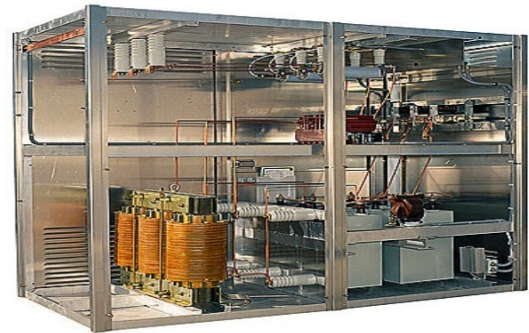


Cours : Compensation d'Énergie Réactive



Réalisé par :Mme AITOUARET Née CHEKKAL
Samira

Table des matières



Objectifs	3
Introduction	4
I - Chapitre I : Qualité d'énergie et l'écroulement de tension	5
1. Introduction	5
2. Perturbations de la tension	6
2.1. Creux de tension	6
2.2. Fluctuations de tension – Flicker/ papillotement	7
2.3. Les variations de tension	7
2.4. Bosses de tension	7
2.5. Interruption courte ou coupure brève	7
3. Chutes de tension	8
4. Le plan de tension	9
5. Réglage de la tension	10
5.1. Réglage primaire de tension : RPT	10
5.2. Réglage secondaire de tension : RST	11
5.3. Réglage tertiaire de tension : RTT	11
6. Moyens de réglage de la tension	11
II - Activité d'auto-évaluation	12
Solution des exercices	13
Bibliographie	14

Objectifs



A l'issue de ce cours l'apprenant sera capable de :

- Connaître les phénomènes principaux qui détériorent la qualité de l'énergie électrique , leurs origines et les conséquences sur les équipements à travers la dégradation de la tension et/ou du courant et les perturbations sur les réseaux ;
- Comprendre l'implication des charges non linéaires dans la détérioration de la qualité de la tension

Introduction



Le réglage et le contrôle de la tension dans les réseaux électriques consiste à maintenir en régime permanent des tensions stables et dans des plages spécifiques à chaque niveau. Ce réglage est d'une importance capitale pour garantir un bon fonctionnement des différents équipements du réseau (lignes, transformateurs, système de protection, charges...etc). En effet, une tension plus élevée conduit souvent à une usure prématurée du matériel, alors qu'une tension plus basse par rapport à la plage spécifiée conduit à un mauvais fonctionnement des équipements et des charges.



Chapitre I : Qualité d'énergie et l'écroulement de tension



Introduction	5
Perturbations de la tension	6
Chutes de tension	8
Le plan de tension	9
Réglage de la tension	10
Moyens de réglage de la tension	11

1. Introduction

La qualité d'énergie ou de la tension est le concept d'efficacité de classer les équipements sensibles d'une manière qui convient à l'opération de l'équipement. Le maintien de ce niveau de qualité est la responsabilité commune de tous les gestionnaires de réseaux concernés (zones de réglage), qui doivent participer aux réglages primaire et secondaire de la fréquence. Le gestionnaire de réseau doit maintenir l'amplitude de la tension dans un intervalle de l'ordre de 10% autour de sa valeur nominale. Cependant, même avec une régulation parfaite, plusieurs types de perturbations peuvent dégrader la qualité de la tension :

- Les creux de tension et coupures brèves ;
- Les variations rapides de tension (flicker) ;
- Les surtensions temporaires ou transitoires.

Les problèmes d'apparition du phénomène d'écroulement de tension sont toujours liés à la difficulté de régler la tension au-dessus d'une certaine valeur appelée tension critique. Généralement, l'effondrement de tension se produit dans les réseaux électriques qui sont fortement chargés, court-circuités et/ou ont un manque de la puissance réactive, dans cette situation le réseau électrique ne peut pas assurer la puissance réactive demandée par la charge. Ceci est dû à des limitations sur la production et la transmission de la puissance réactive, de telle sorte que, la puissance réactive des générateurs et des systèmes FACTS est limitée par des contraintes physiques.

