

Leçon N°8: Comportement global d'un circuit

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

I.1 Caractéristique d'un générateur :

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

La tension électrique U_{PN} aux bornes d'un générateur est :

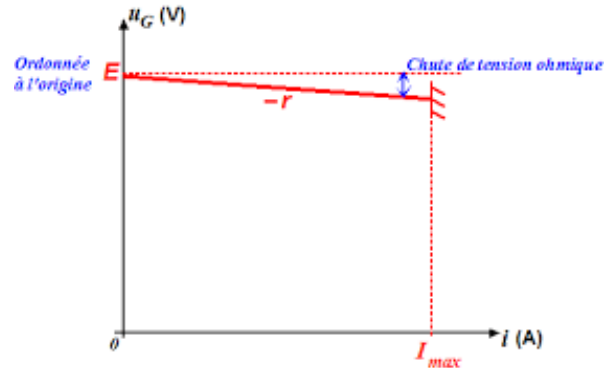
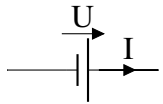
$$U_{PN} = E - rI$$

E : force électromotrice en (V)

r : la résistance interne en (Ω)

I : Intensité du courant en(A)

Symbole d'un générateur dans un circuit électrique :



I.2 Bilan énergétique d'un générateur :

La tension électrique U_{PN} aux bornes d'un générateur s'écrit : $U_{PN} = E - rI$ On multipliant les deux membres de cette égalité par $I \cdot \Delta t$, on obtient :

$$U_{PN} \cdot I \cdot \Delta t = E \cdot I \cdot \Delta t - r \cdot I \cdot \Delta t$$

$$E \cdot I \cdot \Delta t = U_{PN} \cdot I \cdot \Delta t + r \cdot I \cdot \Delta t$$

$$W_T = W_U + W_J$$

Tel que :

$W_T = E \cdot I \cdot \Delta t$: Energie électrique totale fournie par le générateur.

$W_U = U_{PN} \cdot I \cdot \Delta t$: Energie électrique utile fournie par le générateur au reste du circuit.

$W_J = r \cdot I^2 \cdot \Delta t$: Energie 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 sait $P = \frac{W}{\Delta t}$ donc On divisant les deux membres de l'égalité par Δt , on obtient :

$P_T = E \cdot I$: Puissance électrique totale fournie par le générateur au reste du circuit.

$P_U = U_{PN} \cdot I$: Puissance électrique utile fournie par le générateur au reste du circuit.

$P_J = r \cdot I$: Puissance thermique dissipée par effet Joule dans le générateur.

I.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 .

$$\rho = \frac{P_U}{P_T} = \frac{U_{PN} \cdot I}{E \cdot I}$$

$$\frac{U_{PN}}{E} = \frac{E - r \cdot I}{E} = 1 - \frac{rI}{E}$$

$\rho < 1$ le rendement est une grandeur sans unité Elle est souvent en pourcentage.

Exemple : pour $E = 6V$ On a $r = 1\Omega$ donc

$$\rho = 1 - \frac{rI}{E} = 94\%$$

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

II Distribution de l'énergie électrique au niveau 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 :

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

E' : force électromotrice du générateur (V)

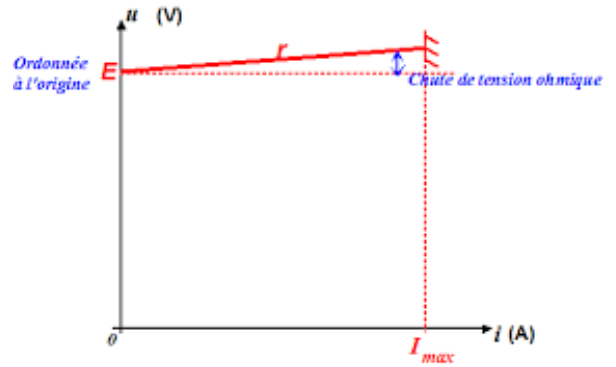
r' : la résistance interne en (Ω)

I : Intensité du courant en(A)

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

Cas du conducteur ohmique : c'est un cas particulier la tension entre ses bornes est donnée par la loi d'ohm : $U=R.I$, Il transforme toute l'énergie électrique qu'il reçoit en énergie thermique.



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

II.1 Bilan énergétique d'un récepteur :

Expression de la tension aux bornes du récepteur : $U_{AB} = E' + r'.I$

En multipliant les deux membres de cette égalité par $I.\Delta t$: $U_{AB}.I.\Delta t = E'.I.\Delta t + r'.I^2.\Delta t$

$$W_e = W_u + W_J$$

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

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

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

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).

