

ELEKTRICKÉ OBVODY 1. - TEORETICKÉ OTÁZKY

1. Definujte elektrický proud procházející průřezem vodiče a uveďte jeho jednotku.

1) Elektrický proud je uspořádaný pohyb nábojů. Jako fyzikální veličina je definována pomocí náboje, který projde určitou plochou za jednotku času.
Kladný smysl proudu je opačný ke směru pohybu elektrónů tvořících proud ve vodičích.
Jednotkou je AMPÉR [A]

2. Definujte elektrické napětí mezi dvěma body v elektrickém poli a uveďte jeho jednotku.

2) Elektrické napětí je integrální veličina, která je měrou pracovních účinků elekt. pole.
Napětí mezi dvěma body A, B podél určité dráhy s [m] je rovno poměru práce A [J] vykonané silami elektrického pole k velikosti přemístěného náboje q [C] $U_{AB} = \frac{A}{q}$
Jednotkou je VOLT [V]

3. Vysvětlíte rozdíl mezi elektrickým zařízením a jeho modelem, tj. elektrickým obvodem, uveďte základní klasifikaci obvodů z hlediska velikosti signálu a rychlosti časových změn.

3) Elektrické zařízení \rightarrow zařízením využívající přeměny elektrické energie. Její činnost můžeme popsat pomocí základních veličin charakterizujících příslušné elektromagnetické pole.

- můžeme vyjádřit vstupní a výstupní energii celků a součástek pomocí napětí a proudů vodičů, jimiž jsou součástky propojeny.

Modely \rightarrow jejich prostřednictvím se vyšetřují vlastnosti skutečných elektrických obvodů.

4. Popište první Kirchhoffův zákon pro elektrické obvody a uveďte příklad jeho použití.

4) První Kirchhoffův zákon

Uzel - místo spojení ve kterém jsou vzájemně propojeny svorky obvodových prvků. Při uzavřené plochou obkličující tento uzel je dán součtem proudů vodicí protínající tuto plochu. Ten musí být rovný nule.

použití: $\sum I_s = 0$
výpočet obvodových rovic pomocí smyčkových proudů.

5. Popište druhý Kirchhoffův zákon pro elektrické obvody a uveďte příklad jeho použití.

5) Druhý Kirchhoffův zákon

$$\sum_{k=1}^n u_k = 0$$

Jestliže se dá vyjádřit oběhové napětí smyčky součtem n svorkových napětí pak platí vztah *

použití: výpočet obvodových rovic pomocí uzlových napětí.

6. Vyjádřete Ohmův zákon pro odporový dvojpól a uveďte vztah pro výpočet odporu vodiče s konstantním průřezem. Definujte jednotku odporu.

$$U = RI \quad - \text{Ohmův zákon}$$

$$\text{odpor vypočteme } R = \frac{U}{I}$$

Jednotka $[\Omega]$ ohm

7. Definujte okamžitou hodnotu výkonu libovolného dvojpólu a uveďte její vyjádření pomocí napětí a proudu. Pro lineární odporové obvody uveďte vyjádření výkonu pomocí odporu a pouze napětí nebo pouze proudu.

$$p(t) = \frac{dA}{dt} = \frac{dA}{dq} \cdot \frac{dq}{dt}$$

$$p(t) = u(t) \cdot i(t) \quad [W, V, A]$$

lineal

$$P = U \cdot I$$

$$I = \frac{U}{R}$$

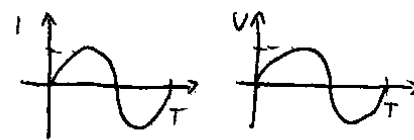
$$U = I \cdot R$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$P = I^2 \cdot R$$

$[W]$

8. Definujte periodický průběh napětí a proudu a uveďte vztah pro jejich střední hodnotu za celou periodu.



Dle vztlaku: $i(t) = I_m \sin(\omega_0 t)$ $u(t) = U_m \sin(\omega_0 t)$

$$I_0 = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt \quad [A]$$

$$U_0 = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt \quad [V]$$

9. Uveďte vztahy pro střední hodnoty střídavých napětí a proudů.

Střední hodnota za periodu T

$$I_0 = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt \quad [A]$$

$$U_0 = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt \quad [V]$$

Střední hodnota za polperiodu $\frac{T}{2}$

$$I_s = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} i(t) dt \quad [A]$$

$$U_s = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} u(t) dt \quad [V]$$

Aritmetická střední hodnota

$$I_{st} = \frac{1}{T} \int_0^T |i(t)| dt \quad [A]$$

$$U_{st} = \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt \quad [V]$$

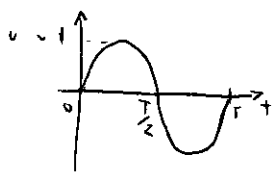
10. Definujte efektivní hodnotu periodického průběhu napětí a proudu a uveďte vztah pro její výpočet.

hodnota proudu se stejnými elektrotepelnými účinky jako jednosměrný proud

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} \quad [V]$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} \quad [A]$$

11. Vypočítejte střední a efektivní hodnotu harmonického proudu s amplitudou I_m .



$u(t) = U_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$

$U_0 = 0$

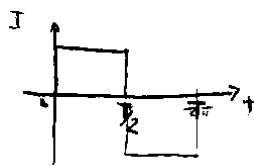
$$U_s = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} U_m \sin(\omega_0 t) dt = \frac{2}{T} U_m \left[-\cos(\omega_0 t) \right]_0^{\frac{T}{2}} = \frac{2 U_m}{T} \left[-\cos\left(\omega_0 \frac{T}{2}\right) + \cos(0) \right] = \frac{2 U_m}{T} \left[-\cos\left(\frac{\omega_0 T}{2}\right) + 1 \right]$$

$U_{st} = U_0$

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U_m^2 \sin^2(\omega_0 t) dt} = \sqrt{\frac{1}{T} U_m^2 \int_0^T \frac{1 - \cos(2\omega_0 t)}{2} dt}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{T} U_m^2 \left[\frac{t}{2} - \frac{\sin(2\omega_0 t)}{4\omega_0} \right]_0^T} = \sqrt{\frac{U_m^2}{2}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

12. Vypočítejte střední a efektivní hodnotu střídavého obdélníkového proudu s amplitudou I_m .



$$I_s = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} I_m dt = I_m \frac{2}{T} \left[t \right]_0^{T/2} = I_m \quad [A]$$

$$I_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 dt} = I_m \quad [V]$$

13. Vypočítejte střední hodnotu střídavého proudu se symetrickým trojúhelníkovým průběhem s amplitudou I_m .

$$I_o = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T I_m \sin \omega t dt$$

14. Popište základní aktivní prvky elektrických obvodů.

Nezávislý zdroj napětí:

Je základní aktivní dvojpól, který je schopen udržovat na svých svorkách "napětí s určitým časovým průběhem nezávisle na odebíraném proudu.

