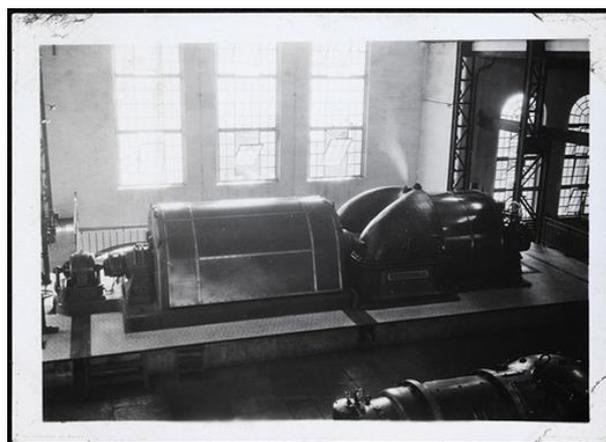


Central Tejo Baixa Pressão 1928 – Desclassificado em 1970/75



Grupo Turboalternador nº5 8º Parte

Companhias Reunidas Gás e Electricidade CRGE Central Tejo – Baixa Pressão

1. A Central Tejo de Baixa Pressão. Os turboalternadores

O turboalternador nº 5, insere-se na 2ª fase (1924-1928), de acordo com o quadro resumo que se apresenta abaixo:

Em resumo, em 1938 o equipamento gerador da Central Tejo era o que consta deste quadro:

O que restava da 1ª Fase – 1914/1921

Nº de caldeiras: 4, (nºs 3 a 6) de fornecimento Babcock & Wilcox queimando carvão e produzindo vapor à pressão de 16 kg/cm², com um caudal de 12/16 ton/h.

Nº de turboalternadores: 3, sendo um de fabrico Escher Wyss e os restantes da AEG.

O que restava da 2ª Fase – 1924/1928

Nº de caldeiras: 3, (nºs 7, 9 e 11) sendo duas de fornecimento Babcock & Wilcox queimando carvão e produzindo vapor à pressão de 16 kg/cm², com um caudal de 15/19 tons/h.

A outra, de fabrico Humboldt queimando carvão pulverizado e produzindo vapor à pressão de 16 kg/cm², com um caudal de 17/20 ton/h.

Nº de turboalternadores: 1, (nº 4) de fabrico Stal Asea, mais 1, nº5 de fabrico Escher Wyss.

Desclassificações

As caldeiras n.ºs 1 e 2 foram desclassificadas em 1941 e 1942 respectivamente.

O turboalternador n.º 4 foi desclassificado em 1959.

As caldeiras n.ºs 3,4,5,6,7,9 e 11 foram desclassificadas em 1963.

O turboalternador n.º 1 foi desclassificado em 1963.

As caldeiras n.ºs 8 e 10 foram desclassificadas entre 1970 e 1975.

O turboalternador n.º 5 foi desclassificado entre 1970 e 1975.

2. Grupo turboalternador n.º 5

Em 1928 teve início a execução de um programa de reforço da potência da Central, o qual iria passar pela instalação de um grupo turboalternador com potência aproximadamente dupla dos existentes em conjunto com a aquisição de duas caldeiras de 28/32 t/h, as quais vieram a ser denominadas de caldeiras n.ºs 8 e 10.

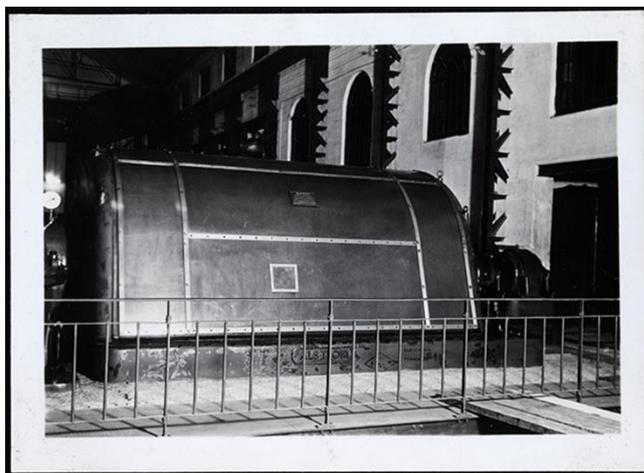


Para dar execução àquele projecto foi necessário efectuar várias obras de construção civil ampliando as instalações existentes e montando mais uma conduta de adução para admissão da água de refrigeração, em conjunto com uma outra para rejeição.

Fixada a potência do novo grupo, começaram a partir de 1928 a ser colocadas as encomendas de equipamentos.

Referindo as mais importantes, elas foram em sucessão:

O alternador



A 21-08-1928 foi adjudicado à Compagnie Française Thomson, fabricante que pouco depois se associou à Societé Alsacienne de Constructions Mecaniques, formando ambas a Alsthom.

