Devoir n°1

Il est fortement conseillé de lire l'ensemble des énoncés avant de commencer.
Accélération de la pesanteur : g = 9,81 m.s^{-2}

Exercice 1 (9 points)

On considère le dispositif ci-dessous. Les allures de la tension $u(t)$ et de l'intensité $i(t)$ sont représentées sur le document réponse n°1 à la page 3.

1. Étude de la tension $v_K(t)$

   a. Quelle est la valeur de $u(t)$ entre 0 et αT ? En déduire la valeur de $v_K(t)$ entre 0 et αT (on pourra utiliser la loi des mailles).

D'après le graphe : $u(t)=200\ \text{V}$

D'après la loi des mailles : $U-v_K(t)-u(t)=0$ ce qui donne :

$$v_K(t)=U-u(t)=200-200=0\ \text{V}$$

   b. Quelle est la valeur de $u(t)$ entre αT et T ? En déduire la valeur de $v_K(t)$ entre αT et T.

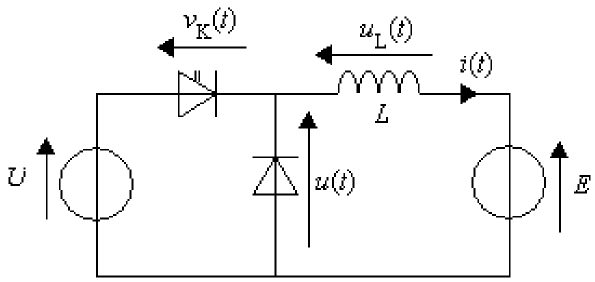
D'après le graphe : $u(t)=0\ \text{V}$

D'après la loi des mailles : $U-v_K(t)-u(t)=0$ ce qui donne :

$$v_K(t)=U-u(t)=200-0=200\ \text{V}$$

   c. Représenter $v_K(t)$ en fonction du temps sur le document réponse n°1 à la page 3.

Voir le document réponse.



U = 200 V ; L = 48 mH

2. Détermination de $u_L(t)$

   a. Rappeler la relation entre $u_L(t)$, L et $i(t)$ ou sa dérivée.

D'après la loi d'Ohm $u_L(t)=L\dfrac{di(t)}{dt}$

   b. Quel est le signe de la dérivée de $i(t)$ entre 0 et αT ? En déduire le signe de $u_L(t)$ entre 0 et αT.

L'intensité $i(t)$ est croissante, sa dérivée est donc positive. D'après la loi d'Ohm, la tension $u_L(t)$ sera donc positive.

   c. Calculer $u_L(t)$ entre 0 et αT (voir les valeurs numériques à la page 3).

$u_L(t)=L\dfrac{di(t)}{dt}$ et $\dfrac{di(t)}{dt}$ est une constante car la courbe représentative de $i(t)$ est une droite.

Valeur numérique : $u_L(t)=L\dfrac{di(t)}{dt}=48{,}10^{-3}\dfrac{10-9}{0{,}4}.10^{-3}=120\ \text{V}$

   d. Quel est le signe de la dérivée de $i(t)$ entre αT et T ? En déduire le signe de $u_L(t)$ entre αT et T.

L'intensité $i(t)$ est décroissante, sa dérivée est donc négative. D'après la loi d'Ohm, la tension $u_L(t)$ sera donc négative.

e. Calculer $u_L(t)$ entre αT et T.

Valeur numérique : $u_L(t)=L\dfrac{di(t)}{dt}=48{,}10^{-3}\dfrac{9-10}{0{,}6}.10^{-3}=-80\ \text{V}$

f. Représenter $u_L(t)$ en fonction du temps sur le document réponse n°1 à la page 3.

Voir le document réponse.

3. La tension $u_L(t)$ est représentée sur le document réponse n°2 à la page 4 pour un autre point de fonctionnement.

a. Rappeler la relation donnant la puissance instantanée, notée $p_L(t)$, pour l'inductance L.

La puissance instantanée est égale au produit des valeurs instantanées de la tension et de l'intensité : $p_L(t)=u_L(t).i(t)$

b. Représenter $p_L(t)$ en fonction du temps sur le document réponse n°2 à la page 4.

