Laboratorní úloha

Systémy zapalování zážehových motorů v automobilech

Instrumentace procesů

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

V Praze dne ……. …….
podpis

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucí mé diplomové práce doc.Ing. K. Hyniové, CSc. za připomínky, rady, pomoc při řešení problémů vzniklých při měření a čas, který věnovala mé práci. Dále bych rád poděkoval všem mým blízkým za velkou podporu.

Abstrakt

Tato práce byla vytvořena výhradně pro výuku cvičení předmětu „Instrumentace procesů“ bakalářského studijního programu na Katedře řídicí techniky. Tyto podklady budou studenti používat při měření na modulu AT09/EV firmy Elettronica Veneta.

Abstract

This work was created entirely for learning „Instrumentation of Processes“ at the Department of Control Engineering for bachelors study programme. This guide will be used for measurements on module AT09/EV by Elettronica Veneta.

Obsah

1. Úvod k práci..... 1

1.1 Úvod k měření..... 2

1.2 Popis přípravku..... 2

1.3 Cvičení..... 4

1.3.1 Klasické zapalování s cívkou (SZ)..... 4

1.3.2 Tranzistorové zapalování s kontaktním řízením (TZ-K)..... 6

1.3.3 Tranzistorové zapalování s Hallovým senzorem (TZ-H)..... 8

1.3.4 Tranzistorové zapalování s indukčním senzorem (TZ-I)..... 10

1.3.5 Elektronické zapalování (EZ)..... 13

1.3.6 Plně elektronické zapalování (VZ)..... 14

1.3.7 Kapacitní-tyristorové zapalování (HKZ)..... 16

2. Měření..... 18

2.1 Postupy měření..... 18

2.2 Naměřené hodnoty a grafy..... 20

2.2.1 Klasické zapalování s cívkou (SZ)..... 20

2.2.2 Tranzistorové zapalování s kontaktním řízením (TZ-K)..... 20

2.2.3 Tranzistorové zapalování s Hallovým senzorem (TZ-H)..... 22

2.2.4 Tranzistorové zapalování s indukčním senzorem (TZ-I)..... 22

2.2.5 Plně elektronické zapalování (VZ)..... 23

2.2.6 Kapacitní-tyristorové zapalování (HKZ)..... 24

3. Závěr 24

1. Úvod k práci

Cílem práce bylo vytvoření manuálu k měření na modulu AT09/EV firmy Elettronica Veneta, kterým je možné realizovat typické metody zapalování svíček v zážehových motorech, navržení úkolů měření a jejich následná realizace. Účelem tohoto projektu bylo podpoření předmětu „Instrumentace procesů“. V rámci této práce jsem musel navrhnout a realizovat řídicí panel společně s propojovacími kabely. Po důkladném prostudování podkladů od firmy Elettronica Veneta jsem vytvořil materiál, ze kterého budou čerpat studenti informace o různých zapojeních, které budou následně využívat při měření. Tato měření jsem upravil, aby délka měření nepřesáhla rozsah dvou vyučovacích hodin. Dalším úkolem bylo následné ověření navržených úkolů měření.

1.1 Úvod k měření:

V této úloze se seznámíme se základními obvody řízení zažehování svíček ve spalovacích motorech, z nichž některé jsou dodnes stále používány ve většině automobilů. Základní rozdělení těchto obvodů (Tab.1.1) se provádí dle typu transformace energie. Některé z nich uchovávají energii ve formě elektromagnetického pole (v obvodu se energie uchovává v cívce), jiné ve formě pole elektrostatického (zde je energie uchovávána v kondenzátoru).

Typ zapalování	Klasické (SZ)	Tranzistorové (TZ)	Elektronické (EZ)	Plně elektronické (VZ)	Kapacitní-tyristorové (HKZ)
Spouštění	mechanické	elektronické	elektronické	elektronické	elektronické
Nastavení předstihu	mechanické	mechanické	elektronické	elektronické	mechanické
Charakter transformátoru vysokého napětí	indukční	indukční	indukční	indukční	kapacitní
Rozdělovač	mechanické	mechanické	mechanické	elektronické	mechanické
Výkonová část	mechanické	elektronické	elektronické	elektronické	elektronické

Tab. 1.1 Vlastnosti jednotlivých druhů zapalování

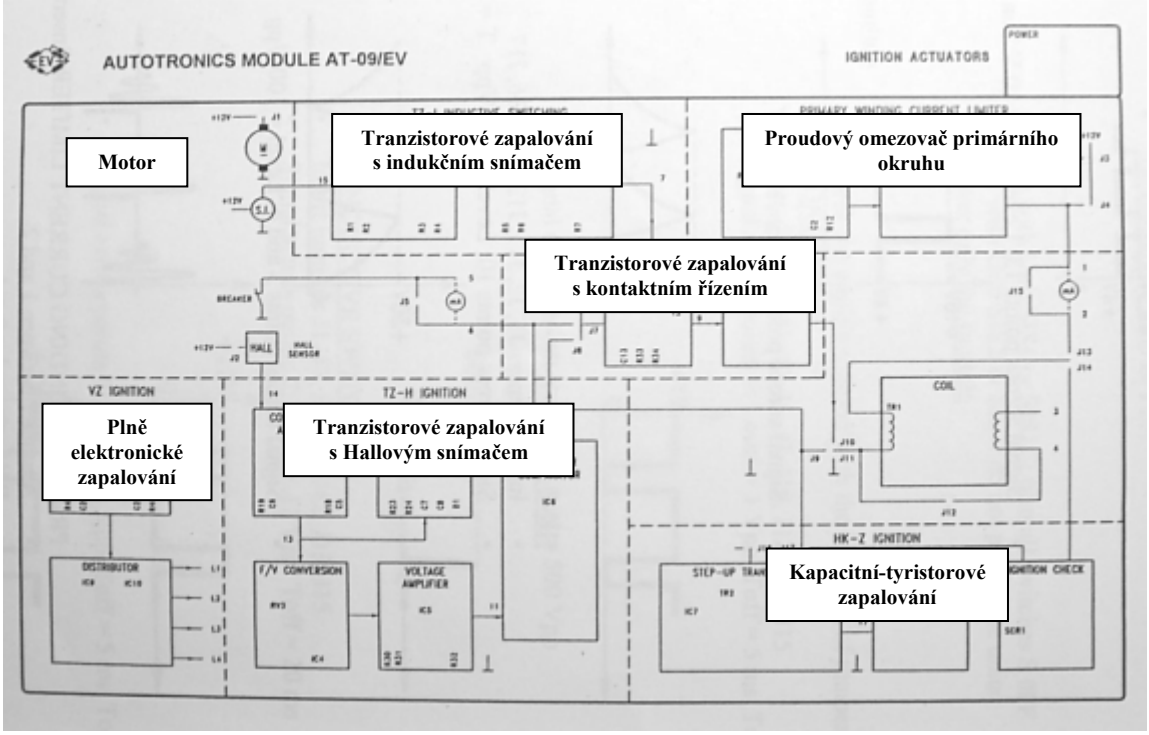
V úloze „Systémy zapalování zážehových motorů v automobilech“ se budeme zabývat těmito druhy zapalování:

1) klasické zapalování s cívkou (SZ)
2) tranzistorové zapalování s kontaktním řízením (TZ-K)
3) tranzistorové zapalování s Hallovým senzorem (TZ-H)
4) tranzistorové zapalování s indukčním senzorem (TZ-I)
5) elektronické zapalování (EZ)
6) plně elektronické zapalování (VZ)
7) kapacitní-tyristorové zapalování (HKZ)

1.2 Popis přípravku:

Přípravek se skládá z modulu AT09/EV firmy Elettronica Veneta (obr.1) se zapojením shora uvedených obvodů a jednotky SIS1 se sadou přepínačů, pomocí nichž je možno zavádět poruchy do testovaných obvodů. Normální funkčnost jednotlivých elektronických obvodů je zajištěna v případě, že všechny přepínače jsou nastaveny do polohy „OFF“. Pro zavedení poruchy do jednotlivých obvodů je vždy nutné přepnout zadaný přepínač do polohy „ON“ (obvykle dojde k rozpojení obvodu, odpojení napájení popř. připojení jiné úrovně napětí

v neznámém místě obvodu – cílem je poruchu diagnostikovat a lokalizovat). Doporučujeme mít zavedenu vždy pouze jednu poruchu, aby bylo snazší ji identifikovat.

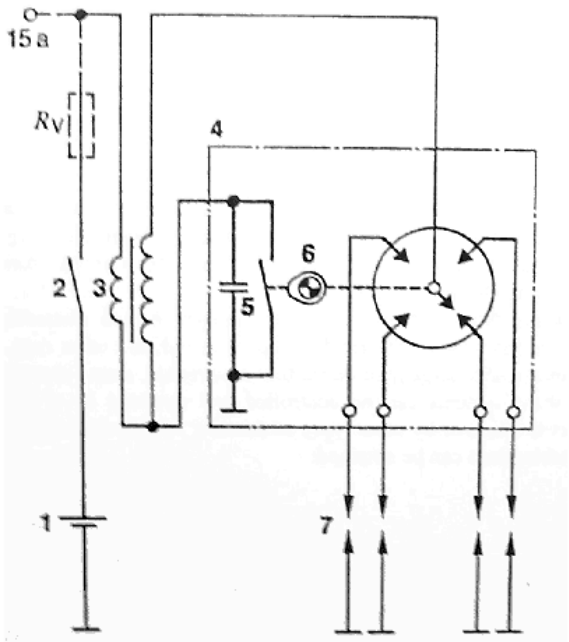


Obr.1. Rozložení jednotlivých elektronických řídicích obvodů na modulu AT-09/EV

Modul AT09/EV je nezbytné připojit k samostatnému napájecímu zdroji $+12V_{ss}$ a ⊥ a propojit modul AT09/EV s jednotkou SIS1/EV plochým kabelem s 27- pinovým konektorem.

