

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

V Liberci 2009

Jaromír Hartych



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií

Ústav řízení systémů a spolehlivosti

ELEKTRONIKA A INFORMATIKA
Elektronické informační a řídicí systémy

**MĚŘENÍ VOLTAMPÉROVÝCH CHARAKTERISTIK
ELEKTRICKÉHO VÝBOJE**

**MEASUREMENT VOLT-AMPERE CHARACTERISTICS
ELECTRIC DISCHARGE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor: Jaromír Hartych

Vedoucí BP: Doc. Ing. Miroslav Svoboda



Originál zadání práce



Originál zadání práce



Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé DP a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

datum:

podpis:

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Doc. Ing. Miroslavu Svobodovi za obětavé vedení při tvorbě podkladů pro psaní práce. Zvláště mu pak děkuji za poskytnutí odborné literatury a pomoc při výrobě měřicího přípravku.



Abstrakt

Tato bakalářská práce obsahuje výklad a praktické měření vlastností elektrického výboje. Stěžejním tématem je výboj obloukový. Na měření voltampérové (V-A) charakteristiky a výklad příslušné problematiky je zaměřena největší část práce. Teorie je převzata z veřejně přístupných zdrojů, je však sestavena pro potřeby seznámení se se základními vlastnostmi obloukového výboje.

Přípravek pro měření vychází ze skutečné součástky (zapalovací svíčka motoru), ale byl upraven pro potřeby měření. Byla pozměna konstrukce a navržen ovládací obvod umožňující nastavování různých parametrů.

Další kapitolou je vlastní průběh měření a zpracování výsledků. To vše je zpracováno pomocí karty v PC a softwaru LabView. Konečné soubory dat jsou vyhodnoceny pomocí programu EXCEL. Byl proměřen dynamický průběh napětí a proudu při hoření oblouku v závislostech na různých vlivech. Z opakovaných měření byl sestaven graf statické V-A charakteristiky.

Klíčová slova: elektrický výboj v plynech, dynamická a statická měření, voltampérová (V-A) charakteristika.



Abstract

This bachelour labour includes interpretation and practical metering feature electric discharge. Preoccupation them of discharge arc. On metering V-A characteristics and interpretation appropriate problems is bent more work. Theory is assumed largely from out accessible sources, is however built-up for needs familiarization with basic feature arc discharge.

Preparation for metering emanated from a real parts (automotive ignition system sparking-plug), but was modified for needs metering. Preparation for metering emanated from a real parts (automotive ignition system sparking- plug), but was modified for needs metering. Was modification construction and designed actuating circuit susceptible setting movement different parameters.

Next chapter is course metering and processing results. It's by the help of cards in PC and software LabView. Final files data are evaluation by the help of EXCEL. Was scale dynamic course tension and flow at arcing depending on different influences. From repeated metering was built graph V-A characteristics.

Keywords: electric discharge in the air, dynamic and static metering, volt-ampere characteristics.



Obsah práce: 47 stran, 12 obrázků, 10 grafů, 2 tabulky.

Hartych, J.: *Měření voltampérových charakteristik elektrického výboje*. Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií Technické univerzity v Liberci. Ústav řízení systémů a spolehlivosti.



OBSAH

Prohlášení	
Poděkování	
Abstrakt	
Úvod	9
1. Teorie elektrického výboje v plynech	10
1.1 Nesamostatný výboj	12
1.2 Samostatný výboj	13
1.3 Voltampérová charakteristika výboje v plynech	14
1.4 Výboj za atmosférického tlaku	15
1.5 Výboj za sníženého tlaku a ve vakuu	12
2. Přípravek pro měření voltampérové charakteristiky elektrického výboje v atmosférických podmínkách	23
2.1 Popis funkce přípravku	23
2.2 Těleso přípravku	24
2.3 Elektrický řídicí obvod	26
2.4 Napájení	28
2.5 Měření na přípravku	29
2.5.1 Přesnost měření	29
2.5.2 Měřicí obvod	31
2.5.3 Měřicí software	32
3. Měření voltampérových charakteristik obloukového výboje za běžných atmosférických podmínek	34
3.1 Dynamická měření	34
3.2 Statická měření	38
4. Měření při změně velikosti mezery mezi kontakty	41
4.1 Dynamická měření	41
4.2 Statická měření	42
5. Vyhodnocení výsledků měření	43
Závěr	45
Literatura	
Přílohy	



ÚVOD

Práce se zaměřuje na zkoumání vlastností elektrického výboje. Konkrétně jde o měření V-A charakteristiky jednoho z typů výboje, výboje obloukového. Celá problematika vyháží z potřeby vyšetřit vlastnosti hoření oblouku v prostředí zapalovací směsi v motoru. První etapa měření by měla prozkoumat hoření oblouku v normálních atmosférických podmínkách.

Téma měření je rozsáhlé. A tato práce si neklade za cíl provést všechny možné varianty měření, ale pouze ukázat funkčnost sestaveného systému a provést několik základních měření. Je zde i návrh jak pozměnit některé části, aby bylo možné zpracovat další typy měření (např. při vyšších hodnotách napájení nebo jiných rozmezích proudů).

Část práce se zaměřuje na teorii elektrického výboje. Text obsahuje odkazy na literaturu, kde se nachází komplexnější vysvětlení či odvození konkrétního vzorce. Teoretický výklad byl sestaven dle potřeb práce, a tudíž některé pasáže jsou pouze okrajově zmíněny. Nejsou stěžejní, ale přesto patří do rozsáhlého tématu, jakým jsou elektrické výboje.

Vlastní řešení je rozděleno do části tvorby přípravku a části vlastního měření. Je zde uvedena charakteristika celého systému včetně ovládání. Dále pak je v práci obsažen popis kompletních měření V-A charakteristiky, aby bylo možné kdykoli celé měření zopakovat. V závěru práce jsou vyhodnoceny výsledky několika provedených měření.

Téma elektrických výbojů se objevuje v období prvních experimentů na moderní úrovni. Výzkum výbojů začal již v 18. století. Prvotním tématem zájmu byly výboje nejvýraznější, tedy blesky. Později s větším rozvojem výzkumu elektřiny byly sledovány i výboje vyvolané elektrickým proudem.

První studování elektrického oblouku je připisováno britskému vědci jménem Humphr Davy. Hlavním impulsem byly pokusy využití obloukového světla v důlních lampách. Později se začala využívat tepelná energie oblouku. Nejčastěji v obloukových pecích pro tavení kovů, anebo ke svařování. Koncem 19. století probíhaly první výzkumy ohledně plazmatu (tedy materiálu výboje). Ve 20. století, s vývojem trubic s nízkým tlakem, vznikly první doutnavé světelné zdroje.



1. TEORIE ELEKTRICKÉHO VÝBOJE V PLYNECH

První fyzikové, kteří se zabývali elektrickými jevy, neměli ani tušení o jejich podstatě. Přesto se jim podařilo objevit mnoho zákonitostí, kterými se tyto jevy řídí. Elektron byl právě objeven při studiu elektrických výbojů ve zředěných plynech. Výzkumy ve druhé polovině 20. století potvrdily definované zákonitosti a moderní technika umožnila podrobné zkoumání i měření vlastností elektrických výbojů. Přesto není problematika výbojů ještě doposud zcela prozkoumána a na některé jevy dokonce existuje i několik teoretických vysvětlení. I přesto máme k dispozici ucelený souhrn poznatků, ze kterých můžeme vycházet.

Za normálních podmínek jsou plyny velmi dobrými izolanty. Aby byl plyn vodivý, musí obsahovat volné částice s nábojem a být ve vnějším elektrickém poli. Plyny se stanou vodivými tzv. ionizací – viz [1].

Energie potřebná k rozštěpení molekuly na vodivé částice se nazývá ionizační energie – W_i (udávaná obvykle v elektronvoltech – $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$; např. pro vodík 13,595 eV, pro kyslík 15,614 eV, pro dusík 14,53 eV).

Ionizace může probíhat několika způsoby. Při ionizaci nárazem jsou ionty nebo elektrony urychlovány elektrickým polem a narážejí do doposud neutrálních molekul. Ty jsou rozděleny na nabitě částice (ionty a elektrony štěpící další molekuly), tak začíná lavinová ionizace. Aby nastala ionizace, musí pro energii elektronu platit, že

$$\frac{m_e v_e^2}{2} \geq W_i \text{ [eV]}, \quad (1)$$

kde m_e je hmotnost a v_e rychlost štěpícího elektronu,

W_i je ionizační práce neutrální částice.

Je-li kinetická energie elektronu menší než ionizační práce, může být ionizace vyvolána dalším dopadajícím elektronem (postupná ionizace). Hlavním činitelem ionizace v atmosférickém vzduchu je plyn radon, který se rozpadá, a tak nastává v jeho okolí nárazová ionizace. Ta je patrně nejdůležitějším pochodem při přeskoku v plynech.



Při Foto-ionizaci je indikátorem rozpadu molekuly foton. Kinetická energie fotonu je dána vztahem:

$$E = h \cdot f \text{ [J]}, \quad (2)$$

kde h je Planckova konstanta $6,625 \cdot 10^{-34}$ Js,

f je kmitočet ($f = c/\lambda$; c je rychlost světla ve vakuu a λ je vlnová délka).

Podmínka fotoemise je

$$h \cdot f \geq W_i \quad (3)$$

Foto-ionizace je sekundární pochod při výbojích v plynech. Rozpadající se atom může vyžářit kvantum energie (foton), která může ionizovat jiný atom. Foto-ionizace se děje i přirozenou cestou vlivem kosmického záření či radiací vycházející ze solí rádia obsažených v zemské kůře. Ve vzduchu nastává ionizace rentgenovými paprsky.

Elektrony lze také uvolnit z povrchu elektrod tzv. elektronovou emisí (termická emise, fotoemise, autoemise a sekundární emise). Aby došlo k elektronové emisi, je zapotřebí dodat elektronu energii, která odpovídá rozdílu mezi energií volného elektronu uvnitř kovu a v prostoru mezi elektrodami.

Minimální hodnota tohoto rozdílu je vlastností pevné látky a nazývá se výstupní práce udávaná také v eV (např. pro uhlík 4,8 eV; pro sodík 2,3 eV).

Uvolněné elektrony se mohou připojovat k neutrálním molekulám a vytvářet tak aniony – iont se záporným nábojem. Elektrický proud je v plynech tvořen kladnými i zápornými ionty a volnými elektrony.

Současně s ionizací probíhá v plynu i opačný děj, zvaný rekombinace. Nesouhlasně nabitě částice (kation a elektron) se přitahují a vytvářejí opět neutrální molekuly. Jestliže převyšuje ionizace rekombinaci, pak narůstá počet ionizovaných molekul a zvyšuje se tedy vodivost plynu. Pokud je tomu naopak, vodivost se snižuje. Za stabilních podmínek se po určité době objeví rovnováha mezi ionizací a rekombinací, ale rovnováhu lze i uměle zabránit tzv. ionizátory.

Pokud se ionizovaný plyn nachází v elektrickém poli mezi dvěma elektrodami (katoda, anoda), vznikne elektrický proud jako uspořádaný pohyb kationů k záporně nabitě katodě, anionů a elektronů ke kladně nabitě anodě. Ionty, které dorazí na elektrody, ztrácejí svůj náboj a mění se v neutrální molekuly. Elektrický proud v plynech se nazývá výboj.



Přirozenými a běžně pozorovatelnými jevy tohoto typu jsou blesky. To jsou výboje mezi dvěma mraky nebo mrakem a zemí při napětí až 10^9 V. Doba trvání blesku je od milisekund do desítek sekund a blesk představuje energii až 100 kWh. Menších výbojů lze dosáhnout i uměle. Principu výboje v plynech se tak využívá například ve světelných zdrojích. Nejstaršími typy svítidel byly obloukové lampy, kde zdrojem světla byl stále hořící oblouk. Podstatou moderních výbojek (zářivek) je doutnavý výboj, který vzniká mezi elektrodami ve skleněné baňce naplněné speciálním plynem (např. rtuť, sodík). Při vhodných podmínkách lze dosáhnout v baňkách šíření pouze elektronů (elektronový paprsek). Tento proud elektronů již není elektricky neutrální, lze tedy směr paprsku vychylovat elektrickým polem, což je princip obrazovek.

Rozeznáváme dvě skupiny výbojů (samostatný, nesamostatný) z hlediska stability, viditelných projevů a energie (umístění na V-A charakter. na obr. 1.2 strana 15, lit [2]).

1.1 Nesamostatný výboj

Elektrický proud prochází pouze za přítomnosti ionizátoru. Přestane-li ionizátor působit, převládne rekombinace nad ionizací a výboj ustává. V tomto případě bývá ionizace vyvolána uměle ionizačními činidly, kterými může být ultrafialové, rentgenové a gama záření, případně vysoká teplota.

Vzduch se skládá z molekul dusíku, kyslíku, oxidu uhličitého, vodních par a dalších neutrálních částic, ale navíc obsahuje ionty obou polarit (kationy a aniony). Takže pokud je vzduch v elektrickém poli mezi dvěma elektrodami, začne vzduchem procházet minimální proud iontu ve směru polarit pole. Proudovou hustotu (el. proud plochou) v prostoru elektrického pole lze určit (odvození v lit. [1]) ze vztahu:

$$J = e(b_{i+} + b_{i-}) \frac{U}{d} \sqrt{\frac{1}{\zeta} \frac{dN}{dt}} \quad [\text{A/m}^2], \quad (4)$$

kde e je náboj iontu (v tomto případě $1,602 \cdot 10^{-19}$ C),

b_{i+} a b_{i-} jsou hybnosti kladných a záporných iontů (experimentem určené konstanty závislé na hmotnosti částic, ztrátové energii při strážce iontů),

U je napětí zdroje,

d vzdálenost elektrod (poměr U/d definuje intenzitu elektrického pole E),

ζ činitel rekombinace (pro vzduch $1,52 \cdot 10^{-12} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$),

N počet iontů.



Je tedy patrné, že hustota proudu je přímo úměrná napětí. Je-li zvětšována intenzita elektrického pole (napětí) natolik, že nastane rovnováha mezi vznikem a odváděním nosičů nábojů, proud se již nezvyšuje, přestože narůstá napětí mezi elektrodami, tzv. nasycený proud (pozn.: částice vznikají ionizací molekul v prostoru mezi elektrodami a zanikají nárazem na elektrodu). Především vztah (4) pro určení hodnoty hustoty proudu se změnil dle viz [1] do podoby:

$$Jn = e \frac{dN}{dt} l \text{ [A/m}^2\text{]}. \quad (5)$$

Hodnota Jn (hustota nasyceného proudu) nezávisí na napětí, je ovšem závislá na objemu pole. V praxi je hodnota hustoty nasyceného proudu velmi malá (μA až mA).

Další zvyšování proudu je podmíněno získáním dalších nosičů náboje. Nejčastější způsob získávání je emisí z jedné elektrody působením vnějších činidel. Děje se tak na katodě. Ta je záporně polarizovaná a umožňuje odtržení odpuzujících se elektronů ze svého povrchu. Nejprve proud narůstá pomalu a později rychleji. To je způsobeno tím, že elektron nabývá větší kinetické energie a tím vyvolává okolním částicím ionizaci nárazem. Po odstranění činidla reakce zaniká.

Kinetická energie elektronu je závislá na intenzitě elektrického pole E (napětí) a na dráze mezi dvěma srážkami. Dosáhne-li jeho energie velikosti W_i , dokáže elektron ionizovat jinou částici. Nárazem uvolní další elektron a zároveň tak vznikne i kladný iont. Počet elektronů směrem k anodě narůstá lavinovitě – exponenciálně. Lavina je nesamostatný výboj, neboť po odstranění činidla proud zaniká. Proudová hustota je již na anodě nelineární. Odvození vzorce (6) lze nalézt v lit. [1].

$$Ja = J_0 e^{\alpha x} \text{ [A/m}^2\text{]}, \quad (6)$$

kde J_0 je proudová hustota při emisi z katody,

α je ionizační číslo,

x je dráha mezi srážkami.

1.2 Samostatný výboj

Tento typ je nezávislý na vnějším zdroji ionizace. Pokud přestane ionizátor působit, ionty již vznikají samovolně (převládá povrchová ionizace - emise elektronu z elektrody a ionizace nárazem).



Samostatné výboje mají zvukové a světelné projevy. Nyní již proudová hustota v poli nabývá hodnot dle vztahu:

$$J = \frac{J_0 e^{\alpha x}}{1 - \gamma(e^{\alpha x} - 1)} \quad [\text{A/m}^2], \quad (7)$$

kde $J_0 e^{\alpha x}$ je výraz odpovídající povrchové ionizaci a výraz $1 - \gamma(e^{\alpha x} - 1)$ je pro ionizaci nárazem v prostoru mezi elektrodami,

α je ionizační číslo,

x je dráha mezi srážkami

γ je konstanta zahrnující další ionizační projevy (foto-ionizaci).

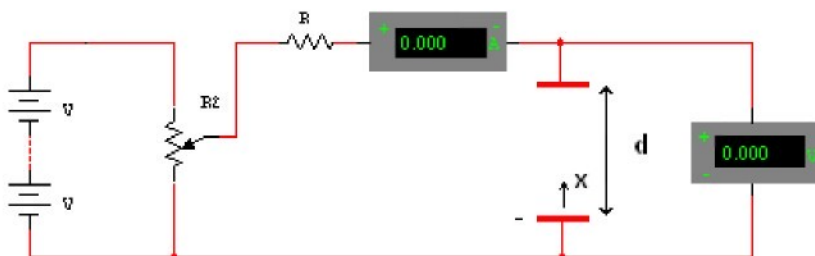
Vzrůstá intenzita pole, roste proudová hustota, ale výboj ještě není samostatný. Pokud by přestalo působit ionizační činidlo ($J_0 = 0$) proud by byl přerušen.

Při určité velikosti intenzity pole však dojde k přechodu na samostatný výboj, a to pokud je splněna podmínka, že $\gamma(e^{\alpha x} - 1) = 1$. Proud se pak udrží i bez vnějšího ionizačního činidla. Ovšem vzorec pro proudovou hustotu je nyní neurčitý výraz (pro $J_0 = 0$... nula / nulou). Samostatný výboj se pak ustaví tak, že elektron opouštějící elektrodu vytvoří kladný iont, který uvolní opět jeden elektron a tak se vše opakuje. Pro samostatný výboj již daný vzorec (7) pro proudovou hustotu neplatí.

1.3 Voltampérová charakteristika výboje v plynech

Elektrické vlastnosti ionizovaného plynu lze dle [5] měřit v ionizační komoře. Tu tvoří deskový kondensátor. Prostor mezi deskami ionizujeme například zářením. Pro dané hodnoty napětí mezi deskami se měří proud procházející plynem (obr. 1.1).

V závislosti na napětí lze rozlišit několik částí křivky (na obr. 1.2).

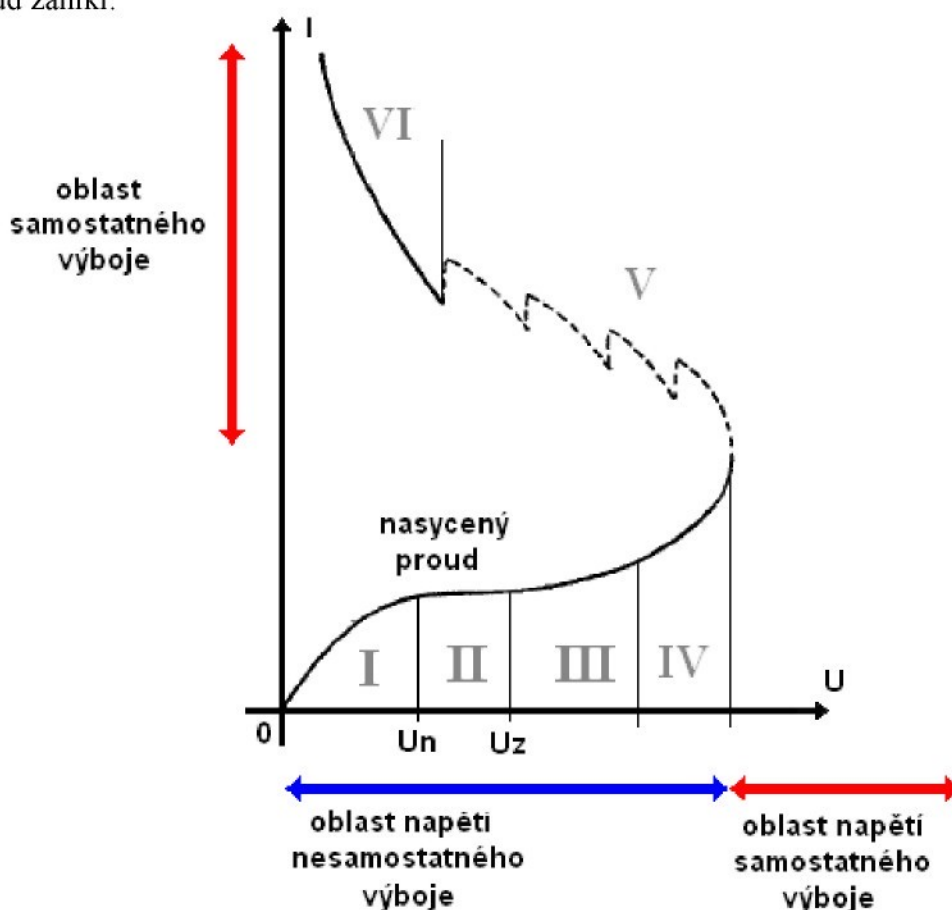


Obr. 1.1 Obvod pro měření voltampérové charakteristiky plynu



Oblast I: Postupně je zvyšováno napětí na elektrodách. Přímě úměrně tomu se zvyšuje i proud v obvodu. Pokud je $U < U_n$ (nasycené napětí), zanikne většina iontů rekombinací dříve, než dorazí na elektrody. Velikost proudu je prakticky zanedbatelná (μA). Zatím není třeba zvyšovat ionizaci uměle.

