

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Sestavení metodiky diagnostiky systému Common-Rail

Diplomová práce

2024

Mgr. Josef Dujka

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Mgr. Josef Dujka**  
Osobní číslo: **D22529**  
Studijní program: **N0788A040001 Dopravní technika**  
Specializace: **Provoz a údržba vozidel**  
Téma práce: **Sestavení metodiky diagnostiky systému Common-Rail**  
Zadávající katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

## Zásady pro vypracování

V současné době je v evidenci vozidel registrován stále velký podíl vozidel se vznětovými motory. A to jednak osobních vozidel, ale hlavně vozidel nákladních. Protože se v minulosti emisní požadavky stále zpříšňovaly, tak musely automobilky na ně reagovat a tedy spalovací motory byly doplňovány systémy pro snížení emisí. Tím se motory staly konstrukčně složitými celky. Pro jejich udržení ve vyhovujícím technickém stavu je třeba zefektivnit činnosti optimalizující údržbu spalovacích motorů. Cílem práce je sestavit ucelenou metodiku pro zjištění technického stavu vznětového spalovacího motoru s přímým vstřikováním paliva Common-Rail.

1. Analýza současného stavu poznání v oblasti diagnostiky vznětových spalovacích motorů.
2. Užití sériové a základní paralelní diagnostiky pro zjištění technického stavu vstřikovací soustavy.
3. Porovnání výhod a nevýhod sériové a paralelní diagnostiky s prezentováním chybových průběhů.
4. Vytvoření metodiky pro analýzu technického stavu systému vstřikování u vznětového motoru.

Rozsah pracovní zprávy: **50 stran**  
Rozsah grafických prací: **podle pokynů vedoucího práce**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] VLK, F.: *Diagnostika motorových vozidel*. Vyd. 1. Brno: Prof. Ing. František Vlk DrSc., 2006. 444 s. ISBN 80-239-7064-X.  
[2] TESAŘ, M., ŠEFCÍK, I.: *Konstrukce vozidlových spalovacích motorů*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-7194-550-1.  
[3] JAN, Z., ŽDÁNSKÝ, B.: *Automobily: Motory (3)*. 5. vydání. Brno: Nakladatelství Avid, spol. s r. o., 2008.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Jilek, Ph.D.**  
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání diplomové práce: **9. února 2024**  
Termín odevzdání diplomové práce: **10. května 2024**

L.S.

---

**doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Jakub Vágner, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 9. února 2024

Prohlašuji:

Práci s názvem sestavení metodiky diagnostiky systému Common-Rail jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne: 10. 5. 2024

Mgr. Josef Dujka v.r.

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Ing. Petru Jílkovi, Ph.D. za vstřícný přístup, ochotu a odborné rady při tvorbě diplomové práce.

## **ANOTACE**

Diplomová práce se zaměřuje na vytvoření metodiky měření palivového systému Common-Rail pro optimalizaci údržby spalovacího motoru. První část práce je zaměřena na poznání palivové soustavy vznětových motorů s přímým vstřikováním, principy funkce a porovnání paralelní a sériové diagnostiky v oblasti teoretické. Druhá část práce se zabývá praktickým měřením palivové soustavy vozidla s vyhodnocením jednotlivých naměřených hodnot a průběhů s použitím příslušných diagnostických metod a zařízení.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Common-Rail, palivová soustava, paralelní diagnostika, sériová diagnostika, měření

## **TITLE**

Compilation of Common-Rail system diagnostics methodology

## **ANNOTATION**

The diploma thesis focuses on the creation of a Common-Rail fuel system measurement methodology for the optimization of internal combustion engine maintenance. The first part of the thesis is focused on the knowledge of the fuel system of diesel engines with direct injection, principles of function and comparison of parallel and serial diagnostics in the theoretical area. The second part of the work deals with the practical measurement of the vehicle's fuel system with the evaluation of individual measured values and trends using relevant diagnostic methods and equipment.

## **KEYWORDS**

Common-Rail, fuel system, parallel diagnostics, serial diagnostics, measurement

# OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK.....	9
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK .....	11
ÚVOD.....	12
1 VZNĚTOVÉ MOTORY .....	13
1.1 Základní pojmy .....	13
1.2 Konstrukce vznětového motoru .....	13
1.3 Činnost vznětového motoru .....	15
1.4 Palivové soustavy vznětového motoru.....	16
2 COMMON RAIL .....	19
2.1 Princip činnosti.....	19
2.2 Palivový systém .....	19
2.2.1 Nízkotlaká část.....	20
2.2.2 Vysokotlaká část .....	21
2.3 EDC.....	24
3 MĚŘÍCÍ TECHNIKA.....	25
3.1 Současný stav poznání v oblasti diagnostiky .....	25
3.2 Sériová diagnostika .....	26
3.2.1 Diagnostický režim EOBD .....	28
3.2.2 Rozšířená VW koncernová diagnostika OBD II.....	30
3.3 Paralelní diagnostika .....	32
3.3.1 Tester tlaku paliva.....	32
3.3.2 Tester vstřikovačů Common-Rail.....	33
3.3.3 Multimetr .....	33
3.3.4 Osciloskop .....	34
3.3.5 Generátor a simulátor signálů .....	36

3.4	Vzájemné porovnání sériové a paralelní diagnostiky .....	36
4	METODIKA MĚŘENÍ PALIVOVÉ SOUSTAVY .....	37
4.1	Aplikace sestavené metodiky na vozidle .....	40
4.2	Měření mechaniky motoru .....	40
4.3	Diagnostika palivové soustavy.....	45
4.3.1	Elektrické palivové čerpadlo .....	45
4.3.2	Pomocné palivové čerpadlo .....	49
4.3.3	Snímač teploty paliva.....	52
4.3.4	Dávkovací ventil paliva .....	56
4.3.5	Snímač tlaku paliva.....	58
4.3.6	Regulační ventil tlaku paliva v railu .....	60
4.3.7	Vstříkovací ventily.....	63
	ZÁVĚR .....	67
	POUŽITÁ LITERATURA .....	68



## SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

<b>Obrázek 1:</b> Čtyřdobý pracovní cyklus [6] .....	15
<b>Obrázek 2:</b> Řadové vstřikovací čerpadlo [10].....	16
<b>Obrázek 3 :</b> Rotační vstřikovací čerpadlo [10].....	17
<b>Obrázek 4:</b> Palivový systém PD [6] .....	18
<b>Obrázek 5:</b> Common-Rail [7].....	18
<b>Obrázek 6:</b> Palivový systém Common-Rail [15] .....	20
<b>Obrázek 7:</b> Vysokotlaké palivové čerpadlo [15].....	22
<b>Obrázek 8:</b> Tlakový zásobník paliva (rail) .....	22
<b>Obrázek 9:</b> Piezoelektrický vstřikovací ventil [7].....	23
<b>Obrázek 10:</b> Obsazení pinů standardizovaného konektoru pro EOBD.....	27
<b>Obrázek 11:</b> Úvodní prostředí diagnostiky .....	30
<b>Obrázek 12:</b> Prostedí diagnostiky v řídicí jednotce .....	31
<b>Obrázek 13:</b> Tester tlaku paliva .....	32
<b>Obrázek 14:</b> Tester vstřikovačů.....	33
<b>Obrázek 15:</b> Multimetr UNI-T .....	33
<b>Obrázek 16:</b> Autoscope IV [3] .....	34
<b>Obrázek 17:</b> AutoSim Pro .....	36
<b>Obrázek 18:</b> Automobil VW Tiguan.....	40
<b>Obrázek 19:</b> Zapojení osciloskopu pro měření ElPower skriptu.....	41
<b>Obrázek 20:</b> Oscilogram zdrojové soustavy a relativní komprese .....	42
<b>Obrázek 21:</b> Reports Viewer hodnoty akumulátoru.....	42
<b>Obrázek 22:</b> Reports Viewer relativní komprese .....	43
<b>Obrázek 23:</b> Zapojení osciloskopu pro měření CCS skriptu.....	44
<b>Obrázek 24:</b> Vyhodnocení účinnosti válců CCS.....	44
<b>Obrázek 25:</b> Chybný oscilogram účinnost válců.....	45
<b>Obrázek 26:</b> Chybný oscilogram palivového čerpadla .....	46
<b>Obrázek 27:</b> Zapojení osciloskopu pro měření elektrického čerpadla .....	47
<b>Obrázek 28:</b> Oscilogram palivového čerpadla .....	47
<b>Obrázek 29:</b> Připojení testeru tlaku paliva na měření podávacího čerpadla [15].....	48
<b>Obrázek 30:</b> Tlak palivového čerpadla.....	48
<b>Obrázek 31:</b> Měření čerpaného množství [15].....	49

<b>Obrázek 32:</b> Zapojení osciloskopu pro měření přídavného palivového čerpadla .....	50
<b>Obrázek 33:</b> Oscilogram přídavného palivového čerpadla .....	51
<b>Obrázek 34:</b> Připojení testeru tlaku paliva pro měření přídavného palivového čerpadla [15]	51
<b>Obrázek 35:</b> Tlak přídavného palivového čerpadla.....	52
<b>Obrázek 36:</b> Zapojení multimetru pro měření snímače teploty paliva [15] .....	54
<b>Obrázek 37:</b> Zapojení generátoru napětí [15] .....	55
<b>Obrázek 38:</b> Zapojení osciloskopu pro měření střídavy ventilu [15].....	57
<b>Obrázek 39:</b> Oscilogram střídavy dávkovacího ventilu .....	58
<b>Obrázek 40:</b> Zapojení osciloskopu pro měření snímače tlaku paliva [15].....	59
<b>Obrázek 41:</b> Oscilogram snímače tlaku paliva.....	60
<b>Obrázek 42:</b> Zapojení osciloskopu pro měření regulačního ventilu paliva [15].....	62
<b>Obrázek 43:</b> Oscilogram regulačního ventilu paliva.....	62
<b>Obrázek 44:</b> Zapojení osciloskopu pro měření vstřikových ventilů [15].....	64
<b>Obrázek 45:</b> Oscilogram vstřikovacích trysek .....	65
<b>Obrázek 46:</b> Připojení odměrných nádob [15] .....	66
<b>Obrázek 47:</b> Odměrné nádoby.....	66
<b>Tabulka 1:</b> Přehled chybových kódů [14] .....	28
<b>Tabulka 2:</b> Parametry osciloskopu Autoscope IV [3] .....	34
<b>Tabulka 3:</b> Snímač teploty paliva log. VCDS .....	53
<b>Tabulka 4:</b> Snímač teploty paliva paralelní měření.....	54
<b>Tabulka 5:</b> Srovnání vstřikovacích trysek .....	65
<b>Graf 1:</b> Dávkovací ventil paliva.....	56
<b>Graf 2:</b> Snímač tlaku paliva .....	59
<b>Graf 3:</b> Regulační ventil paliva.....	61
<b>Graf 4:</b> Odchylka vstřikovaného množství .....	64

## **SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK**

CAN – Controller Area Network, komunikační sběrnice

CARB – Diagnostická zásuvka

CBAB – Kód motoru

CCS – Skript osciloskopu pro měření účinnosti motoru

EDC – Elektronik diesel control, elektronická regulace vznětového motoru

EOBD – European On-Board Diagnostics, Evropský standart diagnostického rozhraní

CH – Kanál osciloskopu

MIL – Malfunction Indikator Light, svítlna indikace chyb

NTC – Negative Temperature Coefficient, negativní závislost odporu na teplotě

OBD – On-Board Diagnostics, diagnostické rozhraní

OHV – Over Head Valve, druh rozvodového mechanismu

PD – Pumpedüse, vstřikovací systém vznětového motoru

PID – Parameter IDs, Parametr vztahující se k měřené hodnotě

PWM – Pulzně šířková modulace

PX – Skript pro analýzu tlaku ve válci

SFD, SWG – Diagnostická ochrana jednotek vozidel

VCDS – Sériová diagnostika

# ÚVOD

Důvodem výběru mé diplomové práce na téma sestavení metodiky diagnostiky systému Common-Rail, byla má vlastní nespokojenost s diagnostikou a stanovením oprav často kvalitními autoservisy. Mnohdy banální závady automobilů jsou řešeny výměnou drahých funkčních dílů za nové s přesvědčením, že to bude ten správný díl. Doba, kdy byly automobily z větší části mechanickou záležitost už je nenávratně pryč, a tak autoservisy musí čelit opravám, při kterých se neobejdou s potřebnými znalostmi z oblasti elektroniky a diagnostiky vozidel. Při diagnostice je důležité porozumět diagnostikovanému systému a vyhodnotit původce závady nikoliv jen vadný komponent. I když autoservisy disponují kvalitní sériovou i paralelní diagnostikou mnohdy využijí jen malou část funkcí, které jsou k dispozici.

Hlavním cílem diplomové práce je sestavit metodiku měření systému Common-Rail. Jednotlivé diagnostické operace budou provedeny jak sériovou, tak i paralelní diagnostikou. Měření uskutečním na plně funkčním vozidle, jelikož jsem přesvědčen, že by se diagnostika vozidla měla provádět i když automobil nevykazuje zjevnou závadu. Správnou predikcí závad můžeme optimalizovat údržbu vozidla, a tím udržet vozidlo déle v provozuschopném stavu.

Vedlejšími cíli chci představit a porovnat možnosti sériové a paralelní diagnostiky. U sériové diagnostiky objasním princip komunikace a jednotlivé funkce. Paralelní diagnostiku představím z hlediska druhů diagnostických zařízení, základních funkcí a možnosti práce s ní. Jako měřítko porovnání budu sledovat kvalitu měřené veličiny, časovou a finanční stránku měření.

Výsledkem efektivní diagnostiky by mělo být odhalení původce závady s co nejmenším časovým a finančním zatížením jak pro autoservis, tak pro provozovatele automobilu.

# 1 VZNĚTOVÉ MOTORY

Vznětové motory jsou velmi oblíbené z hlediska životnosti, nízké spotřeby při dostatečném výkonu a točivém momentu. Mezi další výhody patří lepší dynamika a s tím spojená celková ovladatelnost automobilu.

První zmínka o úsilí využít tepelnou energii se objevila již v roce 1678, kdy Francouz Hautefeuille chtěl využít energii střelného prachu. Návrhy zůstaly nere realizovány. Prakticky až v roce 1860 Francouz Étienne Lenoir představil motor, kde využil energii svítiplynu, který svým principem již připomíná koncepci dnešních zážehových motorů. Nikolaus August Otto a Eugen Langen zdokonalili vývoj motoru, čímž dosáhli větší tepelnou účinnost a menší měrnou spotřebu. Přelom rozvoje automobilního průmyslu byl zaznamenán v roce 1884, kdy v Německu Daimler postavil benzínový čtyřdobý motor.

O třináct let později Rudolf Diesel vynalezl pístový motor se zážehem vyvolaným stlačením vzduchu a následným vstříknutím hnacího oleje do válce. Byl to průlomový okamžik pro konstrukci vznětového motoru, který byl také označován jako Dieselův motor. [9]

## 1.1 Základní pojmy

### *Horní úvrat' (HÚ)*

- píst je nejvíce vzdálen od osy klikového hřídele

### *Dolní úvrat' (DÚ)*

- píst je nejbliže osy klikového hřídele

### *Zdvih [Z]*

- dráha vykonaná pístem mezi horní a dolní úvratí

### *Vrtání válce [D]*

- vnitřní průměr válce

### *Zdvihový objem válce [ $V_z$ ]*

- objem pracovního prostoru mezi dolní a horní úvratí

### *Objem kompresního prostoru [ $V_k$ ]*

- objem pracovního prostoru v okamžiku, kdy je píst v horní úvratí

### *Kompresní poměr [ $\epsilon$ ]*

- poměr směsi nasáté ku směsi stlačené [6]

## 1.2 Konstrukce vznětového motoru

Čtyřdobý vznětový motor se skládá ze čtyř hlavních konstrukčních skupin a příslušenství. Tyto skupiny v krátkosti přiblížím v následujících řádkách.

## **Pevné části motoru**

Jsou objemově největší částí motoru a slouží k montáži jednotlivých komponentů. Víko hlavy válců uzavírá spalovací motor z horní části, hlava válců primárně dotváří spalovací prostor a upevňuje komponenty ventilového mechanismu. Komponenty pro přívod vzduchu a odvod spalin mohou být samostatně nebo jsou integrovány do hlavy válců. Blok motoru nese klikovou hřídel, popřípadě u rozvodů OHV i vačkovou hřídel. Válce jsou vloženy nebo vytvořeny v bloku motoru. Spodní víko motoru neboli olejová vana slouží na uzavření spodní části motoru a zachycení zásoby motorového oleje. [9]

## **Klikové ústrojí**

Klikové ústrojí tvoří srdce každého motoru. První důležitou částí jsou písty, které slouží k transformaci plynné síly na mechanickou. Pomocí ojnice je možno převést mechanickou sílu pístu na klikovou hřídel, kde dochází k přeměně pohybu přímočarého vratného na rotační. [9]

## **Komponenty ventilového rozvodu**

Samotné ventily dotváří spalovací prostor a řídí výměnu směsi ve válci spolu s pružinami, které vracejí ventily do sedel hlavy válců. Hrníčková zdvihátka jsou uložena mezi ventilem a vačkovou hřídelí a samočinně vymezují ventilovou vůli prostřednictvím tlakového oleje. Pomocí řemenového nebo řetězového rozvodu je přenášen rotační pohyb z klikové na vačkovou hřídel. [9]

## **Palivová soustava**

Zásoba paliva je uložena v palivové nádrži většinou v zadní části automobilu a pomocí komponentů palivové soustavy se dopravuje do oblasti vstřikovacích trysek. Palivo je nasáváno elektrickým palivovým čerpadlem. Přeš jemný čistič se palivo čerpá do vstřikovacího čerpadla, které je od klikové hřídele poháněno rozvodem motoru. Dle koncepce motoru je palivo vedeno do zásobníku paliva (railu) nebo přímo do vstřikovacích trysek. [9]

## **Příslušenství motoru**

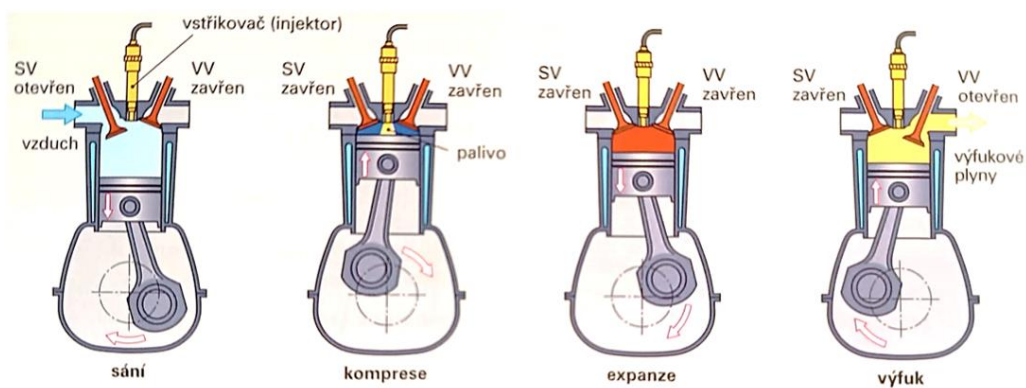
Zařízení pro spouštění motoru (spouštěč) transformuje elektrickou energii na mechanickou a dodá motoru prvotní pohyb. Pro správnou funkci motoru dosažení a udržení provozní teploty slouží chladicí systém v kooperaci s mazacím. Ten dopravuje motorový olej na mazací místa, udržuje olejový film na součástech motoru, chladí a odvádí nečistoty. [9]

### 1.3 Činnost vznětového motoru

Vznětový motor nasává čistý vzduch, který je stlačován ve spalovací komoře motoru. Motor pracuje vždy s přebytkem vzduchu. Palivo je vstříknuto do stačeného vzduchu před koncem kompresní doby motoru. Dle koncepce palivového systému může být palivo vstříknuto již v průběhu stlačování vzduchu, kdy proběhne tzv. pilotní vstřík paliva. Jelikož se zápalná směs tvoří až ve spalovacím prostoru, jedná se o vnitřní přípravu zápalné směsi. Stlačením vzduchu ve válci se vytvoří dostatečně vysoká teplota a po vstříknutí paliva dojde k samovznícení.