En plus la puissance réactive générée par des bancs de condensateur est relativement réduite à des tensions basses. La limite sur le transport d'énergie réactive est due principalement aux pertes réactives élevées dans les lignes électriques fortement chargées.

2. Perturbations de la tension

L'alimentation est d'autant plus fiable que le nombre annuel d'interruptions est petit et que leur durée moyenne est faible.

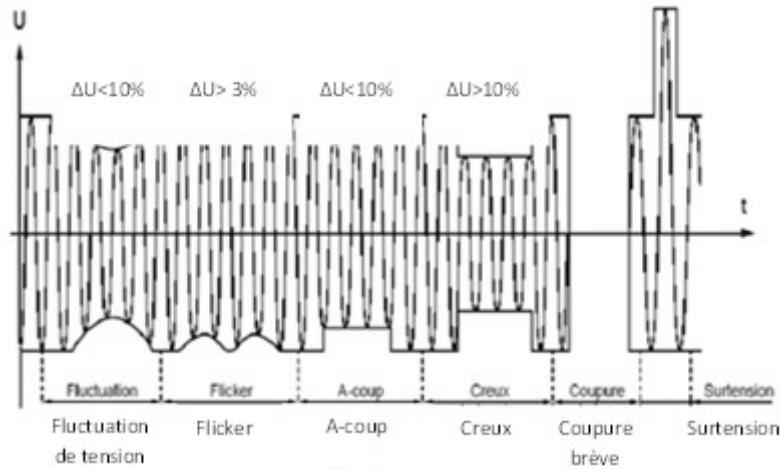


Fig I.1

2.1. Creux de tension

Diminution brutale de la tension d'alimentation à une valeur située entre 90% et 1 % de la tension déclarée, suivie du rétablissement après un court laps de temps. Leur durée peut aller de 10 ms (1/2 période du 50 Hz) à 1 minute.

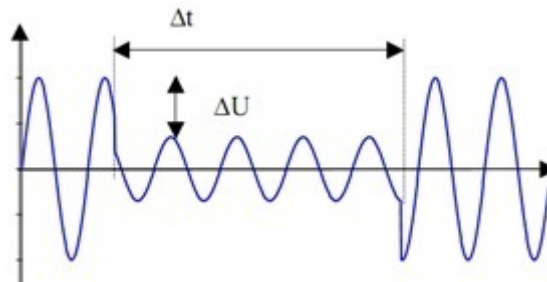


Fig I.2

Les paramètres caractéristiques d'un creux de tension sont donc de sa profondeur ΔU et sa durée ΔT .

- Les creux de tension et les coupures brèves sont principalement causés par :
- des défauts sur le réseau de transport (HT) de distribution (BT et MT) ou sur l'installation elle-même. L'isolement des défauts par les dispositifs de protections (disjoncteurs, fusibles) provoquent des coupures (brèves ou longues, conditionnée par les temporisations de fonctionnement des organes de protection).
- la commutation de charges de puissance importante (moteurs asynchrones, fours à arc, machines à souder, chaudières...) par rapport à la puissance de court-circuit.
- Les coupures longues sont le résultat de l'isolement définitif d'un défaut permanent par les dispositifs de protection ou de l'ouverture volontaire ou intempestive d'un appareil.

2.2. Fluctuations de tension – Flicker/ papillotement

Dans les installations où il y a des variations rapides de puissance absorbée ou produite ou des démarrages fréquents (soudeuses, éoliennes, fours à arc...), on observe des variations rapides de tension, répétitives ou aléatoires. Le principal effet des fluctuations de tension est la fluctuation de la luminosité des lampes (papillotement ou flicker)

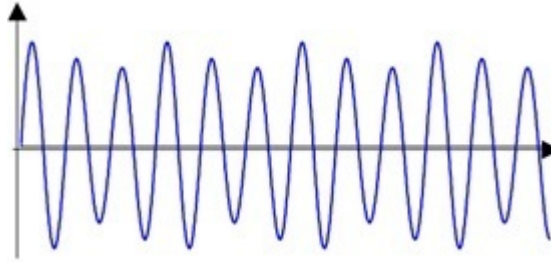


Fig I.3

2.3. Les variations de tension

Elles sont des variations de la valeur efficace ou de la valeur crête d'amplitude inférieure à 10 % de la tension nominale.

