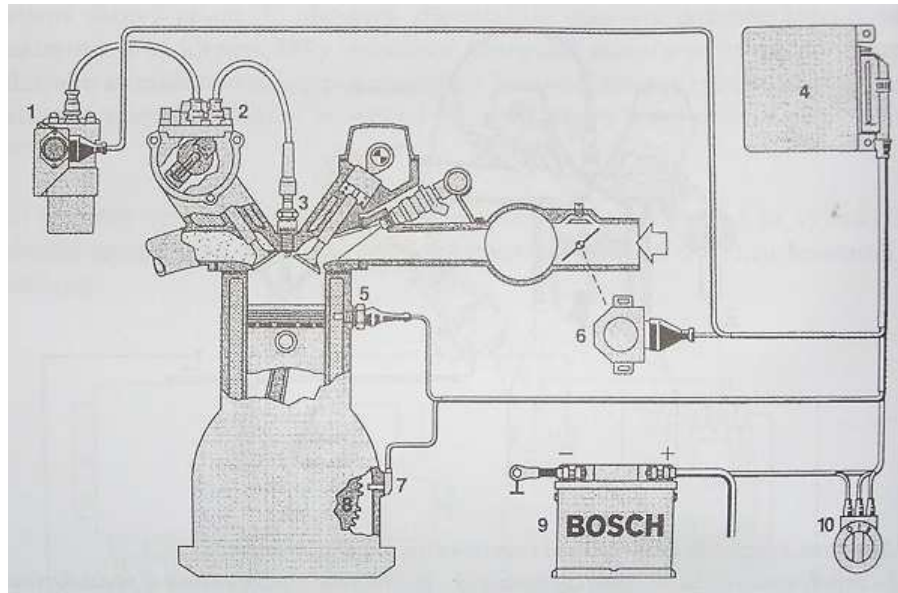
3.4.3) Elektronické zapalování

U elektronického zapalování odpadá mechanické přestavení předstihu v rozdělovači. Pro spouštění procesu zapálení se používá otáčkový signál (signál ze snímače otáček). Tlakový signál udává stupeň zatížení. Z těchto signálů vypočítá mikropočítač optimální přestavení předstihu a vyšle signál do řídicí jednotky. Mezi jeho výhody patří:

- lepší přizpůsobení přestavení předstihu dle požadavků
- možnost dalších řídicích prvků
- dobré chování při studeném startu
- rozšíření získávání dat
- lze regulovat klepání

Řídicí jednotka

Jádrem řídicí jednotky je mikropočítač, který obsahuje všechna data, pole charakteristik a program pro zjištění vstupních signálů. Snímače jsou většinou elektromagnetické, proto musíme vstupní signály upravovat na digitální.



Obr. 3.11 Elektronická zapalovací soustava [2]

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

3.4.4) Plně elektronické zapalování

Plně elektronické zapalování se vyznačuje dvěma základními vlastnostmi:

- má všechny funkce elektronického zapalování
- neobsahuje rotační rozdělování vysokého napětí

