

2008

Faculdade de Engenharia da
Universidade do Porto
Disciplina: Concepção e Projecto
Docente: António Machado e
Moura

Lúcio dos Santos
Luís da Silva
Pedro Landolt
Tiago Dias



[PROJECTO SUBESTAÇÃO]

Projecto Subestação MT/AT - 60kV/15kV, Memória Descritiva e Justificativa

16 de Junho de 2008

1. Introdução ao Tema

1.1 Objectivo. Campo de localização

O presente projecto estabelece as características técnicas que a subestação tipo AT/MT deverá respeitar, neste caso, subestação tipo 60/15 kV, bem como os seus diversos equipamentos e materiais constituintes e as regras que deverão ser cumpridas na construção da mesma.

Os principais objectivos que se pretendem atingir com o projecto tipo de subestação, são os seguintes:

- Estabelecimento de um projecto normalizado que articule as diferentes áreas técnicas de uma subestação – Construção Civil, Equipamento e Sistema de Protecção, Comando e Controlo Numérico;
- Definição de uma solução modular e flexível que permita adaptar-se às necessidades específicas da rede e acompanhar a sua evolução;
- Simplificação das soluções técnicas a adoptar nas diferentes áreas do projecto da subestação e consequente optimização do espaço necessário para a sua implementação;
- Redução dos prazos e dos custos de projecto e construção;
- Melhoria dos níveis de continuidade e qualidade de serviço.

Este projecto destina-se a ser aplicado em instalações localizadas em áreas rurais ou semiurbanas da rede de distribuição, neste caso, dimensionada para 60/15kV e para uma potência de transformação máxima de 2×40 MVA. Considera-se um número máximo previsto de painéis de linha de AT e MT para interligação à rede – 6 painéis de AT, 20 painéis de 15kV.

2. Conceção Geral

2.1 Princípios Básicos, Caracterização Geral

A concepção geral do projecto tipo de subestações AT/MT será regido pela satisfação dos seguintes princípios básicos:

- Segurança geral das pessoas e bens
- Simplificação e padronização da construção
- Facilidade de condução e manutenção

A elaboração deste projecto tipo de subestações AT/MT teve em consideração a regulamentação de segurança em vigor, nomeadamente:

- “Regulamento de Segurança de Subestações e de Postos de Transformação e de Seccionamento” publicado pelo DL nº 42 895, de 31 de Março de 1960 e respectivas alterações;

A subestação tipo AT/MT (60/15 kV) será uma instalação mista, com aparelhagem de montagem exterior a instalar no Parque Exterior de Aparelhagem e de montagem interior, a instalar no Edifício de Comando.

Os painéis AT (60kV) serão dispostos frente a frente no Parque Exterior de Aparelhagem de modo a reduzir o espaço necessário à sua implantação. O esquema eléctrico destes painéis será estabelecido de forma a realçar quer o esquema de conjunto quer os circuitos individuais da subestação, aspectos que constituem importantes factores de segurança por contribuírem para minimizar o risco de realização de falsas manobras.

No Parque Exterior de Aparelhagem serão também instalados os equipamentos complementares de MT (15kV), tais como os escalões das baterias de condensadores, os descarregadores de sobretensões, os transformadores de serviços auxiliares e as impedâncias limitadoras da corrente de defeito à terra.

As vias de acesso e de circulação no Parque Exterior de Aparelhagem serão dimensionadas de modo a permitir a acessibilidade da subestação móvel de recurso à instalação em situação de avaria ou de trabalhos programados.

O edifício de Comando será constituído por uma sala ampla onde ficará instalado o equipamento principal de MT – quadro metálico blindado – e os sistemas de alimentação e de comando e controlo, estes últimos integrados em armários próprios para o efeito.

O quadro metálico de MT será do tipo blindado, estando os equipamentos de MT e BT dispostos no interior de compartimentos distintos e completamente fechados em todas as

suas faces por divisórias metálicas. No caso de existirem dois barramentos de MT, as celas de cada um deles ficarão dispostas em dois alinhamentos paralelos de modo a reduzir a área do Edifício de Comando.

Serão previstos os sistemas de encravamento necessários ao funcionamento da instalação em condições de segurança que impeçam falsas manobras da aparelhagem de AT e de MT.

Deste modo, existirão conjuntos de encravamentos, quer eléctricos quer mecânicos, para os níveis de tensão de AT e de MT da subestação, destinados a garantir que a manobra de um aparelho esteja condicionada ao cumprimento de determinadas condições, tais como a posição de outros aparelhos do mesmo painel ou de painéis distintos.

O sistema de protecção, comando e controlo será de tecnologia digital, constituído por unidades de painel e uma unidade central, interligadas por uma rede de comunicação local em fibra óptica, e concebido de forma a permitir o funcionamento da subestação em regime não assistido por pessoal operador.

Este sistema assegurará o comando e a supervisão da subestação, no local e à distância, através das funções de protecção, automatismo e encravamento definido para cada painel.

A compensação do factor de potência será assegurada pela instalação de um painel de bateria de condensadores, composto por um ou dois escalões de condensadores, ligado a cada barramento de MT.

