

# Subestação de Sacavém

## Relatório de Visita de Estudo

6 Dezembro 2005



Secção de Sistemas de Energia

Março 2006

## **Índice**

1. Enquadramento
2. Objectivos
3. Localização
4. Descrição da Subestação

## **Anexos**

1. Contactos
2. Docentes do ISEL que acompanharam a visita

## 1. Enquadramento

A visita de estudo enquadrou-se no âmbito das disciplinas de Redes de Energia Eléctrica, Produção e Transporte de Energia e Protecções em Sistemas de Energia Eléctrica.

## 2. Objectivos

- Identificar os diversos equipamentos existentes na subestação.
- Compreender a sua função numa rede.
- Observar os sistemas de protecção instalados.
- Ver a integração dos sistemas de protecção dentro da subestação.
- Tomar contacto com a alimentação dos sistemas de protecção e com os dispositivos de corte.
- Testemunhar a evolução tecnológica dos equipamentos

## 3. Localização

A subestação de Sacavém situa-se na cidade de Sacavém, concelho de Loures, distrito de Lisboa.



Figura 1 – Localização da Subestação de Sacavém

#### 4. Descrição da Subestação

A subestação de Sacavém entrou em serviço em 1951, fruto da necessidade de escoar a energia produzida pela central hidroelétrica de Castelo de Bode, que nesse ano entrara também em funcionamento.

Com a ligação das subestações de Sacavém e Zêzere (que acabara também de entrar em serviço) iniciou-se a exploração da Rede Nacional de Transporte, com a primeira linha a 150kV, Zêzere – Sacavém.

Situada nos arredores de Lisboa, a subestação de Sacavém forma conjuntamente com as subestações de Carriche e Alto Mira um dos principais nós de ligação da Rede Nacional de Transporte à capital portuguesa.

Existem quatro níveis de tensão na subestação: 220, 150, 60 e 30 kV, estando cada um desses níveis equipado com barramentos duplos no intuito de uma maior continuidade de serviço.

A entrada na subestação é feita a dois níveis de tensão, 150 e 220 kV, dando origem posteriormente aos 30 e 60 kV, respectivamente.

A subestação está equipada com dois transformadores de potência trifásicos 220/60 kV de 170 MVA/cada, quatro transformadores de potência trifásicos 150/30 kV, sendo três de 60 MVA e um de 45 MVA e ainda um transformador de potência trifásico 150/60 kV de 63 MVA. No total a subestação de Sacavém possui uma potência de transformação de 628 MVA.

A subestação é composta por 43 painéis que estão distribuídos por nível de tensão e tipo, da seguinte forma:

- 220 kV – 6 Painéis
  - 3 Painéis de linha
  - 2 Painéis de transformador
  - 1 Painel inter-barras
- 150 kV – 10 Painéis
  - 2 Painéis de linha
  - 5 Painéis de transformador
  - 1 Painel inter-barras
  - 2 Painéis de Reserva equipada

- 60 kV – 6 Painéis
  - 3 Painéis de linha
  - 2 Painéis de transformador
  - 1 Painei inter-barras
  
- 30 kV – 21 painéis
  - 7 Painéis de linha
  - 4 Painéis de transformador
  - 1 Painei inter-barras
  - 2 Painéis de bateria de condensadores
  - 2 Painéis de Serviços auxiliares
  - 2 Painéis de Reserva equipada
  - 3 Painéis de Reserva semi-equipada

**Nota:** O Nível tensão dos 30 kV nesta subestação está num processo desactivação, pelo que actualmente apenas uma parte destes painéis se encontra em serviço.

A compensação do factor de potência/regulação de tensão por injeção de potência reactiva é efectuada a 30 kV por intermédio de 2 blocos de baterias de condensadores com um total de potência instalada de 30 MVar.

Também estas baterias de condensadores estão em fase de desactivação, devendo ser substituídas por outras a 60 kV.

Ainda que existam quatro níveis de tensão na subestação estes encontram-se divididos em dois blocos praticamente independentes:

- Bloco 150/30 kV
- Bloco 220/60 kV

Deste modo será feita uma análise dos blocos separadamente começando pelo bloco 150/30 kV.

