

République Algérienne Démocratique et Populaire
Université BATNA 2 - Mostefa BENBOULAID

Faculté de Technologie
Département d'Electrotechnique

Master 2:
Réseaux Electriques

M
O
D
U
L
E

Stabilité et Dynamique
des Réseaux Electriques

Partie 01

L'enseignant: BOUBIR Messaoud

Cours du 07 Janvier 2021

STABILITÉ ET DYNAMIQUE DES RÉSEAUX ELECTRIQUES

I. INTRODUCTION

II. POSITION DU PROBLÈME

III. DEFINITIONS DE BASE

IV. MODELE DE LA MACHINE SYNCHROME

V. MODELE DU RESEAU ELECTRIQUE

VI. MISE EN OUVRE INFORMATIQUE

Introduction

Un réseau électrique est caractérisé par la présence de multiples sources d'énergies (alimentations) et de charges, reliées par un réseau maillé (interconnecté). Normalement, le réseau doit fonctionner dans un régime stationnaire (permanent) et dans les limites d'exploitation normales. Cependant, il est continuellement soumis à divers événements considérés comme probables qui peuvent perturber son fonctionnement normal, on cite pertes de lignes; perte de jeu de barres (tronçon) suite à un défaut monophasé ou triphasé; perte de groupe; court-circuit; etc...

La performance dynamique d'un réseau d'énergie électrique est définie par les dynamiques des centrales électriques, qui présentent des caractéristiques différentes à cause des turbogénérateurs et des systèmes de régulation (vitesse et tension). Les études prévisionnelles et la préparation de l'exploitation utilisent des modèles effectuant des calculs de répartition de charges permettant d'étudier les nouveaux régimes permanents qui s'établissent suite aux perturbations.

Les unités de production étant des générateurs synchrones, entamés par des turbines (hydrauliques, à vapeur, nucléaires, etc...) ayant en régimes permanents, rigoureusement, la même vitesse (au nombre de paires de pôles près). En régime transitoire, ils doivent garder la même vitesse en moyenne c'est à dire qu'il n'y a pas de glissement de pôles, sinon on assiste à une rupture de synchronisme.

Position du problème

Les générateurs reliés entre eux par le système de transfert électrique, doivent tourner au synchronisme (à la même vitesse moyenne). En fonctionnement normal, les faibles variations de tension ou de vitesse sont corrigées par les régulateurs de tension et de vitesse au niveau de chaque alternateur. Si un alternateur tourne à une vitesse différente de la vitesse de synchronisme, il faut modifier soit la puissance mécanique qui lui est fournie, soit la puissance électrique qu'il présente à ses bornes.

Ce changement de charges entre les générateurs est une fonction non linéaire des différences des angles des rotors qui dépendent des tensions et des positions angulaires de chacun des alternateurs.

Un problème important lié à la sécurité des réseaux est celui de la stabilité transitoire, on montrera qu'un réseau est stable si toutes les machines synchrones qui y sont raccordées restent synchrones entre elles. Lorsque la perturbation apparaît ; il est évident que les automatismes de sécurité et de protection éliminent ce défaut très rapidement ; sinon le système demeure instable.

Une caractéristique très importante est la détermination du temps limite (t_i maximum) de tout le réseau, après lequel une élimination du défaut permet un retour au synchronisme.

DEFINITIONS DE BASE

III.1. Un réseau d'énergie électrique, est un ensemble constitué de plusieurs générateurs, consommateurs (charges), lignes de transport, transformateurs et tout les appareils liés au réseau.

Les régulateurs de vitesse et de tension sont considérés comme des parties intégrantes du réseau

D'après cette première définition, nous pouvons représenter un réseau d'énergie électrique par la figure (1), qui regroupe trois (03) parties principales:

Les centrales électriques et leurs systèmes de régulations (production).

Les lignes de transport et tous les appareils liés (la transformation et le transport).

Les systèmes de répartition d'énergie électrique consommée (la consommation).

Les lignes de transport sont eux qui interconnectent le système.