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

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

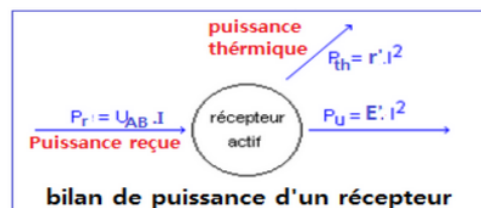
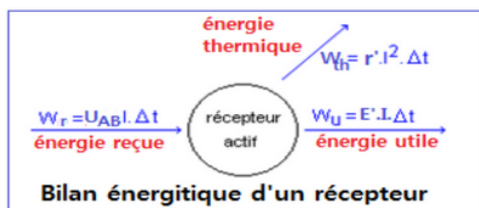
$P_J = r'.I^2$: est la puissance thermique dissipée par effet Joule dans le récepteur.

II.2 Rendement d'un récepteur :

Le rendement d'un récepteur est le rapport de l'énergie utile W_u par l'énergie W_r reçue par le récepteur.

$$\rho = \frac{W_u}{W_r} = \frac{P_u}{P_r} = \frac{E'.I.\Delta t}{U_{AB}.I.\Delta t} = \frac{E'}{E' + r'.I}$$

Remarque : Le rendement est nombre sans unité qui s'exprime généralement en pourcentage.



III Bilan énergétique d'un circuit simple :

III.1 Loi de Pouillet :

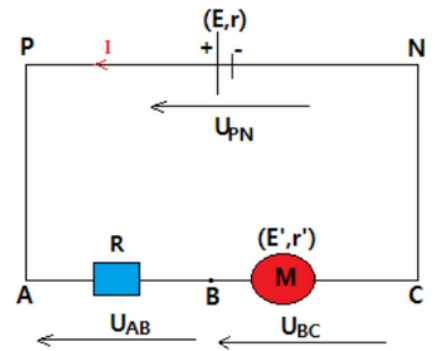
On considère le circuit en série constitué par un générateur, un moteur et un conducteur ohmique : D'après la loi d'additivité des tensions et la loi d'ohm on a :

$$U_{PN} = U_{AB} + U_{BC}$$

$$E - r.I = E' + r'.I + R.I$$

$$E - E' = (R + r + r').I$$

$$I = \frac{E - E'}{R + r + r'}$$



La généralisation de cette loi conduit à l'expression suivante :

$$I = \frac{\sum E - \sum E'}{\sum R}$$

III.2 Bilan énergétique de circuit :

On multipliant les deux membres de cette égalité par $I.\Delta t$, on obtient :

$$(E - E').I.\Delta t = (R + r + r').I^2.\Delta t$$

$$E.I.\Delta t = E'.I.\Delta t + (R + r + r').I^2.\Delta t$$

$$W_g = W_u + W_{th}$$

$W_g = E.I.\Delta t$: Energie totale fournie par le générateur.

$W_u = E'.I.\Delta t$: Energie utile (mécanique pour le moteur).

$W_{th} = R.I^2.\Delta t$: Energie thermique dissipée par effet joule.

III.3 Rendement global d'un circuit simple:

Le rendement global de circuit est défini comme le rapport de l'énergie utile du circuit par l'énergie totale (du générateur).

$$\rho = \frac{W_u}{W_g} = \frac{P_u}{P_g} = \frac{E'.I.\Delta t}{E.I.\Delta t} = \frac{E'}{E}$$

IV Facteurs influençant sur l'énergie fournit par un générateur au reste d'un circuit résistif :

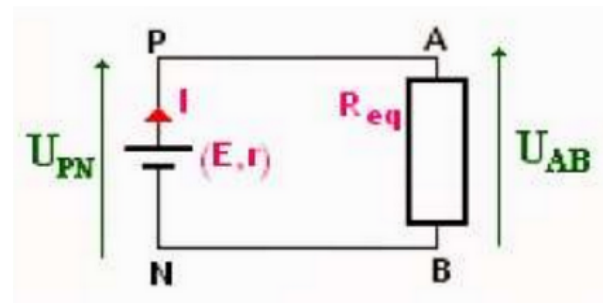
IV.1 Influence de la force électromotrice :

On considère le circuit suivant :

$$U_{PN} = E - rI$$

$$U_{AB} = R_{eq}.I$$

R_{eq} : est la résistance équivalente du dipôle AB. D'après la loi de Pouillet on a : $I = \frac{E}{r + R_{eq}}$ L'énergie électrique fournie par un générateur pendant la durée Δt est : $W_{ex} = U_{PN}.I.\Delta t$



$$W_{ex} = R_{eq}.I^2.\Delta t = \frac{R_{eq}}{(r + R_{eq})^2}.E^2.\Delta t$$

La puissance électrique fournie par un générateur est proportionnelle au carré de sa force électromotrice.

