# Electronique de Puissance (120 h )

## Objectifs

La Puissance en électronique est au sujet d’employer l’électronique pour traiter ou commander la puissance. Ceci peut être de plusieurs mégawatts dans un train électrique et moins d’un watt dans un mobilophonie. Il y a maintenant habituellement de l’électronique de puissance dans les équipements électriques et électroniques. Les principes appris dans ce cours peuvent être appliqués à beaucoup d’autres secteurs aussi.

Les matières couvertes incluent

– Conversions ac-dc et dc-dc, comme trouvés dans

\* Redresseurs non commandés

\* Convertisseurs commandés par thyristors

\* Convertisseurs du switchmode dc-dc

\*Conversions DC-AC

\*Variateurs de vitesse pour moteurs à courant continu

\*Variateurs de vitesse pour moteurs à courant alternatif

Vers la fin de ce cours, vous devriez

– Etre au courant des commutateurs de semi-conducteurs généralement utilisés, leurs opération, commande, avantages et inconvénients.

– Pouvoir expliquer le fonctionnement d’un certain nombre de circuits convertisseurs de l’électronique de puissance.

– Concevoir et construire le circuit convertisseur de basse tension.

Chapitre 1  
LES REDRESSEURS A DIODES (20 h)

1.1 Les commutateurs:

-Les commutateurs “plus positif”

-Les commutateurs “plus négatif”

1.2 Les montages:

-Montages du type parallèle

-Montages du type parallèle double

-Montages du type série

1.3 Les redresseurs du type parallèle:

-Les montages usuels:

●Redresseur monophasé à deux diodes

●Redresseur triphasé à trois diodes

●Redresseur triphasé à six diodes avec transformateur tri-hexaphasé

-Etude des tensions

●Tension redressée

\*Facteur d’ondulation

\*Développement en série

●Tension inverse

-Etude des courants

●Courant dans les diodes

●Courant et facteur de puissance secondaires

●Passage du secondaire au primaire

\*Relation d’ampères–tours utilisable en monophasé

\*Application au redresseur P2 (redresseur à deux diodes)

\*Relations d’ampères–tours utilisables en triphasé

\*Application au redresseur P3 (redresseur à 3 diodes)

-Chute de tension en fonctionnement normal:

●Commutations. Chute de tension due à l’empiétement

●Chute de tension due aux résistances

●Chute de tension due aux diodes

-Fonctionnement en court-circuit:

●Courant de court-circuit

●Rapport de court-circuit

1.4 Les redresseurs du type parallèle double:

-Les montages usuels:

●Pont à quatre diodes monophasé

●Pont à six diodes triphasé

-Etude des tensions:

●Tension redressée

\*Valeur moyenne

\*Indice de pulsation et ondulation

●Tension inverse

-Etude des courants:

●Courant dans les diodes

●Courant et facteur de puissance secondaires

●Courant et facteur de puissance primaires

-Chute de tension en fonctionnement normal:

●Chute de tension due aux commutations

●Chute de tension due aux résistances

●Chute de tension due aux diodes

-Fonctionnement en cout-circuit:

●Courant de court-circuit

●Rapport de court-circuit

1.5 Les redrsseurs du type série:

-Etude des tensions:

●Règles de focntionnement

●Exemples

●Tension redressée

●Tension inverse

-Etude des courants:

●Courant dans les semi-conducteurs

●Courant et facteur de puissance secondaires

\*Nombre de phases q pair

\*Nombre de phases impair

●Courant et facteur de puissance primaires

-Chute de tension en focntionnement normal:

●Chute de tension due aux commutations:

\* Nombre de phases q pair

\* Nombre de phases impair

●Chute de tension due aux résistances

●Chute de tension due aux diodes

-Fonctionnement en court-circuit:

●Courant de court-circuit

●Rapport de court-circuit

1.6 Exercices

**Bibliographies**

Electronique de puissance – Seguier

Chapitre 2  
LES REDRESSEURS A THYRISTORS (12 h)