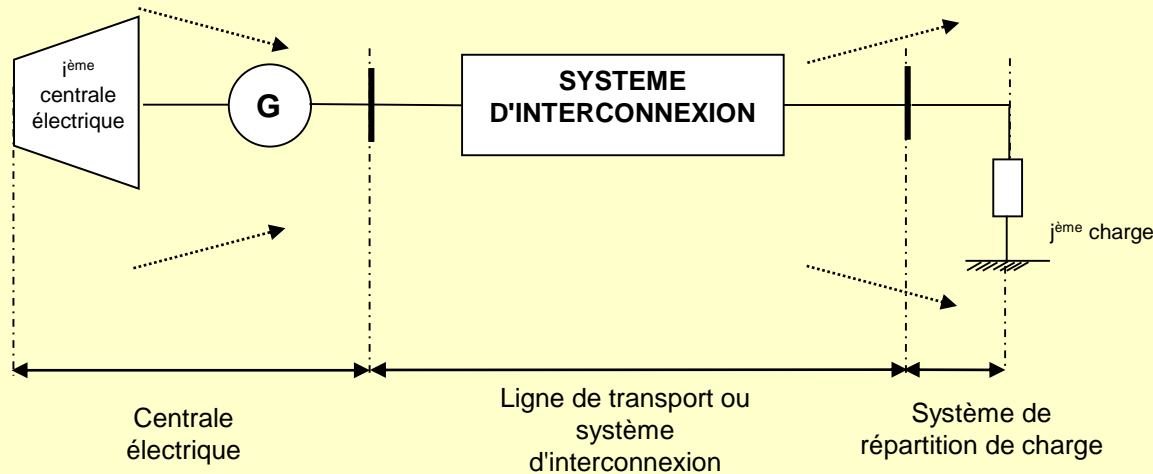


Figure 1: Représentation d'un réseau d'énergie électrique. ($j > i$)

DEFINITIONS DE BASE

III.2. Notions de réseau infini

Un réseau éloigné de la région d'étude des centrales est dit infini lorsque sa tension et sa fréquence sont fixes, c'est à dire non perturbées par les générateurs.

Réseau infini = réseau de grande puissance.

Une perturbation sur l'alternateur n'affecte pas le réseau infini, mais l'inverse est vrai.

a- Notion de réseau simple

C'est une centrale qui comporte un seul alternateur alimentant le réseau ; en cas de prévision d'un défaut (incident) il n'y a aucune machine de secours de même puissance ; de plus la puissance demandée par le réseau est très variable ce qui nécessite l'emploi de plusieurs alternateurs.

b- Notion de réseau multi-machines

C'est une centrale comportant plusieurs alternateurs reliés entre eux par le système de transport et qui doivent tourner à la vitesse de synchronisme, c'est-à-dire à la même vitesse moyenne.

III.3. STABILITE ET CONDITIONS DE STABILITE

La stabilité, dans le sens général, est la propriété d'un système qui se maintient à son état d'équilibre ou bien qui a tendance de revenir vers un point d'équilibre après une perturbation quelconque. Un système est dit stable, s'il passe d'un régime permanent vers un autre régime permanent en passant par le régime transitoire et sub-transitoire (voir figure 2).

Une autre définition de la stabilité est: si la réponse oscillatoire, à cause d'une perturbation, durant le régime transitoire est amortie et le système revient à son (ou un nouveau) état permanent, le système est dit stable; le cas inverse, le système est instable.

a- Régime permanent: C'est le régime stable, dont on étudie la répartition de charges initiale, et de préparer toutes les données (calculs préliminaires). Ce régime est caractérisé par une force électromotrice E .

b- Régime transitoire: Ce régime concerne le maintien du flux commun au rotor et au stator des machines et se traduit par une F.E.M. E' partie de la force électromotrice E . La durée de ce régime peut aller jusqu'à 1s et faisant intervenir deux réactances transitoires $x'd$ et $x'q$.

c- Régime subtransitoire:

Le régime subtransitoire concerne le maintien du flux dans les circuits amortisseurs au rotor et se traduit par une F.E.M. E'' , partie de la F.E.M. E . La durée de ce régime est très faible (0.1s maximum),

d- Enroulements amortisseurs: Les enroulements amortisseurs, portés par le rotor de la machine, protègent l'inducteur des variations rapides de flux et améliorent la stabilité des machines.

DEFINITIONS DE BASE

d- Enroulements amortisseurs: Ils assurent par exemple un resynchronisme rapide après extinction d'un défaut;

Ils permettent aussi à la machine de s'opposer à des régimes de déséquilibre (courts circuits biphasés etc...)

