



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

## PALIVOVÉ SYSTÉMY S TLAKOVÝM ZÁSOBNÍKEM

FUEL SYSTEMS WITH PRESSURE ACCUMULATOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MARTIN BUCHTA

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. RADIM DUNDÁLEK, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2013/2014

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Martin Buchta

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:

### **Palivové systémy s tlakovým zásobníkem**

v anglickém jazyce:

### **Fuel Systems with Pressure Accumulator**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Osvojení důležitých pojmů zadaného tématu. Zamyšlení nad budoucností řešené problematiky zejména v souvislosti se snižováním emisí škodlivin ve výfukových plynech.

Cíle bakalářské práce:

Vytvoření popisu funkce vysokotlakých vstřikovacích systémů a obrázkové dokumentace ilustrující znalost zadané problematiky. Zdrůraznění řešení používaných na současných pohonných jednotkách.

Seznam odborné literatury:

- [1] STONE , Richard. Introduction to Internal Combustion Engines. 3rd edition. Hampshire : Palgrave, 1999. 641 s. ISBN 0-333-74013-0.
- [2] HAFNER, Karl Ernst a MAASS, Harald. Kräfte, Momente und deren Ausgleich in der Verbrennungskraftmaschinen. Wien, New York: Springer Verlag, 1995. ISBN 978-3-7091-7468-5.
- [3] JINDRA, Jaromír. Palivové soustavy vozidlových vznětových motorů. 1. vyd. Praha: SNTL, 1984, 192 s.

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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 18.11.2013

L.S.

---

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan fakulty



## ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na vstřikovací systém s vysokotlakým zásobníkem Common Rail pro vznětové motory. Je zde popsán princip funkce, historie systému a jednotlivé funkční součásti. Práce se zabývá aktuálně používanými systémy předních výrobců, aplikací těchto systému v motorech osobních automobilů a jejich vlivem na emise škodlivin ve výfukových plynech. Ze závěru této práce vyplývá, že systém Common Rail je v současnosti tím nejlepším, co lze ve vznětových motorech osobních automobilů použít.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Common Rail, vznětový motor, přímé vstřikování, emise škodlivin

## ABSTRACT

This bachelor's thesis is focused on the Common Rail injection system for diesel engines. There is described each component, function principle and history of the system. It deals with currently used systems, theirs application in passenger cars engines and theirs effect on emissions in exhaust gases. It is concluded that the Common Rail injection system is currently the best, which we can use in passenger's cars diesel engines.

## KEYWORDS

Common Rail, diesel engine, direct injection, emissions



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

BUCHTA, M. Palivové systémy s tlakovým zásobníkem. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 39 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Radim Dundálek, Ph.D.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Radima Dundálka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 27. května 2014

.....

Martin Buchta



## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji mému vedoucímu práce, panu Ing. Radimu Dundálkovi, Ph.D. za odborné rady a připomínky, které jsem použil při vypracování této bakalářské práce. Dále děkuji své rodině za podporu při studiu na vysoké škole.



## OBSAH

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Úvod .....                                                   | 10 |
| 1 Vznětový motor a způsoby vstřikování .....                 | 11 |
| 1.1 Způsoby vstřikování .....                                | 11 |
| 1.1.1 Nepřímé vstřikování .....                              | 11 |
| 1.1.2 Přímé vstřikování.....                                 | 12 |
| 2 Princip a historie systému Common Rail .....               | 13 |
| 2.1 Princip systému Common Rail .....                        | 13 |
| 2.2 Historie.....                                            | 13 |
| 2.2.1 První generace Common Rail.....                        | 14 |
| 2.2.2 Druhá generace Common Rail .....                       | 14 |
| 2.2.3 Třetí generace Common Rail.....                        | 14 |
| 2.2.4 Čtvrtá generace Common Rail .....                      | 14 |
| 3 Popis a funkce jednotlivých částí systému Common Rail..... | 15 |
| 3.1 Nízkotlaká část.....                                     | 15 |
| 3.1.1 Dopravní palivové čerpadlo .....                       | 15 |
| 3.1.2 Zpětné palivové potrubí.....                           | 16 |
| 3.1.3 Palivová nádrž .....                                   | 16 |
| 3.1.4 Palivový filtr .....                                   | 16 |
| 3.2 Vysokotlaká část .....                                   | 16 |
| 3.2.1 Vysokotlaké čerpadlo .....                             | 17 |
| 3.2.2 Vysokotlaký zásobník (Rail) .....                      | 18 |
| 3.2.3 Vstřikovače.....                                       | 18 |
| 3.2.4 Vstřikovací otvorová tryska.....                       | 21 |
| 3.2.5 Vysokotlaké palivové vedení.....                       | 22 |
| 3.2.6 Regulace tlaku paliva.....                             | 22 |
| 3.3 Elektronická regulace vznětových motorů.....             | 23 |
| 3.3.1 Snímače a čidla.....                                   | 23 |
| 3.3.2 Řídicí jednotka.....                                   | 24 |
| 3.3.3 Akční členy.....                                       | 24 |
| 4 Porovnání nejnovějších systémů jednotlivých výrobců .....  | 26 |
| 4.1 Vstřikovací čerpadlo .....                               | 26 |
| 4.1.1 Bosch CP4 .....                                        | 26 |
| 4.1.2 Delphi UPCR.....                                       | 26 |
| 4.1.3 Denso HP3.....                                         | 27 |
| 4.1.4 Continental DHP1.1 .....                               | 28 |



|       |                                                             |    |
|-------|-------------------------------------------------------------|----|
| 4.2   | Vstřikovače .....                                           | 28 |
| 4.2.1 | Bosch .....                                                 | 28 |
| 4.2.2 | Delphi .....                                                | 28 |
| 4.2.3 | Continental .....                                           | 29 |
| 5     | Použití systému Common Rail v osobních vozidlech .....      | 30 |
| 5.1   | Bosch .....                                                 | 30 |
| 5.2   | Continental .....                                           | 30 |
| 5.3   | Delphi .....                                                | 30 |
| 5.4   | Denso .....                                                 | 30 |
| 6     | Diagnostika a servis .....                                  | 31 |
| 6.1   | Palubní diagnostika .....                                   | 31 |
| 6.2   | Diagnostika v servisu .....                                 | 31 |
| 6.2.1 | Načtení paměti závad .....                                  | 31 |
| 6.2.2 | Diagnostika akčních členů .....                             | 31 |
| 6.3   | Mechanické závady .....                                     | 31 |
| 6.3.1 | Závady vysokotlakého čerpadla .....                         | 31 |
| 6.3.2 | Závady vstřikovačů .....                                    | 31 |
| 7     | Emise škodlivin ve výfukových plynech .....                 | 33 |
| 7.1   | Výfukové plyny .....                                        | 33 |
| 7.1.1 | Škodliviny .....                                            | 33 |
| 7.2   | Emisní normy EURO .....                                     | 33 |
| 7.3   | Metody snižování emisí .....                                | 34 |
| 7.3.1 | Opatření uvnitř motoru .....                                | 34 |
| 7.3.2 | Opatření vně motoru .....                                   | 34 |
| 7.4   | Vliv parametrů systému Common Rail na emise škodlivin ..... | 34 |
| 7.5   | Vstřikovací tlak .....                                      | 34 |
| 7.6   | Počátek a průběh vstřiku .....                              | 34 |
| 7.7   | Geometrie vstřikovací trysky .....                          | 35 |
| 7.7.1 | Vliv geometrie otvoru .....                                 | 35 |
| 7.7.2 | Vliv geometrie sedla .....                                  | 35 |
| 7.7.3 | Vliv geometrie slepého vývrtu .....                         | 35 |
|       | Závěr .....                                                 | 37 |



## ÚVOD

Vývoj spalovacích motorů je provázen snahou o co nejefektivnější přeměnu chemické energie obsažené v palivu na energii mechanickou. S touto přeměnou je ale spojena produkce nežádoucích škodlivin ve výfukových plynech. To společně s růstem počtu automobilů způsobuje nárůst množství těchto škodlivin v atmosféře. Z toho důvodu byly stanoveny emisní limity, které nutí výrobce vyvíjet motory s nižšími emisemi škodlivin.

V současné době roste obliba vznětových motorů pro svou úspornost a příznivý průběh točivého momentu. Vznětový motor je motor s vnitřní přípravou směsi - palivo je do válce vstříknuto v kapalně formě a jeho smísením se stlačeným vzduchem dojde k přípravě směsi, která se díky vysoké teplotě stlačeného vzduchu samovolně vznítí. S rostoucím trendem snižování zdvihového objemu motorů dochází ke zvyšování pracovních otáček motoru. Důsledkem toho zůstává na přípravu směsi méně času, než tomu bylo u motorů s větším zdvihovým objemem a nižšími pracovními otáčkami. To společně s požadavky na nízkou spotřebu, tichý chod motoru a nízké emise škodlivin klade vysoké nároky na přípravu směsi.

Snížení emisí škodlivin je možné docílit zlepšením přípravy směsi, nebo přídavnými zařízeními jako je recirkulace spalín, filtr pevných částic nebo selektivní katalytická redukce. Požadavky na tichý chod a nízkou spotřebu ale dokáže vyřešit pouze kvalitnější příprava směsi. Té je možné dosáhnout zvýšením vstřikovacích tlaků a přesným dávkováním paliva. Tato kritéria v současnosti nejlépe splňuje systém Common Rail. Výhodou tohoto systému je právě vysoký vstřikovací tlak a variabilita počátku a doby vstřiku.

# 1 VZNĚTOVÝ MOTOR A ZPŮSOBY VSTŘIKOVÁNÍ

Vznětový motor byl vynalezen Rudolfem Dieselem. Diesel si tento motor nechal patentovat roku 1892. První funkční prototyp spalující uhlenný mouč Diesel vyzkoušel v roce 1893, v pozdější fázi tento spaloval petrolej. Motor schopný spalovat naftu byl postaven roku 1897, účinnost tohoto motoru byla 26% [13].

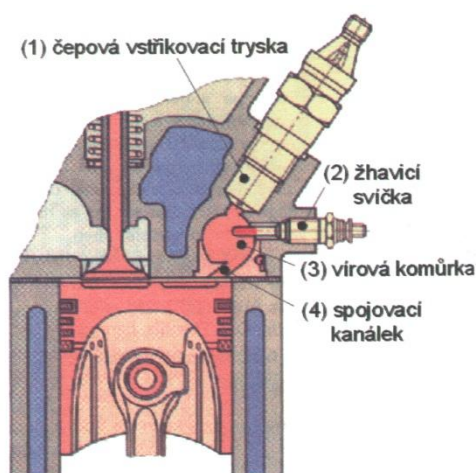
Vznětový motor se skládá ze 4 hlavních konstrukčních skupin - skříně motoru, klikového mechanismu, rozvodového mechanismu a palivové soustavy se vstřikováním. Dále jsou zde různá pomocná zařízení (mazací soustava, chladicí soustava, přeplňování apod.). Vznětový motor nasává pouze čistý vzduch, který je stlačován (kompresní poměr 15:1 až 23:1). Palivo je vstřikováno do stlačeného vzduchu, který je stlačením ohřátý na takovou teplotu, že po vstřiku paliva dojde k jeho samovznícení. Palivo je do válce vstřikováno jako kapalné a zápalná směs je vytvořena přímo ve válci, jde tedy o motor s vnitřní přípravou směsi. Motor pracuje vždy s přebytkem vzduchu, tj. chudou směsí [1][3].

