

Sumário

1 – Introdução, 15

2 – Energia eólica, 23

Origem e desenvolvimento, 25

O vento, 31

A potência do vento, 37

Características do vento na energia eólica, 40

Potenciais eólicos, 44

A energia eólica, 45

Emissão de ruído, 47

Impacto visual, 48

Impacto sobre a fauna, 49

Segurança e danos a pessoas, 49

Interferências eletromagnéticas, 50

A eficiência da energia eólica, 50

Custos, 50

A energia eólica no Brasil e no mundo, 55

Tabelas complementares, 65

3 – Turbinas eólicas, 67

Turbinas upwind e downwind, 77

Aspectos gerais, 78

Controle de turbinas eólicas, 80

Controle de segurança, 86

Potência de uma turbina eólica, 87

Disposição de turbinas eólicas, 94

Rendimento da turbina eólica, 97

Novas tecnologias de turbinas eólicas, 98

Turbina eólica de alta altitude MARS, 99

Turbina com levitação magnética, 100

Torre térmica solar, 101

Turbinas eólicas *offshore*, 103

Desenvolvimento atual da tecnologia, 109

Ilha de energia: estação de armazenamento por bombeamento reverso, 109

Forças aerodinâmicas básicas, 110

4 – Aerogeradores, 115

Energia e potência, 122

Conceitos de aerogeradores para energia elétrica, 124

Controle de frequência de um aerogerador, 125

Aerogerador com velocidade variável, 125

Aerogerador com velocidade e gerador síncrono, 127

Aerogerador com velocidade variável e gerador assíncrono duplamente alimentado, 128

Aerogerador com velocidade variável e gerador assíncrono conectado à rede via conversor, 129

Aerogerador com velocidade e resistência do rotor variáveis, 129

Aerogerador com velocidade constante, 130

Desligamento em ventos de alta velocidade, 132

Potência do aerogerador, 133

Características aerodinâmicas necessárias para determinar o rotor, 133

Fator de capacidade, 135
Rendimento, 137
Sistema de controle (controlador), 138
Supervisório, 145
Controle de laço fechado, 146
Sistema de segurança, 147
Outros componentes do aerogerador, 148
Conexão à rede elétrica, 153
Desconexão da rede elétrica, 175
Procedimentos típicos de operação, 176
Proteção elétrica, 177
Custos de operação e manutenção, 179
Disponibilidade, 183
Qualidade na energia eólica, 183
Interferência e compatibilidade eletromagnética, 197

5 – Sistemas auxiliares, 201

Conversor, 201
Inversor, 204
Sistemas de armazenamento de energia elétrica, 209
Controlador de carga de baterias, 211
Baterias recarregáveis, 215
Sistema de retaguarda (*backup*), 244
Outras formas de armazenamento de energia elétrica, 248

6 – Projetos e aplicações de sistemas eólicos, 257

Considerações sobre projeto de sistema eólico, 257
Modelo institucional do setor elétrico brasileiro, 275
Configurações de sistemas eólicos, 278
Geração distribuída, 282
Programação de energia, 282
Obrigações e direitos da empresa autorizada, 285

Sistemas eólicos de pequeno porte, 287

Metodologia para o projeto de geração de energia eólica, 298

Turbinas eólicas urbanas, 301

Bombeamento de água, 302

Energia eólica combinada com energia hídrica, 304

Energia eólica na produção de hidrogênio, 305

7 – Energia e meio ambiente, 313

Desenvolvimento sustentável, 318

Processo produtivo sustentável, 320

Desenvolvimento, energia e ambiente, 323

Apêndice A – Glossário, 333

Apêndice B – Energia eólica: referências, informações e fornecedores, 349

Apêndice C – Notas sobre legislação e regulamentação, 353

Referências, 361