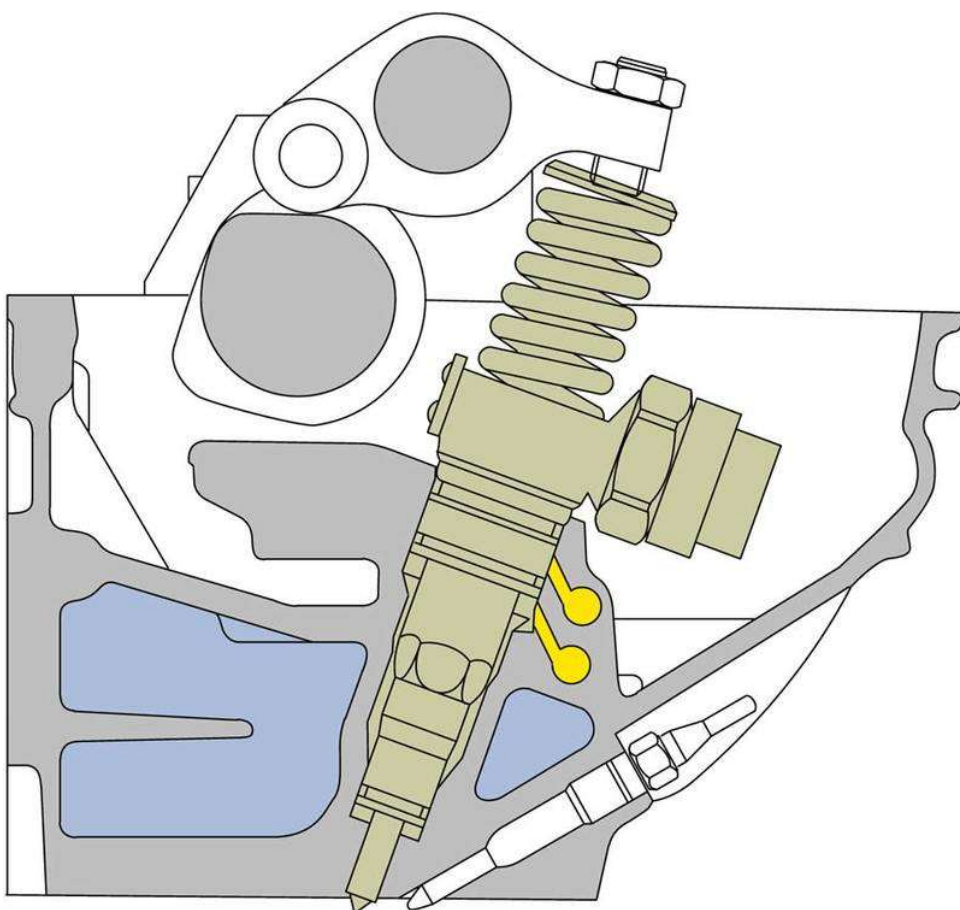


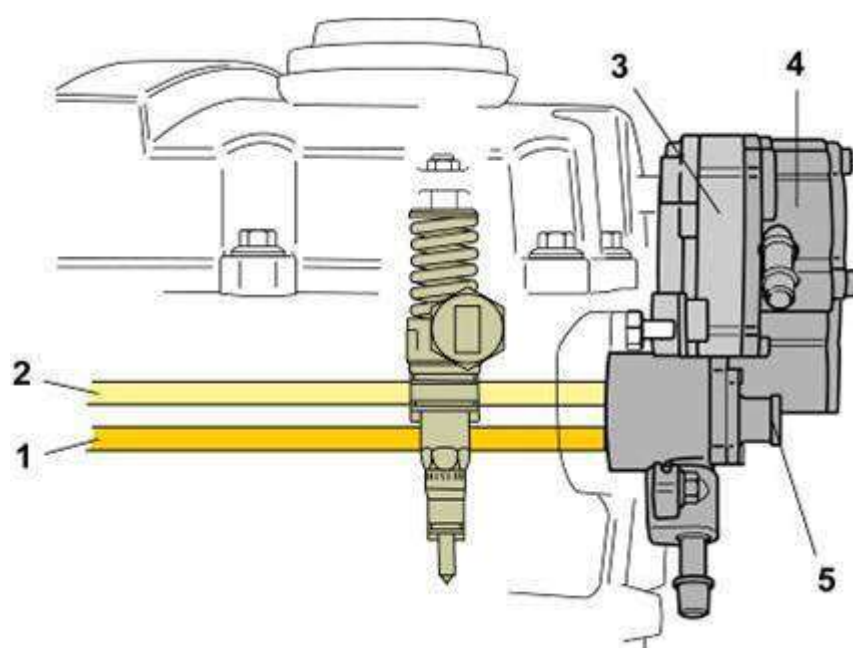
Vstřikovací systém čerpadlo-tryska

Automobilka Volkswagen ve spolupráci s firmou Robert Bosch AG vyvinula nový vznětový motor s elektromagneticky ovládanými sdruženými vstřikovači, tzv. systém čerpadlo-tryska, který začala montovat do osobních vozidel. Postupně se tato nová generace motorů začala uplatňovat i u ostatních značek koncernu VW. Předností systému čerpadlo-tryska jsou vysoké vstřikovací tlaky, až 2050 barů, a přesná regulace procesu vstřikování. Uvedené přednosti mají příznivý vliv na výkon motoru, emise výfukových plynů a spotřebu paliva. Každý válec má svou jednotku čerpadlo-tryska. Jednotky jsou umístěny v hlavě válců a přes vahadla poháněny od vačkové hřídele. Díky tomu je počet dílů, které vedou vysoký tlak, malý a jednotky čerpadlo-tryska mohou pracovat s daleko vyšším vstřikovacím tlakem. U tohoto systému tedy