FORMULAIRE D'ELECTRONIQUE

CIRCUITS INDUCTIFS EN ALTERNATIF

DEPHASAGE DANS UN CIRCUIT RL SERIE

La somme quadratique des tensions V_R et V_L est égale à la tension appliquée U (fig. 1).

$U = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$

Les tensions U, V_R et V_L sont exprimées par les mêmes unités (volts, millivolts...).

Le déphasage entre la tension U et le courant I (courant en retard sur la tension) est égal à :

$\varphi = \text{arc tg} \frac{X_L}{R}$

ou encore

$\varphi = \text{arc tg} \frac{V_L}{V_R}$

Connaissant le courant total et la valeur de X_L et R, la chute de tension aux bornes des composants est :

$V_L = X_L I$ et $V_R = RI$

Connaissant U et le déphasage φ, on peut utiliser les formules :

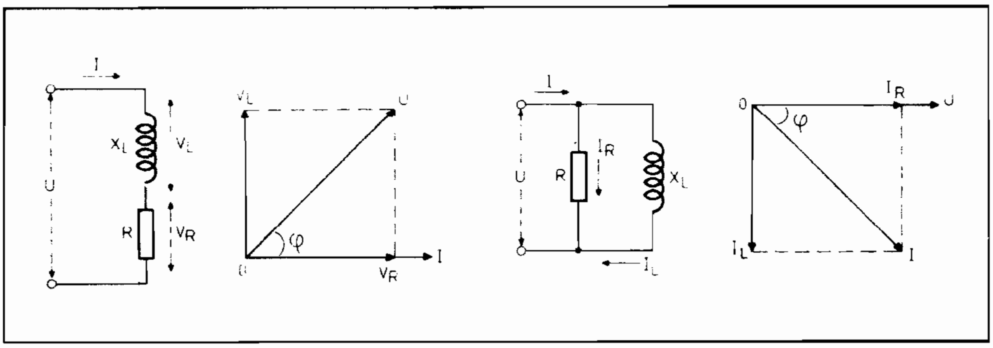
$V_L = U \sin \varphi$ et $V_R = U \cos \varphi$

Exemple : Calculons la valeur des courants et tensions d'un circuit RL série. Si R = 1 000 Ω et X_L = 314 Ω sont en série et l'ensemble mis aux bornes d'une tension alternative U de 60 V, l'impédance du circuit est égale à : $\sqrt{R^2 + X_L^2}$

soit : $\sqrt{(1000)^2 + (314)^2}$ = 1 048 Ω.

On en tire la valeur du courant I :

$\frac{60}{1048} = 57{,}25 \times 10^{-3}$ A



Le déphasage de I par rapport à U est :

$\text{arc tg} \frac{314}{1000}$

soit : φ = 17,43°

Connaissant U et φ, nous pouvons calculer V_L et V_R.

V_L = 60 sin 17,43° = 17,97 V

V_R = 60 cos 17,43° = 57,25 V

Connaissant I, X_L et R, nous pouvons également calculer V_L et V_R.

$V_L = X_L I$
$= 314 \times 57{,}25 \times 10^{-3} = 17{,}97$ V

$V_R = RI = 1\,000 \times 57{,}25 \times 10^{-3}$
$= 57{,}25$ V

En faisant la somme quadratique de V_L et V_R on retrouve bien la valeur de U :

$\sqrt{(57{,}25)^2 + (17{,}97)^2} = 60$ V

L'angle φ est également trouvé par les formules :

$\varphi = \text{arc tg} \frac{V_L}{V_R} = \text{arc tg} \frac{17{,}97}{57{,}25}$,

soit 17,43°

INDUCTANCE PURE EN PARALLELE AVEC UNE RESISTANCE

(fig. 2)

L'impédance est donnée par la formule :

$Z = \frac{RX_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$

avec :
Z = impédance du circuit (en ohms)
R = résistance du circuit (en ohms)
X_L = réactance inductive
= $L\omega$ (en ohms).