▪ **Esquema unifilar simplificado da subestação de Sacavém: Bloco 150/30 kV**

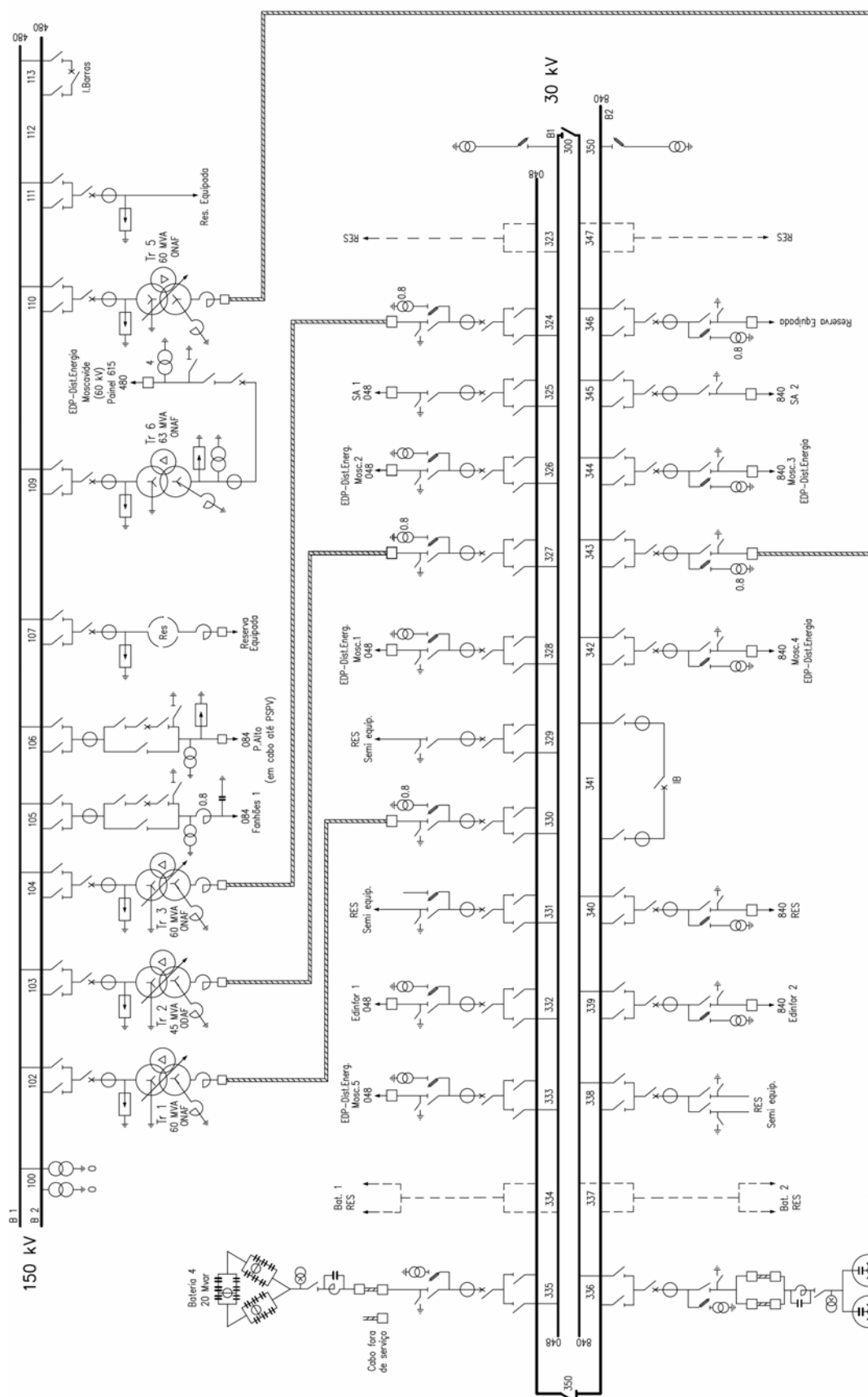


Figura 2 – Esquema unifilar do bloco de transformação 150/30 kV



À subestação de Sacavém chegam duas linhas de 150 kV provenientes das subestações de Fanhões (via aérea) e Porto Alto (via subterrânea, desde do Posto de Seccionamento do Prior Velho).



Figura 3 – Pórtico de amarração da linha aérea de 150 kV proveniente de Fanhões

A seguir ao pórtico de amarração encontram-se duas bobines tampão ligadas nas fases 0 e 8, que têm a função de impedir que os sinais de alta frequência sejam derivados em direcções indesejadas. Em paralelo com as bobines encontram-se dois condensadores, ligados nas mesmas fases, que em conjunto servem para sintonizar os sinais de alta frequência presentes na linha.

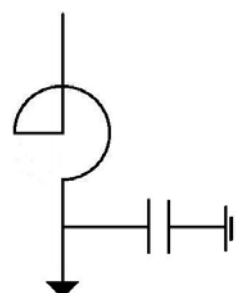
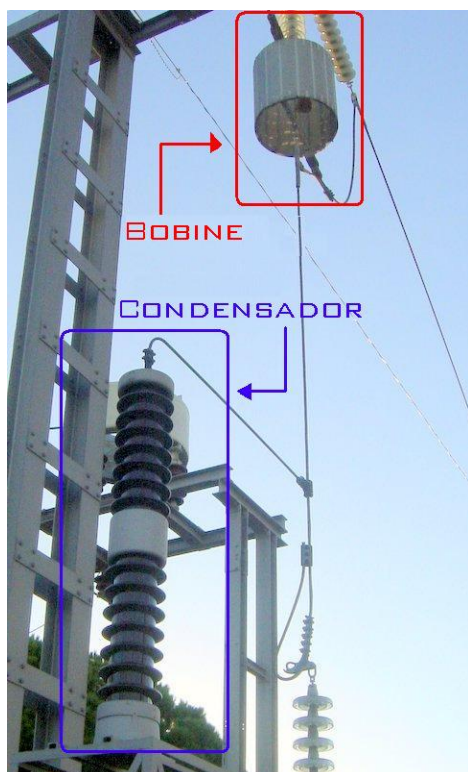


