

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Jednotka pro adaptaci předstihu a úhlu vstříku motocyklu**



**Anotace**

Diplomová práce je zaměřena na jednotlivé prvky spalovacího motoru s elektronickým vstřikováním paliva. Jsou zde rozebrány jednotlivé senzory a jejich význam pro určení předstihu a úhlu vstříku. Dále je zde nastíněno jak informace z těchto senzorů zpracovat a vyhodnotit.

**Klíčová slova**

Předstih, úhel vstříku, vstřikovač, zapalovací cívka, zapalování, lambda sonda, 3 cestný katalyzátor, součinitel přebytku vzduchu, množství a hustota vzduchu, zatížení motoru, škrtecí klapka

**Abstract**

This thesis is focused on component parts of internal combustion engine with electronic fuel injection. There are described individual sensors and their importance for assignation advance fire and angle of fuel injection. Also, there is sketched out, how could be the information from the sensors processed and analyzed.

**Key words**

Advance fire, angle of fuel beam, ignition coil, ignition, lambda probe, three-way catalytic converter, coefficient of surplus air, amount and density of air, load on a motor, throttle-valve

## Prohlášení

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

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

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni dne 11.5.2012

Jméno příjmení

.....

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. M. Bartlovi, že mi vyšel vstříc a věnoval mi čas i úsilí nejen při zadávání práce, ale i v průběhu jejího vypracování.

**Obsah**

1	Úvod.....	8
1.1	Předstih.....	8
1.2	Úhel vstřiku paliva.....	9
2	Důležité elektrické prvky motocyklového motoru.....	10
2.1	Senzory.....	10
2.1.1	Senzor pozice rukojeti plynu a natočení škrticí klapky:.....	10
2.1.2	Senzor natočení klikové hřídele:.....	11
2.1.3	Senzor tlaku nasávaného vzduchu.....	11
2.1.4	Senzory teploty:.....	14
2.1.5	Odporová lambda sonda:.....	14
2.1.6	Další snímače:.....	15
2.2	Akční členy.....	16
2.2.1	Vstřikovače paliva:.....	16
2.2.2	Zapalovací cívky:.....	16
2.2.3	Další akční členy:.....	17
3	Bloky elektronické jednotky.....	17
3.1	Napájecí zdroj.....	17
3.2	Blok vstupních analogových obvodů.....	18
3.3	Blok výstupních analogových obvodů.....	19
3.4	Blok vstupních a výstupních číslicových obvodů.....	20
4	Obslužný software.....	22
5	Závěr.....	22
6	literatura.....	23

# 1 Úvod

## 1.1 Předstih

Úhel zapálení a s ním spojený předstih ovlivňují všechny důležité vlastnosti motoru. Samotné zapálení je způsobeno jiskrou, generovanou přechodovým dějem na vinutí zapalovací cívky. Tento přechodový děj má konstantní dobu trvání. Pokud by došlo ke zkrácení této doby, klesla by energie jiskry na zapalovací svíčke, nebo by jiskra nevznikla vůbec. Za předpokladu, že úhel zapálení je neměnný, je tedy nutné při zvyšování otáček zvětšovat i předstih.

Samotný úhel zapálení je pak měněn na základě aktuálního stavu motoru a tedy i dobou, potřebnou pro hoření směsi. Právě doba hoření je kritická, pokud je motor studený, nebo je směs chudá (součinitel přebytku vzduchu  $\lambda > 1$ ). V takových případech by konstantní úhel zapálení způsobil nesprávné prohoření směsi, což se projeví na spotřebě pohonných hmot a složení výfukových plynů.

V případě studeného motoru kondenzuje nasávaná směs na stěnách motoru a rozptýlení paliva není homogenní. Taková směs hoří pomaleji a je nutné zvětšit úhel zapálení. Směs tedy nemusí být obohacována do větší míry, než je nutné, což se projeví snížením spotřeby paliva.

Je-li směs chudá, je hoření pomalejší a důsledek je tak stejný jako v předchozím případě studeného motoru. Naopak, pokud by došlo k zapálení bohaté směsi (součinitel přebytku vzduchu  $\lambda < 1$ ) příliš brzy, směs by hořela rychle a za vysokých teplot. Spalování by bylo neefektivní a probíhalo by v několika menších detonacích. Tato kombinace vysokých teplot a tzv. klepání by po určité době způsobila poškození motoru. Zároveň spalování za vysokých teplot přispívá k nárůstu množství zplodin ve výfukových plynech, jako jsou skupiny HC (uhlovodíky), NO<sub>x</sub> (oxidy dusíku), nebo CO (oxid uhelnatý).

Po zanedbání extrémů lze tedy říci, že vyšší předstih má za následek spalování za vyšších teplot. Důsledkem je pak vyšší výkon i točivý moment motoru a zvýšená koncentrace škodlivin ve výfukových plynech. Tohoto jevu lze s úspěchem využít při krátkodobém vyšším zatížení motoru, např. při akceleraci motocyklu. Naopak snížení předstihu má za následek spalování za nižších teplot a tedy efektivní práci katalyzátoru ve chvílích, kdy není potřeba plný výkon motoru, např. při ustálené jízdě motocyklu po silnici.

Základní předstih je dán charakteristikou výrobce motoru, která zohledňuje aktuální otáčky motoru a zatížení. Tento předstih je dále korigován řídicí jednotkou na základě stavu, ve kterém se motor právě nachází.



<b>Událost</b>	<b>Předstih</b>
<b>velké zatížení motoru</b>	nárůst
<b>nízké napájecí napětí</b>	nárůst
<b>studený motor</b>	nárůst
<b>nárůst otáček</b>	nárůst
<b>pokles otáček</b>	pokles
<b>klepání motoru</b>	pokles

Tabulka 1: Úprava předstihu podle událostí

## 1.2 Úhel vstřiku paliva

Obecný vývojový diagram pro odvození množství paliva a úhlu jeho vstřiku je dán palivovou mapou, která je navržena s ohledem na vlastnosti motoru. Konkrétně pak podle umístění a typu vstřikovačů. Zda se jedná o vstřikování centrální, kdy je směs připravována pro všechny válce; vstřikování do sacího kanálu válce nebo přímé vstřikování.

