

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ



BAKALÁRSKA PRÁCA

Řídicí obvody v automobilech

Praha, 2009

Autor: Eva Žáčková

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

V Praze dne _____

podpis

Pod'akovanie

Ďakujem predovšetkým mojej rodine, ktorá mi počas celého štúdia poskytovala vhodné podmienky a zázemie pre štúdium. Ďalej moje pod'akovanie patrí vedúcej mojej bakalárskej práce, Doc. Ing. Kateřine Hyniovej, CSc., za ochotu a cenné rady. Za optimizmus a morálnu podporu by som rada pod'akovala Martinovi Rusňákovi a Matejovi Pčolkovi; Tomášovi Mikulovi, Vladimírovi Mezerovi a Jánovi Seifrtovi zas za odbornú pomoc pri písaní bakalárskej práce a počas celého štúdia. V neposlednom rade patrí moja vďaka Beáte Krankusovej za technickú podporu.

Abstrakt

V tejto práci je popísaný laboratórny model popisujúci správanie riadených systémov zapalovania, ktorý umožňuje realizovať tri rôzne druhy riadeného zapalovania, riadenie v otvorenej smyčke, regulácia rýchla a regulácia pomalá. Práca je doplnená o teoretický úvod z oblasti riadených systémov zapalovania. Súčasťou práce je laboratórna úloha pre študentov predmetu Instrumentace procesů, ktorá obsahuje úlohy merania, ktoré by mali študentom umožniť pochopiť správanie jedného zo základných elektronických obvodov v automobiloch a pozorovať najčastejšie poruchy v takýchto systémoch.

Príloha obsahuje aj predpokladané výsledky merania, ktoré by mali poslúžiť ako podklad pre vyučujúcich.

Abstract

This work deals with the laboratory model of ignition control system, which is able to carry out three different types of electronic ignition control: feed-forward, quick and slow control. A theoretical introduction to electronic ignition control is included, too. The second part of the work contains a laboratory exercise for the Instrumentation of Processes course and proposes the students' tasks, which are designed to allow students to understand to behaviour of one of the basic electronic circuit found in the cars and examine the most common disturbances in such systems.

The expected exercise results are included in appendix too and they are supposed to serve as an aid for teachers.

vložit originální zadání!!!!!!!!!!!!

Obsah

Zoznam obrázkov	viii
1 Úvod	1
2 Riadené zapalovanie	2
2.1 Možnosti riadenia zapalovania	5
2.1.1 Riadenie mechanickými metódami	5
2.1.2 Riadenie elektronickou riadiacou jednotkou	7
2.1.3 Ovládanie	8
2.1.3.1 Hardware	8
2.1.3.2 Software	9
2.1.4 Riadenie so spätnou väzbou	10
3 Laboratórny model AT11	12
3.1 Teoretický rozbor	12
3.2 Riadiaca jednotka	12
3.3 Napájacia jednotka	13
3.4 Modul AT11	13
3.5 Meranie na modeli	16
4 Laboratórna úloha	17
4.1 Zadanie laboratórnej úlohy	17
4.2 Popis prípravku	17
4.3 Teoretický rozbor	18
4.3.1 Riadenie v otvorenej smyčke	19
4.3.2 Riadenie v uzavretej smyčke	21
4.3.2.1 Pomalá regulácia	22
4.3.2.2 Rýchla regulácia	23

4.4	Úlohy merania	24
4.4.1	Riadenie v otvorenej smyčke	24
4.4.2	Riadenie v uzavretej smyčke - rýchla regulácia	24
4.4.3	Riadenie v uzavretej smyčke - pomalá regulácia	25
5	Záver	27
	Literatúra	28
A	Vypracovanie laboratórnej úlohy	I
A.1	Riadenie v otvorenej smyčke	I
A.1.1	Vplyv otáčok na uhol predstihu	I
A.1.2	Vplyv typu benzínu	I
A.1.3	Vplyv tlačidla PS1	I
A.2	Riadenie v uzavretej smyčke - rýchla regulácia	II
A.2.1	Vplyv tlačidla PS1	II
A.2.2	Identifikácia poruchy	II
A.3	Riadenie v uzavretej smyčke - pomalá regulácia	II
A.3.1	Vplyv tlačidla PS1	II
A.3.2	Vplyv poruchy	III

Seznam obrázků

2.1	Univerzálna riadiaca jednotka TeSys	3
2.2	Indikatorový diagram	4
2.3	Odstredivý regulátor	6
2.4	Podtlakový regulátor	6
2.5	Mapa Bosch Mono Motronic	9
3.1	Foto riadiacej jednotky	13
3.2	Foto panelu	14
3.3	Spínače pre prepínanie vstupných parametrov	15
3.4	Displej s uhlom predstihu	15
4.1	Bloková schéma pre riadenie v otvorenej smyčke	20
4.2	Princíp riadenia v otvorenej smyčke	21
4.3	Bloková schéma pre riadenie v uzavretej smyčke	22
4.4	Graf priebehu pomalej regulácie	23
4.5	Graf priebehu rýchlej regulácie	23
A.1	Graf priebehu rýchlej regulácie	II
A.2	Graf priebehu pomalej regulácie	III

Kapitola 1

Úvod

Cieľom tejto bakalárskej práce je zoznámiť sa s laboratórnym výukovým modelom AT11 od firmy Electtronica Veneta. Samotný laboratórny model sa skladá z napájacej jednotky, riadiacej jednotky a samostatného modulu, ktorý simuluje elektronicky riadené zapalovanie. Na ňom je možné sledovať, aký vplyv na optimálny čas zapálenia majú prevádzkove podmienky, ako je: teplota motora, otáčky, typ paliva či poloha škrtiacej klapky, rovnako aj javy, ktoré nepriaznivo ovplyvňujú chod motora, a to konkrétne klepanie motora. Pomocou riadiacej jednotky sme schopní do samotného modulu simulujúceho správanie riadeného zapalovania zavádzať poruchy a pozorovať ich vplyv na proces riadenia.

Ďalším bodom zadania je preskúmať problematiku riadených systémov zapalovania a zoznámiť sa s rôznymi metódami, ktoré sa používajú.

Tieto úlohy sú robené za účelom vytvorenia laboratórnej úlohy pre predmet Instrumentace procesů, ktorý je určený pre študentov druhého a tretieho ročníka bakalárskeho študijného programu Kybernetika a měření, a majú zoznámiť študentov tohoto predmetu so základnými elektronickými obvody v automobiloch.

Práca by mala obsahovať zadanie labornej úlohy s kompletnou sadou úloh pre daný model, návod k vypracovaniu samotnej úlohy rovnako ako aj návod na obsluhu samotného modelu. Súčasťou laboratórnej úlohy bude aj krátky teoretický úvod, ktorý by mal študentov uviesť do problematiky riadeného zapalovania a umožniť im pochopiť správanie obvodu a úspešne identifikovať poruchy, ktoré budú do obvodu zavádzané. Súčasťou práce bude aj vypracovanie laboratórnej úlohy a konkrétne výsledky jednotlivých bodov merania, ktoré budú slúžiť predovšetkým ako podklady pre vyučujúcich tohto predmetu.

Kapitola 2

Riadené zapalovanie

Spalovacie motory sú podľa [1] definované ako motory, ktoré premieňajú energiu chemickej viazanú v palive na mechanickú prácu. Výkon vytváraný motorom vzniká premenou chemickej energie z paliva na teplo a premenou tepla na mechanickú prácu. Premena chemickej energie na teplo prebieha spalovaním uhľovodíkového paliva. Potrebný je kyslík, ktorý sa privádza so vzduchom do spalovacieho priestoru.

Spalovacie motory môžeme deliť podľa rôznych hľadísk, podrobnejšie rozdelenie možno nájsť napríklad v [8], nás však budú zaujímať predovšetkým zážihové spalovacie motory. Ide o piestové spalovacie motory, kde je cudzím zdrojom (spravidla sviečkou) zapálená zmes paliva (plynného alebo kvapalného) a vzduchu. Táto zmes je homogénna a je zápalná len v úzkom rozmedzí okolo stechiometrického pomeru, čo je pomer, kedy dôjde k dokonalému zapáleniu zmesi. Vo vzduchu je správny pomer 14,7 kg paliva na 1kg vzduchu.

Takmer celé storočie sa spalovacie motory riadili veľmi primitívnym spôsobom a vrcholom celej regulácie bolo riadenie prípravy zmesi v karburátore a priame riadenie predstihu zážihu odstredivým a podtlakovým regulátorom. Aj napriek tomu, že počas celého storočia takéto riadenie pokračovalo, v dnešnej dobe je úplne nedostatočné. [3]

Už v 80. rokoch minulého storočia sa začali presadzovať prvé elektronicky riadené systémy zapalovania rovnako ako aj zavedenie katalytického spalovania výfukových plynov, čo umožnil predovšetkým nástup integrovanej elektroniky, presného vykonového spínania, vývoj bezpečného softwaru a súčasne vyspelé technológie. Prítomnosť elektronicky riadeného zapalovania v súčasných automobiloch a motocykloch dokáže v značnej miere zlepšiť výkon, účinnosť či plynulosť chodu v širšom spektre otáčok.

V súčasnej dobe sa používajú dosť často univerzálnejšie riadiace jednotky, ktoré majú univerzálne vstupy aj výstupy, ktorým možno priradiť rôzne funkcie, a tak jedným systémom je možné riadiť nielen zapalovanie, ale i vstrekovanie či napríklad ovládanie

palivovej pumpy alebo ventilátoru. Takéto ucelené systémy, ktoré sa starajú o chod motoru, sa zvyknú nazývať motor-management. V najnovších automobiloch je dokonca aj viacero riadiacich jednotiek, ktoré spolu komunikujú cez zbernicu CAN, prípadne prostredníctvom RS-232 alebo RS-485, a diagnostika sa netýka len motorov, ale aj napríklad klimatizácie, elektronického sťahovania okien, ABS, centrálneho zamykania a pod.



