

ÍNDICE

Tema abordado	Página
I. Natureza das sobretensões, classificação dos isolamentos, efeitos das sobretensões sobre os solamentos e princípios básicos de coordenação do isolamento	1
I.1 Natureza das sobretensões	1
I.1.1 Sobretensões temporárias	2
I.1.2 Sobretensões de frente lenta	5
I.1.3 Sobretensões de frente rápida	6
I.1.4 Sobretensões de frente muito rápida	7
I.2 Classificação da isolação e efeito das sobretensões sobre os isolamentos	8
I.3 Princípios básicos de coordenação do isolamento	18
I.3.1 Método estatístico de coordenação do isolamento	18
I.3.2 Método determinístico (ou convencional) de coordenação do isolamento	19
I.4 Referências bibliográficas	23
II Evolução dos dispositivos de proteção contra sobretensões	27
II.1 Centelhadores com dielétrico de ar	28
II.2 Pára-raios tipo expulsão	29
II.3 Pára-raios de Carbetto de Silício (SiC)	30
II.4 Pára-raios de Óxido de Zinco (ZnO) sem centelhadores	31
II.5 Pára-raios de Óxido de Zinco (ZnO) com centelhadores	32
II.6 Pára-raios de Óxido de Zinco ZnO com invólucro polimérico	33
III Aplicação de pára-raios	37
III.1 Terminologia aplicada aos pára-raios	37
III.1.1 Tensão nominal	37
III.1.2 Máxima tensão contínua de operação	37
III.1.3 Corrente de referência	37
III.1.4 Tensão de referência	38
III.1.5 Disrupção	38
III.1.6 Tensão disruptiva	38
III.1.7 Corrente de descarga	38
III.1.8 Corrente de descarga nominal do pára-raios	39

Tema abordado	Página
III.1.9 Tensão residual	39
III.1.10 Corrente de seguimento ou corrente subsequente	39
III.1.11 Capacidade de absorção de energia	39
III.1.12 Estabilidade térmica do pára-raios	40
III.2 Classificação dos pára-raios	40
III.2.1 Pela corrente de descarga nominal	40
III.2.2 Pela classe de descarga de linhas de transmissão ou corrente de longa duração	41
III.2.3 Pela classe de alívio de sobrepressão ou corrente suportável de falta	41
III.3 Característica de proteção dos pára-raios	43
III.3.1 Característica de proteção dos pára-raios com centelhadores	43
III.3.2 Característica de proteção dos pára-raios sem centelhadores	44
III.4 Princípio de operação dos pára-raios	46
III.4.1 Princípio de operação dos pára-raios com centelhadores	46
III.4.2 Princípio de operação dos pára-raios sem centelhadores	48
III.5 Critérios para seleção e aplicação dos pára-raios na proteção dos sistemas elétricos	57
III.6 Referências bibliográficas	72
IV. Pára-raios para aplicação em redes de distribuição	74
IV.1 Aspectos construtivos	74
IV.2 Critérios básicos para seleção dos pára-raios para redes de distribuição	79
IV.3 Análise do efeito dos cabos de ligação na proteção dos equipamentos	85
IV.4 Referências bibliográficas	87
V. Pára-raios para aplicação em subestações	88
V.1 Aspectos construtivos	88
V.1.1 Pára-raios de ZnO com invólucro de porcelana	89
V.1.2 Pára-raios de ZnO com invólucro polimérico	90
V.2 Desempenho dos pára-raios instalados em subestações	96
V.3 Critérios para a seleção e aplicação dos pára-raios para subestações	100

Tema abordado	Página
V.3.1 Seleção dos pára-raios adequados e determinação das suas características de proteção	100
V.3.2 Seleção ou determinação da suportabilidade da isolação	112
V.3.3 Avaliação da coordenação do isolamento	112
V.4 Referências bibliográficas	118
Anexo: Método sugerido pelo Guia de Aplicação de Pára-raios Texto original desenvolvido e proposto pela Comissão de Estudos CE 37-4 do COBEI / ABNT	119
VI Descargas atmosféricas em linhas de transmissão	129
VI.1 Aspectos a serem considerados no estudo da incidência de descargas atmosféricas em linhas de transmissão	129
VI.1.1 Característica das descargas e frequência de ocorrência	129
VI.1.2 Parâmetros característicos das correntes de descarga	133
VI.2 Descargas atmosféricas em linhas de transmissão	137
VI.2.1 Incidência das descargas atmosféricas diretas em linhas de transmissão	137
VI.2.2 Desempenho das linhas de transmissão devido a descargas atmosféricas	140
VI.2.2.1 Descargas incidindo diretamente sobre linhas de transmissão sem cabos pára-raios	141
VI.2.2.2 Descargas incidindo diretamente sobre linhas de transmissão com cabos pára-raios	145
VI.2.2.3 Efeito das descargas atmosféricas em caso de falha de blindagem de linhas protegidas com cabos pára-raios	158
VI.2.2.4 Tensões induzidas por descargas atmosféricas incidindo nas proximidades das linhas de transmissão e redes de distribuição	158
VI.3 Referências bibliográficas	160
VII Métodos empregados para a melhoria do desempenho das linhas de transmissão	162
VII.1 Aumento da isolação das linhas de transmissão	163
VII.2 Melhoria do sistema de aterramento	165
VII.3 Instalação de cabos pára-raios e/ou melhoria do ângulo de blindagem	167
VII.4 Pára-raios	168

Tema abordado	Página
VII.5 Referências bibliográficas	169
VIII Pára-raios para aplicação em linhas de transmissão	170
VIII.1 Histórico	170
VIII.2 Princípio de funcionamento dos pára-raios de linha	171
VIII.3 Aplicação e localização dos pára-raios	174
VIII.3.1 Aplicação de pára-raios em estruturas localizadas em regiões com solos de elevada resistividade	176
VIII.3.2 Aplicação de pára-raios em estruturas localizadas em regiões montanhosas	176
VIII.3.3 Aplicação de pára-raios em estruturas localizadas próximas às subestações	176
VIII.3.4 Aplicação de pára-raios em linhas novas	177
VIII.3.5 Aplicação de pára-raios em linhas existentes	178
VIII.4 Experiência das empresas brasileiras na instalação e no desempenho de pára-raios de linha	179
VIII.5 Estudo de caso: análise de uma Linha de transmissão de 230 Kv	182
VIII.5.1 Estudo de desempenho da linha	184
VIII.5.2 Estudo de capacidade de absorção de energia pelos pára-raios	188
VIII.5.3 Estudo simplificado de análise de investimento	189
VIII.6 Referências bibliográficas	190
IX Ensaios em pára-raios	192
IX.1 Classificação dos ensaios	192
IX.1.1 Ensaios de tipo	192
IX.1.2 Ensaios de rotina	192
IX.1.3 Ensaios de recebimento	192
IX.2 Normas técnicas aplicáveis a ensaios em pára-raios	192
IX.2.1 Ensaios aplicados a pára-raios com centelhadores	194
IX.2.2 Ensaios aplicados a pára-raios sem centelhadores	195
IX.3 Verificação das características de proteção e de operação	196
IX.3.1 Ensaios de verificação das características de proteção	197
IX.3.2 Ensaios de verificação das características de operação	201
IX.4 Ensaios aplicáveis a pára-raios poliméricos	210
IX.5 Referências bibliográficas	210

Tema abordado	Página
X Monitoramento e diagnóstico de pára-raios	212