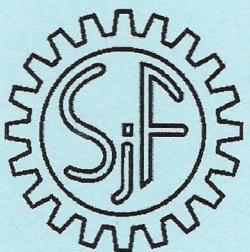


SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE



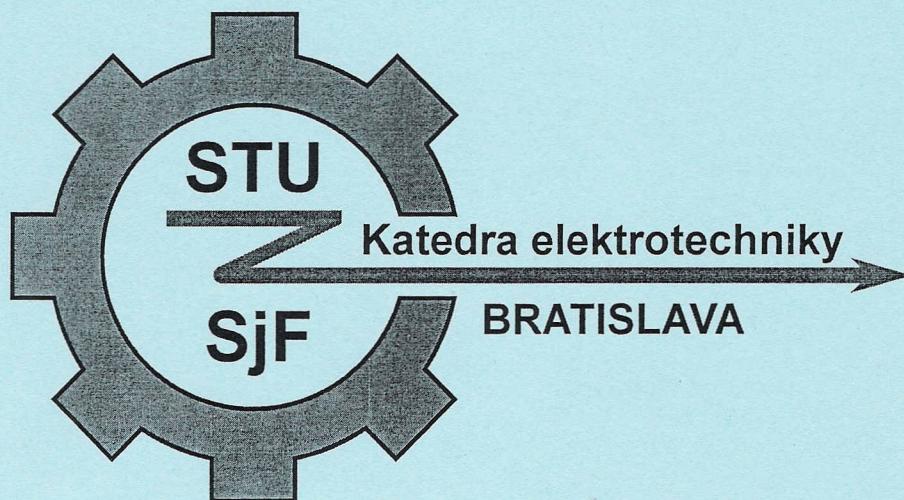
STROJNÍCKA FAKULTA



Doc. Ing. Ján Vlnka, PhD. – Ing. Milan Hanajík – Ing. Miroslav Kamenský

ELEKTRONIKA DOPRAVNÝCH PROSTRIEDKOV

Prednášky pre poslucháčov STU - SjF



OBSAH

Obsah.....	5
Predstav	7
Úvod.....	8
1 Základné elektronické prvky	9
1.1 Dióda	9
1.2 Tranzistor.....	11
1.3 Tyristor	13
2 Elektronická regulácia napäťovej sústavy	15
3 Elektronické zapaľovacie systémy	17
3.1 Tranzistorové zapaľovanie s odľahčeným kontaktom.....	17
3.2 Tyristorové kapacitné zapaľovanie.....	17
3.3 Bezdobjkové tyristorové zapaľovanie s indukčným snímačom.....	18
3.4 Bezdobjkové tranzistorové zapaľovanie s mechanickou reguláciou predstihu	19
3.4.1 Snímač impulzov	20
3.4.2 Elektronický spínač	23
3.4.2.1 Riadenie uhla zopnutia primárneho prúdu zapaľovacou cievkou	26
3.5 Elektronické zapaľovanie s elektronickým riadením predstihu	29
3.5.1 Snímanie vstupných veličín	31
3.6 Elektronické zapaľovanie s riadeným výbojom.....	36
4 Elektronické systémy na prípravu palivovej zmesi	37
4.1 Elektronicky riadený karburátor ECOTRONIC.....	37
4.2 Vstrekovacie zariadenia	40
4.2.1 Jednobodové vstrekovanie	40
4.2.2 Viacbodové vstrekovanie	42
4.2.2.1 Rôzne prevádzkové stavy motora.....	45
4.3 Regulátor LAMBDA	48
5 Riadenie podvozku	51
5.1 Elektronický diferenciál EDS	51
5.2 Protiblokovacia sústava ABS	51

5.3	Elektronický protiblokvací a protipreklzovací systém ABS + ASR.....	53
5.4	Bezpečnostný systém pre jazdu v zákrute a proti "hodinám" FDR	54
5.5	Riadenie všetkých štyroch kolies 4WD.....	55
6	Využitie elektrického pohunu v automobiloch	57
6.1	Elektromobil.....	57
6.2	Hybridný pohon automobilov.....	58
Literatúra	61	

PREDSLOV

V poslednej dobe sa na prevádzku spaľovacieho motora kladú čoraz vyššie ekonomické a ekologicke požiadavky. Nie je zanedbateľná ani otázka bezpečnosti vlastného automobilu ako aj prepravovaných osôb počas jeho prevádzky. Uvedené požiadavky pomáha v praxi uskutočniť elektronika v motorovom vozidle.

Rozsah týchto skrípt nedovoľuje zaoberať sa v širšej miere všetkými oblasťami elektroniky používanej v dopravnom prostriedku. Autori sa zamerali na tie najdôležitejšie oblasti ako je zapalovanie a príprava palivovej zmesi počas rôznych prevádzkových stavov spaľovacieho motora. Ďalej sa upriamili na niektoré otázky bezpečnosti prevádzky automobilu ako sú systémy ABS a ASR. Nakoniec sa zaoberajú perspektívnymi spôsobmi dopravy ako sú elektromobily a hybridné dopravné prostriedky.

Skriptá sú určené poslucháčom piateho ročníka SjF-STU, ktorí navštievujú odbor Dopravná technika, no môžu poslužiť aj iným záujemcom o poznanie vzájomných vzťahov medzi prevádzkou automobilu a elektronikou. Dnes si nevieme predstaviť činnosť žiadneho dopravného zariadenia bez pomoci elektroniky.

Autori vyjadrujú podčakovanie pani Anne Fričovej za výdatnú pomoc pri kreslení obrázkov.

Autori

Bratislava, október 2004

ÚVOD

Dnes pripadá na elektroniku v osobných automobiloch 20 až 30 % ich výrobnej ceny. Ak do ceny zarátame aj mechanické časti ovládané elektronicky je to až 50 % ceny vozidla. Pri úžitkových vozidlách je to asi 15 % ceny a v budúcnosti sa predpokladá až 20 % ceny motorového vozidla.

Elektronika zasahuje najmä do oblasti riadenia motora (spaľovacieho procesu) z hľadiska ekonomickejho aj ekologickeho.

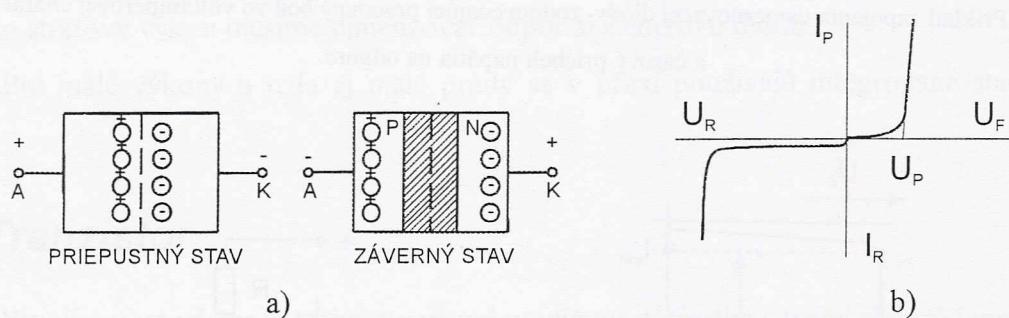
Minimálnu spotrebu paliva a malý obsah škodlivých látok vo výfukových plynach pri zachovaní dobrých jazdných vlastností možno dosiahnuť len vtedy, ak sa do spaľovacích priestorov motora dostáva zmes správneho zloženia a zapáli sa vo vhodnom okamihu vzhľadom na okamžité jazdné podmienky (štart, akcelerácia, voľnobeh, zastavovanie). Mikroelektronika a procesorová technika umožňujú snímať veľký počet vstupných veličín a pomocou vhodných algoritmov dosiahnuť požadovanú funkciu na výstupe, čo sa nedá dosiahnuť mechanicky ani hydraulicky. Elektronické prvky sú pritom malé, lacné a nevyžadujú údržbu. Moderné riadiace jednotky motorov snímajú bežne 15 až 20 veličín (otáčky, teplotu motora, teplotu okolia, tlak, polohu škrtiacej klapky, atď.). Riadiaca jednotka na základe "identifikačných polí" a charakteristik, ktoré sú zostavené podľa experimentov v skúšobniach motorov, riadi spaľovací proces. Reakcia motora sa sleduje opäť pomocou snímačov a pomocou spätej väzby sa korigujú odchýlky od optimálneho zloženia zmesi a okamihu jej zapálenia. Príkladom spätej väzby a korekcie je tzv. lambda sonda alebo snímač detonačného spaľovania zmesi v motore.

V roku 1989 bolo z celkového počtu vyrobených zážihových motorov až 46 % vybavených vstrekovacím zariadením. V roku 1992 to bolo už 77 % a v dnešnej dobe sa už vyrábajú zážihové motory len so vstrekovacím zariadením. K tomuto účelu vyvinula firma BOSCH vstrekovacie zariadenie JETRONIC alebo kombinované zariadenie na vstrekovanie aj zapáľovanie MOTRONIK. Dnes sa uplatňuje vstrekovacie zariadenie aj vo vznetových motoroch (doteraz sa používalo mechanicky regulované čerpadlo).

1 ZÁKLADNÉ ELEKTRONICKÉ PRVKY

1.1 Dióda

Polovodičová dióda je v podstate P-N prechod pripojený na vonkajší zdroj napäťa. Ak na polovodič typu P pripojíme kladný pól zdroja a na polovodič typu N záporný pól zdroja, hovoríme, že dióda je v *priepustnom stave* (obr. 1.1a). Naopak ak vymeníme polaritu zdroja tak, že na polovodiči typu P bude záporný a na polovodiči typu N kladný pól zdroja, dióda sa nachádza v *závernom stave*.



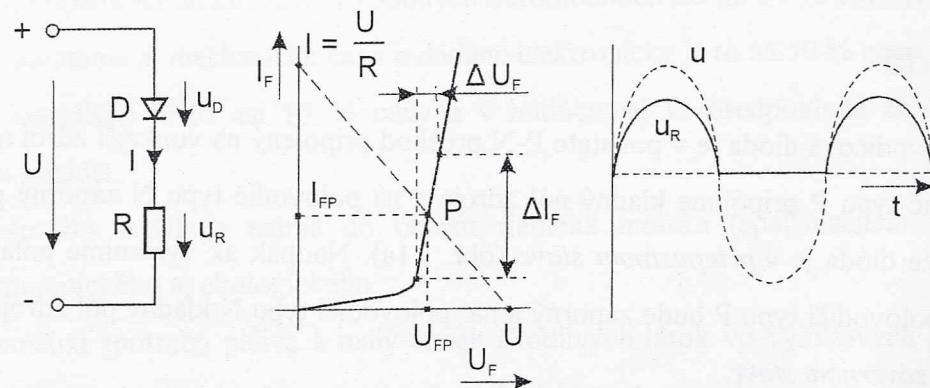
Obr. 1.1 a) Princíp diódového javu; b) Voltampérová charakteristika diódy.

Vlastnosti polovodičovej diódy najlepšie vyjadruje *voltampérová charakteristika* (obr. 1.1b). V prvom kvadrante sa nachádza jej priepustná vetva, z ktorej vidíme, že už pri malej hodnote pripojeného napäťa (prahové napätie U_P) začne diódou pretekať prúd I_F . V treťom kvadrante sa nachádza záverná vetva, ktorá vyjadruje, že diódou teraz prechádza zanedbateľný prúd I_R do tzv. prieraznej hodnoty napäťa U_R , pri ktorej dochádza k poškodeniu diódy.

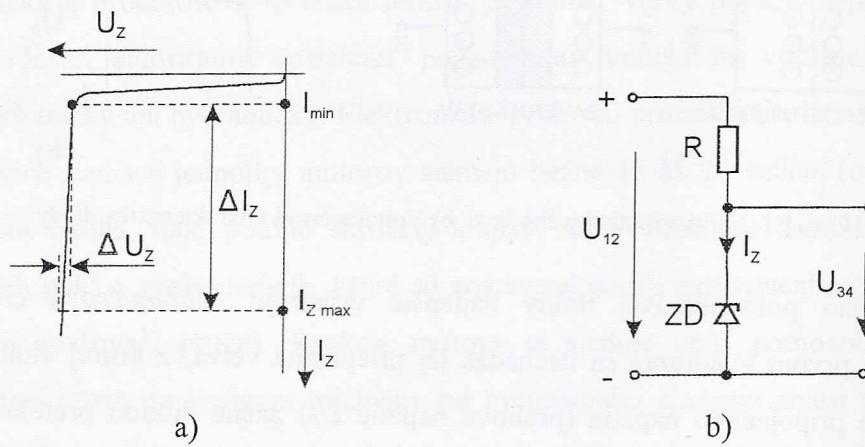
Ak diódu zaráďime do obvodu spolu s ohmickým odporom R , určili sme tým jej pracovné podmienky (obr. 1.2). Keby sme obvod napájali striedavým napäťom, potom počas kladnej polperiody vzniká na odpore R úbytok napäťa úmerný napájacemu napätiu a počas zápornej polperiody nebude na odpore žiadne napätie. Pri známom napájacom napätií môžeme potom určiť pracovný bod diódy P a tiež jej statický (1.1) alebo dynamický odpor (1.2):

$$R_p = \frac{U_{FP}}{I_{FP}}, \quad (1.1)$$

$$r_p = \frac{U_F}{I_F}. \quad (1.2)$$



Obr. 1.2 Príklad zapojenia usmerňovacej diódy, zodpovedajúci pracovný bod vo voltampérovej charakteristike a časový priebeh napäcia na odpore.



Obr. 1.3 a) Voltampérová charakteristika Zenerovej diódy; b) Zapojenie Zenerovej diódy.

Zenerova dióda slúži na stabilizáciu napäťia v obvode a k tomuto účelu sa využíva jej záverná oblasť (obr. 1.3a). Praktické zapojenie Zenerovej diódy ZD s odporom R je na obr. 1.3b. Vstupné napätie U_{12} dosahuje minimálnu a maximálnu hodnotu, čím sa bude meniť aj hodnota prúdu I_Z

$$I_{Z \min} = \frac{U_{12 \min} - U_Z}{R + r_z}, \quad (1.3)$$

$$I_{Z \max} = \frac{U_{12 \max} - U_Z}{R + r_z}. \quad (1.4)$$

Pre krajné hodnoty zmien výstupného napäťia bude platíť

$$U_{34 \min} = U_Z + I_{Z \min} \cdot r_Z, \quad (1.5)$$

$$U_{34 \max} = U_Z + I_{Z \max} \cdot r_Z. \quad (1.6)$$

Celková strata výkonu je daná súčtom strát na odpore a na dióde, teda

$$\Delta P_C = P_{ZD} + P_R, \text{ kde } P_R = \frac{(U_{12 \max} - U_{ZD})^2}{R} \quad (1.7)$$

a

$$P_{ZD} = U_{ZD} \cdot I_{Z \max}. \quad (1.8)$$

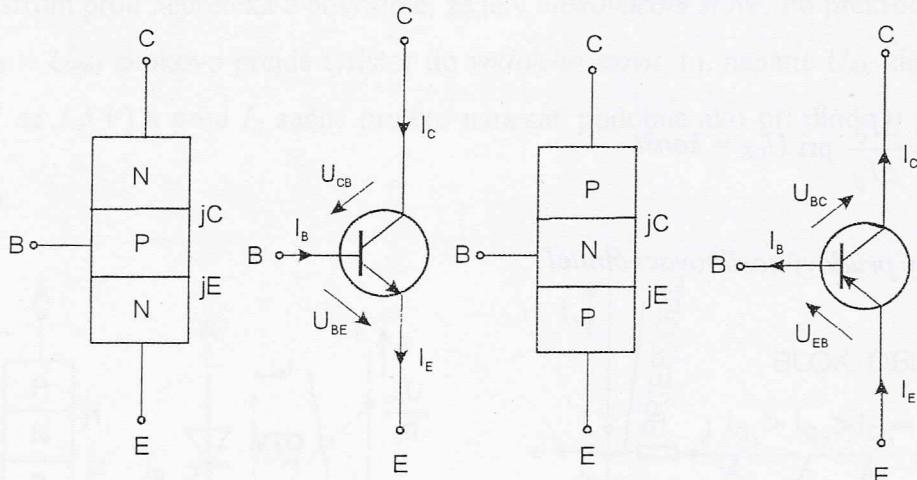
stike

Na tento stratový výkon musíme dimenzovať odpor aj Zenerovu diódu.

Pre malé výkony a teda aj malé prúdy sa v praxi používajú integrované stabilizačné obvody.

1.2 Tranzistor

Bipolárny tranzistor je trojvrstvová polovodičová súčiastka s tromi elektródami B-báza, C-kolektor, E-emitor. V praxi poznáme dva spôsoby usporiadania štruktúr tranzistora, PNP a NPN (obr. 1.4).



Obr. 1.4 Štruktúra bipolárneho tranzistora

Pre správnu činnosť tranzistora je potrebné, aby emitorový priechod jE bol polarizovaný v priepustnom smere a kolektorový priechod jC v závernom smere. To znamená, že napätie U_{BE} na priechode jE a napätie U_{CB} na priechode jC pri tranzistore NPN, respektíve

napäťa U_{EB} a U_{BC} pri tranzistore PNP, musia byť kladné. Keďže pre prúdy tranzistora platí Kirchhoffov zákon, musí byť

$$I_C = I_E - I_B. \quad (1.9)$$

V praxi sa vyskytujú tri spôsoby zapojenia tranzistora – so spoločnou bázou, spoločným emitorom a spoločným kolektorom. Najčastejšie sa používa zapojenie so spoločným emitorom (obr. 1.5), pretože má najväčšie výkonové zosilnenie.

Z výstupnej charakteristiky pre bázový prúd $I_B = 0$ vidíme, že pri kolektorovom napäti $U_{CE} \doteq U_{CC}$ bude obvodom kolektor - emitor pretekať tzv. *zbytkový prúd* I_{CEO} .

Ak bude bázou pretekať prúd $I_B > 0$, zväčší sa kolektorový prúd na hodnotu

$$I_C = I_{CEO} + \alpha_E \cdot I_B, \quad (1.10)$$

odkiaľ

$$\alpha_E = \frac{I_C - I_{CEO}}{I_B} \approx \frac{I_C}{I_B} = \beta \text{ pri } U_{CE} = \text{konšt.}, \quad (1.11)$$

kde β je tzv. *jednosmerný prúdový zosilňovací činitel*.

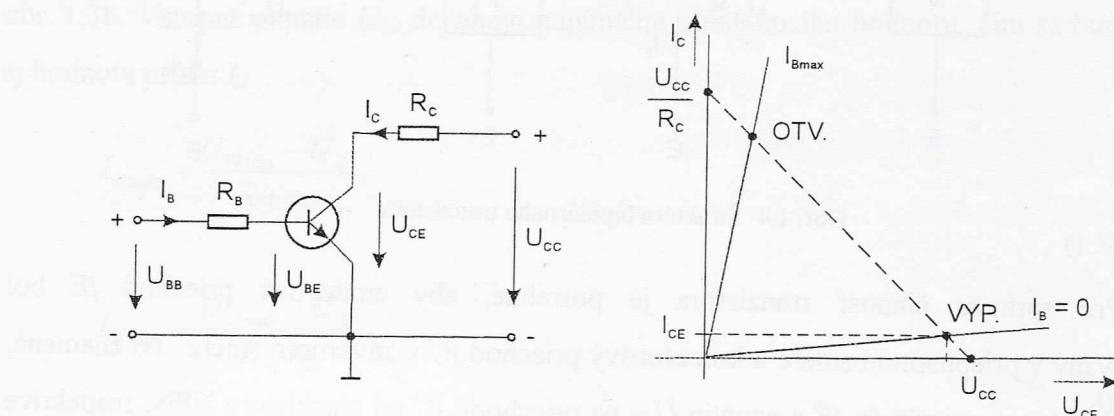
Pre prírastky prúdu platí

$$\Delta I_C = \alpha_e \cdot \Delta I_B, \quad (1.12)$$

odkiaľ

$$\alpha_e = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \text{ pri } U_{CE} = \text{konšt.} \quad (1.13)$$

je *dynamický prúdový zosilňovací činitel*.



Obr. 1.5 Tranzistor ako spínač pri zapojení so spoločným emitorom.

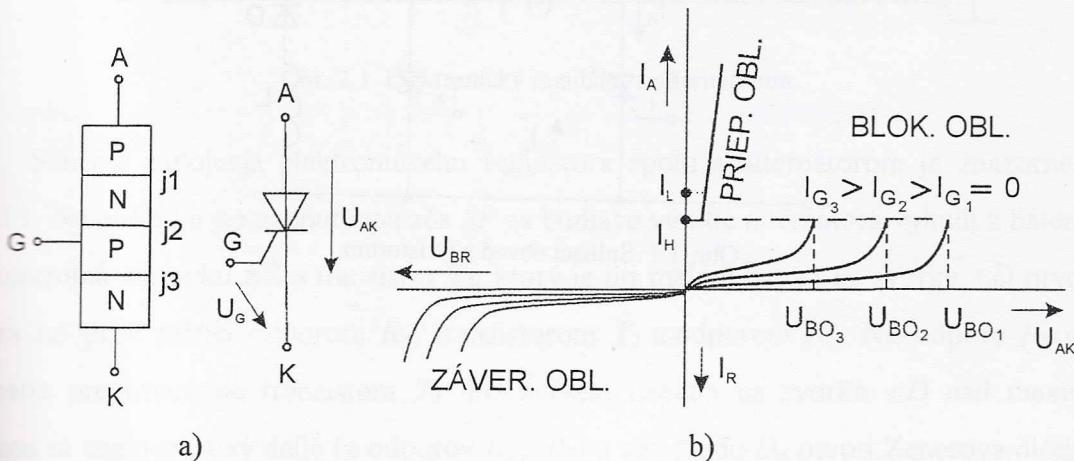
Tranzistor vo funkcií spínača využíva dve krajné výstupné charakteristiky. Ako vidieť z obr. 1.5 pri bázovom prúde $I_B = 0$ je aj $I_C \doteq 0$ a $U_{CE} \doteq U_{CC}$. Tomuto stavu hovoríme, že tranzistorom nepreteká prúd, teda je *vypnutý* a napätie medzi emitorom a kolektorom dosiahne maximálnu hodnotu blízku napájaciemu napätiu (napätie na odpore $U_{RC} \doteq 0$). Naopak, ak bázový prúd bude maximálny $I_B = I_{Bmax}$, bude kolektorový prúd veľký $I_C \doteq U_{CC}/R$ a napätie $U_{CE} \doteq 0$. Teraz bude tranzistorom pretekáť veľký prúd a hovoríme, že tranzistor je *otvorený*. Na odpore R vzniká teraz veľký úbytok napäcia $U_{RC} \doteq U_{CC}$ a napätie medzi emitorom a kolektorom je skoro nulové $U_{CE} \doteq 0$.