Obrázek 2.1: Univerzálna riadiaca jednotka TeSys

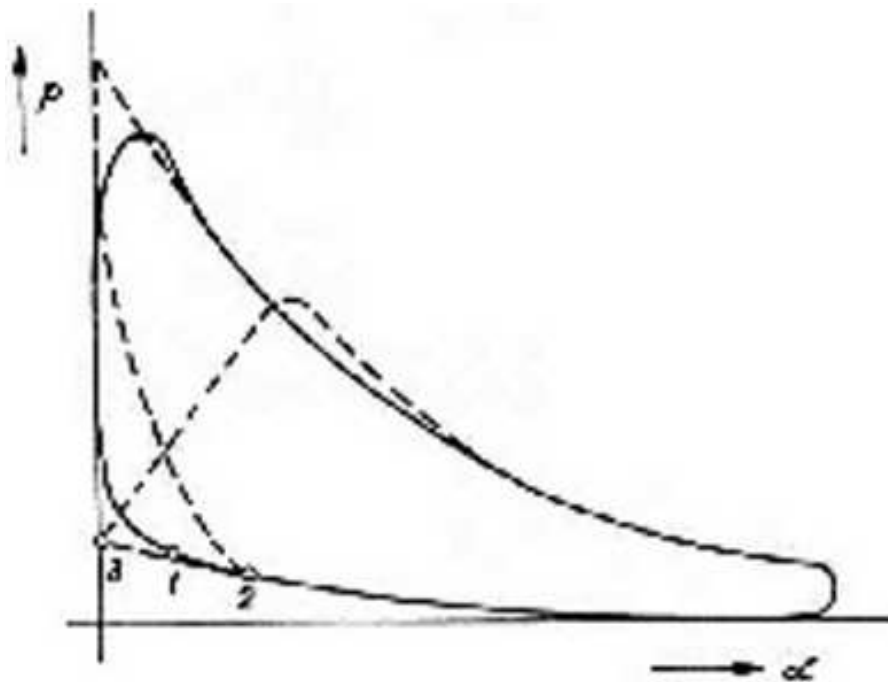
Hlavnou úlohou zapalovacej sústavy, či už s elektronickým riadením alebo klasickým mechanickým, je vo vhodnom okamžiku a na vhodnom mieste zapáliť zmes vzduchu a paliva. Správne miesto aj okamžik dokážu výrazne zvýšiť termodynamickú účinnosť premeny energie obsiahnutej v palive na mechanickú prácu. Optimálna hodnota momentu, pri ktorom dôjde k zapáleniu zmesi, je daná rôznymi prevádzkovými podmienkami a aj parametrami motora, ako sú teplota motora, otáčky, kompresný pomer, poloha škrtiacej klapky, kvalita paliva a niekoľko ďalších.

Okamžik, v ktorom sa iskra zapáli, musíme taktiež voliť aj v závislosti na tvorbe škodlivín vo výfukových plynch. Veľký predstih síce zvyšuje výkon, klesá spotreba paliva rovnako aj emisie oxidu uhličitého a nespálených uhľovodíkov, ale na druhej strane rastú emisie oxidov dusíka. Predstih zážehu, skrátene predstih (ako uvádza [2]), je uhlový rozdiel zážihu oproti hornej úvrati piestu. Predstih možno vyjadriť aj v milimetroch. Potom je definovaný ako vzdialenosť, ktorú ešte musí piest uraziť, aby sa dostal do hornej úvrate (svojej krajnej polohy) v dobe, kedy preskočí iskra.

Ďalší limit je klepanie motoru, ktoré nastane pri nastavení veľkého predstihu. Zhorené spaliny spočiatku zvyšujú svoj tlak v kompresnom priestore a zmes sa vznieti, čo spôsobí náraz.

Moderné motory možno v súčasnosti prevádzkovať na hranici klepania, nakoľko obsahujú snímače pracujúce na princípe piezoelektrického javu, kde zmena tlaku spôsobí zmenu v štruktúre krištálického telesa a vznikne elektrický prúd. Tieto signály sú vedené až k riadiacej jednotke, ktorá na základe frekvencií, ktoré sú pre klepanie charakteristické, dokáže upraviť predstih.

Indikátorový diagram zobrazuje priebeh práce piestového motora. Ide vlastne o obyčajný P-V diagram, ktorého tvar nesie informáciu o kvalite prípadne nekvalite riadenia predstihu. Zjednodušene sa dá povedať, že predstih treba riadiť tak, aby plocha tohoto diagramu bola čo najväčšia. Okamžik zapálenia je prispôsobený rýchlosti horenia. Na nasledujúcom obrázku (obr. 2.2) je táto závislosť zobrazená pre tri rôzne hodnoty predstihu (čerpané z [4]):



Obrázek 2.2: Indikátorový diagram

1. optimálny predstih
2. veľký predstih
3. malý predstih

2.1 Možnosti riadenia zapaľovania

Ako už bolo spomenuté vyššie, zapaľovacia sústava sa stará o správne zapálenie iskry. Aby k zapáleniu iskry mohlo vôbec dôjsť, potrebuje zážehové zapaľovanie zdroj energie, ktorý dodá potrebné teplo a teplotu. Iskra môže preskočiť len pokiaľ je privedené na elektródy dostatočne veľké napätie. Od tohto výboja sa očakáva vo všeobecnosti:

- musí k nemu dôjsť v správnom okamžiku
- musí zmes zapáliť
- musí ju zapáliť tak, aby bol čas medzi výbojom a skutočným začiatkom horenia zmesi čo najmenší

V automobiloch je zdrojom tejto energie akumulátorová batéria, ktorá však poskytuje len veľmi nízke jednosmerné napätie. Toto napätie nie je možné tak jednoducho transformovať na vyššie. Túto úlohu teda plní zapaľovacia sústava, kde sa hromadí energia dvojakým spôsobom, a to buď na indukčnosti alebo na kapacite. Od toho závisia aj parametre zapaľovacej sústavy. Pre elektronické zapaľovacie sústavy sa používa zapaľovanie tranzistorové (kapacitne - energia sa nahromadí v kapacite) alebo tyristorové (energia sa nahromadí v cievke).

Jednotlivé princípy su bližšie popísane napríklad v [6], nebudeme sa nimi zaoberať, nakoľko nie sú náplňou tejto bakalárskej práce.

2.1.1 Riadenie mechanickými metódami

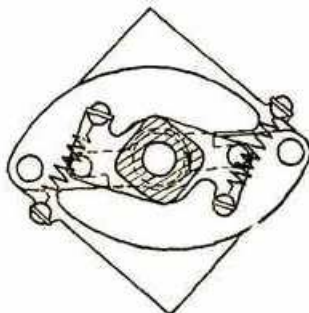
K preskoku elektrickej iskry dôjde v okamihu rozopnutia alebo zopnutia prerušovača v rozdeľovači vysokého napätia. Tento okamžik sa posúva vzhľadom k natočeniu kľukového hriadeľa. Posunutie tohto hriadeľa je možné riadiť odstredivým regulátorom.

Mechanické metódy regulácie môžeme rozdeliť na dva rôzne spôsoby regulácie:

- **odstredivá**- predstih sa riadi podľa otáčok (obr. 2.3),
- **podtlaková**- predstih sa riadi podľa zaťaženia, ktoré predstavuje podtlak v potrubí (obr. 2.4).

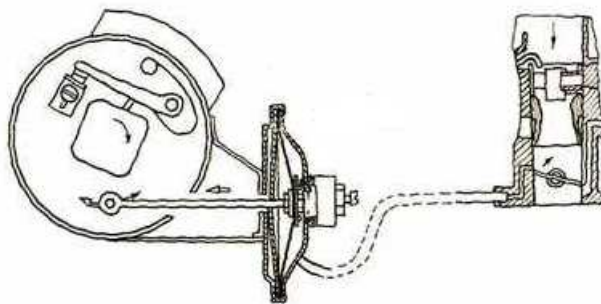
Odstredivý regulátor natáča dosku prerušovača, prípadne iného zariadenia, ktoré má podobný účel (snímače, ktoré slúžia k riadeniu elektronického prerušovača) proti smeru

otáčania o potrebný uhol. Tvoria ho závažia, ktoré sa roztvárajú, a tým cez pružinky natáčajú časť otočného hriadeľa, ktorý rozpína prerušovač.



Obrázek 2.3: Odstredivý regulátor

Podtlakový regulátor je najčastejšie tvorený membránovým silovým mechanizmom, ktorý otáča buď doskou s nepohyblivou časťou prerušovača alebo celým rozdeľovačom. Má dve komory: podtlakovú, ktorá predstih znižuje, a druhú, ktorá predstih zvyšuje.



Obrázek 2.4: Podtlakový regulátor

Mechanické regulátory však berú do úvahy len zaťaženie motora a otáčky, pričom optimálny predstih je závislý až na desiatich premenných, ktoré dosť výrazne ovplyvňujú chod motora. Preto sa dopĺňajú mechanické regulátory súčastami, ktoré sú schopné, reagovať na zmeny týchto veličín. Takýchto systémov je mnoho a väčšinou sú umiestnené medzi podtlakovou komorou, ktorá zvyšuje predstih, a otvor v sacom potrubí. Napriek tomu ostáva mechanická regulácia pre súčasné automobily nedostatočná, nakoľko sa neodstránia ďalšie nedostatky mechanickej regulácie, predovšetkým hysteréza.

