

Montage n°16

Puissance en monophasé : mesure des puissances active et réactive consommées par un récepteur.

Introduction

La puissance, exprimée en Watt, est une grandeur fréquemment utilisée en électricité, qui caractérise la consommation en électricité, d'appareils et notamment d'appareils de la vie courante : lampe 60 W, four à micro onde 800 W, etc... La puissance d'un appareil électrique permet d'évaluer la rapidité d'un transfert d'énergie. Par exemple, plus la puissance d'un four est grande, moins il mettra de temps pour chauffer un aliment. Au cours de ce montage, intitulé « Puissance en monophasé : mesure des puissances active et réactive consommées par un récepteur », nous allons dans un premier temps, introduire la notion de puissance et définir les différentes puissances que l'on utilise en électricité, puis nous mesurerons, par différentes méthodes, ces puissances et nous terminerons par une application concernant la nécessité de relever le facteur de puissance d'une installation pour minimiser les pertes en ligne pour EDF.

I. Notion de puissance

Bellier p.178

En régime sinusoïdal (titre du montage = monophasé), nous avons $u(t) = U\sqrt{2} \cos(\omega t + \varphi)$ et $i(t) = I\sqrt{2} \cos(\omega t)$

Remarques : φ est le déphasage de la tension par rapport au courant. Si $\varphi = >0$, alors la tension est en avance par rapport au courant (circuit inductif) ; U et I sont 2 grandeurs efficaces.

I.1 Puissance instantanée

La puissance consommée par ce récepteur est $p(t) = v(t).i(t)$. C'est la puissance instantanée.

$$p(t) = UI [\cos\varphi + \cos(2\omega t + \varphi)]$$

L'expression de la puissance instantanée comporte 2 termes :

- Un terme constant au cours du temps : $UI \cos\varphi$
- Un terme variable au cours du temps $UI \cos(2\omega t + \varphi)$. Ce terme est une fonction sinusoïdale de pulsation 2ω . (sa valeur moyenne est nulle sur une période)

I.2 Puissance active

La puissance active ou puissance moyenne, est la valeur moyenne de la puissance instantanée sur une période.

La puissance électrique moyenne consommée par un dipôle s'exprime par : $P = \frac{1}{T} \int_0^T u(t)i(t) dt$

En régime sinusoïdal $P = UI \cos(\varphi)$. Cette puissance est également appelée *puissance active*. Elle s'exprime en watts (W). Cette puissance représente la puissance **consommée** par le récepteur. C'est le cas d'un conducteur ohmique : il reçoit de l'énergie électrique, qu'il transforme en énergie thermique ; ou d'un moteur : il reçoit de l'énergie électrique qu'il transforme en énergie mécanique et thermique.

I.3 Puissance apparente

$S = UI$ s'appelle *puissance apparente*. Elle s'exprime en voltampères (VA)

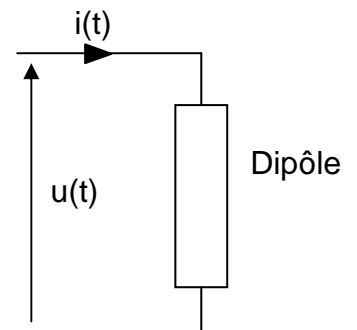
I.4 Facteur de puissance

$\cos(\varphi)$ le *facteur de puissance*.

I.5 Puissance réactive

Dans le cas où on a une puissance active nulle et une puissance instantanée non nulle, on dit que la puissance est réactive : c'est le cas des inductances pures et des capacités. L'énergie électrique circule dans le dipôle, mais elle n'est pas transformée : elle est stockée sous forme d'énergie magnétique dans la bobine ou sous forme d'énergie électrostatique dans la capacité. Le récepteur ne consomme pas à proprement parler d'énergie.

$$Q = P = UI \sin(\varphi)$$

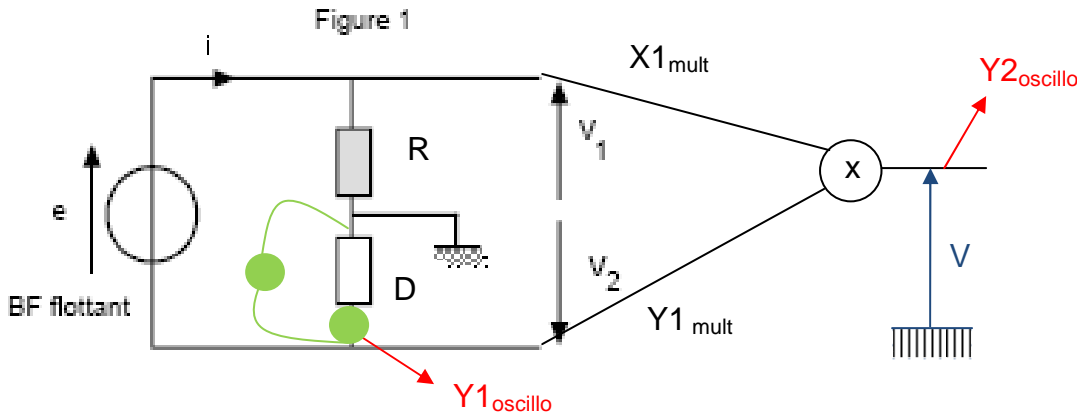


II. Mesures de puissances

II.1 En utilisant un multiplieur

Bellier p.181

Il faut utiliser un transfo d'isolement pour ne pas avoir de problème de masse. Prendre une tension d'entrée assez faible (environ 6V alternatif) afin de ne pas saturer l'AO. D est le dipôle pour lequel on mesure la puissance, et R permet d'accéder à la grandeur courant.