As características do alternador eram as seguintes: Potência 16000 kW, $\cos \varphi$ 0.9, tensão 10000 Volts, frequência 42 cps (2520 rpm) mas previsto para num futuro próximo vir a trabalhar com 50 cps (3000 rpm). Posteriormente, o valor da tensão foi alterado para 10300/10500 V. O custo do alternador foi de 1054500 fr franceses (cerca de 840000\$00 ao câmbio da altura).

Regulação da tensão do alternador - era feita através de um regulador equipado com reóstato de regulação alimentado por:

- Um transformador de tensão monofásico em banho de óleo 10450/110 V, protegido com corta-circuitos Alta Tensão;
- Um transformador de intensidade de compensação em banho de óleo, 1030/1 Amp.

O regulador actuava no circuito de excitação da excitatriz; ele podia ser posto fora de serviço por intermédio de um comutador, passando a regulação a ser feita unicamente por intermédio de reóstatos de comando manual.

Fases da montagem do alternador

O circuito de excitação – Curiosamente, neste grupo a polaridade da corrente de excitação podia ser invertida periodicamente através de um comutador próprio, com o intuito de ser obtido um desgaste uniforme nos anéis.

A tensão e a intensidade eram indicadas na mesa de comando por:

- Um voltímetro com escala graduada de 0 a 260 V;
- Um amperímetro montado em shunt com escala graduada 0 a 350 Amp.

A regulação da excitação fazia-se com dois reóstatos, um para grandes e o outro para pequenas variações.

O comando do servomotor do regulador da turbina. O servo motor era comandado por um motor de 110 V CC, accionado a partir da mesa de comando do electricista.

A sincronização do grupo. O grupo podia ser sincronizado sobre o barramento geral, por intermédio de uma instalação de comando manual, ou duma outra automática.

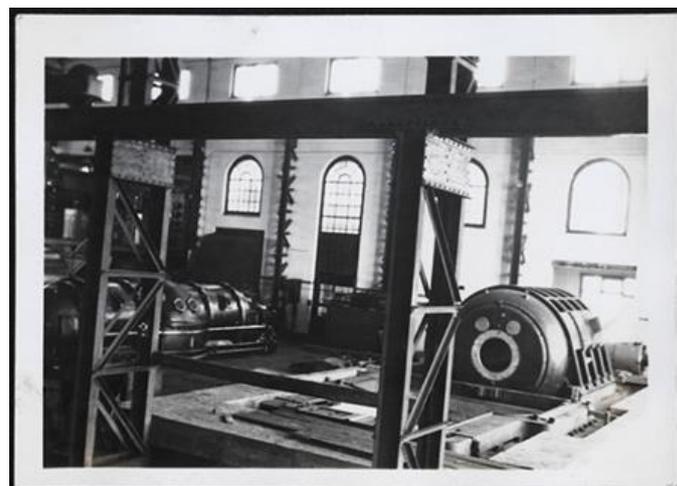
A alimentação do barramento de sincronização da instalação manual fazia-se por intermédio de um transformador de potencial 10000/110 V, protegido por fusíveis A.T.

As canalizações eléctricas

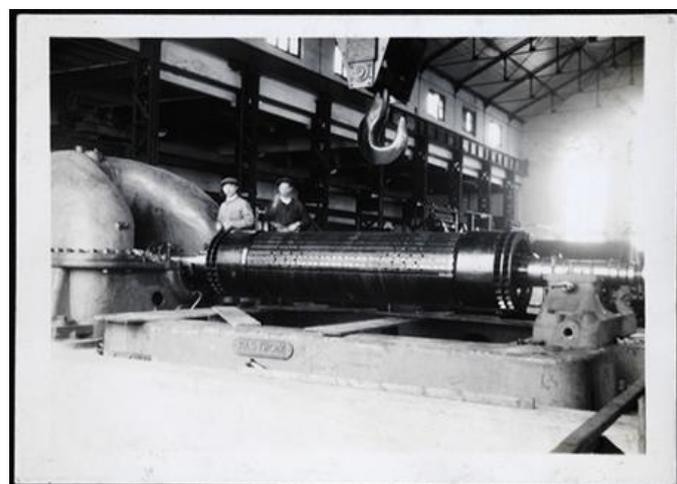
- **Na alta tensão:** entre o barramento de saída do alternador e as barras do quadro eram utilizados seis cabos armados com chumbo de 3x95 mm, próprios para a tensão de serviço de 15000 V.
- **Na baixa tensão:** Cabos com revestimento de chumbo, com seis condutores com a secção de 2.5 mm².



Chegada do alternador



Alternador posicionado



Rotor do alternador

O Condensador

O vapor depois de realizar trabalho na turbina era evacuado para uma instalação de condensação de superfície, que comportava:

- Um condensador de superfície com uma área de arrefecimento de 1350 m².