Dále může být vstřikování spojitě, kdy je regulace množství dána změnou tlaku vstřikovaného paliva nebo časované.

Poté dochází ke korekcím v závislosti na aktuální kondici motoru. Množství vstřikovaného paliva je zvýšeno, pokud je teplota chladicí kapaliny (a tedy motoru), nebo nasávaného vzduchu nízká. V takovém případě dochází ke kondenzaci paliva na stěnách motoru a je nutné směs mírně obohatit. Dále také, pokud je motor ve fázi zvyšování otáček. Naopak při snižování otáček dochází ke snížení, nebo úplnému zastavení dodávky paliva.

Další korekce je prováděna na základě velikosti napájecího napětí vstřikovače. Pokud je napětí nízké, dochází ke snížení úhlu vstřiku (prodloužení doby vstřiku), aby tak byla kompenzována delší reakce vstřikovače.

K úplnému zastavení činnosti vstřikovačů dochází vždy při dosažení maximálních otáček, nebo zvýšenému náklonu (převrácení).

Událost	Korekce
nízká teplota chladicí kapaliny, nebo nasávaného vzduchu	nárůst
nízké napájecí napětí	nárůst
vysoké otáčky motoru	nárůst
zrychlování	nárůst
zpomalování	pokles, nebo zastavení
velký náklon, převržení	zastavení
maximální otáčky	zastavení

Tabulka 2: Úprava úhlu vstřiku paliva podle událostí

## 2 Důležité elektrické prvky motocyklového motoru

Soubor senzorů a akčních členů důležitých pro běh motoru. Sensory zde zmíněné mají konkrétní hodnoty, pro které bude ve výsledku navržena řídicí jednotka.

### 2.1 Sensory

Sensory jsou napájeny samostatným zdrojem 5 V, což umožňuje zejména snížení působení rušení akčních členů na přesnost měření.

#### 2.1.1 Senzor pozice rukojeti plynu a natočení škrticí klapky:

Jedná se o odporové senzory typu potenciometr. Oba mají velice podobnou konstrukci. Jejich odporové dráhy mohou být v určitých úsecích tvořeny různými materiály tak, aby bylo dosaženo jejich dobrých mechanických vlastností a linearity. Odporových drah může být v senzoru nainstalováno více. Díky tomu i při mechanickém poškození jedné z nich dokáže senzor pracovat dál. Pokud není výstupní charakteristika senzoru lineární, je nutné uložit jeho vlastnosti do paměti řídicí jednotky a provádět korekci.

	pozice rukojeti plynu (k $\Omega$ )	natočení škrticí klapky (k $\Omega$ )
otevřeno	4,26	4,38
zavřeno	1,12	0,58

Tabulka 3: Výstupní odpor senzoru natočení

### **2.1.2 Senzor natočení klikové hřídele:**

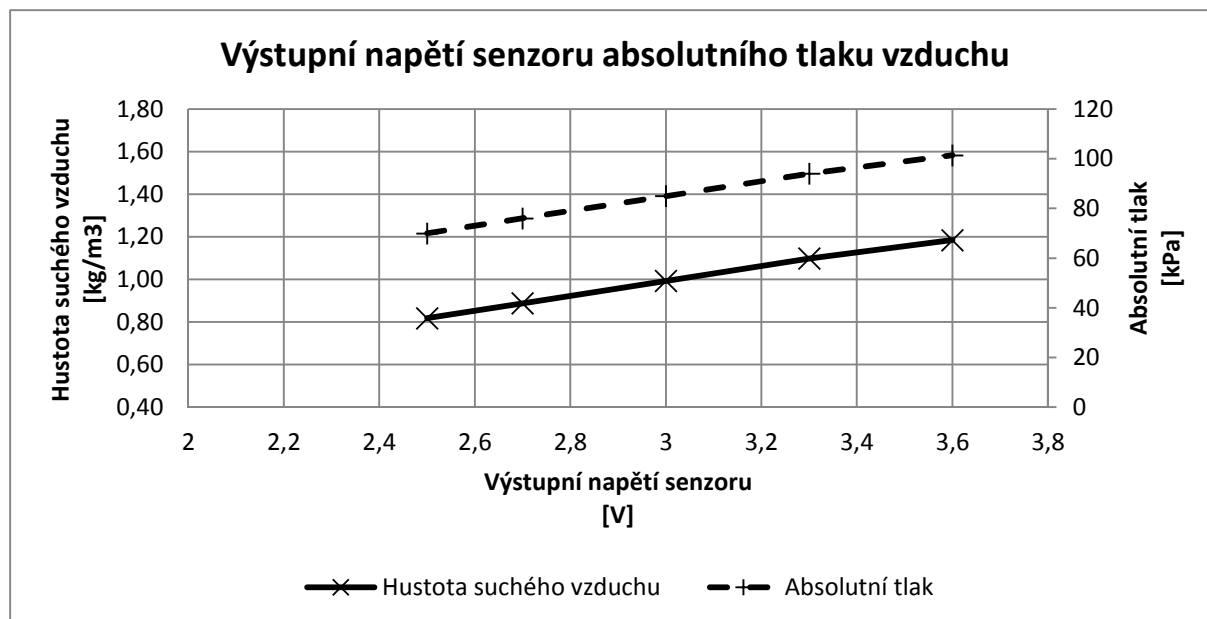
Je pasivní indukční senzor, jehož výstup tvoří kladné (nebo záporné) napěťové impulzy. Záporné impulzy značí začátek výčnělku rotující části alternátoru, naopak kladné impulzy značí jeho konec. Výčnělků je celkem 22 rozestavených pravidelně po celém obvodu alternátoru, navíc mezera o délce 2 výčnělků. Velikost napětí jednotlivých výstupních impulsů je +/- 5 V podle hrany výčnělku.

