Mohand
Ouhrouche

Circuits électriques

Méthodes d'analyse et applications

PRESSES INTERNATIONALES
POLYTECHNIQUE

537-54.1

Table des matières

Notes biographiques v
Avant-propos vii
Remerciements ix

Chapitre 1 Concepts fondamentaux
1.1 Introduction 1
1.2 Grandeurs électriques et unités SI 2
1.3 Courant électrique 3
1.4 Tension électrique 5
1.5 Énergie électrique et puissance électrique 9
Problèmes 11

Chapitre 2 Éléments de circuits électriques et lois fondamentales
2.1 Introduction 15
2.2 Éléments passifs 15
2.2.1 Résistance électrique 15
2.2.2 Inducteur 19
2.2.3 Condensateur 23
2.3 Éléments actifs 27
2.3.1 Source de tension indépendante 27
2.3.2 Source de tension dépendante 29
2.3.3 Source de courant indépendante 29
2.3.4 Source de courant dépendante 31
2.4 Lois fondamentales régissant le fonctionnement des circuits 32
2.4.1 Loi de la conservation de la charge 32
2.4.2 Loi des courants de Kirchhoff (LCK) 33
2.4.3 Loi des tensions de Kirchhoff (LTK) 35
2.5 Combinaison d'éléments passifs de même nature 37
2.5.1 Résistances en série et diviseur de tension 37
2.5.2 Résistances en parallèle et diviseur de courant 39
2.5.3 Association d'inducteurs en série 41
2.5.4 Association d'inducteurs en parallèle 42
2.5.5 Association de condensateurs en série 43
2.5.6 Association de condensateurs en parallèle 45
Problèmes 46

Chapitre 3 Méthodes d'analyse des circuits électriques
3.1 Introduction 57
3.2 Méthode des tensions de nœud 57
3.2.1 Circuit avec des sources de courant indépendantes 59
3.2.2 Circuit avec des sources de courant dépendantes 62

3.2.3 Circuit avec des sources de tension 64
3.3 Méthode des courants de maille 67
3.3.1 Circuit avec des sources de tension indépendantes 68
3.3.2 Circuit avec des sources de tension dépendantes 69
3.3.3 Circuit avec des sources de courant 70
Problèmes 72

Chapitre 4 Théorèmes fondamentaux de circuits électriques
4.1 Introduction 81
4.2 Linéarité 81
4.2.1 Homogénéité 81
4.2.2 Additivité 81
4.3 Principe de superposition 82
4.4 Théorème de Thévenin 85
4.4.1 Calcul de la tension de Thévenin 86
4.4.2 Calcul de la résistance de Thévenin 88
4.5 Théorème de Norton 92
4.5.1 Calcul du courant de Norton 93
4.5.2 Calcul de la résistance de Norton 93
4.6 Principe d'équivalence entre circuits 96
4.7 Théorème du transfert maximal de puissance 97
Problèmes 99

Chapitre 5 Amplificateurs opérationnels
5.1 Introduction 105
5.2 Définition 105
5.3 Schéma équivalent 108
5.4 Amplificateur opérationnel idéal 108
5.5 Contre-réaction 109
5.6 Applications pratiques de l'amplificateur opérationnel 111
5.6.1 Amplificateur inverseur 111
5.6.2 Amplificateur non inverseur 112
5.6.3 Amplificateur suiveur de tension 113
5.6.4 Amplificateur sommateur 113
5.6.5 Amplificateur de différence 114
5.6.6 Amplificateur intégrateur 115
5.6.7 Amplificateur dérivateur 116
5.7 Circuits à plusieurs amplificateurs opérationnels 116
Problèmes 118

Chapitre 6 Modélisation et dynamique des circuits de premier ordre
6.1 Introduction 125
6.2 Définitions 125
6.3 Signaux d'excitation 126
6.3.1 Signal sinusoïdal 126
6.3.2 Échelon unitaire 127

