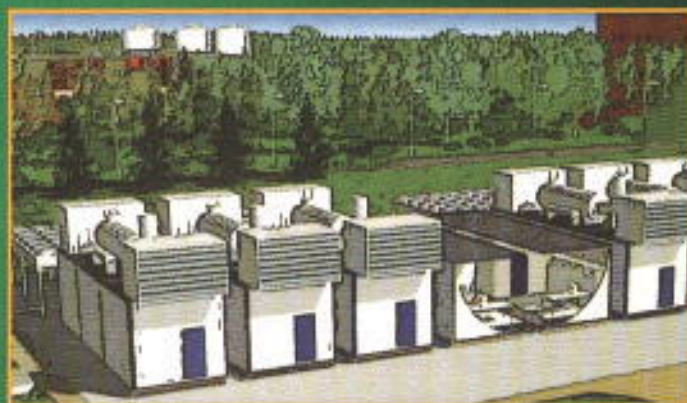

BIBLIOGRAFIA

1. *ABC dos Capacitores*. McGraw-Edison. Tradução: Centrais Elétricas de São Paulo – Cesp.
2. ABNT/COBEL. Especificações Técnicas de Equipamentos Elétricos de Alta Tensão.
3. ABNT/COBEL. MIGUEL, P.M. e GUIMARÃES, S. Curso de Disjuntores de Alta Tensão.
4. ABNT/COBEL. Padronização de Transformadores de Potência. Coletânea de Normas.
5. ABNT/COBEL. Proteção de Redes Elétricas. Coletânea de Normas.
6. ABNT/COBEL. Transformador de Corrente – Especificação Técnica.
7. ABNT-NBR 5060. Guia para Aplicação e Operação de Capacitores de Potência – Procedimentos.
8. ABNT-NBR 5111. Fios e Cabos de Cobre Nu de Seção Circular para Fins Elétricos – Especificação.
9. ABNT-NBR 5289. Capacitores de Potência – Método de Ensaio.
10. ABNT-NBR 5410. Instalações Elétricas de Baixa Tensão.
11. ABNT-NBR 5413. Iluminâncias de Interiores.
12. ABNT-NBR 5419. Proteção de Edificações contra Descargas Atmosféricas.
13. ABNT-NBR 6015. Inspeção de Capacitores Cerâmicos – Procedimentos.
14. ABNT-NBR 6146. Invólucro de Equipamentos Elétricos – Proteção.
15. ABNT-NBR 6148. Fios e Cabos com Isolação Sólida Extrudada de Cloreto de Polivinila para Tensões até 750 V – sem Cobertura – Especificação.
16. ABNT-NBR 6979. Conjunto de Manobra e Controle em Invólucro Metálico para Tensões Acima de 1 kV até 36,2 kV.
17. ABNT-NBR 7283. Cabos de Potência com Isolação Sólida Extrudada de Polietileno Termofixo para Tensões 0,6/1 kV – sem Cobertura – Especificação.
18. ABNT-NBR 7286. Cabos de Potência com Isolação Sólida Extrudada de Borracha Etileno Propileno (EPR) para Tensões de 1 a 35 kV – Especificação.
19. ABNT-NBR 7287. Cabos de Potência com Isolação Sólida Extrudada de Polietileno Reticulado (XLPE) para Tensões de 1 a 35 kV – Especificação.
20. ABNT-NBR 14039. Instalações Elétricas de Alta Tensão.
21. BARROS, A.E. *Aplicação de Para-raios na Proteção de Transformadores*. General Electric do Brasil S.A.
22. BEEMAM, Donald, Editor. *Industrial Power Systems Handbook*. 1.ed., 1955.
23. BESSONOV, L. *Electricidade aplicada para engenheiros*. 2.ª ed. Porto: Edições Lopes da Silva, 1977.
24. BIRD. Condutores de Cobre Nu. Especificações Técnicas.
25. BIRD. Disjuntor de Alta Tensão. Especificação Técnica.
26. BIRD. Isolador de Pino, Suspensão e Roldana. Especificação Técnica.
27. BIRD. Transformador de Força. Especificação Técnica.
28. BOSSI, Antônio e SESTO, Ezio. *Instalações elétricas*. São Paulo: Hemus, 1978.
29. BOVERI, Brown. *Manual de instalações elétricas*. Ordem dos Engenheiros de Portugal: 1982.
30. CAMINHA, A. C. *Introdução à Proteção dos Sistemas Elétricos*. Editora Edgard Blücher Ltda.
31. CASTRO TITO, Fábio Celso de/CEMIG. *Resistência de aterramento*.
32. CATÁLOGOS de fabricantes. Siemens, General Electric, Sace, Pirelli, Ficap, Cemec, Westinghouse, Inepar, Inebrasa, Sprecher Energie, McGraw-Edison, Schlumberg, Weg, Trafo, 3M, Hitachi, Lorenzetti.
33. CCON/SCDI/SCPR. Aplicação de Equipamentos de Regulação de Tensão em Redes de Distribuição.
34. Centrais Elétricas de São Paulo. Tecnologia de Relés de Proteção.
35. CHESF - Companhia Hidroelétrica do São Francisco. Relés de Distância – Instruções Técnicas.
36. CIPOLI, J.A. *Análise dos Sistemas de Distribuição quanto à Sobreensões*. CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz.
37. CODI/CCON/ELETROBRÁS. *Proteção de Sistemas Aéreos de Distribuição*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1982.
38. COLOMBO, R. *Disjuntores de Alta Tensão*. Nobel, 1981.
39. COSTA, Gilberto José Corrêa da. *Iluminação Econômica – Cálculo e Avaliação*. Editora EDIPUCRS.
40. COTRIM, Ademaro A. M. B. *Instalações Elétricas*. 3.ª ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1993.
41. DAVIES, T. *Protection of Industrial Power Systems*. Pergamon Press, 1984.
42. DI STASI, Luigi. *Fornos elétricos*. São Paulo: Hemus, 1981.
43. DUGAN, Roger C., McGRANAGHAN, Mark F. and BEATY, H. Wayne. *Electrical Power Systems Quality*.
44. ELECTRICITY COUNCIL (Ed.) *Power System Protection*. London.
45. ESPER NETO, C. *Projeto de Proteção de Linhas de Transmissão e Subestação*. Universidade Mackenzie, São Paulo.