1.3 Cvičení

1.3.1 Klasické zapalování s cívkou (SZ)



1 Akumulátor
2 Spouštěcí spínač
3 Transformátor
4 Rozdělovač
5 Kapacitor
6 Přerušovač
7 Zapalovací svíčky

Obr.2. Klasické zapalování s cívkou

1.3.1.1 Úkoly měření:

a) Odpojte všechny svorky na modulu AT09/EV a všechny přepínače modulu SIS1 přepněte do pozice „OFF“

b) Na modulu AT09/EV zapojte svorky: J4, J5, J9, J12, J13, J15 (simulace klasického zapalování) a svorku J1 (otáčení hřídelky rozdělovače) .

c) Mezi body 3 a 4 na modulu AT09/EV (sekundární vinutí cívky) naměřte a zaznamenejte časový průběh signálu. K měření použijte osciloskop.

d) Rozpojte svorky J1 a J5 na modulu AT09/EV. Změřte hodnotu proudu protékajícího primárním okruhem cívky, ampérmetr zapojte mezi svorky 5 a 6 (uzavření obvodu docílíte natočením motoru).

1.3.1.2 Teoretický úvod:

Klasické zapalování s cívkou (obr.2) je nejjednodušší zapalovací systém. Proud protékající cívkou je mechanicky přerušován přerušovačem v obvodové části rozdělovače. Hodnota narůstajícího proudu tekoucího cívkou (5 až 6A) je omezena odporem vinutí a celková nahromaděná energie je dána vztahem:

$$W_L = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 \tag{1}$$

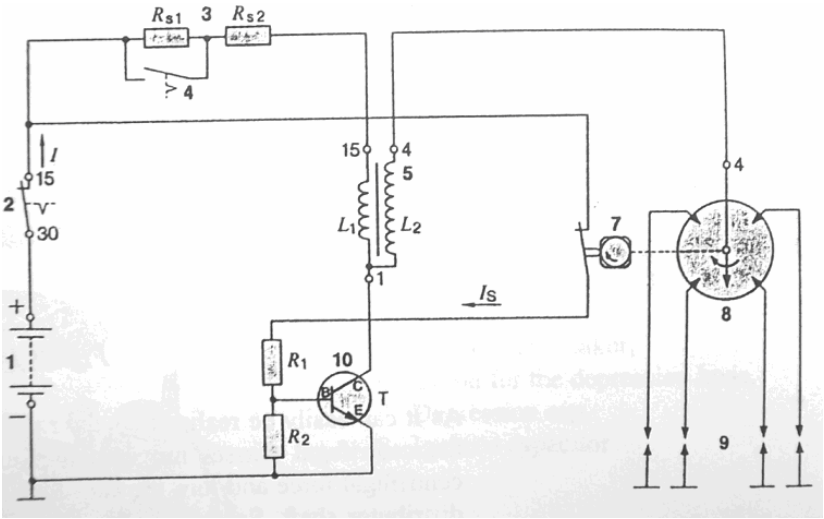
Rozpojením obvodu přerušovačem dojde k přerušení proudu v primárním okruhu a následně k rychlé změně magnetického toku v zapalovací cívce. To vyvolá indukci napětí na sekundárním vinutí o značném počtu závitů (přibližně 1:100 oproti primárnímu vinutí). Mezi rozpojenými kontakty spínače je však napětí v řádu několika stovek voltů, což způsobuje problémy s úplným rozpojením primárního okruhu vzniklé obloukem. Vysoké hodnoty proudu při poměrně malé ploše kontaktů navíc způsobují opalování kontaktů a změnu jejich vzdálenosti, což způsobuje jejich pozdější uzavření . Nehledě na zkracování životnosti kontaktů je zkrácen celkový čas sepnutí obvodu a v důsledku zmenšena nahromaděná energie W_L. Paralelní kombinace spínače přerušovače a kondenzátoru (obr.2) vytváří rezonanční obvodu s cívkou. Při přelévání energie z indukční cívky do kondenzátoru a naopak, tedy při každé změně magnetického pole cívky na elektrický náboj kondenzátoru a naopak, se v sekundárním vinutí indukuje vysoké napětí. Indukované sekundární napětí tedy nezávisí jen na vlastnostech cívky (indukčnosti L a převodu p), ale i na kapacitě použitého kondenzátoru. Další důležitou funkcí kondenzátoru je zhášení oblouku. Kondenzátor má tedy zkrátit čas rozpojení (skutečného rozpojení) obvodu, urychlit časovou změnu proudu a zlepšit tak indukci napětí na sekundární straně indukční cívky.

1.3.1.3 Komplikace:

Doba mezi dvěma po sobě následujícími výboji se zkracuje při zvyšování otáček motoru a kromě toho jen část tohoto intervalu může být využita k sepnutí kontaktů. Je proto důležité, aby i při největším potřebném počtu jisker za sekundu byla doba sepnutí kontaktů dostatečná pro akumulaci dostatečného množství energie do magnetického pole. To tedy znamená, že indukované napětí na sekundárním vinutí cívky závisí na otáčkách motoru. S narůstajícími otáčkami motoru se napětí na sekundárním vinutí podstatně zmenšuje.

Další nevýhodou uvedeného zapojení je vyšší energetická spotřeba startéru v podmínkách s nízkou teplotou okolí, což může způsobit rapidní snížení energie cívky zapalovacího okruhu až o třetinu. Na svíčce se pak vytváří tzv. studená jiskra.

1.3.2 Tranzistorové zapalování s kontaktním řízením (TZ-K)



1 Akumulátor
2 Spouštěcí spínač
3 Přídavný rezistor
4 Spínač proudového omezení
5 Transformátor
6 Kapacitor
7 Přerušovač
8 Rozdělovač
9 Zapalovací svíčky

Obr.3. Tranzistorové zapalování

1.3.2.1 Úkoly měření:

a) Odpojte všechny svorky na modulu AT09/EV a zapojte následující svorky: J4, J7, J10, J12, J13, J15 (simulace tranzistorového zapalování) a svorku J1 (otáčení hřídelky rozdělovače) .

b) Zapojte ampérmetr mezi svorky 5 a 6 (na svorku 6 připojte + !) na modulu AT09/EV a změřte velikost proudu protékajícího přes spínač přerušovače. Porovnejte tuto hodnotu s údajem naměřeným v odstavci 1.3.1.1 a zdůvodněte případný rozdíl.

c) Na modulu SIS1 nastavte přepínač S7 do pozice „ON“ a ověřte nulovou hodnotu napětí sekundárního vinutí a zdůvodněte ji. Poté opět přepněte přepínač S7 do pozice „OFF“.

d) Odpojte všechny svorky na modulu AT09/EV, ampérmetr a zapojte následující svorky: J3, J11, J13 (zapojení regulátoru primárního proudu) a ampérmetr mezi svorky 1 a 2. Potenciometrem RV1 nastavte proudové omezení na cca 50mA.

e) Na modulu SIS1 nastavte přepínač S6 do pozice „ON“. Ověřte a zdůvodněte nestálost proudu primárního okruhu bez reakce na změnu RV1.

1.3.2.2 Teoretický úvod:

Tento systém (obr.3) bývá (díky použitému tranzistoru T) rovněž označován jako elektronické zapalování. Ústřední myšlenkou tranzistorového zapalování je požadavek na zvětšení proudu *I*, protékajícího přes primární vinutí zapalovací cívky. Přesto kontakty, které jsou už tak značně namáhány, není žádoucí přetěžovat extrémními hodnotami elektrického proudu. Mohlo by docházet k velmi intenzivnímu opalování se všemi již dříve uvedenými důsledky nebo dokonce k jejich úplnému svaření. Akumulátor je v případě tohoto zapojení připojen k emitoru tranzistoru *T*, v kolektorovém obvodě je zapojeno primární vinutí zapalovací cívky a na bázi tranzistoru je připojen přerušovač.

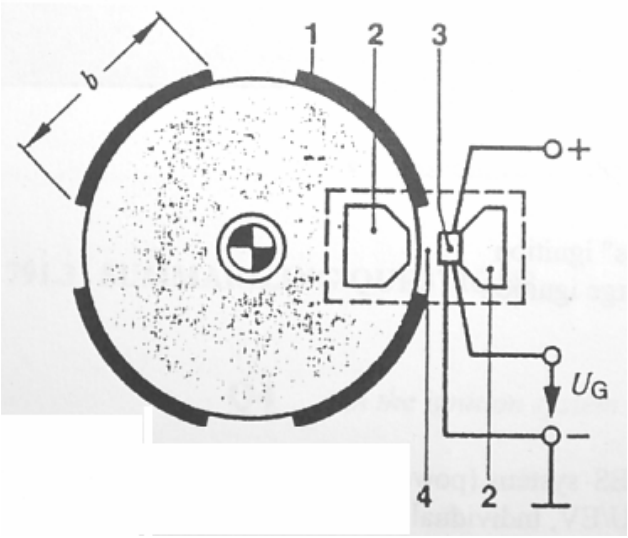
Kondenzátor není v tomto případě potřebný, jelikož kontakty přerušovače jsou namáhány pouze malým bázový proudem *Ib* a neopalují se.

Tranzistor má tedy funkci spínače primárního okruhu. K žádnému vytváření oblouku a tudíž ani k opalování kontaktů zde nedochází. Při přerušení kontaktu je změna proudu téměř okamžitá. Žádoucím důsledkem je rychlá časová změna proudu, vyvolávající indukci napětí v sekundárních závitech zapalovací cívky.

Jakmile kontakt přerušovače sepne, protéká obvodem „alternátor-přerušovač-báze" tranzistoru proud *I*, který je značně menší (cca *0,5A*) než proud v kolektorovém obvodu, jehož hodnota je přibližně *10A*. Současně je zkratován přechod emitor-kolektor. Přes vinutí indukční cívky, která čítá velmi málo závitů ze silného drátu (malý činný odpor a malá indukčnost), protéká proud o vysoké hodnotě (cca *10A* a více). Kontakty přerušovače jsou tímto způsobem chráněny a prakticky se vůbec neopalují.