## 1.1 ZPŮSOBY VSTŘIKOVÁNÍ

Způsoby vstřikování můžeme rozdělit na dva základní typy - nepřímé vstřikování do komůrky vytvořené v hlavě válce nebo přímé vstřikování do neděleného spalovacího prostoru v pístu [1].

### 1.1.1 NEPŘÍMÉ VSTŘIKOVÁNÍ

Palivo je vstřikováno do komůrky vytvořené v hlavě válce. Z komůrky vede do hlavního spalovacího prostoru jeden nebo více kanálků poměrně malého průřezu. Při kompresním zdvihu proudí do komůrky vzduch stlačovaný ve válci. Vzduch se zde rozvíří a je do něj čepovou tryskou vstříknuto palivo. Malá část paliva se přímo smísí se vzduchem a vznítí se. Zbytek paliva dopadá na stěny komůrky, ze kterých se odpařuje díky teplu ze vznícené části paliva. Hořením směsi narůstá v komůrce tlak, který unáší směs i nespálené palivo kanálky do hlavního spalovacího prostoru. Směs zde hoří za přebytku vzduchu. Komůrkové motory se vyznačují měkčím a tišším chodem [1][3].

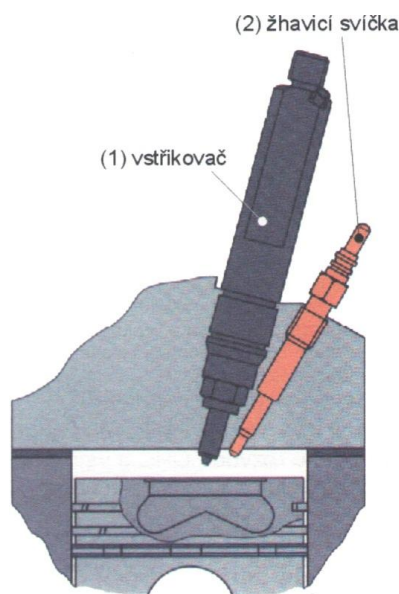


Obr. 1 Vřivá komůrka [3]



### 1.1.2 PŘÍMÉ VSTŘIKOVÁNÍ

Motory s přímým vstřikováním se vyznačují tím, že prostor, do kterého je vstřikováno palivo, je vytvořen ve dně pístu a tvoří podstatnou část spalovacího prostoru. Tento prostor může mít různý tvar, např. miskový, kulovitý nebo toroidní. Palivo je do spalovacího prostoru vstřikováno víceotvorovou tryskou [1][3].



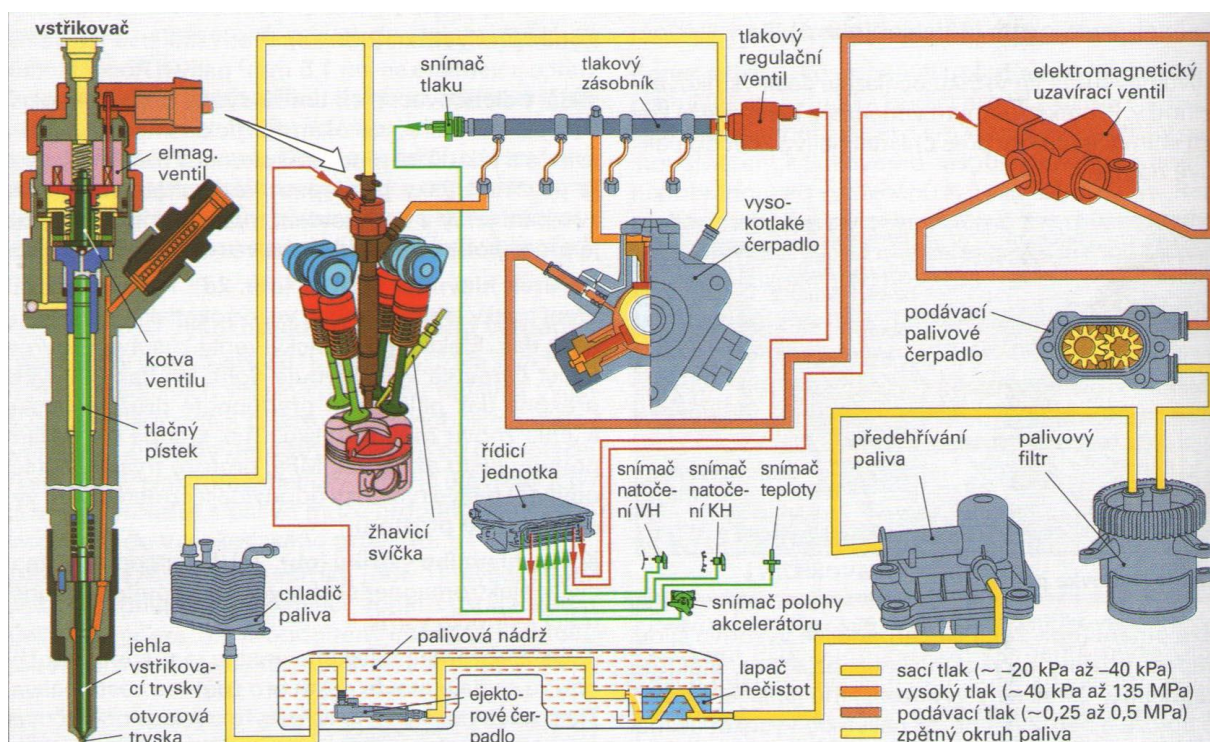
Obr. 2 Přímé vstřikování [3]



## 2 PRINCIP A HISTORIE SYSTÉMU COMMON RAIL

### 2.1 PRINCIP SYSTÉMU COMMON RAIL

U systému vstřikování s tlakovým zásobníkem Common Rail je odděleno vytváření tlaku a vstřikování. Vstřikovací tlak je vytvářen ve vysokotlakém čerpadle a palivo je připraveno ve vysokotlakém zásobníku, odkud je vedeno k jednotlivým vstřikovačům vysokotlakým potrubím. Množství vstříknutého paliva a počátek vstřiku je řízeno elektromagnetickým ventilem nebo piezoelektricky. Systém dokáže provést až sedm vstřiků za jeden pracovní cyklus. Vstřikovací tlak dosahuje hodnot až 250 MPa u poslední generace [1][4].



Obr. 3 Soustava Common Rail [1]

### 2.2 HISTORIE

Prototyp systému Common Rail vyvinul v roce 1955 Robert Huber na Spolkové vysoké technické škole v Curychu. Tento systém byl dále vyvíjen Maxem Berchtoldem. Systém byl původně vyvíjen pro nákladní motory a motory lokomotiv. V roce 1987 vyvinula firma Denso systém Common Rail vhodný pro nákladní vozidla. V roce 1994 koupila všechny patenty na systém Common Rail firma Bosch. Systém Common Rail firmy Bosch byl poprvé použit v osobním automobilu v roce 1997 v automobilech Mercedes-Benz C 220 TDI a Alfa Romeo 156 JTD. Od té doby systém prošel mnoha modernizacemi [20][25].



### 2.2.1 PRVNÍ GENERACE COMMON RAIL

První generace byla na trh uvedena v roce 1997. Dosahuje vstřikovacího tlaku (135 až 145) MPa u systému pro osobní vozidla a 140 MPa u systému pro nákladní vozidla. Vstřikovače jsou ovládány elektromagneticky. Regulace tlaku paliva u osobních automobilů je na straně vysokého tlaku s regulačním ventilem. Regulace tlaku paliva u nákladních automobilů je na straně sání s dvěma elektromagnetickými ventily [5].

### 2.2.2 DRUHÁ GENERACE COMMON RAIL

U druhé generace je dosaženo vstřikovacího tlaku 160 MPa. Vstřikovače jsou ovládány elektromagneticky. Regulace tlaku paliva ve vysokotlakém zásobníku je na straně sání s dávkovací jednotkou [5].

### 2.2.3 TŘETÍ GENERACE COMMON RAIL

U třetí generace zůstává u osobních automobilů zachován tlak 160 MPa, dochází ale k výměně vstřikovačů za piezoelektrické vstřikovače, tyto vstřikovače jsou přibližně čtyřikrát rychlejší než starší elektromagnetické vstřikovače a dovolují rozfázování vstřiku až na sedm vstříknutí. U systému pro nákladní automobily bylo dosaženo vstřikovacího tlaku 180 MPa při použití elektromagnetických vstřikovačů. Regulace tlaku u osobních automobilů je na straně sání dávkovací jednotkou, u nákladních automobilů škrticím ventilem. Poslední verze 3. generace dosahuje vstřikovacích tlaků až 200 MPa [1][5][24].

### 2.2.4 ČTVRTÁ GENERACE COMMON RAIL

Čtvrtá generace využívá systém hydraulického násobiče tlaku ve vstřikovači. Ve vysokotlakém zásobníku je tlak 135 MPa a ke zvýšení tlaku až na 250 MPa dochází přímo ve vstřikovači. Navíc je palivo vstřikováno do válce se zvyšujícím se tlakem, takže dochází k lepší přípravě směsi [2][24].



### 3 POPIS A FUNKCE JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ SYSTÉMU COMMON RAIL

Systém Common Rail můžeme rozdělit do tří základních skupin:

- nízkotlaká část
- vysokotlaká část
- elektronická regulace vznětových motorů [5]

#### 3.1 NÍZKOTLAKÁ ČÁST

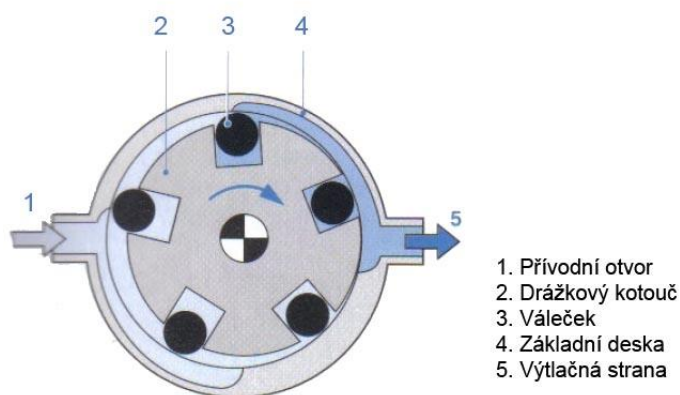
Do nízkotlaké části řadíme dopravní palivové čerpadlo, palivovou nádrž, jemný čistič paliva, nízkotlaké palivové potrubí, nízkotlaký okruh vysokotlakého čerpadla, zpětné palivové potrubí a palivovou nádrž [4].