2.1. circuits commandes

2.1.1 Circuit à un seul thyristor et une charge RL - opération, analyse mathématique, simulation interactive.

2.1.2. Circuit à un seul thyristor, une charge RL et une diode à roue libre - opération, analyse mathématique,

2.2 Redressement commande monopole bialternace à pont de thyristor

2.2.1 Opération avec charge resistive pure: fonctionnement, analyse mathématique,.

2.2.2 Opération avec charge RL: fonctionnement, analyse mathématique,

2.2.3 Opération avec source inductive: fonctionnement, analyse mathématique,

2.2.4 Opération avec charge RLC et source inductive: fonctionnement analyse

mathématique,

2.2.5 Application : chargeurs de batteries.

2.3 Redressement commande triphasé à pont de thyristors

2.3.1 Opération avec charge resistive pure: fonctionnement, analyse mathématique, simulation interactive.

2.3.2 Opération avec charge RL: fonctionnement, analyse mathématique

2.3.3 Opération avec RL charge et source inductive: fonctionnement analyse mathématique,

2.3.4 Opération avec charge RLC et source inductive : fonctionnement, analyse mathématique

2.3.5 Application : alimentation DC : fonctionnement, analyse mathématique.

2.4 Redressement semi-commande

2.4.1 Redresseur à pont monophasé

2.4.2 Redresseur à pont triphasé

2.5 Exercices

### Bibliographies

– http://www.powerdesigner.com/InfoWeb/resources/pe\_htmllcontents.htm

Chapitre 3

TECHNIQUES DE COMMUTATION (4h)

3.1 Généralité

3.2 Commuattion naturelle

3.3 Commutation forcée:

●Exemples des circuits de commutation

3.4 Conception du circuit de commutation

3.5 Exercices

**Bibliographies**

Electronique de puissance – Seguier

CHAPITRE 4

Les Gradateurs (10h)

4.1 Marche en interrupteur:

-Principe

-Avantages et inconvénients

-Variantes unipolaires. Triacs:

●Triac

●Autres montages monophosés

-Interrupteurs tripolaires

4.2 Montage en graddateur monophasé:

-Cas d’un récepteur purement résistant

-Cas d’un récepteur résistant et inductif

-Caractéristiques

4.3 Les gradateurs triphasés

-Le gradateur triphasé tout thyristors:

●Débit sur un récepteur purement résistant

●Débit sur un récepteur résistant et inductif

●Caractéristiques

●Variantes. Thyristors en triangle

-Le groupement en triangle de trois gradateurs monophasés

-Le gradateur triphasé mixte

4.4 Exercices

**Bibliographies**

Electronique de puissance – Seguier

Chapitre 5  
 Les HACHEURS (22h)

5.1 Caractérisation des générateurs et des récepteurs

-Définitions, représentations, réversibilité

-Règles de connexions

-Amélioration ou changement de nature d’une source

5.2 Les semi-conducteurs utilisables:

-Interrupteurs statiques unidirectionnels en courant

-Interrupteurs statiques bidirectionnels en coiurant

5.3 Hacheurs directs:

-Hacheur série

**Circuit abaisseur & circuit élévateur**

●Principe et analyse mathématique

●Conséquence de l’impulsion de la charge

●Correction du générateur d’entrée

●Forme des signaux

●**Boucle de controle type PWM** .

-Hacheur parallèle:

**Circuit abaisseur & circuit élévateur**

●Circuit

●Principe et analyse mathématique

●Forme des signaux

●Utilisation

**●Boucle de controle type PWM**

5.4 Hacheur réversible en courant:

●Circuit

●Principe et analyse mathématique

●Forme des signaux

●Utilisation

5.5 Hacheur en pont:

●Circuit

●Principe et analyse mathématique

●Forme des signaux

●Utilisation

5.6 Hacheurs à liaison indirecte

-Hacheur à stockage inductif:

●Circuit

●Principe et analyse mathématique

●Forme des signaux

●Utilisation

-Hacheur à stockage capacitif:

●Circuit

●Principe et analyse mathématique

●Forme des signaux

●Utilisation

5.7 Implémentation des hacheurs par

Multiplieur

Micro-contrôleur

5.7 Extinction forcée des thyristors ordinaires:

-Généralités sur les circuits d’extinction

-Exemple de circuit d’extinction :

●Schéma simplifié

●Commutation à la fermeture

●Commutation à l’ouverture

●Temps de polarisation inverse

-Addition d’un circuit auxiliaire de décharge

5.8 Exercices

**Bibliographies**

- Electronique de puissance – SEGUIER

– http://www.powerdesigner.com/InfoWeb/resources/pe\_htmllcontents.htm

Chapitre 6

LES ONDULEURS AUTONOMES (20 H)