#### Fáze motoru

V první fázi motoru v době sání jde píst z horní úvratě do dolní, otevřený je sací ventil a nasává se vzduch zbavený nečistot do válce. Vzduch je od okolních konstrukčních částí zahříván. V druhé době komprese jde píst z dolní úvratě do horní, ventily jsou zavřené a dochází ke stlačování vzduchu ve válci. Stlačením se vzduch zahřívá na teplotu 600–900 °C a zvyšuje se tlak na 25–45 bar (kompresní tlak). Před koncem kompresního zdvihu je vstříknuto jemně rozprašené palivo. Doba mezi vstříknutím paliva a dosažením horní úvratě se nazývá předstřík. Ve třetí době expanze vlivem samovznícení paliva, a tím vytvořeným tlakem 65–160 bar se píst pohybuje z horní úvratě do dolní a koná práci. Ventily jsou ve fázi expanze zavřené. V poslední fázi výfuk jsou výfukové plyny vytlačovány pohybem pístu, který se pohybuje z dolní do horní úvratě. Výfukový ventil je otevřený. Pro lepší vypláchnutí spalovacího prostoru se na konci výfukového zdvihu otevírá sací ventil ještě při otevřeném výfukovém. Současné otevření ventilů se nazývá překrytí nebo stříh ventilů. [6]



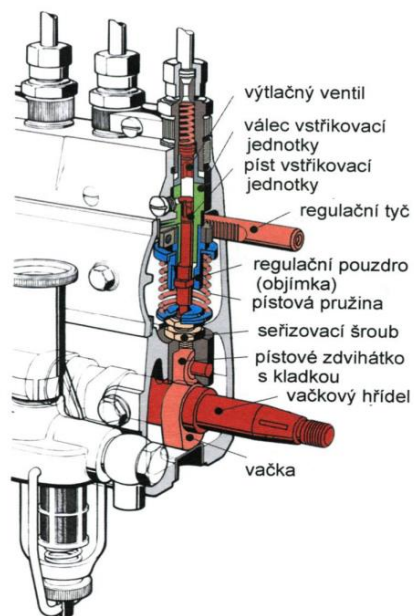
Obrázek 1: Čtyřdobý pracovní cyklus [6]

## 1.4 Palivové soustavy vznětového motoru

Palivové soustavy vznětových motorů musely reagovat na stále se zvyšující emisní limity, úsporu paliva, účinnost a mnoho dalších požadavků jak ze strany zákazníků, tak životního prostředí.

### Řadová vstřikovací čerpadla

Řadová vstřikovací čerpadla mají pro každý válec motoru jeden píst a válec čerpadla. V pístu jsou šikmé řídicí hrany, které umožňují regulaci dávky paliva pootočením pístu čerpadla pomocí regulační tyče, při nezměněném zdvihu pístu. V okamžiku, kdy horní hrana pístu uzavře sací kanál, dochází k tvorbě vysokého tlaku. Píst je poháněn vačkovou hřídelí, na které je umístěn i regulátor a odstředivý přesuvník vstřiku. Regulátor udržuje volnoběžné otáčky a omezuje maximální. Přesuvník vstřiku zajišťuje optimální dobu vstřiku se změnou otáček. Vstřikovací trysky jsou ovládány mechanicky tlakem paliva. [7]



Obrázek 2: Řadové vstřikovací čerpadlo [10]

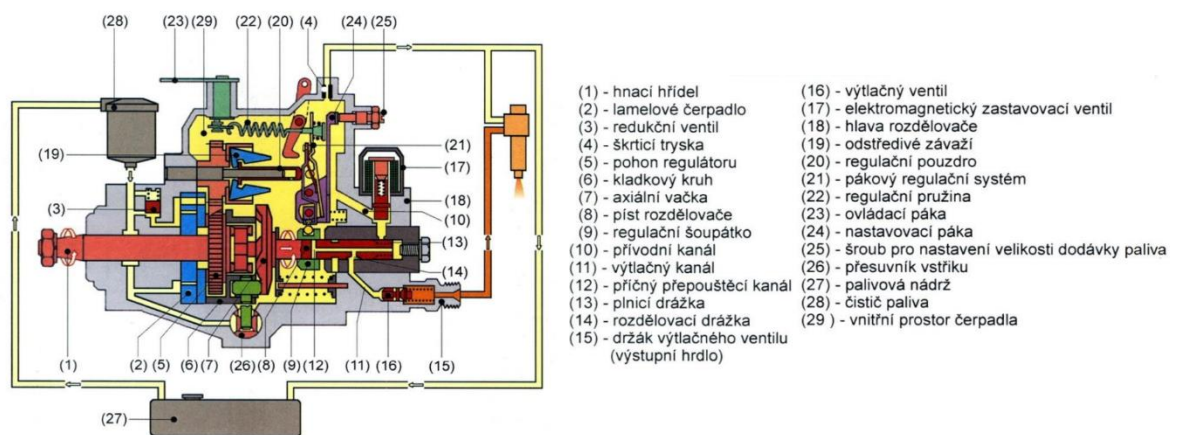
### Rotační vstřikovací čerpadlo

„Rotační vstřikovací čerpadla mají jen jeden vysokotlaký element čerpadla pro všechny válce. Lopatkové čerpadlo dopravuje palivo do vysokotlakého prostoru. Vytváření vysokého



tlaku převezme axiální píst (u axiálních vstřikovacích čerpadel) nebo více radiálních pístů (u radiálních vstřikovacích čerpadel). Rotující centrální rozdělovací píst otvírá a zavírá řídicí drážku a řídicí kanály, a přebírá tak rozdělování do jednotlivých válců motoru. Trvání doby vstřiku lze měnit regulačním šoupátkem nebo vysokotlakým elektromagnetickým ventilem.“ [7, s.158]

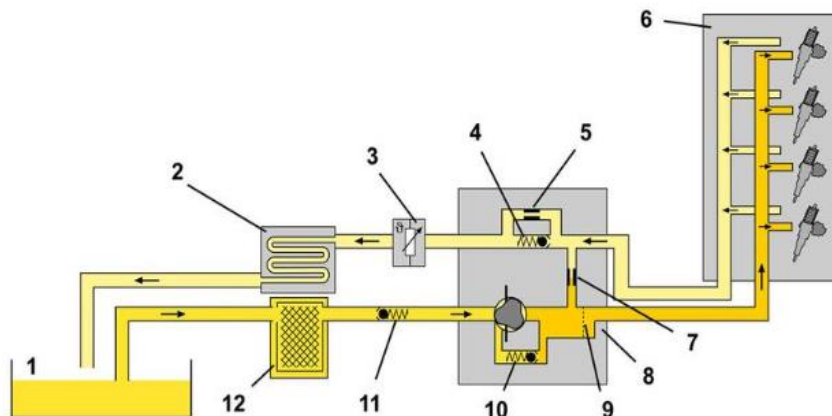
S požadavkem na efektivitu vznětových motorů se u rotačních čerpadel objevovaly elektronické regulace. „První regulace spočívá v nahrazení klasické mechanické regulace elektromagnetickým prvkem. Druhý způsob regulace je založen na vysokotlakém elektromagnetickém ventilu umístěném na výstupu vstřikovacího čerpadla, který řídí množství paliva ke vstřikovačům.“ [7, s.160]



**Obrázek 3 : Rotační vstřikovací čerpadlo [10]**

### **Sdružená vstřikovací jednotka PD (Pumpedüse)**

Hlavní odlišností palivového systému spočívá v umístění a ovládnání vstřikovacího čerpadla. Název sdružená vstřikovací jednotka vyplývá ze sdružení vysokotlakého čerpadla a vstřikovací trysky v jeden element. Každý válec je osazen jednou vstřikovací jednotkou PD, která je ovládaná přes vahadlo vačkovou hřídelí. Regulace paliva je řízena jednotkou motoru prostřednictvím elektromagnetického ventilu při neměnném zdvihu pístu vysokotlakého čerpadla.

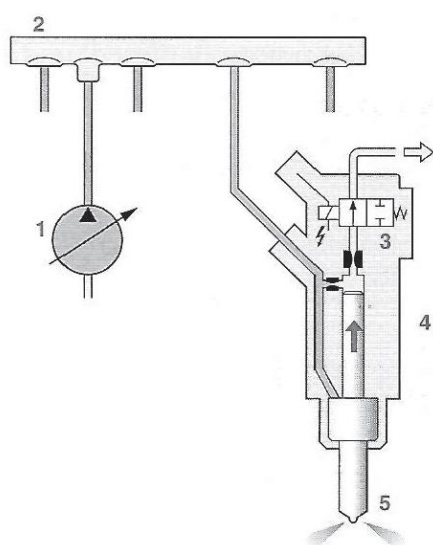


**Obrázek 4:** Palivový systém PD [6]

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

### Common-Rail

Common-Rail je v dnešní době nejpoužívanějším palivovým systémem u nynějších vznětových motorů z hlediska emisí, výkonu a hospodárnosti provozu. „U vstřikování s tlakovým zásobníkem „Common-Rail“ je odděleno vytváření tlaku a vstřikování. Vstřikovací tlak vytváří a reguluje vysokotlaké čerpadlo nezávisle na otáčkách motoru a vstřikovaném množství. Tlak je připraven pro vstřikování v zásobníku tlaku, v „zásobníku rail“. Tento systém tak nabízí maximální možnou flexibilitu při řešení procesu vstřikování.“ [7, s.166]



- 1 – vysokotlaké čerpadlo
- 2 – rail (tlakový zásobník paliva)
- 3 – vysokotlaký elektromagnetický ventil
- 4 – vstřikování,
- 5 – vstřikovací tryska

**Obrázek 5:** Common-Rail [7]

## 2 COMMON-RAIL

Současné automobilky kladou důraz na ekologii a hospodárnost provozu vznětových motorů. „*Rostoucí požadavky na nižší spotřebu, nižší škodliviny ve výfukových plynech a vždy klidný chod vznětového motoru se již nedají plnit mechanicky regulovaným systémem vstřikování.*“ [8, s.1]

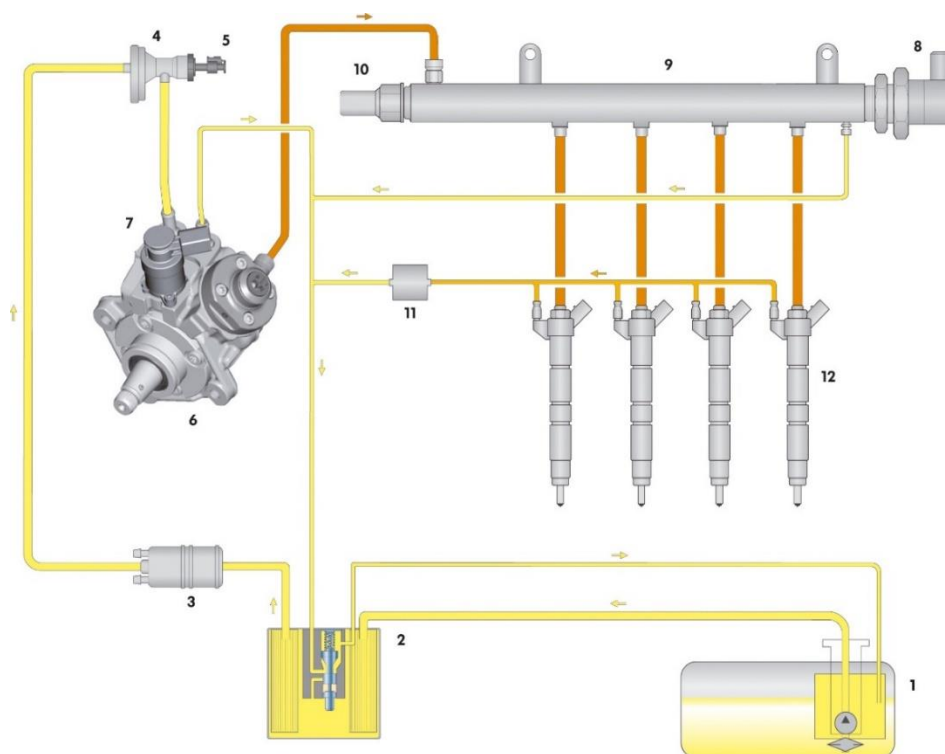
Na vývoji systému Common-Rail se podílely známé automobilky jako jsou Fiat, Mercedes-Benz, Opel v kooperaci s firmou Bosch a Beru. Vyvinuly nový systém přímého vstřikování paliva vznětových motorů. [13] Použitím vstřikování Common-Rail vykazuje motor tišší a měkčí chod, ekonomičtější spalování, úsporu paliva, a s tím související i nižší produkci škodlivých výfukových plynů. [9]

### 2.1 Princip činnosti

Palivo je dopravováno z nádrže elektrickým podávacím čerpadlem k vysokotlakému čerpadlu. Toto čerpadlo dodává palivo pod vysokým tlakem 1350–2000 bar do zásobníku tlaku (railu). Vysoký tlak paliva v zásobníku je stálý a není závislý na otáčkách motoru ani na množství vstřikovaného paliva. Okamžik a množství vstřikované dávky paliva je vypočten řídicí jednotkou na základě snímačů palivového systému motoru. Kooperací snímačů a palivové mapy motoru docílíme přesně dávkované palivo, které je prostřednictvím vstřikovacích ventilů vstřikováno do spalovacího prostoru.

### 2.2 Palivový systém

Palivový systém se skládá z části nízkotlaké, která zajišťuje dopravu, čištění a zpětnou dopravu přebytečného paliva. Nízkotlaká část je znázorněná žlutým vedením na obr. 6. Vysokotlaká část vytváří a uchovává vysoký tlak paliva pro potřeby motoru. Vysokotlaká část je znázorněná oranžovou barvou. [9]



**Obrázek 6:** Palivový systém Common-Rail [15]

- |   |  |
|---|--|
| 1 – Elektrické palivové čerpadlo            | 7 – Ventil dávkování paliva            |
| 2 – Palivový filtr s předehřívacím ventilem | 8 – Ventil regulace tlaku paliva       |
| 3 – Pomocné palivové čerpadlo               | 9 – Vysokotlaký zásobník paliva (rail) |
| 4 – Filtrační sítko                         | 10 – Snímač tlaku paliva – vysoký tlak |
| 5 – Snímač teploty paliva                   | 11 – Zpětný tlakový ventil             |
| 6 – Vysokotlaké palivové čerpadlo           | 12 – Vstříkovací ventil                |

### 2.2.1 Nízkotlaká část

#### Elektrické palivové čerpadlo

Elektrické (podávací) palivové čerpadlo je umístěno v nádrži a spíná jej řídicí jednotka motoru. Úkolem je dopravovat palivo do pomocného palivového čerpadla (u některých systémů přímo do vysokotlakého čerpadla). Součástí zástavbového bloku „*in tank*“ (čerpadlo v nádrži) je hrubý čistič nečistot a detektor množství paliva v nádrži. Tlak paliva je dle systému 0,5 – 3,5 bar.

U systému „*in line*“ je samostatné přídatné čerpadlo ve vedení, které zvýší tlak paliva na 5-10 bar. [16]

## **Palivový filtr s přehřívacím ventilem**

Úkolem palivového filtru je vyčistit palivo od nečistot o velikosti 4  $\mu\text{m}$ -5  $\mu\text{m}$  a zamezit tak poškození komponentů palivové soustavy. [16] Součástí zástavby filtru je přehřívací ventil, který zajistí dostatečnou teplotu paliva při studeném motoru a zamezuje tvorbě a vylučování parafinových složek nafty. [13] Princip funkce spočívá v bimetalovém ventilu, který u studeného motoru uzavře zpětné vedení paliva do nádrže, a tím se rychleji ohřeje zásoba paliva ve filtru.

## **Filtrační sítko se snímačem teploty paliva**

Filtrační sítko zachytává jemné částice vzniklé otěrem přídavného palivového čerpadla. Součástí nebo v oblasti vstřikovacího čerpadla je snímač teploty paliva typu NTC (se zvyšující se teplotou paliva klesá odpor) a je jedním z korekčních faktorů pro výpočet dávky paliva.

### **2.2.2 Vysokotlaká část**

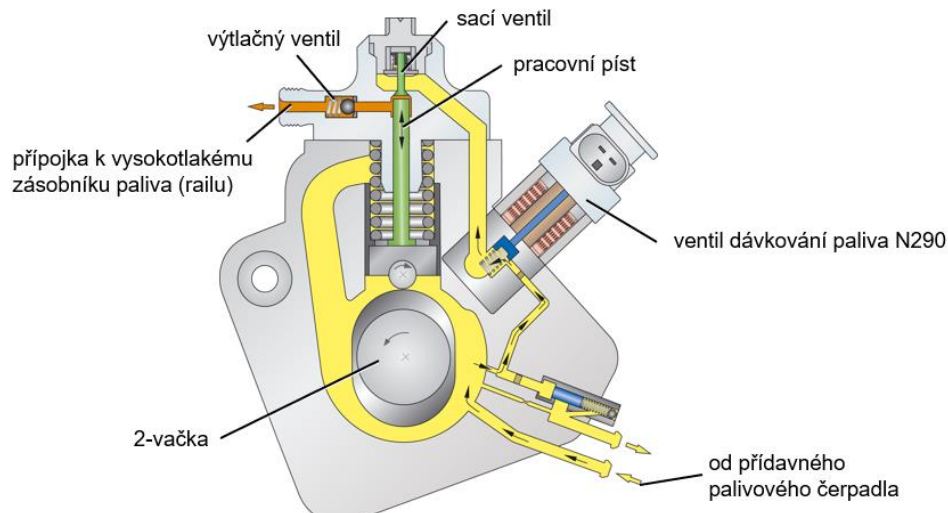
#### **Vysokotlaké palivové čerpadlo s ventilem dávkování paliva**

Úkolem čerpadla je dodávat potřebné množství paliva o dostatečném tlaku do zásobníku paliva a zajistit tak plynulý chod při všech provozních režimech motoru. Vysokotlaké čerpadlo je poháněno od klikového hřídele prostřednictvím ozubeného řemene. Mazání a chlazení čerpadla zajišťuje palivo. [10]

Z přídavného čerpadla se vtlačuje palivo do chladicího a mazacího prostoru dvojité vačky. Při pohybu vačky pružina posunuje pracovní píst do dolní úvrati, dochází k otevření sacího ventilu a plnění pracovního prostoru palivem. Vlivem pootáčení vačky dochází k pohybu pracovního pístu do horní úvrati, sací ventil se tlakem zavírá, výtlačný otevírá a dochází k dopravě vysokého tlaku paliva (až 2000 bar) do tlakového zásobníku (railu).

Dávkovací ventil pomocí střídý signálu zajišťuje potřebné množství paliva ke stlačení. V případě omezení dávkování paliva přebytečné palivo protéká z vačkové komory do zpětného vedení. Tím se zamezí zbytečnému ohřátí paliva v pracovním prostoru čerpadla. [10]

Dvojitou vačku je nutno prostřednictvím rozvodu motoru přesně časovat, aby se zamezilo poklesům vysokého tlaku při aktivaci vstřikovače.