Tímto je dosažena dostatečně dlouhá doba zapnutí kontaktů i při vysokých otáčkách motoru. Tak se stačí nahromadit dostatečně velké množství energie v zapalovací cívce. Sytost jisker je nyní uspokojivá a dokonce klesá objem a hmotnost daného sytému díky menším rozměrům cívky.

1.3.3 Tranzistorové zapalování s Hallovým senzorem (TZ-H)



1 Bariéra délky b
2 Permanentní magnet
3 Hallova sonda
4 Mezera

Obr.4. Půdorys snímače otáček

1.3.3.1 Úkoly měření:

a) Na modulu SIS1 nastavte přepínač S6 do pozice „OFF“. Na modulu AT09/EV odpojte všechny svorky z předchozího měření a zapojte svorku J2 pro napájení Hallova senzoru.

b) Připojte osciloskop: první kanál na svorku 13 modulu AT09/EV, druhý na svorku 14 a oba uzemněte.

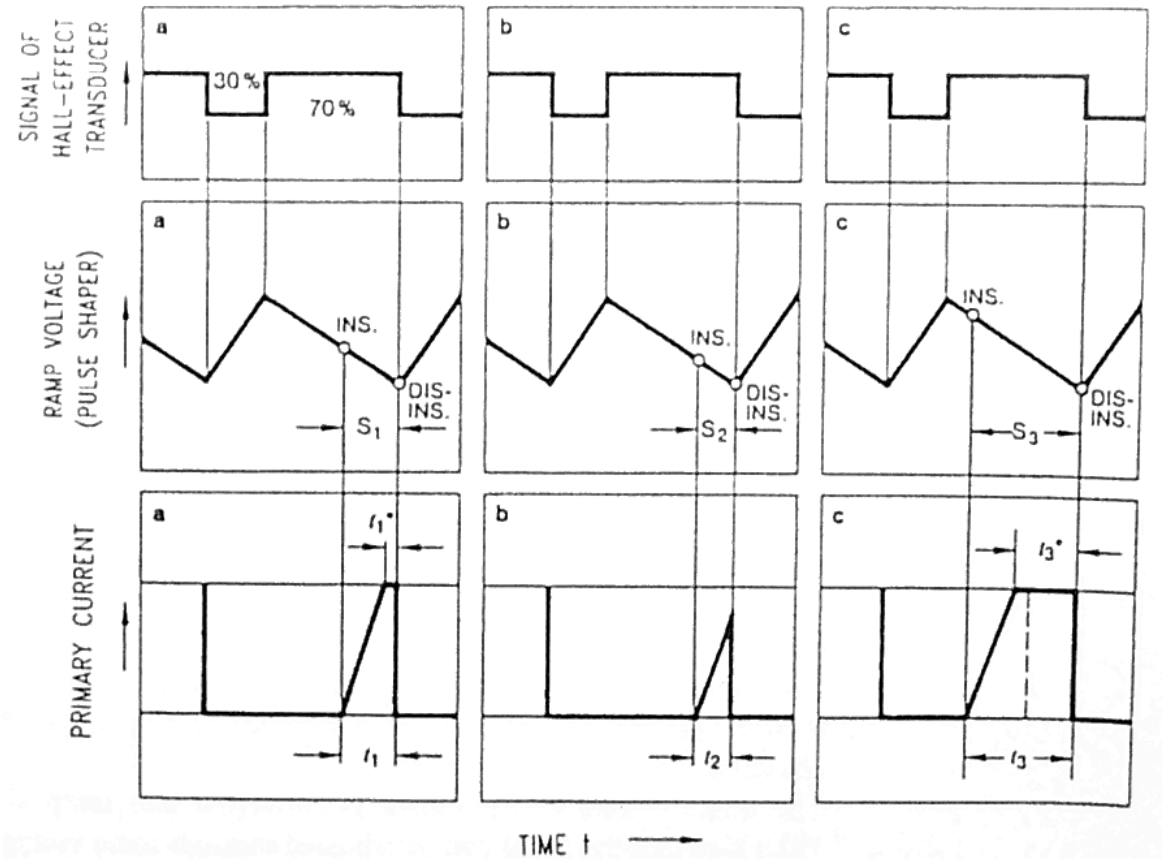
Zapojte svorku J1 pro simulaci otáčení hřídele rozdělovače. Zaznamenejte průběhy a hodnoty signálu před (kanál 1) a po úpravě (kanál 2) komparačním zesilovačem.

c) Připojte osciloskop: první kanál na svorku 11 modulu AT09/EV (výstupní signál napěťového zesilovač), druhý na svorku 12 (výstupní signál generátoru pily) a oba uzemněte. Sledujte změnu signálu za napěťovým zesilovačem změnou nastavení potenciometru RV3.

- Reference je též proměnná s růstem otáček motoru. Ověřte manuálním přibržďováním motorku.
- Do sešitu zaznamenejte průběh signálu z osciloskopu.

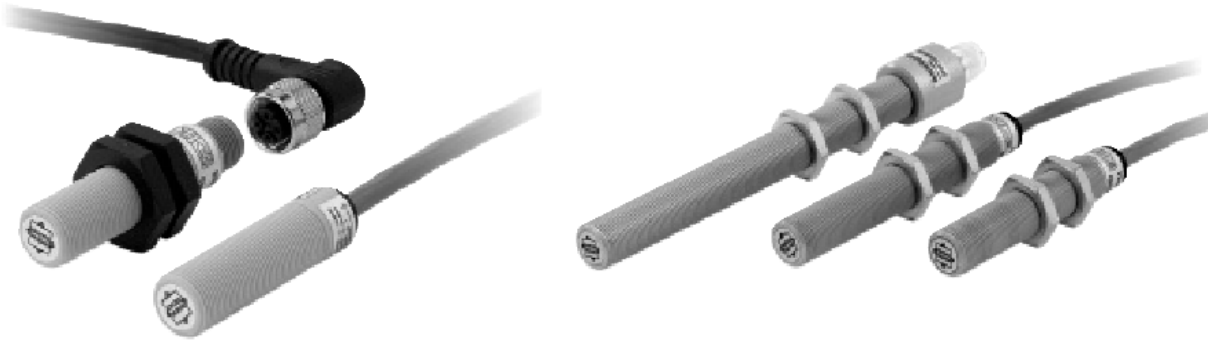
1.3.3.2 Teoretický úvod:

Hlavním rozdílem oproti předchozímu zapojení je náhrada mechanické části přerušovače bezkontaktním obvodem na bázi Hallova jevu (obr.4). Tento snímač je ovládán Hallovým napětím $U_H = K_H \cdot B \cdot I$, které je generováno na elektrodách při působení magnetického pole B kolmo na polovodičovou destičku protékanou proudem I. Zesilovač Hallova napětí společně se senzorem tvoří integrovaný obvod o ploše cca 1,5mm^2 a pro realizaci je nejčastěji používána technologie CMOS. Průmyslově vyráběné Hallovy snímače mají různé spínací charakteristiky. Typické spínací hodnoty jsou přibližně 1mT až 10mT.



Obr.5. Signál z Hallova snímače, signál z tvarovacího obvodu a řídící signál

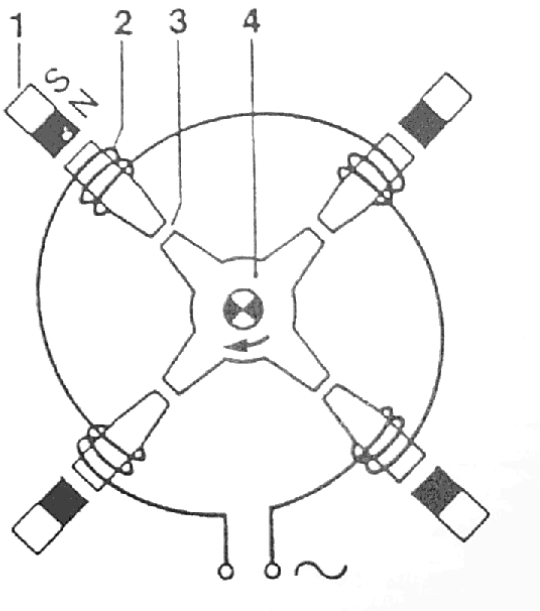
Na hřídeli přerušovače je nasazen váleček (obr. 4) s určitým počtem mezer odvozených z počtu válců motoru. V průběhu otáčení rotoru dochází k periodickému odhalování permanentního magnetu před Hallovou sondou, čímž je vystavována „otevřenému“ magnetickému poli. Na sondě tak roste s postupným odkrýváním magnetu napětí, které dovrší maxima při jeho plném odkrytí (obr. 5).



Jak je z obr. 5 patrné, signál ze sondy je převeden v generátoru pilového průběhu a porovnán s referenční úrovní, získané z bloků převodníku *f/U* a zesilovače napětí. Ta určuje úhel sepnutí (bod INS) realizovaného pulsním generátorem. Maximální úhel sepnutí je ovlivněn délkou hrany *b* (bariéry). Na obr. 5 jsou znázorněny tři příklady s různými úhly sepnutí. První průběh (obr.5a) představuje správný úhel sepnutí, obr.5b vykazuje nedovršení maximální hodnoty proudu primárního okruhu a obr.5c příliš dlouhé vystavení cívky maximálnímu proudu.

Zapalování vybavené tímto senzorem umožňuje použití primárního vinutí cívky s menším činným odporem (menší než *1*Ω), čímž je docíleno průchodu většího proudu a v důsledku toho rychlejšího nasycení cívky. Jak již bylo uvedeno dříve, systém je pak stabilní i při vysokých otáčkách. Zapalování je též efektivnější díky automatické regulaci předstihu zapalování se zvyšováním otáček.

