

Pierre Mayé



LES ALIMENTATIONS ÉLECTRONIQUES

Alimentations linéaires et à découpage •
Piles et accumulateurs • Récolte d'énergie

3^e ÉDITION



DUNOD



TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE 1 - PRÉSENTATION	1
1.1 Rôle de l'alimentation	1
1.2 Alimentation à partir du réseau	2
1.2.1 Caractéristiques du réseau	2
1.2.2 Pollution harmonique	3
1.2.3 Alimentation non stabilisée	3
1.2.4 Alimentation stabilisée ou régulée	4
1.2.5 Alimentation haute tension	5
1.2.6 Alimentation sans isolement	5
1.3 Alimentation à partir d'un générateur électrochimique	5
1.3.1 Types de générateur électrochimique	5
1.3.2 Convertisseur de tension linéaire	5
1.3.3 Convertisseur de tension à découpage	6
1.3.4 Convertisseur de tension sans bobinage	6
1.4 Alimentation par récolte d'énergie	6
1.4.1 Principes utilisés	6
1.4.2 Convertisseur de tension continue sans bobinage	6
1.4.3 Redresseur élévateur	6
CHAPITRE 2 - TRANSFORMATEUR	7
2.1 Principe	7
2.2 Transformateur idéal	10
2.3 Transformateur réel	13
2.4 Transformateur en charge sur redresseur	17
2.5 Mise sous tension d'un transformateur	23
2.6 Configuration des enroulements	25
2.6.1 Transformateur à plusieurs secondaires	25
2.6.2 Transformateur à secondaires à prises intermédiaires	26
2.7 Caractéristiques technologiques	27
CHAPITRE 3 - REDRESSEURS ET FILTRES CAPACITIFS	28
3.1 Diode	28
3.1.1 Diode idéale	28
3.1.2 Diode à jonction	29
3.1.3 Modélisation	30
3.1.4 Limites d'utilisation	31
3.1.5 Caractéristiques électriques	32

3.2	Types de redresseurs	33
3.2.1	Redresseur monophasé	33
3.2.2	Redresseur biphasé à simple voie	34
3.2.3	Redresseur biphasé à double voie	36
3.3	Caractéristiques d'un redresseur monophasé.	37
3.3.1	Principe.	37
3.3.2	Influence des imperfections des composants.	46
3.3.3	Cas particulier d'une faible ondulation	50
3.3.4	Calculs approchés	54
3.3.5	Surintensité à la mise sous tension.	58
3.3.6	Choix des composants.	59
3.3.7	Courbes de Schade.	61
3.4	Caractéristiques d'un redresseur biphasé.	65
3.4.1	Principe.	65
3.4.2	Influence des imperfections des composants.	68
3.4.3	Cas particulier d'une faible ondulation	69
3.4.4	Calculs approchés	71
3.4.5	Surintensité à la mise sous tension.	72
3.4.6	Choix des composants.	76
3.4.7	Courbes de Schade.	80
3.4.8	Simulation numérique	84
3.5	Comparaison des trois montages.	86
3.6	Pollution harmonique.	87
3.6.1	Phénomène	87
3.6.2	Norme	90
3.7	Redresseur à appel de courant sinusoïdal	91
CHAPITRE 4 - STABILISATEURS ET RÉGULATEURS – GÉNÉRALITÉS		93
4.1	Classification	93
4.1.1	Stabilisateur et régulateur	93
4.1.2	Régulateur de tension et régulateur de courant	93
4.1.3	Régulateur linéaire et régulateur à découpage	94
4.1.4	Régulateur de tension positive ou négative	96
4.1.5	Régulateur abaisseur, éleveur ou inverseur.	96
4.2	Grandeurs caractéristiques	97
CHAPITRE 5 - STABILISATEURS DE TENSION		100
5.1	Propriétés de la diode Zener	100
5.1.1	Caractéristique.	100
5.1.2	Modélisation	103
5.1.3	Influence de la température	104
5.1.4	Association de diodes Zener.	107
5.1.5	Association d'une diode Zener et de diodes ordinaires.	107
5.1.6	Bruit	108
5.2	Stabilisateur parallèle à diode Zener	108
5.2.1	Principe.	108
5.2.2	Choix des composants.	109
5.2.3	Coefficients de stabilisation	111