**Obrázek 7:** Vysokotlaké palivové čerpadlo [15]

### Vysokotlaký zásobník paliva s ventilem regulace a snímačem tlaku paliva

„Úkolem vysokotlakového zásobníku je akumulovat palivo pod vysokým tlakem. Přitom svým poměrně velkým objemem tlumí kmitání vznikající dopravou paliva vysokotlakým čerpadlem a odběrem paliva při vstřikování.“ [10, s. 292]

Snímač tlaku paliva předává napěťový signál řídicí jednotce o aktuální hodnotě tlaku v railu. Signál slouží k proporcionálnímu řízení dávkovacího ventilu čerpadla a v součinnosti s ventilem regulace tlaku paliva udržuje v railu tlak konstantní. V případě příliš vysokého tlaku ventil regulace tlaku paliva přepustí palivo do zpětného vedení palivového systému. [6]



**Obrázek 8:** Tlakový zásobník paliva (rail)

## Vstřikovací ventily

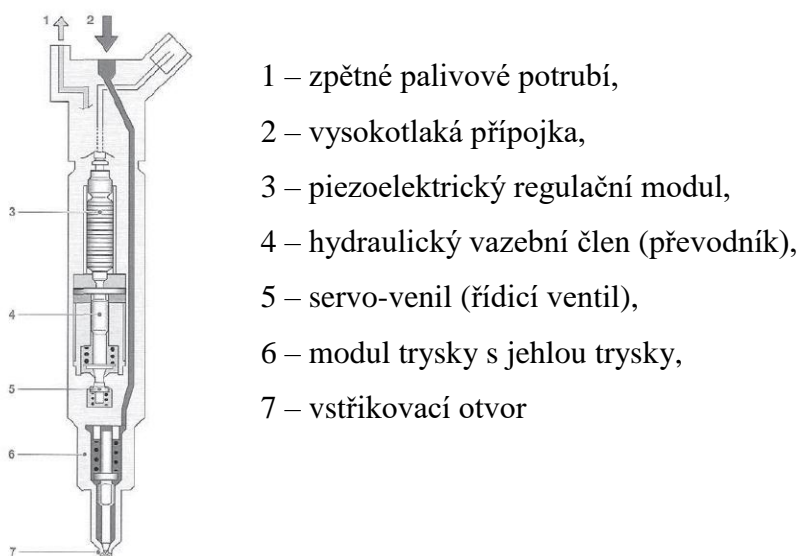
„Elektromagneticky řízený vstřikovač umožňuje přesné řízení časování i dávkování vstřiků včetně předvstřiků a dodatečných vstřiků.“ [6, s.306]

Ve fázi, kdy je vstřikovač uzavřen proudí palivo do vysokotlakého ovládacího prostoru nad píst i pod kuželovou plochu jehly. Tlak pružiny, která působí na kuličku pod kotvou ventilu a uzavírá odtokovou škrťací trysku, je větší než přiváděný tlak paliva. [6]

Při otevírání ventilu se vybudí elektromagnetická cívka vstřikovače, přitáhne cívku, a tím uvolní tlak na kuličku. Škrťací odtokovou tryskou začne protékat více paliva, než do něj přitéká, a tím se sníží tlak ve vysokotlakém ovládacím prostoru. Následkem snížení tlaku na čelní plochu ovládacího pístu se vlivem tlaku paliva na kuželovou plochu jehla nadzvedne a započne vstřik paliva. [6]

Při požadavku na ukončení vstřiku řídicí jednotka přestane budit cívku vstřikovače. Pomocí pružin se zatlačí kulička do sedla a uzavře odtokovou trysku, tím se zvýší tlak na čelní plochu ovládacího pístu. Píst tlakem ve vysokotlakém ovládacím prostoru a silou pružiny stlačí jehlu trysky do sedla a vstřik je ukončen. [6]

V systémech Common-Rail mohou být použity i piezoelektricky řízené vstřikovače. Disponují vyšší rychlostí a možností rozfázování až na sedm samostatných vstřiků, čímž se dosáhne změkčení chodu motoru a snížení škodlivých výfukových plynů. Princip vstřikovače je obdobný elektromagnetickému vstřikovači, jen je cívka elektromagnetu nahrazena piezoelektrickým elementem. [6]



**Obrázek 9:** Piezoelektrický vstřikovací ventil [7]

## **2.3 EDC**

Elektronická regulace vznětového motoru EDC (elektronic diesel control) umožňuje měření elektrických veličin pomocí snímačů, jejich zpracování v řídicí jednotce a následné ovládání akčních členů. Prvním blokem jsou snímače, které převádí různé fyzikální veličiny na elektrické signály. Řídicí jednotka zpracuje napěťové signály a podle algoritmů uložených v řídicí jednotce motoru vyšle signál do akčních členů. Ty převedou elektrickou veličinu na mechanický pohyb. [13] V řídicí jednotce je i rozhraní CAN, které umožňuje propojení dalších řídicích jednotek vozidla pro korekci provozních režimů motoru.

### **Vlastní diagnostika**

Řídicí jednotka provádí vlastní kontrolu snímačů a akčních členů dle nastavených hodnot. Kontroluje jejich napájení a výstupní signály, zdali jsou v toleranci s předepsanými parametry v jednotce motoru. V případě zjištění nesprávné funkce komponentu řídicí jednotka přepne na náhradní signál. [4]

### **Hlášení závad**

Dle závažnosti závady jednotka signalizuje poruchu rozsvícením nebo blikáním kontrolky a zapíše ji do paměti závad pro pozdější vyhodnocení diagnostickým testerem. [4]

### **Diagnostické rozhraní OBD**

Umožňuje čtení diagnostickým testerem již zapsaných závad v paměti řídicí jednotky motoru, snímání skutečných hodnot v různých režimech, aktivaci akčních členů a servisní nastavení v případě montáže nových komponentů či přizpůsobení po servisním zásahu. [4]



## 3 MĚŘÍCÍ TECHNIKA

V diplomové práci jsem pro měřicí účely využil sériovou diagnostiku VCDS Profi od firmy AutoComSoft s.r.o. Pro paralelní diagnostiku osciloskop Autoscope IV od firmy Autoscope s.r.o., multimetr UNI-T, generátor signálu AutoSim Pro. Mechanickou a vizuální kontrolu provedu přepadovým testerem pro vstřikovače a testerem tlaku paliva.

### 3.1 Současný stav poznání v oblasti diagnostiky

Diagnostických metod pro odhalení závad je mnoho. Mezi běžně používané se řadí sériová a paralelní diagnostika, testovací stolice nebo složitější laboratorní metody.

Sériovou diagnostiku můžeme rozdělit na univerzální a koncernovou neboli značkovou. Značkové diagnostiky jsou nákladnější, ale mají rozšířené možnosti měřených hodnot, základního nastavení, kódování... více viz kapitola 3.2. V posledních letech se u sériové diagnostiky objevuje pojem SFD nebo SWG což značí diagnostickou ochranu vozidel. Některé funkce jako přizpůsobení či kódování jsou omezeny a chráněny před neodbornými zásahy ze strany autoservisů. Jsou to převážně systémy, které mají přímý vliv na bezpečnost provozu. V případě značkové a koncernové diagnostiky lze požádat výrobce o token a přes portál odemknout řídicí jednotku na 90 min. V rámci sériové diagnostiky nebo technických informací se dá využít řízeného vyhledávání závad. Jedná se o asistované vyhledávání na základě měřených hodnot, které obsluha zadává do diagnostického systému.

Se zvyšujícími se emisními limity se kladou požadavky i na kvalitu výfukových plynů. V některých případech nelze diagnostikovat systém selektivní katalytické redukce bez analyzátoru výfukových plynů. Některé autoservisy disponují mobilními analyzátory výfukových plynů, které jsou vhodné i pro měření emisí vozidla při jízdě.

S nástupem palivového systému Common-Rail se musely přizpůsobit i zkušební stolice pro testování vstřikovacích jednotek. V řádech několika stovek tisíc korun lze pořídit zkušební stolici pro kontrolu vstřikovacích trysek vznětových motorů. V běžné autodiagnostice v servisních sítích se stolice se z hlediska vysoké pořizovací ceny nevyužívají a kontrola vstřikovačů se svěřuje externím firmám.

V oblasti diagnostiky, predikce opotřebení a stanovení údržby se využívá převážně na laboratorní úrovni vibrodiagnostika. Díky diagnostice vibrací lze vyhodnotit vadný díl jakéhokoliv komponentu motoru na základě pravidelných či nepravidelných oscilací. Vibrace

jsou snímány piezoelektrickými akcelerometry, které jsou umístěny v oblasti zkoumaného komponentu.

Součinností sériové a paralelní diagnostiky vznikne ucelený diagnostický systém, prostřednictvím kterého se vykonává kvalitativní diagnostika komponentů motoru. Kvalita diagnózy či stanovení prognózy závisí na vlastnostech měřící techniky a zkušenostech servisní obsluhy.

### 3.2 Sériová diagnostika

*„Automobilová diagnostika je cílený postup, který vede k odhalení závady na motorovém vozidlu nebo k nastavení či změně konfigurací jednotlivých zařízení.“ [14, s.1]*

Závady se dělí na přechodné a trvalé. U přechodných se nerozsvítí kontrolka motoru, jelikož trvají krátkodobě a svým významem nemají zásadní vliv na funkci motoru. Další závady jsou trvalé, ty se opakují nebo jsou zaznamenávány delší dobu. Při trvalých závadách se rozsvítí kontrolka. [14]

OBD (On Board Diagnostics) nebo také palubní diagnostika, označuje souhrnný název norem, který sjednotil kontrolu spalování motoru a emisní normy celosvětově s cílem vyhodnotit poruchový jev na jakémkoliv automobilu bez ohledu na tovární značku. [14]

U první generace OBD I se poruchový jev indikuje rozsvícením kontrolky a vyčtení paměti závad lze provést pomocí tzv. blikajícího kódu. [14]

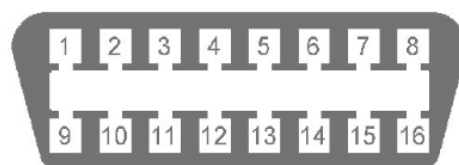
Systém EOBD (European On-Board Diagnostic) je označení pro evropskou palubní diagnostiku s cílem celosvětově omezit škodliviny ve výfukových plynech motorových vozidel. Pomocí jakéhokoliv diagnostického zařízení lze vyčíst chybová hlášení a provést kontrolu vybraných skupin komponentů. [14]

Palubní diagnostika OBD II je rozšířením předchozí generace OBD I. Norma předepisuje rozšířenější sledování jednotlivých snímačů a akčních členů ovlivňující složení výfukových plynů. Došlo také ke sjednocení zásuvky CARB. Na vyčtení chybových kódů je zapotřebí diagnostické testovací zařízení. Výrobci továrních značek automobilů a výrobci diagnostických zařízení omezují pokročilé funkce OBD II, ale funkce EOBD je zachována. Přítomnost chybových kódů se indikuje svítící nebo v kritických situacích blikající kontrolkou. [14]

Kontrolka indikace MIL (Malfunction Indikator Light) indikuje poruchu komponentů, které mají vliv na složení výfukových plynů, pokud jsou škodliviny ve výfukových plynech nad limit daný směrnici. [14]

### Diagnostická zásuvka EOBD (CARB)

Standardizovaná 16 pinová zásuvka je normalizovaná. Umístění diagnostického konektoru musí být v dosahu z místa sedadla řidiče. [14]



**Obrázek 10:** Obsazení pinů standardizovaného konektoru pro EOBD

#### *Obsazení pinů*

<b>1, 3, 8, 9</b> , specifikace dle výrobce	<b>6</b> – CAN High
<b>11, 12, 13</b> specifikace dle výrobce	<b>7</b> – Vedení K
<b>2</b> – SCP+	<b>10</b> – SCP
<b>4</b> - kostra sv. 31	<b>15</b> – Vedení L
<b>5</b> – signální kostra	<b>16</b> – Napětí baterie (+) [14]

#### **Chybové kódy**

Chybové kódy jsou normovány, tudíž všichni výrobci musí používat totožné kódy závad. Každý chybový kód je složen z pětimístné alfanumerické hodnoty. [14]

První hodnotou každého kódu je písmeno značící systém vozidla.

**B** – karoserie (Body),

**P** – hnací ústrojí (Powertrain),

**C** – podvozek (Chassis),

**U** – síťové systémy (Undefined) [14]

**P0xxx** – druhá pozice označuje kódy, které nejsou závislé na výrobcích, jsou dané ISO/SAE

**P01xx** – třetí pozice označuje konstrukční jednotku, u které se vyskytla závada

**P01xx** – čtvrtá a pátá jednotka udává lokalizaci jednotky systému [14]

**Tabulka 1:** Přehled chybových kódů [14]

P01xx Kódy nezávislé na výrobci
P01xx Odměřování vzduchu či paliva
P02xx Odměřování vzduchu či paliva
P03xx Systém a poruchy zapalování
P04xx Přídavné systémy pro řízení emisí
P05xx Rychlost vozidla, nastavení volnoběhu a další vstupní parametry

### 3.2.1 Diagnostický režim EOBD

Všechny sériové diagnostiky by měly interpretovat stejný chybový kód v režimu EOBD tzv. DTC – **D**iagnostic **T**rouble **C**ode. [12]

#### MOD 1 Měřené hodnoty

Mohou se zjistit jednotlivé hodnoty motoru v reálném čase. Dle použité sériové diagnostiky můžeme sledovat až několik bloků měřených hodnot najednou. [12]

#### MOD 1-01 Readiness kód

Pohotovostní kód nebo také kód emisní připravenosti. Osmimístné číslo signalizuje stav komponentů, které při poruše přímo ovlivňují emisní systém motoru. [12]

#### Pořadí hodnot

- 1 Zpětné vedení výfukových plynů
- 2 Vyhřívání lambda-sondy
- 3 Lambda-sonda
- 4 Klimatizace
- 5 Systém sekundárního přívodu vzduchu
- 6 Odvětrávání palivové nádrže
- 7 Vyhřívání katalyzátoru
- 8 Katalyzátor [12]

#### MOD 2 Freeze Frame

Informace o stavu dalších komponentů nebo provozních podmínek např. zatížení, otáček motoru, rychlosti vozidla v okamžiku uložení závady. [12]

### **MOD 3 Paměť trvalých závad**

EOBD rozlišuje paměti závad pro trvalé a sporadické závady. Při uložení závady do MOD 3 se rozsvítí kontrolka MIL čili již prověřená trvalá závada emisního systému. [12]

### **MOD 4 Mazání paměti závad**

Mazání závad trvalých i sporadických a současně i resetování Freeze Frame dat a hodnot lambda sondy. [12]

### **MOD 5 Hodnoty Lambda**

Nejdůležitější snímač pro detekci výfukových plynů. Řídící jednotka neustále porovnává hodnoty lambda sondy s hodnotami řídicí jednotky. Při rozdílu aktuální a požadované měřené hodnoty vyhodnotí řídicí jednotka závadu sporadickou po ověření trvalou. [12]

### **MOD 6 Průběžný test**

Testy definuje výrobce. Lze nalézt v dílenské příručce. [12]

### **MOD 7 Paměť sporadických závad**

Závady, které potřebují více jízdních cyklů na ověření závady. Kontrola MIL se nerozsvítí. [12]

### **MOD 8 Testy akčních členů**

Funkce je nepovinná a podporují ji pouze někteří výrobci. [12]

### **MOD 9 Identifikace Vozidla**

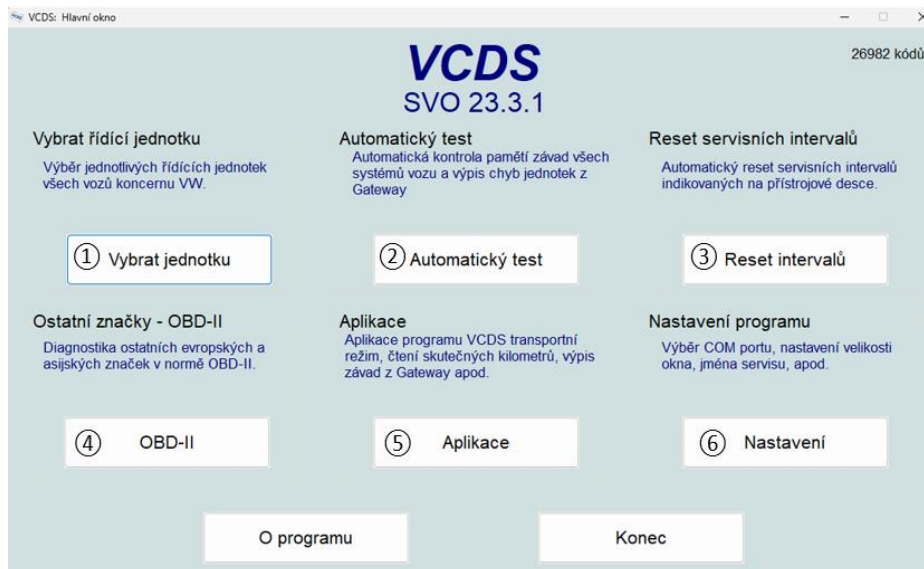
Základní identifikace vozidla pomocí sedmnáctimístného VIN kódu, informace k firmware a softwarové verzi CIN a kontrolní součty CVN (Checksum) pro narušení integrity systému. [12]

### **MOD 10 / 0xA Paměť trvalých závad**

Historie vážných statických závad, které nemohou být vymazány před provedením několika jízdních cyklů. [12]

### 3.2.2 Rozšířená VW koncernová diagnostika OBD II

VCDS je jedním s nejrozšířenějších diagnostických programů pro vozidla VW koncernu. [5]



**Obrázek 11:** Úvodní prostředí diagnostiky

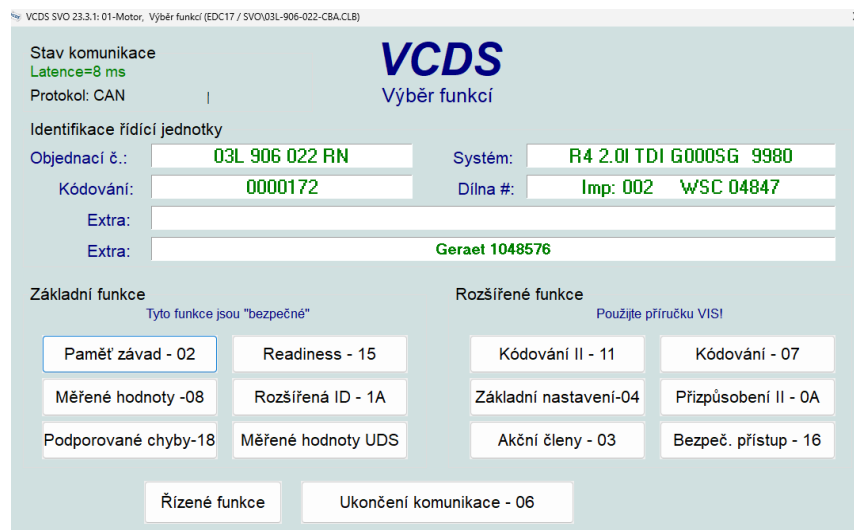
1. *Vybrat jednotku* – možnost výběru řídicí jednotky
2. *Automatický test* – automaticky vyčte paměti závad ze všech jednotek montovaných ve vozidle
3. *Reset intervalů* – automatická funkce, která umožňuje reset a změnu servisních intervalů
4. *Funkce OBD II/ EOBD* – kapitola 3.1.1.
5. 6. – *Systémové funkce*

#### Identifikace řídicí jednotky

*Objednací číslo jednotky* – slouží pro kontrolu a popřípadě fyzickou identifikaci jednotky ve vozidle. [5]

#### **R4 2,0L TDI G0000 SG**

*R4* označuje řadový čtyřválec o objemu 2,0 L s elektronickým řízením motoru s verzí softwaru 0000 a mechanickou převodovkou *SG*. Dále se v identifikaci objevuje dílčí kódování řídicí jednotky a číslo dílny, která naposledy provedla kódování řídicí jednotky.



**Obrázek 12:** Prostředí diagnostiky v řídicí jednotce

## Základní funkce

*02 Paměť závad* – výčet paměti závad spolu s Freeze Frame daty (identifikace okolnosti závady). Závady obsahují číslo VAG i číslo dle EOBD standardu.

*08 Měřené hodnoty* – možnost sledovat různé veličiny snímačů v aktuálním čase. V relaci 08 jsou přednastavené bloky měřených hodnot. Maximálně lze pozorovat 4 bloky ve 4 skupinách měřených hodnot.

*Měřené hodnoty UDS* – lze navolit 12 libovolných měřených hodnot řídicí jednotky.

## Záznam hodnot

Pro vyhodnocení a uložení hodnot v relaci 08 a 09 slouží moduly diagnostiky. Prvním modulem je VAG-Scope, který zaznamenává zvolené měřené hodnoty v grafickém zobrazení pro aktuální nebo pozdější vyhodnocení diagnostikovaného bloku hodnot. A dalším je funkce Log (DataLogging), která ukládá hodnoty měřených veličin do souboru CSV.

## Rozšířené funkce

*11 Login* – kód umožňuje vstup do nepřístupných oblastí a funkcí řídicí jednotky nejčastěji vkládání kódů imobilizéru. [5]

*04 Základní nastavení* – kalibrace akčních členů do základního nastavení. Využívá se při výměně součásti nebo odpojení akumulátoru. [5]

*03 Akční členy* – funkce akčních členů se dělí na sekvence a jednotlivý výběr akčních členů. V oblasti sekvence je předem nastavené pořadí aktivace akčních členů. Výběr umožňuje separátní výběr akčního členu bez aktivace podřízených členů. [5]

*07 Kódování* – většinou po výměně řídicí jednotky. Slouží pro kódování variant příslušenství (druh převodovky, ABS, pohon kol). [5]

*10 Přizpůsobení* – adaptace některých funkcí automobilu (korekce spotřeby, imobilizérů). [5]

*16 Bezpečný vstup* – pro zpřístupnění kódování a přizpůsobení některých funkcí. [5]

### **3.3 Paralelní diagnostika**

Je označována také jako vnější diagnostika. Zahrnuje dynamické měření fyzikálních veličin jednotlivých komponentů. Měření se realizuje pomocí externě připojených snímačů a diagnostických zařízení. Hlavní výhodou oproti sériové diagnostice je přímé připojení na měřené komponenty, a tím věrohodnější naměřené veličiny (signál není ovlivněn případnou korekcí řídicí jednotky). [14]

#### **3.3.1 Tester tlaku paliva**

Umožňuje připojení manometru přímo do okruhu vedení paliva. Snímá aktuální tlak v palivovém systému. Díky spojitému zobrazování hodnot lze sledovat případné pulzace ve vedení.



