

20ZEKT: přednáška č. 10

Elektrické zdroje a stroje: výpočetní příklady

- Napětí naprázdno, proud nakrátko, vnitřní odpor zdroje
- Théveninův teorém
- Magnetické obvody
- Netočivé stroje - transformátory
- Točivé stroje – motory a generátory

Příklad 10 1:

Nakreslete zatěžovací charakteristiku článku s $U_0 = 1,5 \text{ V}$ a $R_i = 0,2 \Omega$.

Příklad 10 2:

U li-ion akumulátoru o kapacitě 100 Ah změříte

a) bez zátěže ($R_z \rightarrow \infty$) napětí 3.300 V

b) při zátěži $R_z = 0.1 \Omega$ napětí 3.251 V

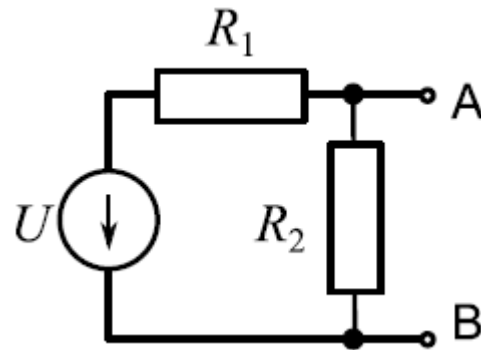
Odhadněte vnitřní odpor a proud nakrátko tohoto akumulátoru.

Příklad 10 3:

Nahradte aktivní dvojpól pomocí:

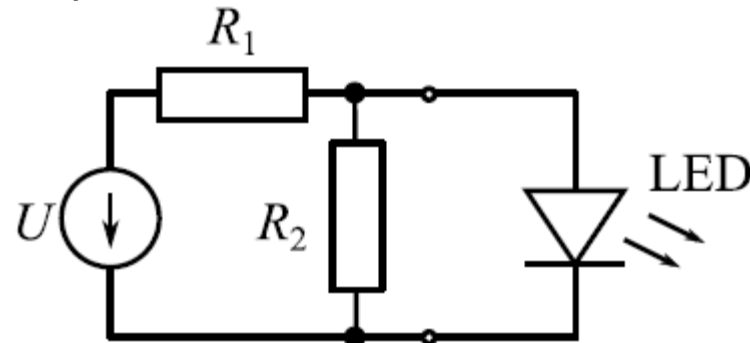
- Théveninova teorému (zdrojem napětí v sérii s rezistorem)
- Nortonova teorému (zdrojem proudu paralelně s rezistorem)

Zadáno: $U = 9 \text{ V}$, $R_1 = 6 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 4 \text{ k}\Omega$



Příklad 10 4:

Zjednodušte obvod s použitím Théveninova teorému. Počítejte obecně.

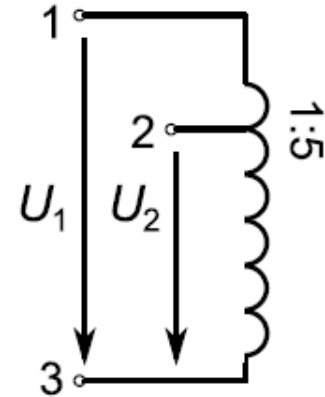


Příklad 10 5:

- Přenosný transformátor pro žárovky na napětí 24 V má údaje: 100 VA; 220V/24V. Určete převod a velikost primárního a sekundárního proudu.

Příklad 10 6:

- Autotransformátor má jedno vinutí se třemi vývody:
 - vývod 1 (přívod primárního proudu)
 - vývod 2 (vývod sekundárního proudu) a
 - vývod 3 (společná svorka).
 - Vývod 2 rozděluje cívku na dvě části v poměru 1:5.
 - Doplňte do obrázku směry proudů I_1 a I_2 .
 - Určete primární napětí a proud, když vývodem 2 prochází proud $I_2 = 12$ A a sekundární napětí je $U_2 = 300$ V.