6.3.3 Impulsion de Dirac 129
6.4 Réponse d'un système de premier ordre à une excitation constante 131
6.5 Modélisation des circuits de premier ordre 133
6.5.1 Circuits RL 133
6.5.2 Circuits RC 137
6.6 Conditions initiale et finale 142
6.7 États des inducteurs et des condensateurs 142
6.7.1 État initial des inductances 143
6.7.2 État initial des condensateurs 144
6.7.3 État final (régime permanent) des inductances 145
6.7.4 État final (régime permanent) des condensateurs 147
6.8 Analyse des circuits de premier ordre par la méthode directe 148
6.8.1 Circuits RL initialement au repos 148
6.8.2 Circuits RC initialement au repos 151
6.8.3 Circuits RL libres d'excitation 154
6.8.4 Circuits RC libres d'excitation 156
6.9 Analyse des circuits de premier ordre par la méthode rapide 158
6.9.1 Analyse de circuits RL par la méthode rapide 159
6.9.2 Analyse de circuits RC par la méthode rapide 162
6.10 Réponse indicielle des circuits de premier ordre 165
6.10.1 Réponse indicielle des circuits RL 165
6.10.2 Réponse indicielle des circuits RC 166
6.11 Réponse impulsionnelle des circuits de premier ordre 168
6.11.1 Réponse impulsionnelle des circuits RL initialement au repos 168
6.11.2 Réponse impulsionnelle des circuits RC initialement au repos 168
6.11.3 Conditions initiales non nulles 169
6.12 Réponse des circuits de premier ordre à une excitation sinusoïdale 169
6.12.1 Réponse sinusoïdale d'un circuit RL 169
6.12.2 Réponse sinusoïdale d'un circuit RC 170
6.13 Exemple d'un système de premier ordre : le moteur pas-à-pas 171
Problèmes 174

Chapitre 7 Modélisation et dynamique des circuits de deuxième ordre
7.1 Introduction 187
7.2 Définitions 188
7.3 Réponse d'un système de deuxième ordre à une excitation constante 188
7.3.1 Cas d'un système suramorti 190
7.3.2 Cas d'un système critiquement amorti 190
7.3.3 Cas d'un système sous-amorti 191
7.4 Modélisation des circuits électriques de deuxième ordre 191
7.4.1 Circuit RLC série 192
7.4.2 Circuit RLC parallèle 193
7.5 Analyse des circuits électriques de deuxième ordre 195
7.5.1 Mise en œuvre du modèle 195
7.5.2 Valeurs initiales 197
7.5.3 Valeurs finales 199

7.5.4 Réponse du système 200
7.6 Circuits libres d'excitation 202
7.6.1 Circuit RLC série libre d'excitation 202
7.6.2 Circuit RLC parallèle libre d'excitation 205
7.7 Exemple d'un circuit de deuxième ordre : un système électrique d'allumage pour moteur d'automobile 208
Problèmes 213

Chapitre 8 Circuits à courant alternatif en régime permanent
8.1 Introduction 223
8.2 Signaux sinusoïdaux 223
8.2.1 Déphasage entre signaux de même fréquence 224
8.2.2 Addition de sinusoïdes 226
8.2.3 Caractéristiques d'un signal périodique 227
8.3 Phaseurs 230
8.3.1 Rappel sur les nombres complexes 230
8.3.2 Représentation phaseur d'un signal sinusoïdal 233
8.3.3 Relations phaseurs pour les éléments passifs 234
8.4 Impédance complexe 238
8.5 Combinaison d'impédances 239
8.5.1 Impédances en série 239
8.5.2 Impédances en parallèle 241
8.6 Méthodes d'analyse dans le domaine fréquentiel 242
8.6.1 Méthode des tensions de nœud 242
8.6.2 Méthode des courants de maille 245
8.6.3 Méthode de superposition 247
8.6.4 Théorème de Thévenin 248
8.6.5 Théorème de Norton 251
8.6.6 Sources équivalentes 252
8.7 Analyse des circuits à amplificateurs opérationnels 252
Problèmes 254

Chapitre 9 Réponse en fréquence et filtres de signaux
9.1 Introduction 271
9.2 Fonction de transfert sinusoïdale 271
9.3 Réponse en fréquence des systèmes de premier ordre 272
9.4 Réponse en fréquence des systèmes de deuxième ordre 275
9.4.1 Résonance série 276
9.4.2 Résonance parallèle 279
9.5 Filtres de signaux 280
9.5.1 Filtre passe-bas 280
9.5.2 Filtre passe-haut 283
9.5.3 Filtre passe-bande 287
9.5.4 Filtre coupe-bande 292
9.6 Diagrammes de Bode (Hendrick W.) 297
9.6.1 Décibel 298

9.6.2 Décade 299
9.6.3 Diagrammes de Bode de fonctions de transfert simples 300
Problèmes 307

Chapitre 10 Puissances en régime sinusoïdal établi
10.1 Introduction 317
10.2 Puissance instantanée 317
10.3 Puissance active, puissance réactive et facteur de puissance 319
10.4 Puissance dans une résistance 320
10.5 Puissance dans une inductance 321
10.6 Puissance dans un condensateur 322
10.7 Puissance complexe 323
10.8 Correction du facteur de puissance 325
10.9 Puissances dans un récepteur déformant 326
10.9.1 Puissance instantanée 327
10.9.2 Puissances active et réactive 329
10.9.3 Puissance apparente, puissance de distorsion et facteur de puissance 329
10.10 Adaptation d'impédance 330
Problèmes 331

Bibliographie 341
Index 343