**Obrázek 13:** Tester tlaku paliva



### 3.3.2 Tester vstřikovačů Common-Rail

Ke kontrole systému Common-Rail nedomyslitelně patří i tester na konturu přepadů vstřikovačů. Tester se připojí na zpětné vedení z jednotlivých vstřikovačů a zjišťuje se množství paliva v odměrných nádobách.



Obrázek 14: Tester vstřikovačů

### 3.3.3 Multimetr

Je víceúčelový přístroj pro měření elektrických veličin. Základní veličiny napětí, proud a odpor mohou být doplněny o další funkce jako jsou měření indukčnosti, kapacity, frekvence či test diod a tranzistorů. Multimetry analogové jsou spojitě, plynulě a rovnoměrně. Zobrazování dané veličiny je udáváno vychýlením ručky. Výhodou měření analogovým multimetrem je právě v plynulém a spojitém měření např. signálu lambda sondy, kde je zapotřebí rozpoznat kolísání napětí. Digitální multimetry jsou číslicové, nespojitě a měří skokově. Měřená hodnota se mění po celých jednotkách a display zobrazuje skokově číselný údaj. [14]



Obrázek 15: Multimetr UNI-T

### 3.3.4 Osciloskop

Osciloskop umožňuje zobrazit grafický průběh signálu. Pomocí různých převodníků může snímat i další fyzikální veličiny jako tlak, teplotu, otáčky, ale vždy se veličiny převádí na elektrické napětí. [11] Pomocí osciloskopu lze diagnostikovat i mechaniku motorů.



Obrázek 16: Autoscope IV [3]

Tabulka 2: Parametry osciloskopu Autoscope IV [3]

Parametry	Hodnoty
Počet analogových vstupů	8
Rozsah napětí (přepínatelný, dva rozsahy)	1...4 - $\pm 6 / 30 \text{ V}$
	5, 6 - $\pm 60 / 300 \text{ V}$
	7,8 - $\pm 6 \text{ V}$
Vstupní impedance	1 M $\Omega$
Rozlišení ADC	12...16 bit
Maximální vzorkovací frekvence pro kanál	v 1 kanálu-12,5 MHz
	ve 2kanálovém režimu-5,0 MHz
	ve 4kanálovém režimu-2,5 MHz
	v 8kanálovém režimu-1,25 MHz
Parametry měřítka	1kanálový dílčí režim -2 $\mu\text{S} / \text{Div}$
	2kanálový dílčí režim -5 $\mu\text{S} / \text{Div}$
	4kanálový dílčí režim -10 $\mu\text{S} / \text{Div}$
	8kanálový dílčí režim -20 $\mu\text{S} / \text{Div}$

## **Režimy osciloskopu**

Osciloskop pracuje s analogovým a logickým režimem. Analogový režim disponuje menší vzorkovací frekvencí a je určen pro měření snímačů akčních členů, elektrických a mechanických systémů vozidla. Logický režim je navržen pro snímání dvouúrovňových signálů. Zobrazuje a zaznamenává digitální průběh tedy přítomnost nebo absenci signálu.

## **Zásuvné moduly**

PlugIns jsou softwarové pluginy, které umožňují automatickou analýzu v reálném čase.

*Panel analyzátoru "Dx\_Panel"* – analyzuje průběhu vakuové pulzace v sacím potrubí.

*Panel analyzátoru "SoftwareFilter\_Panel"* - umožňuje filtrování signálu pomocí filtračních algoritmů typu dolní, horní propust a vrubová filtrace. Modul je užitečný pro analýzu signálu v přítomnosti šumu. [2]

## **Skripty analyzátoru**

Systém umožňuje provádět automatickou analýzu křivek. Zaznamenaná křivka se převede do bloku analyzátoru, kde grafickou a číselnou metodou se křivka vyhodnotí a porovná s křivkami optimálních průběhů. [2]

*"CSS" skript* – identifikace nerovnoměrného chodu motoru a detekce účinnosti jednotlivých válců. Závadu identifikuje v systému zapalování, palivovém systému nebo v mechanice motoru. Skript vyčítá počet zubů na kole snímače otáček motoru a vykreslí průběh graficky. [2]

*"Px" skript* – navržen pro hloubkovou analýzu tlaku ve válci. Z naměřeného grafu poskytne výsledky v textové i grafické podobě. Vyhodnotí hodnoty jako časování ventilů, relativní množství vzduchu ve válci, v závislosti na poloze pístu, špičkový tlak atd. [2]

*"ElPower" Skript* – získání komplexní informace o stavu komponentů, spouštění motoru dobíjení a test relativní komprese. [2]

### 3.3.5 Generátor a simulátor signálů

Mezi paralelní diagnostiku patří také simulátor automobilových senzorů a generátor signálu AutoSim Pro od firmy Ditek. V režimu SensorSim generátor simuluje výstupní signály automobilních senzorů. Je přednastaven snímač klepání, lambda sonda, hallův a indukční snímač otáček. U generátoru můžeme nastavit počet zubů indukčního kola, počet vynechaných zubů, simulovanou rychlost otáček a amplitudu signálu.

Další využívanou funkcí je generátor obdélníkového, sinusového, pilového a trojúhelníkového signálů. Pro řízení akčních členů používáme nejčastěji obdélníkový PWM signál. Generátor aktivuje akční členy nezávisle na ovládní řídicí jednotkou. [1]



Obrázek 17: AutoSim Pro

### 3.4 Vzájemné porovnání sériové a paralelní diagnostiky

V porovnání sériové a paralelní diagnostiky je zřetelný rozdíl. U sériové diagnostiky se měří fyzikální veličiny ze snímačů přepočtem na napěťový signál, který se v řídicí jednotce převede na digitální. Diagnostický přístroj poté umožňuje v měřených hodnotách pozorovat odchylky měřených hodnot od požadovaných. Paralelní diagnostika se zapojuje přímo na snímače nebo akční členy. Fyzikální veličina se pouze převede na napěťový signál a měřicí technika jej vyhodnotí číselně či graficky. Lze externě ovládat jednotlivé akční členy a sledovat jejich fyzickou aktivitu. V případě závady odpadá možnost řídicí jednotky nahradit snímač jiným či vykonávat korekci. Pořizovací cena sériové diagnostiky je v řádu desítek tisíc a práce s ní je časově méně náročná. Oproti tomu cena paralelní diagnostiky se může přiblížit ke stotisícům a časově je několikanásobně zdlouhavější. Přesto jsou možnosti měření paralelní diagnostikou větší.

## 4 METODIKA MĚŘENÍ PALIVOVÉ SOUSTAVY

Pro reálné a efektivní použití zjišťování technického stavu vozidel, a to zejména v případě nestandardního chování automobilu, využíváme konvenčních i nekonvenčních technik měření. Konvenční technologie jsou zcela běžně využívány v opravárenských sítích. Nekonvenční technologie měření jsou zatím neprobádanou oblastí, jelikož nad zjišťováním původce závady převládá priorita kvantity oprav nad kvalitou.

Cílem měření vstřikovací soustavy vznětového motoru je ověření, zdali systém splňuje předepsané hodnoty jednotlivých komponentů. Mechanika motoru, snímače, řídicí jednotka a akční členy tvoří ucelený systém motoru. Diagnózou a prognózou můžeme zajistit efektivní provoz, kultivovanost chodu a optimalizovat údržbu motoru.

Před započítím oprav je nutné zjistit aktuální stav závad automobilu z hlediska sériové diagnostiky, především výpis paměti závad z řídicích jednotek vozidla. Pokud v řídicích jednotkách nebude uložena závada, která by mohla mít vliv na měření vstřikování motoru, můžeme v měření pokročit.

Základním předpokladem pro měření komponentů palivového systému je bezproblémový mechanický stav motoru. Měření nekonvenční technologií nabízí možnost zjištění bezvadnosti komponentů motoru bezdemontážní metodou. Nejprve diagnostikujeme zdrojovou soustavu pomocí paralelní diagnostiky Autoscope IV s použitím skriptu ElPower. Skript umožňuje kontrolu akumulátoru, alternátoru, startéru, žhavení a relativní komprese motoru. Pokud zdrojová soustava a těsnost válce nevykazuje nestandardní stav, tak můžeme pokračovat na měření účinnosti motoru pomocí CCS skriptu. Ten z otáček klikové hřídele impulzu vstřikovače vyhodnotí energii dodávanou jednotlivými válci. Pokud komponenty mechanických částí vyhoví kontrole, lze pokročit na měření palivové soustavy.

Je důležité začít měření u nízkotlaké části prvním akčním komponentem palivové soustavy. Elektrické palivové čerpadlo v nádrži se testuje sériovou diagnostikou v akčních členech na spínání řídicí jednotkou motoru. Tlakovým testerem měříme přímo tlak paliva na vstupu do přídavného čerpadla. Aktivovat komponent můžeme přes sériovou diagnostiku, propojením kontaktů ovládacího relé nebo pomocí paralelní diagnostiky AutoSim Pro generovat napětí. Dále provedeme test čerpaného množství pomocí odměrných nádob. Odpojíme palivové vedení na vstupu do přídavného čerpadla a aktivujeme elektrické čerpadlo. Sledujeme množství paliva načerpaného za dobu třiceti sekund. Hodnoty porovnáváme s hodnotami předepsanými. Při aktivaci čerpadla v předchozích testech souběžně měříme

osciloskopem průběh proudu a napětí při chodu čerpadla, kde sledujeme velikost a rovnoměrnost odběru proudu a pokles napětí.

Dopravní čerpadlo umístěné v motorovém prostoru testujeme totožným způsobem jako čerpadlo elektrické v nádrži vozila. Poslední částí nízkotlakého palivového systému je snímač teploty paliva, který se testuje sériovou diagnostikou VCDS v měřených hodnotách a paralelně měřením napětí a odporu při změně teploty. U obou diagnostických metod sledujeme rovnoměrnost nárůstu či poklesu odporu a napětí. Naměřené hodnoty vyhodnotíme dle tolerancí hodnot předepsaných. Popřípadě generátorem AutoSim Pro kontrolujeme vedení generováním příslušného napětí do řídicí jednotky. Při splnění požadovaných hodnot nízkotlaké části palivové soustavy je zajištěna bezproblémová dodávka paliva do části vysokotlaké.

U vysokotlaké větve je výhodné měřit dávkovací, regulační ventil a snímač tlaku paliva ve spojitosti. Akční členy a snímač spolu úzce souvisí. Nejprve v sériové diagnostice vyčteme procentuální ovládání dávkovacího a regulačního ventilu v součinnosti se snímačem tlaku paliva. Aby byly zřetelné změny v ovládání musíme akcelarovat. Osciloskopem naměříme střidu obou ventilů a napětíovou hodnotu snímače tlaku paliva. Ventily řídí a udržují tlak paliva ve vysokotlakém zásobníku tak, že při akceleraci dávkovací ventil otevírá a regulační zavírá.

Poslední částí vysokotlaké palivové soustavy jsou samotné piezovstříkovací ventily, které impulzem z řídicí jednotky dávkuje potřebné palivo do válce. V sériové diagnostice lze zjistit vstříkované množství jednotlivých vstříkovačů a jejich odchylky od požadované hodnoty vstříkování. Osciloskopem změříme okamžik, počet a průběh otevření vstříkovacích ventilů zobrazenou v grafické, napětíové a proudové hodnotě. Jako dalším testem lze pomocí odměrných nádob stanovit množství paliva ve vratném vedení vstříkovacích ventilů, kde se přepadové palivo z jednotlivých válců nesmí lišit o více jak 10 ml.

## **Práce s osciloskopem**

Při práci s osciloskopem je nutné dodržovat pravidla elektrického měření. Při připojování měřících svorek a vodičů, musíme dbát na dokonalou čistotu součástí. Drobné oxidace mohou zkreslit výstupní signál a měření by bylo nepřesné.

Před zahájením každého měření je nutné připojit černou svorku napájecího kabelu osciloskopu na minusový pól akumulátoru. Dále červený vodič napájení osciloskopu připojit na kladnou svorku akumulátoru, kterou využíváme na napájení jednotlivých snímačů při měření. Dbáme na umístění měřících kabelů, co nejdále od vysokého napětí, z důvodu zkreslení signálu. Zamezíme i fyzickému poškození od horkých a pohyblivých součástí motoru.

Při splnění základních podmínek spustíme v notebooku program Autoscope 4 a připojíme přes USB kabel hardware osciloskopu. Výběr měřicího kanálu musí odpovídat měřenému komponentu. Kanály jsou rozděleny dle maximálního napětí do 30 V, 300 V,  $\pm 6$  V na měření vysokého napětí, s čím je spojena i přesnost měření. Počet měřených kanálů ovlivní i vzorkovací frekvenci na kanál. Bezprostředně před měřením po zvolení rozsahu kanálu, musíme nastavit jednotlivé parametry, jakými jsou analogový nebo digitální režim, horizontální a vertikální osu, kompenzaci signálu, režim špičkového zobrazení nebo řídicí hranu signálu.

Po nastavení základních parametrů můžeme připojit měřicí sondy paralelně na diagnostikovaný komponent. Měřicí techniku připojujeme pomocí paralelního měřicího boxu nebo popřípadě měřicími hroty ze zadní části konektoru kolem těsnící průchodky. Nikdy nepropichujeme izolaci vodiče ani do pružného pinu konektoru nevkládáme měřicí hroty. Po měření signál vyhodnotíme, popřípadě porovnáme naměřený signál se signály z knihovny oscilogramů. V případě odpojených komponentů při provozu systému, je nutno smazat paměti závad příslušných řídicích jednotek.

### **Práce se sériovou diagnostikou**

Při připojování sériové diagnostiky dbát na dostatečné napětí v síti vozidla. Brát v potaz závady všech řídicích jednotek, z důvodu ovlivnění jednotlivých funkcí. V případě výskytu závady ji nejprve uložit a poté až smazat. Některé závady mohou být nápomocné při zjišťování nestandardního chování automobilu. Při aktivaci akčních členů je nutné dodržovat zásady bezpečnosti práce a ochranu komponentů při nesprávném použití.

### **Práce s palivovou soustavou**

Při připojování paralelní diagnostiky do palivového systému musíme dodržovat pravidla čistoty práce a bezpečnosti. Při práci na nízkotlaké části dbáme na čistotu odpojovaných součástí, chráníme systém před vniknutím nečistot a kontaminací dalších komponentů či životního prostředí. Po připojení paralelní diagnostiky do nízkotlakého okruhu před spuštěním motoru pomocí sériové diagnostiky odvzdušníme palivový systém.

Při práci ve vysokotlaké části musíme nejprve snížit sériovou diagnostikou tlak paliva a až poté můžeme demontovat jednotlivé komponenty systému. Při nedodržení postupu hrozí poranění tlakem paliva. Dále platí stejná pravidla jak pro práci na nízkotlaké palivové soustavě.

## 4.1 Aplikace sestavené metodiky na vozidle

Pro měření jsem si vybral automobil Volkswagen Tiguan s řadovým přeplňovaným motorem 2.0 TDI 103 kW CBAB 4Motion. Motor disponuje systémem přípravy směsi Common-Rail. Automobil byl vyroben v roce 2009 a nyní má nájezd před 210 000 km. Na diagnostikovaných částech palivové soustavy nebyly uskutečňovány opravy.



Obrázek 18: Automobil VW Tiguan

## 4.2 Měření mechaniky motoru

Předpokladem pro kontrolu jakýchkoliv komponentů a systémů motoru je funkční mechanika. Mechanickou stánku motoru budu měřit nekonvexní metodou pomocí osciloskopu a jednotlivých skriptů.

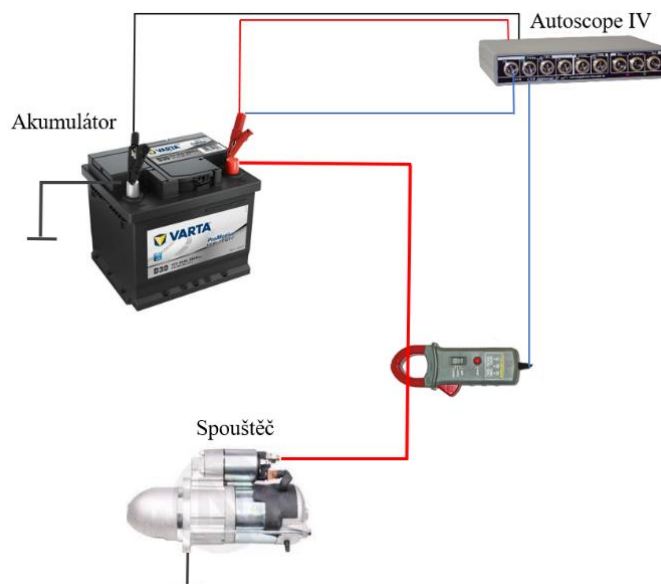
### "EIPower" Skript

Skript slouží k měření zdrojové soustavy a relativní komprese vozidla. U akumulátoru kontroluji pokles napětí při odběru proudu spouštěče a maximální proud, který je schopen předat spouštěči. U spouštěče měřím potřebný proud k roztočení spouštěče. Z odběru proudu spouštěče zjistím relativní kompresi jednotlivých válců.



### Postup měření

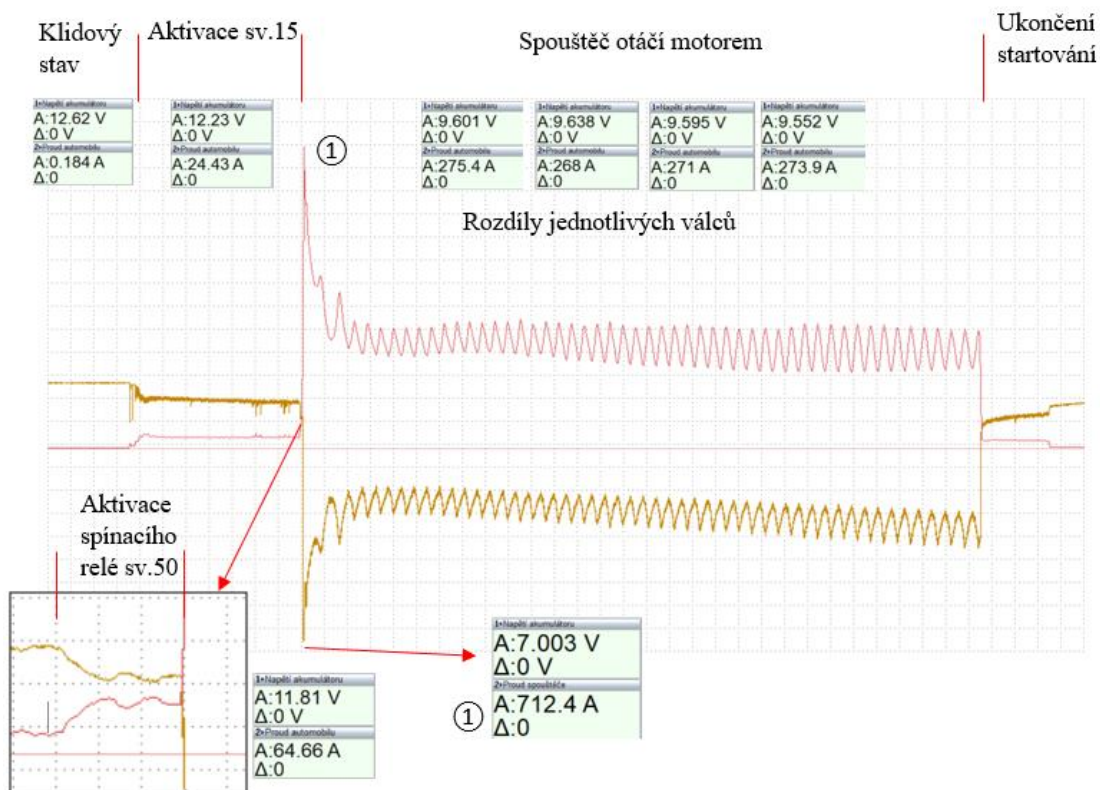
- Zamezit motoru nastartovat (odpojit napájení motorové jednotky, odpojit vstřikovače)
- Připojit napájení a společnou kostru osciloskopu na akumulátor.
- CH 1 signál napětí akumulátoru.
- CH 2 proudové kleště APPA36T s rozsahem 100–600 A na kladný silový vodič spouštěče.
- V notebooku spustit program USB Oscilloscope, v modes vyhledat EIpower a spustit nahrávání.
- Startovat vozidlo. Min. 5-10 cyklů.
- Po realizaci měření je třeba smazat paměť závad.



