MANUEL BOLOTINHA

2.ª Edição

Subestações

Projecto, Construção, Fiscalização

engebook

AUTOR
Manuel Bolotinha

TÍTULO
Subestações: Projecto, Construção, Fiscalização – 2.ª Edição

EDIÇÃO
Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.
E-mail: geral@quanticaeditora.pt . www.quanticaeditora.pt
Praça da Corujeira n.º 38 · 4300-144 PORTO

CHANCELA
Engebook – Conteúdos de Engenharia

DISTRIBUIÇÃO
Booki – Conteúdos Especializados
Tel. 220 104 872 · Fax 220 104 871 · info@booki.pt – www.booki.pt

PARCEIRO DE COMUNICAÇÃO
oelectricista – Revista Técnica

REVISÃO
Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

DESIGN
Diana Vila Pouca
Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

IMPRESSÃO
Espanha, janeiro de 2019

DEPÓSITO LEGAL
443728/18

SEJA ORIGINAL!
DIGA NÃO À CÓPIA
RESPEITE OS DIREITOS DE AUTOR

A **cópia ilegal** viola os direitos dos autores.
Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2018 | Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.
Todos os direitos reservados a Publindústria, Produção de Comunicação, Lda. para a língua portuguesa.
A reprodução desta obra, no todo ou em parte, por fotocópia ou qualquer outro meio, seja eletrónico, mecânico ou outros, sem prévia autorização escrita do Editor, é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infrator.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, no todo ou em parte, sob qualquer forma ou meio, seja eletrónico, mecânico, de fotocópia, de gravação ou outros sem autorização prévia por escrito do autor.

Este livro não se encontra em conformidade com o novo Acordo Ortográfico de 1990.

CDU
621.3 Engenharia Elétrica

ISBN
Papel: 9789898927125
E-book: 9789898927132

Catalogação da Publicação
Família Eletrotecnia
Subfamília Produção, Transporte e Distribuição de Energia Elétrica

ÍNDICE

	SIGLAS E ACRÓNIMOS	**XI**
	ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS	**XIII**
1.	**CONCEITOS GERAIS DE SUBESTAÇÕES**	**1**
1.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.2	TENSÕES DE SERVIÇO	2
1.3	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA NO AR	3
1.4	CONFIGURAÇÕES DE SUBESTAÇÕES	3
1.5	TIPOS CONSTRUTIVOS	8
1.6	TRABALHOS A REALIZAR	14
1.7	TIPOS DE DEFEITOS	15
1.8	DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS	16
2.	**ORGANIZAÇÃO DO ESTALEIRO E PREPARAÇÃO DOS TRABALHOS**	**25**
2.1	NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS	25
2.2	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	25
2.3	ORGANIZAÇÂO DO ESTALEIRO	25
2.4	PREPARAÇÃO DOS TRABALHOS	25
2.5	MEDIDAS DE SEGURANÇA E SAÚDE	26
2.6	INFRA-ESTRUTURAS DE ESTALEIRO	26
3.	**CONSTRUÇÃO CIVIL**	**29**
3.1	TRABALHOS A REALIZAR	29
3.1.1	Trabalhos gerais	29
3.1.2	Trabalhos no Parque Exterior da Subestação	29
3.1.3	Construção de Edifícios Técnicos	29
3.2	TOLERÂNCIAS ADMISSÍVEIS	30
3.3	REGULAMENTOS APLICÁVEIS	30
4.	**EMBALAGEM, TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS**	**33**
4.1	NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS	33
4.2	DOCUMENTAÇÃO	33
4.3	EMBALAGEM	33
4.4	TRANSPORTE	34
4.5	O PROBLEMA DO TRANSPORTE DOS TRANSFORMADORES	34
4.6	ARMAZENAMENTO	35

5. ESTRUTURAS METÁLICAS 37
5.1 ÂMBITO 37
5.2 NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS 37
5.3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 38
5.4 PROCEDIMENTO DE MONTAGEM 38

6. BARRAMENTOS E LIGADORES 41
6.1 ÂMBITO 41
6.2 NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS 41
6.3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 41
6.4 PROCEDIMENTO DE MONTAGEM 41
6.4.1 Materiais utilizados 41
6.4.2 Colunas e Cadeias de isoladores 43
6.4.3 Ligadores 45

7. TERRAS E PROTECÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS 49
7.1 TENSÕES DE PASSO E DE CONTACTO 49
7.2 CÁLCULO E CONSTITUIÇÃO DA REDE DE TERRAS 50
7.3 SISTEMA DE PROTECÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS 53
7.4 NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS 53
7.5 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 53
7.6 PROCEDIMENTO DE MONTAGEM 54

8. EQUIPAMENTOS DE MAT E AT 59
8.1 CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS MAT E AT 59
8.1.1 Geral 59
8.1.2 Transformadores MAT/MAT e MAT/AT 59
8.1.3 Disjuntores 74
8.1.4 Seccionadores 76
8.1.5 Transformadores de medida de tensão 79
8.1.6 Transformadores de medida de intensidade 82
8.1.7 Transformadores de medida combinados 86
8.1.8 Sensores ópticos de tensão e corrente. 86
8.1.9 Descarregadores de sobretensões 88
8.1.10 Condensadores de acoplamento e bobinas tampão 89
8.1.11 Reactâncias de neutro 90
8.1.12 Impedâncias limitadoras de curto-circuito 91
8.1.13 Shunt reactors 93
8.1.14 Baterias de condensadores 93
8.1.15 Blocos extraíveis 94
8.2 NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS 95
8.3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 95
8.4 PROCEDIMENTO DE MONTAGEM 96
8.5 TOLERÂNCIAS ADMISSÍVEIS 96

9. QUADROS DE MÉDIA TENSÃO 99
9.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS 99
9.2 TIPOS DE QUADROS MT 100
9.2.1 Metal-Enclosed 100
9.2.2 Metal Clad 101
9.2.3 Ring Main Unit (RMU) 102
9.3 EQUIPAMENTO MT – TIPOS E CARACTERÍSTICAS 102
9.4 NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS 105
9.5 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 105
9.6 PROCEDIMENTO DE MONTAGEM 105

10. CABOS E CAMINHOS DE CABOS 107
10.1 DEFINIÇÕES E CARACTERÍSTICAS 107
10.2 NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS 111
10.3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 111
10.4 PROCEDIMENTO DE MONTAGEM 111
10.4.1 Cabos 111
10.4.2 Caminhos de cabos 114

11. SISTEMA DE COMANDO CONTROLO E PROTECÇÃO 119
11.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO 119
11.1.1 Princípios Gerais 119
11.1.2 Comando e controlo 122
11.1.3 Protecção 123
11.1.4 Religação 125
11.1.5 Teleprotecção e teledisparo 128
11.1.6 Oscilopertubografia 129
11.1.7 Medida 131
11.2 NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS 132
11.3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 132

12. SERVIÇOS AUXILIARES DE CORRENTE ALTERNADA 135
12.1 FUNÇÕES E CONSTITUIÇÃO DOS SERVIÇOS AUXILIARES DE CORRENTE ALTERNADA 135
12.1.1 Geral 135
12.1.2 Filosofia e constituição dos SACA 135
12.1.3 Transformador dos Serviços Auxiliares (TSA) 136
12.1.4 Grupo Gerador de Emergência 136
12.2 NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS 139
12.3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 139
12.4 PROCEDIMENTO DE MONTAGEM 139

13. SERVIÇOS AUXILIARES DE CORRENTE CONTÍNUA 141
13.1 FUNÇÕES E CONSTITUIÇÃO DOS SERVIÇOS AUXILIARES DE CORRENTE CONTÍNUA 141
13.1.1 Geral 141
13.1.2 Formação de polaridades de comando e controlo 141
13.1.3 Conjunto bateria – rectificador 142
13.1.4 Quadro dos Serviços Auxiliares de Corrente Contínua (QSACC) 144
13.2 NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS 144
13.3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 144
13.4 PROCEDIMENTO DE MONTAGEM 144

14. INSTALAÇÕES COMPLEMENTARES DOS EDIFÍCIOS 147
14.1 NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS 147
14.2 DOCUMENTAÇÃO 147
14.3 DESCRIÇÃO DAS INSTALAÇÕES COMPLEMENTARES 147
14.4 DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS A REALIZAR 148
14.4.1 IEG 148
14.4.2 AVAC 148
14.4.3 SES 148

15. INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS EXTERIORES 151
15.1 NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS 151
15.2 DOCUMENTAÇÃO 151
15.3 DESCRIÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS EXTERIORES 151
15.4 DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS A REALIZAR 151

16. PLANO DE INSPECÇÕES E ENSAIOS 153
16.1 ORGANIZAÇÃO DOS ENSAIOS 153
16.2 PRINCÍPIOS DO PLANO DE INSPECÇÕES E ENSAIOS 155
16.3 ESTABELECIMENTO DO PLANO DE INSPECÇÃO E ENSAIOS 155
16.4 TERMINOLOGIA 157
16.5 CONTEÚDO DO RELATÓRIO DE ENSAIO 157

17. ENSAIOS E COMISSIONAMENTO 159
17.1 NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS 159
17.2 DOCUMENTAÇÃO 159
17.3 ENSAIOS EM FÁBRICA (FAT) 159
17.4 ENSAIOS EM OBRA E COMISSIONAMENTO 160
17.4.1 Recepção dos equipamentos em obra 160
17.4.2 Ensaios em obra (SAT) e de funcionamento da instalação 160
17.4.3 Ensaios para verificação de defeitos no núcleo e nos enrolamentos devidos a impactos mecânicos 163
17.4.4 Aparelhos de medida e outros equipamentos utilizados nos ensaios 164
17.4.5 Não Conformidades 166

18. SEGURANÇA 169
18.1 OS EFEITOS DA CORRENTE ELÉCTRICA NO CORPO HUMANO 169
18.2 COMUNICAÇÃO PRÉVIA DE ABERTURA DE ESTALEIRO 172
18.3 TÉCNICO DE HIGIENE E SEGURANÇA 172
18.4 EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO 173
18.5 LEGISLAÇÃO, NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS 176
18.6 DOCUMENTAÇÃO 177

