

PCPI – 1 TS CIRA BTS CIRA <small>Contrôle Industriel et Régulation Automatique</small>	Chapitre 7 Le triphasé	Physique appliquée
FICHE EXERCICES 12		

COUPLAGES

Exercice 1

Soit un système triphasé composé de 3 enroulements identiques que l'on peut coupler soit en étoile soit en triangle sur le réseau.

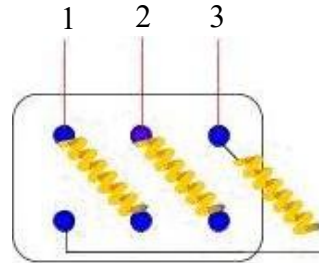
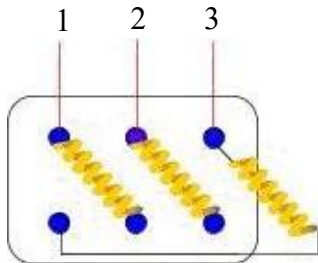
1) **Réaliser** les 2 schémas de couplage en représentant les 3 enroulements par des bobines

Etoile

Triangle

2) **Représenter** les 2 systèmes de couplages sur les plaques ci-dessous à l'aide de 2 ou 3 barrettes de câblages entre les différents points bleus.

Etoile



Triangle

Exercice 2

Soit un récepteur triphasé équilibré qui peut être couplé en étoile ou en triangle sur un réseau 220V / 380 V

L'impédance complexe de chacune de ses phases est $\underline{Z} = \left[20\Omega; \frac{\pi}{3} \right]$

1) **Donner** le module et l'argument de chacun des récepteurs

.....

Etude du couplage étoile

2) **Faire** un schéma du circuit en plaçant les tensions U_{eff} et V_{eff} et le courant I_{eff}

3) **Calculer** la valeur efficace du courant en ligne

.....

4) **Calculer** la puissance active d'un des dipôles

.....

5) **Calculer** la puissance active du récepteur triphasé de 2 manières

.....

6) **Faire** un schéma du circuit en plaçant la tension U_{eff} et les courants I_{eff} et J_{eff}

7) **Calculer** la valeur efficace du courant traversant chaque dipôle

8) **Calculer** la valeur efficace du courant en ligne

9) **Calculer** la puissance active d'un des dipôles

10) **Calculer** la puissance active du récepteur triphasé de 2 manières

11) **Conclure** en comparant les puissances actives calculées pour chaque couplage

Réponses

Etoile :

$I_{eff} = 11A$

$P = 1210W$

$P_{totale} = 3630W$

$P_{totale} = 3619W$

Triangle :

$J_{eff} = 19A \quad I_{eff} = 33A$

$P = 3610W$

$P_{totale} = 10830W$

$P_{totale} = 10860W$

Exercice 3

Sur un réseau (220V/380V ; 50Hz) on branche en **triangle** 3 récepteurs identiques de résistance $R = 20\Omega$ en série avec une inductance $L = 0.5H$

1) **Faire** un schéma du circuit en plaçant courants et tensions

2) **Déterminer** les caractéristiques de l'impédance de chaque récepteur, c'est-à-dire **calculer** son module et son argument

3) **Calculer** la valeur du courant en ligne

4) **Calculer** les puissances active et réactive consommée par ce récepteur triphasé ainsi que la puissance apparente

Réponses

$|Z| = 158\Omega$

$\varphi = 1,44rad$

$J_{eff} = 2,40A$

$I_{eff} = 4,17A$

$P = 358X$

$Q = 2721VAR$

$S = 2745VA$

Exercice 4

Sur un réseau (230V/400V ; 50Hz) on branche en **étoile** 3 récepteurs identiques de résistance $R = 20\Omega$ en série avec un condensateur de capacité $C = 20\mu\text{F}$

Réponses
 $Z = 160.4 \Omega$
 $\varphi = -1.45 \text{ rad}$
 $I_{\text{eff}} = 1.43 \text{ A}$
 $P = 120\text{W} \text{ ou } 123\text{W}$
 $Q = -976 \text{ VAR} \text{ ou } -984\text{VAR}$
 $S = 990 \text{ VA}$

1) **Faire** un schéma du circuit et **placer** courant et tensions

2) **Donner** l'impédance équivalente complexe de chaque récepteur

.....

3) **Calculer** le module et l'argument de cette impédance complexe

.....
.....
.....
.....

4) **Calculer** la valeur efficace du courant de ligne

.....

