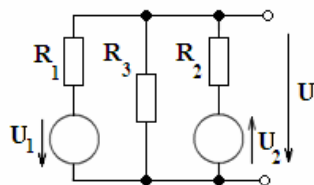


1 Elektrotechnika 1

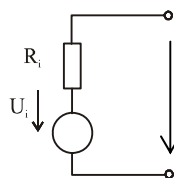
- a) Napětí stejnosměrného zdroje naprázdno je $U_0 = 15 \text{ V}$. Při proudu 10 A je svorkové napětí 11 V . Vytvořte napěťový a proudový model tohoto reálného zdroje.
- b) Pomocí přepočtu napěťových zdrojů na proudové určete výstupní napětí U .



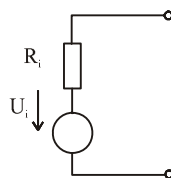
$$\begin{aligned} R_1 &= 10 \Omega & U_1 &= 50 \text{ V} \\ R_2 &= 10 \Omega & U_2 &= 20 \text{ V} \\ R_3 &= 20 \Omega \end{aligned}$$

Řešení

a)

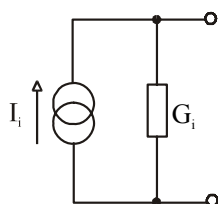


$$\begin{aligned} U &= U_i - R_i I \\ 11 &= 15 - R_i \cdot 10 \Rightarrow R_i = 0,4 \Omega \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} R_i &= 0,4 \Omega \\ U_i &= U_0 = 15 \text{ V} \end{aligned}$$

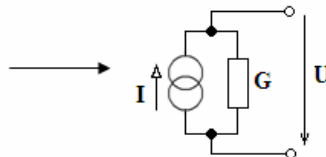
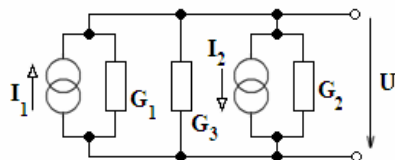
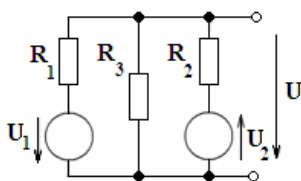
2 body



$$\begin{aligned} G_i &= \frac{1}{R_i} = 2,5 \text{ S} \\ I_i &= \frac{U_i}{R_i} = 37,5 \text{ A} \end{aligned}$$

2 body

b)



$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = 5 \text{ (A)} \quad I_2 = \frac{U_2}{R_2} = 2 \text{ (A)}$$

$$G_1 = G_2 = 1/R_1 = 0,1 \text{ (S)}$$

$$G_3 = 1/R_3 = 0,05 \text{ (S)}$$

3 body

$$I = I_1 - I_2 = 5 - 2 = 3 \text{ (A)}$$

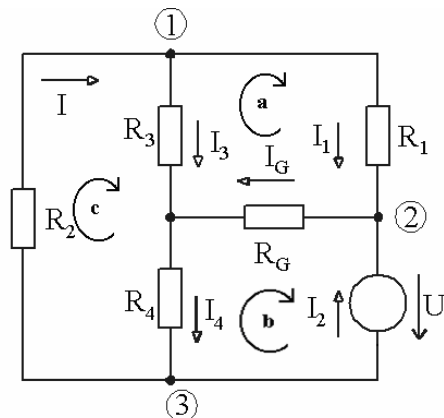
$$G = G_1 + G_2 + G_3 = 0,25 \text{ (S)}$$