19. MEIOS DE MONTAGEM – FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS 179

ANEXOS 187

ANEXO 1 – RELAÇÃO DE NORMAS RELEVANTES 189
A1.1 NORMAS EN, NP, NP HD E NP EN 189
A1.2 NORMAS IEC 190
A1.3 NORMAS AMERICANAS 192
A1.4 OUTRAS NORMAS 195

ANEXO 2 – FORMULÁRIO E CARACTERÍSTICAS E VALORES TIPO PARA CÁLCULO 197
A2.1 ESFORÇO TÉRMICO DE CURTO-CIRCUITO – FACTORES “m” E “n”
A2.2 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS E MECÂNICAS DE BARRAS E TUBOS CONDUTORES 198
A2.2.1 Barra de cobre 198
A2.2.2 Barra de alumínio 198
A2.2.3 Tubo de cobre 199
A2.2.4 Tubo de alumínio 199
A2.2.5 Correcção de temperatura 200
A2.2.6 Valor máximo da tensão mecânica admissível (σ02) 200
A2.3 IMPEDÂNCIAS EQUIVALENTES TÍPICAS DE EQUIPAMENTOS 201
A2.3.1 Introdução 201
A2.3.2 Geradores 201
A2.3.3 Transformadores e reactâncias 201
A2.3.4 Cabos de potência 202
A2.3.5 Impedâncias homopolares 202
A2.4 REDE DE TERRAS – RESISTIVIDADE DO SOLO 203

ANEXO 3 – ÍNDICES DE PROTECÇÃO DOS EQUIPAMENTOS 205
A3.1 INTRODUÇÃO 205
A3.2 ÍNDICE DE PROTEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS CONTRA A PENETRAÇÃO DE CORPOS SÓLIDOS E DE ÁGUA 205
A3.3 ÍNDICE DE PROTEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS CONTRA OS IMPACTOS MECÂNICOS 206

ANEXO 4 – SISTEMA DE UNIDADES **207**

ANEXO 5 – ÍNDICES DE PROTECÇÃO DOS EQUIPAMENTOS **209**
A5.1 INTRODUÇÃO 209
A5.2 APLICAÇÃO DA CORRENTE CONTÍNUA NO TRANSPORTE DE ENERGIA 209
A5.3 SUBESTAÇÕES 211

BIBLIOGRAFIA **215**

1. CONCEITOS GERAIS DE SUBESTAÇÕES

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

As Subestações (*SE*) MAT/MAT e MAT/AT não integradas nas centrais eléctricas estão incorporadas na Rede de Transporte de Energia (Rede Primária), enquanto as Subestações AT/MT integram a Rede de Distribuição de Energia, o que se ilustra na Figura 1.

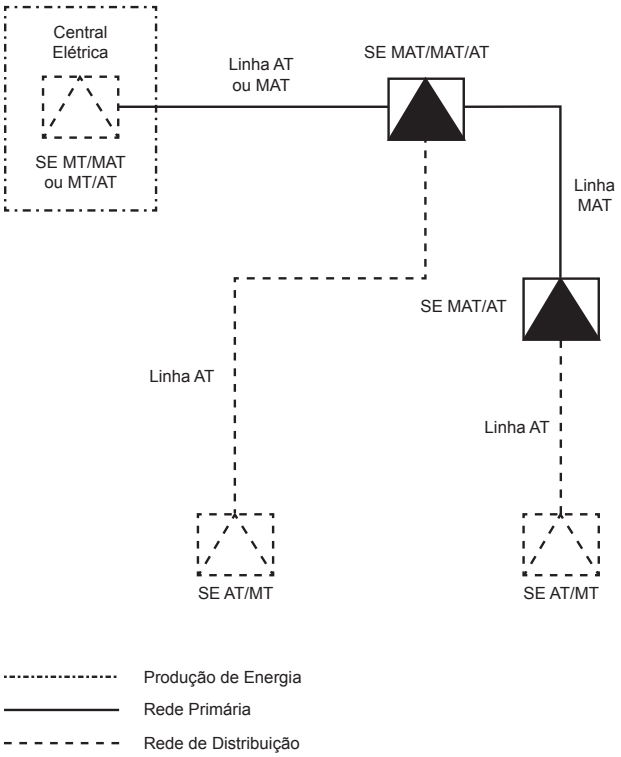


Figura 1 – Esquema simplificado da Rede Primária

Em Portugal as Subestações MAT/MAT e MAT/AT são propriedade da REN, enquanto as Subestações AT/MT são propriedade da EDP.

Existem situações em que no mesmo local das subestações MAT/AT existem painéis AT pertencente à EDP, quando este concessionário alimenta directamente em AT clientes industriais que necessitam de um valor elevado de potência a alimentar.

Nas Subestações MAT/MAT e MAT/AT existem igualmente instalações MT, destinadas à alimentação do(s) Transformador(es) dos Serviços Auxiliares de Corrente Alternada.
Alguns clientes industriais, cujo consumo de energia eléctrica é elevado (cimenteiras, siderur-

Nas subestações existem, fundamentalmente, os seguintes tipos de painéis, compostos principalmente pelos equipamentos de protecção (disjuntores), isolamento (seccionadores), medida (transformadores de tensão e de intensidade) e descarregadores de sobretensões.

– Painel Linha.
– Painel(éis) de Transformador.
– Painel de Inter-Barras e/ou Tensão de Barras e /ou Seccionador de terra de barras e /ou seccionador de bypass.
– Painel bateria de condensadores.
– Painel reactâncias de neutro e/ou limitadoras de curto-circuito.

A disposição do equipamento e dos painéis depende da configuração da SE e do tipo de barramento utilizado[7].

Nas Figuras 6 e 7 representam-se a planta e o corte de um painel de uma subestação, e na Figura 8 a disposição do equipamento.

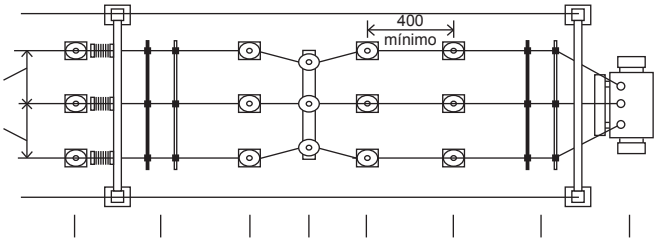


Figura 6 – Planta de uma Subestação

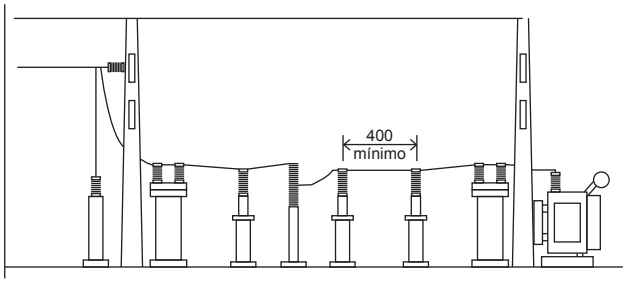


Figura 7 – Corte de uma Subestação

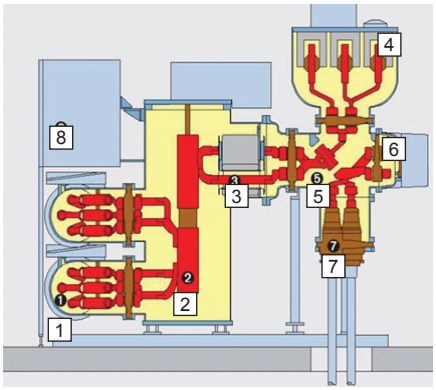
7 *Ver Capítulos 3.4 e 8, respectivamente.*

Figura 8 – Disposição de equipamento numa Subestação do tipo AIS

Os equipamentos MT são instalados normalmente no interior.

Contudo, em situações em que o espaço disponível é escasso, ou o ambiente no qual as subestações são construídas é muito agressivo, os equipamentos são instalados no interior de um invólucro metálico, tendo como elemento isolante o gás SF6, obedecendo ao estipulado na *Norma IEC 62271-203*.

Estas subestações designam-se por *Gas Insulated Substations (GIS),* cujo esquema se representa na Figura 9.



1 Barramento combinado com seccionador e seccionador de terra
2 Disjuntor
3 Transformador de intensidade
4 Transformador de tensão
5 Seccionador com facas de terra
6 Seccionador de terra de segurança
7 Caixa terminal de cabo
8 Armário de comando

Figura 9 – Esquema de um GIS

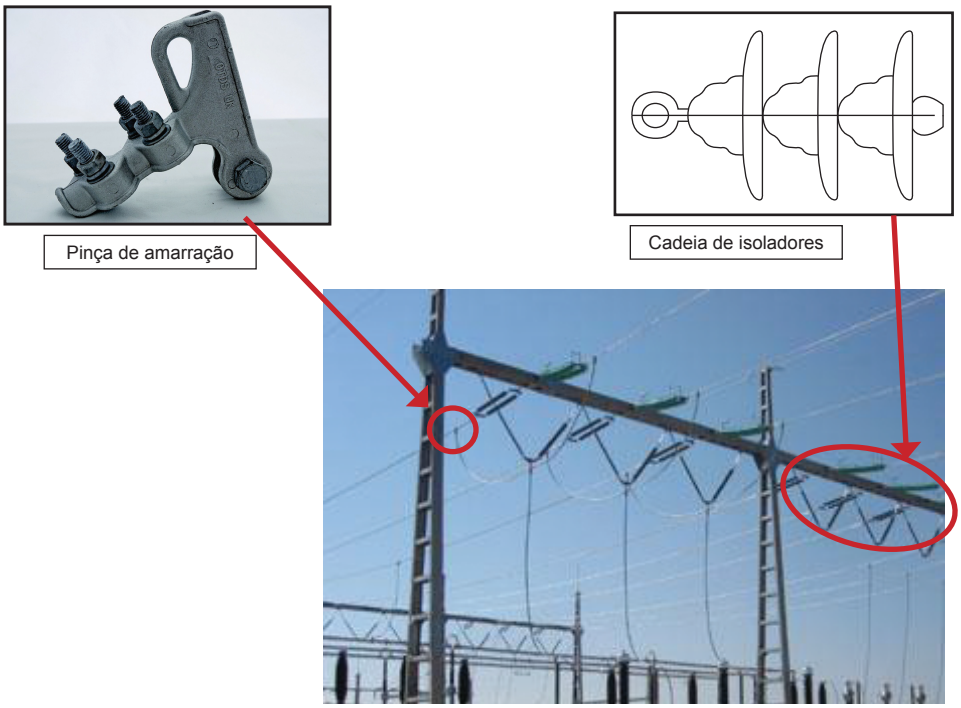


Figura 24 – Cadeias de isoladores e pinças de amarração

A altura das colunas de isoladores e o número de isoladores em cada cadeia dependem não só da tensão da rede, mas também do comprimento mínimo da linha de fuga, para evitar a formação de um arco eléctrico **(disrupção)** entre os condutores activos e as massas metálicas ligadas à terra ("*contornamento*"), tendo em atenção a poluição existente na zona.

