REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENEISEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

CENTRE UNIVERSITAIRE D'EL-OUED

INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue de L'obtention du diplôme de

LICENCE ACADEMIQUE

OPTION : Contrôle et Diagnostic des Systèmes Electriques

THEME

COMPENSATION DYNAMIQUE DE L'ENARGE REACTIVE DANS RESEAUX ELECTRIQUE

Proposé et dirigé par :

- Mr :LABBI Yacine

Présenté par :

- AZEB CHIKH Boubaker
- ALLALI Omar

Promotion :Juin 2009

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

SOMMAIRE

	INTRODUCTION GÉNÉRAL	1
	CHAPITRE I COMPENSATION CLASSIQUE	
I-1	Introduction	3
I-2	Notions sur la puissance électrique	4
I-2-1	La puissance instantanée	4
I-2-2	La puissance apparente	5
I-3	Le facteur de puissance	5
I-3-1	Définition	5
I-3-2	Les avantages d'un bon facteur de puissance	6
I-3-3	Les inconvénients d'un mauvais facteur de puissance	7
I-4	L'effet des sources de l'énergie réactive	7
I-4-1	Les sources	7
I-4-2	*Effets du transit de l'énergie réactive*	7
I-4-2-1	Pertes actives	8
I-4-2-2	La chute de tension	9
I-5	Limite de la puissance transmissible sur un réseau	10
I-6	COMPENSATION : COMMENT ? ET POURQUOI ?	13
I -7	Compensation de l'énergie réactive	13
I-8	Les moyens de compensation	15
I-9	Différent type de compensation	15
I-9-1	Compensation shunt	15
I-9-2	Compensation séries	16
I-10	Conclusion	16
	CHAPITRE II FACTS	
	Introduction	17
II-1	Principe de fonctionnement des FACTS	18
II-1-1	Ligne de transport seule	18

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

II-1-2	Compensation shunt par un compensateur d'énergie réactive	19
II-1-3	Principe de la compensation séries	20
II-1-4	La compensation par déphasage	22
II-2	Réalisation technique des compensateurs	23
II-2-1	compensation shunt	23
II-2-1-1	Compensation par SVC (Static Var Compensator)	23
II-2-1-1-1	Définition	23
II-2-1-1-2	Principe de fonctionnement.	25
II-2-1-2	Le STATCOM (statique compensateur)	27
II-2-2	Les systèmes de compensation série	29
II-2-2-1	Le compensateur série commande par thyristor (TCSC : Thyristors Controlled Séries Compensator)	29
II-3	Les avantages de la technologie des dispositifs FACTS	30

CHAPITRE III MODÉLISATION DES DISPOSITIF SVC

	Introduction	31
III-1	Caractéristique d'un compensateur statique	31
III-1-1	Caractéristique en V d'un compensateur statique	31
III-1-2	Caractéristique $Q_{SVC}(I)$ d'un SVC	33
III-2	Modélisation des compensateurs statiques	34
III-2-1	Introduction	34
III-2-2	Modélisation de SVC	34
III-2-3	Modèle du compensateur shunt SVC	35
III-2-3-1	Les équations de SVC	35
III-3	L'impact du compensateur shunt SVC sur le régime (stabilite dynamique)	38
III-3-1	Compensation sans SVC (Court-circuit triphasé a la terre)	39
III-3-2	*Compensation avec SVC (Court-circuit triphasé a la terre)*	40
	Conclusion	41
	CONCLUSION GÉNÉRALE	42
	BIBLIOERAPHIH	

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

CHAPITRE UN

COMPENSATION CLASSIQUE

I-1 INTRODUCTION :

L'énergie électrique est l'énergie la plus importante du 20^{éme} siècle et la plus utilisée dans le monde.

L'énergie électrique provient de la transformation des diverses autres formes d'énergie naturelles ou artificielles.

Les productions industrielles du courant ont pour sources d'énergie :

- l'énergie chimique (piles électrochimique, piles à combustibles)
- l'énergie thermique (turbines à vapeur, turbines à gaz)
- l'énergie hydraulique (turbines hydraulique)
- l'énergie nucléaire (centrales nucléaire)
- l'énergie solaire (centrales photovoltaïque, piles voltaïque, photopiles)
- l'énergie géothermique, et l'énergie éoliennes, sont aussi des sources de conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique.

Actuellement la production, la transmission et la distribution de l'énergie électrique sont exécutées en courant alternatif triphasée.

L'énergie électrique elle se décompose en deux :

- énergie active.
- énergie réactive, et énergie résultante est appelé énergie apparente.

On est amené à reconnaître que les deux attributs essentiels de la qualité de ce énergie sont :

- la permanence de la mise à disposition des usages.
- La constance d'une tension sur laquelle elle est délivrée.

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

I-2 NOTIONS SUR LA PUISSANCE ELECTRIQUE :

Il est plus facile d'expliquer les phénomènes électriques en travaillant avec les puissances plutôt qu'avec les tensions et les courants.

I-2-1 La puissance instantanée :

C'est la puissance consommée par un récepteur monophasé alimenté par une tension sinusoïdale et qui peut se mettre sous la forme :

$$P = \underbrace{V \cdot I \cdot \cos j \cdot (1 - \cos 2wt)}_{(A)} - \underbrace{V \cdot I \cdot \sin j \cdot \sin 2wt}_{(B)} \qquad \text{(I .1)}$$

Si le courant et la tension sont sous la forme :

$$V(t) = V_m \sin wt \qquad \text{(I .2)}$$

$$I(t) = I_m \sin(wt + j) \qquad \text{(I .3)}$$

$V(t)$ et $I(t)$ sont la tension et le courant du récepteur.

La valeur moyenne de la composante (A) est appelée puissance active elle s'exprime en watts (w) :

$$P = V_{eff} I_{eff} \cos j \qquad \text{(I .4)}$$

Cette composante représente la puissance développée par l'alternateur si celle-ci débitait sur une résistance pure.

La puissance active P effectuer le travail utile, elle se transforme en énergie mécanique (moteur) et en énergie calorifique (chaleur pour élément résistif).

En système triphasé équilibré en régime permanant (cas générale) la puissance active P est donnée par l'expression suivante :

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos j \qquad \text{(I .5)}$$

La composante (B) caractérise un échange de puissance fluctuante, de valeur moyenne nulle, entre le récepteur et le réseau, cette composante est appelée puissance réactive et elle exprimée en volt-ampère réactive (VAR).

$$Q = V_{eff} I_{eff} \sin j \qquad \text{(I.6)}$$

Elle est utile lorsqu'il existe un déphasage entre la tension et le courant qui traverse le récepteur c'est-à-dire lorsque celui-ci comporte des inductances ou des condensateurs en régime sinusoïdale, elle caractérisé l'existence d'une composante du courant qui ne donne lieu à aucun

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

échange de puissance moyenne mais qui occasionne des pertes et des chutes de tension en cas d'excès.

Dans le cas considéré d'un régime sinusoïdal, les puissances réactives produites et consommées se conservent au même titre que les puissances actives.

En système triphasé équilibré en régime permanant (cas général) la puissance réactive est donnée par l'expression suivante :

$$Q=\sqrt{3}UI\sin j \qquad \text{(I .7)}$$

I-2-2 La puissance apparente :

Cette puissance est définie comme le produit des valeurs efficaces de la tension et du courant et elle s'exprime en volt-ampère (VA) :

$$S=V_{eff}\,I_{eff} \qquad \text{(I .8)}$$

Elle ne se conserve pas et elle est utilisée pour le dimensionnement des matériels.

Il existe entre P,Q et S les relations suivantes :

$$S=\sqrt{P^2+Q^2} \qquad \text{(I .9)}$$

I-3 LE FACTEUR DE PUISSANCE :

I-3-1 Définition :

C'est le quotient de la puissance active consommée et de la puissance apparente fournie.

$$F=\frac{P(W)}{S(VA)}\approx\cos j$$

Le $\cos j$ est le facteur de puissance du fondamental et ne prend pas en compte la puissance véhiculée par les harmoniques. Un facteur de puissance proche de 1 indique une faible consommation d'énergie réactive et optimise le fonctionnement d'une installation.

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

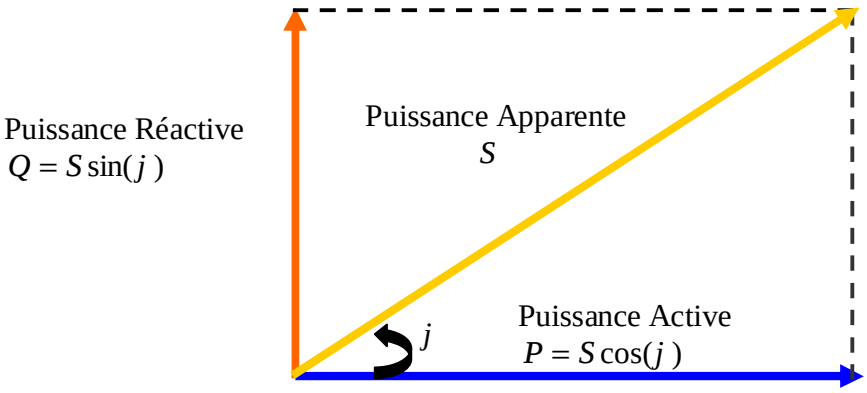


Figure I.1 : *représentation des puissances par FRESNEL.*

Une trop grande consommation d'énergie réactive pour une installation électrique va augmenter considérablement ses courants en ligne bien sa puissance active n'est pas changée.

$$I=\frac{S}{\sqrt{3}U}=\frac{\sqrt{P^2+Q^2}}{\sqrt{3}U} \qquad \text{(I .10)}$$

Si Q augmente on a l'augmentation de I.

L'amélioration du facteur de puissance tend idéalement à lui donner une valeur proche de 1.

En pratique, on se contente d'une valeur proche de 0.9 (inductif).

I-3-2 Les avantages d'un bon facteur de puissance :

Un bon facteur de puissance, c'est-à-dire $\cos j$ élevé (proche de 1),ou $tg\,j$ faible (proche de 0).

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

- La diminution de la facturation d'énergie réactive.
- La diminution de la puissance souscrite en KVA.
- 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.
- Diminution de la section des câbles.
- L'apport de puissance disponible supplémentaire au niveau des transformateurs de puissance si la compensation est effectué au secondaire.

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

I-3-3 Les inconvénients d'un mauvais facteur de puissance :

Comme nous venons de le voir précédemment, pour une même puissance utile fournie par un appareille électrique, il faut transporter dans tous les circuits électrique une intensité d'autant plus grande que le $\cos j$ est faible, cela entraîne :

- Une surfacturation par un surconsommation ou une pénalité.
- Une dégradation de la capacité de transport de l'énergie électrique par des câbles.
- Un surdimensionnement des installations neuves : câbles (section), transfo (S), etc…
- Des renforcements prématurés des installations existantes.
- Ne laisse pas de réserve de marche au secondaire du transformateur.

I-4 L'EFFET DES SOURCES DE L'ENERGIE RÉACTIVE :

I-4-1 Les sources :

Tous les machines électriques à courant alternative et les réseaux électriques consomment ou produisent l'énergie électrique active ou réactive a partir des sources.

Par exemple les sources réactives sont :

- Les moteurs synchrones.
- Les condensateurs shunts.
- Les centrales électriques.
- Les lignes ouvertes.

I-4-2 Effets du transit de l'énergie réactive :

Pour satisfaire à la demande de la consommation active de la consommation active de la clientèle, on essaye de minimiser les pertes actives entraînées par le transport, ainsi que la chute de tension, ces deux grandeurs sont en rapport avec le transit de la puissance réactive.

Considérons une liaison assimilable à une impédance $Z = R + jX$, qui transporte de A vers B une puissance $S = P + jQ,$ figure (I.2)

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

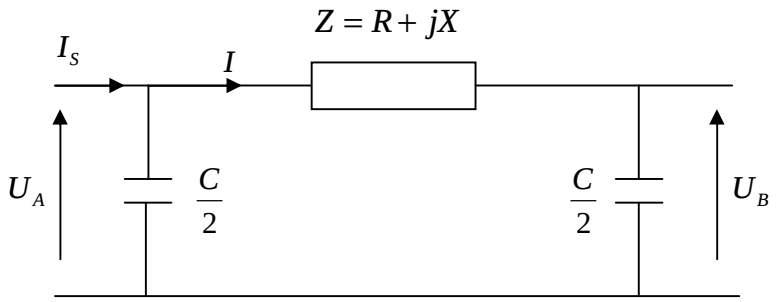


Figure I. 2 : *schéma de ligne HT ou THT en* Π.