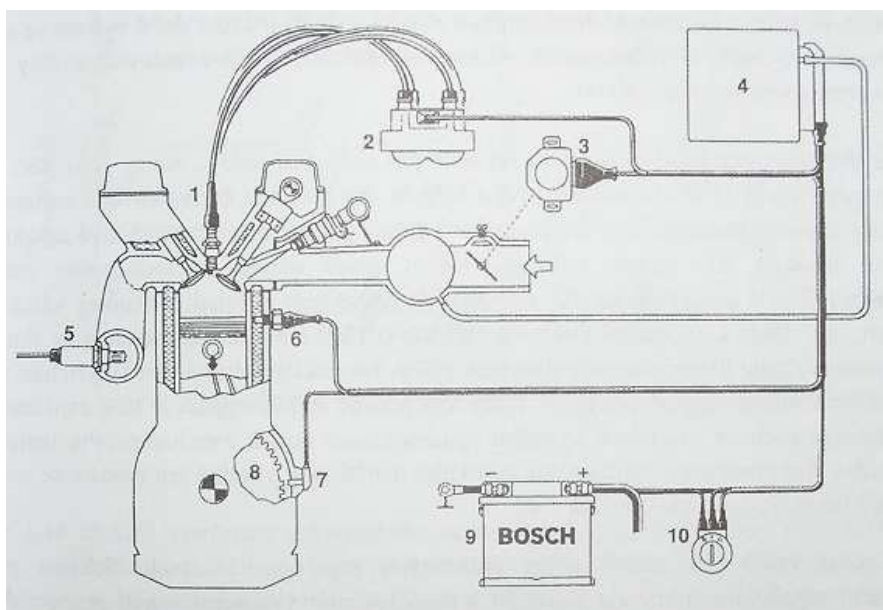
Výhody plně elektronického zapalování

- podstatně menší úroveň elektromagnetického rušení
- snížení hlučnosti
- konstrukční výhody pro výrobce motoru

Výkonově je toto zapalování srovnatelné s elektronickým zapalováním.

Podle způsobu dělení napětí se dělí na :

- rozdělování napětí dvoujiskrovými zapalovacími cívkami
- rozdělování napětí jednojiskrovými zapalovacími cívkami
- rozdělování napětí čtyřjiskrovými zapalovacími cívkami



Obr. 3.12 Plně elektronické zapalování [2]

1- zapalovací svíčka, 2- dvoujiskrová zapalovací cívka, 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

3.5) Zapalovací svíčky

U zážehových motorů je zapálení palivové směsi a vzduchu zajištěno přeskočením elektrické jiskry na zapalovací svíčce. Svíčka je našroubována do hlavy válce, musí bezpečně zapalovat při všech režimech chodu motoru, musí obstarávat správné spouštění motoru při studeném startu, zaručovat hladké nepřerušované zrychlení a dlouhodobý provoz při maximálním zatížení. Na svíčku jsou kladeny vysoké požadavky na vysokou frekvenci zapalování, odolnost proti teplotnímu, tlakovému a napětovému zatížení a chemickým vlivům agresivního prostředí spalovacího prostoru.

Jakmile dojde k přeskočení jiskry, nastává zapálení směsi ve spalovacím prostoru. Svíčka je izolovaná a tvoří utěsněný přechod do spalovacího prostoru motoru.

3.5.1) Části zapalovací svíčky:

Střední elektroda

Elektroda se vyrábí převážně ze slitin wolframu, platiny, iridia, železa nebo chrómu. Často se také používá chróm-niklová slitina s měděným jádrem. Její geometrie má vliv na :

- opotřebení
- odvod tepla
- potřebu zapalovacího napětí
- přístupnost směsi paliva a vzduchu

Keramické izolační těleso

Těleso je vyrobeno z keramických materiálů (Al_2O_3 + příměsi), které musí splňovat přísné požadavky na :

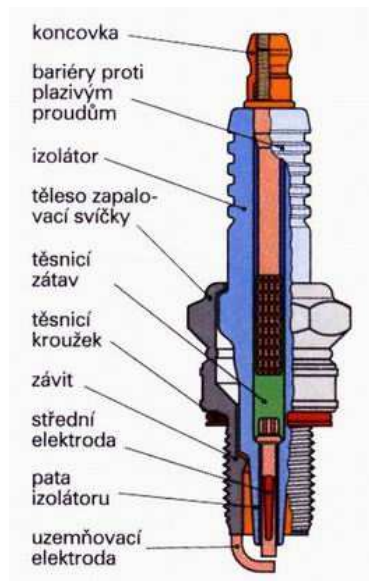
- vysokou pevnost
- odolnost proti tlakům
- odolnost proti chemickým vlivům hoření
- stejnorodost, pórovitost
- tepelnou roztažnost při vysokých teplotních spádech
- izolační vlastnosti

Kovové pouzdro

Pouzdro nese elektrodu.

Šroubení

Šroubení slouží k upevnění svíčky do hlavy motoru.