Os agentes poluidores que se depositam sobre a superfície dos isoladores, principalmente por acção do vento, são classificados em dois tipos: **poluição salina e poluição industrial**.

A classificação da severidade poluente dos locais, de acordo com as *Normas IEC*, o valor da salinidade suportável e o comprimento da linha de fuga específica são indicados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de salinidade e linhas de fuga específicas

Nível de poluição	Distância ao mar	Salinidade suportável expectável (kg/m^3)	Linha de fuga específica (mm/kV)
Média	>3km	>28	20
Forte	1 a 3km	>80	25
Muito Forte	<1km	>160	31

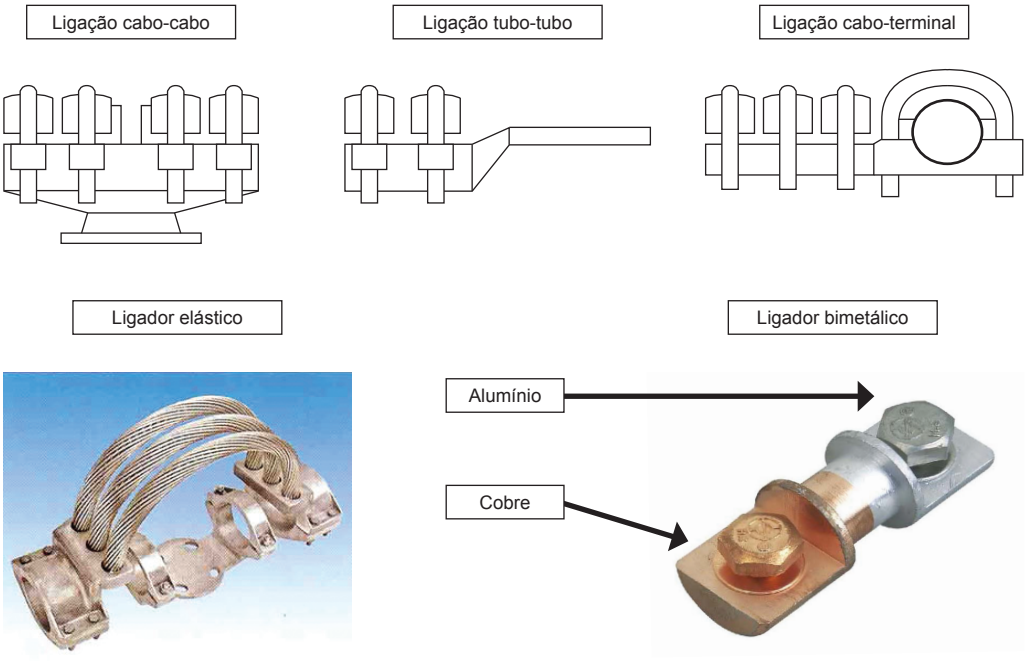


Figura 25 – Exemplos de ligadores

O projecto da subestação deve incluir uma lista de ligadores (ver exemplo na Figura 26) e plantas e cortes com a disposição dos equipamentos e identificação dos ligadores.

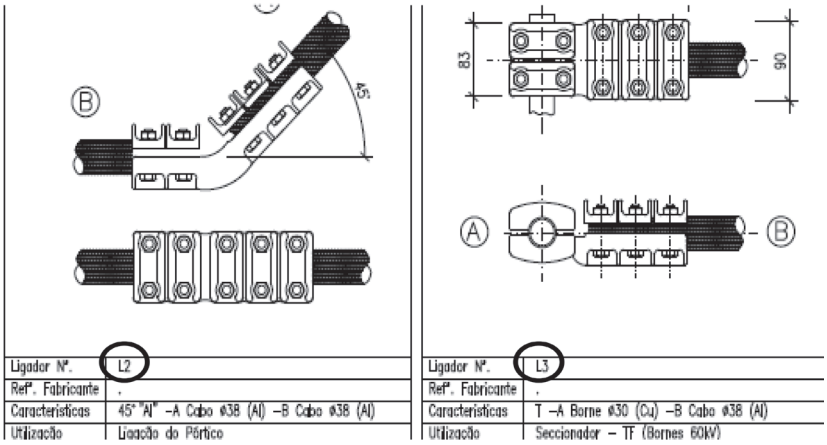


Figura 26 – Exemplo de lista de ligadores

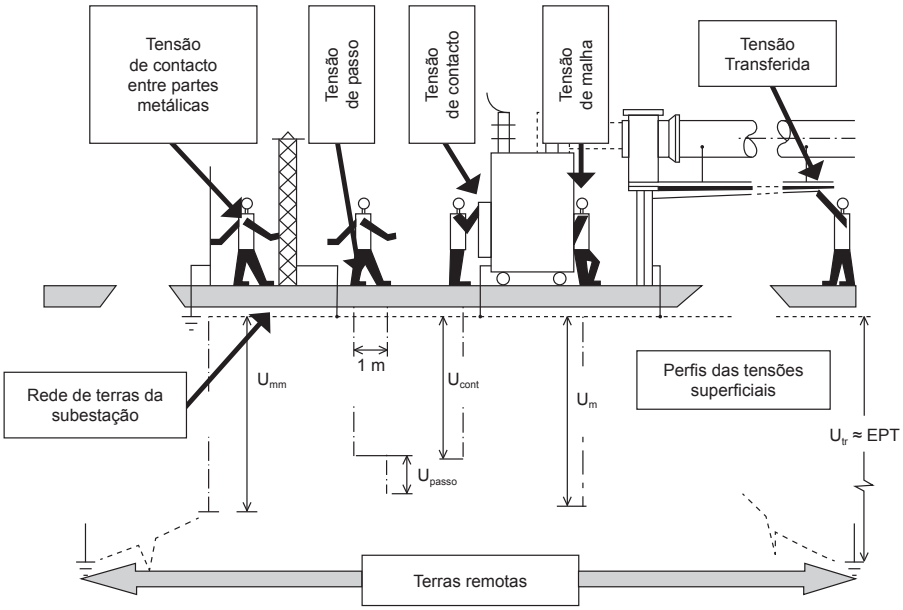


Figura 27 – Tensões de contacto, de passo e transferida

7.2 CÁLCULO E CONSTITUIÇÃO DA REDE DE TERRAS

A rede geral de terra é constituída por uma malha de cabo de cobre nu, enterrado no solo, complementada por varetas de aço revestido a cobre (eléctrodo de terra), tendo com objectivo a segurança das pessoas, limitando as tensões de passo e de contacto a valores não perigosos, mostrando-se na Figura 28 um exemplo.

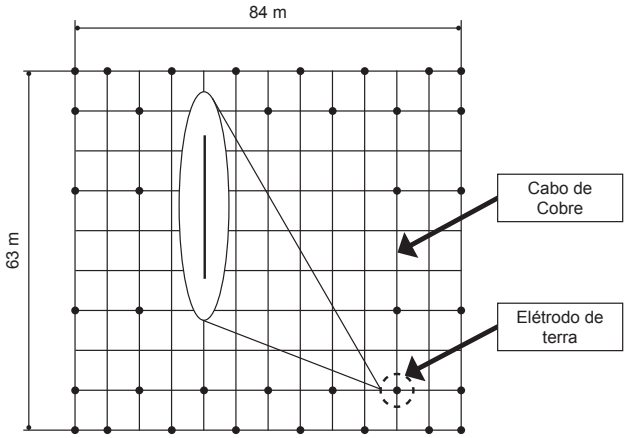


Figura 28 – Malha de terra

7.3 SISTEMA DE PROTECÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

O *sistema de protecção contra descargas atmosféricas* (**SPDA**), também designado por *rede de terras aérea*, é constituído por *cabos de guarda* (habitualmente ***cabo de aço galvanizado*** ou ***cabo alumínio-aço do tipo ACSR*** – *Aluminium Cable Steel Reinforced*) apoiados nas cabeças dos pórticos de amarração de linha ou de apoio dos barramentos tendidos da *SE*, complementada com hastes de descarga (**normalmente pára-raios do tipo Franklin**) igualmente apoiadas nos pórticos.

Nos casos em que não existem pórticos de amarração na *SE* o *SPDA* é realizado por pára-raios do tipo *Franklin* apoiados em estruturas metálicas próprias.

Recomenda-se que o dimensionamento do *SPDA* seja feito de acordo com os métodos preconizados no **"Guia Técnico de Pára-raios"** da *DGEG*.

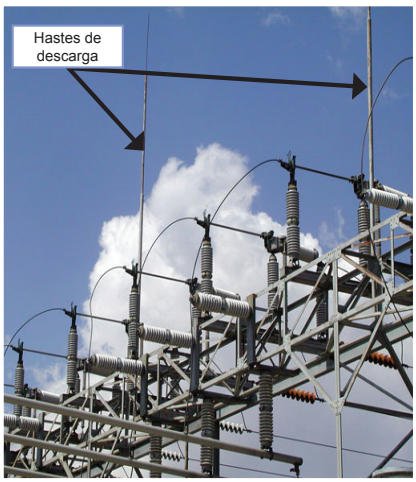


Figura 30 – Hastes de descarga e cabos de guarda

7.4 NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS

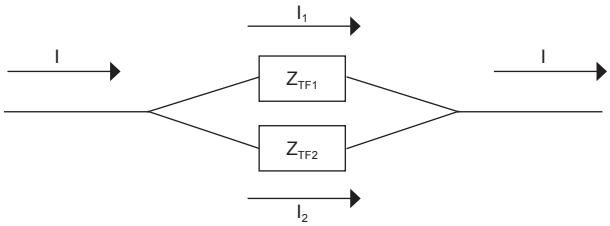
- RSSPTS.
- RSLEAT.
- Normas IEEE Std. 80-2000, Std. 81-1983 e Std. 837 (soldaduras aluminotérmicas).
- Normas ASTM B3, B33, B75, B174, B251 e B466/B466M, para barras e cabos nus.