$$U = \frac{I}{G} = \frac{3}{0,25} = 12 \text{ (V)}$$

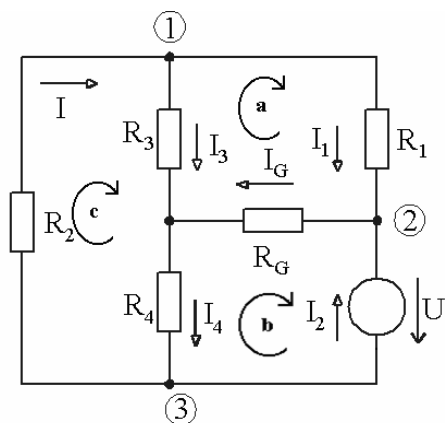
3 body

2 Elektrotechnika 1

Určete počet nezávislých rovnic pro uzly a smyčky a uvedený obvod popište soustavou Kirchhoffových rovnic. Soustavu uveďte i v maticovém tvaru $\mathbf{R} \cdot \mathbf{I} = \mathbf{U}$.



Řešení



$$N = n - 1 = 4 - 1 = 3$$

1 bod

$$S = v - n + 1 = 6 - 4 + 1 = 3$$

1 bod

1. UZEL: $-I + I_1 + I_3 = 0$

SMYČKA a: $R_1 I_1 + R_G I_G - R_3 I_3 = 0$

2. UZEL: $-I_1 - I_2 + I_G = 0$

SMYČKA b: $-R_4 I_4 - R_G I_G + U = 0$

3. UZEL: $I_2 - I_4 + I = 0$

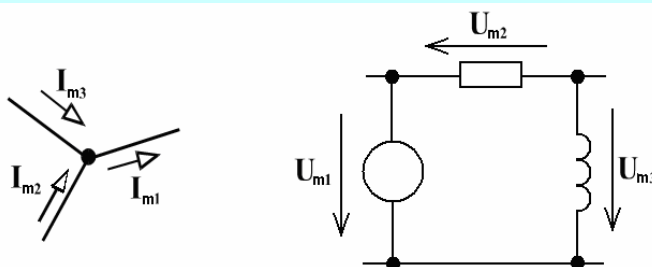
SMYČKA c: $R_3 I_3 + R_4 I_4 + R_2 I = 0$

Za každou správně zapsanou rovnicí 1 bod

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ R_1 & 0 & -R_3 & 0 & R_G & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -R_4 & -R_G & 0 \\ 0 & 0 & R_3 & R_4 & 0 & R_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_G \\ I \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -U \\ 0 \end{pmatrix}$$

2 body

3 Elektrotechnika 2



- a) Fázory proudů z obrázku jsou: $\mathbf{I}_{m3} = 2+3j$ (A), $\mathbf{I}_{m1} = 5+7j$ (A). Vypočítejte velikost fázoru proudu \mathbf{I}_{m2} , amplitudu proudu I_{m2} a vyjádřete vztah pro okamžitou hodnotu proudu $i_2(t)$.
- b) Fázory napětí z obrázku jsou: $\mathbf{U}_{m1} = 30+30j$ (V), $\mathbf{U}_{m2} = 10-60j$ (V). Vypočítejte velikost fázoru napětí \mathbf{U}_{m3} , amplitudu napětí U_{m3} a vyjádřete vztah pro okamžitou hodnotu napětí $u_3(t)$.

Řešení

- a) Z 1. Kirchhoffova zákona:

$$-\mathbf{I}_{m3} + \mathbf{I}_{m1} - \mathbf{I}_{m2} = 0, \text{ odtud } \mathbf{I}_{m2} = \mathbf{I}_{m1} - \mathbf{I}_{m3} \quad \mathbf{2 \text{ body}}$$

$$\mathbf{I}_{m2} = 5 + 7j - (2 + 3j) = 3 + 4j \text{ (A)} \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

$$\text{amplituda } I_{m2} = |\mathbf{I}_{m2}| = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{25} = 5 \text{ (A)} \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

$$\text{okamžitá hodnota } i_2(t) = I_{m2} \sin(\omega t + \psi) = 5 \cdot \sin(\omega t + \arctg(4/3)) \text{ (A)} \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