IV.2 Influence des résistances et de leurs modes d'association :

IV.2.1 Influence de la résistance :

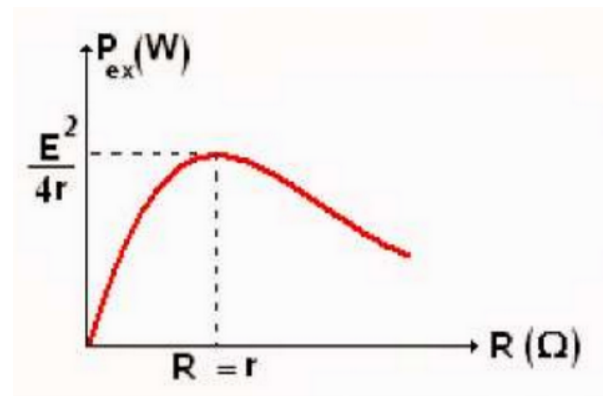
On considère le dipôle AB précédent est un conducteur ohmique de résistance R. L'énergie électrique fournie par un générateur pendant la durée Δt est :

$$W_{ex} = U_{PN} \cdot I \cdot \Delta t$$

$$W_{ex} = R \cdot I^2 \cdot \Delta t = \frac{R}{(r+R)^2} \cdot E^2 \cdot \Delta t$$

En mathématique, pour une valeur donnée de la force électromotrice, la puissance

$$P_{e_{max}} \text{ est maximale quand } R = r. \text{ Son expression est : } P_{e_{max}} = \frac{E^2}{4r}$$



IV.2.2 Influence de mode d'association :

Association en série

La puissance électrique fournie par le générateur aux deux conducteurs ohmiques est :

$$P = U_{AB} \cdot I = E \cdot I$$

$$I = \frac{E}{R_{eq}} \text{ et } R_{eq} = R_1 + R_2$$

$$P = \frac{E^2}{R_1 + R_2}$$

Association en parallèle

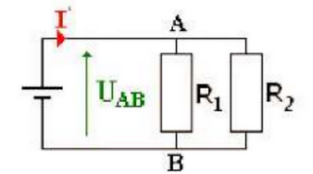
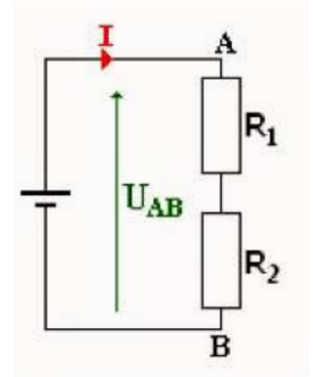
La puissance électrique fournie par le générateur aux deux conducteurs ohmiques est :

$$P' = U_{AB} \cdot I' = E \cdot I'$$

$$I' = \frac{E}{R'_{eq}} \text{ et } R_{eq} = R_1 // R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$P = \frac{E^2}{R_1 \cdot R_2} \cdot (R_1 + R_2)^2$$

Conclusion : $\frac{P'}{P} = \frac{(R_1 + R_2)^2}{R_1 \cdot R_2} > 1$ donc $P' > P$ La puissance électrique fournie par un générateur à des conducteurs ohmiques montés en parallèle est supérieure à la puissance électrique fournie par ce générateur à ces conducteurs ohmiques montés en série.



V limites de fonctionnement des générateurs et des récepteurs :

V.1 Générateurs :

Une alimentation stabilisée de tension fournit une intensité de courant constante tant que cette intensité ne dépasse pas une valeur limite indiquée par le constructeur :

$$P_{max} = E \cdot I_{max}$$

V.2 Conducteurs ohmiques :

Chaque conducteur ohmique est caractérisé par sa résistance R et sa puissance maximale Pmax qu'il peut dissiper par effet Joule.

$$P_{max} = U_{max} \cdot I_{max} = R \cdot I_{max}^2 = \frac{U_{max}^2}{R}$$

Exprimons I_{max} et U_{max} que le conducteur peut supporter :

$$I_{max} = \sqrt{\frac{P_{max}}{R}} \text{ et } U_{max} = \sqrt{R \cdot P_{max}}$$