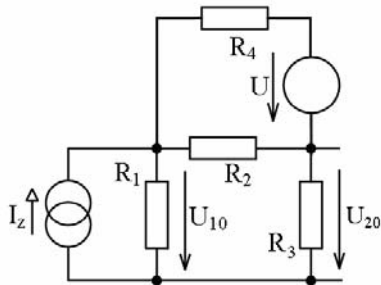


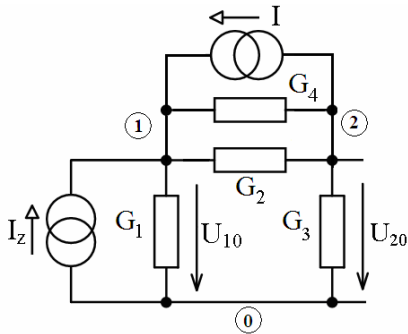
# 1 Elektrotechnika 1

Metodou uzlových napětí (MUN) vypočtete napětí  $U_{10}$  a  $U_{20}$  v uvedeném obvodu.



$$\begin{aligned} R_1 &= 2 \, \Omega, & R_2 &= 1 \, \Omega \\ R_3 &= 0,5 \, \Omega, & R_4 &= 1 \, \Omega \\ U &= 2 \, \text{V}, & I_z &= 2 \, \text{A} \end{aligned}$$

## Řešení



$$I = \frac{U}{R_4} = 2 \, \text{A}$$

2 body

$$\begin{pmatrix} G_1 + G_2 + G_4 & -G_2 - G_4 \\ -G_2 - G_4 & G_2 + G_3 + G_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_{10} \\ U_{20} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I + I_z \\ -I \end{pmatrix}$$

2 body

$$\begin{pmatrix} 2,5 & -2 \\ -2 & 4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_{10} \\ U_{20} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \\ -2 \end{pmatrix}$$

1 bod

$$\Delta = \begin{vmatrix} 2,5 & -2 \\ -2 & 4 \end{vmatrix} = 6$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 4 & -2 \\ -2 & 4 \end{vmatrix} = 12$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 2,5 & 4 \\ -2 & -2 \end{vmatrix} = 3$$

3 body

$$U_{10} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{12}{6} = 2 \, \text{V}$$

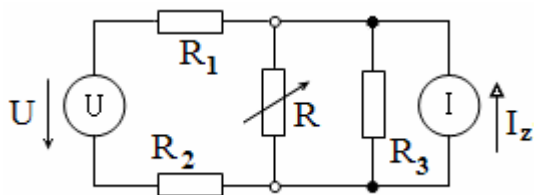
$$U_{20} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{3}{6} = 0,5 \, \text{V}$$

2 body

(Pozn.: V případě jiné volby nezávislých uzlů, které **musí být v řešení vyznačené**, je třeba správné mezivýsledky s hodnotami odlišnými od vzorového řešení také adekvátně bodovat).

## 2 Elektrotechnika 1

Pomocí **Théveninovy věty** určete napětí na rezistoru R pro hodnoty: a)  $R = 5 \Omega$ , b)  $R = 10 \Omega$ .



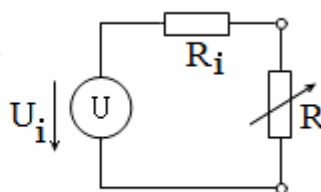
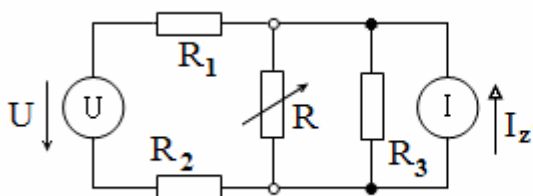
$$R_1 = R_2 = 5 \Omega$$

$$R_3 = 10 \Omega$$

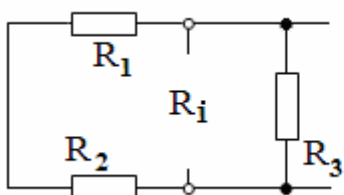
$$U = 10 \text{ V}$$

$$I_z = 1 \text{ A}$$

**Řešení**

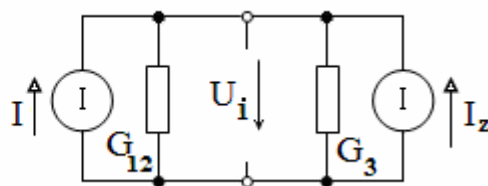


**2 body**



$$R_i = \frac{R_3 \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3} = 5 \Omega$$

