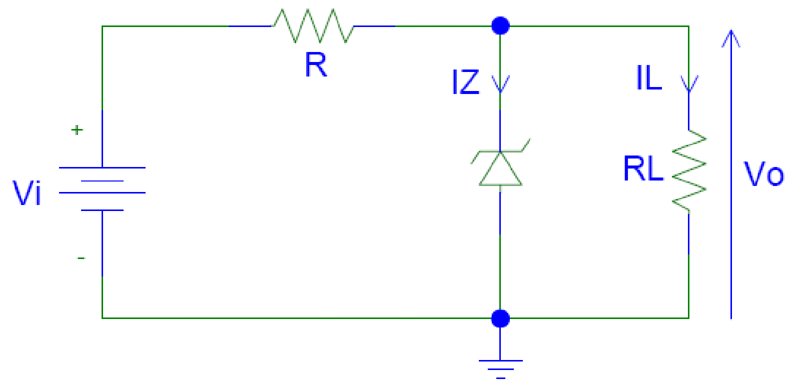
Question 1 (4 points):

Soit le régulateur de tension de la figure ci-dessous. On suppose que la diode Zener a une tension $Vz=14V$ dans la région de cassure et une tension $V\gamma=0,7V$ dans la région directe. On suppose aussi qu'on a $R=120\Omega$.



a) En considérant $V_i=20\ V$ et $R_L=500\Omega$, calculer la tension V_O et les courants I_L et I_Z.
b) En considérant $V_i=20\ V$ et une puissance maximale de la diode Zener $P_Z=1,4W$, calculer la plage de variation de la résistance de charge R_L (Considérer $I_{zmin} = 0\ A$).
c) En considérant une tension négative $V_i=-10\ V$ et $R_L=100\Omega$, calculer la tension V_O et les courants I_L et I_Z (Remarque : la diode est polarisée en direct, il faut considérer le modèle de 2$^{\text{ème}}$ approximation).

a) En considérant $V_i=20\ V$ et $R_L=500\Omega$, calculer la tension V_O et les courants I_L et I_Z.

$$V_O = V_Z = 14V$$

$$I_L = \frac{V_O}{R_L} = \frac{14}{500} = 28mA$$

$$I_Z + I_L = I_{source} = \frac{V_i - V_O}{R} = \frac{20-14}{120} = 50mA$$

$$I_Z = 50 - I_L = 22mA$$

b) En considérant $V_i=20\ V$ et une puissance maximale de la diode Zener $P_Z=1,4W$, calculer la plage de variation de la résistance de charge R_L. Considérer que $I_{Zmin} = 0$ A.

$$I_{Z\_\max} = \frac{P_Z}{V_Z} = \frac{1,4}{14} = 100mA$$

$$I_{source} = \frac{V_i - V_O}{R} = \frac{20-14}{120} = 50mA$$

$$On\ a:\ I_{source} \prec I_{Z\_\max} \Rightarrow I_{L\_\min} = 0$$

$$R_{L\_\max} = \infty$$

$$I_{L\_max} = I_{source} = 50mA$$

$$R_{L\_min} = \frac{V_O}{I_{L\_max}} = \frac{14}{50\times10^{-3}} = 280\Omega$$

c) En considérant une tension négative V_i=*-10 V* et R_L=*100Ω*, calculer la tension V_O et les courants I_L et I_Z (Remarque : la diode est polarisée en direct, il faut considérer le modèle de 2$^{\text{ème}}$ approximation).