Některé spalovací motory mají kromě senzoru klikové hřídele také senzor natočení hřídele vačkové. Což je nutné pro přímé vstřikování, protože pomocí natočení klikové hřídele není možné poznat, v jaké pracovní fázi se motor nachází. Podle natočení klikové hřídele není možné poznat, zda je motor ve fázi sání nebo expanze. Protože se ale jedná o motor se vstřikováním do sacího potrubí, lze tuto operaci rozložit na dvě fáze. Nepříjemné je, že v každé horní úvratí válce dochází k zapálení jiskry. To snižuje životnost zapalovací svíčky a zvyšuje rušení v napájecí soustavě motocyklu.

### **2.1.3 Senzor tlaku nasávaného vzduchu**

Senzor absolutního tlaku vzduchu v sání motoru slouží (spolu s informacemi z dalších senzorů) pro určení jeho množství, které bylo do motoru nasáto. Tato informace je nutná k určení zatížení motoru a tedy potřebné množství paliva pro tvorbu směsi.

Výstupním údajem senzoru je napětí přímo úměrné absolutnímu tlaku vzduchu. Toto napětí se pohybuje v rozsahu 2,5 V pro 70 kPa až po 3,6V pro 100 kPa. Z tlaku vzduchu lze dále spočítat hustotu vzduchu.



Obrázek 1: Výstupní napětí senzoru tlaku vzduchu

Ze známé hustoty nasávaného vzduchu a natočení škrticí klapky lze poté vypočítat množství nasátého vzduchu. Jak je vidět ze vzorce, který vychází ze stavové rovnice ideálního plynu, hustota vzduchu  $\rho$  je přímo závislá na tlaku vzduchu  $p$  a nepřímo na jeho teplotě  $T$ .

$$p \cdot V = n \cdot N_a \cdot k \cdot T$$

kde:

$$R = N_a \cdot k \left[ \frac{J}{mol \cdot K} \right]$$

$$\rho = \frac{m}{V} \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

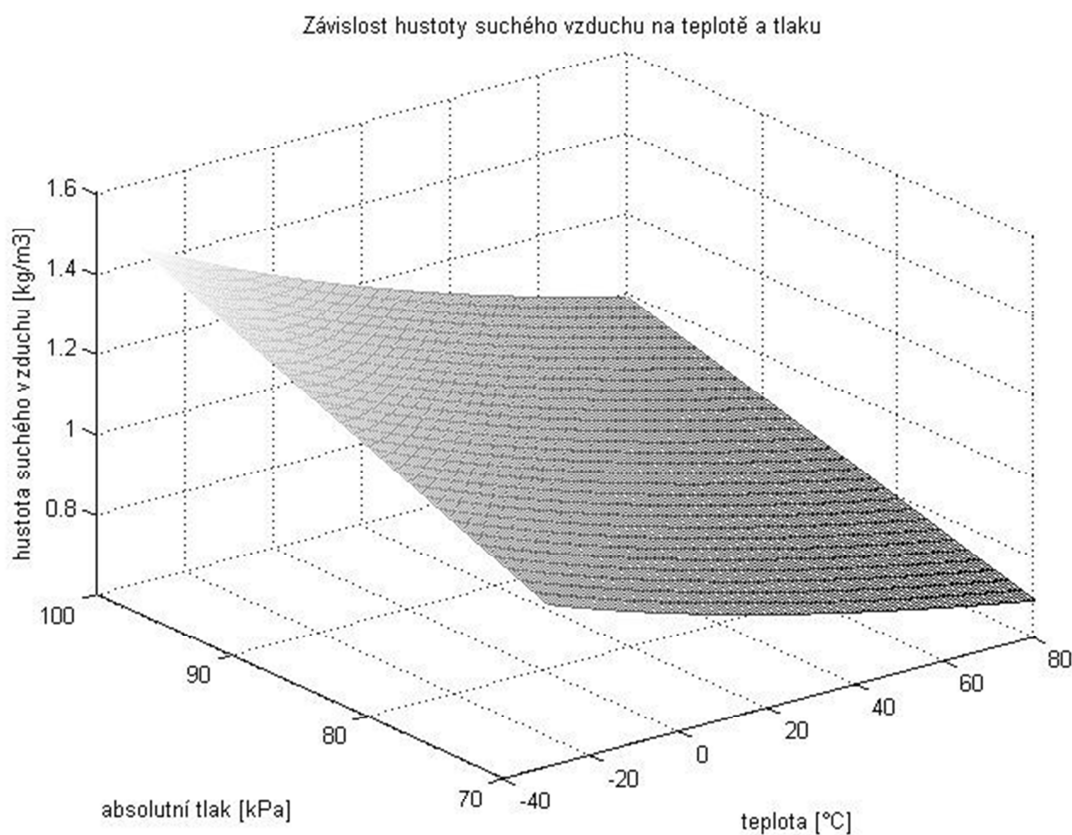
po dosazení:

$$\rho = \frac{p \cdot m_n}{R \cdot (273,16 + T_c)} \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

kde:

p	[Pa]	tlak vzduchu	
V	[m <sup>3</sup> ]	objem vzduchu	
n	[ ]	molární množství	
Na	[1/ mol]	Avogardova konstanta	
k	[J/ K]	Boltzmanova konstanta	
T	[K]	teplota vzduchu	
ρ	[kg/ m <sup>3</sup> ]	hustota vzduchu	
m <sub>n</sub>	[kg/ mol]	molekulová hmotnost suchého vzduchu	m <sub>n</sub> = 0,02896 kg/ mol
R	[J/ mol.K]	molární plynová konstanta	R = 8,3143 J/ mol.K
T <sub>c</sub>	[°C]	teplota vzduchu	

Lineární závislost hustoty vzduchu na jeho teplotě a tlaku je na obrázku dále. Hustota vzduchu je také závislá na jeho vlhkosti. Rozdíl ale není podle Ing. Jana Schwarzera [9] zásadní, neboť vlhkost vzduchu tvoří odchylky tlaku vzduchu řádově jednotky kPa.