O regime de neutro considerado para o andar de MT da subestação será o de ligação à terra através da criação de um neutro artificial, que será assegurado pela instalação de uma reactância trifásica limitadora da corrente de defeito fase-terra, ligada a cada barramento de MT, podendo temporariamente funcionar em regime de neutro isolado. No entanto, a concepção do projecto garante, igualmente, o correcto funcionamento da instalação em regime de neutro isolado permanente no andar MT, bastando para o efeito uma adequada parametrização das funções de protecção. A criação do neutro da rede de MT através da instalação de uma reactância de neutro em cada barramento MT permitirá obter uma solução normalizada para os diferentes níveis de tensão contemplados no projecto, independentemente do grupo de ligações dos transformadores de potência AT/MT.

A alimentação dos Serviços Auxiliares de Corrente Alternada da subestação será assegurada pela instalação de um Transformador de Serviços Auxiliares MT/BT, ligado a cada barramento de MT.

No Edifício de Comando serão adoptadas medidas construtivas que permitirão um nível de isolamento térmico de modo a garantir uma temperatura média interior entre 15 °C a 25 °C. De modo a melhorar o comportamento da temperatura interior do edifício, prevê-se a instalação de ar condicionado.

A planta da subestação desenhada em *AutoCAD*®, encontra-se em anexo, nas Folhas nº 1 e 2, Vista de perfil e Planta.

2.2 Definições de Painéis

Os tipos de painéis constituintes dos andares AT e MT do projecto, e respectiva função:

Painéis AT:

- Linha AT/Transformador de Potência AT/MT – assegura a ligação directa entre a linha de distribuição de AT e o primário do transformador de potência AT/MT
- Linha AT – Assegura a ligação entre o barramento AT e a respectiva linha de distribuição de AT.
- Transformador de Potência AT/MT – assegura a ligação entre o barramento AT e o primário do transformador de potência AT/MT.
- Potencial de Barras AT – Assegura a ligação entre o barramento AT e os transformadores de medida de tensão do barramento.
- Assegura a ligação de dois barramentos entre si.

Painéis MT:

- Chegada Transformador de Potência – Assegura a ligação entre o secundário do transformador de potência AT/MT e o barramento do quadro metálico.
- Linha MT – Assegura a ligação entre o barramento do quadro metálico e a respectiva linha de distribuição de MT.
- Bateria de Condensadores - Assegura a ligação entre o barramento do quadro metálico e a bateria de condensadores de MT.
- Transformador de Serviços Auxiliares e Reactância de Neutro – Assegura a ligação entre o barramento do quadro metálico e o transformador MT/BT de serviços auxiliares e a reactância de criação de neutro artificial.
- Potencial de Barras MT – Assegura a ligação entre o barramento do quadro metálico e os transformadores de medida de tensão do barramento.
- Interbarras MT – Assegura a ligação de dois barramentos entre si.
- Ligação de Barras – Assegura a ligação de cada barramento à cela de interbarás.

O esquema unifilar da subestação, encontra-se nas plantas desenhadas em *AutoCAD*®, na Folha nº 4, em anexo

2.3 Condições de Serviço

As condições de serviço previstas para a subestação serão as seguintes:

- Altitude - < 1000 m.
- Temperatura máxima e mínima do ar ambiente – -10°C e 40°C.
- Pressão máxima do vento – 80 dN/m².
- Nível de poluição – médio.

Nas instalações localizadas em ambiente costeiro ou industrial de elevada poluição deverá ser considerada aparelhagem de montagem exterior para nível de poluição forte ou muito forte.

2.4 Características Gerais das Redes Eléctricas

Esta subestação terá características compatíveis com as redes eléctricas de AT e MT em que se irá integrar, estão as características enumeradas no quadro abaixo:

Características	Un	Rede de 60 kV	Rede de 15 kV
Número de fases		3	3
Tensão Nominal	kV	60	15
Tensão Estipulada	kV	72,5	17,5
Valor Eficaz da Corrente Estipulada de Curta Duração (3s)	kA	25	16
Valor de Pico da Corrente Estipulada de Curta Duração	kA	63	40
Frequência Nominal	Hz	50	50
Factor de Defeito à Terra		1,73	1,73
Sobretensões Temporárias			
- Sobretensão fase-terra	P.u.	1,73	1,73
-Duração	Seg.	3	3
Factor de Defeito à Terra		1,73	1,73
Sobretensões Temporárias			
- Sobretensão fase-terra	P.u.	1,73	1,73
-Duração	Seg.	3	3

2.5 Correntes Estipuladas dos Painéis AT e MT

As correntes estipuladas para as quais serão dimensionados os painéis e barramentos AT e MT são:

Painéis AT	Corrente estipulada (A)
Barramento	1500
Linha / Transf. Potência AT/MT	400
Linha	1250
Transf. De Potência AT/MT	400
Interbarras	1250

Painéis MT	Corrente Estipulada (A)
	15 kV
Barramento	1600
Chegada Transf. Potência AT/MT	1600
Interbarras	1600
Ligação de Barras	1600
Transf. Serviços Auxiliares + Reactância de Neutro	630
Bateria de Condensadores	630
Saída da Linha	630

3. Estruturas e Ferragens

3.1 Estruturas Metálicas

As estruturas metálicas a instalar no Parque Exterior de Aparelhagem deverão respeitar os planos construtivos, estando o seu dimensionamento calculado de modo a resistirem eficazmente à conjugação dos esforços resultantes das forças de tracção, do peso e do vento que sobre elas sejam exercidos.

