

Comportement global d'un circuit

I-Distribution de l'énergie au niveau d'un générateur :

1) Caractéristique d'un générateur :

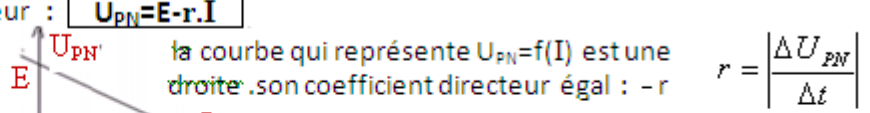
La caractéristique d'un générateur est la représentation graphique $U_{PN} = f(I)$, c' est une fonction linéaire décroissante.

L'expression de la tension aux bornes du générateur : $U_{PN} = E - r \cdot I$

E : force électromotrice du générateur en (V)

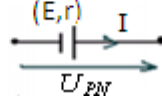
r : résistance interne du générateur en (Ω)

U_{PN} : tension aux bornes du générateur en (V)



$$r = \left| \frac{\Delta U_{PN}}{\Delta I} \right|$$

Symbole d'un générateur dans un circuit électrique :



En convention générateur U_{PN} et I sont de même sens.

2) Bilan énergétique d'un générateur :

Expression de la tension aux bornes du générateur :

$$\begin{aligned} \text{En multipliant les deux membres de cette égalité par } I \cdot \Delta t : & \quad U_{PN} \cdot I \cdot \Delta t = E \cdot I \cdot \Delta t - r \cdot I^2 \cdot \Delta t \\ \Rightarrow & \quad E \cdot I \cdot \Delta t = U_{PN} \cdot I \cdot \Delta t + r \cdot I^2 \cdot \Delta t \\ & \quad W_T = W_u + W_J \quad (a) \end{aligned}$$

$W_T = E \cdot I \cdot \Delta t$: est l'énergie totale fournie par le générateur.

$W_u = U_{PN} \cdot I \cdot \Delta t$: est l'énergie utile (fournie par le générateur au circuit).

$W_J = r \cdot I^2 \cdot \Delta t$: est l'énergie thermique dissipée par effet Joule dans le générateur.

Donc une partie de l'énergie totale fournie par le générateur est dissipée par effet Joule au niveau sa résistance interne et l'autre partie est reçue par le circuit.

On a : $P = \frac{W}{\Delta t}$, en divisant les deux membres de la relation (a) par Δt , elle devient : $E \cdot I = U_{PN} \cdot I + r \cdot I^2 \Rightarrow P_T = P_u + P_J$

$P_T = E \cdot I$: est la puissance électrique fournie par le générateur.

$P_u = U_{PN} \cdot I$: est la puissance utile, reçue par le circuit.

$P_J = r \cdot I^2$: est la puissance thermique dissipée par effet Joule dans le générateur.

3) Rendement d'un générateur :

Le rendement d'un générateur est le rapport de la puissance utile sur la puissance totale fournie par le générateur .

$$\rho = \frac{P_u}{P_T} = \frac{U_{PN} \cdot I}{E \cdot I} = \frac{U_{PN}}{E} = \frac{E - r \cdot I}{E} = 1 - \frac{r \cdot I}{E} \quad \rho < 1 \text{ le rendement est une grandeur sans unité}$$

Elle est souvent donnée en pourcentage.

Exemple pour $E=6V$, on a : $r = 1\Omega$ $I = 0,36A$ on a : $\rho = 1 - \frac{r \cdot I}{E} = 1 - \frac{1 \times 0,36}{6} = 0,94 = 94\%$

-Plus que la résistance interne du générateur est petite plus que son rendement est grand.

II-Distribution d'énergie au niveau d'un récepteur :

1) Caractéristique d'un récepteur :

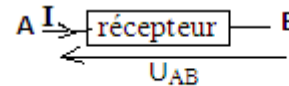
Le récepteur électrique est un dipôle qui reçoit l'énergie électrique et la transforme en une autre forme d'énergie.

La caractéristique d'un récepteur est la représentation graphique $U_{PN} = f(I)$, c' est une fonction linéaire croissante.