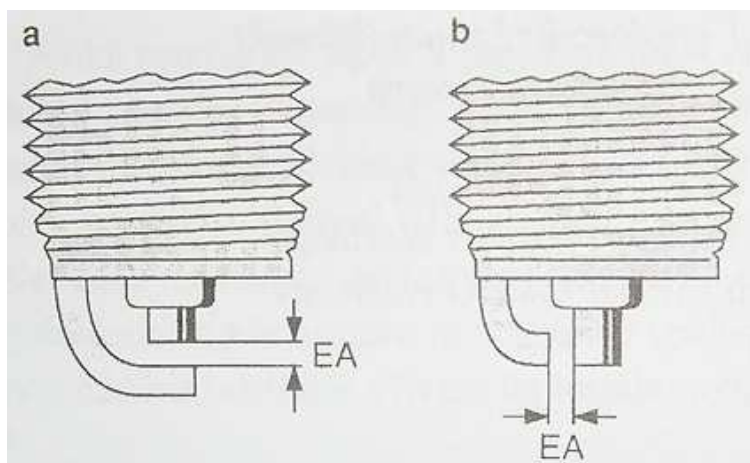


Obr. 3.13 Konstrukce zapalovací svíčky [12]

3.5.2) Vzdálenost elektrod

Jedná se o minimální vzdálenost mezi střední a boční elektrodou. Když se zmenšuje vzdálenost mezi elektrodami, klesá hodnota průrazového napětí potřebná k vytvoření jiskry. Při malé vzdálenosti mezi elektrodami je délka jiskry krátká a zhoršuje se schopnost zažehnutí směsi, to má za následek zvýšení hlučnosti motoru.

Obvyklá vzdálenost mezi elektrodami je 0,7 – 1,2 mm.

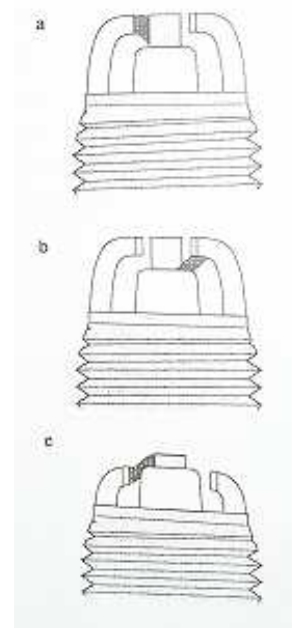


Obr. 3.14 Vzdálenost elektrod [2] a) u střížkové elektrody
b) u boční elektrody

3.3.3) Rozdělení typu dráhy jiskry podle uspořádání elektrod

Dle uspořádání elektrod dělíme tyto dráhy jiskry na :

- **a) vzduchová zapalovací jiskra** – dráha jiskry je od střední elektrody přímo k boční
- **b) klouzavá vzduchová zapalovací jiskra** – dráha je od střední elektrody přes povrch špičky izolátoru a vzduchovou mezeru k boční elektrodě
- **c) klouzací zapalovací jiskra** – dráha je analogická jako u klouzavé vzduchové zapalovací jiskry



Obr. 3.15 Dráhy zapalovací jiskry [2]

3.3.4) Tepelná hodnota

Tepelná hodnota je měřítkem tepelné zatažitelnosti dané svíčky a je přizpůsobena charakteristice motoru. Jednotná svíčka by se mohla v jednom typu motoru přehřívat a v druhém by mohla mít teplotu příliš nízkou, proto se svíčky přizpůsobují tepelnému zatížení. Máme svíčku “teplou“, která má vysokou tepelnou hodnotu, a svíčku “studenou“, která má teplotní hodnotu nízkou.

4) Srovnání vstřikovacích systémů s ostatními typy palivových soustav zážehových motorů

Vstřikovací systémy u zážehových motorů umožňují lépe snižovat emise ve výfukových plynech. Zaručují přesné dávkování paliva a tím snižují spotřebu paliva u motoru se stejným obsahem. Umožňují také udržovat optimální směšovací poměr při různých režimech motoru. Tyto systémy tedy zvyšují hospodárnost provozu při vysokém výkonu. Hlavní výhody vstřikovacích systémů jsou ty, které vyplynou ze srovnání s motory s klasickou tvorbou směsi v karburátoru.

