الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

ES

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DR. YAHIA FARES DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

Département du Génie Électrique
Et de l'Informatique



Mémoire de Fin d'Études

Présenté pour l'obtention du Diplôme
De Master en Génie Électrique

Option : Automatique des Systèmes

THEME

Dimensionnement des PSS basé sur la logique floue type-2

Propose et dirige par :

Dr.K.SEBAA

Présenté par :

DOUFANA AHMED

HOUT NADHIR

,

Table des matières

Remerciement……

Dédicace……

Liste des Tableaux……..…

Liste des figures……..

Liste des Symboles et Abréviations……

Introduction générale.....1

CHAPITRE I : définition et concepts de base

I .1. Introduction……...4

I .2. Notion de la stabilité……4

I .3 type de stabilité……...……5

I. 3.1. Stabilité statique…….....5

I. 3.2. Stabilité transitoire…….....5

I. 3.3. Stabilité dynamique…….....5

I .4. Les méthodes utilisées…….....5

I. 4.1. Les méthodes classiques.....….....6

I. 4.1.1. Intégration numérique…….…….....…6

I. 4.1.2. Méthodes directe de Lyapunov……..……...…6

I. 4.1.3. Méthode des valeurs propres…….…..…7

I. 4.1.4. Méthode probabilistique…….....7

I.4.1.5. Méthode des couples synchrone et amortisseur…….....7

I.4.1.6. Méthode par reconnaissance de forme…… 8

I.4.2. Les méthodes intelligentes (Méta heuristiques)…….……..…8

I. 4.2.1. Les algorithmes génétiques……...….9

I. 4.2.2. Optimisation par Essaims de Particules…….....9

I. 4.2.3. Les algorithmes de colonies de fourmis…….....10

I.5. Techniques d'amélioration de la stabilité…….....10

I. 5.1. Amélioration de la stabilité par PSS…….……..…...11

I .5.2. Insertion des dispositifs stabilisateurs PSS…….…….……...11

I .6. Conclusion…….....12

CHAPITRE II : Structure et Système d'inférence Flous Type-2

II .1. Introduction…….....13

II .2. Ensemble Flou Type-2……14

II.3. système Flou Type-2 Intervalle…….……..15

II.3.1. Inférence des systèmes flous de type-2 intervalle……..17

II.4. Contrôleur de Logique Floue Type-2…….……..…….....18

II.5. Systèmes flous de type-2 …….……..…….....19

II. 5.1. Structure d'un système flou de type-2 …….……19

II. 5.2. Base de règles……...19

II. 5.3. Processus de sortie……20

II. 5.4. Réduction de type……..…….....20

II. 5.5. Défuzzification…….....20

II. 5.6. Mécanisme d'inférence…….....20

II. 5.7. Réduction de type …….....20

II.6. Concept des ensembles flous de type-2 (EFT-2)…….....21

II.7. Etat de l'art sur la stabilité des systèmes flous de type-2…….....21

II. 7.1. Rappel sur la stabilité.....21

II. 7.2 .Etat de l'art sur la stabilité des systèmes de commande flous …….....22

II.8. Conclusion…….....23

CHAPITRE III : contrôleur stabilisateur du système de la puissance (pss)

III .1. Introduction aux contrôleurs PSS……24

III .2. STRUCTURE DES PSS……..24

III. 2.1. Procédure de dimensionnement des PSS……...25

III. 2.2. Description du bloc du PSS……...26

III .3. Les différentes configurations de PSS……...……27

III .4. Choix du type de PSS……..29

III .5. Nouveaux types de PSS……...……30

III .6. Conclusion…….....30

CHAPITRE IV : modèle machine connectée à un nœud infini (SMIB)

IV .1. INTRODUCTION……...31

IV.2. Modélisation d'une machine connectée à un nœud infini : modèle SMIB ……...31

IV .3. Modèle du réseau SMIB considéré.....34

IV .4. Présentation du système étudié…….....35

IV .4.1. Calcul du point de fonctionnement de référence…….....35

IV .4.2. Introduction des variables d'écart …….....35

IV .5. description du défaut permanent étudié……...36

IV .6. Les régulateur de référence de l'étude……..……37

IV .6.1. Les régulateurs PSS et AVR…….....38

IV.7. régulation de la tension de sortie et puissance électrique avec l'entrée U_f ……..39

IV .8. régulation simultanée de tension et de puissance électrique avec les l'entrée $U_f$et P_c 40

IV.9.simulation et discussion 40

IV.10 : conclusion.....43

Conclusion générale……44

Bibliographie……..45

LISTE DE TABLEAUX

Tableau III.1. Choix du type de PSS……..28

Liste des figures

Figure II.1.blurring d'une MF……15

Figure II.2 exemple d'une fonction d'appartenance type -2…….....16

Figure II.3 (a)représentation schématique d'un ensemble flou gaussien de type-2. ….....16

Figure II.4.Structure de base d'un système flou de type-2……..19

Figure III.1. Structure du contrôleur pss……24

Figure III.2 PSS type ΔP.....27

Figure III.3 PSS type $\Delta\omega$…….28

Figure III.4. PSS type Δf…….28

Figure III.5 PSS à multiples signaux d'entrée Δf (ou $\Delta\omega$) et ΔP……..29

Figure. IV .1. Représentation schématique d'une machine synchrone……32

Figure IV.2. Modèle de la machine synchrone dans le repère de Park……..33

Figure IV.3. Représentation schématique d'une machine synchrone connectée à un nœud infini…….....34

Figure IV.4. (a) réseau avant le défaut. (b) circuit équivalent avant le défaut……...37

Figure IV.5. (a) réseau pendant de défaut. (b) circuit équivalent pendant le défaut……37

Figure IV.6.schéma-bloc de PSS et AVR……..39

Figure IV.7. Variations de l'angle de puissance avec le contrôleur backstipping en fonction du point de fonctionnement……...40

Figure IV.8. .comparaison de la vitesse du système avec pss conventionnel, avec pss logique floue type1 et avec logique floue type 2……40

Figure IV.9. Comparaison de l'angle du système avec pss conventionnel, avec pss logique floue type1 et avec logique floue type**2**.....41

Figure IV.10. .comparaison de l'écoulement de puissance dans la ligne-MW du système avec pss conventionnel, avec pss logique floue type1 et avec logique floue type 2……41

Figure IV.11. Comparaison de la tension au nœud 1-PU du système avec pss conventionnel, avec pss logique floue type1 et avec logique floue type 2……42

Liste des Symboles et Abréviations

AG : les algorithmes génétiques.

AVR : automatic voltage regulator (régulateur de tension d'une machine synchrone)

CLF : Contrôleur de Logique Floue.

EF : Ensemble Flou.

E_q : Tension d'excitation de l'axe en quadrature en p.u

f *:* fréquence.

FA : Fonction d'Appartenance.

FOU : Footprint Of Uncertainty (Zone d'incertitude).

G(s) : fonction de transfert du dispositif stabilisateur.

k_p : Le gain du PSS

LF : Logique Floue.

P_e : Commande de puissance mécanique

P_0 : Puissance électrique sortant en p.u.

P_m : Puissance mécanique entrant en p.u.

PSO : Particule Swarm optimisation.

PSS : stabilisateur de système de puissance.

Q : un paramètre fixe.

[R] : Matrice des résistances.

SFT-2 : système floue type-2.

SIF : Système d'Inférence Floue.

SMIB : single machine infinité bus (machine reliée à un nœud infini)

T_w : Constante de temps.

T_{IP} : Les constantes de temps des blocs de compensation du PSS

T2I : Type-2 Intervalle.

μ_A : Fonction d'appartenance.

V_d : Composant direct de V_t en p.u.

V_q : Composant quadrature de V_t en p.u.

V_t : Tension mesurée à la sortie du générateur en p.u.

ω : vitesse relative rotation électrique de générateur en rd/s

ω_0 : vitesse nominal de rotation électrique du générateur en rd/s

X_d : Réactance synchrone directe du générateur en p.u.

X_q : Réactance synchrone en quadrature du générateur en p.u.

X_s : $X_T + X_L$ En p.u.

$X_d^{'}$: Réactance transitoire directe du générateur en p.u.

$X_q^{'}$: Réactance transitoire en quadrature du générateur en p.u.

X_{qs} : $X_T + X_L + X_q$ En p.u.

X_{ds} : $X_T + X_L + X_d$ En p.u.

Δf : Variations de la fréquence

ΔP : variation de la puissance

Δw : vitesse de synchrone.

$\Delta\omega$: Variation de la vitesse

δ : angle de puissance du générateur en rd

ملخص

هذا العمل يعالج **مشكلة الاستقرار العابر في الشبكات** الكهربائية ويرتكز عملنا علي تصميم اثنين من المثبتات ،موازن نضام **الطاقة و المطق الضبابي** وتحسين إعداداتهم ومعالمهم إن دور هذين المثبتين سالفين الذكر هو توفير ما يلزم من التذبذبات الكهروميكانيكية للمولد عندما يخضع النظام الكهربائي لمختلف العيوب.

الكلمات المفتاحية : الاستقرار العابر-موازن نضام الطاقة –المطق الضبابي

RESUME

Ce travail présente le problème concernant du l'analyse et l'amélioration de la stabilité transitoire des réseaux électrique, notre travaille s'est porte sur dimensionnement de deux stabilisateurs le PSS et la logique floue, le rôle de ces stabilisateurs est d'apporter l'amortissement nécessaire aux oscillations électromécanique du générateur lorsque le système électrique est sujet a différents défauts.

Mots clés

Stabilité transitoire-PSS (stabilisateur du système de la puissance)- logique floue

Abstract

This work presents the problem regarding the analysis and improvement of transient stability Of power system our work is focused on the design of two stabilizers pass and fuzzy logic The role of theses stabilizers is to provide the necessary damping electromechanical oscillations of the generator when the power system is subject to various defects.

Keywords

Transient stability –PSS (power system stabilizer) - fuzzy logic

INTRODUCTION GENERALE

La consommation de l'énergie électrique est en hausse progressive et cette tendance augmente avec l'industrialisation et la croissance de la population. De plus on vie aujourd'hui dans l'ère de l'électronique et de l'informatique et toute les charges sont très sensible aux perturbations qui surviennent sur leurs alimentations: une perte d'alimentation peut causer l'interruption des différents processus de production, et devant des consommateur qui deviennent de plus en plus exigeants en voulant plus d'énergie et de meilleur qualité, les entreprises de production de l'énergie électrique doivent donc assurer l' approvisionnement régulier de cette demande, et sens interruption, à travers un réseau maillé. Cependant ces réseaux deviennent plus grands et plus complexes, ce qui implique que leur étude et analyse deviennent plus difficiles, particulièrement les études de stabilité transitoire. Les réseaux électriques jusqu'à ces dernières années sont contrôlés mécaniquement: malgré l'utilisation de la microélectronique, des ordinateurs et des moyens rapides de télécommunication dans le contrôle des réseaux, la dernière action dans ces systèmes de commande est prise avec des dispositifs mécaniques ayant un temps de réponse plus au moins long et avec lesquels l'action d'amorçage et de réamorçage ne peut être répétitivement exécuté à une fréquence , élevée par rapport aux dispositifs à base d'interruption statiques (semi -conducteurs).

La solution de ces problèmes passe par l'amélioration du contrôle des systèmes électriques déjà en place. Il est nécessaire de doter ces systèmes d’une certaine flexibilité leur permettant de mieux s'adapter aux nouvelles exigences. Sans remonter trop loin dans une histoire de la logique, il est clair que cette dernière fut de tout temps liée à une histoire plus large, celle de la philosophie et des mathématiques. Des périodes dites classiques, modernes et contemporaines.la logique mathématique gagna beaucoup de terrain et devint, dans la méthode comme dans la pratique, un instrument incontournable dans la modélisation de la pensée scientifique.

Le contrôle des systèmes électriques peut aussi se régler par l'incorporation des stabilisateur du système d'alimentation (PSS) (Power System Stabilizer) qui ont été

employés pendant plusieurs années pour augmenter l'atténuation des oscillations électromécanique.

Les PSS ont été développé pour prolonger les limites de stabilité par la modulation de l'excitation de générateur pour fournir des atténuations additionnelles aux oscillations du rotor de la machine synchrone [1].

Un rappel sur la stabilité des réseaux électriques est abordé au premier chapitre. Les différentes méthodes d'amélioration de la stabilité sont présentées ainsi qu'une présentation des PSS.

Dans le deuxième chapitre nous avons présenté le structure du système d'inférence floue type -2 et les propriétés des ensembles floues, l'opération sur ces ensembles

Dans le troisième chapitre nous avons établi un modèle non linéaire de la machine synchrone, ainsi que le modèle de cette dernière connectée à un nœud infini à travers une ligne de transport et présenté la structure de la stabilisateurs PSS qui serviront à stabiliser le système en cas de défaut.

Dans le quatrième chapitre, nous avons établi un modèle non linéaire de la machine synchrone, ainsi que le modèle de cette dernière connectée à un nœud infini à travers une ligne de transport

Ainsi nous terminons notre travail par une conclusion générale regroupant L'essentiel des résultats obtenus ainsi que des perspectives pour ce travail.

I.1. INTRODUCTION

Le stockage massif de l'énergie électrique sous une forme immédiatement disponible n'est actuellement pas possible. Le problème majeur des exploitants est donc de maintenir en pennanence l'équilibre entre l'offre disponible et les demande potentielles, étant entendu que l'équilibre instantané entre production et consommation est une condition nécessaire de fonctionnement du système production-transport-consommation, appelé souvent système électrique plutôt que réseau.

Pour des raisons économiques et techniques les mités de production sont souvent géographiquement concentrées. Par contre la consommation est beaucoup plus dispersée. Les réseaux de transport et d'interconnexion assurent l'acheminement de l'énergie depuis ces unités vers les lieux de consommation à travers des lignes électriques (aériennes ou souterraines).

Quotidiennement les réseaux électriques sont soumis à différentes perturbations à des amplitudes plus au (MOINS) grandes, ils doivent retrouver un état stable. Mais ce n'est pas toujours le cas surtout lorsqu'il s'agit de perturbations sévères (court circuit triphasé dans une ligne de transport, perte de charge importante, perte d'un générateur de grande puissance, ouverture d'une ligne fortement chargée, etc.). Il ya des dispositifs qu'on peut insérer pour permettre au système de retrouver son état d'équilibre, et parmi ces dispositifs Nous avons choisi d'étudier les PSS.

Dans ce chapitre, nous allons donner quelques définitions concernant la stabilité , ses types ainsi que les méthodes de son évaluation, nous définirons qui le pss est permette la stabilité de système.

I.2. NOTION DE LA STABILITE

La stabilité est définie comme la propriété d'un système à retrouver son point de fonctionnement (ou point d'équilibre) après avoir subi plusieurs perturbations.