Ako je známe, odstredivý regulátor otáčok má svoju zotrvačnosť, a práve to spôsobuje spomínanú hysterézu. Taktiež pri mechanickej regulácii dochádza k opotrebeniu kontaktov.

Predstihové charakteristiky u mechanických regulátorov sa pomerne dosť odlišujú od charakteristík skutočného motora, preto je tento typ regulácie uvádzaný len pre úplnosť a ďalej budeme spomínať len elektronickú reguláciu realizovanú riadiacimi jednotkami.

Predstihová charakteristika je akosi regulačnou krivkou, ktorá sa zisťuje empiricky, nakoľko je odlišná pre každý motor. Merajú sa výkony pri rôznych nastaveniach predstihu, rýchlosti otočenia a otvorenia škrtiacej klapky. Z týchto optimálnych hodnôt sa určí optimálna hodnota predstihu.

2.1.2 Riadenie elektronickou riadiacou jednotkou

Riadenie predstihu inteligentnou elektronickou riadiacou jednotkou umožňuje realizovať pomerne zložité tvary motorových charakteristík. Na to, aby však bolo možné priblížiť sa čo najbližšie skutočnému priebehu, potrebujeme predovšetkým presne odsnímať vstupné premenné, ktoré už boli spomínané, a ktoré majú vplyv na funkciu zapaľovacej sústavy.

Pre ilustráciu sú spomenuté niektoré typy snímačov, princíp fungovania jednotlivých senzorov je uvedený napríklad v [5].

- **Otáčky a poloha kľukového hriadeľa** - najčastejšie sa používa Hallov senzor polohy, optoelektronický alebo jednozubý indukčný senzor, ktoré su aj dostatočne presné.
- **Zaťaženie motora** - vyhodnocuje sa podtlakom v sacom potrubí, ktorý je snímaný polovodičovým snímačom alebo membránovým snímačom; pôsobením tlaku dochádza k pohybu membrány spriahnutej s cievkou, kde dochádza k zmene indukčnosti alebo membránovým snímačom s Hallovým prvkom.
- **Teplota motora** - je meraná teplotne závislým odporom, vsadeným do chladiacej kvapaliny, má záporný teplotný súčiniteľ, čo znamená, že čím je teplejšia kvapalina, tým je vyšší odpor.
- **Spínače škrtiacej klapky** - spínač, ktorý podáva informáciu o stave škrtiacej klapky v dvoch krajných polohách: voľnobehu a plnom zaťažení; tento signál je dôležitý pri riadení predstihu práve v týchto polohách.

2.1.3 Ovládanie

Údaje zo spomenutých snímačov sú veľmi dôležité, nakoľko prostredníctvom týchto hodnôt sa počíta uhol predstihu na základe charakteristík, ktoré sú uložené v riadiacej jednotke pre daný motor. Požadovaný priebeh možno dosiahnuť dvoma spôsobmi:

$$\alpha = f(n) + f(p) + f(t) + \dots \quad (2.1)$$

$$\alpha = f(n, p, t, \dots) \quad (2.2)$$

Pričom n - otáčky motora, p - podtlak v sacom potrubí, t - teplota motora, - uhol predstihu, prípadne iné ďalšie vstupné parametre (u najnovších systémov napríklad aj napätie batérie).

Rovnica 2.1 vyjadruje uhol predstihu ako súčet viacerých funkcií jedného parametra. Výhodou je možnosť takto spracovať analogové signály, nakoľko je zachovaný princíp superpozície. Je možné spracovať aj digitálne signály, ale tento spôsob (tzv. čítačový) sa už v súčasnosti nepoužíva, nakoľko priebehy charakteristík sú dosť podobné tým z mechanickej regulácie. Stretnúť ich môžeme v starších autách značky Renault alebo Volvo. Aj napriek množstvu nedostatkov tohto typu riadenia je tento výhodnejší ako mechanický, nakoľko nemá hysterézu, nedochádza k opotrebovaniu kontaktov a v neposlednom rade je tu možnosť zmeny zadaného priebehu.

Riešením problému nerealistických charakteristík je použitie rovnice 2.2. Predstavuje realistickejší pohľad na vec a uhol predstihu je spočítaný ako funkcia n premenných. Používa sa výlučne číslicové spracovanie signálu a charakteristiky sú viac podobné reálnym. Realizuje sa dvoma spôsobmi:

- **Hardware**,
- **Software**- riadenie mikropočítačom.

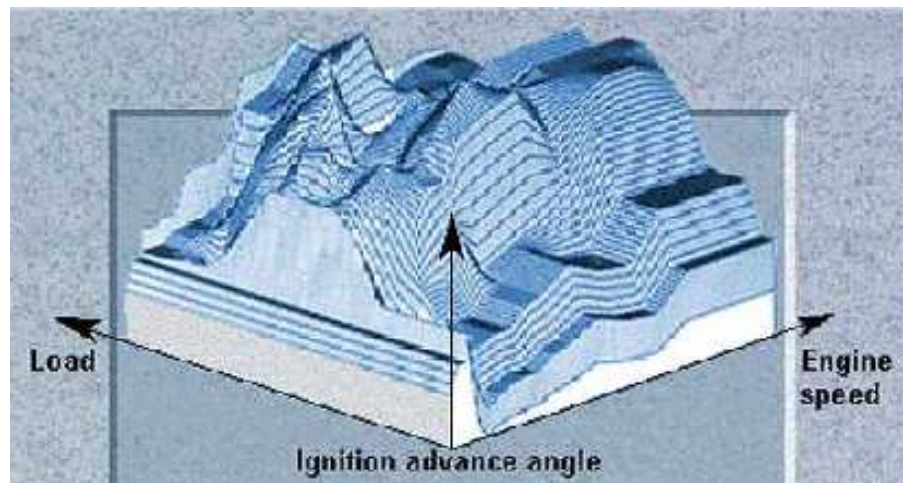
2.1.3.1 Hardware

Predstihová charakteristika je závislá na dvoch parametroch, najčastejšie ide o otáčky a záťaž. Vplyv iných parametrov možno prípadne vyjadriť finálnym korigovaním predstihu, a to buď skokom alebo spojito. Týmto systémom sa hovorí aj pamäťové systémy. Hlavnou súčasťou je polovodičová pamäť typu PROM, kde je na začiatku na jednotlivých pamäťových miestach uložená hodnota predstihu, ktoré sú vybraté podľa hodnôt vstupných parametrov.

Predstaviť si môžeme pole $N \times M$, kde N je počet úrovní otáčok (rozdelených medzi jednotlivé úrovne, väčšinou rovnomerne, a posledná úroveň pripadá väčšiemu intervalu) a M je počet úrovní tlaku nasnímaného podtlakovým snímačom. Pre každú kombináciu je uložená v pamäti hodnota predstihu, čo je celkom $N \times M$ predstihov.

K takýmto jednotkám je často možné pripojiť ešte dvojstavové snímače napr. teploty motora alebo škrtiacej klapky. Na takomto princípe pracuje napríklad riadiaca jednotka FIAT Uno alebo niektoré typy automobilov Škoda.

Na nasledujúcom obrázku (obr. 2.5) je príklad takejto "mapy", kde je určitým otáčkam a záťaži pridelený predstih.



Obrázek 2.5: Mapa Bosch Mono Motronic

2.1.3.2 Software

Ide o mikroprocesor, ktorý vykonáva výpočet danej funkcie. Hlavnou výhodou oproti hardwarovej metóde je fakt, že dokáže zohľadňovať viacero vstupných parametrov. Mikroprocesor vypočíta z načítaných parametrov predstih a vo vhodnú dobu vyšle vysoko-napäťový impulz pre zážih. Oproti predchádzajúcemu má aj výhodu v tom, že je univerzálnejší.

Funkciu mikroprocesoru možno meniť zadaním vhodného programu, ktorý je uložený v pamäti typu ROM. Z nej si procesor načítava inštrukcie v poradí, v akom ich má vykonávať. Vhodnou voľbou programu je možné určiť prioritu jednotlivých vstupných premenných. Ďalej obvod obsahuje pamäť PROM (prípadne EPROM), v ktorej sú uložené parametre motorov. Tieto pamäte je možné ľubovoľne naprogramovať alebo dokonca v niektorých prípadoch existuje možnosť pamäť vymeniť za pamäť s náhodným prístupom

RAM, do ktorej sa ukladajú medzivýsledky, ktoré sa používajú podľa inštrukcií. Súčasťou sú aj vstupno-výstupné obvody, ktoré signály zo snímačov prevádzajú na formu, ktorá je vhodná na spracovanie aj pre synchronizačné obvody.

Softwarové riešenie má okrem spomínanej možnosti zohľadňovať viac vstupných parametrov aj ďalšie výhody, napríklad vyššiu presnosť a možnosť veľmi jednoduchého rozšírenia riadenia. U hardverového riešenia je to zložitejšie, väčšinou je potrebné pridávať nové súčasti, zvyšovať pamäť. Tento spôsob má aj svoje nevýhody. Jednou z nich je hlavne vysoká vypočetná náročnosť týchto operácií.

Aj napriek pomerne veľmi dobrým výsledkom predchádzajúceho riadenia majú takéto systémy jeden závažný nedostatok. Pokiaľ nie je pripojený snímač klepania motoru, ide len o ovládanie. Tieto systémy sú popísané až v nasledujúcej kapitole.