5.3	Stabilisateur parallèle à diode Zener et transistor	114
5.3.1	Principe	114
5.3.2	Choix des composants	115
5.3.3	Coefficients de stabilisation	116
5.3.4	Avantages et inconvénients	119
5.4	Stabilisateur série à diode et transistor	119
5.4.1	Principe	119
5.4.2	Choix des composants	120
5.4.3	Coefficients de stabilisation	122
5.4.4	Augmentation de la puissance	124
5.4.5	Avantages et inconvénients	126
<hr/>		
CHAPITRE 6 - RÉGULATEURS DE TENSION LINÉAIRES		127
<hr/>		
6.1	Régulateur à amplificateur opérationnel	127
6.1.1	Principe	127
6.1.2	Coefficients de régulation	128
6.1.3	Réglage de la tension	132
6.1.4	Augmentation du courant de sortie	134
6.1.5	Régulateur double	134
6.1.6	Influence des imperfections de l'amplificateur opérationnel	135
6.1.7	Choix des composants	137
6.2	Régulateur intégré à usage multiple	140
6.2.1	Caractéristiques	140
6.2.2	Régulateur série	142
6.2.3	Augmentation du courant de sortie	146
6.2.4	Régulateur parallèle	149
6.3	Régulateur de tension fixe à trois bornes	150
6.3.1	Caractéristiques	151
6.3.2	Montage de base (régulateur de tension positive)	152
6.3.3	Montage de base (régulateur de tension négative)	156
6.3.4	Augmentation du courant de sortie	158
6.3.5	Modification de la tension de sortie	162
6.3.6	Régulateur pour tension d'entrée élevée	168
6.3.7	Inhibition d'un régulateur	169
6.3.8	Obtention de deux tensions différentes	170
6.3.9	Régulateur double	171
6.3.10	Régulateur double à tension réglable	172
6.4	Régulateur de tension réglable à trois bornes	174
6.4.1	Caractéristiques	175
6.4.2	Montage de base (régulateur de tension positive)	178
6.4.3	Montage de base (régulateur de tension négative)	182
6.4.4	Réglage de la tension	183
6.4.5	Commutation de la tension de sortie	185
6.4.6	Amélioration de la stabilité	187
6.4.7	Augmentation du courant de sortie	189
6.4.8	Inhibition	192
6.4.9	Mise sous tension progressive	192
6.4.10	Régulateur double	193

6.5	Autres régulateurs intégrés	194
6.5.1	Régulateur de tension et de courant réglable	194
6.5.2	Régulateur haute tension	201
6.5.3	Régulateur à faible chute de tension	202
6.5.4	Régulateur à faible consommation	205
6.5.5	Régulateur parallèle	207
<hr/>		
CHAPITRE 7 - STRUCTURES DES CONVERTISSEURS		
À DÉCOUPAGE		213
<hr/>		
7.1	Convertisseurs à bobines	213
7.1.1	Convertisseur abaisseur	213
7.1.2	Convertisseur élévateur	228
7.1.3	Convertisseur inverseur	239
7.2	Convertisseurs à transformateur	247
7.2.1	Convertisseur à récupération d'énergie	247
7.2.2	Convertisseur à transfert direct	252
7.2.3	Convertisseur en demi-pont	256
7.2.4	Convertisseur en pont	258
7.2.5	Convertisseur symétrique	258
7.3	Modélisation du comportement dynamique	259
7.3.1	Schéma équivalent moyen	259
7.3.2	Fonctions de transfert	260
7.3.3	Généralisation	261
7.4	Choix des composants	262
7.4.1	Interrupteurs	262
7.4.2	Diodes de roue libre	263
7.4.3	Bobines et transformateurs	263
7.4.4	Condensateurs de filtrage	268
7.5	Redresseur synchrone	269
<hr/>		
CHAPITRE 8 - RÉGULATEURS DE TENSION À DÉCOUPAGE		271
<hr/>		
8.1	Principes	271
8.1.1	Circuits en mode tension	271
8.1.2	Circuits en mode courant	276
8.2	Circuits intégrés spécialisés	277
8.3	Exemples de régulateurs abaisseurs	285
8.3.1	Montage utilisant un circuit intégré SG3524	285
8.3.2	Montage utilisant un circuit intégré LM3578	289
8.3.3	Montage utilisant un circuit intégré TL497	293
8.3.4	Montage utilisant un circuit intégré μ A78S40	297
8.4	Exemples de régulateurs élévateurs	302
8.4.1	Montage utilisant un circuit intégré LM3578	302
8.4.2	Montage utilisant un circuit intégré TL497	305
8.4.3	Montage utilisant un circuit intégré μ A78S40	308
8.5	Exemples de régulateurs inverseurs	312
8.5.1	Montage utilisant un circuit intégré LM3578	312
8.5.2	Montage utilisant un circuit intégré TL497	317
8.5.3	Montage utilisant un circuit intégré μ A78S40	320