**1 bod**



$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = 1 \text{ A}, \quad G_{12} = \frac{1}{R_1 + R_2} = 0,1 \text{ S}$$

$$(G_{12} + G_3)U_i = I + I_z$$

$$U_i = \frac{I + I_z}{G_{12} + G_3} = \frac{2}{0,2} = 10 \text{ V}$$

**3 body**

$$U_R = U_i \frac{R}{R + R_i} \quad a) U_R = 10 \frac{5}{5+5} = 5 \text{ V} \quad b) U_R = 10 \frac{10}{10+5} = 6,6 \text{ V}$$

**2 body**

**1 bod**

**1 bod**

### 3 Elektrotechnika 2

- a) Vyjádřete impedanci  $\mathbf{Z}$  sériového RLC obvodu a odvoďte jeho rezonanční kmitočet.  
 b) Je-li fázor vstupního napětí RLC sériového obvodu  $\mathbf{U}$ , odvoďte velikosti fázoru proudu  $\mathbf{I}$ , a fázorů napětí na jednotlivých prvcích obvodu ( $\mathbf{U}_R$ ,  $\mathbf{U}_L$ , a  $\mathbf{U}_C$ ) při rezonanci.  
 c) Nakreslete fázorový diagram fázorů sériového obvodu RLC při rezonanci.  
 d) Sériový obvod má prvky:  $R = 100 \Omega$ ,  $L = 0,1 \text{ H}$ ,  $C = 1 \text{ nF}$ . Vypočítejte jeho úhlový rezonanční kmitočet  $\omega_0$  a činitel jakosti  $Q$ .

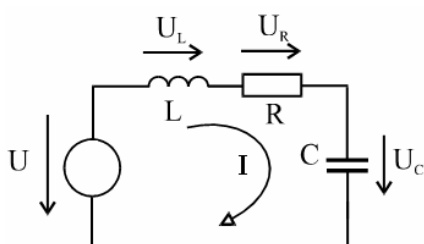
#### Řešení

a) 
$$\mathbf{Z} = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

$$\Rightarrow \min \mathbf{Z} = R \quad \text{pro } \omega L = \frac{1}{\omega C}, \quad \text{tj } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}) \dots \dots \dots \text{rezonance}$$

2 body

b)



při rezonanci:  $\mathbf{I}_r = \frac{\mathbf{U}}{R} \Rightarrow$

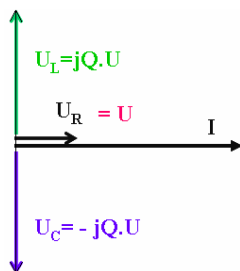
$$\mathbf{U}_{Lr} = \mathbf{I}_r \cdot j\omega_0 L = \frac{\mathbf{U}}{R} \cdot j\omega_0 L = jQ\mathbf{U},$$

$$\mathbf{U}_{Cr} = \mathbf{I}_r \cdot \frac{1}{j\omega_0 C} = \frac{\mathbf{U}}{j\omega_0 CR} = -jQ\mathbf{U},$$

$$\mathbf{U}_{Rr} = \mathbf{I}_r \cdot R = \mathbf{U}, \quad \text{kde } Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 CR} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

4 body

c)



2 body

d)