**Obrázek 19:** Zapojení osciloskopu pro měření EIpower skriptu

### Vyhodnocení oscilogramu

V klidovém stavu je napětí akumulátoru na hodnotě 12,62 V. Hodnoty jsou v toleranci plně nabitého akumulátoru (12,50–12,80 V). Při aktivaci sv.15 napětí poklesne na 12,23 V z důvodu odběru elektrického proudu komponenty motoru. Aktivací sv. 50 vzroste proud odběrem spínací cívky spouštěče a palivových čerpadel na hodnotu 64,66 A s poklesem napětí v palubní síti na 11,810 V. Při aktivaci spouštěče vzroste proud na 712 A při startovacím napětí 7,00 V. Dle předepsaných hodnot by nemělo napětí klesnout pod 8,50 V. Akumulátor vykazuje nižší napěťové hodnoty. Po ustálení jednotlivých válců proudové rozdíly nepřekračují předepsaný rozdíl mezi válci (max. 20 A). Relativní komprese motoru je v pořádku.



**Obrázek 20:** Oscilogram zdrojové soustavy a relativní komprese

### Automatické vyhodnocení pomocí Reports Viewer

Také automatické vyhodnocení signálu určil nízké napětí na akumulátoru. I když je akumulátor na 90 % nabitý, přesto vykazuje pouze 75 % ze specifikovaného startovacího proudu. Akumulátor z hlediska měření nevyhovuje.



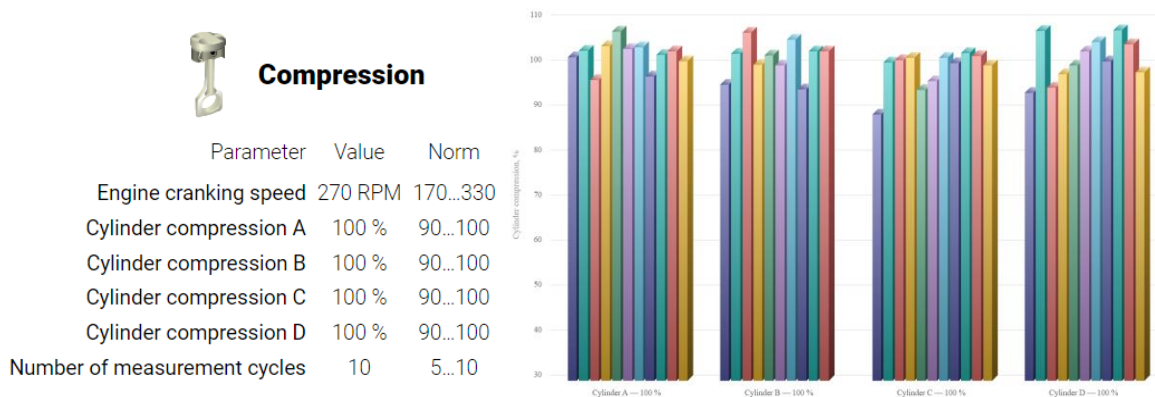
#### Battery 12 V

Available battery current is insufficient for the starter's demand

Parameter	Value	Norm
Initial voltage	12.6 V	12.2...12.7
Charge level	90 %	50...100
Voltage under load	7 V	8.5...10.0
Actual starting current EN	400 A	810...950
Percentage from specified starting current 540 EN	75 %	85...105

**Obrázek 21:** Reports Viewer hodnoty akumulátoru

Relativní komprese vyhodnocena automatickým testem vyhověla. Hodnoty jednotlivých válců vykazují 100 % hodnoty.



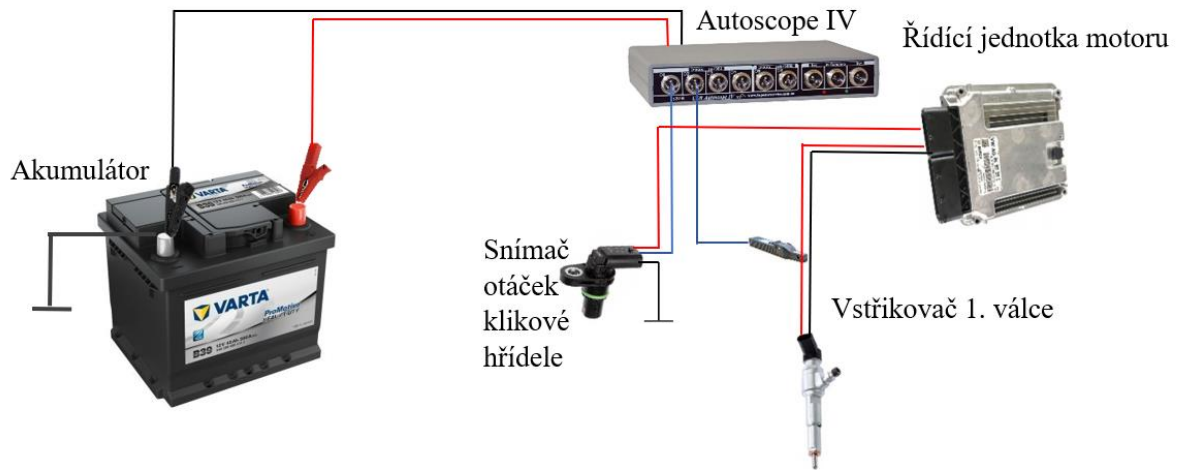
**Obrázek 22:** Reports Viewer relativní komprese

## CCS skript

Pomocí skriptu je možné zjistit účinnost jednotlivých válců. Skript u mého měření poslouží pouze k identifikaci válce, který dodá méně energie než ostatní.

### *Postup měření*

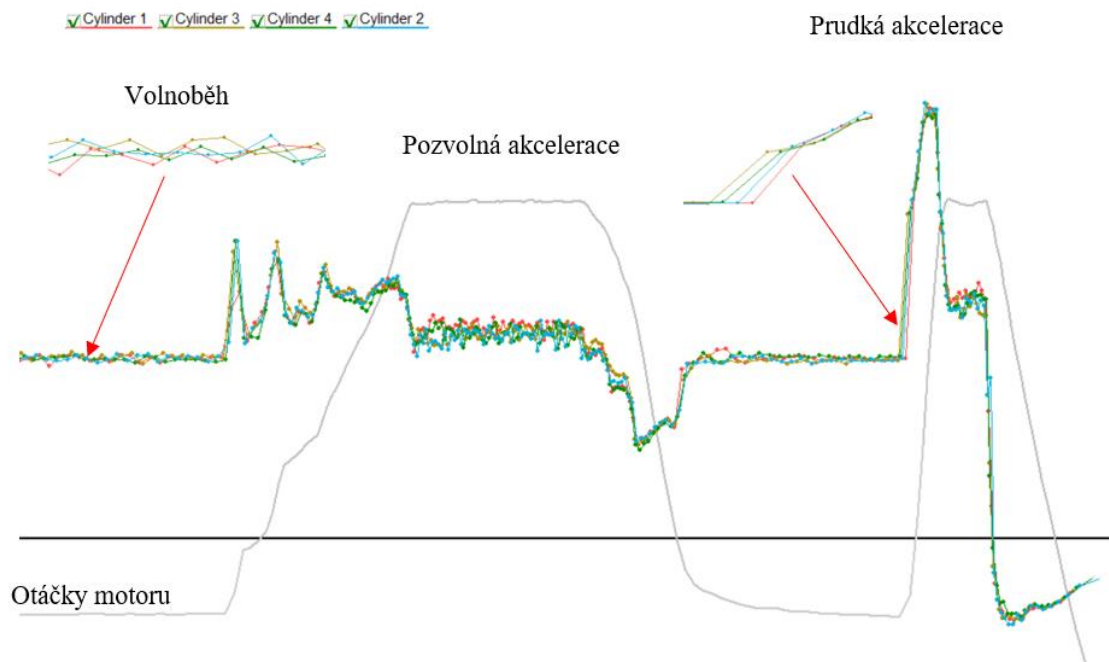
- Připojit napájení a společnou kostru osciloskopu na akumulátor.
- CH 1 signál ze snímače otáček klikové hřídele.
- CH 2 proudové kleště CTi-50 s rozsahem 10 mA–50 A na signál vstřikovače prvního válce.
- V notebooku spustit program USB Oscilloskope, v modes vyhledat CSS Diesel a spustit nahrávání.
- Motor běží ve volnoběžných otáčkách a je zahřátý na provozní teplotu.
- Plynule zvyšujeme otáčky na 3000 ot/min při dosažení plyn uvolníme.
- Z volnoběžných otáček naplno stiskneme plynový pedál, jakmile otáčky dosáhnou 3000 ot/min vypneme zapalování pedál neuvolňujeme.



**Obrázek 23:** Zapojení osciloskopu pro měření CCS skriptu

## Vyhodnocení

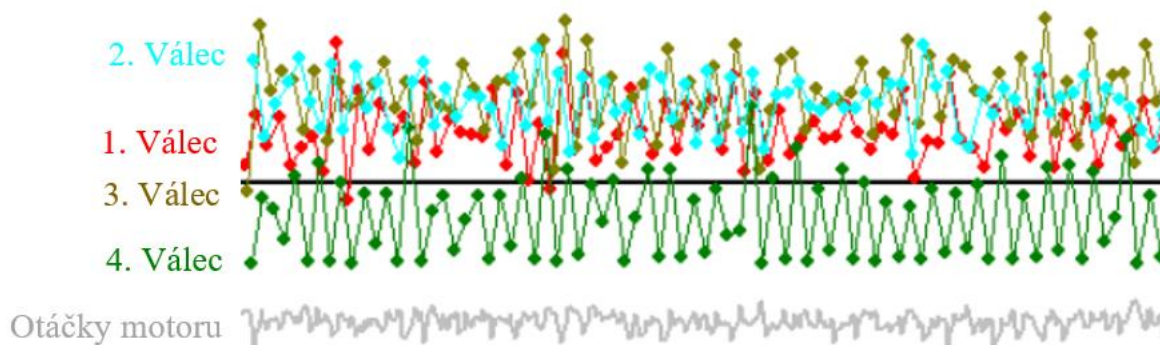
Na obr. 24 lze na průběhu signálu válců při volnoběžných otáčkách pozorovat ustálené hodnoty. Jednotlivé válce pravidelně a téměř shodně dodávají pohybovou energii klikové hřídeli. Nic se nemění ani při pozvolné a prudké akceleraci. Účinnost jednotlivých válců je velmi dobrá, nerovnoměrnost chodu motoru nebyla zjištěna. Z hlediska měření mechanická stránka motoru vyhovuje.



**Obrázek 24:** Vyhodnocení účinnosti válců CCS

## Příklad chybného oscilogramu účinnosti motoru

Na první pohled lze v oscilogramu zpozorovat kolísání volnoběhu na průběhu signálu otáček motoru. Při měření nesmí účinnosti jednotlivých válců poklesnout pod černou osu. Závada byla na vstřikovači čtvrtého válce.



**Obrázek 25:** Chybný oscilogram účinnost válců

Výsledky měření mechanické stránky motoru dopadly velmi dobře. Jediný komponent vozidla, který nevyhověl je akumulátor. U dalšího měření je nutno brát zřetel na nižší kapacitu akumulátoru v případě měření vozidla v klidovém stavu.

## 4.3 Diagnostika palivové soustavy

### 4.3.1 Elektrické palivové čerpadlo

Hlavní účel čerpadla je dopravovat palivo do palivového filtru a zabezpečit dostatek paliva pro potřeby motoru. Palivové čerpadlo je ve funkci od startu motoru a kontinuálně dodává palivo bez ohledu na jeho spotřebu.

### Sériová diagnostika

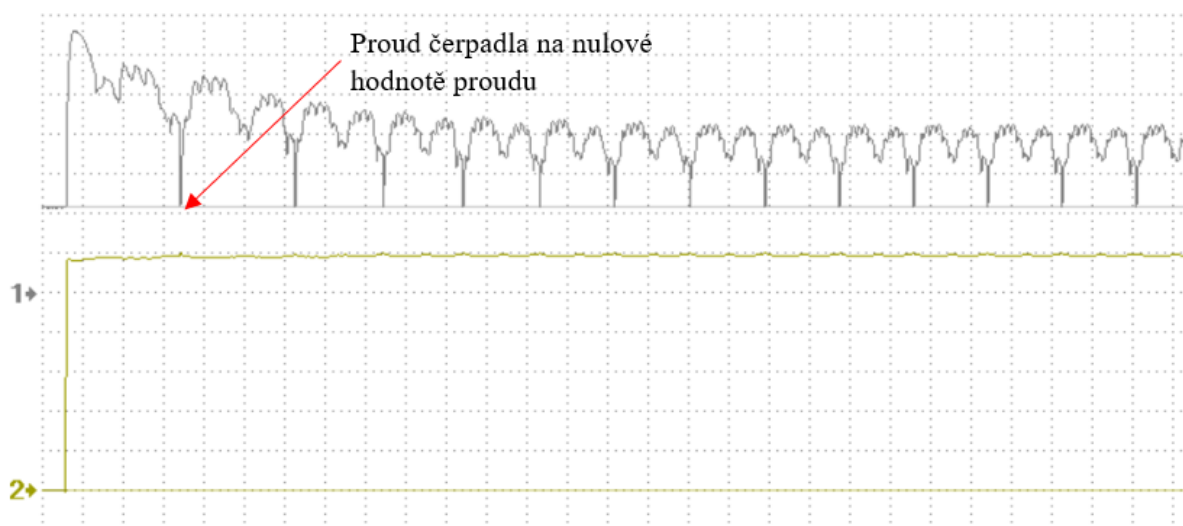
Zapojím sériovou diagnostiku VCDS do zásuvky CARB, zvolím řídicí jednotku 01–Motor, provedu kontrolu paměti závad, vyberu funkci akční členy a řádek aktivace relé palivového čerpadla. Řídicí jednotka aktivuje čerpadlo impulzy spínanými po 1 s. Pokud je akusticky slyšet spínání relé, palivového čerpadla v nádrži a doprava paliva v motorovém prostoru, lze konstatovat, že ze strany sériové diagnostiky čili spínání čerpadla řídicí jednotkou je čerpadlo v pořádku.

## Paralelní diagnostika

I když čerpadlo vyhovělo v testu sériové diagnostiky, není jisté, že vyhovuje předepsaným elektrickým hodnotám a dopravě paliva o potřebném tlaku a v potřebném množství do filtru paliva.

### Příklad chybného oscilogramu palivového čerpadla

Závada se projevovala sporadickou nemožností nastartovat motor. Palivové čerpadlo vykazuje cyklický propad proudu na nulovou hodnotu z důvodu závady na komutátoru motoru.



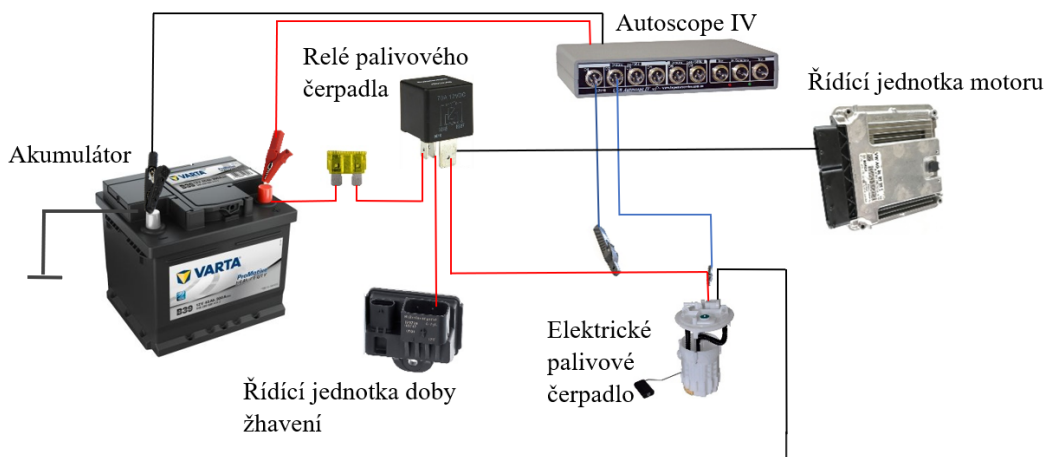
**Obrázek 26:** Chybný oscilogram palivového čerpadla

## Autoscope IV

Zkouška osciloskopem prověří proudový odběr a napájení podávacího čerpadla.

### Postup měření

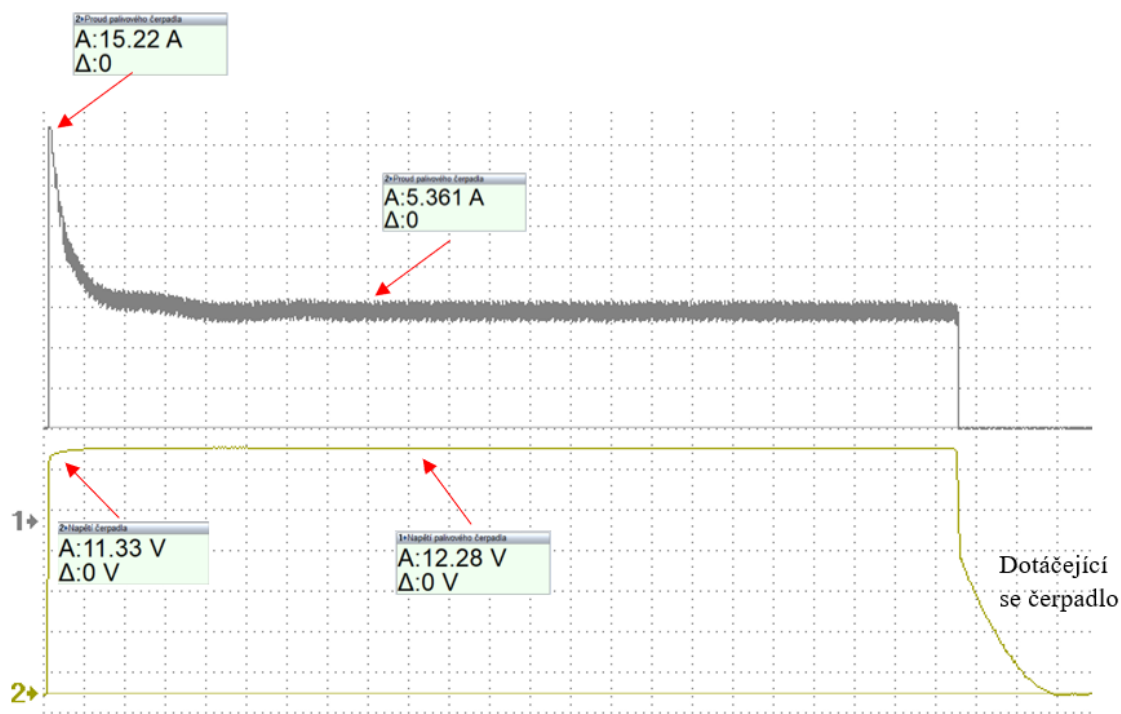
- Připojit napájení a společnou kostru osciloskopu na akumulátor.
- CH 1 proudové kleště CTi-50 s rozsahem 10 mA–50 A na napájení čerpadla.
- CH 2 měřicí sonda pro měření napětí.
- V notebooku spustit program USB Oscilloskope, v modes vyhledat 2 channel a spustit nahrávání.
- Propojení relé palivového čerpadla sv. 30 a 87 nebo nastartovat motor a nechat běžet ve volnoběžných otáčkách cca. 10 s.



**Obrázek 27:** Zapojení osciloskopu pro měření elektrického čerpadla

## Vyhodnocení

Hodnoty a signál elektrického čerpadla v nádrži je bez vady. Proudový náběh čerpadla je 15,22 A s poklesem napětí na 11,330 V. Předepsaný odběr čerpadla je maximálně 7,50A. Naměřený proud 5,36 A splňuje předepsanou hodnotu. Při vypnutí čerpadla je na napěťovém oscilogramu CH2 pozorovatelné dotáčení čerpadla, kdy vyrábí elektrickou energii. Čerpadlo dle měření osciloskopem vyhovuje.



**Obrázek 28:** Oscilogram palivového čerpadla

## Měření tlaku a čerpaného množství paliva

Měření tlaku paliva provedu zapojením manometru do vedení paliva mezi palivové čerpadlo a palivový filtr.



**Obrázek 29:** Připojení testeru tlaku paliva na měření podávacího čerpadla [15]

### Postup zkoušky

- Motor neběží.
- Odpojím přívodní palivové vedení do filtru paliva a sériově připojím manometr měření tlaku.
- Odvzdušním palivový systém sériovou diagnostikou VCDS.
- Nastartuji motor a sleduji hodnoty min. po dobu 30 s.

### Vyhodnocení

Předepsaná hodnota tlaku palivového čerpadla je stanovena na min. 0,5 bar. Vyčtená hodnota z manometru je 0,6 bar. Elektrické palivové čerpadlo disponuje dostatečným tlakem paliva pro potřeby motoru.