As plantas desenhadas em *AutoCAD*® dos equipamentos que constituem as estruturas metálicas encontram-se em anexo, sendo elas:

- Pórtico.
- Descarregador de sobretensão AT de fase painel linha.
- Descarregador de sobretensão AT de fase e neutro painel TP.
- Disjuntor AT.
- Isoladores de suporte para barramento AT.
- Seccionador de barramento AT.
- Seccionador de linha AT.
- Ferragem para fixação comando seccionador AT.
- Transformador de corrente AT painel linha.
- Transformador de corrente AT painel TP.
- Transformador de tensão barras AT.
- Transformador de tensão linha AT.
- Caixas fim de cabo, isoladores de suporte e descarregadores de sobretensão MT.
- Subida de cabos AT.
- Armário de reagrupamento de cabos.
- Coluna de iluminação.
- Tapetes e bancos equipotenciais.

Os pórticos de amarração de linhas AT, serão dimensionados para um esforço de tracção de 1500 daN numa direcção perpendicular ao pórtico, por fase, no caso dos condutores, e de 500 daN também numa direcção perpendicular ao pórtico, por cabeçote, no caso dos cabos de guarda.

As estruturas metálicas de suporte da aparelhagem AT e MT possuirão uma única coluna de apoio, em posição central, executada em tubo de perfil quadrado de aço. Exceptuam-se os seguintes casos, nos quais as estruturas metálicas serão dotadas de duas colunas de apoio: suporte dos disjuntores de AT, devido aos esforços e vibrações provocados pelo seu funcionamento, e suporte dos descarregadores de sobretensão fase-terra e neutro-

terra, de forma a facilitar a ligação do neutro do TP, independentemente da sua posição relativa.

Todas as estruturas metálicas de suporte de aparelhagem AT e MT e pórticos de amarração de linhas AT serão fixados, aos respectivos maciços. Por intermédio de chumbadouros metálicos, de modo a facilitar a sua montagem e alinhamento.

A protecção anticorrosiva das estruturas metálicas e seus acessórios será assegurada por galvanização por imersão em banho de zinco quente, com excepção dos parafusos, porcas e anilhas, que serão de aço inox.

3.2 Armários

3.2.1 Armários de Reagrupamento de Cabos

Estes armários têm como objectivo diminuir o número de cabos BT entre o Parque Exterior de Aparelhagem e o Edifício de Comando e garantir o agrupamento de determinados circuitos.

Para isso, vão ser instalados os seguintes armários:

- Transformadores de Corrente.
- Transformadores de Tensão de Linha AT.
- Transformadores de Tensão de Barramento AT.
- Transformador de Potência.
- Tomadas de BT.
- Transformador de Serviços Auxiliares.

Estes armários serão concebidos para montagem exterior, com grande resistência aos agentes atmosféricos, e fabricados em poliéster prensado, sendo instalados nas estruturas metálicas associadas aos respectivos equipamentos ou em estruturas metálicas de suporte próprias.

O armário de reagrupamento de cabos do transformador de potência 60/15 kV, estará preparado para a ligação dos seus circuitos de comando e controlo por intermédio de fichas extraíveis, com a finalidade de facilitar a substituição do mesmo.

3.2.2 Armários de Comando e Controlo

O armário de comando (armário SPCC) será concebido de modo a receber a unidade central, o Posto de Comando Local e os equipamentos da rede de comunicação local.

Os armários de comando e controlo serão concebidos de modo a receber os Dispositivos Electrónicos Inteligentes dos painéis AT do Sistema de Protecção, Comando e Controlo Numérico, os equipamentos complementares necessários ao correcto funcionamento destes painéis e à ligação dos cabos de BT.

Instalados em armários idênticos a estes últimos, estarão os equipamentos destinados ao sistema de contagem, qualidade de energia e sistema de comunicações, bem como os dos Serviços Auxiliares de Corrente Alternada e Contínua, incluindo os seus Dispositivos Electrónicos Inteligentes, dos quais falaremos mais à frente.

De acordo com os painéis AT e os sistemas a integrar nos armários de comando e controlo, vão existir os seguintes tipos de armários:

- Linha AT (até dois painéis de linha por armário).
- Transformador de Potência 60/15 kV e Regulação de Tensão.
- Interbarras e Potencial de Barras I e II AT.
- Serviços Auxiliares de Corrente Contínua.
- Serviços Auxiliares de Corrente Alternada.
- Contagem.
- Qualidade de Energia.
- Comunicações.

Os armários de comando e controlo serão instalados sobre estrutura metálica. A parte frontal será dotada de piso falso para facilitar a passagem e ligação dos cabos de BT, provenientes da aparelhagem AT e MT e de interligação entre armários.