- b) Z 2. Kirchhoffova zákona:

$$\mathbf{U}_{m2} + \mathbf{U}_{m1} - \mathbf{U}_{m3} = 0, \text{ odtud } \mathbf{U}_{m3} = \mathbf{U}_{m1} + \mathbf{U}_{m2} \quad \mathbf{2 \text{ body}}$$

$$\mathbf{U}_{m3} = 30 + 30j + 10 - 60j = 40 - 30j \text{ (V)} \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

$$\text{amplituda } U_{m3} = |\mathbf{U}_{m3}| = \sqrt{40^2 + 30^2} = \sqrt{2500} = 50 \text{ (V)} \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

$$\text{okamžitá hodnota } u_3(t) = U_{m3} \sin(\omega t + \psi) = 50 \cdot \sin(\omega t + \arctg(-3/4)) \text{ (V)} \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

4 Elektrotechnika 2

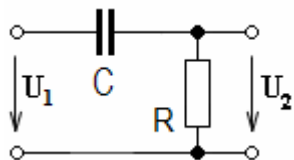
Derivační článek CR má tyto hodnoty prvků: $R = 1000 \Omega$, $C = 10 \mu\text{F}$.

- Nakreslete zapojení derivačního CR článku a odvoďte jeho napěťový přenos naprázdno $\mathbf{K}_U(j\omega)$.
- Vypočítejte napěťový přenos naprázdno $\mathbf{K}_U(j\omega)$ (ve složkovém tvaru), je-li úhlový kmitočet vstupního signálu $\omega = 100 \text{ rad/s}$.
- Nakreslete hodograf derivačního CR článku, vyznačte v něm pracovní bod pro zadaný úhlový kmitočet ω .
- Vypočítejte mezní úhlový kmitočet ω_m a časovou konstantu τ uvedeného článku.
- Nakreslete zapojení derivačního RL článku a odvoďte jeho napěťový přenos naprázdno $\mathbf{K}_U(j\omega)$.

Řešení

- a) Zapojení setrvačného RC článku a jeho napěťový přenos naprázdno $\mathbf{K}_U(j\omega)$.

2 body



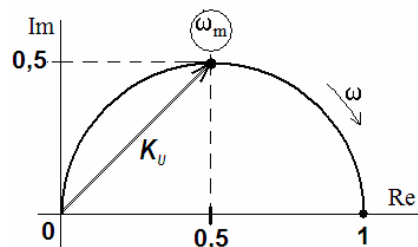
$$\mathbf{K}_U(j\omega) = \frac{U_2(j\omega)}{U_1(j\omega)} = \frac{\mathbf{Z}_2}{\mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2} = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC} = \frac{j\omega\tau}{1 + j\omega\tau}$$

- b)

$$\mathbf{K}_U(j\omega) = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC} = \frac{j10^2 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{1 + j10^2 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = \frac{j}{1 + j} = \frac{j(1-j)}{(1+j)(1-j)} = \frac{1+j}{2} = 0,5 + j0,5$$

3 body

- c)

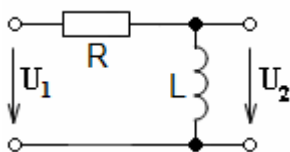


2 body

- d) $\omega_m = \frac{1}{RC} = \frac{1}{10^3 \cdot 10^{-5}} = 100 \text{ rad/s}$, $\tau = RC = 10^3 \cdot 10^{-5} = 10^{-2} = 10 \text{ ms}$

1 bod

- e)

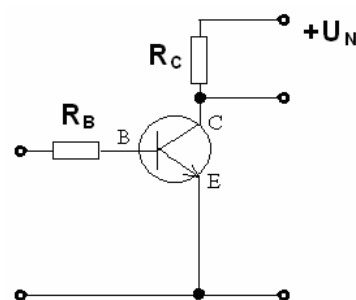


$$\mathbf{K}_U(j\omega) = \frac{U_2(j\omega)}{U_1(j\omega)} = \frac{\mathbf{Z}_2}{\mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2} = \frac{j\omega L}{R + j\omega L} = \frac{j\omega \frac{L}{R}}{1 + j\omega \frac{L}{R}} = \frac{j\omega\tau}{1 + j\omega\tau}$$