2.1.4 Riadenie so spätnou väzbou

Dôležitým parametrom, ktorý ovplyvňuje kvalitu zážihu, je aj klepanie motoru. Nakoľko neide o parameter stály a nemožno ho nijako presne určiť (je závislý na prevádzkových podmienkach), je pre lepšie riadenie nutné zaviesť spätnú väzbu. V konkrétnych aplikáciách sa používa piezoelektrický snímač vibrácií, ktorý prevádza mechanické kmity na elektrické impulzy. Tieto sú privádzané do riadiacej jednotky, ktorá v prípade potreby zníži predstih. Dôležité je snímač umiestniť tak, aby bolo možné snímať klepanie vo všetkých valcoch. Väčšinou sa umiestňuje na širšiu stranu motora. V niektorých motoroch, hlavne u šesť- a viacvalcových motorov, kde jedným snímačom nedokážeme odsnímať všetky valce, sú snímače dva.

Práve táto spätná väzba umožnila prevádzkovanie moderných motorov až na hranici klepania (ako bolo spomenuté už v úvode). Aj napriek tomu, že je možné, aby došlo k ojedinelému klepaniu, je toto klepanie pomerne slabé a nemalo by mať žiaden nežiadúci vplyv na ďalšie fungovanie motora.

Aj u motorov, ktoré majú takýto snímač, môžu nastať problémy. Nakoľko snímač môže zachytiť šesty vo frekvenčnom pásme klepania a identifikuje ich ako klepanie, predstih sa zníži a poklesne výkon úplne zbytočne, keďže žiadne klepanie nenastalo. Preto sa dosť často používajú filtre, ktoré majú za úlohu odfiltrovať parazitné šumy.

Klepanie motora - zmes začína horieť v mieste zapálenia a horenie sa šíri v guľových plochách. Spaliny sa stlačia nezapálenou zmesou, ktorá sa ohreje. Ak má táto zmes vysokú teplotu, všetko teplo nie je možné odvieŕť stenami a zmes vzplanie v celom objeme. Tlaková vlna, ktorá vznikne, narazí na steny valca a na piest a nastane detonácia, ktorá sa

opakuje pri každom zápale. To spôsobí tzv. klepanie motora [1]. V súčasnosti automobilky využívajú hneď niekoľko rôznych regulačných algoritmov. V nasledujúcom texte uvedieme zjednodušený princíp najčastejšie používaných.

- Prvý algoritmus pracuje na nasledujúcom princípe: pokiaľ je v niektorom z vlcov klepanie, predstih je oneskorený o malú hodnotu. Ak aj v ďalšom cykle klepanie pokračuje, predstih je opäť znížený, až kým klepanie úplne nevymizne. Po čase sa začne predstih zvyšovať, ale po menších hodnotách, až kým nedôjde opäť ku klepaniu. Hovoríme aj o pomalej regulácii.

Tento typ regulácie je možné vyskúšať si aj na laboratórnom modeli.

- Ďalší spomenutý algoritmus: pri detekcii klepania zníži hodnotu predstihu až o 10° (zvyčajne je to hodnota v rozmedzí od $3 - 10^\circ$) a následne ju po malých krokoch (obyčajne 1°) zvyšuje na pôvodnú hodnotu, až kým nedôjde opätovne ku klepaniu a postup sa opakuje. Ide v podstate o kombináciu dvoch korekcií, rýchlej a pomalej (rýchla smerom dole a pomalá smerom hore). Výhodou je hlavne minimálna doba, počas ktorej motor klepe. Nevýhodou je určitá hystereza, ktorá je spôsobená tým, že keď sa zväší predstih o malú hodnotu a motor začne klepať, predstih sa zníži o omnoho väčšiu hodnotu.

Tento typ regulácie taktiež realizuje laboratórny model a je uvádzaný aj v laboratórnej úlohe ako rýchla regulácia.

- Ľubovoľné kombinácie rýchlej a pomalej korekcie, podľa potrieb konkrétneho motora. Zjednodušene platí, že pomalá detekcia sa využíva tam, kde sa klepanie motora očakáva s vyššou pravdepodobnosťou.
- Ďalšou možnosťou je uloženie charakteristík pre benzín Super a pre benzín Špeciál do pamäte (pre každý priebeh sa použije vlastná pamäť). Najprv sa začína s benzínom Super. Ak sa detekuje klepanie, systém sa prepne do charakteristík pre benzín Špeciál. Toto nie je takmer pozorovateľné, odzrkadlí sa to len na miernom poklese výkonu a potom si môže samotný vodič zvoliť z dvoch variant: lacnejší benzín ale nižší výkon, alebo drahšie, kvalitnejšie palivo, ale na druhej strane vyšší výkon.

Kapitola 3

Laboratórny model AT11

Ide o laboratórny model od talianskej firmy Elettronica Veneta, ktorý slúži predovšetkým pre účely výuky a v tomto prípade by mal byť použitý ako učebná pomôcka v predmete Instrumentace procesů.

3.1 Teoretický rozbor

Prípravok sa skladá zo samotného modulu AT11/EV, riadiacej jednotky SIS1 a napájacej jednotky PSU. Samotný modul je pripojený na napájaciu jednotku, prípadne je možné ho napájať zdrojom ± 12 V. Riadiaca jednotka je prepojená plochým káblom s 37- pinovým konektorom so samotným modulom. Na nasledujúcom obrázku je riadiaca jednotka spolu s konektormi, ktoré sú pri zapojení prepojené spomínaným káblom (obr. 3.1).

3.2 Riadiaca jednotka

Riadiaca jednotka obsahuje spínače S1, S2, S3. Normálna funkčnosť všetkých obvodov modulu je zabezpečená prepnutím všetkých prepínačov do polohy "OFF". Zavádzanie porúch do obvodu realizujeme prepnutím jednotlivých prepínačov do polohy "ON". Väčšinou ide o rozpojenie v niektorej časti obvodu a možno túto poruchu zmerať ako zmenu napätových úrovní medzi jednotlivými uzlami obvodu, prípadne sledovať priebeh osciloskopom. Riadiaca jednotka je univerzálna a tak má viac spínačov. V tomto konkrétnom prípade su však zaujímavé len spínače S1, S2, S3, poloha ostatných snímačov nemá vplyv

na správanie obvodu.



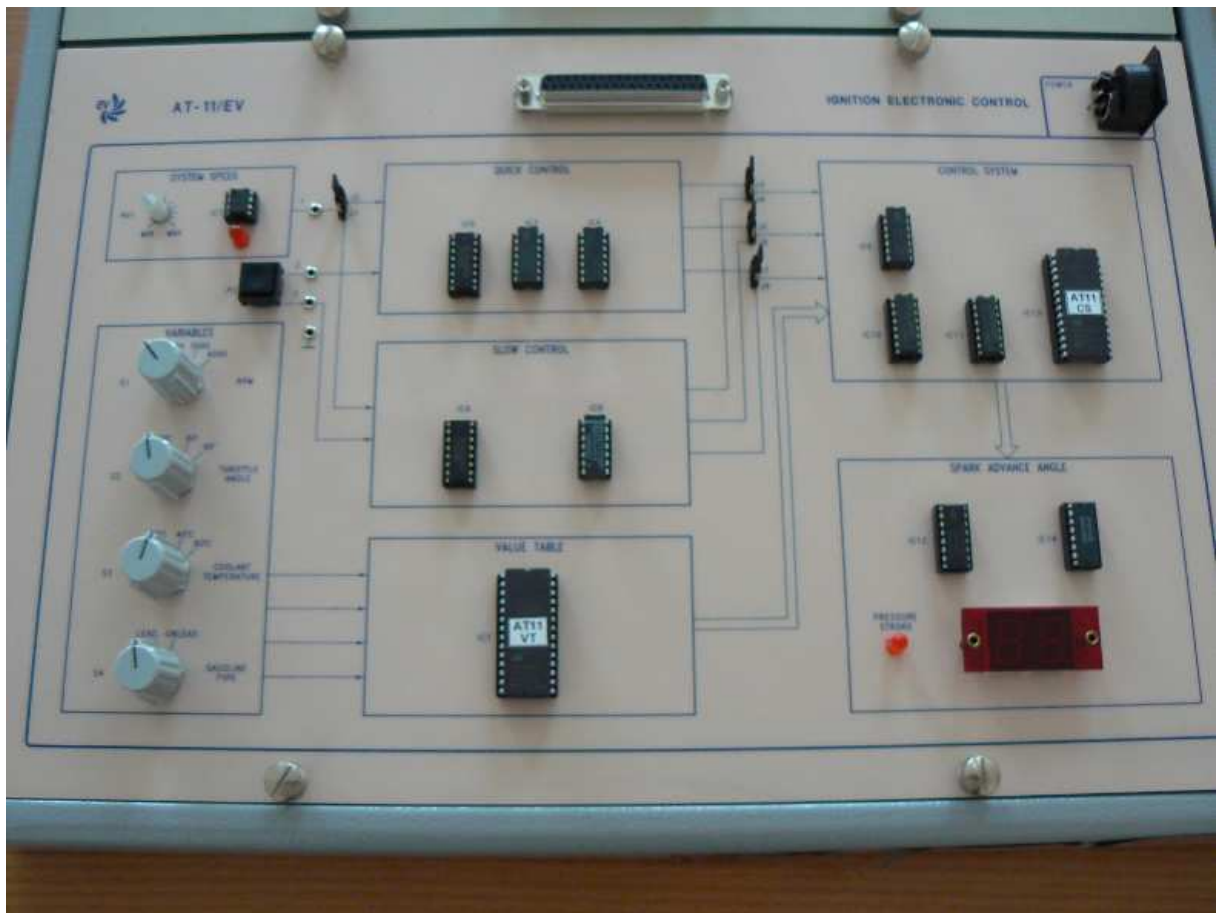
Obrázek 3.1: Foto riadiacej jednotky

3.3 Napájacia jednotka

Napájacou jednotkou pre tento modul je jednotka PSU, ± 12 V, ktorá sa prepojí priamo so samotným modulom. Napájacia jednotka však nie je podmienkou, je možné napájať aj jednosmerným zdrojom na 12 V.