I-4-2-1 Pertes actives :

- Les pertes de puissance active sont calculées d'après la formule :

$$\Delta U = 3RI^2$$

- Le courant qui circule dans cet élément est :

$$I = \frac{S}{\sqrt{3U}} \quad \text{D'après (I.7)}$$

$$\Delta P = \frac{R.(P^2 + Q^2)}{U^2_B} \Rightarrow$$

$$\Delta P = \frac{R \cdot P^2 (1 + tg^2 j)}{U_B^2} \qquad \text{(I .11)}$$

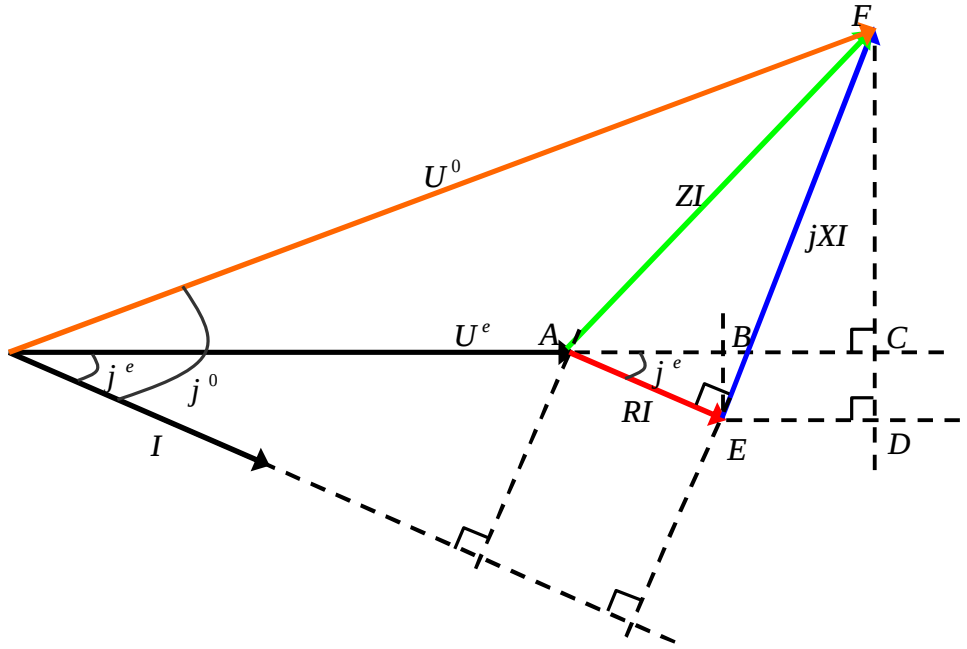
j : Angle de déphasage entre la puissance active et la puissance apparente, alors $tg j = \frac{Q}{P}$

<u>Remarque :</u>

Le transit de puissance réactive entraîne une augmentation des pertes actives.

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

I-4-2-2 La chute de tension :



La chute de tension entraîne par ce transport est :

$$\overline{\Delta U} = (AB + BC) + j(FD - CD)$$

Tel que :

$$AB + BC = RI \cos j^{e} + XI \sin j^{e}$$
$$FD - CD = XI \cos j^{e} - RI \sin j^{e}$$

Donc :

$$\overline{\Delta U} = \frac{RI \cos j^{e} + XI \sin j^{e}}{U^{e}} + j\frac{XI \cos j^{e} - RI \sin j^{e}}{U^{e}}$$

$$\overline{\Delta U} = \frac{RP + XQ}{U_B} + j\frac{XP - RQ}{U_B} \qquad (I\ .12)$$

ΔU : Chute de tension.

$\overline{\Delta U}$: Chute de tension complexe.

R : Résistance de la ligne AB.

X : Réactance inductif de la ligne AB.

<u>Remarque :</u>

Pour les réseaux de transport R est faible devant X, donc cette chute de tension est majorée principalement par le transit de la puissance réactive.

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

Le transit de la puissance réactive entraîne :

- des pertes active, et chutes de tension
- des surinvestissements.
- Déréglage de la tension du réseau dans une plage déterminée.

I-5 LIMITE DE LA PUISSANCE TRANSMISSIBLE SUR UN RÉSEAU :

Le transport d'énergie réactive occasionne des chutes de tension qui peuvent atteindre une valeur critique de tension, lorsque un réseau est très chargé, c'est ainsi qu'on prévoit une instabilité de tension.[1]

Cette notion de limite peut être mise en évidence de manière assez simple dans le cas d'un dipôle par la figure (I.2).

Nous considérons une impédance :

$$\overline{Z_{ch}} = Z\angle j = Z(\cos j + j\sin j) \qquad \text{(I .13)}$$

Alimentée à travers un réseau assimilable à une impédance :

$$\overline{Z_l} = jX \qquad \text{(I .14)}$$

Et une tension de source :

$$\overline{V_S} = |V_S|\angle 0^0$$

Le courant traversant le dipôle est égale à :

$$\overline{I} = \frac{V_S}{Z_l + Z_{ch}} = \frac{V_s}{jX + Z(\cos j + j\sin j)}$$

$$\overline{I} = \frac{V_s}{Z\cos j + j(X + Z\sin j)}$$

$$I = \frac{V_s}{\sqrt{Z^2\cos j^2 + (X + Z\sin j)^2}}$$

$$I = \frac{V_S}{\sqrt{Z^2 + X^2 + 2Z\cdot X\cdot\sin j}} \qquad \text{(I .15)}$$

La tension aux bornes la charge est :

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

$$\overline{V_{ch}} = \overline{Z_{ch}}.\overline{I} \quad \Rightarrow \quad V_{ch} = Z.\frac{V_s}{\sqrt{Z^2 + X^2 + 2.Z.X\sin j}}$$

$$V_{ch} = \frac{V_s}{\sqrt{1 + \frac{X^2}{Z^2} + \frac{2X}{Z}\sin j}} \qquad \text{(I .16)}$$

Et la puissance active absorbée par la charge est :

$$P_{ch} = V_{ch}.I.\cos j$$

D'après les équation (I.15) et (I.16) on peut écrire :

$$P_{ch} = \frac{V_S^2 \cdot \cos j}{Z + \frac{X^2}{Z} + 2 \cdot X \sin j} \text{ (W)} \qquad \text{(I .17)}$$

En cherchant la valeur maximale de la puissance transmissible vers la charge, l'impédance de cette dernière Z est variable avec conservation du déphasage j (rad) constant.

$$P_{ch} = P_{\max} \quad \text{si} \quad \frac{dP_{ch}}{dZ} = 0$$

La valeur de Z qui vérifier cette dernière équation est X ce qui donne :

$$P_{MAX} = \frac{V_S^2 \cos j}{2 \cdot X(1 + \sin j)} \text{ (W)} \qquad \text{(I .18)}$$

Les valeur réduits des trois grandeurs (courant I^*, tension V_{ch}^*, et puissance P_{ch}^*) sont données comme suit :

- $I^* = \frac{I}{I_{cc}}$ avec $I_{cc} = \frac{V_S}{X}$ alors :

$$I^* = \frac{X}{\sqrt{Z^2 + X^2 + 2X \cdot Z \cdot \sin j}} \qquad \text{(I .19)}$$

- $V_{ch}^* = \frac{V_{ch}}{V_S} = \frac{V_s}{V_S\sqrt{1 + \frac{X^2}{Z^2} + \frac{2X}{Z}\sin j}}$

$$V_{ch}^* = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{X^2}{Z^2} + \frac{2X}{Z}\sin j}} \qquad \text{(I .20)}$$

- $P_{ch}^* = \frac{P_{ch}}{P_{\max}} = \frac{V_s^2.\cos j}{Z + \frac{X^2}{Z} + 2X\sin j} \cdot \frac{2X(1 + \sin j)}{V_s^2.\cos j}$

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

$$P_{ch}^{*} = \frac{2X(1+\sin j)}{Z+\frac{X^2}{Z}+2X\sin j} \qquad (I.21)$$

On peut tracer la variation de courant I^*, la tension V_{ch}^{*}, et la puissance P_{ch}^{*} en fonction de l'admittance de la charge $Y_{ch}(\Omega^{-1})$ qui est égale $Y_{ch} = \frac{1}{Z_{ch}}(\Omega^{-1})$, pour une valeur $j\ (rad)$ constante et $X(\Omega)$ constante.

On a une augmentation l'admittance Z, on constate qu'au début la puissance active croit avec le courant, elle augmente ensuite de moins de moins, passe par maximum puis diminue au-delà du maximum, en effet la chute de tension dans le réseau provoquée par l'appel de courant devient très importante et l'augmentation de courant ne suffit plus à compenser la diminution de tension de charge dans l'expression de P_{ch}(w).

Pour améliorer le facteur de puissance, il faut installer source d'énergie réactive.

Cette opération est appelée " compensation ".

En préalable à la compensation, il faut éviter le surdimensionnement des moteurs asynchrones et leur marche à vide (le facteur de puissance d'un moteur asynchrone est d'autant plus faible que le moteur fonctionne en deçà de sa puissance nominale).

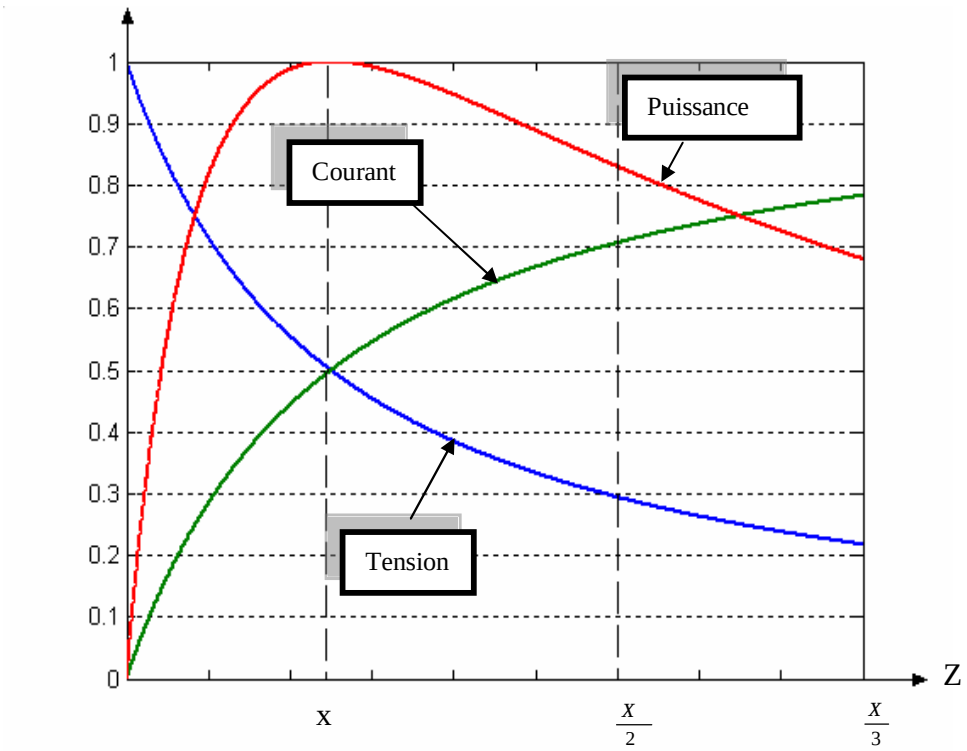


Figure I.3 : *Variation des grandeurs électriques aux bornes de la charge.*

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

I-6 COMPENSATION : COMMENT ? ET POURQUOI ?

Les réseau électrique à pour but de véhiculer de la puissance depuis sa source jusqu'aux centres de consommations dans un réseau à courant alternative [2]. La puissance apparente S à deux composantes : la puissance P et la puissance Q liées par le déphasage.

$$S = P + jQ = UI[\cos j + \sin j]$$

Le premier apparaît comme utile. L'autre comme une puissance parasite dont la circulation sur le réseau provoque des phénomènes indésirables.

On voit donc l'intérêt économique de réduire les transits de la puissance réactive pour réduire les pertes.

Mais comme les charges alimentées par le réseau absorbent en général de la puissance réactive, on cherchera à compenser cette puissance le plus près possible des consommateurs.

La chute de tension à travers le réseau est donnée par :

$$\Delta U^* = \frac{PR + QX}{U^2}$$

Par conséquent le transit de la puissance réactive est une composante de la chute de tension, composante qui est d'autant plus grande que le rapport X/R est plus grand. Ce qui est le cas de réseau de transport à haute tension. Il apparaît clairement que la compensation de la puissance réactive et la tenue du plan de tension sont initialement liées et indissociables.

I -7 COMPENSATION DE L'ÉNERGIE RÉACTIVE : (FIGURE (I.4.A, B))

Pour limiter les courants en ligne et donc l'énergie réactive absorbée par l'installation, on doit donc installer des sources d'énergie réactive en parallèle sur notre installation. On appelle cette technique " *Compensation de l'énergie réactive* ". Cette compensation permet d'améliorer le facteur de puissance (cos j) .Soit un appareil ou groupe d'appareils appelant une puissance active P (W) et une puissance réactive (VAR). On souhaite réduire la tg j à une valeur plus faible tg (j '). [3]

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

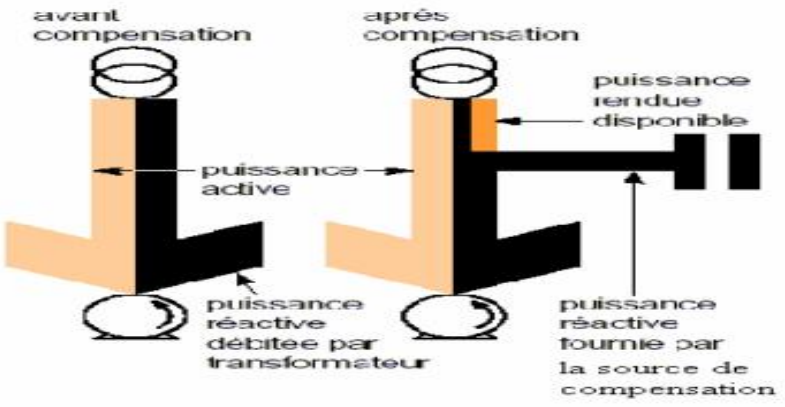


Figure I.4.a : *diagramme traduisant les change d'énergie dans le circuit d'alimentation d'un récepteur est montrant l'intérêt de la compensation.*

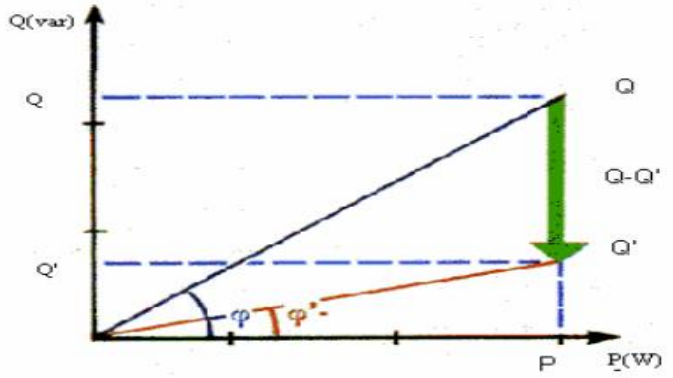


Figure I.4.b : *Diagramme vectoriel représentant l'importance de la compensation.*

Q : la puissance réactive appelée par la charge seule.