7.5 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- Caderno de Encargos do D.O.
- Requisitos especiais da Entidade Concessionária (em Portugal, REN ou EDP).

Veja-se o seguinte exemplo:

– Potência total a ser alimentada por dois transformadores em paralelo: 38 MVA (I ≈ 366 A)
– U = 60 kV
– Potência do TF1 (S1) = Potência do TF2 (S2) = 20 MVA
– u_{cc} (TF1) = 1,5 × u_{cc}(TF2) ↔ $Z_{TF1} \approx 1{,}5 \times Z_{TF2}$



Aplicando as leis de Kirchoff pode-se calcular a repartição da carga pelos dois transformadores

$I = I_1 + I_2 \quad \leftrightarrow \quad I_1 = I - I_2$

$Z_{TF1} \times I_1 = Z_{TF2} \times I_2 = 1{,}5 \times Z_{TF2} \times I_1 = 1{,}5 \times Z_{TF2} \times (I - I_2) \quad \leftrightarrow \quad I_2 = (1{,}5/2{,}5) \times I$

$I2 \approx 220\ A \quad \leftrightarrow \quad S_{TF2} \approx 23MVA$

O TF2 tem assim uma sobrecarga permanente de 15%

Um outro tópico que é necessário abordar quando se fala de paralelo de transformadores que têm regulação de tensão em carga, com comando automático a partir do SCCP, um dos transformadores deve funcionar como "*master*" e o(s) restante(s) como "*slave*", devendo ser gerado um alarme caso exista mais do que um transformador com funcionamento como "*master*".

Tipos construtivos

Existem os seguintes tipos de transformadores, classificados quanto ao tipo de dieléctrico:

– Transformadores a óleo com depósito de expansão ou conservador:

Figura 36 – Transformador com conservador

– Transformadores a óleo de enchimento integral (herméticos):

Figura 37 – Transformador hermético

– Transformadores isolados a gás.

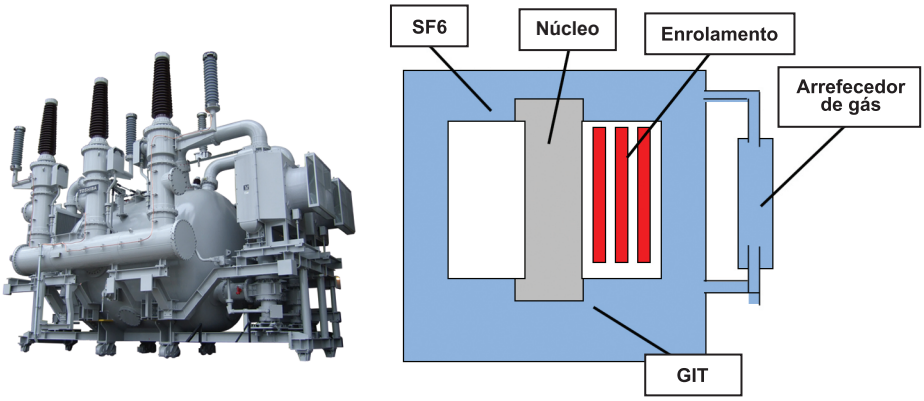


Figura 38 – Transformador isolado a gás

Os transformadores isolados a gás (**GIT** – *Gas Insulated Transformer*) são utilizados quando o espaço disponível para implantar a SE é reduzido, tendo uma aplicação semelhante ao GIS. A potência destes transformadores está limitada a cerca de **60 MVA**, porque o espaço necessário para o sistema de refrigeração do SF6, para potências superiores, atinge dimensões tais que anulam a vantagem da redução de espaço proporcionada pelo GIT.

Montagem

Os transformadores (e autotransformadores) são instalados sobre vigas de betão, onde são montados os carris de rolamento, sobre os quais assenta o rodado; em zonas de forte manifestação sísmica, os rodados serão substituídos por chapas de fixação.

Deverão ser previstos “maciços de tracção”, para a movimentação do transformador.

Sob o transformador será construída uma fossa, para recolha do óleo, em caso de derrame.

A capacidade da fossa deve ser tal que possa conter a totalidade do volume do óleo do transformador, o volume da água da chuva durante o tempo de duração de um presumível incêndio do transformador e o volume da água de combate a incêndios do transformador, caso exista, calculado para o tempo de duração do incêndio.

Associado à fossa deverá existir um separador óleo-água, para evitar que o óleo derramado seja escoado pela rede de drenagem da subestação.

Cada transformador, ou autotransformador, deverá ser separado dos restantes por paredes corta-fogo, devendo ser instalado um sistema automático de extinção de incêndios por água pulverizada, comandado por detectores de chama.

Figura 45 – Paredes corta-fogo (esquerda) e sistema de extinção de incêndios (direita)

Os limites de erro para as classes de precisão *5P e 10P* são os indicados na Tabela 7.

Tabela 7 – Limites de erro para as classes de precisão 5P e 10P

Classe de Precisão	Erro de corrente à corrente nominal primária (%)	Desfasamento à corrente nominal primária		Erro composto à precisão limite à corrente nominal (%)
		Minutos	Centiradianos	
5P	±1	±60	±1,8	5
10P	±3			10

A classe de precisão **PX** é a mais exacta e é habitualmente utilizada para as protecções principais dos equipamentos, sendo a sua especificação a seguinte:

– Corrente nominal primária.
– Relação de transformação (erro máximo: 0,25%).
– Tensão do ponto de saturação da curva de magnetização (*"kneepoint"*).
– Corrente de magnetização.
– Resistência do enrolamento secundário (a 75°C).

Potências de precisão

Os núcleos destinados à contagem de energia possuirão uma potência de precisão normalmente de 2,5 VA.

Os núcleos destinados a medida e registo possuirão uma potência de precisão de 10 VA.

Os núcleos destinados a protecção possuirão uma potência de precisão de 15 ou 30 VA, consoante o tipo de protecções que alimentarão.
De igual modo, dever-se-á ter em conta no cálculo da potência de precisão destes núcleos, além do valor da potência consumida pela carga, o valor da potência consumida pelas ligações aos aparelhos de medida, registo e protecção, uma vez que dada as características das curvas destes aparelhos, caso a potência total não esteja dentro da zona de proporcionalidade, mas sim na zona de saturação, a classe de precisão não será garantida.

Factor de sobrecarga

Uma outra característica importante dos *TIs* é o "Factor de sobrecarga" (**Fs**), que representa o valor máximo do aumento da corrente primária em relação à corrente nominal que o *TI* pode suportar sem ultrapassar a sua capacidade de sobrecarga.

Curva de magnetização

A curva de magnetização é igualmente uma característica importante de um TI, tendo o traçado que se indica na Figura 55.

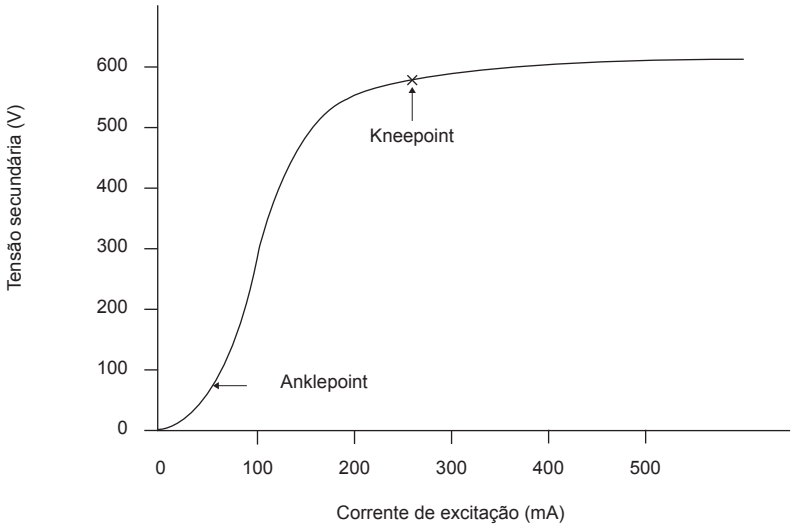


Figura 55 – Curva de magnetização de um TI

A operação satisfatória de um TI deve situar-se na zona linear da curva de magnetização, ou seja abaixo do ponto em que o TI entra em saturação – "*kneepoint*" – que se define como *o ponto em que um aumento de 10% da tensão origina um aumento de 50% da corrente de magnetização*.

Princípios básicos de instalação

Quando se procede à ligação de um *TI* é necessário ter em atenção que quer o primário (pontos de ligação *P1* e *P2*), quer o secundário (pontos de ligação *S1* e *S2*) são ligados para que o sentido da corrente seja o correcto, como se mostra na Figura 56, assegurando assim o bom funcionamento dos equipamentos ligados aos *TIs*.