La stabilité est également la tenue d'un réseau face à d'éventuelles perturbations de toute nature. le comportement d'un réseau face aux problèmes de stabilité dépend du lieu de la nature et de l'intensité de la perturbation.

I.3. TYPE DE STABILITE

Le problème de la stabilité est fonction de la nature et de l'amplitude des réponses enregistrées suite à des perturbations. On distingue 3 types de stabilité :

I.3.1. Stabilité statique

Le réseau a un comportement stable, c'est-à-dire que soumis à de faibles perturbations, il Revient à son point de fonctionnement initial, avec d'éventuelles oscillations amorties Jusqu'au retour à l'équilibre. Elle concerne les phénomènes lents engendres par des baisses ou montées de charges journalières, ainsi que des variations de tension et/ou de fréquence [2][3].

I.3.2. Stabilité transitoire

On la définit suite à des perturbations rapides et de grandes amplitudes. Ces perturbations déplacent l'état du système en dehors du domaine de stabilité, suite à l'ouverture d'une ligne (Fortement chargée), court circuit polyphasé, rupture d'une interconnexion, déclenchement Accidentel d'une machine ou d'un transformateur [13][1].

I.3.3. Stabilité dynamique

On la définit suite à des perturbations lentes de faibles amplitudes causées par l'ouverture de lignes (faiblement chargés) créant un système à haute impédance, manque d'excitation, Déclenchement d'un générateur à faible puissance, etc. elle peut aussi être causée par le système de commande[2].

I.4. LES METHODES UTILISEES

La nécessité de faire fonctionner les réseaux électriques près de leurs limites de stabilité adonné une importance capitale à l'évaluation de la stabilité

des réseaux d'énergie électrique en temps réel, ils ya deux type de méthodes utilisé les méthodes classiques et les méthodes intelligent.

I.4.1. les méthodes classiques

I.4.1.1. Intégration numérique

Cette méthode consiste à intégrer les équations différentielles décrivant le réseau. Il y a plusieurs algorithmes d'intégrations les plus connus sont Runge-kutta et prédicateur-correcteur d'Euler.

L'avantage de cette méthode est que l'on peut prendre en considération tous les modèles complets avec saturation, saillance et organes de régulation En revanche elle implique un temps de calcul important.

I.4.1.2. Méthodes directe de Lyapunov

Le deuxième théorème de Lyapunov donne 2 conditions suffisantes de stabilité :

Si la fonction V définie dans un domaine de I ‘espace d'état incluant l'origine existe donc il est:

- Stable si V est semi-définie négative.

- Asymptotiquement stable si V est définie négative.

Cette méthode est appréciée pour 2 raisons :

- Une rapide évaluation de la stabilité.

- Possibilité de définir les indices de stabilité.

Par contre ses inconvénients :

- Les modèles mathématiques très simplifiés, utilisés, ne reflètent pas la réalité de la stabilité.

- Les résultats sont conservatifs c'est-à-dire qu'ils concernent uniquement le domaine étudié, rien ne peut être affirmé en dehors de celui-ci [2][4].

I.4.1.3. Méthode des valeurs propres

Cette méthode est surtout utilisée pour les perturbations faibles ou petits mouvements.

Elle consiste à réduire les équations différentielles à une matrice dont on va calculer les valeurs propres et déduire les modes de réponse du système en utilisant la méthode de transformation QR qui sépare clairement tous les modes et donne une relation entre les différents modes et les paramètres du système.

Les avantages de cette méthode sont la facilité de programmation et l'obtention de résultats précis concernent la stabilité.

Ses inconvénients les équations doivent être alinéatisées et le temps de calcul sera important [5][8].

l.4.1.4. Méthode probabilistique

Elle consiste à chercher une transformation qui représente la probabilité des perturbations, en supposant une approximation de la probabilité des facteurs égale à la probabilité correspondant à l'état de fonctionnement stable du réseau. Cependant cette représentation est difficile à obtenir analytiquement.

La méthode de (Monte-Carlo) au lieu de la détermination analytique a été appliquée.

Cependant une grande quantité de temps de calcul est exigée afin d'obtenir des résultats statistique utiles. On calcule les statistiques d'ouverture moyennant les données prélevées du système ou, en d'autres termes, la probabilité de chaque événement de défaut [2][4].

I.4.1.5. Méthode des couples synchrone et amortisseur

On entend par couple synchrone, le couple qui se développe en phase avec les variations d'angle de charge et par couple amortisseur, celui qui se développe en phase avec les variations de vitesse.

L'avantage de cette méthode est que les couples sont calculés d'une manière analytique sous une forme compacte.

Par contre son inconvénient est que pour des modèles plus complets la détermination de ces couples devient complexe sinon impossible [5].

I.4.1.6. Méthode par reconnaissance de forme

Cette méthode entraine la classification d'un échantillon s_i à l'intérieur d'une classe Ω_i par l'examinassions de certaines caractéristiques de S_i. Des caractéristiques $F_k$sont utilisées afin de déterminer la classe de l'échantillon relatif à ses caractéristiques. Un classificateur C(t) est synthétisé et utilisé pour s'assurer du choix de la classe.

Pour l'analyse de la stabilité par la méthode de reconnaissance de forme les efforts ont été surtout concentrés dans la sélection de la meilleure description du système initial, l'extraction des caractéristiques, et la synthèse du classificateur.

t'avantage de cette méthode est la rapidité d'évaluation en ligne de la stabilité. Elle ne demande que quelques opérations pour affecter l'état actuel du réseau à d'une des classes.

Par contre des exécutions hors ligne sont nécessaires (phase d'apprentissage) et leurs temps de calcul est très important, en plus lorsque des composantes du vecteur forme sont étroitement liées entre elles, la méthode perd en précision [4].

I.4.2. les méthodes intelligent (Méta heuristiques)

Les méta heuristiques sont un ensemble d'algorithmes d'optimisation visant à résoudre les problèmes d'optimisation difficiles. Elles sont souvent inspirées par des systèmes naturels, qu'ils soient pris en physique (cas du recuit simulé), en biologie de l'évolution (cas des algorithmes génétiques) ou encore en éthologie (cas des algorithmes de colonies de fourmis ou de l'optimisation par essaims particulaires).

Ces techniques méta heuristiques peuvent êtres classées en deux groupes : les méthodes à population de solutions connues sous le nom d'algorithme évolutionnaires comme les algorithmes de colonies de fourmis ...etc., ainsi que les méthodes à solution unique comme le recuit simulé.

Les méthodes méta heuristiques ont prouvé leurs efficacités dans le domaine de l'optimisation mono- objectif.

I.4.2.1. les algorithmes génétiques

D'après la référence [6].Les AG sont des techniques de recherche et d'optimisation stochastique dérivées de la génétique et des mécanismes de la sélection naturelle et de l'évolution. Leurs champs d'application sont très vastes: économie, finance, optimisation de fonctions, planification, et bien d'autres domaines. La raison de ce grand nombre d'application est claire, la simplicité et l'efficacité.

D'une manière globale, un AG manipule les solutions potentielles d'un problème donné afin d'atteindre la solution optimale ou une solution jugée satisfaisante. Cet algorithme emploie des termes de base qu'on définira comme suit :

∗ **Individu** : solution potentielle du problème.

∗**Chromosome** : solution potentielle du problème sous une forme codée, c'est-à-dire une forme de chaine de caractères.

∗**Population** : ensemble fini d'individu (de solution).

∗ ***Gène*** : *partie élémentaire (caractère) non divisible d'un chromosome.*

∗**Fitness** : terme anglo-saxon qui désigne la d'évaluation d'un individu.

I.4.2.2. Optimisation par Essaims de Particules

L'optimisation par essaim de particules PSO (Particule Swarm Optimisation) est une technique d'optimisation parallèle développée par Kennedy et Eberhart [7]. elle est inspirée du comportement social des individus qui ont tendance à imiter les comportements réussis qu'ils observent dans leur entourage, tout en y apportant leurs variations personnelles. A la différence des algorithmes génétiques, qui miment les mécanismes génétiques de l'évolution, PSO s'inspire plutôt de la formation d'une culture. Dans l'ouvrage [11], se trouve les racines sociales de PSO ainsi que les techniques mathématiques mises en ouvre pour la modélisation.

I.4.2.3. les algorithmes de colonies de fourmis

Les fourmis naturelles ont inspire les "algorithmes a colonies de fourmis" introduits par la thèse de Marco Dorigo [9] . L'idée générale est d'imiter le comportement coopératif d'une colonie de fourmis pour résoudre des problèmes complexes d'optimisation. le principe est le suivant : les fourmis cherchent de la nourriture et se d'enlacent de façon quasi aléatoire. Tout au long de leur d'emplacement elles laissent derrière elles une substance chimique appelée phéromone. Cette substance a la propriété de s'évaporer au cours du temps et a pour but de guider les fourmis vers leur objectif. Une fois cet objectif atteint (dans notre cas, la nourriture trouvée), les fourmis rentrent au nid en empruntant le même chemin qu'a I' aller, grâce à leur trace de phéromone. Celle-ci s'en trouve renforcée. Plus une trace de phéromone est concentrée, plus elle va attirer les fourmis. Au fil du temps, on va donc constater l'émergence du plus court chemin vers la nourriture grâce au renforcement de la trace de phéromone. Ce modèle de communication a été utilise comme base de travail pour la solution de problèmes d'optimisation.

I.5. TECHNIQUE D'AMELIORATION DE LA STABILITE

L'augmentation de la demande en énergie électrique a eu pour résultat, un rapide développement des réseaux électriques. Il existe différents domaines d'analyse des réseaux électriques, tel que la stabilité, le contrôle de la tension et de l'écoulement de puissance. Les méthodes d'amélioration de stabilité sont choisies d'après la nature du système. Dans le cadre de cette étude, le système est non linéaire et le but est l'amélioration de la stabilité transitoire par l' insertion des PSS.

I.5.1. Amélioration de la Stabilité par PSS

Les PSS ont été utilise pendant plus de vingt ans dans les systèmes du côté ouest des états unies, on peut dire généralement que le besoin en PSS sera senti dans les situations ou la puissance doit être transmise à travers de longues distances avec nœuds en courant alternative.

L'implémentation de Stabilisateur PSS dans la boucle de retour du système d'excitation d'un générateur est du point de vue des spécialistes, une opération économique et fiable pour améliorer la stabilité d'un réseau électrique.

Le PSS joue le rôle d'amortissement des oscillations électromécaniques dans les réseaux électriques, après l'apparition des perturbations de petites amplitudes. L'optimisation des paramètres du PSS peut augmenter l'amortissement de ces oscillations. La commande classique fourni des résultats satisfaisants, mais face à la complexité grandissante des réseaux électriques actuels, l'utilisation de régulateurs PSS et d'autres dispositifs de l'électronique de puissance devient impérative.

I.5.2. Insertion des Dispositifs Stabilisateurs PSS

La performance des systèmes d'excitation et des régulateurs de tension joue un rôle déterminant dans le maintien de la stabilité et l'amortissement des oscillations électromécaniques observés sur le rotor des générateurs. L'ajout d'un stabilisateur de puissance comme auxiliaire du système d'excitation aide à amortir ces oscillations ainsi qu'à améliorer la stabilité de l'ensemble du système. La structure du stabilisateur de puissance étudié est une structure classique largement utilisée dans la littérature. Elle consiste en un gain un filtre passe-haut et un ou plusieurs blocs de compensation de phase. La sortie du stabilisateur est une tension qui s'additionne à la tension d'entrée du système d'excitation. Une telle structure utilise souvent la déviation de la vitesse synchrone Δw comme entrée, mais dans certains cas d'autres signaux comme la puissance ou une combinaison vitesse/puissance sont utilises [10][11].

Pour apporter l 'amortissement nécessaire, le stabilisateur doit produire une composante de couple électrique en phase avec la variation de la vitesse. Par conséquent sa fonction de transfert doit avoir des caractéristiques d'avance de phase adéquates afin de compenser le retard de phase entre l'entrée de l'excitation et le couple électrique du générateur. En effet, un seul bloc de compensation de phase est insuffisant pour garantir la stabilité du système. Généralement, deux à trois blocs sont nécessaires pour que le stabilisateur puisse jouer son rôle [12].

Nous considérerons aussi différentes topologies du système électrique, pour la simple raison que les PSS doivent aussi être capable de stabiliser le système, même si celui-ci change de topologie (perte d'une ligne par exemple).

Le rôle du filtre est d'atténuer les fréquences indésirables du signal d'entrée. Ainsi, le stabilisateur n'affectera que le signal utile correspondant aux oscillations rotoriques. Du point de vue de la stabilité en petit mouvement la valeur de la constante de temps T_w du filtre n'est pas critique et est généralement prise entre 1 et 20s [13].

Les PSS ont souvent des effets indésirables sur la stabilité transitoire. Lors de grandes perturbations, le stabilisateur risquerait de saturer le système d'excitation et par conséquent d'affecter la régulation de la tension. Il est alors indispensable de limiter la sortie du PSS afin de réduire son influence durant les phases transitoires [10] [14].

I.6. CONCLUSION

Nous avons présenté dans ce chapitre un aperçu sur la notion de stabilité, ses méthodes d'évaluation et les différents procédés d'amélioration et de commande. Parmi ces derniers, les stabilisateurs PSS, dont nous avons donné un petit aperçu et démontré leur fonctionnement dans le réseau.

II.1. INTRODUCTION

Depuis son introduction par L. Zadeh en 1965 [15], l'ensemble flou a été acteur de plusieurs applications. Peu après, une controverse est venue perturber la communauté scientifique en qualifiant l'ensemble flou de paradoxal. La controverse était en raccord avec le fait que le flou dénote l'incertitude alors que la fonction d'appartenance d'un ensemble flou soit complètement certaine une fois ses paramètres sont fixés. Le fait que le flou ait une connotation d'incertitude et que finalement ne la modélise pas a beaucoup donné à réfléchir à Zadeh qui reconnut le problème et introduisit un ensemble flou dont la fonction d'appartenance est floue et qu'il nomma ensemble flou Type-2 [16].

En utilisant la falsification de Popper, Mendel a prouvé dans son ouvrage [17] que l'utilisation d'un ensemble flou Type-1 pour modéliser un mot est scientifiquement incorrecte ; le mot est incertain alors qu'un ensemble flou est certain. Alors que l'ensemble flou a été proposé dans son premier exemple [15] pour modéliser un mot, cette falsification a abasourdi encore plus la communauté scientifique, heureusement d'ailleurs que la plupart des applications des ensembles flous Type-1 utilisent le coté mathématique de **l'*EF*** et se concentrent peu sur le fait qu'il soit le modèle d'un mot.

En introduisant l'ensemble flou Type-2, la ***LF*** est devenue encore plus flexible ayant pour nouveau nom la ***LF*** Type-2. Cette dernière fait un mappage d'ensembles flous Type-2 en des ensembles flous Type-2 en utilisant les mêmes principes de son homologue de Type-1. Les applications d'ingénierie requièrent un mappage de nombre en nombre, le processus devient plus compliqué parce qu'il aura besoin de deux autres processus à l'entrée et à la sortie, c'est le système d'inférence floue Type -2.