1.3.4 Tranzistorové zapalování s indukčním senzorem(TZ-I)



1 Permanentní magnet
2 Cívka s jádrem
3 Mezera
4 Rotor

Obr.6. Půdorys snímače otáček

1.3.4.1 Úkoly měření:

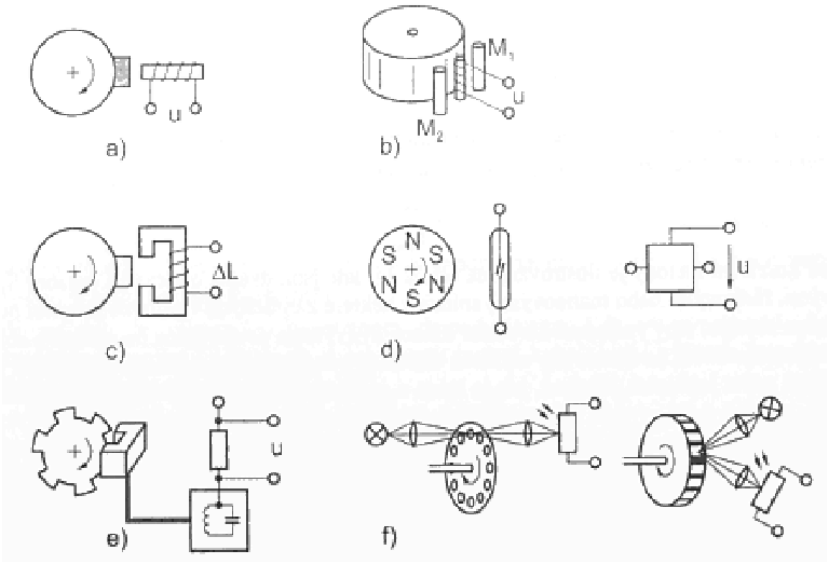
a) Na modulu SIS1 nastavte všechny přepínače do pozice „OFF“. Na modulu AT09/EV odpojte všechny svorky z minulého měření a zapojte následující svorky: J1, J3, J6, J10, J13 a J15 (zapalování s indukčním senzorem).

b) Osciloskop zapojte následujícím způsobem: první kanál na svorku 15 modulu AT09/EV (signál z indukčního senzoru) a druhý na svorku 7 (signál za komparátorem). Zaznamenejte oba průběhy.

c) Ověřte manuální regulaci střídy u průběhu napětí za napěťovým komparátorem potenciometrem RV2 a sledujte změnu průběhů na osciloskopu. Tato reference se opět mění i při manuálním přibržďování motorku.

1.3.4.2 Teoretický úvod:

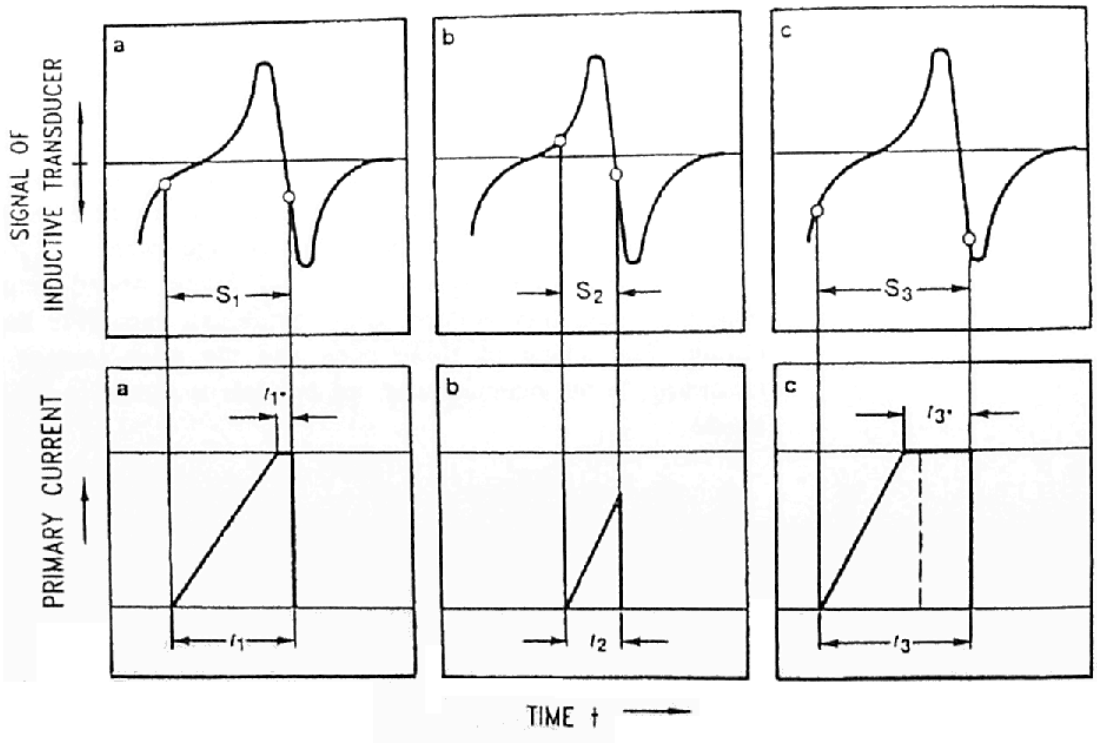
Tento druh zapalování se liší od předchozího pouze typem senzoru. Stejně jako u minulého typu počet zubů (mezer) ukotvených na rotační hřídeli odpovídá počtu válců motoru. Ozubený rotor z magneticky vodivého materiálu rotuje v prstenci s vnitřním ozubením. Prstencový magnet nad statorem je zdrojem magnetomotorického napětí. Míjením dvou protějších zubů dojde ke změně elektromagnetického toku, což vyvolává indukci napěťové špičky na konkrétním vinutí. Na základě vyhodnocování zesílených špiček je možno systém zapalování řídit. Změna úhlu sepnutí je stejná jako u předchozího zapojení s Hallovou sondou. Výhodou je však podstatně snazší realizace, jelikož v tomto případě není třeba převodník signálu na pilový průběh. Úhel sepnutí může být určen přímo z měřeného signálu po jeho zesílení.



Obr.7. Snímače otáček

Pokud budeme považovat tranzistorové zapalování za dostatečný způsob nahromadění a emise energie, vyvstává pouze otázka, jaký způsob snímání natočení hřídele zvolíme. Impulsní snímání otáček je založeno na principu detekce polohy značek na pohybujících se objektech. Jako detektor může být použit senzor:

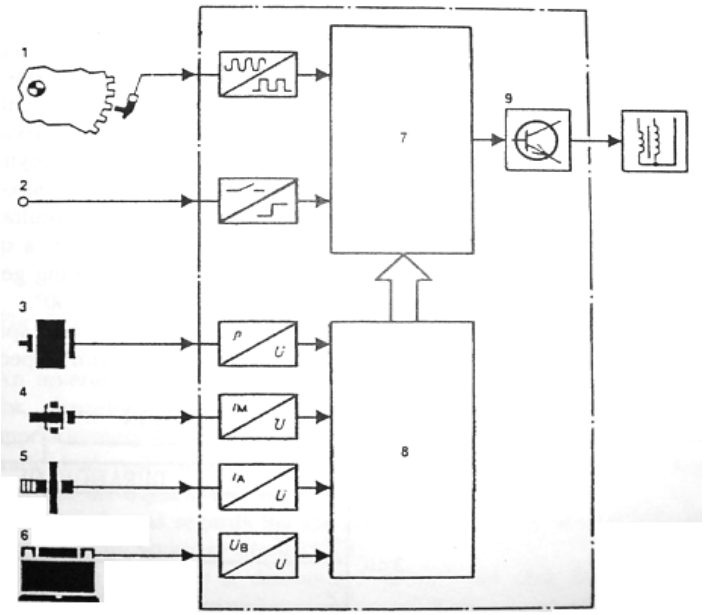
- Magnetický (Hallův senzor, magnetorezistor nebo jazýčkový kontakt obr.7d)
- Indukční (rotující permanentní magnet obr.7a) nebo indukčnostní (rotující feromagnetický výstupek obr.7c)
- Senzory na principu vířivých proudů (obr.7e)
- Optoelektronické senzory s detekcí průchozího nebo odraženého světla (obr.7f)
- Wiegandův senzor, který je umístěn mezi dvěma permanentními magnety M1, M2 (obr.7b), v němž dochází při změně magnetického toku, vyvolané feromagnetickými výstupky na obvodu rotující hřídele



Obr.8. Signál z indukčního senzoru a řídící signál

Na obr. 8 jsou patrné komparační úrovně pro různé nastavení úhlu sepnutí. Na prvním obrázku 8a je znázorněna správná doba sepnutí, na obr.8b s krátkou dobou sepnutí a obr.8c s příliš dlouhou dobou sepnutí.