3.3 Parque Exterior de Aparelhagem

O presente projecto é composto por uma área de parque exterior onde são instalados:

- Os maciços de betão armado para suporte das estruturas metálicas.
- Os canais para passagem dos cabos de potência e comando e controlo.
- As caixas de visita dos cabos de MT, BT e de terras.
- As redes de terras.
- As redes de drenagem de esgotos pluviais e residuais e de rede de distribuição de água; e rede de drenagem do óleo do transformador.
- As zonas de circulação que permitem o acesso ao edifício ou ao equipamento dos meios necessários à montagem, reparação ou substituição dos equipamentos.

Prevê-se a possibilidade de instalação dos postes de chegada das linhas aéreas de alta tensão e de saída das linhas aéreas de média tensão nas zonas periféricas e nos topos do parque.

Está igualmente prevista a saída de cabos de linhas subterrâneas de média tensão para duas zonas laterais do parque, através da passagem de cabos pelos canais e caixas de visita.

3.4 Edifício de Comando

Este edifício apresentará a mesma arquitectura exterior, nomeadamente ao nível das paredes, portas, janelas e cobertura. Será constituído por uma estrutura de betão armado devidamente dimensionada.

O edifício deverá dispor de elementos de ventilação de modo a poder fazer-se uma renovação lenta ou rápida do ar interior do edifício.

O interior deste edifício será composto por uma área ampla com duas zonas de utilização:

- Uma designada de Comando e Controlo que disporá de uma frente de placas de pavimento sobrelevado com as características adequadas, sob as quais circularão os cabos de ligação aos armários. Os armários serão instalados sobre uma estrutura metálica resistente.
- Outra onde será instalado o quadro média tensão que disporá de um pavimento de alta resistência mecânica de modo a suportar as condições de serviço. Todos os canais de passagem de cabos serão em betão ligeiramente armado tapados por chapas metálicas devidamente tratadas.

4. Aparelhagem

4.1 Introdução

Em relação aos equipamentos, serão definidas:

- As condições de segurança adoptadas na concepção.
- Dimensionamento, composição e a configuração dos diversos painéis.
- Características técnicas da aparelhagem e materiais complementares.
- Condições gerais que deverão ser cumpridas na montagem dos diversos componentes que constituem a instalação.

De acordo com os objectivos definidos para este tipo de projectos, este será caracterizado por considerar:

- Soluções normalizadas para os vários níveis de tensão com concepção modular dos painéis AT e MT.
- Disjuntores AT e MT e seccionadores AT motorizados.
- Reactâncias de neutro e transformadores de serviços auxiliares ligados ao barramento de MT.
- Disposição de aparelhagem no parque exterior, com a possibilidade de intervenção de manutenção com a instalação em serviço.
- Barramento AT seccionado por painel interbarras.
- Barramento MT seccionado por um disjuntor extraível.
- Referenciação de aparelhagem AT e MT, equipamento de BT e cabos MT e BT normalizada por tipo de painel.
- Disposição e instalação do equipamento de protecção, comando e controlo em armários específicos e em compartimentos de BT do quadro metálico de MT.

Estes equipamentos encontram-se descritos e desenhados mais à frente, nas plantas desenhadas em *AutoCAD*®, dispostas em anexo.

4.2 Condições de Segurança Contra Contactos Directos com Peças em Tensão

Com vista à garantia de um elevado grau de segurança das pessoas que desempenham actividades no Parque Exterior de Aparelhagem, a técnica adoptada sob as mais distintas

circunstâncias de exploração será a de “segurança por afastamento”, que constará na colocação dos condutores nus em tensão a distâncias que impeçam contactos acidentais directos.

A condicionar estas distâncias de afastamento, está o facto de os isoladores serem componentes sujeitos a tensão degressiva, estando apenas a sua base ao potencial da terra, pelo que deverá ser impedida a possibilidade de curto-circuitar com as mãos parte de uma coluna isolante. Assim, está definida como altura mínima do solo à base metálica do equipamento AT e MT a instalar, 2,5m.

Respectivamente ao equipamento de MT instalado no edifício, a técnica de segurança adoptada será “segurança por obstáculo”, que consiste na colocação de todas as partes em tensão no interior de diversos compartimentos completamente fechados do quadro metálico blindado. Este tipo de equipamento será dotado de um sistema de encravamentos que impedirá a realização de qualquer falsa manobra ou contacto acidental com peças em tensão. Os seus compartimentos serão dimensionados para resistirem a um arco no seu interior, sem permitirem a propagação dos seus efeitos aos compartimentos vizinhos, nem provocar lesões em pessoas que se encontrem nas suas imediações.

4.3 Protecções Contra Sobretensões

A subestação será protegida contra descargas atmosféricas directas, por meio de um conjunto de condutores de terra, cabos de guarda, podendo estes ser vistos nas plantas *AutoCAD*® em anexo, repartidos sobre a área total do Parque Exterior de Aparelhagem, dando continuidade aos cabos de guarda das linhas aéreas, montados longitudinal e transversalmente nos topos das colunas dos pórticos da subestação e da estrutura de suporte de equipamento MT do painel do transformador 60 kV/15kV.

Quanto às sobretensões de origem interna ou atmosférica que penetram na subestação, a protecção será realizada através da montagem de hastes de descarga nas cadeias de amarração das linhas AT, descarregadores de sobretensão nas fases das linhas.