Oblast II: Při napětí U_n je rychlost iontů tak velká, že již téměř nerekombinují a výboje se účastní prakticky všechny ionizované částice. Při dalším zvyšování napětí proud již neroste (nasycený proud). V této oblasti po odstranění ionizačního činidla by proud zanikl.



Obr. 1.2 Voltampérová charakteristika plynu, viz [2]

1.4 Výboj za atmosférického tlaku

Oblast III: Při překročení napětí U_z (zápalné napětí) již vznikne nepatrný výboj. Je však nedostatek nosičů náboje. Je tedy nutné je dodávat uměle (např. emisí z elektrody). Nárůst proudu je zatím malý. Elektronů dosud nemají takovou energii, aby samy ionizovaly jiné částice.



Oblast IV: Vzniká tzv. tichý výboj (neboli *Townsendův výboj*, viz [1]). Je to stále zatím ještě výboj nesamostatný. V blízkosti nabitých částic je zvláště velká intenzita elektrického pole. Ta může vést k tomu, že v okolním plynu nastane ionizace nárazem, a tak vzniká výboj. Lavinovitě narůstají částice, a tudíž značně narůstá proud.

Tento tichý výboj má ve vzduchu červeně-fialové zabarvení, projevuje se světélkováním a jiskřením. Také na dálkovém vedení elektrického proudu (při napětí nad 100 kV) nastává tichý výboj, zvaný koróna. Jsou-li dráty vedení příliš tenké, koróna způsobuje značné ztráty energie. Užívá se tedy dutých vodičů, neboť při témže odporu mají menší křivost.

Oblast V: Tichý výboj není stále ještě stabilní. Udrží se, když do obvodu vložíme omezující odpor R . Není-li tento odpor příliš velký, roste ionizace nárazem lavinovitě a může při vhodném napětí zasáhnout celý prostor, čímž vzniká jiskrový výboj. To je přechod náboje při vysokém napětí (elektrický průraz plynu). Výboj nastane, pokud intenzita pole mezi elektrodami dosáhne hodnot potřebných k lavinové ionizaci, ale zdroj není schopen trvale dodávat elektrický proud.

Oblast VI: Zmenší-li se omezující odpor ještě více a je-li výkon zdroje dostatečně veliký, mění se výboj jiskrový na výboj obloukový.

Oblouk může také vzniknout po krátkém dotyku obou elektrod. Když se začnou elektrody opět oddalovat, zmenšuje se průřez pro průchod proudu, začne narůstat odpor na přechodu, zvyšuje se teplota na povrchu hrotů elektrod a odpařují se mikročástice z materiálu hrotů. Prostor mezi kontakty je plný odpařených ionizovaných částic. Mezi elektrodami se vytvoří napětí (velikost je dána charakterem obvodu), jehož důsledkem se zapálí oblouk. Napětí na udržení oblouku je ovšem podstatně menší než při výboji jiskrovém.

Jasně zářící výboj je válcového tvaru a je soustředěný do tenkého sloupce, jehož jádro tvoří ionizovaný plyn (plazma). Obsahuje přibližně stejný počet kladných a záporných nábojů, takže je navenek elektricky neutrální. Plazma je přítomná v nitru i v atmosféře hvězd a ve sluneční koróně.

Nezbytnou podmínkou obloukového výboje je zesílená emise u povrchu katody. Rozžhavená katoda emituje elektrony, které s sebou odnášejí i částčky materiálu kontaktů, takže se katoda během doby zahrocuje. Kdežto anoda se vlivem dopadajících



iontů a elektronů prohlubuje a tvoří se na ní kráter (princip sváření elektrickým obloukem).

Kráter anody má teplotu 3 500 až 3 900 °C. Dopadající elektrony předávají energii a tím anodu zahřívají, což je hlavním zdrojem obloukového světla (asi 85 %). Kdežto na katodu připadá jen 10 % a na vlastní oblouk 5 %. Teplota katody je 2 700 až 3 150 °C. Teplota jádra oblouku se pohybuje okolo 16 000 K (ve speciálních případech může být ještě větší). Teplota obalu je zhruba 7 000 K a je odvislá od prostředí hoření a intenzitě chlazení oblouku.

Vlivem vysoké teploty trupu oblouku je rychlost částic v plazmě značná, to způsobuje časté srážky tedy i ionizaci plynu. A touto ionizací je způsobena vysoká vodivost oblouku.

Statickou voltampérovou charakteristiku oblouku lze určit za zjednodušujících předpokladů z rovnice pro proud oblouku:

$$I_{ob} = \pi r^2 b_e E e N \text{ [A]}, \quad (8)$$

kde b_e je hybnost elektronu,

E je intenzita elektrického pole (U/d),

e je náboj elektronu,

r je poloměr oblouku,

N je počet elektronů v objemové jednotce.

N a b_e jsou závislé na teplotě, je tedy možné úpravami z rovnice (8) dosáhnout zobecněného vztahu pro E a I . Odvození vzorce viz [1].

$$E = K I_{ob}^{-n} \text{ [V/m]}, \quad (9)$$

což odpovídá klesající statické charakteristice (na obr. 1.5), n se pohybuje od 0,5 (pro malé proudy 10 A) až do 0,25.

Charakteristickou veličinou oblouku je také *obloukové napětí*, pro které platí dle lit. [3] rovnice:

$$U_{ob} = U_k + U_A + U_T \text{ [V]}, \quad (10)$$

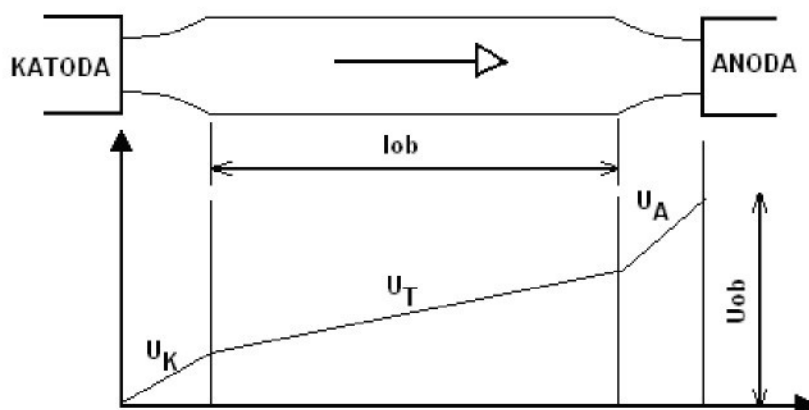
kde U_k je katodový úbytek,

U_A je anodový úbytek,

U_T je napětí na trupu oblouku



Přitahování nosičů k elektrodám způsobí, že napětí mezi elektrodami již není rozloženo lineárně, ale v blízkosti elektrod se vlivem prostorových nábojů napěťový spád zvětší (poměr u obou elektrod není stejný, obr. 1.3).

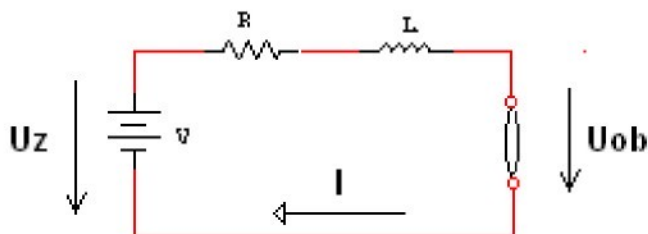


Obr. 1.3 Rozložení napětí na oblouku

Elektrický oblouk dělíme podle jeho délky na dlouhý a krátký. Pro napětí dlouhého oblouku platí, že $U_T \gg U_A + U_K$, a pro napětí krátkého oblouku: $U_A + U_K \gg U_T$.

Hoření oblouku v obvodu stejnosměrného proudu

Stabilitu hoření oblouku lze vyšetřit ve stejnosměrném elektrickém obvodu (obr. 1.4) charakteru R,L, ve kterém je vřazen vypínač – v místě U_{ob} . V okamžiku vypínání hoří mezi kontakty vypínače elektrický oblouk.



Obr. 1.4 Obvod stejnosměrného proudu s obloukem



Pro vypínání (přechodový děj) platí napěťová rovnice dle Kirchhoffova zákona:

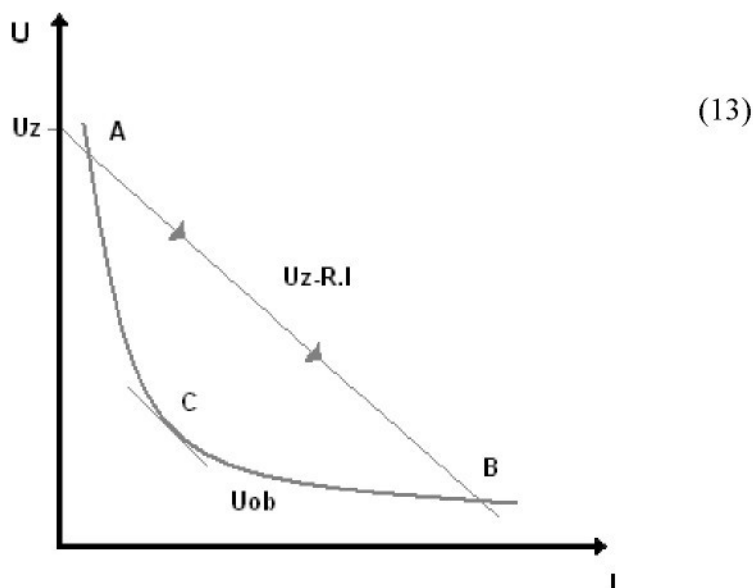
$$U_z = R \cdot I + L \frac{di}{dt} + u_{ob} \quad [\text{V}]. \quad (11)$$

Pro stabilní hoření platí $i = I_{ob} = \text{konst.}$ a $u_{ob} = U_{ob} = \text{konst.}$ a celou rovnici tak lze převést na tvar:

$$U_z = R \cdot I + U_{ob} \quad (12)$$

Stabilní body hoření (obr. 1.5) oblouku jsou pouze v průsečíku křivky oblouku U_{ob} a přímky obvodu dle rovnice:

$$U_z - R \cdot I = U_{ob}$$

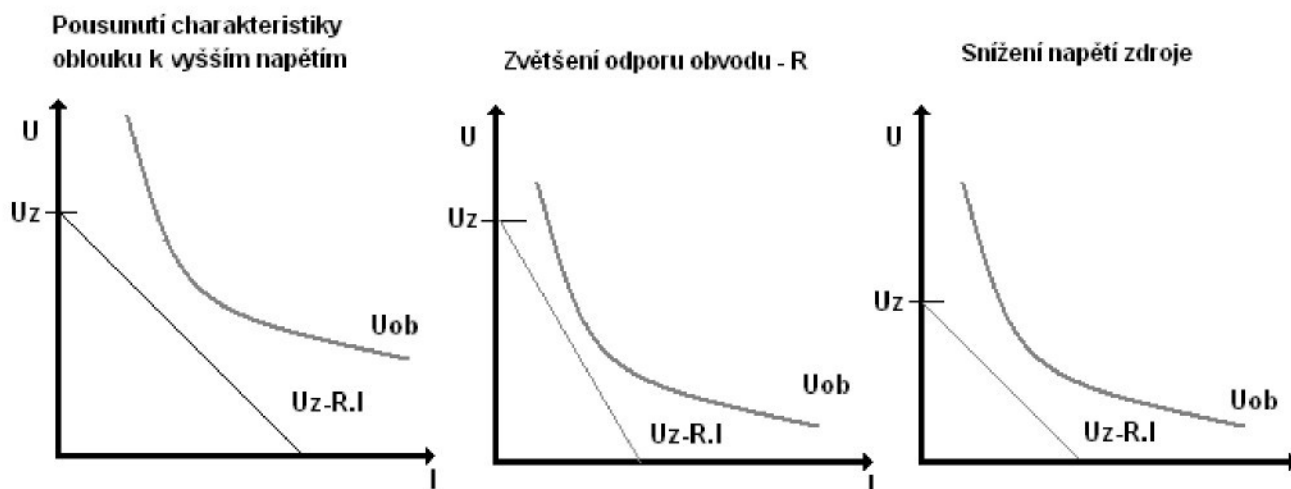


Obr. 1.5 Statická charakteristika a přímka obvodu

Pro hoření oblouku je podmínka platnosti rovnice (13) splněna v bodech A,B,C. Stabilní hoření je pouze v bodě B, bod A je labilní. Pokud je energie zdroje větší než energie oblouku, zdroj bude do oblouku dodávat energii a pracovní bod se posune do bodu B.

Bod C leží na mezi stability. K tomu, aby oblouk stabilně nehořel, nesmí existovat průsečík obvodové přímky s charakteristikou oblouku.

To lze zajistit dle lit. [3] následujícími způsoby znázorněnými na obr. 1.6..



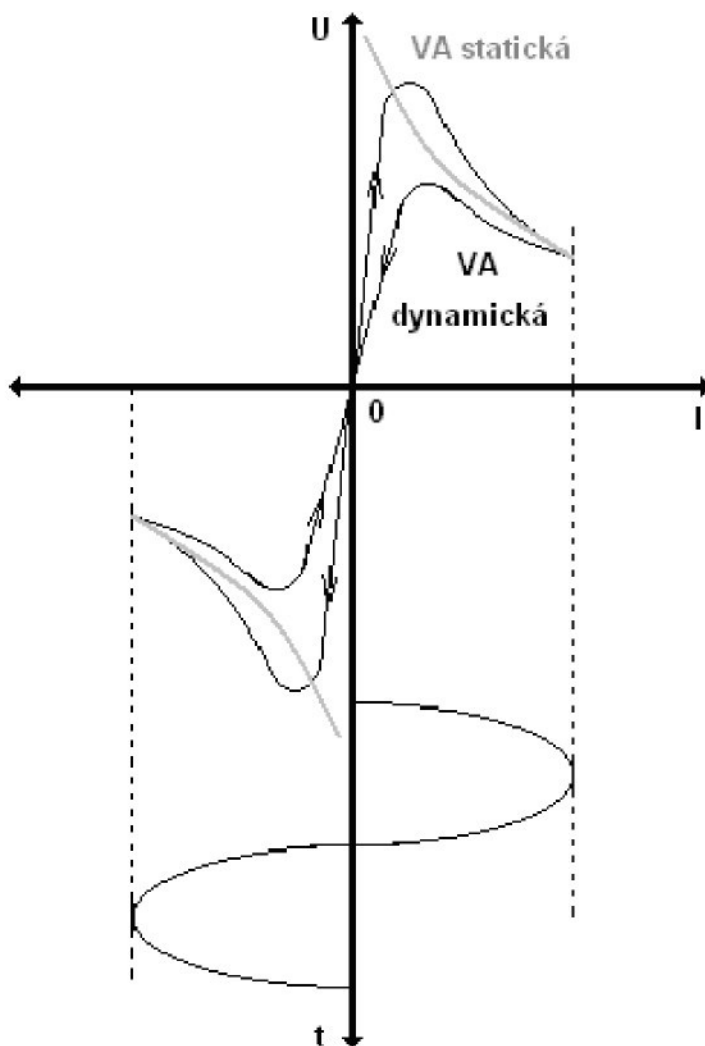
Obr. 1.6 Šetření průsečíku charakteristik

Hoření oblouku v obvodu střídavého proudu

Pokud se proud mění v závislosti na čase, obloukové napětí již nesleduje statickou charakteristiku (šedá), ale pohybuje se po dynamické charakteristice, jak je uvedeno v lit. [3]. Pro dynamický průběh platí, že pro změnu proudu od menšího k většímu leží křivka hoření oblouku nad statickou charakteristikou a pro změnu proudu od většího k menšímu leží pod statickou charakteristikou (obr. 1.7).

Mění-li se proud oblouku s časem, liší se i napětí oblouku od hodnot statické charakteristiky. Je to způsobeno především vlivem tepelné setrvačnosti plynu v trupu oblouku a okolí. Zmenší-li se hodnota střídavého proudu na nulu, probíhá rekombinace v kanálu oblouku tím rychleji, čím více klesá teplota. Tvorba nových nosičů ustala, neboť přestal přivod energie k udržení teploty kanálu. Nové zapálení oblouku po průchodu proudu nulou může nastat jen tehdy, když napětí na elektrodách (zotavené napětí) v nějakém okamžiku překročí měnící se elektrickou pevnost kanálu (závislou na teplotě, počtu nosičů, tlaku, délce kanálu).

Oblouky při střídavém proudu jsou více nestabilní. Jedním z hlavních parametrů, který má vliv na jeho samovolné zhašení, je jeho délka. Ta se může měnit jak vnějšími vlivy (protažení větrem), tak vnitřními elektrodynamickými silami, které mohou oddálit kontakty nebo způsobit protažení vlastního oblouku.



Obr.1.7 Hoření oblouku ve střídavém obvodu

Je-li tedy délka oblouku při průchodu proudu nulou (přeskoková vzdálenost) větší alespoň než polovina jeho kritické délky, lze za normálních podmínek očekávat rychlé samovolné zhasnutí oblouku. Experimenty dle [1] byl ověřen orientační vztah po kritickou délku:

$$l_{RRR} = 0,082 U I_K^{0,25} \text{ [m]}, \quad (14)$$

kde U je efektivní hodnota napětí,

I_K je efektivní hodnota proudu při kovovém zkratu.

Při vodorovném uspořádání elektrod může oblouk dosáhnout mnohem větší délky než při svislém.



1.5 Výboj za sníženého tlaku a ve vakuu

Za normálního tlaku je třeba velké intenzity elektrického pole – E (v řádu asi 10^6 V/m), aby vznikla ionizace nárazem. Dle lit. [2] velikost U_z závisí na tlaku a druhu plynu. Se snižujícím se tlakem roste střední volná dráha částic. Na delší dráze získají ionty a elektrony kinetickou energii potřebnou k ionizaci molekul i při menším napětí. Z těchto důvodů je za nižšího tlaku zápalné napětí menší (1–1000 Pa....100–1000 V na 20 cm proud desítky mA). Výboj ve zředěném plynu se nazývá doutnavý výboj.

Při ještě větším zředění plynu zhruba při tlaku pod 2,67 Pa, molekuly plynu již prakticky nepřekážejí pohybu elektronů a iontů v trubici. Elektrony se proto šíří prostorem přímočaře a dosahují na své značně dlouhé volné dráze velikých rychlostí. Pak již vlastně nejde o vedení elektriny plynem, ale o šíření nabitých částic prázdným prostorem (elektronový paprsek). Tyto částice tvoří neviditelné rovnoměrné přímočaré záření (katodové záření), které po dopadu na stěny trubice, pokrytou luminiforem, fluoreskuje. Záření lze vychylovat elektrickým či magnetickým polem, což se využívá u obrazovek. Proniká tenkými vrstvami a při dopadu na vhodný kov vyvolává rentgenové záření.

Vakuum neobsahuje nabitě částice, elektrický proud tedy vakuem neprochází. Průchod elektrického proudu vakuem je umožněn vznikem nositelů náboje na elektrodách (uvolnění elektronů z katody).

2. PŘÍPRAVEK PRO MĚŘENÍ VOLTAMPÉROVÝCH CHARAKTERISTIK ELEKTRICKÉHO VÝBOJE V ATMOSFÉRICKÝCH PODMÍNKÁCH

2.1 Popis funkce přípravku

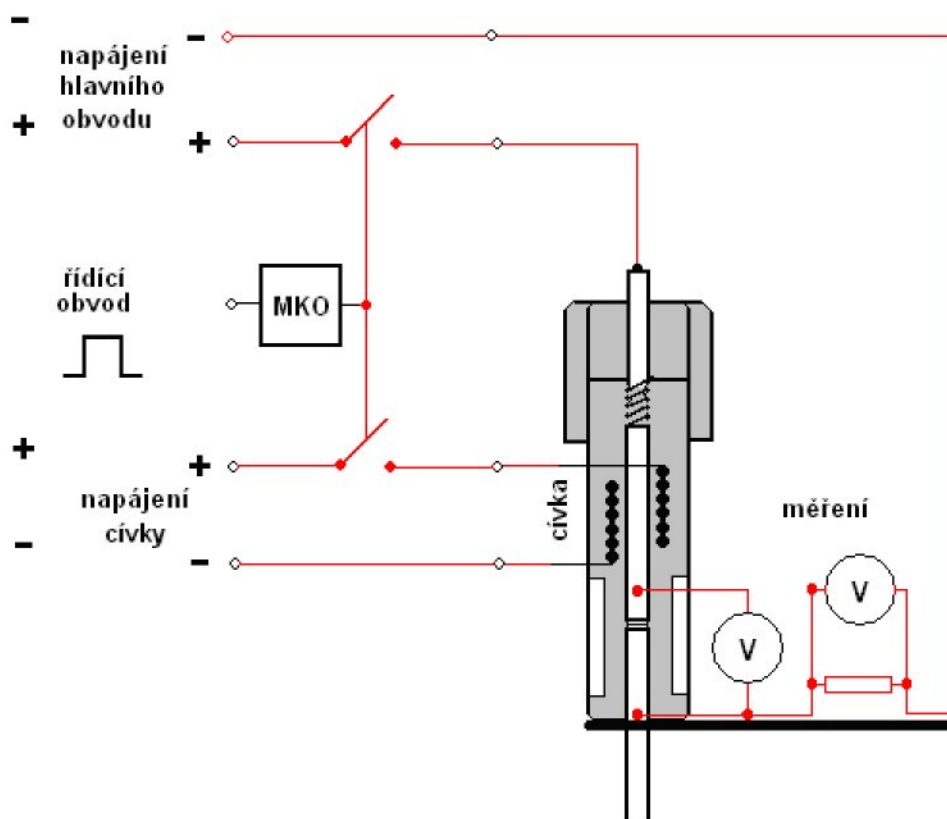
Zařízení umožňuje ovládání dvou kontaktů, mezi kterými dojde k zapálení elektrického oblouku. Pohyb jednoho z kontaktů zajišťuje elektromagnetická cívka. Druhý kontakt je pevný (stavitelný).

Konstrukce přípravku umožňuje připojení měřicího přístroje co nejbližší ke kontaktům (přesnost měření).

Obvod cívky je galvanicky oddělen od hlavního obvodu kvůli různým hladinám napětí. Oddělení je provedené optickými členy.