##### 3.1.1 DOPRAVNÍ PALIVOVÉ ČERPADLO

Dopravní palivové čerpadlo zásobuje vysokotlaké čerpadlo palivem z palivové nádrže. U systému Common Rail se používají elektrická válečková čerpadla, nebo zubová čerpadla [4].

##### ELEKTRICKÉ VÁLEČKOVÉ ČERPADLO

Toto čerpadlo se používá u osobních a lehkých užitkových vozidel. Je umístěno buď přímo v palivové nádrži, nebo vestavěné do palivového potrubí. Čerpadlo je spuštěno při otočení klíčku ve spínací skříňce, dodává tedy palivo nezávisle na chodu motoru. Válečkové lamelové čerpadlo se skládá z excentricky umístěné základní desky, v níž se otáčí drážkovaný kotouč. V každé drážce se nachází volně vedený váleček. Váleček je odstředivou silou přitlačován k vnější oběžné dráze. Tím mezi jednotlivými válečky vznikají oddělené komory. Čerpací účinek vzniká v důsledku změny objemu komor při otáčení hřídele. Palivo je čerpáno pod tlakem 6 bar přes jemný čistič paliva k vysokotlakému čerpadlu. Dopravní výkon čerpadla je 190 l/h [5].

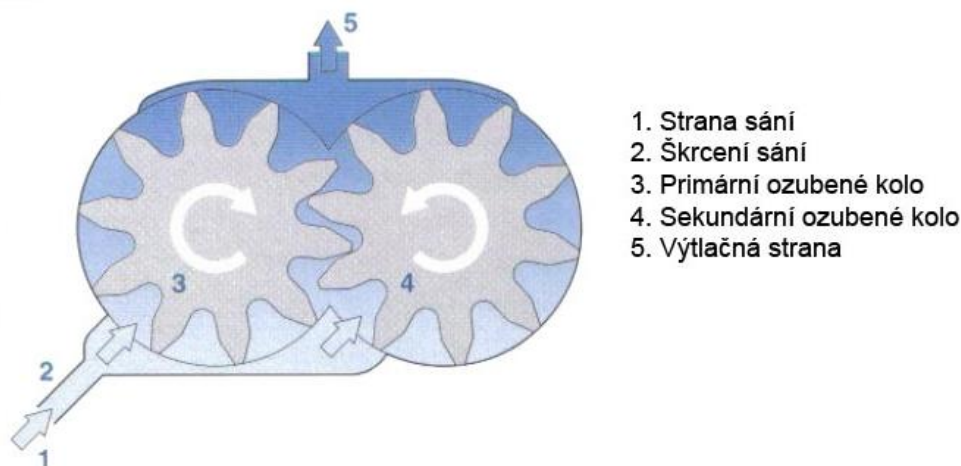


Obr. 4 Válečkové lamelové čerpadlo [5]



### ZUBOVÉ PALIVOVÉ ČERPADLO

Zubové palivové čerpadlo může být uchyceno přímo na vysokotlakém čerpadle a poháněno od jeho hřídele, nebo může být umístěno na motoru a poháněno zvlášť. Čerpadlo je tedy závislé na otáčkách motoru a dodává palivo až v okamžiku startování motoru. Dopravní výkon čerpadla dosahuje až 400l/h při tlaku až 7 bar. Čerpadlo se skládá ze dvou ozubených kol, která dopravují palivo v zubových mezerách od sací k výtlačné straně. Styková plocha ozubených kol tvoří těsnění mezi sací a výtlačnou stranou. Množství čerpaného paliva je redukováno škrcením průtoku na straně sání, nebo obtokem na výtlačné straně [4][5][24].



Obr. 5 Zubové palivové čerpadlo[5]

#### 3.1.2 ZPĚTNÉ PALIVOVÉ POTRUBÍ

Úkolem zpětného palivového potrubí je chlazení a mazání vysokotlakého čerpadla a vrácení prosáklého paliva od vstřikovačů zpět do palivové nádrže [6].

#### 3.1.3 PALIVOVÁ NÁDRŽ

Palivová nádrž slouží jako zásobník paliva pro palivové čerpadlo a ústí do ní zpětné vedení paliva [6].

#### 3.1.4 PALIVOVÝ FILTR

Úkolem palivového filtru je zachycení pevných částic unášenými palivem a odlučování vody. Palivový filtr je zpravidla umístěn v prostoru motoru mezi dopravním palivovým čerpadlem a vysokotlakým čerpadlem[5].

### 3.2 VYSOKOTLAKÁ ČÁST

Vysokotlaká část obsahuje vysokotlaké čerpadlo, vysokotlaký zásobník, vstřikovače a vysokotlaká palivová vedení [5].

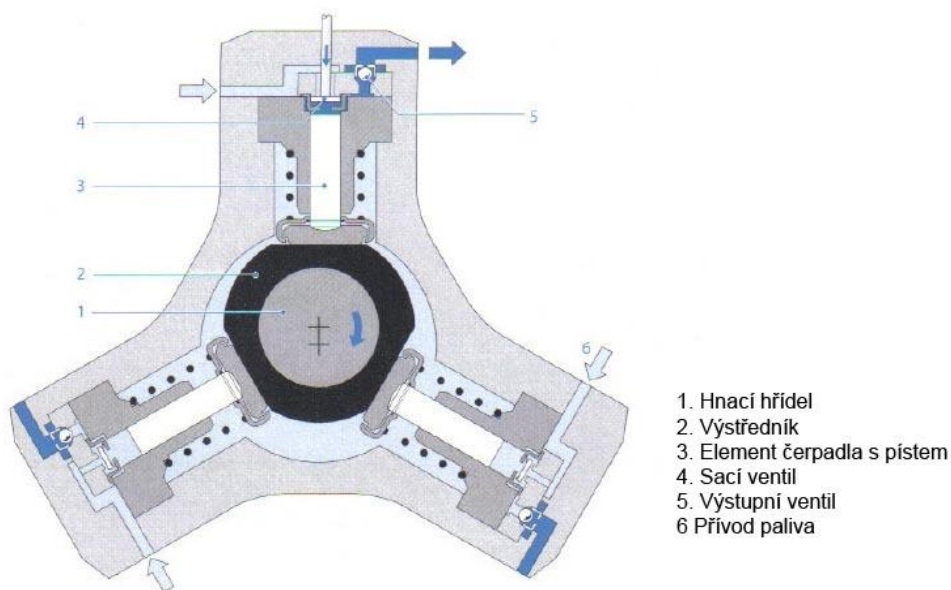


### 3.2.1 VYSOKOTLAKÉ ČERPADLO

Vysokotlaké čerpadlo tvoří rozhraní mezi nízkotlakou a vysokotlakou částí. Jeho úkolem je dodávat palivo pod vysokým tlakem do vysokotlakého zásobníku. Čerpadlo může být mazáno olejem nebo palivem. Vysokotlaké čerpadlo je přednostně montováno na stejném místě jako rotační vstřikovací čerpadla a je poháněno od motoru přes ozubené soukolí, ozubený řemen nebo řetězem [5][6].

#### RADIÁLNÍ ČERPADLO S CENTRÁLNÍ VAČKOU

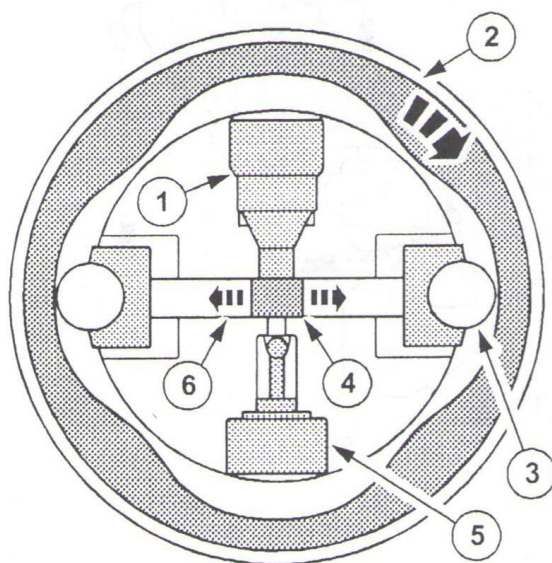
Většinou jde o třípístové čerpadlo s písty uspořádanými radiálně po 120°. Pohyb pístů je vyvolán výstředníkem na hnací hřídeli. Regulace tlaku paliva ve Railu může být na sací nebo na výstupní straně, případně dvojí. Maximální tlak je až 180 MPa u čerpadla Bosch CP3 [5].



Obr. 6 Radiální čerpadlo s centrální vačkou [5]

#### RADIÁLNÍ ČERPADLO S PRSTENCOVOU VAČKOU

Jde o dvoupístové čerpadlo s radiálně uspořádanými písty. Pohyb pístů je vyvolán prstencovou vačkou. Regulace tlaku je na straně sání. Maximální tlak je 160 MPa u čerpadla Delphi DFP 1 [6][15].



- 1 - sací ventil
- 2 - vačkový prstenec,
- 3 - kladka a opěrka,
- 4 - vysokotlaký prostor,
- 5 - výpustný ventil,
- 6 - píst čerpadla

Obr. 7 Radiální čerpadlo s prstencovou vačkou [6]

### ŘADOVÉ ČERPADLO

Řadové dvoupístové čerpadlo je používáno pouze u nákladních vozidel. Písty jsou poháněny vačkovým hřídelem. Čerpadlo je mazáno olejem. Regulace tlaku paliva je na straně sání. Maximální tlak je 160 MPa u čerpadla Bosch CP2.2 [5].

### 3.2.2 VYSOKOTLAKÝ ZÁSOBNÍK (RAIL)

Úkolem vysokotlakého zásobníku je uchovávat palivo pod vysokým tlakem připravené ke vstříknutí do válců. Dalším úkolem vysokotlakého zásobníku je tlumení tlakového kmitání paliva. Při vysokém tlaku se palivo stává stlačitelným, toho se využívá k zachování zásobníkového efektu. Spotřebované palivo je neustále doplňováno vysokotlakým čerpadlem, takže tlak v Railu je téměř konstantní. Vysokotlaký zásobník může být v provedení jako silnostěnná podélná trubka, nebo může mít sférický tvar [1][5][6].

### 3.2.3 VSTŘIKOVAČE

Účelem vstřikovače je vstříknout přesně určené množství paliva do spalovacího prostoru. Vstřikovač řídí počátek vstřikování a množství vstřikovaného paliva. Dle způsobu otevírání vstřikovací trysky dělíme vstřikovače na elektromagneticky ovládané (solenoidové) vstřikovače a na piezoelektrické vstřikovače [4].