46. ET 001 – COELCE. Transformador de Distribuição Aérea. Especificação Técnica.
47. ET 004 – COELCE. Regulador de Tensão Monofásico de 32 Degraus. Especificação Técnica.
48. ET 007 – COELCE. Seccionador Automático Trifásico Classe 15 kV. Especificação Técnica.
49. ET 009 – COELCE. Religador Automático Trifásico Classe 15 kV. Especificação Técnica. Dugan.
50. FICAP. Critérios para Dimensionamento de Cabos de Energia.
51. FILIPPO FILHO, Guilherme. *Motor de Indução. Princípios de Funcionamento – Características Operacionais – Aplicações – Acionamento*. Editora Érica.
52. FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY JR., Charles e KUSKO, Alexandre. *Máquinas elétricas*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1968.
53. Furnas Centrais Elétricas. Equipamentos Elétricos – Especificação. Universidade Federal Fluminense, 1985.
54. Furnas Centrais Elétricas. Transitórios Elétricos e Coordenação de Isolamento – Aplicação em Sistemas de Potência. Editora Universitária (Universidade Federal Fluminense).
55. GE Power Generation – State-of-the-Art – Technology Seminar.
56. GENERAL ELECTRIC do Brasil Departamento de Relés – Instruções. Relés de Sobrecorrente Temporizados.
57. GENERAL ELECTRIC. Regulador de Tensão em Degraus.
58. GENERAL ELECTRIC. Relés de Proteção – Instalação e Operação.
59. GRANET, Irving. *Termodinâmica e Energia Térmica*. Editora Prentice-Hall do Brasil Ltda.
60. GRAY-WALLACE. *Eletrotécnica – Princípios e Aplicação*. 7.ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1967.
61. HARPER, Gilberto Enriquez. *Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión*. México: Editorial Limusa, 1979.
62. HARPER, Gilberto Enriquez. *Instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión*. México: Editorial Limusa, 1979.
63. INDUCON DO BRASIL CAPACITORES S. A. *Manual Inducon – Capacitores de Potência*.
64. Industrial Power Systems Handbook. Donald Beemam. (ed.)
65. KATZER, H. J./CAEEB. *Considerações sobre Fornecimento de Energia Elétrica a Fornos a Arco*.
66. KOSOW, Irving L. *Máquinas Elétricas e Transformadores*. Porto Alegre: Editora Globo, 1970.
67. LANDA, J.V. *Redes Elétricas*. Representaciones y Servicios de Ingeniería S. A.
68. LEITE, D.M. *Características e Tipos de Isoladores em Alta Tensão*. Mundo Elétrico.
69. LORA, Electo Eduardo Silva; NASCIMENTO, Marco Antônio Rosa do. (Coordenadores): *Geração Termelétrica – Planejamento, Projeto e Operação – Volumes I e II*: Editora Interciência.
70. M. G. Say, Eletricidade Geral, Hemus.
71. MACINTYRE, Archibald Joseph. *Equipamentos Industriais e de Processo*. Editora LTC.
72. MARTIGNONI, Alfonso. *Máquinas de Corrente Alternada*. Porto Alegre: Editora Globo, 1970.
73. MARTIGNONI, Alfonso. *Medição de energia elétrica*. Porto Alegre: Editora Globo, 1970.
74. MARTIGNONI, Alfonso. *Transformadores*. Porto Alegre: Editora Globo, 1977.
75. MEDEIROS FILHO, Solon de. *Medição de Energia Elétrica*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.
76. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *National electrical code*. Boston, 1975.
77. NBR/NBR 6880. Condutores de Cobre para Cabos Isolados – Padronização.
78. NT – 002 – COELCE. Norma para Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de Distribuição.
79. OLIVEIRA, J.C. de; COGO, J.R. e ABREU, P.G. *Transformadores – Teoria e Ensaios*. Editora Edgard Blücher Ltda.
80. PACHECO, N. *Regulação Econômica de Tensão em Linhas de Distribuição*. Dupleto Técnica Comercial Ltda.
81. PARANHOS, H.; MAGALHÃES, C.S. e BURGO, J.A. Correção de Fator de Potência na Indústria.
82. PAVEL, Carlos Octávio/CHESF. *Influência da operação de fornos elétricos a arco sobre sistemas energéticos*.
83. PFEFER, Salomão Somberg (Ed.). *Influência de Cargas Pulsantes em Redes de Distribuição*. VII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Curitiba, 1980.
84. *Power Plant Engineering* by Black Veatch: Chapman & Hall.
85. REEVES, E. A. *Manual de Electrotécnica*. Lisboa: Editorial Presença/Martins Fontes, 1981.
86. REEVES, E. A. *Manual de Electrotécnica*. Lisboa: Editorial Presença/Martins Fontes, 1981.
87. RELAY – Instrument Division, 1976.
88. RIBEIRO, C. e OLIVEIRA, J.C. de. *Sobretensões nos Sistemas Elétricos*.
89. SARAIVA, Delcyr Barbosa. *Materiais Elétricos*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.
90. SCHMIDT, W. *Materiais Elétricos*. Editora Edgard Blücher Ltda.
91. SEWEHR, O.P. *Proteção de Sistemas de Distribuição contra Sobretensões Atmosféricas*.
92. SIEMENS. Transformadores para Instrumentos de Alta Tensão.
93. The arc furnace as a load on the network. Asea Journal, 1976.
94. TSUTUYA, Milton Tomoyuki. Redução do Custo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água, ABES, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.
95. VÁZQUEZ, J.R. Protección de Sistemas Eléctricos contra Sobreintensidades, Ediciones Ceac S.A., Barcelona.
96. VERDOLIN, R.J. *Pára-raios*. Cepel – Centro de Pesquisa da Eletrobrás.
97. WEG. Catálogos de Motores Elétricos.
98. WEG. Guia de Aplicação de Inversores de Frequência.
99. WELLAUDE, M. *Introdução à Técnica das Altas Tensões*. Editora da Universidade de São Paulo.
100. WESTINGHOUSE Electric Corporation. *Electric Utility Engineering Reference Book – Distribution Systems*. East Pittsburgh, Pennsylvania, 1959.
101. WESTINGHOUSE Electric Corporation. Relay – Instrument Division, 1976. *Applied Protective Relaying*.

JOÃO MAMEDE FILHO



INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS

Sétima Edição

LTC

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS

7.ª EDIÇÃO

JOÃO MAMEDE FILHO

Engenheiro eletricista

Ex-Diretor de Planejamento e Engenharia da Companhia Energética do Ceará (1988-1990)

Ex-Diretor de Operação da Companhia Energética do Ceará — Coelce (1991-1994)

Ex-Diretor de Planejamento e Engenharia da Companhia Energética do Ceará (1995-1998)

Ex-Presidente do Comitê Coordenador de Operações do Norte-Nordeste — CCON

Ex-Presidente da Nordeste Energia S.A. — Nergisa (1999-2000)

Atual Presidente da CPE — Consultoria e Projetos Elétricos

Professor de Eletrotécnica Industrial da Universidade de Fortaleza — Unifor (desde 1979)

LTC
EDITORA

PREFÁCIO À 7.^a EDIÇÃO

Foi publicada em 2003 a nova versão da NBR 14039 – Instalações Elétricas de Média Tensão e no ano seguinte foi também publicada a nova versão NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão – duas normas que não podem faltar na mesa de trabalho dos projetistas de instalações elétricas industriais.

Para manter o leitor informado quanto à atualização dos principais documentos normativos, principalmente aqueles que dizem respeito a instalações elétricas industriais, é nosso dever atualizar os capítulos correlacionados, sempre com o objetivo de manter os profissionais de projetos elétricos atualizados com as novas práticas que são estabelecidas nas normas mencionadas.

A evolução do mercado de energia elétrica, principalmente após o racionamento de energia no ano de 2001, nos incentivou a agregar a esta edição um novo capítulo, intitulado Usinas de Geração Industrial. Em decorrência dos desastrosos resultados econômicos do racionamento, os gerentes industriais entenderam que a instalação de unidades de geração em suas instalações fabris lhes permitiria maior segurança quanto a uma futura escassez de oferta de energia que pudesse afetar a sua produção, além da possibilidade de operarem nos horários de pico de carga, reduzindo seus custos operacionais.

Com as tarifas de energia elétrica cada vez mais onerosas para o fluxo de caixa do setor produtivo, as indústrias recorreram à implementação de ações de eficiência energética em suas instalações, incentivadas pelo PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, o que nos motivou a inserir nesta edição um capítulo intitulado Eficiência Energética, direcionado ao setor industrial.

Devido à competitividade nos diversos segmentos do setor industrial, parte expressiva dos assuntos abordados, e relevantes economicamente, foi estudada considerando a viabilidade econômica de implementação desses projetos. Essa é uma forma eficaz de fornecer subsídios aos gerentes e acionistas na tomada de decisão quanto aos investimentos que seriam feitos na execução de determinados projetos em suas instalações industriais.

Além das inserções do material técnico e econômico anteriormente mencionado, em praticamente todos os capítulos foram feitas complementações dos assuntos abordados, ou simplesmente alterações de texto.

Para permitir uma melhor definição do conteúdo dos desenhos resultantes do Projeto Elétrico desenvolvido no Apêndice – Exemplo de Aplicação, o livro será acompanhado de um folheto contendo nove plantas com dimensões de 400 mm × 275 mm, as quais julgamos fundamentais para a compreensão dos resultados práticos obtidos no decorrer dos cálculos elétricos.

