

Elektrická charakteristika světlo emitující diody - LED

Z hlediska využití jsou LED perspektivní zdroje světla z důvodu vysoké účinnosti, dlouhé životnosti a spolehlivosti. K výhodám patří malé rozměry a rychlost rozsvícení, kdy odpadá pomalý náběh známý u žárovek a zejména u kompaktních zářivek (tzv. úsporných žárovek).

Teorie:

Funkce světlo emitující diody (častěji označované jako LED z anglického *Light Emitting Diode*) je založena na elektroluminiscenčním jevu, čímž rozumíme emisi fotonů z oblasti polovodičového přechodu P-N, kterým prochází elektrický proud. Přiložením elektrického napětí na přechod P-N v propustném směru (tj. záporný pól na oblast N) prochází diodou elektrický proud. Část elektronů z oblasti N (oblast s elektronovou vodivostí) a děr z oblasti P (oblast s děrovou vodivostí) rekombinuje za vzniku elektromagnetického záření. Maximální teoretická účinnost přeměny elektrické energie na světelnou se pohybuje u LED mezi 25 až 30%. (Účinnost klasické žárovky se pohybuje pod 2%.)

Vlnová délka vyzařovaného světla závisí na materiálech použitých na výrobu LED. Mezi hojně používané materiály patří GaAs (*galium-arsenid*) a GaP (*galium-fosfid*), případně slitiny typu $\text{GaAs}_x\text{P}_{1-x}$, kde x nabývá hodnot od 0 do 1. Změnou koncentrace jednotlivých složek můžeme měnit vlnovou délku (*a tedy barvu*) emitovaného světla v rozmezí $\lambda = 565$ nm pro čisté GaP až po $\lambda = 920$ nm pro čisté GaAs. Pro výrobu LED vyzařujících modré světlo se používá například kombinace materiálů SiC/GaN (*karbid křemíku/galium-nitrid*). Konstrukčně nejsložitější je výroba LED emitujících bílé světlo.

Z elektrického hlediska představuje LED svým chováním typickou diodu. Při pokojové teplotě a pro napětí na diodě $U_F > 100$ mV lze elektrický proud procházející LED v propustném směru I_F popsat vztahem

$$I_F = I_0 \cdot \exp\left(\frac{eU_F}{n k_B T}\right), \quad (1)$$

kde I_0 je zbytkový proud, k_B – Boltzmannova konstanta, e – elementární náboj a T – absolutní teplota. Tvar charakteristiky závisí na geometrii a vlastnostech P-N přechodu, na vlastnostech použitého materiálu, výrobní technologii, ... Všechny tyto vlastnosti jsou zahrnuty do bezrozměrné konstanty n .

Sériová statická rezistance v pracovním bodě $[U_{F0}, I_{F0}]$ je definována jako

$$R_s = \frac{U_{F0}}{I_{F0}} \quad (2)$$



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

a sériová dynamická rezistance je definována jako

$$R_{di} = \left. \frac{dU_F}{dI_F} \right|_{I_{F0}} \quad (3)$$

Poznámka:

*LED se od usměrňovacích diod liší velikostí úbytku napětí při jmenovitém proudu. Úbytek je nejnižší u LED emitujících červené světlo - cca 1,5 V a nejvyšší u modře svítících LED - cca 3,6 V, úbytek na usměrňovací diodě činí 0,2-0,8 V. **Maximální hodnota napětí v závěrném směru leží mezi 5-6 V. Při překročení tohoto napětí dochází k nevratnému průrazu a zničení LED!***

Pracovní úkol:

1. Změřte ampér-voltovou charakteristiku LED diod pro pět různých barev.
2. Ze změřených hodnot napětí a proudu spočítejte příkon P a sestrojte graf $P = f(I)$.
3. Ze změřených hodnot napětí a proudu stanovte sériovou statickou rezistanci R_s a sestrojte graf $R_s = f(U)$.
4. Sestrojte graf $I = f(U)$, tj. závislost elektrického proudu protékajícího LED na napětí.

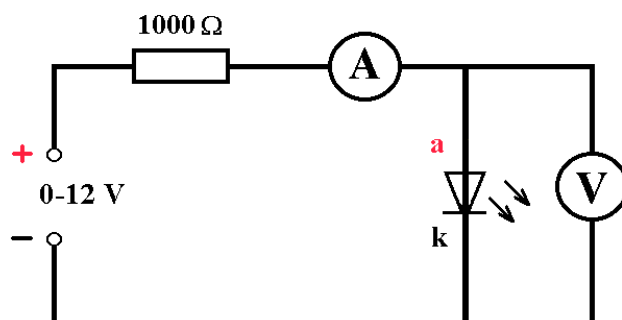
Potřeby: Zdroj, držák se vzorky LED, rezistor 1 000 ohmů nebo odporová dekáda, voltmetr, ampérmetr, vodiče

Pokyny pro měření a jeho zpracování:

1. Zapojte měřicí obvod podle schématu. Analogový přístroj použijte jako ampérmetr, přístroj digitální použijte jako voltmetr. Červené zdičky na držáku LED jsou spojeny s anodami (*anoda je kladná elektroda*), černé s katodami.
2. Měření provádějte v rozmezí 0 až 5 mA. V intervalu proudů 0 až 1 mA měřte s krokem 0,1 mA, dále s krokem 0,5 mA. Hodnoty proudu I a napětí U zapisujte do tabulky.
3. Měření zopakujte pro LED jiné barvy.
4. Z naměřených hodnot spočítejte příkony LED a sériové statické rezistance.
5. Odhadněte chyby určení sériové statické rezistance a příkonu LED (jako chyby nepřímého měření).
6. Nakreslete funkční závislosti $I = f(U)$, $P = f(I)$, $R_s = f(U)$.
7. Proved'te zhodnocení měření.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obrázek č. 1: Schéma zapojení pro měření elektrické charakteristiky LED

Kontrolní otázky:

- Jak definujeme příkon spotřebiče pro spotřebič napájený stejnosměrným proudem a jakou má jednotku?
- Jaký je poměr velikostí vnitřních odporů voltmetru a ampérmetru?
- Jakou jednotku má veličina rezistance (elektrický odpor)?

Literatura:

- [i] Kolektiv autorů, *Úvod do fyzikálních měření.*, Liberec: TUL, 2012, ISBN 978-80-7372-819-9.
- [ii] Sedlák, B., Štoll, I., *Elektrina a magnetismus.* Praha: Academia, 1993, 2002.
- [iii] Rauner, K., *Elektronika (fyzikální a analogová část).* Plzeň: Vydavatelství ZČU, 2001.
- [iii] Hewlett-Packard: *Datové listy k LED.*