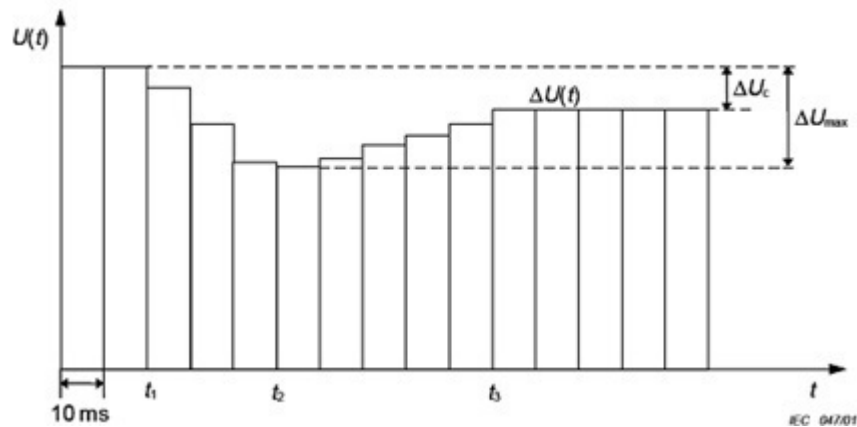


Fig I.4

2.4. Bosses de tension

La bosse de tension est une augmentation de la tension au-dessus de la tension nominale 1.1 p.u pour une durée de 0.5 cycle à 60 s. Elle est caractérisée par son amplitude et sa durée. Elle peut causer l'échauffement et la destruction des composants.

2.5. Interruption courte ou coupure brève

L'interruption courte est la perte complète ou la disparition de la tension d'alimentation pendant une période de temps de 1/2 cycle jusqu'à 3 s. Elle se produit quand la tension d'alimentation ou le courant de charge diminue à moins de 0.1 p.u.

Le dégagement du défaut de tension et les coupures brèves sont principalement produits par les courts-circuits imputables aux incidents naturels du réseau et aux manœuvres d'organes de protection éliminant ces défauts. Ils sont également la conséquence d'appel de puissances importantes lors de la mise en service de certaines charges du réseau.

3. Chutes de tension

Lorsque le transit dans une ligne électrique est assez important, la circulation du courant dans la ligne provoque une chute de la tension (figure 5). La tension est alors plus basse en bout de ligne qu'en son origine, et plus la ligne est chargée en transit de puissance, plus la chute de tension sera importante

Cas d'une consommation alimentée par une ligne depuis une centrale

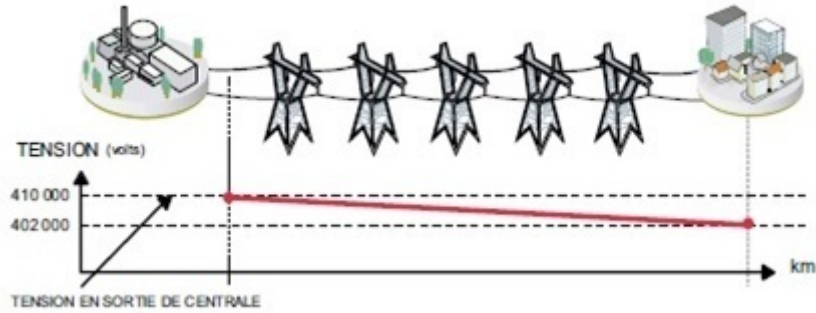


Fig I.5

Si la consommation double, la chute de tension double. Cas d'une forte consommation alimentée par une ligne depuis une centrale