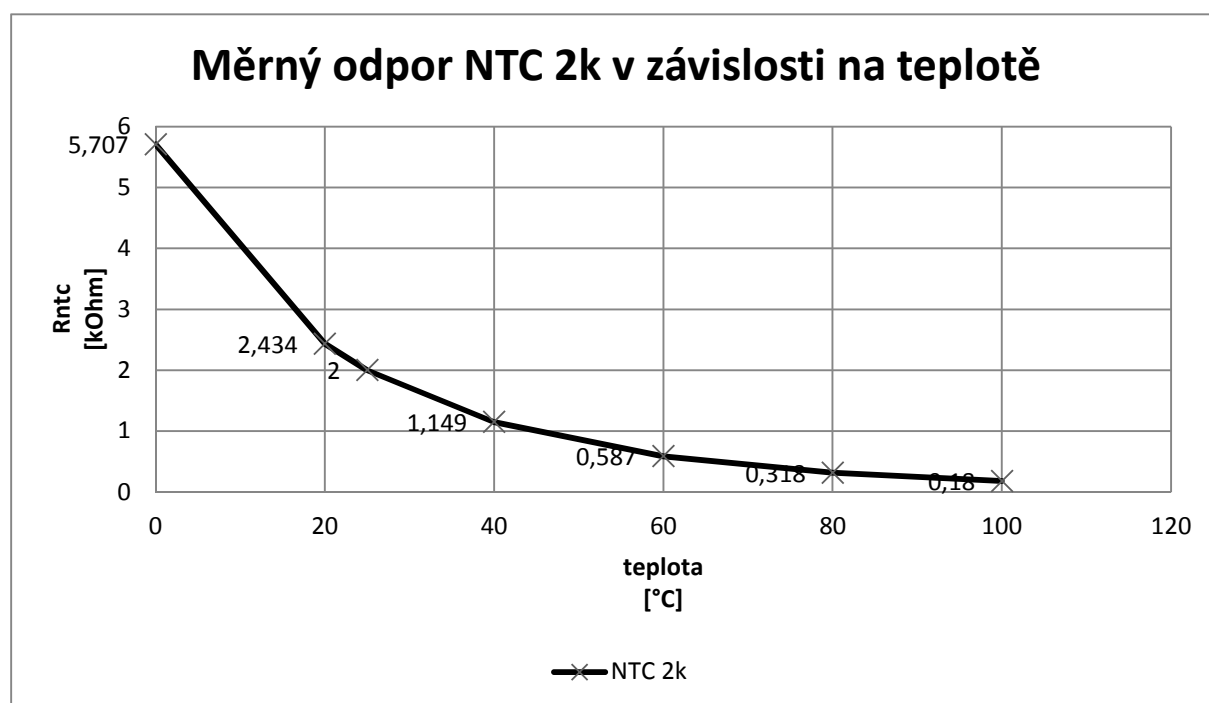


Obrázek 2: Závislost hustoty suchého vzduchu na jeho teplotě a tlaku

### 2.1.4 Senzory teploty:

Z předešlého textu vyplývá, že pro řízení motoru je znalost teplot chladicí kapaliny a nasávaného vzduchu kritická. Tyto hodnoty jsou získávány pomocí odporových NTC snímačů ( $R_{25} = 2 \text{ k}\Omega$ ), jejichž konstrukce a osazení umožňují obtékání měřeným médiem. Teplota vzduchu je měřena v sacím boxu čističe vzduchu a teplota vody na výstupu chladicí kapaliny z motoru.

Pomocí teploty vzduchu je vypočítáváno množství nasátého vzduchu a pomocí teploty vody je sledována kondice motoru. Do teploty 40 až 50 °C je motor považován za studený a je udržován ve vyšších otáčkách 1500 až 2000 ot/ min.



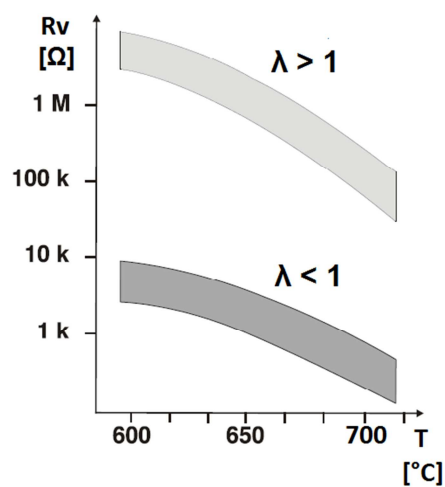
Obrázek 3: Závislost odporu NTC snímače na teplotě

### 2.1.5 Odporová lambda sonda:

Motor je vybaven třicestným katalyzátorem, který pomocí chemických reakcí vytváří ze složek HC (uhlovodíky), NO<sub>x</sub> (oxidy dusíku) a CO (oxid uhelnatý) složky H<sub>2</sub>O (vody), CO<sub>2</sub> (oxid uhličitý) a N<sub>2</sub> (dusík). Správné funkce katalyzátoru je dosaženo jen tehdy, pokud hodnota přebytku vzduchu  $\lambda$  je rovna 1.

Odporová lambda sonda pracuje při teplotách nad 500 až 600 °C a je proto umístěna co nejbližší motoru. Navíc je vybavena topným tělískem, které ještě zkrátí dobu ohřevu. Vyhřívání je na rozdíl od jádra sondy napájeno 12 V zdrojem pro akční členy.

Výstupní odpor lambda sondy je nepřímě úměrný přebytku vzduchu  $\lambda$ . Pokud je směs příliš bohatá, nebo je sonda studená, může výstupní odpor dosahovat řádu stovek k $\Omega$  až jednotek M $\Omega$ . S rostoucí  $\lambda$  odpor klesá. Při  $\lambda = 1$  dojde ke skokovému snížení odporu. Ten klesne na stovky  $\Omega$  až desítky k $\Omega$ .