3.4 Modul AT11

Laboratórny model používaný na výuku v bakalárskom predmete Instrumentace procesů simuluje správanie elektronického zapalovania v automobiloch v závislosti na prevádzkových podmienkach. Tými sú teplota motora, otáčky, typ benzínu a poloha škrtiacej klapky. Model umožňuje vyskúšať rôzne spôsoby riadenia predstihu, ktoré boli popísané v predchádzajúcej kapitole, konkrétne: riadenie v otvorenej smyčke, reguláciu rýchlu a reguláciu pomalú. Prepínanie medzi jednotlivými spôsobmi sa realizuje pomocou konektorov J2, J3, J4, J5, J6, J7, J8.



Obrázek 3.2: Foto panelu

Samotný modul sa skladá zo siedmych blokov, ktoré slúžia na spracovanie signálu, zobrazenie výsledkov a samotnú simuláciu.

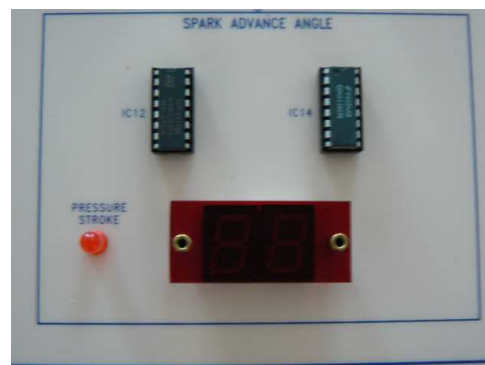
Štyrmi prepínačmi (obr. 3.3) v ľavej časti modulu môžeme skokovo meniť parametre, ktoré sú dôležité pre správne nastavenie predstihu. Konkrétne ide o tieto spínače:

- S1 - otáčky motora (1000, 2000, 3000, 4000)
- S2 - pozícia škrtiacej klapky (0°, 30°, 60°, 90°)
- S3 - teplota motora (0°C, 10°C, 40°C, 90°C)
- S4 - typ benzínu (Lead, Unlead)



Obrázek 3.3: Spínače pre prepínanie vstupných parametrov

LED displej pozostávajúci z dvoch sedemsegmentových zobrazovacích jednotiek (obr. 3.4). V pravej dolnej časti indikuje hodnotu, ktorá korešponduje s hodnotou predstihu, ktorú spočítal riadiaci systém z hodnôt načítaných premenných a je uvádzaná v stupňoch.



Obrázek 3.4: Displej s uhlom predstihu

Vľavo hore je umiestnený potenciometer, ktorým sa nastavuje frekvencia systému. Táto je indikovaná frekvenciou blikania LED diódy, ktorá je umiestnená pri potenciometri. Zostávajúce bloky sú blok pre rýchlu reguláciu, blok pre pomalú reguláciu a tabuľka hodnôt, z ktorej vychádzajú signály do riadiacej jednotky.

Stlačením čierneho tlačidla PS1 na ľavej hornej strane panelu simulujeme klepanie motoru, počas doby keď je zatlačené tlačidlo systém reaguje, ako keby motor "klepal". Ďalej su k dispozícii malé prepojovacie konektory, ktoré slúžia na prepojenie jednotlivých uzlov v obvode. Týmto meníme spôsob samotnej regulácie na rýchlu alebo pomalú.

3.5 Meranie na modeli

Po pripojení modelu na napájanie a zoznámením sa s konštrukčným usporiadaním tohto modelu sa začne so samotným meraním, najprv bez zavedenej akejkoľvek poruchy a bez spätnej väzby. Takto sa dá najlepšie odpozorovať vplyv vstupných parametrov na okamžik predstihu a je možné si overiť nadobudnuté teoretické poznatky. Za najdôležitejšie pri tomto meraní považujem zistenie, že v tomto zapojení nie je možná detekcia klepania, čo je badateľné aj z konštrukčného usporiadania panelu. Pri tomto type riadenia sa data načítajú, na základe nich sa vyberú príslušné hodnoty z tabuľky pamäte a riadiaca jednotka určí veľkosť akčného zásahu.

Prepájaním konektrov J1 - J8 je možné "prepínať" medzi rýchlou a pomalou reguláciou, správne zapojenie týchto konektorov je vidieť opäť na hlavnom paneli. Zpojiť sa dajú tak, že súčasťou obvodu je buď horný blok označený ako QUICK CONTROL (obvod sa správa tak, ako je to znázornené na obr. 4.5) alebo dolný blok označený ako SLOW CONTROL (obvod sa správa ako na obr. 4.4). Oba tieto prípady dokážu detekovať klepanie, ktoré je simulované tlačidlom PS1, nakoľko signál z tohoto spínača je vysielaný do jedného zo spomínaných blokov podľa prepojenia prvého konektoru. Pri rýchlej regulácii je pokles predstihu 7° a následná inkrementácia vždy o 1° . Pri pomalej regulácii je krok 1° .

Na prednom paneli sú tri body v ktorých je možné merať napätie buď voltmetrom alebo prípadne sledovať priebeh osciloskopom, z čoho je možné dedukovať, že riadiacou jednotkou je možné zaviesť do obvodu tri poruchy a každá sa prejaví v jednom z troch bodov obvodu. Pokles napätia v danom bode znamená rozpojenie obvodu na danom mieste.

- **Pokles napätia medzi bodom 1 a zemou** - obvod nebude reagovať na zmenu otáčok, signál nemôže byť spracovaný; badateľné len v prípade pomalej regulácie, táto porucha sa zavádza prepínačom S1.
- **Pokles napätia medzi bodom 2 a zemou** - Obvod nereaguje na klepanie, signál od snímača klepania nedôjde do riadiacej jednotky; pozorovateľné len v prípade rýchlej regulácie, zavádza sa do obvodu prepínačom S3.
- **Pokles napätia medzi bodom 3 a zemou** - Obvod nereaguje na klepanie podobne ako v predchádzajúcom prípade, v podstate tá istá porucha, ale pozorovateľná pri pomalej regulácii, zaviesť ju možno prepínačom S2.

Kapitola 4

Laboratórna úloha

4.1 Zadanie laboratórnej úlohy

V tejto úlohe sa zoznámime s elektronickým riadením zapalovania. Elektronické riadenie zapalovania oproti klasickým mechanickým metódam umožnilo presnejšie načasovať zapálenie zmesi vzduchu a benzínu, čím je možné doceliť vyšší výkon, lepšiu účinnosť a plynulý chod v pomerne širokom rozsahu otáčok. Elektronická regulácia oproti mechanickej podtlakovými regulátormi poskytuje aj ďalšie výhody: nedochádza k opotrebovaniu materiálu, priebeh zadaný v riadiacej jednotke sa nemení a ostáva stály, elektronické obvody nemajú hysterézu, priebeh presdstihu je rovnaký, či otáčky znižujeme alebo zvyšujeme a elektronické jednotky sú omnoho univerzálnejšie (prispôbiť ich samotnému motoru je často len otázkou zmeny programu).

Meranie sa bude realizovať na laboratórnom prípravku Elettronica Veneta, prostredníctvom ktorého budeme simulovať zmeny jednotlivých parametrov ako sú otáčky, teplota motora či typ paliva a ich vplyv na samotný riadiaci proces a rovnako aj vplyv porúch.

4.2 Popis prípravku

Prípravok sa skladá zo samotného modulu AT11/EV od firmy Elettronica Veneta, riadiacej jednotky SIS1 so sadou prepínačov, ktorým do obvodu zavádzame poruchy, a napájacej jednotky PSU. Samotný modul buď prepojíme s napájacou jednotkou, alebo na napájanie použijeme zdroj na 12 V.

Riadiacu jednotku prepojíme so samotným modulom prostredníctvom kábla s 37-

pinovým konektorom. Obvod funguje štandardne pokiaľ sú všetky prepínače v kľudovej polohe "OFF", prepnutím konkrétneho prepínača do polohy "ON" zavedieme do obvodu poruchu. Väčšinou ide o prerušenie obvodu v nejakej časti a je možné ju identifikovať na základe zmeny napätových úrovni medzi jednotlivými uzlami obvodu. Odporúča sa zavádzať naraz vždy len jednu poruchu pre jej lepšiu identifikáciu.

Prepínače v ľavej časti slúžia na nastavenie parametrov, ktoré najviac ovplyvňujú veľkosť predstihu. To je doba, v ktorej dôjde k zapáleniu zmesi benzínu a kyslíka v zážihových spaľovacích motoroch. Ide o tieto prepínače:

- S1 - otáčky motora
- S2 - pozícia škrtiacej klapky
- S3 - teplota motora
- S4 - typ benzínu

Tlačítko označené ako PS1 v ľavej hornej časti panelu simuluje tzv. klepanie motoru, znamená, že časť zhorených spalín spočiatku zvyšuje svoj tlak v kompresnom priestore a dochádza tak k samovznieteniu, čo spôsobí náraz.

LED displej na pravej strane zobrazuje hodnotu uhlu predstihu, zodpovedajúceho aktuálnemu stavu obvodu.

Potenciometrom RV1 nastavujeme rýchlosť motora, jeho polohu indikuje frekvencia, s ktorou bliká susediaca LED dióda.