1.3.5 Elektronické zapalování (EZ)



1 Senzor otáček motoru
2 Signál z přerušovače
3 Tlak sání paliva
4 Teplota motoru
5 Teplota přívodu vzduchu
6 Napětí akumulátoru
7 Mikropočítač
8 A/D převodník
9 Výstupní signál

Obr.9. Elektronické zapalování

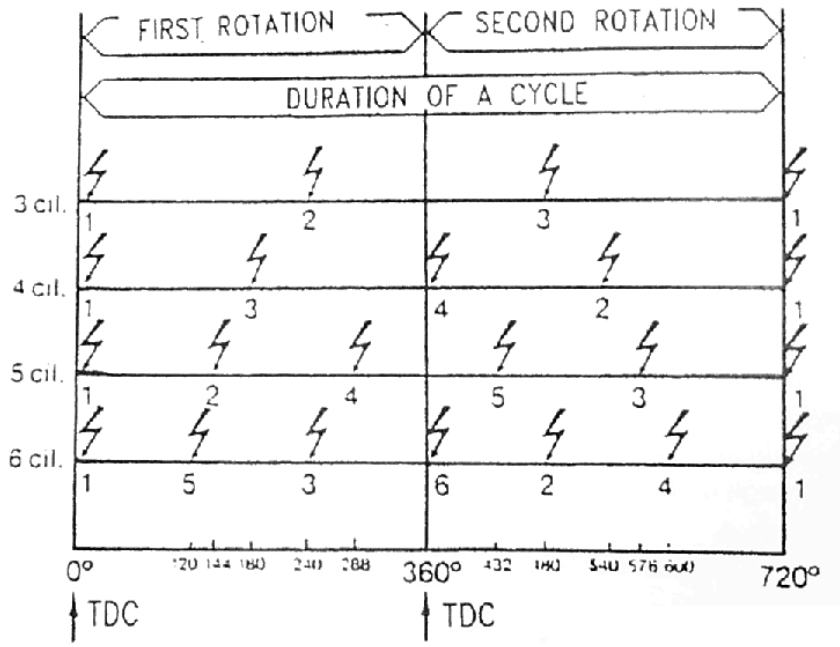
1.2. Teoretický úvod:

Tento typ zapalování (obr.9) odpovídá modernímu trendu vývoje zapalovacích systémů. Automatizovaná řídicí jednotka zpracovává veliké množství informací o různých veličinách přímo či nepřímo ovlivňujících kvalitu zapalování. Tyto informace jednotka vyhodnocuje a v reálném čase reguluje předstih zapalování a dobu otevření přerušovače primárního okruhu.

Mezi základní parametry ovlivňující kvalitu zapalování patří:

- Otáčky motoru
- Úhel natočení hřídele přerušovače
- Tlak sání paliva
- Teplota motoru
- Teplota přívodu vzduchu
- Napětí akumulátoru
- Mez klepání motoru
- Spotřeba paliva
- Výfukové plyny

1.3.6 Plně elektronické zapalování (VZ)



Obr.10. Plně elektronické zapalování

1.3.6.1 Úkoly měření:

a) Na modulu AT09/EV odpojte všechny svorky z minulého měření a zapojte svorku J18.

b) Zkontrolujte zda LED diody na modulu svítí:
   - Červená dioda signalizuje zážeh v zažehovací fázi pístu
   - Zelená signalizuje zážeh ve výfukové fázi.

   Určete správnou posloupnost zažehování jednotlivých válců čtyřválcového motoru z posloupnosti barev na modulu.

c) Na modulu SIS1 nastavte přepínač S5 do pozice „ON“. Zaznamenejte posloupnost rozsvěcení diod.

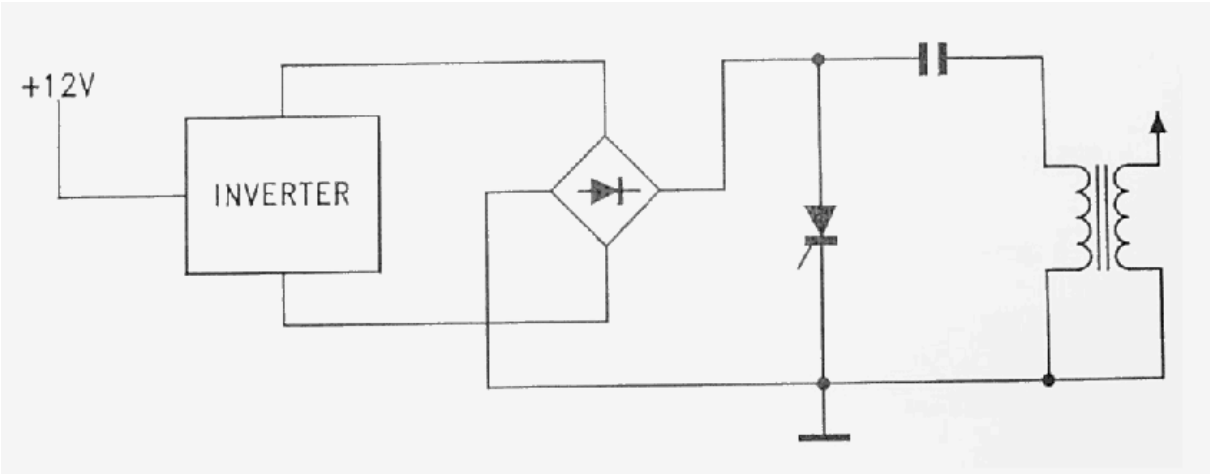
1.3.6.2 Teoretický úvod:

Plně elektronické zapalování (obr.10) má stejný charakter jako předchozí elektronické zapalování (obr.9) s tím rozdílem, že rozvod vysokého napětí do všech svíček již není realizován klasickým mechanickým rotačním rozvaděčem. Funkce rotačního rozdělovače je převzata dvěmi zapalovacími cívkami, v případě čtyřválcového motoru produkujícími dvě jiskry (dva vysokonapěťové impulsy). Každá z nich generuje obě jiskry současně. Zapalovací svíčky jsou pak uspořádány tak, aby první generovala jiskru v zážehové fázi běhu válce, zatímco druhá ve výfukové, posunuté o 360°. Druhá cívka generuje jiskry stejným způsobem, je ovšem vůči první svíčce posunutá o 180° (oproti předchozímu natočení hřídele). Cyklus se tedy opakuje vždy po dvou otáčkách hnací hřídele.

Výhody:

- Systém bez pohyblivých členů
- Omezení hluku
- Omezení počtu kontaktů s vysokým napětím
- Snížení úrovně elektromagnetického rušení

1.3.7 Kapacitní tyristorové zapalování (EZ)



Obr.11. Kapacitní tyristorové zapalování

1.3.7.1 Úkoly měření:

d) Na modulu AT09/EV odpojte všechny svorky z minulého měření a zapojte následující svorky: J11, J14 a J16 (kondenzátorové zapojení), J5 a J17 (propojení přerušovače s řídicí elektrodou tyristoru).

e) Pomocí krokodýlku uchopte elektrodu *G* (obr.12) a do sešitu zaznamenejte průběh na této řídicí elektrodě.

1.3.7.2 Teoretický úvod:

Jak již bylo v úvodu naznačeno, všechny předchozí systémy používaly energii transformovanou do elektromagnetického pole cívky. Tento zapalovací systém využívá energie elektrostatického pole kondenzátoru:

$$W_C = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 \qquad (2)$$

Na obr. 11 je uvedeno jedno z celé řady nejčastěji používaných zapojení. Celé zařízení se skládá z několika samostatných částí: akumulátor napájející tranzistorový měnič, který přetváří stejnosměrné napětí na střídavé o hodnotě 400 až 500V. Toto usměrněné napětí dále nabíjí kondenzátor *C*. Hodnota transformované energie je dána vztahem (2).

Jiskru na svíčce o potřebné energii tedy můžeme získat dvěma způsoby:

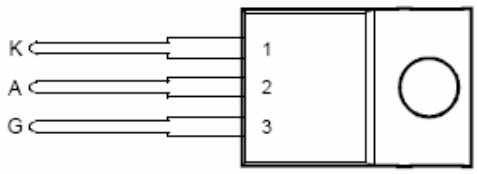
- Zvolením vysoké hodnoty napájení (výstup měniče následně usměrněný diodou) a relativně malou kapacitu kondenzátoru *C*.
- Na druhou stranu můžeme použít nízkou hodnotu napětí a výrazně vyšší kapacitu.

TIC106 SERIES
SILICON CONTROLLED RECTIFIERS

Copyright © 1997, Power Innovations Limited, UK — APRIL 1971 - REVISED MARCH 1997

- 5 A Continuous On-State Current
- 30 A Surge-Current
- Glass Passivated Wafer
- 400 V to 800 V Off-State Voltage
- Max I_{GT} of 200 µA

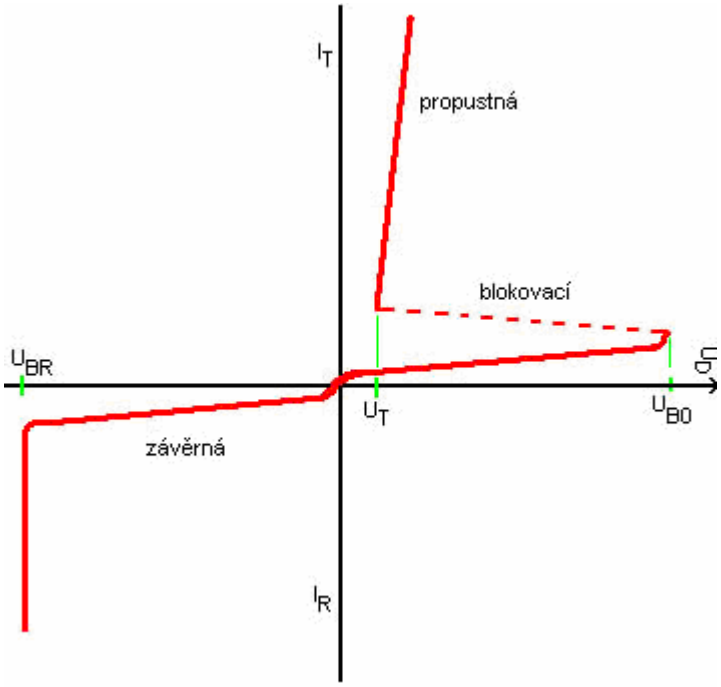
TO-220 PACKAGE
(TOP VIEW)



Pin 2 is in electrical contact with the mounting base.