4.1) Rozdělení paliva, směšovací poměr motoru

U vstřikování je lepší rozdělení směsi, palivo je do válce motoru dodáváno vstřikovacím ventilem, každý válec má svůj vstřikovací ventil. Vzduch se přivádí do válce motoru geometricky přesným potrubím. Rozdíly mezi válci jsou tedy minimální.

Vstřikovací systémy mají velmi dobré dodržení optimálního směšovacího poměru motoru při různých podmínkách. Jedná se o dosažení přebytku vzduchu v malém rozmezí kolem hodnoty 1,0. Toto dodržení je mnohem přesnější než u karburátorů, protože regulace motoru se řídí otáčkami motoru nebo otevřením škrtkové klapky.



Obr 4.1 Vstřikovací ventily [9]

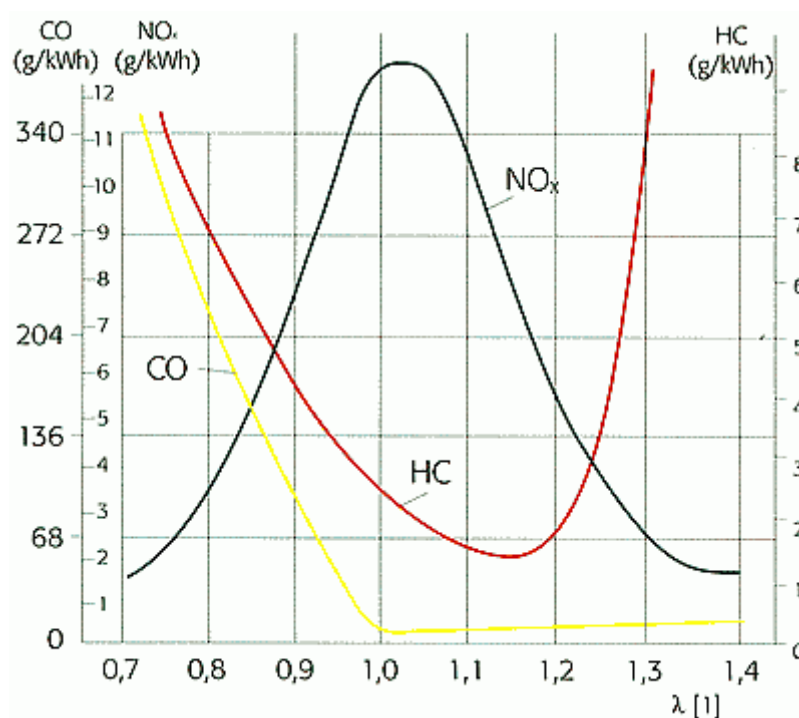
4.2) Akcelerace, decelerace

Decelerace a akcelerace jsou přechodové stavy. U motorů s karburátorem je tento stav akcelerace zajišťován akcelerační pumpičkou. U vstřikovacích systémů velké množství paliva odpadá, protože palivo je do válce dodáváno vstřikovacím ventilem ve správném směšovací poměru, který je udržován pomocí citlivosti řídicí jednotky.

Při brždění motorem dochází k deceleraci. U karburátorových motorů způsobuje decelerace vysoušení sacího potrubí a zvyšuje se sací účinek. U vstřikovacích systémů se takové jevy nevyskytují, protože zde dochází k automatickému přerušení dodávky paliva.

4.3) Spouštění motoru

U vstřikovacích systému je spouštění motoru značně jednodušší, protože zde můžeme nastavit libovolně velkou dávku paliva, které je potřeba ke spuštění motoru. Nedochází zde ke srážení paliva na stěnách sacího potrubí – snížení emisí ve výfukových plynech.



Obr 4.2 Závislost hlavních škodlivin na součiniteli přebytku vzduchu lambda [13]

5) Shrnutí a výhled do budoucna

5.1) Vývojové směry

Ve výzkumu spalovacích motorů se budou do budoucna rozvíjet čtyři základní vývojové směry.