Obrázek 4: Výstupní odpor lambda sondy

### 2.1.6 Další snímače:

Motocykl obsahuje další snímače, které ale pro tuto práci nejsou zásadní. Jedná se například o snímač tlaku oleje, převržení motocyklu, rychlosti otáčení předního kola, vysunutí bočního stojanu atd.

## 2.2 Akční členy

Napájení akčních členů je realizováno přímo z baterie, prostřednictvím systému relé a mechanických spínačů ověřující správné nastavení motocyklu před startováním a rozjezdem. Hodnota napětí tohoto je sledováno a je sním uvažováno při výpočtech doby předstihu. Tento zdroj není ovlivňován řídicí jednotkou. Specifické je napájení stavěče škrticí klapky, které je tvořeno plným můstkem a palivového čerpadla společně se vstřikovači. Ty jsou napájeny samostatně prostřednictvím relé, ovládaném řídicí jednotkou. Velikost napětí tohoto zdroje není zásadní a není proto sledována.

### 2.2.1 Vstřikovače paliva:

Motor je vybaven elektromagnetickými vstřikovači, které jsou umístěny v sacím potrubí jednotlivých válců a jsou přímo ovládané řídicí jednotkou. Intervaly spínání jsou uvedeny v tabulce dole. Doby otevření a uzavření trysky se pohybují v rozmezí řádu jednotek ms. Odpor vinutí elektromagnetu dosahuje hodnot jednotek  $\Omega$ . Vinutí elektromagnetu je připojeno na zdroj napětí ovládaného řídicí jednotkou a je spínáno proti zemi.

	volnoběh (1300 ot/ min)		maximum (8800 ot/ min)	
	T (ms)	f (Hz)	T (ms)	f (Hz)
<b>interval</b>	184,8	5,41	2,73	366,6

Tabulka 4: Intervaly vstřikovače

### 2.2.2 Zapalovací cívky:

Motor disponuje samostatnou zapalovací cívkou pro každý válec. Cívka je připojena ke zdroji akčních členů a spínána řídicí jednotkou proti zemi. Předstih je dán sepnutím spínacího prvku. V témže okamžiku začíná sekundárním vinutím cívky protékat proud a akumulovat se energie. Po rozpojení elektrického obvodu zapalovací cívka působí akumulovanou energií proti změně a otáčí orientaci napětí na vstupních svorkách. Také změni svoji velikost přibližně na 150 V. Tato změna se projeví na primárním vinutí napěťovým impulsem o velikosti dosahující velikosti řádově tisíců V, což je dostatečné napětí pro zapálení výboje na zapalovací svíčke. Tímto výbojem je odvedena energie z cívky.



### 2.2.3 Další akční členy:

S ostatními akčními členy, jako jsou stavěč škrticí klapky, palivové čerpadlo nebo vzduchový ventil katalyzátoru není třeba manipulovat, neboť je bude nadále ovládat původní řídicí jednotka.

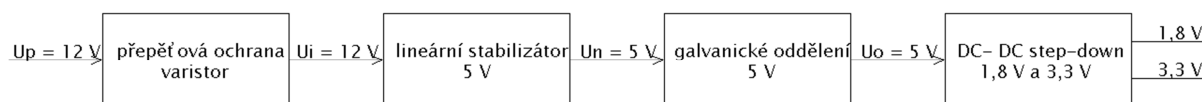
## 3 Bloky elektronické jednotky

Tato kapitola je zaměřena na jednotlivé bloky elektronické jednotky, která je určena ke sběru dat, jejich odesílání do obslužného programu počítače a pro úpravu úhlu vstřiku a předstihu.

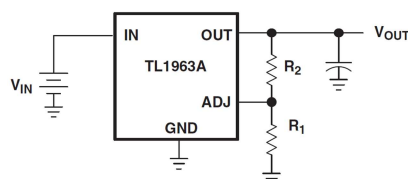
### 3.1 Napájecí zdroj

Protože je řídicí jednotka umístěna v těsné blízkosti motoru a je vystavena působení rušivých vlivů, výrazným změnám teplot a vlhkosti je vhodné vnitřní elektronické obvody ochránit galvanicky odděleným zdrojem napětí. Tak je možné oddělit zemní smyčky a ochránit vnitřní obvody před vysokonapěťovými výboji.

Na vstupu zdroje je varistor. Jeho úkolem je ochrana dalšího stupně před poškozením vysokonapěťovými impulzy. Navazujícím prvkem je lineární stabilizátor TL1963A s nízkým úbytkem a výstupním napětím 5V pro napájení vstupních a výstupních obvodů. Toto napětí je dále galvanicky odděleno pomocí DCP020505, což je galvanicky oddělený neregulovaný DC-DC konvertor. Galvanicky oddělené napětí je dále upraveno DC-DC step-down měničem na hodnoty 1,8 V a 3,3 V pro procesor.