8.6	Exemples de régulateurs à transformateur	325
8.6.1	Régulateur à récupération d'énergie sans isolement de la commande	325
8.6.2	Procédés d'isolement de la commande	326
8.6.3	Alimentation à découpage branchée sur le secteur	328
8.7	Modélisation des régulateurs à découpage	332
8.7.1	Schéma-bloc	332
8.7.2	Stabilité	333
8.8	Logiciel spécialisé	334
8.8.1	Présentation	335
8.8.2	Exemple d'utilisation	335
<hr/>		
CHAPITRE 9 - STABILISATEURS ET RÉGULATEURS DE COURANT . . .		337
9.1	Stabilisateur de courant à transistor et diode Zener	337
9.1.1	Principe	337
9.1.2	Choix des composants	338
9.1.3	Coefficients de stabilisation	340
9.2	Régulateur de courant à amplificateur opérationnel	342
9.2.1	Principe	342
9.2.2	Coefficients de régulation	343
9.3	Régulateur de courant utilisant un régulateur de tension à trois bornes	345
9.3.1	Montage avec un régulateur de tension fixe	345
9.3.2	Montage avec un régulateur de tension réglable	346
9.3.3	Réglage du courant de sortie	347
9.3.4	Montage avec un régulateur de tension et de courant réglable	350
9.4	Régulateur de tension et de courant	350
9.4.1	Principe	350
9.4.2	Montage utilisant deux régulateurs intégrés	351
9.4.3	Montage avec un régulateur de tension et de courant réglable	353
<hr/>		
CHAPITRE 10 - PROTECTION ET SURVEILLANCE DES ALIMENTATIONS		354
10.1	Protections contre les surintensités	354
10.1.1	Fusible	354
10.1.2	Protection par limitation de courant	355
10.1.3	Limiteur à courant constant	355
10.1.4	Limiteur par délestage	357
10.2	Protections contre les surtensions	360
10.2.1	Principe	361
10.2.2	Détecteur à diode Zener	362
10.2.3	Détecteur à diode Zener et amplificateur opérationnel	362
10.2.4	Circuit intégré spécialisé	364
10.3	Surveillance	367

CHAPITRE 11 - CONVERTISSEURS CONTINU-CONTINU		
SANS BOBINAGE		369
11.1	Transferts de charges dans les condensateurs	369
11.1.1	Charge d'un condensateur par une source de tension	369
11.1.2	Transfert de charges entre deux condensateurs	375
11.1.3	Explication	378
11.1.4	Amélioration du rendement énergétique de la charge d'un condensateur	379
11.1.5	Conditions d'un bon rendement pour un convertisseur continu-continu sans bobinage	381
11.2	Principe d'une pompe de charges	383
11.2.1	Structure	383
11.2.2	Régime transitoire à vide	384
11.2.3	Régime permanent à vide	386
11.2.4	Régime permanent en charge	387
11.2.5	Convertisseur avec ou sans régulation	388
11.2.6	Réalisation des convertisseurs continu-continu sans bobinage	388
11.3	Convertisseurs à diodes	388
11.3.1	Obtention du signal carré	388
11.3.2	Convertisseur inverseur	393
11.3.3	Convertisseur élévateur	396
11.3.4	Convertisseur inverseur élévateur	398
11.4	Circuits intégrés spécialisés	399
11.4.1	Description	399
11.4.2	Convertisseur inverseur	402
11.4.3	Convertisseur élévateur	408
11.4.4	Choix des condensateurs	410
11.5	Pompe de charge de Dickson	410
CHAPITRE 12 - REDRESSEURS ÉLÉVATEURS DE TENSION		414
12.1	Généralités	414
12.1.1	Définition	414
12.1.2	Grandeurs caractéristiques	414
12.1.3	Terminologie	415
12.1.4	Ordres de grandeur	415
12.1.5	Applications	415
12.2	Redresseurs doubleurs de tension	416
12.2.1	Doubleur de Schenkel	416
12.2.2	Doubleur de Latour	426
12.2.3	Doubleur en pont	434
12.3	Redresseurs multiplicateurs	439
12.3.1	Tripleur	439
12.3.2	Quadrupleur	440
12.3.3	Multiplicateur de Greinacher	441
12.3.4	Multiplicateur symétrique	448
12.3.5	Multiplicateur hybride	450

