

Technická měření v bezpečnostním inženýrství

Čís. úlohy:	Název úlohy:
6	Elektrická měření – proud, napětí, odpor

Úkol měření

- a) Změřte v propustném i závěrném směru voltampérovou (VA) charakteristiku
- křemíkové diody pro všeobecné použití
 - Zenerovy diody
 - Schottkyho diody
- Naměřené hodnoty zpracujte a vytvořte graf VA charakteristiky pro každou měřenou diodu.
- b) Stanovte měrný (specifický) odpor (rezistivitu) odporového drátu. Změřte odpor drátu přímou (ohmmetrem) a nepřímou metodou (výpočtem podle Ohmova zákona). Výsledné hodnoty zjištěné přímou a nepřímou metodou porovnejte, případné rozdíly okomentujte. Graficky znázorněte závislost odporu na protékajícím proudem.

Obecná část

Voltampérová charakteristika (VA charakteristika) je závislost proudu protékajícího nějakou součástí na napětí na této součástce.

Polovodičové diody jsou nelineární prvky, jejichž nejdůležitější součástí je PN přechod (rozhraní mezi polovodičem s vodivostí typu p a typu n). VA charakteristika diody je silně nelineární (neplatí pro ni Ohmův zákon) a dioda propouští proud převážně jedním směrem. Existuje řada druhů diod, které se mimo jiné liší tvarem voltampérových charakteristik. Tvar VA charakteristiky je důležitý pro jednotlivé oblasti použití diod.

Elektrický odpor je fyzikální veličina charakterizující schopnost elektrických vodičů bránit průtoku elektrického proudu. Můžeme ho stanovit např. měřením ohmmetrem, podle Ohmova zákona, srovnávací, substituční nebo můstkovou metodou.

Ohmova metoda: Ampérmetrem měříme proud I , který protéká zkoumaným vodičem a současně voltmetrem napětí U na tomto vodiči. Odpor vodiče pak lze určit z Ohmova zákona:

$$R = \frac{U}{I} [\Omega] \quad (1)$$

Je třeba zdůraznit, že vztah (1) lze použít jen s určitým omezením, neboť měřicí systém voltmetru i ampérmetru má určitý vlastní odpor, čímž se mění poměry v obvodu a tím ovlivňuje výsledky měření. Zapojení měřicích přístrojů v obvodu je nutné přizpůsobit vzájemnému poměru měřeného odporu a vnitřního odporu použitých měřicích přístrojů. Při znalosti vnitřních odporů voltmetru a ampérmetru je, v případě nutnosti, možno provést příslušnou korekci. Při měření je nutné respektovat velikost proudu protékajícího obvodem, jeho hodnotu je možné omezit do série s měřeným obvodem zapojeným ochranným odporem.

Měrný (specifický) odpor ρ udává odpor 1 m materiálu jednotkového průřezu. Základní jednotkou je $\Omega \cdot m$, v technické praxi se používá i $\Omega \cdot mm^2 \cdot m^{-1}$. Měrný (specifický) odpor se vypočítá ze vztahu:

$$\rho = R \frac{S}{l} [\Omega \cdot m] \quad (2)$$

kde

ρ je měrný odpor [$\Omega \cdot \text{m}$],
 R odpor drátu [Ω],
 S plocha kolmého průřezu drátu [m^2],
 l délka drátu [m].

Použité přístroje

Úloha a) Měření voltampérové charakteristiky

Voltmetr (univerzální měřicí přístroj C4311) viz Obrázek 1, ampérmetr (multimetr METEX M-4660 A, UNI-T UT71C) viz Obrázek 2, stejnosměrný zdroj 0 až 30 V (DIAMETRAL P230R51D) viz Obrázek 3, propojovací vodiče, měřicí přípravek s polovodičovými diodami a ochrannými odpory.



Obrázek 1 Voltmetr C4311



Obrázek 2 Ampérmetr
(multimetr UNI-T UT71C)



Obrázek 3 Stejnosměrný zdroj 0 až 30 V
(P230R51D)

Úloha b) Stanovení měrného (specifického) odporu (rezistivity) odporového drátu

Stejnosměrný zdroj BK127 viz Obrázek 4, Digitální multimetr ESCORT 3146 A viz Obrázek 5, ochranný odpor 150R/10 W viz Obrázek 6, měřicí lišta s odporovými dráty o délce 1 m, propojovací vodiče.



