

TP 02 : Amélioration du facteur de puissance en régime alternatif monophasé

(Amélioration du FP en régime alternatif 1~)

1. L'objectif de ce TP

L'objectif de l'amélioration du **facteur de puissance (FP)** en régime alternatif est d'optimiser l'efficacité énergétique des systèmes électriques en réduisant les pertes et en minimisant les coûts d'exploitation. Un facteur de puissance faible indique une mauvaise utilisation de l'énergie, ce qui entraîne des pertes supplémentaires et une surcharge des équipements électriques.

A l'issue de ce TP l'apprenant sera capable de maîtrise et la compréhension de créer un système électrique plus efficace, durable et rentable, tout en assurant une qualité d'alimentation optimale.

2. But de l'expérience

✚ L'étude d'une ligne courte : sans et avec compensation parallèle avec une charge résistive (R), et inductive (RL),

✚ L'influence d'insertion en parallèle différentes valeur d'un condensateur C sur les grandeurs électriques (tension et courant),

3. Notions et travail de préparation

L'amélioration du **facteur de puissance (FP)** en régime alternatif nécessite une compréhension approfondie des notions fondamentales et un travail de préparation structuré. Voici les principales notions et les étapes de travail nécessaires pour réussir cette amélioration:

3.1. Facteur de Puissance (FP)

Le facteur de puissance est le rapport entre la puissance active (P), qui est utile, et la puissance apparente (S), qui est totale. Il se calcule comme suit :

$$FP = \cos \varphi = \frac{P}{S} \quad \text{Où } \varphi \text{ est l'angle de déphasage entre le courant et la tension. Un FP proche de}$$

1 est idéal, car cela signifie que la majeure partie de l'énergie est utilisée efficacement.

3.2. Puissance Active, Réactive et Apparente

- **Puissance Active (P):** Mesurée en watts (W), c'est la puissance réellement consommée par les charges pour effectuer un travail (comme faire tourner un moteur).
- **Puissance Réactive (Q):** Mesurée en volt-ampères réactifs (VAR), elle est nécessaire pour créer et maintenir les champs magnétiques dans des équipements tels que les transformateurs et moteurs.
- **Puissance Apparente (S):** Mesurée en volt-ampères (VA), elle représente la combinaison vectorielle de la puissance active et réactive.
- **Déphasage et Compensateurs:** Le déphasage entre le courant et la tension est à l'origine d'un facteur de puissance faible. L'utilisation de compensateurs (comme les condensateurs ou les bobines) permet de corriger ce déphasage en ajustant la puissance réactive.

Le fonctionnement du réseau dans les bonnes conditions de la qualité, de sécurité et d'économie implique une maîtrise de l'évolution de son état électrique. Le maintien d'une tension correcte nécessite de la part du dispatcher, des ajustements de la production d'énergie réactive par un dialogue avec les centrales. Dans ces conditions, la coordination des divers moyens de réglage est délicate. Il en résulte des variations de tension importantes entre heures creuses et heures pleines. Ces variations peuvent être gênantes et il peut dans certains cas en résulter un risque d'auto dégradation du plan de tension qui peut conduire à un effondrement partiel ou total du réseau. Sans disposition particulière, la puissance réactive consommée par les charges et le réseau provient essentiellement des alternateurs.

Le transit de cette puissance à travers les éléments du réseau produit non seulement des chutes de tension mais aussi des pertes actives et réactives par effets joule. (Figure 1).

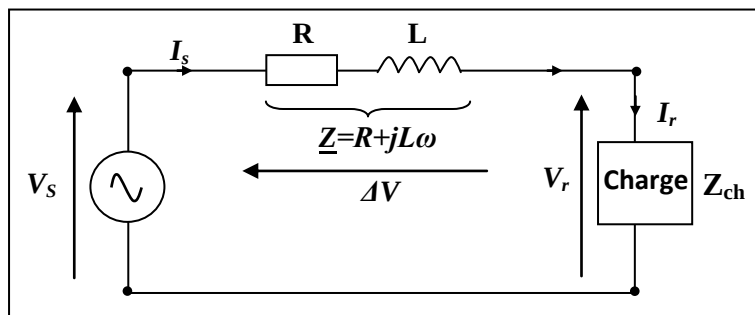


Figure.1. Modèle d'une ligne avec charge.

Ou :

$\underline{Z}$: impédance de la ligne série par unité de longueur,

l' : longueur de la ligne, on a alors : $\underline{Z} = (R_{ch} + jL\omega) * l'$ pour une charge inductive, $\underline{Z} = R_{ch} * l'$ pour une charge résistive, $\underline{Z} = (R_{ch} - j1/C\omega) * l'$ pour une charge capacitive,

$L\omega$: Impédance de la ligne,

R : Résistance de la ligne,

$\underline{V}_s$: Tension simple à l'origine (début) de la ligne,

$\underline{V}_r$: Tension simple à l'extrémité (fin) de la ligne (charge),

$\underline{I}_s$: Courant simple à l'origine (début) de la ligne,

$\underline{I}_r$: Courant simple de la charge,

Lorsque le transit dans une ligne électrique est assez important, la circulation du courant dans la ligne provoque une chute de la tension.