Pour $\mathrm{V_i} = -10V$, la diode fonctionne dans la région directe

On a donc : $V_O = -V_\gamma = -0,7V$

$$I_L = \frac{V_O}{R_L} = \frac{-0,7}{100} = -7mA$$

$$I_{source} = \frac{V_i - V_O}{R} = \frac{-10+0,7}{120} = -77,5mA$$

$$I_Z = I_{source} - I_L = -70,5mA$$

$$ou\ \ I_D = -I_Z = 70,5mA$$

Question 2 (7 points):

Un moteur asynchrone triphasé de 30 hp, 600 V, 60 Hz, 6 pôles, fonctionne à pleine charge avec un glissement de 2,0% et absorbe une puissance de 24600 W avec un facteur de puissance de 86% retard.

a) Trouver la vitesse de rotation, le couple développé sur l'arbre et le courant absorbé en régime nominal.
b) Quel est le rendement du moteur?
c) Calculer la vitesse de rotation du moteur et la puissance qu'il fournit à la charge s'il développe la moitié de son couple nominal.
d) Calculer la vitesse de rotation du moteur et le couple développé sur l'arbre s'il fournit à la charge la moitié de sa puissance nominale.
e) Pour corriger le facteur de puissance vu par la source qui alimente le moteur, et obtenir une valeur de 0,9 retard, trois condensateurs sont connectés en triangle et en parallèle avec le moteur. Quelle est la capacité de chaque condensateur ?
f) Le moteur, sans les condensateurs de correction du facteur de puissance, est alimenté à travers un onduleur à la fréquence de 40 Hz. Pour un fonctionnement à couple nominal et en considérant que le rendement et le facteur de puissance sont peu influencés par la fréquence d'alimentation, calculer la vitesse de rotation, la puissance mécanique développée sur l'arbre et le courant de ligne.

$$a)\quad p=6 \quad\Rightarrow\quad n_S=1200 \quad \text{r/min}$$

$$s_{nom}=0,02 \quad\Rightarrow\quad n_{nom}=n_S\cdot(1-s_{nom})=1200\cdot(1-0,02)=1176 \quad \text{r/min}$$

$$\omega_{nom}=\frac{2\pi\cdot n_{nom}}{60}=\frac{2\pi\cdot 1176}{60}= \quad 123,2 \quad \text{rad/s}$$

$$T_{mc-nom}=\frac{P_{mc-nom}}{\omega_{nom}}=\frac{30\cdot 746}{123,2}=181,7 \quad \text{Nm}$$

$$I_{l-nom}=\frac{P_{e-nom}}{\sqrt{3}\cdot E_{l-nom}\cdot fp_{nom}}=\frac{24600}{\sqrt{3}\cdot 600\cdot 0,86}=27,5 \quad \text{A}$$

$$b)\quad \eta_{nom}=\frac{P_{mc-nom}}{P_{e-nom}}=\frac{30\cdot 746}{24600}=0,91$$

$$c)\quad T_{mc-nom}=K'\cdot s_{nom} \quad\Rightarrow\quad K'=\frac{T_{mc-nom}}{s_{nom}}=\frac{181,7}{0,02}=9085$$

$$T_{mc}=K'\cdot s \quad\Rightarrow\quad s=\frac{T_{mc}}{K'}=\frac{T_{mc-nom}/2}{K'} \quad\Rightarrow\quad s=\frac{s_{nom}}{2}=0,01$$

$$n=n_S\cdot(1-s)=1200\cdot(1-0,01)=1188 \quad \text{r/min}$$

$$d)P_{mc}=\frac{P_{mc-nom}}{2}=\frac{30\cdot 746}{2}=11190 \quad \mathrm{W}$$

$$s=\frac{P_{mc}\cdot 60}{K'\cdot n_S\cdot 2\cdot \pi}=\frac{11190\cdot 60}{9085\cdot 1200\cdot 2\cdot \pi}=0,0098$$

$$n=n_S\cdot(1-s)=1200\cdot(1-0,0098)=1188,2 \quad \mathrm{r/min}$$

$$T_{mc}=K'\cdot s=9085\cdot 0,0098=89 \quad \mathrm{Nm}$$

$$d)Q_{1C}=\frac{P_{e-nom}\cdot\left(\tan\left(\cos^{-1}(0,9)\right)-\tan\left(\cos^{-1}(fp_{nom})\right)\right)}{3}$$