Figura 4 – Conjunto condensador e bobine tampão e respectivos símbolos

Após a bobine tampão e condensador encontra-se um transformador de tensão em cada fase, cuja função é “retirar” uma imagem da tensão da linha e transmiti-la, quer para dispositivos de protecção, quer para dispositivos de monitorização existentes na sala de comando.

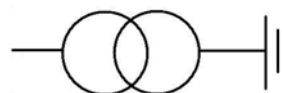


Figura 5 – Transformador de Tensão e respectivo símbolo

Para se proteger os equipamentos ligados ao painel de linha, existem disjuntores a ar comprimido.



Figura 6 – Disjuntor a ar comprimido e respectivo símbolo

De modo a nunca se descuidar esta protecção, mesmo quando for necessário proceder-se a trabalhos manutenção, existe um *by-pass* ao disjuntor o que possibilita manter o fornecimento de energia durante a realização dos trabalhos.



Nesta situação a protecção do painel de linha é assegurada pelo disjuntor inter-barras, através de uma conveniente manobra dos seccionadores de escolha de barramento.

A figura abaixo mostra um dos seccionadores usados para fazer o *by-pass* ao disjuntor.

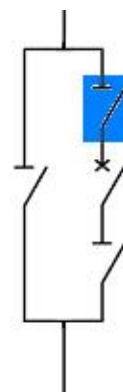
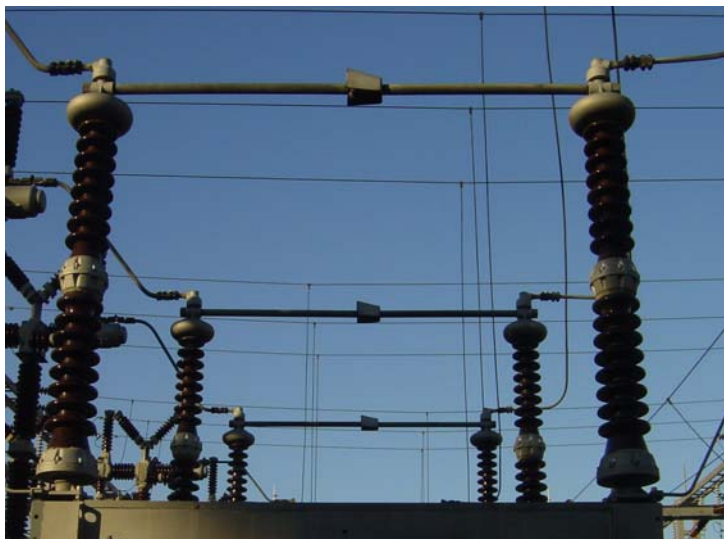


Figura 7 – Um dos seccionadores usados para fazer o *By-pass* ao disjuntor

Após o *by-pass* ao disjuntor encontra-se um transformador de corrente em cada fase, cuja a função é basicamente a mesma que o transformador de tensão, só que neste caso a informação transmitida é do valor da corrente em cada fase.

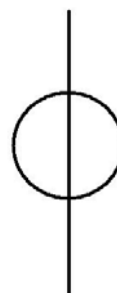


Figura 8 – Transformador de corrente e respectivo símbolo

A escolha de um dos barramentos de 150 kV é realizada através do fecho dos seccionadores de facas.