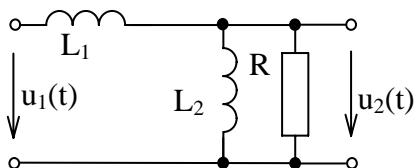
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{\sqrt{0,1 \cdot 1 \cdot 10^{-9}}} = 1 \cdot 10^5 \text{ rad/s},$$

$$Q = \frac{\omega_0 \cdot L}{R} = \frac{10^5 \cdot 0,1}{100} = 100$$

2 body

## 4 Elektrotechnika 2

Pro uvedený obvod odvodte obecný výraz pro obraz napětového přenosu  $\mathbf{K}_U(p)$  a vyčíslete jej pro uvedené parametry obvodu. Vypočtete odezvu obvodu na jednotkový impuls  $g(t)$  v číselném tvaru a uveďte její hodnoty pro  $t = 0$ ,  $t = \infty$  (zpětnou inverzi obrazu  $\mathbf{G}(p)$  proveďte pomocí Heavisideova vztahu).



$$\begin{aligned}L_1 &= 1 \text{ H} \\ R &= 20 \text{ } \Omega \\ L_2 &= 4 \text{ H}\end{aligned}$$

### Řešení

$$\mathbf{K}_U(p) = \frac{\frac{pL_2 \cdot R}{pL_2 + R}}{pL_1 + \frac{pL_2 \cdot R}{pL_2 + R}} = \frac{pL_2 R}{p^2 L_1 L_2 + pR(L_2 + L_1)} = \frac{80p}{4p^2 + 100p} = \frac{80}{4p + 100} \quad \mathbf{2 \text{ body}}$$

$$\mathbf{G}(p) = \mathbf{K}_U(p) \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

Inverze obrazu:

$$\mathbf{G}(p) = \frac{80}{4p + 100} = \frac{Q(p)}{P(p)}, \quad P'(p) = \frac{d}{dp} P(p) = 4 \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

kořen jmenovatele:

$$4p + 100 = 0 \Rightarrow p = -25 \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

$$Q(p) = 80, \quad P'(p) = 4 \quad \mathbf{2 \text{ body}}$$

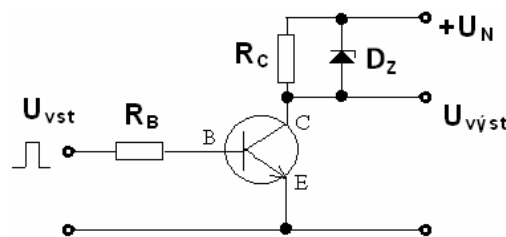
odezva na jednotkový impuls je

$$g(t) = L^{-1} \{ \mathbf{G}(p) \} = \frac{Q(p)}{P'(p)} e^{pt} = 20 \cdot e^{-25t} \quad \mathbf{2 \text{ body}}$$

$$g(0) = 20, \quad g(\infty) = 0 \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

## 5 Elektronické součástky

- a) Tranzistorový spínač má napájecí napětí  $U_N = 10\text{ V}$ ,  $R_B = 1\text{ k}\Omega$ ,  $R_C = 100\ \Omega$ . Závěrné napětí stabilizační diody  $D_Z$  je  $5\text{ V}$ . Na vstup je připojen obdélníkový signál ( $f = 500\text{ Hz}$ ) s amplitudou  $u_{VST1} = \pm 0,4\text{ V}$  nebo s amplitudou  $u_{VST2} = \pm 4\text{ V}$ . V uvažované pracovní oblasti je proudový zesilovací činitel tranzistoru  $h_{21E} = 100$ . Na základě výpočtu rozhodněte, v jakém režimu tranzistor při vstupním signálu  $u_{VST1}$  a při vstupním signálu  $u_{VST2}$  pracuje.
- b) Jak určíme diferenciální odpor emitoru  $r_E$  bipolárního tranzistoru? Jaká je souvislost  $r_E$  s admitančními parametry tranzistorového zesilovače v zapojení SE?
- c) Uveďte alespoň dva rozdíly mezi spínačem s bipolárním tranzistorem a tranzistorem MOSFET. Zdůvodněte.



