

TECHNOSUP

Les FILIÈRES TECHNOLOGIQUES des ENSEIGNEMENTS SUPÉRIEURS

ÉLECTROTECHNIQUE

Alimentations à absorption sinusoïdale

Panorama comparatif
des différentes structures

Joseph MIGNARD

Chrystel PIN

ellipses

Table des matières

CHAPITRE I : POLLUTION HARMONIQUE – NORME	1
1 Charge linéaire	1
2 Charge non linéaire	1
3 La norme EN 61000-3-2	2
4 Redressement monophasé en pont tout diodes, filtrage capacitif	3
4.1 Oscillogrammes	3
4.2 Contraintes pour le réseau	4
4.3. Amélioration par un filtrage inductif et capacitif	6
4.4. Conséquences sur la tension du réseau	8
4.5. Distribution triphasée alimentant des charges monophasées non linéaires	8
5 Les solutions	9
5.1. Avantages	10
5.2. Description d'un prérégulateur PFC	10
CHAPITRE II : HACHEUR PARALLÈLE	11
1 Hacheur parallèle (Boost)	11
1.1. Structure	11
1.2. Conduction ininterrompue	11
1.3. Conduction interrompue	16
1.4. Régime dynamique	20
1.5. Dimensionnement	22
1.6. Chutes de tension et rendement	23
2 Hacheurs parallèles entrelacés	24
2.1. Structure à deux voies	24
2.2. Structure à trois voies	25
2.3. Structure à quatre voies	26
2.4. Evolution de l'ondulation du courant d'entrée	26
3 PFC à hacheur parallèle simple	27
3.1. Différents modes de commande MLI	28
3.2. Mode TM	29
3.3. Mode FF-CCM	42
3.4. Mode FOT	51

4	PFC à hacheurs entrelacés	53
4.1.	Mode TM	54
4.2.	Mode CCM	57
CHAPITRE III : HACHEUR À ACCUMULATION INDUCTIVE		58
1	Hacheur à accumulation inductive (Buck-Boost)	58
1.1.	Structure	58
1.2.	Conduction ininterrompue	59
1.3.	Conduction interrompue	63
1.4.	Régime dynamique	68
1.5.	Dimensionnement	70
1.6.	Chutes de tension et rendement	71
2	PFC à hacheur à accumulation inductive	72
CHAPITRE IV : HACHEUR FLYBACK		73
1	Hacheur Flyback	73
1.1.	Structure	73
1.2.	Démagnétisation incomplète	74
1.3.	Démagnétisation complète	77
1.4.	Dimensionnement	82
1.5.	Chutes de tension et rendement	84
2	PFC à hacheur Flyback	84
2.1.	Différents modes de commande MLI	85
2.2.	Mode TM	86
2.3.	Fréquence constante – démagnétisation complète	103
2.4.	Fréquence constante – démagnétisation incomplète	113
CHAPITRE V : HACHEURS SÉRIE ET FORWARD		127
1	Hacheur série (Buck)	127
1.1.	Structure	127
1.2.	Conduction ininterrompue	128
1.3.	Conduction interrompue	131
1.4.	Régime dynamique	135
1.5.	Dimensionnement	136
1.6.	Chutes de tension et rendement	137