Obrázek 4 Stejnosměrný zdroj
BK127



Obrázek 5 Digitální multimetr
ESCORT 3146 A

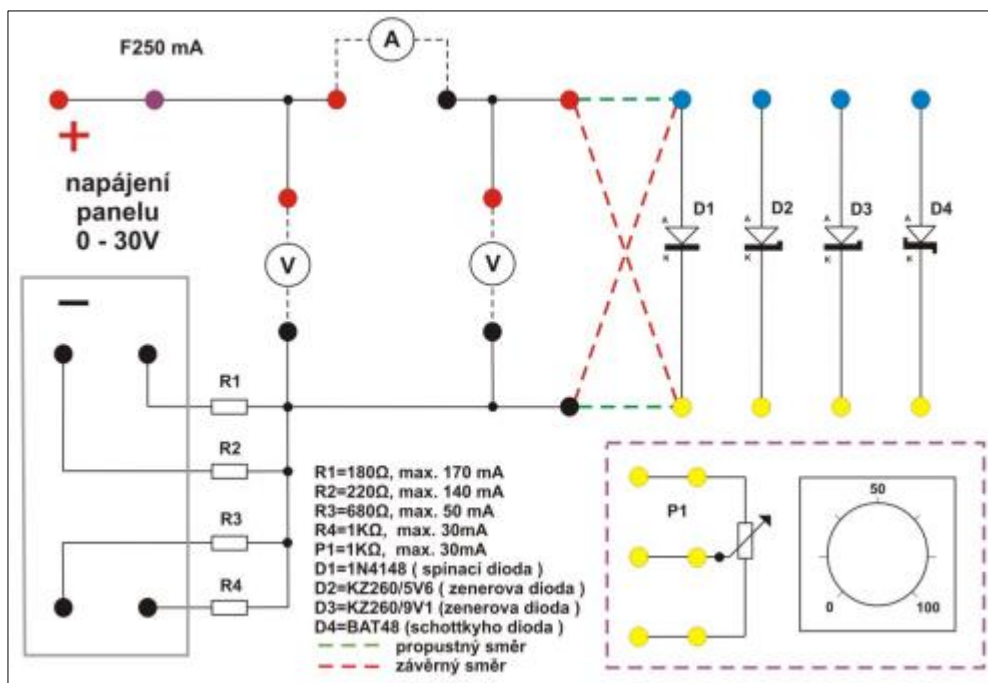


Obrázek 6 Ochranný odpor 150
R/10 W

Postup práce

Úloha a) Měření voltampérové charakteristiky

1. Zaznamenejte potřebné údaje o použitých přístrojích a podmínkách měření.
2. Sestavte obvod podle schéma zapojení uvedeného na Obrázek 7.



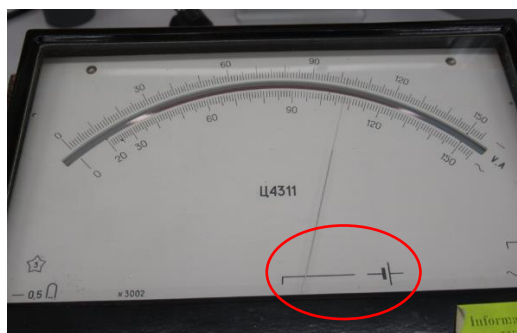
Obrázek 7 Zapojení měřícího přípravku pro měření VA charakteristiky diod

3. V měřícím přípravku použijte takového sériového odporu, aby proud protékající zapojenou diodou v propustném i závěrném směru nepřesáhl:

- u křemíkové diody pro všeobecné použití (1N4148)	100 mA
- u zenerovy diody (KZ260/5V6, KZ260/9V1)	150 mA
- u schottkyho diody (BAT48)	200 mA.

Použitý odpor poznamenejte do protokolu.

4. U analogového voltmetru zkontrolujte (před jeho zapnutím) stisknutím příslušného (černého) tlačítka napětí vestavěné baterie (viz Obrázek 7). Pokud výchylka ručičky nebude v graficky znázorněném tolerančním poli baterie, potom přístroj nezapínejte a sdělte tento stav pedagogovi.



Obrázek 8 kontrola napětí vestavěné baterie

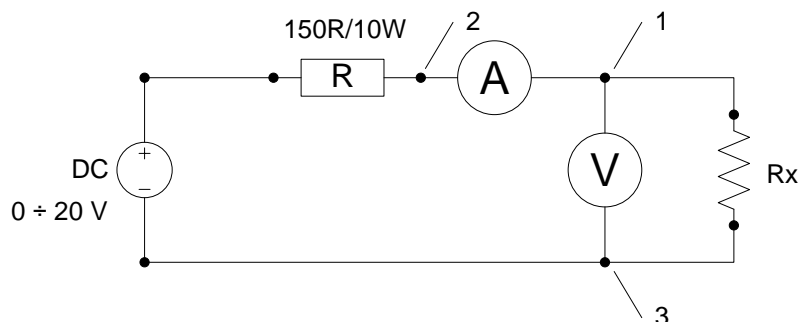
5. Zkontrolujte vypnutí napájecího zdroje, **regulátor napětí na použitém zdroji (A) otočte zcela vlevo, regulátor proudu přibližně do střední hodnoty.**