### Řešení

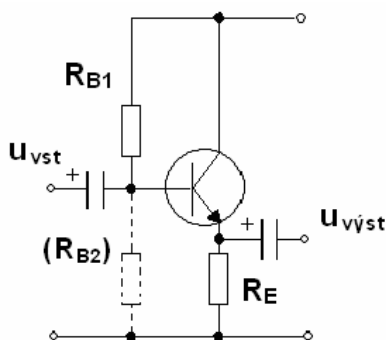
- a)  $I_B = (U_{vst} - U_{BE}) / R_B$ ,  $I_C = h_{21E} \cdot I_B$ ,  $U_{RC} = R_C \cdot I_C$ ,  $U_{CE} = U_N - U_{RC}$  1 bod
- $u_{VST1} = +0,4\text{ V}$ :  $I_B = (0,4 - 0,6)\text{ V} / 1\text{ k}\Omega = -0,4\text{ mA}$  !!! Vstupní napětí je příliš malé k otevření tranzistoru = závěrný režim. 1 bod
- $u_{VST1} = -0,4\text{ V}$ :  $U_{BE}$  je záporné,  $I_B \sim 0$ ,  $I_C \sim 0$ ,  $U_{RC} \sim 0$ ,  $U_{CE} \sim U_N$  = závěrný režim. 1 bod
- $u_{VST1} = +4\text{ V}$ :  $I_B = (4 - 0,6)\text{ V} / 1\text{ k}\Omega = 3,4\text{ mA}$ ,  $I_C = 100 \cdot 3,4 = 340\text{ mA}$ ,  
 $U_{RC} = 100\ \Omega \cdot 340\text{ mA} = 34\text{ V}$  (!)  
 $U_{RC}$  nemůže být větší než závěrné napětí paralelně zapojené stabilizační diody  $D_Z$  !! Většinu proudu  $I_C$  proto převezme stabilizační dioda.  
 Proto  $U_{RC} = U_{DZ} = 5\text{ V}$  a  $U_{CE} = U_{CC} - U_{DZ} = 5\text{ V}$  = aktivní režim. 2 body
- $u_{VST1} = -4\text{ V}$ :  $U_{BE}$  je záporné,  $I_B \sim 0$ ,  $I_C \sim 0$ ,  $U_{RC} \sim 0$ ,  $U_{CE} \sim U_N$  = závěrný režim. 1 bod
- b)  $r_E = U_T / I_E \sim U_T / I_C$  1 bod  
 $y_{21} = 1 / r_E$  1 bod
- c) 1. Řídicí signál: **BT** - trvalý proud báze,  $U_{BE} < 1\text{ V}$ , **MOSFET** nepotřebuje v klidu žádný řídicí proud, při sepnutí i vypnutí je však nutné nabít a vybit parazitní kapacity v obvodu,  $U_{GS} > 10\text{ V}$ .  
 2. Rychlost rozepnutí: **BT** - je zde vždy určité zpoždění dané akumulací nosičů, **MOSFET** - rychlost rozepnutí je určena schopností řídicích obvodů nabít a vybit parazitní kapacity.  
 3. MOSFET pro  $U_{DSmax} < 100\text{ V}$  má mnohem větší  $I_{Dmax}$  než srovnatelný BT.  
 4. MOSFET pro  $U_{DSmax} > 200\text{ V}$  má mnohem menší  $I_{Dmax}$  než srovnatelný BT. 2 body

## 6 Elektronické součástky

- a) Nakreslete příklad zapojení zesilovače tř. A v zapojení SC. Uvedte typický příklad použití tohoto zesilovače a zdůvodněte. Uvedte vztah pro výpočet jeho napěťového a proudového zesílení.
- b) Jaký parametr potřebujeme znát pro výpočet výstupního odporu bipolárního tranzistoru v zapojení SE a SB ( $\sim r_C$ ). Uvedte vztah pro výpočet.
- c) Uvedte alespoň dva rozdíly mezi spínačem s tyristorem a s tranzistorem IGBT.