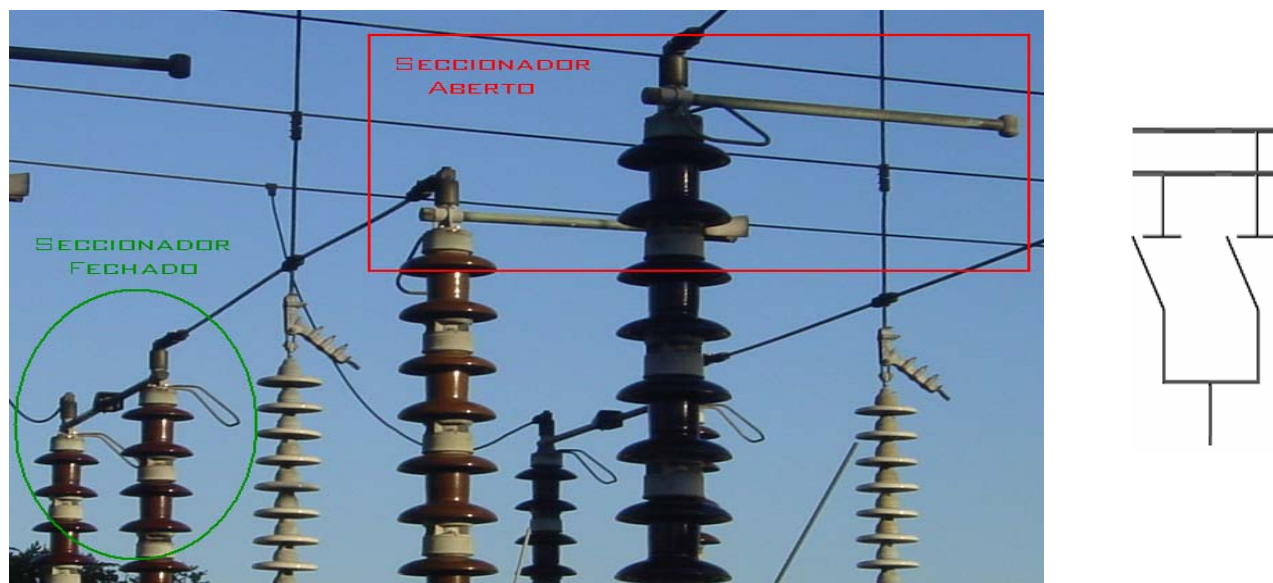


Figura 9 – Seccionadores de facas de selecção de barramentos (esq. fechado, dir. aberto)

A fim de garantir uma maior continuidade de serviço a todos os níveis de tensão, existem na subestação barramentos duplos, que permitem em caso de avaria num deles ou de manutenção, se possa recorrer ao outro evitando assim a interrupção do fornecimento de energia.

A imagem seguinte mostra um dos barramentos de 150 kV em cabo.



Figura 10 – Barramento de 150 kV em cabo e respectivo símbolo

É de notar em praticamente todos os barramentos da subestação, a existência de transformadores de tensão que têm como função “extrair” imagens da tensão em cada barramento.

Nos painéis de transformadores, após a escolha dos barramentos de 150 kV, existem disjuntores a ar comprimido (semelhantes aos da Figura 6) que têm como principal objectivo proteger os transformadores contra sobreintensidades ou contra sobrecargas, além de os isolarem do circuito do lado dos 150 kV.

Para protecção dos transformadores contra sobretensões resultantes de descargas atmosféricas ou de manobras, existem descarregadores de sobretensões de Óxido de Zinco.



Figura 11 – Descarregador de sobretensões de ZnO e respectivo símbolo

Os transformadores de potência trifásicos que reduzem o nível de tensão dos 150 kV para os 30 kV têm uma potência de 60 e 45 MVA.

Um outro transformador, cuja potência é de 63 MVA, reduz o nível de tensão dos 150 kV para os 60 kV (liga ao posto de seccionamento do Prior Velho).

Todos os transformadores permitem a regulação de tomadas em carga.

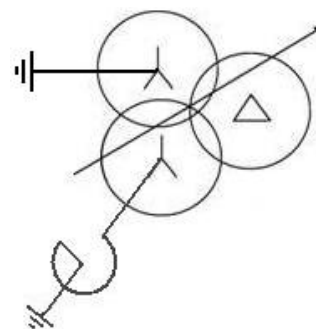
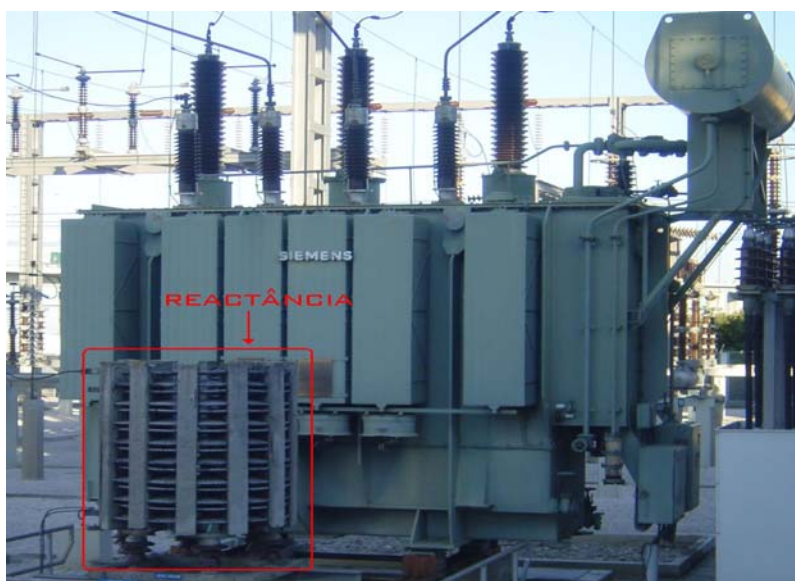


Figura 12 – Transformador de potência 150/30 KV e reactância de neutro

Os transformadores possuem três enrolamentos estando os dois enrolamentos principais ligados em estrela com o neutro à terra. Contudo o enrolamento do lado dos 30 kV está ligado através de uma reactância de neutro de limitação da componente homopolar da corrente de curto-circuito, a qual se pode visualizar a figura anterior.