1.3 Tyristor

Tyristor sa v dopravnej technike používa vo funkcií elektronického spínača a tiež ako riadiaci člen (najmä v jednosmerných obvodoch).

Je to štvorvrstvová polovodičová súčiastka s troma polovodičovými prechodmi, najčastejšie v usporiadaní PNPN. Vonkajšia oblasť s vodivostou P je vyvedená ako anóda A, vonkajšia oblasť s vodivostou N je vyvedená ako katóda K a riadiaca elektróda G je spojená s vnútornou oblasťou typu P. Schematická značka tyristora je znázornená na obr. 1.6a.

V *závernom stave* ak je anóda záporná a katóda kladná správa sa tyristor ako dióda v *závernom smere*. Naopak ak je anóda kladná, katóda záporná a napätie $U_{AK} < U_{BO1}$, pričom $I_G = 0$, tyristrom prúd nepreteká a hovoríme, že je v *blokovacom stave*. Po prekročení hodnoty napäcia $U_{AK} = U_{BO1}$ skokovo prejde tyristor do *vodivého stavu*, t.j. napätie U_{AK} klesne na malú hodnotu (1 až 1,5 V) a prúd I_A začne prudko narastať podobne ako pri dióde v prieplustnom smere.



Obr. 1.6 a) Štruktúra a schematická značka tyristora;

b) Voltampérová charakteristika tyristora (I_L – prídržný prúd).

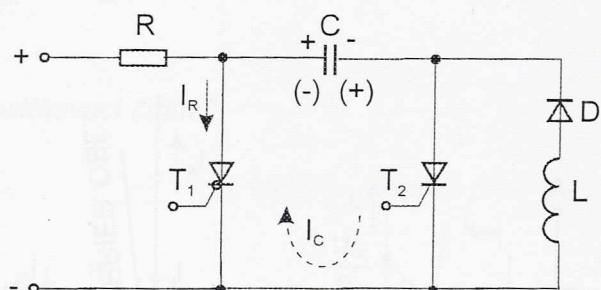
Ak chceme tyristor opäť zablokovať, musíme znížiť hodnotu U_{AK} približne na nulu alebo znížiť hodnotu prúdu I_A pod hodnotu I_H , čo je tzv. *zhášacia hodnota* anódového prúdu tyristora (obr. 1.6b).

Ak priviedieme na riadiacu elektródu G riadiaci prúd $I_G > 0$, pričom je anóda kladná a katóda záporná, prejde tyristor do vodivého stavu už pri nižšom napätí U_{AK} ako je U_{BO1} . Čím väčšia bude hodnota riadiaceho prúdu, tým pri nižšej hodnote blokovacieho napäťa prejde tyristor do vodivého stavu.

Uvedený poznatok sa využíva pri riadení prúdu (výkonu) v obvodoch napájaných striedavým napäťom, kde na konci každej kladnej polvlny napätie klesne na nulovú hodnotu, čím sa tyristor samočinne vypne.

Kedže v obvodoch jednosmerného prúdu napájacie napätie samočinne neklesne na nulovú hodnotu, používa sa na zablokovanie tyristora osobitný spôsob zníženia prúdu I_A pod hodnotu I_H . Najčastejšie sa to uskutočňuje pomocou kondenzátora, ktorý sa striedavo nabíja a vybíja, preto mu hovoríme *komutačný kondenzátor*.

Zariadenie, ktoré využíva komutačný kondenzátor je znázornené na obr. 1.7, kde T_1 je hlavný a T_2 pomocný tyristor, ktoré ovládajú prúd idúci záťažou R . Najprv sa uvedie tyristor T_2 do vodivého stavu. Vtedy sa začne kondenzátor C nabíjať na polaritu zdroja +, -. Privedením riadiaceho prúdu na tyristor T_1 sa tento otvorí a záťažou R začne pretekať prúd. Kondenzátor sa cez diódu D a indukčnosť L prepolarizuje na polaritu (+), (-). Dióda pritom zabráni opäťovnej zmene polarity. Znovu otvorením tyristora T_2 sa kondenzátor vybije cez tyristor T_1 prúdovým impulzom opačnej polarity ako I_A , čím sa tyristor T_1 vypne.

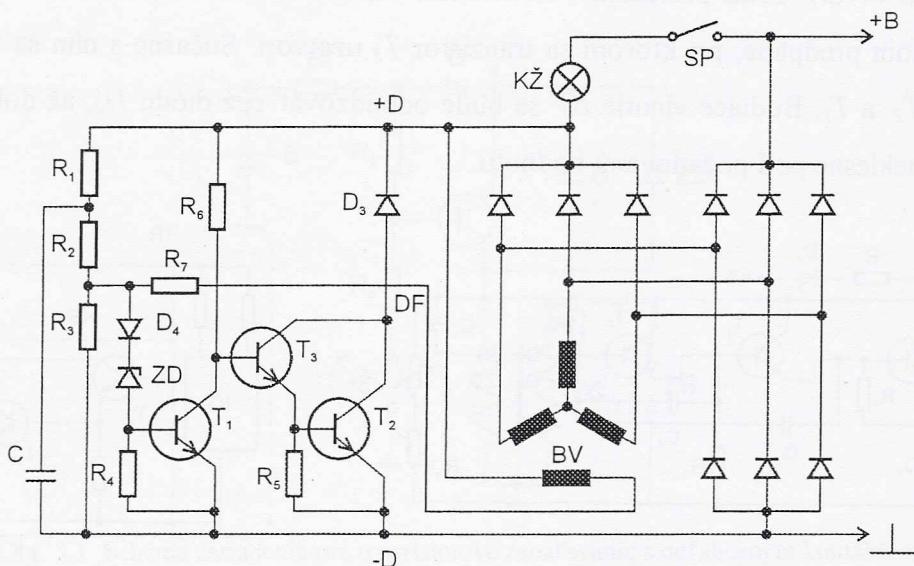


Obr. 1.7 Spínací obvod s tyristorom.

2 ELEKTRONICKÁ REGULÁCIA NAPÄŤOVEJ SÚSTAVY

Výhodou elektronickej regulácie v porovnaní s elektromagnetickou (releovou) je, že odpadá najporuchovejšia časť, prepínací kontakt s pružinou. Časom dochádzalo k únavе pružiny a k opaľovaniu kontaktu, preto bolo potrebné po určitom čase doregulovať (ohnúť) pevný kontakt (vzdialenosť) tak, aby rozsah regulovaného napäťa bol stály. Okrem toho prepínací kontakt spôsoboval rušenie rádioprijímačov.

Základným prvkom elektronickej regulátora je výkonový tranzistor, ktorý riadi hodnotu prúdu cez budiace vinutie alternátora. Tranzistor pracuje ako spínač a ovládaný je obvodom, v ktorom je rozhodujúcou veličinou veľkosť napäťa vedeného z alternátora na napäťový delič a porovnávaného so Zenerovým napäťom stabilizačnej diódy.

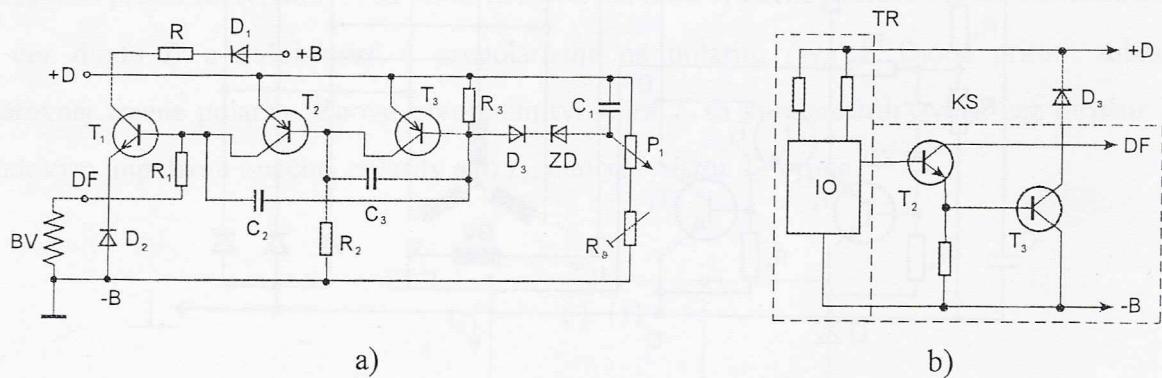


Obr. 2.1 Elektronický regulátor s alternátorom.

Schéma zapojenia elektronickej regulátora spolu s alternátorom je znázornená na obr. 2.1. Na začiatku po zapnutí spínača SP sa budiace vinutie alternátora vybudí z batérie $+B$ cez kontrolnú žiarovku $KŽ$ a tranzistor T_3 , ktorý je pri malom napäti na svorke $+D$ otvorený. Otvára ho prúd tečúci odporom R_6 , tranzistorom T_2 a odporom R_5 . Na odpore R_5 vzniká predpätie pre otvorenie tranzistora T_3 . Po zvýšení napäťa na svorke $+D$ nad maximálnu hodnotu sa cez napäťový delič (z odporov R_1 a R_2) a cez diódu D_4 otvorí Zenerova dióda ZD , ktorá prepúšťa prúd cez odpor R_4 , čím sa tranzistor T_1 otvorí a skratuje bázu tranzistora T_2 . Tranzistor T_2 a spolu s ním aj tranzistor T_3 sa uzatvoria. Budiaci prúd bude prechádzať diódou

D_3 a budiacim vinutím BV , čím sa vybíja magnetická energia nahromadená v cievke vinutia. Napätie na svorkách alternátora $+B$ a $+D$ začne klesať. Uzatvorí sa Zenerova dióda ZD a tranzistor T_1 . Opäť sa otvára tranzistor T_2 a s ním aj tranzistor T_3 . Tento dej sa neustále opakuje, čím sa napätie sústavy udržuje na požadovanej hodnote.

Na podobnom princípe pracuje aj regulátor ŠKODA znázornený na obr. 2.2a. Na začiatku je na svorke $+D$ od alternátora nulové napätie, preto budiace vinutie BV vybudíme z batérie $+B$ cez diódu D_1 , odporník R a tranzistor T_1 , ktorý je otvorený. Po vybudení alternátora sa budiaci prúd uzatvára zo svorky $+D$ cez tranzistor T_1 a budiace vinutie BV . Ak je napätie alternátora malé, Zenerova dióda je uzavorená a nepoteče ňou žiadny prúd. Na odpore R_3 nevzniká predpäťie a tranzistor T_3 je zatvorený. Napätie medzi kolektorom a emitorom U_{CE} tranzistora T_3 vytvára na báze tranzistoru T_2 predpäťie a tým ho otvorí. Prúd pretekajúci tranzistorom T_2 a odporem R_1 vytvára predpäťie pre tranzistor T_1 a ten je otvorený. Ak napätie alternátora vzrástie nad dovolenú hodnotu, vzrástie aj napätie na potenciometri P_1 a Zenerova dióda ZD sa otvorí. Prúd pretekajúci Zenerovou diódou a diódou D_3 ide cez odpór R_3 a vytvorí na ňom predpäťie, pri ktorom sa tranzistor T_3 uzavorí. Súčasne s ním sa uzavoria aj tranzistory T_2 a T_1 . Budiace vinutie BV sa bude odbudzovať cez diódu D_2 , až dokial' napätie alternátora neklesne pod požadovanú hodnotu.



Obr. 2.2 a) Regulátor napäcia ŠKODA; b) Integrovaný regulátor napäcia.

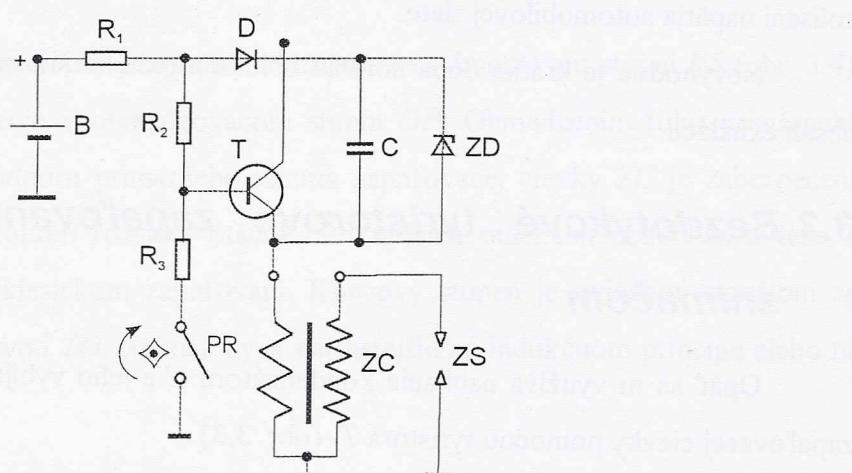
Dnes sa vyrábajú len integrované regulátory napäcia IR zabudované v integrovanom obvode IO . Koncový stupeň KS a nulová dióda D_3 sú nezmenené a uložené mimo integrovaného obvodu (obr. 2.2b).

3 ELEKTRONICKÉ ZAPAĽOVACIE SYSTÉMY

3.1 Tranzistorové zapal'ovanie s odľahčeným kontaktom

Zariadenie je schematicky znázornené na obr. 3.1. V primárnom obvode zapaľovacej cievky ZC je zaradený tranzistor T , ktorý zapína a vypína prúd cez vinutie. Tranzistor je ovládaný v obvode bázy kontaktom prerušovača PR . Prúd cez kontakt prerušovača bude teraz malý (asi 10 % hodnoty prúdu idúceho zapaľovacou cievkou). Počas zapnutého kontaktu prerušovača je na báze tranzistora predpätie, ktoré udržuje tranzistor v otvorenom stave. Vtedy bude pretekáť prúd aj primárnym vinutím zapaľovacej cievky. Prerušení kontaktu prerušovača sa tranzistor uzatvorí a zapaľovacou cievkou prestane pretekáť prúd. Kondenzátor C a Zenerova dióda ZD slúžia ako ochrana tranzistora proti prepätiám.

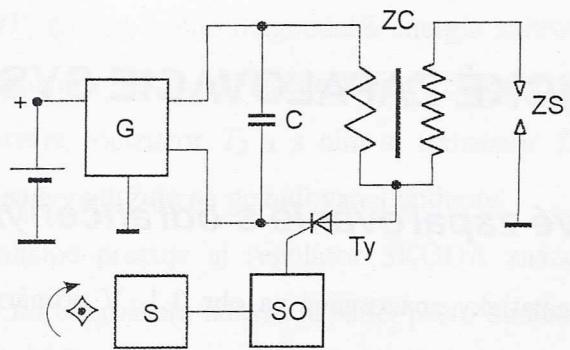
Všetky nedostatky mechanického prerušovača zostávajú okrem opaľovania kontaktov.



Obr. 3.1 Schéma zariadenia pre tranzistorové zapal'ovanie s odľahčeným kontaktom.

3.2 Tyristorové kapacitné zapal'ovanie

Elektrická energia odoberaná z batérie B cez generátor G sa zhromažďuje v kondenzátore C tak, že sa tento nabíja na napätie 300 až 400 V (obr. 3.2). Generátor pozostáva z tranzistorového striedača, transformátora a usmerňovača. Vo vhodnom okamihu sa energia kondenzátora vybijá do primárneho vinutia zapaľovacej cievky ZC prostredníctvom tyristora T_Y , ktorý sa spúšťa spúšťacím obvodom SO pomocou snímača polohy hriadeľa mazdeľovača S .



Obr. 3.2 Thyristorové kapacitné zapal'ovanie.

Snímač môže byť tvorený kontaktným prerušovačom alebo indukčným snímačom generátorového typu, respektíve Hallovým generátorom umiestneným v rozdeľovači.

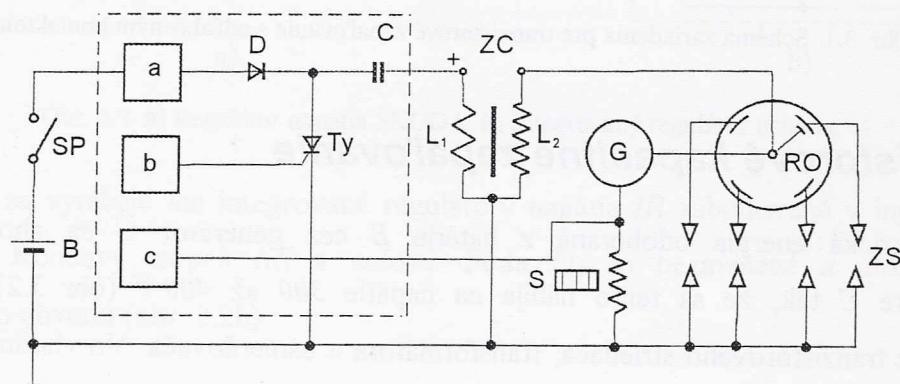
Vybíjanie kondenzátora sa uskutočňuje v tvaru napäťovej vlny so strmým čelom, čím sa rýchlejšie zvyšuje napätie na sviečke a tak dochádza k spoľahlivému zapáleniu zmesi aj pri veľkom znečistení sviečok.

Výhodou tohto systému je konštantná energia zážihu v širokom rozsahu otáčok aj pri kolísaní napäťa automobilovej siete.

Nevýhodou je krátka doba horenia oblúka a teda horšie spaľovanie zmesi ako aj vyšší obsah exhalácií.

3.3 Bezdotykové thyristorové zapal'ovanie s indukčným snímačom

Opäť sa tu využíva nabíjanie kondenzátora C a jeho vybíjanie cez primárne vinutie L_1 zapal'ovacej cievky pomocou tyristora T_y (obr. 3.3).



Obr. 3.3 Bezdotykové thyristorové zapal'ovanie s indukčným snímačom.

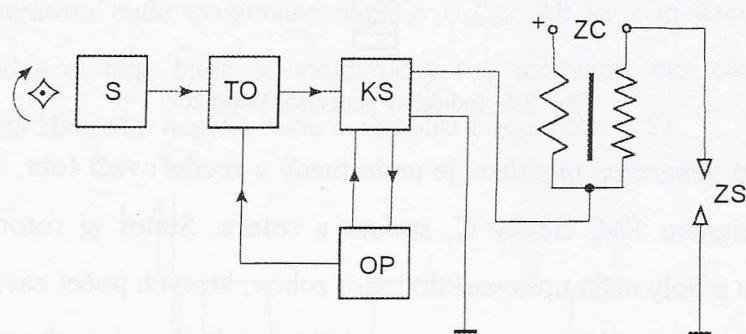
Veľkosť a doba pretekania prúdu zapaľovacou cievkou sa riadi elektronicky vo výkonovom stupni a , regulačnom stupni b a tvarovacom stupni c . Tyristor pracuje ako spínač ovládaný riadiacimi impulzmi získanými z indukčného snímača S . Riadiace impulzy zo snímača sa upravujú v tvarovacom obvode na pravouhlé a cez regulačný stupeň vedú do riadiacej elektródy tyristora.

Uvedenou úpravou sa optimalizuje doba horenia oblúka v zapaľovacej sviečke, čím sa zlepší spaľovanie zmesi a zníži obsah exhalácií.

3.4 Bezdotykové tranzistorové zapaľovanie s mechanickou reguláciou predstihu

Toto zapaľovanie našlo v poslednom čase značné rozšírenie aj pri sériovo vyrábaných vozidlách. Zapaľovacie sviečky, mechanická regulácia predstihu aj zapaľovacia cievka zostávajú bez zmeny. Zapaľovacia cievka má však znížený odpor primárneho vinutia, aby bol rýchlejší nárast prúdu.