odpadají vysokotlakové trubky, které byly zdrojem nežádoucích pulzací a prodlev v dodávce paliva. Jednotka čerpadlo-tryska je ve své podstatě jednoválcové vstřikovací čerpadlo s elektromagneticky ovládanou vstřikovací tryskou, tvořící jeden konstrukční celek. Vstřikovací systém čerpadlo-tryska bývá též označován PD (Pumpe Düse) nebo UIS (Unit-Injektor-System).



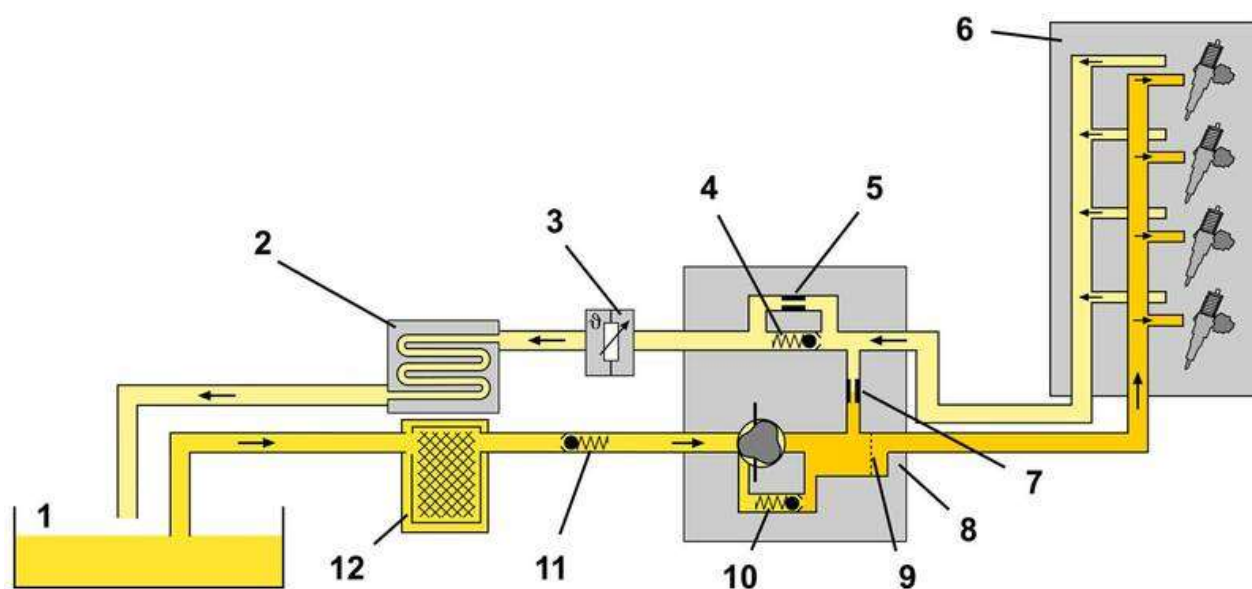
Obr. 1: Umístění jednotky čerpadlo-tryska

Palivová soustava



1 - přívod paliva k jednotkám čerpadlo-tryska ; 2 - zpětné vedení paliva ; 3 - vakuové čerpadlo ; 4 - mechanické palivové čerpadlo ; 5 - zkušební přípojka pro manometr

Obr. 2: Tandemové čerpadlo



1 - nádrž ; 2 - chladič paliva ; 3 - snímač teploty paliva ; 4 - ventil regulace tlaku ; 5 - bypass ; 6 - hlava válců ; 7 - škrticí vrtání ; 8 - mechanické palivové čerpadlo ; 9 - sítko ; 10 - regulační ventil tlaku ; 11 - zpětný ventil ; 12 - palivový filtr