D'après la figure précédente (figure 1) tracer le triangle de puissance avant compensation:

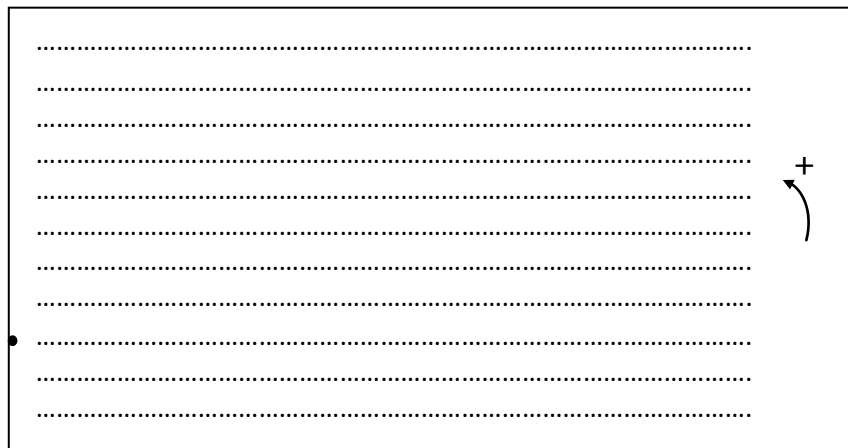


Figure .2. Triangle de puissance avant compensation.

3.3. Méthode de compensation shunt

Les condensateurs de puissance sont les plus souvent installés en dérivation sur le réseau. C'est ce que l'on nomme 'la compensation Shunt. (figure 2)

Pratiquement, ils sont connectés aux bornes du réseau suivant un couplage étoile ou triangle. Les condensateurs fournissent à la pulsation ω une puissance Q_C , la dimension du condensateur est liée à sa puissance.

Les condensateurs Shunt sont utilisés soit en basse tension souvent auprès des appareils d'utilisation les plus puissants, soit en moyenne tension où ils sont regroupés en batteries de quelques MVAR.

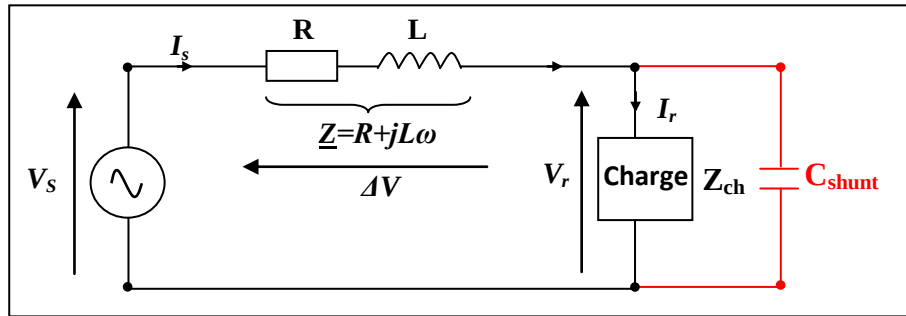


Figure.3. Modèle d'une ligne avec charge avec compensateur shunt.

3.4. La puissance réactive d'une batterie de condensateurs

Sur une installation (figure 3) de puissance réactive Q et de puissance apparente S , on installe une batterie de condensateurs C_{shunt} de puissance Q_C ,

- La puissance réactive passe de Q à Q' : $Q' = Q - Q_C$,
- La puissance apparente passe de S à S' ,
- La puissance apparente après compensation S' est donc diminuée,
- La quantité d'énergie réactive fournie par un condensateur est $Q_C = -U^2.C.\omega$ avec :

U : tension aux bornes du condensateur.

C : capacité du condensateur.

$\omega = 2.\pi.f$: pulsation du réseau d'alimentation.

D'après la figure précédente (figure 3) tracer le triangle de puissance avant et après compensation:

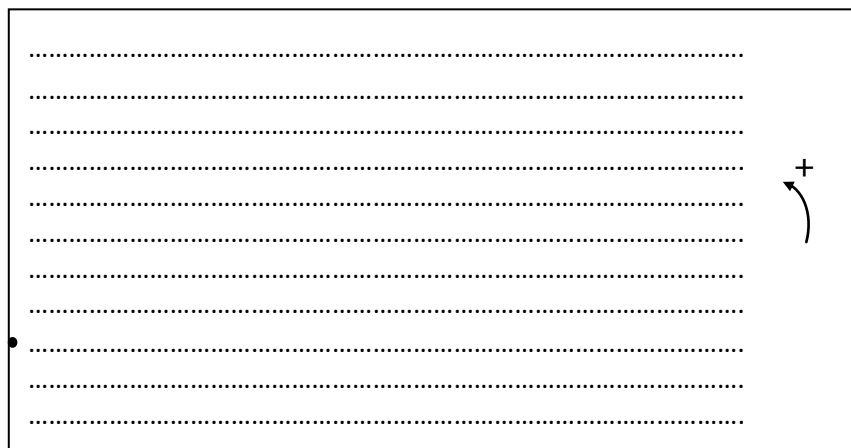


Figure .4. Triangle de puissance avant et après compensation.