6. Zapojte měřicí přípravek do obvodu, záporný pól napájecího zdroje připojte do zdičky odpovídající zvolenému sériovému odporu pro omezení maximálního proudu obvodem.
7. **Místo připojení voltmetru** na měřicí přípravek volte tak, aby
 - při měření všech diod v propustném směru a u zenerovy diody i při měření v závěrném směru ZA ampérmetrem;
 - při měření VA charakteristiky křemíkové diody a schottkyho diody v závěrném směru byl umístěn PŘED ampérmetrem.
8. Krátkými propojovacími vodiči zapojte na měřicím přípravku zvolenou diodu v propustném nebo závěrném směru.
9. Zkontrolujte správnost zapojení.
10. **Ampérmetr** (digitální multimetr) zapněte otočením **vypínače do polohy pro měření proudu na mA.**
11. **Na voltmetru** nastavte jako **výchozí rozsah 30 V =**, voltmetr zapněte stisknutím tlačítka pro měření stejnosměrného napětí (U=).
12. Připojte napájecí zdroj do zásuvky, zapněte. Postupně zvyšujte napětí (až do 30 V). Zapisujte napětí a protékající proud na měřené diodě. Podle potřeby měňte rozsahy voltmetru tak, aby odečet probíhal, pokud možno v cca 2/3 rozsahu stupnice. Pokud se bude ručička voltmetru blížit k maximu napětí na zvoleném rozsahu, před zvýšením napětí na vstupu přepněte rozsah na vyšší hodnotu, aby nedošlo k poškození přístroje.
13. Měření proveďte tak, abyste mohli sestavit graf závislosti proudu protékajícího diodou na napětí měřené diody (VA charakteristiku diody), tzn. měření provádějte postupným zvyšováním vstupního napětí cca o 3 V.
14. Regulátor napětí na napájecím zdroji nastavte na nulu (zcela vlevo) a zdroj spínačem vypněte.
15. Opakujte body 6 až 14, až proměříte propustnou i závěrnou charakteristiku všech tří diod (D2 a D3 jsou Zenerovy diody).
16. Po ukončení měření **vypněte všechny použité přístroje** (ampérmetr otočením do polohy OFF, voltmetr červeným tlačítkem) **na napájecím zdroji stáhněte napětí na 0, zdroj vypněte tlačítkovým vypínačem a odpojte od sítě.**
17. **Graficky zpracujte VA charakteristiky použitých diod, popište jejich rozdíly.**

Úloha b) Stanovení měrného (specifického) odporu (rezistivity) odporového drátu

Nepřímá metoda

1. Na měřicí liště opište průměr vybraného odporového drátu. Vypočítejte průřez drátu (délka jednotlivých odporových drátů je 1,0 m).
2. Zkontrolujte vypnutí napájecího zdroje a multimetru. Na napájecím zdroji nastavte spodní otočný regulátor napětí zcela vlevo, regulátor proudu přibližně do střední hodnoty. Přepínač měření U-I přepněte do polohy měření napětí.
3. Zapojte vybraný odporový drát (R_x) umístěný na měřicí liště do obvodu podle schématu na Obrázek 9. Bod 1 ve schématu je společná vstupní zdička multimetru „Lo“ (černá), bod 2 zdička pro měření proudu (mA) „Lo Sense“ a bod 3 zdička „Hi“ pro měření napětí. Pro lepší názornost využijte obrázků 10–13 na konci tohoto návodu. **Po zapojení obvodu požádejte pedagoga o jeho kontrolu!**