$$Q_{1C}=\frac{24600\cdot\left(\tan\left(\cos^{-1}(0,9)\right)-\tan\left(\cos^{-1}(0,86)\right)\right)}{3}=-4229 \quad \mathrm{var}$$

$$\mathrm{X}_C=\frac{E_l^2}{Q_{1C}}=\frac{600^2}{-4229}=-85,1 \quad \Omega$$

$$C=-\frac{1}{\mathrm{X}_C\cdot 2\cdot \pi\cdot f}=-\frac{1}{(-85,1)\cdot 2\cdot \pi\cdot 60}=31,2 \quad \mu\mathrm{F}$$

$$f)\Delta n=n_{S\,60\,Hz}-n_{nom}=1200-1176=24 \quad \mathrm{r/min}$$

$$n_{S\,40\,Hz}=\frac{120\cdot f}{p}=\frac{120\cdot 40}{6}=800 \quad \mathrm{r/min}$$

$$n_{40\,Hz}=n_{S\,40\,Hz}-\Delta n=800-24=776 \quad \mathrm{r/min}$$

$$\omega_{40\,Hz}=\frac{2\pi\cdot n_{40\,Hz}}{60}=\frac{2\pi\cdot 776}{60}=81,3 \quad \mathrm{rad/s}$$

$$P_{mc-40\,Hz}=T_{mc-nom}\cdot\omega_{40\,Hz}=181,7\cdot 81,3=14772 \quad \mathrm{W} \quad \Rightarrow \quad P_{mc-40\,Hz}=\frac{14772}{746}=19,8 \quad \mathrm{HP}$$

$$P_{e-40\,Hz}=\frac{P_{mc-40\,Hz}}{\eta_{nom}}=\frac{14772}{0,91}=16233 \quad \mathrm{W}$$

$$I_{l-40\,Hz}=\frac{P_{e-40\,Hz}}{\sqrt{3}\cdot E_{l-40\,Hz}\cdot fp_{nom}}=\frac{P_{e-40\,Hz}}{\sqrt{3}\cdot\frac{E_{l-60\,Hz}}{60}\cdot 40\cdot fp_{nom}}=\frac{16233}{\sqrt{3}\cdot\frac{600}{60}\cdot 40\cdot 0,86}=27,2 \quad \mathrm{A}$$

Question 3 (5 points):

Deux charges triphasées connectées en parallèle sont alimentées à travers un transformateur triphasé. Ce transformateur est constitué de trois transformateurs monophasés identiques connectées en triangle au primaire est en étoile au secondaire.
Sur la plaque signalétique de chaque transformateur sont inscrites les informations suivantes :
25 kV/347V, 75 kVA.

Les deux charges sont :

- charge 1 : 3 impédance identiques, $Z_Y = 16 + j12\ \Omega$, connectées en étoile;
- charge 2 : charge triphasée équilibrée résistive de 15 kW de puissance;

La tension de ligne au primaire est égale à 25 kV et le transformateur triphasé est considéré idéal.

a) Calculer le courant de ligne de chacune des deux charges;
b) Déterminer le facteur de puissance de l'ensemble des deux charges;
c) Calculer le courant de ligne tiré par l'ensemble des deux charges;
d) Calculer le courant de ligne au primaire du transformateur.

Solution

a) $I1 = 346{,}43 / (16+j12) = 17{,}32 \angle -36{,}87^o$ A
$S1 = 3 \times (16+j12) \times 17{,}32^2 = 14399 + j10799 = 17999 \angle 36{,}87^o$ VA
$I2 = 5000 / 346{,}43 = 15000 / (\sqrt{3}\ 600) = 14{,}43 \angle 0o$ A
$S2 = 15000 + j0 = 15000$ VA