Jediným parametrem zdroje napětí je daný časový průběh jeho napětí. Charakteristikou je vztah mezi tímto napětím a odebíraným proudem, který se označuje jako zatěžovací charakteristika.

Nezávislý zdroj proudu:

Je základní aktivní dvojpól, který je schopen dodávat ze svých svorek proud s určitým časovým průběhem nezávisle na vlastnostech připojených obvodů.

Jediným parametrem zdroje proudu je daný časový průběh jeho proudu. Zatěžovací charakteristikou je u něj závislost jeho proudu na svorkovém napětí.

Řízené zdroje slouží pro modelování obvodových prvků, které mají sice charakter zdrojů, ale jejich napětí nebo proudy jsou funkcí některé z ostatních obvodových veličin.

15. Popište základní pasivní prvky elektrických obvodů.

Základními pasivními prvky elektrických obvodů jsou „rezistor, induktor a kapacitor“

Rezistor:

Je základní pasivní dvojpól, kterým vyjadřujeme nevratné přeměny energie, k nimž v obvodech dochází. Obecně je rezistorem každý dvojpól, jehož charakteristika $u = f(i)$ prochází v u, i pouze prvním a třetím kvadrantem.

V rezistoru se nevratně přeměňuje energie charakterizovaná okamžitou hodnotou výkonu $p(t) = u(t) \cdot i(t)$

Rezistory rozdělujeme podle typu charakteristik a také je podle nich nazýváme:

„lineární rezistor“ charakteristickou je přímka procházející počátkem, která se dá vyjádřit

Ohmovým zákonem ve tvaru : $u = Ri$

„nelineární rezistor se souměrnou charakteristikou“ při změně polarity napětí se změní i polarita proudu, ale velikost zůstane zachována

„nelineární rezistory s nesouměrnou charakteristikou“ také u nich se sice při změně polarity napětí změní i polarita proudu, ale jeho velikost bude jiná.

Rezistory, jejichž charakteristiky jsou nezávislé na časových průbězích napětí a proudů, označujeme jako nesetrvačné. (reálné rezistory jsou teplotně setrvačné)

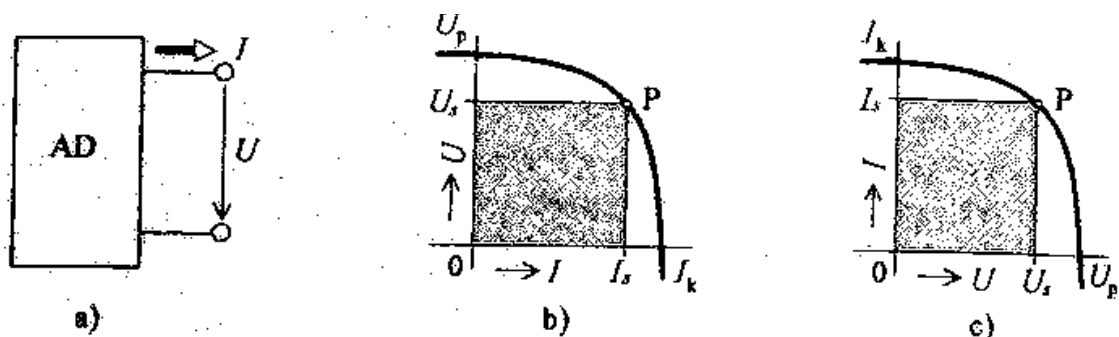
Induktor:

Je základní pasivní dvojpól, kterým vyjadřujeme energii magnetického pole akumulovanou v obvodech. Jeho základní charakteristikou je vztah mezi cívkovým magnetickým tokem a proudem.

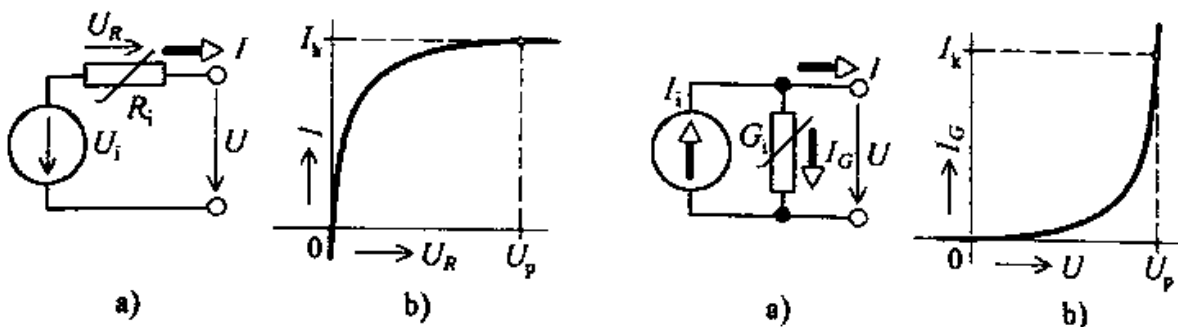
Kapacitor:

Je základní pasivní dvojpól, kterým vyjadřujeme energii elektrického pole akumulovanou v obvodech. Jeho základní charakteristikou je vztah mezi nábojem a napětím. Tato charakteristika je nezávislá na časových průbězích. Označujeme ji jako voltcoulombovou.

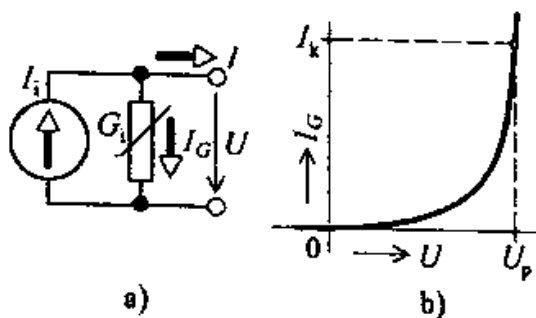
16. Nakreslete obvodové modely skutečných lineárních zdrojů elektrické energie a uveďte jejich voltampérové charakteristiky.



Obr. 4.1.3. Aktivní dvojpól a jeho zatěžovací charakteristiky



Obr. 4.1.4. Náhradní zapojení aktivního dvojpólu se zdrojem napětí

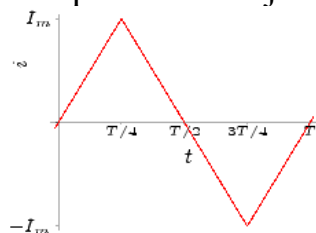


Obr. 4.1.5. Náhradní zapojení aktivního dvojpólu se zdrojem proudu

17. Vypočtete časový průběh napětí na lineárním induktoru s indukčností L protéká-li jím proud $i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi)$

$$u(t) = L \frac{di(t)}{dt} = \omega L I_m \cos \omega t + \varphi$$

18. Vypočtete a nakreslete časový průběh napětí na lineárním induktoru s indukčností L protéká-li jím proud trojúhelníkového průběhu podle obrázku.



