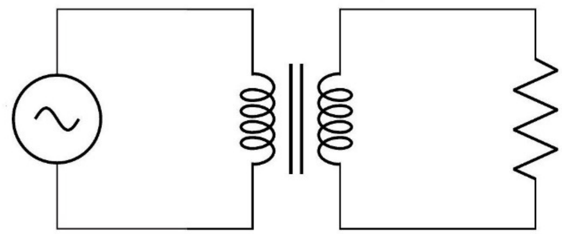
Courant dans le circuit primaire d'un transformateur

Examinons un transformateur avec une résistance branchée sur le circuit secondaire. La source fournit une différence de potentiel $\mathcal{E}_0 \sin \omega t$.



Circuit secondaire sans courant

Imaginons premièrement qu'un y a un interrupteur ouvert sur le circuit secondaire et qu'il n'y a donc pas de courant dans le circuit secondaire.

Dans le circuit primaire, on a alors

$$\mathcal{E}_0 \sin \omega t - N_1 \frac{d\phi}{dt} = 0$$

On a donc

$$N_1 \frac{d\phi}{dt} = \mathcal{E}_0 \sin \omega t$$

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{\mathcal{E}_0}{N_1} \sin \omega t$$

$$\phi = -\frac{\mathcal{E}_0}{N_1 \omega} \cos \omega t$$

Cela veut dire que le champ magnétique dans le solénoïde est

$$\phi = BA$$

$$-\frac{\mathcal{E}_0}{N_1 \omega} \cos \omega t = BA$$

$$B = -\frac{\mathcal{E}_0}{N_1 \omega A} \cos \omega t$$

Le courant dans le solénoïde 1 est donc

$$B = \mu_0 n_1 I_1$$

$$-\frac{\mathscr{E}_0}{N_1 \omega A} \cos \omega t = \mu_0 n_1 I_1$$

$$I_1 = -\frac{\mathscr{E}_0}{N_1 \omega A \mu_0 n_1} \cos \omega t$$

Il y a donc un courant dans le circuit primaire même quand il n'y a aucun courant dans le circuit 2. Notez que ce courant ne fournit aucune puissance puisqu'il est déphasé de π/2 avec la différence de potentiel.

On peut arriver au même résultat avec un autre approche. Dans le circuit primaire, on doit avoir

$$\mathscr{E}_0 \sin \omega t - L_1 \frac{di_1}{dt} = 0$$

On a alors

$$L_1 \frac{di_1}{dt} = \mathscr{E}_0 \sin \omega t$$

$$\frac{di_1}{dt} = \frac{\mathscr{E}_0}{L_1} \sin \omega t$$

$$i_1 = -\frac{\mathscr{E}_0}{L_1 \omega} \cos \omega t$$

Comme

$$L_1 = \frac{\mu_0 N_1^2 A}{\ell_1}$$

On a

$$i_1 = -\frac{\mathscr{E}_0 \ell_1}{\mu_0 N_1^2 A \omega} \cos \omega t$$

C'est exactement le même résultat

Circuit secondaire avec courant

Imaginons maintenant qu'un y a un interrupteur fermé sur le circuit secondaire et qu'il a donc un courant dans le circuit secondaire.

Dans le circuit primaire, on a alors

$$\mathscr{E}_0 \sin \omega t - N_1 \frac{d\phi}{dt} = 0$$

On a donc

$$N_1 \frac{d\phi}{dt} = \mathscr{E}_0 \sin \omega t$$

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{\mathscr{E}_0}{N_1} \sin \omega t$$

$$\phi = -\frac{\mathscr{E}_0}{N_1 \omega} \cos \omega t$$

Comme rien n'a changé dans cette équation, le flux reste exactement le même dans le transformateur même s'il y a un courant qui circule dans le circuit secondaire.

Sur le circuit secondaire, on a maintenant

$$-Ri_2 - N_2 \frac{d\phi}{dt} = 0$$

$$Ri_2 = -N_2 \frac{d\phi}{dt}$$

$$Ri_2 = -N_2 \frac{\mathscr{E}_0}{N_1} \sin \omega t$$

$$i_2 = -\frac{N_2}{N_1} \frac{\mathscr{E}_0}{R} \sin \omega t$$

C'est ce qu'on devrait avoir. En effet, la différence de potentiel sur le circuit 2 est

$$\begin{aligned} \Delta v_2 &= \frac{N_2}{N_1} \Delta v_1 \\ &= \frac{N_2}{N_1} \mathscr{E}_0 \sin \omega t \end{aligned}$$

En divisant par la résistance, on obtient le même courant. (Il y a une différence de signe qui n'a pas vraiment d'importance puisque la direction du courant dépend du sens d'enroulement des bobines du transformateur.)

