**Pracovní list**

**Aplikace lineárních prvků**

|  |
| --- |
| Vypracoval žák: |
| Jméno, příjmení  | Datum vypracování | Datum odevzdání |
|  |  |  |
|  |  |  |

# Zadání

Ověřte vlastnosti lineárních prvků:

# Teoretický rozbor

Co si představit pod pojmem lineární prvek? Jedná se o prvek, který má stálé vlastnosti bez ohledu na nastavení pracovního bodu na jeho charakteristice, aniž bychom překročili mezní parametry.

Vlastnosti lineárního prvku lze popsat lineární rovnicí: , kde

a, b konstanty popisující vlastnosti prvku např. materiálové konstanty.

x nezávisle proměnná veličina např. napětí

y závisle proměnná veličina např. proud

Pokud bude znázorněna vlastnost lineárního prvku graficky v souřadnicovém systému x - y, bude se jednat o přímku.

obr. 1.1: ukázka grafického znázornění vlastností lineárního prvku

## Rezistor

Elektrický odpor je základní vlastností součástky zvané rezistor. Elektrický odpor určuje vlastnost vodiče, která je určena geometrickými rozměry vodiče a jeho rezistivitou – materiálovou konstantou.

 kde:

* rezistivita

l délka vodiče

S  průřez vodiče

Odpor se v závislosti na vlastnostech materiálu mění s teplotou. Matematické vyjádření závislosti odporu na teplotě může být lineární funkcí:

α teplotní součinitel odporu

∆ϑ oteplení

R0 odpor při teplotě 0 °C

Většina materiálů vykazuje při působení teploty nelineární chování, které lze popsat polynomem vyššího řádu.

Vlastnosti rezistoru ovlivňuje technologie výroby a způsob používání. Od toho se odvíjí, zdali je možné použít v aplikaci pouze jeho odpor nebo je nutné uvažovat jeho plnohodnotné náhradní schéma zahrnující vlastní indukčnost a kapacitu. Indukčnost rezistoru je možné omezit technologií výroby (u drátových vinutých rezistorů se použije bifilární vinutí).

obr. 2.1: náhradní schéma rezistoru

Při použití v obvodech napájených stejnosměrným napětím lze uvažovat odpor rezistoru. Ve střídavých obvodech záleží na spektru kmitočtů, při kterých bude rezistor provozován. Pokud je nutné pracovat s vlastní indukčností a kapacitou rezistoru, je nutné se dívat na rezistor jako na impedanci, u které se uplatňují reaktance parazitních prvků (obr. 2.1):

indukční reaktance:

kapacitní reaktance:

kde *ω* úhlová frekvence

*L* vlastní indukčnost rezistoru

*C* vlastní kapacita rezistoru

Př. Rezistor bude lineárním prvkem, pokud jeho odpor bude konstantní při procházejícím proudu nepřekračujícím maximální povolenou hodnotu.

Výkon *P,* který bude konat proud *I* procházející rezistorem o odporu *R*:

Ze zápisu je vidět, že závislost výkonu na proudu je nelineární – jedná se o kvadratickou funkci.

Obvod, který bude složený ze samých lineárních prvků, bude lineární obvod.

U rezistorů nás zajímají obvykle následující parametry:

* odpor rezistoru – jmenovité hodnoty, ve kterých se vyrábí, jsou dány normalizovanými řadami, které zároveň určují toleranci jmenovité hodnoty rezistoru: E6, E12, E24, E48:
	+ E6: 1,0 – 1,5 – 2,2 – 3,3 – 4,7 – 6,8; tolerance 20 %
	+ E12: 1,0 – 1,2 – 1,5 – 1,8 – 2,2 – 2,7 – 3,3 – 3,9 – 4,7 – 5,6 – 6,8 – 8,2; tolerance 10 %
* jmenovité zatížení rezistoru: výkon, který převede rezistor na teplo při dodržení provozní teploty
* jmenovité napětí
* teplotní součinitel odporu
* šum

AC či DC signál; u AC signálu frekvenční rozsah;

a parametry požadovaného výstupního signálu:

* amplituda výstupního napětí či proudu;
* výkon výstupního signálu.