4.3 Teoretický rozbor

Na laboratórnom modeli sme schopní simulovať tri druhy elektronického riadenia zapalovania:

- Riadenie v otvorenej smyčke
- Regulácia pomalá
- Regulácia rýchla

4.3.1 Riadenie v otvorenej smyčke

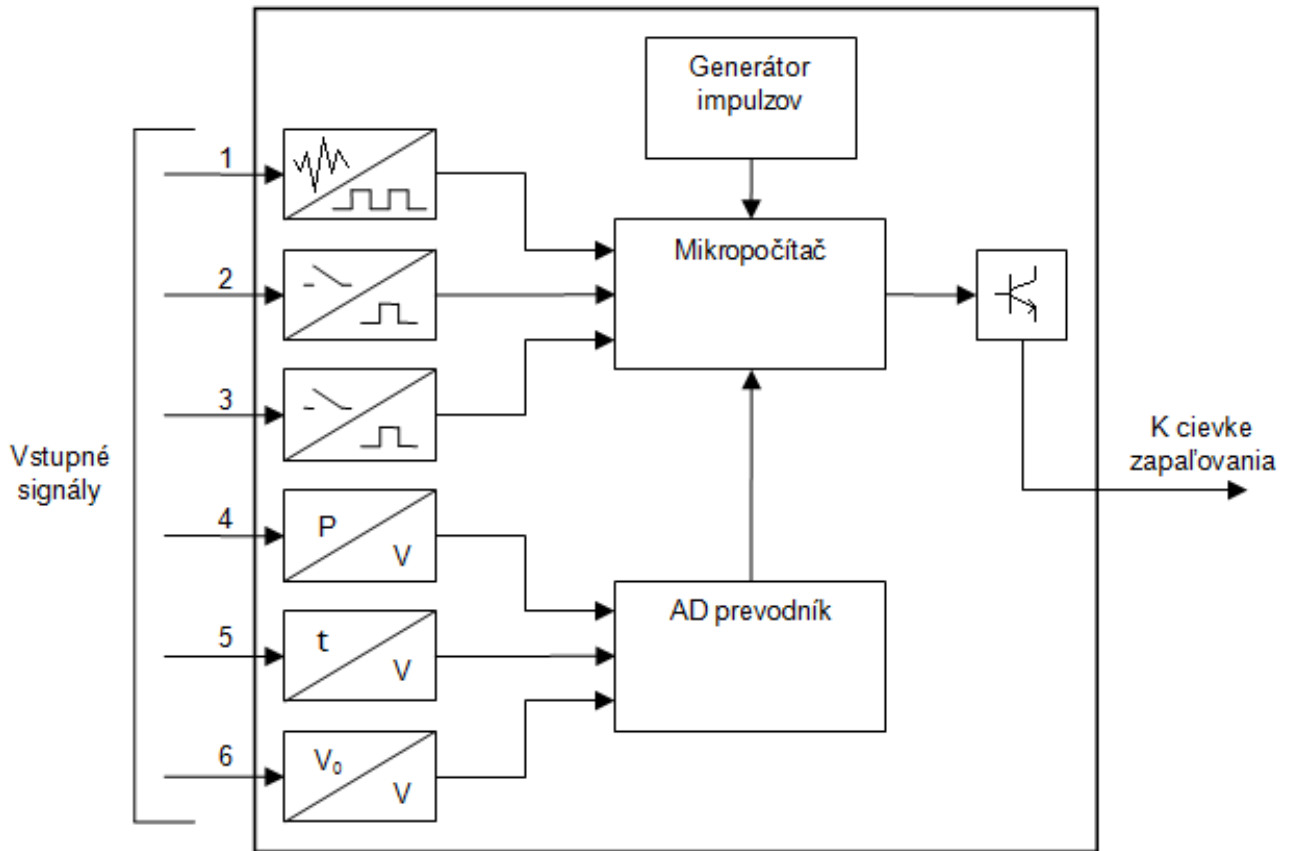
Prvý spomenutý a zároveň najjednoduchší spôsob riadenia predstihu je riadenie v otvorenej smyčke, ktoré síce pochopiteľne nedosahuje kvalít riadenia v smyčke uzavretej (regulácie), nakoľko nie je možnosť spätnej kontroly riadenej veličiny. Tou je v tomto prípade zapalovací bod alebo predstih. Oproti klasickým mechanickým metódam vykazuje táto oveľa lepšie výsledky, umožňuje presnejšie a individuálne nastavenie pre požiadavky motora, limitovanie spotreby či možnosť uloženia viacnásobne riadených a odsnímaných parametrov. Rovnako nedochádza k opotrebovaniu materiálu, ani k hysteréze (pri zvyšovaní aj znižovaní predstihu je priebeh rovnaký).

Vstupné snímané veličiny sú dvojaké: analógové (napr. tlak vo valci, tlak motora...) a digitálne (otáčky motora, ktoré sú PWM moduláciou prevádzané na postupnosť impulzov, kde dĺžka impulzu závisí na otáčkach). Digitálne signály sú privádzané do elektronickej riadiacej jednotky rovnako ako analógové signály, ktoré sú však najprv spracované analógovo-digitálnym prevodníkom. Hodnota predstihu, ktorá sa udáva v stupňoch, je spočítaná v riadiacej jednotke algebraicky na základe hodnôt vstupných parametrov.

Hlavné merané vstupné signály sú:

- otáčky
- pozícia hnacieho hriadeľa
- tlak v sacom potrubí
- teplota motora
- napätie batérie
- pozícia škrtiacej klapky
- typ použitého benzínu

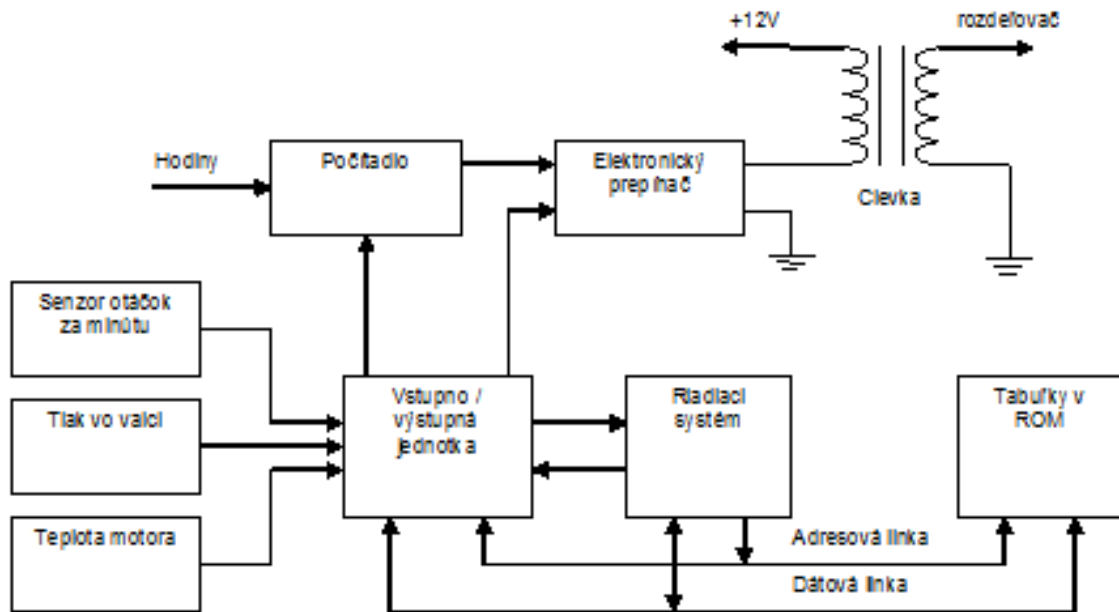
Bloková schéma tohoto systému je na nasledujúcom obrázku (obr. 4.1).



Obrázek 4.1: Bloková schéma pre riadenie v otvorenej smyčke (1 - otáčky, 2 - prepínač chodu naprázdno, 3 - prepínač plnej záťaže, 4 - tlak vo valci, 5 - tlak motora, 6 - napätie batérie)

Optimálna hodnota predstihu korešponduje s hodnotami všetkých nameraných vstupných parametrov, ktoré sú uložené v tabuľke, ktorá je obsiahnutá v pamäti ROM. Data v pamäti nie je možné meniť a sú určené len na čítanie. Riadiaci systém prečíta hodnoty nameraných vstupných parametrov zo sensorov a vygeneruje adresu a prečíta data, ktoré prislúchajú tomuto umiestneniu v tabuľke. Po načítaní dát z pamäte riadiaca jednotka spočíta správnu hodnotu uhlu predstihu, ktorá sa následne zobrazí na displeji.

Konečný predstih je hodnota čítača vzad, ktorý štartuje z prednastavenej hodnoty a dekrementuje až k nule podľa externého "clock" signálu. Keď je na čítači nula, elektronický spínač sa otvorí a generuje vysokonapäťový pulz, ktorý zapáli horľavú zmes a dôjde k samotnému zapáleniu.



Obrázek 4.2: Princíp riadenia v otvorenej smyčke

4.3.2 Riadenie v uzavretej smyčke

Obe zapojenia v uzavretej smyčke ešte vlastnosti predchádzajúceho zapojenia vylepšujú, a to práve zavedením spätnej väzby. Tou je možné dosiahnuť zníženie spotreby a zvýšenie momentu vďaka spätnej kontrole regulovanej veličiny, čiže predstihu.