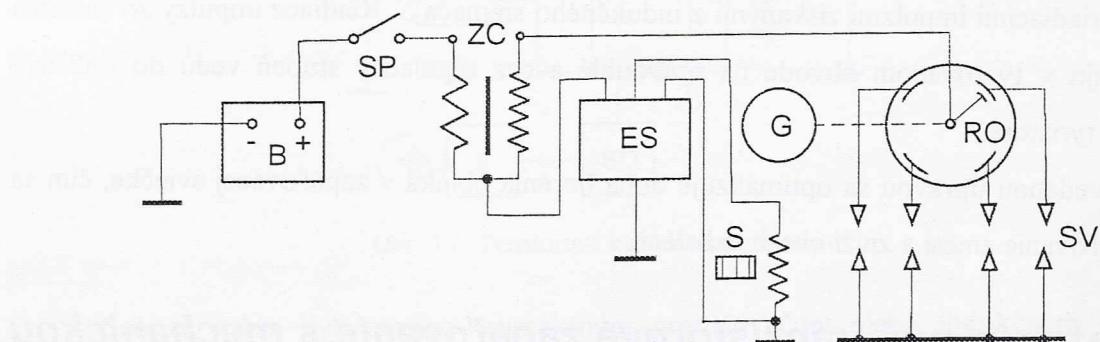
Prúd do zapaľovacej cievky je spínaný tranzistorom v koncovom stupni KS (obr. 3.4). Hodnota prúdu sa obmedzuje v obmedzovacom stupni OP . Obmedzením toku primárneho prúdu spolu so znížením odporu primárneho vinutia zapaľovacej cievky ZC je zabezpečená vysoká energia iskry v širokom rozsahu otáčok. Pri vyšších otáčkach nedochádza teda k znižovaniu prúdu ako pri klasickom zapaľovaní. Koncový stupeň je ovládaný signálom zo snímača S cez tvarovací obvod TO . Snímač býva najčastejšie na indukčnom princípe alebo na princípe Hallovho javu.



Obr. 3.4 Principiálna schéma bezdotykového tranzistorového zapaľovania s mechanickou reguláciou predstihu.

Uvedený zapaľovací systém sa používa aj vo vozidlách ŠKODA 781. Jeho názorná schéma je nakreslená na obr. 3.5. Celý systém pozostáva z batérie B , spínača SP , zapaľovacej

cievky ZC , elektronického spínača ES , snímača impulzov generátorového typu S , rozdeľovača RO a zapaľovacích sviečok SV .

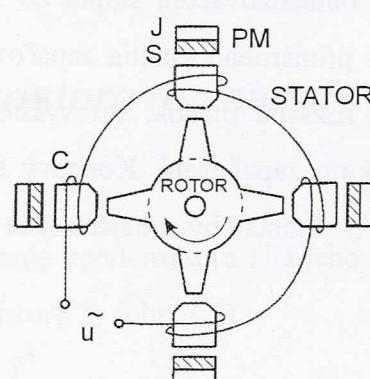


Obr. 3.5 Schéma bezdotaikového tranzistorového zapaľovania s mechanickou reguláciou predstihu používaného vo vozidlách ŠKODA.

V ďalšej časti sa zameriame na snímač a elektronický spínač.

3.4.1 Snímač impulzov

V praxi sa najviac používa indukčný, optoelektronický alebo Hallov generátor impulzov.



Obr. 3.6 Indukčný generátor impulzov.

a) *Indukčný generátor impulzov* je umiestnený v rozdeľovači (obr. 3.6) a pozostáva z permanentného magnetu PM , cievky C , statora a rotora. Stator aj rotor sú z magneticky vodivého materiálu a póly majú upravené do tvaru zubov, ktorých počet závisí od počtu valcov spaľovacieho motora. Pri otáčaní rotora sa mení šírka vzduchovej medzery a tým aj hodnota magnetického toku prechádzajúceho cievkou. Magnetický tok potom indukuje v cievke striedavé napätie. Frekvencii tohto napäťia odpovedá počet iskier na zapaľovacích sviečkach. Zmenou počtu otáčok spaľovacieho motora (hriadeľa rozdeľovača) sa bude meniť aj veľkosť indukovaného napäťia (jeho amplitúda) podľa vzťahu

vača

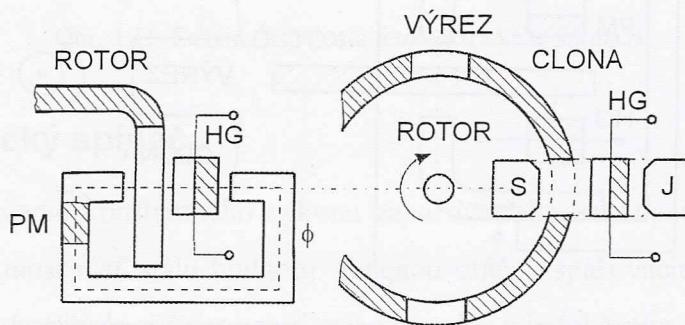
$$u_i = k \cdot \phi \cdot n \quad (3.1)$$

a pri konštantnom magnetickom toku (permanentné magnety) bude mať tento vzťah tvar

$$u_i = K \cdot n. \quad (3.2)$$

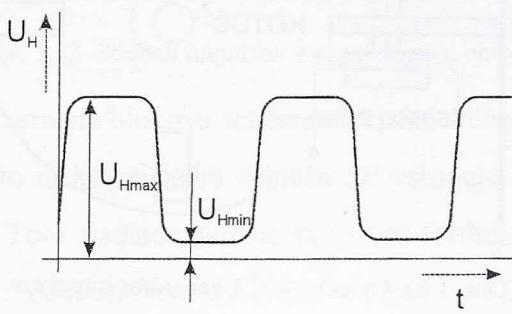
b) *Hallov generátor impulzov* je tiež umiestnený v rozdeľovači a využíva princíp vzniku Hallovho napäťa v polovodičovej platničke umiestnenej v magnetickom poli (obr. 3.7). Veľkosť tohto napäťa závisí od magnetickej indukcie B , prúdu pretekajúceho sondou I , hrúbky platničky h a Hallovej konštanty k podľa vzťahu

$$U_H = \frac{BI}{h} k \quad (3.3)$$



Obr. 3.7 Hallov generátor impulzov.

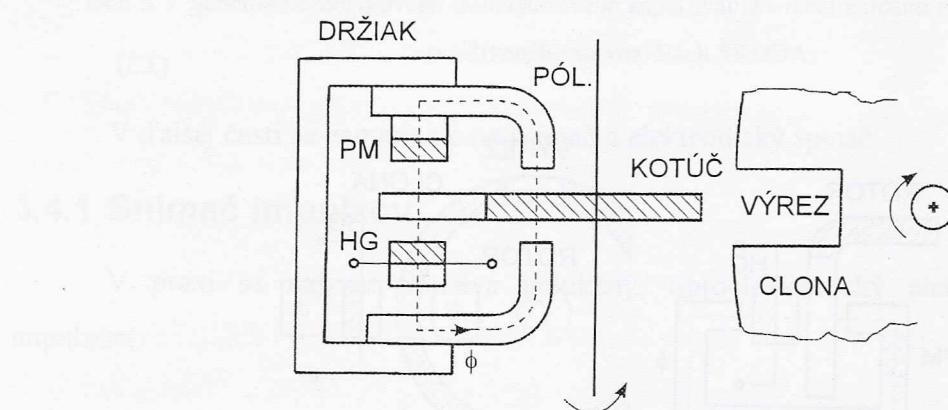
Rotor snímača je z magneticky vodivého materiálu a upravený do valcového tvaru, po obvode ktorého sa nachádzajú výrezy. Ak je pri otáčaní rotora medzi pólovými nástavcami magnetického obvodu práve výrez, prechádza Hallovým snímačom maximálny magnetický tok a na výstupe generátora bude maximálne napätie U_{Hmax} . Ak sa v medzere medzi pólovými nástavcami nachádza clonka, bude sa magnetický tok uzatvárať cez clonku mimo Hallov generátor a hodnota Hallovho napäťa bude minimálna U_{Hmin} (obr. 3.8).



Obr. 3.8 Priebeh impulzov z Hallovho generátora.

Hallov generátor sa niekedy vyhotovuje v kotúčovom usporiadanií (obr. 3.9). Generátor pozostáva z držiaku permanentného magnetu PM , Hallovho generátora HG , feromagnetického kotúča K umiestneného na hriadele rozdeľovača. Na kotúči sa nachádzajú výrezy, ktorých počet odpovedá počtu valcov. Výrez pripadajúci prvému valcu má obyčajne širšiu medzeru.

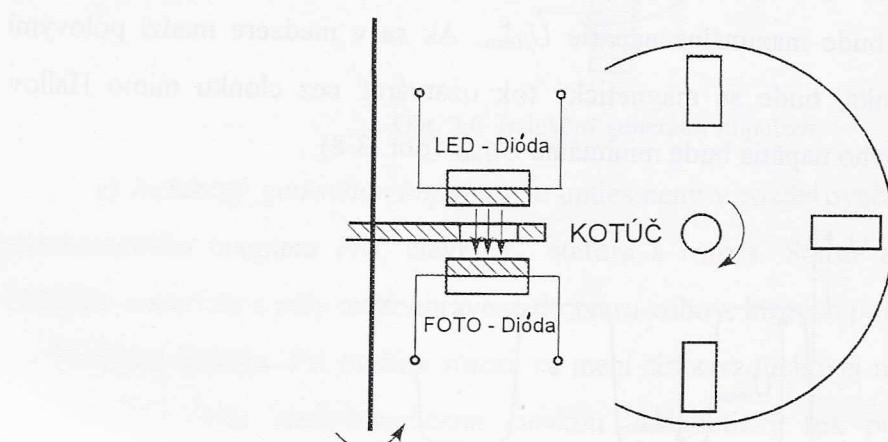
Ak sa medzi permanentným magnetom a Hallovou sondou nachádza kotúčový výrez, magnetický tok ϕ sa uzatvára cez Hallovu sondu a na jej výstupe sa objaví napäťový impulz, ktorý sa viedie na zosilňovač a na výkonový spínací tranzistor. Ak sa medzi permanentným magnetom a Hallovou sondou nachádza kotúčová clona, magnetický tok sa nebude uzatvárať cez sondu, ale cez kotúč a na jej výstupe bude len veľmi malé napätie.



Obr. 3.9 Hallov generátor impulzov v kotúčovom usporiadanií.

c) Optoelektrický generátor

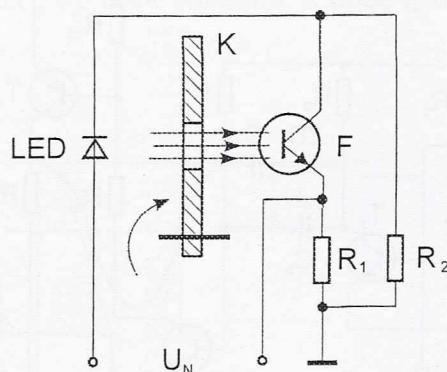
Rotujúci kotúč K je umiestnený na hriadele rozdeľovača a má počet otvorov (štrbin) zhodný s počtom valcov spaľovacieho motora (obr. 3.10).



Obr. 3.10 Optoelektrický generátor impulzov.

átor
tého
rých
rez,
oulz,
ným
árať

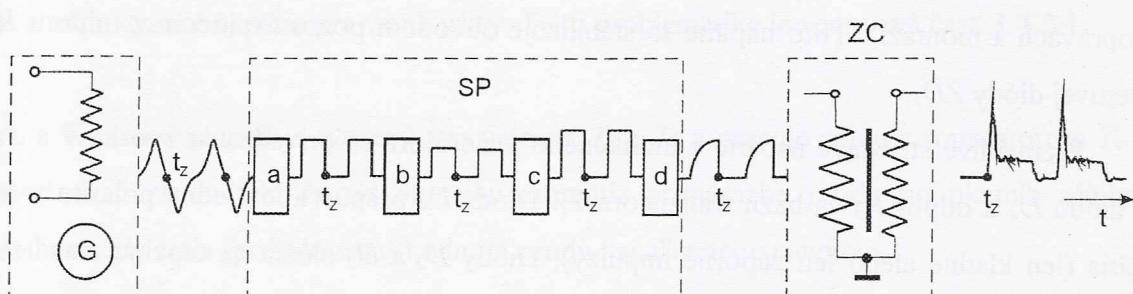
LED-dióda vysiela svetelné žiarenie určitej vlnovej dĺžky. Prerušovaním svetelného toku vznikajú na fotodióde (fototranzistore) F napäťové impulzy podobne ako pri Hallovom generátore. Napäťové impulzy sa potom vedú do zosilňovača a odtiaľ na ďalšie spracovanie. Praktická schéma zapojenia fotoelektrického snímača je znázornená na obr. 3.11.



Obr. 3.11 Schéma zapojenia fotoelektrického snímača.

3.4.2 Elektronický spínač

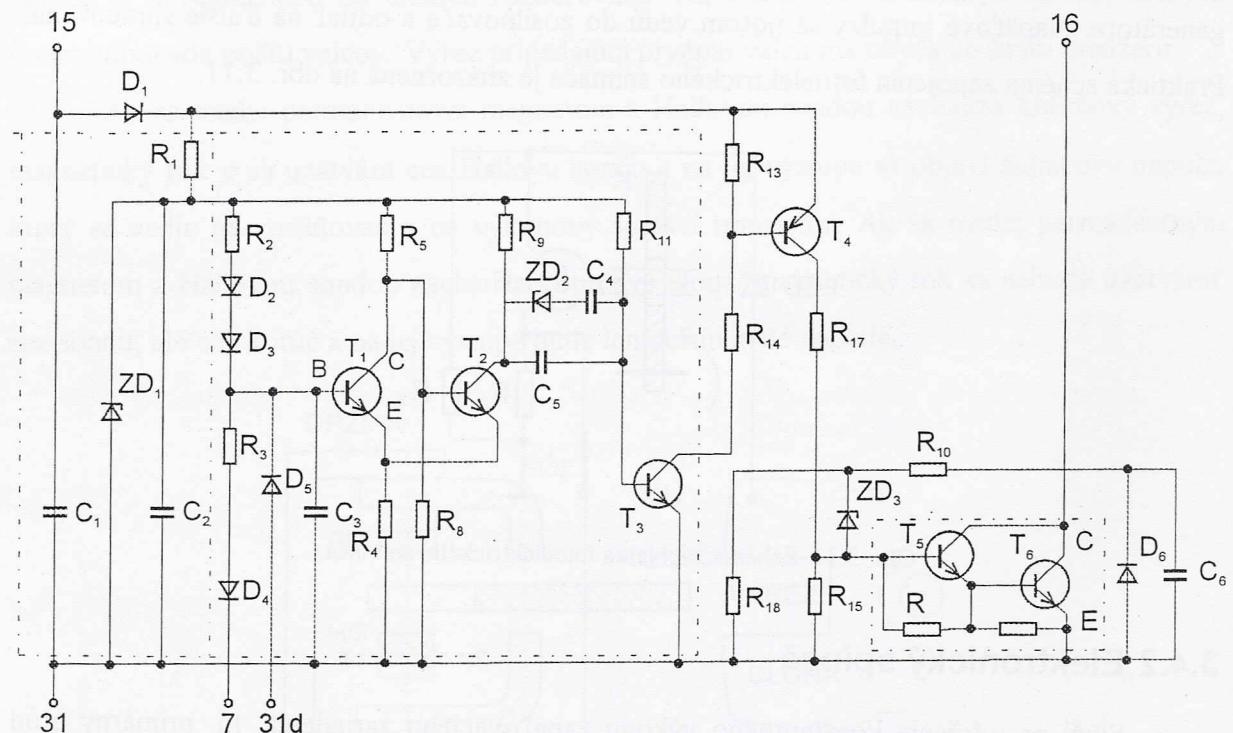
Slúži na udržanie konštantného výkonu zapaľovacieho zariadenia, t.j. primárny prúd zapaľovacej cievky musí mať stálu hodnotu. Zmenou otáčok spaľovacieho motora a napätia batérie by sa menila amplitúda aj šírka napäťového impulzu z indukčného generátora, menila by sa aj veľkosť a doba pretekania prúdu primárnym vinutím zapaľovacej cievky. Preto je potrebné meniť čas zopnutia (uhol zopnutia) primárneho prúdu.



Obr. 3.12 Priebeh impulzov v zapaľovacom okruhu.

Na obr. 3.12 je znázornená bloková schéma elektronického spínača a priebeh impulzov v zapaľovacom okruhu. Do elektronického spínača SP vstupuje riadiace striedavé napätie z indukčného generátora G . Toto riadiace napätie sa najprv formuje do pravouhlých impulzov, čo sa uskutočňuje v tzv. *Schmittovom klopnom obvode* a . Riadenie šírky pravouhlých impulzov, t.j. času zopnutia primárneho prúdu, sa zabezpečuje v stupni b . *Budiaci stupeň* c

slúži na zosilnenie signálu na požadovanú hodnotu. Koncový stupeň *d* riadi pretekanie prúdu priamo primárnym vinutím zapalovalacej cievky.



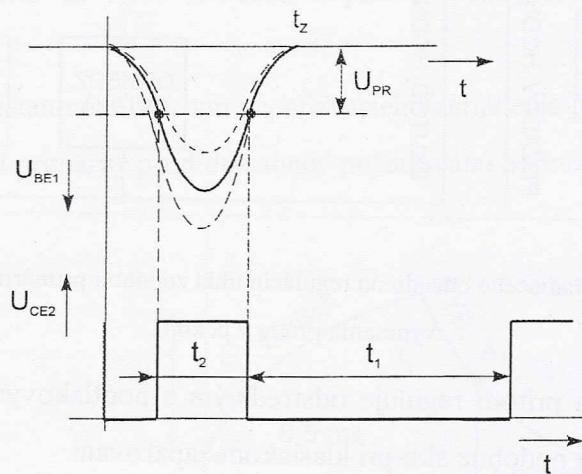
Obr. 3.13 Vnútorné zapojenie elektronického spínača.

Vnútorné zapojenie elektronického spínača znázorňuje obr. 3.13. Elektronický spínač je napájaný z batérie *B* a po zopnutí spínačej skrinky (štartovací klúč) sa dostane napäťie medzi svorky 15 a 31 (kostra). Dióda *D*₁ chráni obvod spínača proti náhodnej zmene polarity (napr. pri opravách a montáži). Toto napäťie sa stabilizuje obvodom pozostávajúcim z odporu *R*₁ a Zenerovej diódy *ZD*₁.

Premenlivé striedavé napäťie z indukčného generátora sa privádza na svorku 7 a ďalej cez diódou *D*₄ a odpor *R*₃ na bázu tranzistoru *T*₁. Dióda *D*₄ prepúšťa len jednu polaritu tohto napäťia (len kladné alebo len záporné impulzy). Diódy *D*₂ a *D*₃ slúžia na tepelnú stabilizáciu pracovného bodu tranzistora *T*₁. Takto usmernené striedavé napäťové impulzy sa musia pretvárať na pravouhlé a uskutočňuje sa to v Schmittovom klopnom obvode tvorenom tranzistormi *T*₁ a *T*₂.

Len čo napäťie medzi bázou a emitorom U_{BE} tranzistora *T*₁ (v našom prípade zápornej polarity) dosiahne prahovú hodnotu U_{Pr} , otvorí sa tranzistor *T*₁ a bude vodivý. Medzi jeho kolektorom a emitorom bude nulové napäťie $U_{CE} = 0$ a tranzistor *T*₂ bude uzavretý a medzi jeho kolektorom a emitorom a tým aj na výstupe tvarovača bude napäťový impulz. Tento stav

potrvá tak dlho, pokiaľ regulačné striedavé napätie z indukčného generátora neklesne pod prahovú hodnotu, teda po dobu t_2 (obr. 3.14). Vtedy sa tranzistor T_1 uzatvorí a báza tranzistora T_2 bude mať cez odpor R_5 dostatočné predpätie, čím sa tranzistor T_2 otvorí. Toto striedanie vodivosti tranzistorov sa opakuje nepretržite. Doba t_2 odpovedá doba zopnutia (dobe zopnutia), a doba t_1 odpovedá doba vypnutia (doba vypnutia) prúdu zapaľovacou cievkou.



Obr. 3.14 Zmena impulzov z generátora na pravouhlé v Schmittovom klopnom obvode.

V ďalšej časti elektronického spínača sa uskutočňuje riadenie *uhla zopnutia* primárneho prúdu zapaľovacou cievkou tak, aby sa v nej pri každom pracovnom stave spaľovacieho motora optimálne nahromadila potrebná energia, t.j. aby sa na zapaľovacej sviečke dosiahlo dostatočne vysoké napätie pre vznik iskry. Tejto problematike je venovaná časť 3.4.2.1.

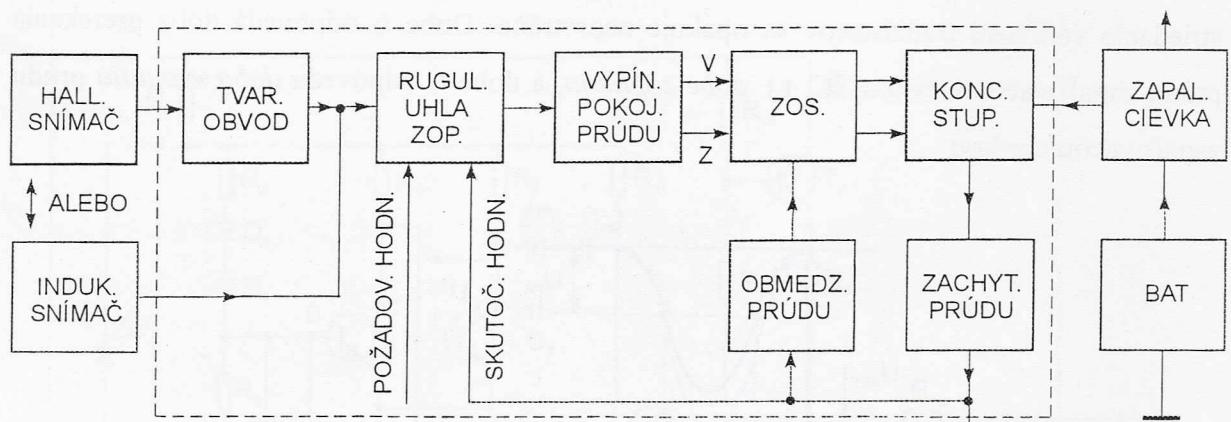
Koncový stupeň je tvorený tranzistormi T_5 a T_6 a pracuje spolu s tranzistorom T_4 ako obmedzovač prúdu tak, že od okamihu zopnutia primárneho prúdu po okamih zážihu sa dosiahne vždy stála (požadovaná) hodnota prúdu zapaľovacou cievkou.