**Obrázek 30:** Tlak palivového čerpadla

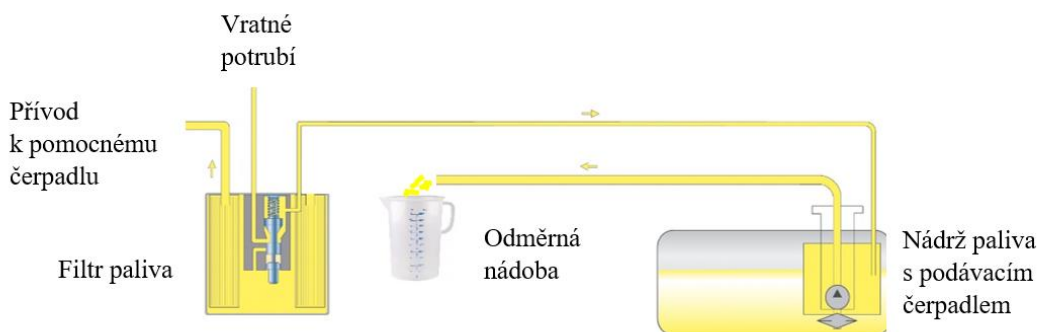


## Měření čerpaného množství

Čerpané množství paliva je dalším nepochybně důležitým parametrem kontroly.

### Postup zkoušky

- Motor neběží.
- Rozpojíme palivové vedení mezi palivovou nádrží a palivovým filtrem.
- Odpojené vedení z palivového čerpadla vložíme do odměrné nádoby
- Aktivujeme sériovou diagnostikou palivové čerpadlo nebo propojíme relé palivového čerpadla jistěným obvodem sv. 87 a 30.
- Čerpané množství sledujeme po dobu 30 s.
- Po dobu měření nesmí napětí klesnout pod 12 V.



**Obrázek 31:** Měření čerpaného množství [15]

### Vyhodnocení

Stanovené čerpané množství za 30 s je min. 1 l paliva. Při měření bylo načerpáno 1,4 l paliva. Měřená hodnota splňuje minimální předepsané čerpané množství.

Elektrické palivové čerpadlo dle všech testů vyhovuje a splňuje všechny předpoklady pro bezproblémovou dopravu paliva do palivového filtru a dalších komponentů palivového systému motoru.

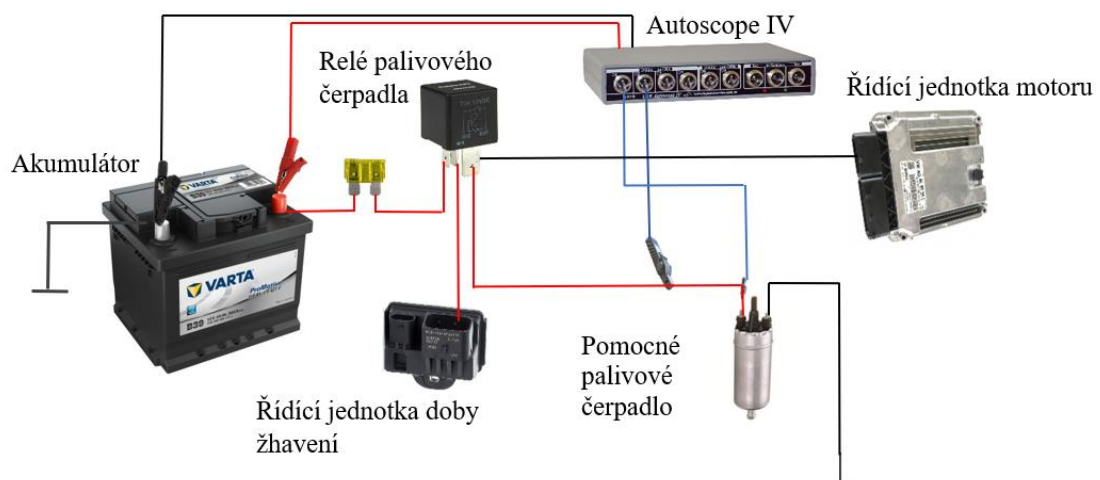
### 4.3.2 Pomocné palivové čerpadlo

Pomocné palivové čerpadlo slouží k navýšení tlaku paliva pro vysokotlaký okruh vstřikování paliva. Kontrola pomocí sériové diagnostiky je totožná jako u měření elektrického palivového čerpadla proto provedu pouze kontrolu paralelní diagnostikou.

## Paralelní diagnostika

### Postup měření

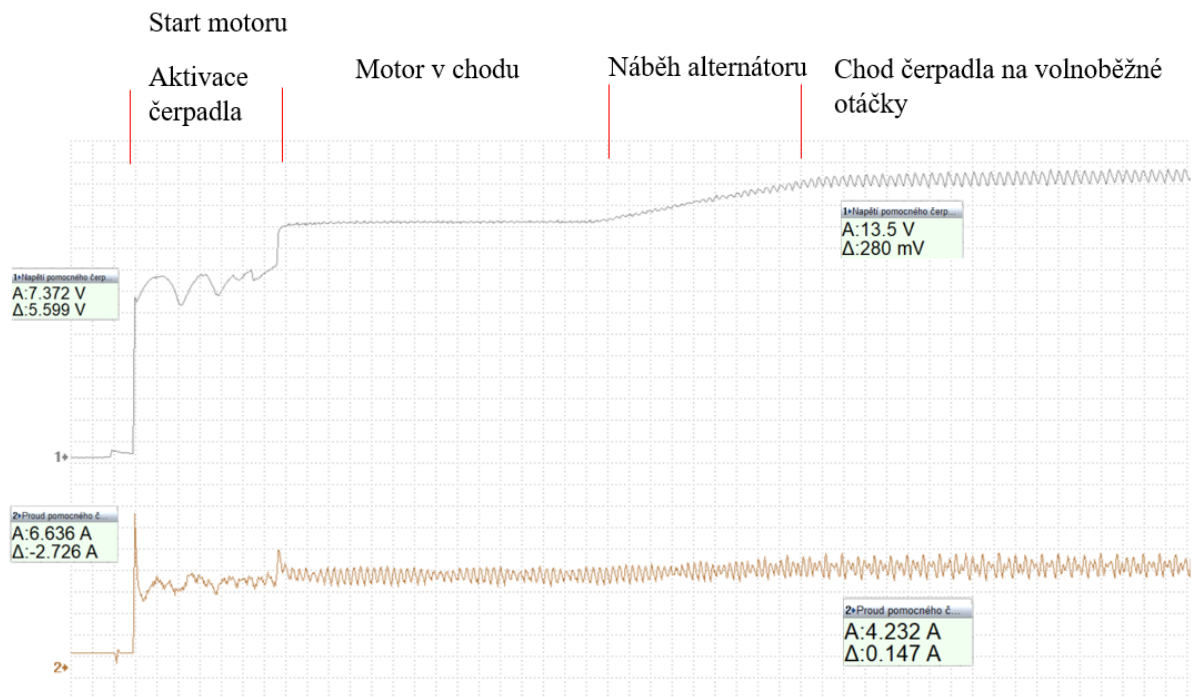
- Připojit napájení a společnou kostru osciloskopu na akumulátor.
- CH 1 měřicí sonda pro měření napětí.
- CH 2 proudové kleště CTi-50 s rozsahem 10 mA – 50 A na napájení čerpadla.
- V notebooku spustit program USB Oscilloscope, v modes vyhledat 2 channel a spustit nahrávání.
- Nastartovat motor a nechat běžet ve volnoběžných otáčkách cca. 10 s.



**Obrázek 32:** Zapojení osciloskopu pro měření přídavného palivového čerpadla

### Vyhodnocení

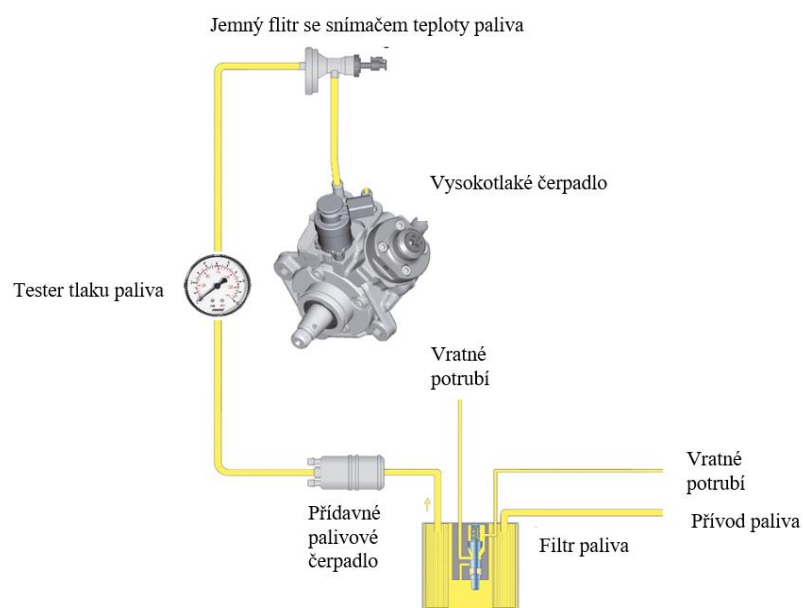
Čerpadlo se aktivuje při sepnutí sv. 50 a je aktivní po celou dobu chodu motoru. V první části oscilogramu (aktivace čerpadla) lze na CH2 pozorovat proudovou špičku 6,64 A, při které se čerpadlo dostává do pohybu. Napětový pokles a kolísání napětí na CH1 je závislé na proudové zátěži spouštěče. Po náběhu alternátoru se ustálilo napětí na hodnotě 13,5 V a proud na 4,23 A. Předepsaná tolerance napětí je 12–14,50 V a proud odebíraný čerpadlem nesmí přesáhnout hodnotu 7,50 A. Z hlediska měření je čerpadlo v pořádku a nevykazuje žádné poruchové průběhy.



**Obrázek 33:** Oscilogram přídavného palivového čerpadla

## Měření tlaku paliva

Měření tlaku paliva provedu zapojením manometru do vedení paliva mezi přídavné palivové čerpadlo a jemný filtr se snímačem teploty paliva.



**Obrázek 34:** Připojení testeru tlaku paliva pro měření přídavného palivového čerpadla [15]

### Postup zkoušky

- Motor neběží.
- Odpojíme přívodní palivové vedení do přídavného čerpadla a sériově připojíme manometr měření tlaku.
- Odvzdušníme palivový systém sériovou diagnostikou VCDS.
- Nastartujeme motor, sledujeme hodnoty min. po dobu 30 s.

### Vyhodnocení

Předepsaná hodnota tlaku paliva je stanovena minimálně 3,5 bar. Naměřený tlak paliva dosáhl 4,3 bar. Čerpadlo dostatečně zásobuje vysokotlaké čerpadlo palivem.



**Obrázek 35:** Tlak přídavného palivového čerpadla

### 4.3.3 Snímač teploty paliva

Snímač teploty paliva funguje na principu polovodičové odporové destičky s negativní charakteristikou NTC (s rostoucí teplotou se odpor sníží). Snímač je součástí napájeného napěťového děliče. Změnou odporu se změní i napětí na výstupu snímače a řídicí jednotka přiřadí jednotlivým hodnotám napětí požadovanou teplotu paliva. [10] Snímač teploty paliva je důležitý z hlediska správného výpočtu vstříkovaného paliva, jelikož se s teplotou mění i hustota paliva.

### Sériová diagnostika

Sériová diagnostika umožňuje načíst a zaznamenat hodnoty pomocí logování. Hodnoty teploty paliva v závislosti na čase lze tabulkově vyhodnotit.

### Postup zkoušky

- Připojit do diagnostického konektoru sériovou diagnostiku.
- Vybrat jednotku 01 – Motor a načíst měřené hodnoty blok 18.
- Zadat logování hodnot teploty paliva a motoru.
- Nastartovat motor.

### Vyhodnocení

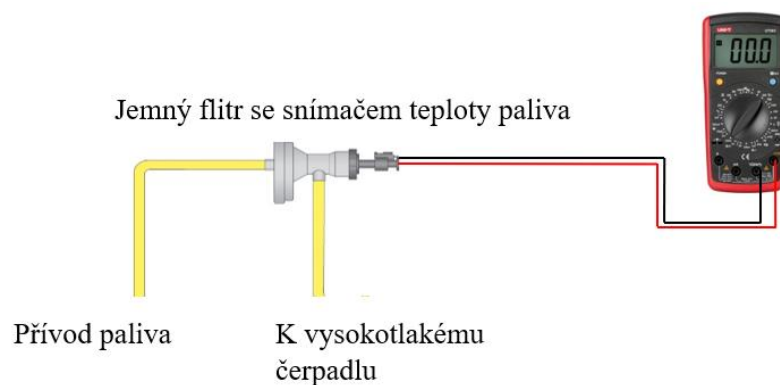
Snímač teploty paliva je umístěný na vstupu vysokotlakého čerpadla. Předehřívání a řízení teploty paliva ovládá bimetalový ventil palivového čerpadla. Logované hodnoty teploty motoru a paliva jsou v Tab. 3. Teplota paliva se mění rovnoměrně bez náhlých změn. Po dosažení provozní teploty motoru, teplota paliva stále vzrůstala až na hodnotu 32,6 ° C. Měření z hlediska sériové diagnostiky je v pořádku.

**Tabulka 3:** Snímač teploty paliva log. VCDS

Snímač teploty paliva			
Teplota motoru	Teplota paliva	Teplota motoru	Teplota paliva
15,3	14,4	85,5	24,5
15,3	15,3	85,5	25,2
22,5	16,2	85,5	26
37,8	17,1	85,5	26,9
51,3	18	85,5	27,8
67,5	18,9	85,5	28,4
82,8	19,2	85,5	28,9
85,5	19,9	85,5	29,3
85,5	20,2	85,5	29,8
85,5	20,8	85,5	30,5
85,5	21,6	85,5	31,2
85,5	22,3	85,5	31,8
85,5	23,1	85,5	32,6

### Paralelní diagnostika

Na paralelní diagnostiku postačí pro měření hodnoty napětí a odporu multimetr. Hodnoty teploty paliva zjistíme ze sériové diagnostiky.



**Obrázek 36:** Zapojení multimetru pro měření snímače teploty paliva [15]

### Postup zkoušky

- Vyčtení skutečné teploty paliva ze sériové diagnostiky.
- Měření hodnoty napětí na snímači teploty paliva.
- Měření hodnoty odporu na snímači teploty paliva při odpojeném konektoru.
- Nastartovat motor, při změně hodnoty teploty vypnout motor a naměřit hodnoty napětí a odporu.

### Vyhodnocení

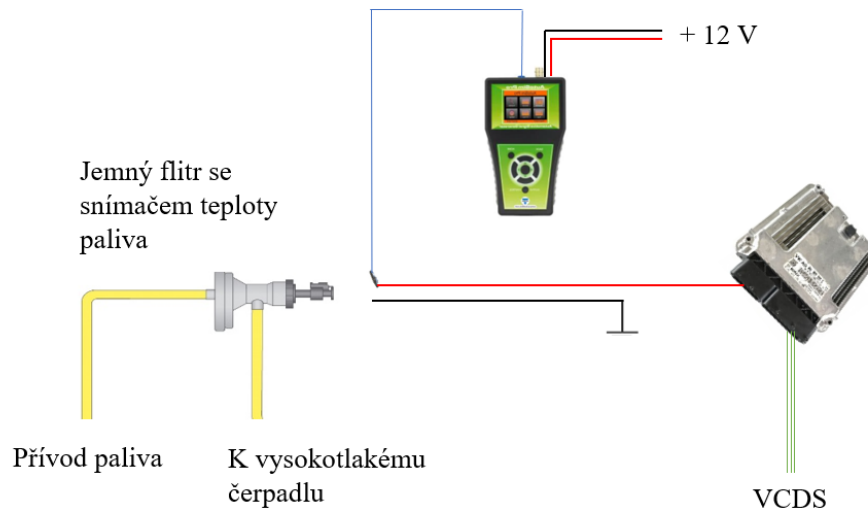
Naměřené hodnoty napětí při teplotě 20 °C jsou v toleranci 2,10 – 2,30 V a hodnoty odporu 2200-2500 Ω s hodnotami předepsanými. Měření paralelní diagnostikou potvrdilo bezproblémovou funkčnost snímače teploty paliva v rozsahu provozních teplot uvedených v tabulce.

**Tabulka 4:** Snímač teploty paliva paralelní měření

Snímač teploty paliva					
Teplota paliva	Napětí [V]	Odpor [Ω]	Teplota paliva	Napětí [V]	Odpor [Ω]
14,4	2,80	3400	19,2	2,22	2690
15,3	2,43	3290	19,9	2,19	2520
16,2	2,37	3110	20,2	2,13	2380
17,1	2,25	2980	20,8	2,11	2250
18	2,24	2850	21,6	2,04	2100
18,9	2,23	2750	21,6	2,04	2100

## Kontrola vedení pomocí paralelní diagnostiky AutoSim Pro

Závada nemusí být pouze v samotném snímači, ale také ve vedení či konektorovém připojení. V součinnosti sériové diagnostiky VCDS a generátoru napětí a impulzů AutoSim Pro je možné diagnostikovat vedení snímače.



**Obrázek 37:** Zapojení generátoru napětí [15]

### *Postup zkoušky*

- Odpojím snímač teploty paliva a na signální vodič připojím generátor signálu.
- V sériové diagnostice v měřených hodnotách načtu blok 18 teplota paliva.
- Generuji napětí v rozmezí 0,20 V – 4,50 V a sleduji změnu teploty v sériové diagnostice.

Pro vyhodnocení vedení nastavíme tabulkovou hodnotu napětí v rozmezí 2,10 – 2,30 V, které v mém měření odpovídá teplotě 20 °C.

Snímač teploty paliva a vedení z hlediska sériové i paralelní diagnostiky nevykazuje žádnou závadu.

### 4.3.4 Dávkovací ventil paliva

Dávkovací ventil je připevněn na vysokotlakém čerpadle. Pomocí střídý signálu propouští pouze potřebné množství paliva.

#### *Sériová diagnostika*

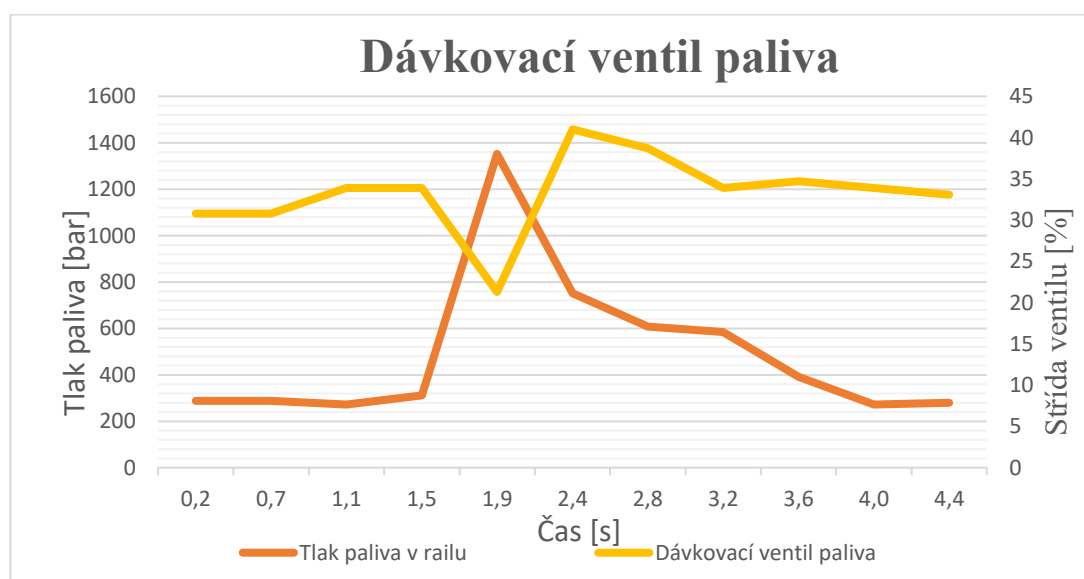
Pomocí funkce logování zaznamenám tlak paliva a procentuální otevření ventilu dávkování.

#### *Postup zkoušky*

- Připojit do diagnostického konektoru sériovou diagnostiku.
- Vybrat jednotku 01 – Motor a načíst měřené hodnoty bloky 4 a 21.
- Zadat logování hodnot.
- Nastartovat motor a prudce akcelarovat.