Q-Q' : la puissance réactive fournie par la source supplémentaire.

Q' : la puissance réactive transité par la source principale.

P : la puissance active appelée par la charge.

$Q = P.tg\,j$ et $Q' = P.tg\,j'$

La puissance des condensateurs à installer sera égale à

$$Qb = Q - Q' \qquad (I.22)$$

$$Qb = P(tg\,j - tg\,j') \qquad (I.23)$$

les valeurs de $\cos j$ et de $tg\,j$ évoluent avec le temps il convient d'utiliser des valeurs moyennes de ces dernières pour l'utilisation de la formule (I.23).

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

I-8 LES MOYENS DE COMPENSATION :

Il y a plusieurs sources qui sont capables de produire de l'énergie réactive, ce qui permet de les utiliser comme des moyens de compensation d'énergie réactive et peut les classer comme suit :

- Les compensateurs rotatives: qui sont les moteurs synchrones.
- Les compensateurs statiques: qui sont les batteries de condensateurs

I-9 DIFFERENT TYPE DE COMPENSATION :

I-9-1 Compensation shunt :

Les condensateurs de puissance sont les plus souvent installés en dérivation sur le réseau. C'est ce que l'or nomme " la compensation shunt ".

Pratiquement, ils sont connectés aux bornes du réseau suivant un couplage étoile ou triangle. Les condensateurs fournissent à la pulsation W 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.

En moyenne tension, les batteries sont installées par l'intermédiaire d'un disjoncteur sur le jeux de barres moyennes tensions des postes HT/MT. Ces batteries compensent les charges réactives locales et une partie des pertes réactives sur les réseaux en amont.

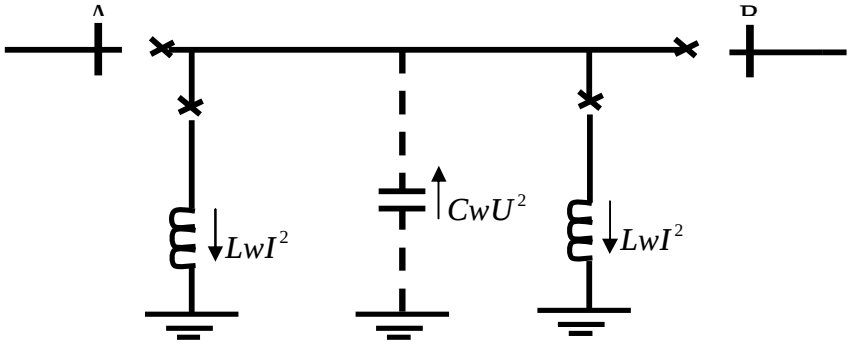


Figure I.5 : *Compensation Shunt.*

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

I-9-2 Compensation séries :

Les condensateurs sont placés en séries sur une ligne dont ils compensent la réactance.
La compensation série est employée sur certaines lignes à haute tension à la fois très longues et très chargées. Elle est justifiée par des considérations telle que la stabilité. Ce type de compensation est assez exceptionnel.
Mentionnons que les principaux problèmes résident dans la protection contre les surintensités qui traversent les batteries lorsqu'un court-circuit se produit sur la ligne où elles sont installées.

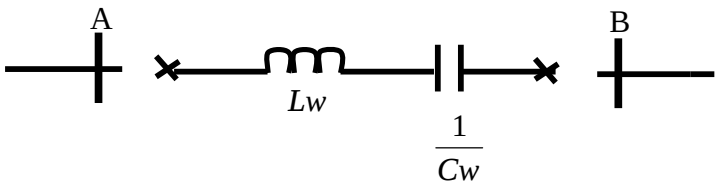


Figure I.6 : *Compensation série.*

I-10 CONCLUSION :

D'après ce chapitre nous faire une présentation sur la généralité et notion de base de la compensation classique et leur avantage, mais pour autre efficacité et amélioration dans le temps réel et pour une compensation dans un temps important et continue nous présente le compensation ou les system transmission flexible en courant alternative FACTS dans la prochaine chapitre.

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

CHAPITRE DEUX

FACTS

INTRODUCTION :

L'augmentation de la demande en énergie électrique a eu pour résultat, un rapide développement des réseaux électriques. Il existe différents domaines d'analyse des réseaux électriques, tels que la stabilité, le contrôle de la tension et de l'écoulement de puissance. La compensation de l'énergie réactive des ligne de transmissions modifie les caractéristiques électriques de manière à répondre à d'éventuelles demandes en charge. On trouve deux sortes de compensation : la compensation shunt et série. La compensation shunt est utilisée afin de contrôler la tension et la puissance transmise le long des lignes. La compensation série quand à elle, est utilisée dans le but de contrôler la transmise par la réduction ou l'augmentation de l'impédance de la ligne, cette compensation est employée dans le cas de longues lignes de transmissions.

Les méthodes traditionnelles de compensation réactive en régime permanent utilisent des capacités fixes ou des compensateurs synchrones. Ces méthodes de compensation ne sont pas très efficaces lors de l'apparition de sévère perturbation, ce qui affecte négativement le réseau.

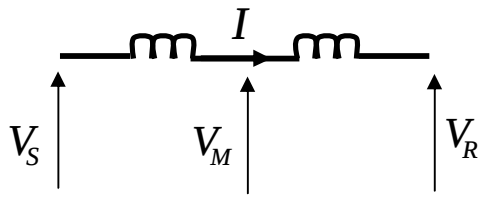
PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

II-1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES FACTS :

Nous nous intéressons qu'aux principaux dispositifs FACTS cités plus haut, ces derniers sont des compensateurs shunt, série et des déphaseurs. Pour cela nous prendrons l'exemple d'une ligne de transport dans laquelle sont insérés ces dispositifs.

II-1-1 Ligne de transport seul :

On considère une ligne de transport, que l'on peut décomposée en deux demi ligne d'impédance $\frac{X_L}{2}$.



V_S : Tension aux bornes de la source.

V_R : Tension aux bornes du récepteur.

V_M : Tension aux milieu de la ligne.

X_L : Impédance (réactance) de la ligne.

I : Courant de ligne.

On considère que les tensions à chaque extrémité de la ligne sont égale à V et que le déphasage entre elles est d_{12}. La puissance transmise sur la ligne, est alors donnée par l'équation (II.1) :

$$P = \frac{V^2}{X_L} \sin d_{12}. \qquad \text{(II.1)}$$

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

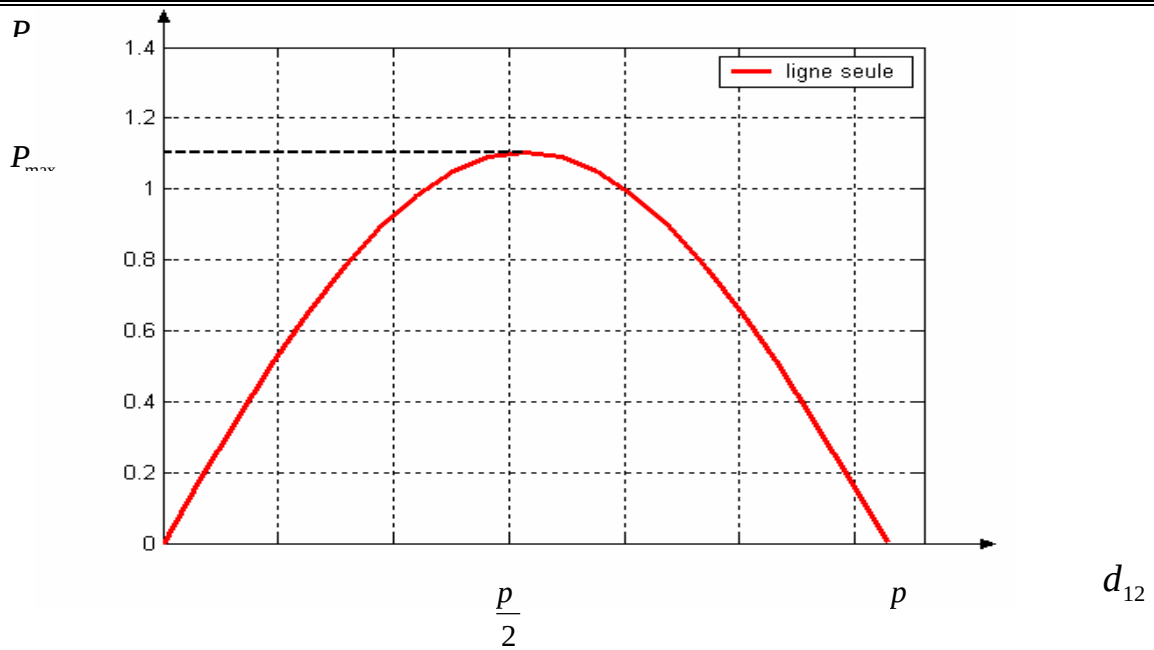


Figure II.1 : *Courbe de puissance en fonction de l'angle de transmission.*

Le transfert maximal de puissance transmissible sur la ligne est alors obtenu pour un déphasage d_{12} de $\frac{p}{2}$ (Figure II.1).

II -1-2 Compensation shunt par un compensateur d'énergie réactive :

On insère maintenant au milieu de la ligne un compensateur d'énergie réactive idéal. Ce dispositif permet de maintenir la tension V_M à la tension V, en contrôlant le flux de puissance réactive (Figure II.2). En effet, la chute de la tension à travers une ligne est donnée par la relation en négligeant le terme résistif de la ligne.

$$\Delta V = \frac{X_L Q}{V} \qquad (\mathbf{II}.2)$$

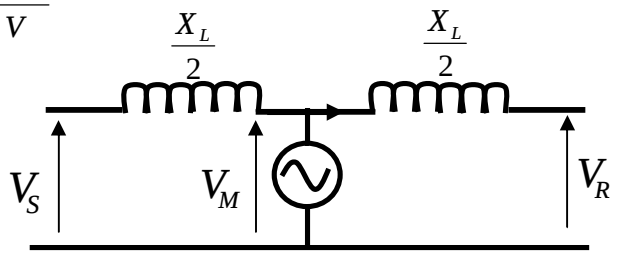


Figure II.3 : *Compensation shunt d'une ligne.*

L'équation (II.4) donne l'expression de la puissance transmise par la ligne compensée. On remarquera que la puissance maximal transite est doublée et est obtenu pour un déphasage $d = p$ (Figure II.4). Une compensation shunt permet donc de doubler le transit de puissance maximal d'une ligne.

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

$$P = \frac{2V^2}{X_L}\sin\frac{d_{12}}{2} \qquad \text{(II.3)}$$

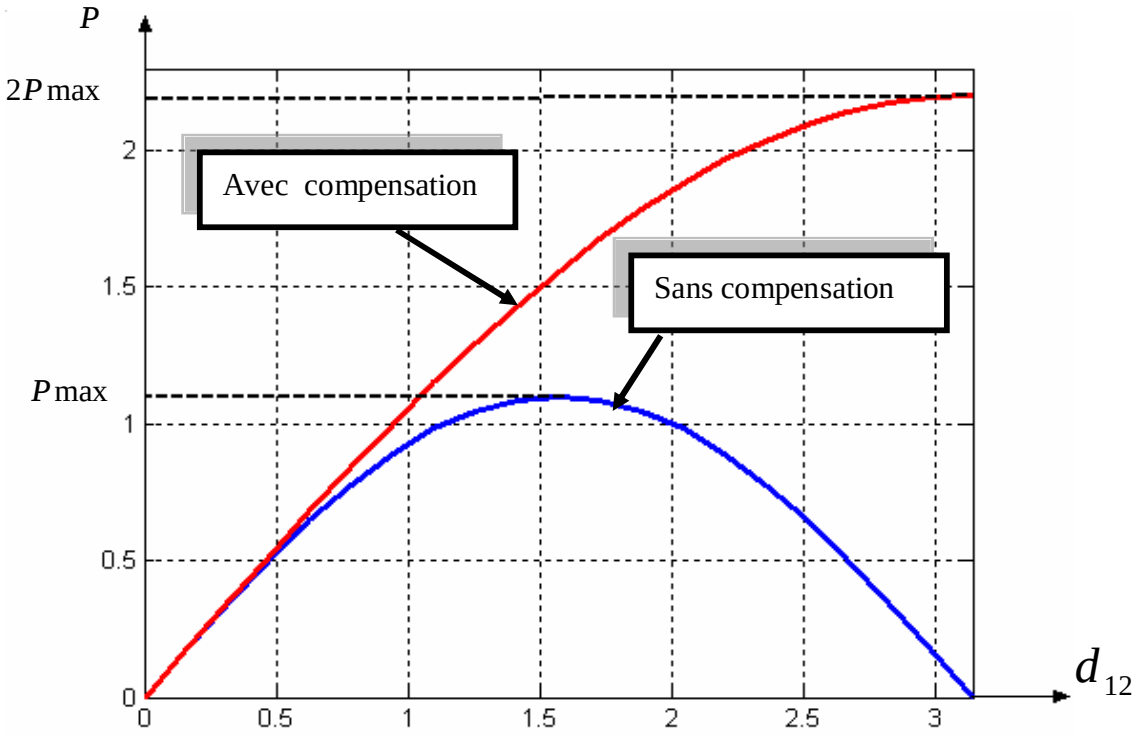


Figure II.4: *courbes de puissance avec et sans compensation shunt en fonction de l'angle de transmission.*

II-1-3 Principe de la compensation série :

Cette compensation a pour principe d'insérer une réactance sur la ligne toujours dans le but d'en augmenter la puissance transmissible. La ligne étant modélisée par une réactance de type inductif, on comprend aisément que l'on diminue cette réactance de type capacitif. En conservant le même modèle de ligne, on obtient la compensation série donnée par la (figure II.5).