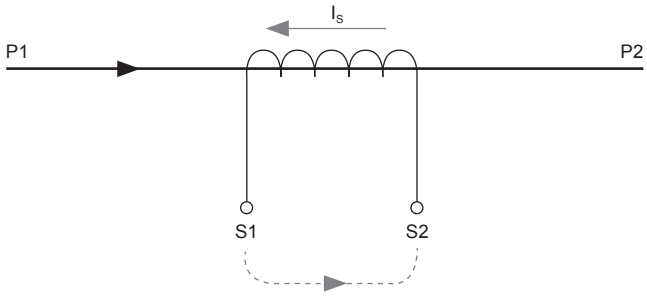


Figura 56 – Ligação de um TI

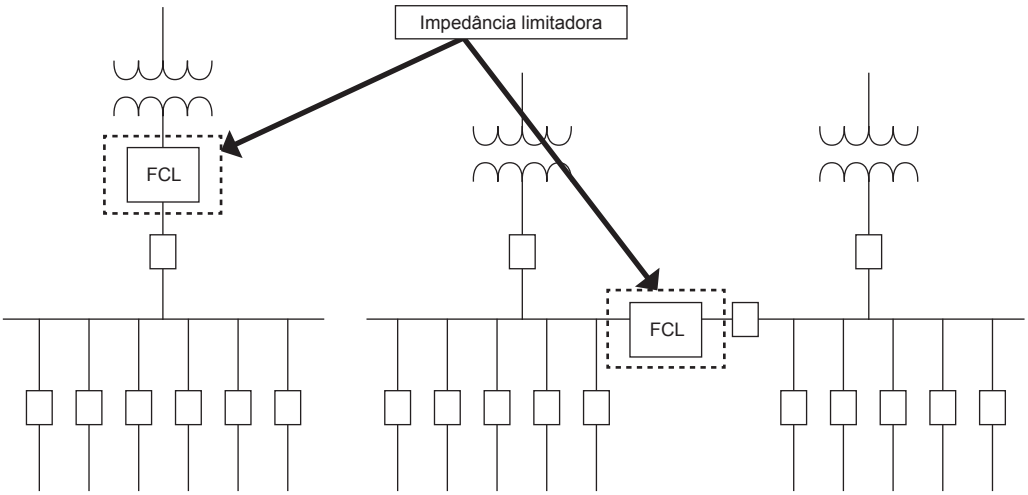


Figura 67 – Instalação de uma impedância limitadora de curto-circuito

As primeiras impedâncias limitadoras eram do tipo "reactância", mas devido às perdas e às quedas de tensão que introduziam na rede, a actual tecnologia é a de utilizar limitadores do tipo *High Temperature Superconductors (HTS)*, que não apresentam aqueles inconvenientes.

Estes equipamentos podem ser do tipo resistivo ou indutivo.

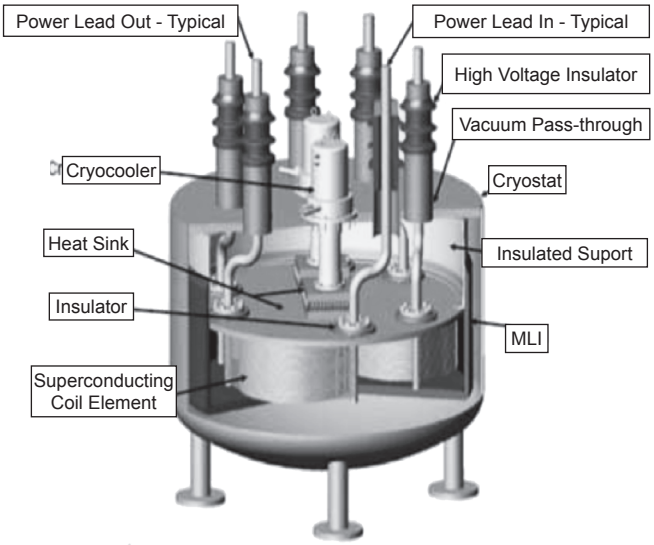


Figura 68 – Limitador do tipo HTS

9. QUADROS DE MÉDIA TENSÃO

9.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os quadros de média tensão (**QMT**) são constituídos por celas modulares, de fabrico normalizado, tendo cada cela quatro compartimentos:

– Barramento.
– Disjuntor.
– Cabos.
– Baixa Tensão.

A Figura 72 representa o esquema construtivo de um QMT e a Figura 73 o exemplo de um esquema unifilar de um QMT:

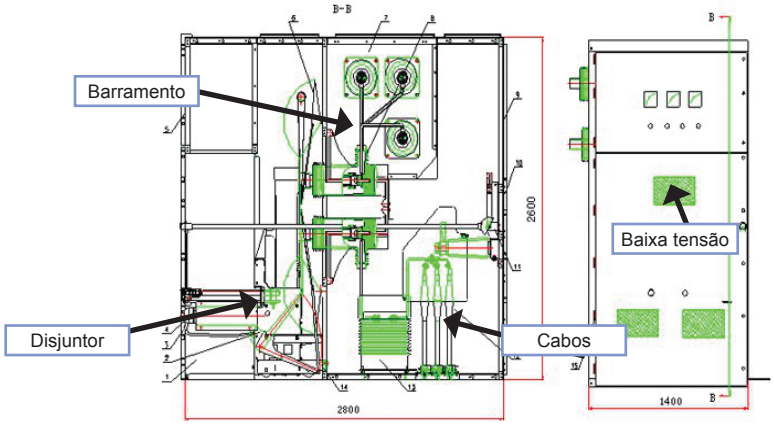


Figura 72 – Esquema construtivo de um QMT

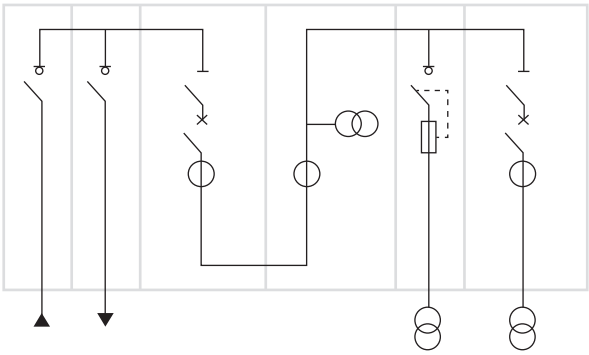


Figura 73 – Esquema unifilar tipo de um QMT

Tabela 8 – Intensidade estipulada dos fusíveis MT para protecção de transformadores

Potência nominal do transformador (kVA)	Tensão de serviço (kV)				
	6 – 7,2	*10 – 12*	*15 – 17,5*	*20 – 24*	*30 – 36*
	Intensidade estipulada dos fusíveis (A)				
50	10-16	10	6,3 - 10	6,3	4 – 6,3
100	16-31,5	16 - 25	16	10	6,3 - 10
125	20-40	16 – 31,5	20	10 - 16	6,3 - 10
160	31,5-50	20 – 31,5	20 - 25	16 - 20	10 - 16
200	31,5-63	25 - 40	20 – 31,5	16 - 20	10 - 16
250	40-80	25 - 40	31,5	16 - 25	10 - 20
500	80-125	50 - 80	40 - 80	25 - 50	20 – 31,5
630	100-160	63 - 100	63 - 100	31,5 - 63	20 - 40
800	125-160	80 - 125	63 - 100	40 - 63	25 - 50
1000	160-200	100 - 160	100	50 - 80	31,5 - 50
1250	250	160	125	80	50

Os disjuntores MT têm as mesmas funções e tipos de comando dos disjuntores AT; o corte é feito em SF6 ou no vácuo, que por questões ambientais tem vindo sucessivamente a conquistar quota de mercado; existem ainda disjuntores de pequeno volume de óleo em serviço.

Os valores habituais das correntes estipuladas, dos disjuntores MT são *400 A, 630 A, 800 A* e *1250 A,* e o poder de corte *12,5 kA, 16 kA, 20 kA* e *25 kA*, dependendo da tensão estipulada e do fabricante.

Figura 78 – Disjuntor extraível de corte no vácuo

Nos cabos de comando e controlo, que para evitar **interferências electromagnéticas**, devido à presença de cabos de potência nas proximidades, é recomendável que aqueles tenham uma **blindagem**, comum a todos os condutores, em cobre. Os condutores serão identificados por números marcados no isolamento, como se representa na Figura 80 (este cabo em Portugal é designado por ***VHV***).

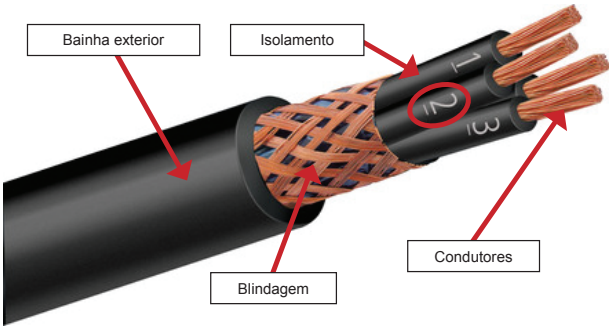


Figura 80 – Cabo de comando e controlo

A secção do cabo deve ser calculada de acordo com os seguintes parâmetros:

– Valor da corrente máxima admissível no cabo, tendo em atenção os factores correctivos devidos ao modo de instalação e à temperatura (ver Anexo 2).
– Queda de tensão.
– Corrente de curto-circuito.

A secção mínima do cabo para suportar os esforços térmicos de curto-circuito é calculada pela seguinte expressão:

$$s = I''_{K3} \times \sqrt{t} / K$$

– I''_{K3}: corrente de curto-circuito trifásico.
– t: tempo de duração do defeito.
– K é um factor que depende do material do condutor e do isolamento:

Condutor	Isolamento	
	PVC	***PEX***
Cobre	115	135
Alumínio	76	94

Os cabos unipolares MAT, AT e MT podem ser instalados em *esteira* ou em *triângulo ou trevo juntivo*.

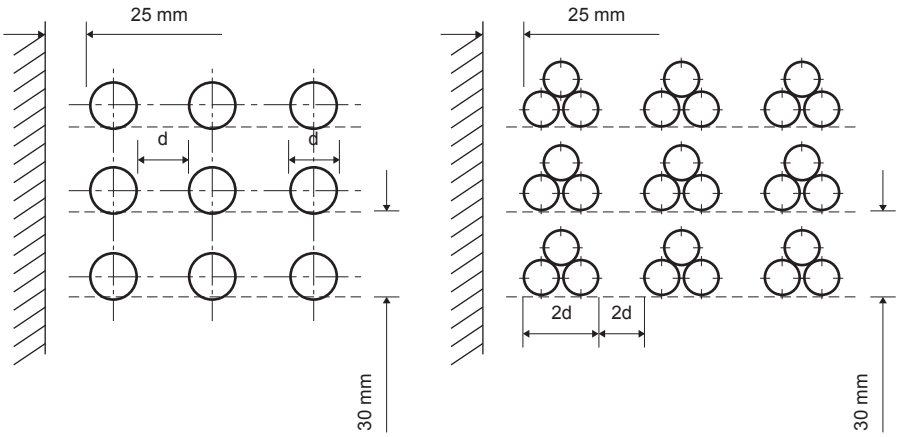


Figura 84 – Instalação de cabos unipolares em esteira (esquerda) e em triângulo ou trevo (direita)

Os cabos devem ser identificados por meio de etiquetas, de acordo com as especificações do D.O., mas pelo menos no início e fim e nas mudanças de direcção. Os cabos de comando e controlo devem ser blindados e serão ligados a réguas de bornes.