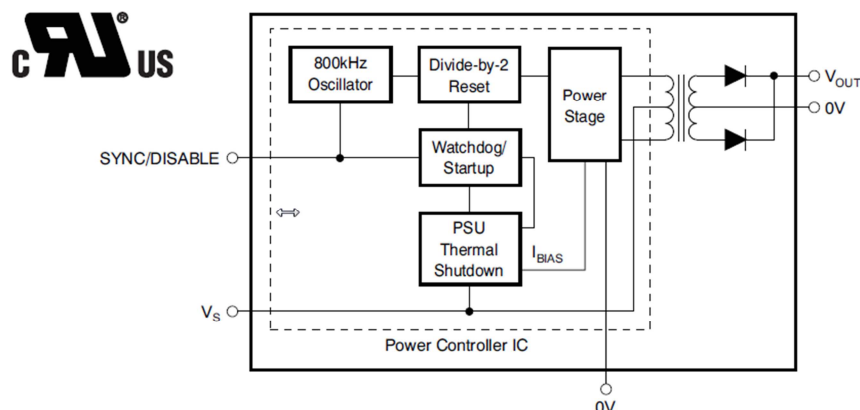
Obrázek 5: Zdroj napětí jednotky



Obrázek 6: Lineární stabilizátor TL1963A

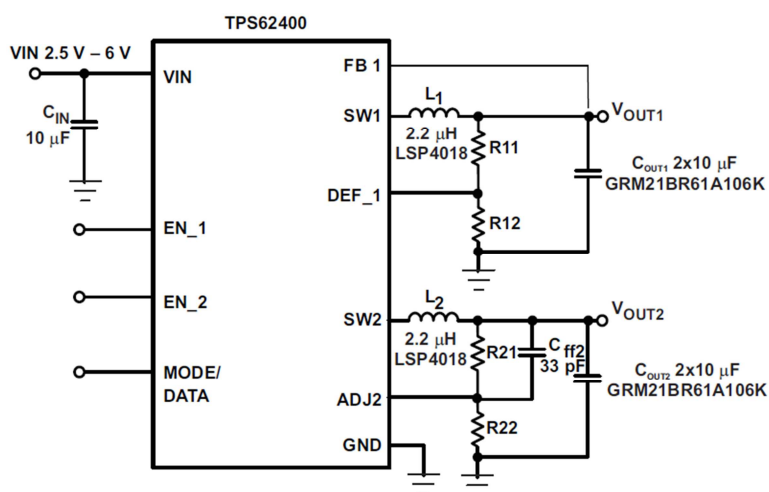
(zdroj: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tl1963a-15.pdf>)

$$V_{OUT} = 1,21 \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + 3 \cdot 10^{-6} \cdot R_2$$



Obrázek 7: Galvanické oddělení zdroje

(zdroj: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/dcp020505.pdf>)



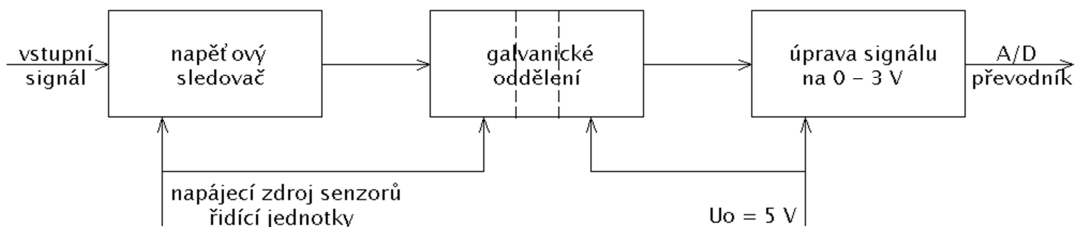
Obrázek 8: Step-down měnič

(zdroj: <http://www.ti.com/lit/ds/slvs681e/slvs681e.pdf>)

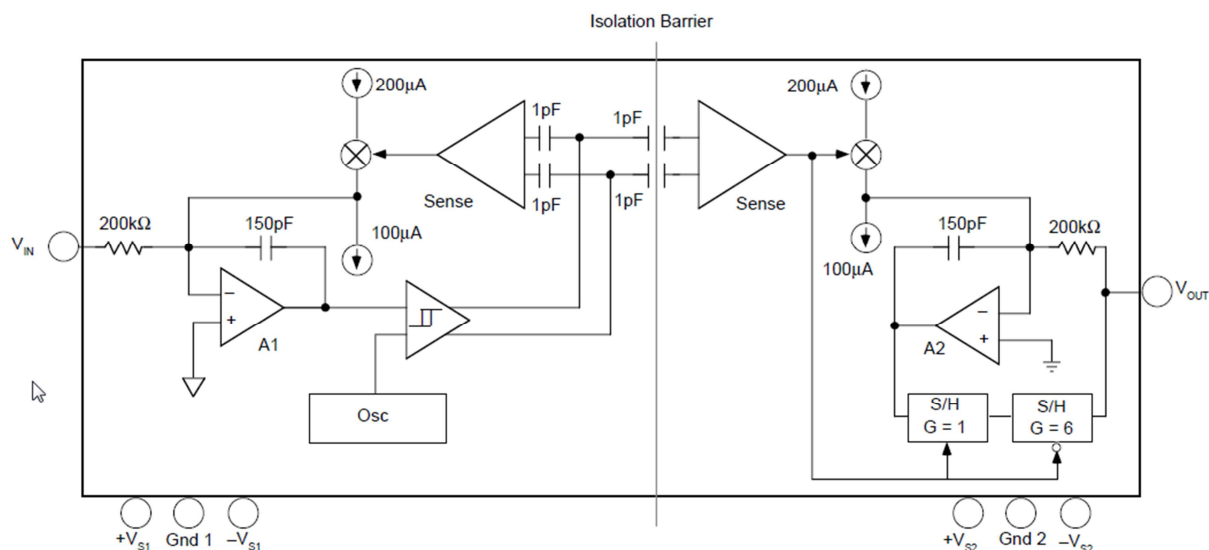
### 3.2 Blok vstupních analogových obvodů

Blok galvanicky odděluje a upravuje vstupní analogové signály. Jedná se o výstupy senzorů teploty chladicí kapaliny, nasávaného vzduchu, senzor tlaku nasávaného vzduchu, lambda sondy, natočení škrtkové klapky a rukojeti plynu.

Vstupní signál vstupuje do napěťového sledovače, který je napájen signálovým zdrojem řídicí jednotky. Poté prochází galvanickým oddělovacím zesilovačem ISO122. Poslední operací je úprava na napěťový rozsah 0 – 3,3 V pro A/D převodník procesoru.