Hlavní obvod by neměl být trvale sepnutý, neboť při hoření oblouku může obvodem procházet vysoký proud. Z tohoto důvodu je zajištěno sepnutí hlavního obvodu s kontakty a obvodu s cívkou jen na omezeně krátkou dobu.

Lze regulovat dobu sepnutí, velikost proudu oblouku (stabilní bod hoření) a vzdálenost mezi kontakty.



Obr. 2.1 Principiální schéma přípravku



Principiální schéma obvodu (na obr. 2.1) se skládá ze tří částí:

1) Hlavní silový obvod tvoří: zdroj napětí, spínač obvodu, vodič, těleso přípravku – respektive pevný a pohyblivý kontakt s pružinou, výkonový tranzistor.

Součástí hlavního obvodu je i místo pro propojení měřících přístrojů. Proud obloukem je měřen jako úbytek napětí na odporu a napětí je měřeno přes dělič napětí.

2) Další částí je obvod s cívkou, která je ovládaná tranzistorem (průchodem proudu se stává magnetickou a tím vyvolává pohyb jednoho z kontaktů).

3) Řídicí obvod je tvořen zdrojem spouštěcího impulsu (tlačítko), monostabilním klop- ným obvodem (déle již jen MKO) zajišťujícím přerušení obvodu po uplynutí časového intervalu.

Na začátku každého měření jsou kontakty spojeny, ale hlavním obvodem zatím ještě proud neprochází. Až po přivedení impulsu do MKO se řídicí obvod překlápí ze stabilního do nestabilního stavu. V nestabilním stavu MKO vyšle signál k sepnutí obou spínačů. Hlavním obvodem začne procházet proud a zároveň magnetické pole cívky oddaluje kontakty, mezi nimiž se zapálí oblouk.

Po uplynutí časového intervalu se MKO překlápí zpátky do stabilního stavu, v němž odpojí spínač a nedovolí tak procházet proudu do cívky. V ní začne zanikat magnetické pole, což dovolí kontaktům se opět dotknout. Ke zkratu v hlavním obvodu ovšem nedojde, neboť došlo i k rozpojení spínače hlavního obvodu.

2.2 Těleso přípravku

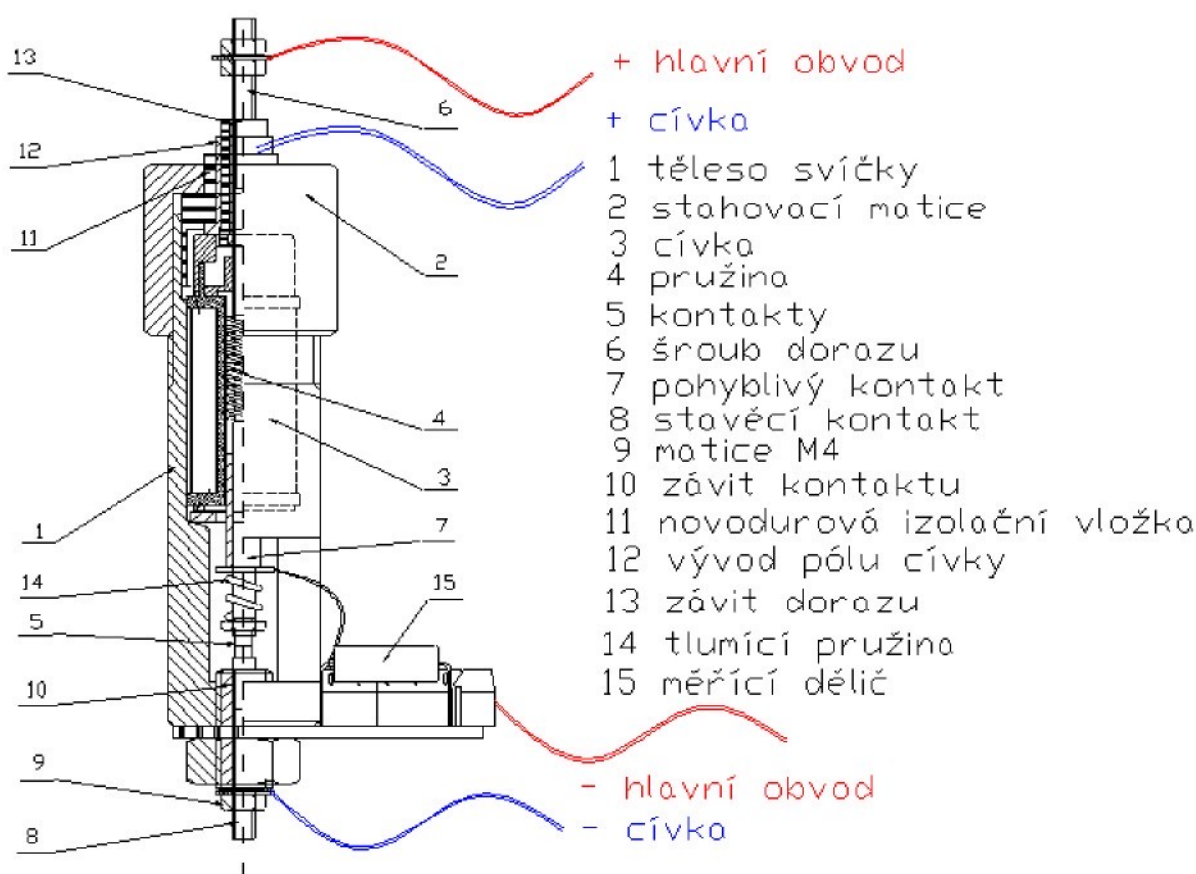
Těleso svíčky (1) je vytvořeno z ocelového válce, na který je závitem připevněna stahovací matice (2). Délka celé sestavy je přibližně 10 cm. Nepřesnost je dána velikostí dotažení stahovací matice. Cívka (3) je upevněna ve svíčce pomocí stahovací matice.

Hlavní obvod je tvořen ze čtyř dílů. Šroub dorazu (6) určuje velikost posunutí pohyblivého kontaktu (7). Mezi nimi (6, 7) je pružina (4), která navrácí nazpět pohyblivý kontakt a zároveň vede proud v době, kdy ještě nedošlo k dotyku dorazu s pohyblivým kontaktem. Stavěcím kontaktem (8) lze nastavit velikost mezery.

Nastavení mezery se provádí následujícím způsobem. Povolí se matice M4 (9). Na konci stavěcího kontaktu (8) je vytvořena drážka. Stavěcí kontakt se zašroubuje na doraz k pohyblivému kontaktu (7). Poté pohybem nazpět vytvoříme požadovanou mezeru. U metrického závitu M4 je stoupání $p = 0,7 \text{ mm}$ (posunutí kontaktu o $0,7 \text{ mm}$

na otáčku). Pokud je potřeba ještě větší mezera, je možné posunout také šroub dorazu (6). Následně se nastavení provádí stejným způsobem, ale mezera může být velká max. 10 mm. Zajištění pohyblivého kontaktu se nakonec provádí dotažením matice.

Pro přesné měření mezery lze použít ploché měrky (vložením do mezery mezi kontakty). Nebo popřípadě indikátorovými hodinkami, kterými se porovnává rozdíl polohy stavěcího kontaktu (8) při plném zašroubování a při nastavené mezeře.



Obr 2.2 Těleso přípravku (další výkresy jsou součástí přílohy na CD).

Je známe, že teplota oblouku při hoření dosahuje vysokých hodnot. Je tedy nutné pro kontakty (5) použít teplotně odolný materiál, aby nedocházelo k velké erozi v místě hoření oblouku. Wolfram má nízkou emisivitu (malé rozrušování povrchu při hoření) a vysokou teplotu tání (3 410 °C). V praxi je používán na svařovací elektrody, je ovšem hůře zpracovatelný. Soustružení je obtížné a frézování prakticky nemožné. Wolfram má



větší hustotu než ocel, což by způsobovalo větší setrvačnost při odtahování kontaktů. Z těchto důvodů jsou z wolframu pouze nástavce na koncích kontaktů. Hlavně by nebylo možné kontakty ovládat magnetickým polem, neboť wolfram není feromagnetický materiál.

Před měřicí vývod napětí je přidána tlumicí pružina (14), aby se vodič nepohyboval vlivem pohybu kontaktu. Připojení silového obvodu je provedeno následovně: kladný pól je připevněn na šroub dorazu (6) pomocí matice, záporný pól je připojen do svorkovnice na děliči napětí (15). Připojení cívky je mezi vývod (12) a kostru tělesa přípravku, např. pomocí matice (9).

2.3 Elektrický řídicí obvod

Obvod je navržen s ohledem na předpokládané použité napájení a součástky, které byly k dispozici (při jiných požadavcích, lze vyměnit pouze některé součástky).

Vstupní napájecí napětí (V_3) je 100 V, nejvyšší dovolená hodnota napětí na vývodech $C-E$ výkonového tranzistoru (Q_3). Pokud by byl použit zdroj s jinou hodnotou napětí (např. s nižší), je třeba upravit hodnotu proudu do báze (pomocí trimru R_9) pro dostatečně stabilní hoření oblouku. Ale musí být zohledněna velikost tohoto trimru, aby nebyla překročena hodnota dovoleného napětí $C-E$ a proudu I_c tranzistorem (Q_3).

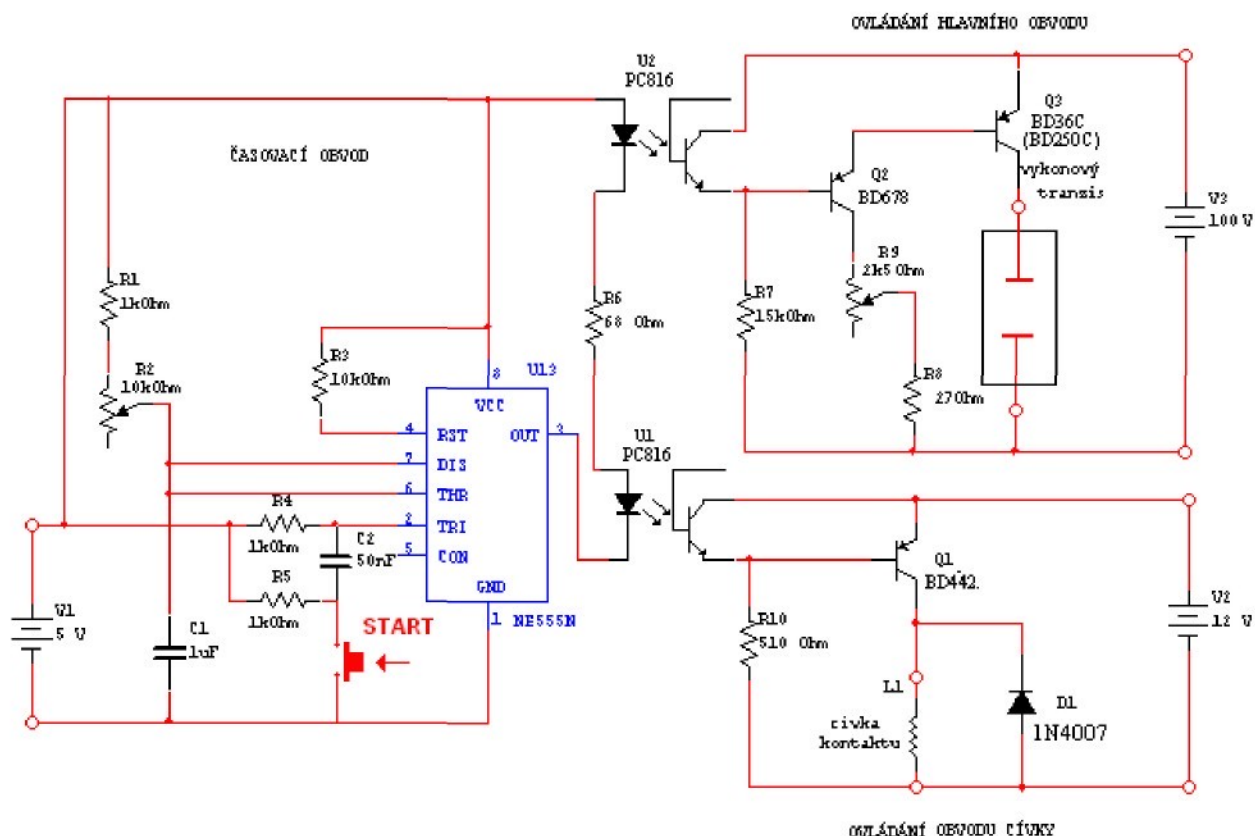
Orientační hodnoty pro $\beta = 25$:

Pro $U_{CE} = 500$ V, $I_c = 7,5$ A, $R_9 = 2000 \Omega$.

Pro $U_{CE} = 100$ V, $I_c = 4,5$ A, $R_9 = 500 \Omega$.

Pro $U_{CE} = 24$ V, $I_c = 3$ A, $R_9 = 50 \Omega$.

Trimetr (R_9) je v bázi nutný i s ohledem na pomocný tranzistor (Q_2), který má také limitované parametry proudu I_c . Z tohoto důvodu je trimetru (R_9) předřazen odpor (R_8), který i při nulové hodnotě (R_9) omezuje velikost I_c tranzistorem (Q_2).



Obr. 2.3 Schéma spínacího obvodu

Použité součástky

Byl použit časovací obvod NE555N. Nastavená doba trvání pulsu (perioda t) je v sekundách a je dle lit. [8] určena následujícím vzorcem:

$$t = 1,1 \cdot R \cdot C \quad [\text{s}],$$

kde t je perioda v sekundách,

R je odpor,

C je kapacita.

Konkrétní zapojení:

$R2$ trimer (0–10 kΩ),

$$t_{\min} = 1,1(R1+R2) \cdot C1 = 1,1 \cdot 1000 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 1,1 \text{ ms}$$

$$t_{\max} = 1,1 \cdot 11000 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 12,1 \text{ ms}$$

Hodnota odporu $R = (R1+R2)$ by měla být v rozmezí 1 kΩ až 1 MΩ. V případě použití proměnného rezistoru je potřeba s ním do série zapojit pevný 1kΩ odpor.



Pokud je spouštěcí vstup trvale pod úrovní $1/3$ napájecího napětí (tlačítko START je trvale sepnuto), nedojde po uplynutí časovacího intervalu k překlopení výstupu, a tudíž na výstupu zůstane i nadále vysoká úroveň. Toto je možné vyřešit například přidáním děliče z odporu ($R4$ a $R5$) s kondenzátorem ($C2$), kdy je již startovací tlačítko odděleno od spouštěcího pinu 2 (trigr. vstup u časovače NE555N). Tím dojde po stisku tlačítka k nastartování obvodu krátkým pulsem, a pokud bude tlačítko i nadále stisknuto, obvod to již nijak neovlivní.

Jako spínací prvky v obvodu jsou použity bipolární tranzistory PNP. Ty se chovají jako proměnný odpor říditelný proudem do báze. Oproti unipolárním transistorům mají větší proudovou i napěťovou zatížitelnost. Typ PNP byl vhodný při umístění kontaktu (nestabilní proud B-E při hoření oblouku).

Spínací optické členy ($U1$ a $U2$) jsou připojeny mezi vývod 8 (VCC) a výstup 3 (OUT) časovače NE555N. Jsou tedy ve stabilním stavu časovače nastaveny na hodnotu $\log „1“$. Výstupy optočlenů jsou sepnuté, a tak zavírají ovládací tranzistory ($Q1$, $Q2$, $Q3$). Tudíž hlavní obvod i obvod cívky je vypnutý. Z tohoto důvodu je nutné nejprve zapínat zdroj časovacího obvodu ($V1$) a až poté připojovat zdroje hlavního obvodu a cívky ($V3$ a $V2$).

2.4 Napájení

Elektrický zdroj (též zdroj elektrického napětí nebo zdroj elektrického proudu) je zařízení, které přeměňuje jiný druh energie na elektrickou energii, viz [11]. Tato energie vzniká z neelektrické práce přesouváním částic s elektrickým nábojem (elektronů, iontů) uvnitř zdroje proti směru vnitřního elektrického pole. Na pólech zdroje se vytváří odlišný elektrický potenciál, jehož rozdíl tvoří elektromotorické napětí.

Ideální napěťový zdroj má na svých svorkách elektromotorické napětí, nezávisle na odebíraném proudu. Reálné zdroje se ovšem chovají trochu jinak.

U většiny zdrojů poklesne napětí v okamžiku, kdy z něj začneme odebírat proud. Nejjednodušší způsob přiblížení chování skutečného zdroje je přidat tzv. vnitřní odpor (R_i) vyjadřující pokles napětí zdroje při zatížení. Při průtoku proudu vzniká úbytek napětí právě na „vnitřním rezistoru“ a výstupní napětí klesá. Proud nakrátko (zkratový proud) je pak dán jako U_e / R_i . Zdroj, který má malý vnitřní odpor a tudíž může do zátěže dodávat velký proud, se nazývá tvrdý. U měkkého zdroje s velkým vnitřním od-



porem při připojení zátěže výrazně klesá napájecí napětí. Mezi měkké zdroje patří např. alkalické články. Existují ovšem i stabilizační zdroje, které elektronicky udržují výstupní napětí. Ty získávají vstupní napětí z rozvodné sítě a upravují ho na požadovanou hodnotu.

Lze provést sériové zapojení dvou či více zdrojů, což má za následek zvýšení celkového elektromotorického napětí $U_e = U_{e1} + U_{e2} + \dots$, ale zároveň i zvýšení vnitřního odporu. Naopak je nelze zapojit paralelně, protože pak by zdroj s vyšším napětím byl zkratován skrz druhý.

Použité zdroje

Pro naše měření použijeme jako napájení časovače zdroje (DC 5V/1A, UTES b4 0183) nutné zapojovat jako první, tím zajistíme vypnutí hlavního obvodu a obvodu s cívkou. Zdroj napájení pro cívku (DC 12V/3A, UTES BRNO B4 180), musí být s dostatečně velkým proudem (záruka přitažení kontaktu i v krátkém časovém intervalu). Napájení hlavního obvodu je nejlépe ze zdroje se stabilní hladinou napětí, aby krátkodobé připojení nevyvolalo pokles napětí. Byly použity dvě baterie zapojené do série (CSB GP1272 12V/7,2Ah). Z těchto důvodů jsou vhodnější pro napájení oblouku akumulární zdroje (s velkým zkratovým proudem). Pro napájení časovače a spínací cívky postačí elektronické zdroje.

2.5 Měření na přípravku

2.5.1 Přesnost měření

Výsledek měření není úplný, neobsahuje-li údaj o přesnosti měření, viz [10]. Mnoho vlivů vyskytující se s naměřenou veličinou se projeví odchylkou mezi naměřenou a skutečnou hodnotou měřené veličiny.

Rozlišujeme: *chyby systematické* (stálé a lze je částečně kompenzovat – chyba metody). V našem případě se jedná o měření napětí děličem a o nepřímé měření proudu. Kompenzaci se provádí přepočtem. Je také vhodné měřicí obvod umístit co nejblíže ke kontaktům, aby při průchodu velkého proudu nevznikal úbytek napětí na vodičích a přechodech materiálu. Přesto nebude úbytek nikdy nulový. Měřením lze určit velikost přechodového odporu a do výpočtu kompenzace je tato hodnota zahrnuta.



Náhodné chyby nelze zcela vyloučit, protože působí zcela nahodile (jsou těžko předvídatelné). Lze je určit statistickými metodami z opakovaných měření.

Hrubé chyby jsou zcela nevyzpytatelné a znehodnotí celý experiment. Naměřené hodnoty, které výrazně „vybočují z řady“, se z dalšího zpracování vyřazují.

Klasickým způsobem vyjádření přesnosti je *chyba měření*:

Absolutní chyba $\Delta_{(x)}$ je vyjádřena dle vztahu $\Delta_{(x)} = X_{(m)} - X_{(s)}$.

Relativní chyba $\delta_{(x)}$ je vyjádřena dle vztahu $\delta_{(x)} = \Delta_{(x)} / X_{(m)}$,

kde $X_{(m)}$ je naměřená hodnota,

$X_{(s)}$ je pravá „správná“ hodnota (není prakticky známá), tato hodnota leží s jistotou pravděpodobností v určitém „tolerančním pásmu“ okolo výsledku měření. Rozsah tohoto pásma charakterizuje nejistota měření typu A, B.

Výsledná chyba měření (kombinovaná nejistota měření – u_c) je pak dána geometrickým součtem systematické (nejistota typu B) a náhodné chyby (nejistota typu A).

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$$

Zápis naměřené hodnoty má podobu:

$$X_{(m)} \pm u_c$$

Chyba měření pro napětí se bude počítat dle standardního vzorce pro nejistotu měření A, B. Výpočet nejistoty typu B pro proud se bude počítat jako chyba z nepřímého měření pomocí parciálních derivací funkce mezi I a U .

Kompensace systematické chyby

Rozsah použitého měřicího systému je 5 V a vstupní odpor měřicí karty je 1 M Ω . Přepočítání z maximálního měřitelného napětí sníženého předřadnými odpory ($R_3 = 150$ k Ω , $R_3 = 33$ k Ω) je podle vzorce:

$$U_{ob \max} = \frac{U_2(R_2 // R_{U2} + R_3)}{R_2 // R_{U2}} = \frac{5(32000 + 150000)}{32000} = 28V$$

Pokud bude hlavní obvod napájen ze zdroje s vyšším napětím, je potřeba změnit hodnotu odporu R_2 u kanálu A v zapojení měřících přístrojů (na obr. 2.4). Orientační hodnoty pro poměr na 5V:

Pro $U_{ob} = 500$ V, $R_2 = 2$ k Ω .

Pro $U_{ob} = 100$ V, $R_2 = 10$ k Ω .

Pro $U_{ob} = 24$ V, $R_2 = 33$ k Ω .



