

Léon Freris
David Infield

**L'USINE
NOUVELLE**



LES ÉNERGIES RENOUVELABLES POUR LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

DUNOD

TABLE DES MATIÈRES

Préface	III
Avant-propos	IX
Remerciements	XI
1 • Énergie et électricité	1
1.1 L'énergie au niveau mondial	1
1.2 L'impact sur l'environnement	4
1.3 La production de l'électricité	14
1.4 Le système électrique de puissance	20
2 • Sources conventionnelles et sources renouvelables de l'électricité	25
2.1 Introduction	25
2.2 Les sources conventionnelles d'énergie : charbon, gaz et nucléaire	26
2.3 L'énergie hydroélectrique	28
2.4 L'énergie éolienne	32
2.5 L'énergie solaire par effet photovoltaïque ou thermique	43
2.6 L'énergie des marées	49
2.7 L'énergie des vagues	55
2.8 La biomasse	59
2.9 Résumé des caractéristiques des différentes sources d'énergie	61
2.10 Combinaison entre différentes sources	63
3 • Contrôle de l'équilibrage de la fréquence du réseau	65
3.1 Introduction	65
3.2 La demande de consommation électrique	66
3.3 Commande de la puissance	69
3.4 Contrôle dynamique en fréquence des systèmes de forte puissance	75
	V

3.5	Impact des énergies renouvelables sur le contrôle de la fréquence et sur sa fiabilité	84
3.6	Réponse en fréquence des générateurs fonctionnant à partir des énergies renouvelables	98
3.7	Modélisation du contrôle en fréquence	101
3.8	Le stockage de l'énergie	105
4 • La production de l'électricité		111
4.1	La conversion d'une énergie renouvelable en énergie électrique	111
4.2	Le générateur synchrone (alternateur)	112
4.3	Le transformateur	124
4.4	La génératrice asynchrone	127
4.5	Électronique de puissance	138
4.6	L'électronique de puissance associée aux générateurs intermittents utilisant une énergie renouvelable	152
5 • Analyse des systèmes de puissance		167
5.1	Introduction	167
5.2	Le système de transmission	167
5.3	Contrôle de la tension du réseau	174
5.4	Transfert de puissance dans une ligne unique	174
5.5	Gestion de la puissance réactive	178
5.6	Simulation des flux des puissances sur le réseau	182
5.7	Défauts et protection	188
5.8	Variation en fonction du temps et simulation en régime dynamique	192
5.9	Analyse de la fiabilité	193
6 • Les énergies renouvelables dans les réseaux		195
6.1	La distribution de l'énergie	195
6.2	Effets sur la tension	198
6.3	Les limites thermiques	205
6.4	Autres effets des générateurs intermittents	206
6.5	Îlotage	211
6.6	Transmission d'un défaut	213
6.7	Caractéristiques de générateurs et de convertisseurs	215
7 • L'économie appliquée aux systèmes de puissance et le marché de l'électricité		217
7.1	Introduction	217
7.2	Le coût de la production de l'électricité	217

7.3	L'optimisation économique dans les systèmes de puissance	221
7.4	Coûts externes	229
7.5	Effets de l'intermittence des générateurs ER	235
7.6	Les mécanismes d'aide pour l'énergie renouvelable	241
7.7	Le commerce de l'électricité	244
8	L'Avenir. Vers un meilleur usage de l'énergie électrique	259
8.1	Introduction	259
8.2	L'avenir de l'énergie éolienne	260
8.3	L'avenir de l'énergie solaire	270
8.4	L'avenir de la bioénergie	272
8.5	L'avenir de l'énergie électrique hydraulique et maritime	273
8.6	La production d'électricité renouvelable et la forme du futur réseau	274
8.7	Conclusion	280
	Bibliographie	283
	Annexe • Concepts de base sur l'énergie électrique	289
A.1	Introduction	289
A.2	Générateurs et consommateurs d'énergie	289
A.3	Pourquoi utilise-t-on le courant alternatif (AC) ?	291
A.4	Les formes d'onde en courant alternatif	292
A.5	Réponse des composants des circuits en courant alternatif	292
A.6	Les vecteurs de Fresnel (Phasors)	297
A.7	Somme vectorielle (Phasor addition)	298
A.8	Coordonnées cartésiennes (Rectangular notation)	299
A.9	Réactance et impédance	301
A.10	Puissance active dans les circuits alternatifs	303
A.11	Puissance réactive dans les circuits alternatifs	305
A.12	Puissance complexe	306
A.13	Conservation des puissances active et réactive	307
A.14	Conséquences des flux de puissance réactive. Correction du facteur de puissance	308
A.15	Le triphasé	309
A.17	Le circuit de Thévenin équivalent	312
	Index	313

ÉLECTRONIQUE

ÉNERGIES

FROID ET
GÉNIE CLIMATIQUEGESTION
INDUSTRIELLE

ENVIRONNEMENT

MÉCANIQUE
ET MATÉRIAUXÉLECTROTECHNIQUE
ET AUTOMATIQUE

LES ÉNERGIES RENOUVELABLES POUR LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

Les énergies renouvelables ne se produisent pas de la même manière que les énergies classiques. C'est pourquoi l'intégration de l'électricité fournie par les énergies renouvelables au réseau électrique exige une réflexion approfondie. En effet, elles dépendent d'éléments variables, tels que le vent, l'eau et le soleil, qui conditionnent la production. Cet ouvrage aborde de manière détaillée les aspects suivants :

- les caractéristiques des générateurs classiques et des générateurs intermittents ;
- l'équilibre du réseau entre l'offre et la demande ;
- les méthodes de conversion des énergies renouvelables en électricité ;
- les systèmes de puissance ;
- la privatisation de l'électricité et la création de nouveaux marchés, notamment l'électricité « verte » ;
- le développement des énergies renouvelables grâce aux progrès techniques.

Cet ouvrage, destiné aux ingénieurs et aux techniciens en bureau d'études dans le domaine de l'électricité, mais aussi aux personnes qui s'intéressent à l'environnement, dresse un panorama complet des énergies renouvelables actuellement disponibles pour la production d'électricité.

Léon Freris

Est ingénieur au Centre for Renewable Energy Systems Technology (CREST) à l'université de Loughborough, au Royaume-Uni.

David Infield

Est ingénieur à l'Institute of Energy and Environment de l'université de Strathclyde, au Royaume-Uni.

Michel Pinard

Est chevalier dans l'Ordre des Palmes académiques et professeur agrégé de physique appliquée. Il enseigne l'électronique de puissance à l'ESIEE ainsi qu'au CNAM de Clichy.



6218796
ISBN 978-2-10-059713-0

**L'USINE
NOUVELLE**


DUNOD
dunod.com