#### *Vyhodnocení*

Tabulkové hodnoty z logování jsem zakreslil do grafu. Při volnoběžných otáčkách je střída ventilu 30,80 % při tlaku paliva 288 bar. Akcelerací se sníží střída ventilu na 21,30 % při tlaku 1352 bar. Následkem snížení střídý se dávkovací ventil více otevřel a umožnil větší průtok paliva potřebného pro akceleraci vozidla. Dávkovací ventil je z pohledu sériové diagnostiky v pořádku.

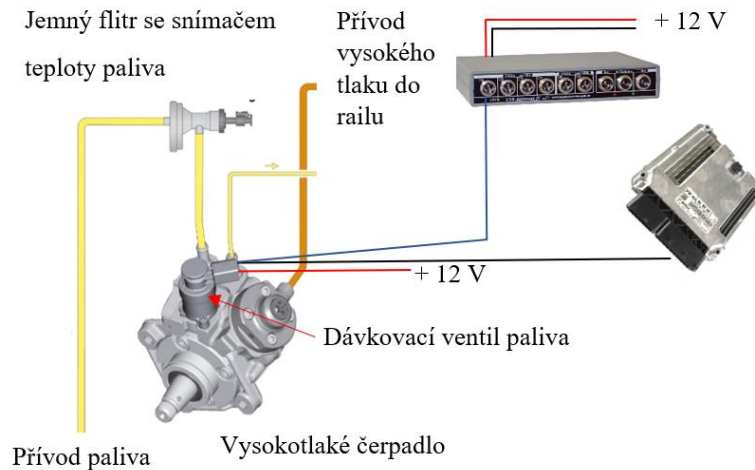


**Graf 1:** Dávkovací ventil paliva



## Paralelní diagnostika

Pomocí osciloskopu naměřím střidu signálu při volnoběžných otáčkách a při akceleraci.



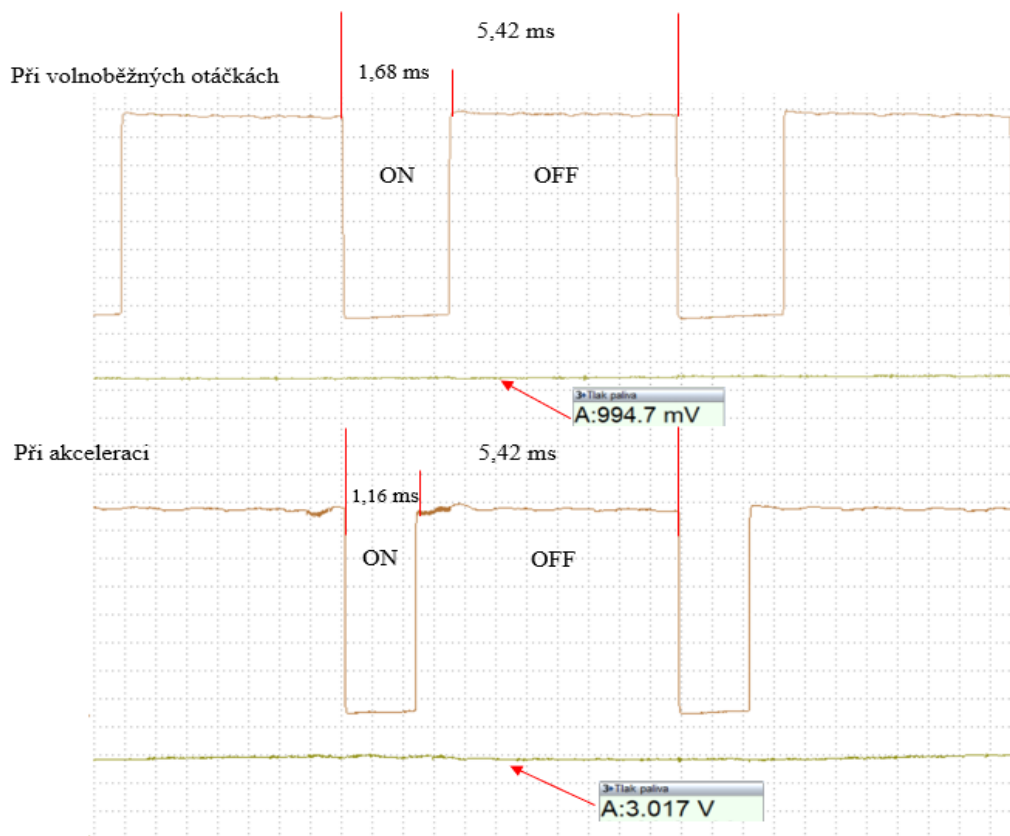
**Obrázek 38:** Zapojení osciloskopu pro měření střidy ventilu [15]

### Postup měření

- Připojit napájení a společnou kostru osciloskopu na akumulátor.
- CH 1 měřící sonda pro měření napětí na signálním vodiči.
- V notebooku spustit program USB Oscilloskope, v modes vyhledat 1 channel a spustit nahrávání.
- Nastartovat motor, nechat běžet ve volnoběžných otáčkách a poté akcelarovat.

### Vyhodnocení

Střidu ventilu vypočítám z podílu sepnuté doby ventilu ku celé periodě a vynásobím stem. Při volnoběžných otáčkách je střida ventilu 30,99 % při napětí na snímači tlaku paliva 994,70 mV (228 bar). Při akceleraci se snížila střida na 21,40 % při napětí snímače tlaku paliva 3,02 V (1352 bar). Průběh ovládání ventilu nevykazuje zjevnou závadu.



**Obrázek 39:** Oscilogram střidy dávkovacího ventilu

### 4.3.5 Snímač tlaku paliva

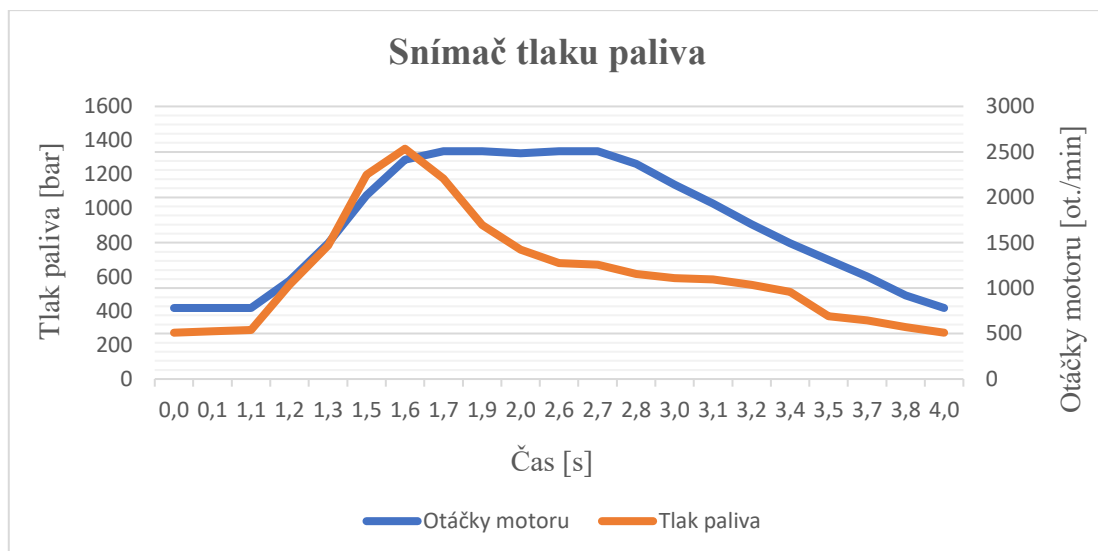
Snímač měří aktuální tlak paliva v railu a poskytuje řídicí jednotce napěťový signál odpovídající určitému tlaku paliva. Se změnou tvaru membrány se mění elektrický odpor, a tím i napětí v můstku. [10]

#### *Sériová diagnostika*

Pomocí logování zaznamenám hodnoty otáček motoru v závislosti na tlaku paliva v railu.

#### *Postup zkoušky*

- Připojit do diagnostického konektoru sériovou diagnostiku.
- Vybrat jednotku 01 – Motor a načíst měřené hodnoty bloky 1 a 18.
- Zadat logování hodnot otáček motoru a tlaku paliva v railu.
- Nastartovat motor a akcelarovat.



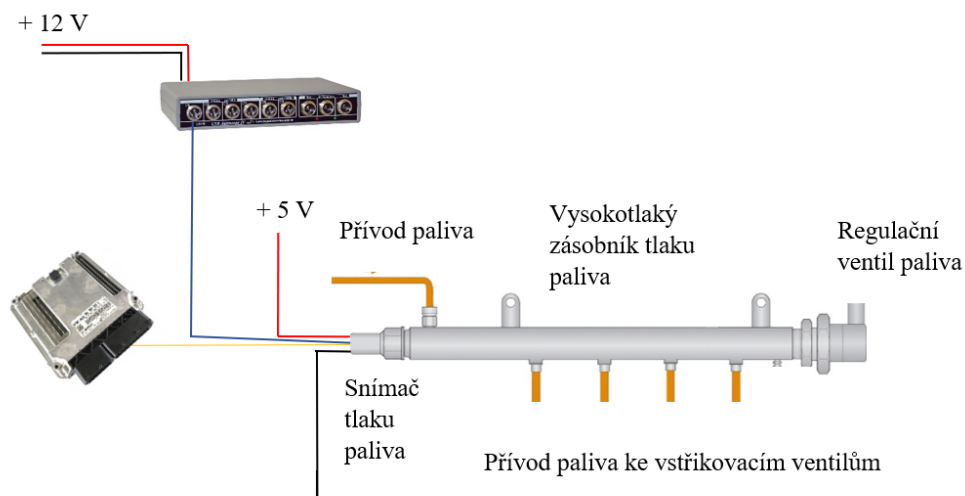
**Graf 2:** Snímač tlaku paliva

### Vyhodnocení

Logované hodnoty jsem převedl do grafického zobrazení. Snímač tlaku v railu okamžitě reaguje na zvýšení otáček motoru při akceleraci. Naměřené hodnoty na volnoběh jsou v toleranci 200–300 bar a při akceleraci tlak paliva nepřekročí hranici 1600 bar. Snímač reaguje spojitě bez zjevných propadů či zvlnění hodnoty. Snímač tlaku paliva vyhověl z hlediska sériové diagnostiky.

### Paralelní diagnostika

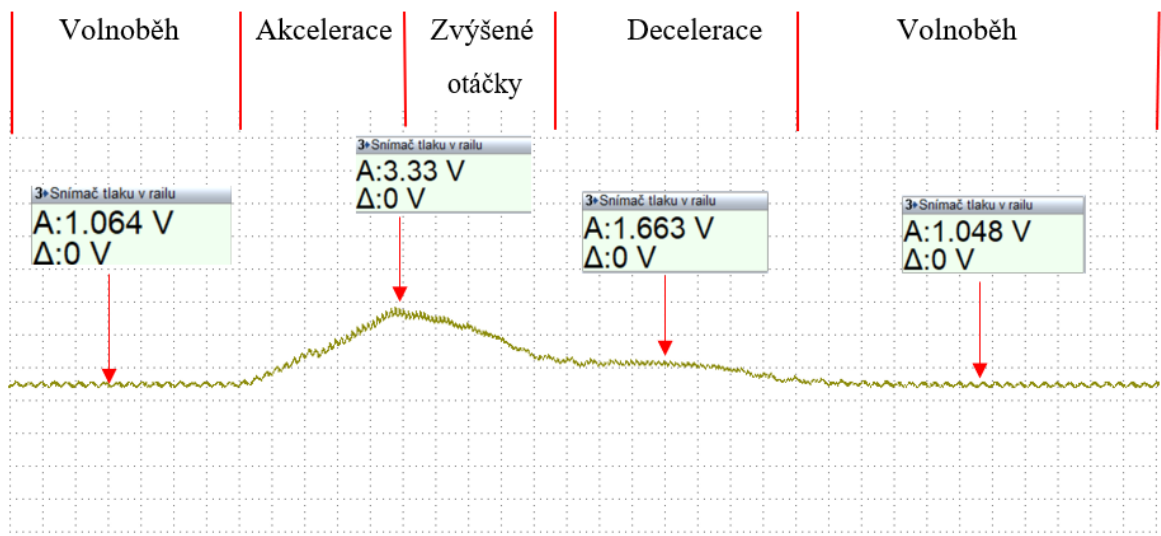
Pomocí osciloskopu naměřím průběh signálu snímače tlaku paliva při akceleraci.



**Obrázek 40:** Zapojení osciloskopu pro měření snímače tlaku paliva [15]

### Postup měření

- Připojit napájení a společnou kostru osciloskopu na akumulátor.
- CH 1 měřicí sonda pro měření napětí na signálním vodiči.
- V notebooku spustit program USB Oscilloskope, v modes vyhledat 1 channel a spustit nahrávání.
- Nastartovat motor a nechat běžet ve volnoběžných otáčkách a poté akcelarovat.



Obrázek 41: Oscilogram snímače tlaku paliva

### Vyhodnocení

Při volnoběhu je napětí na snímači tlaku paliva 1,064 V, což odpovídá 200–300 bar. Při akceleraci se napětí zvýší na hodnotu 3,330 V, což odpovídá předepsaným hodnotám tlaku paliva 1300–1400 bar. Snímač tlaku paliva je z hlediska měření osciloskopem v pořádku a hodnoty sériové i paralelní diagnostiky se téměř shodují.

#### 4.3.6 Regulační ventil tlaku paliva v railu

Regulační ventil tlaku paliva umožňuje rychlou změnu tlaku v zásobníku paliva. Při aktivaci ventilu se uzavírá zpětné vedení a zvyšuje se tlak paliva v zásobníku.

### Sériová diagnostika

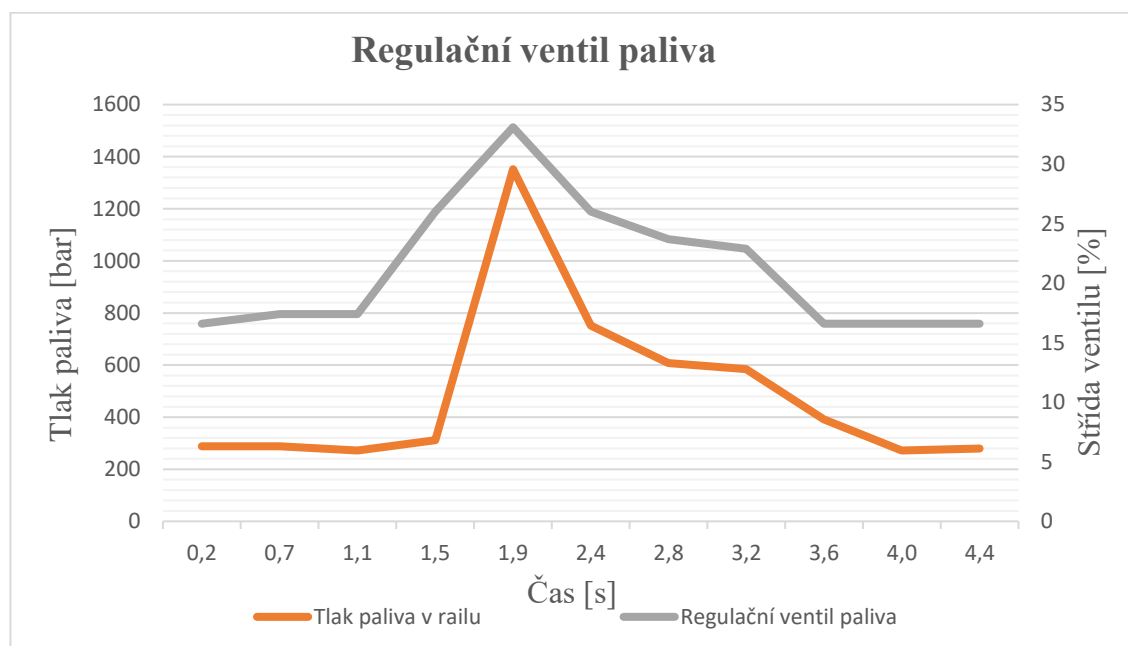
Pomocí logování při volnoběhu a akceleraci zaznamenám hodnoty řízení regulačního ventilu a tlaku paliva v zásobníku.

### Postup zkoušky

- Připojit do diagnostického konektoru sériovou diagnostiku.
- Vybrat jednotku 01 – Motor a načíst měřené hodnoty bloky 4 a 20.
- Zadat logování tlaku v zásobníku a ovládání regulačního ventilu.
- Nastartovat motor.
- Motor běží chvíli na volnoběh a poté akcelerují.

### Vyhodnocení

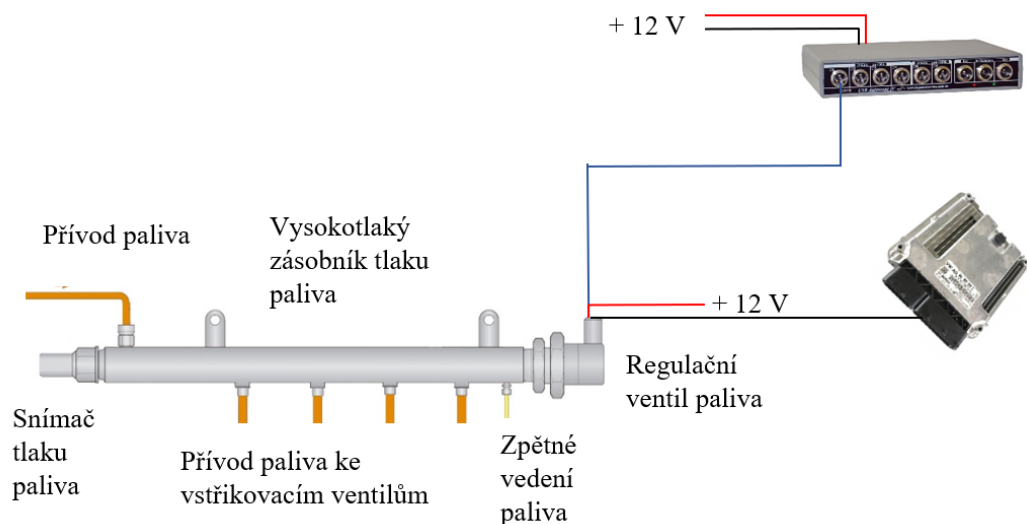
Logované hodnoty střídání ventilu a tlaku paliva ze sériové diagnostiky jsem převedl do grafu. Při volnoběžných otáčkách je střída ventilu na hodnotě 16 % při tlaku 288 bar. Při akceleraci se zvýší střída ventilu na 33 % při tlaku paliva 1352 bar. Zvýšením střídání se ventil více uzavře, a tím v railu zvýší tlak paliva. Z hlediska sériové diagnostiky je regulační ventil paliva v pořádku.



Graf 3: Regulační ventil paliva

### Paralelní diagnostika

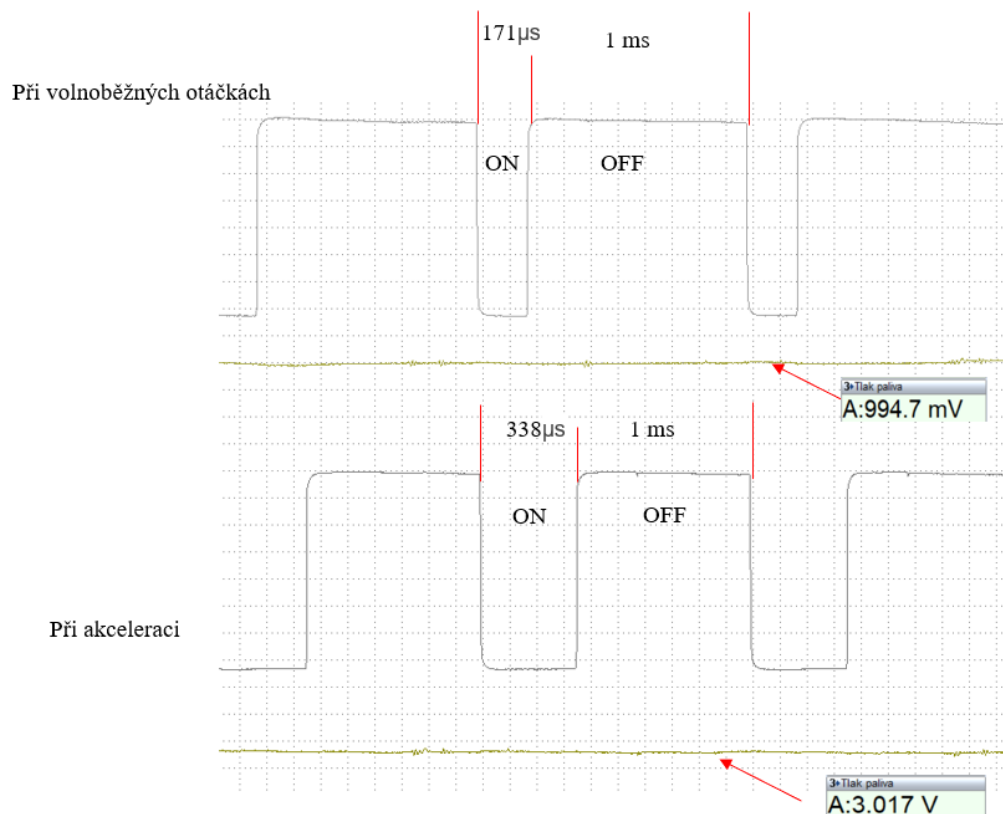
Osciloskopem naměřím střidu ovládání v režimu volnoběhu a akcelerace.