Le déphasage du courant par rapport à la tension appliquée est donnée par la formule :

$\text{tg} \varphi = \frac{R}{X_L}$ ou $\varphi = \text{arc tg} \frac{R}{X_L}$

Les courants sont :

– dans l'inductance :

$I_L = \frac{U}{X_L}$ ou $I_L = I_t \sin \varphi$

– dans la résistance :

$I_R = \frac{U}{R}$ ou $I_R = I_t \cos \varphi$

La valeur du courant total est :

$I_t = \frac{U}{Z}$ ou $I_t = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$

Dans les circuits en parallèle, on raisonne souvent en admittance et non en résistance. La formule est alors :

$Y = \sqrt{G^2 + B_L^2}$

ou

$Y = \frac{1}{Z} = \frac{\sqrt{R^2 + X_L^2}}{RX_L}$

avec :

Y = admittance (en siemens) = 1/Z
G = conductance (en siemens) = 1/R
B_L = susceptance (en siemens)
= $1/X_L$ ou $1/L\omega$

De même :

$\text{tg} \varphi = \frac{B_L}{G}$ ou $\varphi = \text{arc tg} \frac{B_L}{G}$

$I_L = U B_L$

$I_R = U G$

$I_t = U Y$

Exemples :
1° Une inductance pure de 636 μH est en parallèle sur une résistance de 100 Ω. Le tout est disposé aux

bornes d'une source alternative de 10 V et de fréquence 100 kHz.
On désire connaître les courants et l'impédance du circuit.
Réactance inductive :
$X_L = 636 \times 10^{-6} \times 2 \times 3,14 \times 10^5$
$= 400\ \Omega$
Déphasage :
φ = arc tg 100/400 = 14°
Courant I_R = 10/100 = 0,1 A
ou 100 mA
Courant I_L = 10/400 = 0,025 A
ou 25 mA
Courant total $I_t = \sqrt{(0,1)^2 + (0,025)^2}$
$= 103 \times 10^{-3}$ A ou 103 mA
Impédance Z du circuit :

$$\frac{100 \times 400}{\sqrt{100^2 + 400^2}} = 97\ \Omega$$

Cette impédance peut également être trouvée par la loi d'Ohm en alternatif :

$$\frac{U}{I_t} = \frac{10}{103 \times 10^{-3}} = 97\ \Omega$$

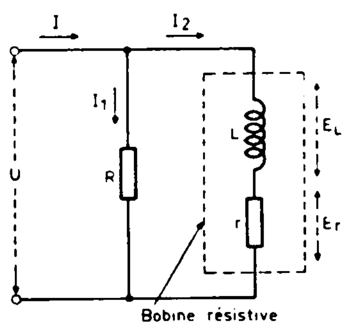
Connaissant le courant total, I_R et I_L peuvent être trouvés par les formules :

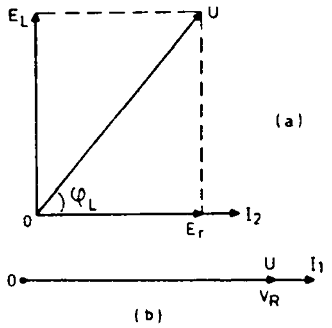
$I_R = 103 \times \cos 14° = 100$ mA
$I_L = 103 \times \sin 14° = 25$ mA

2° Pour le même circuit, la valeur des composants est donnée sous la forme :
G = 0,01 siemens
$B_L = 2,5 \times 10^{-3}$ siemens

On désire connaître les courants et l'admittance du circuit.
L'admittance est :
$Y = \sqrt{(0,01)^2 + (2,5 \times 10^{-3})^2}$
soit $10,309 \times 10^{-3}$ siemens.
Courant $I_R = 10 \times 0,01 = 0,1$ A
Courant $I_L = 10 \times 2,5 \times 10^{-3}$
$= 25 \times 10^{-3}$ A
Courant $I_t = 10 \times 10,309 \times 10^{-3}$
$= 103 \times 10^{-3}$ A