Příklad 10 7:

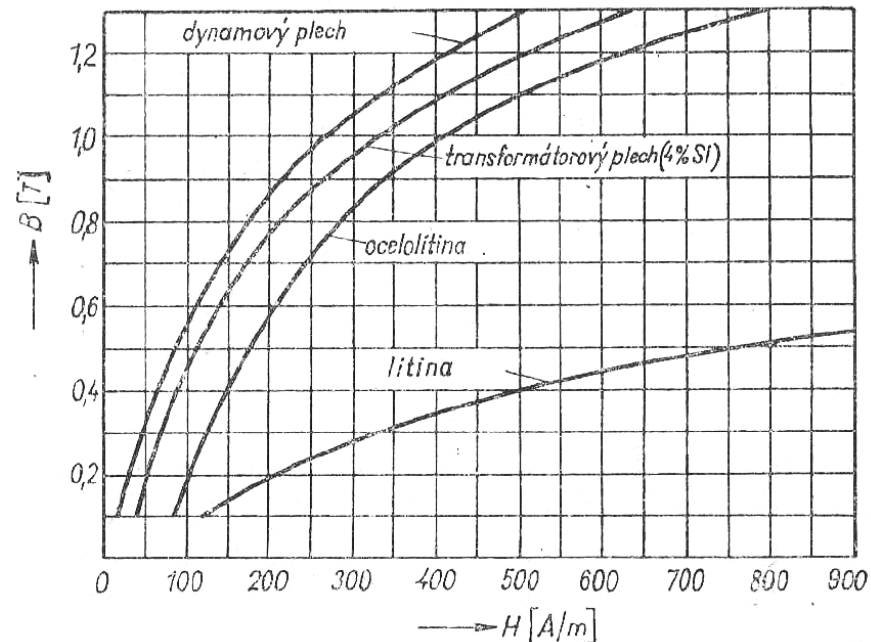
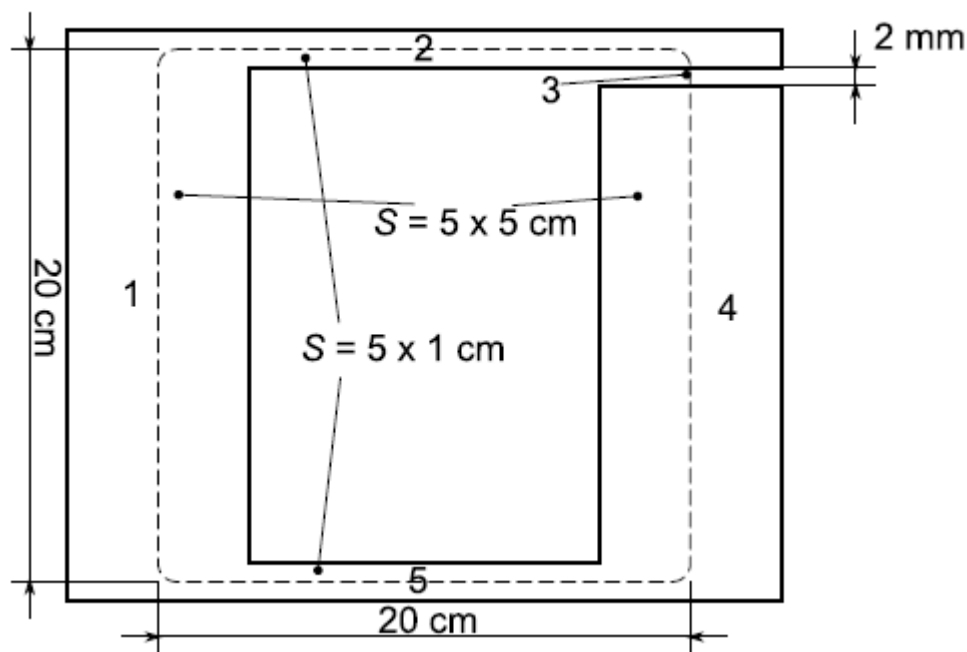
- Jednofázový transformátor dodává činný výkon $P = 100$ kW při sekundárním napětí $U_2 = 230$ V a účinníku $\cos \varphi = 0,8$. Určete sekundární proud, činný proud a zdánlivý výkon.

Příklad 10 8:

- Určete magnetomotorické napětí (kolik závitů s jakým proudem) potřebné pro vytvoření magnetického pole $B = 0,2 \text{ T}$ ve vzduchové mezeře magnetického obvodu dle obrázku. Materiálem magnetického obvodu je dynamový plech. Neuvažujte rozptýlení magnetického toku v okolí vzduchové mezery.

Hodnoty z tabulek:

- Permeabilita vakua je $4\pi \cdot 10^{-7}$, relativní permeabilita vzduchu je 1.
- Graf $B(H)$ pro základní druhy materiálů (viz obr.)