Os transformadores de potência 60kV/15kV serão objecto de protecção especial através da montagem de descarregadores de sobretensão (DST's), cuja função será limitar as sobretensões incidentes a valores compatíveis com os níveis de isolamento da aparelhagem a proteger.

O sistema de alimentação de baixa tensão será protegido por um sistema de protecção contra sobretensões.

4.4 Disposição de Equipamento e Caracterização dos Painéis

Os painéis de AT serão caracterizados por possuírem uma concepção modular, com 7 m de largura, e distâncias entre a aparelhagem que assegurarão a execução de futuras intervenções em serviço de acordo com os procedimentos de segurança.

A aparelhagem de MT a instalar no Parque Exterior de Aparelhagem referente ao painel do transformador de potência 60/15 kV, será disposta de forma a permitir a substituição do respectivo, sem a desmontagem de qualquer aparelhagem ou cabo isolado de MT, necessitando apenas, de desligar os condutores que ligam às travessias AT e MT e retirar as fichas dos circuitos BT.

A disposição que a aparelhagem de AT e MT deverá assumir nos diferentes painéis situados no Parque Exterior de Aparelhagem da subestação, está definida em anexo, nas plantas desenhadas em *AutoCAD*®.

Os níveis de isolamento estipulados da aparelhagem e restantes partes sob tensão AT e MT, serão:

Tensão mais elevada da rede kV (valor eficaz)	Valor estipulado da tensão suportável à frequência industrial (durante 1 min.) kV (valor eficaz)	Valor estipulado de tensão suportável ao choque atmosférico kV (valor de crista)
72,5	140	325
17,5	38	95

Todos equipamentos de BT deverão ter um nível de isolamento para suportarem uma tensão eficaz de 2 kV, à frequência industrial, durante 1 min.

4.4.1 Aparelhagem AT

Relativamente ao designado nos planos de disposição da aparelhagem atrás indicados, a constituição dos diversos painéis AT relativamente à aparelhagem, é a seguinte:

- Transformador de Medida de Tensão.
- Transformador de Medida de Corrente.
- Transformador de Potência 60/15 kV.
- Isoladores de suporte AT.
- Seccionador de Linha + Seccionador de Terra (com facas de terra).
- Seccionador de Barramento.
- Disjuntor.

- Descarregador de Sobretensão (fase-terra).
- Descarregador de Sobretensão (neutro-fase).

A aparelhagem de corte e seccionamento de AT será do tipo fixo, suportada por estruturas metálicas, e munida de comandos motorizados, incluindo os seccionadores de terra.

Seccionador

EFACEC, SHDT-72,5, tensão nominal: 72,5 kV(rms), intensidade nominal: 1250 A.

Transformador de Tensão

ARTECHE, UTB72: 60000/ $\sqrt{3}$ V, 1- 100/ $\sqrt{3}$ V: cl 0,2, 5 VA; 2- 100/ $\sqrt{3}$ V: cl 0,5, 10 VA; 3- 100/ $\sqrt{3}$ V: cl 3P, 20 VA.

Transformador de Intensidade

ARTECHE, CXG 72 100/1-1-1 A: 1- 5 VA: cl 0,2; 2- 10 VA: cl 0,5; 3- 20 VA: cl 5P20; 25 kA – 3s.

Disjuntores SF6

EFACEC, GL 309 F1-3120, tensão nominal: 31,5 kV(rms), corrente nominal: 2000 A, poder de corte em curto-circuito: 31,5 kA.

Transformador de Potência

EFACEC, 60/15 kV, ONAN/ONAF, 7/10 MVA, YNd11, 60 +- 11x1,5%/15 kV.

Descarregador de Sobretensões

TYCO ELECTRONICS

Andar de 60 kV: 2HSRC(P)75L1E1MO(5), 10 kA

Neutro: 2HSRB(P)60L1E1MO(5), 10 kA

Andar de 15 kV: HSRB(P)24L1E1MO(5), 10 kA.

Contadores

TYCO ELECTRONICS, SC13.

4.4.2 Aparelhagem MT

No que respeita à constituição dos painéis MT e à correspondente aparelhagem de MT:

- Transformador de Medida de Tensão.
- Transformador de Medida de Corrente.
- Transformador de Serviços Auxiliares MT/BT.
- Isoladores de suporte MT.
- Reactância de Neutro.
- Escalão Bateria de Condensadores.
- Quadro metálico de MT.
- Seccionador de Terra.
- Disjuntor.
- Descarregador de Sobretensão (fase-terra).
- Descarregador de Sobretensão (neutro-terra), no caso do transformador de potência AT/MT possuir neutro acessível.

O quadro metálico blindado de MT, de montagem interior, será isolado a ar, possuindo disjuntores de extração manual, de corte em SF₆ ou no vácuo, e seccionadores de terra de comando manual, com poder de fecho para a corrente estipulada de curto-circuito.

As reactâncias de neutro e os transformadores de serviços auxiliares serão instalados no Parque Exterior de Aparelhagem, e ligados aos barramentos de MT do quadro metálico por intermédio de uma cela comum. A interligação entre a cela e o transformador de serviços auxiliares e a reactância de neutro, será assegurada por circuitos distintos em cabos isolados de MT para cada um deles. Esta aparelhagem será instalada ao nível do solo.