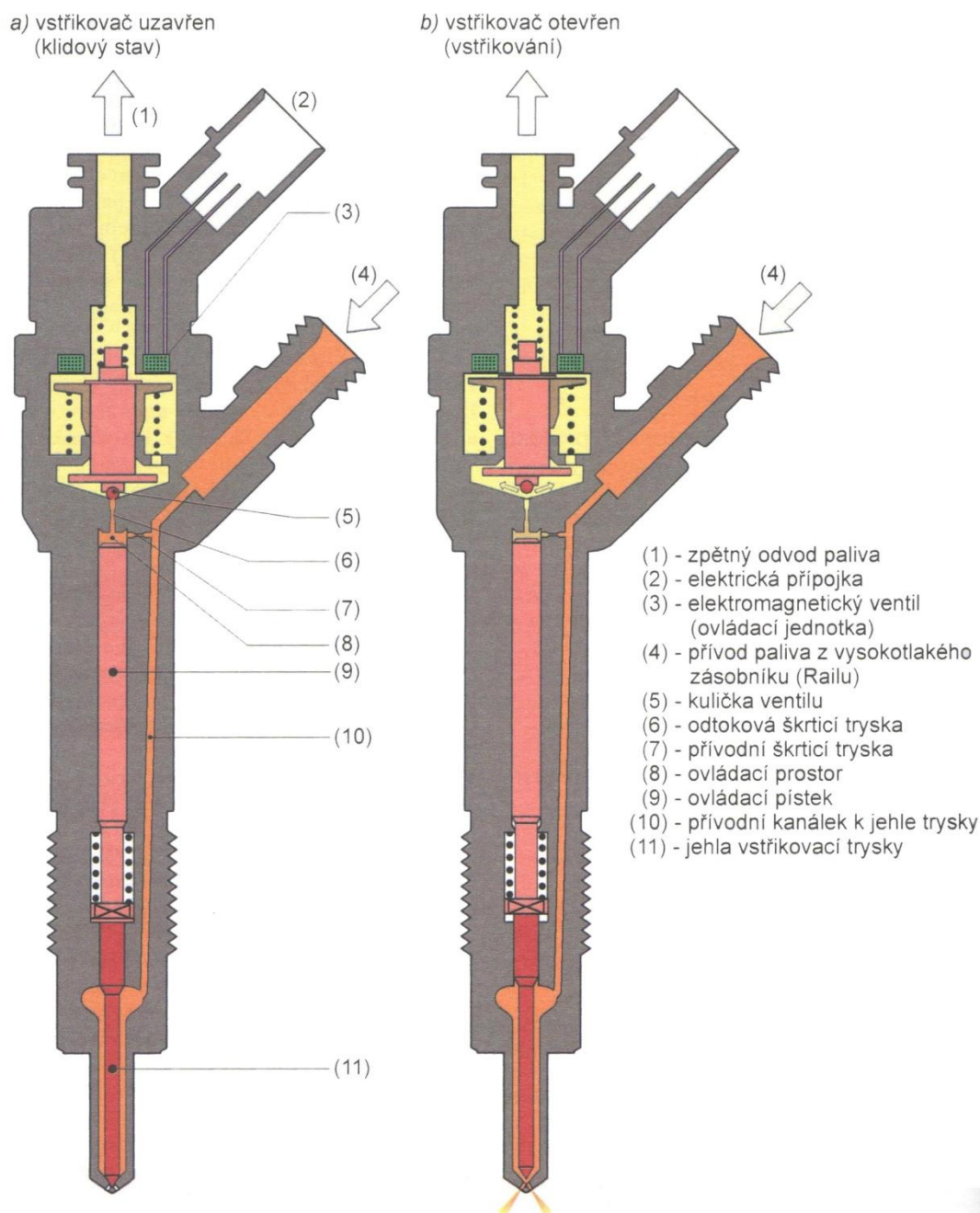
### ELEKTROMAGNETICKY OVLÁDANÝ (SOLENOIDOVÝ) VSTŘIKOVAČ

Vstřikovač se dělí na tři základní funkční bloky:

- vstřikovací tryska
- hydraulický ovládací systém
- elektromagnetický ventil



Vstřikovač je uzavřený, pokud je nad i pod ovládacím pístem stejný tlak paliva. To společně s pružinou pístku nedovolí otevření vstřikovací trysky. Otevřením elektromagnetického ventilu dojde k úniku paliva z ovládací části do zpětného vedení paliva. Tím dojde k poklesu tlaku nad ovládacím pístkem a tlaková síla paliva pod pístem překoná přítlačnou sílu pružiny a dojde k otevření trysky. Při uzavření elektromagnetického ventilu naroste opět v ovládacím prostoru tlak paliva a ten společně s přítlačnou pružinou způsobí uzavření trysky [4].



Obr. 8 Elektromagnetický vstřikovač [4]

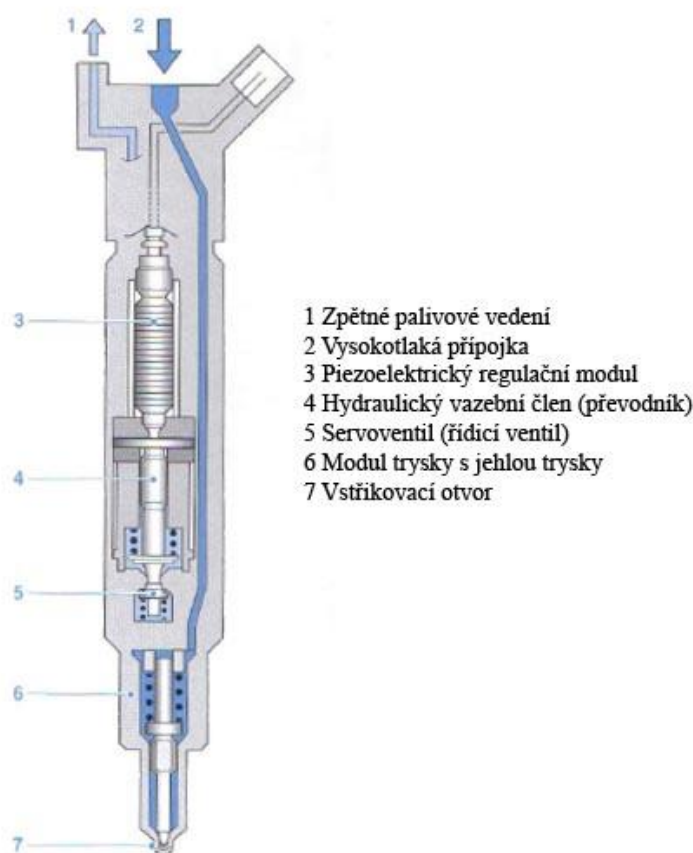


### VSTŘIKOVAČ OVLÁDANÝ PIEZOELEKTRICKY

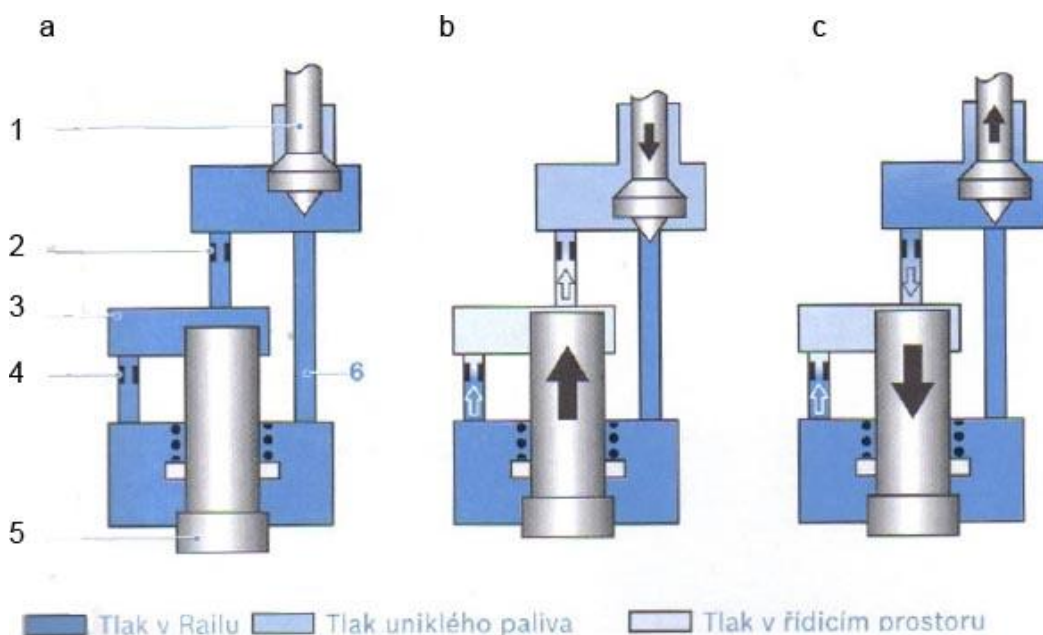
Vstřikovač se dělí do čtyř konstrukčních skupin:

- modul akčního členu
- hydraulický vazební člen nebo převodník
- řídicí ventil (servoventil)
- modul trysky

Ve vstřikovači se nachází piezoelektrický prvek. Pokud není na tomto akčním členu napětí, uzavírá servoventil zpětné palivové vedení a nechává otevřený obtok. Při přivedení napětí na piezoelektrický prvek dojde k prodloužení krystalu o 0,04mm. Tento pohyb je převeden přes hydraulický vazební člen na pohyb servoventilu. Tím dojde k otevření zpětného palivového vedení a uzavření obtoku. To způsobí pokles tlaku v řídicím prostoru vstřikovače a otevření vstřikovací trysky. Vybitím akčního členu dojde k uzavření zpětného vedení a otevření obtoku. Vzrůstem tlaku v ovládacím prostoru dojde k opětovnému uzavření vstřikovací trysky. Systém s piezoelektrickým prvkem dovoluje odměřovat množství paliva o objemu kolem  $1\text{mm}^3$  a dovoluje vstřikování paliva až v deseti samostatných dávkách. Rychlost otvírání trysky je asi čtyřikrát rychlejší než u běžného elektromagnetického vstřikovače. V roce 2009 představila firma Delphi bezpřepadový vstřikovač, u kterého je prodloužení piezoelektrického prvku převedeno přímo na pohyb vstřikovací jehly bez použití servoventilu[4][5][27].