Obrázek 9 Schéma zapojení obvodu pro měření odporu drátu

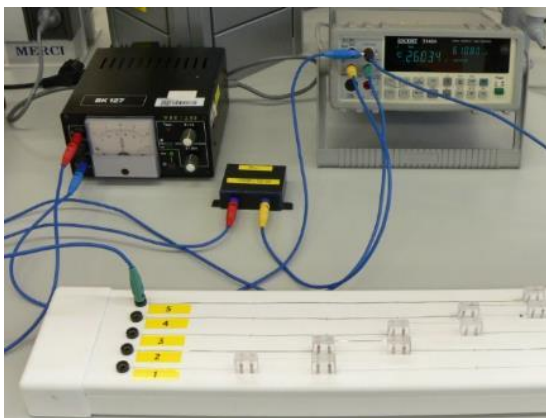
4. Po kontrole zapojení připojte multimetr a napájecí zdroj do zásuvky a zapněte.
 5. Stisknutím tlačítka **=V** přepněte multimetr do režimu měření napětí.
 6. Stisknutím tlačítka **2nd** zapněte na multimetru funkci druhého měření a stisknutím tlačítka **=A** přepněte druhý displej do funkce měření proudu. Multimetr nyní měří současně napětí (levý displej) a proud (pravý displej). Přepínání rozsahů je automatické.
 7. Na napájecím zdroji zvyšujte skokově napětí od cca 2 V do 20 V po cca 2 V.
 8. Po zvýšení napětí na napájecím zdroji (vždy o cca 2 V) vyčkejte nejméně 5 sekund, a na multimetru stisknutím tlačítka **HOLD** zafixujte na displejích poslední měřenou hodnotu napětí a proudu.
 9. Zaznamenejte hodnotu proudu a napětí, novým stisknutím tlačítka **HOLD** obnovte průběžné měření. Napětí zaznamenejte v absolutní hodnotě, vzhledem k použitému zapojení ukazuje multimetr zápornou hodnotu.
- Pozn.: Multimetr ESCORT 3146 A dosahuje výborné přesnosti měření. Chyba při měření stejnosměrného napětí je do 0,012 % + 5 digits, chyba při měření stejnosměrného proudu je do 0,15 % + 5 digits, chyba při měření odporu v dvoudrátovém zapojení je v rozsahu do 120 Ω do 0,1 % + 8 digits, pro větší odpory je chyba ještě menší.*
10. Regulátor napětí na napájecím zdroji otočte zcela vlevo a zdroj vypněte, vypněte multimetr ESCORT.
 11. Rozpojte měřený obvod.
 12. Pro každý naměřený pár hodnot proud – napětí vypočítejte podle Ohmova zákona odpor drátu. Z vypočtených hodnot odporu spočítejte průměrnou hodnotu.
 13. Vytvořte graf závislosti odporu na protékajícím proudu.

Přímá metoda

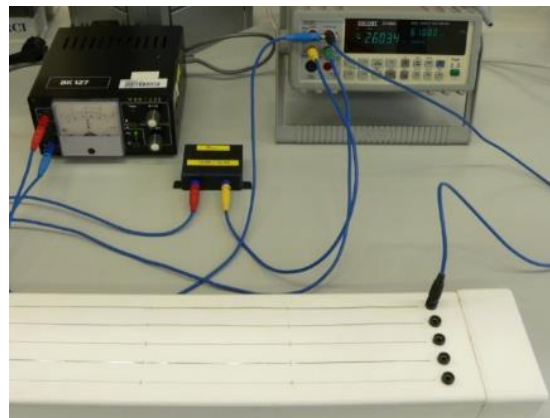
14. Vybraný odporový drát na měřicí liště připojte propojovacími vodiči na vstup multimetru pro dvoudrátové měření odporu (viz Obrázek 14).
15. Zapněte multimetr, tlačítkem Ω zapněte měření odporů. Vpravo nahoře na displeji je zobrazen symbol dvoudrátového měření odporů 2 W. Pokud je znázorněn symbol čtyř drátového měření (4 W), potom stiskněte tlačítko Ω ještě jednou a dojde k přepnutí na dvoudrátové měření.
16. Vyčkejte cca 5 sekund, stisknutím tlačítka **HOLD** zafixujte poslední měřenou hodnotu na displeji a tuto zaznamenejte. Dalším stisknutím tlačítka **HOLD** obnovte průběžné měření.
17. Postup podle bodu 16 opakujte 10x, vypočítejte průměrnou hodnotu odporu.
18. Po ukončení měření vypněte použité přístroje a odpojte napájecí zdroj i multimetr ze sítě.

19. Na základě změřeného odporu a rozměrů drátu vypočtete podle vztahu (2) měrný odpor materiálu odporového drátu.
20. Vysvětlete rozdíly při měření odporu ohmmetrem a výpočtem podle Ohmova zákona (přímou a nepřímou metodou). Porovnejte hodnoty průměrné hodnoty odporů zjištěné přímou a nepřímou metodou a okomentujte případné rozdíly mezi výslednými (průměrnými) hodnotami odporu zjištěnými oběma metodami.

Výsledky – tabulky naměřených hodnot



Obrázek 10 Zapojení měřícího obvodu (levá strana měřící lišty s odporovými dráty)



Obrázek 11 Zapojení měřícího obvodu (pravá strana měřící lišty s odporovými dráty)



Obrázek 12 Zapojení multimetru



Obrázek 13 Detail zapojení multimetru



Obrázek 14 Zapojení multimetru pro dvoudrátové měření odporu