Os cabos BT serão ligados aos bornes dos equipamentos (utilizando terminais de cravar) ou a régua de bornes. Os tipos de terminais habitualmente utilizados nos cabos BT e de comando e controlo são:

Terminais de forquilha	Terminais de ponteira	Terminais de cravar

Figura 85 – Terminais para cabos BT e de comando e controlo

Os cabos MAT, AT e MT são ligados aos equipamentos através de caixas de fim de cabo.

Para os cabos MAT, AT e MT, caso o comprimento total do cabo a instalar seja superior às quantidades máximas de fabrico, serão executadas caixas de união de cabos.

Quando instaladas no exterior, as caixas terminais de cabo devem ser providas de **saias** (ver Figura 86), para aumentar o comprimento da linha de fuga, tendo também em atenção a poluição existente na zona.

As caixas terminais e de união de cabos deverão ser executadas por pessoal habilitado para o efeito, de acordo com as instruções do fabricante, e as superfícies dos condutores devem estar limpas e secas, e devem ser executadas de forma a proteger os condutores dos agentes atmosféricas.

Os cabos não utilizados ou a utilizar posteriormente, em bobina no exterior, devem ter as extremidades protegidas contra a acção dos agentes atmosféricos, designadamente contra a penetração de humidade no cabo.

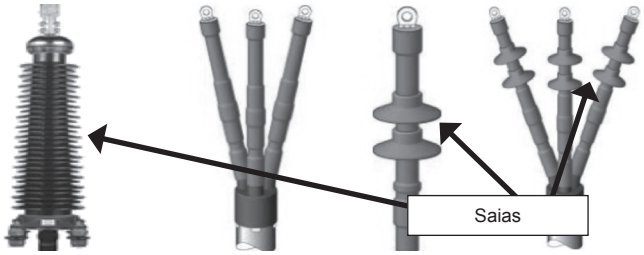


Figura 86 – Caixas terminais de cabo monopolares e tripolares

Figura 87 – Caixa de união de cabo

10.4.2 Caminhos de cabos

As caleiras das subestações são em betão e com tampa, preferencialmente pré-fabricadas, devendo dispor de ferragens (galvanizadas a quente por imersão após fabrico) para suporte dos cabos.

Devem ter sumidouros e uma inclinação adequada para permitir que a água não se acumule na caleira.

Legenda da Figura 92

Cabo multicondutor
Cabo UTP
Cabo de fibra óptica
ES – Ethernet switch
A – Registador de perturbações e acontecimentos; unidades de religação; painéis de alarme.
RTU – Unidade Terminal Remota (*Remote Terminal Unit*)
Exemplos de equipamentos com IED:
Subestações isoladas a gás; quadros de média tensão.
Exemplos de equipamentos sem IED:
Baterias de corrente contínua; grupos geradores de emergência.

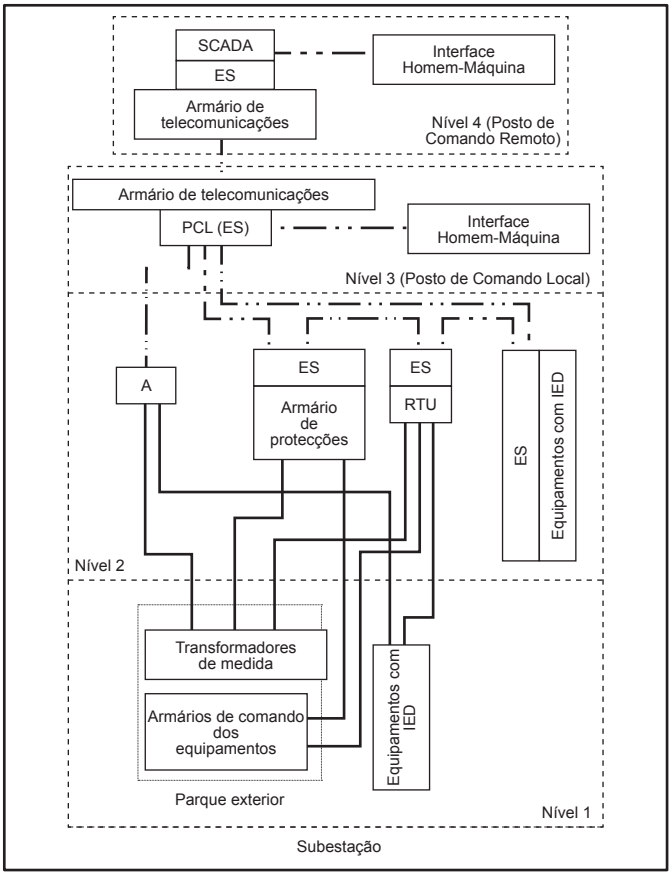


Figura 92 – Arquitectura típica simplificada do sistema de comando, controlo e protecção de uma subestação

– Durante o período de operação com fase aberta imposto pelo tempo morto da religação monopolar, deverão ser bloqueadas as funções direccionais de sobrecorrente de sequências negativa e zero de alta sensibilidade, associadas a esquemas de teleprotecção baseados em lógicas de sobre alcance, caso seja necessário. Durante este período de tempo, qualquer ordem de disparo para o disjuntor, como, por exemplo, vinda das outras fases, deverá ser tripolar, cancelando a religação da linha de transmissão.

Normalmente este tipo de religação é usado apenas nos sistemas MAT.

11.1.5 Teleprotecção e teledisparo

Em caso de defeito numa linha de transmissão, actuará primeiro a protecção de distância que "vir" o defeito mais rapidamente. A fim de evitar que o defeito continue a ser alimentado até que a protecção situada no outro extremo da linha "veja" o defeito, deverá ser implementado um sistema de teleprotecção que provoque o disparo simultâneo do disjuntor do outro extremo da linha.

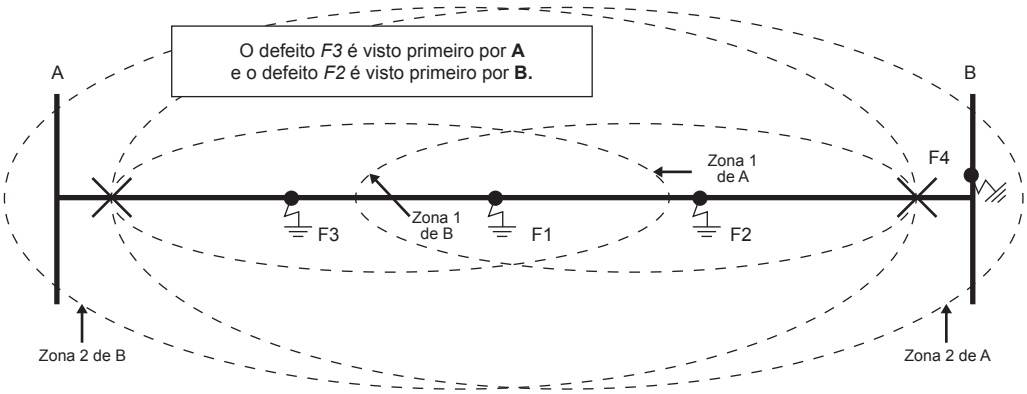


Figura 94 – Actuação das protecções de distância

Os sinais de comando nas interfaces de teleprotecção utilizarão 2 canais bidireccionais.

A lógica de actuação da teleprotecção será configurada pelos relés do sistema de protecção da linha, em função da recepção dos diversos sinais de comando das interfaces de teleprotecção e do sinal associado à perda de canal.

Nos esquemas de teleprotecção devem ser utilizados equipamentos de telecomunicação independentes e redundantes para a protecção principal e alternada, preferencialmente com a utilização de meios físicos de transmissão independentes, de tal forma que a indisponibilidade de uma via de telecomunicação não comprometa a disponibilidade da outra via.

Figura 98 – Quadro BT

12.2 NORMAS E REGULAMENTOS APLICÁVEIS

– RTIEBT.
– Norma IEC 60364 (Sistemas BT de corrente alternada e corrente contínua).
– Norma IEC 61000 (Compatibilidade electromagnética).
– Norma IEC 60529 (Índices de protecção IP).
– Norma IEC 62262 (Índice de protecção IK).
– Normas IEC 60076 (Transformadores), 61100 (Líquidos isolantes).
– Norma IEC 60034 (Grupos geradores).
– Normas IEC 61439 e 60947 (QSACA).

12.3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

– Caderno de Encargos do D.O.
– Instruções dos fabricantes.
– Requisitos especiais da Entidade Concessionária (em Portugal, REN ou EDP).

12.4 PROCEDIMENTO DE MONTAGEM

Os procedimentos de montagem a observar são os seguintes:
– Implantação dos equipamentos nos locais.
– Fixação dos equipamentos.
– A montagem completa do grupo gerador de emergência deverá ser feita por pessoal do fabricante ou do fornecedor.
– O *QSACA* deve conter numa bolsa na porta os esquemas unifilar e de ligações do quadro.
– Ligação dos equipamentos à rede de terras.
– Retoques de pintura.

Documentação Requerida

A Documentação de Entrada (documentos a emitir antes da realização do ensaio) e de Saída (emitida durante e após a realização do ensaio), é a indicada na Tabela 13.

Tabela 13 – Documentação de ensaios

Tipo de Ensaio	Documentos de entrada	Documentos de saída
Ensaio em Fábrica (FAT)	Programa qualitativo e quantitativo Plano de Inspecção e Ensaios, (PIE) Especificações e Procedimentos de Ensaio. Notificação do D.O.	Relatório de Ensaio.
Ensaio Simples	Plano de Inspecção e Ensaios, (PIE) Especificações e Procedimentos de Ensaio.	Relatório de Ensaio. Desenhos “As Built” (“Como Construído”). Manuais de Operação. Manuais de Manutenção. Manuais de Segurança.
Ensaio Integrado	Plano de Inspecção e Ensaios, (PIE) Especificações e Procedimentos de Ensaio.	Relatório de Ensaio.
Ensaio do Sistema	Plano de Inspecção e Ensaios (PIE) Especificações e Procedimentos de Ensaio. Notificação do D.O. Manuais de Operação. Manuais de Manutenção. Manuais de Segurança.	Relatório de Ensaio.

A responsabilidade pela emissão Documentação aqui referida é do ADJC (em conjunto com o Fabricante para os *FAT*).