Kompensace zapojení pro malé odpory:

Proud je určován jako úbytek na napětí na známém odporu. Můžeme tedy zaznamenat proudy až do velikosti 50 A dle následujícího vztahu:

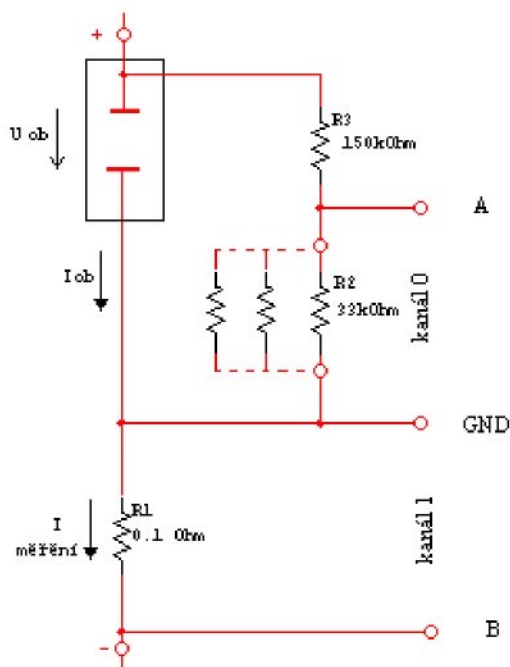
$$(I_m = \frac{U_1}{R_1} = \frac{5}{0,1} = 50A)$$

Také proud je určován s chybou. Hodnota naměřeného proudu se od skutečného proudu liší o proud pocházející děličem napětí (obr 2.4). Hodnota tohoto proudu je ovšem zanedbatelně malá.

$$I = \frac{U_2}{R_2} = \frac{5}{33000} = 0,15mA$$

2.5.2 Měřicí obvod

Jak je uvedeno v lit. [12], lze z důvodu přesnosti přivádět na měřicí přístroje pouze malé hodnoty napětí a proudu. Elektrický oblouk má malý odpor, tak je možné očekávat velké hodnoty proudu v hlavním obvodu.



Obr 2.4 Zapojení měřících přístrojů – (kanálů měřicí karty)



Vysoké hodnoty proudu lze měřit buď použitím bočníku (paralelně připojený odpor k ampérmetru s malým rozsahem) nebo měřením napětí na známém odporu, které se později přepočítá na proud (byl použit $0,1\Omega/5W$, malý odpor výrazně nesnižuje proud v obvodu). Tento způsob je lepší pokud chceme k měření použít osciloskop a ušetříme si tím i nutnost vhodného připojovacího místa pro ampérmetr. Vysoké napětí lze pro měření také upravit, tentokrát použitím děliče napětí (předřadným odporem zapojeným do série k voltmetru).

2.5.3 Měřicí software

Pro měření je použito vývojové prostředí LabVIEW, viz [13]. Zde je možnost komplexního zpracování měření ve všech jeho fázích (sběr dat, analýza a prezentace výsledků). Sběr dat je možný pomocí např. rozhraní RS 232, multifunkční měřících karet či sběrnice. LabVIEW je vývojové prostředí, jehož programová struktura je v grafické podobě (tzv. G jazyk – graphical language, příkazy jsou reprezentované bloky a tok dat je ve formě vodičů). Výsledný produkt vývojového prostředí se nazývá virtuální měřicí přístroj, neboť svými projevy a činnostmi se velmi blíží skutečnému.

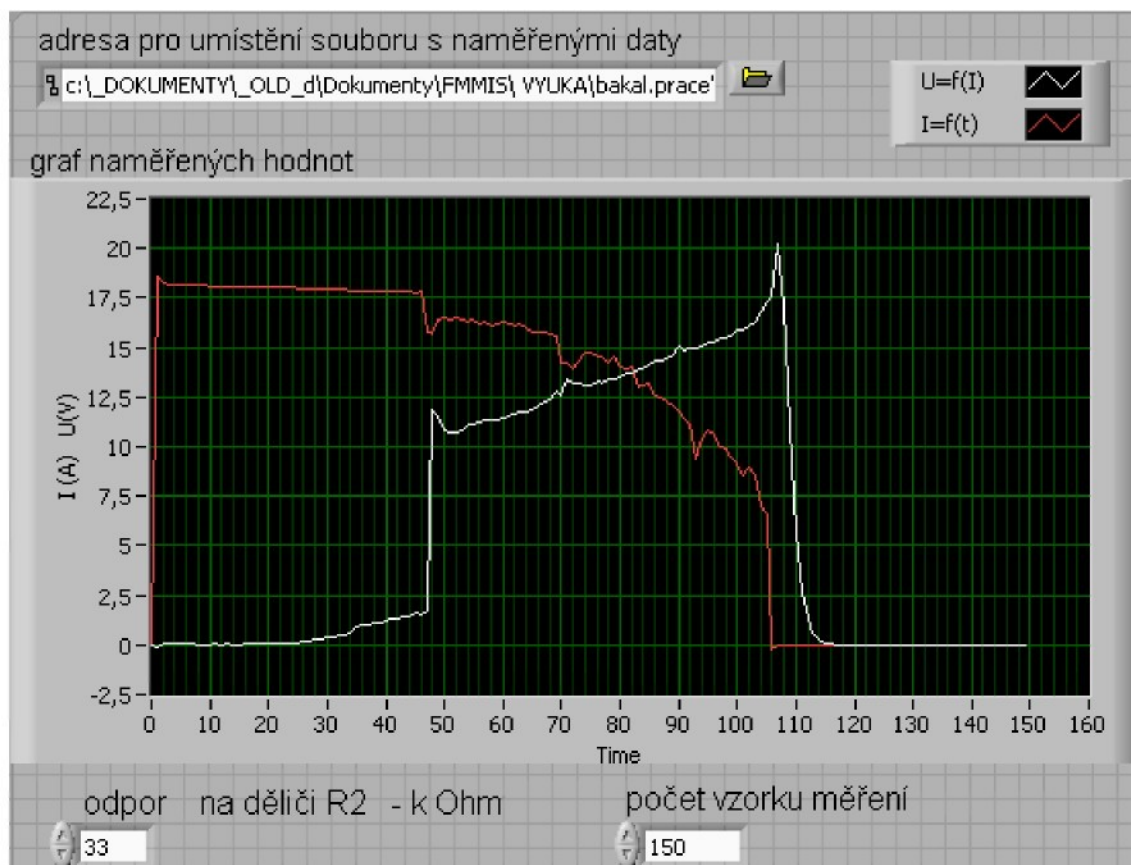
Výstupem virtuálního přístroje jsou dvě hlavní části. První tzv. čelní panel (Front panel) simulující panel fyzického přístroje, na který je možné umístit dle potřeby tlačítka, LED indikátory, grafy, stupnice, vstupy pro konstanty atd. Druhým je blokové schéma (block diagram), jež stanovuje činnost virtuálního měřicího přístroje. Blokové schéma je reprezentované ikonami (ovládače, prvky čelního panelu, numerické prvky, spojnice znázorňující toky dat atd.). Tento blokový diagram je zdrojovou podobou každé aplikace.

Konkrétní aplikace

Program vzorkuje signál na požadovaný počet hodnot (lze nastavit). Je vytvořeno dvojrozměrné pole hodnot (první odpovídá kanálu 0 – vzorkovaný průběh napětí, kanál 1 – vzorkované hodnoty úbytku napětí na odporu $R_1 = 0,1\ \Omega$). Hodnoty napětí se přepočítají dle poměru děliče napětí (lze zadat při změně dělicího poměru) a hodnoty úbytku napětí z kanálu 1 se přepočítají na proud (programová struktura a natavení na obr. 1.1 v příloze). Program pak vytvoří soubor, v němž jsou zaznamenány všechny



vzorky jednoho měření. Soubor s daty je jednoduchého textového formátu. Lze jej tedy dále zpracovat buď dalším programem vytvořeným v LabView nebo v jiné aplikaci.



Obr 2.5 Čelní panel měřicího program

Měřicí karta

Pro měření V-A charakteristiky oblouku byla použita měřicí karta v počítači DAQcard – 6036E firmy National Instrument (stejný výrobce softwaru LabView), tak bude možné lépe zpracovat naměřené hodnoty. Vstupní rozsah analogového vstupu je (10, respektive -5 až +5)V, vstupní odpor kanálu je 1 MΩ. Vestavěna karta nabízí i triggerovací vstup. Ten umožňuje nastavení počátku měření synchronně se sepnutím hlavního obvodu. Trigrovací vstup je připojen paralelně k výstupu (piny 3 a 8) z časovače NE555N (sledování spínací hrany).

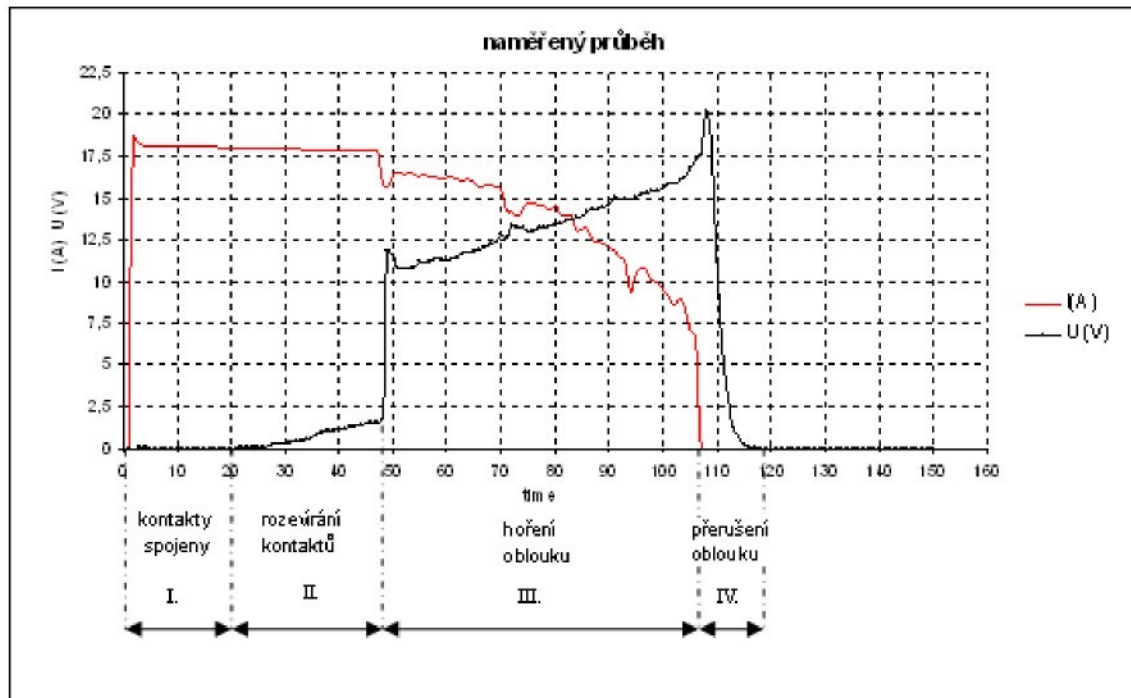
3. MĚŘENÍ VOLTAMPÉROVÝCH CHARAKTERISTIK OBLOUKOVÉHO VÝBOJE ZA BĚŽNÝCH ATMOSFÉRICKÝCH PODMÍNEK

Aby bylo možné vytvořit komplexnější přehled výsledků, byl použit EXCEL pro zpracování naměřených hodnot. Výslednou V-A charakteristiku lze získat ze dvou typů měření: dynamického (samovolná změna napětí a proudu) a statického (nastavení proudu a tomu odpovídající napětí).

3.1 Dynamická měření

Měřením získáme průběh napětí a proudu v čase (zobrazení na virtuálním osciloskopu).

Jak je uvedeno v příloze 1.1, kde je vzorec pro výpočet časové konstanty ze vzorkovací frekvence, je hodnota jednoho dílku 50 μ s. Doba sepnutí hlavního obvodu je přibližně 4 ms a pro všechna naše měření bude stejná.



Obr. 3.1 Průběh napětí a proudu v rámci jednoho měření



I: Na začátku měření jsou kontakty sepnuty, takže je napětí nulové a proud je dán otevřením ovládacího tranzistoru. Ve stejném okamžiku jako hlavní obvod je sepnuta i cívka ovládající kontakty, ovšem vlivem setrvačnosti mechanismu dochází k rozevírání kontaktů až se zpožděním (toto zpoždění je žádané, jinak by nemuselo dojít k vytvoření oblouku).

II: Kontakty se vzdalují, zmenšuje se plocha pro průchod proudu, to způsobuje klesání proudu a nárůst napětí. Mezi oblastmi **II** a **III** je okamžik zapálení oblouku.

III: Při hoření oblouku nejsou hodnoty napětí a proudu konstantní, ale pohybují se v určitém rozpětí (dáno množstvím vodivých částic v oblouku).

IV: V poslední části naměřeného průběhu již oblouk zaniká. Buď došlo ke zhasnutí oblouku (příliš velká mezera) nebo došlo k překlopení MKO a hlavní obvod byl vypnut. Nárůst napětí při rychlém poklesu proudu na konci měření je patrně dán charakterem obvodu.

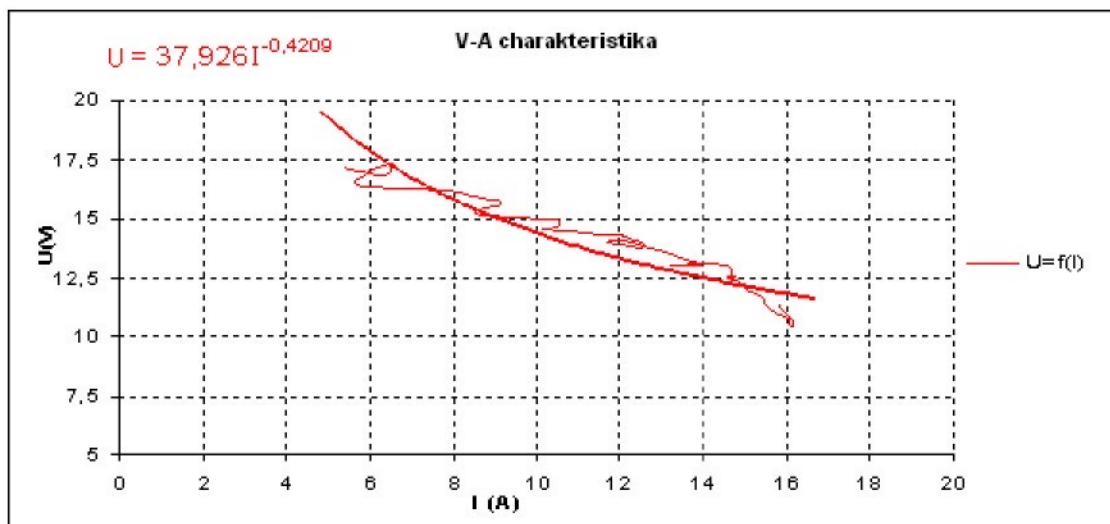
Z celého naměřeného průběhu vybereme pouze část odpovídající době hoření oblouku.



Obr. 3.2 Průběh napětí a proudu při hoření oblouku



Z předešlého průběhu lze vytvořit dynamickou závislost proudu na napětí. Průběh je značně nelineární. Použitím regresní funkce získáme reprezentovatelný výsledek. Dle možnosti softwaru použijeme funkci k proložení. EXCEL nabízí několik typů funkcí, nejvhodnější je v podobě: $y=k.x^n$

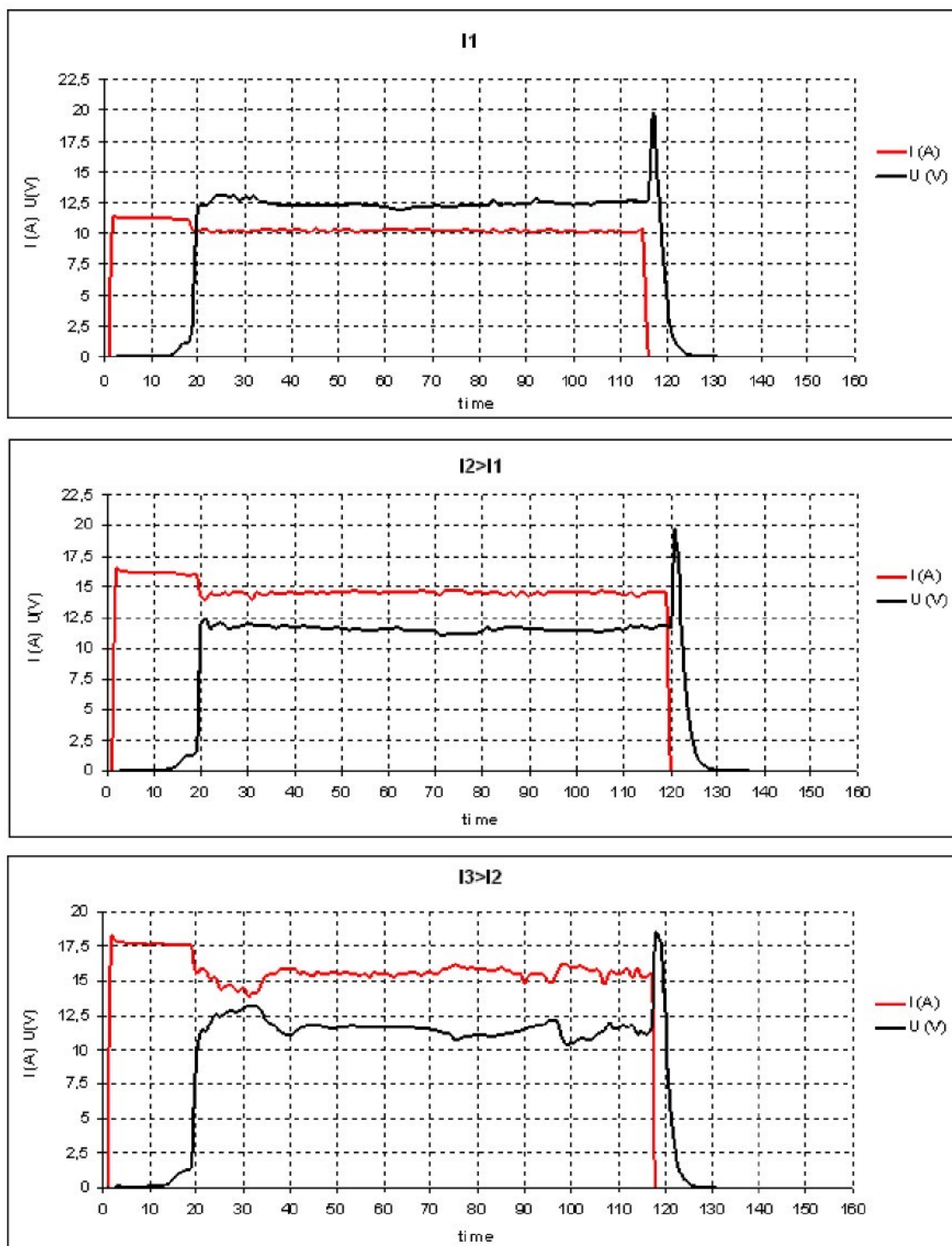


Obr. 3.3 V-A charakteristika z dynamického průběhu



Dále lze sledovat dynamický průběh při jednotlivých měření pro statickou charakteristiku (natahujeme různé hodnoty proudu a měříme příslušné napětí).

$d =$ konstant. změna parametru I (proud obloukem)

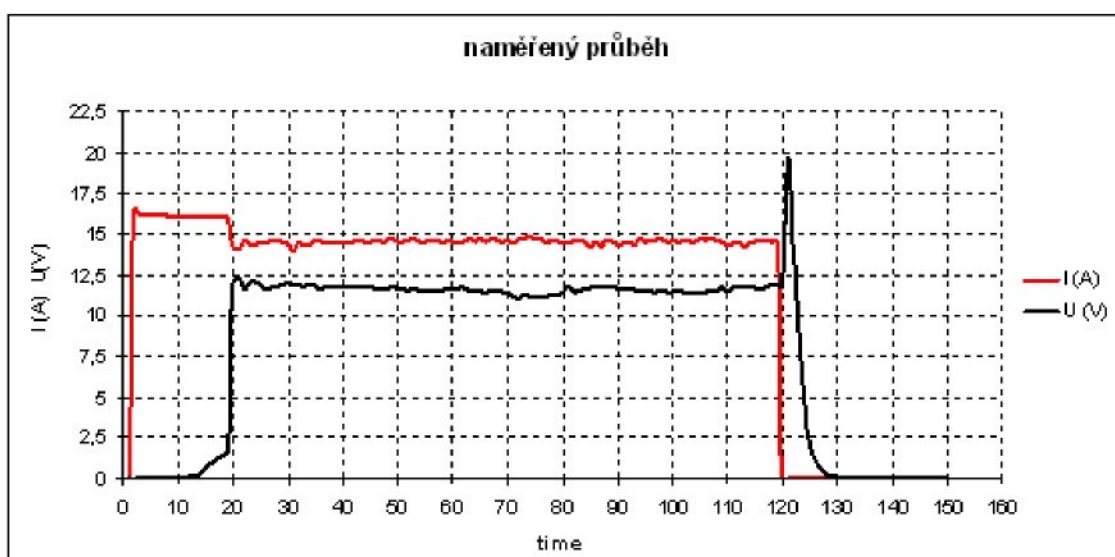


Obr. 3.4 Průběhy napětí a proudu při odlišné hodnotě proudu



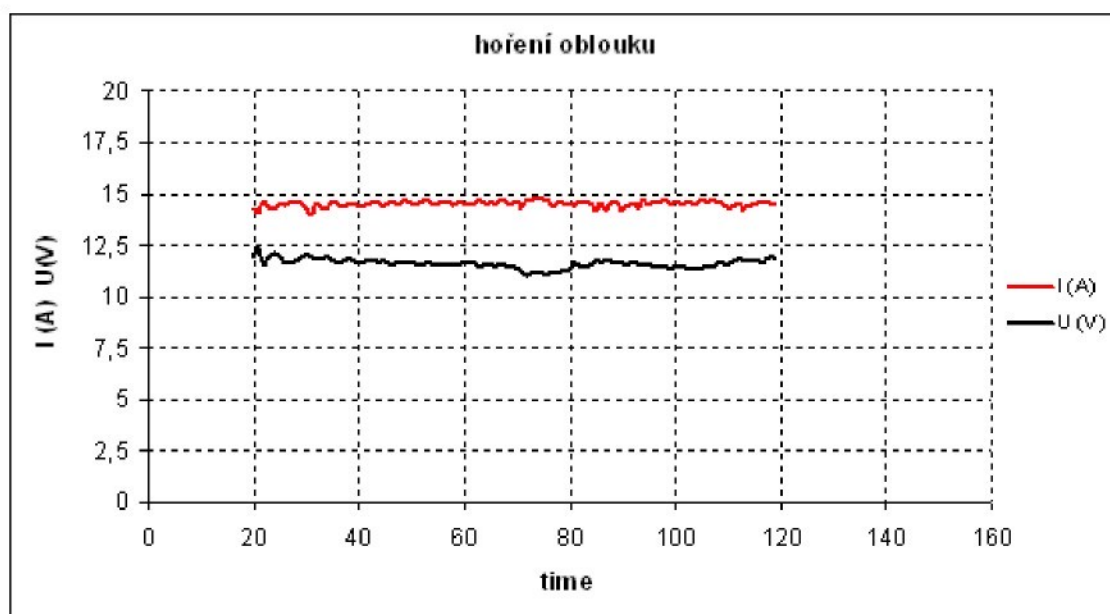
3.2 Statická měření

Opět začneme s naměřeným průběhem napětí a proudu. Pro statické měření jsou nastaveny parametry tak, aby nedocházelo k samovolnému zhášení oblouku během měření (např. dostatečně malá mezera mezi kontakty).