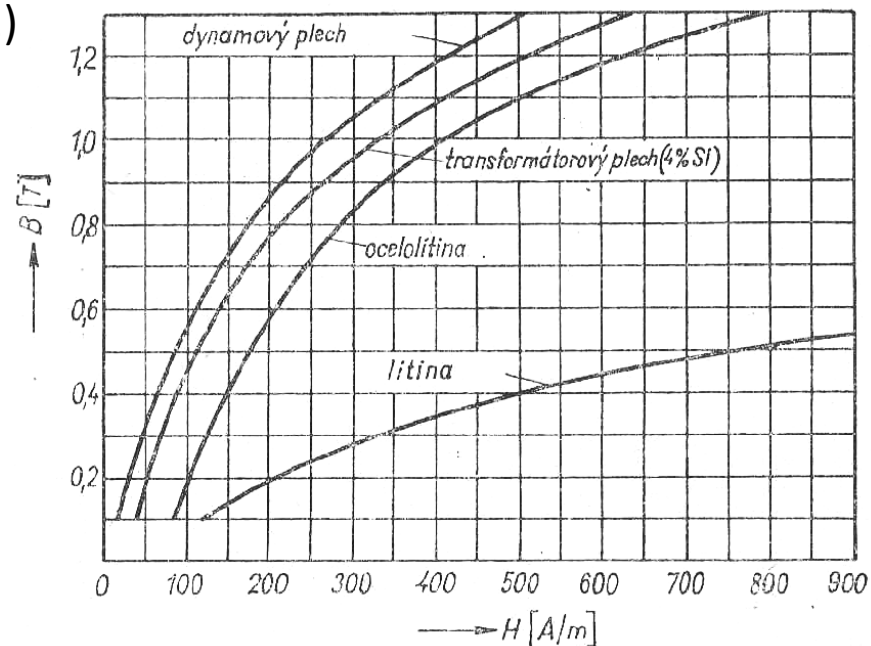
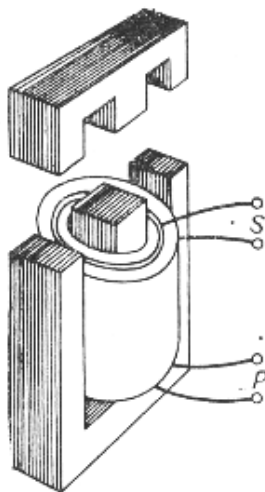


Příklad 10 9:

- Jednofázový plášťový transformátor (viz obr.) má primární vinutí s 1000 závitů připojeno na harmonické napětí 220 V, 50 Hz. Sekundární vinutí má 4000 závitů. Jádro se skládá z transformátorových plechů tloušťky 0,35 mm a má průřez 15 cm². Délka střední indukční čáry je 50 cm. Hustota jádra je 7800 kg/m³. Aby jádro nepodléhalo snadno nasycení, je v magnetickém obvodu vytvořena vzduchová mezera o tloušťce $l_v=0,1$ mm.
- Určete sekundární napětí, magnetický tok, magnetickou indukci, ztráty v železe, ztrátový proud v železe, magnetizační proud, a proud transformátoru naprázdno (uvažujte složky magnetizačního proudu a proudu ztrát v železe).

Hodnoty z tabulek:

- Pro transformátorový plech tloušťky 0,35 mm se 4 % křemíku (silně legovaný) a pro magnetickou indukci $B = 1$ T jsou měrné ztráty v železe 1,2 W/kg.
- Permeabilita vakua je $4\pi \cdot 10^{-7}$, relativní permeabilita vzduchu je 1.
- Graf $B(H)$ pro základní druhy materiálů (viz obr.)

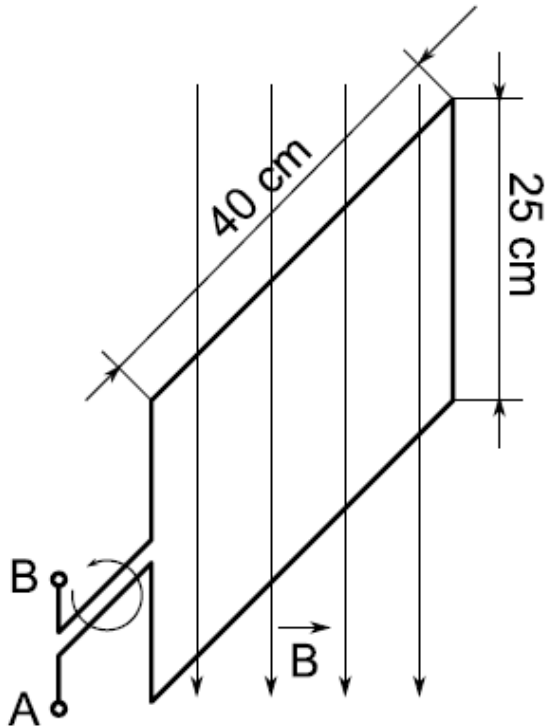


Příklad 10 10:

- Jednofázový trakční transformátor použitý v TT Blansko má jmenovité hodnoty:
 - jmenovitý výkon $S_n = 12,5$ MVA
 - převod $110 \pm 8 \times 2 \% \text{ kV} / 27 \text{ kV}$
 - napětí nakrátko $u_k = 12,5 \%$
 - proud naprázdno $i_0 = 0,1 \%$
- Určete:
 - Jmenovitý proud primárního a sekundárního vinutí
 - Proud primárního vinutí ve stavu naprázdno
 - Výkon transformátoru ve stavu naprázdno
 - Zkratový proud (primárního vinutí) za předpokladu nekonečně tvrdé sítě

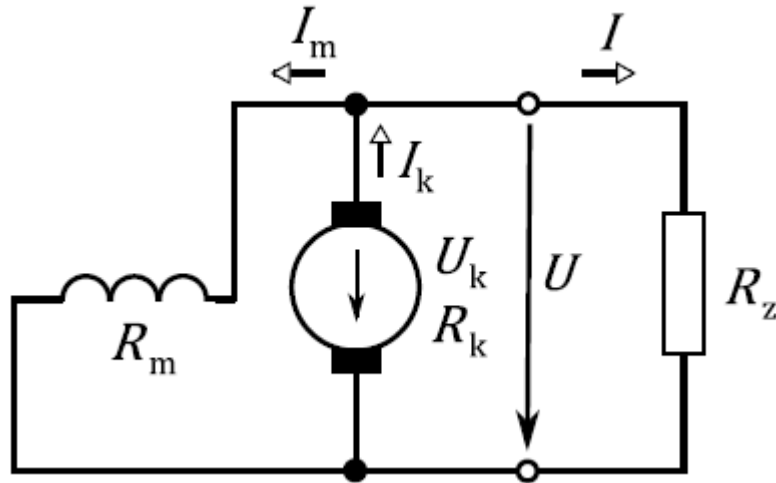
Příklad 10 11:

- Určete průběh napětí mezi svorkami B a A. Jde o napětí indukované v 1 závitu umístěném v homogenním magnetickém poli o indukci $B = 0,7 \text{ T}$, který se otáčí podle své osy otáčkovou rychlostí 1500 min^{-1} . „Průměr rotujícího závitu“ je 25 cm , jeho délka je 40 cm .
- Jaký je rozdíl mezi výše popsanou situací a stejnosměrným strojem?



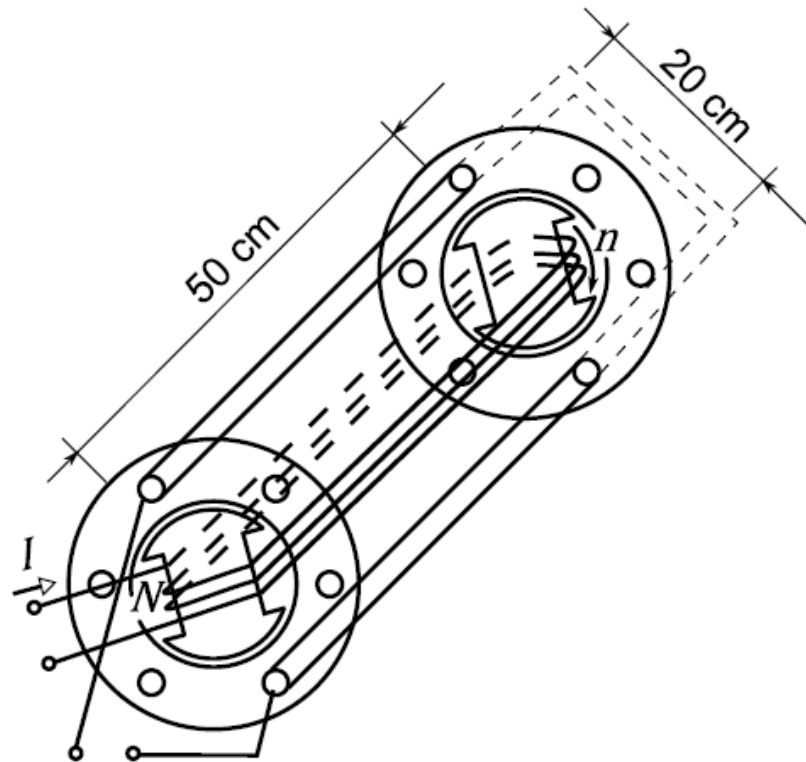
Příklad 10 12:

- Derivační dynamo (viz obr.) má tyto údaje: $P = 7,36 \text{ kW}$, $U = 110 \text{ V}$, odpor vinutí kotvy $R_k = 0,1 \Omega$, odpor budicího vinutí $R_m = 30 \Omega$.
- Určete proud zátěží I , magnetizační proud I_{mg} , proud vinutím motoru I_k , indukované napětí U_i a elektrickou účinnost dynama η_{el} .