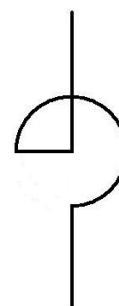
O terceiro enrolamento dos transformadores está ligado em triângulo

A refrigeração dos transformadores é efectuada a Óleo Natural/Ar Forçado (ONAF), exceptuando o transformador trifásico de 45 MVA onde a refrigeração é efectuada a Óleo Dirigido/Ar Forçado (ODAF).

Em série com o transformador existe em cada uma das fases uma reactância de fase, para limitação das correntes de curto-circuito trifásico simétricos.



Figura 13 – Reactância de fase



Após a redução do nível de tensão dos 150 para os 30 kV as ligações aos painéis de linha dos 30 kV são realizadas por cabos subterrâneos.



Figura 14 – Saída em cabo subterrâneo





Na chegada aos painéis de linha de 30 kV, para se proceder à desligação da linha existe um seccionador principal. Em conjunto um seccionador de terra tem função de impedir falsas manobras que coloquem em tensão locais onde se desenrolam trabalhos e assim fazer perigar a vida daqueles que os executam.



Figura 15 – Transformador de Tensão de 30 kV

Nas fases 0 e 8, afim de avaliar o valor da tensão na linha, encontram-se transformadores de tensão que estão protegidos por seccionadores e fusíveis.



Figura 16 – Conjunto Seccionador+Fusível



De forma a quantificar o valor da corrente em cada fase da linha, encontram-se transformadores de corrente, os quais estão ilustrados na figura abaixo.



Figura 15 – Transformador de corrente de 30 kV

Para protecção dos equipamentos ligados ao painel de transformador do lado dos 30 kV existem disjuntores a ar comprimido.



Figura 16 – Disjuntores a ar comprimido de 30 kV, vista frontal

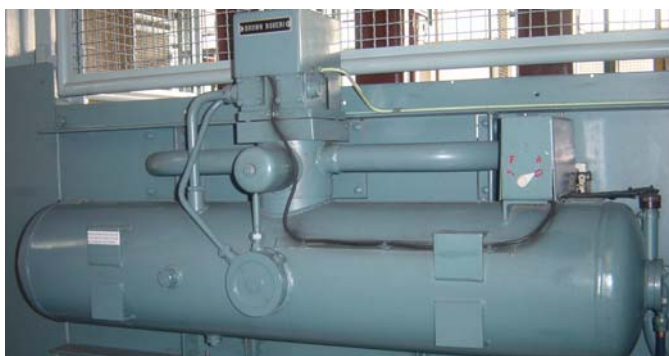


Figura 17 – Disjuntores a ar comprimido de 30 kV, vista posterior



A escolha de um dos barramentos de 30 kV que alimentam os painéis de linha é realizada através do fecho dos seccionadores de facas.



Figura 18 – Seccionadores de facas de selecção de barramentos de 30 kV

A fim de garantir uma maior continuidade de serviço também nos 30 kV existem barramentos duplos, o que permite em caso de avaria num deles ou de manutenção, se possa recorrer ao outro, evitando assim a interrupção do fornecimento de energia. A imagem abaixo mostra um dos barramentos duplos de 30 kV em barra.