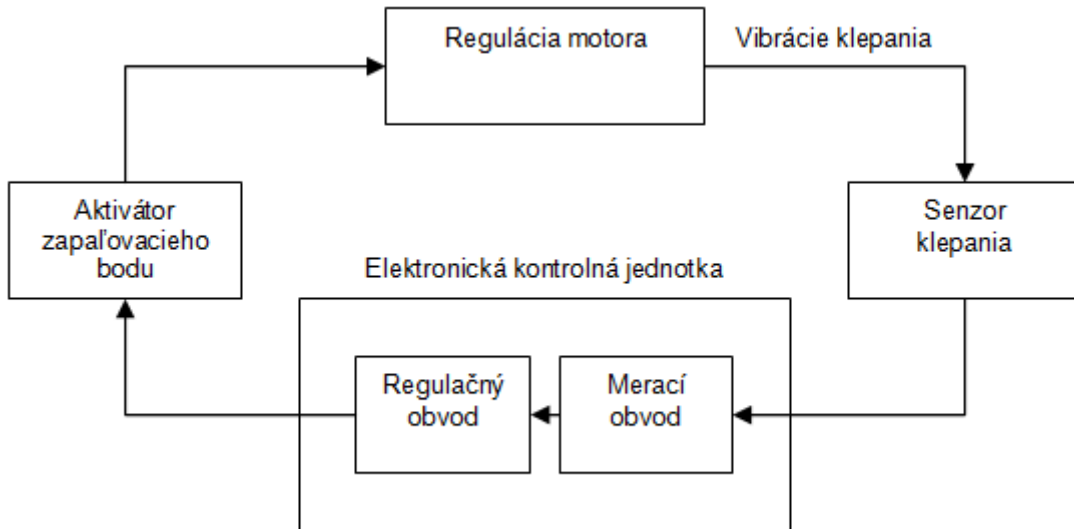
Pokiaľ je hodnota predstihu priveľká, môže dojsť k nežiadúcim javom ako je napríklad klepanie motora alebo samovznietenie.

Klepanie motora - zmes začína horieť v mieste zapálenia a horenie sa šíri v guľových plochách, spaliny sa stlačia nezapálenou zmesou, ktorá sa ohreje. Ak má táto zmes vysokú teplotu, všetko teplo nie je možné odvieŕ stenami a zmes vzplanie v celom objeme. Tlaková vlna, ktorá vznikne, narazí na steny valca a na piest a nastane detonácia, ktorá sa opakuje pri každom zápale. To spôsobí tzv. klepanie motora.

Samovznietenie - zmes sa zapáli sama vplyvom veľkého tepla ešte pred tým, než preskočí elektrická iskra. Vysvetlenie je uvedené len pre úplnosť laboratórnej úlohy, nakoľko je už popísané v predchádzajúcich kapitolách.

Bloková schéma takéhoto spätnovazobného obvodu je na obr. 4.3. V spätnej väzbe je umiestnený piezosnímač, ktorý je citlivý práve na charakteristické kmitočty ktoré vydáva klepajúci motor. Signál z tohto senzoru je vysielaný na riadiacu jednotku, ktorej súčasťou

je merací obvod. Ten signál analyzuje a vyšle ho do regulačného obvodu a ten zvolí akčný zasah tak, aby došlo k posunutiu predstihu na úroveň, keď už nedôjde ku klepaniu motora. Vďaka tomuto môžeme takto riadený motor prevádzkovať až na hranici klepania, čo nebolo možné v predchádzajúcom spomínanom zapojení, kde musí byť predstih nastavený výrazne mimo klepajúcu oblasť.

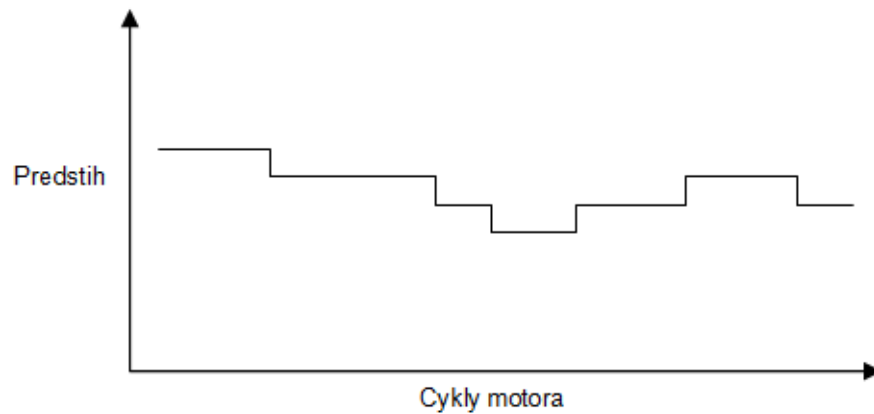


Obrázek 4.3: Bloková schéma pre riadenie v uzavretej smyčke

4.3.2.1 Pomalá regulácia

Pri tomto type regulácie, keď je detekované senzorm vibrácií klepanie, riadiacia jednotka posunie zapalovací bod tak, aby bol predstih v nasledujúcom cykle znížený o 1 alebo 2 stupne. Toto sa opakuje v každom cykle, až kým neklesne predstih a snímač už nedetekuje žiadne klepanie.

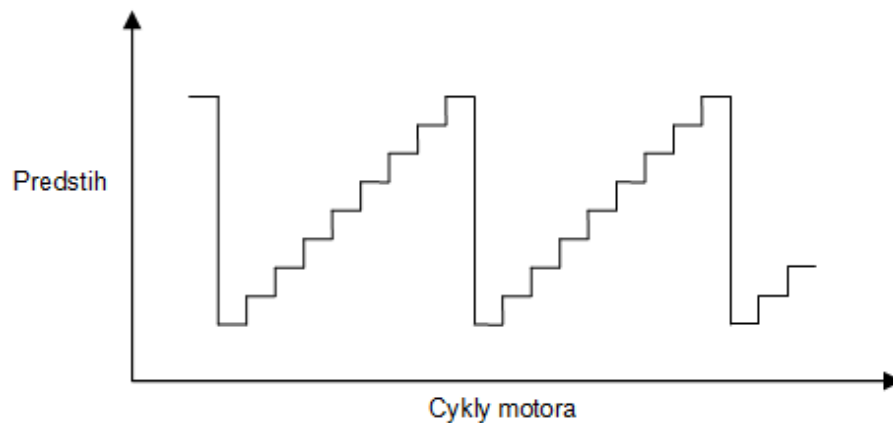
Riadiaci obvod potom začne stupňovito zvyšovať zapalovací bod až k optimálnej hodnote, ktorá je uložená v riadiacej jednotke a je na hranici klepania. Pokiaľ je limit pre klepanie v každom valci odlišný, môže byť pre každý valec nastavený odlišne.



Obrázek 4.4: Graf priebehu pomalej regulácie

4.3.2.2 Rýchla regulácia

Na nasledujúcom obrázku (obr. 4.5) je diagram rýchlej regulácie v uzavretej smyčke, pokiaľ je zaznamenané klepanie, predstih je znížený o určitú stanovenú hodnotu, najbežnejšie 5 - 10°. Potom je jeho hodnota zvyšovaná o jeden stupeň na 5 - 20 otáčok hriadeľa. Takýto typ regulácie dokáže minimalizovať čas, počas ktorého dochádza ku klepaniu.



Obrázek 4.5: Graf priebehu rýchlej regulácie

4.4 Úlohy merania

4.4.1 Riadenie v otvorenej smyčke

1. Zoznámte sa so samotným modelom, pripojte ho k riadiacej jednotke, kde budú všetky spínače v polohe "OFF"
2. Spínače S1 - S4 nastavte do nasledujúcich polôh:
S1 = 1000 r.p.m (otáčky)
S2 = 30° (poloha škrtiacej klapky)
S3 = 40 (teplota motora)
S4 = Lead (typ benzínu, olovnaté palivo)
3. Skontrolujte displej, ktorý zobrazuje hodnotu uhlu predstihu. Mala by byť na ňom hodnota 17°.
4. Postupne prepínajte otáčky prepínačom S1: 2000-3000-4000 r.p.m. a pozorujte, ako vplyvajú otáčky na hodnotu uhlu predstihu a zapíšte si tieto hodnoty do zošita.
5. Vyskúšajte si vplyv zmeny benzínu (na 97 oktánov) na hodnotu uhlu predstihu.
6. Skúste, aký vplyv na správanie obvodu má stlačenie a držanie tlačidla PS1, ktorým simulujeme nežiadúce samozapálenie zmesi vzduchu a benzínu a výsledok zaznamenajte do zošita.
7. Aká je nevýhoda tohoto zapojenia oproti nasledujúcim?

4.4.2 Riadenie v uzavretej smyčke - rýchla regulácia

1. Zapojte prepojky J2, J3, J5 a J7 (tým prepojíme obvod zapalovania do "módu" tzv. rýchlej regulácie, ktorej princíp je znázornený na obr. 4.5).
2. Potenciometer RV1 prestavte do takej polohy, aby príľahlá LED dióda blikala s čo najmenšou frekvenciou, a prepínače na riadiacej jednotke uvedte všetky do polohy "OFF".
3. Spínače S1 - S4 nastavte do nasledujúcich polôh:

S1 = 1000 r.p.m (otáčky)

S2 = 30° (poloha škrtiacej klapky)

S3 = 40 (teplota motora)

S4 = 97 oktánov

4. Skúste, aký vplyv na správanie obvodu má stlačenie tlačidla PS1, ktorým simulujeme nežiadúce samozapálenie zmesi vzduchu a benzínu, výsledok zaznamenajte do zošita a porovnajte s obrázkom (obr. 4.5).
5. Spínač S3 na riadiacej jednotke uveďte do polohy "ON" a ostatné spínače ponechajte v kľudovej polohe. Tým ste na neznáme miesto do obvodu zaviedli poruchu. Pomocou priloženého multimetra skúste poruchu identifikovať a vysvetliť.