L'introduction des processus de fuzzification et de sortie à la LF Type-2 s'avéra nécessaire pour un CLF Type-2 tout comme ce fut le cas pour son congénère Type-1. Toutefois, le processus de sortie d'un CLF Type-2 est constitué d'un processus très compliqué de réduction de type avant la défuzzification [18].

Dans la logique floue, nous pouvons considérer le calcul de la sortie défuzzifiée d'un CLF Type-1 congénère au calcul de la moyenne de la densité de probabilité.

Tout comme la variance fournit une mesure de dispersion par rapport à la moyenne dans l'incertitude probabiliste, un CLF requiert une mesure de dispersion pour la modélisation d'incertitudes contenues dans les règles incertaines et qu'une sortie certaine, toute seule, ne pourrait modéliser [18]. La LF Type-2 sembla être prometteuse pour fournir une telle mesure de dispersion et fut utile dans la conception des systèmes qui contiennent des incertitudes numériques et/ou linguistiques se traduisant par des règles incertaines [18].

II.2. ENSEMBLE FLOU TYPE-2

Un ensemble flou Type-2 est une extension de l'ensemble flou Type-1. Il a des degrés d'appartenance qui sont eux mêmes flous. A chaque valeur de la valeur primaire (eg, pression, température,...etc.), l'appartenance est une fonction et non pas une valeur, fonction d'appartenance secondaire, dont le domaine, appartenance primaire, est dans l'intervalle [0, 1] et dont la rangée, degrés secondaires, doit être aussi dans l'intervalle [0, 1]. La ***FA*** d'un ensemble flou Type-2 est donc tridimensionnel, et c'est cette nouvelle troisième dimension qui fournit de nouveaux degrés de liberté dans la conception pour traiter l'incertitude. Ces ensembles sont très utiles dans les situations il est difficile de déterminer la ***FA*** exacte pour un ensemble flou. Afin de mieux illustrer l'utilité de cet ensemble, nous présentons un petit exemple dans ce qui suit.

Exemple 1 : Supposons que l'on veuille déterminer une fonction d'appartenance triangulaire et que l'on soit indécis par rapport à la position exacte des deux points gauche et droit extrêmes de cette fonction. Supposons que 100 experts ont spécifié 100 points différents pour chacune des extrémités. Une meilleure façon de faire, serait de positionner ces points extrêmes a la moyenne de tous ces points, p_g et p_d (Fig. II.1), calculer l'écart-type de ces points, puis faire un "Blurring" comme montré sur la Figure (II.1).

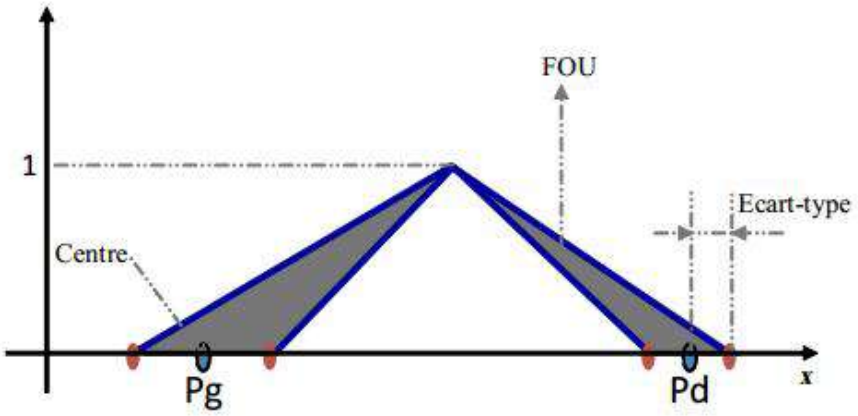


Figure II.1.blurring d'une MF

Exemple 2 : La Figure (II.2) illustre un exemple de μ_A(x,u) pour x et u discrets. Ou X = {1; 2; 3; 4; 5} et U = {0; 0:2; 0:4; 0:6; 0:8; 1}, avec j_1 = {0; 0:2; 0:4; 0:6; 0:8} ,j_2= {0; 0:2; 0:4; 0:6; 0:8; 1} ; j_3 = {0:8; 1} j_4 = {0; 0:2; 0:4; 0:6; 0:8; 1} et j_5={0; 0:2; 0:4; 0:6}. Chacun des bâtons sur la Figure (II.2) représente μ_A(x ;u) de chaque paire (x; u).

La restriction $j_x \in [0; 1]$ est conforme à la contrainte Type-1 que $0 \leq \mu_A(x) \geq 1$ La deuxième restriction, $0 \leq \mu_A(x; u) \geq 1$; est conforme au fait que les amplitudes D'une fonction d'appartenance doivent se situer entre ou être égales à 0 et 1.

Par exemple, la fonction d'appartenance de x = 1 est 0:8/0 + 0:6/0:2 + 0:4/0:4 +1/0:6+0:4/0:8, les valeurs de l'appartenance primaire à x = 1 sont u = 0; 0:2; 0:4; 0:6 et 0:8.

Définition 2 : A chaque valeur de x, soit x = x', le plan 2D dont les axes sont u et μ_A(x', u) est appelé la partie verticale de μ_A(x, u). Une FA secondaire est une partie verticale de μ_A(x; u).

$$\mu_A(x=x', u) = \mu_A(x') = \int_{u \in j_{x'}}^{0} f_{x'}(u)/u. \qquad \text{(II.1)}$$

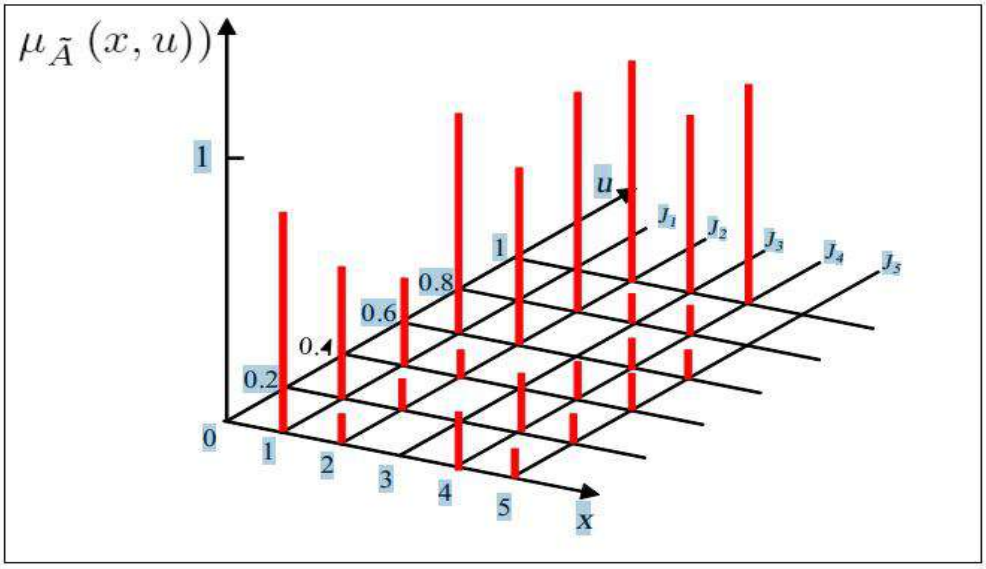


Figure .II.2 exemple d'une fonction d'appartenance type -2.

A chaque valeur de x , notée x=x ' , le plan bidimensionnel dont les axes sont u et μ_A(x' ,u) est appelé tranche verticale (vertical slice) de μ_A(x' ,u) , comme il est illustré sur la figure suivante :

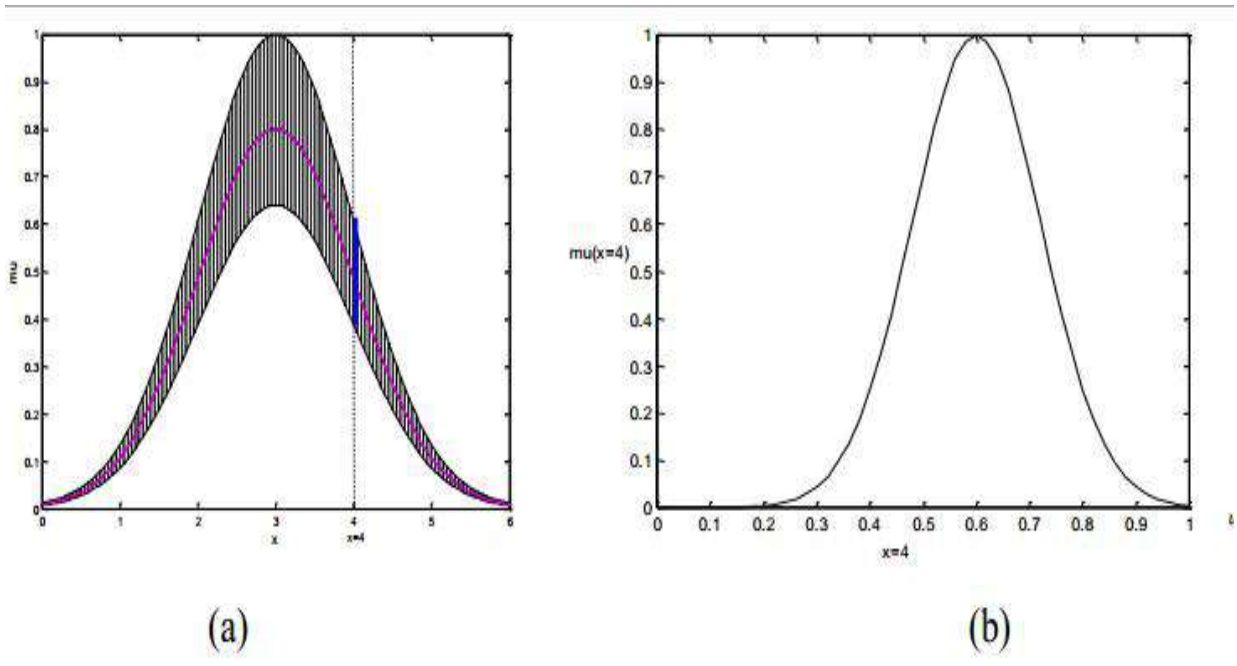


Figure. II.3. (a)représentation schématique d'un ensemble flou gaussien de type-2.les appartenance secondaire sont représentées dans (b) .ou on remarque qu'ils sont gaussiennes.

Ou $0 \leq f_{x'}(u) \leq 1$. Nous référons à $\mu_A(x)$ comme une ***FA*** secondaire; c'est un ***EF*** Type-1 -ensemble secondaire-. En se basant sur le concept des ensembles secondaires, on peut interpréter un ***EF*** Type-2 comme l'union de tous les ensembles secondaires :

$$A=\{(x,\mu_A(x)) \mid \forall x \in X\} \quad \text{(II.2)}$$

Ou :

$$A=\int \mu_A(x)/x \quad \text{(II.3)}$$

Le domaine d'une ***FA*** secondaire est appelé l'appartenance primaire de x.

L'amplitude d'une ***FA*** secondaire est appelée un degré secondaire. Dans la

figure (II, 3), $f_x(u)$ est un degré secondaire.

II.3. SYSTEME FLOU TYPE-2 INTERVALLE

Une FA secondaire intervalle reflète une incertitude uniforme aux appartenances primaires de x [19], l'uniformité de l'ombre de la ***FOU*** sur la figure (II. 1) signifie que les poids ou les possibilités sont uniformes. Un ensemble flou Type-2 Intervalle est complètement décrit par sa ***FOU***.

A=1/FOU(A) (II.4)

La notation dans (II.4) signifie que le degré secondaire est égal à 1 pour tous les éléments du ***FOU*** (A). La plupart des applications utilisent plutôt les ensembles flous ***T2I*** que les Type-2 généraux, parce que le calcul des applications l'utilisant est nettement plus facile. De plus, bien que les ***EF*** Type-2 présentent plus de degré de liberté de traitement d'incertitudes que les ***EF T2I***, le choix de leurs ***FA*** secondaires reste une question très délicate. L'extension des ensembles flous Type-1 se fait beaucoup plus à son congénère ***T2I*** que Type-2.

II.3.1. Inférence des systèmes flous de type-2 intervalle

Les éléments théoriques de base de ces systèmes sont détaillés dans les travaux de Mendel. Dans ce qui va suivre on se contentera de bref aperçu [Mok-07].

Dans un système flou type-2 intervalle utilisant une fuzzification par singleton, le (meet) sous le minimum ou le produit -norme, le degré d'activation $F^I \equiv [\underline{f^I}, \overline{f^I}]$ de la $1^{éme}$ règle est donné par :

$$\underline{f^I} = \underline{\mu_{\tilde{F}_1^I}}(x_1) * \ldots\ldots * \underline{\mu_{\tilde{F}_p^I}}(x_p) \quad \text{(II, 5)}$$

$$\overline{f^I} = \overline{\mu_{F_1^I}}(x_1) * \ldots\ldots * \overline{\mu_{F_p^I}}(x_p) \quad \text{(II ,6)}$$

II.4. CONTROLEUR DE LOGIQUE FLOUE TYPE-2

Les différentes sources d'incertitude dans un système d'inférence floue ont été évoquées par (Mendel) dans ses différents travaux , [19]. Les incertitudes aux niveaux des prémisses et des conclusions se traduisent par des fonctions d'appartenance incertaines qui représentent des ensembles flous Type-2.

Dans la logique floue, nous pouvons considérer le calcul de la sortie défuzzifiée d'un ***CLF*** Type-1 comme congénère à la moyenne d'une densité de probabilité. Tout comme la variance d'une densité de probabilité fournit une mesure de dispersion autour de la moyenne et est utilisée pour mieux saisir l'incertitude probabiliste dans les conceptions statistiques, un ***CLF*** a besoin d'une mesure de dispersion pour mieux saisir les incertitudes contenues dans les règles et que la sortie certaine d'un ***CLF*** Type-1 ne pourrait donner. La logique floue Type-2 fournit cette mesure de dispersion et ensemble être nécessaire pour concevoir les systèmes flous qui contiennent des règles incertaines.

Dans un système donné, on veut souvent avoir une sortie à valeur déterminée interprétable par l'utilisateur à partir d'une entrée certaine. On est alors astreint à ajouter à la ***LF***, qui établit un ensemble flou en fonction d'un ensemble flou, deux processus à l'entrée et la sorite. Le premier processus est celui de défuzzification qui fait correspondre un ensemble flou à une valeur, le deuxième est le processus de sortie qui est constitué d'un processus de réduction de type suivi d'un processus de défuzzification. Ceci donne naissance à un ***CLF*** ou ***SIF*** Type-2.