- 1) Objevování nevyčerpaných potenciálů spalovacích motorů.
- 2) Vývoj motorů na alternativní paliva, která budou vyráběna uměle nebo z obnovitelných zdrojů.
- 3) Výzkum a vývoj hybridních pohonů, které mají být ohleduplnější k životnímu prostředí a mají být úspornější.
- 4) Vývoj elektrického pohonu, který by čerpal energii z palivových článků.

5.2) Hybridní koncepce

Velký potenciál pro redukci CO₂ dosahují našimi technikou vyvíjené hybridní koncepce. V porovnání s konvenčními zážehovými motory lze s benzínovým hybridem uspořit skoro 25 procent emisí, s dieselovým hybridem až 40 procent. Úspěch u těchto koncepcí závisí na různých faktorech:

- instalovaný elektrický hnací výkon,
- druh provedení – paralelní nebo s rozložením výkonu
- účinnost spalovacího motoru.

Rozhodující pro úspěch těchto koncepcí je akceptace u kupujících automobilů. Zde nabízí nejvíce hybrid Strong. Elektrický pohon má dostatečný výkon, aby bylo možné na krátké vzdálenosti jezdit pouze elektricky. Tato koncepce přesvědčí také mohutnou podporou spalovacího motoru pro provoz Stop&Go v metropolích.

5.3) Redukce emisí CO₂ alternativně k benzínu a naftě

Ještě lepší hodnoty se dosahují s biologickými palivy. U biologických paliv první generace, u kterých byly zpracovávány pouze rostlinné produkty, se dosahuje již dnes snížení emisí až o 70 procent CO₂. Snížení až o 90 procent emisí CO₂ dosahují biologická paliva druhé generace. U nich se stává celá rostlina biologickým palivem zpracovávaným na etanol nebo syntetickou bionaftu.

5.4) Nový systém vstřikování PDI (Piezo direct injection)

Koncern Siemens uvedl na trh nový systém vstřikování paliva, který využívá spalování směsi řízené paprskem oproti spalování řízenému vzduchem nebo stěnou, které se používá u starších systémů. Tento systém slibuje snížení spotřeby paliva až o 20 %. Mezi hlavní komponenty systému patří piezokrystalické vstřikovače, vysokotlaké čerpadlo. Celý systém řídí nová 32-bitová řídicí jednotka od firmy Siemens. Tato jednotka řídí krom jiného také výšku a rychlost zdvihu jehly vstřikovače a počet vstřiků (3 vstřiky za jeden pracovní cyklus motoru)

5.4.1) Nové vstřikovače (piezokrystalické)