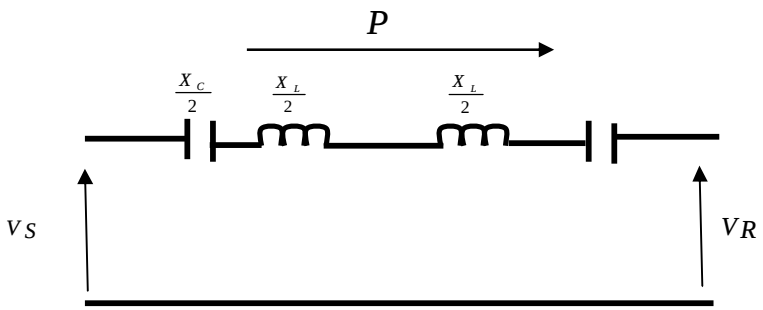


Figure II.5 : *Principe de la compensation série.*

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

La réactance introduite aura la valeur X_C , donnée par l'équation (II.4) :

$X_C = s.X_L$ (II.4) , s : est le degré de compensation $0 \leq s < 1$

L'impédance totale entre le récepteur et la source est maintenant donnée par l'équation (II.5).

La puissance transmise , exprimée par l'équation (II.6) est alors fonction du degré de compensation **s** (figure II . 6)

$$X_{total} = X_L - X_C = X_L(1-s) \quad \text{(II.5)}$$

$$P = \frac{V^2}{X_L(1-s)} \sin d_{12} \quad \text{(II.6)}$$

Avec ce type de compensation les condensateurs doivent , échanger de l'énergie réactive en quantité importance. Les propriétés sont similaires à celles de la compensation d'énergie réactive.

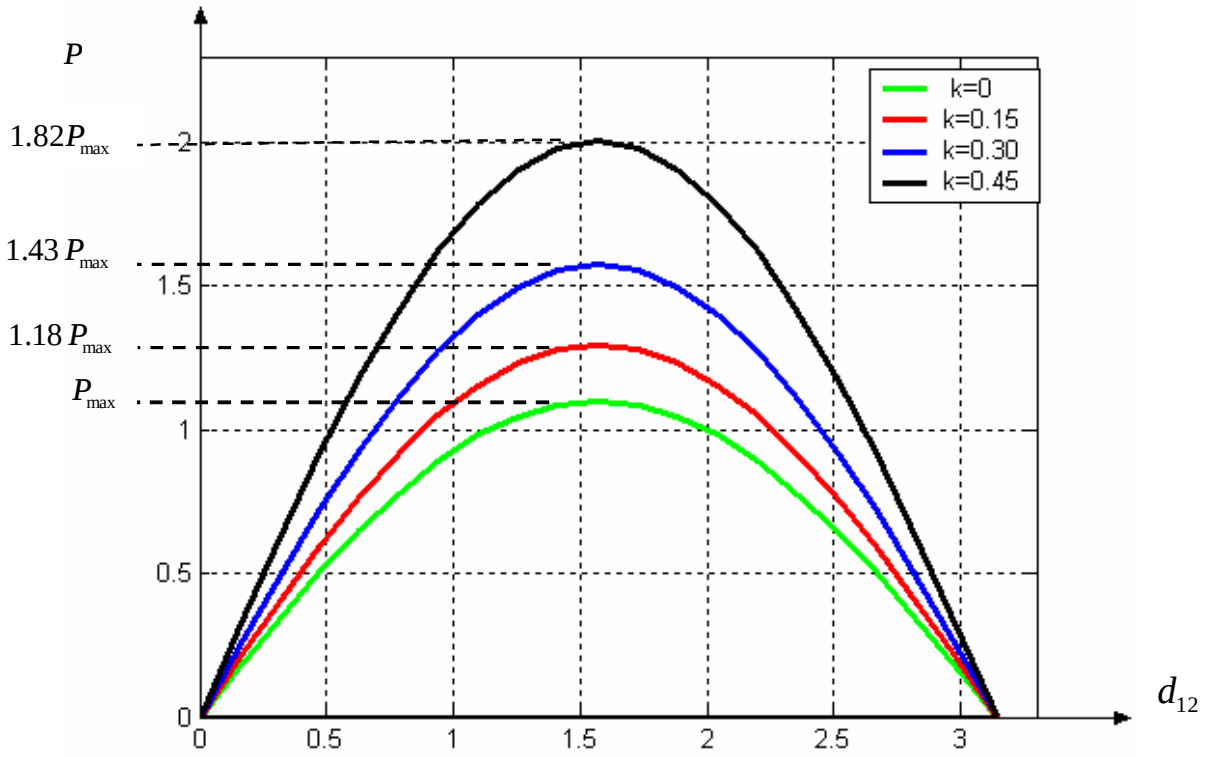


Figure II.6 : *courbe de puissance avec et sans compensation.*

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

II-1-4 La compensation par déphasage :

Le principe de cette compensation est basé sur l'insertion d'un déphaseur sur la ligne. Ce dispositif est modélise par une source de tension, d'amplitude et phase variables. On peut alors avoir en sortie du déphaseur une tension V_S de même amplitude qu'a l'entrée V_G mais déphasée de l'angle a (Figure II.7)

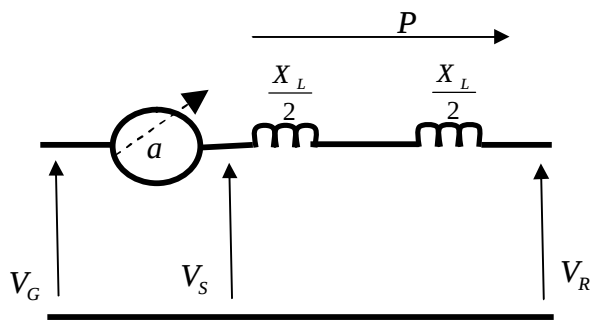


Figure II.7 : *Principe de compensation par déphasage.*

La puissance transmissible sur la ligne est alors fonction de l'angle déphasage a équation (II.7).

$$P = \frac{V^2}{X_L}\sin(d + a) \qquad \text{(II.7)}$$

Pour ce type de compensation, la puissance maximale n'est pas augmentée, mais le réglage de a permet le réglage transit de puissance. Ce dispositif fonctionne finalement comme une vanne électronique.

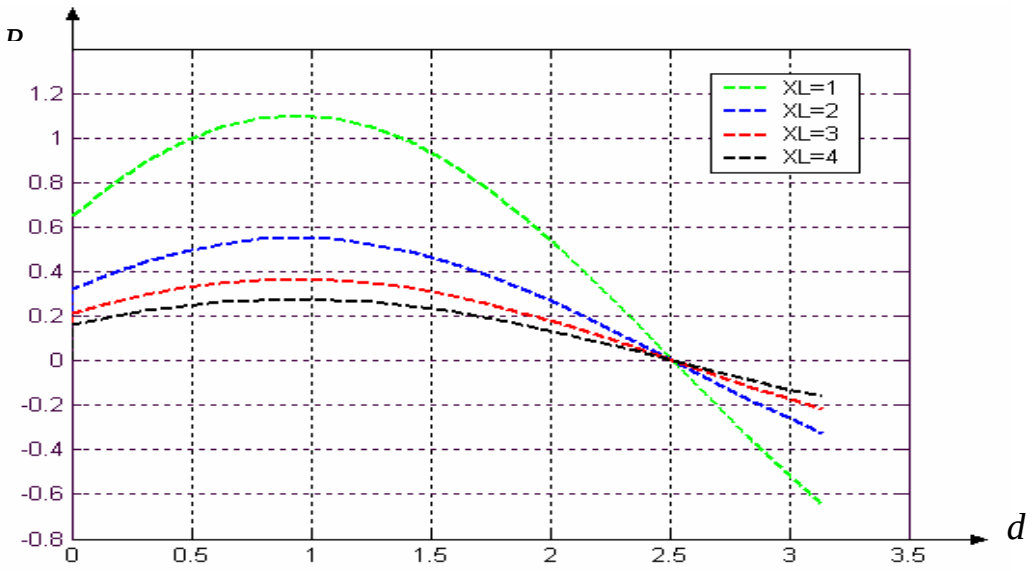


Figure II.8 : *compensation par déphasage pour* $a = p/5$.

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

II-2 RÉALISATION TECHNIQUE DES COMPENSATEURS :

Les principaux compensateurs présentés nous montrons maintenant les moyens techniques de réalisation. Diverse méthodes existaient bien avant le lancement du projet FACTS, mais l'évolution des composants de l'électronique de puissance tel que les GTO (Gate tured-off : thyristor à ouverture par la gachette).
Ont permis d'introduire de nouvelles structures que nous développerons ci-dessous, en particulier les solutions technologiques de la compensation shunt.

II-2-1 Compensation shunt :

Le compensateur d'énergie réactive a déjà fait ses preuves sous la forme d'une machine synchrone couplée au réseau et fonctionnant à vide. La puissance active alors consommée est uniquement liée aux pertes des machines. Le réglage du transfert d'énergie réactive se fait par le biais de l'excitation de la machine.
Ce principe de réglage, outre les nuisances sonores, nécessite un coup d'investissement initial et d'entretien non négligeables. Par ailleurs, l'inertie de la machine implique des temps de réponse conséquents.

Des inductances et des condensateurs commandés par des interrupteurs mécaniques ont été largement utilisés et le demeurent encore. Ce sont tout simplement des l'inductances ou des batteries condensateurs qui sont connectées au réseau en fonction de l'énergie réactive que l'on veut absorber ou fournir. Cette technique ne permet pas un réglage fin, et n'a pas un temps de réponse suffisamment rapide pour compenser de fortes variations d'énergie, de plus, les parties mécaniques demandent une importante.

II-2-1-1 Compensation par SVC (Static Var Compensator) :

II-2-1-1-1 Définition :

Compensateur statique de puissance réactive rapide peut fournir en continu la puissance réactive nécessaire pour contrôler les fluctuations dynamiques de la tension sous différentes régimes de fonctionnement et ainsi améliorer les performances de réseaux de transport et de distribution d'énergie électrique. L'installation d'un compensateur statique de puissance réactive en un ou plusieurs points spécifiques du réseau peut accroître la capacité de transit et réduire les pertes tout en maintenant un profile de tension régulier sous différents régimes. De surcroît, un

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

compensateur statique sa puissance réactive peut atténuer les oscillation des amplitudes de tension.

Pour avoir un temps de réponse plus rapide et pour éliminer les parties mécaniques les RCT (Réactances commandés par thyristor) a fait leur apparition vers la fin de années soixante. Elles sont constituées d'une inductance en série avec un gradateur (deux thyristors tête-bêche). Chaque thyristor conduit pendant moins demi-periode de la pulsation du réseau .Le retard à l'amorçage a permet de régler l'énergie réactive absorbée par le dispositif.

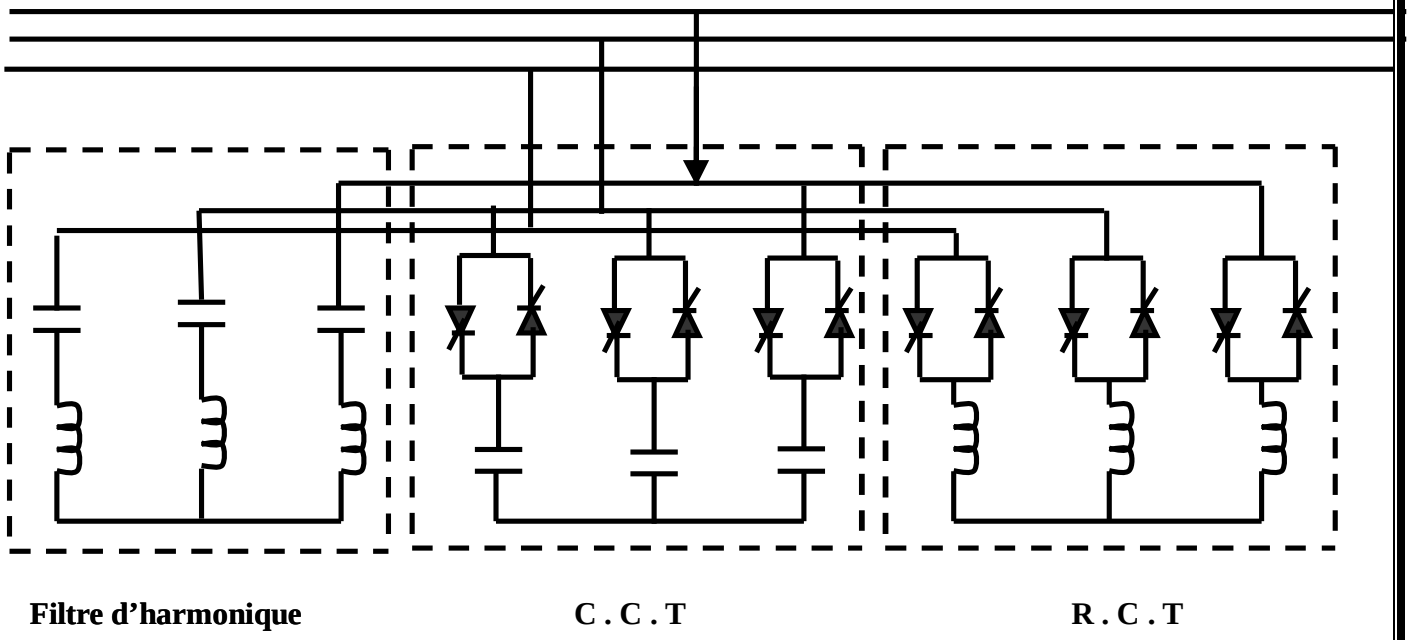


Figure II.9*: *schéma du SVC

II-2-1-1-2 Principe de fonctionnement :

La figure (II.10) donne une représentation schématique monophasée d'un compensateur statique. Il est composé d'un condensateur avec une réactance capacitive X_C et d'une bobine d'inductance avec la réactance X_L

Ce système utilise l'angle d'amorçage a des thyristors pour contrôler le courant dans la réactance alors que le contrôle de la puissance réactive par cette méthode est rapide et d'une façon contin.