MDC1ACA

Obr.12. Základní parametry tyristoru TIC106



Obr.13. Volt-ampérová charakteristika tyristoru v propustném a závěrném směru

V praxi obvykle volíme kompromis mezi oběma možnostmi. Jádro celého zapalovacího systému tohoto typu zapojení tvoří tyristor. Odtud mnohdy používaný název tyristorové zapalování. Tyristor jako polovodičový prvek je ovládán „impulsně“. Jeho činnost spočívá

v tom, že ve stanovený čas (při rozepnutí kontaktů přerušovače) dostává tyristor impuls ze synchronizačních obvodů, čímž se skokem změní jeho přechodový odpor. Není-li na řídicí elektrodě tyristoru impuls, tvoří kondenzátor spolu s cívkou rezonanční obvod. Dojde k zákmitu, při kterém je první půlvlna procházející tyristorem svedena na zem a druhá částečně přes usměrňovač dobíjí kondenzátor. V této chvíli je však tyristor zavřený, k oscilaci již nedojde, ale dochází k plnému dobití kondenzátoru přes usměrňovač. Přijde-li impuls ze synchronizačních obvodů, kondenzátor se plně vybije do primárního vinutí cívky. Celý cyklus se opakuje pro další zážeh svíčky.

Podstatnou výhodou tohoto druhu zapalování je skutečnost, že poměrně velký náboj z kondenzátoru se za velmi krátký okamžik vybije do primárního vinutí zapalovací cívky. Důsledek tohoto faktu je velmi příznivý, protože děj velmi rychle probíhá a rovněž rychle zaniká. Vzniká tak intenzivní změna proudu a podmínky pro indukci sekundárního napětí více než příznivé. Hodnoty proudů přes primární vinutí jsou v důsledku krátkého času velmi vysoké (desítky A) a rovněž strmě narůstá indukované napětí na sekundárním vinutí, přiváděné na zapalovací svíčku (30-35kV).

2. Měření

2.1 Postup měření

Klasické zapalování s cívkou (SZ):

Všechny přepínače modulu SIS1 byly přepnuty do pozice „OFF“, svorky byly zapojeny pro simulaci klasického zapojení dle návodu. Na výstupu transformátoru byl připojeným osciloskopem odměřen výstupní průběh napětí. Ampérmetr byl do obvodu zapojen tak, aby mohl být zjištěn proud protékající primárním okruhem vinutí při natočeném rotoru tak, aby byl rozdělovač sepnutý.

Tranzistorové zapalování s kontaktním řízením (TZ-K):

Všechny přepínače modulu SIS1 byly přepnuty do pozice „OFF“, svorky byly zapojeny pro simulaci tranzistorového zapojení dle návodu. Zapojeným ampérmetrem byla zjištěna hodnota proudu protékajícího primárním okruhem vinutí při natočeném rotoru tak, aby byl rozdělovač sepnutý. Při nastavení přepínače S7 na modulu SIS1 do pozice „ON“ byla ověřena nulová hodnota výstupního napětí. Po zapojení regulátoru primárního proudu dle návodu, byla sledována hodnota proudu na ampérmetru při natáčení trimrem RV1. Při nastavení přepínače

S6 na modulu SIS1 do pozice „ON“ byla sledována nestálost proudu primárním okruhem bez reakce na změnu RV1.

Tranzistorové zapalování s Hallovým senzorem (TZ-H):

Všechny přepínače modulu SIS1 byly přepnuty do pozice „OFF“, svorky byly zapojeny pro simulaci tranzistorového zapojení s Hallovým senzorem dle návodu. Připojeným osciloskopem byly odměřeny průběhy před a za komparačním zesilovačem. Následně byl osciloskop připojen pro měření signálů za napěťovým zesilovačem a za generátorem pily. V tomto bodě byla sledována změna průběhů při změně nastavení potenciometru RV3. Tato změnu byla také patrná i při změně rychlosti otáčení hřídele, a to manuálním brzděním.

Tranzistorové zapalování s indukčním senzorem (TZ-I):

Všechny přepínače modulu SIS1 jsem přepnul do pozice „OFF“ a zapojil jsem svorky pro simulaci tranzistorového zapojení s indukčním senzorem dle návodu. Připojil jsem osciloskop a sledoval jsem změnu průběhu z indukčního senzoru a průběh za komparátorem při změně nastavení potenciometru RV2. Tuto změnu jsem zjistil i při změně rychlosti otáčení hřídele, a to manuálním brzděním.

Plně elektronické zapalování (VZ):

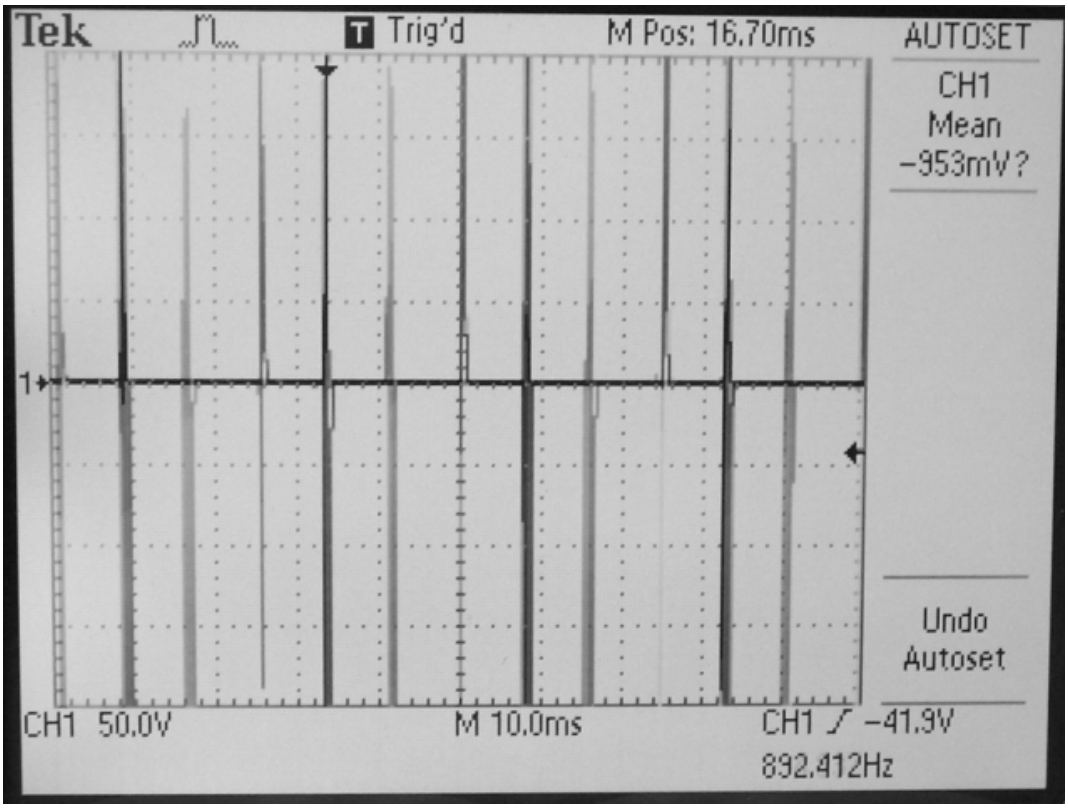
Všechny přepínače modulu SIS1 byly přepnuty do pozice „OFF“, svorky byly zapojeny pro simulaci elektronického zapojení dle návodu. Zde byla sledována posloupnost rozsvěcejících se diod před i po přepnutí přepínač S5 na modulu SIS1 do pozice „ON“.

Kapacitní-tyristorové zapalování (HKZ):

Všechny přepínače modulu SIS1 byly přepnuty do pozice „OFF“, svorky byly zapojeny pro simulaci tyristorového zapojení dle návodu. Připojeným osciloskopem (pomocí „krokodýlku“) byl odměřen průběh napětí na řídící elektrodě při točícím se rotoru.

2.2 Naměřené hodnoty a grafy

2.2.1 Klasické zapalování s cívkou (SZ):



Obr.14. Průběh napětí na sekundárním vinutí transformátoru

Proud tekoucí přes přerušovač: *I = 0,4A*

2.2.2 Tranzistorové zapalování s kontaktním řízením (TZ-K):

Proud tekoucí přes přerušovač: *I = 0,112mA*

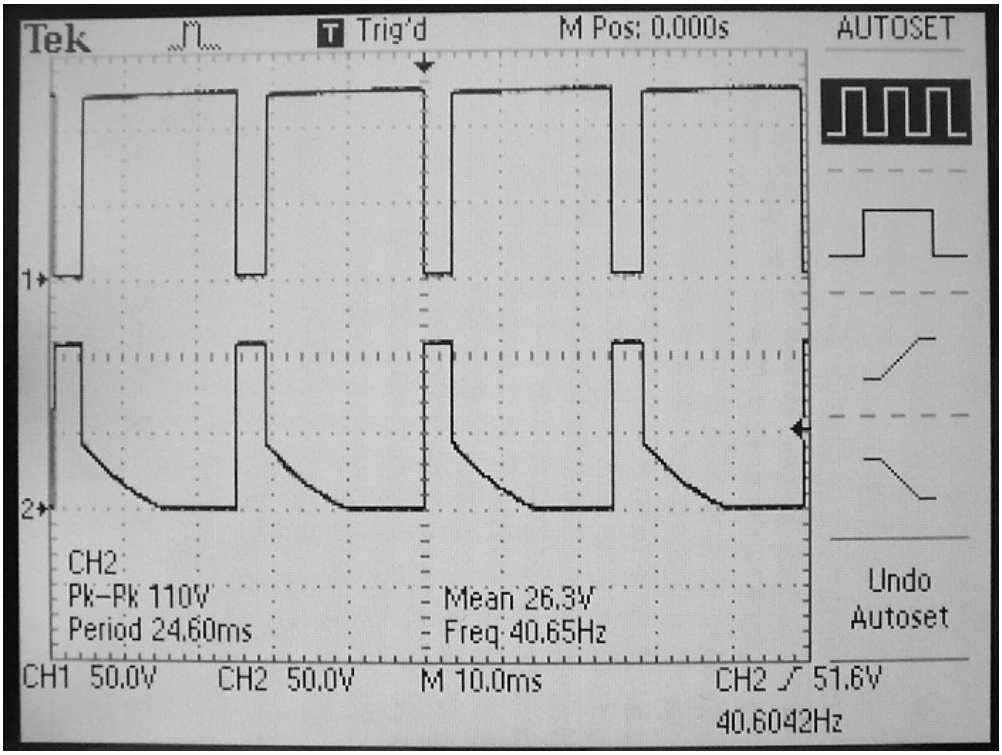
Protože na rozdíl od předchozího zapojení tímto proudem otevíráme tranzistor, musí být hodnota takto nízká.