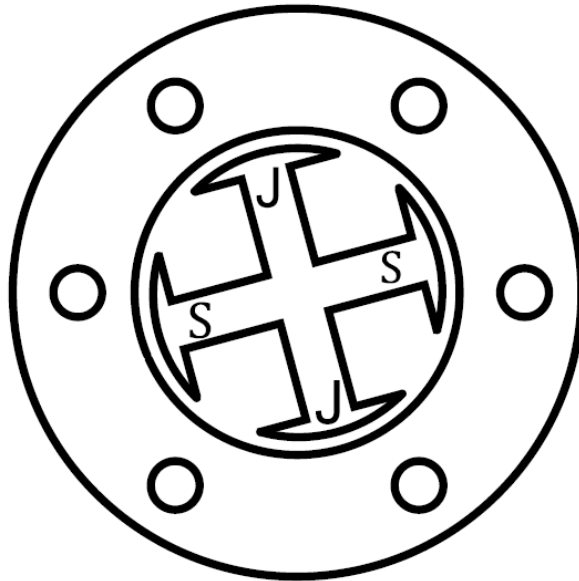
Příklad 10 13:

- Určete amplitudu a frekvenci napětí indukovaného (generovaného) v jednom vodiči a v jednom závitu statorového vinutí synchronního stroje podle obrázku. Zanedbejte magnetický odpor magnetických materiálů.
- Uvažujte budicí proud $I = 0,5 \text{ A}$, počet závitů $N = 200$, délka vzduchové mezery $\delta = 1 \text{ mm}$ a otáčky rotoru $n = 3000 \text{ min}^{-1}$.



Příklad 10 14:

- Jaké otáčky rotoru by byly potřeba v tomto případě synchronního stroje, pokud má být frekvence generovaného napětí ve statoru 50 Hz?



Výsledky (zaokrouhlené)

1. graf $U(I)$, úsečka mezi bodem naprázdno ($I_1=0\text{A}$, $U_1=1.5\text{V}$) a nakrátko ($I_1=7.5\text{A}$, $U_1=0\text{V}$)
2. $R_i=1.5\text{m}\Omega$, $I_k=2189\text{ A}$
3. a) $U_{Th}=U_0=3.6\text{V}$, $R_{Th}=R_i=2.4\text{k}\Omega$, b) $I_{Nor}=I_k=1.5\text{mA}$, $R_{Nor}=R_i=2.4\text{k}\Omega$
4. Zdroj napětí $U_{Th} = U \frac{R_2}{R_1+R_2}$ napájí rezistor $R_{Th} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1+R_2}$ v sérii s LED
5. $p = 9,17$; $I_1=0,45\text{ A}$; $I_2=4,17\text{ A}$
6. Směr I_1 doprava, I_2 doleva; $U_1=360\text{ V}$; $I_1=10\text{ A}$
7. $I_2=543\text{ A}$, $I_{\check{c}}=435\text{ A}$, $S=125\text{ kVA}$
8. $F_m=436\text{ Az}$. (tj. např. 872 závitů s proudem 0,5 A, 10 závitů s proudem 43,6 A nebo nespočet dalších kombinací)
9. $U_2=880\text{ V}$; $\Phi_m=0,99\text{ mWb}$; $B_m=0,66\text{ T}$; $P_{Fe}=4,63\text{ W}$; $I_{Fe}=0,021\text{ A}$; $I_{mg}=0,094\text{ A}$; $I_0=0,096\text{ A}$
10. (Výsledky uvedeny pro $U_1=110\text{ kV}$) $I_1=114\text{ A}$, $I_2=463\text{ A}$, $I_{10}=0,11\text{ A}$, $S_{10}=12,5\text{ kVA}$, $I_{1k}=909\text{ A}$.
11. Amplituda napětí jednoho vodiče je $U_{i1vm}=5,5\text{ V}$, jednoho závitu $U_{i1zm}=11\text{ V}$. Průběh sinusový s periodou 40 ms. U stejnosměrného stroje je průběh kvůli komutátoru obdélníkový.
12. $I=66,9\text{ A}$, $I_{mg}=3,7\text{ A}$, $I_k=70,6\text{ A}$, $U_i=117\text{ V}$, $\eta_{el}=89\%$
13. $U_{i1vm}=1\text{ V}$, $U_{i1zm}=2\text{ V}$, $f=50\text{ Hz}$
14. $n=1500\text{ ot./min}$