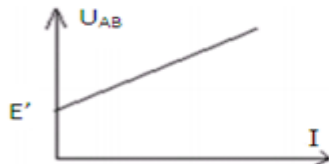
L'expression de la tension aux bornes du récepteur : $U_{AB} = E' + r' \cdot I$

E' : force contre-électromotrice du récepteur. (en V)

r' : résistance interne du récepteur



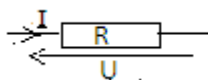
En convention récepteur U_{AB} et I sont de sens contraires



La courbe qui représente U_{AB} en fonction de I est une droite, son coefficient directeur est égal à : r'

$$r' = \frac{\Delta U_{AB}}{\Delta I}$$

Cas du conducteur ohmique : c'est un cas particulier la tension entre ses bornes est donnée par la loi d'ohm : $U=R \cdot I$



Il transforme toute l'énergie électrique qu'il reçoit en énergie thermique

Rappel :

Loi d'ohm

La tension U aux bornes d'une résistance est proportionnelle à l'intensité I du courant qui la traverse.

La loi d'ohm s'exprime sous la forme :

$$U = R \cdot I$$

$\begin{matrix} \swarrow & \uparrow & \searrow \\ V & \Omega & A \\ & \text{(ohm)} & \end{matrix}$

Exemples de quelques autres récepteurs :

Le récepteur	Symbole	Son rôle dans un circuit
moteur		Il transforme l'énergie électrique qu'il reçoit en énergie thermique et en énergie mécanique
électrolyseur		Il transforme l'énergie électrique qu'il reçoit en énergie thermique et en énergie chimique

2) Bilan énergétique d'un récepteur :

Expression de la tension aux bornes du récepteur :

$$U_{AB} = E' + r' \cdot I$$

En multipliant les deux membres de cette égalité par $I \cdot \Delta t$:

$$U_{AB} \cdot I \cdot \Delta t = E' \cdot I \cdot \Delta t + r' \cdot I^2 \cdot \Delta t$$

\Rightarrow

$$W_e = W_u + W_j \quad (b)$$

$W_e = U_{AB} \cdot I \cdot \Delta t$: est l'énergie électrique reçue par le récepteur.

$W_u := E' \cdot I \cdot \Delta t$: est l'énergie utile (qui peut être chimique ou mécanique).

$W_j = r' \cdot I^2 \cdot \Delta t$: est l'énergie thermique dissipée par effet Joule dans le récepteur.

Donc une partie de l'énergie totale reçue par le récepteur est dissipée par effet Joule au niveau de sa résistance interne et l'autre partie est transformée en une autre forme d'énergie (qui est utile).

On a : $P = \frac{W}{\Delta t}$ en divisant les deux membres de la relation (b) par Δt , elle devient : $U_{AB} \cdot I = E' \cdot I + r' \cdot I^2 \Rightarrow Pe = Pu + Pj$

$Pe = U_{AB} \cdot I$: est la puissance électrique reçue par le récepteur.

$Pu = E' \cdot I$: est la puissance utile (qui peut être chimique ou mécanique).

$Pj = r' \cdot I^2$: est la puissance thermique dissipée par effet Joule dans le récepteur.

3) Rendement d'un récepteur :

Le rendement d'un récepteur est le rapport de la puissance utile sur la puissance totale reçue par le récepteur.

$$\rho' = \frac{P_u}{P_e} = \frac{E' \cdot I}{U_{AB} \cdot I} = \frac{E'}{U_{AB}} = \frac{E'}{E' + r' \cdot I} = \frac{1}{1 + \frac{r' \cdot I}{E'}}$$

$\rho' < 1$ le rendement est une grandeur sans unité
On peut l'écrire en pourcentage.

4) Rendement global d'un circuit simple :

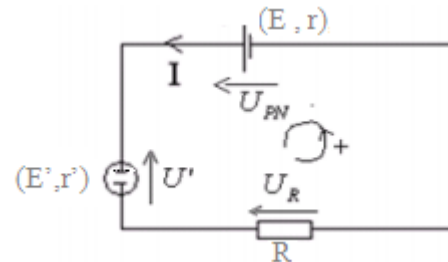
Considérons un circuit simple composé d'un générateur (E, r), d'un électrolyseur (E', r') et d'un conducteur ohmique de résistance R .