2 Hacheur Forward	137
2.1. Structure	137
2.2. Limitation impérative du rapport cyclique	138
2.3. Conduction ininterrompue	139
2.4. Conduction interrompue	143
2.5. Dimensionnement	148
3 Hacheurs séries entrelacés	149
3.1. Structures à deux voies	150
3.2. Généralisation	151
4 PFC à hacheur série ou Forward	151
CHAPITRE VI : HACHEUR À ACCUMULATION CAPACITIVE	152
1 Hacheur à accumulation capacitive (C_{ùk})	152
1.1. Structure	152
1.2. Conduction ininterrompue	153
1.3. Conduction interrompue du courant dans la diode D	159
1.4. Tension interrompue aux bornes du condensateur C _K	161
1.5. Limites entre les conductions ininterrompue et interrompues	163
1.6. Dimensionnement	166
2 Hacheurs dérivés du hacheur à accumulation capacitive	168
2.1. SEPIC	168
2.2. ZETA	169
CHAPITRE VII : REDRESSEURS MLI	171
1. Redresseur MLI monophasé	171
1.1. Loi d'évolution de la commande	172
1.2. Ondulation du courant en ligne	174
1.3. Caractérisation des courants	175
1.4. Ondulation de la tension de sortie	177
1.5. Contraintes et dimensionnement des composants	177
2. PFC à hacheurs parallèles sans pont redresseur	182
2.1. Loi d'évolution de la commande	185
2.2. Ondulation du courant en ligne	185
2.3. Caractérisation des courants	186
2.4. Ondulation de la tension de sortie	188
2.5. Contraintes et dimensionnement des composants	188
3. Redresseurs MLI triphasés	193
3.1. Redresseur MLI triphasé sans isolation	193
3.2. Redresseur MLI triphasé avec isolation	195

ANNEXES	196
ANNEXE 1 : Sources et charges	196
ANNEXE 2 : Facteurs de forme et de dimensionnement	197
ANNEXE 3 : Rendement d'un prérégulateur	198
ANNEXE 4 : Comparaison des différentes structures	200
ANNEXE 5 : Régime dynamique des hacheurs	203
ANNEXE 6 : Effet de peau	213
ANNEXE 7 : Conduction inverse d'un MOSFET	216
EXERCICES RÉSOLUS	222
1. Hacheur série. Etude de la traction électrique d'un de métro de Lyon	222
2. Hacheur série à thyristors (BTS Electrotechnique 1979)	225
3. La locomotive passe frontières BB36000 (BTS Electrotechnique 2002)	230
4. PFC à hacheur Flyback en mode TM	242
5. PFC à hacheur parallèle en mode TM	243
6. PFC à hacheur parallèle à commande par hystérésis	244
7. Hacheurs en cascade	246
INDEX	249
BIBLIOGRAPHIE	252

La collection TECHNOSUP dirigée par Claude Chèze est une sélection d'ouvrages dans toutes les disciplines, pour les filières technologiques des enseignements supérieurs.

Niveau A Approche (éléments, résumés ou travaux dirigés)

IUT - BTS - 1^{er} cycle

Niveau B Bases (cours avec exercices et problèmes résolus)

IUP - Licence

Niveau C Compléments (approfondissement, spécialisation)

Écoles d'ingénieurs, Master

L'ouvrage : niveau B (IUP - Licence)

L'ouvrage propose une vue d'ensemble sur les structures d'alimentation à découpage, à absorption sinusoïdale, en mettant l'accent sur le dimensionnement et l'aspect technologique des composants afin de faciliter une réalisation.

Aujourd'hui, nombre d'appareils domestiques ou industriels comportent une alimentation à découpage. Leur multiplication engendre des perturbations sur le réseau EDF. Afin de maîtriser ces nuisances, la norme EN 61000-3-2, dérivée de la norme EN 60555-2, relative aux pollutions harmoniques, est obligatoire depuis 2001. Les alimentations à découpage à absorption sinusoïdale répondent aux exigences de cette norme, et plusieurs solutions technologiques ont vu le jour. L'intérêt principal de cet ouvrage est de regrouper les différentes structures existantes et de proposer un comparatif permettant de choisir la mieux adaptée à une application donnée.

L'ouvrage s'appuie sur l'étude complète des différents hacheurs afin de pouvoir présenter en détail les structures associées d'alimentation à découpage à absorption sinusoïdale. Il est très largement illustré par des représentations graphiques de qualité.

Les auteurs :

Joseph MIGNARD et Chrystel PIN, agrégés de physique appliquée, ont enseigné en BTS Électrotechnique à Lyon et en École d'Ingénieurs (CPE-LYON). Ils ont également collaboré à plusieurs contrats industriels (SEA-Signalisation, Total énergie, Unité de Transport métro D). Ils sont les auteurs dans la même collection d'un premier ouvrage, Les redresseurs.

Illustration de couverture : Dessin de Léonard de Vinci.



www.editions-ellipses.fr