## Kondenzátor

Základní vlastností kondenzátoru je kapacita *C* a akumulace elektrického náboje *Q* v elektrostatickém poli, které vzniká mezi elektrodami kondenzátoru. Pro deskový kondenzátor s plochou elektrod *S*, vzdáleností elektrod od sebe *d* je kapacita určena vztahem:

Pro kondenzátor tvořený elektrodami ve tvaru válcových ploch s průměry *D1* a *D2* (např. koaxiální kabel)…

náboj uchovaný v kondenzátoru:

energie uchovaná v kondenzátoru:

ε0 = 8,854.10-12 F.m-1 permitivita vakua

εr relativní permitivita závislá na dielektriku

* polyester 2,6
* papír 2,0 - 3,5
* porcelán 5,5 - 6,5
* slída 7,0 – 11,5
* křemík 12
* feroelektrické materiály 102 – 104

Kromě kondenzátorů s pevným dielektrikem se vyrábí kondenzátory elektrolytické, které dosahují velké kapacity při malých rozměrech. Je nutné u nich dodržet polaritu přivedeného napětí. Používají se v obvodech stejnosměrného napětí nebo pulsního napětí, které dosahuje jen jedné polarity. Používají se ve zdrojích DC napětí k filtraci napětí a číslicových obvodech k akumulaci energie potřebné k pokrytí energetické potřeby přechodových dějů, které nastávají při přechodech mezi jednotlivými provozními stavy.

Náhradní schéma zapojení skutečného kondenzátoru pro střídavé obvody je na následujícím obrázku. Kromě kapacity kondenzátoru *C*, vykazuje indukčnost *LS* závisející na tvaru elektrod a přívodů, odpor *RP* určující vlastnosti dielektrika, které je mezi elektrodami, *RS* parazitní sériová odpor.

 

obr. 2.2: Náhradní schéma zapojení skutečného kondenzátoru

Vlastnosti, které je potřeba při výběru uvažovat:

* jmenovitá kapacita
* tolerance kapacity
* jmenovité napětí kondenzátoru (závisí na druhu dielektrika a jeho tloušťce mezi elektrodami)
* druh dielektrika
* stabilita kapacity kondenzátoru
* frekvenční vlastnosti

## Cívka

Základní vlastností cívky je indukčnost a akumulace energie v magnetickém poli, které cívka vytváří. Je vytvořena navinutím vodiče na kostru cívky. Může být se vzduchovým jádrem nebo jádrem z feromagnetického materiálu.

V dnešních technologiích se vyrábí také ploché cívky, které jsou vyráběny technologiemi používanými při výrobě plošných spojů.

Náhradní zapojení cívky ukazuje obrázek 2.3. Vlastní indukčnost cívky *L* je dána rozměry cívky, počtem závitů a materiálem magnetického obvodu, odpor *R* je dán vlastnosti vodiče použitého pro výrobu závitů cívky a *C* je mezi závitová kapacita. V případě cívky s feromagnetickým jádrem rezistor R zahrnuje také ztráty v železe, v případě vyšších frekvencí napájecího napětí zvýšení odporu vodiče vlivem povrchového jevu.

Obr. 2.3: Náhradní schéma zapojení skutečné cívky

indukčnost *L* cívky délky *l*, průřezu závitů *S* v magnetickém prostředí s permeabilitou

*μ* = *μ0* . *μr,* s počtem závitů *N*:

energie uchovaná v magnetickém poli cívky:

jakost cívky:

U cívky nás budou zajímat následující parametry:

vlastní indukčnost

jakost *Q*

ztrátový činitel *tg ϕ* = 1/*Q*

max. provozní proud

frekvenční rozsah

## Řešení jednoduchých obvodů

### Při řešení lineárních obvodů používáme Ohmův zákon, Kirchhoffovy zákony a metody řešení lineárních obvodů, které z těchto zákonů vychází.

### **Ohmův zákon**

Proud *I* procházející odporem *R* na něm vytvoří napětí *U*.