Intervenção e Participação do D.O.

A intervenção nos ensaios do D.O. é indicada na Tabela 14.

Tabela 14 – Intervenção do D.O. nos ensaios

Item	Requisito
PIE e Especificações e/ou Procedimentos de Ensaio	Devem ser enviados para o D.O. até X dias úteis antes da realização do ensaio.
Notificação da realização do ensaio	Deve ser enviada ao D.O. até Y dias úteis antes da realização do ensaio.
Presença do D.O. ou seus representantes	O D.O. ou seus representantes tem direito a estar presentes em todos os ensaios a realizar.
Relatórios de ensaios	Todos os relatórios de ensaio deverão ser enviados ao D.O. ou seus representantes, para a sua aceitação.

Figura 104 – Equipamento de teste multi-funções

– Equipamento de ensaio de relés e de aparelhos de medida: trata-se de uma fonte programável de injecção de corrente no equipamento a testar, e que nalguns modelos permite também ensaiar as protecções magneto-térmicas e relés de protecção de motores e disjuntores BT:

Figura 105 – Equipamento de ensaio de relés e aparelhos de medida

17.4.5 Não Conformidades

Nas situações em que o resultado dos ensaios não esteja de acordo com os valores definidos pelas Normas ou garantidos pelo fabricante, a fiscalização deverá abrir uma "**Não Conformidade**" e o(s) ensaio(s) em causa têm que ser repetido(s).

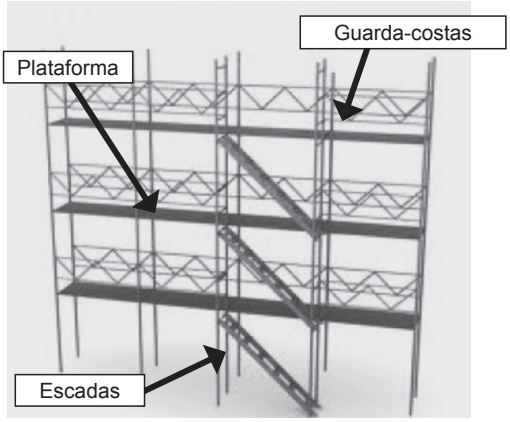


Figura 111 – Andaime

Equipamentos de protecção respiratória habitualmente só são necessários numa subestação quando há suspeita de fuga de SF6, que embora não seja um gás tóxico, degrada-se, formando gases tóxicos quando é submetido a fontes de calor intensas, como o arco eléctrico.

Figura 112 – Equipamento de protecção respiratória

A rede eléctrica de estaleiro deve ser mantida em condições de operacionalidade e segurança, **não sendo permitida a ligação de qualquer máquina ferramenta às tomadas sem a respectiva ficha**.

Para trabalhos de soldadura e de corte de ferro, os trabalhadores devem estar equipados com máscaras de protecção adequadas.

– Jogos de chaves de roquete.

Figura 121 – Jogo de chaves de roquete

– Máquina de dobrar tubo.
– Equipamentos de corte para cabos e tubos.
– Prensa de cravar calibrada, com certificado de calibração válido.

Figura 122 – Prensa de cravar

– Chave dinamométrica calibrada e com o certificado de calibração válido.

Figura 123 – Chave dinamométrica

ANEXO 2 – FORMULÁRIO E CARACTERÍSTICAS E VALORES TIPO PARA CÁLCULO

A2.1 ESFORÇO TÉRMICO DE CURTO-CIRCUITO – FACTORES “m” E “n”

Nas Figuras abaixo estão indicados os valores dos factores *“m”* e *“n”*.

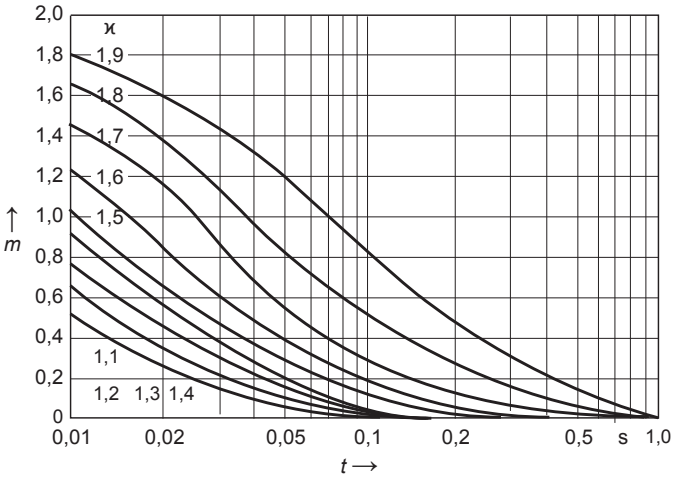


Figura A2.1 – Factor “m”

Notas:

1 – *“t”* é o tempo de defeito

2 – É habitual fazer-se “$\chi = 1,8$”

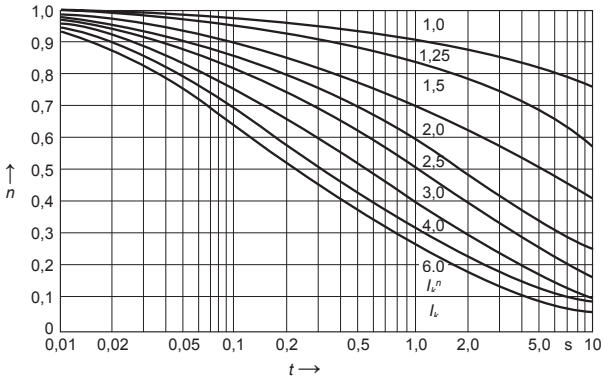


Figura A2.2 – Factor “n”

Notas:

1 – *“t”* é o tempo de defeito

2 – I_K é o valor mantido da corrente de curto-circuito; numa rede estável $I''_K/I_K=1$.

A2.2.3 Tubo de cobre

Diâmetro exterior (mm)	Espessura (mm)	Secção (mm^2)	Peso (kg/m)	Classe do material	Corrente admissível – condutor nu (A)		Valores estáticos	
					Interior	*Exterior*	*W* (cm^3)	*J* (cm^4)
20	4	201	1,01	F 30	430	500	0,684	0,684
32	3	273	2,43		640	800	1,820	2,900
	4	352	3,13		730	910	2,200	3,520
40	3	349	3,10		790	950	3,000	6,000
	4	452	4,03		900	1080	3,710	7,420
	5	550	4,89		1000	1190	4,290	8,580
50	4	578	5,15		1120	1310	6,160	15,400
	5	707	6,29		1240	1450	7,240	18,100
63	4	741	6,60		1400	1610	10,300	32,400
	5	911	8,11		1540	1780	12,300	38,600
	6	1060	9,56	F 25	1670	1930	14,000	44,100

A2.2.4 Tubo de alumínio

Diâmetro exterior (mm)	Espessura (mm)	Secção (mm^2)	Peso (kg/m)	Classe do material	Corrente admissível – condutor nu (A)		Valores estáticos	
					Interior	*Exterior*	*W* (cm^3)	*J* (cm^4)
32	3	273	0,74	F 10	480	640	1,820	2,900
	4	352	0,95		550	730	2,200	3,520
40	3	349	0,94		590	760	3,000	6,000
	4	452	1,22		670	860	3,710	7,420
	5	550	1,48		740	950	4,290	8,580
50	4	578	1,56		830	1050	6,160	15,400
	5	707	1,91		920	1160	7,240	18,100
	6	829	2,24		990	1250	8,160	20,100
63	4	741	2,00		1030	1290	10,300	32,400
	5	911	2,46		1140	1430	12,300	38,600
	6	1060	2,90		1230	1550	14,000	44,100

ANEXO 5 – SUBESTAÇÕES DE CORRENTE CONTÍNUA

A5.1 INTRODUÇÃO

A **corrente alternada (ca)** é amplamente utilizada no transporte de energia eléctrica, mas existem situações em que essa forma se revela técnica e/ou economicamente inviável, devido ao *comprimento da linha* (aérea, subterrânea ou submarina), *ao efeito pelicular*, ao valor das *correntes e tensões* utilizadas e também à impossibilidade de ligar *redes não sincronizadas nem sincronizáveis*. Nessas condições recorre-se ao transporte da energia eléctrica em **corrente contínua (cc)**, sendo por isso necessário transformar a **ca** em **cc** e depois **cc** em **ca**, o que é feito nas *SE de corrente contínua*, representando-se na Figura A5.1, de forma esquemática e simplificada essa transformação.

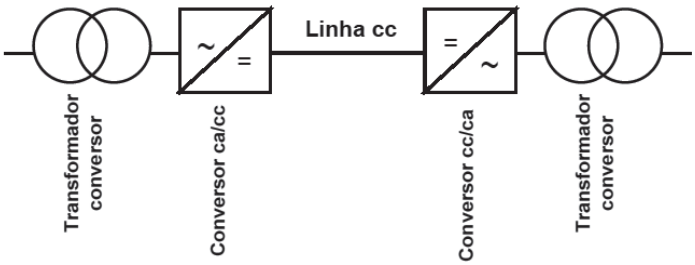


Figura A5.1 – Representação esquemática da transformação ca/cc e cc/ca

A5.2 APLICAÇÃO DA CORRENTE CONTÍNUA NO TRANSPORTE DE ENERGIA

Teoricamente para linhas com um comprimento **$l \geq \lambda$[23]/4** (**1500 km** para redes com **f = 50Hz** e **1250 km** para redes com **f = 60 Hz**), as **reactâncias indutivas e capacitivas** (*à terra*) *distorcem os valores das grandezas eléctricas*, podendo **gerar harmónicas insuportáveis** para a rede e **desfasagens** entre os *valores nas extremidades da linha* , para além do aumento das **perdas da linha**, por efeito pelicular[24].

Na prática verifica-se que aquelas *distâncias* são **reduzidas significativamente**, uma vez que as *reactâncias* em causa variam com o *tipo de linha e o seu processo construtivo e de montagem*.

Relembra-se que no caso das *linhas aéreas a reactância indutiva de cada condutor* é influenciada pelos *condutores das outras fases* e pelos *condutores do outro circuito* (nas situações em que no mesmo apoio da linha aérea são instalados dois circuitos)[25] , influência essa que depende também do tipo de *configuração da linha aérea* (esteira horizontal, esteira vertical, etc.).