On prendra $R=D=10\ \Omega$ (attention prendre des résistances 25W)

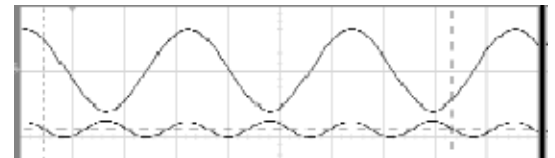
Alimenter le multiplieur en +15V/-15V

En sortie de multiplieur, on a $W=k(X1-X2)(Y1-Y2)+Z=0,1X1Y1$

$X1=Ri(t)$ et $Y1=-u(t)$ puisque $R=10\Omega$, on a $W=-u(t)i(t)=-p(t)$ (avec la touche INV de l'oscillo, on peut visualiser $p(t)$).

II.1.1 Visualisation à l'oscillo

- $p(t)$ est sinusoïdal
- fréquence de $p(t)$ par rapport à $u(t)$ (on peut mesurer les périodes à l'oscillo)
- la valeur moyenne de ce signal n'est pas nulle : $p(t)=UI[\cos\phi + \cos(2\omega t + \phi)]$ (oscillo en mode DC pour visualiser la composante continue...). Cette valeur moyenne représente la puissance active.



II.1.2 Mesure de la puissance active

- On mesure la valeur de la puissance active en plaçant un voltmètre en position continue pour mesurer la valeur moyenne du signal en sortie du multiplieur. (en bleu sur le schéma). On mesure $P=1,3\text{ W}$

Comme on a un dipôle purement résistif, on peut confronter cette valeur à 2 autres façons de mesurer la puissance active :

- On place un ampèremètre et un voltmètre (en vert sur le schéma) et on mesure les valeurs efficaces (en position alternatif ou AC sur les appareils...) : $U=3,63\text{V}$ et $I=0,34\text{A}$, donc $P=1,24\text{W}$
- On peut comparer cette valeur à $P=DI^2=1,16\text{W}$

Dans un dipôle purement résistif, on a mesuré la puissance active par 3 méthodes différentes. On peut bien évidemment faire un calcul d'erreur dans chacun des cas.

II.1.3 Cas d'un dipôle inductif

On met une grosse bobine (de faible résistance interne) à la place de D et on constate que $P\approx 0$. (de façon très qualitative). On peut visualiser le déphasage tension courant pour montrer que $\cos\phi=0$.

II.2 En utilisant un wattmètre numérique

L'expérience précédente illustre le fonctionnement du wattmètre numérique. En effet, le wattmètre mesure $u(t)$ et $i(t)$, les multiplie et calcul ensuite la valeur moyenne du résultat pour obtenir la puissance active.

Nous allons, dans cette partie, utiliser un wattmètre numérique pour réaliser les mesures de puissance.

II.2.1 Description de l'appareil

On utilisera un ISW8001. On branche cet appareil en mettant sur load le dipôle dont on veut mesurer les caractéristiques, et sur source, le reste du montage.

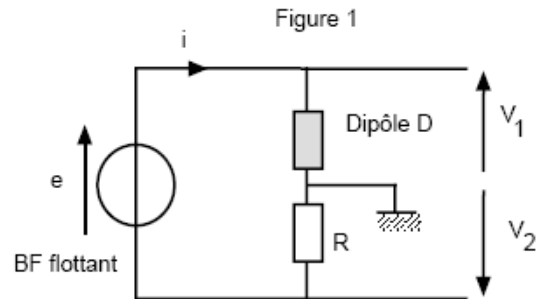
Avec cet appareil, on peut avoir une mesure directe de I_{eff} , U_{eff} , P en W, Q en VAR, facteur de puissance ($\cos\phi$)

II.2.2 Mesure de puissances dans un circuit RLC série

On reprend le montage précédent, mais en changeant d'alimentation.

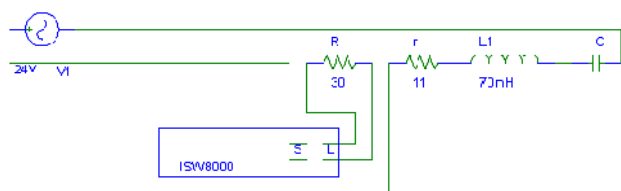
Le choix des composants sera tel que $\cos(\phi) < 0.5$. Avec une bobine « standard », type Suter 11 Ω , 1H (0.07H à vide), une capacité (variable) de 40 μ F (100V minimum) et une résistance (variable : rhéostat supportant les forts courants) de 21 Ω , alimentés en 24V 50Hz par exemple.