Retournons maintenant à la bobine primaire. Le flux dans la bobine primaire est resté identique même s'il y a du courant dans le circuit secondaire. On a donc

$$\phi = -\frac{\mathscr{E}_0}{N_1 \omega} \cos \omega t$$

Maintenant, ce flux est fait par le champ magnétique créé dans les deux bobines. On a donc

$$\phi = B_1 A + B_2 A$$

$$-\frac{\mathscr{E}_0}{N_1\omega}\cos\omega t = B_1 A_1 + B_2 A_1$$

$$-\frac{\mathscr{E}_0}{N_1\omega}\cos\omega t = \mu_0 n_1 i_1 A_1 + \mu_0 n_2 i_2 A_1$$

Comme on sait la valeur du courant dans le circuit 2, on a

$$-\frac{\mathscr{E}_0}{N_1\omega}\cos\omega t = \mu_0 n_1 i_1 A_1 - \mu_0 n_2 \frac{N_2}{N_1}\frac{\mathscr{E}_0}{R}\sin\omega t A_1$$

Le courant dans le circuit primaire est donc

$$\mu_0 n_1 i_1 A_1 = -\frac{\mathscr{E}_0}{N_1\omega}\cos\omega t + \mu_0 n_2 \frac{N_2}{N_1}\frac{\mathscr{E}_0}{R} A_1 \sin\omega t$$

$$i_1 = -\frac{\mathscr{E}_0}{\mu_0 n_1 A_1 N_1 \omega}\cos\omega t + \frac{n_2 N_2}{n_1 N_1}\frac{\mathscr{E}_0}{R}\sin\omega t$$

Le premier terme est le courant qu'il y avait quand l'interrupteur était ouvert. Ce courant, qui ne fournit aucune puissance, est encore là quand on ferme l'interrupteur. Le deuxième courant est un courant qui fournit de la puissance. C'est le courant qui nous intéresse et c'est l'amplitude de ce courant qu'on calcule au chapitre 12.

(En fait, ce courant devrait être

$$i_1 = \frac{N_2 N_2}{N_1 N_1}\frac{\mathscr{E}_0}{R}\sin\omega t$$

avec des grands *N* plutôt que des petits *n* pour la première fraction. Toutefois, il semble que tout se passe dans un transformateur comme si la longueur des deux bobines était la même. En effet, le fait que l'inductance mutuelle doit être la même peu importe laquelle des bobines on considère comme étant la bobine 1 nous force à avoir des A/ℓ identiques. Comme l'aire est la même, cela force les bobines à avoir le même ℓ ou du moins à agir comme si elles avaient le même ℓ.)

Encore une fois, on peut aussi utiliser

$$\mathscr{E}_0 \sin\omega t - L_1 \frac{di_1}{dt} - M\frac{di_2}{dt} = 0$$

Pour le circuit primaire. On a alors

$$\mathscr{E}_0 \sin\omega t - L_1 \frac{di_1}{dt} - M\frac{d\left(-\frac{N_2}{N_1}\frac{\mathscr{E}_0}{R}\sin\omega t\right)}{dt} = 0$$

$$\mathscr{E}_0 \sin \omega t - L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{N_2}{N_1} \frac{\mathscr{E}_0}{R} \omega \cos \omega t = 0$$

$$L_1 \frac{di_1}{dt} = \mathscr{E}_0 \sin \omega t + M \frac{N_2}{N_1} \frac{\mathscr{E}_0}{R} \omega \cos \omega t$$

$$\frac{di_1}{dt} = \frac{\mathscr{E}_0}{L_1} \sin \omega t + \frac{M}{L_1} \frac{N_2}{N_1} \frac{\mathscr{E}_0}{R} \omega \cos \omega t$$

$$i_1 = -\frac{\mathscr{E}_0}{L_1 \omega} \cos \omega t + \frac{M}{L_1} \frac{N_2}{N_1} \frac{\mathscr{E}_0}{R} \sin \omega t$$

$$i_1 = -\frac{\mathscr{E}_0 \ell_1}{\mu_0 N_1^2 A_1 \omega} \cos \omega t + \frac{\mu_0 N_1 N_2 \frac{A}{\ell}}{\mu_0 N_1^2 \frac{A_1}{\ell}} \frac{N_2}{N_1} \frac{\mathscr{E}_0}{R} \sin \omega t$$

$$i_1 = -\frac{\mathscr{E}_0 \ell_1}{\mu_0 N_1^2 A_1 \omega} \cos \omega t + \frac{N_2}{N_1} \frac{N_2}{N_1} \frac{\mathscr{E}_0}{R} \sin \omega t$$

C’est le même résultat.