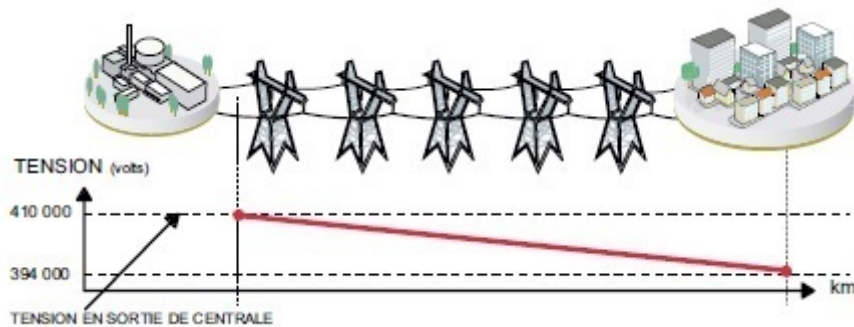


Fig I.6

Un réseau dans lequel la consommation est éloignée de la production, présentera un profil de tension différent de celui d'un réseau dans lequel production et consommation sont uniformément réparties. Chaque centrale impose la tension à sa sortie, et la tension évolue dans le réseau en fonction de la consommation alimentée

Cas d'une consommation répartie avec plusieurs centrales

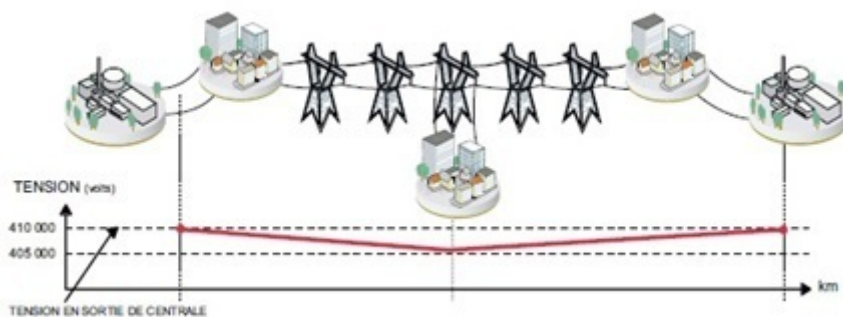


Fig I.7

C'est pourquoi dans le réseau maillé à 400 000 volts, la tension est différente suivant l'endroit où l'on se trouve. A la pointe de consommation, la tension est forte aux noeuds du réseau où les centrales débitent, et relativement basse aux points de consommation éloignés des centrales.

À un niveau de consommation donné. Lorsque la consommation varie au cours du temps, la tension évolue, baissant lorsque la consommation augmente, remontant lorsque la consommation diminue.

Le fait que la tension ne soit pas identique en tout point du réseau est normal. Cette différence est compensée par des réglages de tension réalisés dans les postes de transformation. Cela permet de garantir que la tension reste dans la plage admissible en tout point de livraison (par exemple pour un particulier alimenté en 230 volts, dans la limite de + 6 % ou - 10 %). Afin de maintenir la tension en bout de ligne, RTE peut installer des moyens dits « de compensation » (batteries de condensateurs ou des dispositifs électroniques appelés CSPR–Compensateurs Statiques de Puissance Réactive), qui limitent la chute de tension.

4. Le plan de tension

Pour que la tension reste à chaque instant dans une plage acceptable pour les matériels, des dispositifs de réglage automatique de la tension sont répartis sur le réseau de transport. Ils agissent principalement sur les groupes de production, qui peuvent réguler la tension au point du réseau où ils sont raccordés. Ces dispositifs sont importants pour la sûreté de fonctionnement du système électrique, car ils évitent l'apparition de phénomènes tels que les écroulements de tension. Pour fournir une tension supérieure à la tension minimale autorisée en tout point du réseau, même en bout de ligne, les groupes de production élèvent la tension à un niveau supérieur à la tension nominale. Le plan de tension sur le réseau à 400 000 volts est défini en temps réel par RTE, qui fixe les tensions à maintenir en un certain nombre de points dits « points pilotes », de manière à éviter les écroulements de tension.