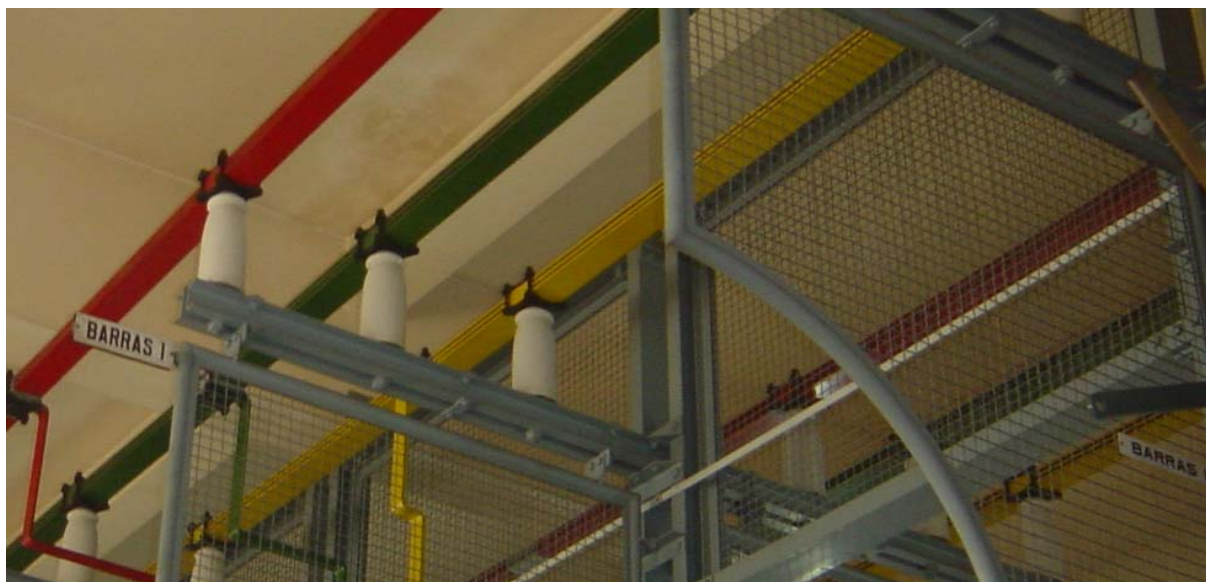


Figura 19 – Barramentos de 30 kV em barra

Nos 30 kV encontra-se algo invulgar que são dois barramentos duplos, que poderão funcionar isoladamente ou formando um único barramento duplo bastando para isso actuar nos seccionadores de seccionamento de barras.

Na figura 20 estão ilustrados os seccionadores de seccionamento de barras e respectivo comando.



Figura 20 – Seccionadores de seccionamento de barras e respectivo comando

Os aparelhos de corte existentes na subestação no bloco 150/30 KV são comandados localmente a partir de uma das salas de comando existentes na subestação.

Nesta sala de comando pode-se dar ordens de fecho e abertura a seccionadores e disjuntores, o que permite, por exemplo, escolher os barramentos utilizados, bem como colocar e retirar baterias de condensadores.

O estado destes equipamentos poderá ser visualizado no quadro sinóptico presente na sala de comando. Além disso, é possível também monitorizar os valores de tensão, corrente e potência activa e reactiva nas linhas que ligam à subestação.