### Řešení

a)



3 body

Zapojení SC je výhodné jako vstupní i výstupní obvod u zesilovačů, protože má velký vstupní a malý výstupní odpor. Proudové zesílení je rovno  $\beta$ , napěťové zesílení je ale menší než jedna. Napěťové zesílení celého zesilovače musí být zajištěno jiným typem zesilovače – obvykle BT v zapojení SE.

$$A_U = R_E / (R_E + r_E), \quad \text{kde } r_E = U_T / I_E \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

$$A_I = \beta \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

- b) Je třeba znát Earlyho napětí  $U_E$  – určíme jej pomocí průsečíku prodloužené části výstupní charakteristiky s osou napětí.

$$\text{S použitím } U_E \text{ vypočteme } r_C \text{ takto: } r_C = R_{CE} = (U_E + U_{CE}) / I_C .$$

2 body

- c) 1. Řídicí signál: **Tyristor** vyžaduje proudový impuls  $I_G$ ,  $U_{GK} \sim 2V$ , tranzistor **IGBT** je řízen napětím, ale při sepnutí i vypnutí je nutné nabít a vybit parazitní kapacity v obvodu,  $U_{GS} > 10V$ .  
2. Rozepnutí: **Tyristor** zůstává sepnutý, dokud proud tyristorem neklesne pod úroveň vratného proudu. **IGBT** vypíná bezprostředně po změně napětí na hradle.  
3. Mezní kmitočet: **Tyristor** je bipolární součástka, je zde vždy akumulace nosičů a mezní kmitočet je proto omezen na několik kHz. U **IGBT** je možné vhodným rozmístěním rekombinačních center dosáhnout mezního kmitočtu přes 50 kHz.

2 body

---

**7 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.)*

## 8 Signály, soustavy, systémy

Signály s diskretním časem. Diskrétní čas je označen symbolem  $k$ .

- a) Pro  $k = 2$  určete hodnotu signálu  $f_a(k) = 4 \cos(0,5\pi k + 0,5\pi)$ .
- b) Pro  $k = 2$  určete hodnotu signálu  $f_b(k) = \delta(k + 4)$ .
- c) Pro  $k = 2$  určete hodnotu signálu  $f_c(k) = -2\sigma(k - 1)$ .
- d) Pro  $k = 2$  určete hodnotu signálu  $f_d(k) = 4 \cos(0,5\pi k + 0,5\pi) + \delta(k + 4) - 2\sigma(k - 1)$ .

Poznámka:  $\sigma(k)$  je diskretní jednotkový skok, který také bývá označován  $\sigma(n)$ ,  $1(n)$ ,  $u(n)$ .  
 $\delta(k)$  je diskretní jednotkový impuls

---

### Řešení

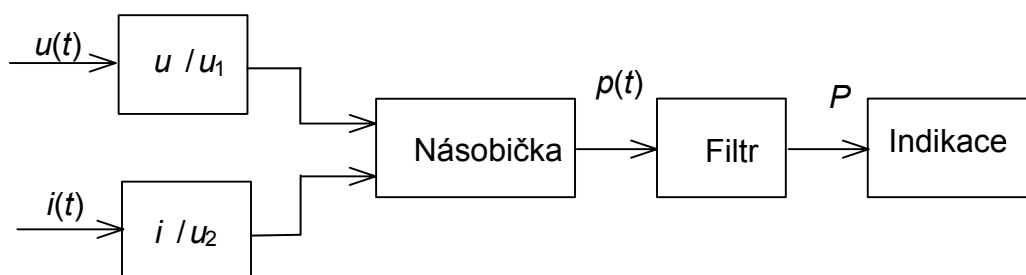
- a)  $f_a(2) = 4 \cos(0,5\pi \cdot 2 + 0,5\pi) = 4 \cos(1,5\pi) = 0$ . **3 body**  
(Hodnotí se pouze správnost číselného výsledku)
- b)  $f_b(2) = \delta(2 + 4) = 0$ . **3 body**
- c)  $f_c(2) = -2\sigma(2 - 1) = -2\sigma(1) = -2$ . **2 body**
- d)  $f_d(2) = -2$ . **2 body**



## 9 Měření v elektrotechnice

Nakreslete blokové schéma analogového elektronického průchozího wattmetru. Uveďte funkce jednotlivých bloků a jakými typy obvodů je lze realizovat.