- Aux bornes de R. Commenter le fait que $Q \neq 0$ (caractère inductif du rhéostat dû à sa techno de fabrication : enroulement de fils)
- Aux bornes de L. commenter le fait de $P \neq 0$ à cause de la résistance interne de la bobine.
- Aux bornes de C
- Aux bornes du circuit RLC (fait en préparation)

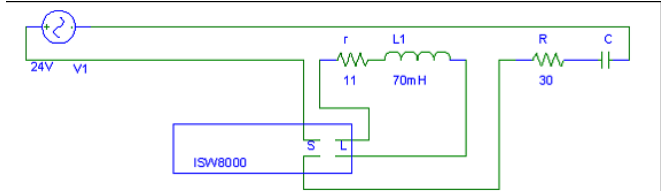


Dipôle = RLC wattmètre ISW8000	Aux bornes de RLC*	Aux bornes de R	Aux bornes de L	Aux bornes de C	Total : Th.de Boucherot
Puissance active W	7,10	4,75	2,32	0,04	
Puissance réactive Var	12,6	0,1	5,1	17,7	
Facteur de puissance PF	0,49	1,00	0,41	0	
V	30,5	9,92	11,78	37,47	
I	0,474	0,473	0,475	0,475	
$ \phi $	59	0	68	90	
ϕ	i en avance sur v $\rightarrow -59^\circ$	0	v en avance sur i $\rightarrow 68^\circ$	i en avance sur v $\rightarrow -90^\circ$	

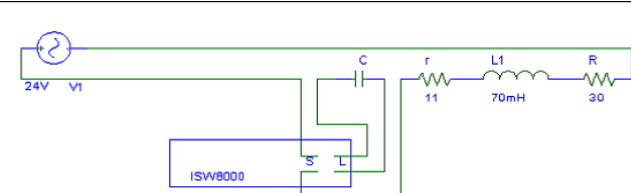
Aux bornes de R



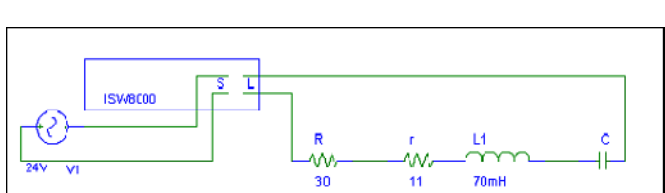
aux bornes de L



Aux bornes de C



aux bornes de RLC



II.2.3 Vérification du théorème de Boucherot

$$P_{RLC} = P_R + P_C + P_L$$

$$Q_{RLC} = Q_R + Q_C + Q_L$$

On remplit la dernière colonne du tableau (en faisant la somme) et on vérifie qu'il y a accord entre les 2 valeurs.

II.3 En utilisant un oscilloscope

l'oscillo va nous servir à mesurer le déphasage de la tension par rapport au courant. On utilisera voltmètre et ampèremètre pour mesurer les valeurs efficaces de l'intensité et de la tension (dire qu'on peut aussi faire ces mesures à l'oscillo, mais que c'est un peu plus long).

On peut faire ça sur le montage RLC série précédent.

La mesure de ϕ nous permet de calculer le cos et le sin et de remonter à P et Q.

III. Application : relever le facteur de puissance

EDF distribue l'électricité sous la forme d'une tension sinusoïdale de fréquence 50 Hz et l'amplitude 230 V (pour le particulier abonné en monophasé). Même si EDF ne le vérifie que très rarement dans le cas des particuliers, il impose une valeur minimum du facteur de puissance de 0,93. Pourquoi ? Les pertes par effet Joule (dégagement de chaleur) sont proportionnelles à la résistance des lignes électriques utilisées pour le transport de l'électricité (et donc à leur longueur), mais aussi au carré de la valeur efficace du courant transporté. Or, pour une même puissance (active), la valeur efficace du courant est d'autant plus importante que le facteur de puissance est faible ! donc les pertes en ligne plus importantes.

Protocole :

- On reprend le montage précédent (RLC série avec $\cos\phi=0.51$). On met une capa variable en parallèle du dipôle.
- On fait varier C
- On mesure $\cos\phi$ au wattmètre numérique
- On trace $\cos\phi=f(C)$

Conclusion

Nous avons vu dans ce montage qu'il existe plusieurs façons de mesurer des puissances. L'intérêt du montage avec un multiplieur (on aurait également pu avoir ce résultat en utilisant un oscillo numérique ou avec une carte d'acquisition et en utilisant Régressi) est de visualiser la puissance instantanée, ce qui est indispensable d'un point de vue pédagogique, quand on travaille sur les puissance, car $p(t)$ est à la base de la puissance active. Concernant la mesure de puissance en elle-même, la méthode la plus simple reste incontestablement le wattmètre numérique qui permet d'accéder à toutes les grandeurs.

BIBLIO

- Bellier p.131
- Duffait p.78
- Charmont – p.29 – montage de physique agreg ed. Dunod
- Quaranta T4 p.363 (puissances)

Questions

Q1 : est-ce que tout est récupérable dans la puissance apparente ?

R1 : P est consommée par R et Q est consommée par L et C

