

N/621.803

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 8Mai 1945 – Guelma
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrotechnique et Automatique



Domaine : Sciences et Technologie
Filière : Electrotechnique
Spécialité : Réseaux Electriques



**Mémoire de fin d'études
pour l'obtention du diplôme de Master Académique**

**ANALYSE ET AMELIORATION DE REGIME DE
FONCTIONNEMENT D'UN RESEAU ELECTRIQUE**

Présenté par : Bouamra abdelghani

Sous la direction de : **Dr. bodefel Amar**

Mai 2013



Remerciements

Je remercie vivement Mr Boudefel.A pour sa disponibilité tout au long de ce travail, je les remercie encore pour son aide si précieux sur les plans conseils et orientations.

Je tiens tout particulièrement à remercier les enseignants du département génie électrotechnique et automatique pour leur disponibilité et encouragement, ainsi que tous les enseignants qui ont contribué à ma formation.

Mes reconnaissances vont aussi à messieurs les membres de jury, pour l'honneur qu'ils auront fait en acceptant de juger ce travail.

13/2967



Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mon cher père et ma chère mère

A mes frères et mes sœurs

A toute la promotion du Master réseaux électrique 2013

A

Souleyman, adem, chokri, abdelghafour, youssouf.

Chamsou, hicham, zaki, fouad, wahab,

rahim, houssam, tamer,

Lazhar, Bissam, elbahi, farid, samir,

morad, anouar, elhadi, hamzaaa

Et a tous mes amis.



Sommaire

Sommaire

Introduction général.....	1
Chapitre I : Généralités sur les réseaux électriques	
1-1- Introduction.....	3
1-2-du producteur au consommateur.....	3
1-3- Description des réseaux électriques	4
1-3-1-La production.....	4
L'alternateur	4
Le transformateur	6
1-3-2- Le transport et la répartition	6
1-3-3- Distribution	7
1-3-4-Les charges	8
1-4- Les centrales électriques.....	8
1-4-1- Les centrales thermiques.....	8
1-4-2- Les centrales nucléaires.....	9
1-4-3- Les centrales hydroélectriques.....	10
1-4-4- Les centrales solaires.....	10
1-4-5- L'énergie éolienne.....	11
1-5-Les phénomènes électriques dans les réseaux	12
1-6- Stabilité des systèmes électriques de puissance.....	13
1.7-Conclusion.....	14

Chapitre II relations entre (P-f) et (Q-V)

2-1- Relation entre la fréquence et la puissance active.....	15
2-1-1- Introduction	15
2-1-3- Principe du réglage primaire.....	15
2-1-3- Principe du réglage secondaire.....	16
2-2- Réglage de la tension et de la puissance réactive.....	16
2-2-1- Puissance transmise entre deux sources.....	16
2-2-2- Expression de la chute de tension.....	17
2-2-3- Relation entre tension et puissance réactive dans un nœud.....	19
2-3-Conclusion.....	21

Chapitre III: Principe de réglage de la tension

3-1 Principe de réglage	22
3-2 Différents moyens de réglage:.....	23
3-2-1 Augmentation de la tension de départ.....	23
3-2-2 -Diminution de l'impédance de la ligne:.....	23
1-Réduction de la longueur des lignes	23
2-La mise en parallèle de plusieurs lignes	23
3-Réduction de la réactance X.....	23
4-Réduction de la résistance R.....	23
3-2-3- Agir sur le transit de l'énergie réactive	23
3-3- Elément de réglage de la tension	24
3-3-1 Générateur synchrone	24
3-3-2- Compensateur synchrone	24
3-3-3 Batterie de condensateurs.....	24
a- Installation parallèle (transversale).....	25
3-3-4-Transformateurs réglables.....	28
A/ Par sortie multiples.....	28
B/ Par sélecteur ou ajusteur hors tension.....	28
C/ par commutateur ou régleur en charge:.....	28

3-3-5- Compensateur statique à semi-conducteurs.....	29
--	----

Chapitre IV: application sur un réseau électrique

4-1 Méthodes du calcul des réseaux électriques	30
4-2 -Données du réseau à calculer.....	31
4.3 Calcul du régime normal.....	33
4.4- Calcul du régime futur.....	34
4-5-Solutions proposées.....	35
A/ Augmentation de la tension du JB n°1 à la valeur maximale possible.....	35
B/Compensation de puissance réactive dans JB5.....	36
C/compensation de puissance réactive dans les JB 3, 4,5.....	37
Conclusion.....	38

Chapitre V:protection des réseaux électrique

5-1-introduction.....	39
5-2- But de protection.....	40
5-3- choix du système de protection.....	40
5-4- Conditions imposées aux systèmes de protection.....	40
a- Sélectivité.....	40
b- Rapidité d'action.....	41
c- Sensibilité.....	41
d- Fiabilité.....	41
5-5- Caractères de défaut.....	41
5-5-1- Définition.....	41
5-5-2-Causes.....	41
5-5-3- Conséquences des défauts	42
1-Echauffement.....	42
2-Chute de tension.....	42
3-Efforts électrodynamiques	42

5-6- Les différents types de protection.....	42
5-6-1- protection à maximum de courant.....	42
5-6-2-protection directionnelle de courant	42
5-6-3-protection à distance.....	42
5-7- Matériel de protection.....	43
Conclusion générale.....	45
Bibliographie.....	46

Introduction générale

Introduction générale

L'électricité comme moyen direct ou intermédiaire de consommation de l'énergie n'est pas une chose nouvelle pour l'électro-énergétique actuelle.

Cependant, depuis sa découverte, cette forme d'énergie n'a cessé de se développer et quasi-indispensable pour leur développement.

L'énergie électrique est produite, transportée suivant les principes simples et cela grâce aux propriétés des phénomènes électromagnétiques. Les systèmes électromagnétiques sont par définition des systèmes ayant pour objet de produire, transporter, transformer et distribuer uniquement de l'énergie électrique.

Le but essentiel de ces systèmes est d'apporter aux consommateurs l'énergie dont ils ont besoin à n'importe quel moment. La continuité de la fourniture d'énergie disponible à tout instant constitue la qualité primordiale du service rendu à l'utilisateur.

Les réseaux de transport et de distribution de l'énergie électrique sont le siège d'un certain nombre d'incidents provenant de défaut d'isolement des conducteurs entre eux, ou par rapport au sol. Les courants de court-circuit qui résultent de l'existence de ces défauts peuvent atteindre des valeurs élevées, ils créent dans les lignes électriques des chutes de tension d'importance variable dont la durée est liée au temps d'élimination des défauts.

Les répercussions des chutes de tension intéressent principalement les postes de transformation, les moteurs et les machines qu'ils entraînent et enfin, l'appareillage de commande. Les moteurs sont sensibles à la fois à la nature et la durée de la baisse tension et de plus réagissent au moteur de la tension nominale. Ces inconvénients s'accroissent de plus en plus en fonction de la durée de la baisse de la tension, les moteurs peuvent ralentir progressivement et, finalement s'arrêter, si la chute de tension se prolonge, la machine qu'il entraîne subit évidemment ces répercussions et la qualité de la production peuvent s'en ressentir.

En conséquence, le distributeur fait tous ces efforts pour limiter la valeur et la durée des chutes de tension. L'utilisateur doit de son côté, choisir ou adopter le matériel de protection de ses installations pour en réduire les conséquences.

Pour ces raisons, le but de notre projet, consiste à limiter les origines des chutes de tension afin d'améliorer les régimes du fonctionnement des réseaux électriques et de prendre les mesures nécessaires pour pallier contre les répercussions des chute de tension sur les installations électriques et leurs impact sur la production électrique.

Chapitre I

Généralités sur les réseaux électriques

Chapitre I:Généralités sur les réseaux électriques

1-1- INTRODUCTION

Les investissements humains et matériels affectés aux réseaux électriques sont énormes. Pour cela, le réseau électrique doit répondre à trois exigences essentielles : stabilité, économie et surtout continuité du service.

Les lignes et les câbles de distribution d'énergie électrique moyenne tension MT constituent une partie essentielle d'un réseau électrique qui doit assurer la continuité de l'alimentation en électricité aux consommateurs MT et BT. Ce qui n'est pas toujours le cas, car ces lignes sont souvent exposées à des incidents ou défauts qui peuvent interrompre ce service et engendrer des pertes financières importantes pour les industriels et des désagréments pour les simples consommateurs [1].

1-2- DU PRODUCTEUR AU CONSOMMATEUR

L'électricité circule facilement mais ne se stocke pas et pour être performant, le système électrique nécessite des ajustements permanents pour fonctionner d'interconnecter entre la production et la consommation.

Les réseaux électriques sont constitués par l'ensemble des appareils destinés à la production, au transport, à la distribution et à l'utilisation de l'électricité depuis les centrales de génération (les centrales hydrauliques, thermiques...etc) jusqu'aux centres de consommation (villes, usines, maisons de campagne les plus éloignées...), voir la figure.1.1 [1].

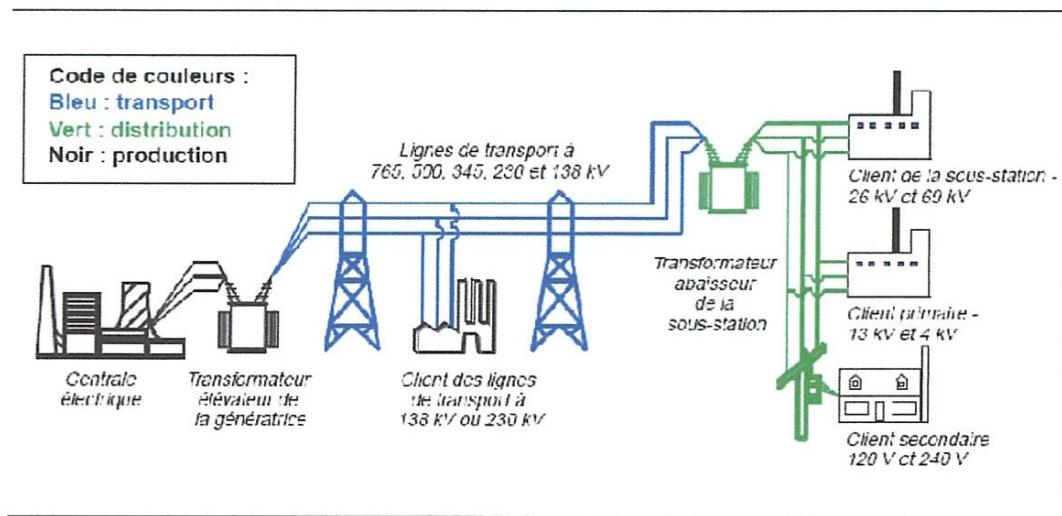


Fig.1.1 : Structure d'un réseau électrique

1-3- Description des réseaux électriques :

Un réseau d'énergie électrique est aujourd'hui un ensemble de circuits complexes interconnectés comme le montre le schéma de principe de la (fig. 1-1)

Le réseau électrique peut être subdivisé en quatre parties essentielles :

- ✓ La production d'énergie électrique.
- ✓ Le transport et la répartition.
- ✓ La distribution.
- ✓ Les charges.

1-3-1-La production :

L'alternateur :

L'un des composants majeurs des réseaux électrique est la génératrice à courant alternatif triphasé plus connue sous la dénomination de génératrice synchrone ou alternateur.

Les génératrices synchrones ont deux champs tournants au synchronisme. L'un est produit au niveau du rotor lorsqu'il est entraîné à la vitesse synchrone et est excité par du courant continu. L'autre, est produit par les enroulements statoriques lorsqu'ils sont parcourus par le courant triphasé des charges. Le courant continu nécessaire aux enroulements rotoriques pour créer le champ magnétique est fourni par le système d'excitation. Les anciens systèmes d'excitation étaient des génératrices à courant continu montée ssur le même arbre. Elles alimentaient les enroulements du rotor de l'alternateur par le biais de contacts glissants sur des bagues. Aujourd'hui on utilise de génératrices à courant alternatif équipées de redresseurs tournants et connus sous le nom de système d'excitation <<brushless>>. Le système d'excitation permet de maintenir et de contrôler le transit d'énergie réactive.

