

Les fiches techniques

7

Les circuits électriques Les circuits RL & RC



7 Circuits RL et RC

7.1 Utilisation des inductances

Une inductance emmagasine et restitue de l'énergie selon le sens de la variation du courant qui la traverse :

$$dW = Li di.$$

Les inductances sont utilisées pour :

- ralentir, limiter la vitesse d'établissement du courant, en protection des composants électroniques (limiteur di/dt) ;
- filtrer les harmoniques créés par les modulateurs d'énergie (filtre LC) ;
- générer de fortes tensions dans les bobines d'allumage des moteurs à explosion.

7.2 Établissement du courant dans un circuit RL

L'établissement du courant dans un circuit RL alimenté sous tension constante est défini par :

$$E = Ri + L \frac{di}{dt}$$

équation différentielle à coefficients constants et second membre constant.

L'expression du courant i en fonction du temps est :

$$i(t) = I_0 (1 - e^{-t/\tau})$$

i : courant instantané en ampère ;

$I_0 = E/R$ courant établi pour $t = \infty$;

t : temps en seconde ;

τ : constante de temps en seconde.

$$\tau = \frac{L}{R}$$

L : inductance en henry (H) ;

R : résistance en ohm (Ω).

EXERCICE D'APPLICATION :

Un circuit $R = 100 \Omega$, $L = 0,1$ H est alimenté sous $E = 24$ V.

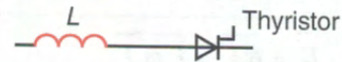
La constante de temps $\tau = \frac{L}{R}$ vaut $0,1 / 100 = 1$ ms.

Le courant permanent :

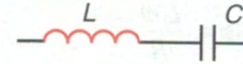
$$I_0 = \frac{E}{R} = \frac{24}{100} = 240 \text{ mA.}$$

UTILISATION DES INDUCTANCES

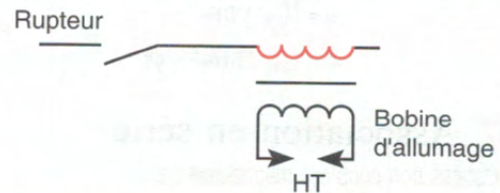
Protection des semi-conducteurs



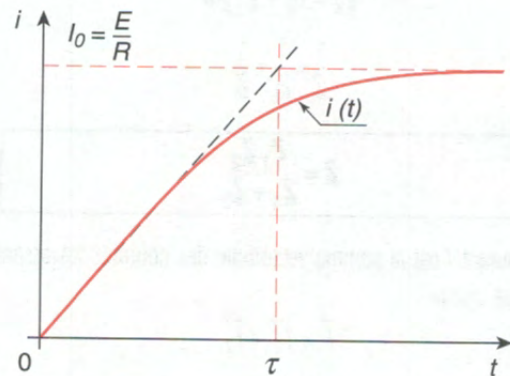
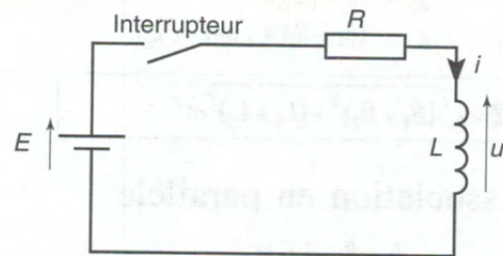
Filtrage des harmoniques



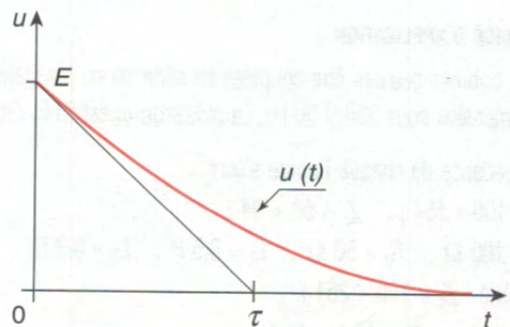
Création de hautes tensions



ÉTABLISSEMENT DU COURANT DANS L



TENSION AUX BORNES DE L



7.3 Disparition du courant dans un circuit RL

Le circuit, précédemment parcouru par un courant, est fermé sur lui-même. La bobine libère l'énergie emmagasinée et devient générateur.