4. Partie pratique

- La figure 5 présente tous les schémas réalisés durant le TP.
- On prend : $R=10\ \Omega$, $L=10\text{mH}$, l'impédance de ligne toujours constante.

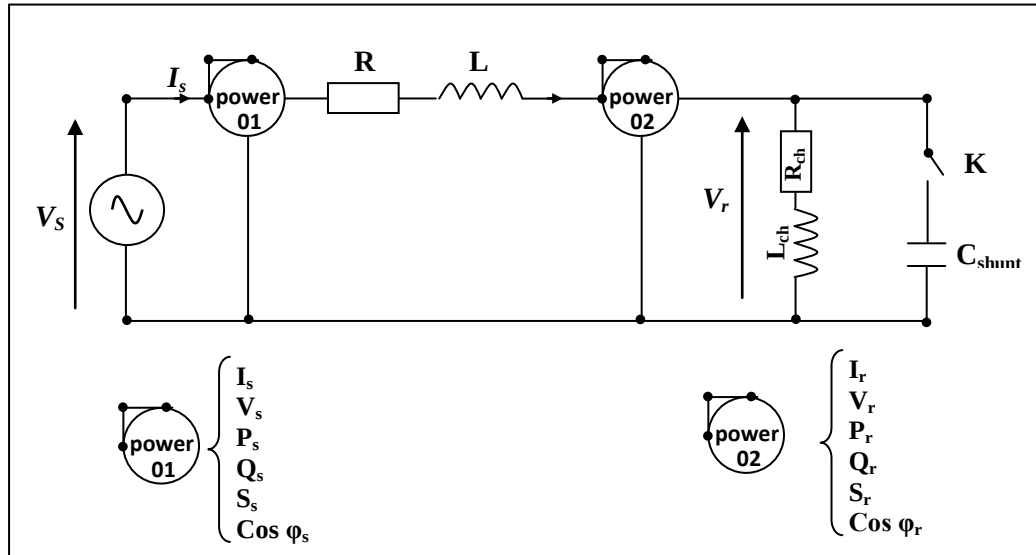


Figure .5. Schéma équivalent d'une ligne avec compensation série pour une charge inductive.

4.1. Sans compensation avec une charge inductive (K Ouvert)

- Réaliser le montage de la figure 5.
- Alimenter le circuit avec une tension de source : $V_s(t) = \sqrt{2}80\sin(\omega t)$,
- On prend : $R_{\text{Ligne}} = \dots\dots\dots\Omega$, $L_{\text{Ligne}} = \dots\dots\dots\text{H}$, $f=50\text{Hz}$, et remplir le tableau 1 suivant :
pour une charge : $R_{\text{charge}} = \dots\dots\dots\Omega$ $L_{\text{charge}} = \dots\dots\dots\text{H}$

		Grandeurs mesurées								Grandeurs calculées		
		V _s (V)	P _s (w)	V _r (V)	I _r (A)	P _r (w)	Q _r (VAR)	Cos φ _r	ΔV (V)	V _R (V)	V _L (V)	ΔV (V)
K Ouvert Sans compensation	Charge R											
	Charge R-L											

4.2. Avec compensation pour une charge inductive constante (K fermé)

- Faire toujours le montage de la figure 5, avec l'ouverture de la fermeture K,
- Alimenter le circuit avec une tension de source : $V_s=80\text{ V}$, $f=50\text{Hz}$, et l'impédance de la ligne est gal : $R_{\text{Ligne}}=\dots\dots\dots\Omega$, $L_{\text{Ligne}}=\dots\dots\dots\text{H}$,

Pour une charge: $R_{\text{charge}}=\dots\dots\dots\Omega$ $L_{\text{charge}}=\dots\dots\dots\text{H}$ constante, et avec une variation de la valeur du condensateur C, complétez le tableau 2 suivant :

		Grandeurs mesurées							Grandeurs calculées			
		V _s (V)	P _s (w)	V _r (V)	I _r (A)	P _r (w)	Q _r (VAR)	Cos φ _r	ΔV (V)	V _R (V)	V _L (V)	ΔV (V)
K Fermé	C ₁ =..... μF											
	C ₁ =..... μF											
	C ₃ =..... μF											

5. Travail demandé

- Interpréter les résultats obtenus avant et après la compensation selon le remplissage du tableau suivant :

		Comparaison des résultats obtenus						
		P_s (w)	P_r (w)	I_r (A)	Q_r (VAR)	$\cos \phi_r$	ΔV (V) _{mesurée}	ΔV (V) _{calculé}
K Ouvert	R							
	R-L							
K Fermé	C_1							
	C_2							
	C_3							

- Quel est l'objectif principal de la compensation shunt dans un système électrique ?
- Expliquer l'influence de différents types de charge sur les grandeurs électriques et les puissances actives et réactives ?
- D'après vous, quel est l'intérêt d'insérer un condensateur en parallèle avec la charge?
- Tracer le diagramme vectoriel des tensions après l'insertion du condensateur (figure 5)
- Donner une conclusion générale de ce TP.