Repetindo o que já mencionamos na edição anterior, o tempo dedicado à inserção de novos assuntos e às alterações necessárias à manutenção da qualidade técnica que se deseja preservar em cada edição deste livro é resultado do incentivo recebido dos estudantes de engenharia elétrica e dos profissionais da área, além das exigências resultantes da evolução do mercado de energia elétrica no Brasil. Acreditamos estar assim contribuindo com a formação da nossa juventude estudantil e passando informações úteis àqueles que já estão no mercado de trabalho, disponibilizando para a sociedade toda a sua capacidade técnica e habilidades profissionais adquiridas ao longo do tempo.

Temos o dever de levar nossos profundos agradecimentos aos fabricantes de materiais elétricos citados ao longo do texto, pela inclusão de tabelas e gráficos de sua propriedade, dando

PREFÁCIO À 7.ª EDIÇÃO

um conteúdo prático aos exemplos de aplicação normalmente apresentados logo depois de abordado um assunto específico. Sem essa contribuição a obra seria incompleta e perderia aquilo que melhor procuramos preservar ao longo de todas as edições, que é associar a teoria à prática.

João Mamede Filho

SUMÁRIO

- 1 ELEMENTOS DE PROJETO 1**
 - 1.1 Introdução 1
 - 1.2 Normas Recomendadas 2
 - 1.3 Dados para Elaboração do Projeto 2
 - 1.4 Concepção do Projeto 3
 - 1.5 Meio Ambiente 10
 - 1.6 Graus de Proteção 12
 - 1.7 Proteção contra Riscos de Incêndio e Explosão 12
 - 1.8 Formulação de um Projeto Elétrico 13
 - 1.9 Roteiro para Elaboração de um Projeto Elétrico Industrial 36
 - 1.10 Simbologia 39

- 2 ILUMINAÇÃO INDUSTRIAL 40**
 - 2.1 Introdução 40
 - 2.2 Conceitos Básicos 40
 - 2.3 Lâmpadas Elétricas 44
 - 2.4 Dispositivos de Controle 50
 - 2.5 Luminárias 57
 - 2.6 Iluminação de Interiores 62
 - 2.7 Iluminação de Exteriores 87
 - 2.8 Iluminação de Emergência 92

- 3 DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES ELÉTRICOS 95**
 - 3.1 Introdução 95
 - 3.2 Fios e Cabos Condutores 95
 - 3.3 Sistemas de Distribuição 96
 - 3.4 Critérios Básicos para a Divisão de Circuitos 106
 - 3.5 Circuitos de Baixa Tensão 107
 - 3.6 Condutores de Média Tensão 138
 - 3.7 Barramentos 145
 - 3.8 Dimensionamentos de Condutos 155

- 4 FATOR DE POTÊNCIA 176**
 - 4.1 Introdução 176
 - 4.2 Fator de Potência 176
 - 4.3 Características Gerais dos Capacitores 185
 - 4.4 Características Construtivas dos Capacitores 188
 - 4.5 Características Elétricas dos Capacitores 192
 - 4.6 Aplicações dos Capacitores-Derivação 193
 - 4.7 Correção do Fator de Potência 212
 - 4.8 Ligação dos Capacitores em Bancos 226

- 5 CURTO-CIRCUITO NAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS 228**
 - 5.1 Introdução 228
 - 5.2 Análise das Correntes de Curto-Circuito 228
 - 5.3 Sistema de Base e Valores por Unidade 235
 - 5.4 Tipos de Curto-Circuito 238
 - 5.5 Determinação das Correntes de Curto-Circuito 240
 - 5.6 Contribuição dos Motores de Indução nas Correntes de Falta 255
 - 5.7 Aplicação das Correntes de Curto-Circuito 258

- 6 MOTORES ELÉTRICOS 264**
 - 6.1 Introdução 264
 - 6.2 Características Gerais dos Motores Elétricos 264
 - 6.3 Motores Assíncronos Trifásicos com Rotor em Gaiola 271
 - 6.4 Motofreio Trifásico 294
 - 6.5 Motores de Alto Rendimento 297

- 7 PARTIDA DE MOTORES ELÉTRICOS DE INDUÇÃO 298**
 - 7.1 Introdução 298
 - 7.2 Inércia das Massas 299
 - 7.3 Conjugado 301
 - 7.4 Tempo de Aceleração de um Motor 307
 - 7.5 Tempo de Rotor Bloqueado 315
 - 7.6 Sistema de Partida de Motores 315
 - 7.7 Queda de Tensão na Partida dos Motores Elétricos de Indução 326
 - 7.8 Contribuição da Carga na Queda de Tensão Durante a Partida de Motores de Indução 340
 - 7.9 Escolha da Tensão Nominal de Motores de Potência Elevada 342
 - 7.10 Sobretensões de Manobra 343
 - 7.11 Controle de Velocidade de Motores de Indução 343

- 8 FORNOS ELÉTRICOS 354**
 - 8.1 Introdução 354
 - 8.2 Fornos a Resistência 354
 - 8.3 Fornos de Indução 359
 - 8.4 Fornos a Arco 361

- 9 MATERIAIS ELÉTRICOS 392**
 - 9.1 Introdução 392
 - 9.2 Elementos Necessários para Especificar 392
 - 9.3 Materiais e Equipamentos 392

- 10 PROTEÇÃO E COORDENAÇÃO 459**
 - 10.1 Introdução 459
 - 10.2 Proteção dos Sistemas de Baixa Tensão 459
 - 10.3 Proteção de Sistemas Primários 511

- 11 SISTEMAS DE ATERRAMENTO 540**
 - 11.1 Introdução 540
 - 11.2 Proteção contra Contatos Indiretos 540
 - 11.3 Aterramento dos Equipamentos 542
 - 11.4 Elementos de uma Malha de Terra 543
 - 11.5 Resistividade do Solo 546
 - 11.6 Cálculo da Malha de Terra 553

- 11.7 Cálculo de um Sistema de Aterramento com Eletrodos Verticais 570
- 11.8 Medição da Resistência de Terra de um Sistema de Aterramento 574
- 11.9 Medidor de Resistividade do Solo 576

12 PROJETO DE SUBESTAÇÃO DE CONSUMIDOR 577

- 12.1 Introdução 577
- 12.2 Partes Componentes de uma Subestação de Consumidor 578
- 12.3 Tipos de Subestação 580
- 12.4 Dimensionamento Físico das Subestações 590
- 12.5 Paralelismo de Transformadores 600
- 12.6 Estação de Geração para Emergência 603
- 12.7 Ligações à Terra 603

13 PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS 605

- 13.1 Introdução 605
- 13.2 Considerações sobre a Origem dos Raios 605
- 13.3 Orientações para Proteção do Indivíduo 607
- 13.4 Classificação das Estruturas Quanto ao Nível de Proteção 608
- 13.5 Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas – SPDA 608
- 13.6 Método de Avaliação e Seleção do Nível de Proteção 616
- 13.7 Métodos de Proteção contra Descargas Atmosféricas 620

14 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL 633

- 14.1 Introdução 633
- 14.2 Definições 634
- 14.3 Unidade de Aquisição de Dados (UAD) 636
- 14.4 Interface com o Processo 643
- 14.5 Programas e Protocolos 648
- 14.6 Automação de Subestações de Potência 651
- 14.7 Automação de Processos Industriais 663
- 14.8 Automação de Gerenciamento de Energia 666

15 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA 670

- 15.1 Introdução 670
- 15.2 Cálculo Econômico 671
- 15.3 Ações de Eficiência Energética 672

16 USINAS DE GERAÇÃO INDUSTRIAL 717

- 16.1 Introdução 717
- 16.2 Características das Usinas de Geração 718
- 16.3 Dimensionamento de Usinas Termelétricas 730
- 16.4 Geração Distribuída 763
- 16.5 Sistema de Co-Geração 778
- 16.6 Proteção de Usinas Termelétricas 786
- 16.7 Emissão de Poluentes 788
- 16.8 Emissão de Ruídos 792

APÊNDICE EXEMPLO DE APLICAÇÃO 793

- 1 Divisão da Carga em Blocos 794
- 2 Localização dos Quadros de Distribuição 794
- 3 Localização do Quadro de Distribuição Geral 794
- 4 Localização da Subestação 794
- 5 Definição do Sistema de Distribuição 794