Tranzistor T_4 má vo svojom bázovom obvode odpor R_{13} . Jeho riadiace bázové napätie sa ovplyvňuje napäťím batérie (napäťový delič R_{13} a R_{14}).

Pri stojacom motore a zapnutom zapaľovaní by mohlo dôjsť k pretáženiu zapaľovacieho zariadenia, preto býva v elektronickom spínači obvod, ktorý po jednej sekunde od zastavenia motora vypína koncový tranzistor. Akonáhle začneme štartovať tranzistor sa opäť uvedie do činnosti.

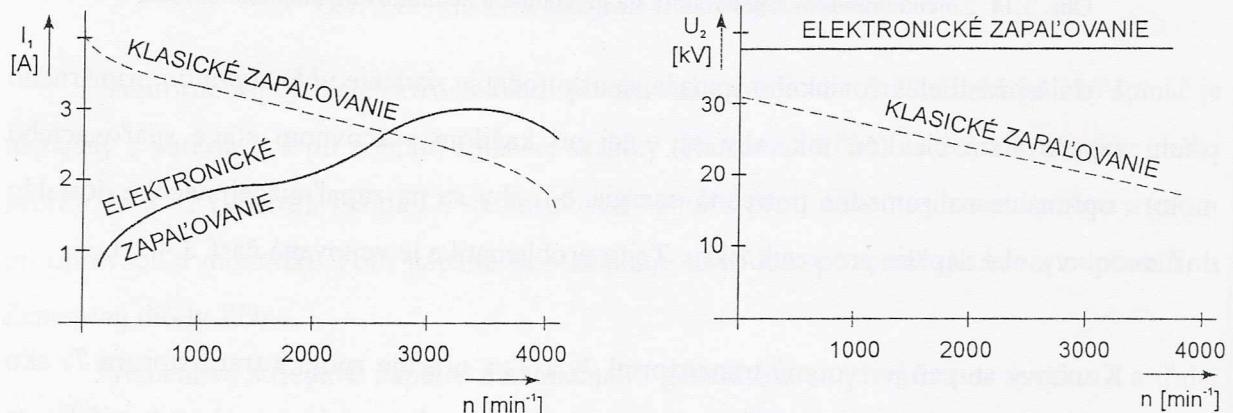
Bloková schéma riadiaceho obvodu na reguláciu uhla zopnutia primárneho prúdu je na obr. 3.15.

Pre porovnanie klasického a elektronického zapalovania slúžia závislosti primárneho prúdu a sekundárneho napäťia zapalovacej cievky na otáčkach spaľovacieho motora (obr. 3.16).



Obr. 3.15 Bloková schéma riadiaceho obvodu na reguláciu uhla zopnutia primárneho prúdu so zabezpečením vypínania prúdu v pokoji.

Okamih zážihu sa pritom reguluje odstredivým a podtlakovým regulátorom, ktoré sa nachádzajú v rozdeľovači podobne ako pri klasickom zapalovaní.



Obr. 3.16 Porovnanie klasického a elektronického zapalovania.

3.4.2.1 Riadenie uhla zopnutia primárneho prúdu zapalovacou cievkou

Uhol zopnutia primárneho prúdu zapalovacou cievkou je priamoúmerný uhlík otočenia vačky (hriadeľa) rozdeľovača. Čas odpovedajúci tomuto uhlíku sa volá *spínací čas* a je to priamo čas pretekania primárneho prúdu zapalovacou cievkou.

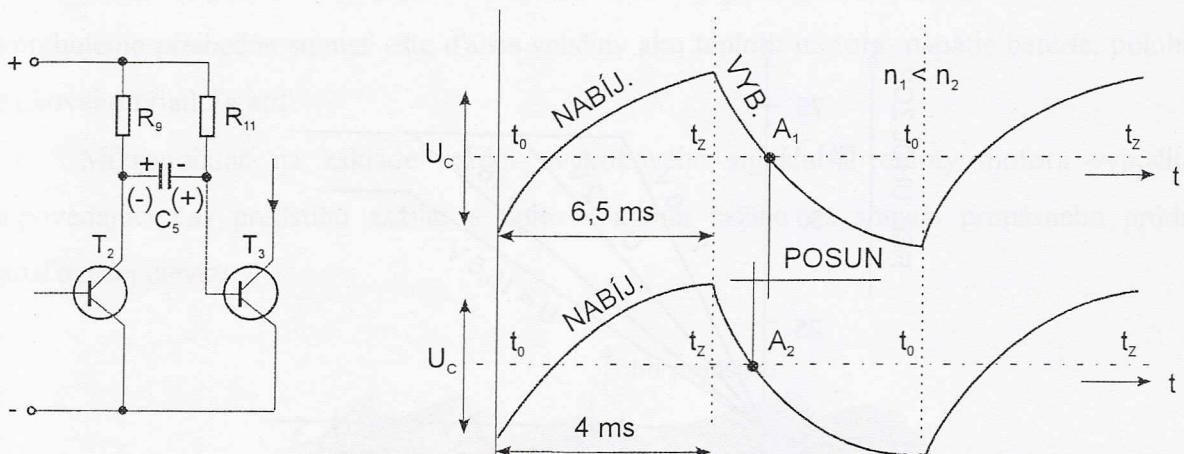
Pri rôznych otáčkach vačkového hriadeľa, bude mať riadiaci impulz od snímača rôzny čas trvania a tomu odpovedá rôzny spínací čas. Pri vysokých otáčkach môže nastať taký stav, že primárny prúd zapalovacou cievkou v okamihu zážihu nedosiahne požadovanú hodnotu a

tým dôjde k vynechaniu zážihu, čo je škodlivé najmä pri motoroch s katalyzátorm. To isté môže nastať pri poklese napätia batérie.

Naopak pri nízkych otáčkach by primárny prúd zapalovacou cievkou prekročil požadovanú hodnotu, preto musí byť zaručená minimálna hodnota času zopnutia primárneho prúdu a naopak ohraničená maximálna hodnota primárneho prúdu.

Regulátor uhla zopnutia primárneho prúdu pracuje teda tak, že v závislosti od otáčok motora a napäťa batérie sa bude začiatok zopnutia meniť, ale okamih zážihu zostane nepremenlivý.

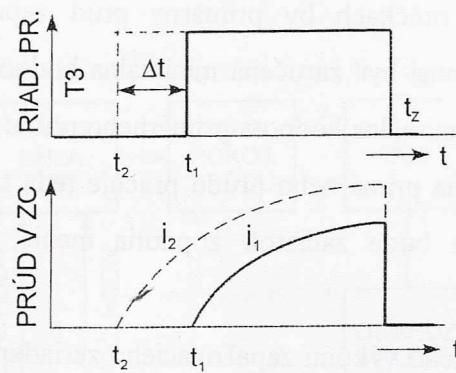
Na udržanie konštantného výkonu zapalovacieho zariadenia pri minimálnych stratách v zapalovacej cievke musí primárny prúd dosiahnuť požadovanú hodnotu.



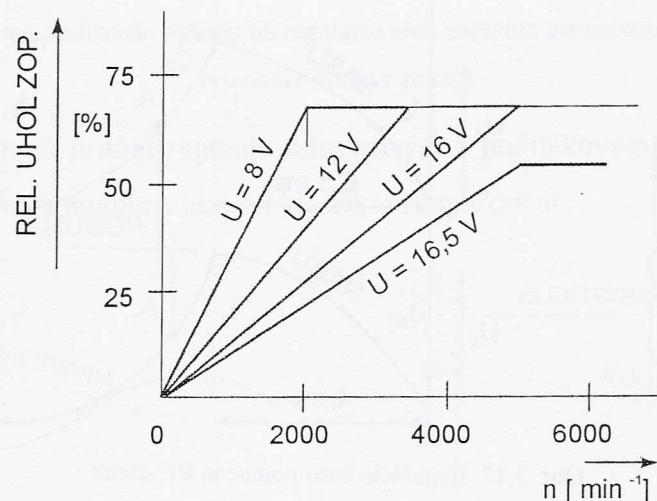
Obr. 3.17 Regulácia času pomocou RC-člena.

Vlastný regulátor pracuje na princípe regulácie času pomocou RC-člena. Využíva sa pritom striedavé nabíjanie a vybíjanie kondenzátora, ktorý je zapojený do série s odpornom (obr. 3.17). Ako RC-člen slúži kondenzátor C_5 s odpormi R_9 a R_{11} . Keď sa tranzistor T_2 nachádza v zatvorenom stave, napätie na jeho kolektore je veľké a tranzistor T_3 je otvorený. Kondenzátor sa bude nabíjať podľa polarity zdroja cez odpor R_9 a otvorený tranzistor T_3 . Napätie kondenzátora U_C bude o trochu menšie ako napätie batérie. V okamihu zážihu t_z bude tranzistor T_2 vodivý a kondenzátor sa začne cez odpor R_{11} a tranzistor T_2 vybíjať. Pokial tečie vybíjací prúd, bude tranzistor T_3 uzavretý. V okamihu t_1 , keď sa na kondenzátore mení polarita, začína sa tranzistor T_3 otvárať (medzi jeho bázou a emitorom je prahové napätie) a kondenzátor sa začne nabíjať na opačnú polaritu tak dlho, kým sa tranzistor T_2 opäť neuzatvorí. Potom nasleduje nabíjanie až dokial sa kondenzátor znova prepolarizuje. Toto

nabíjanie cez odpor R_9 a tranzistor T_3 bude trvať až do okamihu t_z . Súčasne s tranzistorom T_3 sa zapínajú aj tranzistory T_4 až T_6 .



Obr. 3.18 Doba zopnutia a primárny prúd.



Obr. 3.19 Relatívny uhol zopnutia v závislosti od otáčok a napäcia batérie.

Takto vlastne dochádza k posunutiu okamihu zopnutia primárneho prúdu v zapaľovacej cievke z t_1 na t_2 (obr. 3.18). Je to reakcia na zopnutie a vypnutie tranzistora T_1 , ktorý reaguje na napätie indukčného snímača, teda na otáčky spaľovacieho motora. S rastúcimi otáčkami spaľovacieho motora sa skracuje nabíjací čas kondenzátora. Predčasné nabitie kondenzátora má za následok urýchlenie okamihu z A_1 na A_2 (obr. 3.17) a tým aj relatívne zväčšenie uhla zopnutia zapaľovacej cievky. Závislosť uhla zopnutia od otáčok a napäcia batérie je znázornená na obr. 3.19.

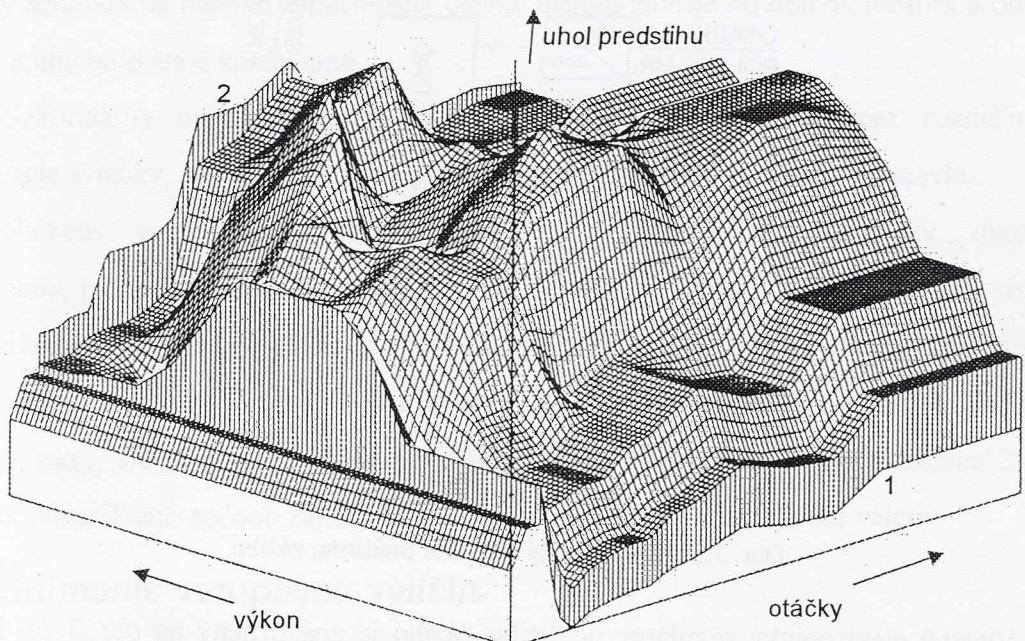
3.5 Elektronické zapal'ovanie s elektronickým riadením predstihu

Predstih zážihu sa reguluje pre každý pracovný stav spaľovacieho motora (rozbeh, voľnobeh, plný výkon a zastavovanie) na základe hodnôt napäťa batérie, otáčok a teploty motora priamo vypnutím primárneho prúdu zapaľovacou cievkou.

Pri plnoelektronickom zapaľovaní mechanický rozdeľovač už neobsahuje odstredivý ani podtlakový regulátor predstihu, preto potrebujeme signál od snímača otáčok a signál od snímača tlaku (podtlaku) v sacom potrubí. Signál od podtlakového snímača je úmerný výkonu motora.

Pretože podľa požiadaviek motora môže byť zmena predstihu individuálna, potrebujeme priebežne snímať ešte ďalšie veličiny ako teplotu motora, napätie batérie, polohu kľukového hriadeľa atď.

Mikropočítač na základe otáčok, výkonového signálu a teploty motora vypočíta odpovedajúci čas predstihu zážihu a upraví okamih zážihu na spínači primárneho prúdu zapaľovacej cievky.



Obr. 3.20 Trojrozmerné pole uhlov predstihu zážihu v závislosti na výkone a otáčkach spaľovacieho motoru.
(obrázok prevzatý z [2])

Na obr. 3.20 je znázornené trojrozmerné pole uhlov predstihu zážihu v závislosti na výkone a otáčkach spaľovacieho motoru. V celom poli je asi 1000 až 4000 uhlov predstihu, ktoré sú naprogramované v pamäti počítača.

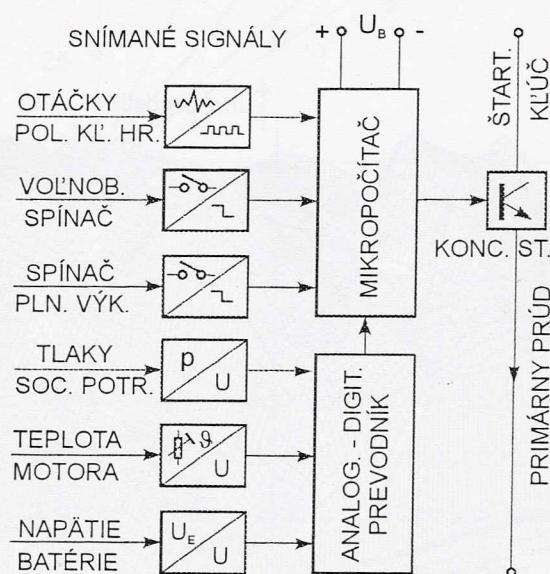
Pri zatvorennej škrtiacej klapke (dobeh, voľnobeh) bude počítač voliť predstihy podľa čiary 1. Ak otáčky klesnú pod hodnotu voľnobežných otáčok uhol predstihu sa automaticky stabilizuje a regulátor zabezpečí zvýšenie otáčavého momentu.

Pri plnom výkone sa bude voliť predstih podľa krivky 2 tak, aby nedochádzalo ku klepaniu vo valcoch spaľovacieho motoru.

Pri startovaní je uhol predstihu závislý len od tŕčok a teploty motora a je naprogramovaný tak, aby nevznikol spätný otáčavý moment.

Polia uhlov predstihu zážihu sú na základe individuálnych požiadaviek realizované a naprogramované v pamäti počítača.

Elektronická regulácia zapaľovania je možná v rámci rôznych zapaľovacích systémov. Plnointegrované zariadenie zapaľovania obsahuje napríklad systém MOTRONIC. Elektronická regulácia môže však byť realizovaná aj pri jednoduchších zariadeniach.



Obr. 3.21 Elektronický regulátor predstihu zážihu.

Vlastný elektronický regulátor predstihu zážihu je znázornený na obr. 3.21. Riadenie okamihu zážihu sa uskutočňuje vhodným mikropočítačom. Vstupné veličiny, ktoré sú v tvare digitálneho signálu, viedieme priamo do mikropočítača a analógové veličiny musíme najprv upraviť analógovo-digitálnym prevodníkom A/D.

Ako hlavné vstupné signály pre okamih zážihu sú otáčky a poloha kľukového hriadeľa spolu s tlakom (podtlakom) v sacom potrubí.

Ako ďalšie vstupné signály sú: teplota motora, napätie batérie a poloha škrtiacej klapky.

Sací tlak, teplota motora a napätie batérie sú analógové veličiny, a preto ich meníme *analógovo-digitálnym* prevodníkom na digitálny signál.

Otáčky motora, poloha kľukového hriadeľa a poloha škrtiacej klapky sú digitálne veličiny, a preto ich bez úpravy viedieme priamo do mikropočítača.

Spracovanie vstupných signálov sa uskutočňuje v mikropočítači, ktorý pozostáva z mikroprocesora, generátora hodinových impulzov, naprogramovanej pevnej pamäte, medzipamäte pre rýchle zmeny údajov. V mikroprocesore sa až 9300-krát za minútu aktualizujú údaje pre zapalovanie a vypočíta spínací čas primárneho prúdu zapalovacej cievky. Spaľovací motor teda v každom pracovnom stave dostane optimálny čas zážihu ako výstupný signál z mikropočítača.

Výstupným signálom pre zapalovanie je teda primárny prúd zapalovacej cievky, ktorý je spínaný koncovým (výkonovým) stupňom regulátora. Spínací čas bude vždy naregulovaný tak, aby sekundárne napätie zapalovacej cievky nebolo závislé od otáčok motora a od napäťia batérie, a aby bolo stále konštantné.

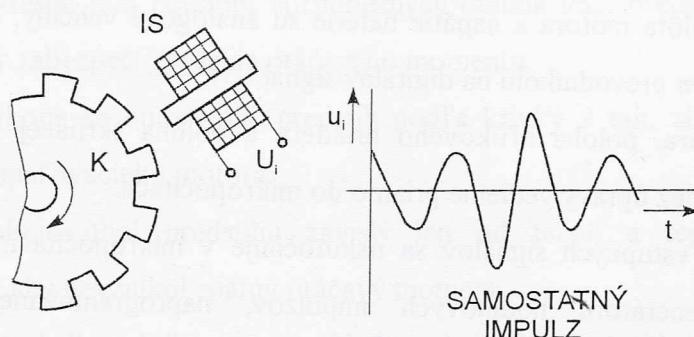
Sekundárny prúd môže prechádzať od zapalovacej cievky cez rozdeľovač na zapalovacie sviečky, alebo môže mať každá sviečka samostatnú zapalovaciu cievku.

Niekedy sa v praxi pri štvorvalcových motoroch vyskytuje tzv. *dvojiskrové zapalovanie*, t.j. jedna cievka pre dva valce. Obe cievky sú riadené mikropočítačom striedavo. V okamihu zážihu sa od prvej cievky vytvoria iskry naraz v dvoch valcoch, ale jeden valec je vo fáze zážihu a druhý vo fáze výfuku (napr. 1. a 4. valec). Druhá dvojiskrová cievka dodá opäť dve iskry, ale posunuté o 180° na kľukovom hriadieli, teda v okamihu zážihu 2 valca a výfuku 3 valca. Tento spôsob zapalovania je vhodný len pri párnom počte valcov.

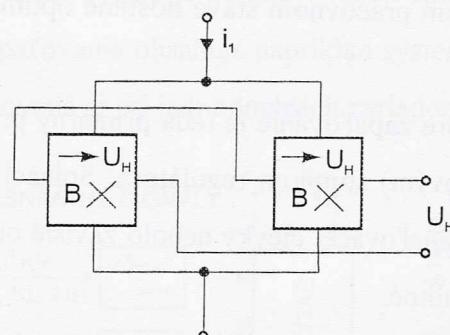
3.5.1 Snímanie vstupných veličín

Na snímanie počtu otáčok slúži *indukčný snímač* a *ozubený kotúč* z feromagnetického materiálu (obr. 3.22) umiestnený na kľukovom hriadieli. Podľa zmeny magnetického toku sa bude v snímači indukovať striedavé napätie ako riadiaca veličina. Na určenie *polohy* (uhla natočenia) *kľukového hriadeľa* je na ozubenom kotúči jedna väčšia medzera, ktorá vytvorí v indukčnom snímači samostatný impulz.

Niekedy sa na snímanie počtu otáčok používa *Hallov generátor* najčastejšie v diferenciálnom zapojení (obr. 3.23). Oba generátory sú v mostíkovom zapojení, pričom vlastné prevedenie môže byť s pohyblivým permanentným magnetom, alebo s pohyblivým feromagnetikom.