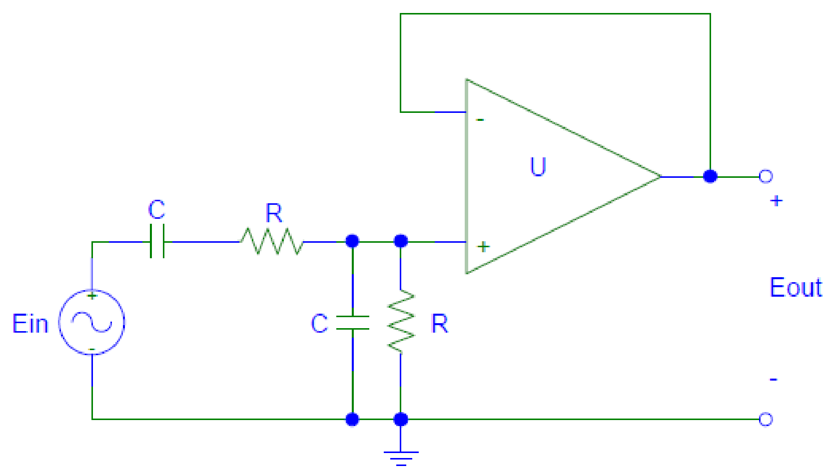
b) $S1 = 3 \times (16+j12) \times 17{,}32^2 = 14399 + j10799 = 17999 \angle 36{,}87^o$ VA
$S2 = 15000 + j0 = 15000$ VA
$Sch = 29399 + j\ 10799 = 31320 \angle 20{,}17^o$ VA FP = cos 20,17 = + 0938

c) $Sch = \sqrt{3}\ 600\ Ia'$ d'où $Ia' = 30{,}13 \angle -20{,}17^o$ A ou $Ia' = I1 + I2$

d) $Iab = 30{,}13 \angle -20{,}17^o / 72{,}16 = 0{,}4715 \angle -20{,}17^o$ A
$Ia = \sqrt{3}\ Iab \angle -30^o$ A $= 0{,}723 \angle -50{,}17^o$ A

Question 4 (4 points):

Soit le circuit de la figure ci-dessous où U est un amplificateur opérationnel idéal.



a) Calculer le gain $\frac{E_{out}}{E_{in}}$ pour les basses fréquences.

b) Calculer le gain $\frac{E_{out}}{E_{in}}$ pour les hautes fréquences.

c) Quel est le type de ce filtre ? Justifier votre réponse.

d) Donner l'expression de la fonction de transfert $\frac{E_{out}}{E_{in}}(j\omega)$ en fonction de R, C et $j\omega$.

a) Calculer le gain $\frac{E_{out}}{E_{in}}$ pour les basses fréquences.

Pour les basses fréquence on remplace le condensateur par un circuit ouvert

$$E_{out} = E^{-} = E^{+} = 0$$

$$\left|\frac{E_{out}}{E_{in}}\right| = 0$$

b) Calculer le gain $\frac{E_{out}}{E_{in}}$ pour les hautes fréquences.

Pour les hautes fréquence on remplace le condensateur par un court-circuit

$$E_{out} = E^{-} = E^{+} = 0$$

$$\left|\frac{E_{out}}{E_{in}}\right| = 0$$

c) Quel est le type de ce filtre ? Justifier votre réponse.

On a $E_{out} = 0$ *pour les basses et hautes fréquences*

$\Rightarrow$ *Filtre passe bande*

d) Donner l'expression de la fonction de transfert $\frac{E_{out}}{E_{in}}(j\omega)$ en fonction de R, C et $j\omega$.

$$Z_1 = R//C = \frac{R}{1 + j\omega RC}$$

$$Z_2 = R + \frac{1}{j\omega C} = \frac{1 + j\omega RC}{j\omega C}$$

$$E_{out} = E^{-} = E^{+} = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} E_{in}$$

$$\frac{E_{out}}{E_{in}}(j\omega) = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} = \frac{\dfrac{R}{1 + j\omega RC}}{\dfrac{R}{1 + j\omega RC} + \dfrac{1 + j\omega RC}{j\omega C}} = \frac{j\omega RC}{1 + 3j\omega RC + (j\omega RC)^2}$$