

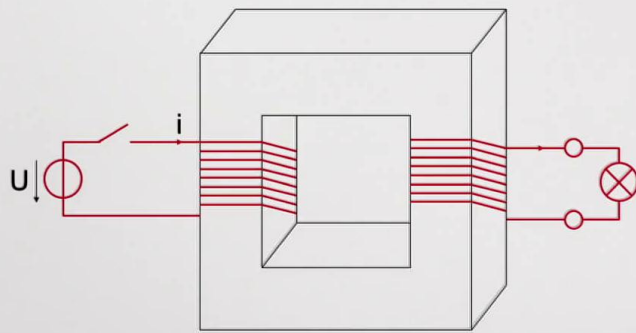
Bonjour. La dernière fois, nous avons pu expérimenter la notion d'énergie magnétique à l'aide d'un transformateur et d'une petite ampoule. Aujourd'hui, nous allons démontrer théoriquement ce qui se passe dans cette expérience et montrer comment calculer l'énergie magnétique stockée dans une bobine. Pour ce faire, je vous ai écrit ou représenté ici le transformateur avec les bobines. Donc la bobine primaire et la bobine secondaire aux bornes de laquelle, on avait connecté l'ampoule. Ce qu'on avait fait, c'est qu'on avait fait passer du courant dans la bobine primaire, et puis ensuite, on a coupé l'interrupteur et on s'est aperçu que notre ampoule a fait un flash. Et donc qu'il y avait une source d'énergie qui alimentait cette ampoule qui était autre que celle de la source d'alimentation électrique de notre transformateur. Donc il y avait de l'énergie qui était contenue dans notre transformateur. Cette énergie, c'est l'énergie magnétique, on va essayer de la calculer aujourd'hui. Donc ce qu'on va faire, c'est qu'on va calculer l'énergie qui est stockée dans le transformateur à l'enclenchement pour ne pas avoir besoin de gérer le transformateur lui-même et la partie secondaire.

Notes

Summary



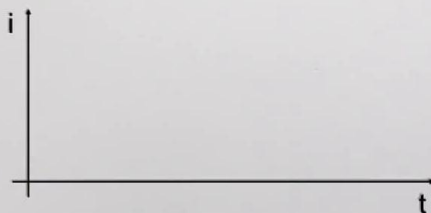
0m 04s



$$U = Ri + \frac{d\psi}{dt} \quad \psi = Li$$

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

$$P_e = U i = Ri^2 + Li \frac{di}{dt}$$



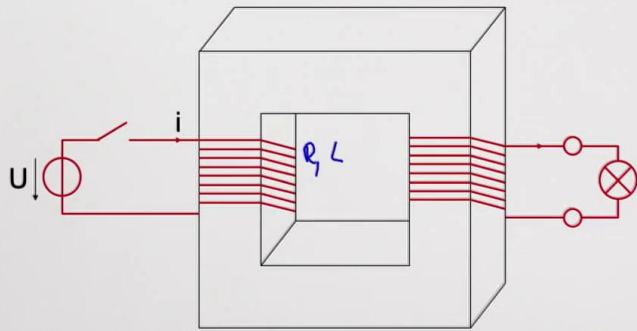
Donc je vais oublier l'ampoule, et puis, je vais m'intéresser à ce qui se passe au moment où on enclenche l'interrupteur ici et écrire l'équation de cette bobine, l'équation de tension de cette bobine pour pouvoir essayer de regarder au niveau de l'énergie magnétique ce qui se passe. Maintenant, si on regarde l'équation de cette bobine, c'est la bonne vieille équation de la tension induite, c'est-à-dire qu'on a une équation que vous connaissez bien. $U = Ri + \frac{d\psi}{dt}$ avec ψ qui est égal à Li . Et puis, ça nous donne une équation de tension. On va négliger la saturation, donc $+ L \frac{di}{dt}$ pour le terme $\frac{d\psi}{dt}$. Maintenant, on veut calculer une énergie, donc il va nous falloir calculer une puissance. On va commencer par calculer la puissance électrique, et puis on l'intégrera après. La puissance électrique, qu'est-ce que c'est ? C'est le produit tension/courant, Ui . Si je calcule la puissance électrique qui rentre dans ma bobine, je vais avoir... Voilà. Et puis, si on résout cette équation-là, je l'ai pas noté mais on peut la résoudre, on trouve une exponentielle ou une forme $1 - \text{exponentielle}$ avec une valeur limite à l'infini qui vaut U/R qui est le courant qui va circuler en régime permanent dans ma bobine.

Notes

Summary



1m 43s

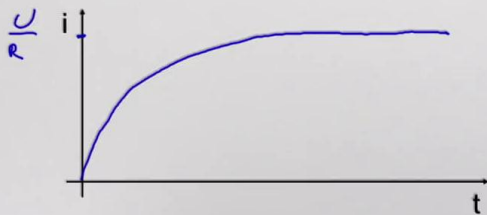


$$U = Ri + \frac{d\psi}{dt} \quad \psi = Li$$

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

$$P_e = U i = \underbrace{R i^2}_{P_j} + \underbrace{L i \frac{di}{dt}}_{P_{mag}}$$