No caso das **linhas aéreas** este processo é utilizado normalmente em linhas com *comprimentos superiores* a **800 km** (embora nalgumas situações se imponha o *limite* de **600 km** para o *transporte de energia* em **ca**) e *tensões* entre os **400/500 kV** e os **800 kV**, existindo na China uma *linha* em **cc** para **1100 kV**.

---

23 *λ: Comprimento de onda.*

24 *O* **efeito pelicular** *é um fenómeno que se verifica em* **corrente alternada** *(ca), em que a* **densidade de corrente** *é maior junto à superfície do condutor do que no seu interior.*

25 *Este fenómeno é designado por* ***indução mútua****.*

Os **transformadores conversores**, habitualmente trifásicos, destinam-se a transformar o nível de tensão **ca** (habitualmente **≤ 400 kV**) no *nível de tensão* **cc** (habitualmente **≥ 500 kV**), ou *vice-versa*. Têm normalmente **3 enrolamentos**, **2** *ligados em* **estrela** (*1 deles ligado à instalação* **ca**) e **1** *em* **triângulo** (*ligado ao conversor*) – ver Figura A5.4.

Os equipamentos a instalar no lado **ca** da *SE* (*seccionadores, disjuntores, transformadores de medida, etc.*) são em tudo idênticos aos instalados nas *SE* "clássicas" **ca**.

No lado **cc** da **SE** são instalados **descarregadores de sobretensões** (*DST*) – Figura A5.4 – com o objectivo de **protecção da instalação contra descargas atmosféricas** e como método para *facilitar* a **coordenação de isolamento**.

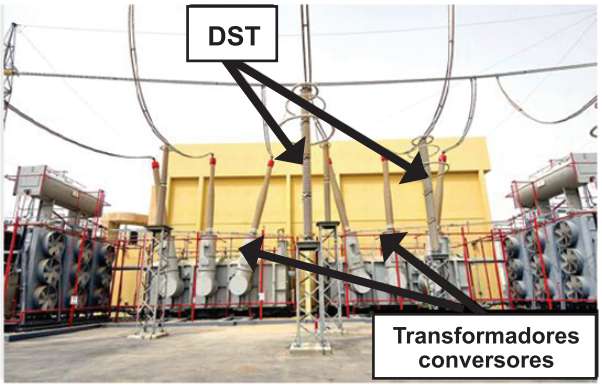


Figura A5.4 – Transformadores conversores e DST

Os valores da tensão, para efeitos de *comando e controlo*, são obtidos através de um **divisor de tensão cc**.

A tecnologia dos actuais dos **conversores ca/cc** e **cc/ca** permite que o mesmo *equipamento* realize **ambas as funções** (*transformação* ***ca/cc*** *e transformação* **cc/ca**). Os *conversores* (**um por cada pólo** – *positivo e negativo*), que se encontram representados na Figura A5.5, são constituídos por **tirístores semi-condutores** *ligados em série*, para evitar que com tensões iguais ou superiores a **500 kV** seja ultrapassado o valor de **ruptura dieléctrica** [27] dos *equipamentos semi-condutores*.

27 *A* ***ruptura dieléctrica*** *de um material isolante acontece quando o valor do campo eléctrico a que ficam submetidos é muito intenso, tornando esses materiais condutores. Diz-se que, nestas circunstâncias, se dá uma* ***disrupção****.*

Figura A5.5 – Inversor ca/cc e cc/ca

Para que o equipamento possa realizar ambas as *inversões* atrás referidas utilizam **transístores bipolares de porta isolada** (habitualmente designados por **IGBT**, a sigla inglesa de *insulated-gate bipolar transistor*).

O **isolamento** dos circuitos de baixa tensão de comando e controlo dos inversores da alta tensão das linhas de transporte é feito por **meios ópticos**.

Nas SE que se destinam a ligar redes *adjacentes* **não sincronizáveis**, com *frequências diferentes* (ver Capítulo 3), é habi*tual instalar ambos os inversores* **ca/cc** e **cc/ca apenas** naquelas *SE*, o que encontra representado na Figura A5.6. Esta solução é conhecida pela designação inglesa **back-to-back**.

Figura A5.6 – SE inversora back-to-back

Traduzindo esquematicamente o que foi exposto sobre estas *SE*, teremos:

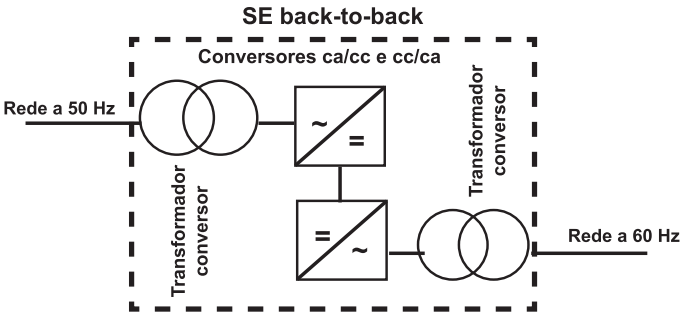


Figura A5.7 – Representação esquemática de uma SE back-to-back

Uma solução também utilizada é, para *linhas bipolares*, **dividir** o **conversor de cada pólo** (*positivo e negativo*) em **duas unidades iguais**; em caso de *avaria* de uma das unidades um **seccionador de bypass** (ver Figura A5.8) permite pôr fora de serviço a unidade em avaria, **mantendo o sistema a funcionar**, com uma *tensão* que será **metade** da *tensão nominal da rede.*

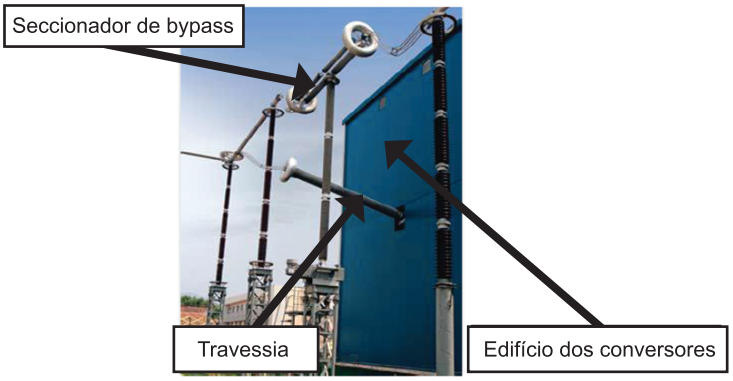


Figura A5.8 – Seccionador de bypass

O *isolamento da instalação* **cc** é realizado habitualmente por **interruptores**.

A instalação **ca** utilizará as **protecções habituais** nas *SE clássicas*. Os *conversores* deverão ser protegidos contra **sobreintensidades** e **sobretensões**, enquanto as protecções utilizadas para as linhas **cc** são a **protecção contra sobreintensidades**, **protecção diferencial de linha** e **protecção contra assimetrias** (para detectar a eventual presença persistente da *harmónica fundamental* (**50 Hz** ou **60 Hz**) e da *segunda harmónica* (**100 Hz** ou **120 Hz**) entre os *terminais de cada pólo*).

Subestações
Projecto, Construção, Fiscalização

2.ª Edição

MANUEL BOLOTINHA

Sobre a obra

Esta obra pretende ser uma ferramenta de fácil consulta para os engenheiros e técnicos que se dedicam ao projecto, coordenação de montagem e fiscalização de subestações, apresentando os documentos normativos e regulamentares, as configurações e os princípios básicos das subestações, os trabalhos a realizar, os processos construtivos, ferramentas e meios de montagem e os sistemas e equipamentos que integram as subestações e respectivas características técnicas.

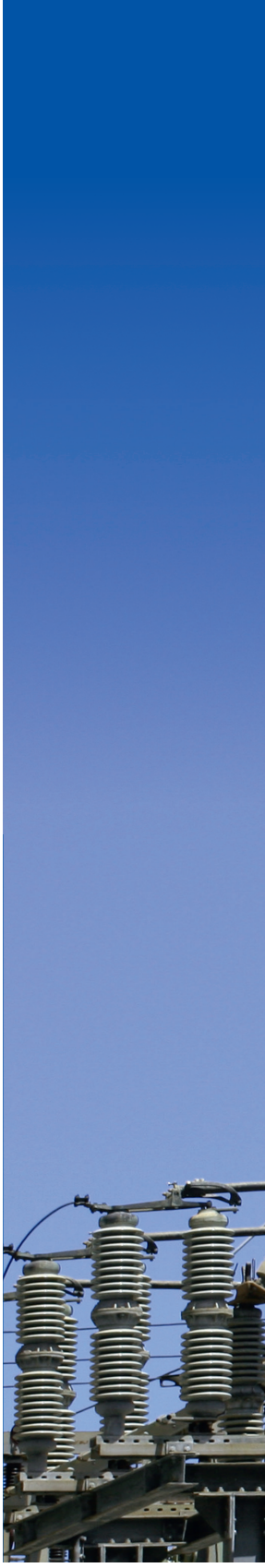
Sobre o autor

Manuel Bolotinha, MSc, licenciou-se em 1974 em Engenharia Electrotécnica (Ramo de Energia e Sistemas de Potência) no Instituto Superior Técnico – Universidade de Lisboa (IST/UL), onde foi Professor Assistente, e obteve o grau de Mestre em Abril de 2017 em Engenharia Electrotécnica e de Computadores na Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa (FCT-UNL).

Tem desenvolvido a sua actividade profissional nas áreas do projecto, fiscalização de obras e gestão de contratos de empreitadas designadamente de projectos de geração e transporte de energia, instalações industriais e infra-estruturas de distribuição de energia, aero-portuárias e ferroviárias, não só em Portugal, mas também em África, na Ásia e na América do Sul.

Membro Sénior da Ordem dos Engenheiros, é também Formador Profissional, credenciado pelo IEFP, tendo conduzindo cursos de formação, de cujos manuais é autor, em Portugal, África e Médio Oriente.

É também autor de diversos artigos técnicos publicados em Portugal e no Brasil e de livros técnicos, em português e inglês, e tem proferido palestras na OE, ANEP, FCT-UNL, IST e ISEP.



Parceiro de Comunicação

o electricista

Também disponível em formato *e-book*

ISBN: 978-989-892-712-5

9 789898 927125

www.**engebook**.pt

engebook