II.5. SYSTEMES FLOUS DE TYPE-2

II.5.1. Structure d'un système flou de type-2

La structure de base d'un système flou de type-2, qui est représentée par la figure (Il,4) est composée essentiellement de trois éléments à savoir: l'interface de fuzzification, le mécanisme d'inférence et le module de traitement de la Sortie.

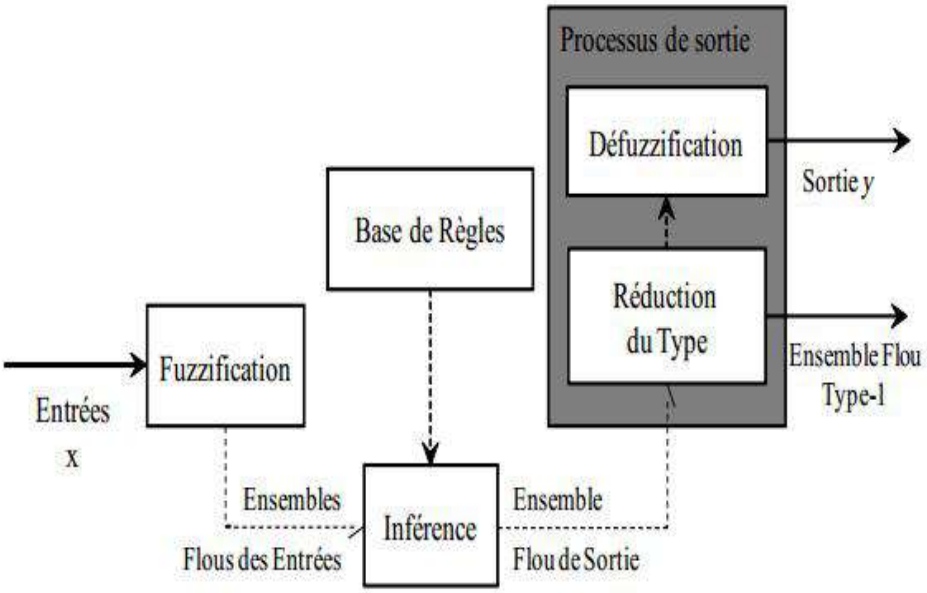


Figure II.4. Structure de base d'un système flou de type-2.

II.5.2. Base de Règles

Lorsque les règles sont recueillies en interrogeant des experts, si on interrogeait des experts sur les positions et les écarts type des ensembles flous associés aux prémisses et aux conclusions, il est très probable que nous obtiendrons des réponses différentes de chaque expert. Ceci conduirait à des incertitudes statistiques sur les positions et les écarts type des prémisses et conclusions des règles. Ces incertitudes peuvent être modélisées par des fonctions d'appartenance Type-2. En outre, les experts donnent souvent des réponses différentes à la même question pour une règle donnée, cela se traduit par des règles qui ont les mêmes prémisses mais des conclusions différentes. Ceci se traduit par des incertitudes aux niveaux des conclusions qui peuvent être modélisées par des ***FA*** Type-2.

La structure d'une règle floue est la même tant pour un ***CLF*** Type-1 que pour un ***CLF*** Type-2, la seule différence est que les ensembles flous associés aux prémisses et aux conclusions du premier sont tous des ***EF*** Type-1 ou des nombres certains, alors qu'au moins un ***EF*** du deuxième système, qu'il soit associé à la prémisse ou à la conclusion, soit un ***EF*** de Type-2.

II.5.3. Processus de Sortie

Le processus de sortie dans un ***CLF*** Type-2 comporte deux parties; 1) le processus de réduction de type qui est un processus très complexe, notamment pour les ensembles flous généraux et 2) le processus de défuzzifaction.

II.5.4. Réduction de Type

Ce processus réduit l'ensemble flou Type-2 issu du moteur d'inférence en un ***EF*** Type-1. Ce processus est le résultat d'extension du processus de défuzzification. Toutes les méthodes de défuzzification ont été étendues à leurs congénères de réduction de type, à savoir les méthodes du centroide, du centre des sommes, de la hauteur, de la hauteur modifiée et celle du centre des ensembles. Il est à noter que la réduction de type utilisant les méthodes de la hauteur, hauteur modifiée ou le centre des ensembles ne nécessite pas la combinaison préalable des ensembles Type-2 des sorties.

II.5.5. Défuzzification

Une fois le processus de réduction de type aura généré l'ensemble flou type-1 à partir de l'ensemble flou Type-2, le processus de défuzzication devient entièrement similaire à celui du ***FLC*** Type-1 et fera correspondre une valeur certaine à l'ensemble ou Type-1 issu du processus de réduction de type.

II.5.6. Mécanisme d'inférence

Considérant un ***SFT-2*** ayant p entrée, $x_1 \in X_1, x_2 \in X_2 \ldots\ldots, x_p \in X_p$ et une sortie y$\in Y$. Supposant qu'on a M règles où la $1^{éME}$ règle a la forme :

$$\text{''}R^1: x_1 est\ F_1^l\ et\ x_2 est\ F_2^l \text{ Alors y est} G^{l''} \qquad \text{(II ,7)}$$

II.5.7. Réduction de type

La réduction de type prend en considération plus d'information au sujet des incertitudes des règles que la valeur défuzzifiée (un nombre). Cependant, cette opération nécessite des calculs intensifs, à l'exception des ***SFT-2*** type intervalle pour les quels il existe une procédure simple pour la mise en œuvre de la réduction de type. Parmi les méthodes de réduction de type utilisées on cite :

- La réduction de type par le centre de gravité.
- La réduction de type par la hauteur.
- La réduction de type par le centre des ensembles.

II.6. CONCEPT DES ENSEMBLES FLOUS DE TYPE-2 (EFT-2)

Le concept des EFT-2 à été introduit par (Zadeh) comme une extension du concept des ensembles flous ordinaires dits ensembles flous de type-1 (***EFT-1***). Un ensemble flou de type-2 est caractérisé par une fonction d'appartenance floue c'est à dire que la valeur d'appartenance de chaque élément de l'ensemble est un ***EFT-1*** dans [0,1] [20] Les ***EFT-2*** peuvent être utilisés dans des situations où il y a une incertitude au sujet des degrés d'appartenance eux-mêmes, par exemple une incertitude dans la forme de la fonction d'appartenance ou dans quelques-uns de ses paramètres .

II.7 ETAT DE L'ART SUR LA STABILITE DES SYSTEMES FLOUS DE TYPE-2

II.7.1 Rappel sur la stabilité

D'une manière très qualitative et intuitive, la stabilité d'un système e st la capacité de ce dernier à revenir à sa position d'équilibre lorsqu'il en est ponctuellement écarté. Le but de cette section est de préciser la notion de stabilité au sens de Lyapunov. La méthode de Lyapunov a été proposée en 1892 dans le cadre de l'étude de la stabilité des systèmes mécaniques [21]. Il s'agit de construire une fonction V(x) de l'état x du système telle que le signe de cette fonction et de sa dérivée temporelle dans un certain voisinage du point d'équilibre donne une information sur la stabilité

de système. La théorie de Lyapunov affirme que l'origine est un point d'équilibre globalement asymptotiquement stable pour le système dynamique autonome à temps continu $\dot{X}=f(x)$ s'il existe une fonction V(x) positive telle que sa dérivée négative pour tout x non nul et telle que V(0) =0 et V(∞)=∞. Un résultat équivalent existe dans le cas des systèmes discrets.

Une fonction V(x) est appelée fonction de Lyapunov du système dynamique. La notion de fonction de Lyapunov est liée à celle de région trajectoire qui y commence converge vers l'origine. Si un système est globale ment asymptotiquement stable, alors la région d'attraction de l'origine est tout l'espace d'état. On veut déterminer une région d'attraction où la convergence des trajectoires vers l'origine ou vers un point est garantie.

II.7.2. Etat de l'art sur la stabilité des systèmes de commande flous

Dans [22] et [23], les auteurs proposent une nouvelle approche pour l'analyse de stabilité des systèmes flous discrets de Sugeno de type-2. La nouvelle approche utilise des arguments semblables à ceux de la théorie traditionnelle de stabilité de Lyapunov avec des fonctions définies positives et négatives qui sont remplacées par des fonctions floues positives et négatives respectivement. Pour cette classe des systèmes flous, nous dérivons des nouvelles conditions de stabilité : stabilité asymptotique et stabilité exponentielle La contribution principale de ce travail est d'éliminer la contrainte de la fonction commune de Lyapunov. L'analyse de la stabilité et la synthèse du système de commande linguistique flou de type-2 (de type Singleton) ont été abordées dans [24]. Tout d'abord, les auteurs ont donné les théorèmes de stabilité pour les deux cas en temps discret et en temps continu à base des inégalités matricielles bilinéaires .Ils ont présenté ensuite des méthodes itératives d'inégalités matricielles linéaires discrètes et continues et ce pour obtenir une solution faisable des conditions de stabilité par SMIB ce qui est intéressant dans ce travail c'est que la méthode proposée peut être appliquée non seulement à l'analyse de la stabilité, mais aussi à la synthèse de contrôleurs flous de type-2. Celle ci peut théoriquement garantir la stabilité du système en boucle fermée utilisant les équations de Lyapunov. Dans [24], il est proposé une nouvelle approche pour l'analyse de

stabilité du système flou discret de Sugeno de type II et III. La nouvelle approche utilise des arguments similaires

II.8. CONCLUSION

Dans ce chapitre plusieurs notions de base de la théorie de la logique floue type-2 ont été présentées telles que, les propriétés des ensembles flous, les opérations sur ces ensembles, les relations floues et leur composition.

La structure des systèmes flous de type-2 ainsi que le fonctionnement de leurs différents blocs constituants ont été détaillés. Le bloc de défuzzification dans le cas des systèmes flous type -2 contient un module supplémentaire qui consiste en une réduction de type. Différentes méthodes de réalisation de cette réduction de type ont été exposées.

Ensuite nous avons présenté les systèmes flous de type -2 intervalle (définition, mécanisme d'inférence et réduction de type). Enfin, nous avons donné un état de l'art sur la stabilité des systèmes flous de type-2.

Nous avons exposé dans ce chapitre le paradoxe incertitude-ensemble flou type-1, pour ainsi détailler l'extension de cet ensemble à son congénère type-2. Nous avons illustré la capacité de ce nouveau type d'ensemble flou à mieux modéliser l'incertitude de par l'association d'un nouveau paramètre, à savoir la mesure de dispersion de l'incertitude linguistique. L'étude théorique a été étendue à la mesure de dispersion des incertitudes des règles qui donne naissance à un système d'inférence floue de Type-2, par parenthèse la source des différentes incertitudes contenues dans un ***CLF*** a été discutée.

Dans le chapitre suivant, nous allons étudier l'analyse de stabilité des systèmes de commande basée sur les modèles flous de type-2. Un modèle flou de (Takagi-Sugeno) de type-2 intervalle qui peut être considéré comme une collection de modèles flous de type-1, est proposé pour représenter les systèmes non linéaires. Un exemple de simulation (pendule inversé) est réalisé pour bien illustrer la proche proposée.

III.1. INTRODUCTION AUX CONTROLEURS PSS

Le contrôle supplémentaire auxiliaire du système d'excitation AVR, vaguement connu sous le nom du Stabilisateur type PSS (Power System Stabiliser) est devenu le moyen le plus répandu Pour l'amélioration de l'amortissement des oscillations basse fréquence dans les réseaux électriques (l'amélioration de stabilité dynamique et statique)

La puissance de sortie d'un générateur est déterminée par le couple mécanique. Cependant cette dernière peut varier par l'action du champ d'excitation de l'alternateur. Le PSS étant ajouté, il détecte la variation de la puissance de sortie électrique et contrôle l'excitation de manière à amortir rapidement les oscillations de puissance.

III.2. STRUCTURE DES PSS

La fonction de base d'un stabilisateur du réseau est d'ajouter un amortisseur aux oscillations des générateurs du réseau et ce par le contrôle de l'excitation avec I 'utilisation d'un signal auxiliaire stabilisateur Pour avoir l'amortissement on doit ajouter la composante du couple électrique qui est en phase avec la déviation de la vitesse angulaire.

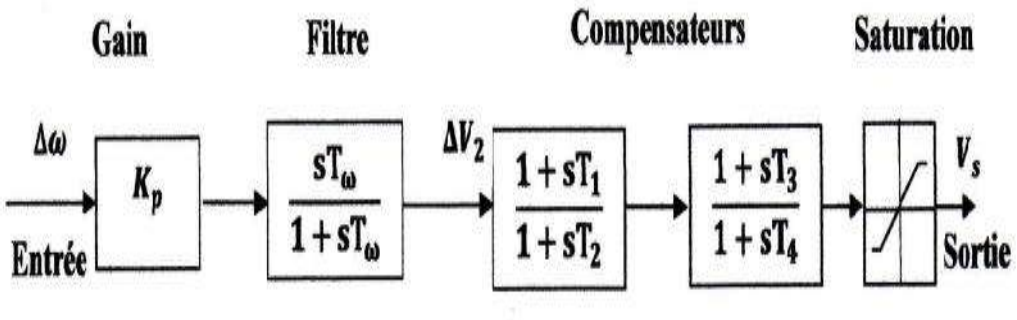


Figure III.1. Structure du contrôleur pss

III.2.1. Procédure de dimensionnement des PSS

- **Fonction de transfert**

La représentation fonctionnelle du système d'excitation est donné par la figure (III.1) ,d'où l'on déduit la fonction de transfert G_x (s) dont le dénominateur du second ordre est :

$d(s)=s^2+2\varepsilon_x w_x s + w_x^2$ (lll.8)

$\varepsilon_x=\frac{T_A+k_3 T'_{d0}}{2\omega_x k_3 T'_{d0} T_A}$ (III.9)

La procédure à suivre se résumera alors à:

∗ Fréquence naturelle et taux d'amortissement du système d'excitation (ω_x et ε_x) :

$$\omega_X = \sqrt{\frac{k_6 k_A}{T'_{d0} T_A}} \quad \text{(III.10)}$$

∗ Fréquence dominante d'oscillation en spécifiant le taux d'amortissement ($\varepsilon_{n1} = 0.1 - 0.4$):

$$\omega_{d1} = \omega_n \sqrt{1 - \varepsilon_{n1}^2} \quad \text{(III.11)}$$

$$\omega_{n1} = \sqrt{\frac{|k_1 \omega_n|}{M}} \quad \text{(III.12)}$$

 Déphasage induit par le systéme d'excitation :

$$G_E = \frac{2\varepsilon_x \omega_{d1}/\omega_x}{1-(\frac{\omega_{d1}}{\omega_x})^2} \quad \text{(III.13)}$$

 Constant de temps $T_1 et\ T_2$:

$$\alpha = \frac{1+\sin(G_E)}{1-\sin(G_E)} \quad \text{(III.14)}$$

$$T_1 = \frac{1}{\sqrt{\alpha}\ \omega_{d1}} \quad \text{(III.15)}$$

$$T_2 = T_1 \alpha \quad \text{(III.16)}$$

 Gain du stabilisateur : en spécifiant le temps $T_R = 3s(reset\ time), on\ a$:

On déduit:

$$D_E = 2\varepsilon_{n1}\omega_{n1}M \quad \text{(III.17)}$$

$$D_E = k_p k_2 |D_E|s = j\omega_n |G_E|s = j\omega_n \quad \text{(III.18)}$$

La fonction de transfert du dispositif stabilisateur schématisée par la figure (III.1) est défini par :

$$G(s)=k_p\left(\frac{sT_w}{1+sT_w}\right)\left(\frac{1+sT_3}{1+sT_4}\right)\left(\frac{1+sT_1}{1+sT_2}\right) \quad \text{(III.19)}$$

Le diagramme de bloc des PSS utilisé en industrie et représenté dans la figure (III.1).