- 6 Determinação da Demanda Prevista 794
 - 6.1 Cálculo da Iluminação 794
 - 6.2 Cálculo da Demanda Prevista 804
- 7 Determinação da Potência da Subestação 809
- 8 Fator de Potência 809
 - 8.1 Cálculo do Fator de Potência Previsto 809
 - 8.2 Cálculo da Correção do Fator de Potência 810
 - 8.3 Potência Nominal do Banco de Capacitores 810
- 9 Determinação da Seção dos Condutores e Eletrodutos 810
 - 9.1 Circuitos Terminais de Iluminação e Tomadas 810
 - 9.2 Circuitos Terminais dos Motores 814
 - 9.3 Circuitos de Distribuição dos CCMs e QDLs 821
 - 9.4 Circuito de Alimentação do QGF 829
- 10 Determinação da Impedância dos Circuitos 830
 - 10.1 Sistema de Alimentação da Instalação Industrial 830
 - 10.2 Transformador de Força 830
 - 10.3 Circuitos TR1-QGF ou TR2-QGF 831
 - 10.4 Impedância Paralela dos Dois Transformadores e Seus Respetivos Circuitos 831
 - 10.5 Barramentos do QGF 832
 - 10.6 Impedância Acumulada até os Terminais de Saída do QGF 833
 - 10.7 QGF-QDL1 833
 - 10.8 QGF-QDL2 834
 - 10.9 QGF-QDL3 836
 - 10.10 QGF-QDL4 837
 - 10.11 QGF-QDL5 838
 - 10.12 QGF-QDL6 839
 - 10.13 QGF-CCM1 840
 - 10.14 QGF-CCM2 841
 - 10.15 QGF-CCM3 842

Bibliografia 907

Índice 909

Folheto (acompanha o livro)

ÍNDICE

A

Acessibilidade, 1
 Acionamento de grandes motores elétricos, 769
 Administração do consumo de energia elétrica, 714
 automação dos processos, 714
 especificação do produto fabricado, 714
 manutenção industrial, 714
 programação e controle da produção, 714
 projeto e construção, 714
 qualidade do produto acabado, 714
 Agrupamento de circuitos, 121
 Água, presença de, 10
 Altitude, 10
 Amperímetro, 440
 Aparelhos
 de ar condicionado, substituição de, 705
 de iluminação, 67
 Aquecimento de água, 710
 medidas de implementação
 a médio e longo prazo, 710
 imediata, 710
 Aquisição de dados, 636
 entrada de dados
 analógicos, 636
 digitais, 636
 saída de dados
 analógicos, 636
 digitais, 636
 Ar comprimido, 711
 pressão, 711
 qualidade do ar, 711
 rede de distribuição, 711
 vazamento, 711
 Aterramento
 com eletrodos verticais, 570
 coeficiente de redução da resistência, 572
 resistência de aterramento, 571
 resistência equivalente, 572
 dos equipamentos, 542
 Automação industrial, 633
 bit, 636
 byte, 636
 condicionamento de sinal, 635
 conversão analógica/digital, 635
 entrada e saída serial, 635
 gateway, 636
 interface-homem-máquina, 635
 isolamento galvânico, 635
 LAN, 635
 memória
 EPROM, 635
 PROM, 635
 RAM, 634
 ROM, 634
 multiplexador, 635
 protocolo TCP/IP, 635
 SCADA, 635

B

Bandejas, 163
 Barramentos, 145

pré-fabricados ou dutos de barra, 153
 capacidade de corrente para barramentos
 blindados de cobre, 154
 redondos maciços de cobre, 147
 retangulares de alumínio, 148
 capacidade de corrente para barras
 redondas de cobre sem pintura, 149
 retangulares de alumínio sem pintura, 151
 tubulares de cobre, 149-150
 retangulares de cobre, 146
 tubulares de alumínio, 151
 capacidade de corrente para barras tubulares de
 alumínio sem pintura, 152
 tubulares de cobre, 147
 capacidade de corrente para barras retangulares
 de cobre sem pintura, 148

Base de dados, 649
 de cadastro, 649
 em tempo real, 649
 históricos, 649
 Bucha de passagem, 411

C

Cabo(s)
 de baixa tensão, 433
 cabos redondos com encordoamento
 compacto, 434
 fios e cabos com encordoamento simples, 434
 termofixos, 434
 termoplásticos, 434
 de energia, 400
 Cálculo
 da malha de terra, 36, 553
 coeficiente de redução da resistência de um
 eletrodo vertical, 562
 comprimento do condutor, 558
 mínimo, 559
 corrente
 de choque devido à tensão de toque existente,
 com brita, 560
 de choque devido à tensão de toque existente,
 sem brita, 560
 de choque existente devido à tensão de passo
 sem brita na periferia da malha, 560
 de choque existente na periferia da malha
 devido à tensão de passo, com camada de
 brita, 560
 de curto-circuito fase-terra, 553
 máxima de choque, 560
 mínima de acionamento do relé de terra, 560
 determinação dos coeficientes de ajuste, 558
 número de condutores principais e de
 junção, 557
 potenciais da região externa à malha, 560
 resistência
 da malha de terra, 562
 de aterramento de um eletrodo vertical, 562
 de aterramento do conjunto de eletrodos
 verticais, 563
 mútua dos cabos e eletrodos verticais, 563
 total da malha, 564
 resistividade aparente do solo, 553
 seção mínima do condutor, 555

tensão de passo, 559
 existente na periferia da malha, 559
 tensão de toque existente, 560
 máxima, 559
 de iluminação, 67
 métodos dos lumens, 67
 cálculo do número de luminárias, 68
 distribuição das luminárias, 70
 fator de depreciação do serviço da
 luminária, 67
 fator de utilização, 67
 Canaletas e perfilados, 162
 Capacitores, 185
 aplicação específica de, 209
 liberação
 da capacidade de carga de circuitos terminais
 e de distribuição, 210
 de potência instalada em transformação, 209
 melhoria do nível de tensão, 212
 redução das perdas, 211
 capacidade do, 186
 características
 construtivas, 188
 armadura, 189
 caixa, 188
 dielétrico, 189
 líquido de impregnação, 189
 processo de construção, 189
 resistor de descarga, 189
 elétricas, 192
 capacitores trifásicos de baixa tensão, 193
 frequência nominal, 192
 potência nominal, 192
 tensão nominal, 192
 corrente de carga, 186
 energia armazenada, 186
 ligação dos, 187
 princípios básicos, 185
 Capacitores-derivação, aplicação dos, 193
 capacitores monofásicos de baixa tensão, 194
 localização dos bancos de capacitores, 195
 no secundário do transformador de potência, 195
 no sistema primário, 195
 nos terminais de conexão de cargas
 específicas, 196
 Características fotométricas, 59
 curva de distribuição luminosa, 60
 Carregamento dos transformadores, 712
 Categoria de manutenção das luminárias, 78
 Centro de Supervisão e Controle, 662
 hardware, 662
 software, 663
 Chave(s)
 compensadora, 452
 de partida estática, 451
 estrela-triângulo, 448
 fusível, 397
 inversora de frequência, 455
 seccionadora primária, 412
 seccionadora tripolar de baixa tensão, 444
 seccionador com abertura sem carga, 444
 seccionador sob carga ou interruptor, 444
 corrente de corte ou de interrupção, 445
 corrente máxima de estabelecimento, 444
 corrente presumida de curto-circuito, 445