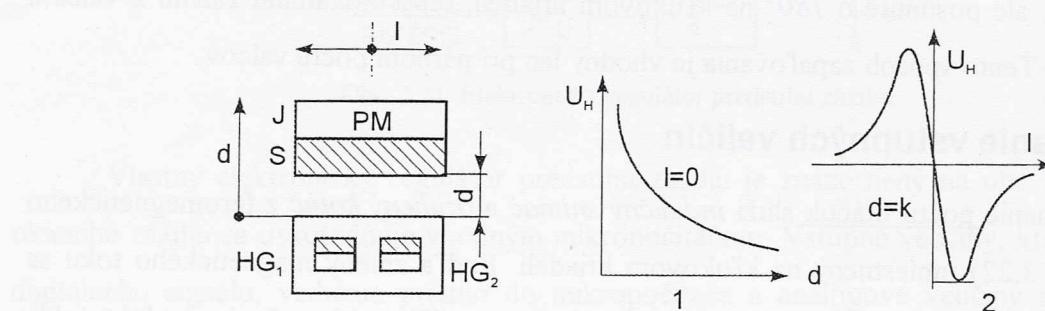


Obr. 3.22 Indukčný snímač a ozubený kotúč z feromagnetického materiálu.

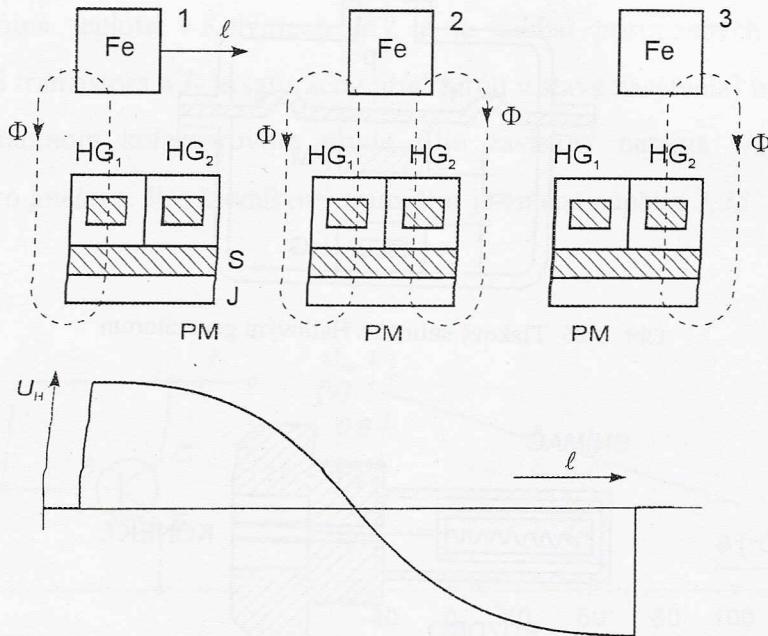


Obr. 3.23 Diferenciálne zapojenie Hallovho generátora.

Usporiadanie s *pohyblivým permanentným magnetom* je na obr. 3.24. Ak pritom bude posunutie l konštantné a budeme meniť vzdialenosť d , bude sa napätie U_H meniť podľa závislosti 1, naopak ak bude d konštantné a budeme meniť l , bude sa napätie U_H meniť podľa závislosti 2.



Obr. 3.24 Usporiadanie Hallovho snímača s pohyblivým permanentným magnetom.

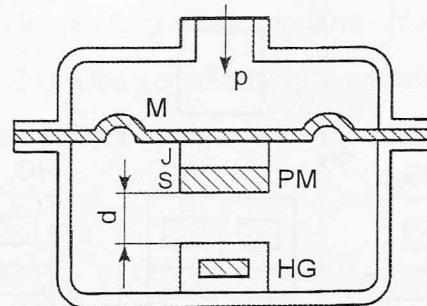


Obr. 3.25 Usporiadanie Hallovho snímača s pohyblivým feromagnetikom.

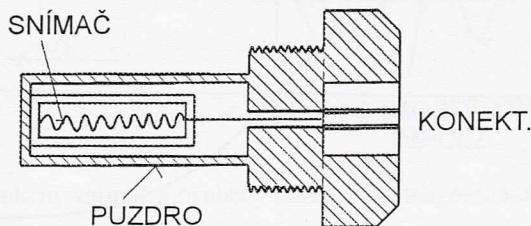
Usporiadanie s *pohyblivým feromagnetikom* je na obr. 3.25. V praxi môžu nastáť tri prípady polohy zuba voči Hallovmu snímaču. V polohe 1 sa feromagnetický zub nachádza nad generátorom HG_1 , a na výstupe diferenciálneho snímača bude U_H maximálne. V polohe 2 je feromagnetický zub nad oboma generátormi uložený súmerne. Výsledné účinky magnetických tokov oboch Hallových generátorov sú orientované proti sebe a na výstupe mostíka bude nulová hodnota napäcia U_H . V polohe 3 sa bude feromagnetický zub nachádzať nad generátorom HG_1 a výstupný signál bude mať maximálnu hodnotu, avšak orientovanú opačne ako v polohe 1.

Výkon motora je úmerný *tlaku (podtlaku)* v sacom potrubí. Tento podtlak sa vede pomocou rúrky na membránu *tlakového snímača* (obr. 3.26). Membrána M pri svojej činnosti pohybuje permanentným magnetom PM a takto premenlivé magnetické pole pôsobí na Hallov generátor HG . V Hallovom generátore sa tým vytvára napätie priamoúmerné podtlaku v sacom potrubí.

Teplota motora sa sníma snímačom umiestneným na bloku motora, ktorý sníma vlastné teplotu chladiacej kvapaliny. Najčastejšie je to odporový alebo polovodičový princíp merania teploty.



Obr. 3.26 Tlakový snímač s Hallovým generátorom.



Obr. 3.27 Odporový snímač teploty.

Odporový snímač teploty je znázornený na obr. 3.27. Lineárna zmena teploty odpovedá zmene odporu na výstupe snímača. Vyznačuje sa výnimočnou presnosťou, citlivosťou, linearitou a stabilitou. Vyrába sa nanesením tenkej vrstvy platiny na hliníkový základ. Rozmerovo sa potom upravuje laserom (šírka). Snímač má presnosť $\pm 0,3 \text{ } ^\circ\text{C}$ pri zmene odporu $\pm 0,1 \%$. Snímač je uložený v keramickom puzdre a vodiče sú izolované teflónom respektívne sklenou priadzou. Snímače merajú v rozsahu $-200 \text{ } ^\circ\text{C}$ až $+540 \text{ } ^\circ\text{C}$ alebo $-55 \text{ } ^\circ\text{C}$ až $+150 \text{ } ^\circ\text{C}$. Pre závislosť odporu od teploty platí vzťah

$$R_\vartheta = R_0 [1 + \alpha(\vartheta - \vartheta_0)]. \quad (3.4)$$

Tranzistorový snímač teploty pracuje na princípe zmeny teploty PN priechodu polovodičových prvkov. Zapojenie tranzistora a jeho teplotná charakteristika sú znázornené na obr. 3.28. Ak je napätie

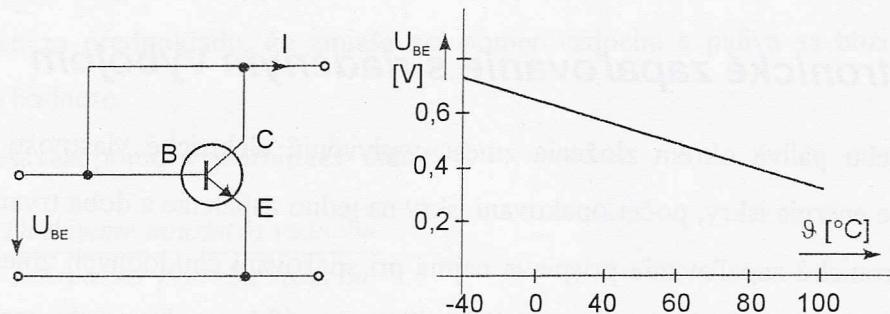
$$U_{BE} \gg k \cdot T/e, \quad (3.5)$$

potom platí

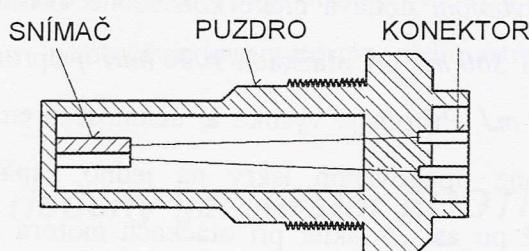
$$U_{BE} = \frac{kT}{e} \ln \left(\frac{I}{I_s} \right), \quad (3.6)$$

kde T je absolútna teplota v Kelvinoch [K], e je základ prirodzených logaritmov, I je kolektorový prúd tranzistora a I_S je saturačný prúd (prúd v stave nasýtenia) tranzistora.

Pri konštantnom kolektorovom prúde I je závislosť napäcia U_{BE} od teploty PN priechodu ϑ skoro lineárna. Pre kremíkový tranzistor je zmena napäcia $2,25 \text{ mV.K}^{-1}$ pri teplote 20°C .

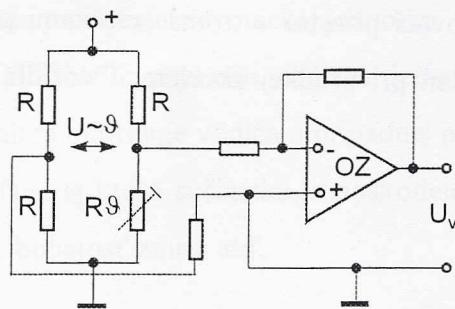


Obr. 3.28 Zapojenie tranzistorového snímača teploty a teplotná závislosť napäcia U_{BE} .



Obr. 3.29 Uloženie polovodičového snímača teploty v puzdre.

Vlastný polovodičový snímač je uložený v puzdre tak, že sa dotýka koncovej plôšky, ktorá je z teplotne dobre vodivého materiálu (obr. 3.29). Snímač je zabudovaný v bloku motora a cez konektory pripojený do jednej vetvy Wheatstonovho mostíka (obr. 3.30). Po zosilnení v operačnom zosilňovači je výstupný signál vedený na elektronický regulátor prípadne aj na odčítací prístroj.



Obr. 3.30 Zapojenie snímača teploty do Wheatstonovho mostíka.

Napätie batérie je vlastne napájacím napäťom regulátora a nemusíme ho snímať zvláštnym snímačom.

Polohu škrtiacej klapky snímame najčastejšie odporovým potenciometrom. Pre potreby zapaľovania nás však zaujímajú len dve polohy. Poloha *voľnobežných otáčok* a poloha *plného výkonu*. V oboch týchto polohách sú spínače, ktoré dávajú požadované impulzy do mikropočítača.

3.6 Elektronické zapaľovanie s riadeným výbojom

Spotrebu paliva okrem zloženia zmesi ovplyvňujú elektrické vlastnosti zapaľovacej sústavy ako je energia iskry, počet opakovaní iskry na jedno zapálenie a doba trvania iskry.

Elektronické zapaľovanie prispieva najmä pri spaľovaní chudobných zmesí ($\lambda = 1,2$ a viac) k súčasne prijateľným hodnotám emisií škodlivín do výfuku spaľovacieho motora.

Dnes je už v praxi viac druhov systémov elektronického zapaľovania. Elektronické zapaľovanie s *riadeným výbojom* dodáva niekoľkonásobne vyššiu energiu iskry (60 mJ pri otáčkach 6000 min^{-1} až do 300 mJ pri otáčkach 1000 min^{-1}) oproti klasickému zapaľovaniu, ktoré má energiu 5 až 10 mJ . Pritom je vysoká aj účinnosť premeny elektrickej energie na tepelnú, ktorá sa dosiahne opakovaním iskry na jedno zapálenie (od 200 iskier pri voľnobežných otáčkach až po asi 20 iskier pri otáčkach motora 6000 min^{-1}). Taktiež dĺžka trvania jednej iskry ako i celého iskrenia na jedno zapálenie je voliteľná v rozsahu 20° až 30° otočenia kľukového hriadeľa.

Zapaľovacia sústava obsahuje sviečky s tzv. pohyblivým výbojom (medzi elektródami vzniká séria iskier rozložených v celom priestore iskrišťa). Japonská automobilka MAZDA to rieši umiestnením viacerých zapaľovacích sviečok po obvode spaľovacieho priestoru. Zapálenie zmesi na viacerých miestach viedie k účinnejšiemu prehoreniu paliva a k zníženiu obsahu NO_x ako i poklesu podielu nespálených uhľovodíkov CH_x vo výfukových plynach. Výsledkom bázania bol spaľovací priestor s troma sviečkami po obvode a jednou v strede, ktorá sa uvedie do činnosti len pri prudkej akcelerácii vozidla. Súčasne sa tým obmedzuje detonačné horenie.

4 ELEKTRONICKÉ SYSTÉMY NA PRÍPRAVU PALIVOVEJ ZMESI

Súčasný vývoj určujúc limity škodlivých látok vo výfukových plynach zážihových spaľovacích motorov viedie k potrebe zaradiť do výfuku motora katalyzátor. Ten pracuje optimálne len za predpokladu, že zmiešavací pomer vzduchu a paliva sa blíži k teoreticky navrhovanej hodnote.

Zmiešavací pomer vyjadruje tzv. činitel' λ

$$\lambda = \frac{\text{Dodávané množstvo vzduchu}}{\text{Teoretická potreba vzduchu}} \quad (4.1)$$

Ak je tento činitel' $\lambda < 1$, potom hovoríme o *bohatej zmesi*, ak je $\lambda > 1$, hovoríme o *chudobnej zmesi*. V praxi je najvhodnejšie, aby bol činitel' $\lambda = 1$.

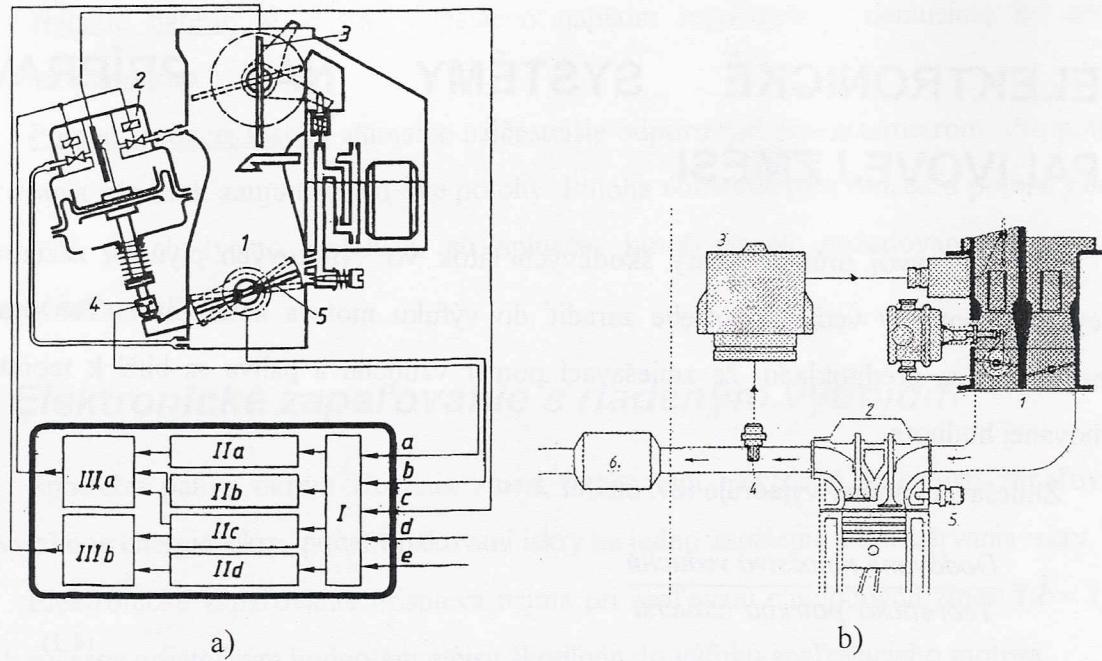
Zmiešavací pomer sa uskutočňuje karburátorom, alebo vstrekováním paliva do sacieho potrubia.

4.1 Elektronicky riadený karburátor ECOTRONIC

Moderná mikroelektronika s elektronickými regulačnými prvkami poskytuje jednoduché zmiešavanie zmesi s vysokou presnosťou, optimálnou spotrebou paliva a minimálnym obsahom emisií vo výfukových plynach.

Prednosti elektronického systému sú bezpečné štartovanie studeného aj teplého motora, pravidelný chod motora pri voľnobežných otáčkach, plynulé ukončenie chodu motora pri zastavení (zastavenie bez samozápalov). Všetko sa to uskutočňuje jediným centrálnym regulátorom s niekoľkými senzorickými snímačmi. Systém má zabudovaný núdzový okruh, ktorý umožňuje jazdu v prípade poruchy elektronickej jednotky.

Okrem toho má ECOTRONIC v pamäti riadiacej jednotky zakódovaný diagnostický systém, ktorý svetelným signálom informuje vodiča o prípadnej poruche a opravára informuje o príčine poruchy, prípadne určuje aj ktorá súčiastka je poškodená. Diagnostický systém ukáže napríklad voľnobežné otáčky, bohatosť zmesi atď.



Obr. 4.1 Elektronicky riadený karburátor Pierburg 2 EE – ECOTRONIC (obrázok prevzatý z [1]):

- a) Základný schéma elektronicky riadeného karburátora: 1 – karburátor; 2 – elektropneumatický ovládač škrtiacej klapky s odporovým snímačom polohy; 3 – uzáver vzduchu; 4 – spínač behu naprázdno; 5 – škrtiaca klapka; 6 – elektronická riadiaca jednotka; I – spracovanie signálu; II – mikroprocesor (*a* – brzdenie; *b* – beh naprázdno; *c* – spustenie a ohrev motora; *d* - akcelerácia); III – koncový stupeň;
- b) Schéma usporiadania elektronicky riadeného karburátora: 1 – karburátor; 2 – motor; 3 – riadiaca jednotka; 4 – lambda sonda; 5 – snímač teploty; 6 - katalyzátor

Vlastné zariadenie pozostáva z karburátora, elektropneumatického akčného člena a elektronického regulátora (obr. 4.1). V telese karburátora sa nachádza plavákový systém, voľnobežná a hlavná dýza, škrtiaca klapka a predklapka, ako aj senzorické systémy.

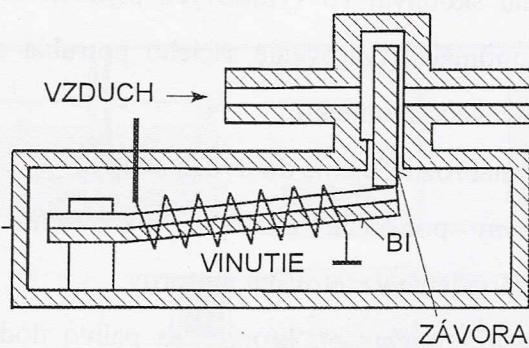
Postavenie *škrtiacej klapky* (jej otváranie) závisí od elektropneumatického akčného člena. Sú to v podstate dva elektromagnetické ventily na priame riadenie regulačného tlaku (atmosférický tlak a tlak v sacom potrubí). Regulačný tlak potom pôsobí na škrtiacu klapku tým, že ju prestavuje. Súčasne polohu klapky sníma potenciometer, z ktorého sa viedie potom spätný signál na vstup regulátora. Elektropneumatický člen súčasne cez odporový snímač pôsobí aj na predklapku (jej zatváranie), čím dochádza k obohacovaniu palivovej zmesi. Deje sa to najčastejšie pomocou elektromotorčeka alebo elektromagnetického člena, ktorý natáča predklapku. Rýchlosť regulácie je dostatočná aj na pokrytie procesu pri zrýchľovaní.

Vlastná regulácia sa uskutočňuje pomocou elektronického zariadenia, ktoré pozostáva z troch funkčných blokov: vstupného, mikroprocesorového a výstupného.

Vstupný blok prijíma signály od voľnobežného spínača, snímača uhla natočenia škrťiacej klapky (polohy), snímača počtu otáčok a snímačov teploty motora a nasávaného vzduchu.

Výstupný blok (koncový stupeň) pôsobí svojím signálom na nastavenie polohy predklapky a prostredníctvom elektropneumatického člena na nastavenie škrťiacej klapky.

Mikroprocesorový blok zabezpečuje riadenie zmiešavacieho pomeru pre nasledovné pracovné stavy spaľovacieho motoru: riadenie voľnobežných otáčok, riadenie štartu a teplého chodu motora, riadenie pri zrýchľovaní a riadenie chodu motora pri zastavovaní. Je to v podstate 8-bitový mikroprocesor, ktorý podľa príkazov pevnej pamäti pre jednotlivé pracovné stavy a na základe vstupných veličín rozdeľuje výstupné signály na ovládacie členy karburátora.



Obr. 4.2 Prívera bipasného vzduchu.

Voľnobežný chod motora:

Snímačom odmerané otáčky sa priebežne porovnávajú s požadovanou hodnotou otáčok uloženou v pamäti a z odchýlky vypočítava počítač potrebné natočenie škrťiacej klapky. Staršie systémy využívali tzv. *príveru bipasného vzduchu* (obr. 4.2) a škrťiaca klapka bola pritom úplne uzatvorená. Regulátor teda priebežne pri každej teplote motora a pri každej zmene zaťaženia (tretí moment, alternátor, čerpadlo chladiacej kvapaliny prípadne iné prídavné agregáty) udržuje konštantné voľnobežné otáčky.

Štart, teply chod a zrýchľovanie motora:

V závislosti od nameraných pracovných parametrov volí elektronický regulátor polohu predklapky pre daný zmiešavací pomer a tiež polohu škrťiacej klapky, čím ovplyvňuje zloženie zmesi. Motor bude pri ľubovoľnej vonkajšej teplote krátko štartovať a bezpečne sa rozbehne.