Obr. 3: Palivová soustava čerpadlo-tryska

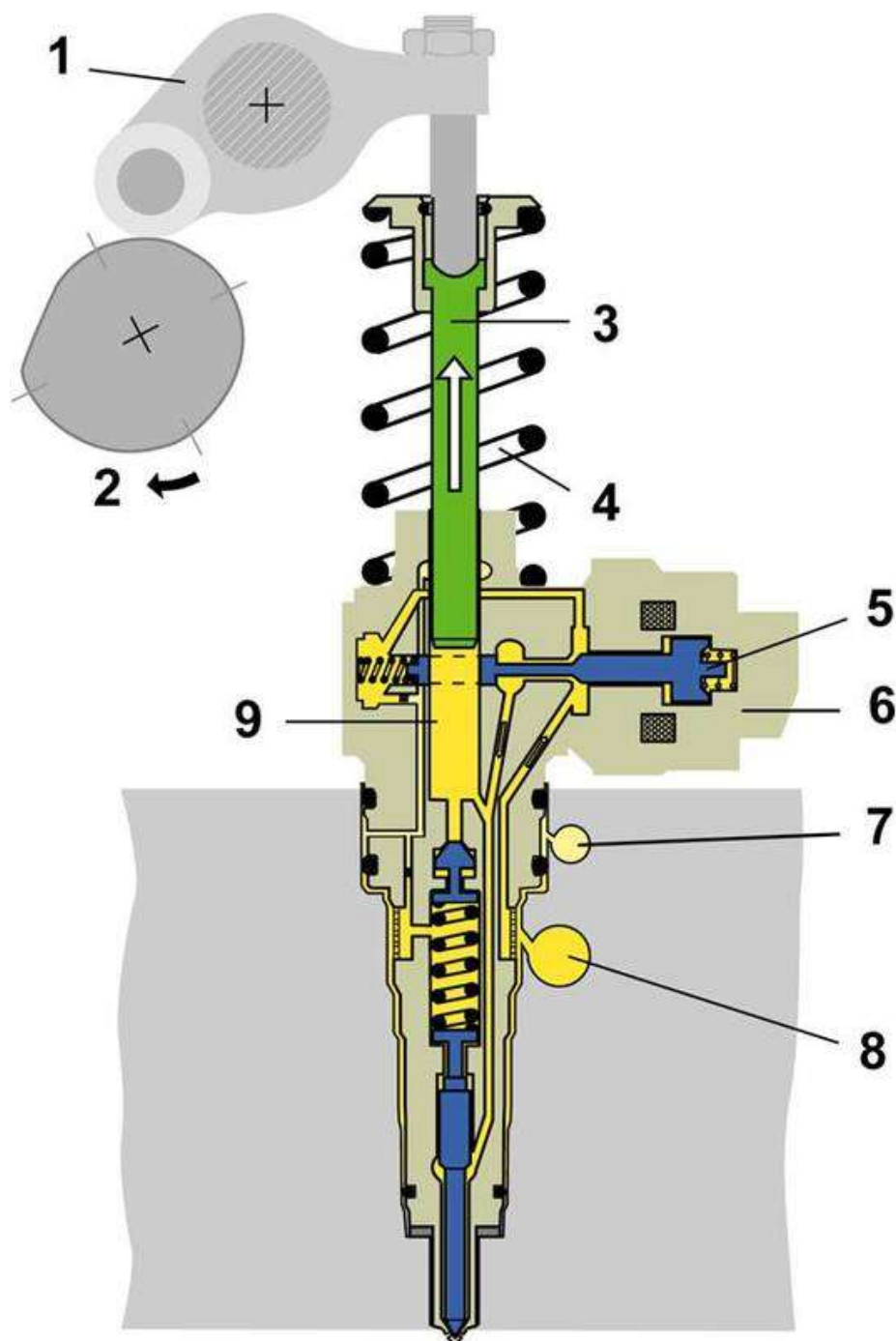
- Doprava paliva k vysokotlakým jednotkám čerpadlo-tryska byla původně zajišťována pouze mechanickým čerpadlem, umístěným na hlavě válců a poháněným od vačkové hřídele. Mechanické palivové čerpadlo je spojeno s vakuovým čerpadlem. Tento konstrukční celek je nazýván tandemové čerpadlo. Mechanické palivové čerpadlo bývá zubové nebo s plovoucími lamelami. Později byla tato palivová soustava doplněna ještě elektrickým podávacím čerpadlem o výkonu cca 0,5 baru, které bylo umístěno přímo v palivové nádrži a ulehčovalo dopravu paliva k tandemovému čerpadlu. Z tandemového čerpadla je palivo dopravováno kanálkem v hlavě válců k jednotlivým jednotkám čerpadlo-tryska. Tlak paliva měřený na výstupu z tandemového čerpadla se mění v závislosti na otáčkách motoru, jeho minimální hodnota je 3,5 baru při 1500 otáčkách za minutu. Maximální hodnota 7,5 baru je hlídána regulačním ventilem tlaku. Přebytké palivo je vedeno kanálkem v hlavě válců zpět do tandemového čerpadla a odtud zpětným potrubím přes chladič paliva do palivové nádrže. Ochlazení paliva je velmi důležité, protože palivo se v jednotkách čerpadlo-tryska díky vysokému tlaku a teplotě natolik ohřívá, že by neochlazené mohlo způsobit poškození palivové nádrže, elektrického čerpadla nebo měřicího ústrojí palivoměru. Jemný palivový filtr chrání systém před nečistotami a vodou je umístěn mezi nádrží a tandemovým čerpadlem.