Obr. 9 Piezoelektrický vstřikovač [5]



Obr. 10 Ovládací servoventil piezoelektrického vstřikovače [5]

### 3.2.4 VSTŘIKOVACÍ OTVOROVÁ TRYSKA

Otvorová tryska je součástí vstřikovače. Otvírací tlak těchto trysek je 15 MPa až 35 MPa. Její konstrukce se podílí na:

- přípravě paliva (tvar paprsku, počet paprsků)
- rozdělení paliva ve spalovacím prostoru
- utěsnění spalovacího prostoru
- době vstřiku

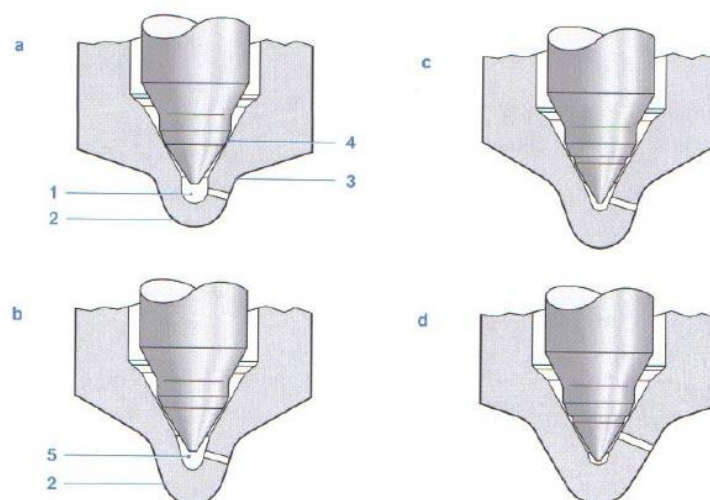
Otvorové trysky se dělí na trysky se slepým vývrtem a trysky s otvory do sedla. Rozdílným parametrem těchto dvou druhů trysek je tzv. škodný objem. To je objem paliva, které zůstává pod sedlem jehly trysky. Toto palivo se po spalování vypařuje a podporuje tvorbu nežádoucích uhlovodíkových emisí [5].

#### TRYSKY SE SLEPÝM VÝVRTEM

Vstřikovací otvory jsou uspořádány po obvodě slepého otvoru. Tyto otvory jsou mechanicky vrtány nebo elektroerozivně hloubeny. Slepý vývrt může být válcový nebo kuželový [5].

#### TRYSKY S OTVOREM DO SEDLA

Vstřikovací otvory jsou v uspořádány po obvodu v místě sedla tělesa trysky. Při uzavřené trysce jehla zakrývá celý vstřikovací otvor, takže není žádné přímé spojení mezi slepým vývrtem a spalovacím prostorem. Zbytkový objem je díky tomu menší než u trysek se slepým vývrtem. Nevýhodou tohoto typu trysky je výrazně nižší hranice zatížení. Otvory v trysce jsou hloubeny elektroerozivně [5].



- a. válcový slepý vývrt
- b. kuželový slepý vývrt
- c. slepý mikrovývrt
- d. tryska s otvorem do sedla

Obr. 11 Hroty trysek [5]

### 3.2.5 VYSOKOTLAKÉ PALIVOVÉ VEDENÍ

Vysokotlaké palivové vedení spojuje vysokotlaké čerpadlo s vysokotlakým zásobníkem a vysokotlaký zásobník se vstřikovači. Vysokotlaké vedení se skládá z vysokotlakých přípojek (těsnící kužel s přesuvnou maticí, tlakové hrdlo, nosník) a z vysokotlakého palivového potrubí. Palivové potrubí je z kvalitních bezešvých trubek vyráběných z uklidněných ocelí. Vysokotlaká vedení mezi vysokotlakým zásobníkem a vstřikovači musí být stejně dlouhá. Při návrhu palivového vedení je kladen důraz na to, aby vysokotlaké vedení bylo co nejkratší, což pozitivně ovlivňuje vlastnosti vstřikování [5].

### 3.2.6 REGULACE TLAKU PALIVA

#### REGULACE NA STRANĚ VYSOKÉHO TLAKU

Vysokotlaké čerpadlo dodává maximální množství paliva nezávisle na jeho potřebě. Přebytečné palivo odtéká přes regulační ventil do nízkotlakého okruhu. Umožňuje rychlé přizpůsobení tlaku ve vysokotlakém zásobníku [5].

#### REGULACE NA SACÍ STRANĚ

Do vysokotlakého čerpadla je dávkováno jen potřebné množství paliva pro udržení požadovaného tlaku ve vysokotlakém zásobníku. Tím je sníženo množství stlačovaného paliva a vysokotlaké čerpadlo odebírá nižší výkon. Dále nedochází k vedení ohřátého paliva z vysokotlakého zásobníku zpět do palivové nádrže [5].



## **DVOJITÁ REGULACE**

Dvojitý regulační systém obsahuje dávkovací jednotku na sací straně a regulaci na straně vysokého tlaku. Tím dosahuje rychlejší regulace oproti samotné regulaci na sací straně a nižšího odebíraného výkonu čerpadla oproti samotné regulaci na straně vysokého tlaku [5].

## **3.3 ELEKTRONICKÁ REGULACE VZNĚTOVÝCH MOTORŮ**

Elektronické regulace vznětových motorů sestává ze snímačů, řídicí jednotky a akčních členů [4].

### **3.3.1 SNÍMAČE A ČIDLA**

Snímače a čidla snímají provozní podmínky. Převádějí fyzikální veličiny na elektrické signály a předávají je řídicí jednotce [5].

#### **SNÍMAČ OTÁČEK A POLOHY KLIKOVÉHO HŘÍDELE**

Je řešen jako indukční nebo Hallův snímač. Poskytuje informace o poloze pístů. Slouží k určení vstřikované dávky paliva a počátku vstřiku. Při chybějícím signálu motor zhasne a nelze jej nastartovat [4][6].

#### **SNÍMAČ OTÁČEK A POLOHY VAČKOVÉHO HŘÍDELE**

Obvykle se používá Hallův snímač. Poskytuje informace, zda se píst pohybující se do horní úvrati nachází v kompresním nebo výfukovém zdvihu. Během chodu motoru řídicí jednotka dokáže určit fázi cyklu, ve které se píst nachází, z polohy klikového hřídele. Takže při výpadku signálu ze snímače polohy vačkového hřídele za chodu motoru nedojde k jeho zhasnutí [4].

#### **SNÍMAČ TEPLoty PALIVA**

Je umístěn v nízkotlaké části vysokotlakého čerpadla. Signál ze snímače teploty paliva slouží k výpočtu vstřikované dávky. Při výpadku signálu pracuje řídicí jednotka s náhradní hodnotou, to může způsobit zhoršení studených startů [6].

#### **MĚŘIČ MNOŽSTVÍ NASÁVANÉHO VZDUCHU**

Měří hmotnost vzduchu nasávaného do válců. Hodnota z měřiče množství nasávaného vzduchu slouží k přesnému stanovení směšovacího poměru paliva a vzduchu [4].

#### **SNÍMAČ POLOHY PLYNOVÉHO PEDÁLU**

Snímá natočení plynového pedálu. Na jeho základě je prováděn výpočet dávkování paliva [1].

#### **SNÍMAČ TLAKU VE VYSOKOTLAKÉM ZÁSOBNÍKU**

Měří okamžitý tlak paliva ve vysokotlakém zásobníku. Na základě naměřených hodnot je určen začátek vstřiku paliva a vstřikovaná dávka. Dále je na základě jeho hodnot prováděna regulace tlaku ve vysokotlakém zásobníku dávkovacím ventilem nebo regulačním tlakovým ventilem [6].



### **3.3.2 ŘÍDICÍ JEDNOTKA**

Řídicí jednotka vyhodnocuje informace ze snímačů a čidel. Pomocí elektrických výstupních signálů řídí činnost akčních členů. Dále tvoří rozhraní k dalším systémům a k diagnostice vozidla [5].

### **3.3.3 AKČNÍ ČLENY**

Akční členy převádějí elektrické signály z řídicí jednotky na mechanické veličiny [5].

#### **VSTŘIKOVAČE**

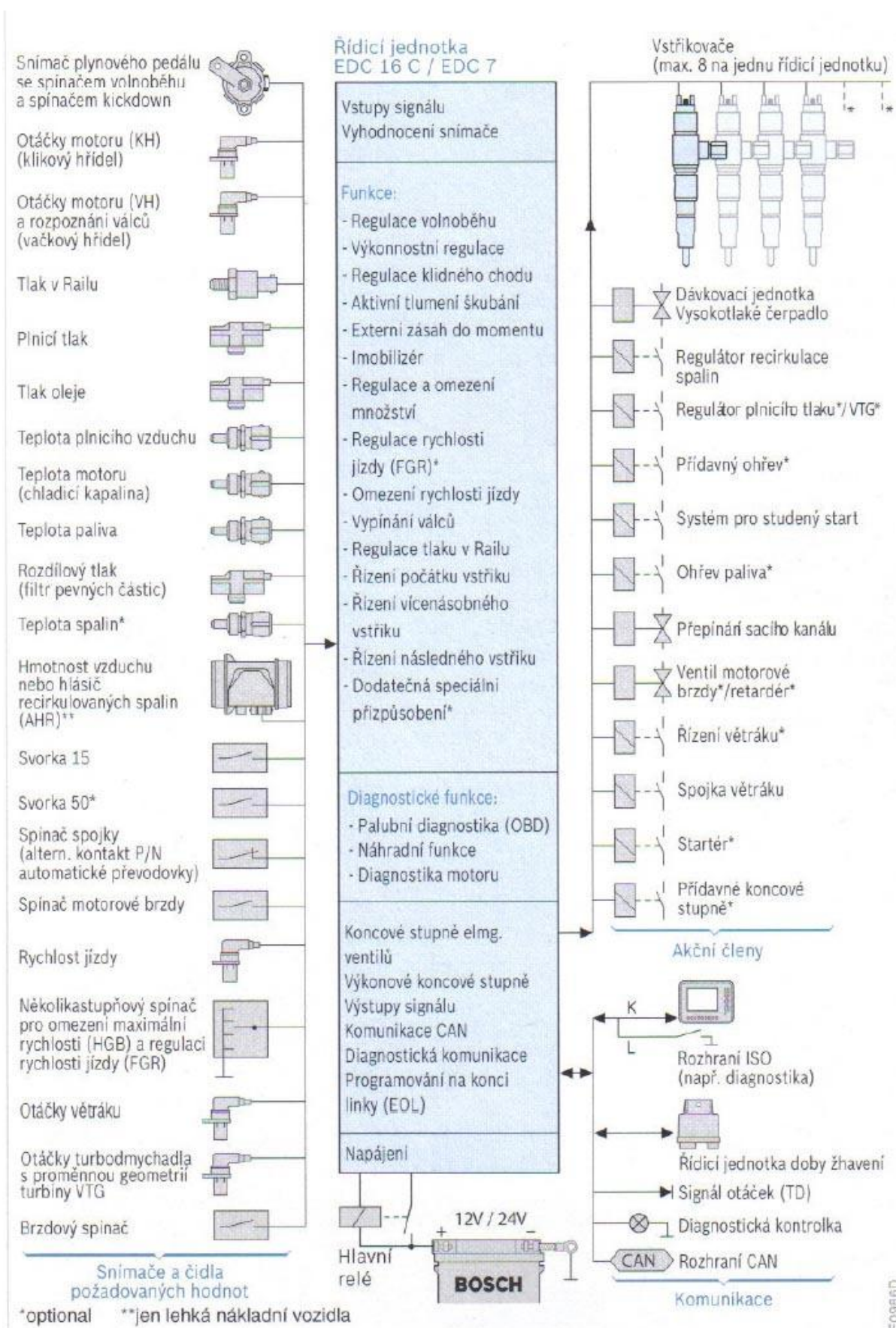
Slouží ke vstříknutí přesné dávky paliva do spalovacího prostoru. Podrobněji jsou vstřikovače popsány v kapitole 3.2.3.