Juste après 0 (noté $t=0^+$) : $p(0^+)=u_L(0^+).i(0^+)=60.15=900\ \text{W}$

Juste avant αT (noté $t=\alpha T^-$) : $p(\alpha T^-)=u_L(\alpha T^-).i(\alpha T^-)=60.20=1200\ \text{W}$

Juste après αT (noté $t=\alpha T^+$) : $p(\alpha T^+)=u_L(\alpha T^+).i(\alpha T^+)=-140.20=-2800\ \text{W}$

Juste avant T (noté $t=T^-$) : $p(T^-)=u_L(T^-).i(T^-)=-140.15=-2100\ \text{W}$

Voir le document réponse.

c. Quel est le fonctionnement (récepteur ou générateur) de l'inductance L entre αT et T (la réponse doit être justifiée) ?

L'inductance est orientée avec la convention récepteur, la puissance instantanée est négative entre αT et T, l'inductance fonctionne donc en générateur.

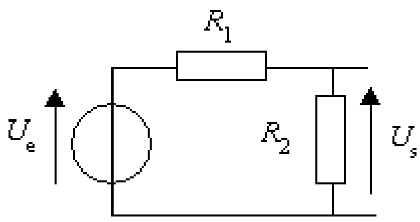
Exercice 2 (3 points)

Le schéma ci-contre représente un diviseur de tension.

1. Calculer le rapport $\dfrac{R_2}{R_1}$ permettant d'obtenir $U_s = 4$ V.

Pour la suite $R_1 = 1{,}5$ kΩ et $R_2 = 1$ kΩ.

2. Une résistance de 1000 Ω est placée en parallèle avec R_2. Calculer la nouvelle valeur de U_s.



$U_e = 10$ V

1. D'après la loi du diviseur de tension $U_s=\dfrac{R_2}{R_1+R_2}U_e$ ce qui donne $U_s(R_1+R_2)=R_2U_e$ et en regroupant les termes comportant R_2 et ceux comportant R_1 : $U_sR_1=R_2(U_e-U_s)$

Finalement : $\dfrac{R_2}{R_1}=\dfrac{U_s}{U_e-U_s}=\dfrac{4}{10-4}=\dfrac{2}{3}$

2. L'association de R_2 avec la résistance placée en parallèle est équivalente à une résistance R'_2 de 500 Ω. La

loi du diviseur de tension s'écrit alors $U_s = \frac{R'_2}{R_1 + R'_2} U_e$ ce qui donne $U_s = \frac{500}{1500+500} 10 = 2{,}5 \text{ V}$

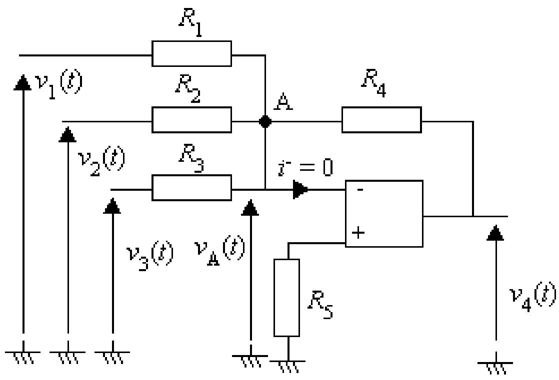
Exercice 3 (3 points)

On considère le montage représenté ci-contre.

1. Appliquer le théorème de Millmann au point A.

Le circuit intégré linéaire est supposé idéal, le potentiel au point A est alors nul : $v_A = 0$ V.

2. Réécrire l'équation précédente en tenant compte de cette simplification.
3. Les résistances R_1, R_2 et R_3 sont égales à 10 kΩ et R_4 est égale à 100 kΩ. Déduire de l'équation de la question précédente la relation donnant v_4 en fonction de v_1, v_2 et v_3.