Obr.3.5 Průběh napětí a proudu v rámci jednoho měření

Vybereme opět pouze část odpovídající hoření oblouku.



Obr. 3.6 Průběh napětí a proudu při hoření oblouku



Hodnota proud a napětí se vlivem hoření oblouku mění. U malého rozkmitu lze použít aritmetický průměr pro určení jedné hodnoty proudu a tomu odpovídající napětí. Pro značně nelineární průběh či velký drif by aritmetický průměr již neměl přesnou vypovídací hodnotu. Aritmetický průměr vypočteme ze vzorce:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

kde $\bar{X}$ je aritmetická průměr souboru dat

n je počet vzorků, pro tento případ je $n \{20 \dots 120\}$, i je krok.

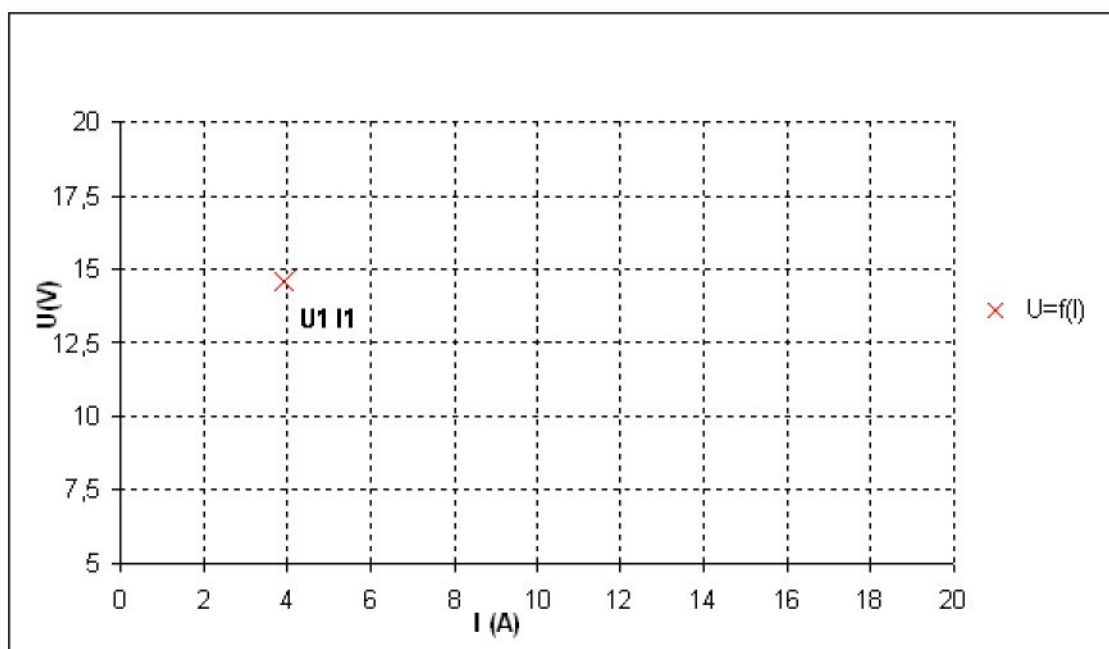
Vypočtené hodnoty průměru z prvního celého průběhu jsou: $\bar{U} = 13,06 \text{ V}$, $\bar{I} = 4,15 \text{ A}$

Tím jsme dostali jeden bod V-A charakteristiky.

Toto měření provedeme opakovaně (například pětkrát) při *stejných parametrech*. Výsledné průměry hodnot napětí a proud opět zprůměrujeme. Tím dostaneme zpřesněný údaj pro jeden bod.

U(V)	13,06	12,55	15,07	15,22	15,02	15,37	16,65	U1 = 14,61 V
I (A)	4,1575	4,19	4,096	4,061	4,08	4,054	3,212	I1 = 3,98 A

Tab.3.1 Určení hodnoty jednoho bodu z opakovaných měření

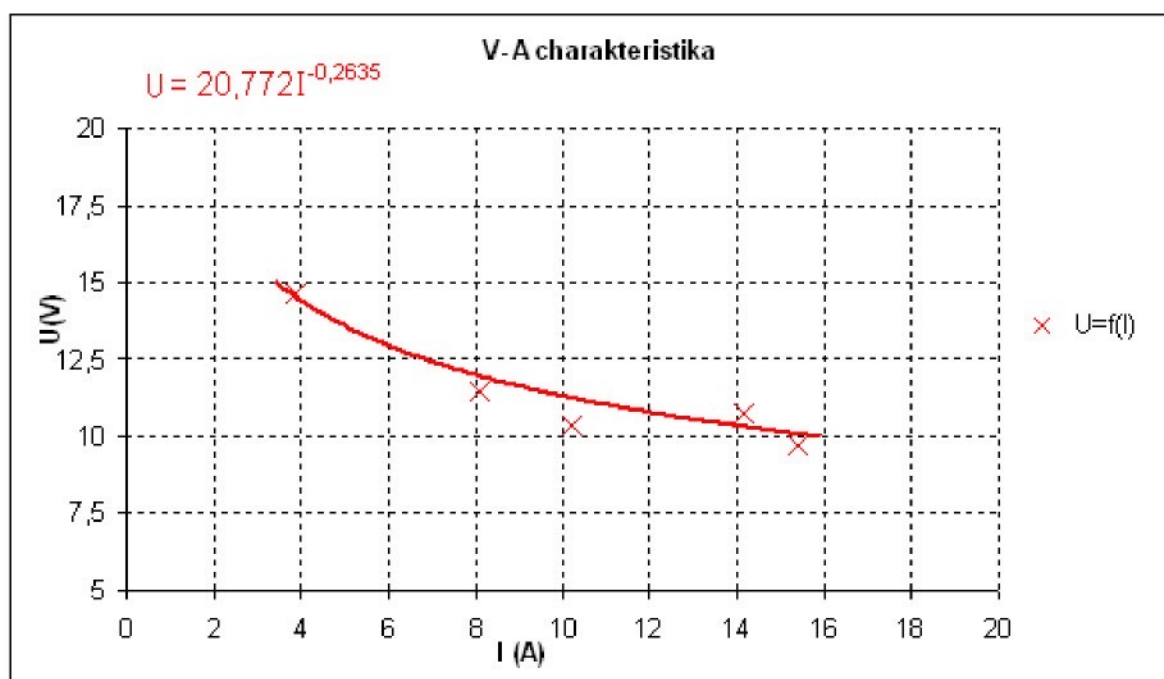


Obr. 3.7 Jeden bod V-A charakteristiky



Poté se provede stejným způsobem (naměření celého průběhu, výsek doby hoření, aritmetický výpočet středních hodnot jednoho a několika následných měření) zjištění dalších bodů charakteristiky za odlišných parametrů (například při snížení proudu).

Bylo tedy provedeno měření pro pět různých hodnot proudu obloukem (regulace proudu R9, kapitola 2.3 Elektrický ovládací obvod). Pro každou hodnotu proudu se provedlo pět stejných měření, z nichž se aritmetickým průměrem určí hodnota dalšího bodu do grafu.



Obr. 3.8 Dokončení V-A charakteristiky z dalších naměřených bodů

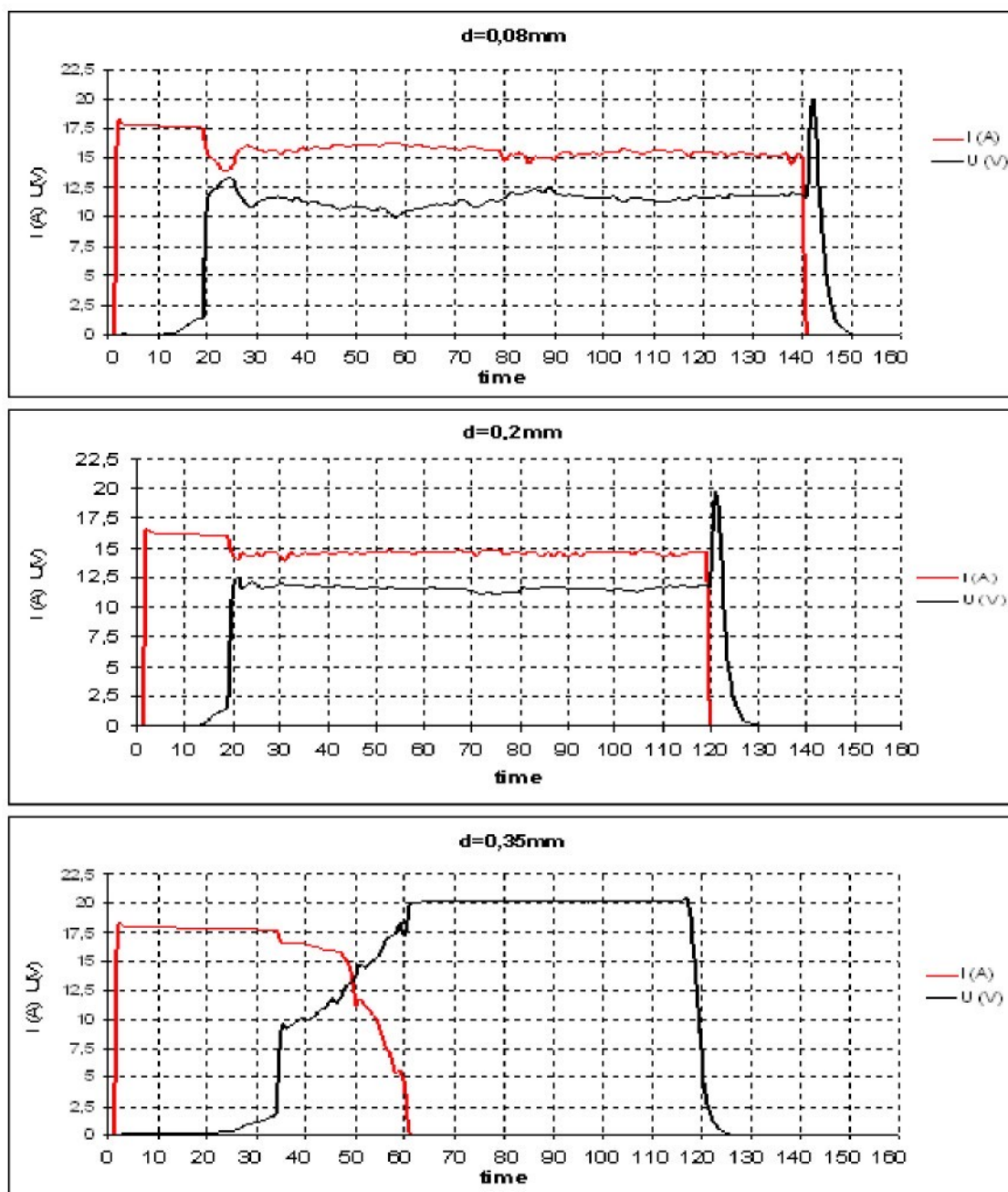
Proložením (mocninnou křivkou, což odpovídá poznatkům z kapitoly 1.4 Výboj za atmosférického tlaku, vzorec (9), strana 13) naměřených bodů získáme V-A charakteristiku oblouku. EXCEL umožňuje zobrazení rovnice regrese pro vyhodnocení výsledného průběhu.

4. MĚŘENÍ PŘI ZMĚNĚ VELIKOSTI MEZERY MEZI KONTAKTY

Nastavení mezery bylo provedeno dle popisu v kapitole 2.2 Těleso přípravku. K měření velikosti mezery byly použity indikátorové hodinky (1díl. = 0.01 mm/ 100 díl.).

4.1 Dynamická měření

$I = \text{konstant.}$, změna parametru d (velikost mezery)



Obr. 3.9 Průběhy napětí a proudu odlišné velikosti vzduchové mezery



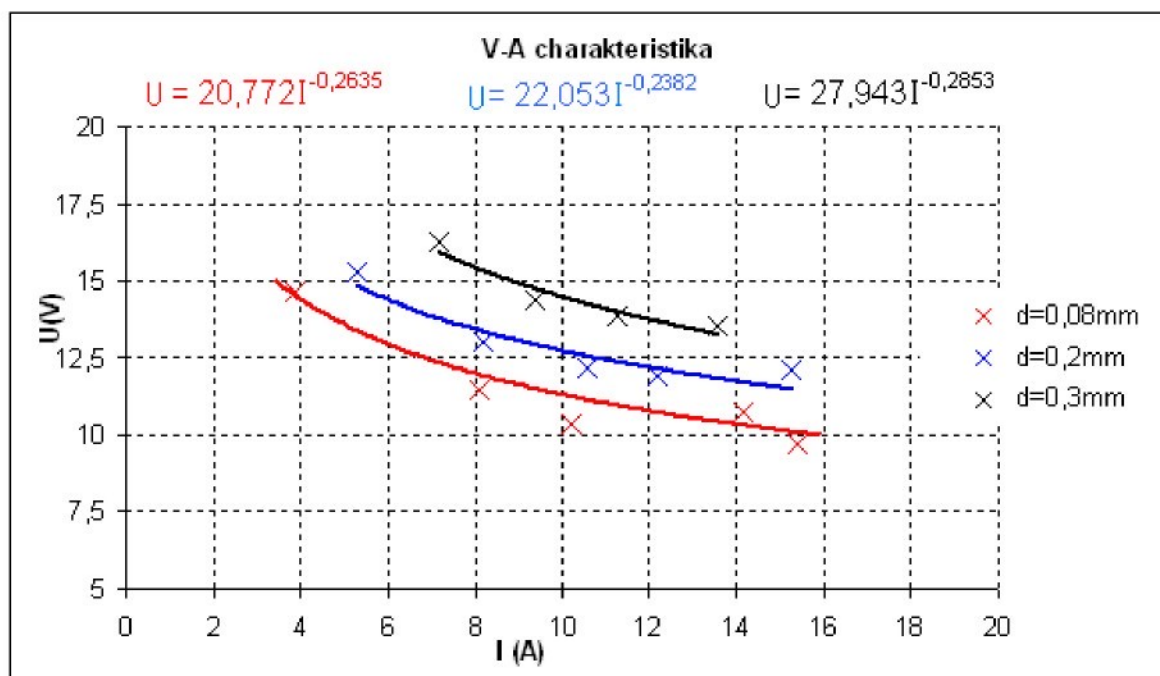
4.2 Statická měření

Z předešlých dynamických měření je patrné, že za určitých okolností dochází k předčasnému přerušení oblouku a že tedy při různé velikosti vzduchové mezery nelze provádět měření ve stejných rozsazích proudu. Z tohoto důvodu je pro větší d (mezera) měřeno pouze do určité minimální hodnoty proudu, která zaručí dostatečně dlouhé hoření oblouku.

Proměřování V-A charakteristiky provádíme postupným snižováním proudu obloukem a odečítáním průběhu napětí, ze kterého určíme statisticky střední hodnotu.

měření		1. bod	2. bod	3. bod	4. bod	5. bod
$d = 0,08\text{mm}$	I (A)	15,36	14,16	10,21	8,14	3,91
	U (V)	9,73	10,73	10,36	11,44	14,61
$d = 0,2\text{mm}$	I (A)	14,59	12,16	10,56	8,18	5,33
	U (V)	12,14	11,92	12,21	13,08	15,61
$d = 0,3\text{mm}$	I (A)	13,54	11,18	9,39	7,19	
	U (V)	13,56	13,8	14,4	16,25	

Tab. 3.2 Výsledné hodnoty měření



Obr. 3.10 V-A charakteristika průřezných délkách oblouku



5. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

Dynamická měření

1. Při dynamické charakteristice je patrný vzrůst napětí při poklesu proudu, což je způsobeno proměnným odporem hořícího oblouku (obr. 3.1).

2. Napětí potřebné při hoření oblouku je mnohem menší než například při jiskrovém výboji. Po roztržení oblouku se při daném napětí oblouk již nezapálí.

3. Skutečnost, že se oblouk může zapálit a poté samovolně zahasnout je způsobeno vychýlením ze stabilního bodu hoření. Na začátku jsou kontakty spojeny. Hlavním obvodem prochází maximální proud dodávaný zdrojem, zkrat v obvodu je relativně velmi krátkou dobu a je způsobený pouze zpožděným odtahem kontaktu. Poté, co se kontakty začínají vzdalovat, se stále více protahuje i délka oblouku. Proud v oblouku má tendenci se soustředit do středu, čímž se zmenšuje průřez vodivé cesty a narůstá odpor v hlavním obvodu. Snižuje se proud (menší teplota => menší ionizace) a oblouk má tendenci se přerušit nedostatkem dodávané energie.

4. Rovnice regresní funkce u V-A charakteristiky se shoduje se zjednodušenou rovnicí pro průběh oblouku v části teorie (vzorec (9), kapitola 1.4, strana 13):

$$E = K \cdot I_{ob}^{-n}$$

Pro lepší porovnání je upraven vztah (9) na funkci v podobě $U=f(I)$:

$$\frac{U}{d} = K \cdot I_{ob}^{-n}$$

$$U = d \cdot K \cdot I_{ob}^{-n}$$

Rovnice lineární regrese na obr. 3.3 je

$$U = 37,926 I^{0,4209},$$

koeficient n je v rozmezí 0,25–0,5,

blíží se hodnotě 0,5 pro malé proudy (do 10 A).



5. Nestabilní průběh hoření oblouku (větší drift napětí a proudu) při větším proudu je způsoben větší ionizací. Při větším proudu je i větší teplota a zvětšuje se počet nosičů náboje. Z počátku hoření oblouku napětí a proud kmitají v rozmezí, které se s délkou hoření zmenšuje. Jak vyplývá z měření, drift je větší, čím větší je dodávaná energie (obr. 3.4).

Statická měření

6. Pro hodnoty ze statického měření platí také rovnice z předešlého bodu, liší se pouze v koeficientech (obr. 3.8).

Dynamická měření při změně velikosti mezery

1. Pokud je velikost mezery dostatečně malá v závislosti na dodávaném proudu, oblouk hoří stabilně až do doby vypnutí hlavního obvodu. Měřením bylo zjištěno, že při napájecím proudu 17 A, mezeře 0,3 mm již oblouk zhasíná předčasně (obr. 3.9).

2. Při větší mezeře mezi kontakty dochází i k většímu poklesu proudu při hoření oblouku. Oblouk má větší délku a menší průřez, zvýší se odpor oblouku a poklesne proud v obvodu.

Statická měření při změně velikosti mezery

3. Pro regresní funkci ze statické charakteristiky platí taktéž vzorec:

$$E = K \cdot I_{ob}^{-n}$$

Koeficient n je relativně stejný, mění se člen K (respektive se mění spíše pouze velikost mezery d), což způsobuje posun V-A charakteristiky (obr. 3.10).



ZÁVĚR

Během práce se podařilo realizovat předem stanovené cíle. Prvním cílem bylo prostudovat teorii elektrického výboje, dále sestavení přípravku, na němž by bylo možné realizovat měření. V poslední části byly zpracovány výsledky.

Získané poznatky z teorie se staly návodem pro další činnost. Tvorba a zkompletování měřicího přípravku si vyžádaly největší část přípravy na měření. Konečné použitelné verze přípravku bylo dosaženo až po několika úpravách. Bylo modifikováno jak samotné těleso přípravku, tak i řídicí obvod. Těleso přípravku, kontakty a plastové součásti byly nechány speciálně vyrobit.

Řídicí obvod nebyl obzvlášť technologicky náročný, tudíž bylo možné jej sestavit z klasických součástek na pájivou desku. Deska umožňovala větší variabilitu při návrhu než pevný plošný spoj. Pro kompletní funkčnost bylo potřeba užít tři nezávislé zdroje.

Vyzkoušení funkčnosti ovládání a první měření průběhu bylo prováděno pomocí osciloskopu. Pro snazší úpravu naměřených výsledků bylo již předem rozhodnuto o použití měřicí karty v PC.

Celý systém splňuje účel, tedy umožňuje měření V-A charakteristiky elektrického oblouku. Přesto by bylo možné uskutečnit několik úprav, které by celou aplikaci popřípadě funkčně ještě rozšířily, a tak umožnily i další měření (možnost změny prostředí hoření oblouku atd.) Pokud by byl k dispozici výkonnější stejnosměrný napájecí zdroj, bylo by možné proměřit statickou V-A charakteristiku až do oblasti jiskrového výboje. Náročnější modifikaci by si vyžádalo zkoumání hoření oblouku v jiných prostředích. Buď by prostor kolem místa hoření byl vyplněn jinou látkou než je vzduch, nebo by popřípadě okolní prostředí mělo odlišnou hodnotu tlaku od atmosférického. Na tělese přípravku by bylo možné vylepšit způsob měření velikosti mezery mezi kontakty.

Samotné měření již bylo pouhým dovršením předešlé práce. Byly ověřeny předpoklady chování obloukového výboje při jeho hoření. Byl prozkoumán vliv délky oblouku v závislosti na velikosti napájecího proudu.