III.2.2. Description du bloc du PSS

Le PSS utilise comme entrée la déviation de la vitesse synchrone $\Delta\omega$, en suite on trouve un gain un filtre passe-haut et deux blocs de compensation de phase. La sortie du stabilisateur est une tension qui s'additionne à la tension d'entrée du système d'excitation.

L'entrée du PSS a une valeur très petite, et c'est la que le premier bloc gain K_PIntervient afin d'amplifier cette valeur pour être utilisé par la suite.

Le rôle du filtre est d'atténuer les fréquences indésirables (inférieures à 0.1 Hz) du signal d'entrée. Ainsi, le stabilisateur n'affectera que le signal utile correspondant aux oscillations rotoriques, l a valeur de la constante de tempsT_ω, du filtre est prise entre l0 et 20s.

Pour apporter l'amortissement nécessaire le stabilisateur doit produire une Composante de couple électrique en phase avec la variation de la vitesse. Par conséquent Les fonctions de transferts des deux blocs de compensation doivent avoir des caractéristiques d'avance de phase adéquates afin de compenser le retard de phase entre l'entrée de l'excitation et le couple électrique du générateur, et ils sont représentés par les constantes de tempsT_{1P}, T_{2P}, T_{3P}, et T_{4P},

Les PSS ont souvent des effets indésirables sur la stabilité transitoire. Lors de grandes perturbations, le stabilisateur risquerait de saturer le système d'excitation et par conséquent d'affecter la régulation de la tension. Il est alors indispensable de limiter (d'introduire une saturation) la sortie du PSS afin de réduire son influence durant les phases transitoires [23] [24].

III.3. LES DIFFERENTES CONFIGURATIONS DE PSS

Le type d'un PSS peut être identifié par la nature de son signal d'entrée. Les plus répandus sont ceux ayant comme signal d'entrée la variation de la puissance ΔP. Cependant, récemment, des signaux d'entrée comme $\Delta\omega$ (variation de la vitesse) et/ou Δf (variations de la fréquence) sont adoptés pour améliorer la stabilité des modes

interzones vu l'augmentation sans ces se grandissante des interconnections dans les REE.

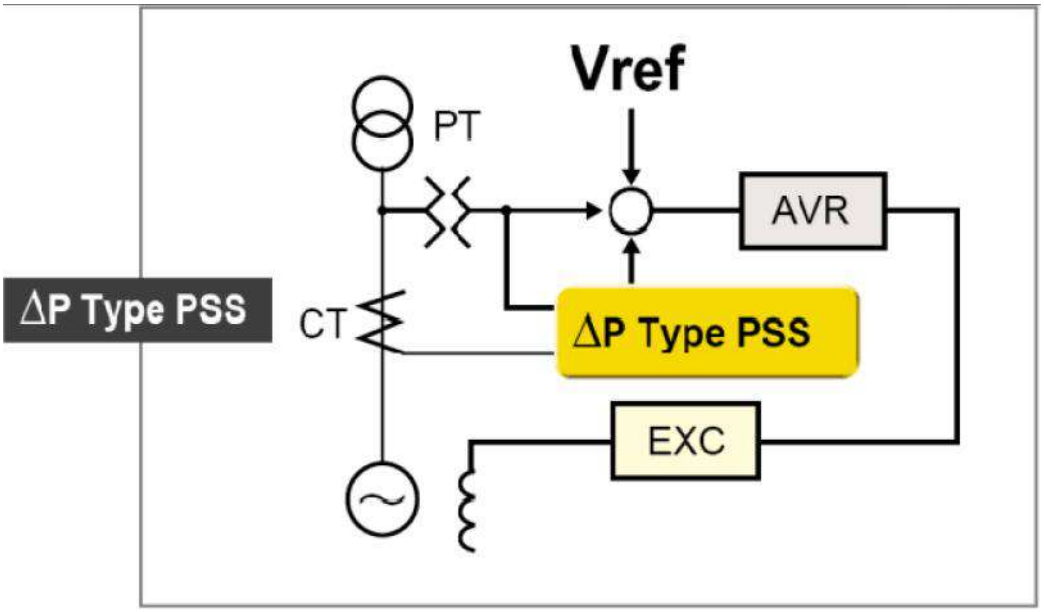


Figure III.2 PSS type Δ*P*

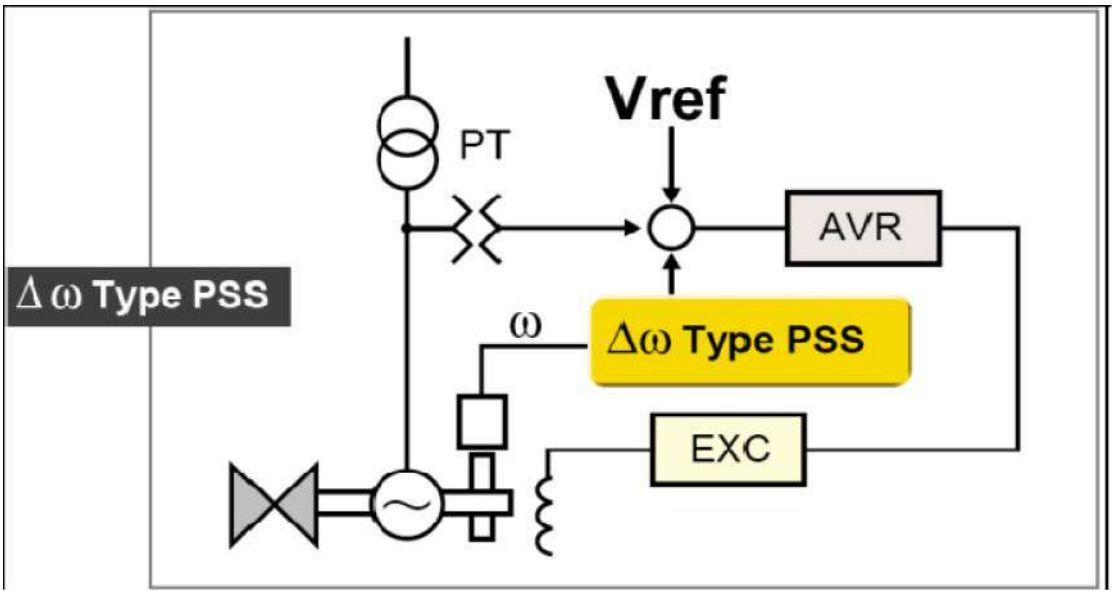


Figure III.3 PSS type Δ*ω*

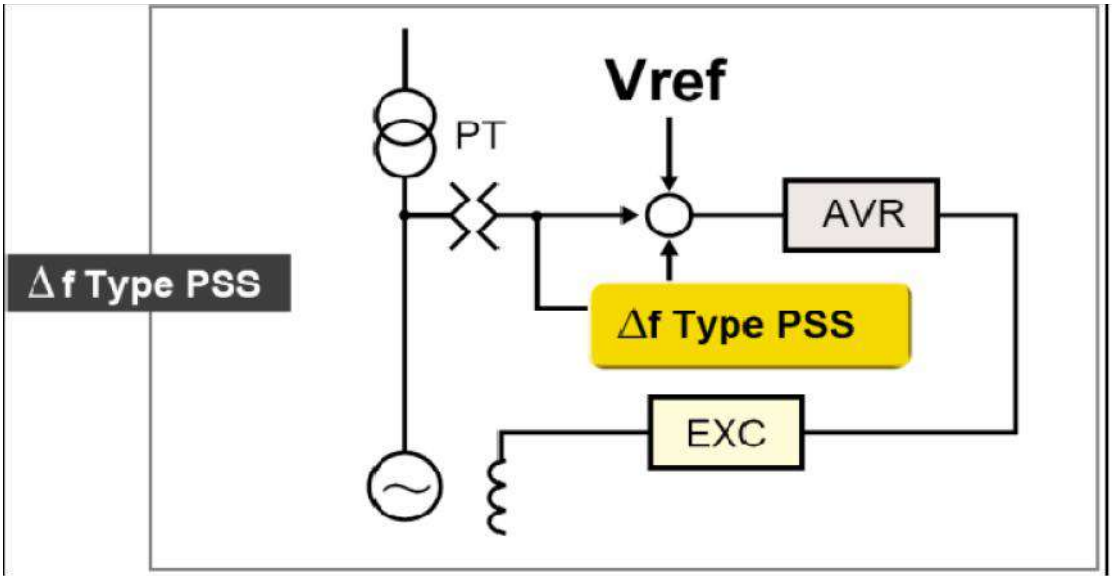


Figure III.4. PSS type Δf

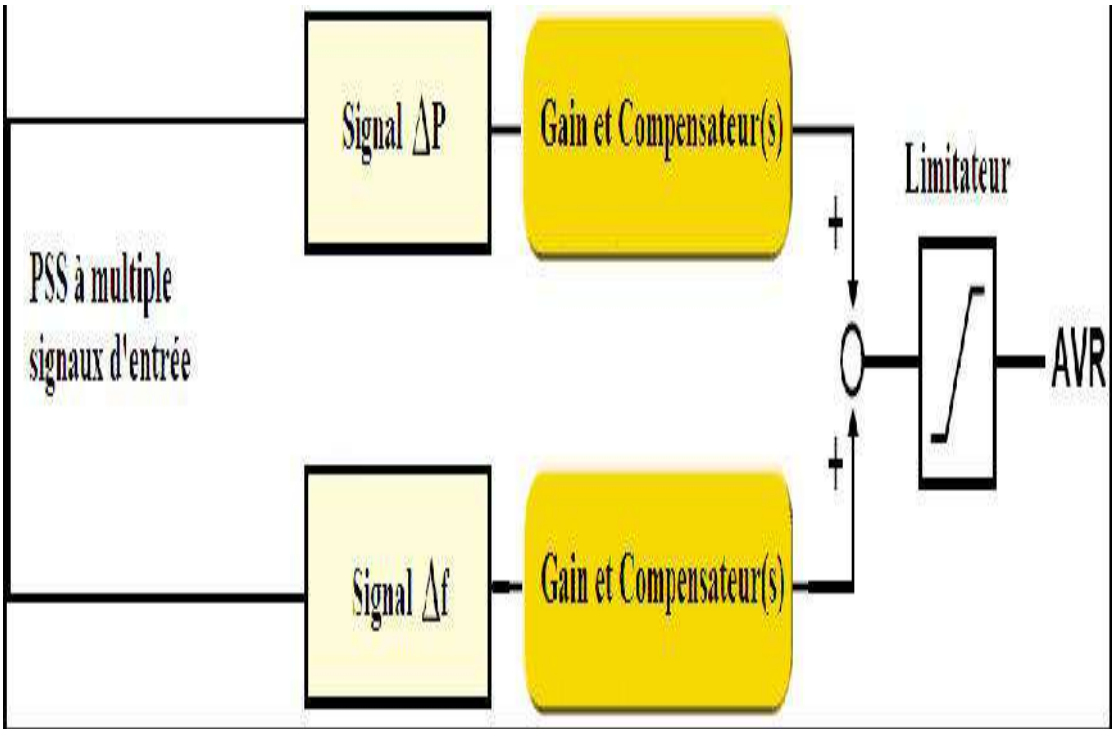


Figure III.5 PSS à multiples signaux d'entrée Δ *f* (ou Δω) et Δ*P*

III.4.CHOIX DU TYPE DE PSS

Le choix du type de PSS à adopter est fonction des oscillations et modes à amortir. Le Tableau(III.1) résume ces cas d'application. Lorsqu'il s'agit de modes locaux, c'est

le PSS type Δ*P* qui est recommandé, si non s'il s'agit de modes interzones c'est le PSS type Δf qui doit être inséré.

Mode	**Nature du mode**	**Type du PSS**
Local	La machine oscille seule avec l'intégrité du réseau Fréquence au voisinage de 1 Hz	PSS à entrée unique (Δ *f* (ou Δω) et Δ*P*) Mais le plus recommandé est PSS type Δ*P*
Interzone (à cycle long)	Deux ou plusieurs zones oscillent avec une transite de puissance très grande. Fréquence entre 0,2 à 0,5 Hz	PSS à entrée unique (Δ *f* (ou Δ ω) ouΔ *P*) Mais le plus recommandé est PSS type Δ *f* (ou Δp)
complexe	Des modes de nature locale et interzone	PSS à entrée multiple (Δ *f* (ou Δ ω) et Δ*P*)

Tableau III.1. Choix du type de PSS

III.5.NOUVEAUX TYPES DE PSS

Avec le développement de la technologie des semi conducteurs, de nouveaux algorithmes sont maintenant implantés, et ceci pour remplacer les PSS analogiques par des dispositifs à commande intelligente, à titre d'exemple :

1. Remplacement du PSS par un réseau de neurones artificiel.
2. Remplacement du PSS par un contrôleur flou polaire.
3. Remplacement du PSS par un contrôleur flou.

III.6. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons établi un modèle non linéaire de la machine synchrone, ainsi que le modèle de cette dernière connectée à un nœud infini à travers une ligne de transport.

Puis nous avons présenté la structure de la stabilisateurs PSS qui serviront à stabiliser le système en cas de défaut.

Cet amortissement pourra être considérablement amélioré si une approche adéquate était établie pour un réglages optimal des paramètres du PSS. Nous avons présenté dans ce chapitre un aperçu sur la notion de stabilité, ses méthodes d'évaluation et les différents procédés d'amélioration et de commande. Parmi ces derniers ,les stabilisateurs PSS, dont nous avons donné un petit aperçu et démontré leur fonctionnement dans le réseau.

IV.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre, la dynamique du générateur synchrone est illustrée en prenant l'exemple d'me machine simple reliée à un nœud infini (SMIB). Bien que ce soit l'exemple le plus simple d'un système qui peut être considéré, il n'est pas entièrement réaliste. Par exemple, une centrale électrique reliée à distance à un centre de charge par une longue ligne de transmission peut être approximé par le Système de SMIB bien qu'une centrale électrique se compose de plus d'un générateur, il est acceptable de supposer que, pour des perturbations externes à la centrale électrique, les générateurs peuvent être représentés pax une machine équivalente. Également, dans un système multi-machine, il est possible d'ignorer la dynamique des autres machines que celle que l'on va étudier, comme une première approximation. Ceci est fait généralement en représentant le système externe par un générateur équivalent de Thevenin. Tandis que l'exactitude de l'approximation dépend des valeurs du système du type de l'étude considérée, etc.., la simplification d'un système de SMIB permet une clairvoyance dans le comportement dynamique d'un générateur synchrone.