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

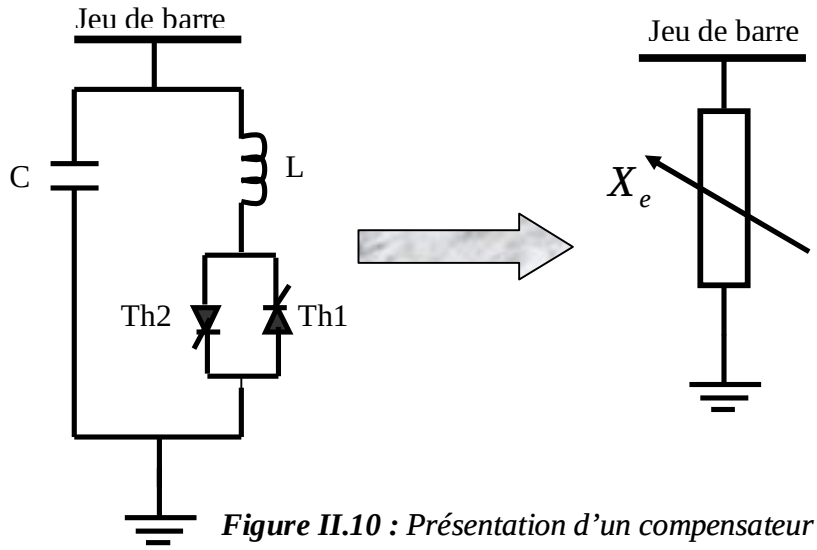


Figure II.10 : *Présentation d'un compensateur SVC.*

La figure (II.11) donne les formes d'onde du courant. Le schéma de figure (2.9) est en étoile mais pour éliminée les harmonique de rang (3, 9, 15,…….) ces dispositifs sont dans la pratique connectés en triangle. Pour limitée la pollution harmonique du réseau. On peut encore éliminée les harmoniques de rang (5, 7, 17, 19,…..) en connectant deux secondaires d'un transformateur, ceux-ci décalés de trente degré (3

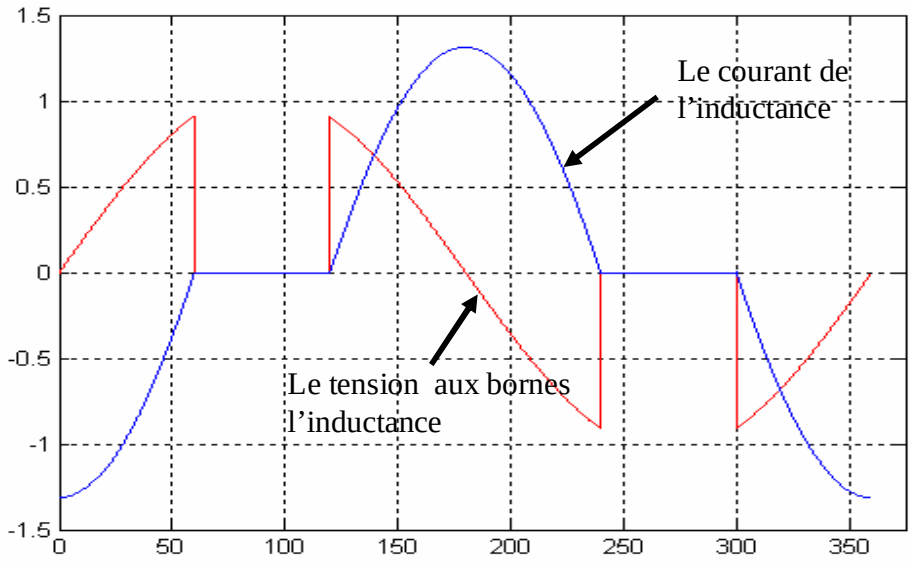


Figure II.11 : *forme d'onde du courant dans un RCT .*

Le RCT ne peut absorbée que de l'énergie réactive, puisque il est constitue d'élément inductifs. C'est pour cela que l'on associe ses dispositifs avec des bancs de condensateur commandé par thyristor (CCT) qui fournit de l'énergie réactive au réseau. Des thyristors

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

fonctionnement cette fois en pleine conduction (une période complète de la pulsation du réseau). Le réglage de l'énergie absorbée par RCT, le bilan global est la somme de deux énergies.

Ce dispositif est associé à des filtres LC accordés sur les harmoniques à éliminer l'association de ces dispositifs RCT, CCT, bancs des capacités fixes et filtres d'harmoniques constitue le compensateur hybride, plus connu sous le nom de SVC dont le premier dispositif à été installé en 1979 en Afrique de Sud. La caractéristique statique de SVC est donnée par la figure (II.12) trois zone sont distinctes :

- Pour $V_{MIN} \leq V \leq V_{MAX}$: est une zone de réglage où l'énergie réactive est une combinaison des CCT et RCT .
- Pour $V > V_{MAX}$: est une zone où le RCT donne son énergie maximale (butée de réglage). Les condensateurs sont déconnectés.
- Pour $V < V_{MIN}$: est une zone où seule les capacités sont connectées au réseau.

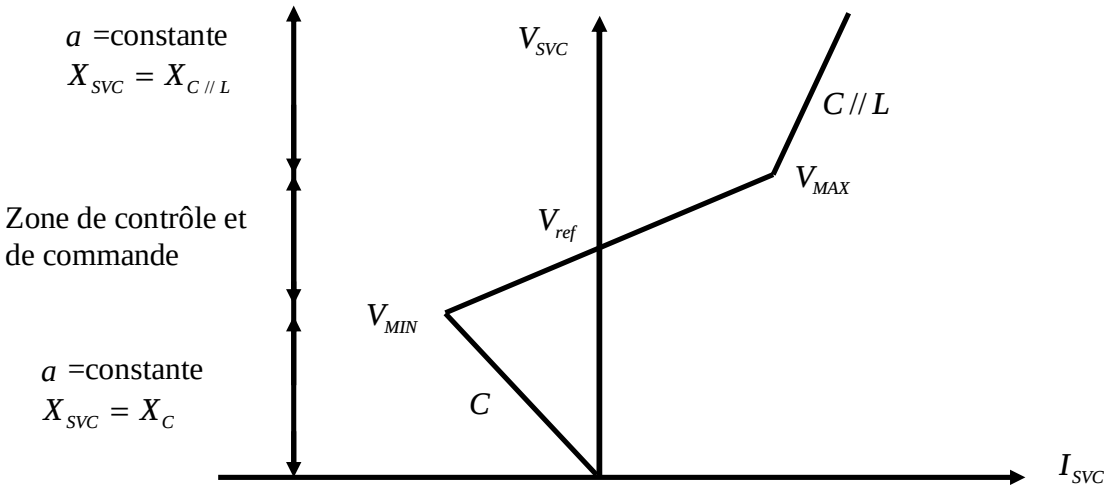


Figure II.12 : *fonctionnement du compensateur statique.*

Exemple de SVC :

- 160 SVC utility inst. since 1975
- In service today > 32 000 MVA
- 500 MVA in manufacturing

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

II-2-1-2 Le STATCOM (Static Compensator) :

Le STATCOM (Statique Compensateur) a connu jusqu'à maintenant différentes appellations, CSERA (Compensateur statique d'énergie réactive de type avancé). ASVC (Advanced Static Var Compensator). SVG (Static Var Generator) et STATCON(Static Condenser). Son principe de fonctionnement est similaire à celui du compensateur synchrone. Les tensions de sortie sont générées par un onduleur au lieu d'être créées par un groupe tournant. Le schéma de STATCOM est donné par la figure (II.13).

Le STATCOM peut être conçu pour agir également en tant que filtre actif pour absorber les harmoniques du système.

Ce principe a pu être mis en œuvre grâce à l'évolution des composants de l'électronique de puissance, et surtout grâce à l'apparition des GTO forte puissance.

Les cellules de commutation sont bidirectionnelles, c'est -à –dire formés de GTO et de diodes en antiparallèle.

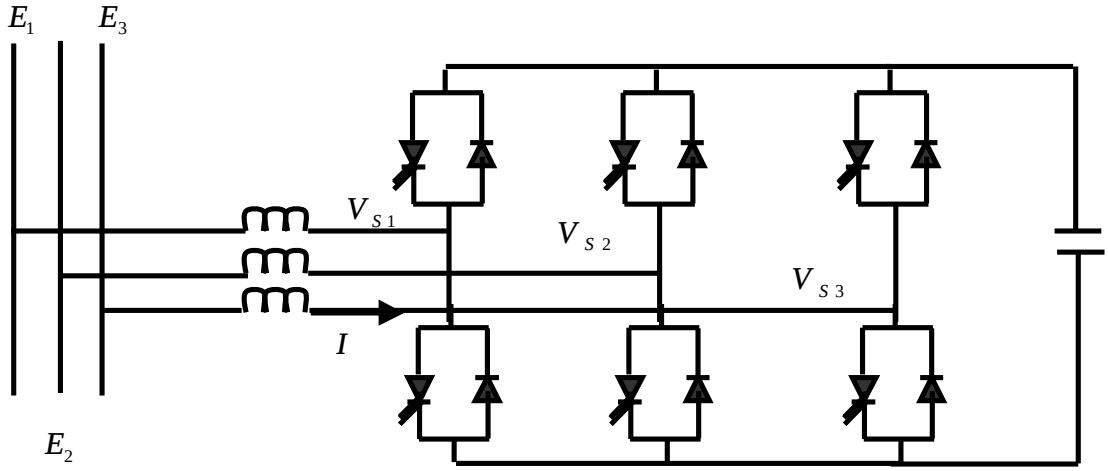


Figure II.13 : *Structure de STATCOM.*

Le rôle de STATCOM est d'échanger d'énergie réactive avec le réseau.

Pour ce faire, l'onduleur est couplé au réseau par l'intermédiaire d'une inductance triphasée, celui-ci est en général l'inductance de fuite du transformateur de couplage.

L'échange d'énergie réactive se fait par le control de la tension de sortie de l'onduleur V_S, laquelle est en phase avec la tension du réseau E.

Le fonctionnement peut être décrit de façon suivante :

- Si $V_S < E$, le courant circulant dans l'inductance est déphasé de $+\frac{p}{2}$ par rapport à la tension E et le courant est capacitif (Figure II.14-a).

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

Ø Si $V_S > E$, le courant circulant dans l'inductance est déphasé de $-\frac{p}{2}$ par rapport à la tension E et le courant est capacitif (Figure II.14-b).

- Si $V_S = E$, le courant circulant dans l'inductance est nul, il n'y a pas d'échange d'énergie.

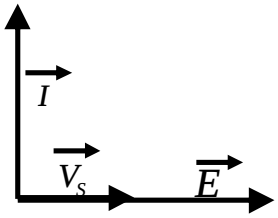


Figure II.14.a : *Courant capacitif.*

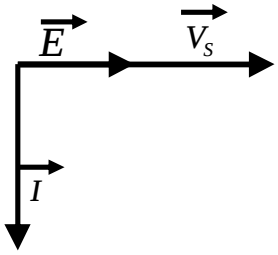


Figure II.14.b : *Courant inductif.*

On considère dans ce fonctionnement que les tensions sont triphasées et équilibrée. Par ailleurs, l'amplitude de la tension de sortie V_S est proportionnelle à la tension continue aux bornes du condensateur.

D'avantage de ce dispositif est pouvoir échange de l'énergie avec un comportement inductif et capacitif uniquement a l'aide d'une inductance.

Contrairement au SVC, il n'y a pas d'élément capacitif qui peut entraîner des résonances avec les éléments inductifs. La caractéristique statique de ce convertisseur est donnée par la figure (II.15) ce dispositif à l'avantage de pouvoir fournir un courant constant important même lorsque la tension E diminue, contrairement au SVC.

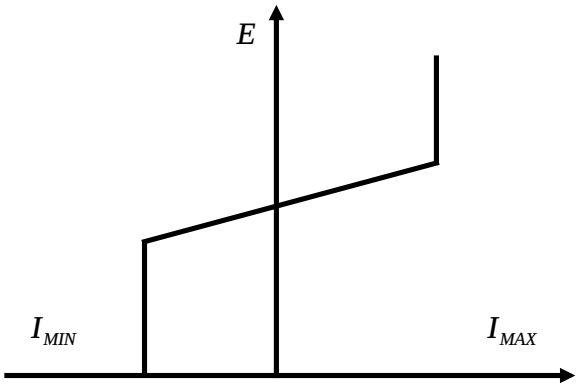


Figure II.15 : *Caractéristique statique du STATCOM.*

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

II-2-2 Les systèmes de compensation série :

Le principe de ces compensateurs est de modifier l'impédance de la ligne de transport en insérant des éléments en série avec la ligne. Pour modifier l'impédance d'une ligne essentiellement inductrice. On insère de éléments capacitifs. On va bien sur chercher à contrôler l'impédance de la ligne, en utilisent des condensateurs séries réglables.

II-2-2-1 Le compensateur série commande par thyristor (TCSC : Thyristors Controlled Séries Compensator) :

Le TCSC est composé d'une inductance en série avec un gradateur à thyristor, le tout en parallèle avec un condensateur. Cet ensemble est inséré sur la ligne de transmission (Figure II.16).

Où

X_C : est l'impédance du condensateur du TCSC.

X_I : est l'impédance du l'inductance du TCSC.