5. Réglage de la tension

Les charges présentes sur le réseau électrique consomment, d'une part, une certaine quantité de puissance active et, généralement, une quantité plus ou moins importante de puissance réactive selon leurs types. Cette puissance réactive consommée est en partie fournie par les groupes de productions essentiellement connectés au réseau de transport et en partie, par des dispositifs de compensations d'énergie réactive, généralement, placés au plus près de la consommation pour éviter les transits élevés de puissance réactive dans le réseau de transport vers le réseau de distribution. En effet, dans les réseaux de transport, les lignes ont un caractère plus inductif que résistif et le transit de puissance réactive induit de forte chute de tension.

De plus, le fait de faire transiter de la puissance réactive dans une ligne diminue la puissance active maximale transmissible par celle-ci.

Il existe trois types de réglage :

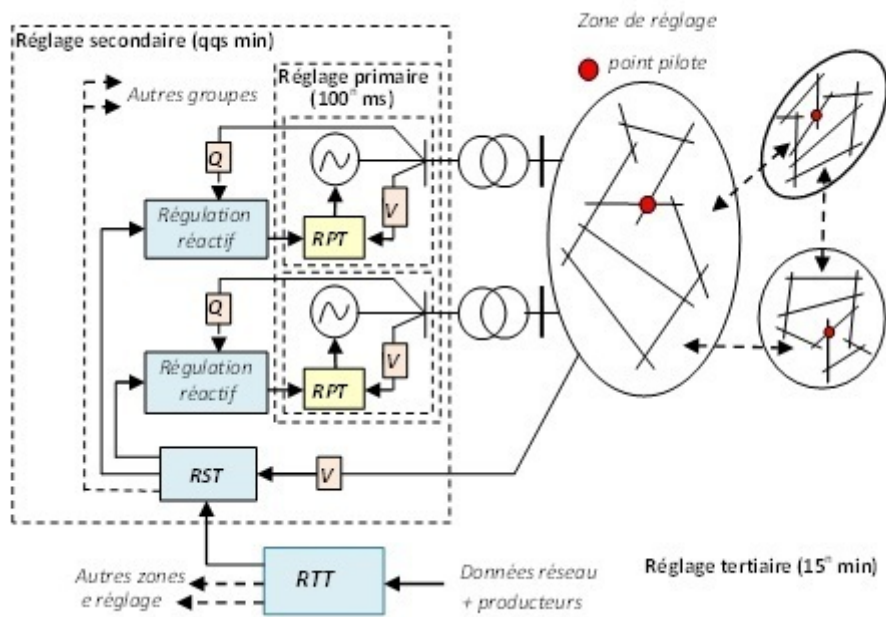


Fig I.8

5.1. Réglage primaire de tension : RPT

Le réglage primaire agit au niveau local, avec une constante de temps de l'ordre de 100ms, sur la tension aux bornes des groupes pour faire face à des variations rapides de la tension qui peuvent être induites par des variations de demande de puissance réactive, par des défauts ou par des manœuvres sur le réseau. Le RPT est le premier à intervenir suite à une perturbation. Il se caractérise par une action basée sur des critères locaux en asservissant la tension aux bornes du groupe à une valeur de référence. Grâce à cet asservissement les générateurs actuels, essentiellement des alternateurs, fixent la tension à une valeur de consigne sur leur point de raccordement. Le principe est d'agir sur l'excitation de ces machines pour garder le niveau de tension désirée. Ceci est réalisable dans les limites propres de chaque alternateur.

5.2. Réglage secondaire de tension : RST

Le réglage secondaire de tension a pour but de faire face, de manière coordonnée, à de fortes mais lentes fluctuations de la tension à l'échelle régionale. Ce que le réglage primaire ne peut assurer seul. Le RST est automatisé et centralisé par régions (dites zones de réglage) comme représentée sur la figure 5. Ces zones de réglages doivent être indépendantes du point de vue de la tension. Cela signifie que chaque zone est en théorie insensible à toute variation de tension pouvant survenir dans une zone voisine. Il a pour objet de limiter les transits de puissance réactive sur les lignes d'interconnexion et de maintenir la tension en certains nœuds représentatifs de la tension de chaque zone à sa valeur de consigne. Ces nœuds spécifiques sont appelés nœuds pilotes (il y en a un par zone de réglage).