6.1 Généralité

6.2 Onduleur monophasé en demi-pont:

●Schémas

●Le doublement du courant

●Expressions. Formes d’ondes

6.3 Onduleur monophasé en pont::

●Schéma d eprincipe

●Expressions. Formes d’ondes

●Semi-conducteurs à utiliser. Les trois types d’intervalles

●Caractéristiques

6.4 Onduleur triphasé en pont:

●Schéma d eprincipe

●Expressions. Formes d’ondes

●Caractéristiques

6.5 Onduleurs de courant à un créneau par alternance:

-Onduleurs monophasés:

●Onduleur avec transformateur à point milieu

●Onduleur à diviseur inductif

●Onduleur monophasé en pont

-Onduleur triphasé en pont:

●Schéma et principe de fonctionnement

●Forme des signaux

-Propriétés des onduleurs de courant:

●Commutations. Semi-conducteurs à utiliser

●Utilisation des caractéristiques des redresseurs

●Réversibilité

6.6 Onduleurs à modulation de largeur d’impulsions:

-Onduleur de tension monophasé en demi-pont:

●Principe de la modulation

●Tracé des formes d’ondes

●Caractéristqiues

●Remarques

-Onduleur de tension triphasé en pont:

●Schéma et principe

●Expressions des variables

●Référence sinusoidale

●Formes des signaux

-Onduleur de tension monophasé en pont:

●Schéma et principe

●Commande des interrupteurs

●Tracé des formes d’ondes

●Carctéristiques

●Commande décalée de deux demi-ponts

6.7 Onduleur de courant triphasé en pont:

●Exemple de modulation sinusoidale

●Caractéristqiues

6.9 Onduleurs à résonance:

-Onduleur série.

-Onduleur parallèle.

●Schéma et principe de fonctionnement

●Formes d’ondes des grandeurs de sortie

●Les semi-conducteurs et leur commande

●Caractéristiques

●Remarques

-

6.10 Exercices

Chapitre 7

Les variateurs de vitesse

pour moteur a courant continu (20 H)

7.1 Le moteur à courant continu:

-Constitution et principe de fonctionnement

-Caractéristiques et **équations** de base d’un moteur à courant continu :

**-tension d’armature**

**-F.C.E.M**

**-vitesse du moteur**

**-moment de rotation**

**-fonctionnement a` moment de rotation constant**

**- fonctionnement a` puissance constante**

-Différents types des moteurs à courant continu: série, shunt et à excitation séparée

**- fonctionnement en un seul quadrant, en 4 quadrant**

7.2 Variateur de vitesse monophasé (avec analyse mathématique):

-Variateur de vitesse constitué d’un seul thyristor

-Variateur de vitesse constitué d’un pont mixte

-Variateur de vitesse constitué d’un pont complet à 4 thyristors

-Variateur de vitesse constitué des deux ponts complets montés en parallèle (dual

converter)

7.3 Variateur de vitesse triphasé (avec analyse mathématique):

-Variateur de vitesse constitué de trois thyristors thyristor

-Variateur de vitesse constitué d’un pont mixte à trois thyristors et trois diodes

-Variateur de vitesse constitué d’un pont complet à 6 thyristors

-Variateur de vitesse constitué des deux ponts complets montés en parallèle (dual

converter)

7.4 **Contrôle de la vitesse par réaction type :**

**- F.C.E.M**

**-Tachymetrique.**

**7.5 Contrôle de la vitesse par contrôleur type PID**

7.6 Exercices

Chapitre 8  
Les variateurs de vitesse

pour moteur a courant alternatif (12 H)

8.1 Variateurs pour moteurs à induction ( **monophasé ; triphasé**):

8.1.1 -**Constitution et principe de fonctionnement**

-Schéma équivalent et principe de fonctionnement

-Action sur le gflissement

-Variation de la fréquence

-Caractéristiques de base

8.1.2 **Contrôle scalaire de la vitesse**

**-onduleur de tension**

**-onduleur de courant**

**- onduleur type PWM**

-Contrôle de la tension et de la fréquence

8.1.3 -Contrôle **vectorielle**  de la vitesse des moteurs :

-a` boucle fermée

- sensor-less type

8.2 Variateurs pour moteurs synchrones:

-Moteurs à rotor cylindrique

-Moteurs à pôle saillant

-Moteurs à réluctance

-Moteurs à aimant permanent

-Contrôle des moteurs synchrones par boucle fermée

8.3 Exercices