Potom sa zloženie zmesi prispôsobuje podľa jazdných vlastností, až kým sa nedosiahne teply stav motora. Riadenie rýchlosťi sa uskutočňuje tzv. polohovým elektromotorčekom umiestneným na predklapke. Natočeniu predklapky je úmerné zrýchľovanie spaľovacieho

motora. Mikropočítač určí krátky čas uzavorenia predklapky a vypočíta v závislosti od pracovných parametrov (teplota motora, otáčky, poloha škrtiacej klapky atď.) rýchlosť otvárania škrtiacej klapky.

Zastavovanie motoru:

V tejto fáze motor nepotrebuje žiadne palivo, škrtiaca klapka je úplne uzavorená a elektromagnetický ventil uzatvorí prívod paliva do dýzy, aby nevznikali samozápaly.

4.2 Vstrekovacie zariadenia

Vstrekovanie do sacieho potrubia umožňuje veľmi presné dávkovanie paliva v závislosti na prevádzkových podmienkach motora. Má to vplyv na hospodárnosť, vyšší výkon motora a znižovanie obsahu škodlivín vo výfukových plynach. Odstránením karburátora je vytvorený predpoklad na optimálne tvarovanie sacieho potrubia s lepším plnením valcov a priaznivejším priebehom otáčavého momentu.

Vstrekovacie zariadenia rozdeľujeme do dvoch skupín:

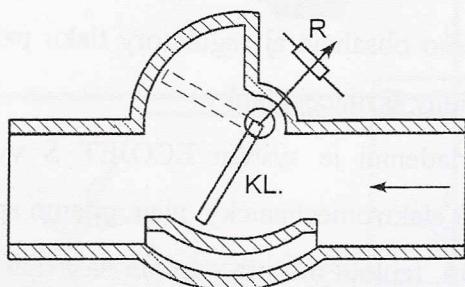
a) *Mechanické systémy* poháňané vlastným spaľovacím motorom, ktoré pracujú podobne ako vstrekovacie zariadenia vznetových motorov.

b) *Elektronicky riadené systémy* pri ktorých sa palivo dodáva elektricky poháňaným čerpadlom vytvárajúcim potrebný tlak aj pre vlastný vstrek. Vstrekovacie ventily sú ovládané elektromagneticky. Doba ich otvorenia určujúca množstvo dodávaného paliva a okamihy vstreku sú riadené elektronikou v závislosti na odmeranom množstve nasávaného vzduchu a ďalších veličinách charakterizujúcich prevádzkové podmienky motora.

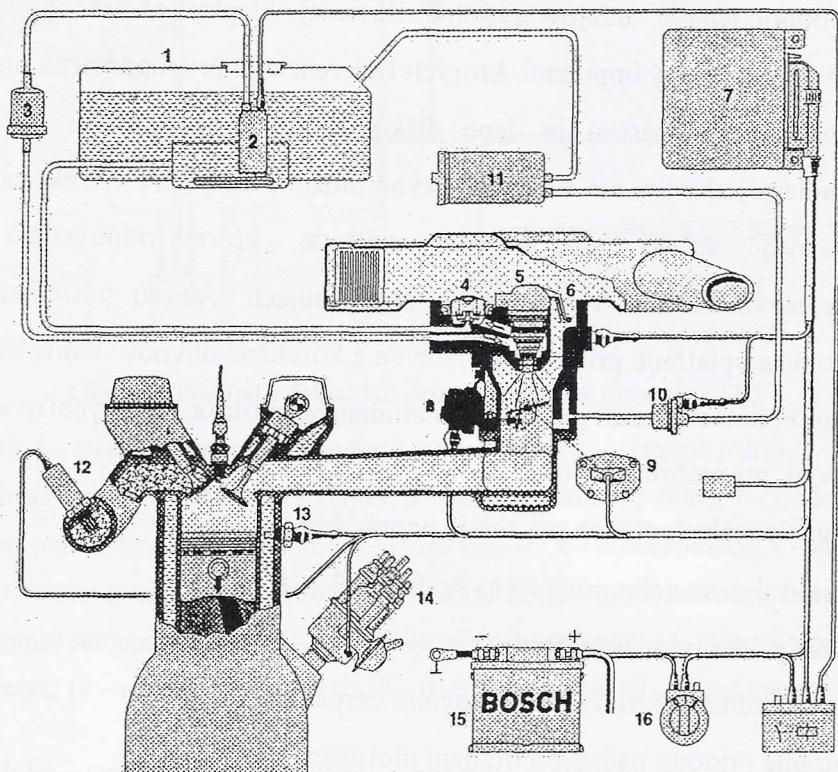
4.2.1 Jednobodové vstrekovanie

Názov MONO pre tento typ vstrekovacích zariadení je odvodený od výrazu "monopoint". Jedná sa o systém podobný elektronicky riadenému karburátoru, kde je pneumatické rozprášovanie kvapalného paliva v difúzore nahradené trvalým vstrekovaním paliva jedinou elektromagneticky ovládanou dýzou umiestnenou na sacom potrubí motora v mieste karburátora. Množstvo zmesi je riadené opäť škrtiacou klapkou pod vstrekovacím ventilom. Ovládanie klapky môže byť priamo mechanicky alebo nepriamo elektromechanicky. Vstrekovaním by sa mohol zmiešavací pomer meniť vo veľmi širokom rozsahu, preto vzhľadom na požadovanú reguláciu činiteľa $\lambda = 1$ je potrebné doplniť systém o meranie množstva nasávaného vzduchu vhodným snímačom. Najčastejšie sa používajú snímače klapkové (obr. 4.3), alebo snímače so žhaviacim drôtom (popisovaný v časti 4.2.2.1).

Najjednoduchšie je však nepriame meranie množstva vzduchu odvodené od polohy škrtiacej klapky a od otáčok spaľovacieho motora. Takto určené množstvo vzduchu je porovnávané s údajom v pamäti počítača a korigované pre každý pracovný stav motora.



Obr. 4.3 Klapkový snímač množstva nasávaného vzduchu.



Obr. 4.4 Prehľad systému Mono – Jetronic (obrázok prevzatý z [3]):

- 1 – palivová nádrž; 2 – palivové čerpadlo; 3 – palivový filter; 4 – tlakový regulátor; 5 – elektromagnetický vstrekovací ventil; 6 – snímač teploty vzduchu; 7 – elektronický riadiaci prístroj; 8 – spínač škrtiacej klapky; 9 – potenciometer škrtiacej klapky; 10 – regeneračný ventil; 11 – zásobník aktívneho uhlia; 12 – lambda sonda;
- 13 – snímač teploty motora; 14 – rozdeľovač; 15 – batéria; 16 – spínacia skrinka;

Výrobou vstrekovacích zariadení v Európe sa najviac zaoberá firma BOSCH. Vyvinula niekoľko mechanických aj elektrických systémov. Najpoužívanejší je systém BOSCH MONO - JETRONIC, ktorého schéma je znázornená na obr. 4.4. Základom je teleso vstrekovacej

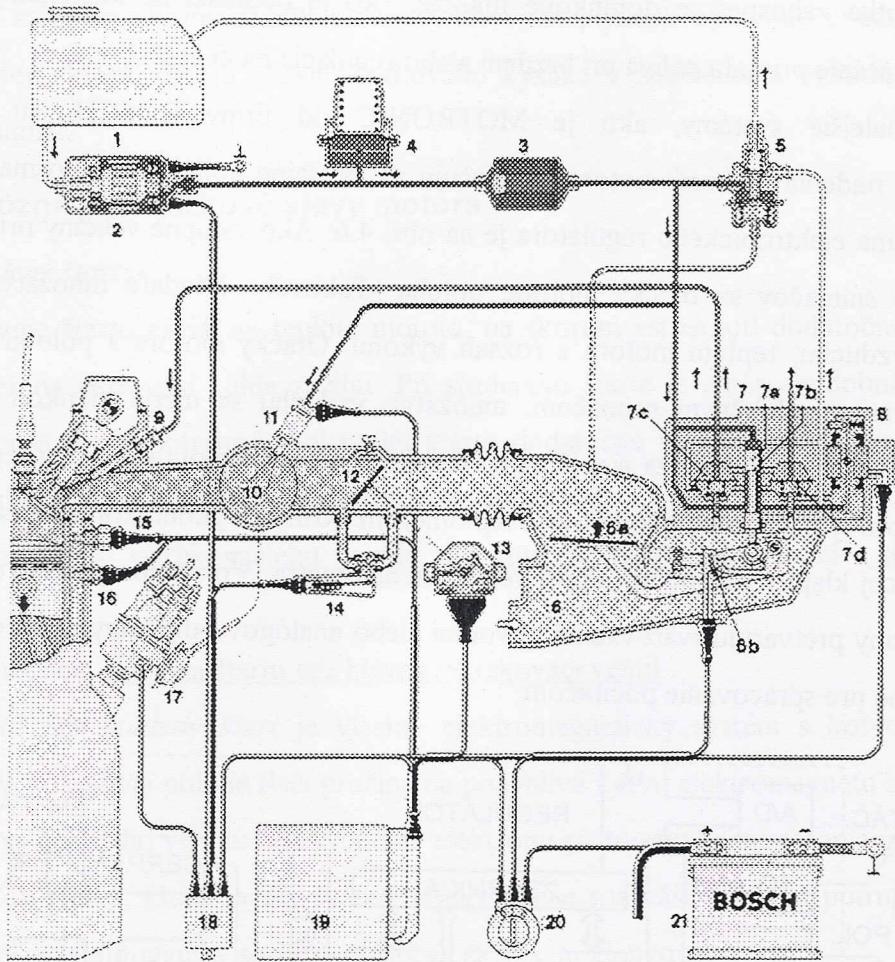
jednotky so škrtiacou klapkou rozmerovo menšie ako karburátor. Vlastný vstrekovací ventil so sedlom guľového tvaru je ovládaný elektromagnetom s plochou kotvou na základe impulzov z riadiacej jednotky. Vstrekovací tlak sa pohybuje okolo 100 kPa . Ventilom preteká stále maximálne množstvo paliva, čo zabraňuje vytváraniu bubliniek. Prebytočné palivo sa vracia späť do nádrže. Základné teleso obsahuje aj regulátory tlaku paliva a množstva vzduchu pri chode naprázdno a snímač polohy škrtiacej klapky.

Veľmi podobným zariadením je systém ECOJET S vyvinutý firmou PIERBURG. Škrtiaca klapka je tu ovládaná elektromechanicky, nie je priamo spojená s pedálom. Vstupnými veličinami sú tu otáčky motora, teplota motora, teplota nasávaného vzduchu, poloha škrtiacej klapky, údaj lambda sondy a prípadne tlakový spád na zmiešavacom zariadení t.j. pomer atmosférického tlaku ku saciemu tlaku. Priame meranie množstva nasávaného vzduchu je tu nahradené vyhodnocovaním údajov polohy škrtiacej klapky a otáčok motora. Ventil vstrekujúci palivo je otváraný impulzmi, ktorých frekvencia je priamoúmerná otáčkam motora. Okamžité vstrekované množstvo je dané dĺžkou impulzu, t.j. dobou otvorenia ventilu. Elektronická riadiaca jednotka má v pamäti pevne uložené údaje pre vstrekované množstvo v celej prevádzkovej oblasti spaľovacieho motora, ktoré odpovedajú normálnemu prevádzkovému stavu motora v ustálených podmienkach. Ak sú podmienky odlišné od ustálených, potom sa uplatňujú prídavné zariadenia a korekčné obvody. Jedná sa najmä o:

- riadenie bohatosti zmesi pri spúštaní studeného motora, pri zrýchľovaní, pri brzdení, pri plnom zaťažení, pri prehriatí motora,
- udržiavanie stálych otáčok pri chode naprázdno,
- riadenie zmiešavacieho pomeru na hodnotu $\lambda = 1$,
- regulácia pri kolísaní zaťaženia,
- riadenie výkonu elektrického palivového čerpadla,
- uzatváranie prívodu paliva pri brzdení motorom,
- zastavovanie motora uzavorením paliva.

4.2.2 Viacbodové vstrekovanie

Názov pre viacbodové vstrekovanie je odvodený od výrazu "multipoint". Pre každý valec je použitý samostatný ventil vstrekujúci palivo do sacieho potrubia pred ventil alebo okolo ventilu až do valca.



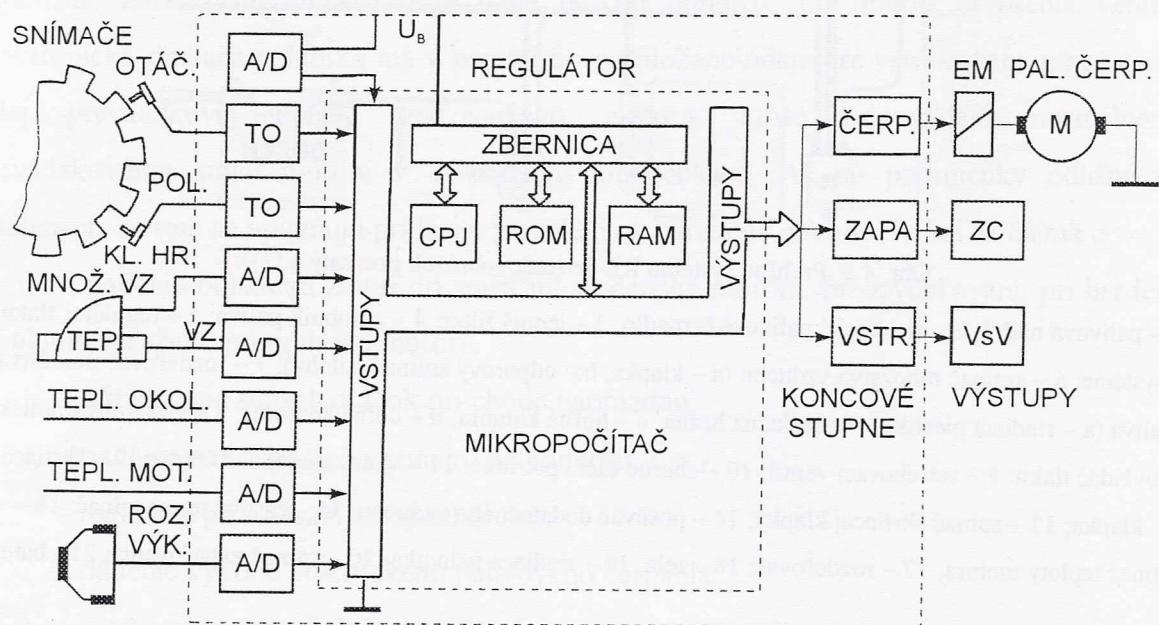
Obr. 4.5 Prehľad systému KE-Jetronic (obrázok prevzatý z [2]):

1 – palivová nádrž; 2 – elektrické palivové čerpadlo; 3 – jemný filter; 4 – zásobník paliva; 5 – regulátor tlaku v systéme; 6 – snímač množstva vzduchu (a – klapka; b – odporový snímač polohy); 7 – rozdeľovač množstva paliva (a – riadiaci piestik; b – regulačná hrana; c – horná komora; d – dolná komora); 8 – elektrohydraulický ovládač tlaku; 9 – vstrekovací ventil; 10 – zberné sacie potrubie; 11 – ventil studeného štartu; 12 – škrtiaca klapka; 13 – spínač škrtiacej klapky; 14 – posúvač dodatočného vzduchu; 15 – časový termospínač; 16 – snímač teploty motora; 17 – rozdeľovač; 18 – relé; 19 – riadiaca jednotka; 20 – spínač zapalovania; 21 - batéria

Viacbodové vstrekovacie systémy môžeme rozdeliť podľa časového priebehu vstrekovania na vstrekovanie kontinuálne (nepretržité) a vstrekovanie prerusované. Najrozšírenejšie vstrekovacie zariadenie KE-JETRONIC, ktoré vyvinula firma BOSCH, pracuje s kontinuálnym vstrekovaním a rozprášovaním paliva. Na obr. 4.5 vidieť, že vlastné vstrekovanie je ešte mechanicko-hydraulické a elektronická riadiaca jednotka ovláda iba prídavné funkcie prostredníctvom elektrohydraulického korektora tlaku na regulátore zmesi upravujúcim vstrekovane množstvo. Elektronika zabezpečuje korekciu vstrekovaneho množstva v mimoriadnych prevádzkových stavoch motora ako sú spúšťanie a ohrev motora na prevádzkovú teplotu, činnosť pri plnom zaťažení a činnosť pri prehriatí motora. Okrem toho

riadiaca jednotka zabezpečuje doplnkové funkcie, ako je obmedzenie maximálnych otáčok motora, uzatváranie prívodu paliva pri brzdení alebo regulácia na činitel $\lambda = 1$.

Dokonalejšie systémy, ako je MOTRONIC od firmy BOSCH, sú systémami komplexného riadenia činnosti motora a označujú sa zvyčajne pojmom „motormanagement“. Bloková schéma elektronického regulátora je na obr. 4.6. Ako vstupné veličiny privádzané do regulátora zo snímačov sú otáčky motora, poloha kľukového hriadeľa množstva a teplota nasávaného vzduchu, teplota motora a rozsah výkonu. Otáčky motora a polohu kľukového hriadeľa snímame indukčným snímačom, množstvo vzduchu sa meria klapkou spojenou s potenciometrom, ktorý prevádzza signál na elektrické napätie. Teplota motora a teplota okolia sa meria odporovým alebo polovodičovým teplomerom. Rozsah výkonu kontrolujeme meraním polohy škrtiacej klapky pomocou odporového potenciometra. Vo vstupnej časti regulátora sa snímané veličiny pretvarujú tvarovacími obvodmi alebo analógovo-digitálnymi prevodníkmi na signály vhodné pre spracovanie počítačom.



Obr. 4.6 Bloková schéma elektronického regulátora.

Mikropočítač údaje zo snímačov vyhodnocuje tak, aby zaistil najvhodnejší okamih zážihu a optimálne vstrekovanie množstva paliva. V koncovom stupni regulátora sa nachádzajú výkonové tranzistory na ovládanie elektrického palivového čerpadla, elektrického zapalovania a elektrických vstrekovacích ventilov.

Uvedený systém umožňuje korekciu na rôzne stavy prevádzky ako sú: rozbeh studeného motora, beh naprázdno, zrýchľovanie, plné zaťaženie a zastavovanie.

Pre zníženie obsahu škodlivín vo výfukových plynach uplatňuje uvedený systém aj lambda sondu, ktorá zisťuje obsah zbytkového kyslíka v spalinách a vyhodnocuje ho ako elektrický signál.

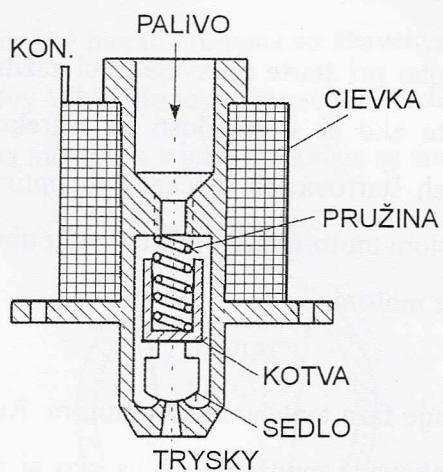
4.2.2.1 Rôzne prevádzkové stavy motora

Studený štart:

Trvanie štartu závisí na teplote motora, na skorom vstreknutí dodatočného množstva paliva a tiež na nastavení uhla zážihu. Pri studenom štarte je zmes chudobná. Aby motor bezpečne naskočil, je potrebné v okamihu štartu dodatočné vstreknutie paliva a nastavenie vhodného uhla zážihu. Uskutočňuje sa to dvoma spôsobmi:

- pomocou vstrekovacieho ventilu pre studený štart v spolupráci s termočasovým spínačom,
- pomocou riadenia štartu cez hlavný vstrekovací ventil.

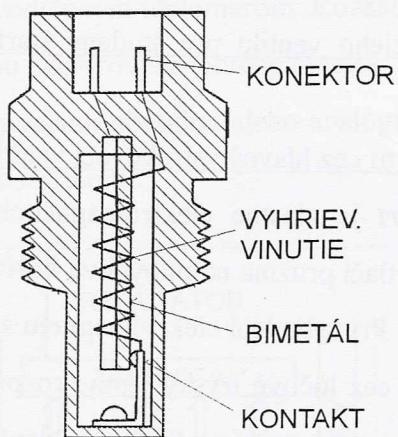
Ventil pre studený štart je vlastne elektromagnetický systém s kotvou a cievkou (obr. 4.7). V pokojovej polohe tlačí pružina na pohyblivú kotvu elektromagnetu a uzatvára tak prietok paliva cez sedlo ventilu. Pri vybudení elektromagnetu sa zdvihne feromagnetická kotva, uvolní prietok paliva, ktoré sa cez lúčové trysky jemne rozpráší v sacom potrubí. Ventil pre studený štart je zabudovaný v sacom potrubí za škrtiacou klapkou.



Obr. 4.7 Ventil pre studený štart.