5) **Calculer** la puissance active consommée par ce récepteur triphasé

.....

6) **Calculer** la puissance réactive consommée par ce récepteur triphasé

.....

7) **Calculer** la puissance apparente de ce récepteur triphasé

.....

Exercice 5

Un récepteur triphasé de facteur de puissance **0.83** comprend 3 impédances identiques raccordées en **étoile**.

L'intensité dans l'une des impédances est de **3.4 A**

Calculer la puissance active du récepteur si la tension du réseau est de 400V

Réponses
 $P = 1955 \text{ W} \text{ ou } 1947\text{W}$

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Exercice 6

Les 3 résistances d'un chauffe-eau sont branchées en **étoile** sur un réseau **400V**.

Calculer :

- 1) la tension aux bornes d'une résistance
- 2) la valeur d'une résistance sachant que la puissance totale du chauffe-eau est de **12kW**
- 3) le courant mesuré dans la ligne d'alimentation
- 4) le courant traversant une résistance

Réponses
 $V_{eff} = 230 \text{ V}$
 $R = 13.3 \Omega$
 $I_{eff} = 17.3 \text{ A}$

Exercice 7

On alimente sous **400V / 50 Hz** un chauffe-eau (résistances) triphasé raccordé en **triangle** de puissance **21 kW**

Calculer :

- 1) le courant dans un des éléments de chauffe
- 2) la résistance d'un élément

Réponses
 $J_{eff} = 17.5 \text{ A}$
 $R = 22,9 \Omega$

Exercice 8

Une batterie de condensateurs est couplée en **triangle** sur un réseau **400V**. Le courant de ligne est de **38A**.

Calculer :

- 1) le courant qui circule dans chaque condensateur
- 2) la puissance réactive d'un condensateur
- 3) la puissance réactive totale
- 4) la capacité d'un condensateur

Réponses
 $J_{eff} = 21.9 \text{ A}$
 $Q = -8760 \text{ VAR}$
 $Q_{tot} = -26.3 \text{ kVAR}$
 $C = 174 \mu\text{F}$

Exercice 9 : amélioration du facteur de puissance

Une batterie de condensateurs doit compenser une puissance réactive de **-15kVAR** sur un réseau **400V / 50 Hz**.

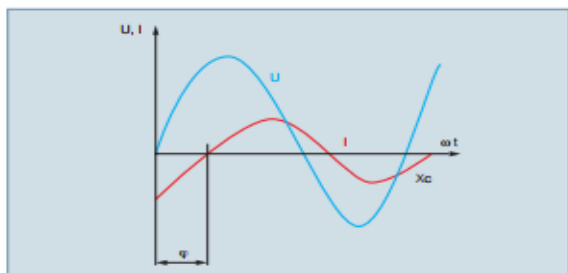
Calculer la capacité d'un condensateur lorsque ceux-ci sont couplés

- 1) en étoile
- 2) en triangle

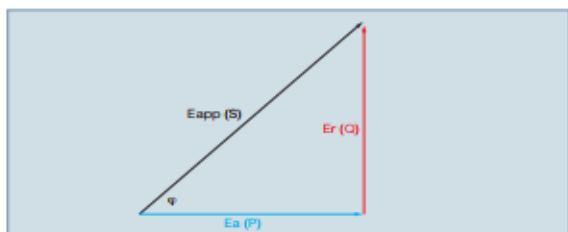
Réponses
 $C = 300 \mu\text{F}$
 $C = 99.5 \mu\text{F}$

➤ Définition

Une installation électrique, en courant alternatif, comprenant des récepteurs tels que transformateur, moteur, soudeuse, électronique de puissance..., et en particulier, tout récepteur dont l'intensité est déphasée par rapport à la tension, absorbe une énergie totale que l'on appelle énergie apparente (Eapp).



Cette énergie, qui s'exprime généralement en kilovoltampère-heure (kVAh), correspond à la puissance apparente S (kVA) et se répartit comme suit :



• Énergie active (Ea) : exprimée en kilowatt heure (kWh). Elle est utilisable, après transformation par le récepteur, sous forme de travail ou de chaleur. À cette énergie correspond la puissance active P (kW).

• Énergie réactive (Er) : exprimée en kilovar heure (kvarh). Elle sert en particulier à créer dans les bobinages des moteurs, transformateurs, le champ magnétique sans lequel le fonctionnement serait impossible. À cette énergie correspond la puissance réactive Q (kvar). Contrairement à la précédente, cette énergie est dite « improductive » pour l'utilisateur.