- Climatização, 701
 medidas de implementação
 a curto prazo, 702
 ar condicionado tipo central, 702
 ar condicionado tipo janelheiro, 702
 a longo prazo, 702
 a médio prazo, 702
- CLPs – controladores lógicos programáveis, 638
 aquisição e processamento dos valores medidos, 641
 controle de malha, 641
 aberta, 641
 fechada, 641
 em máquinas operatrizes, 641
 em processo, 641
 entradas e saídas, 639
 fontes de alimentação, 638
 memórias, 639
 de programa, 639
 de sinal, 639
 de trabalho, 639
 microprocessamento, 640
 relatórios, 641
 sinalização, 640
 sincronização, 641
 temporizadores e contadores, 639
- Componentes de uma usina termelétrica, 738
 cálculo do custo de geração, 743
 combustível líquido, 738
 custos(s)
 de implantação e operação, 739
 médios operacionais dos motores a diesel, 741
 layout de, 738
- Comunicação, 650
- Condutores, 95
 cabos de média e alta tensão, 96
 de média tensão, 138
 capacidade de condução de corrente, 140, 141
 métodos de referência, 139
 tipos de linhas elétricas, 139
 determinação dos, 36
 elétricos, 681
 conservação de energia, 681
 dimensionamento, 681
 em paralelo, 125
 em paralelo por fase, 492
 proteção contra sobrecarga de condutores em paralelo, 492
 corrente de carga desequilibrada entre os condutores do grupo em paralelo, 493
 corrente de carga equilibrada entre os condutores do grupo em paralelo, 492
 em regime transitório, 497
 EPR – etileno-propileno, 95
 isolados, 95
 PVP – cloreto de polivinila, 95
 unipolares, 95
 XLPE – polietileno reticulado, 95
- Conexão
 de usinas termelétricas, 767
 operação em paralelo com a rede externa, 767
 procedimentos de conexão da carga, 768
 transferência de carga
 com desconexão de fonte, 767
 em rampa, 767
 rápida sem interrupção de senóide, 767
 dos relés, 529
 ajuste de corrente dos relés, 529
- Confiabilidade, 1
- Conjugado, 301
 da carga, 302
 constante, 302
 estimativa do, 305
 hiperbólico, 303
 linear, 303
 médio, 304
 parabólico, 303
 do motor, 301
 categoria D, 301
 categoria H, 301
 categoria N, 301
 médio, 301
 mecânico, 286
 base, 287
 de aceleração, 287
 de partida, 286
 máximo, 287
 mínimo, 287
 nominal, 286
- Consumo de água, 697
 desperdício de água e energia, 697
 bombeamento de água, 701
 perdas de água e energia elétrica devido aos vazamentos, 699
 vazamentos, 698
- Contato das pessoas com potencial de terra, 11
- Contator magnético tripolar, 446
- Continuidade, 1
- Contribuição
 da carga na queda de tensão, 340
 dos motores de inundação nas correntes de falta, 255
- Controladores lógicos programáveis – CLPs, 637
- Controle
 de demanda, 715
 de velocidade de motores de indução, 343
 conexão dahlander, 343
 inversores de frequência, 344
 componentes harmônicos, 347
 corrente nominal, 346
 desempenho operacional dos motores, 348
 influência sobre os capacitores, 352
 limite de velocidade, 347
 limite do comprimento do circuito do motor, 352
 operação com velocidade inferior à nominal, 345
 operação com velocidade superior à nominal, 345
 partida do motor, 350
 potência nominal, 346
 regime de funcionamento, 352
 sobretensões no isolamento, 352
 tensão nominal, 346
 tipo de controle, 346
- Corpos sólidos, presença de, 10
- Correção do fator de potência, 212
 cargas lineares, 213
 instalação
 de capacitores-derivação, 213
 de motores síncronos superexcitados, 213
 modificação da rotina operacional, 213
 cargas não-lineares, 225
 cargas operadas
 com núcleo magnético saturado, 225
 por arcos voltaicos, 225
 por fontes chaveadas, 225
 distorção harmônica, 225
- Correntes de curto-circuito, 228
 aplicação das, 258
 corrente assimétrica de curto-circuito, 229
 inicialmente assimétrica e posteriormente simétrica, 229
 parcialmente assimétrica, 229
 totalmente assimétrica, 229
 determinação das, 36
 formas de onda, 228
 solicitação eletrodinâmicas das, 259
 dimensionamento de barramentos pelo esforço mecânico, 261
 solicitação térmica das, 261
- Critério
 da capacidade de corrente de curto-circuito, 131
 do limite da queda de tensão, 127
- Curvas de carga, 23
 demanda
 da iluminação, 25
 cálculo da demanda aparente, 25
 cálculo da demanda ativa, 25
 dos motores, 25
 cálculo da demanda ativa (kW), 25
 levantamento de carga, 26
 planilha para determinação da curva de carga, 27
- Custos e financiamento, 785
- D**
- Demanda de potência, 17
 cargas
 em locais usados como escritório e comércio, 18
 demanda do quadro de distribuição geral, 20
 demanda dos aparelhos, 19
 demanda dos quadros de distribuição parciais, 20
 em locais usados como habitação, 18
 nominais aproximadas de aparelhos em ar condicionado, 20
 em geral, 19
 fatores de demanda para iluminação e tomadas, 20
- Depreciação do fluxo luminoso, 67
- Descargas atmosféricas, 605
 origem dos raios, 605
 proteção do indivíduo, 607
- Desequilíbrio de tensão, 711
- Diagrama unifilar, 37
- Dimensionamento
 de aparelhos de ar condicionado, 703
 centrais de climatização, 703
 de condutos, 155
 eletrodutos, 155
 área dos eletrodutos rígidos ocupáveis pelos cabos, 157
 área ocupada pelos cabos, 159
 características dimensionais dos cabos, 158
 distância máxima entre os elementos de fixação de eletrodutos rígidos isolantes, 156
 distância máxima entre os elementos de fixação de eletrodutos rígidos metálicos, 155
- físico das subestações, 590
 subestação de alvenaria, 591
 aberturas de ventilação, 597
 altura de subestação, 596
 barramentos primários, 600
 iluminação, 600
 porta de acesso principal, 597
 posto de medição, 596
 posto de proteção, 596
 posto de transformação, 596
- Disjuntor(es)
 de baixa tensão, 435, 470
 capacidade nominal de interrupção de curto-circuito, 437
 corrente nominal, 437
 principais elementos de proteção de um disjuntor, 435
 disparador magnético, 435
 disparador térmico compensado, 435
 disparador térmico simples, 435
 disparadores termomagnéticos não compensados, 437
 quanto ao tipo de construção, 435
 disjuntores abertos, 435
 disjuntores em caixa moldada, 435
 do elemento térmico, 470
 quanto ao tipo de operação, 471
 disjuntores limitadores de corrente, 470
 disjuntores somente magnéticos, 470
 disjuntores somente térmicos, 470
 disjuntores termomagnéticos, 471
 somente magnéticos, 436
 somente térmicos, 437
 tensão nominal, 470
 termomagnéticos, 436
 termomagnéticos limitadores, 435
 unidade sem ajuste ou regulação, 471
 unidades com ajuste externo, 471
 capacidade de interrupção ou de ruptura, 473
 proteção contra faltas na extremidade do circuito, 474
 proteção contra rotor bloqueado, 474
 de potência, 418
 características dos disjuntores a óleo, 419
- Dispositivos
 de controle, 50
 aplicação das lâmpadas elétricas, 52
 características operacionais das lâmpadas, 51
 ignitores, 56
 derivação, 56
 paralelo, 57