4. Quelle est la valeur de v_4 si $v_1 = 0{,}5$ V , $v_2 = 0{,}3$ V et $v_3 = -0{,}7$ V ?

1. Millmann au point A : $v_A(t)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}\right)=\frac{v_1(t)}{R_1}+\frac{v_2(t)}{R_2}+\frac{v_3(t)}{R_3}+\frac{v_4(t)}{R_4}$

2. Si $v_A(t) = 0$ V alors $\frac{v_1(t)}{R_1}+\frac{v_2(t)}{R_2}+\frac{v_3(t)}{R_3}+\frac{v_4(t)}{R_4}=0$

3. D'après l'équation précédente $\frac{v_4(t)}{10\,R}=-\left(\frac{v_1(t)}{R}+\frac{v_2(t)}{R}+\frac{v_3(t)}{R}\right)$ en posant $R_1 = R_2 = R_3 = R$ et $R_4 = 10R$. En simplifiant par R on fait apparaître $v_4(t)=-10(v_1(t)+v_2(t)+v_3(t))$

Exercice 4 (3 points)

On considère une installation photovoltaïque raccordée au réseau et constituée de 25 m² de panneaux pour une puissance crête installée égale à 3 kWc (le « c » signifiant « crête »).

1. Quel type de conversion réalise cette installation ?

L'énergie solaire (rayonnement) est convertie en énergie électrique.

La fabrication d'un panneau photovoltaïque nécessite une énergie estimée à 600 kWh/m² (source : www.outilssolaires.com/pv/prin-bilan.htm).

2. Choisir parmi les propositions suivantes l'adjectif utilisé pour qualifier cette énergie « de fabrication » : absorbée, utile, primaire, grise, perdue, secondaire, thermique.

Cette énergie est appelée « énergie grise ».

3. Calculer l'énergie nécessaire à la fabrication des 25 m² de panneaux.

Cette énergie est notée E_g : $E_g = 600.25 = 15000$ kWh soit 15 MWh.

Cette installation est située dans une zone géographique recevant 1100 kWh/kWc/an (source : www.edfenr.com).
L'énoncé comporte ici une erreur d'unité, l'unité correcte est le kWh/m²/an. L'énergie reçue par un mètre carré de la surface terrestre pendant un an serait égale dans cette région à 1100 kWh.

4. Calculer l'énergie fournie au réseau pendant une année si le rendement des panneaux est égal à 15 %.

Énergie reçue par les panneaux : $E_r = 1100.25 = 27500$ kWh soit 27,5 MWh.

Énergie fournie par les panneaux au réseau : $E_f = 0,15.\ E_r = 0,15.\ 27500 = 4125$ kWh soit 4,125 MWh.

5. Au bout de combien d'années, l'énergie fournie au réseau compense-t-elle l'énergie nécessaire à la fabrication des panneaux ?

Il faut déterminer le nombre d'années nécessaires pour que la fourniture des panneaux atteigne 15 MWh soit

$$\frac{15}{4,125}=3,63 \text{ années}$$

Exercice 5 (3 points)

Le barrage de Roselend et ses deux barrages satellites de La Gittaz et Saint-Guérin forment un réservoir de 213 millions de m^3. L'eau stockée est acheminée jusqu'à la centrale de La Bâthie où elle est turbinée pour produire de l'électricité, la hauteur de chute est égale à 1200 m (source : EDF).

1. Calculer l'énergie potentielle de l'eau dans le réservoir.

On utilise la relation $E_p=m\,g\,\Delta h=213.10^6.10^3.9,81.1200=2,51.10^{15}$ J

2. La centrale comporte 6 turbines pour une puissance électrique totale de 550 MW. Calculer la durée de turbinage pour « produire » 1000 MWh.

On applique la relation entre l'énergie, la puissance et le durée : $\Delta W=P_e\Delta t$ ce qui donne $\Delta t=\frac{\Delta W}{P_e}=\frac{1000}{550}=1,82$ heures soit environ une heure et cinquante minutes.

3. Déterminer la masse d'eau nécessaire à la production de cette énergie en prenant un rendement de la transformation égal à 80 %.