X_L : est l'impédance de la ligne.

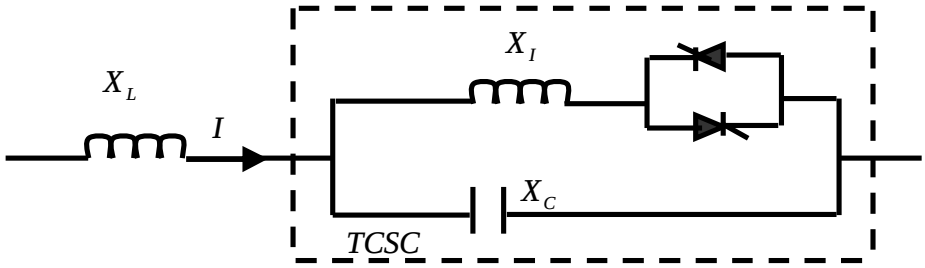


Figure II.16 : *Insertion d'un TCSC sur une ligne.*

Ce dispositif a trois modes de conduction :

1- Les thyristors ne sont pas commandés, l'impédance du dispositif est alors X_C

2- Les thyristors sont commandés en pleine conduction, l'impédance équivalente est égale à l'impédance du condensateur X_C en parallèle avec l'impédance de l'impédance de l'inductance X_I.

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

3- Les thyristors sont en conductions partielles, l'impédance du dispositif est donc fonction de l'angle de retard a l'amorçage a (Figure II.17).

On remarque qu'il y'a une zone ou l'impédance n'est pas déterminée.

L'avantage du TCSC est d'obtenir une impédance variable avec un temps de réponse intéressant. Mais il peut engendre des instabilités s'il est commandé prés de la résonances.

Ce type de compensateur est apparu au milieu des années 80.

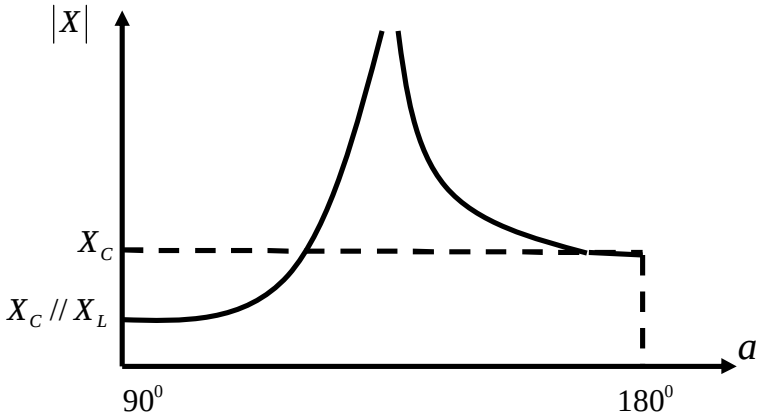


Figure II.17 : *Impédance du TCSC en fonction de l'angle d'amorçage des thyristors.*

A la réactance variable tel qu'un RCT (Réactances Commandées par Thyristor) et relier a travers un condensateur en série. Quand l'angle d'amorçage de RCT est de 180 degrés, le réacteur devient non conduire et le condensateur en série a sa impédance normale. Pendant que l'angle est avancé de 180 degrés, l'impédance capacitive augmentée. A l'autre extrémité, quand l'angle d'amorçage de RCT est de90 degrés, le réacteur devient entièrement conduisant, et toute impédance devient inductive, par ce que l'impédance de réacteur est conçue pour être beaucoup inférieure au condensateur en série impédance. Avec 90 degré, le TCSC aide en limitant le courant de défaut.

Inductive de série sans a –coup variable.

Quand l'angle d'amorçage du RCT est de 180 degrés, lui des arrêts conduisant, et les actes non contrôlés de réacteur comme limiteur de courant de défaut.

II-3 LES AVANTAGES DE LA TECHNOLOGIE DES DISPOSITIFS FACTS :

- Contrôle le transit de la puissance active.
- Augmente la sécurité du système énergétique (augmentation de la limite de la stabilité transitoire, amortissement des oscillations …)
- Réduit le transit de l'énergie réactive.

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

- Optimise les puissances générées, donc réduit le coût de production de l'énergie.

Améliorée l'interconnexion et l'échange énergétique.

CHAPITRE III

MODÉLISATION DES DISPOSITIF SVC

INTRODUCTION :

Les dispositifs FACTS ils sont capable de réaliser plusieurs fonctions, telles que : augmentation de la capacité de transfert, renforcement de la stabilité et amélioration économique du réseau électrique.

L'implantation d'un dispositif nécessite une nouvelle méthode d'études et d'analyses des réseaux électriques.

Dans ce chapitre, nous donne une exemples du modèle utilisée au l'implantation de dispositif dans le réseau SVC.

III-1 CARACTERISTIQUE D'UN COMPENSATEUR STATIQUE SVC:

III-1-1 Caractéristique en V d'un compensateur statique : [4]

Ajustons l'angle a des thyristors commandant la branche inductive à 90^0, de façon à obtenir la pleine conduction. Le courant est alors à sa valeur maximal, la droite $L//C$ (figure (III.1)) montre la relation entre la tension U et le courant I_{SVC}.

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

$$I_{SVC} = \frac{U}{X_L // X_C}(A) \qquad \text{(III-1)}$$

$$Q = \frac{U^2}{X_L} - \frac{U^2}{X_C}(\text{var}) \qquad \text{(III-2)}$$

Lorsque l'inductance est débranchée alors l'angle des thyristors est 180^0 et que le condensateur est en service, le courant total par phase sous une tension U est égale $\frac{U}{X_C}$.

La coutume est d'apposer un signe (-) à ce courant capacitif pour le distinguer du courant inductif. La relation entre le courant et la tension est alors une nouvelle droite, désignée C (figure (III.1)).

$$I_{SVC} = \frac{U}{X_C} \qquad \text{(III-3)}$$

$$Q = -\frac{U^2}{X_C} \qquad \text{(III-4)}$$

Les droites $L//C$ et C forment ensemble une ‹‹ courbe en V ›› qui correspond aux limites inductive et capacitive du compensateur statique.

Cette figure pour $X_C = 2 * X_L$

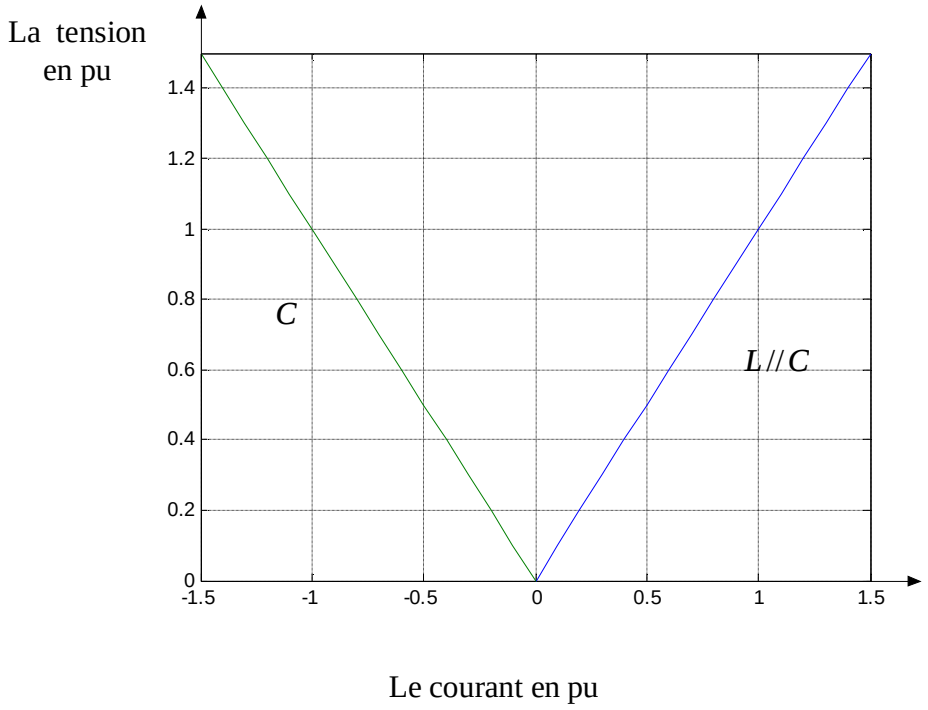


***Figure* III.1 :** *la caractéristique en V d'un SVC.*

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

D'après cette courbe, on a un courant capacitif lorsque le condensateur est en service et l'inductance est débranchée donc le montage génère une puissance réactive et cette puissance est en fonction de la capacité du condensateur et de la tension. Lorsque les deux sont en service le montage génère ou consomme une puissance réactive.

III-1-2 Caractéristique $Q_{SVC}(I)$ d'un SVC :

Pour fixer le signe de la puissance réactive Q. Le compensateur est considéré comme un consommateur. La puissance réactive Q est positive lorsqu'elle est absorbe par le compensateur (comportement inductif). Si par contre le compensateur fournit de la puissance réactive (comportement capacitif), cette dernier est considérée comme étant négative, aussi bien une courant I. Ces relations sont prises en compte sur la figure(III.2). Par conséquent, suivant les exigences imposées par les consommateurs et les lignes de transmission dans une sous-station, la puissance réactive Q doit varie entre une certaine valeur inductive Q_L et une certaine valeur capacitive Q_C, avec

$$Q_C = \frac{U^2}{X_C} \qquad \text{(III-5)}$$

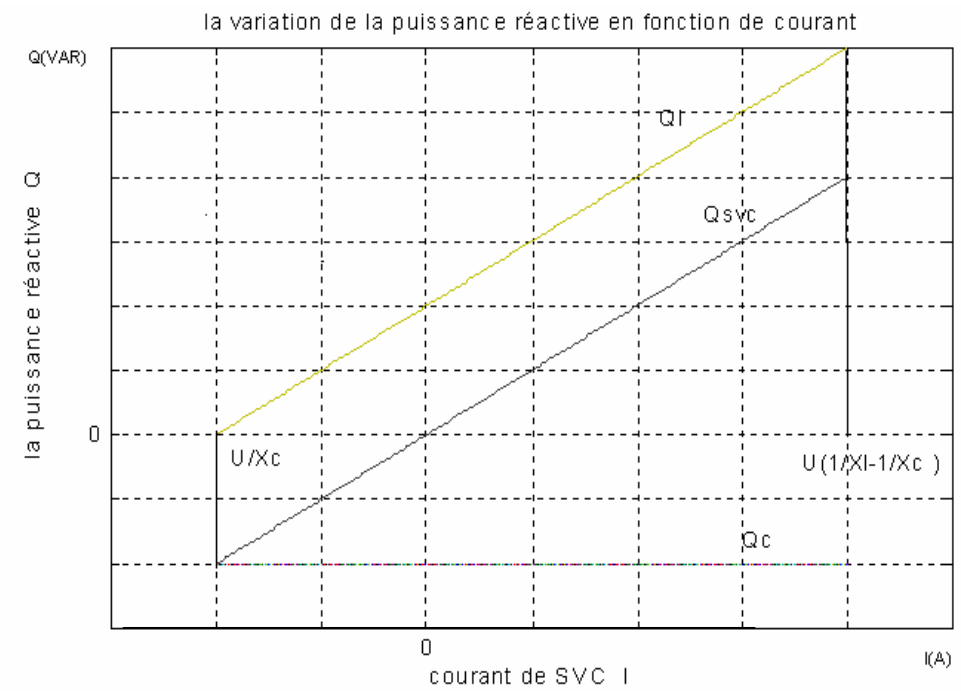


Figure III.2 : *Variation de la puissance réactive en fonction du courant.*

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

III-2 MODÉLISATION DU COMPENSATEUR STATIQUE : [5],[6]

III-2-1 Introduction :

Les modèles de SVC les plus courants sont des modèles statiques, car conçus pour des logiciels de répartition de charges. Lesquels sont destinés à des études statiques de réseau. Ils sont constitués d'éléments de réseaux : réactances, susceptance, nœuds, etc…

Le modèle statique est constitué d'une susceptance B_e reliée entre le nœud de charge et le potentiel nul. La susceptance est définie comme la partie imaginaire de l'admittance.