On représente la tension aux bornes de chaque dipôle tout en respectant la convention générateur et la convention récepteur.

$$U_{PN} = E - R \cdot I$$

$$U' = E' + r' \cdot I$$

$$U_R = R \cdot I$$



En appliquant la loi des mailles on a : $\sum U = 0 \Rightarrow U_{PN} - U' - U_R = 0$

$$\Rightarrow E - r \cdot I - (E' + r' \cdot I) - R \cdot I = 0 \Rightarrow E - E' - I(r + r' + R) = 0 \quad (c)$$

En multipliant tous les membres de la relation (c) par : $I \cdot \Delta t \Rightarrow E \cdot I \cdot \Delta t - E' \cdot I \cdot \Delta t - (r' + r + R) \cdot I^2 \cdot \Delta t = 0$

$$\text{donc : } W_T - W_u - W_{th} = 0 \Rightarrow W_T = W_u + W_{th}$$

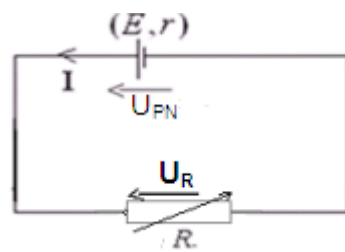
Une partie de l'énergie totale fournie par le générateur est dissipée par effet Joule au niveau la résistance totale du circuit et l'autre partie est utile (transformée en énergie chimique au niveau de l'électrolyseur).

Dans ce cas le rendement global du circuit : $\rho = \frac{W_u}{W_T} = \frac{E' \cdot I \cdot \Delta t}{E \cdot I \cdot \Delta t} = \frac{E'}{E}$

III-Influence de la force électromotrice et la résistance équivalente sur la puissance fournie par la générateur:

1) Influence de la force électromotrice :

Considérons le circuit suivant :



R : résistance variable.

$$U_{PN} = E - R \cdot I$$

$$U_R = R \cdot I$$

En appliquant la loi d'additivité des tensions : $U_{PN} = U_R \Rightarrow E - r.I = R.I$ donc : $E = (r+R).I \Rightarrow I = \frac{E}{R+r}$

L'énergie électrique fournie par le générateur au circuit est : $W_u = U_{PN}.I.\Delta t$ avec : $U_{PN} = U_R = R.I$ et :

Donc : $W_u = R.I.^2 \Delta t$ avec : $I = \frac{E}{R+r}$ donc : $W_u = \frac{R.E.^2 \Delta t}{(R+r)^2}$ L'énergie électrique fournie par le générateur est

proportionnelle au carré de la force électromotrice .

2) Influence de la résistance montée entre les bornes du générateur :

Or l'énergie électrique fournie par le générateur : $W_u = \frac{R.E.^2 \Delta t}{(R+r)^2}$, s'il s'agit d'un générateur de tension ($r=0$) : $W_u = \frac{.E.^2 \Delta t}{R}$

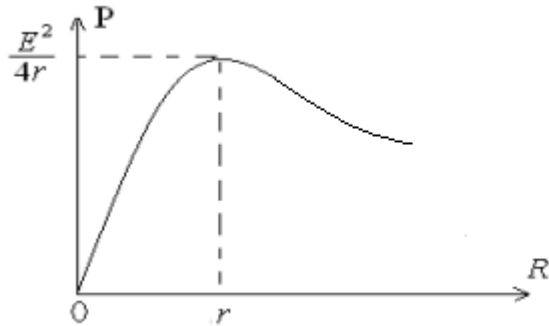
Pour une force électromotrice constante l'énergie électrique fournie par le générateur est inversement proportionnelle à la résistance montée entre ses bornes.

Remarque : Déterminons l'expression de l'énergie maximale fournie par un générateur.

Dans l'expression de l'énergie électrique fournie par le générateur : $W_u = \frac{R.E.^2 \Delta t}{(R+r)^2}$ or, R est variable étudions la variation de

W_u : en fonction de R .

L'expression de la puissance électrique fournie par le générateur : $P_u = \frac{R}{(R+r)^2} \times E.^2$ (d)



$$\begin{aligned} \frac{dP}{dR} &= \frac{(r+R)^2 - R \times 2.(r+R)}{(r+R)^4} \times E^2 \\ &= \frac{r^2 + 2r.R + R^2 - 2.rRr - 2R^2}{(r+R)^4} \times E^2 \\ &= \frac{r^2 - R^2}{(r+R)^4} \times E^2 \\ &= \frac{(r-R).(r+R)}{(r+R)^4} \times E^2 \\ &= \frac{r-R}{(r+R)^3} \times E^2 \end{aligned}$$

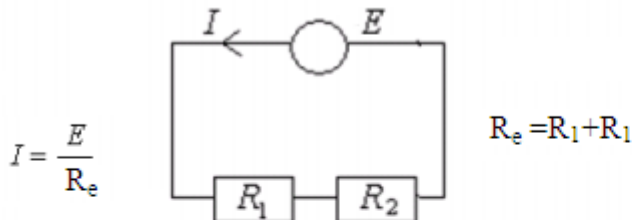
La puissance P_u est maximale si : $\frac{dP}{dR} = 0 \Rightarrow \frac{r-R}{(r+R)^3} . E^2 = 0$ donc : $r-R=0 \Rightarrow R=r$ en remplaçant dans (d) :

$$P_{u \max} = \frac{r.E^2}{(r+r)^2} = \frac{r.E^2}{(2r)^2} = \frac{r.E^2}{4r^2} = \frac{E^2}{4r}$$

L'énergie (ou la puissance) fournie par un générateur est maximale si la résistance équivalente du circuit extérieur au générateur est égale à sa résistance interne.