...tohle nikdo nevyřešil :-)

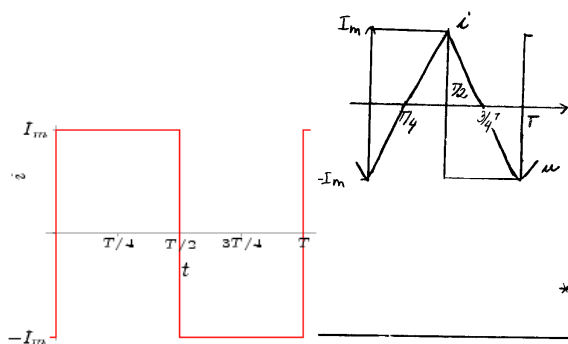
19. Vypočtete časový průběh napětí na lineárním kapacitoru s kapacitou C protéká-li jím proud $i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi)$ a bylo-li jeho počáteční napětí $u_c(0)$.

$$u(\ell) = u_c(0) + \frac{1}{C} \int_0^{\ell} i(\tau) d\tau = -\frac{1}{C} I_m \frac{1}{\omega} \cos \omega \ell =$$

$$\frac{1}{\omega C} I_m \sin\left(\omega \ell - \frac{\pi}{2}\right) = U_m \sin\left(\omega \ell - \frac{\pi}{2}\right)$$

napětí se posouvá
o proudem o $\frac{\pi}{2}$

20. Vypočtete a nakreslete časový průběh napětí na lineárním kapacitoru s kapacitou C protéká-li jím proud obdélníkového průběhu podle obrázku, bylo-li jeho počáteční napětí $u_c(0)$.

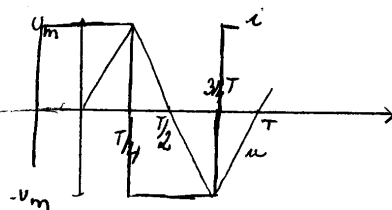
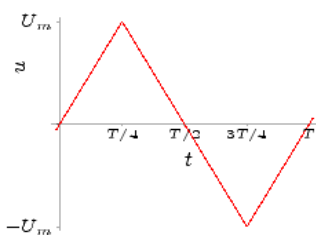


$$u(\ell) = \frac{1}{C} \int_0^T i(\tau) d\tau = -\frac{1}{C} I_m \frac{1}{\omega} \cos \omega T =$$

$$= \frac{1}{\omega C} I_m \sin\left(\omega T - \frac{\pi}{2}\right) = U_m \sin\left(\omega T - \frac{\pi}{2}\right)$$

* TÍM HLE SI NEJSEM JÍSTÁ, NIKDO NEVĚDĚL, JAK
TO POCÍTAT :((

21. Vypočtete a nakreslete časový průběh proudu lineárním induktorem; s indukčností L je-li připojen na napětí trojúhelníkového průběhu podle obrázku, byla-li jeho počáteční hodnota $i_L(0)$.



NEHÁM TUHA, JAK
DELAT 20/21 :((
MŮŽE, NĚKDO
DODĚLAT DIKY

22. Uveďte vztahy pro výpočet odporu sériového a paralelního spojení n rezistorů. Určete odpor sériového a paralelního spojení dvou rezistorů o odporech R_1 a R_2 .

sériové spojení n rezistorů $R_S = \sum_{n=1}^N R_n$

paralelní spojení n rezistorů $R_P = \left(\sum_{n=1}^N \frac{1}{R_n} \right)^{-1}$

sériové pro R_1 a R_2 $R = R_1 + R_2$

paralelní pro R_1 a R_2 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 \cdot R_2} \Rightarrow R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_2 + R_1}$

23. Uveďte vztahy pro výpočet kapacity sériového a paralelního spojení n kapacitorů. Určete kapacitu sériového a paralelního spojení dvou kapacitorů o kapacitách C_1 a C_2 .

sériové spojení n kapacitorů $C_S = \left(\sum_{n=1}^N \frac{1}{C_n} \right)^{-1}$

paralelní spojení n kapacitorů $C_P = \sum_{n=1}^N C_n$

sériové pro C_1 a C_2

$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{C_2 + C_1}{C_1 \cdot C_2} \Rightarrow C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_2 + C_1}$

paralelní pro C_1 a C_2 $C = C_1 + C_2$

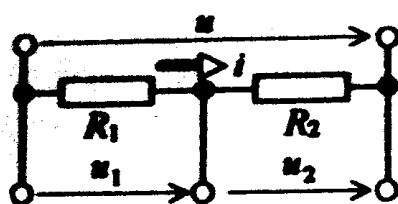
24. Uveďte vztahy pro výpočet indukčnosti sériového a paralelního spojení n induktorů bez vzájemné magnetické vazby. Určete indukčnost dvou induktorů o indukčnostech L_1 a L_2 spojených sériově a paralelně.

sériové spojení n induktorů (bez *) $L_S = \sum_{n=1}^N L_n$

paralelní spojení n induktorů (bez)

$L_P = \left(\sum_{n=1}^N \frac{1}{L_n} \right)^{-1}$

25. Nakreslete zapojení děliče napětí tvořeného dvěma rezistory R_1 a R_2 a odvoďte vztahy pro jeho výstupní napětí naprázdno.



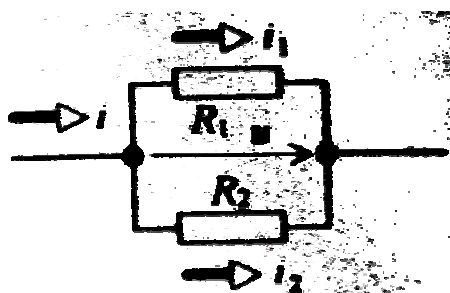
proud i je na obou rezistorech stejný:

$$i = \frac{u_1}{R_1} = \frac{u_2}{R_2}$$

z toho vyplývá:

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{R_1}{R_2}, \quad \frac{u_1}{u} = \frac{u_1}{u_1 + u_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}, \quad \frac{u_2}{u} = \frac{u_2}{u_1 + u_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

26. Nakreslete zapojení děliče proudu tvořeného dvěma rezistory R_1 a R_2 a odvoďte vztahy pro jeho proudy.



Oba rezistory mají stejné napětí:

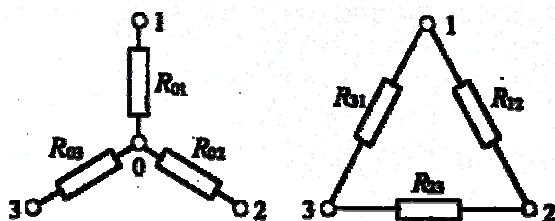
$$u = R_1 i_1 = R_2 i_2$$

Z toho vyplývá:

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{G_1}{G_2} = \frac{R_2}{R_1}, \quad \frac{i_1}{i} = \frac{i_1}{i_1 + i_2} = \frac{G_1}{G_1 + G_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

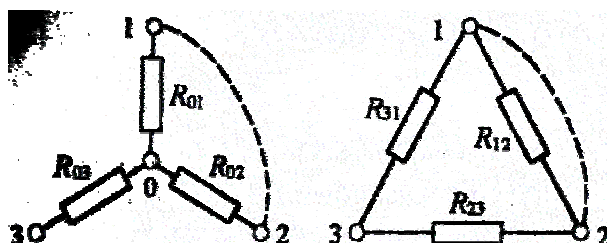
$$\frac{i_2}{i} = \frac{i_2}{i_1 + i_2} = \frac{G_2}{G_1 + G_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

27. Nakreslete zapojení tří rezistorů do hvězdy a ekvivalentní zapojení do trojúhelníka. Odvoďte vztahy pro parametry ekvivalentního trojúhelníka.