Énergies

$$E_{app} = \vec{E}_a + \vec{E}_r$$

$$E_{app} = \sqrt{(E_a)^2 + (E_r)^2}$$

Puissances

$$\vec{S} = \vec{P} + \vec{Q}$$

$$S = \sqrt{(P)^2 + (Q)^2}$$

• En réseau triphasé :

$$S = \sqrt{3} UI$$

$$P = \sqrt{3} UI \cos \varphi$$

$$Q = \sqrt{3} UI \sin \varphi$$

En réseau monophasé, le terme $\sqrt{3}$ disparaît.

FACTEUR DE PUISSANCE

Par définition le facteur de puissance -autrement dit le $\cos \varphi$ d'un appareil électrique- est égal au rapport de la puissance active P (kw) sur la puissance apparente S (kVA) et peut varier de 0 à 1.

$$\cos \varphi = \frac{P \text{ (kW)}}{S \text{ (kVA)}}$$

Il permet ainsi d'identifier facilement les appareils plus ou moins consommateurs d'énergie réactive.

- Un facteur de puissance égal à 1 ne conduira à aucune consommation d'énergie réactive (résistance).
- Un facteur de puissance inférieur à 1 conduira à une consommation d'énergie réactive d'autant plus importante qu'il se rapproche de 0 (inductance).

Dans une installation électrique, le facteur de puissance pourra être différent d'un atelier à un autre selon les appareils installés et la manière dont ils sont utilisés (fonctionnement à vide, pleine charge...).

Les appareils de comptage d'énergie enregistrent les consommations d'énergie active et réactive. Les fournisseurs d'électricité font généralement apparaître le terme $\cos \varphi$ au niveau de leur facture.

Calcul de la $\tan \varphi$

$$\tan \varphi = \frac{E_r \text{ (kvarh)}}{E_a \text{ (kWh)}}$$

La $\tan \varphi$ est le quotient entre l'énergie réactive Er (kvarh) et l'énergie active Ea (kWh) consommées pendant la même période.

À l'inverse du $\cos \varphi$, on s'aperçoit facilement que la valeur de la $\tan \varphi$ doit être la plus petite possible afin d'avoir le minimum de consommation d'énergie réactive.

$\cos \varphi$ et $\tan \varphi$ sont liés par la relation suivante :

$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + (\tan \varphi)^2}}$$

Mais il est plus simple de se reporter à un tableau de correspondance page 12.

FACTEUR DE PUISSANCE DES PRINCIPAUX RÉCEPTEURS

Les récepteurs consommant le plus d'énergie réactive sont :

- les moteurs à faible charge,
- les machines à souder,
- les fours à arc et induction,
- les redresseurs de puissance.

RÉCEPTEUR	COS φ	TG φ
Moteurs asynchrones ordinaires chargés à	0 %	5,80
	25 %	1,52
	50 %	0,94
	75 %	0,75
	100 %	0,62
Lampes à incandescence	env. 1	env. 0
Lampes fluorescentes	env. 0,5	env. 1,73
Lampes à décharge	0,4 à 0,6	env. 2,29 à 1,33
Fours à résistances	env. 1	env. 0
Fours à induction compensée	env. 0,85	env. 0,62
Fours à chauffage diélectrique	env. 0,85	env. 0,62
Machines à souder à résistance	0,8 à 0,9	0,75 à 0,48
Postes statiques monophasés de soudage à l'arc	env. 0,5	env. 1,73
Transformateurs-redresseurs de soudage à l'arc	0,7 à 0,9	1,02 à 0,48
	0,7 à 0,8	1,02 à 0,75
Fours à arc	0,8	0,75
Redresseurs de puissance à thyristors	0,4 à 0,8	2,25 à 0,75

AVANTAGES D'UN BON FACTEUR DE PUISSANCE

Un bon facteur de puissance c'est :

- cos φ élevé (proche de 1) ,
- ou tg φ faible (proche de 0).

Un bon facteur de puissance permet d'optimiser une installation électrique et apporte les avantages suivants :

- La suppression de la facturation d'énergie réactive (abonnés EDF Tarif Vert)
- La diminution de la puissance souscrite en kVA (abonnés EDF Tarif Jaune)
- La limitation des pertes d'énergie active dans les câbles compte-tenu de la diminution de l'intensité véhiculée dans l'installation
- L'amélioration du niveau de tension en bout de ligne
- L'apport de puissance disponible supplémentaire au niveau des transformateurs de puissance si la compensation est effectuée au secondaire