Celkově shledávám téma měření za zajímavé. Při přípravě měření byla skloubena práce jak konstrukční (při návrhu tělesa svíčky) tak elektronická (při stavbě ovládacího obvodu). Při měření byly ověřeny možnosti číslicového měřicího systému.



LITERATURA

- [1] Veverka, A.: *Technika vysokých napětí*. SNTL/ALFA, Praha 1982
- [2] Gymnázium F.X. Šaldy. Honsovy, verze 1.0 – leden. *Vedení elektrického proudu v plynech*. [online]. [cit. 2009-02-05].
URL: < www.jan.gfxs.cz/studium/files/elektro/plyny.pdf >
- [3] 453-512/1: *Silnoprůdová elektrotechnika*. [online]. [cit. 2008-12-05].
URL: < www.jan.gfxs.cz/studium/files/elektro/plyny.pdf >
- [5] *Vedení proudu v plynech a ve vakuu* 66. [online]. [cit. 2009-01-10].
URL: < www.bigyzr.cz/SouboryKeStazeni/66.pdf >
- [6] *Katalog Fairchild (semikonduktor) LM555, NE555, SA555*. [online]. [cit. 2008-12-10]. URL: < www.fairchildsemi.com >
- [7] *Katalog optočleny*. [online]. [cit. 2008-12-10].
URL: < www.ecom.cz >
- [8] [www. Pandatron.cz](http://www.Pandatron.cz)
- [9] *Katalog GM – tranzistory*. [online]. [cit. 2008-12-10].
URL: < www.gme.sk >
- [10] *Nejistoty měření*. [online]. [cit. 2009-01-20].
URL: < www.fsid.cvut.cz/cz/u12110/tem/nejistoty/nejistoty1.pdf >
- [11] *Humphr Davy*. [online]. [cit. 2009-04-20].
URL: < cs.wikipedia.org/wiki/Humphr_Davy >
- [12] Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií, *Měřicí technika I.*, [online]. [cit. 2008-12-01].
URL: www.rss.tul.cz/index.php?page=studium/predmet&zkratka=mt1
- [13] *LABview*. [online]. [cit. 2009-03-01].
URL: < www.ni.com >



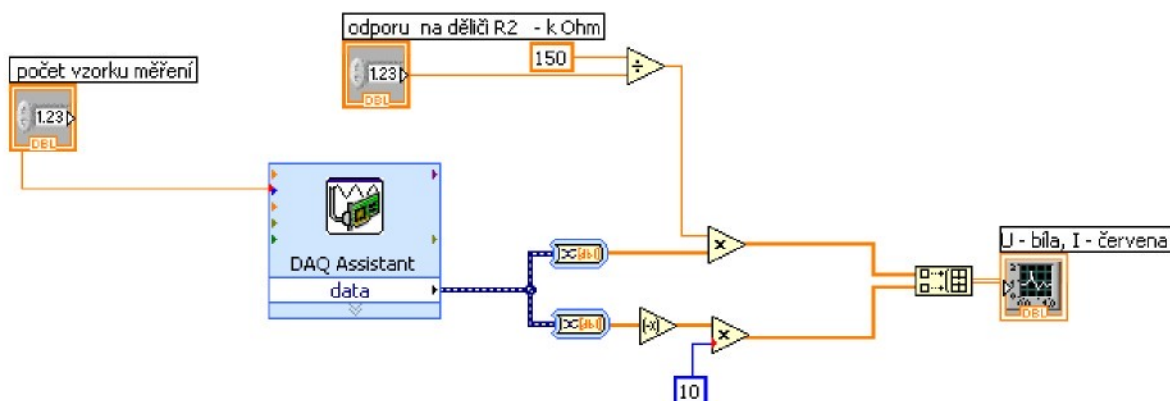
PŘÍLOHY

1. příloha k textové podobě – LabVIEW

1.1 Blokové schéma virtuálního měřicího přístroje výpočet ze vzorkovací frekvence

2. seznam přílohy na CD:
elektronická podoba bakalářské práce ve (formát pdf.)
výkresy součástek (formát dwg.)
aplikace a naměřené hodnoty v LabVIEW (formát vi.)
katalogové listy použitých součástek (formát pdf.)
naměřené hodnoty

1.1 Blokové schéma virtuálního měřicího přístroje



Natavení f_z – vzorkovací frekvence 20kHz

$$t - \text{jednoho vzorku } t = \frac{1}{f} = \frac{1}{20 \cdot 10^3} = 50 \mu s \text{ (jeden dílek v grafu)}$$

Lze také změnit počet vzorků pro případ většího časového intervalu sepnutí. Změna intervalu je možná pomocí potenciometru R2 (kapitola 2.3 Elektrický řídicí obvod).

Diody spínací

obj. název	UR	IF @ TA		IFSM	IR	tr	UFM @ IF		pouzdro
	V	A	°C	A	μA	ns	V	mA	
■ 1N4148 T/B	75	0.15	25	0.5	5	4	1.0	10	DO 35
■ 1N4448 T/B	100	0.15	25	0.5	5	4	1.0	100	DO 35
■ BAV 20 T/B	150	0.20	25	1.0	0.1	50	1.0	100	DO 35
■ BAV 21 T/B	250	0.20	25	1.0	0.1	50	1.0	100	DO 35

Diody pro všeobecné použití 1A

obj. název	UR	IF @ TA		IFSM	IR	UFM @ IF		pouzdro
	V	A	°C	A	μA	V	A	
■ 1N 4007 T/B	1000	1	75	30	5	1.1	1.0	DO 41
■ BY 133 T/B	1300	1	75	30	5	1.1	1.0	DO 41
■ EM 516 T/B	1800	1	75	30	5	1.1	1.0	DO 41
■ EM 520 T/B	2000	1	75	30	5	1.1	1.0	DO 41

Diody pro všeobecné použití 2A až 10A

obj. název	UR	IF @ TA		IFSM	IR	UFM @ IF		pouzdro
	V	A	°C	A	μA	V	A	
■ RL 207	1000	2	75	70	5	1.1	2	DO 15
■ 1N 5408 T/B	1000	3	105	200	10	1.2	2	DO 27
■ BY 255 T/B	1300	3	105	200	5	1.1	3	DO 27
■ P 600M T/B	1000	6	60	400	5	1.0	6	R 6
■ LT 10A07	1000	10	50	600	10	1.0	10	R 6

Diody rychlé 1A

obj. název	UR	IF @ TA		IFSM	IR	tr	UFM @ IF		pouzdro
	V	A	°C	A	μA	ns	V	A	
■ BYV 26C	600	1	75	30	5	30	1.3	1	SOD 57
■ SF18	600	1	55	30	5	35	1.7	1	DO 41
■ UF 4007 T/B	1000	1	55	30	5	75	1.7	1	DO 41
■ BA 159 T/B	1000	1	45	30	5	250	1.2	1	DO 41

Diody rychlé 2A až 6A

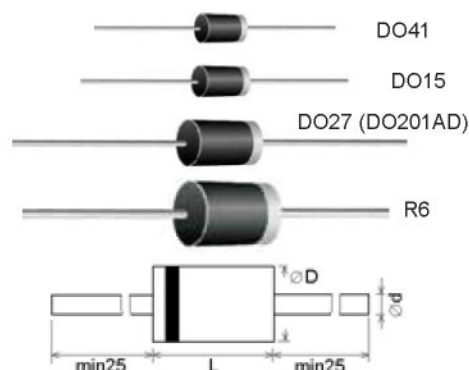
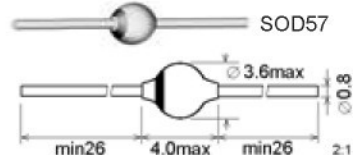
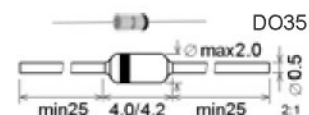
obj. název	UR	IF @ TA		IFSM	IR	tr	UFM @ IF		pouzdro
	V	A	°C	A	μA	ns	V	A	
■ SF 24 T/B	200	2	55	75	5	35	0.95	2	DO 15
■ SF 26 T/B	400	2	55	75	5	35	1.25	2	DO 15
■ SF 28 T/B	600	2	55	75	5	35	1.7	2	DO 15
■ FR 205T/B	600	2	75	70	5	250	1.3	2	DO 15
■ BY 299T/B	800	2	75	70	5	500	1.3	2	DO 15
■ FR 207T/B	1000	2	75	70	5	500	1.3	2	DO 15
■ SF 36	400	3	55	125	5	35	1.25	3	DO 27
■ SF 38	600	3	55	125	5	35	1.7	3	DO 27
■ BY 399T/B	800	3	75	200	10	500	1.3	3	DO 27
■ UF 5408 T/B	1000	3	55	150	10	75	1.7	3	DO 27
■ FR 307T/B	1000	3	75	200	10	500	1.3	3	DO 27
■ SF 56 T/B	400	5	55	150	5	35	1.25	5	DO 27
■ SF 58 T/B	600	5	55	150	5	35	1.7	5	DO 27
■ FR 604T/B	400	6	75	300	10	250	1.3	6	R 6

Diody rychlé 8A až 15A

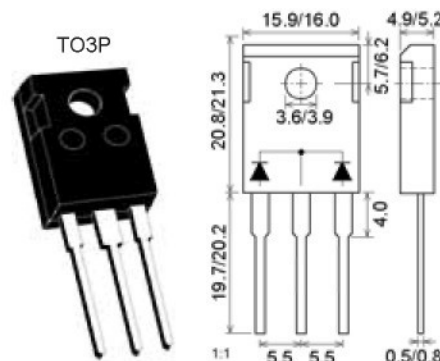
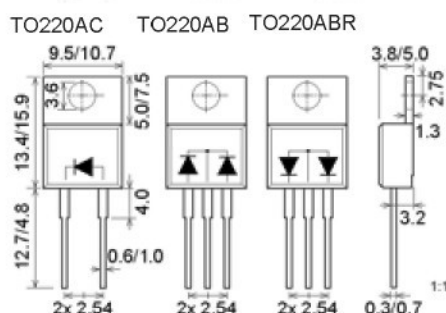
obj. název	UR	IF @ TA		IFSM	IR	tr	UFM @ IF		pouzdro
	V	A	°C	A	μA	ns	V	A	
■ BYW29E /150	150	8	128	88	10	25	0.895	8	TO 220AC
■ SF 84	200	8	100	150	10	35	1.0	8	TO 220AC
■ SF 86	400	8	100	150	10	50	1.35	8	TO 220AC
■ STPR 860D	600	8	100	90	10	50	1.5	8	TO 220AC
■ BYV 79E /200	200	14	120	160	10	30	0.9	14	TO 220AC
■ MUR 1560	600	15	145	150	10	60	1.2	15	TO 220AC

Diody rychlé 2x5A až 2x15A

obj. název	UR	IF @ TA		IFSM	IR	tr	UFM @ IF		pouzdro
	V	A	°C	A	μA	ns	V	A	
■ STPR 1060CT	600	2x5	125	55	10	50	1.7	5	TO 220AB
■ MUR 1620CT	200	2x8	150	100	10	35	1.0	8	TO 220AB
■ MUR 1620CTR	200	2x8	150	100	10	35	1.0	8	TO 220ABR
■ SF 164	200	2x8	125	150	10	35	1.0	8	TO 220AB
■ SF 166	400	2x8	125	150	10	50	1.35	8	TO 220AB
■ SF 168	600	2x8	125	150	10	50	1.7	8	TO 220AB
■ BYV 32E -200	200	2x10	115	137	10	25	0.72	8	TO 220AB
■ SF 304	200	2x15	100	300	10	35	1.0	15	TO 3P
■ SF 306	400	2x15	100	300	10	50	1.35	15	TO 3P
■ SF 308	600	2x15	100	300	10	50	1.7	15	TO 3P



	D mm	L mm	d mm
DO 41	2.0 ~ 2.7	4.2 ~ 5.2	0.7 ~ 0.9
DO 15	2.6 ~ 3.6	5.8 ~ 7.6	0.7 ~ 0.9
DO 27 (DO 201AD)	5.0 ~ 5.6	8.5 ~ 9.5	1.2 ~ 1.3
R6	8.6 ~ 9.1	8.6 ~ 9.1	1.2 ~ 1.3



Diody spínací SMD do 0.5A

	obj. název	UR	IF @ TA	IFSM	IR	tr	UFM @ IF	pouzdro
		V	A °C	A	μA	ns	V mA	
	BAS 16W SMD T/R	100	0.15 25	2 1	6	0.85	10	SOT 323 (1)
■	BAV 99W SMD T/R	75	0.15 25	2 2.5	6	1.0	10	SOT 323 (4)
■	BAS 19 SMD	100	0.20 25	2.5 0.1	50	1.0	100	SOT 23 (1)
■	BAS 21LT1 SMD	250	0.20 25	2.5 1	50	1.0	100	SOT 23 (1)
■	BAS 16 SMD	75	0.25 25	2 1	6	0.855	10	SOT 23 (1)
■	BAW 56 SMD T/R	75	0.15 25	2 2.5	6	1.0	10	SOT 23 (2)
■	BAV 70 SMD T/R	75	0.15 25	2 2.5	6	1.0	10	SOT 23 (3)
■	BAV 99 SMD T/R	75	0.15 25	2 2.5	6	1.0	10	SOT 23 (4)
■	BAV 199 SMD T/R	75	0.20 25	2 0.005	3000	1.0	10	SOT 23 (4)
■	1N4148W T/R	75	0.15 25	2 2.5	4	1.0	50	SOD 123
■	1N4448W T/R	75	0.15 25	4 2.5	4	1.0	100	SOD 123
■	DLM 4148 SMD	75	0.15 25	0.5 5	4	1.0	10	MicroMELF
■	DLQ 4148 SMD	75	0.15 25	0.5 5	4	1.0	10	QuadroMELF
■	LL 4148 SMD	75	0.15 25	0.5 5	4	1.0	10	MiniMELF
■	LL 4448 SMD	75	0.15 25	0.5 5	4	1.0	100	MiniMELF
■	BAV 103 SMD T/R	200	0.20 25	1 0.1	75	1.0	100	MiniMELF

Diody pro všeobecné použití SMD 0.5A až 1A

	obj. název	UR	IF @ TA		IFSM	IR	UFM @ IF		pouzdro
		V	A	°C	A	μA	V	A	
■	GL 34M T/R	1000	0.5	55	10	5	1.1	0.5	SM 2
■	SM 4007 SMD	1000	1	75	30	5	1.1	1.0	SM 1
■	GS1M T/R	1000	1	75	30	5	1.1	1.0	SMA
■	M7 T/R	1000	1	75	30	5	1.1	1.0	SMA
■	S1M T/R	1000	1	75	30	5	1.1	1.0	SMB

Diody pro všeobecné použití SMD 1.5A až 3A

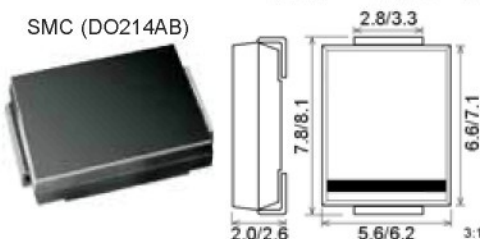
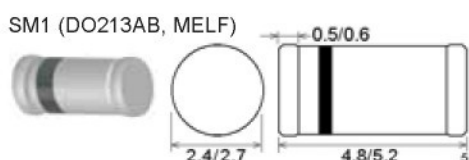
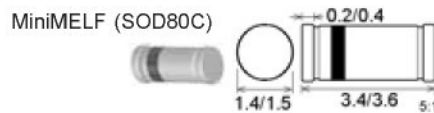
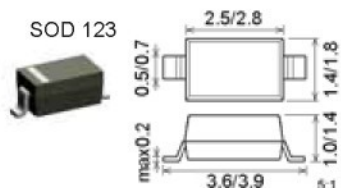
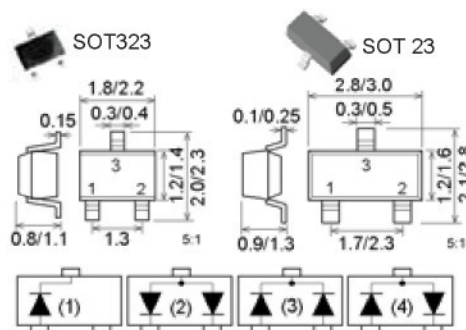
	obj. název	UR	IF @ TA		IFSM	IR	UFM @ IF		pouzdro
		V	A	°C	A	μA	V	A	
■	SM 5399 SMD	1000	1.5	75	50	5	1.4	1.5	SM 1
	S2MA T/R	1000	1.5	100	50	5	1.15	1.5	SMA
■	S2M T/R	1000	2	75	60	5	1.1	2.0	SMB
	S3MB T/R	1000	3	75	100	10	1.15	3.0	SMB
■	S3M T/R	1000	3	75	100	10	1.15	3.0	SMC
	S5MC	1000	5	75	100	10	1.15	5.0	SMC

Diody rychlé SMD 0.5A až 1A

	obj. název	UR	IF @ TA		IFSM	IR	tr	UFM @ IF		pouzdro
		V	A	°C	A	μA	ns	V	A	
■	RGL 34G SMD	400	0.5	55	10	5	150	1.3	0.5	SM 2
■	RGL 34M SMD	1000	0.5	55	10	5	500	1.3	0.5	SM 2
■	BYD 17D SMD	200	0.6	65	20	1	3000	0.93	1.0	SOD 87
■	FSM 104 SMD	400	1	55	30	5	150	1.3	1.0	SM 1
■	ESM 108 SMD	600	1	55	30	5	35	1.7	1.0	SM 1
■	HSM 108 SMD	1000	1	55	30	5	75	1.7	1.0	SM 1
■	FSM 107 SMD	1000	1	55	30	5	500	1.3	1.0	SM 1
■	RS 1G SMD	400	1	90	30	5	150	1.3	1.0	SMA
■	ES1J SMD	600	1	55	30	5	35	1.7	1.0	SMA
■	US 1K SMD	800	1	50	30	5	100	1.7	1.0	SMA
■	RS 1K SMD	800	1	90	30	5	500	1.3	1.0	SMA
	US 1M SMD	1000	1	75	30	5	75	1.7	1.0	SMA
	RS 1M SMD	1000	1	90	30	5	500	1.3	1.0	SMA

Diody rychlé SMD 2A až 16A

	obj. název	UR	IF @ TA		IFSM	IR	tr	UFM @ IF		pouzdro
		V	A	°C	A	μA	ns	V	A	
	ES 2JA SMD	600	2	110	50	5	35	1.3	2	SMA
■	ER 2J SMD T/R	600	2	75	60	5	35	1.7	2	SMB
	UF 2K SMD	800	2	75	60	10	100	1.7	2	SMB
	ES 3 DB SMD	200	3	110	100	10	25	0.92	3	SMB
	ES 3 GB SMD	400	3	110	100	10	25	1.25	3	SMB
	ES 3 JB SMD	600	3	110	100	10	35	1.3	3	SMB
	RS 3 MB SMD	1000	3	75	100	5	500	1.3	3	SMB
■	ER 3J SMD T/R	600	3	75	100	5	35	1.7	3	SMC
■	UF 3K SMD	800	3	75	100	10	100	1.7	3	SMC
	MURB 1620 CT	200	2x8	125	100	5	25	0.975	8	D2PAK



Tranzistory výkonové NPN

DBC

Typ	Sklad. číslo	MC	U _{CEO}	I _C	P _{tot}	h _{FE}	při I _C	U _{CE}	f _r	při I _C	pouzdro
BD135-10	211-001	3,50	45 V	1,5 A	8 W	63	0,15 A	2 V	250-	50 mA	T0126
BD137-10	211-005	6,50	60 V	1,5 A	12,5 W	63	0,15 A	2 V	190 MHz	50 mA	T0126
BD137-16	211-006	5,00	60 V	1,5 A	8 W	100	0,15 A	2 V	250 MHz	50 mA	T0126
BD139	211-210	2,90	80 V	1,5 A	8 W						SOT32
BD139-10	211-009	4,50	80 V	1,5 A	8 W	63	0,15 A	2 V	250 MHz	50 mA	T0126
BD139-16	211-010	5,00	80 V	1,5 A	8 W	100	0,15 A	2 V	250 MHz	50 mA	T0126
BD237	211-014	4,00	80 V	2,0 A	25 W	25,00	1,0 A	2 V	3 MHz	0,25 A	T0126
BD239C	211-016	13,00	100 V	2,0 A	30 W	40	0,2 A	4 V	-	-	T0220
BD241C	211-018	8,00	100 V	3,0 A	40 W	25	1,0 A	4 V	-	-	T0220
BD243B	211-020	13,50	80 V	6,0 A	65 W	30	0,3 A	4 V	-	-	T0220
BD243C	211-021	8,00	100 V	6,0 A	65 W	30	0,3 A	4 V	-	-	T0220
BD249C	211-023	28,00	100 V	25,0 A	125 W	25	1,5 A	4 V	3 MHz	1,0 A	T0218
BD433	211-026	5,00	22 V	4,0 A	36 W	50	2,0 A	1 V	7 MHz	0,25 A	T0126
E BD439	211-031	8,00	60 V	4,0 A	36 W	25	2,0 A	1 V	7 MHz	0,25 A	T0126
BD441	211-033	5,50	80 V	4,0 A	36 W	15	2,0 A	1 V	3 MHz	0,25 A	T0126
BD711	211-048	7,50	100 V	12,0 A	75 W	15	4,0 A	4 V	3 MHz	0,3 A	T0220
BD911	211-133	10,00	100 V	15,0 A	90 W	15	5,0 A	4 V	3 MHz	0,5 A	T0220
E BUR52	211-199	792,00	250 V	60,0 A	350 W	20..100	5,0 A	4 V	10 MHz	1,0 A	T03
E D44H11	211-181	35,00	80 V	10,0 A	50 W	40	4,0 A	1 V	-	-	T0220
MJ15003-DIV	211-110	35,00	140 V	20,0 A	250 W	25	5,0 A	2 V	2 MHz	0,5 A	T03
MJ15003-MOT	211-211	85,00	140 V	20,0 A	250 W	25	5,0 A	2 V	2 MHz	0,5 A	T03
MJ15024	211-131	91,00	250 V	16,0 A	250 W	15	8,0 A	4 V	4 MHz	1,0 A	T03
MJ802	211-153	89,00	90 V	30,0 A	200 W	25	7,5 A	2 V	2 MHz	1,0 A	T03
MJE340	211-106	9,00	300 V	0,5 A	20 W	30	50 mA	10 V	-	-	T0126
E MJ16018	211-171	443,30	800 V	0,42	175 W	-	-	-	-	-	T0204AA
E MJE3055T	211-137	15,00	60 V	10,0 A	75 W	20	4,0 A	4 V	2 MHz	0,5 A	T0220
E MJF18008	211-207	85,00	450 V	0,33	45 W	28	4,5 A	1 V	T0220	-	-
TIP3055	211-145	22,50	70 V	15,0 A	90 W	20	4,0 A	4 V	-	-	T0218
TIP33C	211-185	50,00	140 V	10,0 A	80 W	40	1,0 A	4 V	3 MHz	0,5 A	T0218
TIP48	211-135	11,00	300 V	1,0 A	2 W	10-	1,0 A	10 V	10 MHz	0,2 A	T0220
TIP50	214-064	11,00	400 V	1,0 A	40 W	-	-	-	-	-	T0220
BD135-16	211-002	6,50	45 V	1,5 A	8 W						T0126
BDX93C	211-208	10,00	100 V	8 A	150 W				4 MHz		T03