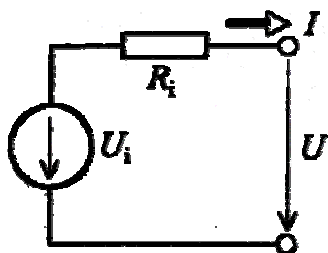
$$R_{01} = \frac{R_{12} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}, \quad R_{02} = \frac{R_{12} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}, \quad R_{03} = \frac{R_{23} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

28. Nakreslete zapojení tří rezistorů do trojúhelníka a ekvivalentní zapojení do hvězdy. Odvoďte vztahy pro parametry ekvivalentní hvězdy.



$$R_{12} = R_{01} + R_{02} + \frac{R_{01} R_{02}}{R_{03}}, \quad R_{23} = R_{02} + R_{03} + \frac{R_{02} R_{03}}{R_{01}}, \quad R_{31} = R_{03} + R_{01} + \frac{R_{01} R_{03}}{R_{02}}$$

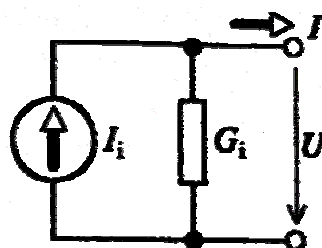
29. Nakreslete Théveninovo a Nortonovo náhradní zapojení lineárního aktivního odporového dvojpólu a uveďte způsob výpočtu jejich parametrů.



$$U_i = U_p$$

$$U = U_p - R_i I$$

$$R_i = U_p / I_k$$

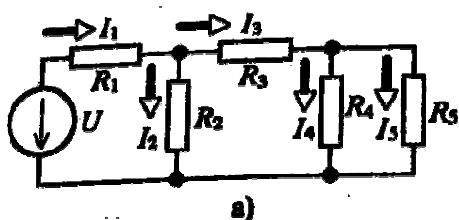


$$I_i = I_k$$

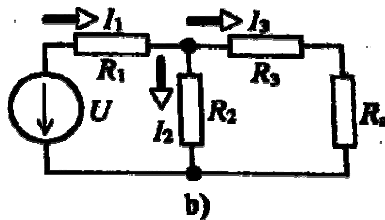
$$I = I_k - G_i U$$

$$G_i = I_k / U_p = 1 / R_i$$

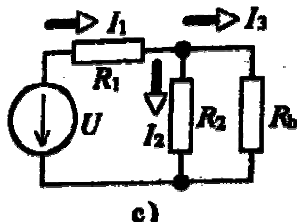
30. Vysvětlete na příkladu metodu postupného zjednodušování pro analýzu jednoduchých lineárních odporových obvodů.



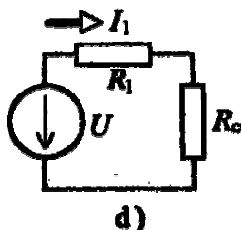
a)



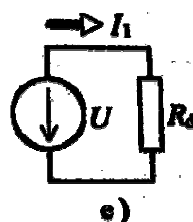
b)



c)



d)



e)

$$R_a = R_4 R_5 / (R_4 + R_5),$$

$$R_b = R_3 + R_a,$$

$$R_c = R_2 R_b / (R_2 + R_b),$$

$$R_d = R_1 + R_c$$

$$I_1 = U / R_d, \quad I_2 = I_1 R_b / (R_2 + R_b),$$

$$I_3 = I_1 R_2 / (R_2 + R_b),$$

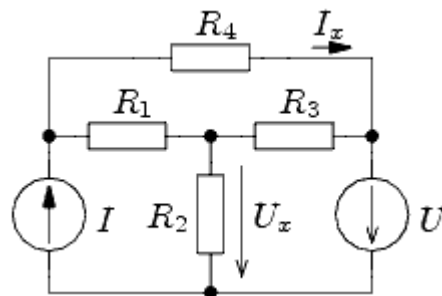
$$I_4 = I_3 R_5 / (R_4 + R_5),$$

$$I_5 = I_3 R_4 / (R_4 + R_5)$$

31. Vyslovte princip superpozice v elektrických obvodech a uveďte na příkladu jeho použití pro analýzu lineárních odporových obvodů.

Princip **superpozice** umožňuje určit odezvu v lineárním obvodu při současném působení více nezávislých zdrojů jako součet příslušných odezev na působení každého zdroje samostatně při vyjmutí ostatních zdrojů tak, aby struktura obvodu zůstala zachována.

Využití např. SUS první příklad. ☺



32. Jakým odporem R_s je nutno zatížit zdroj napětí U_i s vnitřním odporem R_i , aby výkon v zátěži R_s byl maximální? Vypočítejte maximální výkon, který lze z daného zdroje získat a účinnost pro tento případ.

Zdroj napětí U_i nutno zatížit odporem $R_s = R_i$. Jde o tzv. výkonové přizpůsobení.

$$P = UI = R_s I^2 = R_s (U_i / (R_i + R_s))^2 = U_i^2 R_s / (R_i + R_s)^2$$

Účinnost je 50%

33. Pro harmonický průběh napětí $u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi)$ definujte fázory v měřítku maximálních i efektivních hodnot. Uveďte vztahy pro zpětnou transformaci fázorů U_m a U do prostoru časových průběhů.

Fázor je komplexní číslo ve tvaru $U_m^{j\omega}$ (v měřítku max. hodnot) nebo $U^{j\omega}$ (v měřítku ef. Hodnot $U = U_m / \sqrt{2}$), Odpovídá časovému průběhu $u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi)$

34. Uveďte větu o linearitě fázorové transformace a dále vztahy pro fázory derivovaných a integrovaných časových průběhů.

Linearita fázorové transformace je kokotina, která není ani ve skriptech, takže fakt nevím.

Fázor derivovaných průběhů je $j\omega$ násobkem jejího fázoru

Fázor integrovaných průběhů je $1/j\omega$ násobkem jejího průběhu.