Obrázek 9: Blokové schéma analogového vstupu



Obrázek 10: Zesilovač s galvanickým oddělením

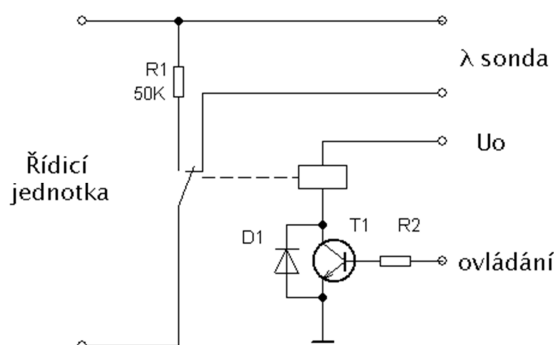
(zdroj: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/iso122.pdf>)

### 3.3 Blok výstupních analogových obvodů

Aby bylo možné využívat stávajících palivových map řídicí jednotky, je potřeba zajistit, aby řídicí jednotka nekompensovala zásah do úhlu vstřiku nebo předstihu. Proto je nezbytné odeslat na její vstup falešný signál lambda sondy. Skutečnou lambda je pak možné sledovat obslužným softwarem.

Odporová lambda sonda mění svůj stav skokově podle toho, zda je ve zplodinách přebytek nebo nedostatek kyslíku. Ale mezi 10 až 100 kΩ se nachází lambda okno, kdy  $\lambda = 1$  a řídicí

jednotka by v tomto okně neměla provádět korekce. Falešný signál pro řídicí jednotku je vytvářen pomocí 50 k $\Omega$  odporu. Ten je do obvodu připojován pomocí relé.

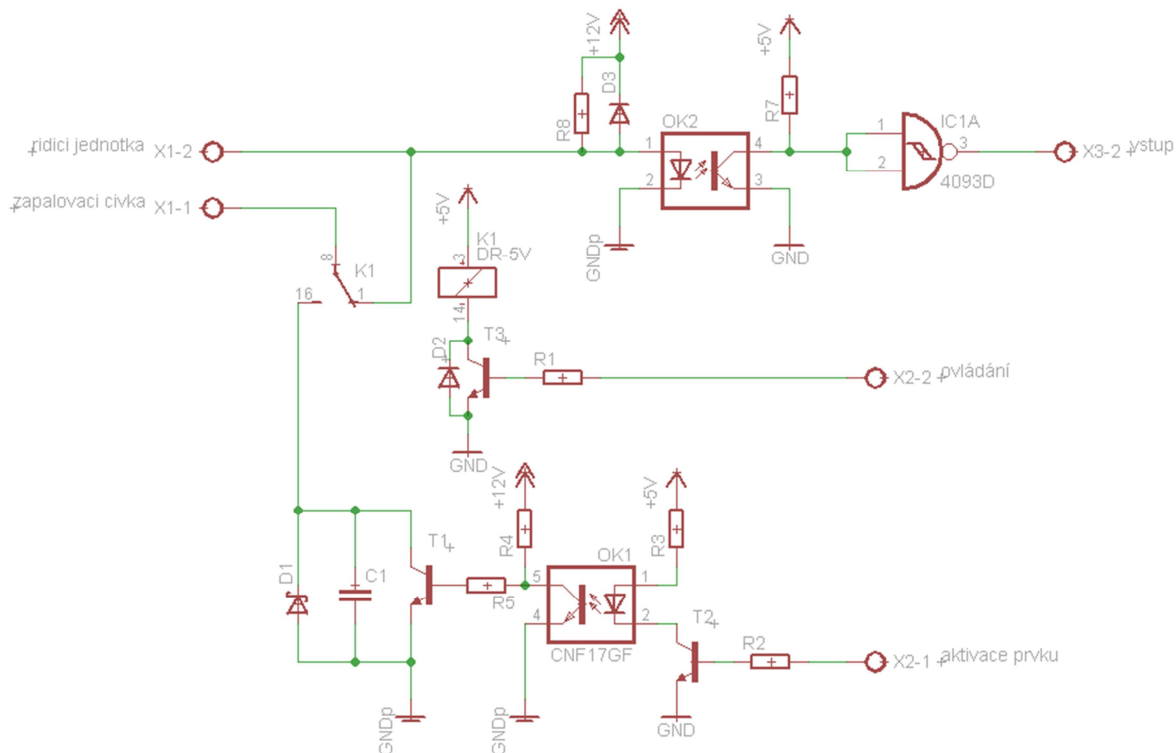


Obrázek 11: Vyřazení lambda sondy

### 3.4 Blok vstupních a výstupních číslicových obvodů

Mezi číslicové vstupy lze zařadit výstupní signál ze snímače natočení klikové hřídele. Dále pak výstupní signály řídicí jednotky pro zapalovací cívky a vstřikovače. Na sekundárním vinutí zapalovací cívky se po odpojení objeví napěťový impulz o velikost až 150 V. Tomu je potřeba vstupní obvody přizpůsobit.

Na obrázku dole je vstupní modul pro sledování pracovního stavu indukčnosti a zároveň pro její ovládání. Na konektoru *zapalovací* cívka je připojena spínaná indukčnost, jejíž druhý kontakt je připojen na zdroj akčních členů. Na konektoru *řídicí* jednotka je připojen výstup řídicí jednotky, který indukčnost ovládá. Při vypnutém relé K1 je indukčnost ovládána řídicí jednotkou. Pokud se na *ovládání* objeví úroveň H, indukčnost je ovládána pomocí *aktivace prvku*. Zároveň lze stále sledovat původní pokyny řídicí jednotky na *vstup*.