Po přepnutí S7 do pozice „ON“ se hodnota výstupního napětí pohybovala v řádu jednotek voltů. Sepnutí spínače S7 způsobilo trvalé odpojení přerušovače (obvod nebyl uzavírán).

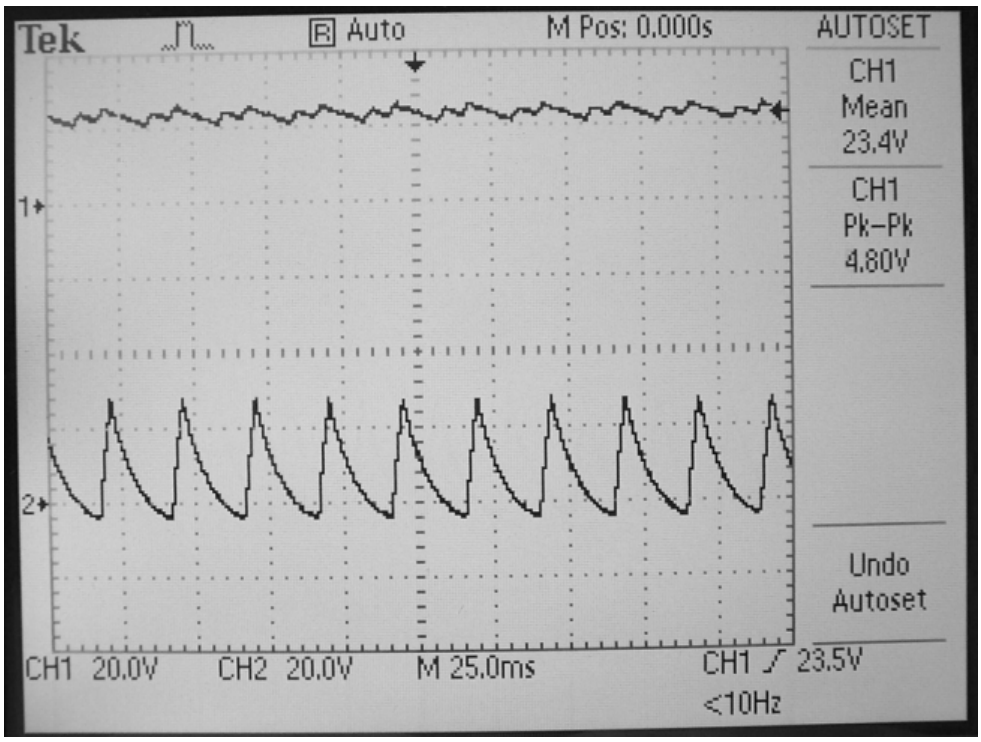
Nastavení proudového omezení pomocí RV1 proběhlo úspěšně.

Po přepnutí S6 do pozice „ON“ se hodnota protékajícího proudu více než zdvacetinásobila a začala pozvolna klesat. Sepnutí spínače S6 způsobilo zkratování proudového omezovače.

2.2.3 Tranzistorové zapalování s Hallovým senzorem (TZ-H):



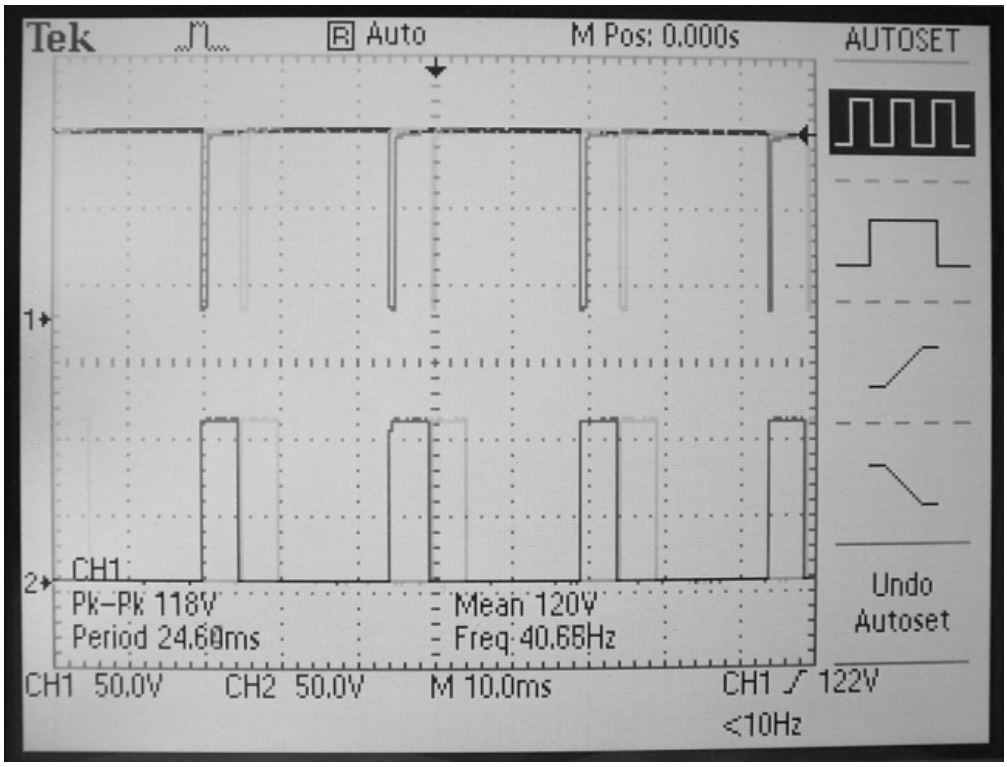
Obr.15. Průběhy napětí před a po úpravě komparačním zesilovačem:



Obr.16. Průběhy napětí za napěťovým zesilovačem a za generátorem pily

Při nastavování odporového trimru RV3 z jedné krajní polohy do druhé se zvyšovala amplituda signálu za napěťovým komparátorem od 24,5V do 7,8V. Při manuálním přibržďování motorku amplituda signálu klesala.

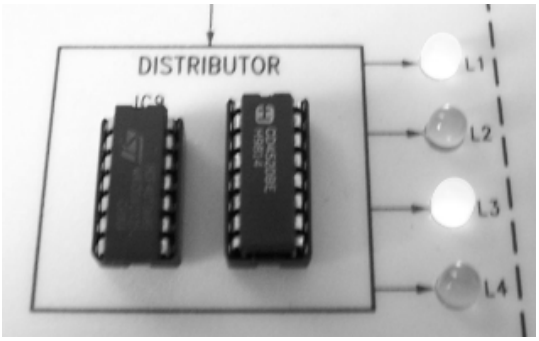
2.2.4 Tranzistorové zapalování s indukčním senzorem (TZ-I):



Obr.17. Průběhy napětí z indukčního senzoru a za napěťovým komparátorem

Při nastavování odporového trimru RV2 z jedné krajní polohy do druhé se šířka periody impulsu měnila od 3,5ms do 6ms. Při manuálním přibržďování motorku jsme prodlužoval periodu.

2.2.5 Plně elektronické zapalování (VZ):



Obr.18. Znázornění zážehování válců

Z - zážeh ve výfukové fázi ; Č - zážeh v zažehovací fázi pístu

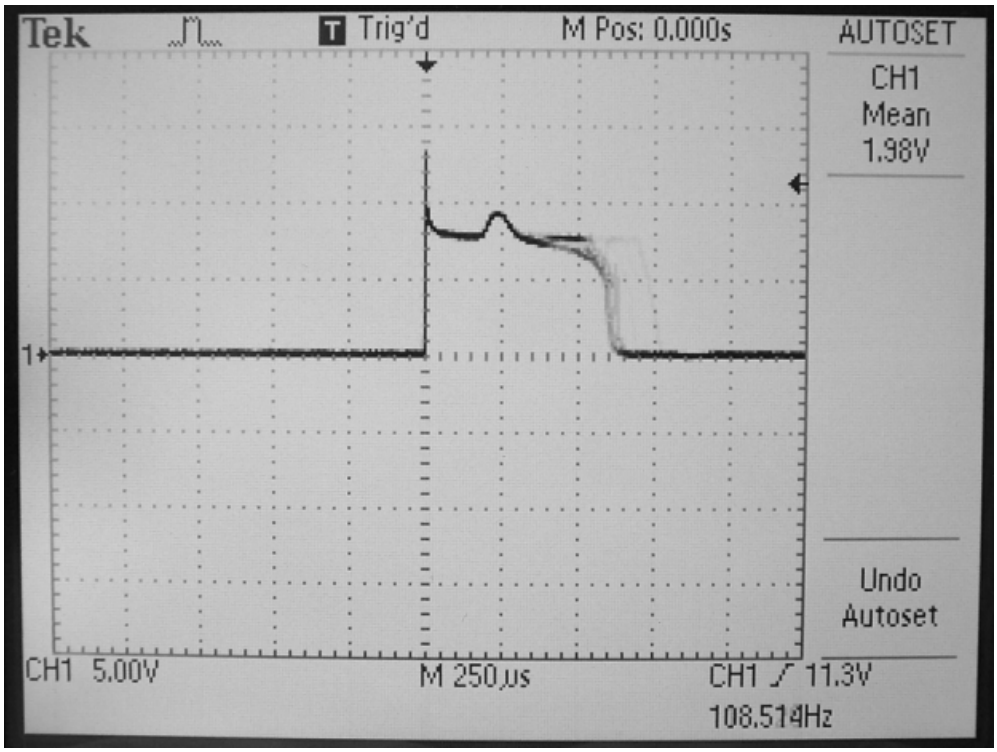
Změřená sekvence rozsvěcejících se diod pro čtyřválcový motor je následující:

L1	Z	-	Č	-
L2	-	Z	-	Č
L3	Č	-	Z	-
L4	-	Č	-	Z

Po přepnutí S5 do pozice „ON“ byla sekvence následující:

L1	Z	Z	Č	Č
L3	Č	Č	Z	Z

2.2.6 Kapacitní-tyristorové zapalování (HKZ):



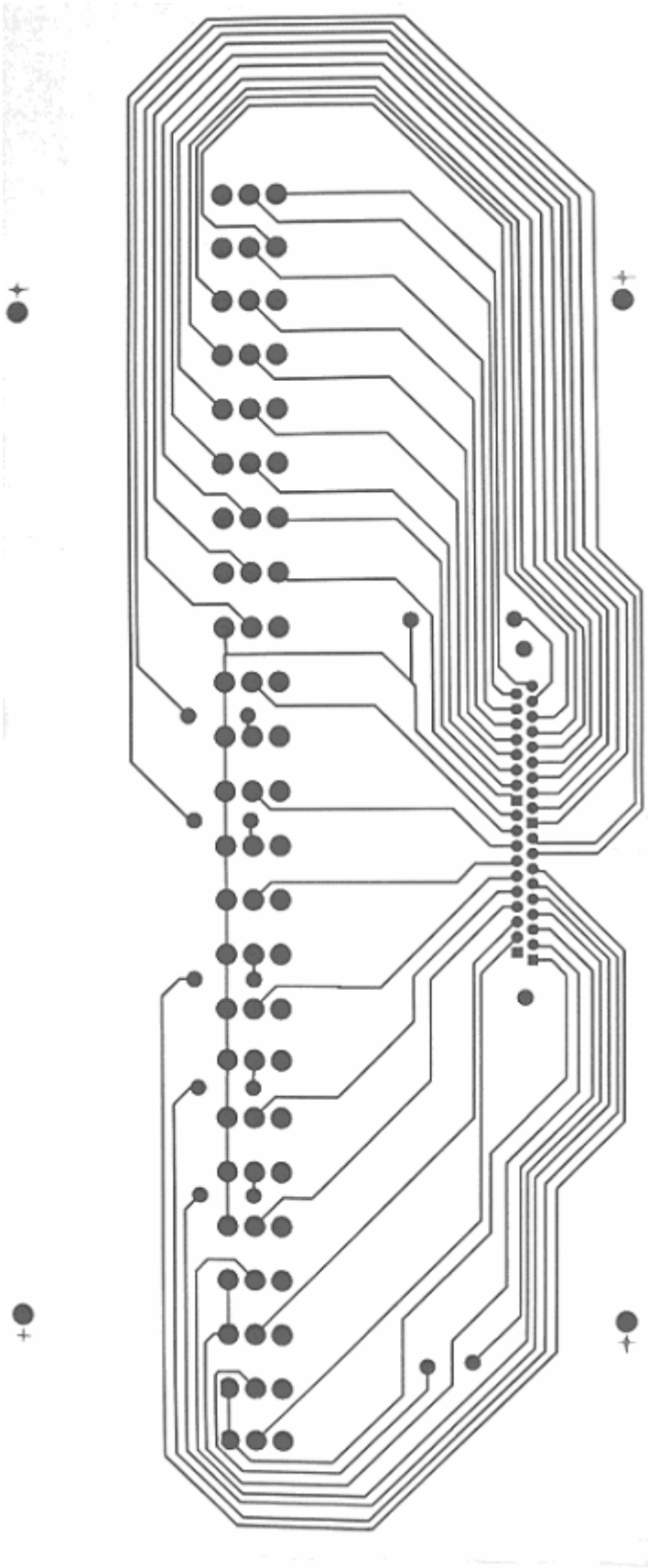
Obr.19. Průběh napětí na řídicí elektrodě tyristoru

3. Závěr

Prvním úkolem bylo vypracování celého elaborátu, tzn. teoretické rozbory, schémata zapojení a úkoly měření, zde jsem musel odhalit několik chyb v učebním textu od firmy ElettronicaVeneta. Tyto chyby spočívaly v záměně některých spínačů v zapojeních (například měření proudu zkratovaným ampérmetrem, apod.). Dalším úkolem bylo navržení řídicí desky a její propojení s hlavním modulem kabelem s 27-pinovými konektory. Po odladění předchozích nedostatků se při měření nevyskytovaly žádné potíže a naměřené průběhy odpovídaly teoretickým předpokladům. Myslím si, že měření jsou dostatečně názorná, aby studentům pomohla osvětlit tuto kapitolu.

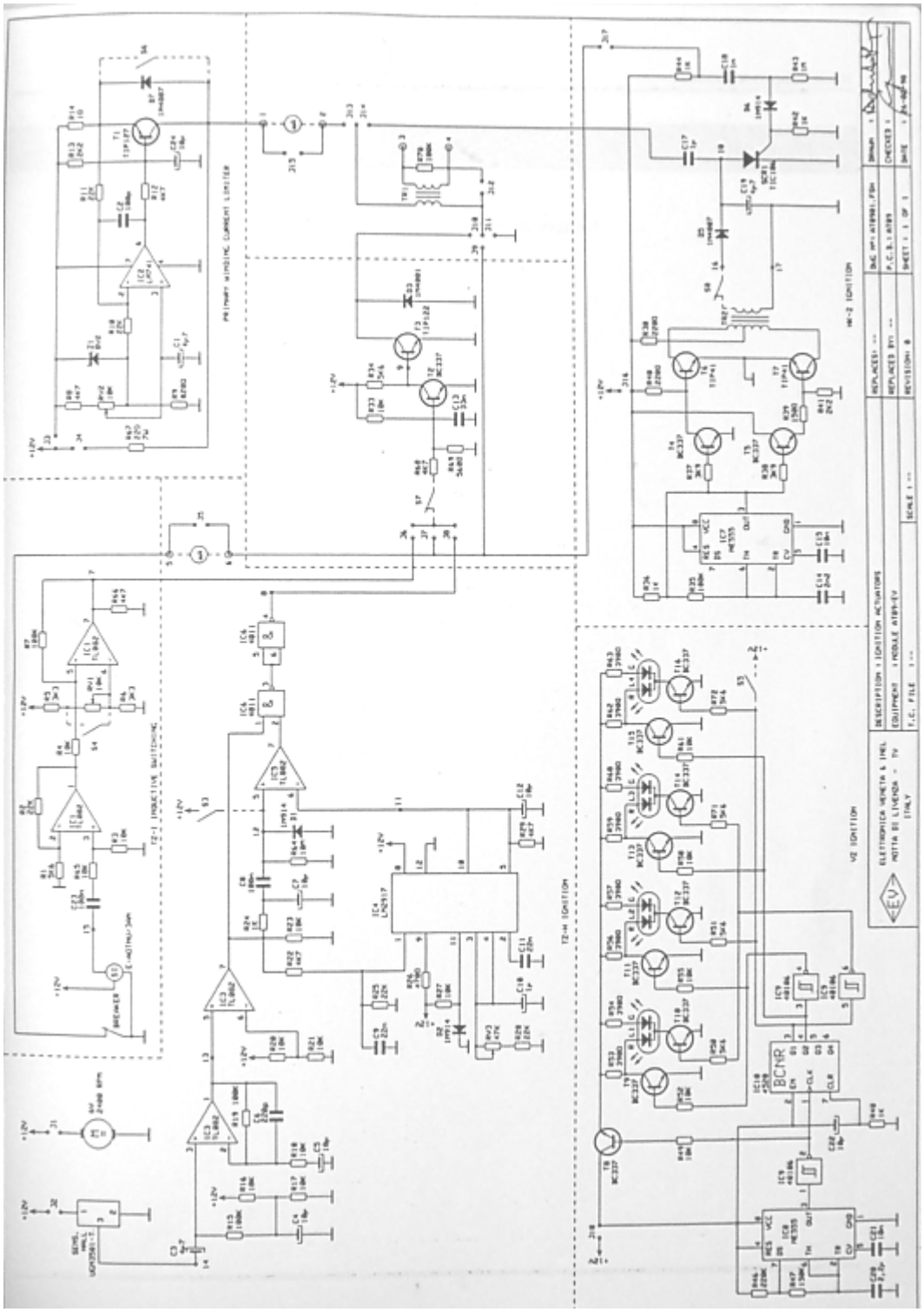
Příloha č.1:

Plošný spoj řídící desky:



Příloha č.2:

Zapojení modulu AT09/EV firmy Elettronica Veneta modulu



Seznam přístrojů:

ss Zdroj – stabilizovaný napěťový zdroj B2-23, výrobce: Vývojové laboratoře ČVUT Poděbrady, v.č.: 26

Osciloskop – TDS 1002, výrobce: Tektronix, v.č.: C058372

Digitální multimetr – VOLTCROFT 91, v.č.: 320005978

Literatura

[1] Ignition Actuators: Theory and Exercises, ElettronicaVeneta

[2] Ignition Actuators: Service handbook, ElettronicaVeneta

[3] Ripka P., Ďaďo S., Kreidl M., Novák J.: Senzory a převodníky, Skriptum FEL ČVUT, Vydavatelství Česká technika, Praha, 2005

[4] Vobecký J., Záhlava V.: Elektronika součástky a obvody principy a příklady, Vydavatelství Grada, Praha, 2001