INDUCTANCE AVEC COMPOSANTE RESISTIVE EN PARALLELE AVEC UNE RESISTANCE





Le schéma est représenté sur la figure 3. Les différentes valeurs de courant sont obtenues par l'application de formules ou à l'aide du calcul vectoriel.
On recherche le courant dans chaque branche.
L'impédance totale est trouvée par application de la loi d'Ohm en alternatif :

$$Z = \frac{U}{I}$$

avec :
U = tension appliquée aux bornes du circuit
I = courant total trouvé par la formule ci-dessus.
Il est toujours avantageux d'employer la méthode vectorielle, tout au moins pour le contrôle des calculs.
On considère d'abord chaque branche séparément.

a) La branche inductive est un circuit R_L série.
– la tension E_r est en phase avec le courant I_2 (fig. 4a)
– la tension E_L est en avance de $\pi/2$ sur le courant I_2
– la somme de E_r et de E_L est égale à la tension U
– l'angle φ_L représente le déphasage entre I_2 et U.

b) La branche résistive seule ne comporte aucun déphasage.
– le courant I_1 est en phase avec la tension appliquée U (fig. 4b).
On combine ensuite les deux diagrammes en prenant comme référence la tension U (axe horizontal) (fig. 5). En faisant la somme vectorielle des courants I_1 et I_2, on obtient le courant total I.
La valeur de I est obtenue par la loi des cosinus et non par la règle de Pythagore puisqu'il ne s'agit pas de somme de vecteurs à angle droit.

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 - 2 I_1 I_2 \cos(180° - \varphi_L)}$$

avec :
I_1 = courant dans la résistance R (en ampères)
I_2 = courant dans la branche inductive (en ampères)
I = courant total (en ampères)
φ_L = déphasage entre U et I_2 (en degrés).
L'angle φ de déphasage entre la tension appliquée U et le courant total I est aussi obtenu par la loi des cosinus (voir encadré)

$$\varphi = \arccos\left(\frac{I^2 + I_1^2 - I_2^2}{2 I I_1}\right)$$

Exemple : Un circuit est composé d'une résistance de 75 Ω sur laquelle est connectée en parallèle une inductance de 0,159 mH dont la valeur résistive est de 20 Ω. Le tout se trouve aux bornes d'une source alternative de 15 V dont la fréquence est 50 kHz. On demande la valeur des différents courants I_1, I_2 et I ainsi que les angles de déphasage du courant total I et du courant I_2 par rapport à U (fig. 4).
Calcul de X_L :
$L\,2\pi f = 0,159 \times 10^{-3}$
$\times 6,28 \times 5 \times 10^4 = 50\ \Omega$.
Impédance de la branche inductive :
$\sqrt{(20)^2 + (50)^2} = 53,9\ \Omega$.
Courant dans la branche inductive :

$$I_2 = \frac{15}{53,9} = 0,278 \text{ A}$$

Déphasage de I_2 par rapport à U :
φ_L = arc tg 50/20 = 68,2°
(I_2 en arrière par rapport à U).
Courant dans la résistance de 75 Ω :

$$I_1 = \frac{15}{75} = 0.2 \text{ A}$$

Courant total :

$$I = \sqrt{(0,2)^2 + (0,278)^2 - 2\,(0,2 \times 0,278)\cos(180 - 68,2)} = 398 \times 10^{-3} \text{ A}$$

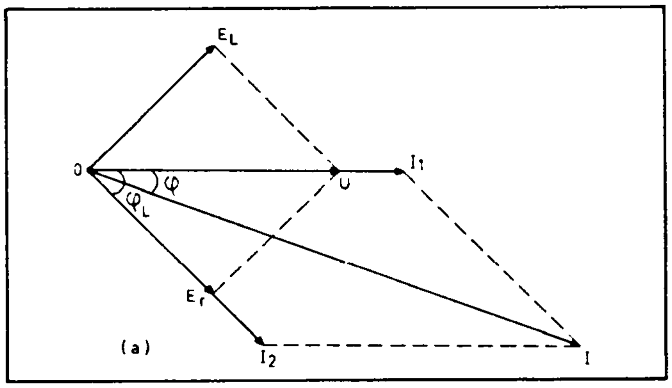
Impédance totale du circuit :