#### **REGULÁTOR TLAKU PALIVA**

Jeho úkolem je udržovat určený tlak paliva ve vysokotlakém zásobníku. Je umístěn na vysokotlakém zásobníku, nebo na vysokotlakém čerpadle. Při příliš vysokém tlaku odchází přebytečné palivo přes regulátor zpětným palivovým potrubím do palivové nádrže [5].

#### **DÁVKOVACÍ VENTIL PALIVA**

Dávkovací ventil určuje množství paliva dodávaného do vysokotlakého zásobníku a tím udržuje požadovaný tlak ve vysokotlakém zásobníku. Píst ovládaný elektromagnetem určuje svou polohou průtokový průřez [5].



Obr. 12 Přehled komponent EDC[5]

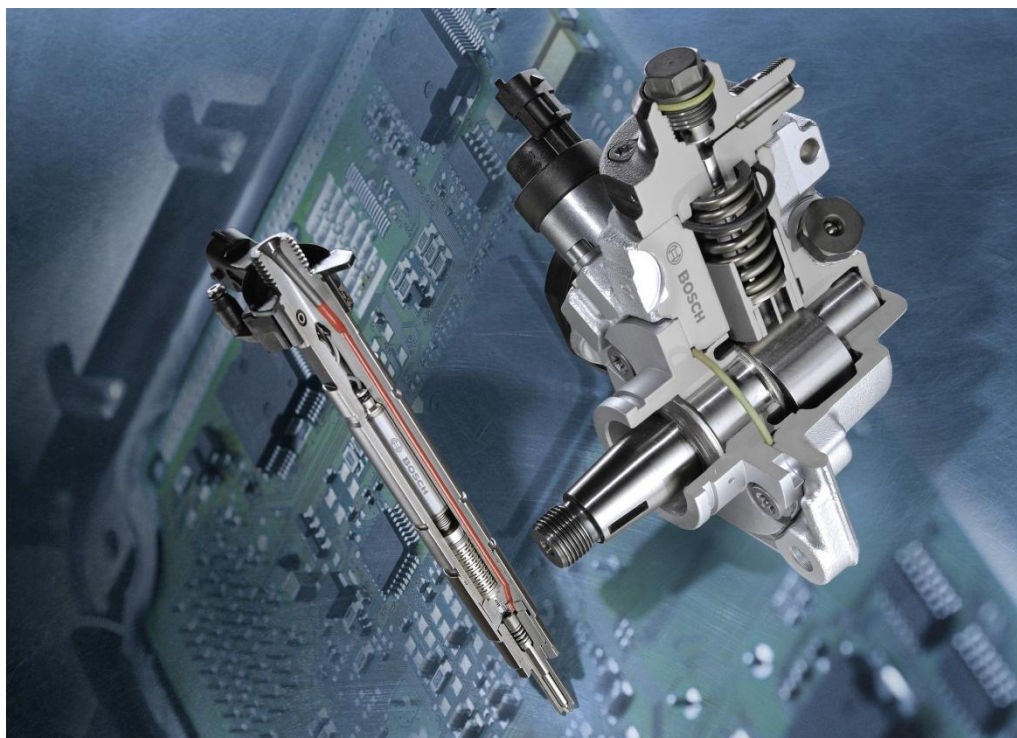


## 4 POROVNÁNÍ NEJNOVĚJŠÍCH SYSTÉMŮ JEDNOTLIVÝCH VÝROBCŮ

### 4.1 VSTŘIKOVACÍ ČERPADLO

#### 4.1.1 BOSCH CP4

Toto čerpadlo je vyráběno buď jako jednopístové CP4.1 nebo dvoupístové CP4.2. V případě dvoupístového čerpadla svírají písty úhel 90°. Čerpadlo je poháněno vačkovou hřídelí s dvojitou vačkou, to dovoluje dva podávací zdvihy na jednu otáčku čerpadla. Čerpadlo dosahuje tlaku 200 MPa [14].



Obr. 13 Čerpadlo Bosch CP4.2 [25]

#### 4.1.2 DELPHI UPCR

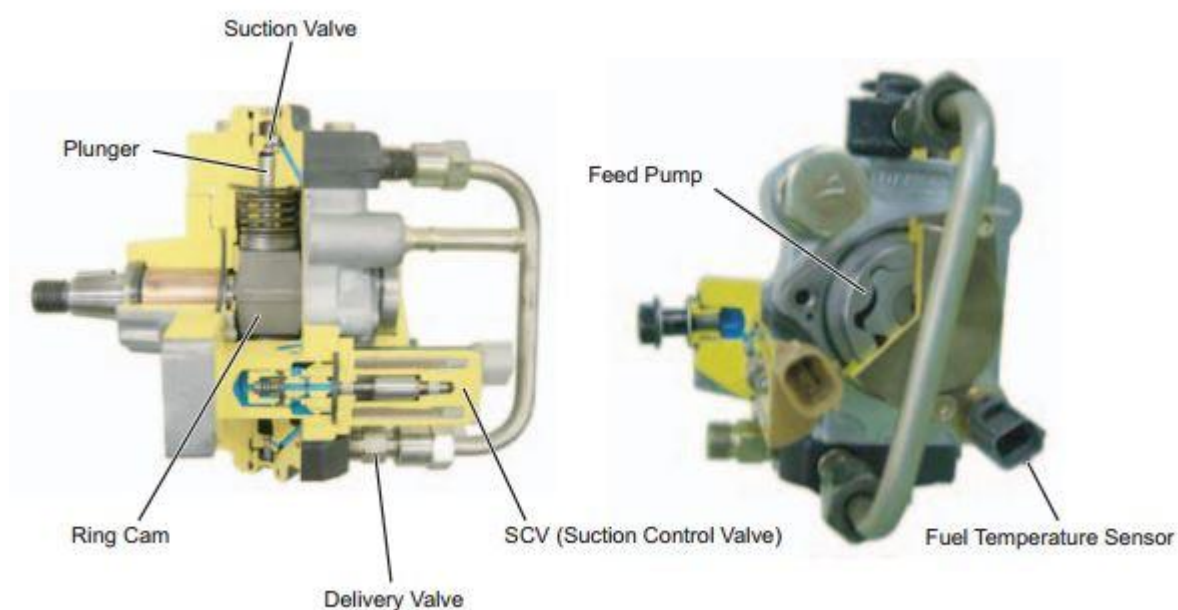
Jedná se o jednopístové čerpadlo, které může být namontováno přímo v motoru a píst čerpadla je poháněn vačkovou hřídelí motoru. Nebo může být namontováno ve vlastní skříni a poháněno vlastní vačkou. Čerpadlo dosahuje tlaku 200 MPa [16].



Obr. 14 Čerpadlo Delphi UPC [16]

#### 4.1.3 DENSO HP3

Společnost Denso používá dvoupístové vysokotlaké čerpadlo s písty rozmístěnými po 180°. Písty jsou poháněny vlastní vačkovou hřídelí a jsou umístěny ve společné skříni s trochoidním podávacím čerpadlem. Regulace tlaku v Railu je na straně sání. Čerpadlo dosahuje tlaku 180 MPa [18].



Obr. 15 Čerpadlo Denso HP3 [18]



#### 4.1.4 CONTINENTAL DHP1.1

Jednopístové radiální vysokotlaké čerpadlo společnosti Continental (dříve Siemens VDO) dosahuje tlaku 250 MPa. Využívá technologie dvojité vačky a regulace tlaku na straně sání [21][22].



*Obr. 16 Čerpadlo Continental DHP1.1 [22]*

## 4.2 VSTŘIKOVAČE

### 4.2.1 BOSCH

#### PIEZOELEKTRICKÝ VSTŘIKOVAČ

Vstřikovač CRS3-25 používaný v osobních vozech dosahuje vstřikovacího tlaku až 250 MPa. Dovoluje vstřikování až v deseti dílčích dávkách [27].

#### SOLENOIDOVÝ VSTŘIKOVAČ

Vstřikovač CRI2-20 dosahuje vstřikovacího tlaku 200 MPa. Výhodou vstřikovačů Bosch je modulární konstrukce, takže výrobce může používat různé generace systému Common Rail ve stejném typu motoru [27].

### 4.2.2 DELPHI

#### PIEZOELEKTRICKÝ VSTŘIKOVAČ

Vstřikovač Delphi Piezotec je piezoelektrický vstřikovač s bezpřepadovou konstrukcí. Jehla vstřikovače je ovládána přímo piezoelektrickým prvkem přes zesilovač pohybu. Vstřikovač dosahuje vstřikovacího tlaku 200 MPa. Tento vstřikovač byl určen primárně pro motor Mercedes-Benz 250 CDI [11].



*Obr. 17 Vstřikovač Delphi Piezotec [17]*

### **SOLENOIDOVÝ VSTŘIKOVAČ**

Pro systém UPCR jsou využívány běžné solenoidové vstřikovače [16].

#### **4.2.3 CONTINENTAL**

Společnost Continental ve svých systémech používá výhradně piezoelektrické vstřikovače. Vstřikovače PCRd1 využívají přímé ovládání jehly bez servoventilu, dosahují vstřikovacího tlaku 220 MPa a dovolují až 9 samostatných vstřiků během jednoho cyklu [21].



## 5 POUŽITÍ SYSTÉMU COMMON RAIL V OSOBNÍCH VOZIDLECH

V současné době jsou téměř všechny dieselové motory osobních automobilů vybaveny systémem Common Rail. Níže jsou uvedeny některé aplikace systému Common Rail v osobních automobilech a označení motorů s tímto systémem.