- série, 56
 - reatores, 50
 - eletromagnéticos, 53
 - eletrônicos, 54
 - starters, 55
 - de proteção e comando, determinação dos, 36
- E**
- Eficiência
- energética, 672
 - iluminação, 672
 - medidas de implementação a curto prazo, 673
 - luminosa, 42
- Elementos de uma malha de terra, 543
- aço
- cobreado, 543
 - galvanizado, 543
- condutor
- de aterramento, 543
 - de proteção, 544
- conexões, 543
- conectores aparafusados, 544
 - conexão exotérmica, 544
- eletrodos de terra, 543
- Elevadores e escadas rolantes, 710
- medidas de implementação a curto prazo, 710
 - a médio e longo prazo, 710
- Emissão
- de poluentes, 788
 - emissão de gases da combustão, 790
 - material particulado, 791
 - óxido de carbono, 791
 - óxido de enxofre, 790
 - óxido de nitrogênio, 791
 - total das emissões, 791
 - motores a gás natural, 791
 - turbinas a gás natural, 792
 - motores a óleo diesel, 788
 - de ruídos, 792
- Emitância, 44
- Entrada de serviço, 578
- ponto
- de entrega, 579
 - subestação com entrada aérea, 579
 - subestação com entrada subterrânea, 579
 - de ligação, 578
- ramal de ligação, 579
- Equivalência de fluxo luminoso, 674
- Espaços em construção, 166
- Estação de geração para emergência, 603
- F**
- Fator(es)
- de correção de corrente, 142
 - agrupamento de cabos, 142
 - fatores de correção para cabos unipolares em planos espaçados, 143
 - fatores de correção para cabos unipolares em trifólio, 144
 - fatores de correção para temperaturas do solo, 143
 - resistividade térmica do solo, 144
 - fatores de correção para cabos tripolares ao ar livre, 145
 - temperatura ambiente, 142
- de influência da resistividade do solo, 549
- composição química, 549
 - temperatura, 550
 - umidade, 550
- de potência, 176
- causas do baixo fator de potência, 178
 - conceitos básicos, 176
 - determinação e correção do, 36
 - estimado, determinação do, 201
 - método analítico, 204, 206
 - método das potências medidas, 206
 - método do ciclo de carga operacional, 201
 - método dos consumos médios mensais, 205
- faturamento da energia reativa excedente, 180
- avaliação horária do fator de potência, 180
 - avaliação mensal do fator de potência, 183
 - legislação do fator de potência, 179
- Flexibilidade, 1
- Fluxo luminoso, 41, 58
- absorção, 58
 - difusão, 58
 - louvers, 58
 - reflexão, 58
 - refração, 58
- Fontes das correntes de curto-circuito, 229
- distante dos terminais dos geradores, 231
 - componente
 - contínuo, 231
 - simétrico, 231
 - corrente
 - alternada de curto-circuito simétrica, 231
 - eficaz de curto-circuito simétrica permanente, 232
 - eficaz inicial de curto-circuito simétrica, 232
 - impulso da corrente de curto-circuito, 232
 - potência de curto-circuito simétrica, 232
 - nos terminais dos geradores, 230
 - reatância
 - síncrona, 230
 - subtransitória, 230
 - transitória, 230
- Formas construtivas, 291
- aspectos dimensionais, 291
 - normalizadas, 291
- Formulação matemática das correntes de curto-circuito, 232
- Fornos
- a arco, 361
 - correção da flutuação de tensão, 379
 - instalação de compensador estático, 390
 - instalação de compensador síncrono, 384
 - instalação de compensadores série, 382
 - instalação de reator série, 379
 - instalação de reator série e compensador síncrono na barra, 387
 - direto, 363
 - cabos flexíveis, 365
 - cuba refratária, 364
 - eletrodos, 365
 - painel de comando, 366
 - transformador, 365
 - flutuação de tensão (*flicker*), 366
 - medição da severidade do *flicker*, 378
 - método da queda de tensão a baixas frequências (método inglês), 368
 - método da UIE, 375
 - indireto, 362
 - submerso, 362
- a resistência, 354
- de aquecimento direto, 354
 - de aquecimento indireto, 355
 - características das ligas Cromel e Copel, 356
 - carga específica superficial, 355
 - determinação do diâmetro do fio resistor, 357
 - energia para elevar a temperatura dos metais, 356
 - potência desejada do forno, 356
 - propriedades dos materiais, 357
- de indução, 359
- a canal, 360
 - de cadinho, 361
 - para aquecimento de tarugos, 361
- Funções
- ANSI, 529
 - de um sistema de automação, 651
 - alarme, 652
 - armazenamento de informações históricas, 653
 - comando, 654
 - controle
 - de demanda máxima, 653
 - de frequência, 653
 - de tensão, 653
 - do fator de potência, 653
 - desligamento seletivo de carga, 653
 - despacho de geração, 653
- gráficos de tendência, 653
- intertravamento, 652
- medição, 654
- monitoração, 652
- oscilopertubografia, 653
- proteção, 652
- reaceleração dos motores, 654
- religamento, 653
- segurança
 - durante a operação, 652
 - em condição de serviço, 652
- seqüência de chaveamento, 652
- supervisão, 654
- Fusível(is), 480
- comportamento do, perante a corrente de partida do motor, 486
 - correntes nominais dos fusíveis
 - diazed, 487
 - NH, 487
 - de baixa tensão, 441
 - capacidade de interrupção, 442
 - corrente nominal, 442
 - tensão nominal, 442
 - integral de Joule dos fusíveis
 - diazed, 488
 - NH, 488
 - limitadores de corrente, 420
 - capacidade de ruptura dos fusíveis limitadores, 424
 - corrente nominal, 422
 - correntes de interrupção, 422
 - de curto-circuito, 422
 - de sobrecarga, 422
 - nominais dos fusíveis para várias tensões, 423
 - dimensões das bases, 421
 - efeitos das correntes de curto-circuito, 424
 - capacitores de ruptura, 424
 - corrente dinâmica de curto-circuito, 424
 - corrente térmica de curto-circuito, 424
 - tensão nominal, 422
- primários, 539
- elos fusíveis, 539
 - fusíveis limitadores de corrente, 539
- proteção
- dos circuitos
 - terminais de motores, 485
 - de distribuição de aparelhos, 486
 - de distribuição de cargas mistas, 486
 - de distribuição de motores, 486
 - dos dispositivos de comando e de manobra, 487
- G**
- Geração distribuída, 763
- Gerência de bancos de dados, 650
- de cadastro, 650
 - em tempo real, 650
 - históricos, 650
- Gerenciamento de energia, 666
- Graus de proteção, 12, 283
- I**
- IHM, 642
- Iluminação
- de emergência, 92
 - banco de baterias, 93
 - alcalinas, 93
 - chumbo-ácidas, 93
 - chumbo-cálcio, 93
 - gerador auxiliar, 94
 - iluminamentos mínimos para, 92
 - sistema autônomo de emergência, 92
 - de exteriores, 87
 - iluminamento pelo valor médio, 89
 - fator de utilização para o iluminamento da pista, 90
 - fator de utilização para o iluminamento das calçadas, 90
 - iluminamento por ponto, 87
 - de interiores, 62