III-2-2 Modélisation de SVC :

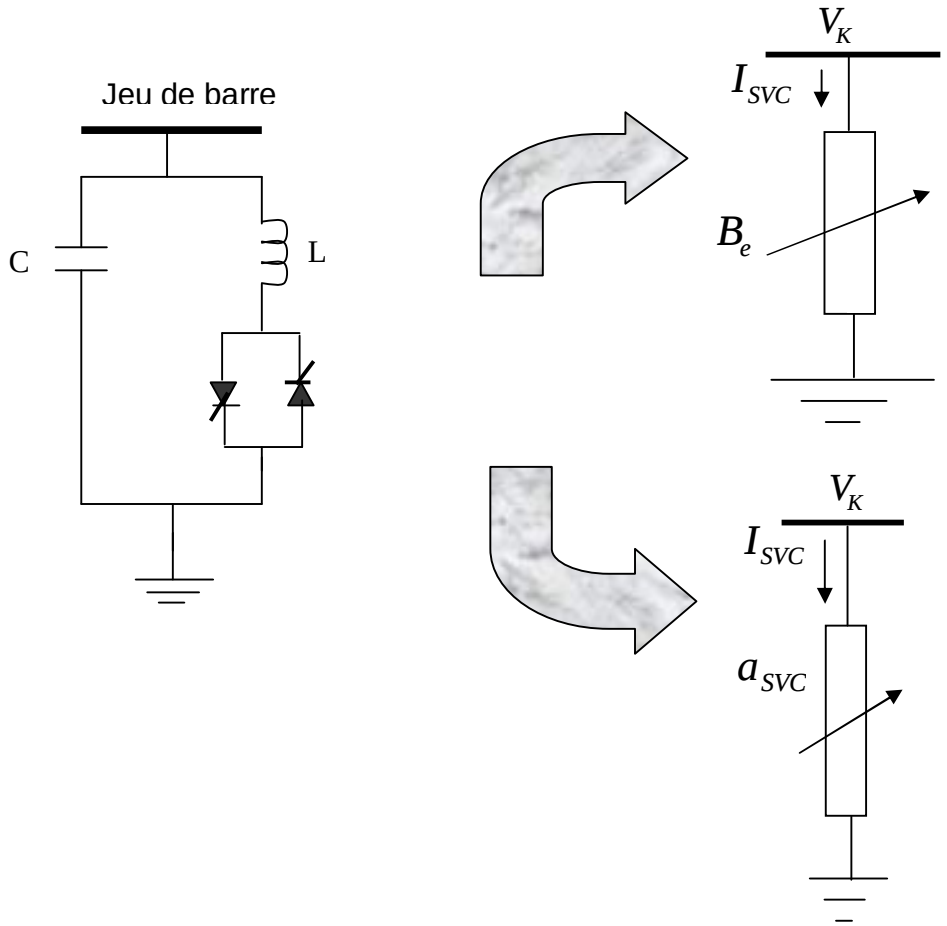


Figure III.3: *Présentation d'un compensateur SVC.*

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

III-2-3 Modèle du compensateur shunt SVC :

On définit B_e la susceptance de SVC $B_e = \frac{1}{X_e}$

$$B_e = \frac{\sin(2a) - 2a + p\,(2 - \frac{X_L}{X_C})}{pX_L} \Rightarrow \qquad (III.6)$$

$$X_e = \frac{pX_L}{\sin(2a) - 2a + p\,(2 - \frac{X_L}{X_C})}$$

Avec $V = V_{ref} + X_{SL} I$ (III-7)

Et X_{SL} = {±5% où ± 2%} de la valeur de V_{ref} [1].

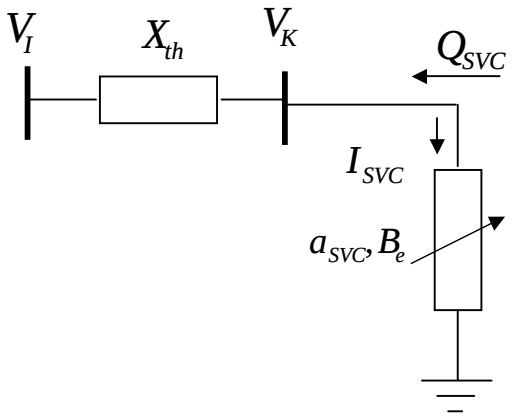
III-2-3-1 Les équations de SVC :

Les équations qui décrits le comportement du SVC dans le réseau sont :

$$V_I - V_{REF} + X_{SL} V_K B_e = 0$$

$$Q_{SVC} - V^2{}_K B_e = 0$$

$$pX_C X_L B_e + \sin 2a + p\left(2 - \frac{X_L}{X_C}\right) = 0$$



Représentation du circuit de base pour le compensateur SVC

Avec a représente la variation de l'angle d'amorçage des thyristors : a compris entre [90^0 et 180^0].

La figure (III.4) représente le Schéma bloc du compensateur SVC.

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

La figure (III.5) représente l'organigramme de la variation de l'angle d'amorçage en fonction de la tension à régler.

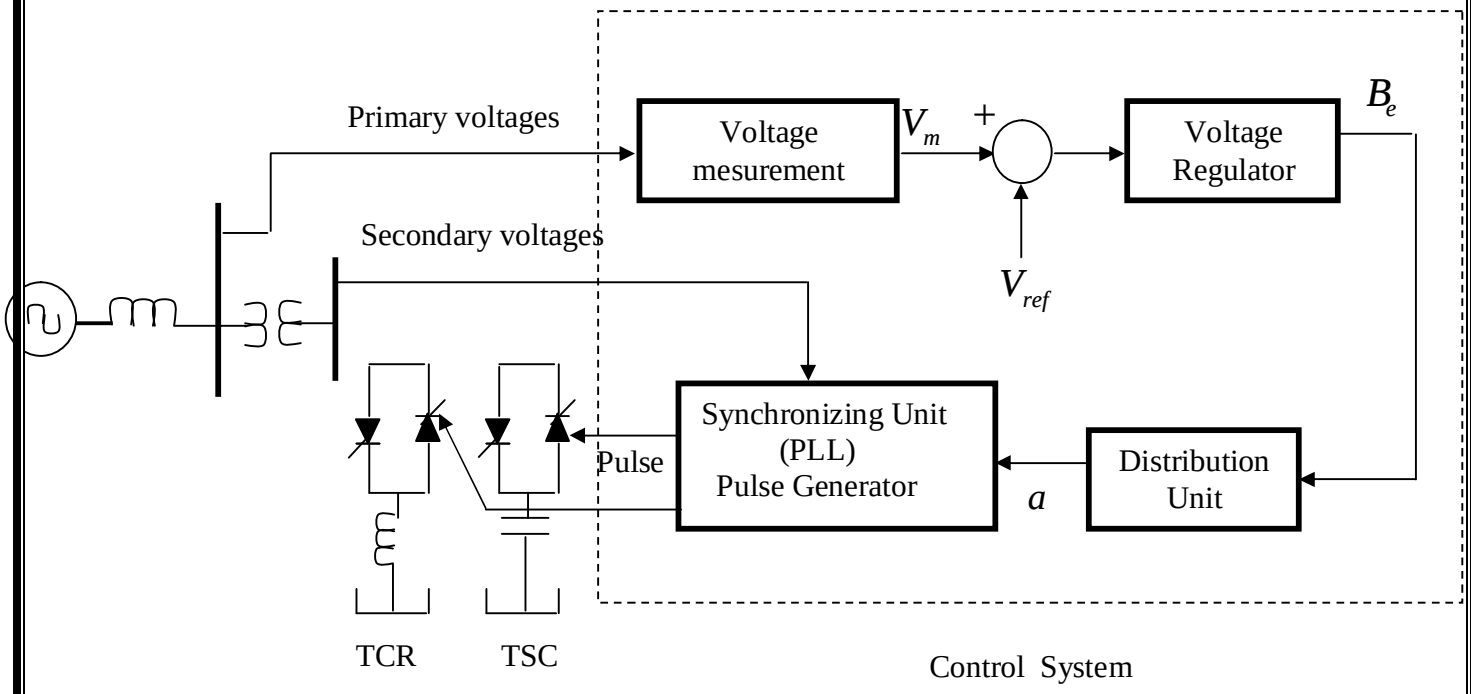


Figure III.4: *Schéma bloc du compensateur SVC.*

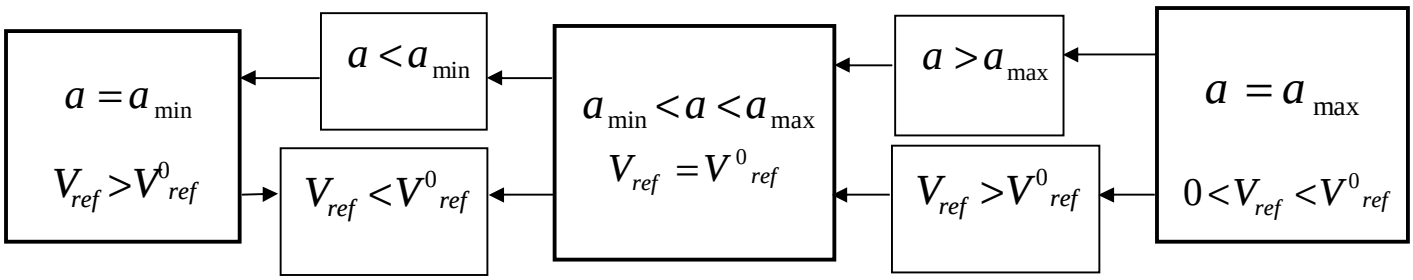


Figure III.5 : *Organigramme représentant la variation de l'angle d'amorçage.*

La réactance contrôler par les thyristors est en fonction de X_L, X_C, a . On peut tracer la courbe de $B_e = f(a)$, si $X_C = 1(pu)$, $X_L = 0.5(pu)$.

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

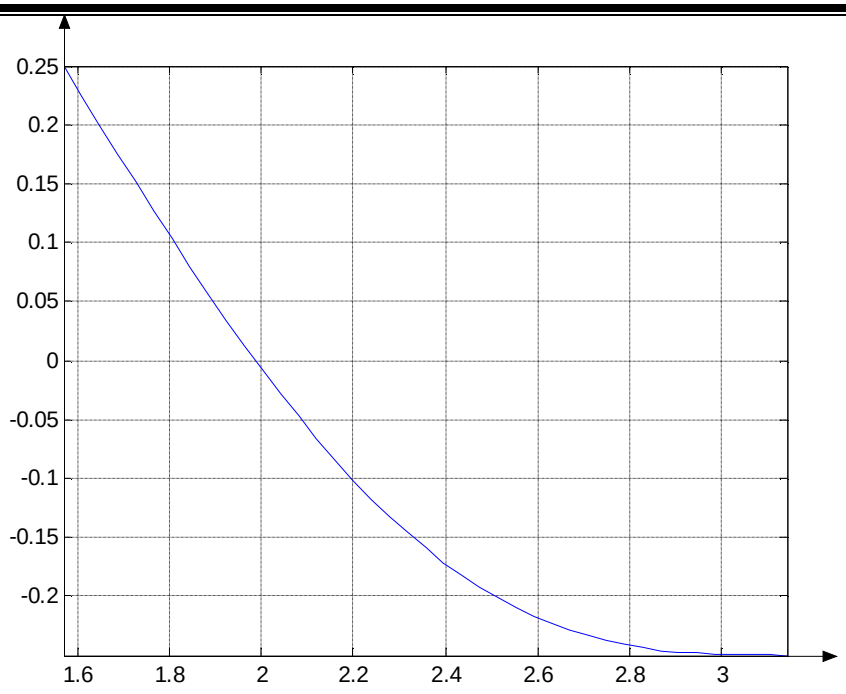


Figure III.6 : *la variation de la susceptance en fonction de l'angle d'amorçage.*

On remarque que B_e change de signe lorsque a varie (Figure (III.6))

- Pour certains valeurs de a , B_e est positif, donc le montage fonctionné en mode inductif.
- Pour les autres valeurs, B_e est négatif, donc le montage fonctionné en mode capacitif.
- Pour $a = a_0$, B_e est nulle donc le montage est représenté par une charge infinie.

Pour chaque valeur de X_L (X_C fixe), on obtient une caractéristique de B_e et pour choisir la première valeur il faut tenir compte de la nature de la charge à compenser et le type de ligne.

Par exemple :

Pour $X_L = 1(pu) = B_e \leq 0$, donc le SVC est toujours en mode capacitive.

Par contre $X_L \leq 1(pu)$,le <u>*SVC*</u> fonctionne en mode capacitive ou inductive, d'après L'angle a .

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

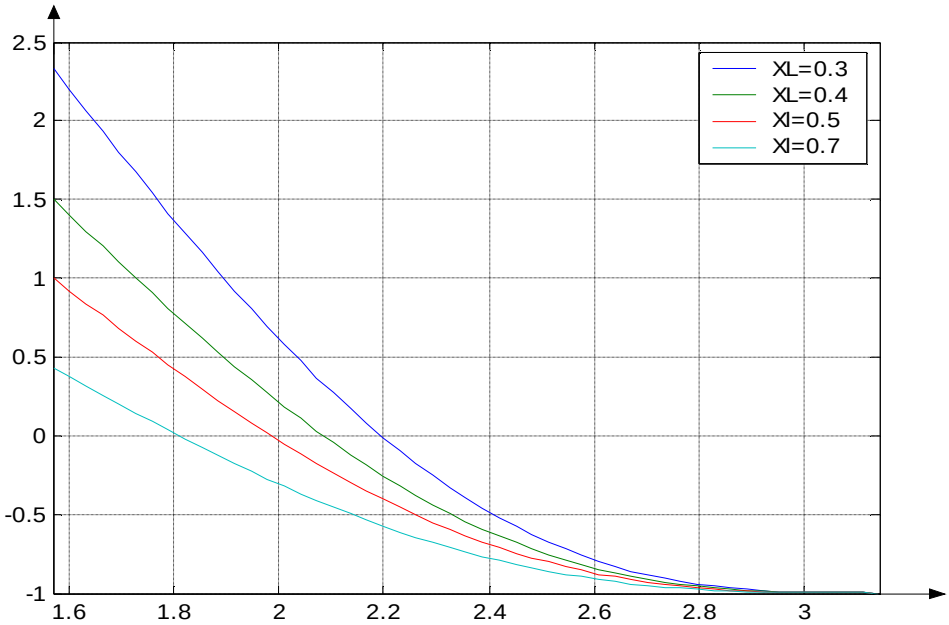


Figure III.7 : *Variation de la susceptance en fonction de l'angle a .*

III-3 L'IMPACT DU COMPENSATEUR SHUNT SVC SUR LE RÉGIME TRANSITOIRE (STABILITÉ DYNAMIQUE) :

Cette partie présente une analyse générale de la stabilité transitoire en présence d'un dispositif FACTS (SVC). Cette étude a été testée sur un réseau standard de 'Hydro Quebec Canada', constitue de 3 jeux de barres et de 2 générateurs (turbine hydraulique). Afin de comprendre l'impact de SVC sur la marge de stabilité transitoire un modèle simplifie a été employé. Les résultats de calcules ont été obtenus par une simulation sous l'environnement MATLAB (SIMULINK).