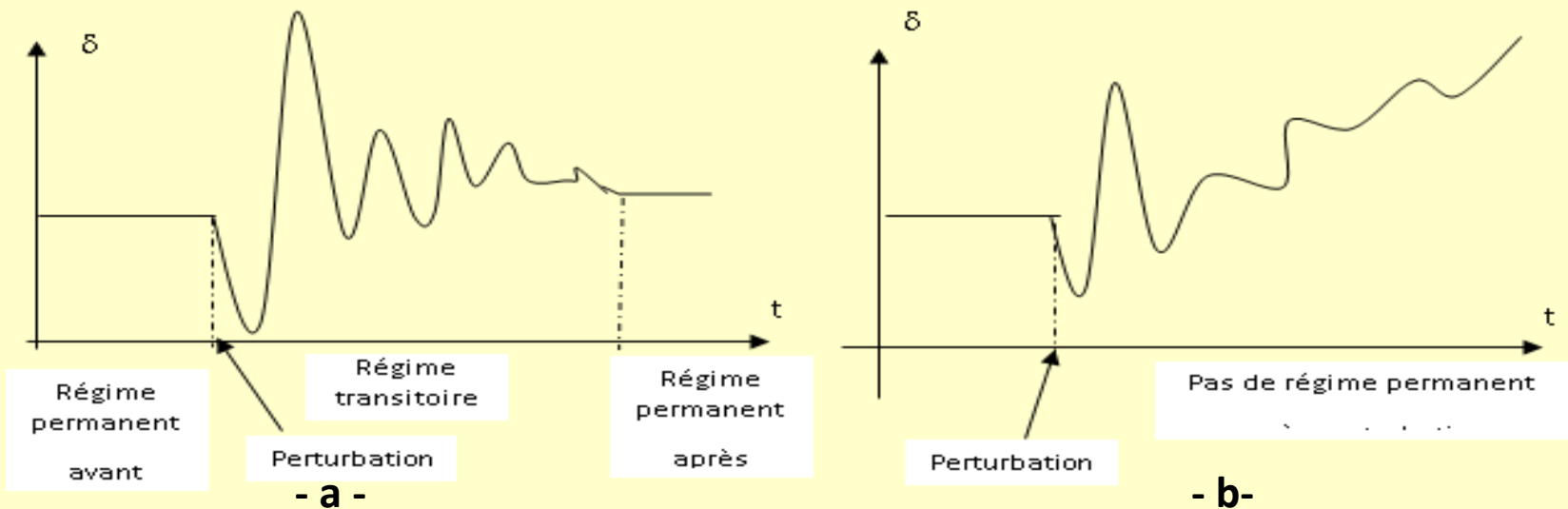


Figure 2: Allure durant les différents régimes (a- stable, b- instable)

DEFINITIONS DE BASE

* *Simulation d'un défaut.*

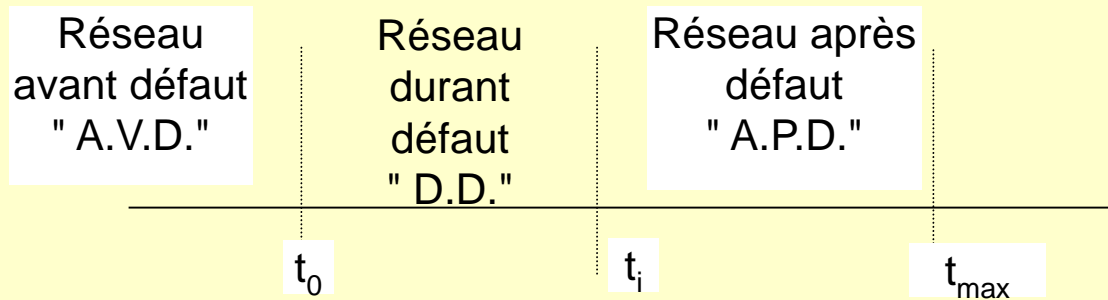


Figure 3 : Les différents états de la simulation

t_0 : temps d'apparition du défaut (localisation du défaut).

t_i : temps d'élimination du défaut (lignes à éliminer).

t_{max} : temps maximal d'analyse.

DEFINITIONS DE BASE

III.4. Lorsqu'on parle de la stabilité du système électrique, on s'intéresse à la stabilité des alternateurs afin de concevoir les éléments de protection (relais, disjoncteurs, etc...) et minimiser le temps de retour au synchronisme (temps et régulation).

DIFFERENTS TYPES DE STABILITE

* Stabilité statique

* Stabilité dynamique

* Stabilité transitoire

a- Stabilité en régime permanent (stabilité statique)

Le domaine de la stabilité statique est le fonctionnement d'un alternateur raccordé à un réseau subissant de faibles perturbations; correspondant au régime normal d'exploitation: variation de consigne de régulation, du régime de la machine, de la consommation, etc...

On considère que la vitesse de rotation de la machine est constante et que les grandeurs varient de manière linéaire autour du point de fonctionnement (valeur d'équilibre).

Stabilité statique → perturbation de faible amplitude et lente

→ équations mathématiques algébriques linéaires

b- Stabilité en régime dynamique

L'étude de la stabilité en régime dynamique concerne toujours les petites déviations des variables d'état autour de leur point de fonctionnement. Ces déviations sont dues à une petite perturbation quelconque appliquée au système en état normal.