Požadavky na tvorbu směsi a na spalování

- Předpokladem účinného spalování je kvalitní směs. Dále je potřeba, aby bylo palivo vstříknuto pod vysokým tlakem, ve správném množství a ve správný okamžik. Již nepatrná odchylka od optimálních hodnot způsobí nárůst škodlivin ve výfukových plynech, hlučnější spalování a případně i zvýšenou spotřebu paliva. V praxi se používá tzv. dvoufázové vstřikování; nejprve proběhne pilotní vstřík a poté teprve vstřík hlavní. Pilotní vstřík a následná pauza před hlavním vstřikem zajišťují, že se tlaky ve spalovacím prostoru nevytvoří skokově, ale budou narůstat pozvolna. Díky tomu probíhá spalování tišeji, snižuje se i obsah oxidů dusíku (NOx) ve výfukových plynech.
- *Pilotní vstřík:* Ještě před hlavním vstřikem dojde ke vstřiku malé dávky paliva pod malým tlakem, díky kterému ve spalovacím prostoru vzroste tlak a teplota.
- *Hlavní vstřík:* Palivo je vstříknuto pod velkým tlakem, díky kterému se velmi jemně rozptýlí, kvalitně se promísí se vzduchem a dojde k úplnému spálení paliva, což je pozitivní z hlediska emisí výfukových plynů.
- Na konci vstřiku je důležité, aby vstřikovací tlak rychle opadl a jehla trysky se rychle zavřela. Zabrání se tomu, aby se do spalovacího prostoru dostalo palivo pod malým tlakem s velkými kapkami a tam se pak neúplně spálilo. Vedlo by to k nárůstu škodlivin ve výfukových plynech.

Průběh vstřikování

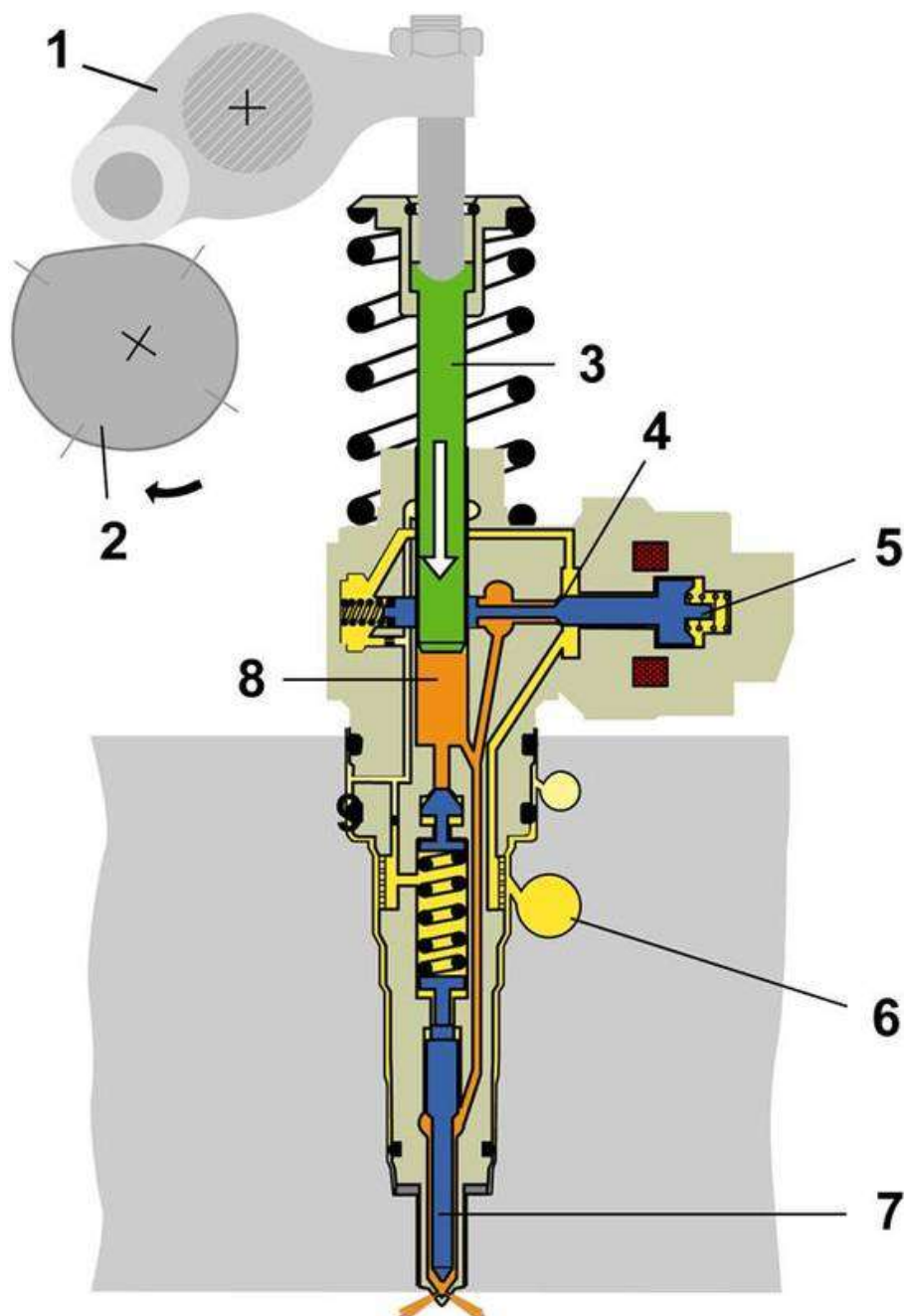
- *Plnění prostoru vysokého tlaku:* Silou pružiny se píst čerpadla pohybuje nahoru a zvětšuje tak objem prostoru vysokého tlaku. Elektromagnetický ventil není ovládán, jehla ventilu je v klidové poloze a umožňuje propojení kanálu přívodu paliva s prostorem vysokého tlaku. Pod tlakem, který vytváří tandemové čerpadlo, proudí palivo do prostoru vysokého tlaku.