### 5.1 BOSCH

- Alfa Romeo a Fiat JTD
- Mercedes-Benz CDI
- Renault 1.9 dCi, 2.0dCi
- BMW
- Peugeot a Citroen 1.6 HDI, některá 2.0 HDI
- Honda 2.2 i-CDTi
- Audi a Volkswagen 3.0 TDI V6

### 5.2 CONTINENTAL

- Peugeot a Citroen 1.4 HDI, některá 2.0 HDI
- Ford 1.8 TDCi, 2.0 TDCi
- Volkswagen 1.6 TDI

### 5.3 DELPHI

- Ford 1.8 TDCi, 2.0 TDCi, 2.2 TDCi
- Renault 1.5 dCi
- Peugeot a Citroen 2.0 HDI
- Mercedes-Benz CDI
- Kia a Hyundai 2.9 CRDi

### 5.4 DENSO

- Toyota 2.0 D-4D, 2.2 D-4D, 2.2 D-CAT/130kW
- Nissan 2.0 dCi, 2.2 dCi
- Mazda 2.0 MZR-CD, 2.2 MZR-CD
- Opel (1.7 CDTi)
- Subaru 2.0d
- Lexus [26]

.



## 6 DIAGNOSTIKA A SERVIS

### 6.1 PALUBNÍ DIAGNOSTIKA

Jde o integrovanou součást řídicí jednotky, která sleduje vstupní a výstupní signály a vzájemnou komunikaci řídicích jednotek. Jejím úkolem je rozpoznávat závady, ukládat je do paměti závad a provádět diagnostické vyhodnocování. Pokud je signál klasifikován jako vadný, je zavedena náhradní funkce (např. náhradní hodnota pro teplotu motoru). Případně může dojít k zavedení nouzového chodu motoru (např. snížením výkonu) z důvodu zachování bezpečnosti jízdy, zabránění dalším závadám nebo k minimalizaci emisí výfukových plynů [5].

### 6.2 DIAGNOSTIKA V SERVISU

Tato diagnostika je prováděna pomocí externího zkušebního zařízení. Úkolem je rychlá a bezpečná identifikace vadných výměnných jednotek. Při diagnostice se vychází informací palubní diagnostiky, externích zkušebních metod a zkušebních přístrojů [5].

#### 6.2.1 NAČTENÍ PAMĚTI ZÁVAD

Probíhá pomocí diagnostického testeru, přičemž jsou získány informace:

- závada funkce (např. snímač teploty motoru)
- kód závady (např. zkrat na kostru)
- podmínky prostředí (naměřené hodnoty v okamžiku uložení závady [5])

#### 6.2.2 DIAGNOSTIKA AKČNÍCH ČLENŮ

Testovací režim je zaváděn pomocí diagnostického testeru. Funkce je kontrolována akusticky (např. klepání ventilu), vizuálně (např. pohyb klapky) nebo pomocí měření elektrických signálů [5].

### 6.3 MECHANICKÉ ZÁVADY

#### 6.3.1 ZÁVADY VYSOKOTLAKÉHO ČERPADLA

##### ZADÍRÁNÍ ČERPADLA

Tato závada je typická pro čerpadlo Delphi DFP 1. Zadírávání čerpadla je způsobenou nedostatečnou mazivostí nafty. Tento problém je dán samotnou konstrukcí čerpadla s prstencovou vačkou, kdy dochází vlivem vysoké vzájemné rychlosti třecích ploch k zadírání čerpadla a uvolňování ocelových částic do paliva [9].

##### NETĚSNOSTI ČERPADLA

Tato závada se projevovala u prvních verzí čerpadel Bosch CP1. Byla způsobena nevhodnou volbou těsnění čerpadla, které nebylo odolné vůči biosložkám přidávaným do paliva [8].

#### 6.3.2 ZÁVADY VSTŘIKOVAČŮ

##### NADMĚRNÝ ZPĚTNÝ TOK PALIVA

Nadměrný přepad paliva je způsobený opotřebením ovládacího pístku a těsnicího kroužku v ovládací části vstřikovače. Závada se projevuje padáním motoru do nouzového režimu a obtížnými starty [10].

**ZANESENÁ VSTŘIKOVACÍ TRYSKA**

Způsobuje nepravidelné rozprášení paliva. Příčinou jsou poškozené nebo zanesené vstřikovací otvory. Projevuje se vyšší hlučností a kouřivostí motoru a nižším výkonem. Z důvodu vyššího tepelného namáhání pístu může dojít v extrémním případě k jeho propálení [10][26].

**POMALÁ REAKCE**

Je způsobena nárůstem vnitřního tření způsobeného opotřebením jehly nebo cizími částicemi v palivu. Vstřikovač reaguje pomaleji na signály řídicí jednotky. Projevuje se zvýšenou hlučností, kolísáním volnoběhu, kolísáním tahu a zvýšenou spotřebou [10][26].



## 7 EMISE ŠKODLIVIN VE VÝFUKOVÝCH PLYNECH

### 7.1 VÝFUKOVÉ PLYNY

Jako výfukové plyny označujeme všechny produkty spalování směsi ve spalovacích motorech. Výfukové plyny vznětového motoru se skládají z neškodných složek (vodní pára, oxidu uhličitého, kyslík a dusík) a ze škodlivin (oxid uhelnatý, uhlovodíky, oxidy dusíku). Škodliviny tvoří asi jen 0,1% celkového množství výfukových plynů [4][23].

#### 7.1.1 ŠKODLIVINY

##### OXID UHELNATÝ (CO)

Je plyn bez barvy, chuti a zápachu. Vzniká při nedokonalém spalování látek obsahujících uhlík. Koncentrace ve vzduchu vyšší než 1,28% je pro člověka smrtelná [23].

##### UHLOVODÍKY (HC)

Jsou chemické sloučeniny tvořené uhlíkem a vodíkem. Některé sloučeniny jsou rakovinotvorné [23].

##### OXIDY DUSÍKU (NO<sub>x</sub>)

Jedná se o různé sloučeniny dusíku a kyslíku označované souhrnnou značkou NO<sub>x</sub>. V kontaktu s vodou vznikají kyseliny, které dráždí sliznici a mohou vést k poškození plic. Jednou ze sloučenin je oxid dusný (N<sub>2</sub>O), který je označován jako jeden ze skleníkových plynů poškozujících ozonovou vrstvu [23].

##### PEVNÉ ČÁSTICE (PARTICULATE MATTER PM)

Jde o souhrnné označení pevných a kapalných částic rozptýlených ve vzduchu. Jde zejména o saze, těžké uhlovodíky a sulfáty. Vdechování má karcinogenní účinky [12].

### 7.2 EMISNÍ NORMY EURO

Tyto normy stanovují maximální povolené množství škodlivin ve výfukových plynech. První norma EURO 1 byla zavedena v roce 1992. Nejnovější norma EURO 6 vstoupí v platnost v srpnu roku 2014. Dovolené hodnoty jednotlivých škodlivin se udávají v gramech na ujetý kilometr. Jejich rozdělení podle dané normy EURO je uvedeno v Tabulka 1 Emisní normy EURO [19].

Tabulka 1 Emisní normy EURO [19]

| Emisní limity pro nová vozidla s vznětovým motorem |             |           |           |                        |                           |       |
|----------------------------------------------------|-------------|-----------|-----------|------------------------|---------------------------|-------|
|                                                    | Platnost od | CO (g/km) | HC (g/km) | NO <sub>x</sub> (g/km) | HC+NO <sub>x</sub> (g/km) | PM    |
| <b>Euro I</b>                                      | 01/92       | 3,16      | -         | -                      | 1,13                      | 0,14  |
| <b>Euro II</b>                                     | 01/96       | 1,00      | 0,15      | 0,55                   | 0,70                      | 0,08  |
| <b>Euro III</b>                                    | 01/00       | 0,64      | 0,06      | 0,50                   | 0,56                      | 0,05  |
| <b>Euro IV</b>                                     | 01/05       | 0,50      | 0,05      | 0,25                   | 0,30                      | -     |
| <b>Euro V</b>                                      | 09/09       | 0,50      | 0,05      | 0,18                   | 0,23                      | 0,005 |
| <b>Euro VI</b>                                     | 08/14       | 0,50      | 0,09      | 0,08                   | 0,17                      | 0,005 |



## 7.3 METODY SNIŽOVÁNÍ EMISÍ

### 7.3.1 OPATŘENÍ UVNITŘ MOTORU

- optimalizace spalovacího prostoru
- regulace doby žhavení
- dosažení vyššího vstřikovacího tlaku
- použití víceventilové techniky
- řízení sacích kanálů
- regulace plnicího tlaku
- optimalizace začátku vstřiku a množství vstřikovaného paliva [1]

### 7.3.2 OPATŘENÍ VNĚ MOTORU

- oxidační katalyzátor
- zpětné vedení výfukových plynů
- filtr pevných částic
- zásobníkový katalyzátor  $\text{NO}_x$  [1]

## 7.4 VLIV PARAMETRŮ SYSTÉMU COMMON RAIL NA EMISE ŠKODLIVIN

Mezi parametry systému Common Rail, které ovlivňují emise škodlivin ve výfukových plynech, řadíme zejména:

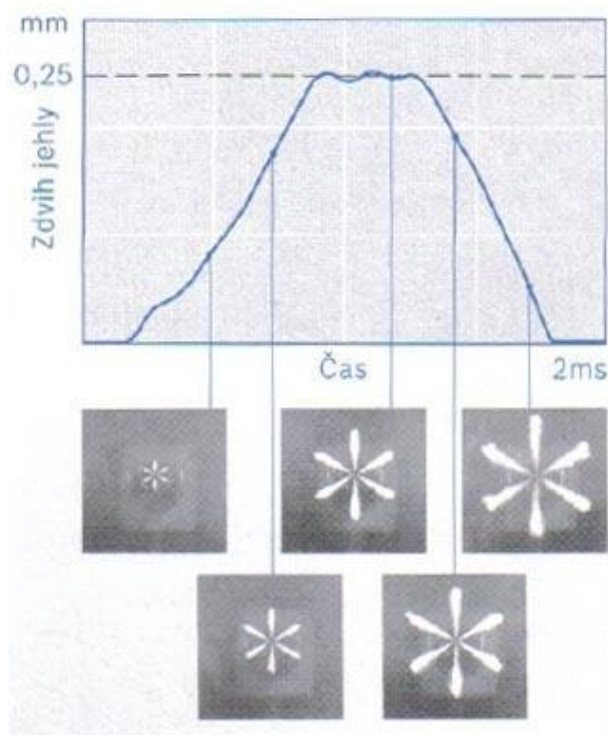
- vstřikovací tlak
- počátek a průběh vstřiku
- geometrie vstřikovací trysky [5]

## 7.5 VSTŘIKOVACÍ TLAK

Vstřikovací tlak má vliv na kvalitu rozprášení vstřikovaného paliva. Čím vyšší vstřikovací tlak, tím lépe je palivo rozprášeno a promíseno se vzduchem. Podílí se na množství emisí uhlovodíků [7].

## 7.6 POČÁTEK A PRŮBĚH VSTŘIKU

Brzký počátek vstřiku způsobuje růst emisí  $\text{NO}_x$ , pozdní počátek vstřiku způsobuje růst emisí HC [7].