$$Ri + L \frac{di}{dt} = 0$$

L'expression du courant est donc :

$$i(t) = I_0 e^{-t/\tau}$$

i : courant instantané en A ;
 I_0 : valeur initiale du courant à l'instant initial en ampère.

$$\tau = \frac{L}{R} : \text{constante de temps en seconde.}$$

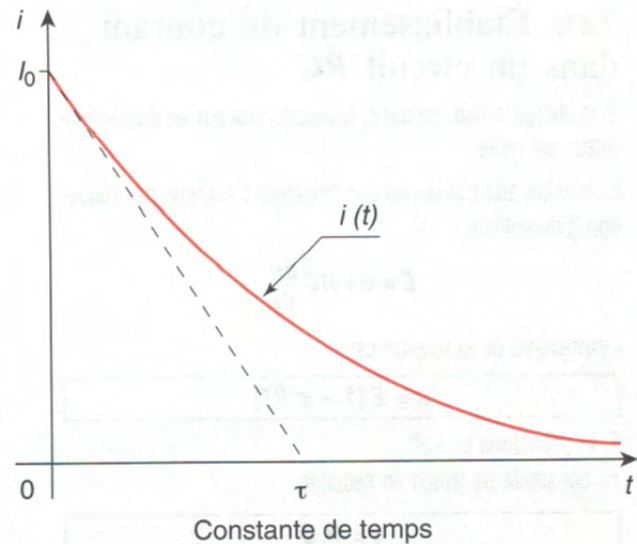
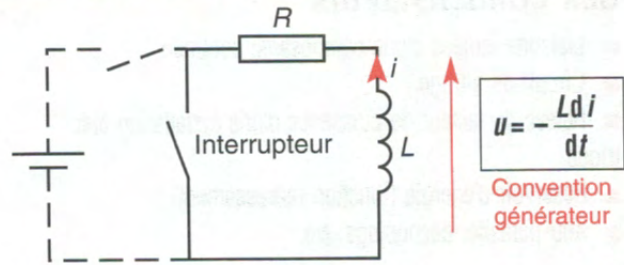
EXEMPLE D'APPLICATION :

Un circuit RL est alimenté sous 24 V, en supposant le courant permanent atteint.

$$R = 10 \Omega ; L = 1 \text{ H} ; I_0 = 2,4 \text{ A.}$$

La constante de temps $L/R = 1/10 = 100 \text{ ms}$.

ARRÊT DU COURANT DANS L



7.4 Circuit RL alimenté en courant alternatif sinusoïdal

Impédance :

$$Z = \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}$$

$$\vec{U} = \vec{U}_1 + \vec{U}_2$$

La puissance apparente est :

$$S = UI \quad S = Z I^2$$

La puissance active perdue par effet Joule s'exprime par :

$$P = U_1 I \quad P = R I^2$$

La puissance réactive (magnétisante) est :

$$Q = U_2 I \quad Q = X I^2$$

Le bilan des puissances est :

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

EXEMPLE D'APPLICATION :

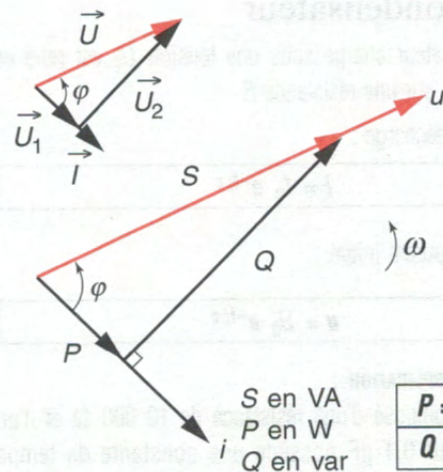
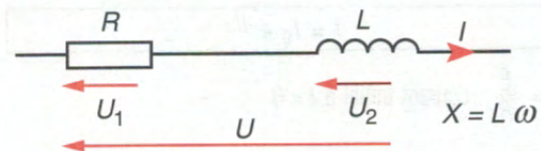
Une puissance S de 1 000 VA peut se décomposer en $P = 800 \text{ W}$ et $Q = 600 \text{ var}$, l'angle φ est alors de 37 degrés.