- distribuição uniforme do iluminamento, 64
 iluminâncias mínimas em lux, por tipo de atividade, 65
 iluminâncias, 63
 fatores determinantes da iluminância adequada, 64
 iluminâncias para cada grupo de tarefa visual, 64
- Iluminância, 41
- Impedância(s) do sistema, 240
 primário, 241
 reduzida, 240
 secundário, 241
- Índice de reprodução de cores (IRC), 66
- Inércia das massas, 299
 carga
 com conjugado constante, 299
 com potência constante, 299
- Instalação elétrica, 713
 limpeza e conservação, 713
 motivos de fugas de corrente, 713
 proteção para a instalação, 713
 recomendações gerais, 713
 segurança, 713
- Intensidade luminosa, 42
- Interferências eletromagnéticas, 661
 condução, 661
 radiação, 661
 sistemas fisicamente
 centralizados, 661
 distribuídos, 661
- L**
- Lâmpadas
 a vapor
 de mercúrio, 48
 de sódio, 49
 metálico, 49
 elétricas, 44
 de descarga, 46
 de luz mista, 45
 halógenas de tungstênio, 45
 incandescentes, 44
 quanto ao desempenho, 44
 quanto ao processo de emissão de luz, 44
 fluorescentes, 46
- Leitos, 163
- Ligação
 à terra, 603
 dos capacitores em bancos, 226
 em série, 226
 paralela, 226
- Linhas elétricas
 enterradas, 168
 tipos de, 108
- Luminância, 43
- Luminária(s), 57
 características quanto à direção do fluxo luminoso, 57
 direta, 57
 geral-difusa, 57
 indireta, 57
 semidireta, 57
 semi-indireta, 57
 externa, 59
- Luz, 40
- M**
- Medição da resistência de terra, 574
 precauções de segurança, 575
- Medidor(es)
 de energia, 411
 de resistividade do solo, 576
- Método(s)
 das cavidades zonais, 72
 distribuição das luminárias, 80
 fator de depreciação do serviço da iluminação (F_{de}), 76
 das superfícies do ambiente devido à sujeira (F_s), 77
 do fluxo luminoso da lâmpada (F_l), 79
 do serviço da luminária (F_{ls}), 76
 fator de redução do fluxo luminoso por queima da lâmpada (F_q), 78
 fator de utilização, 73
 de avaliação e seleção do nível de proteção, 616
 instalações de pára-raios em estruturas normais, 617
 de proteção contra descargas atmosféricas, 620
 método de cone com raio de geratriz definido pela altura do captor, 628
 método de Franklin, 620
 número de condutores de descida, 622
 resistência da malha de terra, 623
 seção do condutor, 623
 zona de proteção, 621
 método eletrogeométrico, 626
 métodos de Faraday, 624
 de referência, 107
 ponto por ponto, 83
 iluminamento
 horizontal, 83
 vertical, 84
- Momento de inércia
 da carga, 300
 do motor, 300
- Motofreio trifásico, 294
- Motores)
- de alto rendimento, 297, 690
 tempo de retorno do investimento, 690
- elétricos, 264, 687
 assíncronos, 271
 à prova de explosão, 283
 à prova de intempéries, 282
 classes de isolamento, 276
 com ventilação forçada, 282
 corrente nominal, 274
 elevação de temperatura, 276
 expectativa de vida útil, 275
 fator de potência, 274
 fator de serviço, 274
 frequência nominal, 274
 perdas ôhmicas, 275
 potência nominal, 271
 tensão nominal, 273
 ventilação, 280
 avaliação da substituição de motores do tipo *standard* em subcarga, 689
 análise operacional, 689
 cálculo da energia mensal consumida, 689
 avaliação do desperdício de energia, 688
 combate ao desperdício, 688
 curvas de desempenho, 687
 de corrente alternada, 264
 monofásicos de indução, 269
 síncronos, 268
 tipo universal, 270
 trifásicos, 265
 de corrente contínua, 264
 desperdícios de energia elétrica, 687
 potencial de economia de energia elétrica, 688
 substituição dos motores, 688
 tipo alto rendimento, 687
- N**
- Nível de proteção, 608
- O**
- Ofuscamento, 60
- P**
- Painéis, 456
- Paralelismo de transformadores, 600
 distribuição de carga em transformadores em serviço, 601
- Pára-raios, 394
 centelhador série, 395
 corpo de porcelana, 394
- corrente
 de descarga nominal, 394
 subsequente, 394
- desligador automático, 395
 frequência nominal, 394
 protetor contra sobrepressão, 395
 resistores não-lineares, 394
 tensão
 disruptiva
 à frequência industrial, 394
 de impulso atmosférico, 394
 de impulso normalizada ($1.2 \times 50 \mu$), 394
 nominal, 394
 residual, 394
- Partidas)
- através de chave compensadora, 318
 através de chaves estáticas, 318
 acionamento em rampa de tensão, 319
 comunicação de dados, 324
 corrente
 limitada de partida, 322
 nominal da chave, 319
 desaceleração em rampa de tensão, 321
 economia de energia elétrica, 323
 fator de potência, 325
 proteção do motor, 323
 pulso de tensão de partida, 322
 tipos de ligação, 323
 com contator em paralelo, 323
 em partida seqüencial de vários motores, 323
 normal, 323
 para partida simultânea de vários motores, 324
- através de reator, 326
- de um motor, 310
 influência sobre a demanda, 311
 influência sobre o consumo, 310
- freqüentes, 312
 determinação do tempo da aceleração, 312
 potência de perda
 eficaz, 312
 em regime normal, 312
 nos enrolamentos durante a partida transformada em calor, 312
 sobrelevação de temperatura nominal, 313
 temperatura do motor devida ao ciclo de operação, 313
- Planejamento, 36
- Prateleiras, 163
- Programas e protocolos, 648
- Projeto
 elétrico, 13
 fator de carga, 14
 controle automático da demanda, 16
 reprogramação da operação das cargas, 16
 fator de demanda, 14
 fator de perda, 16
 fator de simultaneidade, 16
 tabela, 17
 fator de utilização, 17
 tabela, 17
- industrial, 59
 luminotécnico, 36
- Proteção
 contra contatos indiretos, 540
 tensão de contato ou de toque, 540
 tensão de passo, 540
 limite da tensão de passo para um indivíduo no interior de uma malha de terra, 541
 contra riscos de incêndio e explosão, 12
 de baixa tensão, 459
 dispositivos de proteção, 461
 proteção à corrente diferencial-residual, 464
 relés de sobrecarga, 466
 relés térmicos de sobrecarga, 465
 serviço de curta duração ou intermitente, 468
 proteção contra as correntes de curto-circuito, 460
 de sobrecarga, 460
 de motores elétricos, 507