Du fait de la suppression de la commutation, les alternateurs sont en mesure de générer de grandes puissances à haute tension. Dans les centrales électriques, la puissance des alternateurs varie de 50 MW à 1500 MW.

La source d'énergie mécanique est soit :

- ❖ Une turbine hydraulique installée au niveau d'un barrage, d'un torrent, de la mer, de chutes d'eau,... etc. D'où la centrale hydraulique
- ❖ Une turbine thermique propulsée par de la vapeur d'eau ou par un gaz chaud et qui sont obtenus par la combustion de houille, charbon, fuel, gaz naturel et par la fusion ou fission nucléaire ; d'où les appellations de centrale à vapeur, centrale à gaz et centrale nucléaire.

Les turbines à vapeur fonctionnent relativement à grande vitesse 3000 ou 1500 tr/min pour une fréquence de 50 Hz et 3600 ou 1800 tr/min pour une fréquence 60 Hz. Les alternateurs qui y sont couplés sont à pôles lisses, bipolaires (3600 – 3000 tr/min) ou quadripolaires (1800-1500tr/min). La relation liant la vitesse v de rotation de l'alternateur, exprimée en tr/min, en fonction de la fréquence f et du nombre de pôles p est la suivante :

$$v = f/2p \text{ tr/min}$$

Les turbines hydrauliques fonctionnent par contre à de petites vitesses. Leurs alternateurs sont à pôles lisses avec un grand nombre de pôles.

Dans une centrale électrique, plusieurs alternateurs fonctionnent en parallèle pour contribuer, à la satisfaction de la puissance appelée à cet instant précis, par toutes les charges reliées au réseau. Ils sont connectés entre eux en un point commun, communément appelé nœud. [2]

Aujourd'hui, une importance particulière est accordée à la protection de l'environnement ainsi qu'à la préservation des sources fossiles d'énergie. C'est dans cette perspective que des recherches ont été orientées, vers les énergies renouvelables et vers le développement de nouveaux moyens, permettant l'utilisation de l'énergie de soleil et de la terre pour la production de l'énergie électrique. Parmi ces nouvelles énergies. Nous citerons les plus importantes et

qui ont trouvé un début d'application, à savoir : l'énergie solaire, éolienne, des marées et des biomasses.

Le transformateur :

Le second composant essentiel des réseaux électriques est le transformateur. Il permet le transfert de puissance avec un rendement élevé d'un niveau de tension vers un autre. La puissance transmise au secondaire est à peu près celle du primaire et en conséquence le produit VI au secondaire est approximativement égal à celui du primaire. Ainsi, dans un transformateur élévateur, toute élévation de tension au secondaire, s'accompagne d'une diminution dans le même rapport, du courant du secondaire, ce qui entraîne la diminution des pertes dans les lignes et rend possible l'acheminement de l'énergie électrique sur de longues distances.

Des contraintes d'isolation, ainsi que d'autres liées à des problèmes techniques de conception ne permettent pas pour l'heure de générer au niveau des alternateurs, des tensions supérieures à 30 KV. Ainsi, un transformateur élévateur est nécessaire pour pouvoir transporter l'énergie électrique. Aux extrémités réceptrices des lignes, un transformateur abaisseur est utilisé pour ramener la tension à un niveau acceptable pour la distribution et l'utilisation.

[2]

1-3-2- Le transport et la répartition :

Le rôle du réseau aérien de transport est d'acheminer l'énergie électrique à partir des centrales situées à différents endroits du territoire jusqu'au réseau de distribution qui en dernier lieu alimente les charges. Les lignes de transport assurent aussi l'interconnexion des réseaux régionaux, ce qui permet, non seulement d'assurer une répartition économique de l'énergie électrique dans les régions elles-mêmes dans les conditions normales d'exploitation, mais aussi, un transfert inter-régional de l'énergie, dans les situations d'urgence.

Les niveaux de tension utilisés pour le transport diffèrent d'un pays à un autre, mais une tendance à une normalisation existe. Font partie du réseau de transport toutes les lignes dont le niveau de tension est supérieur à 60 kV. En Algérie les tensions usitées pour le transport sont de 90 kV, 150 kV, 220 kV et

en cours de réalisation 400 kV. Aux Etats-Unis, les tensions sont normalisées à 69 kV, 115 kV, 138 kV, 161 kV, 230 kV, 345 kV, 500 kV, et 756 kV. Les lignes de transport dont la tension est supérieure à 500 kV sont dites à ultra haute tension, celles dont la tension est supérieure à 150 kV, mais inférieure à 500 kV, sont dites à très haute tension (THT). Ces seuils varient d'un pays à un autre.

Les lignes de transport aboutissent toutes à des sources dites de répartition. Ces dernières permettent d'assurer la commutation des lignes d'une part, et d'abaisser la tension à des niveaux permettent la répartition de l'énergie électrique d'autre part. Il est à noter que de très grands centres de consommation industriels sont directement alimentés à partir du réseau de transport.

La portion de réseau reliant les postes sources de répartition aux postes sources de distribution, au travers de transformateurs abaisseurs est dite réseau de répartition. Nous remarquerons qu'il n'existe pas de délimitation franche des niveaux de tension entre les réseaux de transport et de répartition. Il est communément admis, que pour le réseau de répartition, les tensions situées sont comprises entre 60 kV et 150 kV. Notons aussi que, de grandes unités industrielles sont alimentées par le réseau de répartition.

1-3-3- Distribution :

Le réseau de distribution est la partie de réseau reliant les postes sources de distribution aux postes de consommateurs. Les lignes du réseau primaire de distribution sont d'un niveau de tension compris entre 5,5 kV et 36 kV et alimentent les charges d'une zone géographique bien précise. Certaines petites unités industrielles sont directement alimentées par le réseau primaire moyen tension (MT). Le réseau secondaire de distribution est généralement à basse tension pour un usage commercial et résidentiel. En Algérie, la basse tension est de 380/220 V triphasé-4 conducteurs. Dans certains pays, elle est encore en triphasé 220/127 V- 4 conducteurs.

Le réseau de distribution est à la fois, aérien et souterrain. Ce dernier a connu ces dernières décennies un accroissement rapide qui fait qu'il représente aujourd'hui la majeure partie du réseau de distribution.

1-3-4-Les charges :

Les charges sont à caractère industriel, commercial et résidentiel. Si de très grandes charges industrielles peuvent être directement alimentées par le réseau de transport, les petites charges le sont par le réseau primaire de distribution. Les charges industrielles sont des charges composées ou les moteurs représentent la plus grande part. Ces charges composées sont fonction de la fréquence et de la tension et constituent la majeure partie de la charge totale d'un réseau électrique. Les charges à caractère commercial et résidentiel sont celles liées essentiellement à l'éclairage, le chauffage et la climatisation. Elles sont indépendantes de la tension et de la fréquence et absorbent très peu d'énergie réactive.

La puissance active fournie à la charge s'exprime en kilowatts ou en mégawatts. L'amplitude de la puissance totale fournie, varie durant une journée et doit être à chaque instant, adaptée à la demande du consommateur.

1-4- Les centrales électriques

Les centrales électriques sont des ouvrages qui transforment une source d'énergie primaire en énergie électrique. Il existe un certain nombre d'énergies primaires capables de produire de l'électricité ce qui permet de noter cinq principaux types de centrales électriques : les centrales à combustibles fossiles, les centrales nucléaires, les centrales hydroélectriques, les centrales solaires ou photovoltaïques, et les centrales éoliennes. La turbine en mouvement et l'alternateur sont les éléments indispensables à la production de courant électrique.

1-4-1- Les centrales thermiques

Les centrales thermiques produisent l'électricité à partir de la chaleur qui se dégage de la combustion du charbon, du mazout ou du gaz naturel. On la trouve souvent près d'une rivière ou d'un lac, car d'énormes quantités d'eau sont requises pour refroidir et condenser la vapeur sortant des turbines. La combustion dégage une

grande quantité de chaleur utilisée pour chauffer de l'eau dans la chaudière. On dispose alors de vapeur d'eau sous pression. Cette vapeur sous pression fait tourner à grande vitesse une turbine qui entraîne elle-même un alternateur qui produit une tension alternative sinusoïdale voir figure.1.2.

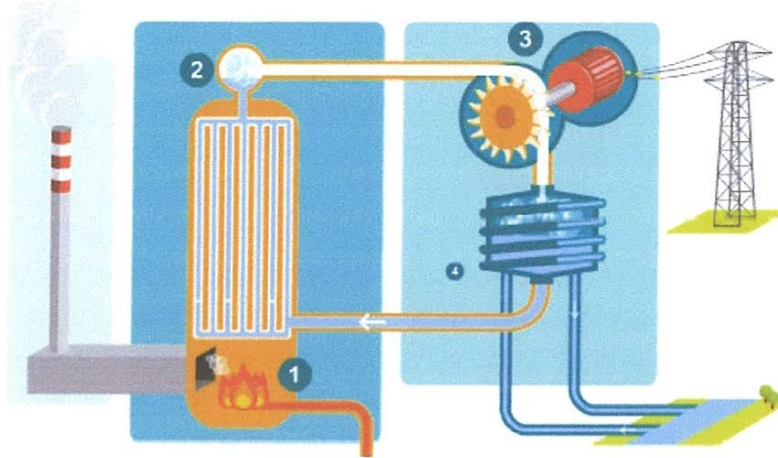


Fig. 1.2 : Les centrales thermiques à flamme

1-4-2- Les centrales nucléaires

Ces centrales utilisent également des cycles de conversion thermodynamique, néanmoins leur "chaudière" est un réacteur nucléaire. L'énergie nucléaire obtenue à la suite de réactions de fission de l'uranium et du plutonium est la source de chaleur utilisée. Elles produisent environ 15% de l'électricité mondiale. Les centrales nucléaires produisent des déchets radioactifs et présentent un risque d'accident.

Une centrale nucléaire est identique à une centrale thermique, sauf que la chaudière brûlant le combustible fossile est remplacée par un réacteur contenant le combustible nucléaire en fission.

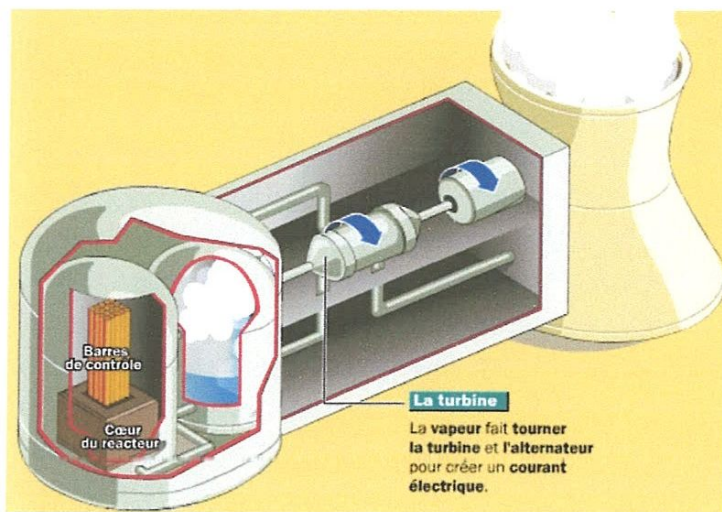


Fig. 1.3 : structure interne d'une centrale nucléaire

1-4-3- Les centrales hydroélectriques

Les centrales hydroélectriques convertissent l'énergie de l'eau en mouvement en énergie électrique. L'énergie provenant de la chute d'une masse d'eau est tout d'abord transformée dans une turbine hydraulique en énergie mécanique. Cette turbine entraîne un alternateur dans le lequel l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique (Fig. 1.4).