L'énergie absorbée est obtenu à partir de l'énergie restituée et du rendement :

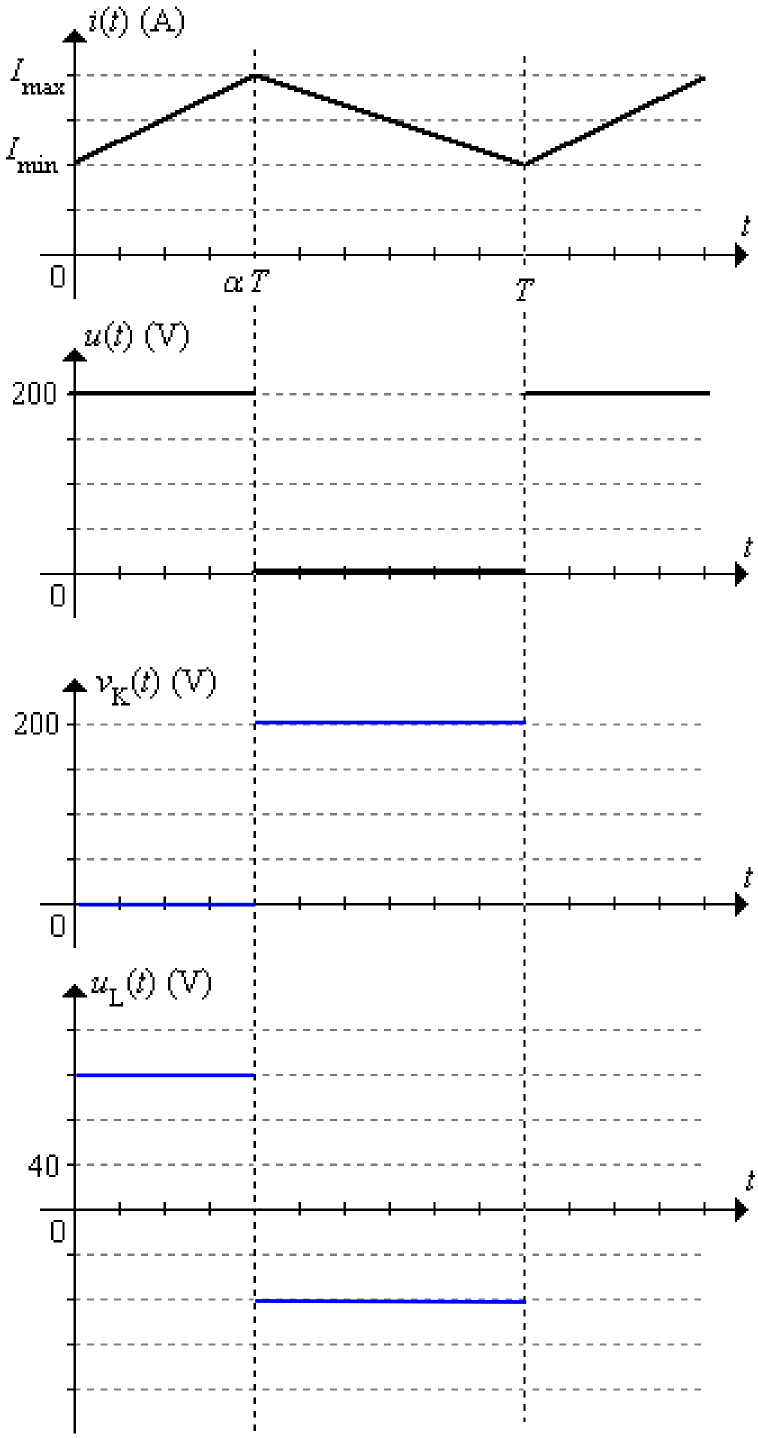
$$\Delta W_a=\frac{\Delta W}{\eta}=\frac{1000}{0,8}=1250 \text{ MWh}$$

Puisque 1 Wh correspond à 3600 J alors 1 MWh correspond à 3600 MJ, l'énergie absorbée est donc égale à $1250.3600 = 4,5.10^6$ MJ.

La relation $\Delta W_a=m\,g\,\Delta h$ permet de calculer m : $m=\frac{\Delta W_a}{g\Delta h}=\frac{4,5.10^6.10^6}{9,81.1200}=382.10^6$ kg

Documents réponse pour l'exercice 1

Document réponse n°1 : T = 1 ms, I_{max} = 10 A, I_{min} = 9 A et α = 0,4



Document réponse n°2 : T = 1 ms et α = 0,6