Termočasový spínač pozostáva z elektricky vyhrievaného bimetalového páiska, ktorý v závislosti na svojej teplote rozopína a zapína kontakt (obr. 4.8). Kontakt je zaradený v elektrickom obvode cievky ventilu pre studený štart. Termočasový spínač je umiestnený na mieste, ktoré reprezentuje teplotu motora (blok valcov). Doba otvorenia ventilu pre studený štart je teda závislá na teplote motora a na oteplení termočasového spínača od elektrického

vyhrievacieho vinutia bimetalu. Pri pracovnej teplote motora je bimetal stále ohriatý tak, že kontakt je rozpojený a nedovolí otvoreniu ventilu pre studený štart. Pri dlhotrvajúcom studenom štarte, alebo pri opakovanom štarte ventil pre studený štart už druhýkrát nevstrekne žiadne palivo, aby sa motor "neprechlastal". Pri *riadení štartu priamo cez hlavný vstrekovací ventil* regulátor riadi vstrekovací čas tak, že vstrekovací ventil vstrekne palivo počas jednej otáčky kľukového hriadeľa viackrát. Vstreknuté množstvo a vstrekovací čas závisia na počte otáčok, teplote motora, a tiež na počte začiatkov štartu. Po prekročení určitej teploty motora a po dosiahnutí otáčok kľukového hriadeľa okolo $200 \text{ až } 300 \text{ ot}.\text{min}^{-1}$ alebo po určitom počte otočení hriadeľa od začiatku štartu sa počiatocné množstvo paliva redukuje.



Obr. 4.8 Bimetalový pásik vo funkcií termočasového spínača.

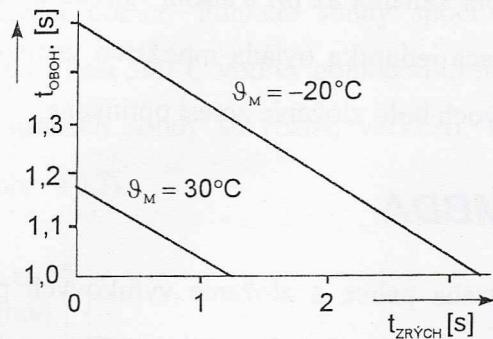
Mikropočítač okrem toho pri štarte upravuje uhol zážihu v závislosti na štartovacích otáčkach a štartovacej teplote ako aj v závislosti na vstrekovanom množstve paliva. Pri studenom motore a nepatrnych štartovacích otáčkach sa optimálny uhol zážihu nachádza v blízkosti hornej úvrate. Pri teplom motore mikropočítač vráti uhol zážihu na pôvodnú hodnotu odpovedajúcu ustálenej teplote motora.

Teply chod motora:

Po naštartovaní nasleduje fáza teplého chodu motora. Regulátor v závislosti na teplote udržuje výkon, otáčky a vstrekované množstvo paliva ako aj požadovaný okamih zážihu na optimálnej hodnote. Pri čiastočnom zaťažení motora sa opäť dodatočne obohatí zmes o časť paliva a upraví uhol zážihu tak, že otáčky narastajú. Teplotu motora pritom sledujeme termistorovým alebo polovodičovým snímačom, ktorý je zabudovaný v bloku motora a cez konektory je pripojený na elektronický regulátor.

Zrýchľovanie chodu motoru:

Účinné zrýchľovanie vyžaduje k určitému množstvu paliva správny uhol zážihu. Závislosť doby obohacovania zmesi na dobu zrýchľovania pri konštantnej teplote motora ϑ_M je znázornená na obr. 4.9.

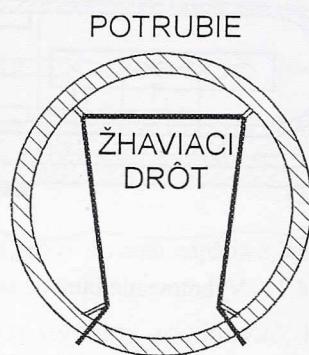


Obr. 4.9 Závislosť doby obohacovania zmesi na dobe zrýchľovania.

Voľnobežný chod motoru:

Na základe údajov z počítača (otáčky, teplota motora, záťažný moment) dostáva vyhrievacie vinutie rôznu hodnotu prúdu, čomu zodpovedá určité ohnutie bimetalu a privretie alebo otvorenie príverky obtokového (bipasného) vzduchu.

Elektronicky riadené viacbodové vstrekovacie systémy, ktoré pracujú prerošované, predstavuje v programe firmy BOSCH systém L - JETRONIC. Pri poslednej úprave LH je na meranie množstva vzduchu použitý merač prúdenia so žhaveným drôtom (obr. 4.10). Žhavený drôt je zaradený do jednej vetvy Wheatstonovho mostíka. Prúdiacim vzduchom sa mení odpor drôtu, čím sa poruší rovnováha mostíka a v jeho diagonále sa zmení hodnota napäcia.



Obr. 4.10 Snímač množstva nasávaného vzduchu so žhaviacim drôtom.

Vlastné dávkovanie optimálneho množstva paliva sa uskutočňuje priamo elektromagneticky ovládanými ventilmi. Veľmi dôležitou súčasťou zariadenia je regulátor tlaku vstrekovanejho paliva udržujúci stály tlakový rozdiel medzi tlakom paliva a tlakom v sacom

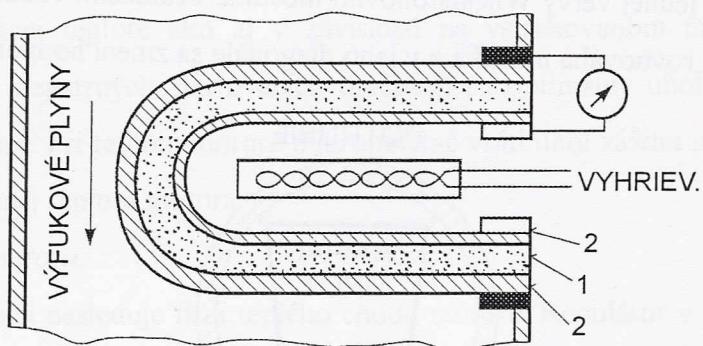
potrubí. Len tak sa dá riadiť množstvo vstrekovaneho paliva dobu otvorenia vstrekovacieho ventilu. Prebytočné palivo dodávané palivovým čerpadlom sa vracia späť do nádrže. Vstrekovacie ventily sú spojené paralelne a vstrekujú súčasne raz za jednu otáčku kľukového hriadeľa, teda pre každý valec dvakrát počas jedného pracovného cyklu. Pri zatvorenom sacom ventile zostáva palivo v sacom kanáli a až pri ďalšom vstreku a otvorenom ventile sa dostáva do valca. Elektronická riadiaca jednotka ovláda množstvo vstrekovaneho paliva tak, aby pri všetkých prevádzkových stavoch bolo zloženie zmesi optimálne.

4.3 Regulátor LAMBDA

Výkon motora, spotreba paliva a zloženie výfukových plynov zážihových motorov závisia hlavne od zloženia zmesi, t.j. od vzájomného pomeru palivo/vzduch. Úplné zhorenie zmesi nastane pri pomere vzduch/benzín $14,5/1$, čomu zodpovedá hodnota $\lambda = 1$. Ak je $\lambda < 1$, jedná sa o bohatú zmes, a ak je $\lambda > 1$, jedná sa chudobnú zmes.

Regulátor LAMBDA slúži na analýzu škodlivých zložiek výfukových plynov a reguláciu zapalovania ako aj zmiešavacieho pomeru palivo/vzduch pri použití katalyzátora.

Katalyzátor je keramická vložka s veľkým množstvom kanálikov. Na povrchu kanálikov je nanesená vrstva platiny alebo ródia. Pracuje na termoelektrickom princípe, kedy pri vysokej teplote dochádza k oxidácii CO a CH. Potrebný kyslík sa získava rozkladom oxidov dusíka NO_x za vzniku CO_2 a H_2O .

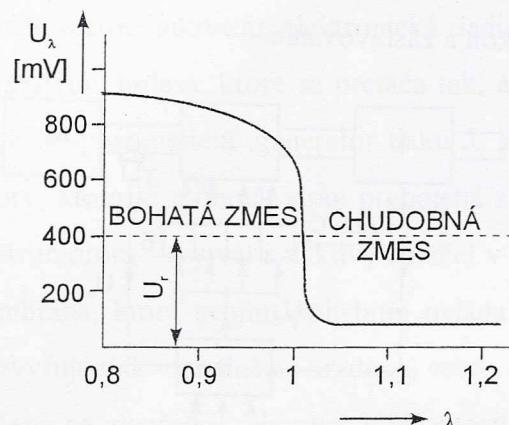


Obr. 4.11 Vyhotovenie lambda sondy.

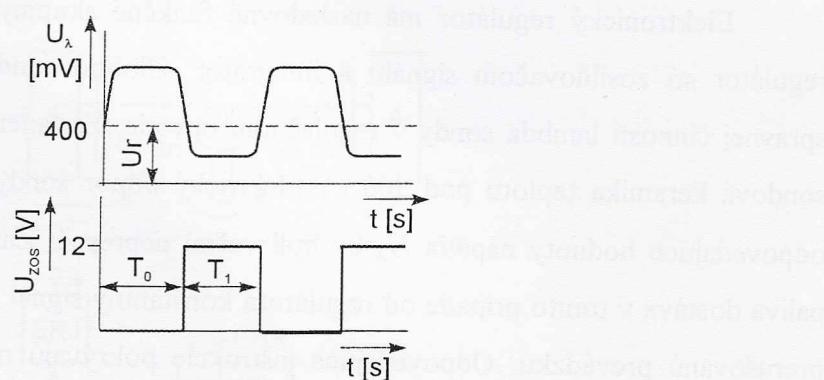
Vlastná lambda sonda je vyhotovená z keramickej hmoty a zabudovaná v puzdre, ktoré ju chráni proti mechanickému poškodeniu a súčasne slúži aj k montáži do výfukového potrubia (obr. 4.11). Vonkajšia časť keramickej hlavy sondy sa nachádza v prúde výfukových plynov a vnútorná časť je vystavená okolitému vzduchu. Keramická hlava 1 pozostáva z oxidu zirkónu a jej povrch je opatrený elektródami 2 z plynopriepustnej (dierovanej) vrstvičky z platiny. Na

stenách, kde pôsobia výfukové plyny, je nanesená pórovitá keramická hmota. Táto chráni povrch elektródy pred poškodením výfukovými plynmi (prepálenie, zasadzenie) a udržuje tak stále vlastnosti sondy.

Pomocou λ -sondy vieme určiť zvyškový obsah kyslíka vo výfukových plynach, čo je mierou signálu pre zmiešavací pomer. Funkcia sondy spočíva v použitom keramickom materiáli, ktorý je pri teplote nad asi 300°C vodivý pomocou kyslíkových iónov (zionizuje sa). Častice kyslíka na oboch stranách sondy sú rôznej veľkosti, tak vzniká skokový priebeh napäťa pri hodnote $\lambda = 1$ (obr. 4.12).



Obr. 4.12 Skokový priebeh napäťa na výstupe sondy.

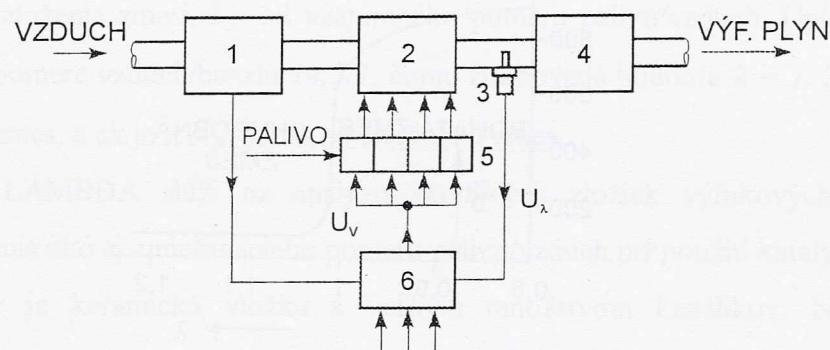


Obr. 4.13 Časový priebeh napäťa z lambda sondy.

Napätie zo sondy viedieme na signálny zosilňovač, ktorý ho po zosilnení odovzdáva na ostatné funkčné členy regulátora. Pri bohatej zmesi je $U_\lambda > U_r$ (U_r je zvolené referenčné napätie) a vtedy signálny zosilňovač nedodáva žiadne napätie do ďalších členov regulátora počas doby T_0 (obr. 4.13). Pri chudobnej zmesi klesá napätie sondy U_λ pod hodnotu referenčného napäťa U_r a signálny zosilňovač vytvorí na výstupe napäťový impulz po dobu T_1 . Napäťové impulzy z výstupu signálneho zosilňovača pôsobia v regulátore tak, že ten podľa

vopred určeného programu udržuje pomer palivo/vzduch stály, keď napäťie U_λ stúpa, alebo klesá okolo hodnoty U_r (zmes skutočne mení svoju hodnotu v úzkom tolerančnom pásme okolo $\lambda = 1$).

Bloková schéma regulátora je znázornená na obr. 4.14. Zariadenie pozostáva zo snímača na meranie množstva vzduchu 1, spaľovacieho motora 2, lambda sondy 3, katalyzátora 4, vstrekovacích ventilov 5 a vlastného regulátora 6. Regulačnou veličinou sú zbytkové zložky obsiahnuté vo výfukových plynoch. Úlohou regulácie je udržiavanie optimálnej zmesi $\lambda = 1$ pôsobením na vstrekované množstvo pomocou vstrekovacích ventilov. Táto automatická regulácia je dôležitá zvlášť pre jednotlivé prevádzkové stavy spaľovacieho motoru, ako je štart, plný výkon a zastavovanie.



Obr. 4.14 Bloková schéma regulátora.

Elektronický regulátor má nasledovné funkčné skupiny: sondové zariadenie, vlastný regulátor so zosilňovačom signálu a integrátor. Úlohou sondového zariadenia je kontrola správnej činnosti lambda sondy v regulačnom obvode. Zariadenie prestane účinkovať, ak má sondová keramika teplotu pod 300°C . Elektrický odpor sondy (keramiky) je vtedy veľký a odpovedajúce hodnoty napäťia U_λ by boli veľmi nepresné. Zariadenie na meranie množstva paliva dostáva v tomto prípade od regulátora konštantný signál a zmiešavací pomer upraví pre prerušovanú prevádzku. Odpovedajúce inštrukcie pokrývajú oblasť štartu aj oblasť teplého chodu motoru. Kontrolné zariadenie plní uvedenú funkciu aj keď je vedenie medzi sondou a regulátorom prerušené.

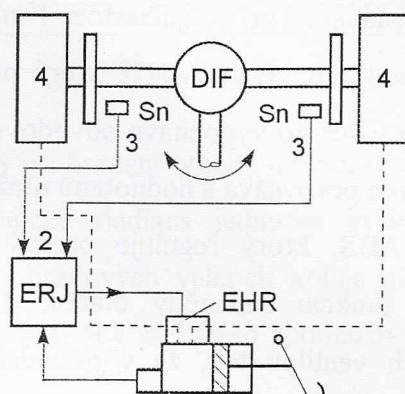
5 RIADENIE PODVOZKU

5.1 Elektronický diferenciál EDS

Zlepšenie záberových schopností kolies docielieme pribrzdovaním pretáčajúceho sa kolesa. Vlastné zariadenie EDS je na obr. 5.1 a pracuje nasledovne:

Obe hnacie kolesá 4 sú opatrené senzormi 3 snímajúcimi ich otáčky. Odpovedajúce impulzy preberá elektronická riadiaca jednotka 2. Ak je rozdiel otáčok oboch kolies väčší ako rozdiel odpovedajúci prejazdu ostrou zákrutou, elektronická riadiaca jednotka vyvolá zvýšenie tlaku vo vete brzdového systému kolesa, ktoré sa pretáča tak, aby došlo k jeho pribrzdzeniu. Na tento účel slúži hydraulicko-pneumatický generátor tlaku 5, ktorý pozostáva z membrány umiestnenej v strede komory, ktorá je z oboch strán prepojená s dmýchadlom 6. Dmýchadlo podľa smeru otáčania elektromotora 7 vytvára tlakový rozdiel v oboch častiach komory. Na rozdiel tlakov reaguje membrána, ktorá svojím pohybom ovláda piesty valčekov v hlavnom brzdovom valci 8 a tým aj zvyšuje tlak v príslušnej brzdovej vete.

Pretože EDS je určený na zlepšenie záberových vlastností vozidiel, zostáva v činnosti len do rýchlosťi 40 km.h^{-1} . Jednostranné pribrzdovanie by pri vyšších rýchlosťiach malo negatívny vplyv na stabilitu vozidla.



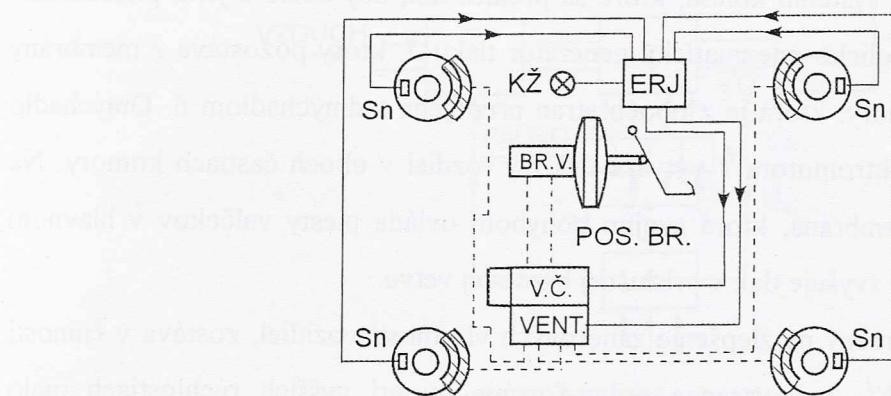
Obr. 5.1 Vlastné zariadenie EDS.

5.2 Protiblokovacia sústava ABS

ABS pomáha vodičom zvládnuť kritické situácie na klzkej vozovke a pri intenzívnom brzdení. Princíp spočíva vo veľmi rýchлом pribrzdovaní a uvoľňovaní jednotlivých kolies, ktoré sa pri brzdení na klzkej vozovke začínajú blokovať. Deje sa to rýchlosťou asi 12-krát za

sekundu. Systém umožňuje brzdiť aj pri natočení predných kolies a zachová možnosť manévrovania s vozidlom pri kritických situáciach.

Vlastná protiblokovacia sústava (obr. 5.2) pozostáva z elektronickej riadiacej jednotky, hlavného brzdového valca, snímačov otáčok v jednotlivých kolesách, kontrolky na prístrojovej doske a diagnostického konektora. Na kolesách sú umiestnené impulzné kotúče, od ktorých preberajú snímače informácie o otáčaní kolies, prípadne o ich skorom zablokovaní. Keď sa pri brzdení otáčky niektorého kolesa blížia k nule, teda tesne pred zablokovaním, elektronická riadiaca jednotka vyšle signál hydraulickej jednotke, ktorá zmenší tlak v brzdových valcoch kolies ohrozených zablokovaním a tým zmenší brzdnú silu na takú úroveň, aby sa koleso spomaľovalo otáčalo tesne pred hranicou zablokovania.



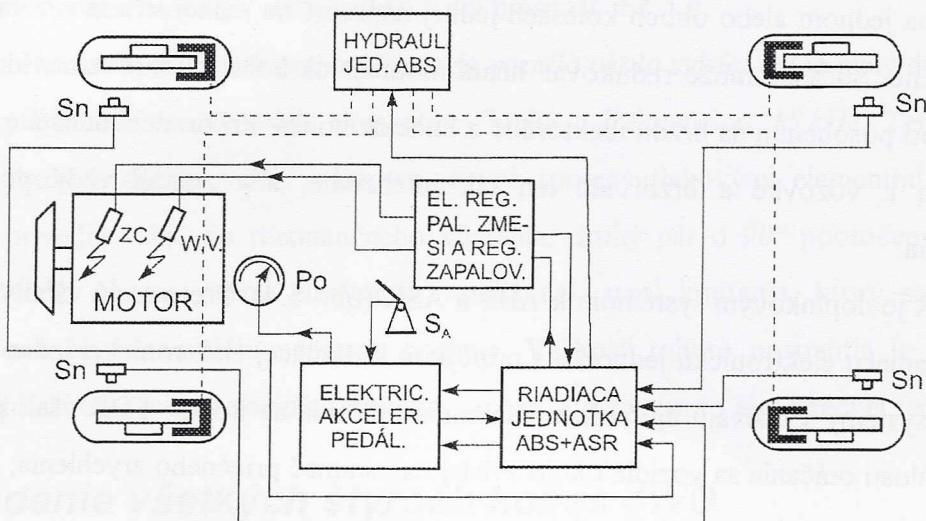
Obr. 5.2 Protiblokovacia sústava.

Vlastná elektronika pozostáva asi zo 60 súčiastok. *Vstupná časť* regulátora prijíma zo snímačov napäťové signály s hodnotou 0,5 až 3 V, ktoré po úprave a zosilnení vedie do výpočtovej jednotky. *Výpočtová jednotka* vypočítava obvodovú rýchlosť kolies, otáčky kolies a prípadný sklz. Tieto údaje potom porovnáva s hodnotami uloženými v pamäti a vydáva signál pre elektromagnetický ventil ABS, ktorý reguluje brzdný tlak. *Bezpečnostná jednotka* priebežne kontroluje správnu funkciu snímačov otáčok, vstupnej jednotky, výpočtovej jednotky a elektromagnetických ventilov tak, že v pravidelných intervaloch vysiela malé impulzy (poruchy), ktoré prevádzku systému neovplyvnia, ale zistia prípadné poruchy, ktoré sa uložia do pamäti. V závislosti od veľkosti poruchy bezpečnostná jednotka vypína jednotlivé kanály ABS alebo celý systém. Systémy ABS sa preto vyhotovujú ako dvojkruhové tak, že signály prichádzajúce z ľavého predného a pravého zadného kolesa spracuje jeden kanál a zvyšné druhý kanál.