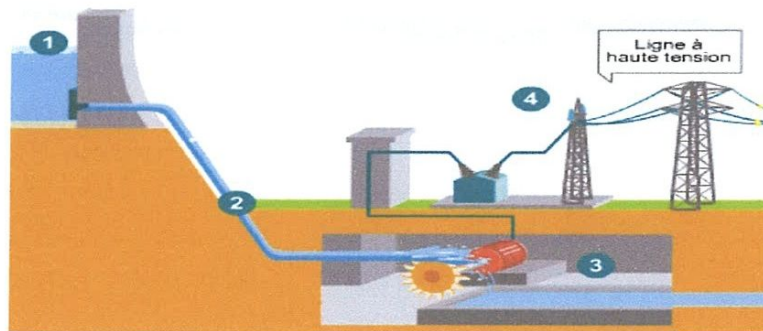


Fig. 1.4 : Centrale hydroélectrique

1-4-4- Les centrales solaires

Ce type de centrale utilise les rayonnements lumineux du soleil, qui sont directement transformés en un courant électrique par des cellules à base de silicium

ou autre matériau ayant des propriétés de conversion lumière/électricité. Chaque cellule délivrant une faible tension, les cellules sont assemblées en panneaux.



Fig. 1.5: Photo d'une centrale solaire

1-4-5- L'énergie éolienne

L'énergie éolienne est produite sous forme d'électricité par une éolienne. Des éoliennes formées d'un mat surmonté d'un générateur électrique entraîné par une hélice, sont positionnées idéalement sur les plans d'eau ou les collines ventées.



Fig. 1.6. Photo d'une centrale éolienne

1-5-Les phénomènes électriques dans les réseaux :

Un réseau électrique est un système composé de différents éléments constituant un support physique d'interaction mutuelles et de transmission de l'énergie électrique. Le fonctionnement de système dans le temps et dans l'espace est le résultat de toutes les interactions, conformément aux lois de l'électricité. Celles-ci sont décrites par des équations qui mettent en relations des paramètres fondamentaux descriptifs et quantificatives des processus énergétiques, tels primaires comme les tensions, les impédances, le temps et secondaires comme les différents d'onde et autres caractéristiques.

Le fonctionnement des systèmes électrique est caractérisé par différentes perturbations (ou phénomènes) qui peuvent être classées, par différents paramètres. En fonction de l'aspect temporelle des réactions du système, on distingue les comportements suivants :

- Discontinuité : suspension momentanée d'alimentation,
- Dynamique rapide : variations brusques et importantes des régimes au niveau des centrales et des consommateurs et au niveau de la structure de réseau (perturbation fort),
- Dynamique lente : variations lentes des régimes, suite aux variations des graphiques de charge (perturbation faible),
- Stationnaire : régime stable, permanent,
- Electromagnétique conduit : influence de la propagation des ondes Electromagnétiques le long de la ligne,
- Electromagnétique rayonné : manifestation du rayonnement.

Les effets de ces événements (perturbations) se représentent de manière diverses aussi bien sur le réseau que sur les processus ;

- Interruption et coupure de la fourniture d'énergie électrique,
- Creux et variation de tension,
- Courants transitoires,
- Harmonique,
- Courts-circuits,
- Oscillations électromécanique,
- Surtension de manœuvre, de commutation, d'arc et de rétablissement,

- Surtension de foudre,
- Couplage entre courant fort et courant faible.

Les effets listés se manifestent quantitativement en fonction de la nature des réseaux et des exigences d'exploitations. [3]

1-6- Stabilité des systèmes électriques de puissance:

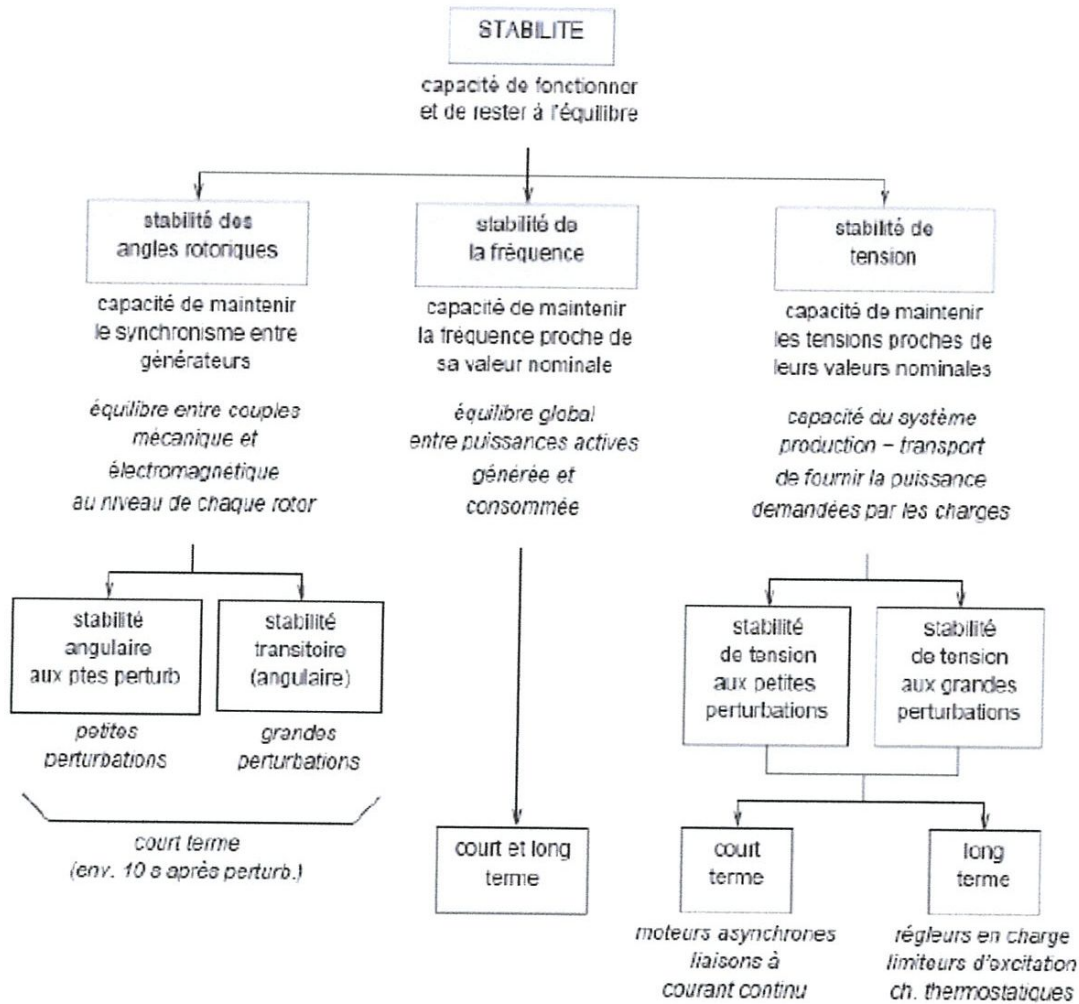


Figure I.8 Vue d'ensemble de la stabilité des réseaux de puissance.

1-7- Conclusion.

En conclusion, Un réseau d'énergie électrique est un système complexe à travers la modélisation de tous ses composants linéaires et non linéaires, à travers ses différents niveaux de tension et à travers les contraintes auxquelles il est soumis pour satisfaire l'équation d'équilibre production–consommation en tout temps et avec le maximum de fiabilité et de sécurité.

Un réseau électrique est ainsi soumis continuellement à des problèmes et des situations qu'il faut savoir affronter et gérer, ce qui est généralement le problème de conduite et d'exploitation, mais aussi à des situations critiques de pannes et de défauts qu'il faut tout aussi contourner et solutionner sans délais

Chapitre II

Relation entre (P-f) et (Q-V)

Chapitre II: relation entre (P-f) et (Q-V)

2-1- Relation entre la fréquence et la puissance active:

2-1-1- Introduction :

Tous écarts entre la puissance électrique appelée pour un réseau et la puissance mécanique fournie par les machines d'entraînement des alternateurs provoquent des variations de vitesse de ces derniers, donc de la fréquence du réseau.

Le problème d'adaptation, à tout instant, de la production à la demande est donc intimement lié à celui du réglage de la fréquence. On distingue deux types de réglage:

Le réglage primaire, qui agit localement sur chaque groupe de production, assure de façon automatique, la correction de l'écart entre production et à un nouvel équilibre dans l'ensemble, du réseau interconnecté -, mais à une fréquence de fonctionnement différent de la fréquence de référence.

Le réglage secondaire, également automatique agit après le réglage primaire. il a pour fonction de rétablir la fréquence de référence et les échanges contractuels entre réseaux interconnectés. Le réglage secondaire est du type centralisé. [15]

2-1-2- Principe du réglage primaire:

Le principe du réglage primaire consiste à répartir les fluctuations de la charge (dont des fréquences est l'image) sur les capacités nominales des groupes. C'est un réglage de vitesse individuel de chacun des groupes qui, en définitive, fait produire par un groupe quelconque i la puissance P_i :

$$\frac{P_i - P_{0i}}{P_{ni}} = - \frac{1}{S_i} \frac{f - f_0}{f_0} \quad (2.1)$$

$$\frac{\Delta P}{P_{ni}} = - \frac{1}{S_i} \frac{\Delta f}{f_0} \quad (2.2)$$

Avec:

f : fréquence du réseau correspondant au fonctionnement à la puissance P_i ;

f_0 : fréquence de consigne du réseau, ($f_0 = 50$ hertz);

P_i : puissance débitée par le groupe i;

P_0 : Puissance programmée du groupe i pour la fréquence f_0 ;

P_{ni} : puissance nominale du groupe i,

S_i : Statisme permanente du régulateur du groupe i .

Donc on voit qu'avec ce système de réglage, la fréquence du réseau subissait des variations liées à celles de la puissance totale appelée P , par la relation:

$$\begin{cases} \frac{df}{f_0} = -S_i \frac{dP_i}{P_{ni}} \\ \text{où } dP_i = -Kdf \end{cases}$$

S : étant le statisme équivalent du réseau ($S = 0.05$ à 0.2);

K : l'énergie réglant (en MW/Hz) du réseau.

2-1-3- Principe du réglage secondaire:

Pour corriger les défauts du réglage primaire, il faut attendre à la fois plusieurs groupes (sinon tout). Le réglage secondaire sera donc nécessairement un réglage centralisé.

La solution adaptée sur les réseaux interconnectés est le principe de réglage dit de fréquence - puissance (sous-entendu puissance échangé) qui donne à tous les réseaux un rôle identique vis-à-vis du réglage. Dans cette méthode, on mesure l'écart Δf de la fréquence par rapport à sa valeur de consigne, et, pour chaque réseau, l'écart ΔP_i entre la puissance totale P_i échangée effectivement par ce réseau avec tous ses voisins et la valeur programmée de cette puissance.

Enfin, le réglage secondaire doit être lent, car il doit d'abord laisser agir le réglage de vitesse des groupes pour agir en suite sur leur "dispositif charge- vitesse "

Si on agit trop vite il pourrait en résulter des oscillations entretenues. La constante de temps du réglage secondaire est de l'ordre de la minute, ou même de plusieurs minutes. [13]

2-2- Réglage de la tension et de la puissance réactive:

2-2-1- Puissance transmise entre deux sources:

Le circuit représenté par la figure (2-1) qui se compose d'un générateur de f-é-m $E \angle \delta$ interconnecté à un système de tension $V \angle 0^\circ$, nous permet d'exprimer les puissances échangées entre les deux sources A et B comme suit:

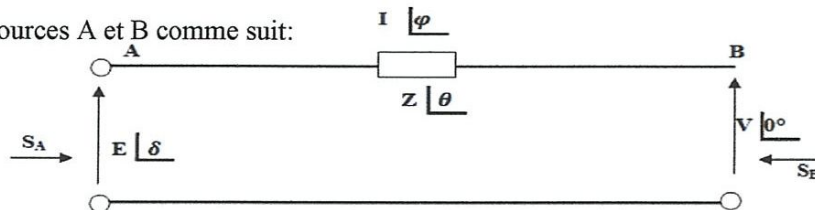


Fig-2-1: Puissances échangées entre deux sources.