Tranzistory výkonové PNP

DBD

Typ	Sklad. číslo	MC	U _{CEO}	I _C	P _{tot}	h _{FE}	při I _C	U _{CE}	f _r	při I _C	pouzdro
BD136-10	211-004	6,50	45 V	1,5 A	8 W	63	0,15 A	2 V	75 MHz	50 mA	T0126
BD136-16	211-084	6,50	45 V	1,5 A	8 W	100	0,15 A	2 V	75 MHz	50 mA	T0126
BD138-16	211-008	6,00	60 V	1,5 A	12,5 W	63	0,15 A	2 V	190 MHz	50 mA	T0126
BD140-16	211-209	5,00	80 V	1,5 A	8 W						SOT32
BD140-10	211-011	6,50	80 V	1,5 A	8 W	63	0,15 A	2 V	75 MHz	50 mA	T0126
BD140-16	211-012	5,00	80 V	1,5 A	8 W	100	0,15 A	2 V	75 MHz	50 mA	T0126
E BD231	211-152	15,00	80 V	3,0 A	12 W	40-	0,15 A	2 V	50 MHz	50 mA	T0126
BD238	211-015	8,00	80 V	2,0 A	25 W	25	1,0 A	2 V	3 MHz	0,25 A	T0126
BD240C	211-017	12,00	100 V	2,0 A	2 W	15	1,0 A	4 V	-	-	T0220
BD242C	211-019	7,50	100 V	3,0 A	40 W	25	1,0 A	4 V	-	-	T0220
BD244C	211-022	7,50	100 V	6,0 A	65 W	15	3,0 A	4 V	-	-	T0220
BD250C	211-024	40,00	100 V	25,0 A	125 W	25	1,5 A	4 V	-	-	SOT93
BD434	211-104	9,00	22 V	4,0 A	36 W	50	2,0 A	1 V	3 MHz	0,25 A	T0126
BD436	211-028	15,00	32 V	4,0 A	36 W	50	2,0 A	1 V	3 MHz	0,25 A	T0126
BD438	211-030	5,00	45 V	4,0 A	36 W	40	2,0 A	1 V	7 MHz	0,25 A	T0126
E BD440	211-032	8,40	60 V	4,0 A	36 W	25	2,0 A	0,2 V	7 MHz	0,25 A	T0126
BD442	211-034	10,00	80 V	4,0 A	36 W	15	2,0 A	1 V	3 MHz	0,25 A	T0126
BD712	211-049	7,50	100 V	12,0 A	75 W	15	4,0 A	4 V	3 MHz	0,3 A	T0220
BD912	211-125	10,00	100 V	15,0 A	90 W	15	5,0 A	4 V	3 MHz	0,5 A	T0220
E D45H11	211-200	60,00	80 V	10,0 A	50 W	min.40	4,0 A	1 V	40 MHz	0,5 A	T0220AB
MJ2955	211-107	24,50	70 V	15,0 A	90 W	20	4,0 A	4 V	-	-	T03
MJ4502	211-195	149,00	100 V	30,0 A	200 W	25-100	-	-	2 MHz	-	T03
MJ15004-DIV	211-111	39,00	140 V	20,0 A	250 W	-	-	-	3 MHz	-	T03
MJ15004-MOT	211-212	83,00	140 V	20,0 A	250 W	-	-	-	3 MHz	-	T03
MJ15025	211-136	92,00	250 V	16,0 A	250 W	-	-	-	3 MHz	-	T03
MJE350	211-108	12,50	300 V	0,5 A	20 W	30	0,05 A	10 V	-	-	T0126
MJE2955T	211-191	15,40	40 V	0,42	75 W	20	4,0 A	-	4 MHz	-	T0220
MJE15031	211-113	29,00	150 V	8,0 A	50 W	-	-	-	30 MHz	-	T0220
MJE15033	211-203	19,50	250 V	8,0 A	50 W	50	0,5 A	5 V	30 MHz	0,5 A	T0220AB
TIP34C	211-186	26,00	140 V	10,0 A	80 W	40	1,0 A	4 V	-	-	T0218
MJ15004-MOT	211-212	83,00	140 V	20,0 A	250 W				3 MHz		T03
BD244C-STM	211-213	7,00	100 V	6,0 A							T0220
E MJL21194	211-216	149,90	250 V	16,0 A	200 W						340G

Pro aktuální množstevní slevy kontaktujte naše velkoobchody.

Darlingtonovy tranzistory NPN

DBE

Typ	Sklad. číslo	MC	Popis	U _{CEO}	I _C	P _{tot}	h _{FE}	pří I _C	f _r	pouzdro
BC517	210-100	2,50	NPN	30 V	0,4 A	0,6 W	30000,00	20 mA	-	TO92
BCX38C	210-125	6,00	NPN	60 V	0,8 A	1 W	5000,00	100 mA	-	TO92
BD651	211-101	16,00	NPN	120 V	8 A	62,5 W	-	-	-	TO220
BD675	211-040	9,00	NPN	45 V	4 A	40 W	750,00	1,5 A	3 MHz	TO126
BD677	211-042	7,00	NPN	60 V	4 A	40 W	750,00	1,5 A	3 MHz	TO126
BD679	211-044	7,50	NPN	80 V	4 A	40 W	750,00	1,5 A	3 MHz	TO126
BD681	211-047	7,50	NPN	100 V	4 A	40 W	750,00	1,5 A	3 MHz	TO126
BD901	211-124	17,00	NPN	100 V	8 A	70 W	750,00	3 A	3 MHz	TO220AB
BDV65B	211-098	46,60	NPN	100 V	12 A	125 W	1000,00	5 A	4 MHz	SOT93
BDV65C	211-184	34,00	NPN	120 V	12 A	125 W	1000,00	5 A	4 MHz	SOT93
BDW83C	211-093	45,50	NPN	100 V	15 A	150 W	750,00	6 A	3 MHz	SOT93
BDW83D	211-188	33,00	NPN	120 V	15 A	150 W	750,00	6 A	3 MHz	SOT93
BDW93C	211-091	20,20	NPN	100 V	12 A	80 W	750,00	5 A	3 MHz	TO220
BDX33C	211-052	13,50	NPN	100 V	8 A	60 W	750,00	3 A	3 MHz	TO220
E BU806	214-024	25,00	NPN+D	200 V	8 A	60 W	-	-	-	TO220
BU931	211-143	73,00	NPN	500 V	10 A	150 W	-	-	-	TO3
BU941P	214-105	81,00	NPN	500 V	15 A	150 W	-	-	-	SOT93
E ESM3045D V	211-180	674,00	NPN	450 V	24 A	125 W	-	-	-	ISOTOP
E ESM6045D V	211-187	1500,00	NPN	450 V	84 A	250 W	-	-	-	ISOTOP
E MJ4032	211-127	91,90	NPN+D	100 V	16 A	150 W	1000,00	10 A	-	TO3
MJ11016	211-116	72,00	NPN	120 V	30 A	200 W	1000,00	20 A	5 MHz	TO3
MJ11032	211-121	175,00	NPN	120 V	50 A	300 W	400,00	50 A	5 MHz	TO3
MPSA14	210-072	2,00	NPN	30 V	0,5 A	0,625 W	>10000	10 mA	125 MHz	TO92
TIP112	211-198	13,00	NPN	100 V	2 A	50 W	500,00	1 A	-	TO220
TIP120	211-070	6,00	NPN	60 V	5 A	65 W	1000,00	3 A	3 MHz	TO220
TIP121	211-071	9,50	NPN	80 V	5 A	65 W	1000,00	3 A	3 MHz	TO220
TIP122	211-072	6,50	NPN	100 V	5 A	65 W	1000,00	3 A	3 MHz	TO220
TIP132	211-118	17,00	NPN	100 V	8 A	70 W	1000,00	4 A	4 MHz	TO220
TIP140	211-076	35,00	NPN	60 V	10 A	125 W	1000,00	5 A	4 MHz	SOT93
TIP141	211-077	37,00	NPN	80 V	10 A	125 W	1000,00	5 A	4 MHz	SOT93
TIP142	211-078	25,00	NPN	100 V	10 A	125 W	1000,00	5 A	4 MHz	SOT93
TIP142F	211-129	20,00	NPN = TIP142							
TIP152	211-169	22,00	NPN	400 V	7 A	80 W	-	-	-	TO220
TIP162	211-134	65,00	NPN	380 V	10 A	50 W	200,00	4 A	2,2 MHz	SOT93

Darlingtonovy tranzistory PNP

DBF

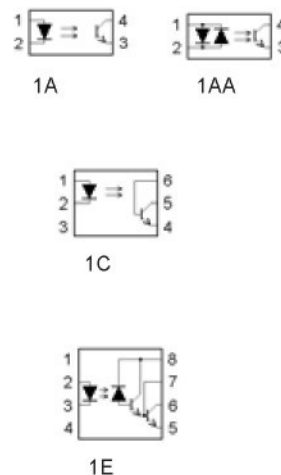
Typ	Sklad. číslo	MC	Popis	U _{CEO}	I _C	P _{tot}	h _{FE}	pří I _C	f _r	pouzdro
BC516	210-054	3,00	PNP	30 V	0,4 A	0,6 W	30000,00	20 mA	220 MHz	TO92
BD646	211-115	17,00	PNP	60 V	0,33	62 W	-	-	-	TO220
E BD650	211-039	20,00	PNP	100 V	0,33	63 W	-	-	-	TO220
BD652	211-100	14,00	PNP	120 V	0,33	63 W	-	-	-	TO220
BD676	211-041	12,00	PNP	45 V	0,17	40 W	750,00	2 A	3 MHz	TO126
BD678	211-043	10,00	PNP	60 V	0,17	40 W	750,00	1,5 A	3 MHz	TO126
BD680	211-045	7,50	PNP	80 V	0,17	40 W	750,00	1,5 A	3 MHz	TO126
BD680A	211-046	7,50	PNP	80 V	0,17	40 W	750,00	2 A	3 MHz	TO126
BD902	211-117	23,00	PNP	100 V	0,33	70 W	750,00	3 A	3 MHz	TO220AB
E BDV64B	211-095	62,00	PNP	100 V	0,00	125 W	1000,00	5 A	4 MHz	SOT93
BDV64C	211-183	35,00	PNP	120 V	0,00	125 W	1000,00	5 A	4 MHz	SOT93
BD W84C	211-094	42,00	PNP	100 V	15 A	150 W	750,00	6 A	3 MHz	SOT93
BD W84D	211-176	29,00	PNP	120 V	15 A	150 W	750,00	6 A	3 MHz	SOT93
BD W94C	211-099	15,00	PNP	100 V	0,00	80 W	750,00	5 A	3 MHz	TO220
BDX34C	211-055	9,50	PNP	100 V	0,42	70 W	750,00	3 A	3 MHz	TO220
BDX54C	211-061	7,00	PNP	100 V	0,33	60 W	750,00	3 A	3 MHz	TO220
MJ11015	211-119	98,00	PNP	120 V	16 A	150 W	1000,00	10 A	3 MHz	TO3
TIP110	211-066	10,50	NPN	60 V	0,08	50 W	1000,00	1 A	4 MHz	TO220
TIP115	211-068	23,40	PNP	60 V	0,08	50 W	1000,00	1 A	4 MHz	TO220
TIP117	211-174	9,00	PNP	100 V	0,08	50 W	1000,00	1 A	-	TO220
TIP125	211-073	9,50	PNP	60 V	0,21	65 W	1000,00	3 A	3 MHz	TO220
TIP126	211-074	7,00	PNP	80 V	0,21	65 W	1000,00	3 A	3 MHz	TO220
TIP127	211-075	9,50	PNP	100 V	0,21	65 W	1000,00	3 A	3 MHz	TO220
TIP137	211-109	14,80	PNP	100 V	0,33	70 W	1000,00	4 A	4 MHz	TO220
E TIP145	211-079	33,00	PNP	60 V	0,42	125 W	1000,00	5 A	4 MHz	SOT93
TIP146	211-080	36,30	PNP	80 V	0,42	125 W	1000,00	5 A	4 MHz	SOT93
TIP147	211-081	25,00	PNP	100 V	0,42	125 W	1000,00	5 A	4 MHz	SOT93
E TIP2955	211-144	33,00	PNP	60 V	15 A	90 W	20	4 A	3 MHz	TO218

Požadovaný komponent není v tomto katalogu?
 Neváhejte a kontaktujte prosím náš velkoobchod
 na tel. **+420 226 535 111** nebo pište na adresu **gm@gme.cz**.

OPTOČLENY

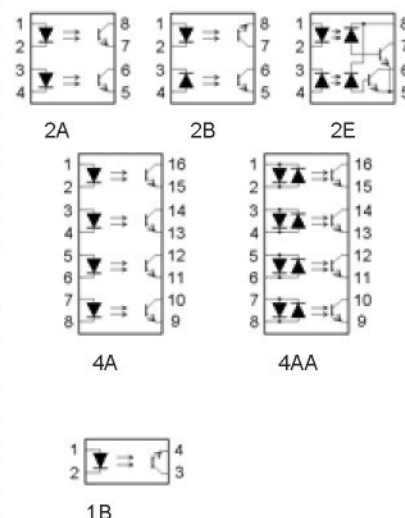
Optočleny s tranzistory - jednoduché

objednávací název	Ifm	Uce	Ic	CTR	ton / toff	Uis	schema	pouzdro
	mA	V	mA	%	μs	kV		
■ LTV 814	± 50	35	50	20 ~ 300	4	5.0	1AA	DIP 4
■ LTV 815	50	35	80	600 ~ 7500	60	5.0	1A	DIP 4
■ LTV 816	20	80	30	50 ~ 600	4	5.0	1A	DIP 4
■ LTV 817	50	35	50	50 ~ 600	4	5.0	1A	DIP 4
■ PC 814X	± 50	35	50	20 ~ 300	4	5.0	1AA	DIP 4
■ PC 815	50	35	80	600 ~ 7500	60	5.0	1A	DIP 4
■ PC 817X	50	35	50	50 ~ 600	4	5.0	1A	DIP 4
■ 4N 25	50	30	100	> 20	2	2.5	1C	DIP 6
■ 4N 26	50	30	100	> 20	2	1.5	1C	DIP 6
■ 4N 33	80	30	100	> 500	100	1.5	1C	DIP 6
■ 4N 35	60	30	100	> 100	3	3.5	1C	DIP 6
■ 4N 37	60	30	100	> 100	3	1.5	1C	DIP 6
■ CNY 17-2	60	70	100	63 ~ 125	4 / 25	4.4	1C	DIP 6
■ CNY 17-3	60	70	100	100 ~ 200	4 / 25	4.4	1C	DIP 6
■ CNY 17-4	60	70	100	160 ~ 320	4 / 25	4.4	1C	DIP 6
■ 6N 136	25	15	8	> 20	0.2	2.5	1E	DIP 8
■ 6N 138	20	7	80	300 ~ 7000	5	2.5	1E	DIP 8
■ 6N 139	20	18	80	500 ~ 7000	5	2.5	1E	DIP 8



Optočleny s tranzistory - dvojité a čtyřnásobné

objednávací název	Ifm	Uc	Ic	CTR	ton / toff	Uis	schema	pouzdro
	mA	V	mA	%	μs	kV		
■ PC 827	50	35	50	50 ~ 60	4	5.0	2A	DIP 8
■ HCPL 2731	20	18	60	500 ~ 2600	20	2.5	2E	DIP 8
■ LTV 844	± 50	35	50	20 ~ 300	4	5.0	4AA	DIP 16
■ LTV 847	50	35	50	50 ~ 600	4	5.0	4A	DIP 16
■ PC 844X	± 50	35	50	20 ~ 300	4	5.0	4AA	DIP 16
■ PC 845	50	35	80	> 600	60	5.0	4A	DIP 16
■ PC 847X	50	35	50	50 ~ 600	4	5.0	4A	DIP 16
■ ILQ 615-3	60	70	50	100 ~ 200	3	5.3	4A	DIP 16



Optočleny s tranzistory - SMD

Objednávací název	Ifm	Uce	Ic	CTR	ton / toff	Uis	schema	pouzdro
	mA	V	mA	%	μs	kV		
■ PC 354NT SMD	± 50	35	50	20 ~ 400	4	3.75	1AA	Mini 4
■ LTV 354T SMD	± 50	35	50	20 ~ 400	4	3.75	1AA	Mini 4
■ LTV 356T SMD	20	80	30	50 ~ 600	4	3.75	1A	Mini 4
■ PC 357NT SMD	50	35	50	50 ~ 600	4	3.75	1A	Mini 4
■ PS 2801-1	50	80	50	50 ~ 600	3	2.5	1A	SO 4
■ HMAA 2705	± 50	40	80	50 ~ 300	3	3.75	1AA	DIP 4 SMD
■ SFH 6106-1T	50	70	50	40 ~ 80	3	3.75	1B	DIP 4 SMD
■ PS 2801-4	50	80	50	50 ~ 600	3	2.5	4A	SO 16
■ TLP 281-4 SMD	50	80	50	50 ~ 600	3	2.5	4A	SO 16

Ifm (mA) - nejvyšší dovolený stejnosměrný proud diodou LED v propustném směru

Uce (V) - nejvyšší dovolené napětí kolektor - emitor tranzistoru

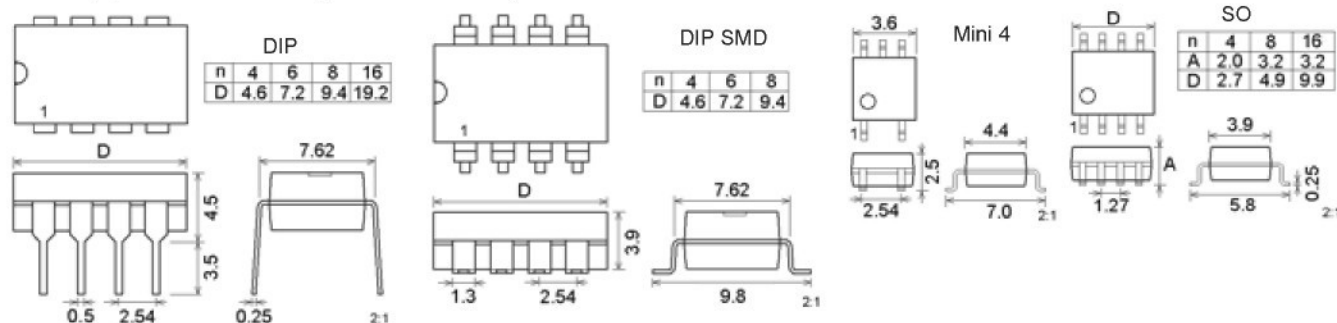
Ic (mA) - nejvyšší dovolený proud kolektorem tranzistoru

CTR (%) - proudový přenos (Current Transfer Ratio)

ton/toff (μs) - čas sepnutí/vypnutí tranzistoru

Uis (kV) - isolační napětí mezi vstupem a výstupem optočlenu

Pouzdro - Pouzdra stejného označení se u různých výrobců mohou lišit především tolerancemi. Přesné rozměry pouzder konkrétního výrobce sdělíme na vyžádání.