5.3 Elektronický protiblokvací a protiprekľzovací systém ABS + ASR

Firma BOSCH si v roku 1936 dala patentovať zariadenie proti zablokovaniu koles pri brzdení. Vyrábať sa však začalo až v roku 1978. Taktiež regulátor preklzu hnacích kolies vyvinula firma BOSCH v roku 1986. V roku 1993 začal BOSCH vyrábať nový systém s označením ABS/ASR 5, ktorý zabera málo priestoru, je ľahší a výrobne jednoduchší.

V poslednej dobe sa systém ABS aj ASR montujú do vozidla spoločne a majú aj spoločnú elektronickú riadiacu jednotku, využívajú spoločné snímače otáčok v kolesách automobilu (obr. 5.3).



Obr. 5.3 Systém s ABS a ASR.

Ked' sa v systéme ABS pri brzdení otáčky niektorého kolesa blížia k nule, teda by sa onedlho zablokovalo, elektronická riadiaca jednotka vyšle signál výkonnej hydraulickej jednotke, ktorá zmenší tlak v brzdových valcoch kolies ohrozených zablokováním a tým zmenší brzdnú silu na takú úroveň, aby sa koleso spomaľovalo otáčalo tesne pred hranicou zablokovania.

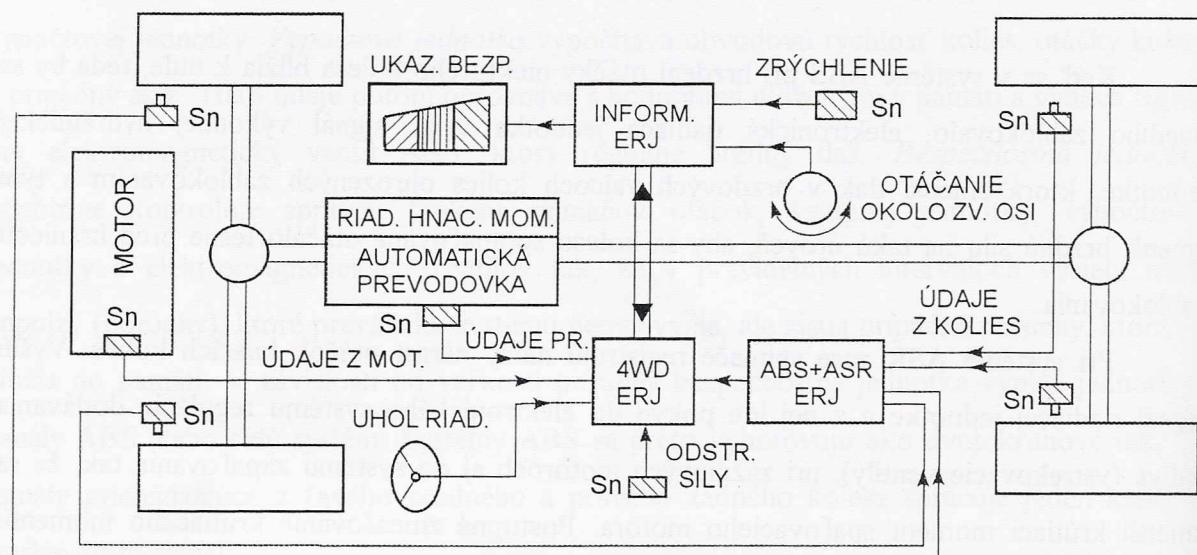
Pri systéme ASR zase snímače registrujú náhly nárast otáčok hnacích kolies. Vyšľu signál riadiacej jednotke a z nej ide pokyn do elektronického systému regulácie dodávania paliva (vstrekovacie ventily), pri zážihových motoroch aj do systému zapalovania tak, že sa zmenší krútiaci moment spaľovacieho motora. Postupné zmenšovanie krútiaceho momentu prestane vtedy, keď sa hnacie sily na kolesách dostanú do rovnováhy s adhéznymi silami, kedy sa tendencia hnacích kolies k preklzu zastaví. Snímače kolies nepretržite vysielajú signály v

malých zlomkoch sekundy. S podobnou frekvenciou vychádzajú aj povely z elektronického riadiaceho centra, takže regulácia a jej spätná väzba je skutočne pohotová.

5.4 Bezpečnostný systém pre jazdu v zákrute a proti "hodinám" FDR

Ked' sa automobil dostane do priečneho šmyku a následne dôjde k jeho rotácii okolo zvislej osi, stráca vozidlo stabilitu a hovoríme, že dostalo "hodiny". Firma BOSCH vyvinula jazdný dynamický regulátor FDR, ktorý pomocou snímačov priebežne sleduje správanie sa automobilu. Počítač informácie vyhodnocuje a ak zistí, že vozidlo sa dostáva do kritického stavu, v závislosti od jazdnej situácie začne brzdiť jednotlivé kolesá. Podľa potreby môže zasahovať na jednom alebo oboch kolesách jednej nápravy, na jednej strane automobilu alebo aj uhlopriečne. Súčasne môže redukovať hnací moment na kolesách buď zmenšením výkonu motora alebo pôsobením na brzdu niektorého z hnacích kolies. Pri brzdení neustále zohľadňuje ich adhéziu k vozovke a brzdí ich len tak intenzívne, aby zostali vždy pod hranicou zablokovania.

FDR je doplnkovým systémom k ABS a ASR (obr. 5.4). Preto majú všetky tri systémy spoločnú riadiacu elektronickú jednotku s prípojkou k riadiacej elektronickej jednotke motora. Všetky tri systémy využívajú aj spoločné snímače otáčania sa kolies. FDR však potrebuje aj snímač rýchlosťi otáčania sa vozidla okolo zvislej osi, snímač priečneho zrýchlenia, snímač uhla natočenia volantu a snímač brzdného tlaku.



Obr. 5.4 Systém FDR.

Snímač uhla natočenia volantu slúži na zistenie smeru, ktorý určil vodič automobilu. Z toho si riadiaca jednotka vie odvodiť, ako majú byť natočené predné kolesá. Z riadiacej jednotky motora dostáva riadiaca jednotka FDR informácie o momentálnom zaťažení motoru. Z toho zistí, či má automobil zrýchľovať, udržiavať rovnometernú rýchlosť, jazdiť dobehom bez zaradeného prevodového stupňa alebo brzdiť motorom. Snímač tlaku v hlavnom brzdovom valci poskytuje informácie o tom, či vodič brzdí aj prevádzkovou brzdou.

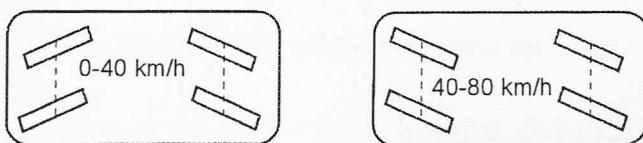
Na zistenie aktuálneho smeru, ktorým sa vozidlo v danej chvíli skutočne pohybuje, slúžia dva snímače.

Snímač priečneho zrýchlenia reaguje na odstredivú silu pôsobiacu na vozidlo v zákrute. Pracuje na princípe seismickej hmoty a impulz z neho sa mení v Hallovom generátore na elektrický signál. Snímač je veľmi citlivý a má presnosť $\pm 1,5 \text{ g}$.

Základom *snímača rýchlosťi otáčania sa vozidla okolo zvislej osi* je malý dutý oceľový valec, ktorý pôsobením tlakových elementov kmitá s frekvenciou 15 kHz . Tento valec je uložený v druhom dutom valci, s ktorým je tiež spojený tlakovými elementmi. Jeden pári elementov priviedie valec do rezonančného kmitania, druhý pári o 90° pootočený stabilizuje kmitanie. Medzi oboma párm elementov vzniká tzv. uzol kmitania, ktorý sa v prípade otáčavého pohybu automobilu nepatrne posunie. Veľkosť tohto posunutia je mierou pre zistenie rýchlosťi otáčania sa vozidla okolo zvislej osi. Využíva sa to aj v leteckej technike.

5.5 Riadenie všetkých štyroch kolies 4WD

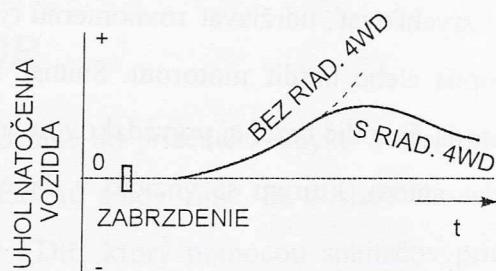
Elektronický systém (snímače, riadiaca jednotka a výkonové členy) rozhoduje o natočení nápravy podľa rýchlosťi jazdy, rýchlosťi natáčania volantu a uhla natočenia predných kolies. Pri rýchlosti do 40 km.h^{-1} sa kolesá zadnej nápravy natáčajú proti natočeniu prednej nápravy (obr. 5.5), čo zmenšuje polomer zatáčania (najmä pri manévrovaní na parkovisku). Pri väčších rýchlosťach sa zadné kolesá natáčajú v tom istom smere ako predné, čo zlepšuje stabilitu jazdy aj pri prudkej zmene smeru.



Obr. 5.5 Natočenie kolies zadnej nápravy proti kolesám prednej nápravy.

Systém kontroluje natočenie volantu, natočenie kolies a iné funkcie. Uvedený systém riadi natočenie všetkých štyroch kolies aj podľa stúpania alebo klesania cesty a reaguje aj na

zabrzdenie vozidla v zákrute. Na obr. 5.6 je znázornená zmena uhla natočenia automobilu pri intenzívnom brzdení v zákrute. Pri poruche systému sa zadné kolesá nastavia do polohy pre priamy smer.



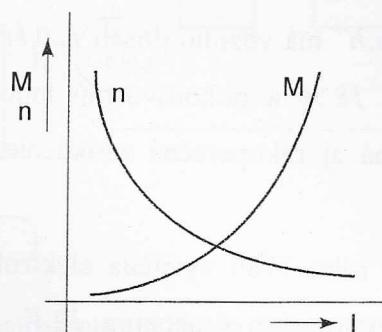
Obr. 5.6 Zmena uhla natočenia automobilu pri intenzívnom brzdení v zákrute.

6 VYUŽITIE ELEKTRICKÉHO POHONU V AUTOMOBILOCH

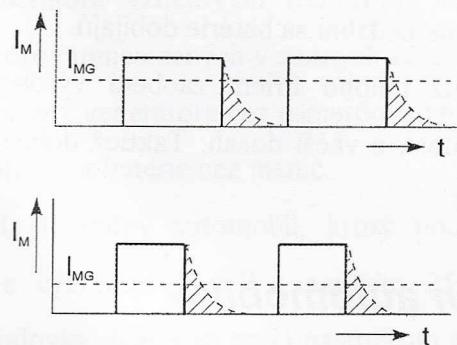
6.1 Elektromobil

Prvé elektromobily v Európe sa objavili v roku 1930. Vtedy ešte nebola elektronika na takom vývojovom stupni ako dnes, a preto sa používali klasické jednosmerné pohony s odporovou reguláciou, čo bolo veľmi stratové. Taktiež zdroje elektrickej energie neboli tak zdokonalené a používali sa olovené akumulátory.

Najmä z ekologickejho dôvodu sa od roku 1980 začínajú viaceré firmy väznejšie zaoberať otázkou elektromobilov.



Obr. 6.1 Charakteristika jednosmerného sériového motoru.



Obr. 6.2 Riadenie šírky prúdového impulzu cez motor.

Elektromobily pracujú buď s pohonom jednosmerným, alebo striedavým.

Pri jednosmernom pohone je napájanie motora z akumulátorovej batérie cez regulátor, pričom motor môže byť spoločný pre obe hnacie kolesá, alebo pre každé koleso samostatný motor. Ako pohon sa najčastejšie využíva jednosmerný sériový motor, lebo sa dobre

prispôsobuje záťaži (obr. 6.1). Riadenie napájacieho prúdu a teda aj otáčok sa uskutočňuje pomocou známeho tyristorového regulátora, ktorý sme si popísali v časti 1.3. Regulátor riadi v podstate šírku prúdového impulzu cez motor (obr. 6.2). Počas medzery medzi jednotlivými impulzmi sa energia magnetického poľa budiaceho vinutia vybíja cez tzv. nulovú diódu a zvyšuje tak strednú hodnotu prúdu cez elektromotor.

Pri *synchrónnom pohone* musíme medzi batériu a motor zaradiť striedač, ktorý premení jednosmerný prúd na striedavý. Ako zdroj energie sa používajú olovené, železo-niklové, alebo chróm-niklové batérie, ktoré majú väčšiu životnosť a vydržia viac nabíjacích cyklov.

Firma RENAULT od roku 1985 používa na pohon elektromobilov jednosmerný motor výkonu 12 kW s hmotnosťou 75 kg a tyristorovou impulznou reguláciou. Krátkodobo môžeme z neho dosiahnuť výkon až 20 kW . Ako zdroj energie sa používajú NiFe batérie (18 batérií, každá s napäťom $6,25\text{ V}$) s mernou kapacitou $53\text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$. Vozidlo dosahuje rýchlosť $60\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Pri mestskej prevádzke prejde na jedno nabitie 110 km a spotreba energie je 17 kWh na 100 km . Pri ustálenej rýchlosťi $60\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ má vozidlo dosah 120 km a spotrebu energie 14 kWh na 100 km . Vozidlo má stúpavosť 18% a pohotovostnú hmotnosť 1150 kg pri celkovej hmotnosti 1475 kg . Elektromobil má aj rekuperačné zariadenie, ktorým sa počas brzdenia alebo počas klesania batérie dobíjajú.

Britská firma PANDORA v roku 1985 vyvinula elektrobicykel, ktorý má poháňané zadné koleso jednosmerným elektromotorom s napäťom 12 V , výkonom 55 W a otáčkami 3000 min^{-1} . Po oboch stranách kolesa má uložené batérie a dobíjacie zariadenie. Maximálna rýchlosť s pasažierom je $24\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a maximálny dosah pri čistej jazde s elektromotorom je 32 km . Pri mechanickom pohone pedálmi sa batérie dobíjajú.

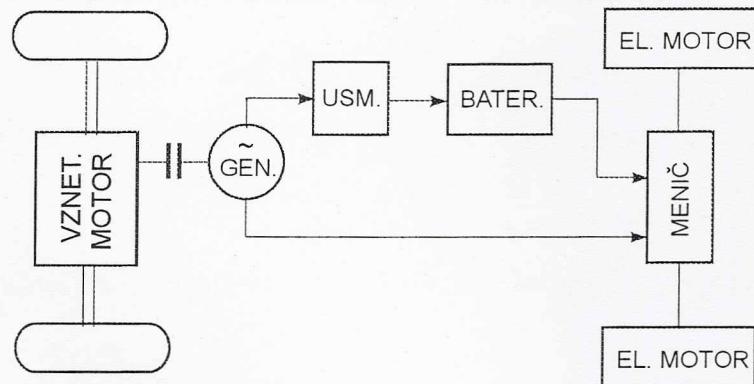
V dnešnej dobe sa už mnoho firiem zaoberá výrobou elektromobilov, ktoré sú výkonnejšie, majú väčšie rýchlosťi a väčší dosah. Taktiež dobíjanie batérie sa podarilo veľmi skrátiť a ich životnosť predĺžiť.

6.2 Hybridný pohon automobilov

Ekologické predpisy pre prevádzku motorových vozidiel prinutili výrobcov ku kombinácii spaľovacieho motora s elektromotorom v jednom dopravnom prostriedku, pričom elektromotor poháňa vozidlo v mestskej časti a spaľovací motor v mimomestskej časti trasy.

Firma FIAT vo svojom vozidle CINQUECENTO (obr. 6.3) použila ako doplnok k spaľovaciemu motoru elektromotor. Výrobu elektrického prúdu zabezpečuje dvojvalcový

vznetový motor LOMBARDÍNI s výkonom $5,5 \text{ kW}$ pri otáčkach $2400 \text{ ot}.\text{min}^{-1}$ vybavený oxidačným katalyzátorom. Tento poháňa trojfázový alternátor s permanentnými magnetmi s výkonom 5 kW . Elektrickým prúdom sa nabíja sada akumulátorových batérií, alebo paralelnou vetvou sa napájajú dva synchrónne trakčné elektromotory. Elektromotory poháňajú bez prevodovky priamo zadné kolesá. Každý z elektromotorov má výkon 7 kW a odoberá prúd z meniča frekvencie podľa toho, ako tlačíme akceleračný pedál. Pri brzdení dochádza k rekuperácii a k nabíjaniu batérie. Regulačný systém meniča pôsobí aj ako elektronický diferenciál. Vozidlo dosahuje maximálnu rýchlosť 100 km.h^{-1} . Objem nádrže stačí na 8 hodín prevádzky hybridného pohonu. Na čisto elektrický pohon z akumulátorov prejde vozidlo 50 km.



Obr. 6.3 Bloková schéma usporiadania hybridného motora vozidla CINQUECENTO spoločnosti FIAT.

Možnosti prevádzky vozidla sú:

- priamy pohon generátora vznetovým motorom, napájanie meniča frekvencie a poháňanie synchrónnych motorov umiestnených v zadných kolesách,
- napájanie akumulátorov z generátora cez usmerňovač počas prevádzky generátora,
- napájanie elektromotorov z batérie cez menič.

Firma AUDI vyrobila hybridný automobil, ktorý používa trojfázový permanentne budený synchrónny motor s výkonom 21 kW a napätím 252 V . Stator elektromotora je priskrutkovaný k skrini rozvodovky. Rotor sa spája pastorkom priamo s rozvodovkou. Výkon spaľovacieho motora je 84 kW . Zmena rýchlosťi v mestskej prevádzke sa uskutočňuje elektromotorom, prepínaním vinutí statora tak, ako keby malo vozidlo dvojstupňovú prevodovku. Na prvý stupeň má elektromotor krútiaci moment 360 Nm a na druhý stupeň 220 Nm . Preradenie nastáva automaticky pri rýchlosti 25 km.h^{-1} . Pri rýchlosti pod 65 km.h^{-1} sa môže použiť elektromotor alebo spaľovací motor.

Ak sa používajú sodíkovo-sírové batérie, ktorých energia je $20,2\text{ kWh}$, má vozidlo dojazd 80 km pri rýchlosti $65\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Olovené batérie majú energiu $8,4\text{ kWh}$ a nikel-kadmiové 12 kWh . Nabíjanie batérie trvá podľa typu 2 až 8 hodín. Batérie sa môžu dobíjať aj využívaním slnečnej energie.

POJOM E-

Prvým e-automobilom bol v roku 1988 vyrábaný elektrický automobil ktorý mal pojmenovanie

E-100. Tento automobil mohol dosiahať maximálnu rýchlosť $100\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a dosah vo väčšom článku je uvedený ako 100 km . Vozidlo má napäť 12 V a výkon motoru $1,5\text{ kW}$. Výkon motoru je závislý od rýchlosťi vozidla, teda s rýchlosťou $60\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ je výkon motoru $0,75\text{ kW}$ a s rýchlosťou $10\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ je výkon motoru $1,5\text{ kW}$. Vozidlo má 4 kolieska, ktoré sú postavené zo železovej kolesovej želi. Vozidlo je vyrobene zo súčiastok záhradnej techniky a takto vzniklo e-vozidlo, ktoré sa vyznačovalo veľkou výdržou a vysokou bezpečnosťou. Vozidlo je vyrobene zo železovej kolesovej želi, ktorá je výrobkom firmy Zelený výber. Vozidlo je vyrobene zo súčiastok záhradnej techniky a takto vzniklo e-vozidlo, ktoré sa vyznačovalo veľkou výdržou a vysokou bezpečnosťou.

0.2.2. Výrobného ročníka: Výroba e-vozidiel v roku 1988 bola realizovaná v súčasnosti s využitím výroby e-vozidiel, ktoré boli vyrábané v súčasnosti s využitím výroby e-vozidiel. Výroba e-vozidiel bolo realizované v súčasnosti s využitím výroby e-vozidiel, ktoré boli vyrábané v súčasnosti s využitím výroby e-vozidiel. Výroba e-vozidiel bolo realizované v súčasnosti s využitím výroby e-vozidiel, ktoré boli vyrábané v súčasnosti s využitím výroby e-vozidiel. Výroba e-vozidiel bolo realizované v súčasnosti s využitím výroby e-vozidiel, ktoré boli vyrábané v súčasnosti s využitím výroby e-vozidiel. Výroba e-vozidiel bolo realizované v súčasnosti s využitím výroby e-vozidiel, ktoré boli vyrábané v súčasnosti s využitím výroby e-vozidiel. Výroba e-vozidiel bolo realizované v súčasnosti s využitím výroby e-vozidiel, ktoré boli vyrábané v súčasnosti s využitím výroby e-vozidiel.

LITERATÚRA

- [1] Šťastný, J., Remek, J.: Autoelektrika a autoelektronika. Nakladatelství T. Malina, Praha 1997.
- [2] BOSCH: Motor-Elektronik. Technická príručka, Robert Bosch GmbH, 1983.
- [3] BOSCH: Elektronika v motore. Technická príručka, Robert Bosch GmbH, 1990.
Preložené z nemeckého originálu, GLOBAL AUTOTECH s.r.o., Bratislava 1998.
- [4] PIERBURG: Ecotronic, Vergaser Typ 2 E-E. Pierburg GmbH, 1987.
- [5] Škoda, auto revue. Časopis, ZOPY Praha, II/1995.
- [6] Servis, profi. Časopis, Agentúra RITA 900 44 VLKY, 7.,8.,9./1994.

ISBN 80-227-2131-X