On a :

$$S_A = \hat{E} \cdot \hat{I} = \hat{E} \cdot \left(\frac{\hat{E} - \hat{V}}{\hat{Z}} \right) = E \cdot e^{j\delta} \left(\frac{Ee^{-j\delta} - V}{Ze^{-j\theta}} \right) = \frac{E^2}{Z} e^{j\theta} - \frac{EV}{Z} e^{j(\theta+\delta)} \quad 2.3$$

$$\Rightarrow \begin{cases} P_A = \left(\frac{E^2}{Z}\right) \cos\theta - \frac{EV}{Z} \cos(\theta + \delta) \\ Q_A = \left(\frac{E^2}{Z}\right) \sin\theta - \frac{EV}{Z} \sin(\theta + \delta) \end{cases} \quad 2.4$$

De même :

$$S_D = V \left(\frac{V - Ee^{-j\delta}}{Ze^{-j\theta}} \right)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} P_B = \frac{V^2}{Z} \cos\theta - \frac{EV}{Z} \cos(\theta - \delta) \\ Q_B = \frac{V^2}{Z} \sin\theta - \frac{EV}{Z} \sin(\theta - \delta) \end{cases} \quad 2.5$$

2-2-2- Expression de la chute de tension:

Déterminons maintenant l'expression de la chute de tension, pour ce la considérons, Le système suivant:

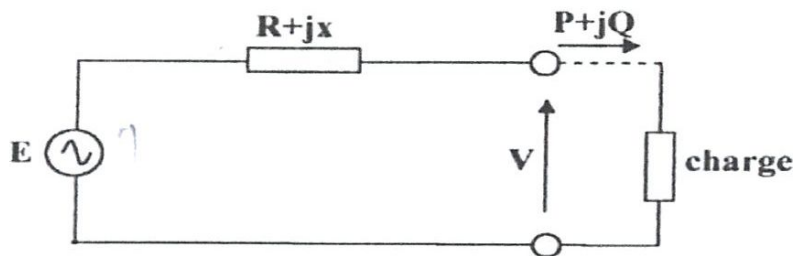


Fig-2-2 : Circuit simple alimentant une charge de puissance P+jQ.

Dont le diagramme vectoriel est:

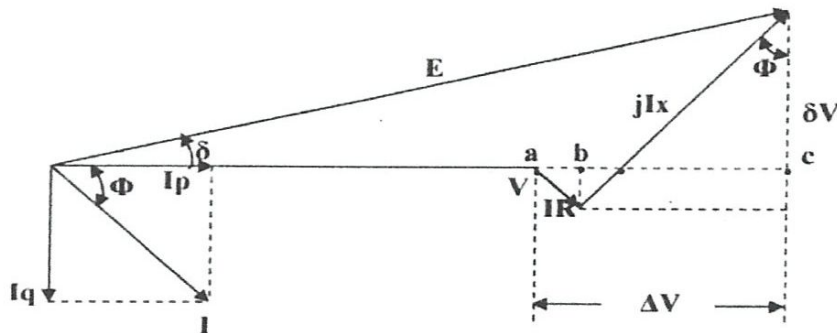


Fig -2-3 : Diagramme vectoriel du circuit de la figure ci-dessus.

Du diagramme vectoriel on a :

$$E^2 = (V + \Delta V)^2 + \delta V^2$$

Avec :

$$\Delta V = RI \cos \varphi + XI \sin \varphi$$

Et

$$\delta V = XI \cos \varphi - RI \sin \varphi$$

$$\Rightarrow E^2 = (V + RI \cos \varphi + XI \sin \varphi)^2 + (XI \cos \varphi - RI \sin \varphi)^2 \quad 2.6$$

$$\Rightarrow E^2 = \left(V + \frac{RP}{V} - \frac{XQ}{V} \right)^2 + \left(\frac{XP}{V} - \frac{RQ}{V} \right)^2$$

Sachant que $P = VI \cos \varphi$ et $Q = VI \sin \varphi$ (en unité relative).

Donc :

$$\Delta V = \frac{PR + QX}{V} \quad 2.7$$

et

$$\delta V = \frac{PX - QR}{V} \quad 2.8$$

Donc l'expression complexe de la chute de tension sera :

$$\Delta \dot{V} = \Delta V + j \delta V$$

Si $\delta V \ll V + \Delta V$

$$\Rightarrow E^2 = \left(V + \frac{PR + QX}{V} \right)^2$$

$$\Rightarrow E - V = \frac{PR + QX}{V} = \Delta V$$

Donc on peut dire que la différence entre les modules des tensions: E et V est approximativement égale à:

$$\frac{PR + QX}{V}$$

et si $R=0$, alors :

$$E - V = \frac{QX}{V} \quad 2.9$$

c.-à-d. que la tension dépend uniquement de la puissance réactive Q .

et l'angle $\sin^{-1}\left(\frac{\delta V}{E}\right)$ dépend seulement de la puissance active P . [15]

2-2-3- Relation entre tension et puissance réactive dans un nœud:

La tension V dans un nœud est en fonction des puissances P et Q , c.-à-d.:

$$V = f(P, Q)$$

Donc le différentiel total de cette tension peut s'écrire:

$$dV = \frac{\partial V}{\partial P} \cdot dP + \frac{\partial V}{\partial Q} \cdot dQ$$

et sachant que :

$$\frac{\partial P}{\partial V} \cdot \frac{\partial V}{\partial P} = 1 \text{ et } \frac{\partial Q}{\partial V} \cdot \frac{\partial V}{\partial Q} = 1$$

Ce qui donne :

$$dV = \frac{dP}{\partial P / \partial V} + \frac{dQ}{\partial Q / \partial V}$$

D'après cette équation on voit que la variation de la tension dans un nœud est définie par les deux quantités:

$$\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right) \quad \text{et} \quad \left(\frac{\partial Q}{\partial V}\right) \quad 2.10$$

Par exemple pour la ligne ci-dessous d'impédance série $(R+jX)$ et admittance Shunt nulle. De l'équation (2-7) on a:

$$(V_1 - V)V - PR - QX + 0 \quad 2.11$$

Avec V_1 , est la tension de la source qui est constante (JB de puissance infinie), et V la tension aux bornes de la charge qui dépend de P et Q (Fig. (2-4)).

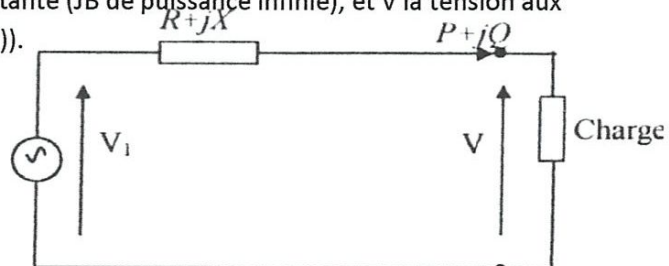


Fig-2-4: Circuit monophasé équivalent d'une ligne alimentant une charge de puissance $P+jQ$ à partir d'un jeu de barre de puissance infinie.

De l'équation (2-11) on a

$$\frac{\partial P}{\partial V} = \frac{V_1 - 2V}{R}$$

De même:

$$\frac{\partial Q}{\partial V} = \frac{V_1 - 2V}{X}$$

Donc:

$$dV = \frac{dP}{\partial P / \partial V} + \frac{dQ}{\partial Q / \partial V}$$

$$dV = \frac{dP \cdot R + dQ \cdot X}{V_1 - 2V}$$

Pour V et ΔV constantes on a :

$$RdP + XdQ = 0 \Rightarrow dQ = -\left(\frac{R}{X}\right) dP$$

La valeur de dQ/dV est très importante, on peut la mesurer pratiquement par:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta V} = \frac{Q_{avant} - Q_{après}}{V_{avant} - V_{après}} \quad 2.12$$

2-3-Conclusion:

Les considérations précédentes permettent de dégager quelques conclusions importantes:

- Les réglages de la puissance active et de la fréquence sont étroitement liés (couplage P, f),
- Les réglages de la puissance réactive et de la tension sont également étroitement liés (couplage Q, V),
- Le réglage de la fréquence est global (en régime permanent, la fréquence est identique dans tous le réseau);
- Le réglage de la tension est local (la valeur de la tension de consigne peut être légèrement différente selon les points d'un réseau exploité à un même niveau de tension nominale);
- Les réglages (P, f) , d'une part, et (Q, V) , d'autre part, doivent être coordonné dans le temps et dans l'espace.

Il convient enfin d'ajouter que, si le réseau n'est pas trop chargé, on peut admettre que les réglages (P, f) et (Q, V) sont largement découplés.

Il apparaît donc naturel d'organiser le réglage des systèmes électriques en respectant les deux principes suivants:

- découplage des réglages $\{Q, V\}$ et (P, f) ;
- hiérarchisation de chaque réglage dans le temps et dans l'espace.

Chapitre III

Base de réglage de la tension

Chapitre III: base de réglage de la tension

3-1 -Principe de réglage :

Les variations de puissance appelée par les abonnés sont à l'origine des variations de tension observée aux niveaux des jeux de barres d'un réseau électrique, la réduction de ces variations de tension constitue le problème du réglage de la tension.

Pour le résoudre, il faut d'abord définir les grandeurs caractérisant les variations de tension en un point donné d'un réseau, puis fixer le processus du réglage de tension dans un réseau et en fin dégager les notions permettant l'application de ce processus aux différents types de réseau électrique. Prenons l'exemple d'un réseau simple suivant :

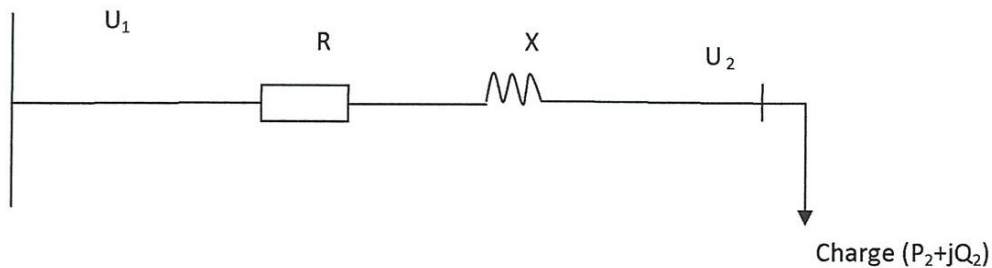


Fig.3.1: Réseau simple à deux nœuds

On a vu au chapitre que l'expression de la chute de tension peut être simplifiée à :

$$\Delta U = U_1 - U_2 \approx \frac{P_2 R + Q_2 X}{|U_2|}$$

L'examen des paramètres de cette équation montre que pour maintenir la tension U_2 dans les limites, admissibles pour une valeur donnée de la puissance active, on dispose de plusieurs solutions : [7]

- Augmentation de la tension de départ U_1
- Diminution de l'impédance Z de la ligne.
- Agir sur le transit de l'énergie réactive.
- Compensation de la tension par une tension additionnelle. [15]

3-2- Différents moyens de réglage:

3-2-1 Augmentation de la tension de départ :

L'augmentation de la tension est un moyen de réduction des chutes de tension, mais on ne peut pas considérer comme un moyen de réglage, car la tension d'envoi est choisie en fonction de la longueur et de la valeur de la puissance à transiter.