Figura 21 – Sala de comando dos 150/30 kV

▪ Esquema unifilar simplificado da subestação de Sacavém: Bloco 220/60 kV

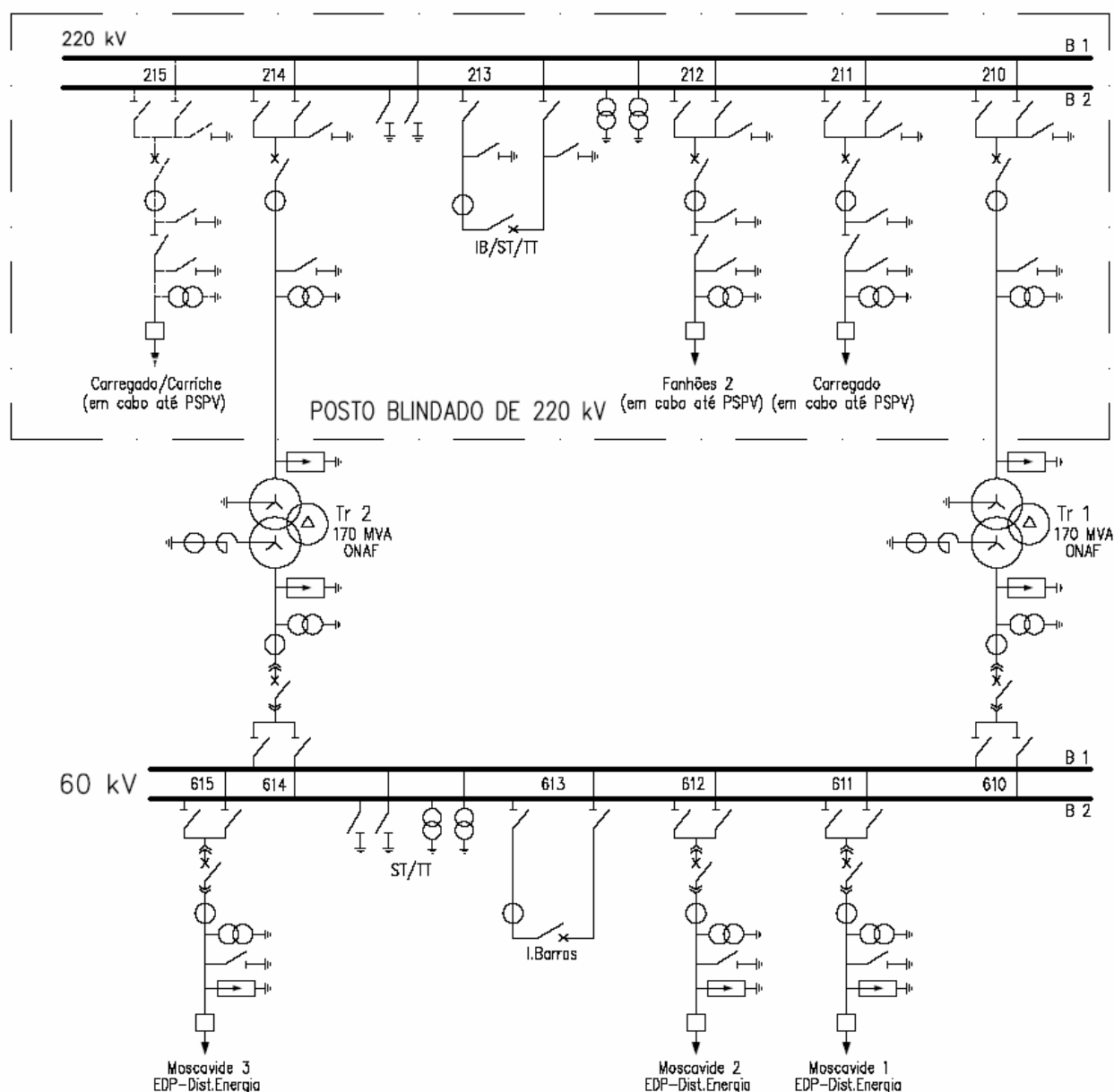


Figura 22 – Esquema unifilar do bloco de transformação 220/60 kV

À subestação de Sacavém chegam três linhas de 220 kV provenientes das subestações de Fanhões, Carregado e Carregado/Carriche (todas elas por via subterrânea desde do Posto de Seccionamento do Prior Velho).

O Posto de seccionamento de 220 kV é o mais recente na subestação.

Trata-se de um posto totalmente blindado e muito compacto, ocupando por isso uma área muito inferior em relação aos outros postos existentes na subestação.

Dado ser um posto blindado não é fácil reconhecer os equipamentos visualmente, sendo somente possível identifica-los através das placas identificadoras.



A figura seguinte mostra o aspecto do posto de seccionamento blindado de 220 kV



Figura 22 – Posto de seccionamento blindado de 220 kV

O posto de seccionamento blindado é composto por três painéis de linha, dois painéis de transformador e 1 painel inter-barras.

Os painéis de linha são compostos por um transformador de tensão na entrada da linha, afim de analisar o valor da tensão que chega à subestação.

Um conjunto composto por um seccionador principal e dois seccionadores de terra possibilitam a desconexão da linha e impedem que falsas manobras coloquem em tensão certos locais. Para além disso existem transformadores de corrente e ainda disjuntores que protegem os equipamentos do painel. Para fazer a selecção de um dos barramentos existem seccionadores

Os painéis de transformadores são compostos, pelos seccionadores para escolha de barramento, por seccionadores de terra, por transformadores de corrente e tensão e ainda por disjuntores que têm como principal função proteger os transformadores contra sobreintensidades ou sobrecargas, além de os isolarem do lado dos 220 kV.

Os transformadores encontram-se fora posto blindado de 220 kV por questões, de ruído e dimensões. De forma a atenuar o ruído, foram construídos no exterior muros de insonorização que envolvem os transformadores.

Os transformadores de potência trifásicos reduzem o nível de tensão dos 220 kV para os 60 kV e tem uma potência de 170 MVA com regulação de tomadas em carga.

Os transformadores possuem três enrolamentos estando os dois enrolamentos principais ligados em estrela com o neutro à terra. O enrolamento do lado dos 60 kV está ligado através de uma reactância de limitação da componente homopolar da corrente de curto-circuito. O terceiro enrolamento está ligado em triângulo. A refrigeração dos transformadores é efectuada a Óleo Natural/Ar Forçado (ONAF).

Para protecção contra sobretensões existem descarregadores de sobretensões de ambos os lados dos transformadores.

Para isolar os transformadores do lado dos 60 kV, assim como para proteger os equipamentos existentes nos painéis de transformadores dos 60 kV, existem disjuntores extraíveis.

Também nos 60 kV a continuidade de serviço é garantida com a existência de barramentos duplos, sendo neste nível de tensão em “tubo”.