1 - vahadlo ; 2 - vstřikovací vačka ; 3 - píst čerpadla ; 4 - pružina pístu ; 5 - jehla ventilu ; 6 - elektromagnetický ventil ; 7 - zpětné vedení ; 8 - přívod paliva ; 9 - prostor vysokého tlaku

Obr. 4: Plnění prostoru vysokého tlaku

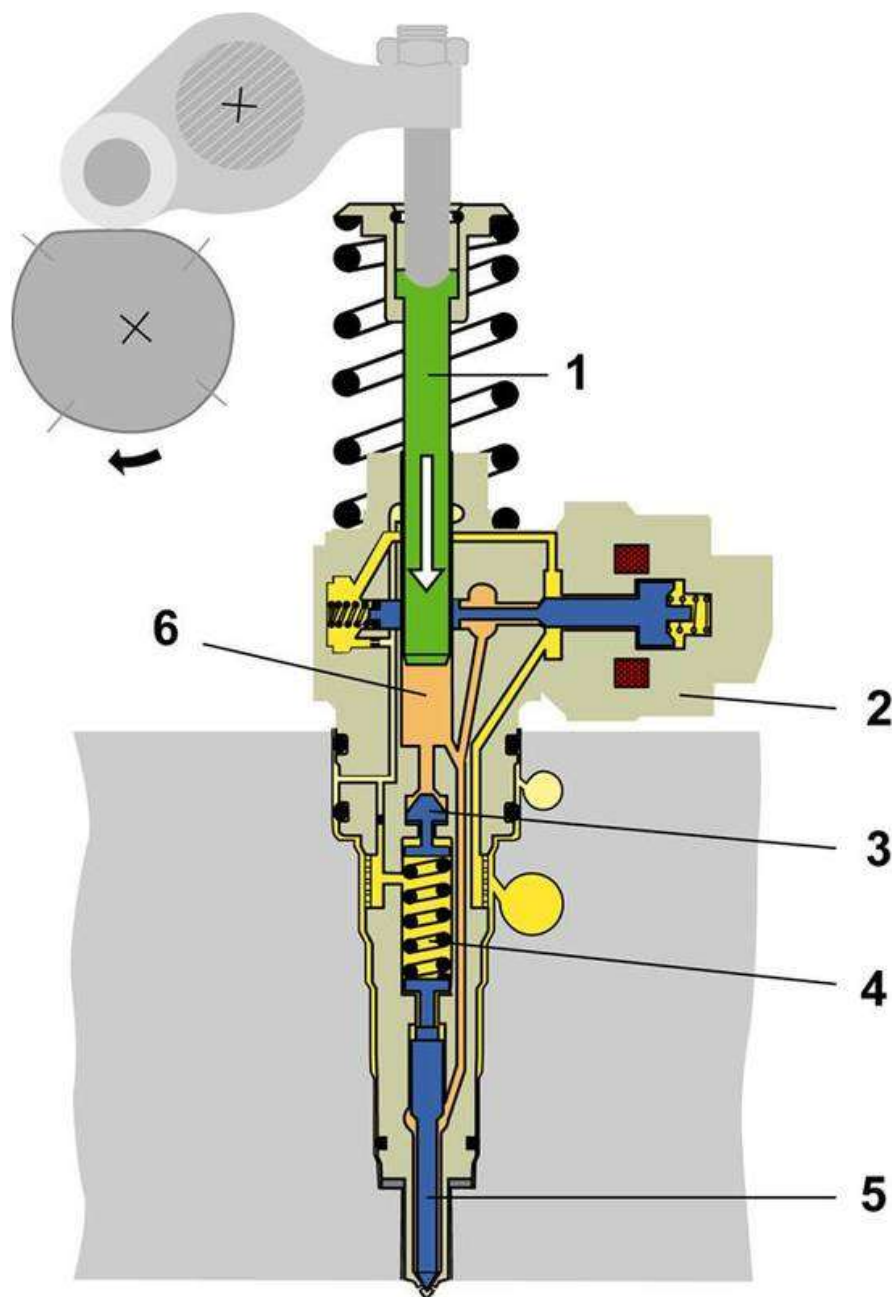
- *Začátek pilotního vstřiku:* Píst čerpadla je zatlačován vstřikovací vačkou přes vahadlo dolů a vytlačuje palivo z prostoru vysokého tlaku do kanálu přívodu paliva. Řídicí jednotka motoru zahájí proces vstřikování tím, že aktivuje elektromagnetický ventil. Jehla ventilu je zatlačena do sedla a tím uzavře cestu od prostoru vysokého tlaku do kanálu přívodu paliva. Tím dojde v prostoru vysokého tlaku k nárůstu tlaku. Při tlaku cca 180 barů je překonána síla pružiny, jehla trysky se nadzvedne a začíná pilotní vstřík.