**Obrázek 42:** Zapojení osciloskopu pro měření regulačního ventilu paliva [15]

### Vyhodnocení

Ve volnoběžných otáčkách je střída ventilu na hodnotě 17,10 % při napětí na snímači tlaku paliva 994,70 mV (228 bar). Při akceleraci se zvýšila střída na 33,80 % při napětí snímače tlaku paliva 3,02 V (1352 bar). Průběh signálu a naměřené hodnoty jsou oproti sériové diagnostice rozdílné o jednotky procent. Regulační ventil nevykazuje závadu.



**Obrázek 43:** Oscilogram regulačního ventilu paliva

## **Kontrola pomocí paralelní diagnostiky AutoSim Pro**

Pokud bychom chtěli ventil diagnostikovat v celém rozsahu, můžeme využít generátor signálů. Generátorem AutoSim Pro nastavit PWM signál s hodnotou 12 V se spínáním na svorku 31 s měnicí se střídou v celém rozsahu. Na osciloskopu lze sledovat průběh signálu, proud ventilu a akustické projevy.

### **4.3.7 Vstříkovací ventily**

Piezoelektricky ovládané vstříkovače dávkuje potřebné palivo do válce a díky rychlosti aktivace lze množství vstříkovaného paliva rozdělit na více vstříků. Aktivaci vstříkovačů zajišťuje řídicí jednotka motoru napětím 110 V–148 V.

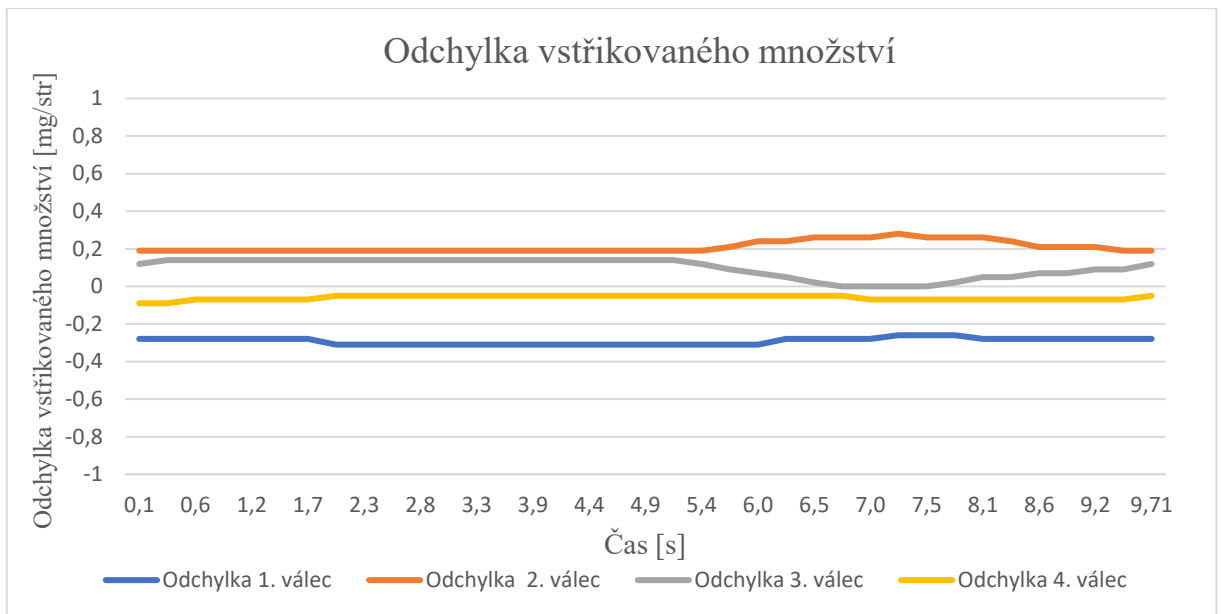
## **Sériová diagnostika**

### *Postup zkoušky*

- Připojit do diagnostického konektoru sériovou diagnostiku.
- Vybrat jednotku 01 – Motor a načíst měřené hodnoty bloky 5 a 13.
- Zadat logování vstříkovaného množství a odchylek jednotlivých vstříkovačů.
- Nastartovat motor.
- Motor běží chvíli na volnoběh poté akcelerují.

### *Vyhodnocení*

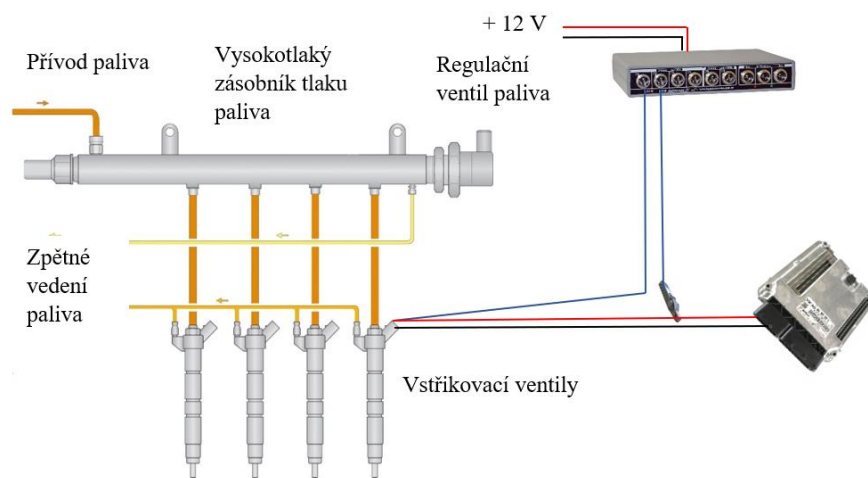
Při volnoběžných otáčkách jsem naměřil hodnotu vstříkovaného množství 5,5 mg/str, což odpovídá toleranci stanovené 3–6 mg/str. Pro klidný chod jsou stanoveny hodnoty odchylek vstříkovaného množství v rozsahu -3–3 mg/str. Měřené odchylky nepřesahují hodnoty 0,26–0,28 mg/str. Akcelerace v čase 2,3 s změnila hodnoty na prvním válci o -0,03 mg/str a na 4. válci o 0,02 mg/str. Decelerace v čase 5,4 s ztelněji změnila hodnoty na 2. válci o 0,09 mg/str a na 3. válci o hodnotu -0,14 mg/str. Hodnoty jednotlivých vstříkovačů se doplňují, a tím udržují klidný chod motoru. Po sečtení odchylek jednotlivých válců ve stejném čase hodnota nepřekročí 0,07 mg/str. Všechny hodnoty jsou v toleranci s hodnotami předepsanými.



**Graf 4:** Odchylka vstřikovaného množství

### Paralelní diagnostika

Osciloskopem naměřím průběh napětí a proudu na piezoelektrických vstřikovačích.



**Obrázek 44:** Zapojení osciloskopu pro měření vstřikových ventilů [15]

### Postup měření

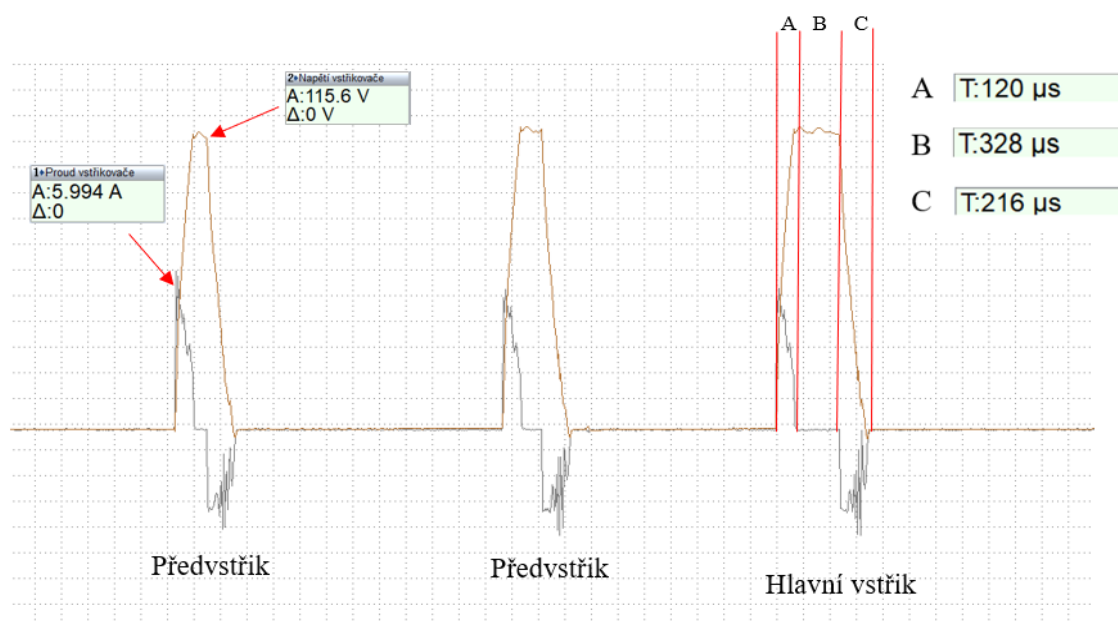
- Připojit napájení a společnou kostru osciloskopu na akumulátor.
- CH 1 měřicí sonda pro měření napětí na signálním vodiči.
- CH 2 proudové kleště na vedení vstřikovače.
- Nastartovat motor a nechat běžet ve volnoběžných otáčkách.



## Vyhodnocení

Přepsané hodnoty proudu jsou stanoveny maximálně do 15 A. Naměřený proud nepřesahuje stanovené hodnoty a průběh je bez větších zvlnění. Naměřené hodnoty a průběh proudu je v toleranci s průběhem a hodnotami předepsanými.

Napětí aktivace vstřikovačů je stanoveno v rozmezí 110 V–148 V. Měřené napětí dosahuje hodnotu 115 V čili je ve stanovené toleranci bez zjevných zvlnění v průběhu otevírání, v době otevření a zavírání vstřikovače.



**Obrázek 45:** Oscilogram vstřikovacích trysek

Doby otevírání (A), otevření (B) a zavírání (C) vstřikovacích jednotek by měli být u každého válce téměř stejné. Délka otevření vstřiku odpovídá odchylkám vstřikovaného množství v předchozím měření. Čím déle je otevřen vstřikovač, tím má větší pozitivní odchylku vstřikovaného množství a naopak.

**Tabulka 5:** Srovnání vstřikovacích trysek

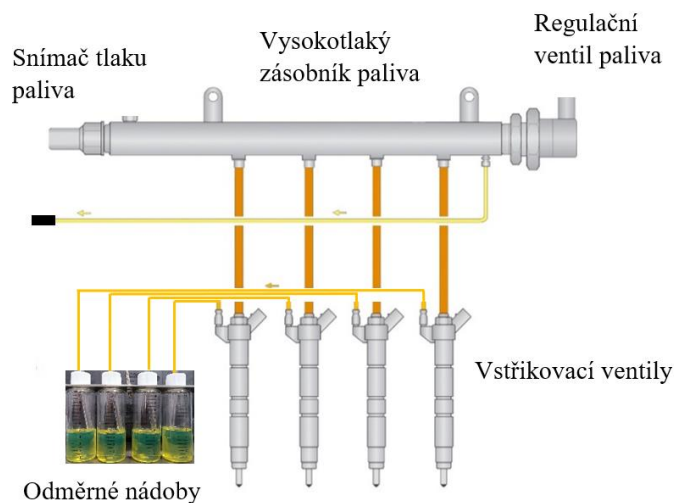
Srovnání vstřikovacích trysek			
Válec	Proud [A]	Napětí [V]	Délka hlavního vstřiku [ $\mu$ s]
1.	5,57	116	352
2.	5,47	118	392
3.	6,28	118	381
4.	6,04	118	368

## Paralelní diagnostika pomocí odměrných nádob

Vstřikovací trysky Common-Rail při každém otevření propustí část paliva do zpětného vedení.

### Postup zkoušky

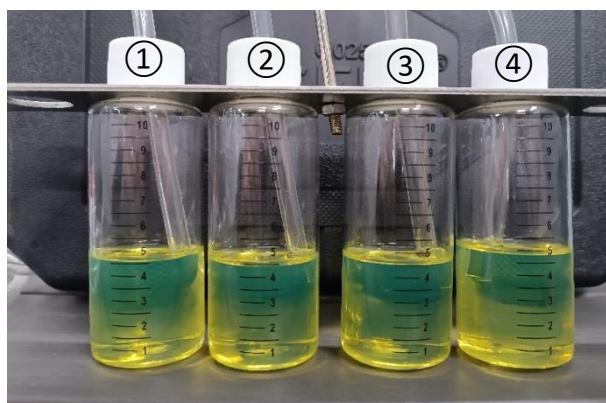
- Odpojím zpětné vedení od vstřikovacích ventilů.
- Do zpětných vedení vstřikovacích ventilů připojím odměrné nádoby.
- Nastartuji motor.



**Obrázek 46:** Připojení odměrných nádob [15]

### Vyhodnocení

Délka provozu motoru není stanovena. V odměrných nádobách sleduji množství přepouštěného paliva. Maximální rozdíl mezi válci je stanoven na 10 ml. U měřeného vozidla nepřesahují hodnoty 5 ml. Vstřikovací ventily jsou bez závad.



**Obrázek 47:** Odměrné nádoby

## ZÁVĚR

V první části práce jsem se zabýval teorií vznětových motorů s přímým vstřikováním, ale i krátce historií vzniku motoru jako konstrukčního celku. Jednotlivé části motoru, jak už pohyblivé, tak i pevné jsem definoval z hlediska principu jejich funkce. Dále jsem se zaměřil na palivovou soustavu vznětového motoru s přímým vstřikování Common-Rail, kde jsem definoval funkci jednotlivých komponentů nízkotlaké a vysokotlaké části systému.

Druhý úsek teoretické části jsem věnoval paralelní a sériové diagnostice. U sériové diagnostiky jsem objasnil princip funkce, problematiku zapisování závad do paměti řídicích jednotek a základní ovládaní potřebných funkcí. Paralelní diagnostiku jsem z části účelně zaměřil na použití u systémů Common-Rail. U osciloskopu jsem blíže specifikoval možnosti měření a vyhodnocení pomocí funkcí plugIns a skript.

V porovnání diagnostik z hlediska efektivity měření jsem dospěl k závěru, že efektivnější je sériová diagnostika na běžné použití, při běžných závadách, ale v případě složitější závady se bez paralelního měření obejít nedá. V celkovém hodnocení efektivity měření bych konstatoval, že měření sériovou diagnostikou je levnější, rychlejší a měření paralelní diagnostikou je přesnější a kvalitnější. Bez měřeného komponentu nelze jednoznačně určit lepší diagnostiku.

Druhou oblast diplomové práce jsem věnoval metodice a následně praktickému měření na vozidle se systémem Common-Rail. Metodiku měření jsem zaměřil na vstřikovací systém vznětového motoru s komplexní kontrolou zdrojových a mechanických komponentů. Některé použité diagnostické metody jsou nekonvenční a kladl jsem důraz na bezdemontážní diagnostiku automobilu. Metody jsou doposud opomíjenou oblastí diagnostiky a při zavedení metodiky do servisní sítě by byl přínos především ve zvýšení úspěšnosti vyhledávání původce závady systému, zefektivnění procesu diagnostiky a kvality oprav před kvantitou. U každého akčního členu či snímače jsem definoval postup provedení měření, zapojení měřicí techniky do systému u sériové i paralelní diagnostiky. Jednotlivé hodnoty jsem vyhodnotil v tabulkové či grafické podobě. V případě klasického projevu závady jsem znázornil i chybový oscilogram či hodnoty vadných komponentů.

Stanovené cíle diplomové práce byly splněny. Kdyby metodika měření byla využívána v autoservisech častěji, bylo by možné predikovat závady systému. Nedošlo by k poškození komponentů či příslušenství motoru a optimalizovala by se údržba spalovacího motoru.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] AUTODITEX, 2019. *AutoSim Pro* [online]. [cit. 2024-02-22]. Návod. Dostupné z: [https://www.autodiagnostika.jantolak.sk/files/AutoSim-Pro-manual-SK-strojovy\\_preklad.pdf](https://www.autodiagnostika.jantolak.sk/files/AutoSim-Pro-manual-SK-strojovy_preklad.pdf)
- [2] AUTOSCOPE S.R.O., 2015. Purpose and main features of the USB Autoscope. *Autoscope.eu* [online]. [cit. 2024-02-22]. Dostupné z: [http://autoscope.eu/wp-content/uploads/2015/01/main\\_features\\_v4.x\\_en.pdf](http://autoscope.eu/wp-content/uploads/2015/01/main_features_v4.x_en.pdf)
- [3] AUTOSCOPE TECHNOLOGY, 2021. USB Autoscope IV - operation manual. *AUTOSCOPE TECHNOLOGY* [online]. [cit. 2024-02-22]. Dostupné z: [https://usbautoscope.eu/wp-content/uploads/2022/06/usb\\_autoscope\\_4operation\\_manual\\_en.pdf](https://usbautoscope.eu/wp-content/uploads/2022/06/usb_autoscope_4operation_manual_en.pdf)
- [4] BROŽ, Jiří a Luboš TRNKA, 2006. Praktická dílna: Elektronické řízení vznětového motoru (EDC) IV. [pdf]. AutoEXPERT.
- [5] CREATIVE COMMONS, 2019. Manuál VAG-COM. *Wiki.autodiagnostik* [online]. [cit. 2024-02-21]. Dostupné z: [https://www.wiki.autodiagnostik.cz/Manu%C3%A1l\\_VAG-COM](https://www.wiki.autodiagnostik.cz/Manu%C3%A1l_VAG-COM)
- [6] GSCHIEDLE A KOLEKTIV, Rolf, 2007. *Příručka pro automechanika*. 3. přepracované vydání. Praha: Sobotáles cz. ISBN 978-80-86706-17-7.
- [7] HROMÁDKO A KOLEKTIV, Jan, 2011. *Spalovací motory*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-7478-7.
- [8] ISENBURG, Ralf a Michna MÜNZNRMAY, 1998. *Systém vstřikování nafty s tlakovým zásobníkem Common Rail* [online]. 2. vydání. Robert Bosch [cit. 2024-02-17]. ISBN 80-902585-6-5. Překlad Miloš Chlup. Dostupné z: <https://skoleniaabosch.cz/img/ke-stazeni/technicke-prirucky/bosch-common-rail.pdf>

- [9] JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ, 2010. *Automobily (3) Motory*. 6. vydání. Brno: Avid, spol. ISBN 978-80-87143-15-5.
- [10] JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ, 2010. *Automobily (4) příslušenství*. 3. vydání. Brno: Avid, spol. ISBN 978-80-87143-16-2.
- [11] JIČÍNSKÝ, Štěpán, 2006. *Osciloskop a jeho využití v autoopravářské praxi*. Praha: Grada Publishing. ISBN 80-247-1417-5.
- [12] KLOC, Pavel, 2018. Diagnostika EOBD. *AUTODIAGNOSTIKA KLOC, s.r.o.* [online]. [cit. 2024-02-20]. Dostupné z: <https://www.puvodni-blog.autodiagnostik.cz/autodiagnostika-eobd/>
- [13] MOTEJL, Vladimír, Karel HOREJŠ a KOLEKTIV, 2004. *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. 3. vydání. Brno: Littera Kovařík. ISBN 8085763-24-9.
- [14] VLK, František, 2006. *Diagnostika motorových vozidel*. Brno: Prof.Ing. František Vlk, DrSc. ISBN 80-239-7064-X.
- [15] *Vznětové motory: Vznětový motor 2,0 l/125 kW TDI CR* [PowerPoint], 2009. Robert Bosch odbytová s.r.o. a Škoda Auto.
- [16] WASSERBAUER, Petr, 2012. *PALIVOVÉ SOUSTAVY VZNĚTOVÝCH MOTORŮ: Moderní metody v dopravě a přepravě pro 21. století* [pdf]. Střední škola automobilní, mechanizace a podnikání, Krnov, příspěvková organizace.