Os escalões de baterias de condensadores a instalar no Parque Exterior de Aparelhagem, serão do tipo "invólucro metálico", equipados com disjuntor próprio e serão ligados à respectiva cela do quadro metálico de MT por intermédio de cabos isolados.

4.4.3 Aparelhagem BT

No que respeita a aparelhagem BT, temos:

Quadro de distribuição modular

NORMAFIX. Composto por IS (interruptor seccionador), 2 DC (protecção geral dos cabos), CIS (protecção do transformador com disparo por fusão dos fusíveis) e TT (transformador de tensão).

IS

TI: 400/1-1 A: 1- 10 VA: cl 0,5; 2- 20 VA: cl 5P20; 25 kA – 3s.

Seccionador: corrente nominal 630 A, corrente de curta duração admissível 16 kA (3 s).

DC

Interruptor1: corrente nominal 400 A, corrente de curta duração admissível 16 kA (3 s) e poder de fecho 40 kA.

Disjuntor: corrente nominal 400 A, poder de corte 16 kA e poder de fecho 40 kA.

TI: 400/1-1 A: 1- 10 VA: cl 0,5; 2- 20 VA: cl 5P20; 25 kA – 3s.

Interruptor2: corrente nominal 630 A, corrente de curta duração admissível 16 kA (3 s) e poder de fecho 40 kA.

CIS

Seccionador: corrente nominal 400 A, corrente de curta duração admissível 16 kA (3 s).

Fusível: gL/gG, 2 A.

Interruptor: corrente nominal 630 A, corrente de curta duração admissível 16 kA (3 s) e poder de fecho 40 kA.

TT

Interruptor: corrente nominal 630 A, corrente de curta duração admissível 16 kA (3 s) e poder de fecho 40 kA.

Fusível: gL/gG, 2 A.

Transformador de tensão: $15000/\sqrt{3}$ V, 1- $100/\sqrt{3}$ V: cl 0,5; 10 VA, 2- $100/\sqrt{3}$ V: cl 3P; 20 VA.

Transformador Serviços Auxiliares

EFACEC, 25kVA – 15/0,4.

4.5 Fontes de Alimentação dos Serviços Auxiliares

4.5.1 Serviços Auxiliares de Corrente Alternada

Estes serviços estão previstos para 400 – 230 V, 50 Hz, sendo a sua alimentação assegurada por duas fontes distintas, que corresponderão aos dois Transformadores de Serviços Auxiliares MT/BT ligados a cada barramento de MT da instalação.

Para garantir a alimentação dos serviços auxiliares, em caso de falha, haverá um sistema automático que garanta a comutação para outra fonte, quando disponível.

A protecção de pessoas contra contactos indirectos na rede destes serviços, será garantida pela adopção do sistema TT, sendo normas de concepção:

- Disparo ao primeiro defeito.
- Neutro de baixa tensão do Transformador dos Serviços Auxiliares ligado à rede geral de Terras.
- Massas da instalação ligadas à rede geral de terras.
- Utilização de disjuntores diferenciais de média sensibilidade, montados de forma selectiva, assegurando o corte dos circuitos em caso de defeito à terra.
- Existência de terra geral com resistência inferior a 1Ω .

4.5.2 Serviços Auxiliares de Corrente Contínua

Estes serviços estão previstos para 110 V, sendo a sua alimentação realizada a partir de um conjunto bateria-carregador que integra a função de televigilância. A bateria será do tipo alcalino.

Estes serviços serão equipados com um dispositivo de controlo permanente do isolamento dos circuitos, para a detecção e sinalização da ocorrência de defeitos à terra. Em caso de defeito, o disparo automático não será provocado devido a imperativos de exploração.

4.6 Sistemas de Iluminação, de Tomadas, de Detecção de Intrusão e Incêndio e de Instalação Telefónica

O Edifício de Comando e o Parque Exterior de Aparelhagem, serão equipados com um sistema de iluminação principal e um sistema de iluminação de emergência. Este último sistema assegurará a iluminação necessária à circulação de pessoas em caso de falha de alimentação ao barramento geral dos Serviços Auxiliares de Corrente Alternada. Estes dois locais serão ainda equipados com um circuito de tomadas monofásicas e trifásicas para usos gerais.

No Edifício de Comando será equipado um sistema de detecção de intrusão e incêndio constituído por centrais separadas. No sistema de intrusão estão também consideradas as sinalizações de portão de entrada aberto e portas do edifício abertas.

Estará também equipado com um sistema de extracção de fumos, constituído por dois extractores instalados junto ao tecto.

Este edifício estará equipado com um sistema de ar condicionado constituído por dois conjuntos independentes colocados junto ao tecto.

A instalação telefónica prevista para este edifício será constituída por uma rede estruturada entre as tomadas terminais e o bastidor passivo. A este serão ligados os circuitos provenientes da rede pública ou da rede interna do Grupo EDP.

Os circuitos BT previstos no Edifício de Comando destinados à iluminação normal e de emergência, tomadas, ventilação, ar condicionado, detecção de intrusão e incêndio e rede estruturada, serão instalados no interior de calhas técnicas.