IV.2. MODELISATION D'UNE MACHINE CONNECTEE A UN NŒUD INFINI (MODELE SMIB) :

À cause de la complexité des systèmes de puissance, on adopte souvent une modélisation sous forme d’une machine connectée à un nœud infini. La modélisation d'un système de puissance vu d'une machine particulière, peut ainsi se faire soit, avec un modèle complet comprenant tous les éléments, soit uniquement avec les équations décrivant le comportement d’un seul générateur connecté à un nœud. Ce deuxième modèle est basé sur le principe d'une modélisation plus ou moins précise de la machine, suivant le niveau d'étude désiré. Le modèle du système consiste ainsi ici uniquement en un générateur connecté par l'intermédiaire deux lignes de transport parallèles à réseaux infini . La figure (IV.1) montre schématiquement les enroulements et les sens des courants dans une machine synchrone. La figure (IV.2) donne le modèle équivalent dans le repère de Park (d-q).

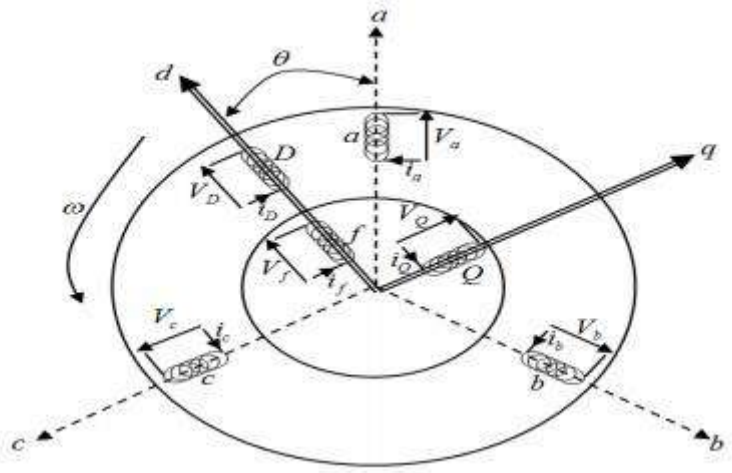


Figure IV.1. Représentation schématique d'une machine synchrone.

Les différents enroulements dans les deux représentations sont les suivants :

- les enroulements statorique noté a, b et c, et leurs enroulements équivalents noté d

Et q.

- L'axe direct (d) comporte l'enroulement d'excitation f, et un enroulement amortisseur noté D. L'axe en quadrature comporte un enroulement amortisseur noté Q.

- Si l'enroulement d'excitation est soumis à une tension V_f, d'où les enroulements amortisseurs d′et q′ sont court-circuités en permanence.

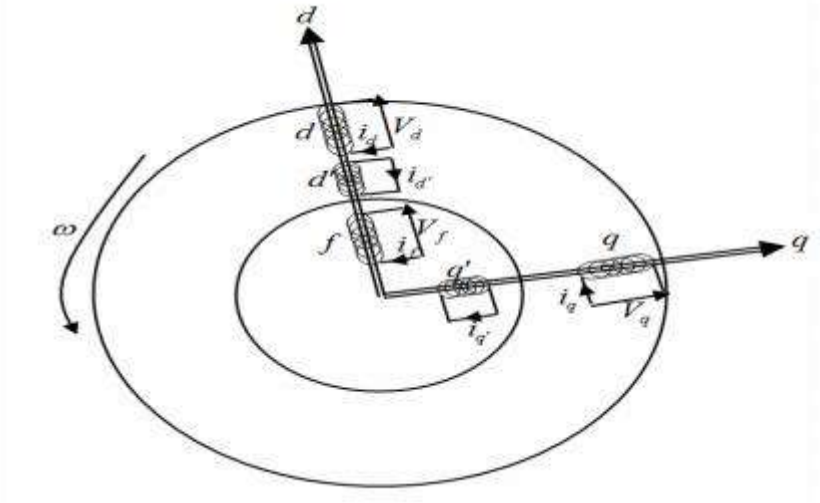


Figure IV.2. Modèle de la machine synchrone dans le repère de Park

Les équations de Park expriment le comportement dynamique de la machine synchrone. On obtient ces équations à l'aide de la transformation de Park qui transforme les enroulements triphasés de la machine en deux enroulements sur les axes direct (d) et en quadrature(q). À partir du modèle complet, plusieurs degrés de simplification sont possibles afin d'obtenir un modèle qui nécessite moins de puissance de calcul lors des simulations numériques, tout en préservant les caractéristiques dominantes exigées par le niveau d'analyse considéré. Généralement, la dynamique de l'enroulement statorique est négligée, ce qui permet d'utiliser exclusivement des équations algébriques pour décrire les interconnexions entre les éléments du système. Quant au rotor, les dynamiques sous-transitoires, spécifiques aux enroulements amortisseurs, peuvent être négligées partiellement ou totalement ; un panorama des modèles approximatifs les plus courants est donné dans la littérature [1,2]. Avec les enroulements amortisseurs supprimés, on obtient le modèle dit « à un axe », où la partie électrique de la machine est représentée par une seule équation différentielle, décrivant la dynamique du à l'enroulement d'excitation :

$$\dot{E}'_q(t) = \frac{1}{T'_{D0}}[E_{fd}(t) - E'_q(t) - I_d(t)(X_d - X'_d)] \quad \text{(IV.20)}$$

La dynamique mécanique de la machine est décrite en termes de l'écart de vitesse angulaire $\Delta\omega$ par rapport à la vitesse angulaire nominale ω_0 et de l'angle de charge δ:

$$\dot{\delta}(t) = \omega_0 \Delta\omega(t) \quad \text{(IV.21)}$$

$$\Delta\dot{\omega}(t) = -\frac{k_D}{2H}\omega(t) + \frac{1}{2H}\left(P_m(t) - P_e(t)\right) \quad \text{(IV.22)}$$

À l'exception de la pulsation nominale ω_0, exprimée en radians par seconde, de la constante de temps T'_{d0}, exprimée en secondes et de l'angle de charge δ, exprimé en radians, toutes les variables sont exprimées en grandeurs relatives (per unit).

IV.3. MODELE DU RESEAU SMIB CONSIDERE

Beaucoup de travaux ont été faits par rapport à la commande non linéaire des réseaux électriques. Un réseau SMIB est constitué d'une machine synchrone qui alimente un réseau infini au travers de lignes et d'un transformateur comme indiqué par la figure (IV.3) ci-dessous.

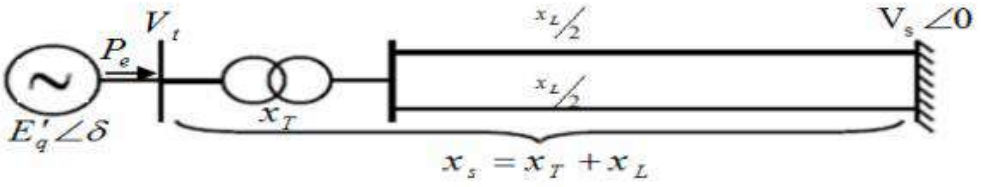


Figure IV.3. Représentation schématique d'une machine synchrone connectée à un nœud infini.

Vu que la machine est connectée à un système de taille importante, nous pouvons considérer que ses dynamiques n'influent pas sur la valeur, de la fréquence ou de la tension V_s ; pour cette raison, on appelle la sourceV_s un bus infini. Dans le but d'établir les équations algébriques du système, on définit dans un premier temps les réactances suivantes :

$$X_{ds} = X_d + X_s \qquad \text{(IV.23)}$$

$$X'_{ds} = X'_d + X_s$$

$$X_{qs} = X_q + X_s$$

Les entrées connues du système sont les signaux de commande, les entrées inconnues sont les perturbations, le bruit de mesure, les erreurs ou incertitudes de modélisation, les défauts, etc. Dans le modèle (22), la variable d'entrée de commande U est la tension d'excitation u_f du générateur , les variables d'état X du réseau sont l'angle de puissance δ , la vitesse relative de rotation électrique ω et la tension interne E_q a du générateur. Dans le cadre de ce travail, nous allons considérer la puissance mécanique P_{m0} constante, et les variables d'état utilisables pour la commande (l'extension avec observateur en cas contraire étant facilement envisageable). Enfin, tous les autres paramètres du modèle représentent les caractéristiques électriques du réseau et sont supposés connus et constants en fonctionnement normal.

IV.4. PRESENTATION DU SYSTEME ETUDIE

Nous utilisons dans ce chapitre les équations d'état de l'ensemble turbogénérateur (2.15) + (5.6) du modèle SMIB.

IV.4.1. calcul du point de fonctionnement de référence

Notre objectif générale est de réguler le système autour d'un point l'équilibre particulier défini comme solution du système d'équations algébriques :

$$\omega_0 = 0$$

$$P_{m0} = P_{e0}$$

$$-\frac{1}{T'}P_{e0} + \frac{1}{T'}\frac{A}{2}V_s^2 \sin 2\delta_0 + \frac{1}{T'}\frac{V_s}{x_{ds}} \sin \delta_0 K_c u_{f0} = 0 \qquad \text{(IV.24)}$$

En pratique, on pourra fixer un niveau de tension V_{t0} et de puissance P_{e0} de référence.

Et connaissant P_e, on en déduit la valeur de l'angle δ_0 et à partir de là, les autres états et entrées l'équilibre indicés « 0 » solution de (IV.24).

IV.4.2. Introduction des variables d'écart

Puisque les résultats de stabilité concernent des systèmes non linéaires admettant l'origine comme point d'équilibre, non effectuons un changement de variable d'état du système δ, ω et P_e en introduisant les variables d'écart par rapport leurs point d'équilibre.

Ainsi nous définissons :

$\tilde{\delta}(t)$ L'erreur de l'angle de puissance du générateur

$\omega(t)$ La vitesse relative de rotation électrique

$\widetilde{P_e}(t)$ L'écart de puissance électrique de sortie

$\widetilde{P_m}$(t) L'écart de puissance mécanique fournie par la turbine

$\widetilde{X_E}(t)$ L'écart de l'ouverture de valve de la turbine

$\widetilde{P_c}(t)$ L'écart de commande de valve de la turbine

Cela veut dire que :

$$\tilde{\delta}(t) = \delta(t) - \delta_0 \qquad \text{(IV.25)}$$

$$\widetilde{P_e}(t) = P_e(t) - P_{e0}$$

$\widetilde{P_m}(t) = P_m(t) - P_{m0}$

$\widetilde{X_E}(t) = P_m(t) - P_{m0}$

$\widetilde{P_c}(t) = P_c(t) - P_{c0}$

Et pour la turbine nous obtenons :

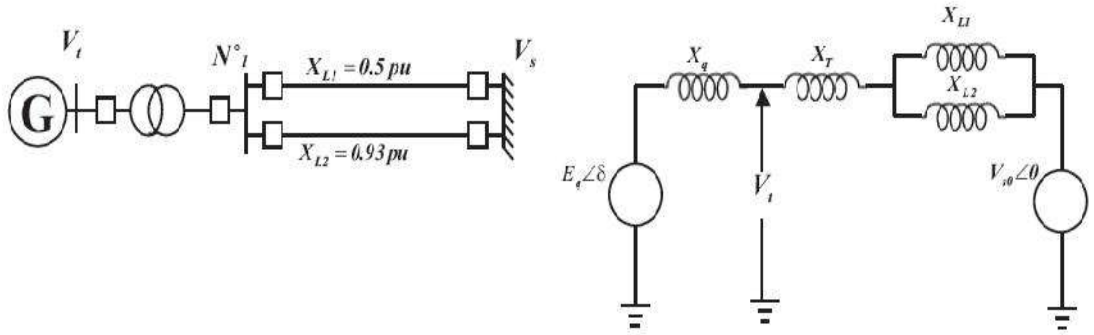
$$\dot{\widetilde{P}}_m(t) = -\frac{1}{T_T}\dot{\widetilde{P}}_m(t) + \frac{K_T}{T_T}\widetilde{X_E}(t) \qquad \text{(IV.26)}$$

$$\dot{\widetilde{X}}_E(t) = -\frac{1}{T_G}\widetilde{X_E}(t) + \frac{K_G}{T_G}\left(\widetilde{P_c}(t) - \frac{1}{R\omega_0}\omega(t)\right) \qquad \text{(IV.27)}$$

IV.5. DESCRIPTION DU DEFAUT PERMANENT ETUDIE

Afin d'étudier l'évolution des variable les plus important du réseau en présence d'un court-circuit nous avons besoin de préciser le circuit équivalent du réseau à chaque stade (avant le défaut, pendant le défaut et après le défaut), ici on suppose qu'avant le défaut le réseau est en régime permanent et les point d'équilibres des systèmes sont $\delta_0, P_{e0} et V_{t0}$.

Donc avant le défaut, nous avons le circuit équivalent correspondant à la figure (IV.4)



(a) (b)

Figure IV.4. (a) réseau avant le défaut. (b) circuit équivalent avant le défaut.

En supposant qu'à t=t_f, un court-circuit triphasé se produit sur l'un des lignes de transmission (par exemple sur la ligne signalé par X_{L2}) et très proche du bus (1), l'état du réseau et le circuit équivalent correspondent à la figure (IV.5).

Il faut noter que du point de vue du générateur, pendant la période du court-circuit, nous avons $V_s = 0$.

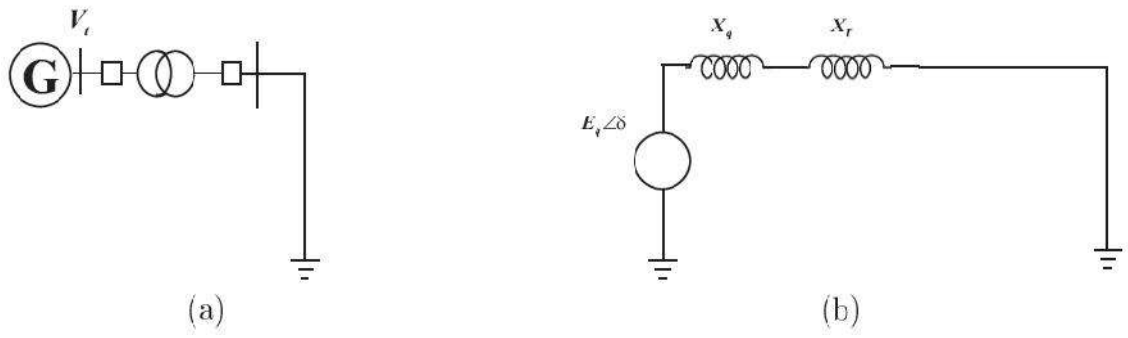


Figure IV.5. (a) réseau pendant de défaut. (b) circuit équivalent pendant le défaut

IV.6. LE REGULATEUR DE REFERENCE DE L'ETUDE

Tout au long de cette étude, nous considérons deux régulateurs qui nous servirons de référence de comparaison :

Les régulateurs PSS et AVR : il s'agit de la principale référence d'une étude sur la régulation des réseaux électriques puisque cette structure de commande est aujourd'hui universellement utilisée.