35. Popište vztahy mezi časovými průběhy napětí a proudů pro základní pasivní prvky elektrických obvodů v harmonickém ustáleném stavu. Uvedené časové průběhy napětí a proudu znázorněte graficky.

rezistor: $u(t) = R i(t)$

induktor: $u(t) = L I_m \omega \sin(\omega t + \pi/2)$

kapacitor: $u(t) = I_m / \omega C \sin(\omega t - \pi/2)$

Tady by měl být graf: Sinusovka s fázovými posunama.

36. Popište vztahy mezi fázory napětí a proudů pro základní pasivní prvky elektrických obvodů v harmonickém ustáleném stavu. Uvedené fázory napětí a proudu znázorněte graficky.

rezistor: $U_m = R I_m$

induktor: $U_m = j\omega L I_m$

kapacitor: $U_m = I_m / j\omega C$

37. Definujte pojem impedance a admitance obecného lineárního pasivního dvojpolu a uveďte jejich vyjádření ve složkovém i v exponenciálním tvaru.

Impedance pasivního dvojpolu Z je definovaná poměrem fázoru svorkového napětí U a proudu I , tj. $Z = \frac{U}{I}$

- vyjádření v exponenciálním nebo složkovém tvaru, tj. $Z = R + jX = Ze^{j\varphi}$

Admitance Y je převrácená hodnota impedance a je tedy definována poměrem fázorů proudu I a svorkového napětí U , tj.

$$Y = \frac{1}{Z} = \frac{I}{U}$$

- vyjádření v exponenciálním nebo složkovém tvaru, tj. $Y = G + jB = Ye^{j\theta}$

($R = \text{Re}[Z]$ je rezistance, $X = \text{Im}[Z]$ reaktance, $Z = |Z|$ modul impedance, $G = \text{Re}[Y]$ konduktance, $B = \text{Im}[Y]$ susceptance, $Y = |Y|$ modul admitance, θ je uhel admitance, φ je uhel impedance)

PS: pozor na fázory!

38. Vyjádřete ve složkovém i v exponenciálním tvaru admitanci dvojpolu, jehož impedance je $Z = R + jX$.

Pro přepočítání složek impedance na složky admitance a obráceně vyjdeme ze vztahu:

$$Z = Ze^{j\varphi} = R + jX = \frac{1}{Y} = \frac{1}{Ye^{j\theta}} = \frac{1}{G + jB}$$

-odtud vyplývá : $Y = \frac{1}{Z} \quad \varphi = -\theta$

39. Vyjádřete ve složkovém i v exponenciálním tvaru impedanci dvojpolu, jehož admitance je $Y = G + jB$.

Pro přepočítání složek impedance na složky admitance a obráceně vyjdeme ze vztahu:

$$Z = Ze^{j\varphi} = R + jX = \frac{1}{Y} = \frac{1}{Ye^{j\theta}} = \frac{1}{G + jB}$$

-odtud vyplývá : $Z = \frac{1}{Y} \quad \varphi = -\theta$

40. Odvoďte vzťahy pro výpočet impedance sériového spojení n lineárních pasivních dvojpólů o impedancích $Z_k = R_k + jX_k$.

- impedance Z (R , $j\omega L = jX_L$, $\frac{1}{j\omega C} = -jX_C$)

Pri sériovom spojení (viacerých Z v obvode) je fázor celk. napětí roven sumě fázorů napětí jednotlivých dvojpólů. Ak budeme charakt. každý z dvojpólů jeho impedancí:

$$U = \sum_{k=1}^n U_k = \sum_{k=1}^n I Z_k = I \sum_{k=1}^n Z_k = I Z$$

Z hlediska svorek A,B mozeme pak nahradit sériové spojení n dvojpólů jediným dvojpólem

z impedancí: $Z = \sum_{k=1}^n Z_k$

41. Odvoďte vzťahy pro výpočet admitance paralelního spojení n lineárních pasivních dvojpólů o admitancích $Y_k = G_k + jB_k$.

- admitance Y ($G=1/R$, $\frac{1}{j\omega L} = -jB_L$, $j\omega C = jB_C$)

Z hlediska svorek A,B mozeme nahradit paralelné spojení n dvojpólů jediným dvojpólem s admitancí:

$$Y = \sum_{k=1}^n Y_k$$

42. Určete impedanci sériového spojení dvou impedancí $Z_1 = Z_1 e^{j\varphi_1}$ a $Z_2 = Z_2 e^{j\varphi_2}$ (výsledek uveďte v exponenciálním tvaru).

Zložkový tvar:

$$Z_1 = Z_1 \cos \varphi_1 + j Z_1 \sin \varphi_1$$

$$Z_2 = Z_2 \cos \varphi_2 + j Z_2 \sin \varphi_2$$

Sériové spojenie:

$$Z = Z_1 + Z_2 = (Z_1 \cos \varphi_1 + Z_2 \cos \varphi_2) + j(Z_1 \sin \varphi_1 + Z_2 \sin \varphi_2) =$$

$$\sqrt{(Z_1 \cos \varphi_1 + Z_2 \cos \varphi_2)^2 + (Z_1 \sin \varphi_1 + Z_2 \sin \varphi_2)^2} e^{j\varphi}$$

$$\varphi = \arctg \frac{b}{a}$$

$$a = (Z_1 \cos \varphi_1 + Z_2 \cos \varphi_2)$$

$$b = (Z_1 \sin \varphi_1 + Z_2 \sin \varphi_2)$$

43. Určete impedanci paralelního spojení dvou impedancí $Z_1 = Z_1 e^{j\varphi_1}$ a $Z_2 = Z_2 e^{j\varphi_2}$ (výsledek uveďte v exponenciálním tvaru).

$$Z = (Z_1 * Z_2) / (Z_1 + Z_2) = ((Z_1 * e^{j\varphi_1}) * (Z_2 * e^{j\varphi_2})) / ((Z_1 * e^{j\varphi_1}) + (Z_2 * e^{j\varphi_2}))$$

44. Určete admitanci sériového spojení dvou admitancí $Y_1 = Y_1 e^{j\psi_1}$ a $Y_2 = Y_2 e^{j\psi_2}$ (výsledek uveďte v exponenciálním tvaru).

$$Y = 1 / (Z_1 * e^{j\varphi_1} + Z_2 * e^{j\varphi_2}) \text{ prevrácená hodnota } Z$$

$$Y = (Y_1 * e^{j\psi_1}) + (Y_2 * e^{j\psi_2})$$

45. Určete admitanci paralelního spojení dvou admitancí $Y_1 = Y_1 e^{j\psi_1}$ a $Y_2 = Y_2 e^{j\psi_2}$ (výsledek uveďte v exponenciálním tvaru).

$$Y = ((Y_1 * e^{j\psi_1}) * (Y_2 * e^{j\psi_2})) / ((Y_1 * e^{j\psi_1}) + (Y_2 * e^{j\psi_2}))$$