### **Kirchhoffovy zákony**

Uzel – místo obvodu, ve kterém dochází k větvení obvodu tj. proud, který přitéká do uzlu, z uzlu pokračuje rozdělený minimálně dvěma cestami. Jedná se místo v elektrickém obvodu, ve kterém je vodivě spojeno dva a více vodičů. Jedná se o obdobu křižovatky na silnici.

Větev je jednoduchá spojnice dvou uzlů (silnice mezi dvěma křižovatkami)

Smyčka je uzavřená dráha v části obvodu tvořená větvemi.

1. Kirchhoffův zákon: Algebraický součet všech proudů v uzlu je roven nule. Přitékající proudy uvažujeme s kladným znaménkem, proudy z uzlu odtékající uvažujeme se záporným znaménkem [1.

Př.: Pro uzel se třemi větvemi: *I1* - *I2* - *I3* = 0

2. Kirchhoffův zákon: Algebraický součet všech napětí v uzavřené smyčce je roven nule. Na prvních smyčky (pasivních prvcích, zdrojích) vyznačíme směr napětí. Napětí, která jsou orientována ve směru smyčky, uvažujeme s kladným znaménkem, napětí orientovaná proti směru smyčky uvažujeme se záporným znaménkem.

# Aplikace lineárních prvků

## nastavení pracovního bodu světelné diody (LED)

LED se chová v celé VA charakteristice jako nelineární prvek. Pokud se omezíme na část VA charakteristiky, ve které emituje světlo, lze nahradit tuto část VA charakteristiky úsečkou – lze se na ni dívat jako na lineární prvek. Po připojení ke zdroji napětí *U* je potřeba nastavit její pracovní bod, který určuje velikost světelného toku a zároveň velikost výkonu, který bude odebírat ze zdroje a přeměňovat jej z části na světlo, z části na teplo. Pro nastavení pracovního bodu diody použijeme rezistor o odporu *R*.



Obr. 3.1: VA charakteristika LED s výraznou lineární části charakteristiky

Obr. 3.2: Nastavení pracovního bodu LED

Př. Pro obvod dle obrázku 3.2 se zdrojem DC napětí 12 V vypočítejte odpor rezistoru tak, aby diodou procházel proud 0,10 A (uvažujte charakteristiku na obrázku 3.1.

## Nastavení pracovního bodu tranzistoru

Tranzistor je dalším nelineárním prvkem, u kterého pro jeho správnou funkci potřebujeme nastavit pracovní bod. Nastavení pracovního bodu se bude lišit v závislosti na jeho použití v obvodu:

* spínač
* čidlo teploty
* zesilovač signálu (zde záleží na třídě zesilovače)



Obr. 3.3: Aplikace rezistorů - nastavení pracovního bodu tranzistoru rezistory v bázi *R1* a *R2* a kolektoru *R3* tranzistoru

Př. Pro napájecí napětí *Ucc* = 12 V spočítejte odpor rezistorů *R1* a *R2* tak, aby na bázi tranzistoru bylo napětí 0,7 V.

## Obvod s otevřeným kolektorem

Stanovení odporu připojeného k výstupu logického členu nebo čidla s výstupem s otevřeným kolektorem



Obr. 3.4: Aplikace rezistorů - nastavení pracovního bodu tranzistoru rezistory *R1* a *R2*, zátěž externím rezistorem *R*

Př. Pro obvod na obrázku 3.4 spočítejte zkratový proud, který bude procházet svorkou Out pokud *Ucc* = 12 V, *R* = 1 kΩ

## obvod s cívkou

Obvod na obrázku 3.5 doplňte měřicími přístroji a ověřte vlastnosti vzduchové cívky v obvodu se stejnosměrným proudem.

Obvod na obrázku 3.5 doplňte měřicími přístroji a ověřte vlastnosti vzduchové cívky v obvodu se střídavým proudem.

Porovnejte výsledky kterých bylo dosaženo v DC obvodu s výsledky v AC obvodu. Ověřte, zda výsledky odpovídají lineárnímu prvku.



Obr. 3.5. Ověření vlastností cívky