Le régulateur par linéarisation directe par retour d'état : il s'agit d'une approche non linéaire dont de nombreuses variantes sont connues [24]. Cette approche servira de référence comparative entre méthode non linéaires.

IV.6.1.les régulateurs PSS et AVR

Nous rappelons la structure de ces correcteurs, Ces régulateurs agissent uniquement sur l'entrée d'excitation u_f , selon le schéma suivant :

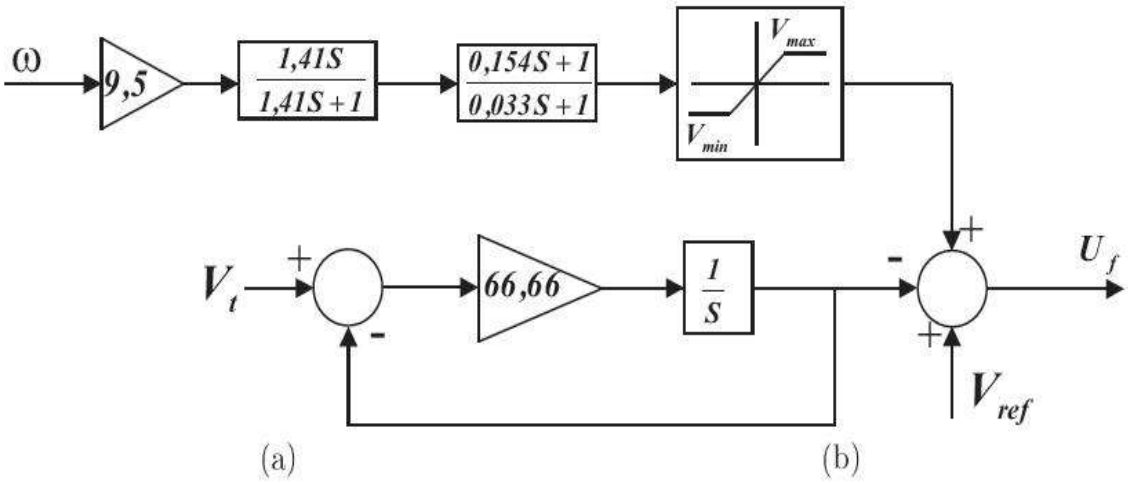


Figure IV.6.schéma-bloc de PSS et AVR

Les coefficients de chaque bloc sont tirés de [34] et sont compatibles avec le réseau- Test.

Notation des variables utilisées dans ce schéma :

U_f: Entrée de la SCR amplificateur du générateur

V_{ref} : Valeur référence pour la tension de sortie

IV.7. REGULATION DE LA TENSION DE SORTIE ET PUISSANCE ELECTRIQUE AVEC L'ENTREE U_f

Nous avons que le changement de la tension de sortie est plus important que celui l'angle de puissance (si l'amplitude de cet angle est au-dessous de la limite de stabilité). Donc si on est capable de maitriser l'angle de puissance après défaut, on réussira à stabilité la tension de sortie sans écart par rapport à la référence d'avant défaut .pour faire cela, on introduit une méthode par backstepping modifiée. Dans cette partie, nous allons appliquer le contrôleur dont nous avons parlé dans cette phrase.

Il faut noter qu'on peut également accéder à la tension sans écart avec la méthode DFL mais il faut faire intervenir la variable V_t (par un AVR) dans le contrôleur du système .

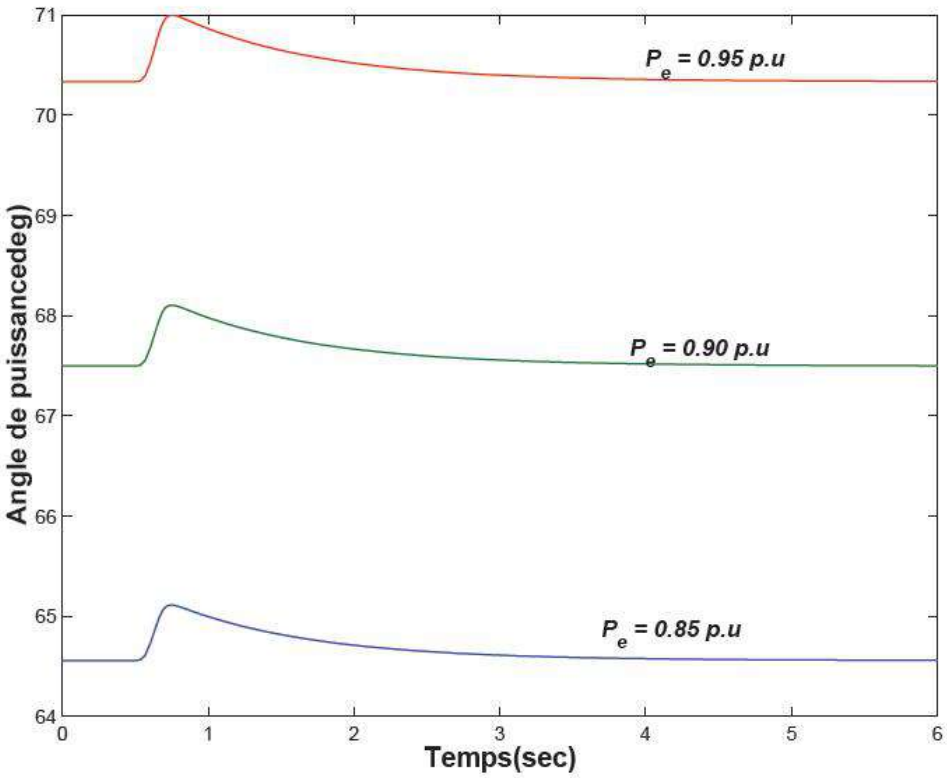


Figure IV.7. Variations de l'angle de puissance avec le contrôleur backstipping en fonction du point de fonctionnement.

IV.8. REGULATION SIMULTANEE DE TENSION ET DE PUISSANCE ELECTRIQUE AVEC LES L'ENTREE U_fET P_c

Dans le paragraphe (IV.7), nous avons vu que l'on pouvait réguler à la fois la tension de sortie et la puissance mécanique autour d'une référence en n'utilisant que la commande de la tension d'excitation .pour cela, nous avons vu qu'il fallait essentiellement recalculer le nouvel état d'équilibre après défaut pour obtenir une régulation en tension et en puissance sans erreur statique, à condition de connaitre par faitement la situation d'après défaut permanent.

La performance de ce schéma de régulateur non linéaire, basée notamment sur le recalcula de l'état d'équilibre après défaut repose cependant sur trois l'hypothèse principales, plus ou moins réalistes.

− La connaissance et la maitrise parfaite de la turbine et de sa régulation qui assure que $P_m$est maintenue strictement constant à P_{m0} .or cette hypothèse revient à négliger les modes induit par les états P_m et X_E et les incertitudes paramétrique de la turbine.

− La connaissance parfaite paramètres physiques du SMIB (en fonctionnement nominale ou après défaut permanent), (réactances diverses constantes mécanique de l'alternateur absence d'offsets, tension V_s parfaitement connue …..Etc.). Or on sait aussi que le modèle 2-axes est une simplification et ne représente pas certains phénomènes à haute fréquence du réseau.

− La connaissance parfaite de l'ensemble du réseau par chaque générateur command dans une agrégation du réseau et pré- suppose une connaissance du réseau globale

IV.9. les résultats d'application de simulation de system SMIB

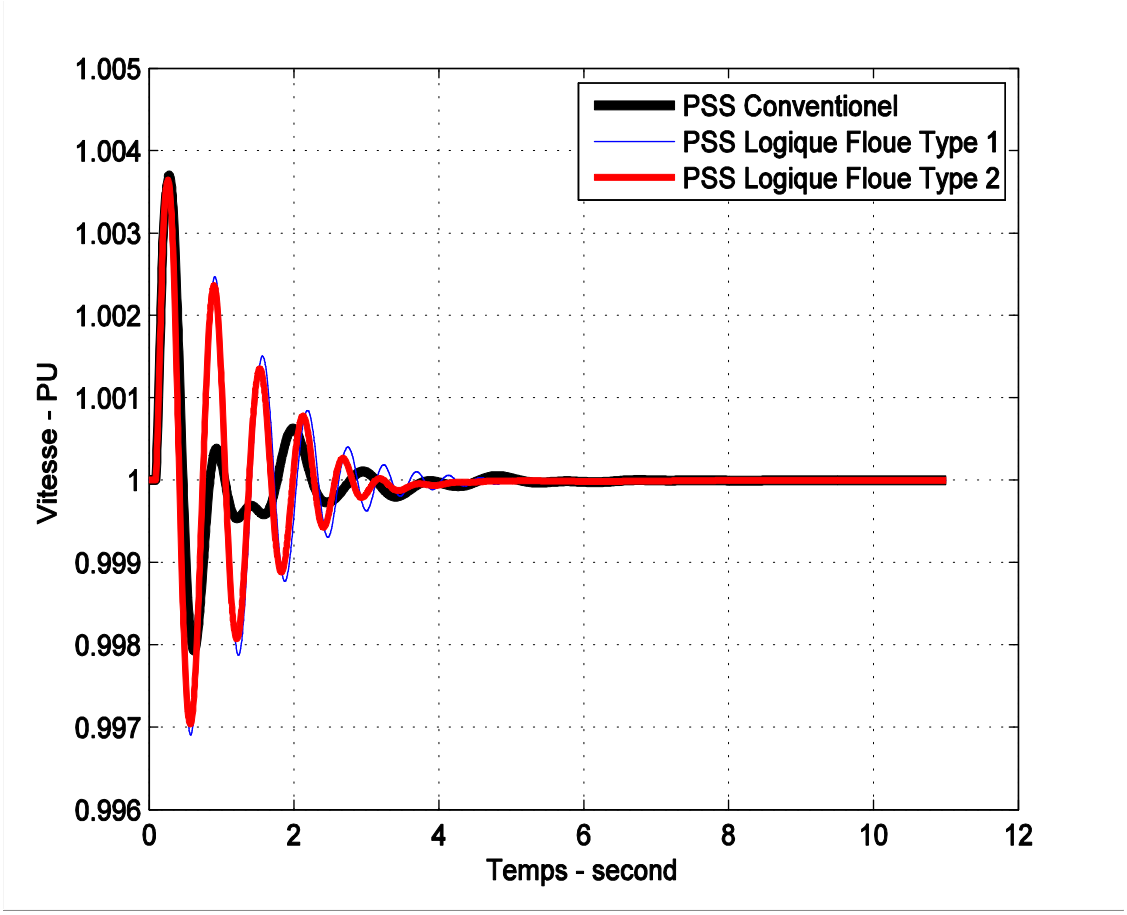


Figure IV.7.comparaison de la vitesse du système avec pss conventionnel, avec pss logique floue type1 et avec logique floue type 2.

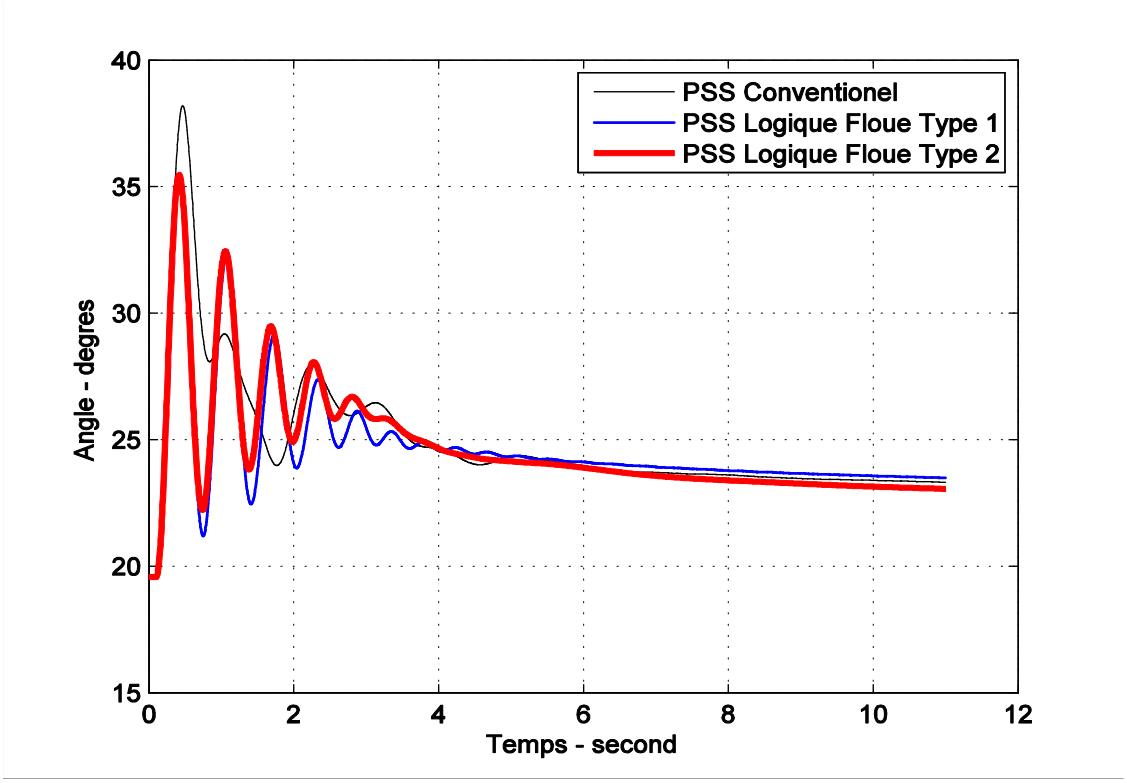


Figure IV.8.comparaison de l'angle du système avec pss conventionnel, avec pss logique floue type1 et avec logique floue type 2.