3) Influence du type d'association des résistances :

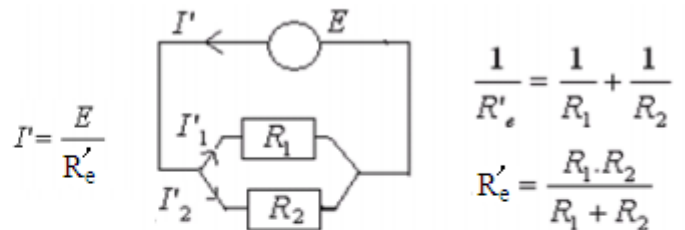
Dans le premier circuit : les résistances R_1 et R_2 sont montées en série entre les bornes d'un générateur de tension .



L'énergie électrique fournie par le générateur :

$$P_e = E.I = \frac{E^2}{R_e} = \frac{E^2}{R_1 + R_2}$$

Dans le deuxième circuit : les résistances sont montées en parallèle entre les bornes d'un générateur de tension.



L'énergie électrique fournie par le générateur :

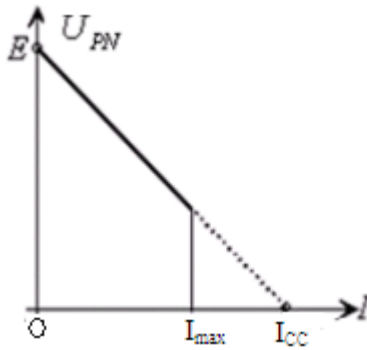
$$P'_e = E.I' = \frac{E^2}{R'_e} = \frac{E^2.(R_1 + R_2)}{R_1.R_2}$$

$$\begin{aligned} \text{On a : } \frac{P'_e}{P_e} &= \frac{E^2.(R_1 + R_2) / R_1.R_2}{E^2 / (R_1 + R_2)} = \frac{(R_1 + R_2)^2}{R_1.R_2} = \frac{R_1^2 + R_2^2 + 2R_1.R_2}{R_1.R_2} = \frac{R_1^2 + R_2^2}{R_1.R_2} + 2 > 1 \\ &\Rightarrow P'_e > P_e \end{aligned}$$

IV- Les limites de fonctionnement des générateurs et des récepteurs :

1) Limites de fonctionnement d'un générateur :

La puissance maximale que peut fournir un générateur est : $P_{\max} = E \cdot I_{\max}$, I_{\max} : est l'intensité maximale du courant.
Le courant maximum que peut débiter un générateur est souvent limité, dans ce cas la courbe $U=f(I)$ se limite à la partie $I < I_{\max}$.



(Généralement on a $I_{\max} < I_{cc}$, courant de court-circuit
Pour lequel la tension aux bornes du générateur s'annule.)

2) Limites de fonctionnement d'un récepteur :

Pour chaque conducteur ohmique il y'a une intensité maximale du courant I_{\max} qu'on ne doit pas dépasser, car l'énergie reçue devient plus grande de telle façon que l'énergie ne se dissipe pas rapidement par effet Joule , ce qui entraîne une élévation de sa température puis sa détérioration.

Le constructeur indique habituellement la valeur de la résistance et celle de puissance maximale P_{\max} , ce qui permet de déterminer la tension maximale U_{\max} qu'i peut supporter :

$$\begin{aligned} \text{On a : } P_{\max} &= U_{\max} \cdot I_{\max} \\ \text{avec } U_{\max} &= R \cdot I_{\max} : \quad \text{donc : } P_{\max} = R \cdot I_{\max}^2 = \frac{U_{\max}^2}{R} \quad \Rightarrow \quad I_{\max} = \sqrt{\frac{P_{\max}}{R}} \quad \text{et : } U_{\max} = \sqrt{R \times P_{\max}} \end{aligned}$$

SBIRO Abdelkrim

mail : sbiabdou@yahoo.fr ou : sbiabdou@gmail.com
Pour toute observation contactez moi