Si la tension d'alimentation est 230 V :

$$U_1 = U \cos \varphi ; U_1 = 184 \text{ V.}$$

$$U_2 = U \sin \varphi ; U_2 = 138 \text{ V.}$$

CIRCUIT RL EN ALTERNATIF



$$P = S \cos \varphi$$

$$Q = S \sin \varphi$$

S en VA
 P en W
 Q en var

7.5 Utilisation des condensateurs

- Liaisons isolées d'une composante continue.
- Circuit de filtrage.
- Relevé du facteur de puissance d'une installation électrique.
- Réservoir d'énergie (fonction redressement).
- Anti-parasite, découplage, etc.

7.6 Établissement du courant dans un circuit RC

Si la charge initiale est nulle, la tension aux bornes du condensateur est nulle.

La tension aux bornes du condensateur s'exprime par l'équation différentielle.

$$E = u + RC \frac{du}{dt}$$

L'expression de la tension est :

$$u = E (1 - e^{-t/\tau})$$

E, v : tensions en volt ;

τ : constante de temps en seconde.

$$\tau = R.C$$

R en ohm ; C en farad.

L'expression du courant i s'écrit :

$$i = I_0 e^{-t/\tau}$$

$I_0 = \frac{E}{R}$: courant initial à $t = 0$.

7.7 Décharge d'un condensateur

Un condensateur chargé sous une tension U_0 est relié en circuit fermé sur une résistance R .

Courant de décharge :

$$i = I_0 e^{-t/\tau}$$

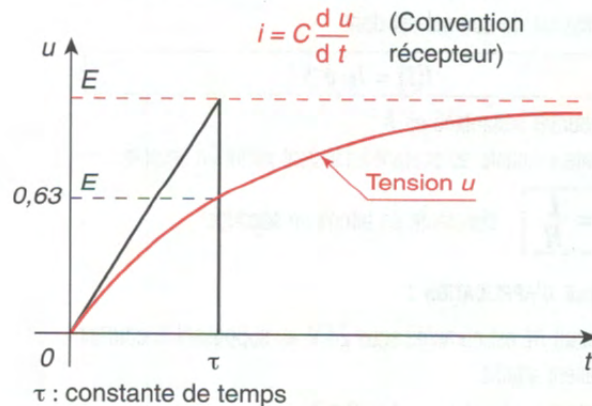
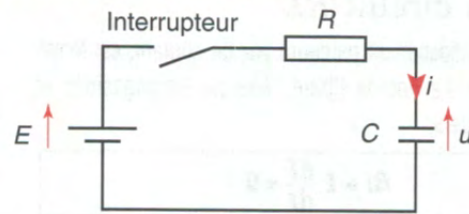
$I_0 = \frac{U_0}{R}$: courant initial.

$$u = U_0 e^{-t/\tau}$$

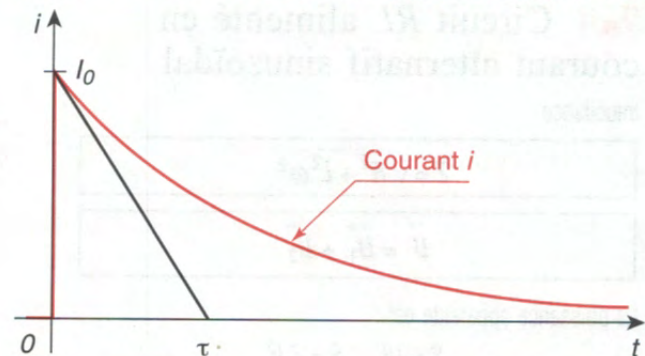
EXEMPLE D'APPLICATION :

Un circuit composé d'une résistance de $10\,000\ \Omega$ et d'un condensateur $0,1\ \mu\text{F}$ possède une constante de temps $\tau = 10^4 \times 10^{-1} \times 10^{-6} = 10^{-3}\ \text{s}$ ou encore 1 ms.