2 body

5 Elektronické součástky

- a) Jaká je funkce zapojení podle schématu?
Vysvětlete funkci odporů R_C a R_B .
Jak volíme proudy a napětí v obvodu pro jeho správnou činnost?
- b) Načrtněte výstupní charakteristiky tranzistoru FET pro obě polarity napětí U_{DS} (v 1. a 3. kvadrantu) a označte příslušné režimy tranzistoru.
- c) Stručně (!) vysvětlete pojem "bariérová kapacita diody". Jak se bariérová kapacita diody projevuje u reálných součástek?



Řešení

- a) Zapojení je spínač s bipolárním tranzistorem.

1 bod

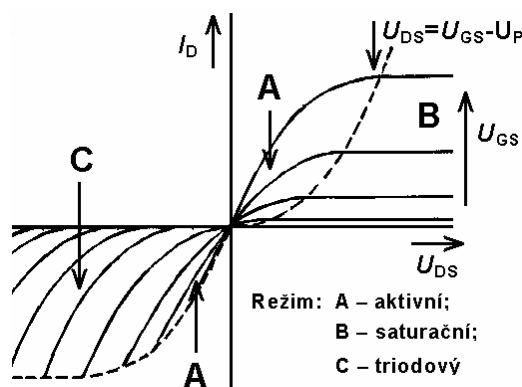
R_C je zátěž spínače, R_B slouží k nastavení optimální velikosti proudu báze pro spolehlivé sepnutí tranzistoru.

1 bod

Spínač má dva stavy. Ve stavu **sepnuto** je tranzistor v saturaci, napětí na zátěži R_C se téměř rovná napájecímu napětí a proud odebíraný kolektorem tranzistoru přes zátěž z napájecího zdroje je určen velikostí napájecího napětí a velikostí odporu zátěže. Proud báze musíme proto volit tak, aby proud kolektoru byl nastaven s dostatečnou rezervou. Ve stavu **rozepnuto** je tranzistor uzavřen (závěrný režim). Napětí na zátěži je velmi malé a zátěž protéká jen zbytkový proud tranzistoru. Zde je třeba zajistit, aby závěrné napětí tranzistoru bylo větší než je maximální možné napájecí napětí.

2 body

- b)



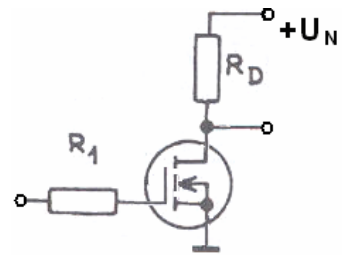
4 body

- c) Je to geometrické kapacita přechodu (oblasti prostorového náboje). Projevuje se především v závěrném směru. Představuje parazitní prvek u spínacích a usměrňovacích diod. Závislosti bariérové kapacity na napětí se využívá u kapacitních diod – varikapů a varaktorů.

2 body

6 Elektronické součástky

- a) Jaká je funkce zapojení podle schématu?
Vysvětlete funkci odporů R_D a R_1 .
Jak volíme proudy a napětí v obvodu pro jeho správnou činnost?
- b) Načrtněte do jednoho grafu charakteristiky diod: Usměrňovací křemíková dioda; Schottkyho dioda; Dioda LED pro viditelné záření; Germaniová dioda.
- c) Stručně (!) vysvětlete pojem "difúzní kapacita diody". Jak se difúzní kapacita projevuje u reálných součástek?