5. Barramentos, Derivações e Ligações

Os condutores que constituem o esquema eléctrico da subestação serão dimensionados para o trânsito das correntes estipuladas em serviço contínuo, para os aquecimentos máximos admissíveis, e para resistirem aos efeitos electrodinâmicos das correntes de curto-circuito susceptíveis de os percorrerem.

5.1 Barramento 60 kV

No andar de AT, o barramento será do tipo simples, seccionado ou não, realizado em tubo de alumínio de 6 metros de comprimento, com uma distância entre fases de 1,5 m e apoiado em isoladores de suporte que por sua vez serão comportados por estruturas metálicas adequadas.

As ligações entre a aparelhagem de AT e a ligação dos painéis de AT ao barramento, serão efectuadas em cabo de alumínio multifilar. As ligações entre os seccionadores de barramento de painéis AT dispostos frente a frente, serão efectuados em tubo de alumínio, sendo em cabo de alumínio nu multifilar a ligação destes tubos ao barramento AT.

Todas estas ligações apresentam um afastamento entre fases de 1,5 m, com a excepção das ligações aos disjuntores de AT(1,05 m) e aos transformadores de potência 60/15 kV, que dependem da distância entre pólos do respectivo equipamento.

As ligações dos secundários dos transformadores de potência aos cabos isolados de MT, que asseguram a sua ligação à respectiva cela do quadro metálico de MT, serão efectuadas em cabo de alumínio nu multifilar e em tubo de alumínio.

O tipo de montagem adoptado para as ligações aos transformadores de potência, permitirá a sua substituição de uma forma ligeira, uma vez que apenas será necessário desligar os condutores em cabo de alumínio ligados aos terminais AT e MT do referido transformador, e as ligações de BT que serão asseguradas por intermédio de fichas extraíveis.

5.2 Cabos Isolados de MT

Os cabos isolados de MT que realizam a ligação dos secundários dos transformadores de potência 60/15 kV, dos transformadores dos serviços auxiliares MT/BT, das reactâncias de neutro e dos escalões de baterias de condensadores às respectivas celas do quadro metálico de MT, serão cabos unipolares, possuindo uma alma condutora em alumínio, isolamento

constituído por uma camada extrudida de PEX (polietileno reticulado) e blindagem em fios de cobre envolvidos por fita de cobre.

No andar de 15 kV, devido à maior corrente convencionada necessária para os cabos, a ligação dos secundários dos transformadores de potência 60/15 kV às respectivas celas do quadro metálico de MT, será assegurada por cabos unipolares com alma condutora em cobre.

Todos os cabos isolados de MT referidos, deverão ter a sua armadura ligada à terra nas duas extremidades.

Os cabos isolados de MT relativos aos circuitos de ligação dos secundários dos transformadores 60/15 kV, dos transformadores dos serviços auxiliares MT/BT, das reactâncias de neutro e dos escalões de baterias de condensadores às respectivas celas do quadro metálico de MT, serão instalados em todo seu trajecto, em tubos ou caleiras reservados para o efeito.

Os cabos isolados de MT referentes aos circuitos das linhas, serão instalados em tubos ou caleiras até à zona das saídas aéreas, onde passarão a ser instalados em valas até os apoios de transição cabo subterrâneo/linha aérea.

5.3 Cabos Isolados de BT

Os cabos isolados de BT que certificam os circuitos de corrente contínua e os circuitos de corrente alternada, serão do tipo XAZ₁ (frs, frt, zh), com armadura de aço, e do tipo XHZ₁ (frs, frt, zh), com armadura em fita de cobre, possuindo ambos, isolamento de cor preto, tensão nominal de 0,6/1 kV e secção de acordo com as funções que irão desempenhar, tendo como mínimo a secção de 2,5 mm². Estes cabos devem ser isentos de halogéneos, resistentes ao fogo e não propagadores do mesmo.

Os cabos do tipo XHZ₁, serão utilizados exclusivamente nos circuitos de medida de corrente e tensão AT e MT, de modo a assegurar um melhor isolamento electromagnético, sendo os restantes circuitos implementados com cabos isolados de BT do tipo XAZ₁. Todos os cabos isolados de BT deverão ter a sua armadura ligada à terra nas duas extremidades.

No Parque Exterior de Aparelhagem, os cabos isolados de BT serão instalados em tubos e caleiras, com excepção dos trajectos de subida à aparelhagem, aos comandos da aparelhagem e armários de reagrupamento de cabos.

No interior do Edifício de Comando, os cabos isolados de BT, serão instalados em tubos ou caleiras e sob o piso falso, na zona dos armários de comando e controlo.

6. Sistemas de Protecção

6.1 Rede Geral de Terras

A rede geral de terras será concebida de forma a constituir uma rede equipotencial, reduzindo os riscos de tensões de passo e de contacto e limitando-as a valores não perigosos, em caso de defeito à terra.

A rede geral de terras será um conjunto interligado formado por:

- Terra de protecção, destinada a contribuir para a segurança das pessoas nas proximidades de um objecto metálico da instalação susceptível de colocação accidental sob tensão em caso de defeito de isolamento.
- Terra de serviço, destinada a influenciar o comportamento da rede em caso de defeito à terra.
- Cabos de guarda, para protecção da instalação contra descargas atmosféricas directas.