1 - vahadlo ; 2 - vstřikovací vačka ; 3 - píst čerpadla ; 4 - sedlo ventilu ; 5 - jehla ventilu ; 6 - přívod paliva ; 7 - jehla trysky ; 8 - prostor vysokého tlaku

Obr. 5: Začátek pilotního vstřiku

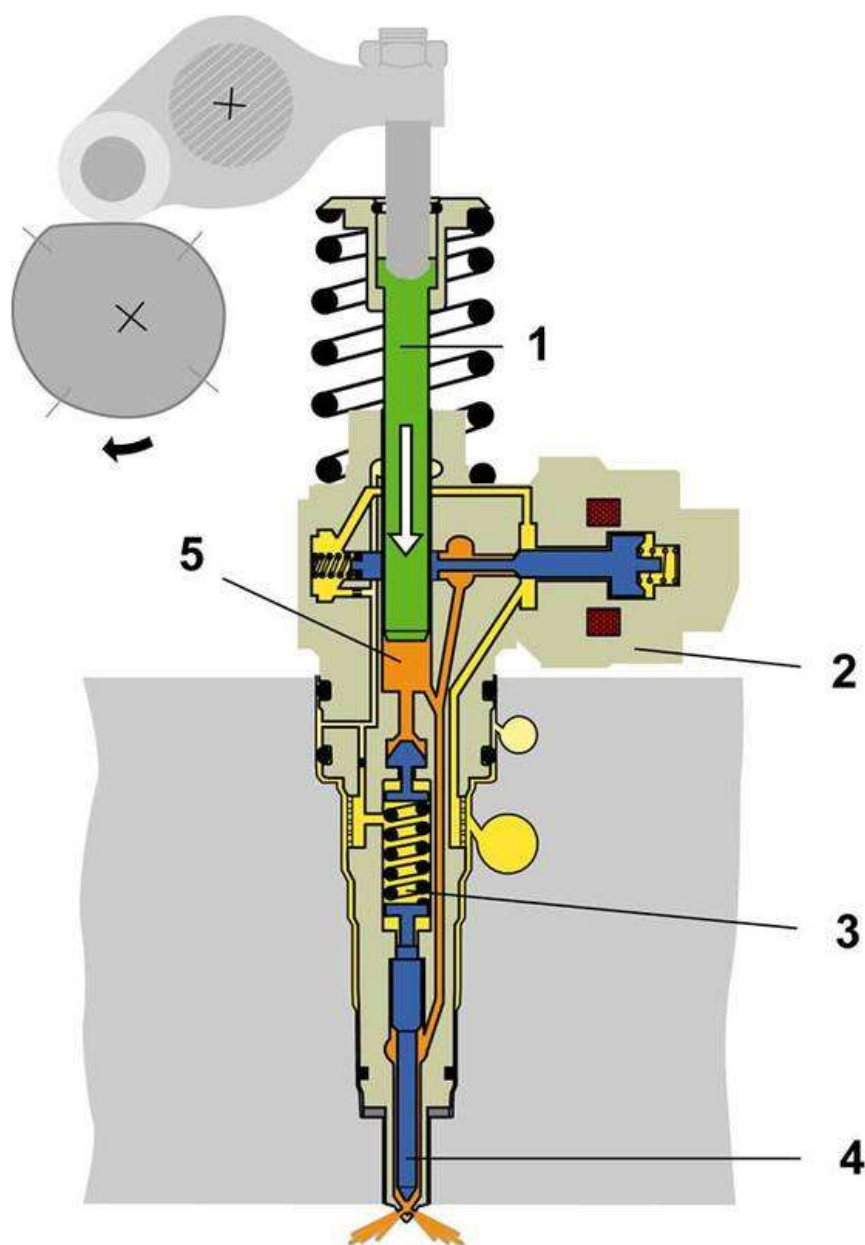
- *Konec pilotního vstříku:* S narůstajícím tlakem se zatlačí kuželový pístek dolů, zvětší se objem prostoru vysokého tlaku, tím rychle poklesne tlak a dojde k uzavření trysky. Současně se ale zvýší předpětí pružiny a pro další otevření trysky při hlavním vstříku bude zapotřebí vyššího tlaku než při pilotním vstříku.