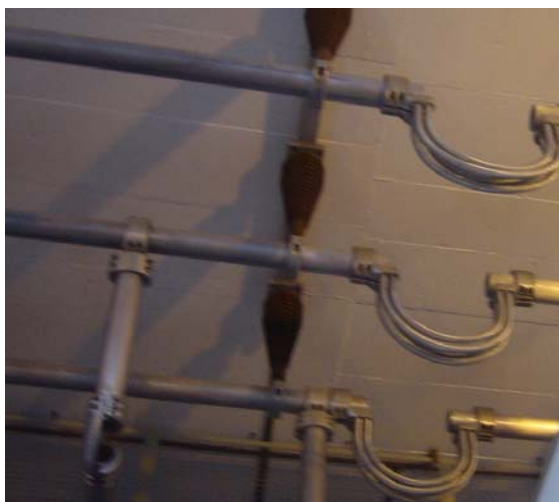


Figura 23 – Barramentos de 60 kV em tubo

A escolha de um dos barramentos de 60 kV é realizada através do fecho dos seccionadores de facas.

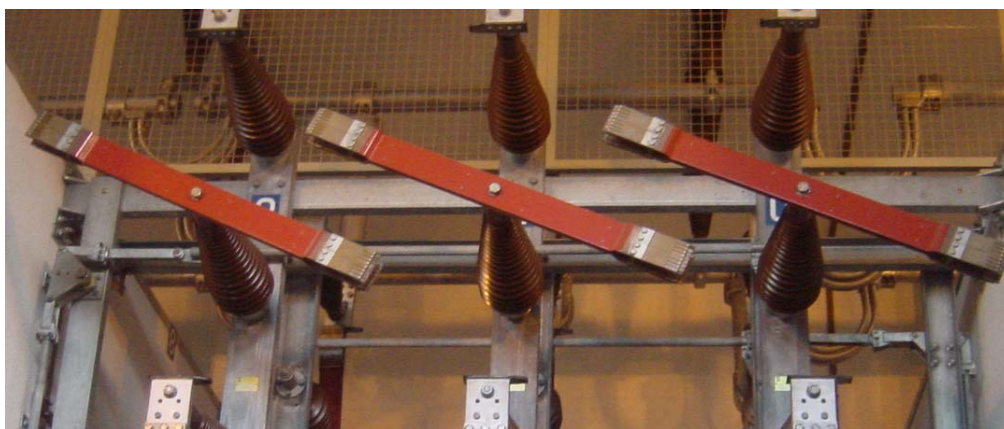


Figura 24 – Seccionadores de facas de 60 kV

Os painéis de linha de 60 kV, além dos já habituais seccionadores de selecção de barramento e transformadores de tensão e corrente, são de salientar para protecção dos equipamentos do painel de linha os disjuntores extraíveis, e os descarregadores de tensão para a protecção das linhas em cabo subterrâneo.

Os aparelhos de corte existentes na subestação no bloco 220/60 KV são comandados localmente a partir de uma das salas de comando existentes na subestação.

Esta sala de comando é muito mais recente que a anterior, pelo que é também muito mais moderna, não sendo necessário uma sala de comando tão grande, pois tudo se comanda a partir de um computador.

Nele pode-se dar ordens de fecho e abertura a seccionadores e disjuntores, o que permite, por exemplo, escolher os barramentos utilizados. Pode-se também monitorizar os valores de tensão, corrente e potência activa e reactiva nas linhas que ligam à subestação. Além disso é possível visualizar o estado dos equipamentos

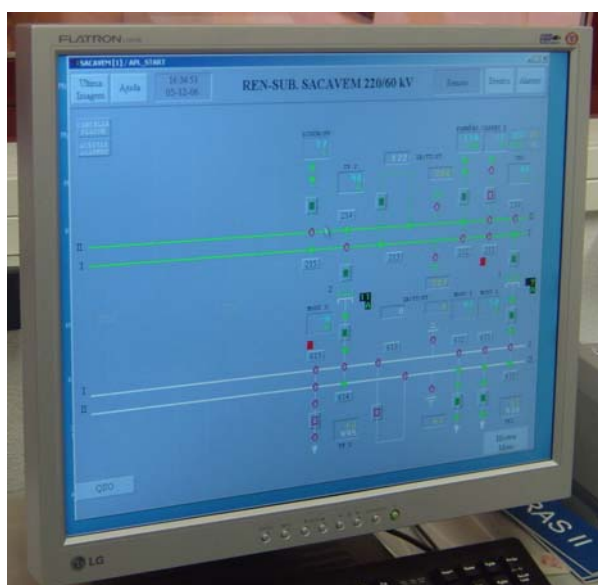


Figura 25 – Sinóptico da sala de comando dos 220/60 kV



## **Anexos**

### **1. Contactos**

#### **Subestação de Sacavém**

Contactos: Eng.º Rui Pestana

E-mail: [rui.pestana@ren.pt](mailto:rui.pestana@ren.pt)

### **2. Docentes do ISEL que acompanharam a visita**

Eng.º Rui Pestana – Responsável da disciplina de Redes de Energia  
Eléctrica

Eng.º Fernando Matos – Encarregado de trabalhos da Secção de Sistemas de  
Energia.