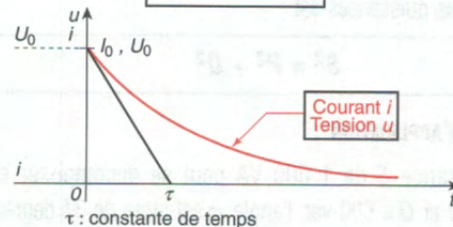
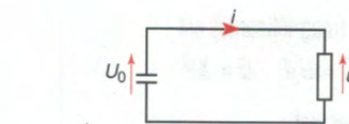
CHARGE D'UN CONDENSATEUR



ÉTABLISSEMENT DU COURANT DANS UN CIRCUIT RC



DÉCHARGE D'UN CONDENSATEUR



7.8 Circuit RC alimenté en courant alternatif sinusoïdal

L'impédance du circuit s'écrit :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

En notations complexe et vectorielle :

$$\underline{Z} = R + \frac{1}{jC\omega} \text{ ou } \underline{Z} = R - \frac{j}{C\omega}$$

$$\vec{U} = \vec{U}_1 + \vec{U}_2$$

La puissance perdue par effet Joule s'exprime par :

$$P = R I^2 \text{ ou } P = U_1 I$$

La puissance fournie par le générateur ou puissance apparente est :

$$S = U I$$

La puissance réactive s'écrit : $Q = U_2 I \quad Q = X I^2$

avec X réactance : $X = \frac{1}{C\omega} \quad Q = U_2^2 C\omega$

Le bilan des puissances est :

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

Relèvement du facteur de puissance

Le fournisseur d'énergie national EDF impose une tangente limite de 0,4 ($\cos \varphi = 0,928$) pour les clients au tarif vert. Les clients d'EDF sont donc tenus de compenser l'énergie réactive consommée. Les condensateurs permettent cette fourniture d'énergie réactive.

EXEMPLE D'APPLICATION :

Une batterie de condensateurs de 1 kvar permet de ramener le facteur de 0,85 à 0,93 pour un moteur qui absorbe 4,5 kW.

Avant compensation :

$$S = \frac{P}{\cos \varphi}, S = 5\,294 \text{ VA}$$

Intensité en ligne sous $3 \times 400 \text{ V}$. $I = 7,6 \text{ A}$.

Après compensation :

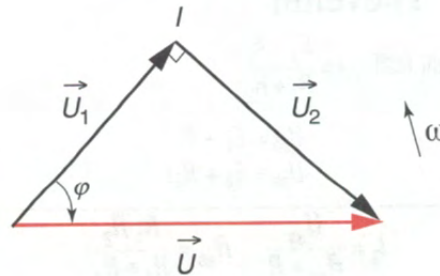
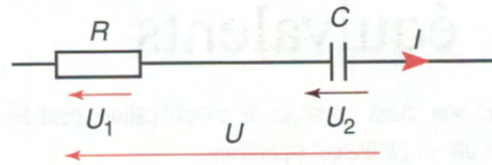
$$S = \frac{P}{\cos \varphi}; S = 4\,838 \text{ VA}$$

Intensité en ligne $I = 6,9 \text{ A}$.

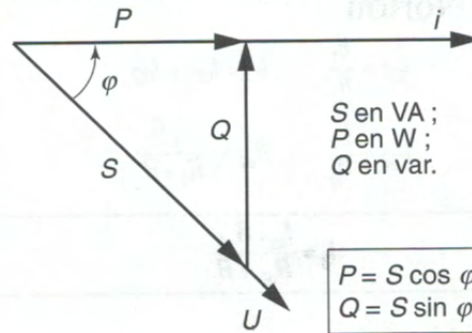
La compensation permet de diminuer :

- les pertes Joule dans les lignes ;
- le calibre des appareils.

CIRCUIT RC EN ALTERNATIF



Le courant I est en avance sur la tension U .



RELÈVEMENT DU FACTEUR DE PUISSANCE