3-2-2 -Diminution de l'impédance de la ligne :

Ceci peut s'obtenir de plusieurs façons :

1-Réduction de la longueur des lignes :

Puisque les utilisateurs de l'énergie électrique ont des lieux fixes donc il est nécessaire de rapprocher les sources d'énergies en implantant de nouveaux poste ce qui entraîne la réduction des chutes de tension.

2-La mise en parallèle de plusieurs lignes :

Soit suivant la même trace, ou suivant des traces différents qu'est le moyen général de renforcement des réseaux pour faire face aux augmentations de transit dans un réseau de distribution.

3-Réduction de la réactance X:

L'introduction d'un condensateur de capacité C en série sur chaque phase de ligne entraîne une modification de l'inductance x ; de sa valeur initiale $X = Lw$ à la valeur : $X' = Lw - 1/Cw$

4-Réduction de la résistance R:

La réduction de la résistance s'obtient par l'augmentation de la section F : $R = \rho \frac{l}{F}$.

La réduction de la résistance agit fortement sur les pertes des lignes, mais de façon négligeable sur les chutes de tension.

3-2-3- Agir sur le transit de l'énergie réactive :

Le transit de l'énergie réactive est l'objet des chutes de tension trop important, donc il est important d'éviter ce transport en fournissant l'énergie réactive par des moyens de compensation, soit par des inductances lorsqu'il faut absorber de l'énergie réactive, soit une combinaison (variables dans le temps) des deux s'il faut alternativement en absorbant où en fournissant. [13]

3-3- Elément de réglage de la tension :

3-3-1 Générateur synchrone :

Le réglage de la tension dans le réseau électrique peut s'effectuer de manière centralisée, au niveau du générateur synchrone, en faisant varier sa f.é.m. par variation du courant d'excitation.

Le réglage de la tension dans ce cas est lié à la puissance réactive générée par la machine. Les générateurs synchrones sont les principales sources de la puissance réactive dans les systèmes électriques et sont un des moyens principaux de réglage de la tension. Leur possibilité de production de la puissance réactive est déterminée par les conditions admissibles de l'échauffement des bobines rotoriques et statoriques [15]

3-3-2- Compensateur synchrone :

Les compensateurs synchrones sont très utilisés dans les systèmes électriques pour résoudre des problèmes de compensation de la puissance réactive et de réglage de la tension.

Leur puissance peut atteindre 350 / 600 M VA et la tension 110 KV. Le principe de leur fonctionnement est le même que celui d'un moteur synchrone sans charge (avec un arbre qui tourne à vide).

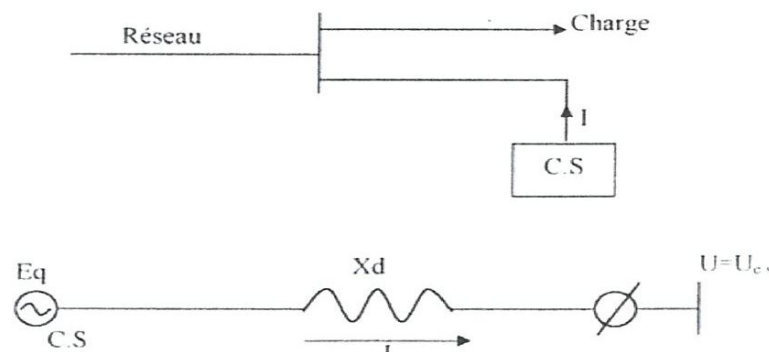


Figure 3-2 : compensateur synchrone

La puissance réactive du compensateur synchrone est définie :

$$Q_{CS} = \sqrt{3}IU_{CS} = \frac{E_q - U_{CS}}{X_d} \cdot U_{CS}$$

3-3-3 Batterie de condensateurs:

Les batteries de condensateurs (B.C) sont très souvent utilisées dans les réseaux de distribution pour le réglage de la puissance réactive et de la tension, elle peut être utilisée dans les systèmes de tension allant jusqu'à 110 KV. A ce niveau particulièrement, et en

générale, une BC est constituée par un système de condensateurs branchés en combinaison série -parallèle,

a- Installation parallèle (transversale):

Pour un réseau de moyenne et haute tension la chute de tension avant le branchement de (BC) peut être s'exprimé par :[7]

$$\Delta U \approx \frac{P_2 R + Q_2 X}{|U_2|}$$

Pour obtenir une tension admissible voulue aux bornes de la charge. On branche le B.C ce qui donne:

$$\Delta U_{ad} = \frac{P_2 R + (Q_2 - Q_{BC})X}{|U_{2,ad}|}$$

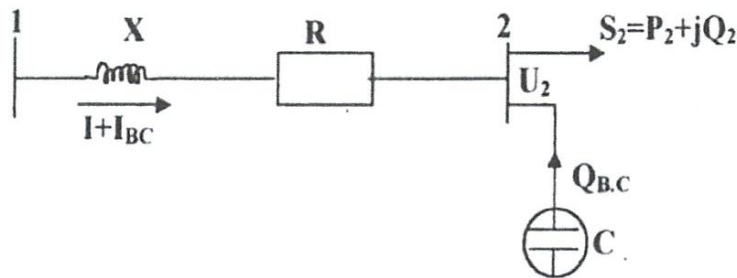


Figure 3-3 : Batterie de condensateur en parallèle

L'introduction de BC à relever la tension U_2 d'un écart égal à :

$$\Delta U_{B,C} = U_{2,ad} - U_2 = \Delta U - \Delta U_{ad}$$

AU fait que approximativement $\frac{1}{U_2} \approx \frac{1}{U_{2,ad}}$ les deux premiers termes sont pratiquement les mêmes donc leur différence est négligeable par conséquent:

$$\Delta U \approx \frac{Q_{BC} \cdot X}{U_{2,ad}} \text{ mais on a : } Q_{BC} = U_{2ad}^2 \omega C$$

Donc : on obtient : $\Delta U_{B,C} = \omega \cdot C \cdot X \cdot U_{2ad}$

Où bien en % de U_N :

$$\Delta U_{B,C}(\%) = \frac{\omega \cdot C \cdot X \cdot U_{2ad}}{U_N} \cdot 100$$

On peut alors calculer la valeur nécessaire de la capacité pour assurer l'écart voulue:

$$C = \frac{\Delta U_{B,C}(\%) U_N}{\omega \cdot X \cdot U_{2ad}} \cdot 10^{-2}$$

Pour relever la tension U_2 d'un écart quelconque ($\Delta U(\%)$), on peut analogiquement écrit:

$$U_C(\%) = \frac{\omega \cdot C \cdot X \cdot U_{2c}}{U_N} \cdot 100$$

Ce qui donne:

$$C = \frac{\Delta U_C(\%) U_N}{\omega \cdot X \cdot U_{2c}} \cdot 10^{-2}$$

Le triangle des puissances sera :

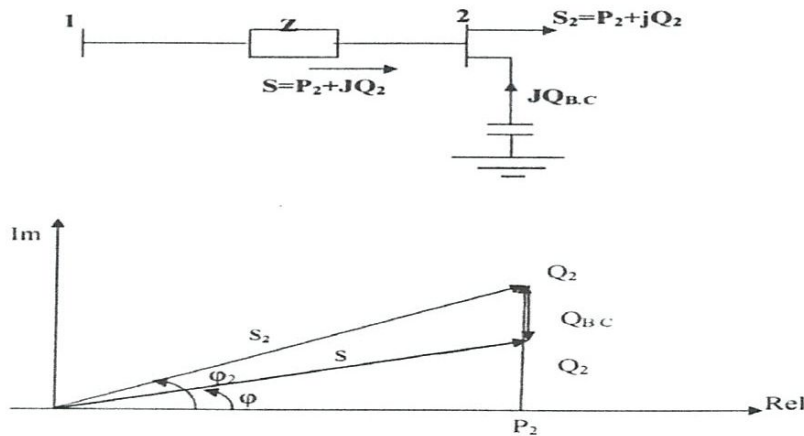


Fig3-4: Triangle des puissances avant et après compensation

On réglant la tension. On améliore en même temps $\cos\varphi$ de la ligne (dans le point 2). b- Installation série (longitudinale):

La variation de la tension peut s'effectuer par l'action sur la réactance du système ligne, il faudrait dans ce cas brancher la B.C en série avec la réactance du réseau:

Avant le branchement de B.C

$$\begin{aligned} U_2 &= U_1 - \sqrt{3}I(r + jX) \\ &= U_1 - \sqrt{3}Ir - j\sqrt{3}IX \end{aligned}$$

Après le branchement:

$$\begin{aligned} U_{2,ad} &= U_1 - \sqrt{3}I(r + j(X - X_c)) \\ &= U_1 - \sqrt{3}I(r + jX) + j\sqrt{3}IX_c \end{aligned}$$

$$U_{2,ud} = U_2 + j\sqrt{3}IX_c$$

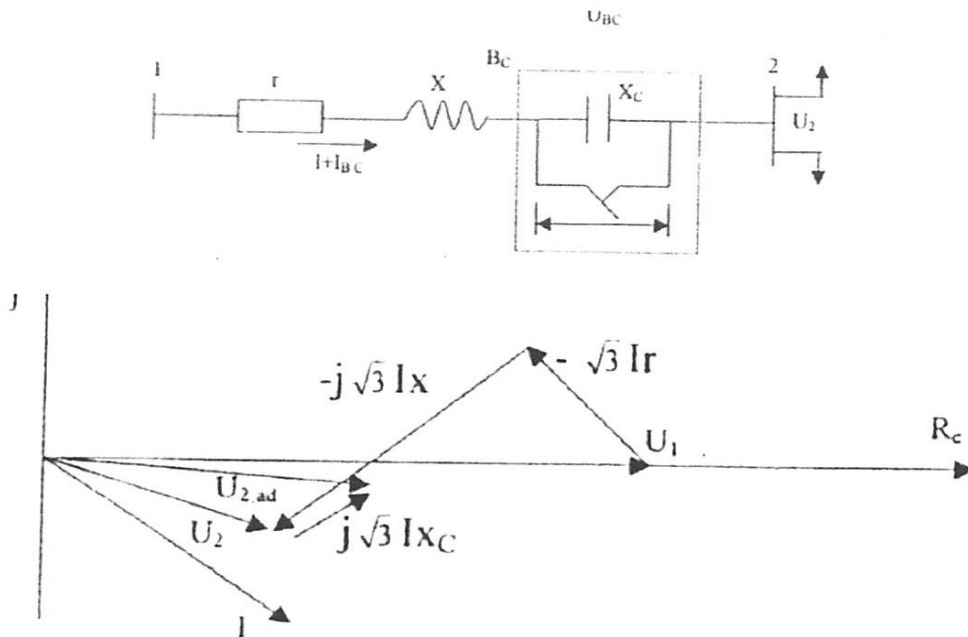


Fig 3-5-batterie de condensateur en série et diagramme vectoriel

De la manière que précédemment on trouve l'écart de la tension U_2 correspondant à la variation de la réactance :

$$\Delta U_{BC} = \frac{Q_2 X_c}{U_{2,ad}}$$

Ce qui donne en % de U_n :

$$\Delta U_{BC}(\%) = \frac{Q_2 X_c}{U_{2,ad} U_N} \cdot 100$$

$$\Rightarrow C = \frac{100 \cdot Q_2}{\Delta U_{BC}(\%) \omega \cdot U_{2,ad} U_N}$$

C: la capacité nécessaire à brancher en série pour une tension aux bornes de la charge égale à $U_{2,ad}$.

3-3-4-Transformateurs réglables:

De très nombreux transformateurs, et en particuliers les appareils de distribution d'énergie, sont équipés de prises sur les enroulements de façon à pouvoir ajuster ou régler la tension secondaire à la valeur choisie.