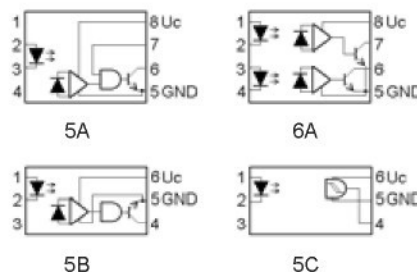
■ součástka se doplňuje na sklad

součástka na skladě, výprodej

Dodací podmínky neoznačených součástek sdělíme na požádání

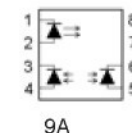
Optočleny s hradlem

objednávací název	Ifm	Ucc	Iout	Ion	ton / toff	Uis	schema	pouzdro
	mA	V	mA	mA	ns	kV		
■ 6N 137	20	5	50	6	30	2.5	5A	DIP 8
■ HCPL 2601	20	5	50	6	30	2.5	5A	DIP 8
■ PC900V	50	3 ~ 15	50	4	100	5	5B	DIP 6
■ H11L1-M	60	3 ~ 15	50	1.6	1000	5	5C	DIP 6
■ TLP 2631	15	5	16	6	30	2.5	6A	DIP 8
■ HCPL 0630	50	5	15	6	20	3.7	6A	SO 8



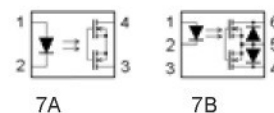
Optočleny s fotodiodou

objednávací název	Ifm	Udm	CTR	linearita	f	Uis	schema	pouzdro
	mA	V	%	%	MHz	kV		
■ HCNR 201	25	30	100±5	0.01	1.5	5.0	9A	DIP 8 / 400



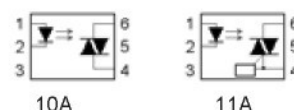
Optočleny s tranzistorem CMOS

objednávací název	Ifm	Uds	Iout	Ion	ton / toff	Ron	Uis	schema	pouzdro
	mA	V	mA	mA	μs	Ω	kV		
■ TLP 598G	30	±400	±150	5	300	12	2.5	7B	DIP 6
■ TLP172A	50	±60	±400	3	800	2	1.5	7A	DIP 4 SMD



Optočleny s triakem

objednávací název	Ifm	Urm	Iout	Ion	dv / dt	sp. v nule	Uis	schema	pouzdro
	mA	V	A	mA	kV / μs		kV		
■ BRT 12H	20	600	0.3	2	10	--	5.3	10A	DIP 6
■ MOC 3020M	50	400	0.1	20	12	--	5.3	10A	DIP 6
■ MOC 3062M	60	600	0.1	10	2	x	5.3	11A	DIP 6
■ TLP 3062S	50	600	0.1	10	0.5	x	5.3	11A	DIP 6
■ MOC 3063M	60	600	0.1	5	2	x	5.3	11A	DIP 6
■ TLP 3063	50	600	0.1	5	0.5	x	5.3	11A	DIP 6



Ifm (mA) - nejvyšší dovolený stejnosměrný proud diodou LED v propustném směru

Ucc (V) - napájecí napětí

Uds (V) - nejvyšší dovolené stejnosměrné napětí Drain - Source

Udm (V) - nejvyšší dovolené stejnosměrné napětí fotodiody v závěrném směru

Urm (V) - nejvyšší dovolené napětí triaku

Iout (mA) - nejvyšší dovolený výstupní proud

CTR (%) - proudový přenos (Current Transfer Ratio)

Ion (mA) - stejnosměrný proud diodou LED potřebný pro sepnutí výstupního obvodu

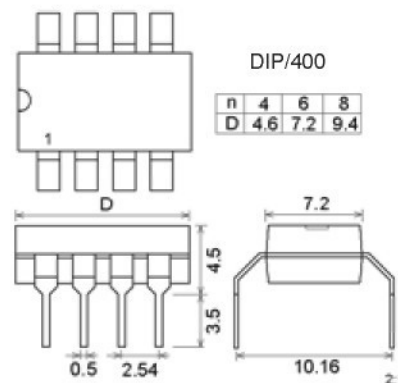
ton/toff (μs) - čas sepnutí/vypnutí tranzistoru

Ron (Ω) - odpor v sepnutém stavu

dv/dt (kV/μs) - nejrychlejší dovolená změna výstupního napětí

Uis (kV) - isolační napětí mezi vstupem a výstupem optočlenu

Pouzdro - Pouzdra stejného označení se u různých výrobců mohou lišit především tolerancemi. Přesné rozměry pouzder konkrétního výrobce sdělíme na vyžádání.



TRANZISTORY

Tranzistory nf do 1.5W

	obj. název	Uce[V]	Ic [A]	P [W]	B	f [MHz]	pouzdro	1 - 2 - 3
■	BC 547B	N	45	0.2	0.5	200/ 450	100	TO 92 E - B - C
■	BC 547C	N	45	0.2	0.5	420/ 800	100	TO 92 E - B - C
■	BC 550C	N	45	0.2	0.5	420/ 800	100	TO 92 E - B - C
■	BC 546B	N	65	0.2	0.5	200/ 450	100	TO 92 E - B - C
■	BC 337-25	N	45	1.0	0.8	160/ 400	100	TO 92 E - B - C
■	BC 337-40	N	45	1.0	0.8	250/ 600	100	TO 92 E - B - C
■	BC 639	N	80	1.5	1.0	40/ 250	100	TO 92 B - C - E
■	2N5401	P	150	0.6	0.5	> 40	100	TO 92 C - B - E
■	BC 327-25	P	45	1.0	0.8	160/ 400	100	TO 92 E - B - C
■	BC 327-40	P	45	1.0	0.8	25 / 600	80	TO 92 E - B - C
■	BC 556B	P	65	0.2	0.5	220/ 475	100	TO 92 E - B - C
■	BC 557B	P	45	0.2	0.5	220/ 475	100	TO 92 E - B - C
■	BC 557C	P	45	0.2	0.5	420/ 800	100	TO 92 E - B - C
■	BC 560C	P	45	0.2	0.5	420/ 800	100	TO 92 E - B - C
■	BC 640	P	80	1.5	1.0	40/ 250	100	TO 92 B - C - E

Tranzistory nf výkonové

	obj. název	Uce[V]	Ic [A]	P [W]	B	f [MHz]	pouzdro	1 - 2 - 3
■	BD 135 - 16	N	45	1.5	8	100/ 250	50	TO 126 E - C - B
■	BD 137 - 16	N	60	1.5	8	100/ 250	50	TO 126 E - C - B
■	BD 139 - 16	N	80	1.5	8	100/ 250	50	TO 126 E - C - B
■	BD 439	N	60	4	14	85/ 475	3	TO 126 E - C - B
■	BD 237	N	80	2	25	40/ 250	3	TO 126 E - C - B
■	BD 239C	N	100	2	30	> 15	3	TO 220 B - C - E
■	BD 243C	N	100	6	65	> 15	3	TO 220 B - C - E
■	BD 711	N	100	12	75	> 15	3	TO 220 B - C - E
■	TIP 3055	N	60	15	90	> 5	2.5	SOT 93 B - C - E
■	BD 911	N	100	15	90	15/ 150	3	TO 220 B - C - E
■	BD 249C	N	100	25	125	> 10	3	SOT 93 B - C - E
■	MJ 15003	N	140	20	250	25/ 150	2	TO 3 E - B - C
■	BD 136 - 10	P	45	1.5	8	60/ 160	50	TO 126 E - C - B
■	BD 136 - 16	P	45	1.5	8	100/ 250	50	TO 126 E - C - B
■	BD 138 - 16	P	60	1.5	8	100/ 250	50	TO 126 E - C - B
■	BD 140 - 16	P	80	1.5	8	100/ 250	50	TO 126 E - C - B
■	BD 238	P	80	2	25	40/ 250	3	TO 126 E - C - B
■	BD 242C	P	100	3	40	> 10	3	TO 220 B - C - E
■	D45H8	P	60	10	50	> 40		TO 220 B - C - E
■	BD 244C	P	100	6	65	> 15	3	TO 220 B - C - E
■	BD 712	P	100	12	75	> 15	3	TO 220 B - C - E
■	BD 912	P	100	15	90	15/ 150	3	TO 220 B - C - E
■	MJ 15004	P	140	20	250	25/ 150	2	TO 3 E - B - C

Darlingtony do 1.5W

	obj. název	Uce[V]	Ic [A]	P [W]	B	f [MHz]	pouzdro	1 - 2 - 3
■	BC 517	N	30	0.4	0.6	> 30 000		TO 92 E - B - C
■	BC 879	N	80	1.0	0.8	> 2000	200	TO 92 B - C - E

Darlingtony výkonové

	Obj. název	Uce[V]	Ic [A]	P [W]	B	f [MHz]	pouzdro	1 - 2 - 3
■	BD 677	N	60	4	40	> 750	10	TO 126 E - C - B
■	BD 679	N	80	4	40	> 750	10	TO 126 E - C - B
■	BD 679A	N	80	4	40	> 750	10	TO 126 E - C - B
■	BD 681	N	100	4	40	> 750	10	TO 126 E - C - B
■	BDW 93C	N	100	12	40	> 750	20	TO 220 B - C - E
■	BDX 53C	N	100	8	60	> 750	20	TO 220 B - C - E
■	TIP 122	N	80	5	65	> 1000	4	TO 220 B - C - E
■	BDX 33C	N	100	10	70	> 750	20	TO 220 B - C - E
■	BD 678	P	60	4	40	> 750	10	TO 126 E - C - B
■	BD 680A	P	80	4	40	> 750	10	TO 126 E - C - B
■	BD 682	P	100	4	40	> 750	10	TO 126 E - C - B
■	BDW 94C	P	100	12	40	> 750	20	TO 220 B - C - E
■	BDX 54C	P	100	8	60	> 750	20	TO 220 B - C - E
■	TIP 125	P	60	5	65	> 1000	4	TO 220 B - C - E
■	BDX 34C	P	100	10	70	> 750	20	TO 220 B - C - E

Tranzistory vf do 1.5W

	obj. název	Uce[V]	Ic [mA]	P [W]	B	f [GHz]	pouzdro	1 - 2 - 3
■	BFR 91A	N	12	50	0.3	50	5.0	TO 50 obrázek
■	BFR 96TS	N	15	100	0.7	75	5.0	TO 50 obrázek

Tranzistory vn

	obj. název	Uce[V]	Ic [A]	P [W]	B	f [MHz]	pouzdro	1 - 2 - 3
■	2SC 3955	N	200	0.1	7	40 / 320	300	TO 126 E - C - B
■	BF 422	N	250	0.1	0.8	> 50	60	TO 92 B - C - E
■	TIP 47	N	250	1	40	30 / 150	10	TO 220 B - C - E
■	BUL 38D	N	450	5	70	10 / 60		TO 220 B - C - E
■	2SA 1541	p	200	0.2	7	40 / 320	300	TO 126 E - C - B
■	BF 423	P	250	0.1	0.8	> 50	60	TO 92 B - C - E

Tranzistory J- FET

	obj. název	Uds[V]	Id [mA]	P [W]	Rds [Ω]	pouzdro	1 - 2 - 3
■	J107	N	25	100	0.35	8	TO 92 D - S - G
■	BF 245A	N	30	2 - 6	0.35		TO 92 D - G - S
■	BF 245B	N	30	6 - 15	0.35		TO 92 D - G - S
■	BF 245C	N	30	12 - 25	0.35		TO 92 D - G - S

Tranzistory MOSFET do 1W

	obj. název	Uds[V]	Id [A]	P [W]	Rds [Ω]	pouzdro	1 - 2 - 3
■	BSS 98	N	50	0.30	0.63	3.5	TO 92 S - G - D
■	BS 170	N	60	0.5	0.83	5	TO 92 S - G - D
■	BS 107	N	200	0.15	0.83	20	TO 92 S - G - D
■	BS 108	N	200	0.30	1	2.7	TO 92 S - G - D
■	BS 250	P	45	0.25	0.83	14	TO 92 S - G - D
■	IRFD 9120	P	100	1	1.3	0.6	HEXDIP obrázek

Tranzistory MOSFET výkonové

	obj. název	Uds[V]	Id [A]	P [W]	Rds [Ω]	pouzdro	1 - 2 - 3
■	SPU02N60C3	N	650	1.8	25	3.0	TO 251 G - D - S
■	IRLU 024N	N	55	17	38	0.065	TO 251 G - D - S
■	SPP03N60S5	N	600	3.2	38	1.4	TO 220 G - D - S
■	IRFU 420	N	500	2.4	42	3.0	TO 251 G - D - S
■	IRFI 540N	N	100	18	42	0.052	TO 220 G - D - S
■	IRLZ 24N	N	55	18	45	0.060	TO 220 G - D - S
■	IRFZ 24N	N	55	17	45	0.2	TO 220 G - D - S
■	IRF 520	N	100	9.2	60	0.27	TO 220 G - D - S
■	IRF 630	N	200	9	74	0.4	TO 220 G - D - S
■	IRF 830	N	500	4.5	74	1.5	TO 220 G - D - S
■	IRFZ 44N	N	55	41	83	0.024	TO 220 G - D - S
■	IRLZ 44N	N	55	41	83	0.022	TO 220 G - D - S
■	SPP07N60S5	N	600	7.3	83	0.6	TO 220 G - D - S
■	IRF 530	N	100	14	88	0.16	TO 220 G - D - S
■	STP4NB80	N	800	3.1	100	4.5	TO 220 G - D - S
■	BUZ 11	N	50	36	120	0.04	TO 220 G - D - S
■	BTS 432E2	N	60	10	125	0.038	TO 220-5
■	IRF 640	N	200	18	125	0.18	TO 220 G - D - S
■	IRF 740	N	400	10	125	0.55	TO 220 G - D - S
■	IRF 840	N	500	8	125	0.85	TO 220 G - D - S
■	IRFZ 48N	N	55	64	130	0.014	TO 220 G - D - S
■	IRF 3710	N	100	46	150	0.028	TO 220 G - D - S
■	IRF 540	N	100	30	150	0.077	TO 220 G - D - S
■	STW15NB50	N	500	14.6	190	0.36	TO 247 G - D - S
■	IRFP 460LC	N	500	20	280	0.27	TO 247 G - D - S
■	IRFP 260N	N	200	50	300	0.040	TO 247 G - D - S
■	IRFP 064	N	60	70	300	0.009	TO 247 G - D - S
■	IRF9Z 24N	P	55	17	45	0.2	TO 220 G - D - S
■	IRF9Z 34N	P	55	26	56	0.04	TO 220 G - D - S
■	IRF 9520	P	100	6.8	60	0.6	TO 220 G - D - S
■	IRF 9530N	P	100	13	75	0.2	TO 220 G - D - S
■	IRF 4905	P	55	45	150	0.02	TO 220 G - D - S
■	IRF 9540	P	100	19	150	0.2	TO 220 G - D - S

Tranzistory nf SMD

	obj. název	Uce(V)	Ic (A)	P (W)	B	f(MHz)	pouzdro	1 - 2 - 3
■	BC 846B SMD	N	65	0.2	0.25	200/ 450	100	SOT 23 B - E - C
■	BC 847A SMD	N	45	0.2	0.25	110/ 220	100	SOT 23 B - E - C
■	BC 847B SMD	N	45	0.2	0.25	200/ 450	100	SOT 23 B - E - C
■	BC 847C SMD	N	45	0.2	0.25	420/ 800	100	SOT 23 B - E - C
■	BC 848B SMD	N	30	0.2	0.25	200/ 450	100	SOT 23 B - E - C
■	BC 848C SMD	N	30	0.2	0.25	420/ 800	100	SOT 23 B - E - C
■	BC 849B SMD	N	30	0.2	0.25	200/ 450	100	SOT 23 B - E - C
■	BC 849C SMD	N	30	0.2	0.25	420/ 800	100	SOT 23 B - E - C
■	BC 850C SMD	N	45	0.2	0.25	420/ 800	100	SOT 23 B - E - C
■	BC 817-25 SMD	N	45	1	0.25	160/ 400	100	SOT 23 B - E - C
■	BC 817-40 SMD	N	45	1	0.25	250/ 600	100	SOT 23 B - E - C
■	BCX 54-16 SMD	N	45	1.5	1	100/ 250	130	SOT 89 B - E - C
■	BCX 55-10 SMD	N	60	1.5	1	60/ 160	130	SOT 89 E - C - B
■	BCX 55-16 SMD	N	60	1.5	1	100/ 250	130	SOT 89 E - C - B
■	BCX 56-16 SMD	N	80	1.5	1	100/ 250	130	SOT 89 E - C - B
■	BCP 54-16 SMD	N	45	1.5	1.5	100/ 250	130	SOT 223 B - C - E
■	BCP 55-10 SMD	N	60	1.5	1.5	60/ 160	130	SOT 223 B - C - E
■	BCP 56-16 SMD	N	80	1.5	1.5	100/ 250	130	SOT 223 B - C - E
■	BC 856A SMD	P	65	0.2	0.25	125 / 250	100	SOT 23 B - E - C
■	BC 856B SMD	P	65	0.2	0.25	220/ 475	100	SOT 23 B - E - C
■	BC 857A SMD	P	45	0.2	0.25	125/ 250	100	SOT 23 B - E - C
■	BC 857B SMD	P	45	0.2	0.25	220/ 475	100	SOT 23 B - E - C
■	BC 857C SMD	P	45	0.2	0.25	420/ 800	100	SOT 23 B - E - C
■	BC 858B SMD	P	30	0.2	0.25	220/ 475	100	SOT 23 B - E - C
■	BC 858C SMD	P	30	0.2	0.25	420/ 800	100	SOT 23 B - E - C
■	BC 859C SMD	P	30	0.2	0.25	420/ 800	100	SOT 23 B - E - C
■	BC 860C SMD	P	45	0.2	0.25	420/ 800	100	SOT 23 B - E - C
■	BC 807-40 SMD	P	45	1	0.25	250/ 600	80	SOT 23 B - E - C
■	BCX 52 SMD	P	60	1.5	1	40/ 250	50	SOT 89 E - C - B
■	BCX 52-16 SMD	P	60	1.5	1	100/ 250	50	SOT 89 E - C - B
■	BCX 53-16 SMD	P	80	1.5	1	100/ 250	50	SOT 89 E - C - B
■	BCP 51-16 SMD	P	45	1.5	1.5	100/ 250	50	SOT 223 B - C - E
■	BCP 52-16 SMD	P	60	1.5	1.5	100/ 250	50	SOT 223 B - C - E

Dvojice tranzistorů SMD

	obj. název	Uce(V)	Ic(A)	P (W)	B	f(MHz)	pouzdro	1 - 2 - 3
	PUM X1	N	40	0.1	0.3	> 120	100	SOT 363 obrázek
■	PUM Z1	N+P	40	0.1	0.3	> 120	100	SOT 363 obrázek

Darlingtony SMD

	obj. název	Uce(V)	Ic(A)	P (W)	B	f(MHz)	pouzdro	1 - 2 - 3
	BCV 47 SMD	N	60	0.5	0.25	> 10000	220	SOT 23 B - E - C
	MJD 122 SMD	N	100	4	20	> 1000		DPAK B - C - E
	BSP 60 SMD	P	45	1.0	1.25	> 2000		SOT223 B - C - E

Tranzistory vf SMD

	obj. název	Uce(V)	Ic(mA)	P (W)	B	f(MHz)	pouzdro	1 - 2 - 3 - 4
	AT 41511T SMD	N	12	50	0.2	150	8000	SOT 143 C - E - B - E
	AT 41586 BLK	N	12	60	0.5	150	8000	pr2.2x1.5
■	BFG 67 SMD	N	10	50	0.2	65/ 150	7500	SOT 143 C - B - E - E
■	BFR 92A SMD	N	15	30	0.2	65/ 150	6000	SOT 23 B - E - C
■	BFR 93A SMD	N	12	50	0.2	40/ 150	6000	SOT 23 B - E - C
■	BFQ 19S SMD	N	15	75	1	40 / 220	5500	SOT 89 B - C - E
■	BFS 17P SMD	N	15	25	0.3	70	2500	SOT 23 B - E - C
■	BSV 52 SMD	N	12	200	0.25	40/ 120	500	SOT 23 B - E - C
■	BF 840 SMD	N	40	25	0.25	> 60	380	SOT 23 B - E - C
■	BSR 14 SMD	N	30	800	0.25	> 40	300	SOT 23 B - E - C

Uce (V) - nejvyšší dovolené stejnosměrné napětí kolektor - emitor

Ic (A) - nejvyšší dovolený proud kolektoru

P (W) - nejvyšší dovolená výkonová ztráta na tranzistoru

B - stejnosměrný zesilovací činitel

f (MHz) - nejvyšší pracovní kmitočet tranzistoru

Uds (V) - nejvyšší dovolené stejnosměrné napětí Drain - Source

Id (A) - nejvyšší dovolený proud elektrodou Drain

Rds (W) - odpor Drain - Source v sepnutém stavu

Pouzdro 1 - 2 - 3 - orientace vývodů tranzistoru v příslušném pouzdře

Tranzistory MOSFET SMD

	obj. název	Uds(V)	Id (A)	P (W)	Rds (Ω)	pouzdro	1 - 2 - 3
■	BSS 123 SMD	N	100	0.15	0.25	6.0	SOT 23 G - S - D
■	BSS 84 SMD	P	50	0.13	0.25	10	SOT 23 G - S - D
■	TN 0200T	N	20	0.7	0.35	0.29	SOT 23 G - S - D
■	BSS 138 SMD	N	50	0.22	0.36	3.5	SOT 23 G - S - D
■	2N 7002 SMD	N	60	0.18	0.83	5.3	SOT 23 G - S - D
■	BSN 20 SMD	N	50	0.17	0.83	2.8	SOT 23 G - S - D
■	BST 82 SMD	N	100	0.19	0.83	10	SOT 23 G - S - D

Dvojice tranzistorů MOSFET SMD

	obj. název	Uds(V)	Id (A)	P (W)	Rds (Ω)	pouzdro	1 - 2 - 3
	IRF 7301	N	20	4.3	1.4	0.05	SO 8 obrázek
	IRF 7104 SMD	P	20	2.3	1.4	0.25	SO 8 obrázek
	IRF 7304 SMD	P	30	3.6	1.4	0.09	SO 8 obrázek
	IRF 7314 SMD	P	20	5.3	2.0	0.06	SO 8 obrázek

Tranzistory MOSFET Dual-gate SMD

	obj. název	Uds(V)	Id (mA)	P (W)		pouzdro	1 - 2 - 3
	BF 998 SMD	N	12	2 - 18	0.2		SOT 143

Tranzistory MOSFET výkonové SMD

	obj. název	Uds(V)	Id (A)	P (W)	Rds (Ω)	pouzdro	1 - 2 - 3
	SI 7336 ADP	N	30	30	1.9	0.003	SO 8
■	IRF 7103 SMD	N	50	3	2.0	0.13	SO 8 obrázek
■	IRLL 2705	N	55	5.2	2.1	0.04	SOT 223 G - D - S
	IRF 7413 SMD	N	30	12	2.5	0.01	SO 8 obrázek
	IRFL 014 SMD	N	60	2.7	3.1	0.20	SOT 223 G - D - S
■	IRLR 120N	N	100	11	39	0.18	DPAK G - D - S
	IRFR 220 BTM	N	200	4.6	40	0.80	DPAK G - D - S
	IRF540NS	N	100	33	130	0.044	D2PAK G - D - S
■	IRF 7416 SMD	P	30	8.8	1.0	0.02	SO 8 obrázek
■	IRFL9014 SMD	P	60	1.8	3.1	0.50	SOT 223 G - D - S
	SUD10P06280L	P	60	10	37	0.17	DPAK G - D - S