Řešení

- a) Zapojení je spínač s tranzistorem MOOSFET (IGFET) s indukovaným kanálem. **1 bod**

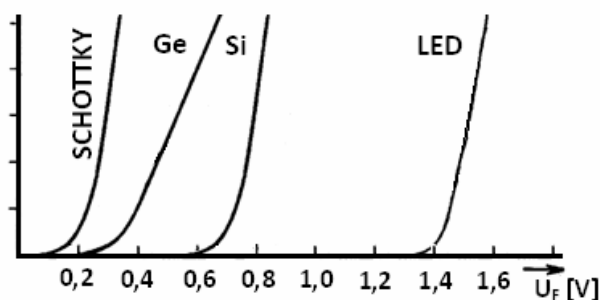
R_D je zátěž spínače, R_1 slouží k omezení proudu odebíraného ze zdroje řídicího signálu.

1 bod

Spínač má dva stavy. Ve stavu **sepnuto** je tranzistor v aktivním režimu, napětí na zátěži R_D se téměř rovná napájecímu napětí a proud odebíraný kolektorem tranzistoru přes zátěž z napájecího zdroje je určen velikostí napájecího napětí a velikostí odporu zátěže. Napětí U_{GS} musí být u standardních MOSFET větší než 10 V. Ve stavu **rozepnuto** je tranzistor uzavřený, obvodem zátěže neprotéká žádný proud, a napětí na zátěži je nulové. Závěrné napětí tranzistoru musí být větší než je maximální možné napájecí napětí.

2 body

b)



4 body

- c) Projevuje se především v propustném směru. Difúzí majoritních nosičů přes přechod dochází k porušení tepelné rovnováhy. Tepelná rovnováha se obnovuje rekombinací, která však probíhá s určitou časovou konstantou. Nosiče proto nerekombinují okamžitě a dochází k jejich akumulaci. Množství takto akumulovaných nosičů závisí na proudu diodou, tedy i na napětí na přechodu. Akumulace náboje v závislosti na napětí je vlastností kapacity. Difúzní kapacita způsobuje setrvačnost, která se projevuje u rychlých spínačů a usměrňovačů. Difúzní kapacitu lze výrazně zmenšit zrychlením rekombinace pomocí speciálních příměsí – rekombinačních center.

2 body

7 Signály, soustavy, systémy

Diferenční rovnice diskrétního systému je $y(k) - ay(k-1) = u(k)$, $k = 0, 1, 2, \dots$ s počáteční podmínkou $y(-1) = 0$.

- Určete operátorový přenos systému.
- Pro jaké hodnoty parametru a je systém stabilní.
- Vypočtete impulsovou charakteristiku.
- Načrtněte impulsovou charakteristiku pro prvních 5 hodnot v případě, že platí $a \in (0, 1)$. Ocejchujte osy.

Řešení

a) $y(k) - ay(k-1) = u(k) \quad / Z$

$$Y(z) - az^{-1}Y(z) = U(z)$$

2 body

$$F(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{1}{1 - az^{-1}} = \frac{z}{z - a}$$

- b) Systém má jeden pól $z_1 = a$, který musí ležet uvnitř jednotkové kružnice, aby byl systém stabilní tj. $|a| < 1$.

2 body

- c) Operátorový přenos lze vyjádřit jako součet geometrické řady

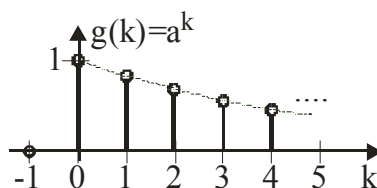
$$F(z) = \frac{1}{1 - az^{-1}} = \sum_{k=0}^{\infty} (az^{-1})^k = \sum_{k=0}^{\infty} a^k z^{-k} = Z\{g(k)\} = Z\{a^k\}$$

což je podle definice Z obraz impulsové charakteristiky, a proto

3 body

$$g(k) = \begin{cases} a^k & k \geq 0 \\ 0 & k < 0 \end{cases}$$

- d)