### Řešení



5 bodů

Základním obvodem elektronických wattmetrů je násobička, u přesných přístrojů obvykle s amplitudově šířkovou modulací, lze však použít i násobičku s Hallovou sondou.

2 body

Převod  $u/u_1$  je nejčastěji proveden kmitočtově kompenzovaným odporovým děličem nebo měřicím transformátorem napětí. Pokud jsou místo rezistorů použity termočlánky, získáme zapojení vhodné pro měření výkonu vř proudů.

1 bod

Převod  $i/u_2$  je obvykle realizován bočníkem nebo měřicím transformátorem, případně lze použít převodník s operačním zesilovačem.

1 bod

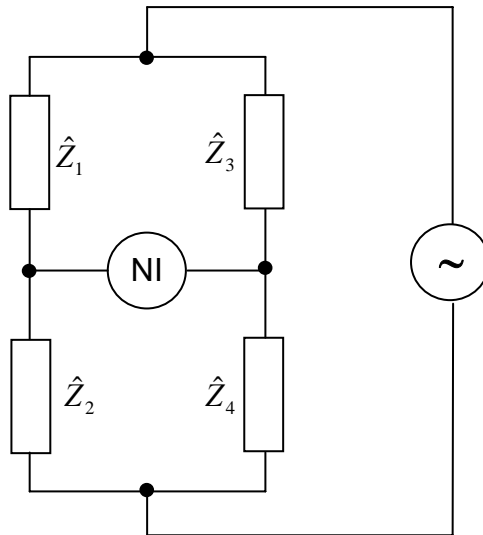
Střední hodnota je získána filtrem typu dolní propust.

1 bod

## 10 Měření v elektrotechnice

Nakreslete základní zapojení střídavých můstků Wheatstoneova typu a uveďte jejich podmínky rovnováhy.

Řešení



3 body

Podmínka rovnováhy  $\hat{Z}_1 \cdot \hat{Z}_4 = \hat{Z}_2 \cdot \hat{Z}_3$ , 2 body

kde  $\hat{Z} = R + jX$ . 1 bod

Oddělením reálných a imaginárních částí impedancí získáme dvě podmínky rovnováhy

$$\begin{aligned} \operatorname{Re} [\hat{Z}_1 \cdot \hat{Z}_4] &= \operatorname{Re} [\hat{Z}_2 \cdot \hat{Z}_3], \\ \operatorname{Im} [\hat{Z}_1 \cdot \hat{Z}_4] &= \operatorname{Im} [\hat{Z}_2 \cdot \hat{Z}_3]. \end{aligned} \quad 1 \text{ bod}$$

Pokud zapíšeme impedance v exponenciálním tvaru, získáme komplexní podmínku rovnováhy

$$Z_1 \cdot Z_4 \cdot e^{j(\varphi_1 + \varphi_4)} = Z_2 \cdot Z_3 \cdot e^{j(\varphi_2 + \varphi_3)}, \quad 1 \text{ bod}$$

kterou můžeme rozepsat na dvě podmínky

$$\begin{aligned} Z_1 \cdot Z_4 &= Z_2 \cdot Z_3, \\ \varphi_1 + \varphi_4 &= \varphi_2 + \varphi_3. \end{aligned} \quad 2 \text{ body}$$

Pokud je v některé z podmínek rovnováhy zastoupen kmitočet, je můstek kmitočtově závislý a lze jej použít nejen k měření impedancí, ale také k měření kmitočtů.