5.3. Réglage tertiaire de tension : RTT

Le réglage tertiaire, manuel, effectué par le dispatching national, consiste à réévaluer, à intervalles de quinze minutes, les consignes de tension des nœuds pilotes de chaque zone de réglage selon des critères technico-économiques dont les principaux sont les suivants:

- Exploiter le réseau en assurant au mieux sa sûreté;
- Respecter les contraintes de fonctionnement des matériels;
- Minimiser les pertes et les coûts de production;
- Utiliser au mieux la capacité des ouvrages de transpo

6. Moyens de réglage de la tension

Pour faire face aux variations du plan de tension et des besoins de compensation, ils existent différents moyens d'action qui doivent répondre à une demande de puissance fluctuante dans le temps, qui résulte soit de la consommation réactive des charges, soit des pertes réactives sur l'ensemble du réseau.

- Les compensateurs synchrones ;
- Transformateurs avec prises réglables en charge : Un régleur en charge est un transformateur capable d'adapter son rapport de transformation dans une plage définie.
- Les batteries de condensateurs MT, raccordées aux jeux de barres MT des postes THT/MT ou HT/MT sont destinées à compenser le réactif des charges.
- Les batteries de condensateurs HT, raccordées aux jeux de barres HT des postes THT/HT sont chargées de compenser les pertes réactives sur les réseaux HT et THT.
- Les inductances raccordées au réseau pour compenser la puissance réactive fournie par les lignes THT et les réseaux de câbles souterrains en heures creuses et lors de manœuvres de mise sous tension, etc...

Activité d'auto-évaluation



Exercice 1

[Solution p 13]

La fluctuation lente de la tension est une diminution de la valeur efficace de la tension de moins de

- a) 30% de sa valeur nominale
- a) 10% de sa valeur nominale
- a) 15% de sa valeur nominale

Exercice 2

[Solution p 13]

Le Réglage secondaire de tension a pour objet de limiter les transits de puissance réactive sur les lignes d'interconnexion et de maintenir la tension en certains nœuds représentatifs de la tension de chaque zone à sa valeur de consigne

- Vraie
- Faux

Exercice 3

[Solution p 13]

Un creux de tension est une chute de tension brutale de l'amplitude de la tension, le creux de tension est caractérisé par sa profondeur et par sa durée.

- Vraie
- Faux

Exercice 4

[Solution p 13]

3. Une coupure brève de la tension est un cas particulier du creux de tension dont la profondeur est inférieure à 90%.

- Vraie
- Faux

Solution des exercices



> Solution n° 1

- a) 30% de sa valeur nominale
- a) 10% de sa valeur nominale
- a) 15% de sa valeur nominale

> Solution n° 2

- Vraie
- Faux

> Solution n° 3

- Vraie
- Faux

> Solution n° 4

- Vraie
- Faux

Bibliographie



- [1] Guide to Quality of Electrical Supply for Industrial Installations Part 2 : Voltage Dips and Short Interruptions Working Group UIE Power Quality 1996
- [2] A. Kusko, M-T. Thompson, Power Quality in Electrical Systems, Mc Graw Hill, 2007.
- [3] F. Ewald Fuchs, M.A.S. Masoum, Power Quality in Power Systems and Electrical Machines, Elsevier Academic Press, 2008.
- [4] R.C. Dugan, Mark F. Granaghan, Electrical Power System Quality, McGraw Hill, 2001.
- [5] Cahiers techniques Schneider N° CT199, CT152, CT159, CT160 et CT1.
- [6] Qualité de l'énergie, Cours de Delphine RIU, INP Grenoble.
- [7] Marceau, R.J., Sirandi, M., Soumaré, S., Do, X.-D., Galiana, F., Mailhot, R., , A review of signal energy analysis for the rapid determination of dynamic security limits (Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering - IEEE Canada - October 1996, Volume 21, Number 4
- [8] Kundur, P., Power System Stability and Control, McGraw-Hill, ERPI Power System Engineering Series, ISBN 007035958X, 1994.

