

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE DE BATNA
Faculté des Sciences de l'Ingénieur
Département d'Electrotechnique



MEMOIRE de MAGISTER

Présenté Pour l'Obtention de Diplôme de

Magister

en Electrotechnique

Option : Electricité industrielle

Par

Abdelaàli ALIBI

Ingénieur d'État en Électrotechnique de l'Université de Batna

Thème

**Contrôle des Réseaux Electriques par les Systèmes
FACTS: (Flexible AC Transmission Systems)**

Soutenu publiquement le **13 /06/2009** devant le **jury** composé de:

<i>Farid Nasri</i>	Professeur, Univ Batna	Président
<i>Cherif Fetha</i>	Maître de Conférences, Univ. Batna	Rapporteur
<i>M.Lokmane Bendaas</i>	Maître de Conférences, Univ. Batna	Co-Rapporteur
<i>Khaled Chikhi</i>	Maître de Conférences, Univ. Batna	Examineur
<i>Djamel Labeled</i>	Maître de Conférences, Univ. Constantine	Examineur
<i>Saïd Benaggoune</i>	Maître de Conférences, Univ. Batna	Examineur

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à:

*Mes chers parents,
Mes frères et sœurs,
Ma femme et à mes enfants.*

REMERCIEMENT

Au terme de ce travail, je voudrais exprimer mes sincères remerciements à Monsieur ***Cherif Fetha*** Maître de conférences au département d'électrotechnique de l'Université de Batna d'avoir accepté d'être le rapporteur de ce mémoire, pour ces précieux conseils et encouragements tout au long de ce travail.

Je tiens également à remercier Monsieur ***M.Lokmane Bendaas*** Maître de conférences au département d'électrotechnique de l'Université de Batna pour avoir accepté de co-diriger ce mémoire, pour son appui et son orientation.

Je suis très reconnaissant à Monsieur ***Khaled Chikhi*** Maître de conférence au département d'électrotechnique de l'Université de Batna pour son aide, sa disponibilité, aussi pour la confiance et la compréhension qu'il m'a manifesté.

Je tiens à remercier également Monsieur ***Farid Nasri*** professeur de l'enseignement supérieur au département d'électrotechnique de l'Université de Batna qui me fait l'honneur de présider le jury de soutenance du présent mémoire.

J'adresse mes remerciements aux membres de jury qui ont accepté d'examiner ce mémoire en lui apportant de l'intérêt, Monsieur ***Djamel Labeled*** Maître de Conférences à l'Université de Constantine et Monsieur ***Saïd Benaggoune*** Maître de Conférences au département d'électrotechnique de l'Université de Batna.

Je veux aussi exprimer ma vive reconnaissance à Monsieur ***Ahmed Bendhifallah*** Professeur au département d'électronique de l'université de Batna et Monsieur ***Abdelaàli Boughaba*** Professeur au département d'hygiène et de sécurité de l'université de Batna, pour leur aide fraternelle et précieuse durant la préparation au concours de magister, à mon beau-frère ***Abdelhakim Berkani*** pour sa patience et sa compréhension, qu'ils trouvent ici le témoignage de ma gratitude.

Liste des Symboles et Abréviations

<i>FACTS</i>	Flexible alternatif curant transmission systems.
<i>IGBT</i>	Insulated Gate Bipolar Transistors
<i>IGCT</i>	Insulated Gate Commutated Thyristors
<i>SPS</i>	Static Phase Shifter
<i>STATCOM</i>	Static Synchronous Compensator
<i>SSSC</i>	Static Synchronous Series Compensator
<i>DVR</i>	Dynamic Voltage Restorer
<i>UPFC</i>	Unified Power Flow Controller
<i>VSC</i>	Voltage Source Converter
<i>MLI</i>	Modulation par largeur d'impulsion
<i>PI</i>	Proportionnel Intégral (régulateur)
<i>V_s</i>	Tension du jeu de barre de génération (sending voltage).
<i>V_r</i>	Tension du jeu de barre de charge (receiving voltage).
<i>P_s</i>	Puissance active fournie par la source
<i>Q_s</i>	Puissance réactive fournie par la source
<i>P_r</i>	Puissance active demandée par la charge
<i>Q_r</i>	Puissance réactive demandée par la charge
<i>P_l</i>	Puissance active transportée par la ligne
<i>Q_l</i>	Puissance réactive transportée par la ligne
<i>δ</i>	Angle de charge entre V _s et V _r
<i>R</i>	Résistance de la ligne de transport
<i>X</i>	réactance de la ligne de transport
<i>θ</i>	Déphasage du courant de al ligne
<i>V_{sh}</i>	Tension (shunt) injectée par le STATCOM
<i>I_{sh}</i>	Courant (shunt) injecté par le STATCOM
<i>R_{sh}</i>	Résistance du transformateur de couplage shunt du STATCOM
<i>X_{sh}</i>	Réactance du transformateur de couplage shunt du STATCOM
<i>P_{sh}</i>	Puissance active délivrée par le STATCOM
<i>Q_{sh}</i>	Puissance réactive délivrée par le STATCOM