On peut distinguer trois possibilités de réglage dont deux hors charge et hors tension.

A/ Par sortie multiples:

Dans ce cas les prises sortent directement sur des bornes et l'on connecte la ligne d'alimentation sur les prises choisies, ces prises sont généralement du côté haute tension, et le plus souvent sont au nombre de trois disposés dans le même isolateur et permettent un réglage à: $U_n - 5\%$, U_n , $U_n + 5\%$.

B/ Par sélecteur ou ajusteur hors tension

Dans ce cas les prises disposées généralement sur la haute tension à $U_n - 5\%$, U_n , $U_n + 5\%$ sont reliées à un commutateur qui permet de sélectionner l'une de ces prises. [15]

La commutation d'une prise à l'autre, il se produit une coupure de l'alimentation du circuit haute tension, ce qui oblige à mettre hors tension l'appareil pour effectuer cette manœuvre.

C/ par commutateur ou régleur en charge:

Un dispositif équipé généralement les unités de forte puissance destinées à être interconnectées avec d'autre réseau. Les prises de tensions sont beaucoup plus nombreuses (jusqu'à vingt prises et au delà). Schématiquement ces dispositifs sont constitués par :

- 1 - Deux commutateurs fonctionnent alternativement.
- 2 - Un contacteur monté en série avec chacun des commutateurs.
- 3 - Un dispositif diviseur de tension réalisé généralement par une inductance à point milieu; les extrémités de cette inductance étant respectivement connectées à chacun des contacteurs.

3-3-5- Compensateur statique à semi-conducteurs:

Ces compensateurs sont réglables et dites source statique de la puissance réactive. Ils sont utilisés *en* haute tension et pour des grandes puissances.

Le principe de réglage se base sur la variation de la courbe instantanée du courant des branches réglables du compensateur en faisant varier les intervalles de conduction des semi-conducteurs insérés.

Ces compensateurs sont largement utilisés actuellement.

Chapitre IV

Application sur un réseau électrique

Chapitre IV : application sur un réseau électrique

4-1 Méthodes du calcul des réseaux électriques :

Pour le calcul des réseaux électriques, on utilise des méthodes itératives appliquées à un système d'équation algébrique non linéaire de grande dimension.

Pour juger laquelle des méthodes est la plus appropriée dans la résolution d'un problème, on doit tenir compte des paramètres suivant :

1. le temps nécessaire pour la saisie des données ;
2. l'allocation de mémoire nécessaire pour le programme;
3. le temps du calcul itératif, ce dernier dépend de :
 - a. Le nombre d'opération logique et arithmétique nécessaire dans chaque itération ;
 - b. la vitesse de convergence de la solution itérative ;
 - c. les dimensions et caractéristique du réseau électrique.

Les deux méthodes les plus utilisées dans le domaine de l'écoulement de puissance sont la méthode de Newton-Raphson et la méthode de Gauss-Seidel

Il a été démontré dans des études précédentes que la méthode de Newton-Raphson est la meilleure.

Donc pour le calcul du réseau on va appliquer cette méthode en utilisant un programme de calcul écrit en matlab.

4-2 -Données du réseau à calculer:

Le réseau proposé à l'étude est un réseau à 5 JB représenté par le schéma suivant:

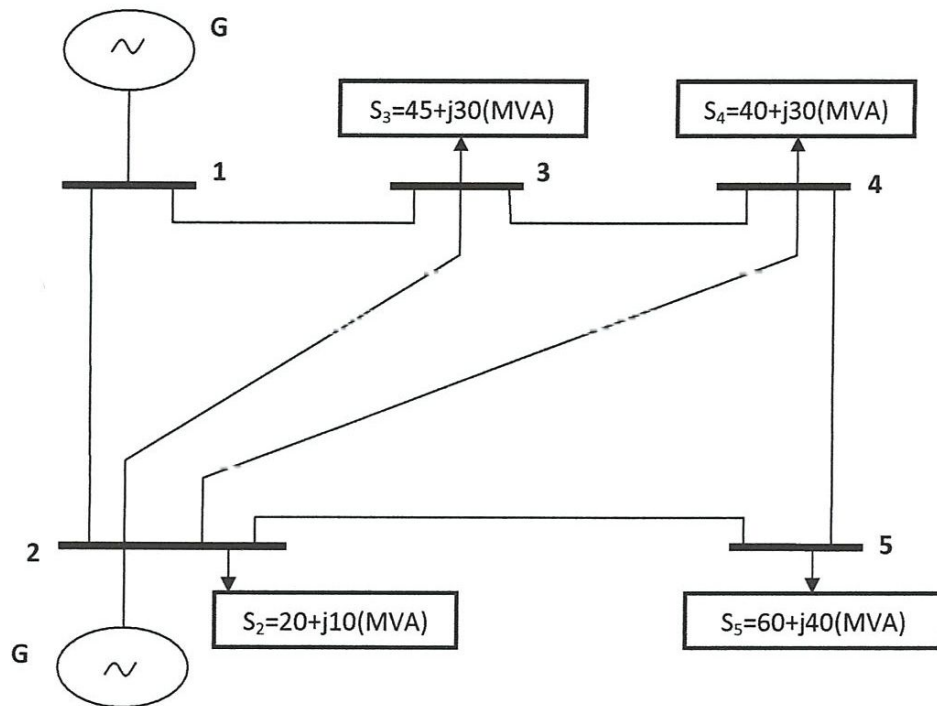


Fig. 4.1 Exemple d'un réseau de 5 jeux de barres

DONNÉES INITIALES:

- le jeu de barre de référence est (1).
- nombre de JB est (5).
- nombre de lignes est (7).
- nombre de générateurs est (2).

Les données des lignes sont représentés dans le tableau suivant :

Ligne(i-j)	Impédances(Z_{ij}) en u.r	Admittances (Y_{ij}) en u.r
1-2	$0.02+j0.06$	$0.0+j0.060$
1-3	$0.08+j0.24$	$0.0+j0.050$
2-3	$0.06+j0.18$	$0.0+j0.040$
2-4	$0.06+j0.18$	$0.0+j0.040$
2-5	$0.04+j0.12$	$0.0+j0.030$
3-4	$0.01+j0.01$	$0.0+j0.020$
4-5	$0.08+j0.24$	$0.0+j0.050$

Tab 4.1 Impédances et admittances des lignes

Les tensions et puissances des JB sont représentés dans le tableau suivant:

JB(i)	Tensions initiales (en u.r)	Puissances générée (en MVA) (en MVA)	Puissance demandée (en MVA)
1	$1.05+j0.0$		
2	$1.02+j0.0$	$40+j?$	$20+j10$
3	$1.00+j0.0$		$45+j30$
4	$1.00+j0.0$		$40+j30$
5	$1.00+j0.0$		$60+j40$

Tab 4.2 Tensions et puissances initiales des JB

4.3 Calcul du régime normal:

Par l'utilisation de la méthode de newton raphson dans le cas de fonctionnement normal du réseau, on obtient les résultats suivants[6]:

Après exécution du programme on obtient le fichier résultat suivant:

Bus No.	Voltage Mag.	Angle Degree	-----Load-----		---Generation---		Injected Mvar
			MW	Mvar	MW	Mvar	
1	1.050	0.000	0.000	0.000	130.862	31.030	0.000
2	1.020	-2.621	20.000	10.000	40.000	38.373	0.000
3	0.979	-4.666	45.000	30.000	0.000	0.000	0.000
4	0.975	-4.956	40.000	30.000	0.000	0.000	0.000
5	0.960	-5.711	60.000	40.000	0.000	0.000	0.000

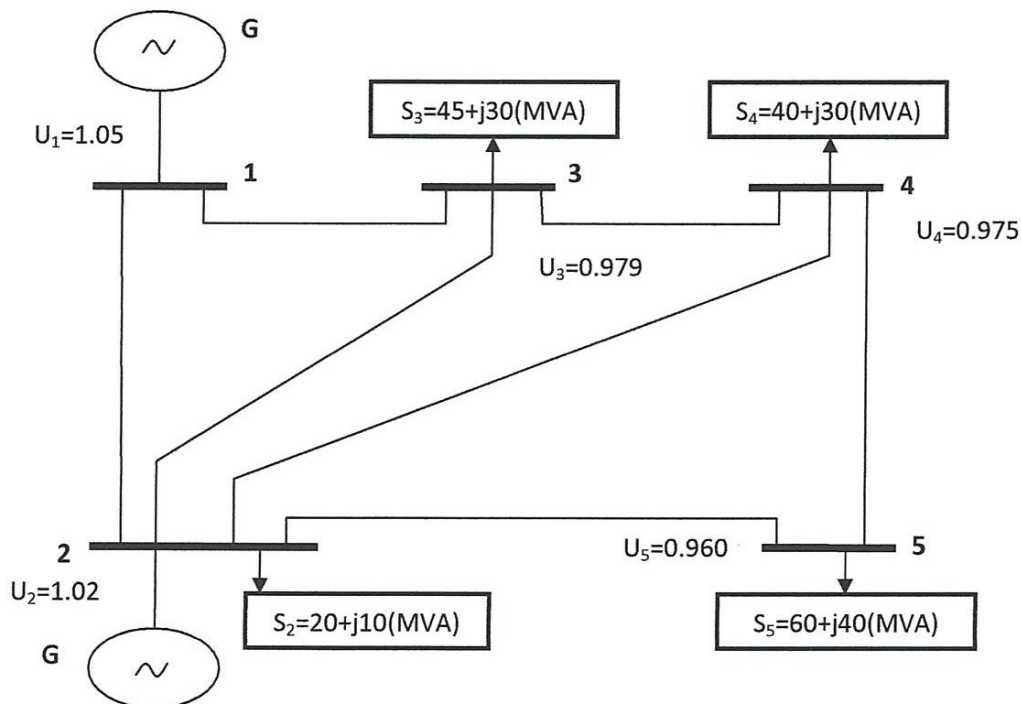


Fig. 4.2 le réseau en fonctionnement normal

D'après les résultats, on voit que tous les tensions des nœuds sont dans les limites admissibles.

4.4- Calcul du régime futur:

Le régime futur est caractérisé par l'augmentation de la charge, dans le tableau ci-dessous on a regroupés les résultats de calcul dans chaque cas de l'augmentation de la charge:

Taux d'aug. U_{JB}	0%	10%	20%	30%	40%	50%	100%
U_3	0.979	0.956	0.949	0.942	0.933	0.926	0.882
U_4	0.975	0.950	0.942	0.934	0.926	0.918	0.877
U_5	0.960	0.931	0.923	0.914	0.905	0.895	0.844

Tableau 4-3 cas d'augmentation de charge

D'après les résultats, on voit que les tensions commencent à diminuer avec l'augmentation de la charge et sortent des limites admissibles, on a pris le cas de l'augmentation de la charge de 100%:

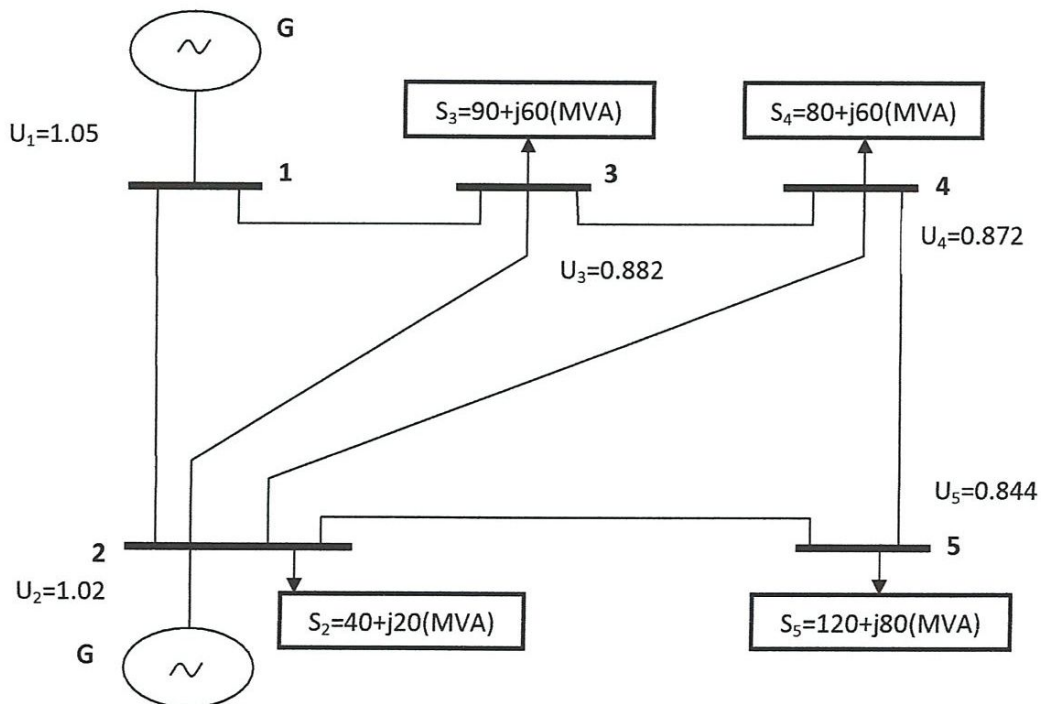


Fig. 4.3 Calcul du réseau futur (cas de l'augmentation de la charge de 100%)

D'après les résultats de calcul on voit que pour le régime initial les tensions des JB sont dans les limites admissibles ($\pm 5\% U_n$), par contre pour le régime futur (augmentation de charge), les tensions des JB 3, 4 et 5 sortent des limites admissibles, donc on conclut que l'augmentation de la charge a provoqué des chutes de tensions importantes dans le réseau, ce qui conduit à proposer les solutions possibles à ce problème.

4-5-Solutions proposées:

A / Augmentation de la tension du JB n°: 2 à la valeur maximale possible.

On a obtenu les résultats suivants:

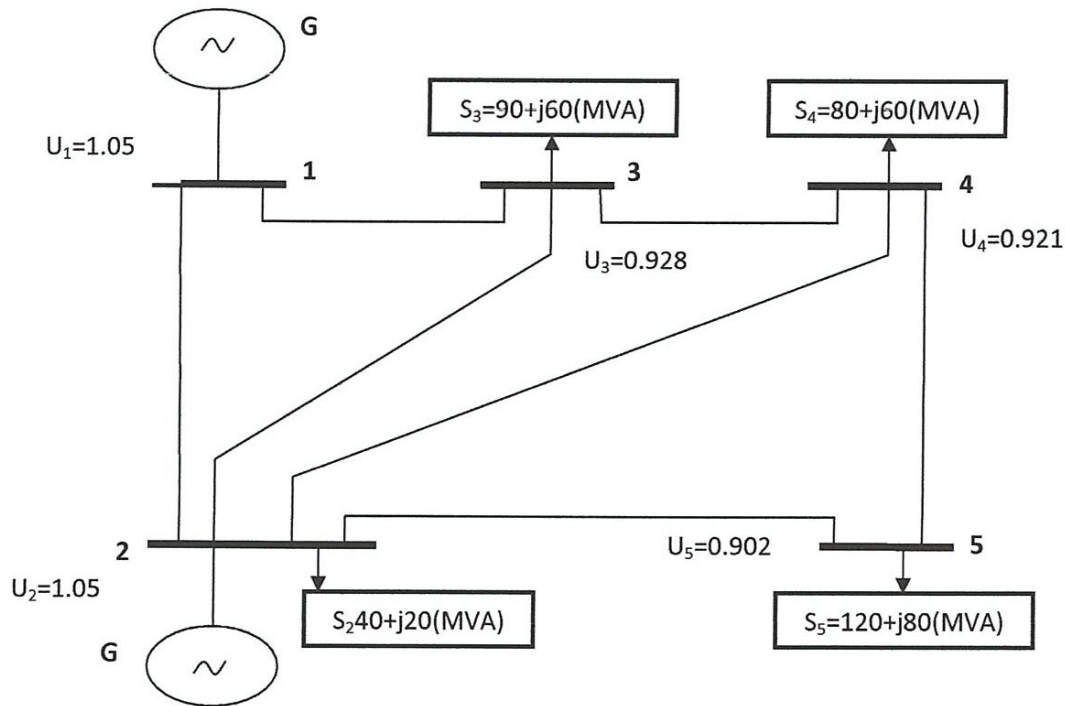


Fig. 4.4 le réseau après l'augmentation de U_2

D'après les résultats, les tensions U_3 , U_4 , U_5 sont toujours hors des limites admissibles, et la tension la plus basse est U_5 .

Donc il faut faire une autre solution.

B/ Compensation de puissance réactive dans JB5:

On a varié le taux de la puissance réactive des batteries par rapport a la puissance réactive de la charge et on a regroupé les résultats dans le tableau ci-dessus:

U_{JB} Q_c	20%	40%	60%	80%	100%
U_3	0.930	0.932	0.933	0.935	0.937
U_4	0.924	0.926	0.928	0.930	0.932
U_5	0.911	0.920	0.928	0.936	0.944

Tab 4-4-compensation au JB 5

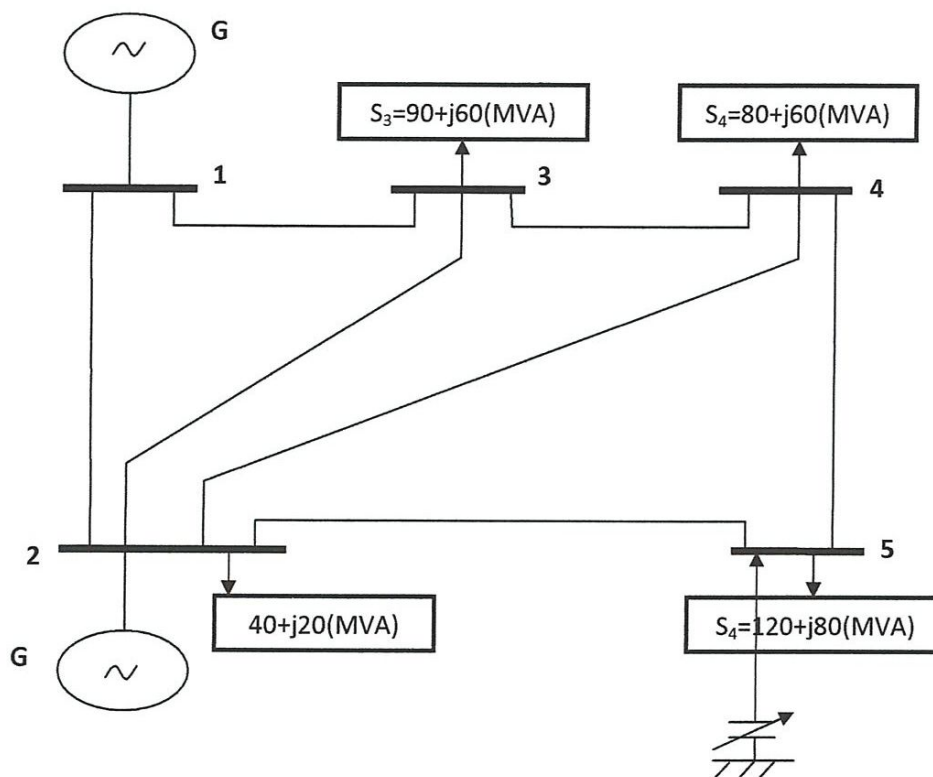


Fig 4-5- compensation au JB 5

D'après les résultats on voit que les tensions des JB 3 et 4 et 5 restent toujours hors les limites admissible.

C /compensation de puissance réactive dans les JB 3, 4,5:

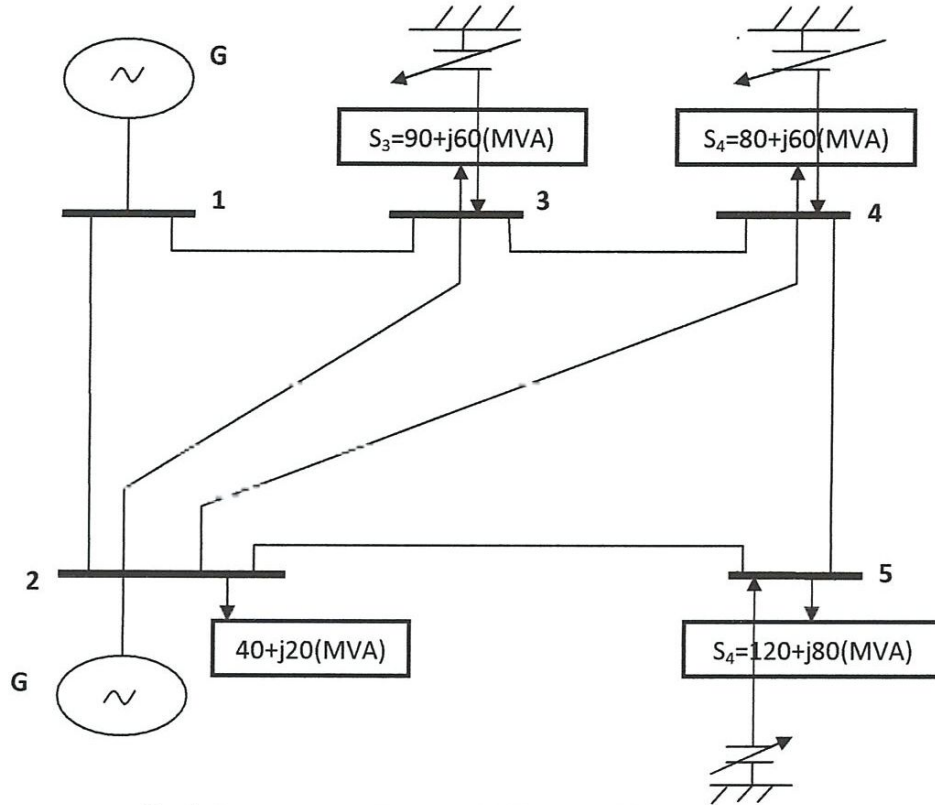


fig 4-6- compensation au JB 3 et 4 et 5

On a varié la puissance réactive injectée dans les JB 3,4 et 5 de 20% jusqu'à 100% de la puissance réactive de la charge, les résultats de calcul sont regroupé dans le tableau ci-dessus:

$U_{JB} \backslash Q_c$		20%	40%	60%	80%	100%
U_3		0.938	0.947	0.957	0.966	0.975
U_4		0.932	0.942	0.952	0.962	0.971
U_5		0.914	0.926	0.937	0.948	0.958

Tab 4-5-compensation au JB 3, 4 et 5

Conclusion:

D'après les résultats, on voit qu'avec 60% injectée dans le JB 3 et 4 , et 100% injectée dans le JB 5, les tensions U_3 , U_4 et U_5 entrent dans les limites admissibles.

Chapitre V
**Protection des réseaux
électriques**

Chapitre V: protection des réseaux électriques

5-1-introduction

La coupure d'un courant n'est pas facile à réaliser et nécessite des appareils d'autant plus complexes que l'intensité du courant à couper est élevée et que la tension est élevée.

Quelque soit la qualité des matériels utilisés et le soin avec lequel on les assemble, l'apparition de défauts est inévitable.

Les mesures de sécurité et de protection doivent répondre à certains principes qui sont par ordre de priorité:

-sécurité des personnes étrangères à l'installation électrique. - sécurité des personnes non spécialisées utilisant l'installation, -sécurité des personnels spécialisés entretenant l'installation, -sécurité et maintien en bon état du matériel -fiabilité de fonctionnement du système PTDU. | Production, transport, distribution de l'énergie électrique).