- circulação deficiente do meio refrigerante, 509
 funcionamento com ausência de uma fase, 510
 funcionamento com correntes desequilibradas, 510
 redução da tensão de alimentação, 508
 relé
 digital de proteção multifunção, 508
 falta de fase, 507
 rotor bloqueado, 509
 sobrecarga
 contínua, 508
 intermitente, 508
 sondas térmicas e termistores, 508
 temperatura ambiente elevada, 509
 tensão de alimentação elevada, 509
 variação da frequência da rede, 509
- de sistemas primários, 511
 relé fluidodinâmico, 512
 regulação, 513
 relé de sobrecorrente estático, 513
 ajuste da temporização, 516
 características construtivas, 513
 características elétricas, 514
 corrente de ajuste na unidade temporizada, 515
 corrente nominal do relé, 514
 curva de tempo definido, 514
 curva de temporização inversa, 516
 dispositivos de saída, 514
- de usinas termelétricas, 786
 de medida do lado da rede pública de distribuição, 787
 do lado da usina termelétrica, 786
- ## Q
- Quadros de distribuição
 considerações gerais, 9
 de circuitos terminais, localização dos, 3
 geral, localização do, 3
- Queda de tensão
 em sistema
 monofásico (F-N), 128
 trifásico (3F ou 3F-N), 128
- na partida dos motores elétricos de indução, 326
 de um único motor, 327
 simultânea de dois ou mais motores, 335
- ## R
- Radiações solares, 11
 Raios, 11
 Refletância, 44
 Refrigeração, 708
 medidas de implementação
 a curto prazo, 708
 armazenamento de produtos, 709
 de longo prazo, 709
 imediate, 708
- Regime de funcionamento, 283
 contínuo periódico com carga
 intermitente (S6), 285
 de tempo limitado (S2), 284
 intermitente
 com frenagem elétrica (S5), 285
 periódico (S3), 284
 com partidas (S4), 284
- S1, 283
- Relés)
 bimetalico de sobrecarga, 448
 de Buchholz, 432
 de sobrecorrente digitais, 524
 curvas características de temporização, 525
 extremamente inversa, 526
 inversa longa, 527
 muito inversa, 527
 normalmente inversa, 526
 representativa de IT, 527
- primário de ação direta, 413
 relés de sobrecorrente eletromagnéticos, 416
- estáticos, 416
 fluidodinâmicos, 414
- Resistência
 de um sistema de aterramento, 544
 elétrica do corpo humano, 11
- Resistividade
 aparente do solo (ρ_a), 550
 do solo, 546
 método de medição (método de Wenner), 547
 térmica, 121
- ## S
- Seção
 econômica de um condutor, 127
 mínima do condutor
 de proteção, 136
 neutro, 134
 de fase, 109
 circuitos bifásicos simétricos (F-F-N), 112
 circuitos monofásicos (F-N), 112
 circuitos terminais para ligação de capacitores, 119
 circuitos terminais para ligação de motores, 117
 circuitos trifásicos, 115
 critério da capacidade de condução de corrente, 110
 fatores de correção de corrente, 119
- Seletividade, 499
 amperimétrica, 500
 cronométrica, 500
 disjuntor
 de ação termomagnética em série com fusível, 504
 em série com disjuntor, 504
 fusível em
 com disjuntor de ação termomagnética, 502
 série com fusível, 501
- lógica, 506
- Sensores e controladores, 646
 de fim de curso, 647
 de nível, 646
 de presença, 647
 óptico, 647
- Sistemas)
 coletor de óleo, 582
 de aterramento, 98
 IT, 105
 TN, 99
 -C, 103
 C-S, 104
 -S, 99
 TT, 104
- de base e valores por unidade, 235, 236
 corrente base, 237
 impedância
 base, 237
 por unidade ou *pu*, 237
- de co-geração, 778
bottoming cycle, 785
 motor
 a ciclo diesel, 784
 a gás natural, 783
 produção
 de água gelada e/ou ar frio, 779
 de água quente, 778
 de ar quente, 779
 de dióxido de carbono, 779
 de vapor, 778
topping cycle, 784
 turbina a gás natural, 781
 produção de energia elétrica e ar quente para processo, 782
 produção de energia elétrica e vapor industrial, 781
 produção de energia elétrica e vapor para refrigeração e água quente, 781
 produção de energia elétrica, gás quente e água quente, 782
- de distribuição, 96
 sistema de condutores vivos, 96
- monofásico a dois condutores (F-N), 97
 monofásico a três condutores, 97
 trifásico a cinco condutores (3F-N-T), 98
 trifásico a quatro condutores (3F-N), 98
 trifásico a três condutores (3F), 97
- de iluminação externa, 59
 de partida de motores, 315
 partida através da chave estrela-triângulo, 316
 desvantagens, 316
 vantagens, 316
 partida direta, 315
- de proteção contra descargas atmosféricas – SPDA, 608
 estruturas comuns, 608
 captor, 609
 condutor de descida, 611
 conexão de medição, 615
 eletrodo de terra, 612
 isolador, 610
 ligações equipotenciais, 613
 mastro ou haste, 610
 proximidades do SPDA com outras estruturas, 615
- estruturas especiais, 615
 chaminés com altura superior a 20 m, 616
 chaminés construídas em chapa de aço, 615
 estruturas contendo líquidos ou gases inflamáveis, 616
- de supervisão e controle (SSC)
 centralizado, 655
 uso de relés
 convencionais, 655
 digitais, 657
- distribuído, 657
 uso de relés
 convencionais, 657
 digitais, 658
- primário de distribuição interna, 6
 radial com recurso, 6
 radial simples, 6
 primário de suprimento, 5
 radial com recurso, 5
 radial simples, 5
- secundário de distribuição, 7
 circuitos
 de distribuição, 8
 terminais de motores, 7
 constituição dos circuitos terminais e de distribuição, 8
 recomendações gerais sobre projeto de circuitos terminais e de distribuição, 8
- Sobretensões de manobra, 343
 SPDA, 611
 Subestação, 577
 central de transmissão, 577
 de consumidor, 577
 de instalação exterior, 589
 classificação, 589
 subestação aérea em plano elevado, 589
 subestações de instalação no nível do solo, 589
- de subtransmissão, 577
 localização da, 4
 metálica, 584
 classificação, 584
 com transformador com flanges laterais, 584
 com transformador com flanges superior e lateral, 586
 com transformador enclausurado em posto metálico em tela aramada, 586
 transformador e demais equipamentos enclausurados em posto metálico em chapa de aço, 586
- receptora de transmissão, 577
 tipos de, 580
 posto de proteção primária, 581
 posto de transformação, 581
- Substâncias corrosivas ou poluentes, presença de, 10
 Superfícies internas das luminárias, 61
 anodizada, 62
 esmaltada, 61
 pelicular, 62

T

Tarifa média de uma instalação industrial, 28
 horário
 de ponta de carga, 28
 fora de ponta de carga, 28
 período seco, 29
 grupo tarifário convencional, 31
 tarifa azul, 29
 tabela, 30
 tarifa convencional, 29
 tabela, 31
 tarifa de ultrapassagem, 29
 tarifa verde, 29
 tabela, 31
 período úmido, 28
 Temperatura
 ambiente, 10, 119
 da cor, 66
 Tempo
 de aceleração de um motor, 307
 de retorno do investimento, 671, 678
retrofitting, 678
 de rotor bloqueado, 315
 Terminação, 398
 Terminal primário, 398
 Termômetro simples, 432
 carregamento de transformadores, 433
 Tipos de curto-circuito, 238
 bifásico, 238
 fase-terra, 239
 trifásico, 238
 Tipos de ligação, 288
 em dupla tensão, 288
 em estrela, 288
 em tripla tensão nominal, 289
 em uma única tensão, 288
 em triângulo, 288
 Transdutores, 644
 funções de configuração, 645
 transferência de medição, 646
 Transformador(es)
 de corrente, 401
 do tipo
 barra, 402
 bucha, 403
 enrolado, 402
 janela, 402
 núcleo dividido, 403
 para serviço de medição, 403
 carga nominal, 403

classe de exatidão, 403
 corrente dinâmica nominal, 404
 corrente primária nominal, 403
 corrente secundária nominal, 403
 corrente térmica nominal, 404
 fator térmico, 404
 polaridade, 404
 para serviço de proteção, 405
 características elétricas dos TCs de
 proteção, 405
 carga admissível, 406
 classe, 405
 classe A, 405
 classe B, 405
 classe de exatidão, 406
 corrente dinâmica, 407
 corrente térmica, 406
 fator de sobrecorrente, 405
 limite da corrente de curta duração, 406
 de potência, 425
 acessórios, 432
 carregamento, 431
 componentes percentuais da tensão nominal de
 curto-circuito, 427
 dados característicos de transformadores
 trifásicos, 428
 deslocamento angular, 430
 ligação de transformadores trifásicos, 431
 líquido isolante, 430
 potência nominal, 426
 regulação, 429
 tanque ou carcaça, 431
 tensão nominal, 426
 de curto-circuito, 427
 de potencial, 408
 características elétricas dos, 410
 carga nominal, 410
 cargas nominais padronizadas dos TPs, 410
 classe de exatidão, 410
 polaridade, 410
 potência térmica, 410
 tensão nominal primária, 410
 tensão nominal secundária, 410
 tensão suportável de impulso (TSI), 410
 cargas de aparelhos de medição, 409

Túneis, 167

U

USCA, 765
 Usinas de geração, 718

quanto ao tipo de combustível, 719
 biomassa, 721
 gás de processos industriais, 722
 gás natural, 721
 óleo diesel, 719
 quanto ao tipo de máquina primária, 722
 motor a ciclo diesel, 722
 motor a gás natural (ciclo Otto), 722
 turbina a gás natural, 724
 turbina a vapor, 728
 Usinas termelétricas, 730
 a motor a gás natural, 745
 custos médios operacionais de usinas a motor a
 gás natural, 751
 custos operacionais, 747
 determinação da potência nominal, 747
 informações técnicas de unidades de geração a
 gás natural, 750
 com turbinas a gás natural, 756
 usinas de ciclo aberto, 756
 chaminé dos gases exaustos, 757
 gerador, 757
 tomada de gás, 757
 turbina a gás natural, 757
 usinas de ciclo combinado, 759
 determinação do consumo de gás, 761
 poder calorífico inferior, 762
 poder calorífico superior, 762
 motor com combustível líquido, 731
 de autoprodução, 732
 de co-geração, 734
 de emergência, 734
 determinação da potência nominal, 731
 informações técnicas, 733
 reatância dos geradores, 737

V

Valor(es)
 de partida dos motores, determinação dos, 36
 econômico, 682
 seção do condutor, 682
 seção econômica de um condutor, 682
 presente líquido, 671
 Ventilação industrial, 706
 Vibrações, 11
 Voltímetro, 439