<i>V_{se}</i>	Tension (série) injecté par le SSSC.
<i>I_{se}</i>	Courant (série) injecté par le STATCOM
<i>R_{se}</i>	Résistance du transformateur de couplage série de l'SSSC
<i>X_{se}</i>	Réactance du transformateur de couplage série de l'SSSC
<i>P_{se}</i>	Puissance active délivrée par le SSSC
<i>Q_{se}</i>	Puissance réactive délivrée par le SSSC
<i>U_{dc}</i>	Tension continu aux bornes du condensateur
<i>I_{dc}</i>	Courant dans le circuit continu
<i>d (indice)</i>	la composante sur l'axe d du repère d-q
<i>q (indice)</i>	la composante sur l'axe q du repère d-q
<i>pu (indice)</i>	la grandeur en unité relative (grandeur réduite)

TABLE DES MATIERES

<i>Dédicace</i>	i
<i>Remerciement</i>	ii
<i>Liste des symboles et abréviations</i>	iii

<i>Introduction générale</i>	8
------------------------------------	---

**Chapitre I: Etat de l'art "Fonctionnement du Réseaux Electrique,
Systèmes FACTS"**

I. Fonctionnement du Réseaux Electrique et compensation réactive	13
I.1 Introduction	13
I.2 Puissance transmise par une ligne électrique	13
I.3 Chute de Tension et Compensation Réactive	15
I.4 Ligne Electrique Non Compensée	17
I.4.1 Equation des tensions et courants d'une ligne électrique	18
I.4.2 ligne électrique non compensée ave charge	14
I.5 Compensation réactive dans une ligne électrique	19
I.5.1 Compensateur shunt	19
I.5.2 Compensation série	21
II. Les Systèmes FACTS	23
II.1 Introduction	23
II.2 Concept Générale et Définition	23
II.3 Différentes Catégories des FACTS	24
II.4 Apports et Avantages des FACTS	25
II.5 Applications Pratiques des Dispositifs FACTS	26
II.6 Structure des Principaux Dispositifs FACTS	27
II.6.1 contrôleurs parallèles	27
a) SVC (Static Var Compensator)	27
b) STATCOM (STATic COMpensator)	27
II.6.2 contrôleurs séries	29
a) TCSC (Thyristor Controlled Series Capacitor)	29
b) SSSC (Static Synchronous Series Compensator)	29

II.6.3	Contrôleurs hybrides série shunt.....	31
a)	SPS (Static Phase Shifter).....	31
b)	UPFC (unified power flow controller).....	32
III.	Conclusion.....	33
Chapitre II: Structure et Principe de Fonctionnement du STATCOM et de l'SSSC		
I.	Introduction.....	35
I.2	L'onduleur de tension (VSC) dans un réseau électrique.....	35
II.	Compensateur Statique Synchron (STATCOM).....	37
II.1	Description.....	37
II.2	Principe de Fonctionnement.....	38
II.3	Effet de la compensation shunt (STATCOM) sur le réseau électrique.....	41
III.	Compensateur Statique Série Synchron (SSSC).....	44
III.1	Description.....	44
III.2	Principe de fonctionnement.....	45
III.3	Effet de la compensation série (SSSC) sur le réseau électrique.....	48
III.	Conclusion.....	51
Chapitre III: Modélisation et Commande du STATCOM et de l' SSSC		
I.	Introduction.....	53
II.	Modélisation et Commande du STATCOM.....	54
II.I	Modélisation du STATCOM.....	54
II.1.1	Modèle Mathématique Simplifié.....	54
II.1.2	Modèle Mathématique en Considérant le Circuit DC.....	56
II.2	Contrôle du STATCOM.....	57
II.2.1	Détermination des Références.....	58
II.2.2	La Méthode Watt Var découplée.....	59
II.2.3	Régulateur PI avec compensation de pôles.....	61
II.2.4	Régulation de la tension continue U_{dc}	62
III.	Modélisation et Commande de l'SSSC.....	64
III.1	Modélisation de l'SSS.....	64
III.1.1	Modèle Mathématique Simplifié.....	64
III.1.2	Modèle Mathématique en Considérant le Circuit DC.....	65

III.2 Contrôle de l'SSSC.....	66
III.2.1 La méthode Watt-Var découplée.....	66
III.2.2 Détermination des Références.....	67
III.2.3 Calcul des Régulateurs PI.....	69
III.2.4 Régulation de la tension continue U_{dc}	69
III.2.5 Commande de l'Onduleur.....	69
IV. Conclusion.....	70

Chapitre IV: Simulations et Résultats

I. Introduction.....	72
II. Simulation du STATCOM.....	72
II.1 Description du réseau étudié.....	72
II.2 Equation du STATCOM en grandeurs réduites.....	73
II.3 Essais de simulation et résultats.....	74
III. Simulation de l'SSSC	80
II.1 Description du réseau étudié.....	80
II.2 Equation de l'SSSC en grandeurs réduites.....	81
II.3 Essais de simulation et résultats.....	82
IV. Conclusion.....	86

Conclusion Générale et Futur Travail

Conclusion générale.....	89
---------------------------------	-----------

BIBLIOGRAPHIE.....	92
---------------------------	-----------

Annexes

Annexe A.....	96
Annexe B.....	98