A rede geral de terras será uma terra única, constituída por um circuito de instalação subterrânea e por um circuito de instalação à superfície, ligado entre si.

O desenho em *AutoCAD*® da rede geral de terras encontra-se na folha nº 3, em anexo.

O dimensionamento da rede geral de terras para a subestação (secção do cabo e dimensão da quadrícula) dependerá de vários factores, condicionados pela localização da subestação, tais como:

- Resistividade do solo.
- Distância à subestação de alimentação da rede AT e respectiva corrente de curto-circuito máxima trifásica e fase-terra.
- Características da interligação à subestação de alimentação da rede AT.

A rede geral de terras apresentada foi dimensionada considerando a resistividade média do solo igual ou inferior a 100Ω e uma corrente de curto-circuito máxima trifásica e fase-terra igual ou inferior a 25 kA com uma duração máxima de 1,5 seg. na subestação de alimentação da rede AT, sendo a interligação a esta subestação constituída por uma linha dupla de alumínio-aço de 325 mm^2 com comprimento superior ou igual a 8 km.

Na rede geral de terras, ficará o adjudicatário da empreitada de engenharia civil responsável por deixar pontas derivadas do circuito de instalação subterrânea junto a cada maciço das estruturas metálicas e apoios AT, junto dos prumos de vedação da subestação e no interior do Edifício de Comando. Ficarà o adjudicatário da empreitada de Equipamento, responsável pelo estabelecimento do circuito de terra de instalação à superfície e pela

interligação deste às pontas derivadas do circuito subterrâneo, além da ligação dos tapetes e bancos equipotenciais.

A planta desenhada em AutoCAD®, encontra-se em anexo, na Folha nº3, Rede Geral de Terras.

6.2 Sistemas de Protecção, Comando e Controlo Numérico (SPCC)

O SPCC é o responsável pela protecção, comando e controlo de todos os órgãos da instalação, sendo constituído por diversos módulos de processamento de informação que, devidamente interligados, lhes permitem desempenhar as funções inerentes à subestação, nomeadamente:

- Modo de funcionamento e encravamentos.
- Protecções.
- Automatismos.
- Gestão da Informação.
- Manutenção e teleparametrização.
- Interface humano-máquina.

Em termos, para garantir a segurança de pessoas e bens, devem ser respeitados os seguintes princípios:

- O comando voluntário dos órgãos de manobra (disjuntores e seccionadores) não deverá ser possível de efectuar em simultâneo a partir de locais distintos.
- A acção de comando sobre os órgãos de manobra (disjuntores) proveniente das funções de protecção não está sujeita a qualquer hierarquia estabelecida para o comando voluntário.
- A acção de comando proveniente das funções de automatismo sobre os órgãos de manobra (disjuntores) deverá obedecer a uma sequência de operações pré-definida e ter em consideração o modo de comando seleccionado para a acção voluntária.

6.2.1 Funções de Protecção

Cada uma das unidades de painel integrantes do SPCC deverá albergar um conjunto de funções de protecção, que assegurarão a vigilância do funcionamento da rede detectando defeitos e, por interacção ou não com as funções de automatismo, procurando eliminá-los o

mais rapidamente possível, no sentido de garantir simultaneamente uma exploração segura e uma elevada continuidade e qualidade de serviço.

Para atingir estes objectivos, as funções de protecção devem reger-se pelos seguintes princípios:

- Selectividade de actuação minimizando a área afectada.
- Redundância na actuação permitindo colmatar o deficiente funcionamento de qualquer componente do sistema de protecções.
- Coexistência com os restantes funcionalismos do SPCC.

Para situações específicas em que há necessidade de garantir tempos de actuação iguais ou inferiores a 100 ms, e a transmissão de informação entre as diferentes unidades de painel e o SPCC não garante este requisito, então, esta troca de informação deverá ser assegurada por uma interligação por fio condutor eléctrico.

6.2.2 Funções de Automatismo

O SPCC deverá assegurar, preferencialmente de forma distribuída, um conjunto de funções de automatismo com o objectivo de eliminar determinado tipo de defeitos e garantir elevados níveis de qualidade de serviço.

Devem ser considerados as seguintes funções:

- Comutação automática de disjuntores BT.
- Religação rápida e/ou lenta de disjuntores.
- Pesquisa terras resistentes.
- Deslastre e reposição por tensão.
- Deslastre e reposição por frequência.
- Regulação automática de tensão.
- Comando automático de bateria de condensadores.

O SPCC deve garantir via a rede de comunicação que interliga as diferentes unidades de painel, a correcta actuação das funções de automatismo de acordo com os limites temporais definidos para cada uma delas.

7. Anexos

Neste capítulo da memória, encontram-se respectivamente:

- Cálculos das correntes de curto-circuito, escolha se cabos.
- Dimensionamento do Barramento de 60 kV.
- Dimensionamento do Barramento de 15 kV.
- Plantas desenhadas em *AutoCAD*®:
 - Folha 1: Vista de perfil da Subestação 60/15 kV.
 - Folha 2: Planta da Subestação 60/15 kV.
 - Folha 3: Rede Geral de Terras da Subestação 60/15 kV.
 - Folha 4: Esquema unifilar da Subestação 60/15 kV.