Obrázek 12: Obvod pro ovládání a sledování vstřikovače a zapalovací cívky

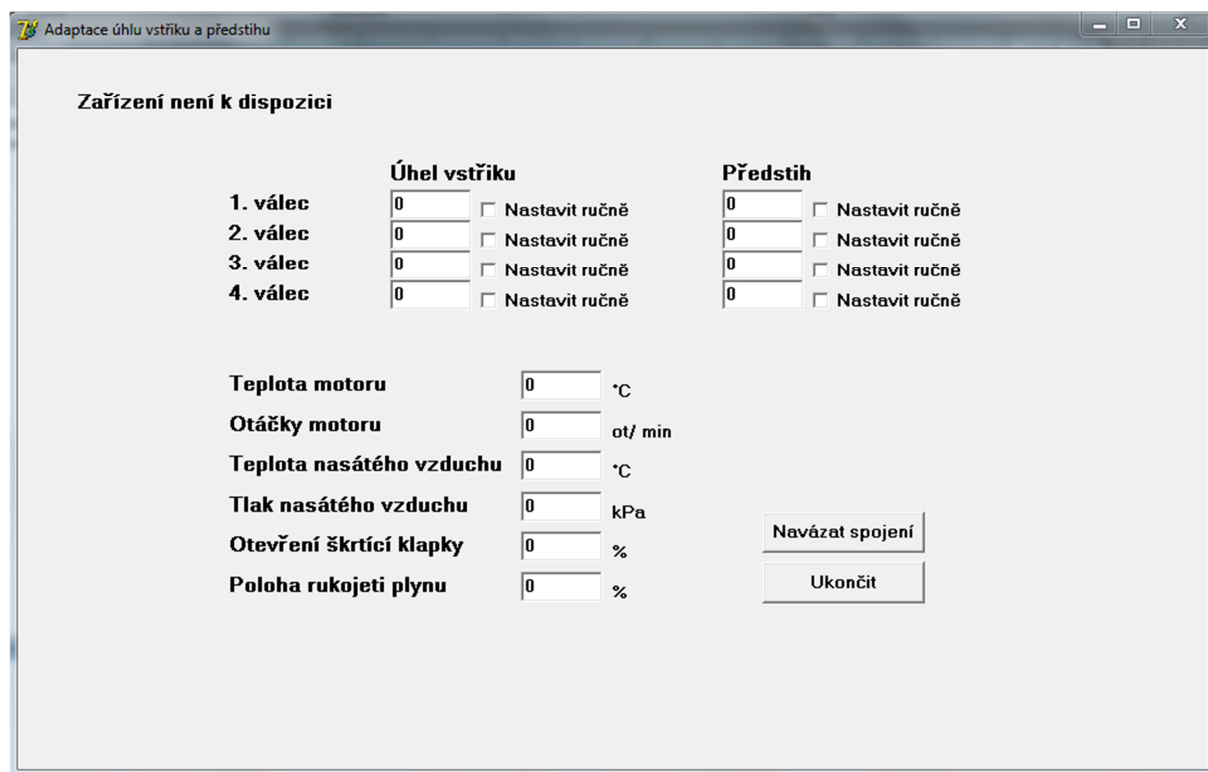
	úroveň L	úroveň H
ovládání	indukčnost ovládána řídicí jednotkou	indukčnost ovládána pomocí <i>aktivace prvku</i>
aktivace prvku	indukčností protéká proud	indukčností proud neprotéká

Obrázek 13: Ovládání indukčního prvku

Pozice klikového hřídele je zprostředkována pomocí kladných a záporných impulsů. Na obrázku dole je obvod, který převádí impulsy na obdélníkový průběh. Délka obdélníku odpovídá délce výčnělku na rotoru alternátoru. Procesor měří délku obdélníků a určuje rychlost otáčení klikové hřídele a její úhel natočení. Pomocí dvou chybějících zubů je určena horní úvrať prvního válce.

## 4 Obslužný software

Na obrázku dole je vidět obslužný software. Po navázání spojení se v bílých polích ukáže aktuální stav motoru. Software umožňuje nastavit úhel vstřiku paliva a předstih na libovolném válci. Software komunikuje s procesorem prostřednictvím USB sběrnice. Fyzicky je spojení realizováno integrovaným obvodem z rodiny FTDI.



Obrázek 14: Obslužný software

## 5 Závěr

Jednotka nebyla realizována a tak všechna tvrzení v této práci jsou jen teoretickými předpoklady. V první části jsou nastíněny principy senzorů, které moderní motory, ať už motocyklové, nebo automobilové, potřebují ke svému chodu. Byl vysvětlen princip, jakým senzory pracují a jaké hodnoty lze naměřit. V další části je naznačeno jakým způsobem informace z těchto senzorů zpracovat. Poslední částí je vzhled obslužného softwaru.

## 6 literatura

- [1] Jan, Z. Žďánský, B. *Automobily 4: příslušenství*. 2. vyd. Brno: Avoid s.r.o. 2003
- [2] Ferenc, B. *Spalovací motory: Karburátory a vstřikování paliva*. 1. vyd. Praha 4: Computer Press, 2004. 388 str. ISBN 80-251-0207-6
- [3] Vlk, F. *Automobilová elektronika 3: Systémy řízení motoru a převodů*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2006. 355 str. ISBN 80-239-7063-1
- [4] Záhlava, V. *Návrh a konstrukce DPS: Principy a pravidla praktického návrhu*. 1. vyd. Praha: BEN – technické literatury, 2010. 123 str. ISBN 978-80-7300-266-4
- [5] [http://www.nxp.com/documents/data\\_sheet/HEF4027B.pdf](http://www.nxp.com/documents/data_sheet/HEF4027B.pdf)
- [6] <http://www.autorubik.sk/technika/ako-funguje-a-na-co-sluzi-lambda-sonda>
- [7] [http://www.hho4cars.eu/uploads/4/7/1/8/4718302/lambda\\_sonda.pdf](http://www.hho4cars.eu/uploads/4/7/1/8/4718302/lambda_sonda.pdf)
- [8] <http://www.ges.cz/sheets/n/ntc-02.pdf>
- [9] [http://www.fsid.cvut.cz/~schwajan/schwarzer\\_soubory/Soubory/Vlhky\\_vzduch/vv.pdf](http://www.fsid.cvut.cz/~schwajan/schwarzer_soubory/Soubory/Vlhky_vzduch/vv.pdf)