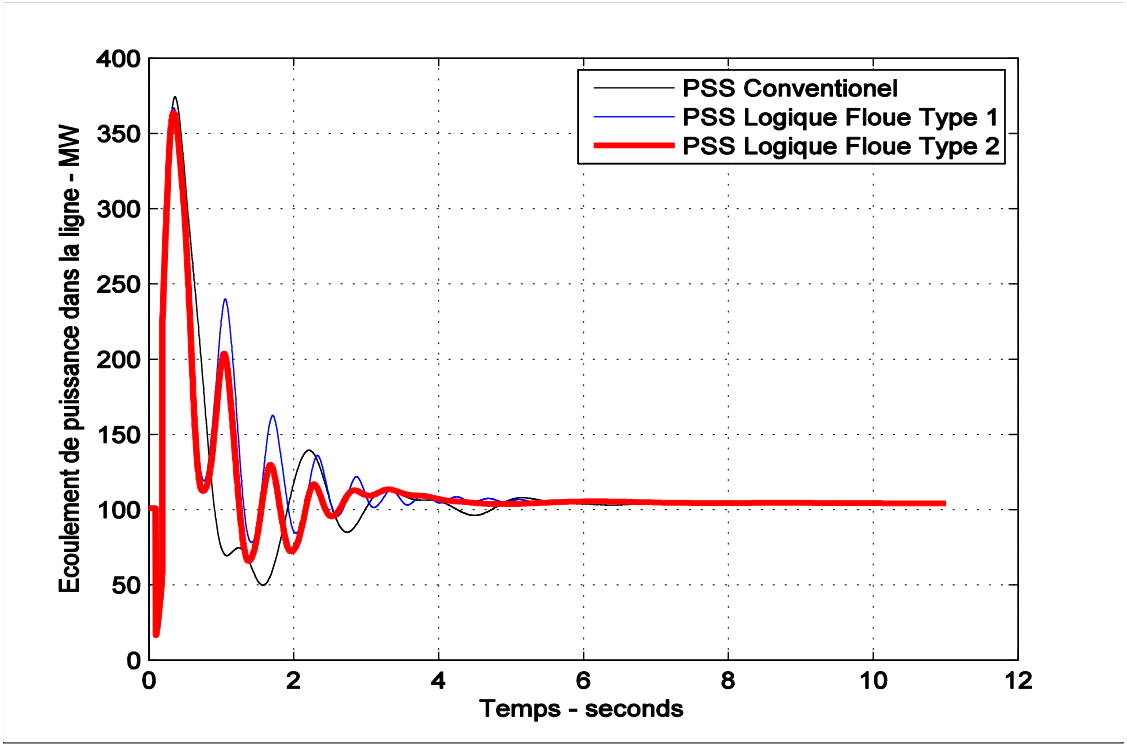


Figure IV.9.comparaison de l'écoulement de puissance dans la ligne-MW du système avec pss conventionnel, avec pss logique floue type1 et avec logique floue type 2.

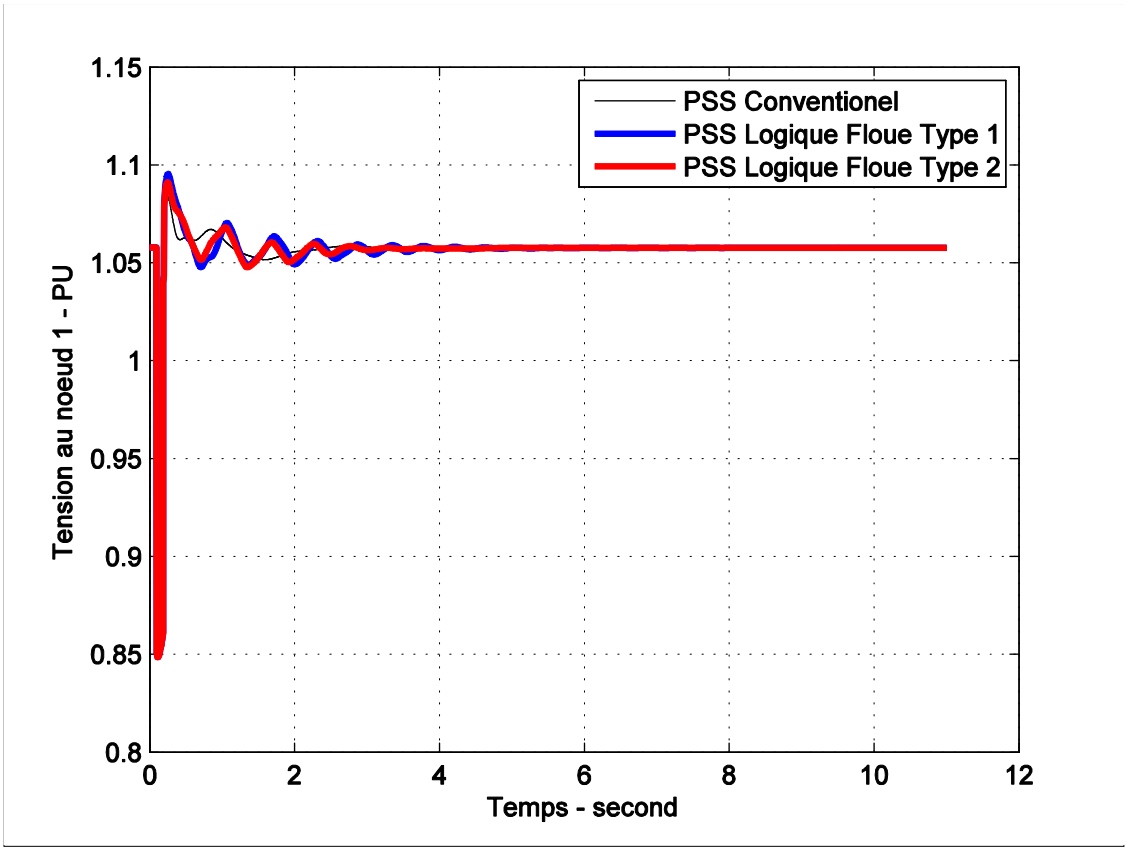


Figure IV.10.comparaison de la tension au nœud 1-PU du système avec pss conventionnel, avec pss logique floue type1 et avec logique floue type 2.

Les résultats des simulations de la vitesse donnés par le figure (**IV.7**), montrent la grande efficacité des pss conventionnel .le système avec pss conventionnel après avoir été perturbé retourné à son état d'équilibré initial au bout de 3.1s, c.-à-d. régler les paramètres de pss logique flou type 2 afin d'avoir un maximum d'amortissement, ont été satisfaites grâce aux pss conventionnel.

Dans la simulation de l'angle donnés par le figure (**IV.8**), on remarque que le système de pss conventionnel, après avoir un grande perturbé, retourné à son état d'équilibré initial au bout de 4.8s avec même temps par pour les autres systèmes (pss logique flou type 2, pss logique flou type 1).

Dans la simulation de l'écoulement de puissance donnés par le figure (**IV.9**), on remarque que le système de pss logique flou type 2, après avoir un grande perturbé, retourné à son état d'équilibré initial au bout de 3.9s avant les autres systèmes (pss conventionnel, pss logique flou type 1).

Dans la simulation de la tension au nœud 1 donnés par le figure (**IV.10**), on remarque que le système de pss conventionnel, après avoir un perturbé, retourné à son état d'équilibré initial au bout de 2s.

Les figures (**IV.7, IV.8, IV.9, IV.10**) comparent les différentes méthodes (pss conventionnel, pss logique flou type 1 et, pss logique flou type 2) à chaque paramètre de système SMIB, ces résultats indiquent que le générateur a un amortissement muettement amélioré quel que soit le point de fonctionnement. Le système avec pss logique floue type 2 est plus stable car il revient rapidement à son état initial para pour les systèmes SMIB d'autre méthodes (pss logique floue type 1, pss conventionnel).

IV.10. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons établi un modèle non linéaire de la machine synchrone, ainsi que le modèle de cette dernière connectée à un nœud infini à travers une ligne de transport.

Nous avons ensuite proposé deux lois de commande permettant de se fixer directement les deux objectifs de régulation, à savoir la maitrise de la tension de sortie du générateur et celle de la puissance de transit sur la ligne d'interconnexion avec un bus infini la satisfaction de ce double objectif a été rendu possible par l'utilisation de la commande de turbine qui donne un degré de liberté supplémentaire .nous avons vu en effet que l'utilisation de la seule entrée d'excitation du générateur ne permettait pas de maitriser les dynamique internes liées à la puissance et à la variation de vitesse du générateur .par ailleurs ,nous avons introduits deux filtre de performance statique ,à savoir deux intégrateur respectivement sur la tension et sur puissance qui permet de garantir l'absence d'erreur statique sur la tension et sur la puissance en présence de perturbations bornées, cette caractéristique permet de relaxer l'hypothèse de connaissance fine des caractéristiques du réseau.

CONCLUSION GENERALE

Le travail présenté dans ce mémoire concerne l'analyse et l'amélioration de la stabilité transitoire des réseaux éclectiques. Notre travail s'est porté sur l'implantation de stabilisateurs de PSS. L e rôle de ces stabilisateurs est d'apporter l'amortissement nécessaire eaux oscillations électromécaniques du générateur, lorsque le système électrique est sujet à différent défauts.

Afin d'atteindre cet objectif nous sommes passes par plusieurs étapes:

Nous avons entamé notre travail par des définitions de la stabilité et se différent type ainsi que des notions sur les PSS.

Il fallait, comme dans toute étude de systèmes énergétiques réels, procéder à la modélisation des systèmes électriques, en vu d'étudier la stabilité transitoire, ce qui s'est fait dans le deuxième chapitre. Pour cela, nous avons présenté la modélisation du système d'une manière détaillée afin de pouvoir l'utiliser pour valider la méthode proposée en ayant pour objectif l'amélioration de la stabilité.

Puis, nous avons montré l'action du PSS, dont les paramètres étaient non optimisés, sur un système mono-machine. Ce dernier constitue un exemple typique de problèmes qui peuvent survenir dans une machine synchrone connectée à un large réseau. Nous avons constaté, que les résultats présentent une amélioration certaine de la stabilité transitoire par rapport au cas du système non contrôlé, qui demeure toutefois mal amorti.

A la fin, nous avons abordé la synthèse des paramètres du PSS en utilisant les algorithmes de la logique floue type-2.

Nous pourrions recommander comme suite de ce travail, l'étude de l'amélioration de la stabilité transitoire en optimisant les paramètres des PSS avec d'autres méthodes intelligentes et les comparer aux algorithmes des logiques floues type-2.

Après avoir exposé le paradoxe incertitude - ensemble .ou Type-1 et les limitations associées, nous avons présenté une étude théorique détaillée sur l'extension de Cet ensemble à son congénère de type-2. Nous avons discuté la capacité du nouveau type à mieux modéliser l'incertitude de par association d'un nouveau paramètre, à savoir la mesure de dispersion de l'incertitude. L'étude théorique a été étendue à la mesure de dispersion des incertitudes contenues dans la base de règles d'un système d'inférence .floue type-1, ce qui donne naissance à un système d'inférence .floue de type-2.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] P.M. Anderson, A. A. Fouad» Power system control and stability, the IOWA state University Press $3^{éme}$ edition, 1982.

[2] M. Baudour, Evolution de la stabilité dynamique par les couples synchronisant et Amortisseurs thèse de Magister, Ecole Nationale Polytechnique1994

[3] H.benkaci.evolution de la stabilité statique en temps réel, thèse de magister, école nationale polytechnique.1998.

[4] Y. N. YU, Électriques power system dynamics, New York academic Press, 1983.

[5]JP BARRET, bournard .b meyer, simulation des réseaux électriques .édition eyrolles.1997

[6] J.M. Randers Algorithmes génétiques et réseau de neurones hermès Science Publication, Paris, France, 1995

[7] R.Eberhart, and j.kennedy- particle swarm optimization-proc of iEEE nternational conf, on newral networks vol 4, pp.1942-1948-1995

[8] R. Eberhart, end J. Kennedy, "Swam Intelligence-, Morgan kafmann Publishers, 2001

[9] Dorigo, 1996M, and Maniezzoov, colorniA: the ant System: optimization by a colony of cooperating agents IEEE transctions on systems mans and Cybernties p29-41(1996)

[10] E.V. Larsen, D.A. Swann "Applying power system Stabilizers, part I, II and m, IEEE
Transactions'', Power Apparatus and System Vol. PAS-100, N o 6, June 1981,p p. 3017- 3046.

[11] J.H. Chow, JJ. Sanchez-Gasca, H. Ran, S. Wang 'Power System Damping Controller design using multiple input signal's IEE Control System Magazine, August 2000, pp 82-90.

[12] A.L.B do Bomfim" GN Taranto et D.M Falcon, "Simultaneous Tuning of Power System Damping Controllers using Genetic Algorithm", IEEE transactions on power systems, Vol15,N o 1,F ebnrary2 000,p p. 163-169

[13] P. Kundur, M. Klein, GJ. Rogers et M.S. Zywno "Application of Power System Stabilizers for Enhancement of Overall System Stability", IEEE transactions on power Systems Vol 4, No 2, May 1989.

[14] I.A. Hiskens, “Systematic Tuning of Nonlinear power System Controller", IFEE International Conference Control Applications, Glasgow, Scotland, U K September 2002.

[15] A. blondel the two-reaction method for study of oscillation phenomena in coupled alternators revue general de l’électricité, 13(1):235-251, 1923.

[16] L. A. Zadeh,”The concept of a linguistic variable and its application to approx-Imate reasoning – I”. Inf. Sci, vol. 8, no. 3, pp. 199.249, 1975.

[17] J. M. Mendel, .Fuzzy sets for words: a new beginning, In Proc. Of IEEE Intel. Conf. on Fuzzy Systems, St. Louis, MO, 2003, pp. 37.42.

[18] N. N. Karnik and J. M. Mendel,”Type-2 tsk fuzzy logic systems “.IEEE Trans. On Fuzzy systems, vol. 7, no. 6, pp. 643.658, December 1999.

[19] J. M. Mendel, .Type-2 fuzzy sets: Some questions and answers, .IEEE Con-Nections, Newsletter of the IEEE Neural Networks Society, vol. 1, pp. 10.13, August 2003.

[20] J.M .Mendel, “Computing derivatives in interval type-2 fuzzy logic systems”, IEEE transactions, Fuzzy systems, vol.12, issue.1, pp. 84-98, 2004.

[21] R. E. Elsa, “Sur la stabilité des systèmes hybrides et la stabilisation par commutation », Thèse de doctorat, Inst Nat des Scien App, Univ of Toulouse, pp. 1-155, 2005.

[22] A. Sanbol , M.S. Fadali, “Fuzzy Lyapunov stability analysis of discrete type II TSK systems”, IEEE international conference on decision and control, pp.5209-5214, 2003.

N. Sanbol , M.S. Fadali, ”Generalized fuzzy Lyapunov stability analysis of discrete type II/III TSK systems”, American control conference, Boston, vol.6; pp. 453-458,

[23] E.Kim, “A new computational approach to stability analysis and synthesis of linguistic fuzzy control system“, IEEE transactions, Fuzzy systems, vol.12, issue.3, pp. 379-388, 2004.

[24] Y.Wang and D.J Hill .transient stability enhancement and voltage regulation of power systems .IEEE Trans on power systems, 8(2):620-626, 1993