L'étude du régime dynamique détermine l'intervention des éléments de régulations qui ont pour rôle de rendre le système en équilibre autour des consignes préalables.

Stabilité dynamique → perturbation faible → équations différentielles linéaires

c- Stabilité en régime transitoire

La cause de l'instabilité en régime transitoire est une perturbation brusque et soudaine de forte amplitude et de courte durée (exemple: court circuit).

La condition de stabilité naturelle n'est plus respectée à cause du grand déplacement du point de fonctionnement.

Le comportement dynamique du système dans les conditions de stabilité en régime transitoire est déterminé par l'intervention des régulateurs et des automatismes du réseau.

Stabilité transitoire → perturbation de grande amplitude → équations différentielles non linéaires.

Modeles pour les systèmes multi-machines

III.5. Pour l'étude de la stabilité des réseaux électriques; il existe deux types de modèles pour les systèmes multi-machines.

Les TYPES de Modèles

- * Modèle Simple

- * Modèle Détaillé,

MODELE CLASSIQUE

III.5.1. Modèle classique

- La puissance mécanique développée par la turbine est constante.
- Les puissances d'amortissement sont négligeables.
- L'angle mécanique du rotor de la machine coïncide avec la tension derrière la réactance transitoire.
- Le flux inductif est constant (Force électromotrice est constante).
- Les charges sont représentées par des impédances passives.
- La stabilité transitoire est décidée dans la première oscillation.
- La saturation est négligée.

MODELE DETAILLE

III.5.2. Modèle détaillé:

- La puissance mécanique est variable.
- La F.E.M. est variable.
- On tient compte des circuits amortisseurs.
- La saturation du circuit magnétique est prise en compte.
- La régulation automatique de tension (A.V.R.).
- La régulation de vitesse.
- La différence de réaction magnétique d'induit dans les deux axes (direct et en quadrature) est considérée.
- Le modèle est complexe,

SCHEMA GLOBAL

La figure 4 illustre un synoptique d'une machine entraînée par la turbine, cette même machine alimente un réseau infini, les systèmes de régulations de tension et de vitesse sont schématisés par des blocs d'asservissement.

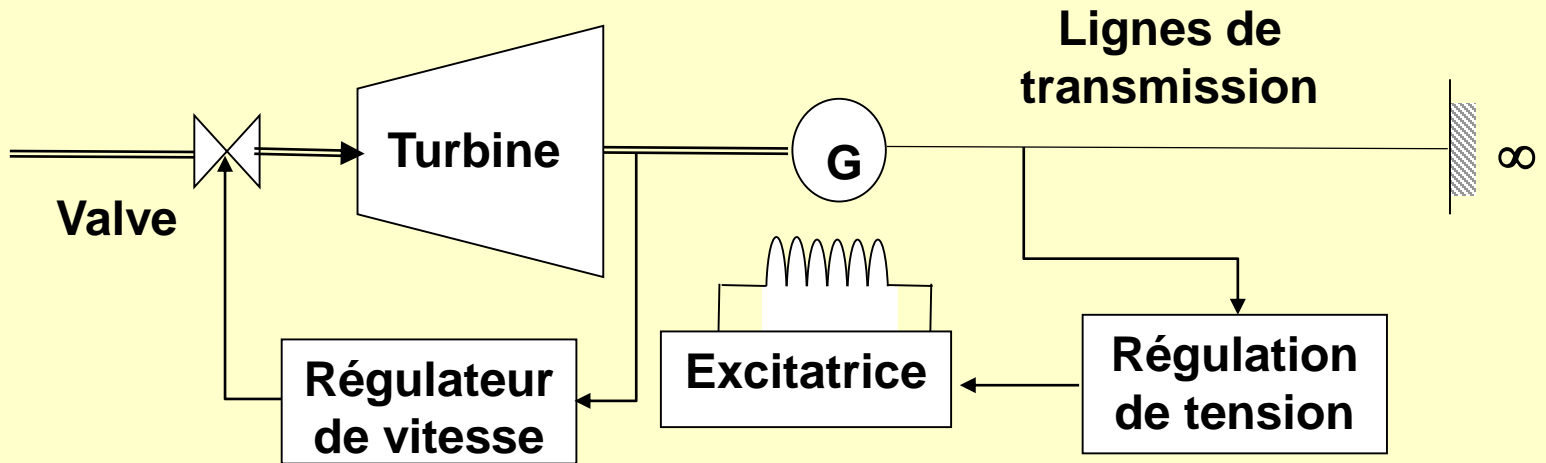


Figure 4 : Synoptique général du réseau