46. Definujte pojem přenosu napětí pro lineární obvod, jehož vstupní napětí je $u_1(t) = U_{1m} \sin(\omega t + \varphi_1)$ a výstupní napětí $u_2(t) = U_{2m} \sin(\omega t + \varphi_2)$

Prenos je komplexná konštanta definovaná ako pomer fázorov výstupného napätia a fázorov vstupného napätia.

$$P = U_{2m} \sin(\omega t + \varphi_2) / U_{1m} \sin(\omega t + \varphi_1)$$

47. Uveďte Théveninův a Nortonův teorém pro lineární aktivní dvojpóly v harmonickém ustáleném stavu.

Theveninov teorém: Aktivny dvojpól obsahujúci zdroje harmonického napätia a prúdu a lineárne prvky, sa dá nahradit' sériovým spojením zdroja napätia a pasívneho dvojpólu. Fázor napätia náhradného zdroja je rovný fázoru napätia naprázdno nahradzovaného aktívneho dvojpólu. Impedancia náhradného pasívneho dvojpólu sa rovná pomeru fázoru napätia a fázoru prúdu nakrátko.

Pre **Nortona** platí podobne, s tým rozdielom, že máme zdroj prúdu a ten je s pasívnym dvojpólom zapojený paralelne. Fázor prúdu náhradného zdroja je rovný fázoru prúdu nakrátko nahradzovaného aktívneho dvojpólu. Admitancia náhradného pasívneho dvojpólu sa rovná pomeru fázoru prúdu nakrátko a fázoru napätia nakrátko.

48. Popište princip a zásady kreslení fázorových digramů lineárních obvodů v harmonickém ustáleném stavu.

Fázorový diagram je zobrazení fázorů napětí a proudu daného obvodu komplexní roviny. Rozlišujeme fázory proudu a napětí. Fázorový diagram musí být topologický a orientační. Orientační znamená, že směr vektorů reprezentuje zpoždování respektive předbíhání proudu respektive napětí. Topologický znamená, že vektory fázorového diagramu tvoří uzavřený n-úhelník. Vektory jen sčítáme nerozkládáme (při sčítání nekreslíme rovnoběžník).

49. Definujte činný výkon dvojpólu v harmonickém ustáleném stavu a odvoďte vzorec pro jeho výpočet.

Činný výkon je výkon reprezentovaný na rezistorech.

Odvození: $i(t) = I_m \sin \omega t$; $u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi)$

$$\begin{aligned} p(t) &= u(t) i(t) = U_m I_m \sin(\omega t + \varphi) \sin \omega t = \\ &= U_m I_m (\sin^2 \omega t \cos \varphi + \sin \omega t \cos \omega t \sin \varphi) = \\ &= U_m I_m \frac{1}{2} [\cos \varphi (1 - \cos 2\omega t) + \sin \varphi \sin 2\omega t] = \\ &= UI [\cos \varphi (1 - \cos 2\omega t) + \sin \varphi \sin 2\omega t] [\text{W}] \end{aligned}$$

Fázor proudu můžeme rozložit na složky činné ($I_c = I \cos \varphi$) a jalové ($I_j = I \sin \varphi$).

Z předchozích výpočtů vyplývá, že činný výkon je $p_c(t) = UI_c (1 - \cos 2\omega t)$ [W]

V komplexní rovině též: $P = \text{Re}[UI^*] = 1/2 \text{Re}[U_m I_m^*]$

50. Definujte jalový výkon dvojpólu v harmonickém ustáleném stavu a uveďte vzorec pro jeho výpočet.

Jalový výkon se dá vyjádřit jako výkon na induktorech a kondenzátorech. Odvození viz. výše.

$$Q = p_j(t) = UI_j \sin 2\omega t = UI \sin \varphi \quad [\text{var}]$$

V komplexní rovině též: $Q = \text{Im}[UI^*] = \frac{1}{2} \text{Im}[U_m I_m^*]$

51. Definujte zdánlivý výkon dvojpólu v harmonickém ustáleném stavu a uveďte vzorec vyjadřující jeho souvislost s činným a jalovým výkonem.

Zdánlivý výkon je výkon jak na rezistorech tak na induktorech a kondenzátorech. Mezi těmito výkony existuje vztah :

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

52. Definujte účinník střídavého proudu a uveďte vztah pro jeho výpočet v harmonickém ustáleném stavu. Jak lze určit účinník z naměřeného činného a jalového výkonu?

Je to míra využití energetického zařízení

$$\lambda = P/S = \cos \varphi$$

53. Uveďte vztahy pro výpočet činného, jalového a zdánlivého výkonu dvojpólu, jehož napětí a proud jsou vyjádřeny pomocí fázorů.

$$S = UI^* = UI e^{j(\psi_1 - \psi_2)} = UI \cos \varphi + jUI \sin \varphi$$

$$P = \text{Re}[UI^*] = 1/2 \text{Re}[U_m I_m^*]$$

$$Q = \text{Im}[UI^*] = \frac{1}{2} \text{Im}[U_m I_m^*]$$

54. Definujte souměrnou trojfázovou soustavu napětí u_R, u_S, u_T a popište ji v časové oblasti i v prostoru fázorů.

Učebnice str. 213: Souměrná trojfázová soustava napětí je tvořena zdroji harmonického napětí stejného kmitočtu a amplitudy, jejichž vzájemný fázový posun je $2\pi/3$. Pro označení jednotlivých složek se vžil název fáze.

Časová oblast: $u_R(t) = U_m \sin \omega t$,

$$u_S(t) = U_m \sin (\omega t - 2\pi/3)$$

$$u_T(t) = U_m \sin (\omega t + 2\pi/3)$$

Pomocí fázorů: $U_R, U_S = U_R e^{-j2\pi/3}, U_T = U_R e^{j2\pi/3}$

55. Vysvětlete pojem sled fází. Uveďte jak se změní chování některých elektrických zařízení při změně sledu fází a popište, jak lze sled fází zjistit měřením.

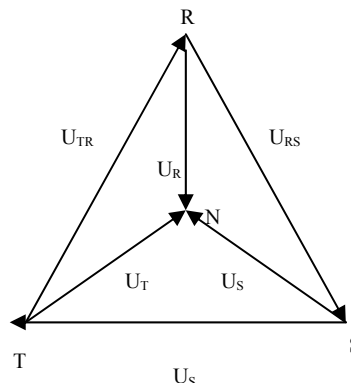
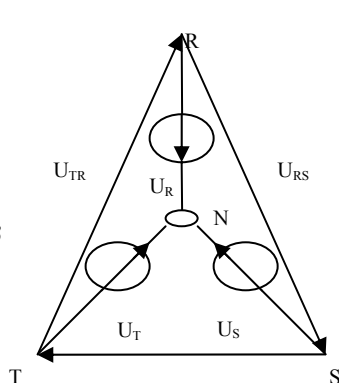
Souměrná trojfázová soustava je tvořena třemi zdroji harmonického napětí stejného kmitočtu a amplitudy, jejichž vzájemný posun je $2\pi/3$. pořadí napětí jak za sebou následují na časové ose nazýváme sled fází. Označuje se po sobě jdoucími písmeny z abecedy R-S-T, U-V-W, A-B-C. Změna sledu fází vyvolává u obvodových veličin výrazné změny jejich velikosti a fázových posunů.