Les dispositions à prendre pour garantir la sécurité des personnes font l'objet de lois d'ordonnances, de prescriptions et de recommandations.

Pour éviter la détérioration des matériels lors de surintensités, il faut disposer d'appareils, de coupure de courant (disjoncteurs et fusibles) capables d'éliminer les courants de court-circuit très rapidement, ainsi que les surintensités plus modeste avec une certaine temporisation.

Pour limiter les inconvénients dus aux surtensions, on utilise essentiellement la coordination des isolements en faisant appel à des parafoudres et à des éclateurs. Enfin, pour assurer une fiabilité suffisante garantissant la plus grande continuité du service compatible avec la sécurité (qui reste prioritaire) on doit concevoir un système de détection des défauts capable de localiser la plus vite possible la portion du système PTDU qu'il faut couper de l'ensemble, afin d'éviter qu'une partie inutilement grande du système PTDU ne soit mise hors service.[2]

5-2- But de protection:

Ce chapitre traite de l'ensemble des moyens et méthodes à mettre en jeu pour protéger le matériel des réseaux électriques, les personnes, les choses à l'instant et durant un défaut

Dans les installations industrielles, la continuité de distribution de l'énergie électrique aux différents récepteurs exige un dimensionnement correct de chaque partie

de l'installation: transformateurs; câbles; lignes; organes de commande; moteurs;...

Malheureusement augmente les limites de sécurité devient rapidement très onéreux, malgré toutes les précautions prises parmi ses causes:

- Surtensions et coups de foudre;
- Surcharges;
- Fausse manœuvre;
- Vieillesse et détérioration des isolants;
- Condition anormale de fonctionnement.

C'est le rôle des systèmes de protection d'éviter les conséquences de ces incidents.

- D'assurer la protection des personnes contre tout danger électrique;
- De limiter les contraintes thermiques; électriques et mécaniques;
- De réduire les tensions induites dans les circuits et canalisations voisines;
- De préserver la stabilité de réseau.

5-3- choix du système de protection

Le choix du système de protection le mieux adapté contre les courants de défaut doit prendre en compte deux éléments importants:

- La structure du réseau;
- Le régime de mise à la terre du neutre

5-4- Conditions imposées aux systèmes de protection:

Les conditions qui doivent remplir les dispositifs de protection sont :

a- Sélectivité:

Afin d'assurer une sélectivité, c'est - à dire l'aptitude à déclencher uniquement la partie de réseau cause du défaut,

b- Rapidité d'action:

Pour limiter les dégâts au courant de court - circuit les relais de protection qu'il l'intelligence de l'appareillage électrique doivent réagir rapidement le plus que possible en permettant la mise hors circuit de l'élément protégé avant que les limites critique ne soit dépasser,

c- Sensibilité:

Le fonctionnement doit avoir dans des circonstance ou les courants de défaut se trouvent réduites; soit par diminution momentanée de la puissance de court - circuit; soit par une résistance de défaut. Cette sensibilité doit être en rapport avec les courants d'essai de transformateur de mesure ou des courants capacitifs du réseau, les cas, limites de fonctionnement doivent être examiné avec soit à partir du schéma d'exploitation

d- Fiabilité:

La fiabilité exprime le degré de confiance que l'on peut accorder à un matériel; elles doivent fonctionner à coup sur, quand il survient un défaut à un instant aléatoire.

La fiabilité d'un relais est liée à sa robustesse; à la qualité de sa construction et

composantes s'il s'agit d'un élément électrique.

5-5- Caractères de défaut:**5-5-1- Définition:**

Un défaut est caractérisé par un phénomène non conforme au fonctionnement normal du réseau et pouvant, dans certains cas, conduire à un effondrement électrique de celui-ci et à la mise en danger de son environnement.

5-5-2-Causes:

Les causes aptes à déclencher des défauts dans les réseaux sont nombreuses et peuvent avoir pour origine :

- Des phénomènes propres au réseau (par exemple rupture d'une colonne de sectionneur, perforation d'une isolation interne de transformateur d'un poste par fatigue d'électrique),
- Des événements indépendants du réseau (par exemple, chute d'un arbre sur une ligne ou rupture d'un poteau électrique à la suite d'un accident de voiture, coup de foudre sur une ligne).

5-5-3- Conséquences des défauts :

Les défauts peuvent avoir plusieurs sortes de conséquences graves tel que :

1- Echauffement:

Les courants de court -circuit consécutifs aux défauts peuvent provoquer des échauffements anormaux, particulièrement dans les câbles souterrains MT.

2- Chute de tension:

Les courants de court -circuit provoquent des variations brusques de la tension ; non seulement sur l'élément avarie, mais aussi sur les lignes adjacentes "phénomène de coup de tension ".

3- Efforts électrodynamiques :

Le matériel qui supporte le passage de courant de court -circuit très intense est soumis à des efforts électrodynamiques important ; en particulier les jeux de barres, les supports d'isolateur, les enroulement des transformateurs, peuvent être déformés si leur rigidité mécanique ne présente pas la garantie nécessaire .

5-6- Les différents types de protection:

5-6-1- protection à maximum de courant:

La protection à maximum de courant consiste par a définition débrancher le circuit protégé, quand le courant dans ce dernier dépasse la valeur dite de seuil, la protection est destinée à débrancher uniquement l'élément en défaut . La protection à maximum de courant est habituellement utilisée pour les lignes radiales.

5-6-2-protection directionnelle de courant :

Le principe de fonctionnement dépend du sens de la puissance de court -circuit. La protection réagit en fonction de la valeur du courant de court -circuit et du sens de l'écoulement de la puissance dans la ligne considère.

La protection directionnelle est habituellement utilisée pour les réseaux bouclés. [14]

5-6-3-protection à distance:

C'est une protection qui utilise l'impédance (ou la résistance) comme paramètres de réactions.

Avec cette protection on peut mesurer l'éloignement des courts -circuits, suivant la variation du rapport U/I .

5.7- Matériel de protection:

Il ya plusieurs d'appareils utilisé au protection. Parmi les on distingue le disjoncteur :

Le disjoncteur est appareil capable d'établir, de supporter et de couper les courants de service ainsi que les courants anormalement élevés, tels que les courants de surcharge et les courants de court-circuit.

Pour couper le courant alternatif, le disjoncteur doit empêcher l'arc qui se produit entre ces contacts (fixe et mobile) lors d'un courant de court -circuit ou un courant de surcharge de ce reforme. Pour cela, plusieurs types de disjoncteur utilisent des différentes méthodes pour l'extinction de l'arc.

Types de disjoncteur	Principe	Avantages	inconvenient
Disjoncteur a l'huile	-l'arc est éteint par un puissant soufflage au moyen d'huile sous pression	l'arc dure - les environ 15 ms ce type de disjoncteur est plus silencieux	contacts et les éléments de chambre de coupure doit être révisés - le niveau d'huile doit être contrôlé - le contenu d'huile présente le risque d'explosion en cas de dépassement courant de rupture

Disjoncteur pneumatique (ou à air comprimé)	-utilise l'air comprimé comme agent extingueur de l'arc	-l'arc dure de 10 à 15 ms - permet de résoudre tout les cas difficiles de coupure a cause de sa tension nominale (80 x123 KV)	- son fonctionnement est bruyant - risque d'explosion en cas de manque de pression d'air, lors d'un court-circuit
Disjoncteur au gaz SF6	on les utilise lorsqu'il faut, réduire les dimensions du disjoncteur par exemple dans les postes intérieurs des centres- villes)	permet une grande économie d'espace tout en étant plus silencieux	
Disjoncteur a vide	Fonctionnement sur un principe différent des autres disjoncteurs car, il n'y a aucun gaz a s'ioniser lors de l'ouverture des contacts	il ne produit aucun problème de contamination ni bruit	sa tension de rupture est limitée a 30 KV. ce qui de oblige de monter plusieurs modules en série pour des tensions élevées

Tab 5-1-types des disjoncteurs

Conclusion générale

Conclusion générale

L'amélioration du régime de fonctionnement d'un réseau électrique est la tâche la plus délicate de l'exploitation des réseaux électriques.

Pour cela il est toujours indispensable de maintenir la tension dans n'importe quel nœud du réseau dans des limites admissibles, malheureusement subissent (dans certains moments) des variations importantes (que ce soit augmentation ou diminution) à cause des défauts qui affectent le réseau électrique.

Parmi les problèmes qui affectent le maintien de la tension dans les normes, la variation de la charge, en fait, l'augmentation de la consommation entraîne avec elle, l'augmentation des pertes de puissance, des chutes de tension et donc diminution de la tension.

On a vu pour le réseau proposé à l'étude le cas de l'augmentation de la charge de 100%, diminue les tensions des nœuds d'une valeur importante, et aussi augmente les pertes totales actives $\sum \Delta P$ et réactives $\sum \Delta Q$

Les solutions qu'on proposées sont:

1-augmentation de la tension de départ, qui améliore légèrement les tensions.

2-compensation de la puissance réactive, on a trouvé qu'il faut compenser une grande quantité de puissance réactive pour que les tensions entrent dans les limites admissibles.

On a vu que pour la compensation de la puissance réactive dans le nœud d'où la tension est la plus basse, donne des bons résultats (diminution des chutes de tension et des pertes).

On a commencé par la compensation de la puissance réactive au JB 5 (caractérisé par la tension plus basse), puis on a fait la compensation dans tous les JB de charge (3, 4, et 5) et on a trouvé une réparation avec laquelle, (60%, 60%, 100%), les tensions entrent dans les limites admissibles.

Et enfin, on a présenté des généralités sur la protection des réseaux électrique, et l'appareil de protection le plus important qui est le disjoncteur.



Bibliographie

Bibliographie

- [1] René Pélissier, "Architecture et développement des réseaux électriques", Tome 3, Dunod technique, Paris. Chapitre3.
- [2] Théodore Wildi, "Electrotechnique", les presses de l'université laval, édition ESKA, 1991.
- [3] M.Aguet, M.ianoz, « Haute tension », traité d'électricité et électrotechnique, Dunod, paris, 1987.
- [4] William D.S Stevenson, Jr McJraw "Elements of power system analysis" , Mac-Graw-Hill book company, New Work, 1982, chap1 et 8.
- [5] F. Milsant, « cours d'électrotechnique, TOME1:transformateur et réseaux électrique », Berti Edition, Alger 1993.
- [6] S. GOUAIDIA, « cours de deuxième année master réseaux électrique: modélisation des réseaux électriques »,
- [7] MICHEL CRAPPE, « stabilité et sauvegarde des réseaux électrique » Paris, Hermes Sciences publications, 2003.
- [8] P.Ferracci « Techniques de l'ingénieur, qualité de l'énergie électrique » .CT199.
- [9] M.Aguet,J.J Morf, « Energie électrique », Traité d'électricité, d'électronique, et d'électrotechnique, Dunod, Paris, 1987.
- [10] D.Koch, « Manœuvre et protection des batteries de condensateurs MT ». CT189.
- [11] « Guide de conception des réseaux électrique industriels » 6 883 427/A-Schneider Electric.
- [12] K. Bounaya « Les réseaux électriques .première partie : Eléments de descriptions et d'analyse de base » L621.951 Bibliothèque de l'université de Guelma.
- [13] A. Boudefel « cours de deuxième année master en réseaux électriques: régime transitoire des R.E. »

[14] BdeMetz Noblat, « Cahier technique n° 213: les calculs sur les réseaux électrique BT et HT ». Schneider Electric.

[15] K. BOUMAZA, N. BEKHAKHCHA, « Amélioration du régime de fonctionnement d'un réseau électrique ». Mémoire d'ingénieur en Electrotechnique, Département de Génie Electrique, Univ. Guelma, Juin 2005.