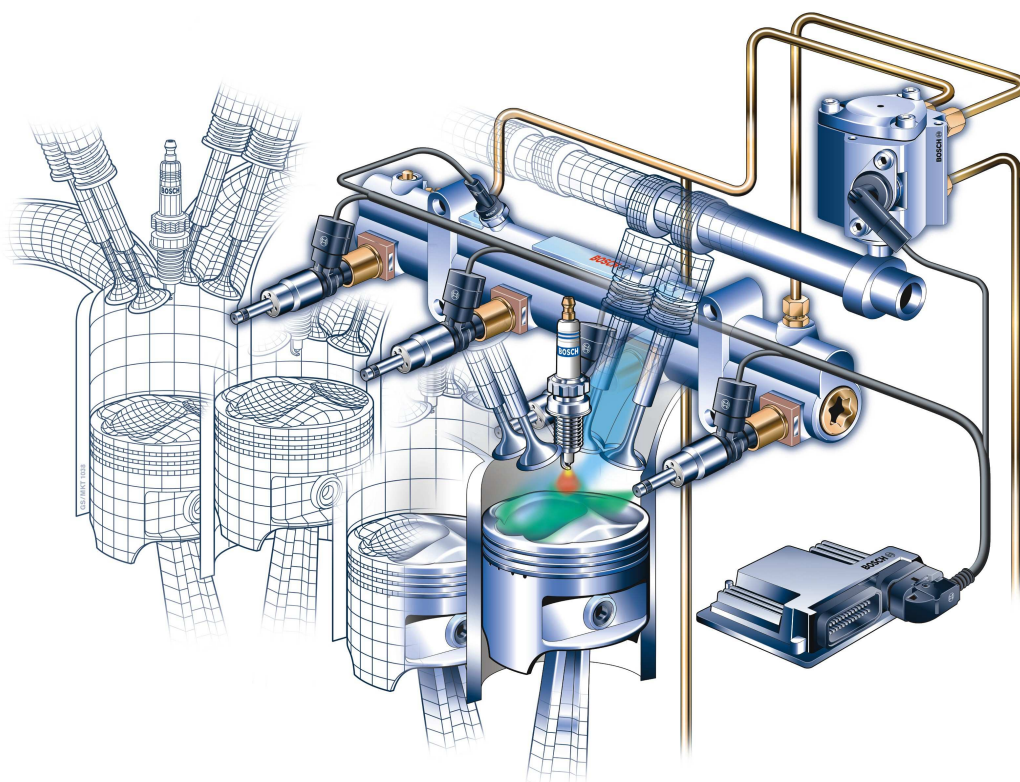
Od starších modelů vstřikovačů jsou nové vstřikovače dimenzovány na použití vyšších tlaků při vstřikování. Liší se také tím, že jsou řízeny piezokrystalicky oproti magnetickému řízení. Tyto vstřikovače rychleji reagují na signály vysílané z řídicí jednotky a mají minimální vstřikovací doby, to způsobuje, že tento vstřikovač může provést více vstřiků za daný časový interval.

5.4.2) Vysokotlaké čerpadlo

Toto čerpadlo se od starších modelů liší použitím jednoho válce na vytvoření požadovaného tlaku místo tří válců, jak tomu bylo u starších čerpadel. Pohon čerpadla je realizován přídatnou vačkou vačkového hřídele. Toto čerpadlo má pouze dvě přípojky a to na přívod paliva a tlakový zásobník. Dalšími výhodami jsou nižší hmotnost, menší příkon a velikost.



Obr 5.1 Vysokotlaké čerpadlo s axiálními písty (Siemens) [6]



Obr 5.2 Schéma spalovací soustavy pro spalování řízené paprskem [5]

6) Závěr

Tématem dnešního vývoje jsou emise CO₂, ochrana klimatu nebo ubývajících zásoby fosilních paliv. Cíl tohoto vývoje je dosáhnout ideálního mobilního prostředku bez poškozování životního prostředí. Podle nynější situace je jasné, že spalovací motor zůstane minimálně na příštích 20 let dominantním pohonem.

Nové zážehové motory dokonce překonávají i nejpřísnější americké mezní hodnoty pro emise podle „Super Ultra Low Emission Vehicles“. Dokonce dosahují i očekávanou úsporu z hlediska spotřeby. Proto vidíme v USA velké šance pro přímé vstřikování u zážehových motorů a s tím i dobré možnosti růstu prodeje. V roce 2006 mělo přímé vstřikování u zážehových motorů na trhu NAFTA podíl méně než jedno procento, pro rok 2015 zde očekáváme více než 10 procent.

Vize pro budoucnost nejvíce favorizují automobilové palivové články jako převodníky energie. S regenerativně vyráběným vodíkem jako palivem a s elektromotory pro elektrický pohon se můžeme dostat nejbližší k vizím automobilového pohonu bez jakýchkoliv škodlivých emisí. Vývoj komplikují technologické překážky při výrobě vodíku, při očekávané životnosti palivových článků nebo při ukládání vodíku. Palivové články zůstanou v příštích 20-ti letech pouze malými zlomky trhu a nedokáží ještě nahradit spalovací motor v jeho řadě variant.

Vedle spalovacích motorů na naftu a benzín vznikají alternativní pohony, které mají velkou šanci prosadit se do popředí malých segmentů trhu.