56. Nakreslete spojení tří zdrojů tvořících souměrnou trojfázovou soustavu do hvězdy. Nakreslete odpovídající topografický fázorový diagram a vyznačte v něm fázová i sdružená napětí. Uveďte vztahy mezi všemi fázovými i sdruženými napětími.

$$U_{RS} = U_R \sqrt{3}$$

$$U_{ST} = U_S \sqrt{3}$$

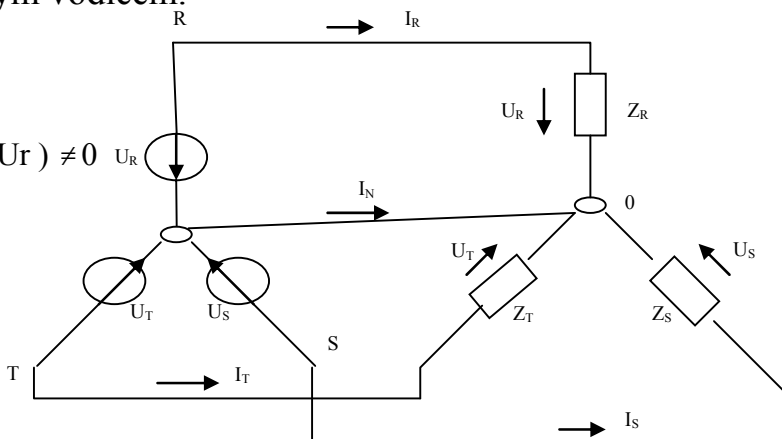
$$U_{TR} = U_T \sqrt{3}$$



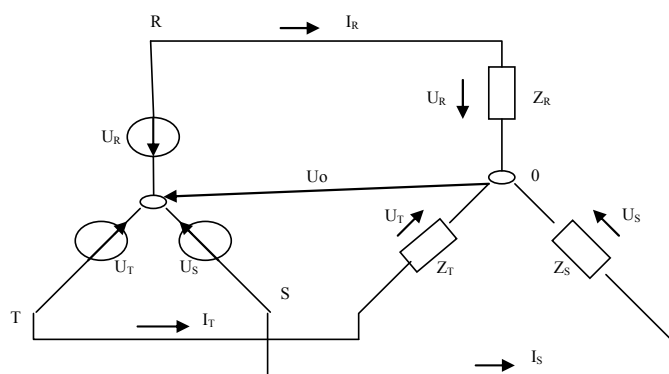
57. Souměrný trojfázový zdroj spojený do hvězdy je zatížen nesouměrnou zátěží tvořenou třemi různými impedancemi spojenými rovněž do hvězdy. Střední uzly obou hvězd jsou propojeny. Nakreslete uvedené zapojení a vypočítejte obecně fázor proudu I_0 protékajícího nulovým vodičem.

$$I_n + I_s + I_t + I_r \neq 0$$

$$I_n = - (I_s + I_t + I_r) = - 1/Z (U_s + U_t + U_r) \neq 0$$

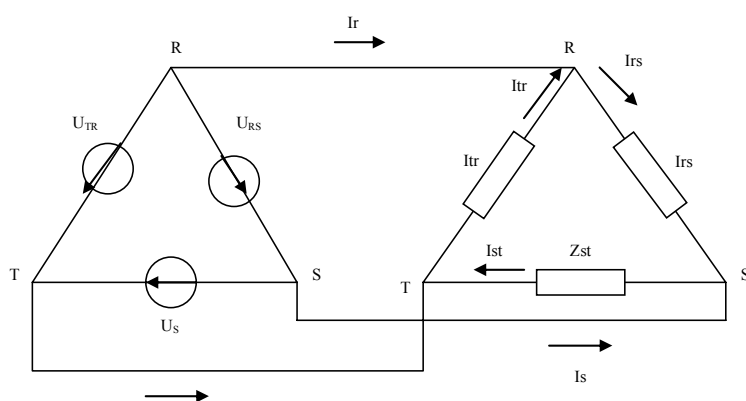


58. Souměrný trojfázový zdroj spojený do hvězdy je zatížen nesouměrnou zátěží tvořenou třemi různými impedancemi spojenými rovněž do hvězdy. Střední uzly obou hvězd nejsou propojeny. Nakreslete uvedené zapojení a vypočítejte obecně fázor napětí U_0 mezi středním uzlem zátěže a středním uzlem zdroje.



$$U_0 = \frac{\frac{U_R}{Z_R} + \frac{U_S}{Z_S} + \frac{U_T}{Z_T}}{\frac{1}{Z_R} + \frac{1}{Z_S} + \frac{1}{Z_T}}$$

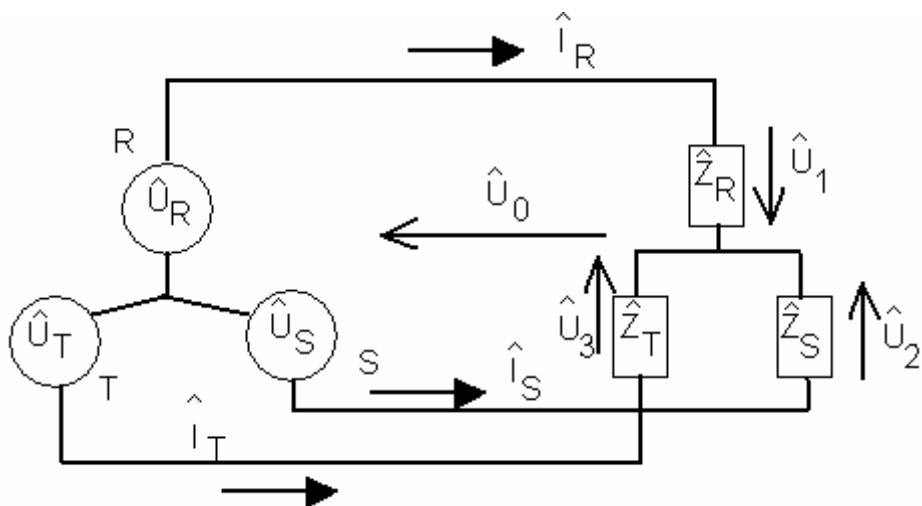
59. Souměrný trojfázový zdroj spojený do trojúhelníka je zatížen nesouměrnou zátěží tvořenou třemi různými impedancemi spojenými rovněž do trojúhelníka. Nakreslete uvedené zapojení a vypočítejte obecně fázory síťových proudů I_R , I_S , I_T jako funkci sdružených napětí a impedancí zátěže.