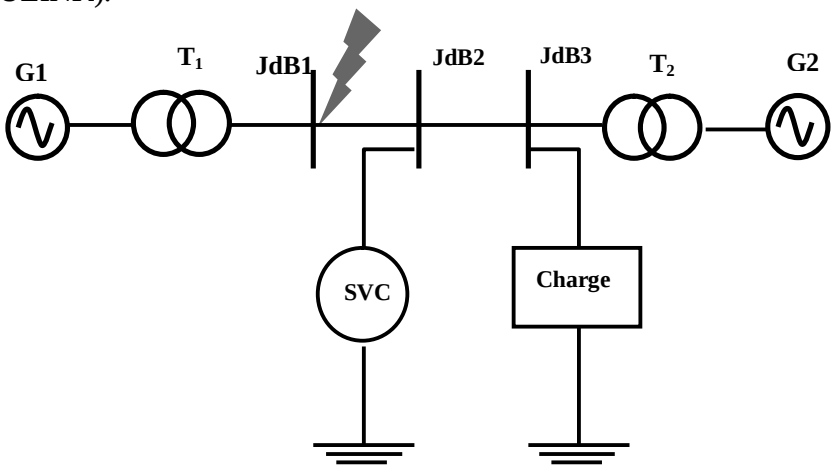


Figure III.8 : *Schémas unifilaire du réseau test de simulation Hydro-Quebec- Canada.*

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

III-3-1 Compensation sans SVC (Court-circuit triphasé a la terre) :

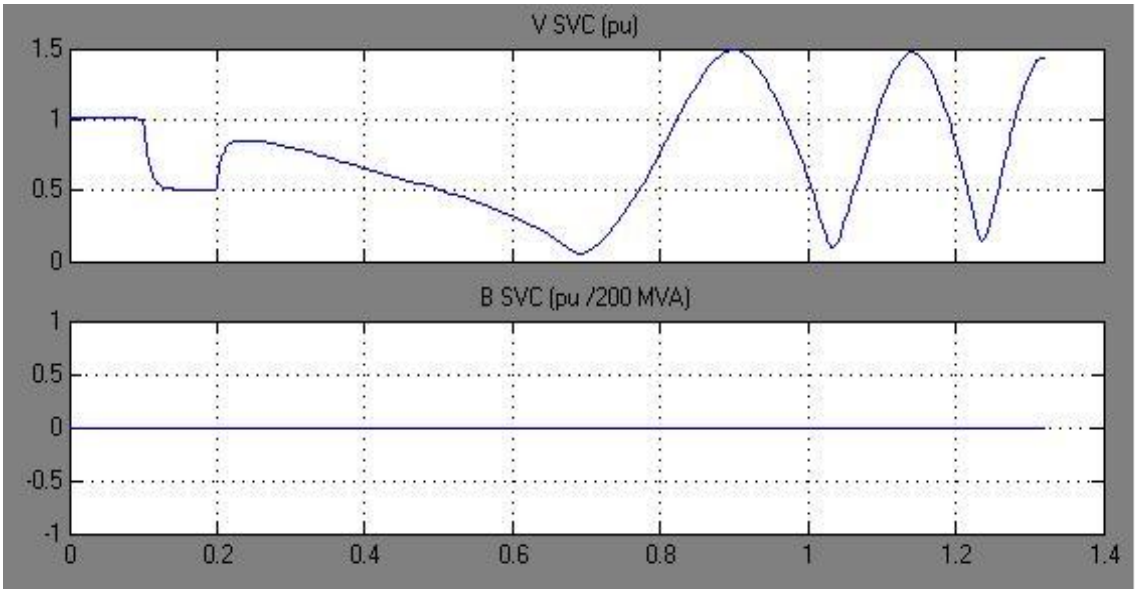


Figure III.9 : *Variation de la tension et la susceptance.*

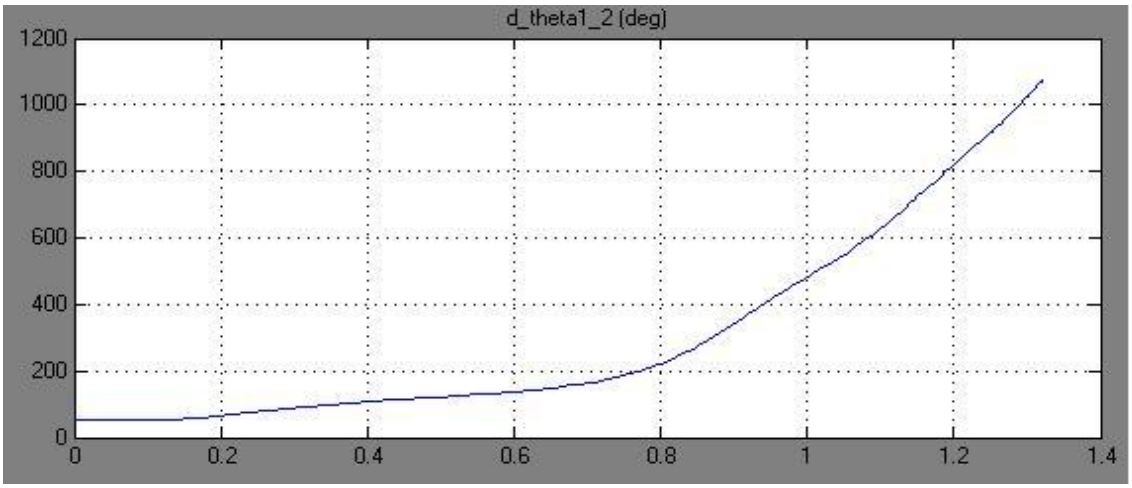


Figure III.10 : *Variation de l'angle de charge.*

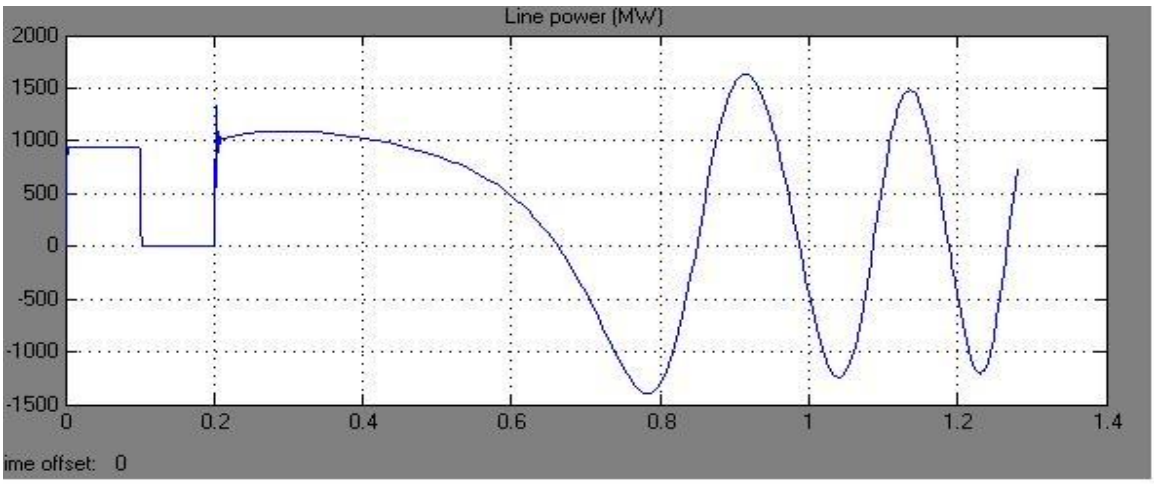


Figure III.11 : *Variation de la puissance maximale transitée.*

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

III -3-2 Compensation avec SVC (Court-circuit triphasé a la terre) :

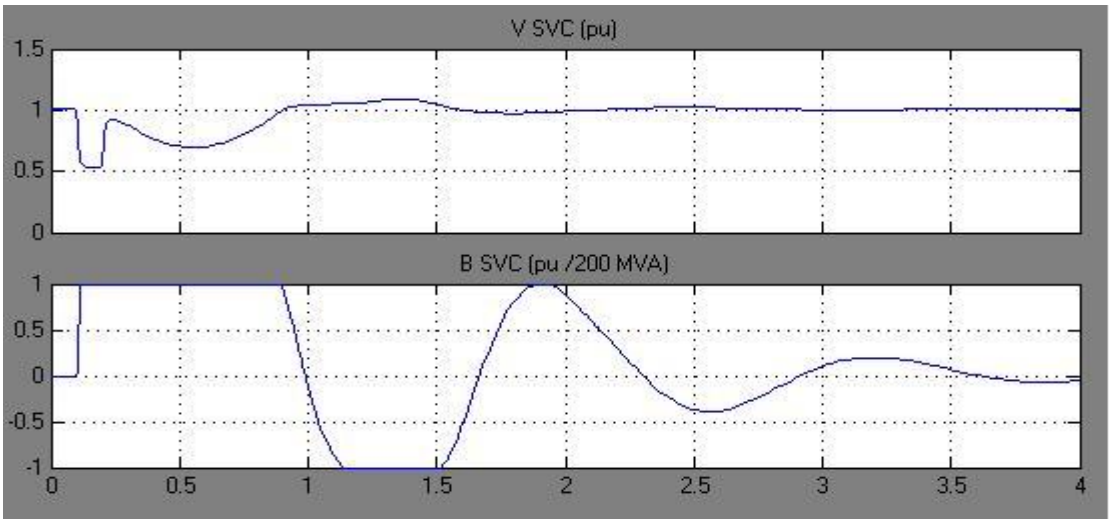


Figure III.12 : *Variation de la tension et la susceptance*

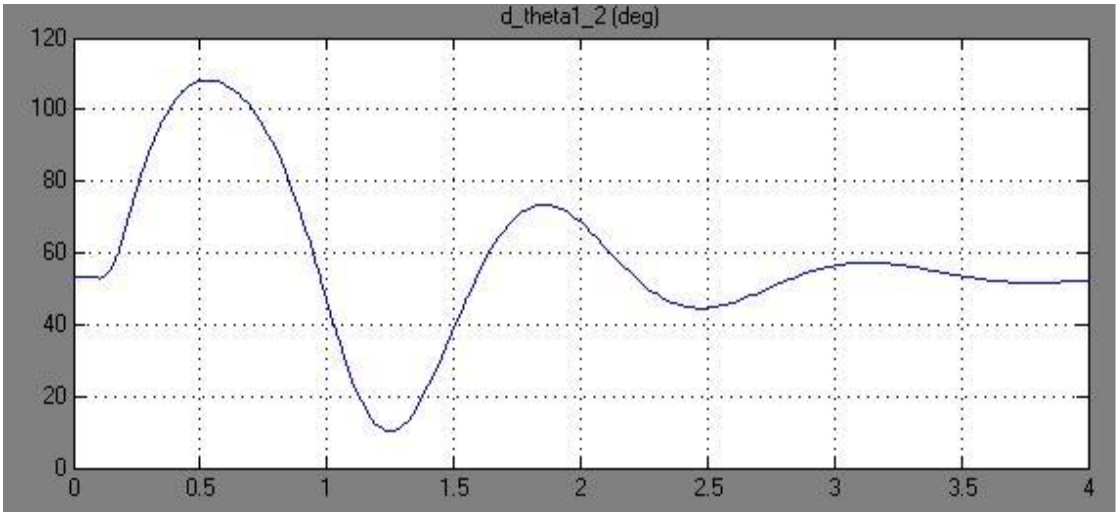


Figure III.13 : *Variation de l'angle de charge*

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

CONCLUSION

Les dispositifs de FACTS sont des outils puissant versent des embouteillages des résoudre versent le système l'améliorer de la sécurité. Mais une utilisation non coordonnée de tels dispositifs peut avoir comme conséquence les situations contradictoires qui peuvent mettre en danger l'opération bloquée de la grille de transmission. Ainsi, une commande coordonnée basée sur le flux de puissance optimal a été développée en cet article.

La fonction objective a été analysée dans les simulations avec différentes combinaisons des dispositifs de FACTS. On a démontré que chaque dispositif peut influencer certaines parties de la fonction objective. SVCS sont responsable des pièces traitant la tension. Ainsi, un

En conclusion, des simulations montrant les améliorations de la commande dérivée ont été présentées : des congestions ont été résolues, les profils de tension sont devenus plus équilibrés.

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'étude de l'impact des dispositifs de compensation dynamique sur les réseaux électriques, est devenu l'un des sujets qui intéressent dans les études de génie électrique aussi dans les autres recherches.

Les différentes types de compensations classique et les dispositifs de compensations (FACTS) ont été étudiés dans ce travail et implanter dans des réseaux test. On a abordé d'une manière générale les avantages et les inconvénients de ces moyens de compensations dynamiques, en vue d'améliorer les indices de qualité de l'énergie électrique, et l'amélioration des performances du système énergétique.

On peut dire pour que l'étude de la compensation soit plus étendue et efficace, on doit prendre en considération tous les contraintes (contraintes liées aux générateurs échauffement des lignes, coût de production…), c'est –à -dire traité le problème de compensation d'une manière optimale.

D'autre part une modélisation mathématique efficace des dispositifs FACTS, permet aussi d'élaborer une étude proche de la réalité.

.

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr

BIBLIOGRAPHIE

[1] L.Belkacem & K. Saber “Compensation dynamique de l’énergie réactive dans les réseaux électriques” Université de Biskra promotion juin 2005.

[2] G.Seddik & D.M lakhdar “ l’impact des dispoitifs de Compensation dynamique (FTCTS) sur les réseaux de transport” Université de Biskra promotion juin 2006.

[3] B. Khaled & Z.Hakim “ Etude des compensateurs statiques de l’énergie réactive SVC dans un réseau électrique” Université de Biskra promotion juin 2005.

[4] S. Maram “ UPEC and SVC modeling and control ”

[5] A. Kazemi , B. Baderzadeh “modeling and simulation of SVC and YCSC to study their effects maximum loadability point ”

[6] M. Geidl “ Implementation of FACTS in an interactive power flow simulation ”

PDF créé avec la version d'essai pdfFactory Pro www.fineprint.fr