Přehled obrázků a tabulek

Obrázky:

Obr.1.1	První motor se vstřikováním paliva (Goliath 700GP).....	7
Obr.2.1	Schéma vícebodového vstřikování.....	8
Obr.2.2	Schéma centrálního vstřikování.....	8
Obr.2.3	Schéma přímého vstřikování.....	9
Obr.2.4	Systémy řízení motoru BOSCH.....	11
Obr.2.6	Schéma systému L-JETRONIC.....	12
Obr.2.7	Schéma systému MONO – JETRONIC.....	13
Obr.3.1	Plastová palivová nádrž.....	17
Obr.3.2	Odvětrávací palivová soustava.....	17
Obr.3.3	Elektrické palivové čerpadlo.....	18
Obr.3.4	Zubové čerpadlo.....	19
Obr.3.5	Princip bočního kanálového čerpadla.....	20
Obr.3.6	Regulátor tlaku paliva.....	20
Obr.3.7	Vstřikovací ventil s přívodem paliva zespodu.....	21
Obr.3.8	Změna krystalické mřížky.....	22
Obr.3.9	Cívkové zapalování.....	23
Obr.3.10	Soustava s bezkontaktně řízeným zapalováním.....	24
Obr.3.11	Elektronická zapalovací soustava.....	25
Obr.3.12	Plně elektronické zapalování.....	26
Obr.3.13	Konstrukce zapalovací svíčky.....	27
Obr.3.14	Vzdálenost elektrod.....	28
Obr.3.15	Dráhy zapalovací jiskry.....	28
Obr.4.1	Vstřikovací ventily.....	29
Obr.4.2	Závislost hlavních škodlivin na součiniteli přebytku vzduchu lambda.....	30
Obr.5.1	Vysokotlaké čerpadlo s axiálními písty (Siemens).....	32
Obr.5.2	Schéma spalovací soustavy pro spalování řízené paprskem	33

Tabulky:

Tab.2.5	Systémy vstřikování a zapalování.....	13
---------	---------------------------------------	----

Seznam použité literatury:

- [1] Horejš K., Motejl V., Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů, Brno 2001
- [2] Vlk F., Příslušenství vozidlových motorů, Brno 2002
- [3] Vlk F., Vozidlové spalovací motory, Brno 2003
- [4] Anima Publishers, s.r.o.. Auto.cz: Vícebodové vstřikování (MPI, Multipoint Injection), [citováno 2008-2-10]. Dostupné z: <http://www.auto.cz>.
- [5] Dr. Rolf Leonhard. Bosch: Přednáška k 56. mezinárodnímu tiskovému kolokviu o automobilech, [citováno 2008-5-18]. Dostupné z: <http://www.bosch.cz>
- [6] Anima Publishers, s.r.o.. Auto.cz: PDI – budoucnost zážehového motoru, [citováno 2008-3-7]. Dostupné z: <http://www.auto.cz>
- [7] [Auto-innovations.com](http://www.auto-innovations.com). Injection directe essence, [citováno 2008-3-15]
Dostupné z: <http://www.auto-innovations.com>
- [8] GSX-Roll. GSX-R web: Vstřikování, [citováno 2008-2-19].
Dostupné z: <http://www.gsxr.wz.cz/inject.htm>.
- [9] ASNU. Fedor auto: Vstřikovací systém, [citováno 2008-3-8]
Dostupné z: <http://www.asnu.cz>
- [10] CZ PLAST s.r.o.. Lotofidea: Palivové nádrže, [citováno 2008-3-10].
Dostupné z: <http://www.czplast.cz>
- [11] GNU. Wiki: Palivová čerpadla, [citováno 2008-3-20].
Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org>
- [12] SuzukiCLUB.cz. Suzuki KLUB: Zapalovací svíčky, [citováno 2008-5-12].
Dostupné z: <http://www.suzukiclub.cz>
- [13] Škoda. AutoECO: Emisní předpisy, [citováno 2008-4-8].
Dostupné z: <http://sweb.cz>
- [14] PI (Physik Instrumente) GmbH & Co. KG. Piezo-web: Piezoelectrics in Nanopositioning, Designing with Piezoelectric Actuators, [citováno 2008-4-3].
Dostupné z <http://www.physikinstrumente.com>