60. Uveďte vztahy pro výpočet činného, jalového a zdánlivého výkonu v souměrných trojfázových soustavách.

$$P = 3 \operatorname{Re}\{U_r I_r^*\} \quad Q = 3 \operatorname{Im}\{U_r I_r^*\} \quad S = 3 |U_r I_r|$$

61. Souměrný trojfázový zdroj spojený do hvězdy je zatížen nesouměrnou zátěží tvořenou třemi různými impedancemi spojenými rovněž do hvězdy. Střední uzly obou hvězd nejsou propojeny. Nakreslete uvedené zapojení a a uveďte obecné vztahy pro výpočet činného, jalového a zdánlivého výkonu.



$$\begin{aligned} I_r + I_s + I_t &= 0 & U_1 &= U_s - U_0 & U_2 &= U_s - U_0 & U_3 &= U_t - U_0 \\ I_r &= U_1/Z_r & I_s &= U_2/Z_s & I_t &= U_3/Z_t \end{aligned}$$

Výkony (z hlediska zdrojů) :

$$P = \text{Re} \{ U_r I_r + U_s I_s + U_t I_t \} \text{ [W]}$$

$$Q = \text{Im} \{ U_r I_r + U_s I_s + U_t I_t \} \text{ [var]}$$

$$S = |\{ U_r I_r + U_s I_s + U_t I_t \}| \text{ [VA]},$$

(z hlediska zátěže) :

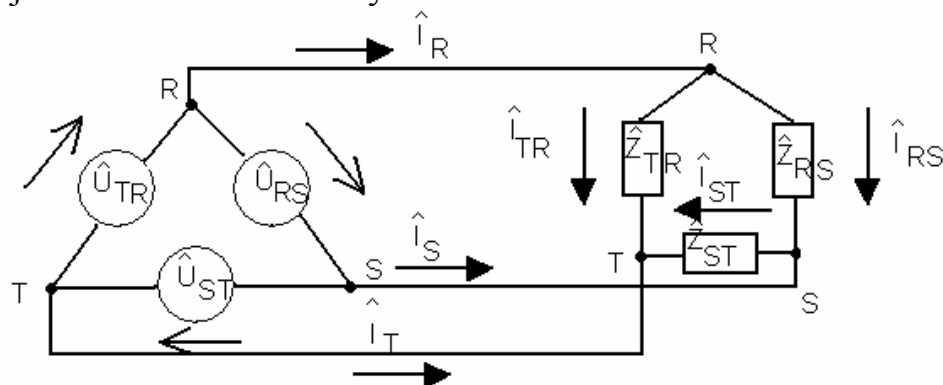
$$P = \text{Re} \{ U_1 I_r + U_2 I_s + U_3 I_t \} \text{ [W]}$$

$$Q = \text{Im} \{ U_1 I_r + U_2 I_s + U_3 I_t \} \text{ [var]}$$

$$S = |\{ U_1 I_r + U_2 I_s + U_3 I_t \}| \text{ [VA]}$$

Pozn.: všechny zde uvedená napětí a proudy jsou vyjádřeny na úrovni fázorů a při výpočtu výkonů jsou všechny proudy komplexně sdružené k těmto proudům

62. Souměrný trojfázový zdroj spojený do trojúhelníka je zatížen nesouměrnou zátěží tvořenou třemi různými impedancemi spojenými rovněž do trojúhelníka. Nakreslete uvedené zapojení a uveďte obecné vztahy pro výpočet činného, jalového a zdánlivého výkonu.



Výkony :

$$P = \text{Re} \{ U_{rs} I_{rs} + U_{st} I_{st} + U_{tr} I_{tr} \} \text{ [W]}$$

$$Q = \text{Im} \{ U_{rs} I_{rs} + U_{st} I_{st} + U_{tr} I_{tr} \} \text{ [var]}$$

$$S = |\{ U_{rs} I_{rs} + U_{st} I_{st} + U_{tr} I_{tr} \}| \text{ [VA]}$$

Pozn.: stejná jako výše..

63. Dva induktry vázané společným magnetickým tokem jsou v harmonickém ustáleném stavu. Uveďte vztahy pro výpočet fázorů napětí na obou induktorech jako funkce fázorů proudů obou induktorů.

$$U_1 = j\omega L_1 I_1 + j\omega M I_2$$

$$U_2 = j\omega L_2 I_2 + j\omega M I_1$$

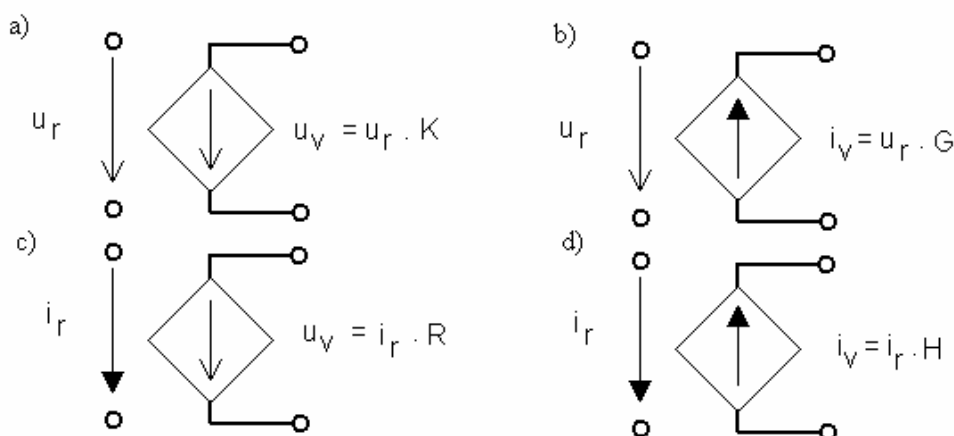
64. Dva induktry vázané společným magnetickým tokem jsou v harmonickém ustáleném stavu. Uveďte vztahy pro výpočet fázorů proudů obou induktorů jako funkce fázorů napětí na obou induktorech.

$$I_1 = U_1 \Gamma_1 / j\omega + U_2 \Gamma_M / j\omega$$

$$I_2 = U_2 \Gamma_2 / j\omega + U_1 \Gamma_M / j\omega$$

$$\Gamma_1 = L_2 / (L_1 L_2 - M^2) \quad \Gamma_2 = L_1 / (L_1 L_2 - M^2) \quad \Gamma_M = -M / (L_1 L_2 - M^2)$$

65. Nakreslete a popište základní typy ideálních lineárních řízených zdrojů. Uveďte náhradní zapojení skutečného lineárního řízeného zdroje.



a) zdroj napětí řízený napětím b) zdroj proudu řízený napětím
c) zdroj napětí řízený proudem d) zdroj proudu řízený proudem,
kde K, G, R a H jsou bezrozměrné konstanty.