Obr. 18 Velikost paprsku v závislosti na zdvihu jehly [5]

## 7.7 GEOMETRIE VSTŘIKOVACÍ TRYSKY

Geometrie trysky má různé vlivy na škodlivé emise motoru [5].

### 7.7.1 VLIV GEOMETRIE OTVORU

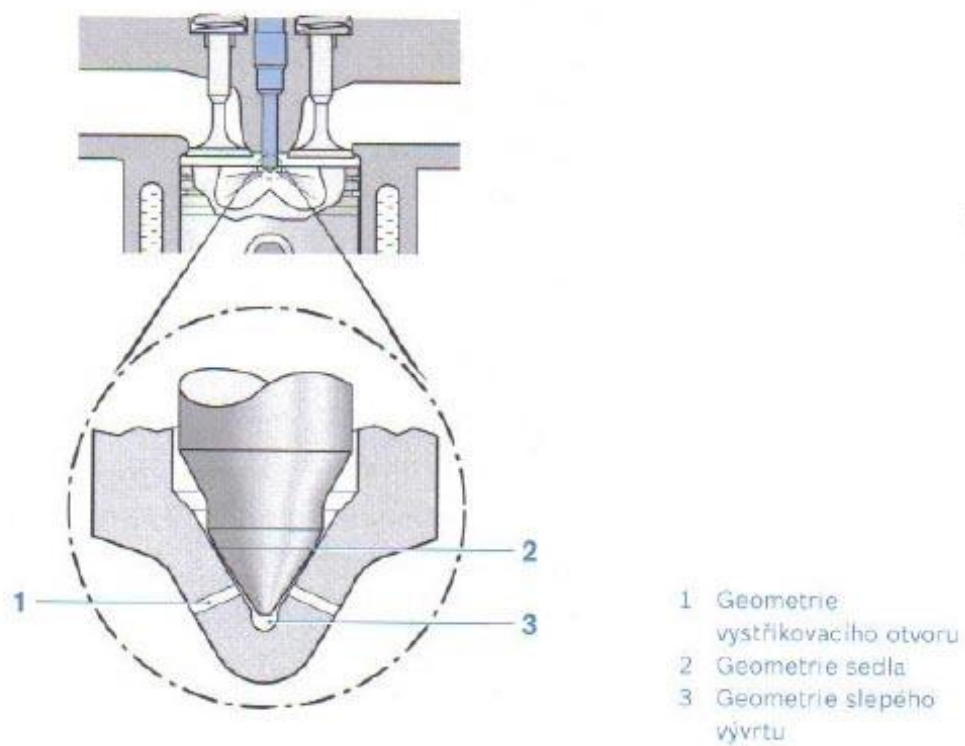
Geometrie vstřikovacího otvoru ovlivňuje emise pevných částic a  $\text{NO}_x$  [5].

### 7.7.2 VLIV GEOMETRIE SEDLA

Geometrie sedla ovlivňuje množství paliva na počátku vstřiku. To má vliv zejména na hlučnost motoru [5].

### 7.7.3 VLIV GEOMETRIE SLEPÉHO VÝVRTU

Geometrie slepého vývrtu ovlivňuje emise uhlovodíků [5].



Obr. 19 Rozhodující místa geometrie trysky [5]



## ZÁVĚR

Požadavky na nízké emise, tichý chod a nízkou spotřebu paliva vedou výrobce automobilů k používání kvalitnější techniky přípravy směsi vznětových motorů. Přísnější emisní limity postupně vytlačily starší vstřikovací systémy. Na místo těchto systémů přichází systém Common Rail. Ten díky vysokým vstřikovacím tlakům a precizní dávkovatelnosti paliva umožňuje splnit všechny tyto aspekty. Z toho důvodu se přední světoví výrobci věnují vývoji a zdokonalování právě tohoto systému.

S trendem tzv. downsizingu neboli snižování zdvihového objemu motoru přichází nutnost použití menších vysokotlakých čerpadel, které by motoru odebíraly menší část výkonu. To vede výrobce k vývoji jednoduchých jednopístových a dvoupístových čerpadel namísto konvenčních třípístových radiálních čerpadel.

Dalším aspektem, který je potřeba brát v potaz při vývoji vstřikovacích systémů je přidávání biosložek do motorové nafty. Tyto složky mohou nepříznivě ovlivnit některé její vlastnosti a je třeba přizpůsobit tomu konstrukci systému.

Systém Common Rail byl ve svých počátcích pověstný svou náchylností na kvalitu použitého paliva. S vývojem bezpřepadových piezoelektrických vstřikovačů s přímou vazbou jehly na piezoelektrický prvek dochází k překonání i této překážky. Přímou ovládané piezovstřikovače mají výrazně větší ovládací sílu vstřikovací trysky a dokážou tak pracovat i s již částečně opotřeбенým vstřikovačem, aniž by docházelo ke zpoždění vstřiku.

V září roku 2014 vstoupí v platnost emisní norma EURO 6, tuto normu se motorům využívajícím systém Common Rail podařilo splnit s velkým předstihem.

To vše je důvodem, proč nejbližší budoucnost patří právě systému Common Rail.



## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] GSCHIEDLE, Rolf. *Příručka pro automechanika*. 2., upr. vyd. Praha: Sobotáles, 2002, 637 s. ISBN 80-859-2083-2.
- [2] HROMÁDKO, Jan. *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 296 s. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [3] JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ. *Automobily*. 5. vyd. Brno: Avid, 2008, 179 s. ISBN 978-80-87143-06-3.
- [4] JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ. *Automobily 4: příslušenství*. 4. vyd. Brno: AVID, 2005, 305s. ISBN 80-903671-0-0
- [5] LANDHÄUßER, Felix. *Systém vstřikování s tlakovým zásobníkem Common Rail pro vznětové motory*. 1. české vyd. Praha: Robert Bosch odbytová s.r.o. - Automobilová technika [distributor], 2005, 95 s. Technické vzdělávání. ISBN 80-903-1327-2.
- [6] VLK, František. *Elektronické systémy motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2002, vii, 299-592 s. Technické vzdělávání. ISBN 80-238-7282-6.
- [7] VLK, František. *Automobilová elektronika: systémy řízení motoru a převodu*. vyd. 1. Brno: Prof.Ing.František Vlk,DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006, 355 s. Technické vzdělávání. ISBN 80-239-7063-1.
- [8] VACULÍK, Martin. Co chce motor po půl miliónu km: Mercedes-Benz s motorem CDI. *Autodiesel*. 2006, roč. 2006, č. 3.
- [9] VACULÍK, Martin. Opravy systému Common Rail Delphi: Aktuální stav nejzlobivějšího Common Railu. *Autodiesel*. 2006, roč. 2006, č.3.
- [10] VACULÍK, Martin. Opravy vstřikovačů: Levné řešení i bez výrobce. *Autodiesel*. 2007, roč. 2007, č.6.
- [11] VACULÍK, Martin. Problémy motorů Mercedes-Benz OM 651. *Autodiesel*. 2009, roč. 2009, č.16.
- [12] Air pollution particulate matter. [online]. [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.greenfacts.org/en/particulate-matter-pm/level-2/01-presentation.htm#0>
- [13] Rudolf Diesel: otec vznětového motoru se narodil před 150 lety. *Auto.cz* [online]. 2008 [cit. 2014-05-01]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/rudolf-diesel-otec-vznetoveho-motoru-se-narodil-pred-150-lety-8109>
- [14] Bosch na veletrhu Autotec 2008 - díly a služby z jedné ruky. [online]. 2008 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: [http://press.bosch.cz/upload/PIAA\\_01\\_04\\_2008\\_2.pdf](http://press.bosch.cz/upload/PIAA_01_04_2008_2.pdf)
- [15] Common Rail manual. [online]. 2007 [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: <http://www.forddiag.cz/docs/tdci/45713112-common-rail-manual.pdf>



- [16] Delphi's diesel Unit Pump Common Rail System. [online]. 2012 [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: <https://delphi.com/images/news/2012/Delphi-UPCR-System-SIA-Diesel%20Rouen-2012.pdf>
- [17] DELPHI opět raz zvyšuje svoj technologický náskok. *Agát Diesel s.r.o* [online]. 2009 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.agat.sk/post/delphi-opaet-raz-zvysuje-svoj-technologicky-naskok-16/>
- [18] Denso Common Rail system service manual. [online]. 2007 [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: <http://steldiesel.ru/files/crdensoservismanual.pdf>
- [19] EURO-normy. [online]. [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.ngk.de/cz/technicke-detaily/lambda-sondy/zakladni-vedomosti-o-emisich/euro-normy/>
- [20] PETRUZZELLI, Antonio Messeni. A story of breakthrough. The case of Common Rail development. [online]. 2013 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: [http://druid8.sit.aau.dk/acc\\_papers/9qly98k6m68rc4r3gog33mbilpu0.pdf](http://druid8.sit.aau.dk/acc_papers/9qly98k6m68rc4r3gog33mbilpu0.pdf)
- [21] Povertrain products, Technical information,. [online]. 2013 [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: [http://www.conti-online.com/www/download/automotive\\_de\\_en/general/powertrain/download/powertrain\\_produkte\\_en.pdf](http://www.conti-online.com/www/download/automotive_de_en/general/powertrain/download/powertrain_produkte_en.pdf)
- [22] Solutions for diesel engines. [online]. 2014 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: [http://www.conti-online.com/www/automotive\\_de\\_en/themes/passenger\\_cars/powertrain/engine\\_systems/engine\\_systems\\_en.html?page=2](http://www.conti-online.com/www/automotive_de_en/themes/passenger_cars/powertrain/engine_systems/engine_systems_en.html?page=2)
- [23] Spaliny a škodlivé látky. [online]. [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.ngk.de/cz/technicke-detaily/lambda-sondy/zakladni-vedomosti-o-emisich/euro-normy/>
- [24] Systémy vstřikování Common-Rail s vyššími vstřikovacími tlaky od firmy Bosch. [online]. 2005 [cit. 2014-05-03]. Dostupné z: [http://press.bosch.cz/upload/PI5011\\_09\\_2005.pdf](http://press.bosch.cz/upload/PI5011_09_2005.pdf)
- [25] Technologie Bosch se stává standardem dieselových motorů. [online]. [cit. 2014-05-03]. Dostupné z: [http://press.bosch.cz/detail.asp?f\\_id=589](http://press.bosch.cz/detail.asp?f_id=589)
- [26] VACULÍK, Martin. Dieselová pro a proti VIII: Opravy vstřikovačů common railu. [online]. 2012 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/dr-diesel-opravy-vstrikovacu-common-railu-od-tri-do-ctnacti-tisic-67684>
- [27] Zvýšení tlaku na 2500 barů, modulární magnetické ventily a piezoelektrický princip. [online]. 2013 [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: [http://press.bosch.cz/upload/8260\\_ff\\_cz.pdf](http://press.bosch.cz/upload/8260_ff_cz.pdf)