$$W_{mag} = \int_{t=0}^{\infty} P_{mag} dt$$

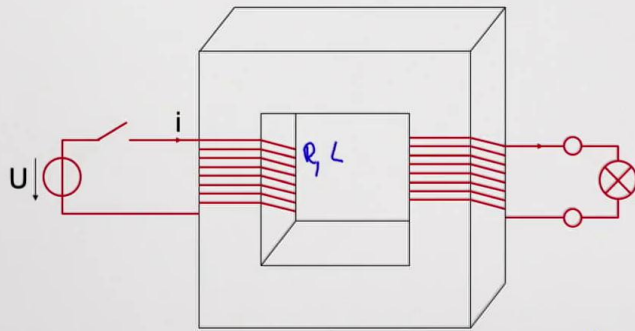


On va supposer que notre bobine, elle a une résistance et une inductance. Je ne lai pas dit tout à l'heure. Et puis, après on peut calculer la puissance électrique. On va s'épargner la résolution de l'équation différentielle. Nous, on va résonner uniquement sur l'équation de la puissance. Puis, on fait un petit bilan de puissance, donc ça, c'est la puissance électrique. La puissance électrique, elle est formée de deux termes. Il y a un premier terme celui-là, on le connaît bien. C'est l'hyperjoule dans la résistance. Et puis, il y a un deuxième terme, qui lui, on ne le connaît pas, qui correspond à une puissance, mais pas à des pertes, et puis qui va être égal à ce qu'on va appeler la puissance magnétique. C'est-à-dire que ce terme-ci va correspondre à la puissance nécessaire pour stocker de l'énergie magnétique dans le transformateur. Donc cette puissance-là, elle est nécessaire pour pouvoir créer du flux dans notre bobine. On va l'intégrer. L'énergie magnétique, ce coup-là, c'est l'intégrale de la puissance magnétique. On va calculer tout ce qui a été stocké comme dans notre petite expérience. On va partir de $t = 0$, qui est l'instant auquel on ferme l'interrupteur, et puis, on va aller jusqu'à l'infini.

Notes

Summary





$$U = Ri + \frac{d\psi}{dt} \quad \psi = Li$$

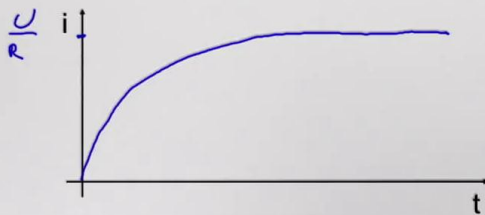
$$U = Ri + L \frac{di}{dt}$$

$$P_{\text{el}} = Ui = \underbrace{Ri^2}_{P_j} + \underbrace{Li \frac{di}{dt}}_{P_{\text{mag}}}$$

$$W_{\text{mag}} = \int_{t=0}^{\infty} P_{\text{mag}} dt = \int_{t=0}^{\infty} i L \frac{di}{dt} dt = L \int_{i=0}^I i di = \frac{1}{2} LI^2$$

$$W_{\text{mag}}(i) = \frac{1}{2} Li^2$$

$$L = 10 \text{ mH} \quad i = 1 \text{ A} \Rightarrow W_{\text{mag}} = 5 \text{ mJ}$$



Et puis, on va intégrer notre puissance magnétique en fonction du temps. Ça, c'est notre énergie magnétique. On peut la réécrire en remplaçant P_{mag} par son expression. Et puis enfin, on peut faire un changement de variable. On se rend compte qu'on aurait intérêt à changer de variable d'intégration en passant du temps au courant. Et puis, on peut aussi factoriser l'inductance et ça nous donne : $L \times \int$ au niveau du courant. Comme ceci. Le courant en $t = \infty$, on va supposer que c'est le courant continu, ça sera U/R dans notre cas. Et puis, on a pu factoriser l'inductance, parce qu'on a supposé qu'on avait pas de saturation et donc que l'inductance ne variait pas. Ça nous donne comme valeur $1/2 LI^2$. Ça, c'est l'énergie magnétique contenue dans une inductance. Ça, c'est à cet endroit-là. Et puis, si on généralise et qu'on n'intègre pas de zéro à l'infini, mais de zéro à t , on va avoir au temps t , un courant qui va valoir i , donc dans le cas général, l'énergie magnétique de $i = 1/2 Li^2$. Ça peut être une valeur qui est relativement faible pour une petite bobine. Je prends une petite bobine, je donne un petit exemple. Si on a une bobine dont l'inductance vaut, par exemple, 10 mH, dans laquelle on fait circuler un courant de 1 ampère, on va avoir une énergie stockée, qui va valoir 5 mJ, donc c'est pas très grand.

Notes

Summary





- Notion d'énergie magnétique
- Courant dans un circuit électrique
=> énergie magnétique
- $W_{\text{mag}} = \frac{1}{2} Li^2$

Voilà pour l'énergie magnétique stockée dans une bobine. En fait, cette énergie magnétique, vous la connaissez déjà. Dans le cours d'électrotechnique, au chapitre du courant alternatif, vous avez vu la notion de puissance réactive. C'est une puissance qu'on doit fournir et qui nous est restituée, qui n'est pas des pertes. La puissance réactive, elle a deux formes associées : au condensateur et à la bobine. Dans le cas du condensateur, la puissance active est liée à une énergie électrostatique. Dans le cas d'une bobine, c'est bien une énergie magnétique qu'on doit créer et qui nous est restituée à chaque période. Donc on stocke et on récupère, on stocke et on récupère et c'est une puissance réactive qu'on doit fournir. On peut résumer ce qui a été vu aujourd'hui en trois points. Tout d'abord, il existe une forme d'énergie magnétique. Cette énergie, elle peut être créée à partir d'une énergie électrique en faisant circuler un courant dans une bobine. Et puis, l'énergie, ainsi stockée, est proportionnelle à l'inductance propre de la bobine et au carré du courant qui la parcourt. Par la suite, nous allons voir comment calculer cette énergie dans des cas non linéaires ou des géométries compliquées.

Notes

Summary



8m 21s