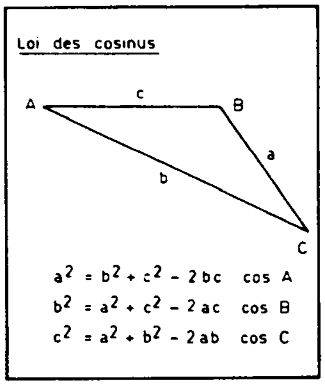
$$Z = \frac{15}{398 \times 10^{-3}} = 37,7\ \Omega$$

Déphasage total (I par rapport à U) :

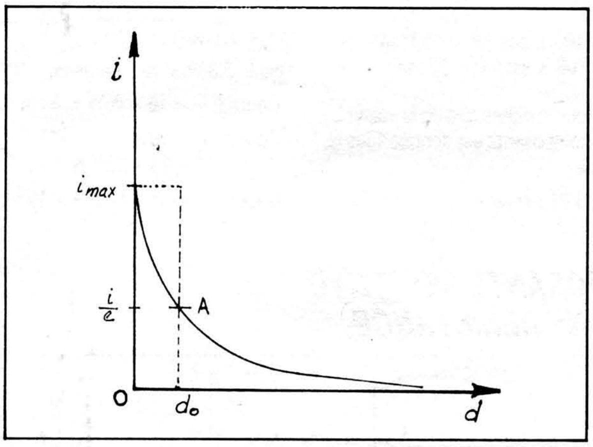
$$\varphi = \arccos \frac{(0,398)^2 + (0,2)^2 - (0,278)^2}{2 \times 0,398 \times 0,2} = 40,41°$$

J.-B.P.





RECTIFICATIF



Dans notre Formulaire d'électronique, *Haut-Parleur* n° 1730, page 38, nous faisions mention de l'effet pelliculaire qui affecte les conducteurs en haute fréquence. L'interprétation de ce phénomène, tel qu'il fut décrit et chiffré, peut prêter à confusion. En effet, le schéma de coupe du conducteur et la formule donnant la profondeur de la couche conductrice laisse entendre l'existence d'une discontinuité, alors que la conductivité, en fonction de la profondeur, est continue et à décroissance exponentielle. La notion de l'épaisseur d de la couche conductrice résulte de l'appréciation de la surface de la couronne conductrice équivalente (dans la vue en coupe) selon la méthode suivante :

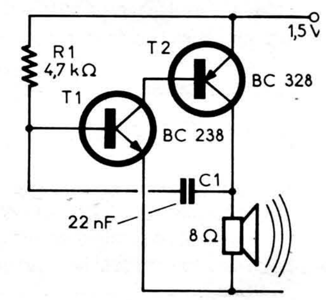
On représente, sur un graphe, la densité de courant i en fonction de la profondeur d. La surface limitée par les axes et cette courbe détermine une surface égale à celle d'un rectangle dont deux des angles adjacents ont leur position l'un à l'origine et l'autre au point de la courbe correspondant au maximum de densité (pour d = 0). L'abscisse de l'intersection du point A, notée d_0, correspond à la valeur recherchée.

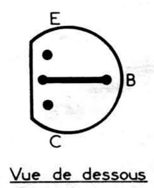
SCHEMATHEQUE

suite de la page 107

Oscillateur sonore, 2 transistors

Il s'agit là d'un montage extrêmement simple d'oscillateur, il travaille avec une tension de 1,5 V et envoie de courtes impulsions dans le haut-parleur de 8 Ω. Il peut être associé à un manipulateur morse pour s'exercer. Intérêt : minimum de composants – deux transistors, une résistance et un condensateur... Il peut être intégré à un montage électronique sans problème.





Oscillateur commandé

Dans ce montage, nous avons un transistor installé en sortie d'un oscillateur à portes intégrées C-MOS. L'une des entrées de porte reste libre pour la commande de l'oscillateur.

La résistance de collecteur du transistor sera de 1 000 Ω environ et, pour profiter d'un signal sonore plus intense, on la remplacera par une self de 20 à 50 mH. Le HP piézo est un modèle à deux fils.