CHAPITRE 13 - ALIMENTATIONS SANS ISOLEMENT	452
13.1 Alimentation d'une diode électroluminescente à partir du secteur	452
13.2 Alimentation d'une charge quelconque	457
13.3 Quelques variantes	461
13.3.1 Simplification	461
13.3.2 Alimentation symétrique	461
13.3.3 Redressement en pont	462
13.3.4 Stabilisation ou régulation de la tension de sortie	463
13.4 Lampes à LED	466
CHAPITRE 14 - ÉCHAUFFEMENT DES COMPOSANTS	468
14.1 Étude générale des échanges thermiques	468
14.1.1 Lois de base	468
14.1.2 Analogie électrique	470
14.1.3 Échauffement en régime continu	471
14.1.4 Échauffement en régime variable	472
14.2 Application aux composants électroniques	474
14.2.1 Puissance dissipée	474
14.2.2 Échauffement d'un composant seul	475
14.2.3 Échauffement d'un composant muni d'un dissipateur thermique	477
CHAPITRE 15 - ALIMENTATIONS COMPLÈTES	480
15.1 Alimentations d'équipements	480
15.1.1 Différents types	480
15.1.2 Critères de choix	481
15.2 Alimentations de laboratoire	484
15.3 Mesures et tests	485
15.3.1 Caractéristique statique	485
15.3.2 Ondulation	486
15.3.3 Qualité de la régulation	487
CHAPITRE 16 - GÉNÉRATEURS ÉLECTROCHIMIQUES	488
16.1 Généralités	488
16.1.1 Définition	488
16.1.2 Classification	488
16.1.3 Types de générateurs électrochimiques utilisés	489
16.2 Circuits électroniques associés	489
16.2.1 Types de circuits utilisés	489
16.2.2 Exemples de régulateurs linéaires	490
16.2.3 Exemples de régulateurs à découpage	491
16.2.4 Exemples de régulateurs à pompe de charge	492

452	CHAPITRE 17 - RÉCOLTE D'ÉNERGIE	494
452	17.1 Présentation	494
457	17.1.1 Définition	494
461	17.1.2 Utilisation	494
461	17.1.3 Principes mis en jeu	494
461	17.2 Récolte d'énergie mécanique de vibrations par transducteur piézoélectrique	495
461	17.2.1 Énergie disponible	495
461	17.2.2 Effet piézoélectrique	495
461	17.2.3 Dispositif de récolte	495
461	17.2.4 Circuit électronique associé	496
461	17.3 Récolte d'énergie de rayonnement lumineux par cellule photovoltaïque	497
461	17.3.1 Énergie disponible	497
461	17.3.2 Effet photovoltaïque	497
461	17.3.3 Dispositif de récolte	497
461	17.3.4 Circuit électronique associé	499
461	17.4 Récolte d'énergie électromagnétique par antenne redresseuse	500
461	17.4.1 Énergie disponible	500
461	17.4.2 Dispositif de récolte	501
461	17.4.3 Circuit électronique associé	501
461	BIBLIOGRAPHIE	503
461	DOCUMENTATION DES CONSTRUCTEURS	505
461	BIOGRAPHIES	507
461	INDEX	511