1 - píst čerpadla ; 2 - elektromagnetický ventil ; 3 - kuželový pístek ; 4 - pružina ; 5 - jehla trysky ; 6 - prostor vysokého tlaku

Obr. 6: Konec pilotního vstříku

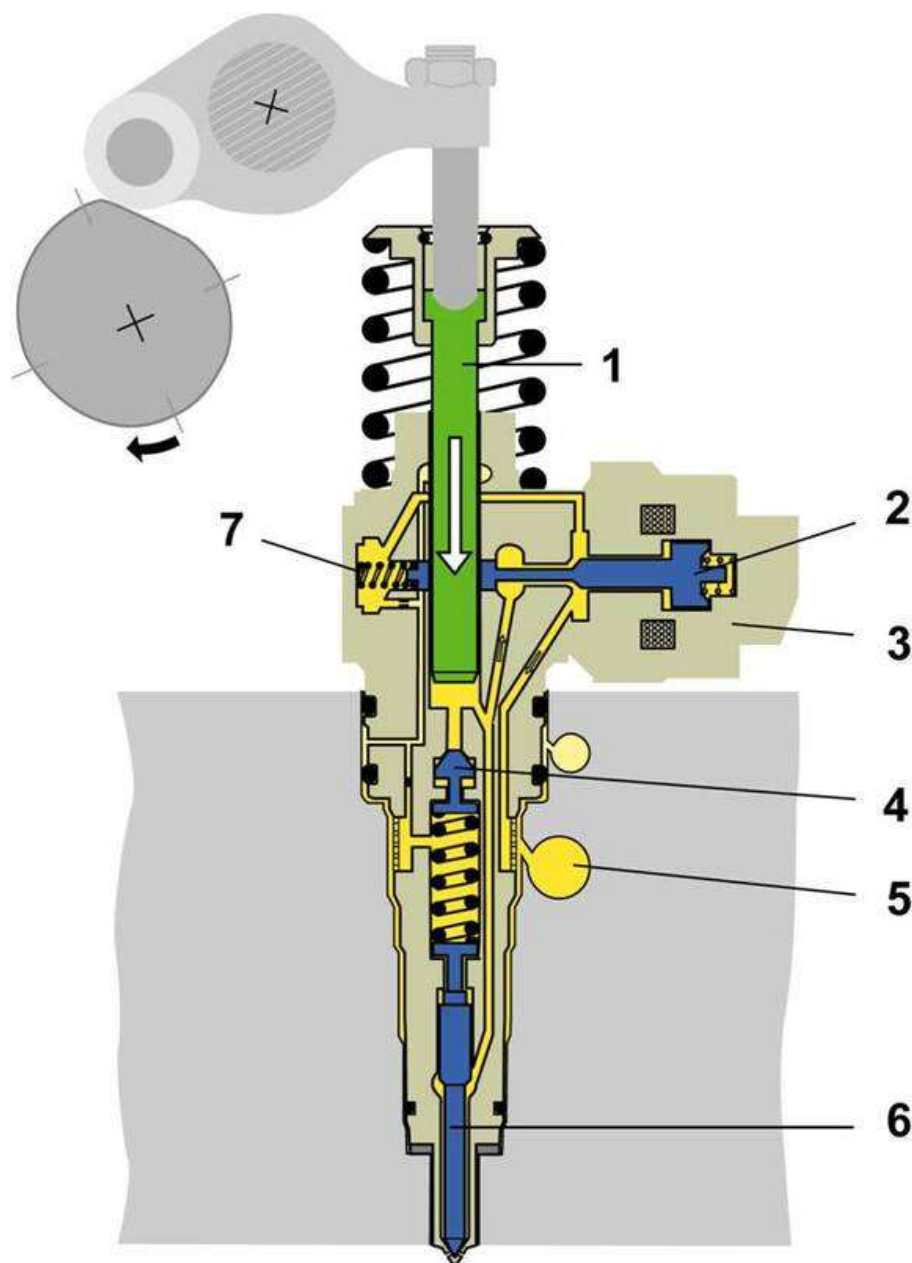
- *Začátek hlavního vstříku:* Krátce po uzavření trysky stoupne v prostoru vysokého tlaku opět tlak. Elektromagnetický ventil zůstává aktivován, je uzavřen a píst čerpadla pohybující se dolů nadále stlačuje palivo. Při tlaku cca 300 barů je opět překonána síla pružiny, jehla trysky se nadzvedne a začíná hlavní vstřík. Tlak i nadále stoupá, neboť přítok paliva do prostoru vysokého tlaku převyšuje odtok paliva přes otevřenou vstřikovací trysku. Při maximálním výkonu motoru, tedy při maximálních otáčkách motoru, a současně při maximální dávce paliva může tento vstřikovací tlak dosáhnout hodnoty až 2050 barů.