3 body

8 Signály, soustavy, systémy

Určete, zda je signál $s(t)$ periodický: $s(t) = 2\pi \cos(2\pi t) + 4 \cos t$

Řešení

Perioda první složky signálu $2\pi \cos(2\pi t)$: $T_1 = 1$ **3 body**

Perioda druhé složky signálu $4 \cos t$: $T_2 = 2\pi$ **3 body**

Kritérium periodicity

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{2\pi} \Rightarrow \text{iracionální číslo} \Rightarrow \text{signál } s(t) \text{ není periodický} \quad \mathbf{4 \text{ body}}$$

(Za správnou odpověď lze považovat také výrok: signál $s(t)$ je kvaziperiodický.)

9 Měření v elektrotechnice

Do obvodu magnetoelektrického ampérmetru s usměrňovačem připojíme střídavý proud harmonického průběhu $i(t) = I_M \sin \omega t$. Určete hodnotu proudu, kterou odečtete na stupnici přístroje, jestliže amplituda měřeného proudu je $I_M = 2$ A.

Řešení

Přístroj měří střední hodnotu střídavého proudu

$$I_S = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} i(t) \cdot dt = \frac{2}{\pi} \cdot I_M = 0,636 \cdot I_M = 0,636 \cdot 2 = 1,272 \text{ A} . \quad \mathbf{4 \text{ body}}$$

Za předpokladu, že přístroj bude používán jen k měření harmonických proudů, lze údaj magnetoelektrického přístroje korigovat pomocí činitele tvaru K_T .

Činitel tvaru harmonického signálu:

$$K_T = \frac{I}{I_S} = \frac{\frac{I_M}{\sqrt{2}}}{\frac{2 \cdot I_M}{\pi}} = \frac{\pi}{2 \cdot \sqrt{2}} = 1,11(-) . \quad \mathbf{2 \text{ body}}$$

Výchylka přístroje potom bude

$$\alpha = 1,11 \left(\frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} i(t) \cdot dt \right) = 1,11 \cdot \frac{2}{\pi} I_M = 1,11 \cdot 0,636 \cdot 2 = 1,4 \text{ A} . \quad \mathbf{4 \text{ body}}$$

10 Měření v elektrotechnice

Uveďte vztahy pro napěťové a proudové zesílení (bezrozměrné i v dB) zesilovače pro měřicí účely. Nakreslete blokové schéma zesilovače se zápornou zpětnou vazbou a odvoďte vztah pro jeho zesílení.

Řešení

Napěťové zesílení:

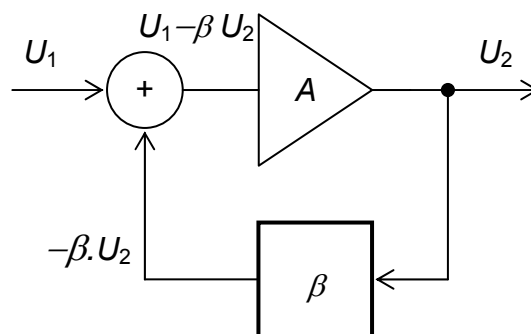
$$A_U = \frac{U_2}{U_{1P} - U_{1N}} = \frac{U_2}{U_1} (-), \quad 1 \text{ bod}$$

$$A_U = 20 \log \frac{U_2}{U_1} \text{ (dB)}. \quad 1 \text{ bod}$$

Proudové zesílení:

$$A_I = \frac{I_2}{I_1} (-), \quad 1 \text{ bod}$$

$$A_I = 20 \log \frac{I_2}{I_1} \text{ (dB)}. \quad 1 \text{ bod}$$



2 body

Na výstupu zesilovače se zpětnou vazbou je napětí:

$$U_2 = A \cdot (U_1 - \beta \cdot U_2) \text{ (V)}, \quad 2 \text{ body}$$

$$U_2 = \frac{A}{1 + \beta \cdot A} \cdot U_1 = A' \cdot U_1 \text{ (V)}. \quad 2 \text{ body}$$