4.4.3 Riadenie v uzavretej smyčke - pomalá regulácia

1. Zapojte prepojky J1, J4, J6 a J8 (tým prepojíme obvod zapalovania do "módu" tzv. pomalej regulácie, ktorej princíp je znázornený na obr. 4.4).
2. Potenciometer RV1 prestavte do takej polohy, aby príľahlá LED dióda blikala s čo najmenšou frekvenciou, a prepínače na riadiacej jednotke uveďte všetky do polohy "OFF".
3. Spínače S1 - S4 nastavte do nasledujúcich polôh: S1 = 1000 r.p.m (otáčky)
S2 = 30° (poloha škrtiacej klapky)
S3 = 40 (teplota motora)
S4 = 97 oktánov
4. Skúste, aký vplyv na správanie obvodu má stlačenie tlačidla PS1, ktorým simulujeme nežiadúce samozapálenie zmesi vzduchu a benzínu, výsledok zaznamenajte do zošita a porovnajte s obrázkom (obr. 4.4). Ako sa zmení údaj na LED displeji, ktorý informuje o hodnote uhlu predstihu?
5. Spínač S2 na riadiacej jednotke uveďte do polohy "ON", ostatné spínače nechajte v kľudovej polohe. Tým ste na neznáme miesto do obvodu zaviedli poruchu. Podržte tlačidlo PS1 v zapnutom stave a skúste identifikovať poruchu meraním napätových

úrovní v jednotlivých testovacích bodoch obvodu, zapíšte do zošita a pokúste sa vysvetliť.

6. Spínač S2 vráťte do kludovej polohy "OFF" a do polohy "ON" prived'te spínač S3. Rovnako ako v predošlých prípadoch sa pokúste identifikovať poruchu a zapíšte ju do zošita.
7. Aké sú základné rozdiely medzi jednotlivými spôsobmi riadenia?

Kapitola 5

Záver

V prvej kapitole práce sú uvedené základné poznatky o elektronicky riadených systémov zapalovania, sú v nej popísané základné možnosti riadenia okamžiku zážihu. Pre úplnosť je uvedený aj základný popis mechanických metód riadenia. Ďalej je v nej popísaná problematika určenia správneho a optimálneho zážihu.

Najdôležitejšou súčasťou práce je časť o samotnom laboratórnom modeli, používanom vo výuke. Popísané sú jednotlivé súčasti modelu, ktoré sa podieľajú na správnej funkcii obvodu a umožňujú meranie a spôsob používania samotného modelu. Mnou bola overená správna funkčnosť modelu a navrhnutá je sada laboratorných úloh na tomto modeli, ktorá je určená pre študentov. V týchto úlohách je obsiahnuté zoznámenie sa s možnosťami tohoto modelu a samotného riadenia zážihu. Z výsledkov je možné odpozorovať čo a ako najviac ovplyvňuje správne určenie momentu, v ktorom sa zapáli zmes paliva a vzduchu v zážihovom spaľovacom motore. Medzi úlohy merania je zahrnutá aj identifikácia porúch, ktoré sú zavádzané z externej riadiacej jednotky. Výsledky merania a identifikácie porúch sú zaznamenané v prílohe.

Pri meraní nenastali žiadne problémy, dosiahnuté výsledky sa zhodovali s predpokladanými a korešpondovali s nadobudnutými teoretickými poznatkami. Ako kvalitnejšie sa ukázalo riadenie v spätnej väzbe, pri rovnakých hodnotách vstupných premenných bol predstih určený riadiacou jednotkou väčší ako pri ovládaní, čo má priaznivý vplyv na výkon. Ďalšou výhodou regulácie bol fakt, že obvod dokázal detekovať klepanie, ktoré má nežiadúci vplyv na chod motora. Riadiacou jednotkou sa dali zaviesť tri poruchy, ktoré boli úspešne identifikované.

Literatura

- [1] Macek J., Suk B. *Spalovací motory I.*, Vydavatelství ČVUT, 1996
- [2] Píša P, *Doktorantské minimum*
- [3] Vysoký 0, *Řízení spalovacího motoru*, <http://www.automatizace.cz>, 2006
- [4] <http://www.velorexy.cz>
- [5] Ripka, Ďaďo, Kreidl, *Senzory a převodníky*, Vydavatelství ČVUT, 2006
- [6] Ferenc B, *Elektronika a zážehové motory*, červenec 2000
- [7] Kubín P, *Elektronika a zážehové motory*, SNTL, 1985
- [8] Stoss M, *Spalovací motory I*, VUT, 1989
- [9] <http://www.skoda.cz>
- [10] <http://skoda.panda.cz>
- [11] Kopka H, Dally P, *TeX kompletní průvodce*, Computer Press, 2004

Príloha A

Vypracovanie laboratórnej úlohy

A.1 Riadenie v otvorenej smyčke

A.1.1 Vplyv otáčok na uhol predstihu

Po nastavení otáčok na hodnotu 2000 - 3000 - 4000 r.p.m sme na displeji pre uhol predstihu mohli pozorovať tieto hodnoty: 24 - 26- 22.

A.1.2 Vplyv typu benzínu

Zmenou typu benzínu na 97 oktánovy sa uhol predstihu zvýši o 2°.

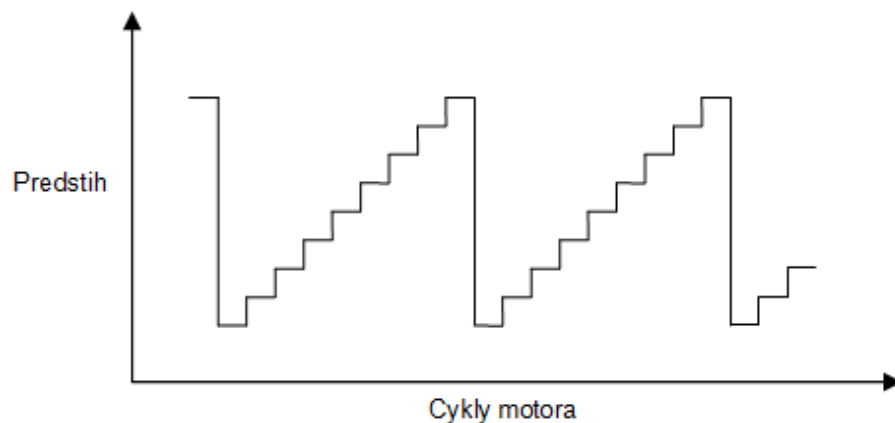
A.1.3 Vplyv tlačidla PS1

Po stlačení tlačidla a jeho držaní PS1 nepozorujeme pri zapojení bez spätnej väzby žiaden vplyv. Čo je najväčšou nevýhodou tohoto zapojenia, nakoľko nemožno predstih nastaviť až na hranicu klepania, lebo v prípade, že motor začne klepať, nemá o tom riadiaci obvod žiadnu informáciu.

A.2 Riadenie v uzavretej smyčke - rýchla regulácia

A.2.1 Vplyv tlačidla PS1

Stlačením a držaním tohoto tlačidla sa obvod bude správať rovnako ako je na nasledujúcom obrázku (obr. A.1), po stlačení tlačidla snímač detekuje klepanie a dôjde k poklesu hodnoty uhlu predstihu o 7° , následne sa bude zvyšovať s krokom jeden stupeň, až opäť klesne o 7° .



Obrázek A.1: Graf priebehu rýchlej regulácie

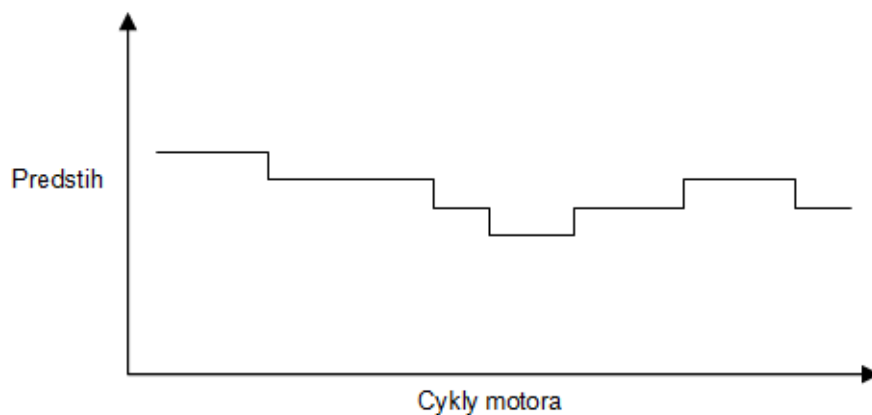
A.2.2 Identifikácia poruchy

Porucha zavedená do obvodu prepnutím tlačidla S3 do polohy "ON" sa prejavila poklesom napäťovej úrovne v bode obvodu 2, to znamená, že signál klepania motora nedorazí k čítaču.

A.3 Riadenie v uzavretej smyčke - pomala regulácia

A.3.1 Vplyv tlačidla PS1

Stlačením a držaním tohoto tlačidla sa obvod správa podľa obrázku (obr. A.2), tlačidlo sa stlačí, je detekované klepanie a predstih sa zníži o 1° , maximálne však klesne o 7° .



Obrázek A.2: Graf priebehu pomalej regulácie

A.3.2 Vplyv poruchy

Porucha zavedená do obvodu prepnutím tlačidla S2 do polohy "ON" sa prejaví poklesom napät'ovej úrovne v bode obvodu 3, čo znamená prerušenie spätnej väzby, klepanie je síce senzorom zaznamenané, ale nedostane sa do riadiacej jednotky.

Porucha zavedená do obvodu prepnutím tlačidla S1 do polohy "ON" sa prejaví poklesom napät'ovej úrovne v bode obvodu 1, čo znamená, že riadiaci obvod nedostáva informáciu o veľkosti otáčok.