1 - píst čerpadla ; 2 - elektromagnetický ventil ; 3 - pružina ; 4 - jehla trysky ; 5 - prostor vysokého tlaku

Obr. 7: Začátek hlavního vstříku

- Konec hlavního vstříku:* Konec vstřikování nastane ve chvíli, kdy řídicí jednotka motoru přestane aktivovat (napájet) elektromagnetický ventil. Jehla ventilu je tak pružinou vrácena do klidové otevřené polohy a palivo je pístem čerpadla vytlačováno do kanálu přívodu paliva. Tím okamžitě poklesne tlak v prostoru vysokého tlaku, jehla trysky se uzavře a kuželový pístek jde nahoru do své výchozí pozice a odlehčuje pružinu. Je ukončen hlavní vstřík.



1 - píst čerpadla ; 2 - jehla ventilu ; 3 - elektromagnetický ventil ; 4 - kuželový pístek ; 5 - přívod paliva ; 6 - jehla trysky ; 7 - pružina ventilu

Obr. 8: Konec hlavního vstříku

Řízení motoru

- Součástí vstříkovacího systému čerpadlo-tryska je rovněž řízení motoru, které je plně elektronické. Skládá se ze tří částí: Snímačů, řídicí jednotky a akčních členů. Snímače mají za úkol informovat řídicí jednotku motoru o aktuálním provozním stavu motoru a požadavcích na jeho výkon. Řídicí jednotka motoru nepřetržitě zpracovává získané informace. Výsledkem je okamžité a přesné ovládání příslušných akčních členů, které již zajistí požadovaný režim motoru. Řízení motoru tedy zajišťuje přesnou regulaci množství vstříkovaného paliva, počátku vstřiku, volnoběžných otáček, maximálních (přeběhových) otáček a dále ještě řídí dobu žhavení, systém recirkulace výfukových plynů a regulaci plnicího tlaku.
- Řízení motoru navíc provádí neustálou kontrolu jednotlivých komponentů a funkcí vstříkovacího systému, u vozidel s OBD diagnostikou (od roku výroby 2004) rovněž i kontrolu přidavných zařízení ke snižování emisí výfukových plynů. Rozpoznané chyby se zaznamenávají do paměti závad v řídicí jednotce motoru a spolu s dalšími daty jsou přístupné při sériové diagnostice.
- Snímače zajišťující vstupní informace pro řídicí jednotku motoru
 - měřič hmotnosti nasávaného vzduchu
 - snímač otáček a polohy klikové hřídele
 - snímač polohy vačkové hřídele
 - snímač polohy plynového pedálu
 - snímač teploty chladicí kapaliny
 - snímač teploty vzduchu
 - snímač teploty paliva
 - snímač tlaku plnicího vzduchu
 - spínač brzdového pedálu
 - spínač spojkového pedálu
 - signál rychlosti jízdy
 - napětí akumulátoru
 - tempomat
 - klimatizace atd.
- Akční členy ovládané řídicí jednotkou motoru
 - elektromagnetické ventily jednotek čerpadlo-tryska
 - ventil recirkulace spalin
 - ventil regulace plnicího tlaku
 - žhavicí svíčky
 - další akční členy dle výbavy motoru

Zdroje

- ELUC
- Powerpointová prezentace BOSCH a ŠKODA pro pedagogické pracovníky.
- Přehled systémů řízení vznětového motoru, BOSCH, 2009.

Obrázky:

- Obr. 1: Umístění jednotky čerpadlo-tryska. Powerpointová prezentace BOSCH a ŠKODA pro pedagogické pracovníky
- Obr. 2: Tandemové čerpadlo. Powerpointová prezentace BOSCH a ŠKODA pro pedagogické pracovníky
- Obr. 3: Palivová soustava čerpadlo-tryska. Powerpointová prezentace BOSCH a ŠKODA pro pedagogické pracovníky
- Obr. 4: Plnění prostoru vysokého tlaku. Powerpointová prezentace BOSCH a ŠKODA pro pedagogické pracovníky
- Obr. 5: Začátek pilotního vstříku. Powerpointová prezentace BOSCH a ŠKODA pro pedagogické pracovníky
- Obr. 6: Konec pilotního vstříku. Powerpointová prezentace BOSCH a ŠKODA pro pedagogické pracovníky
- Obr. 7: Začátek hlavního vstříku. Powerpointová prezentace BOSCH a ŠKODA pro pedagogické pracovníky
- Obr. 8: Konec hlavního vstříku. Powerpointová prezentace BOSCH a ŠKODA pro pedagogické pracovníky