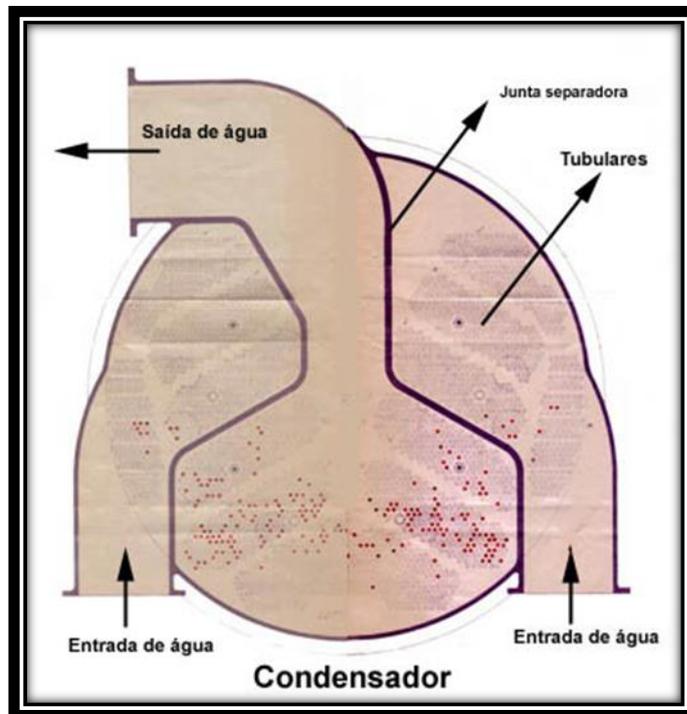
A água de refrigeração para este condensador era proveniente do rio Tejo e comprimida por uma bomba centrífuga que debitava 4200 m³/h;

- Uma bomba centrífuga de extracção de condensados;
- Uma bomba de extracção de ar do tipo centrífugo funcionando igualmente com água do Tejo, a qual alimentava um ejector de ar com tuberias Laval próprio para extrair o ar no condensador criando vácuo no seu interior.

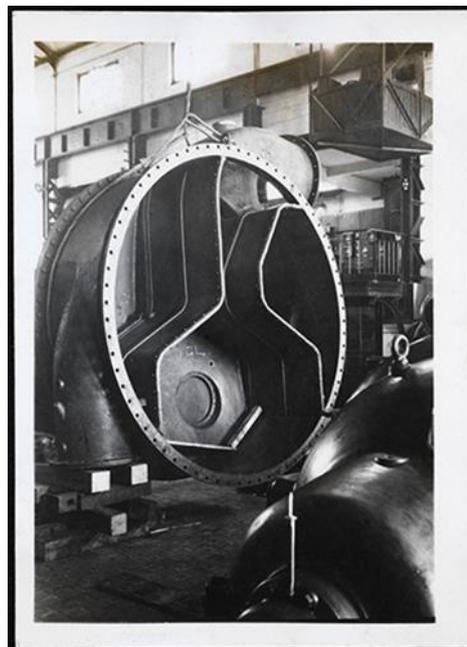
O conjunto destas bombas era accionado por um motor eléctrico de 350 CV, rodando a 810 rpm. O custo deste motor foi de 9310 fr suíços (cerca de 7500\$00).

Foi também encomendada à Escher-Wyss uma turbina auxiliar a vapor de arranque automático, para socorro do motor eléctrico das bombas de condensação; rodava a 4200 rpm sendo a transmissão ao veio geral feita por intermédio de uma caixa redutora. O preço foi de 18300 fr suíços (14740\$00).

Esta turbina entrava em serviço apenas no caso de o motor eléctrico disparar por qualquer eventualidade. Para isso, a turbina estava equipada com um regulador extra sensível que a punha instantaneamente em serviço, retomando rapidamente a carga das bombas.



Esquema em corte radial do condensador



Frente do condensador

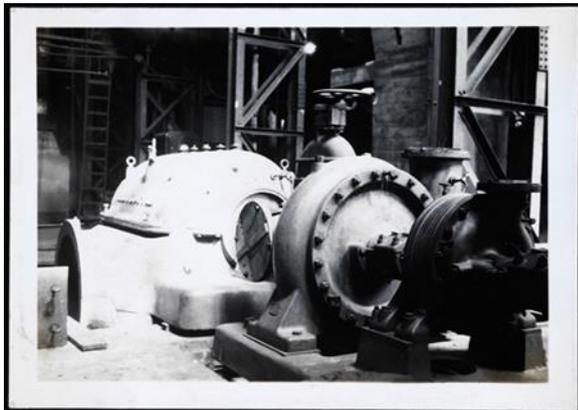


Retaguarda do condensador



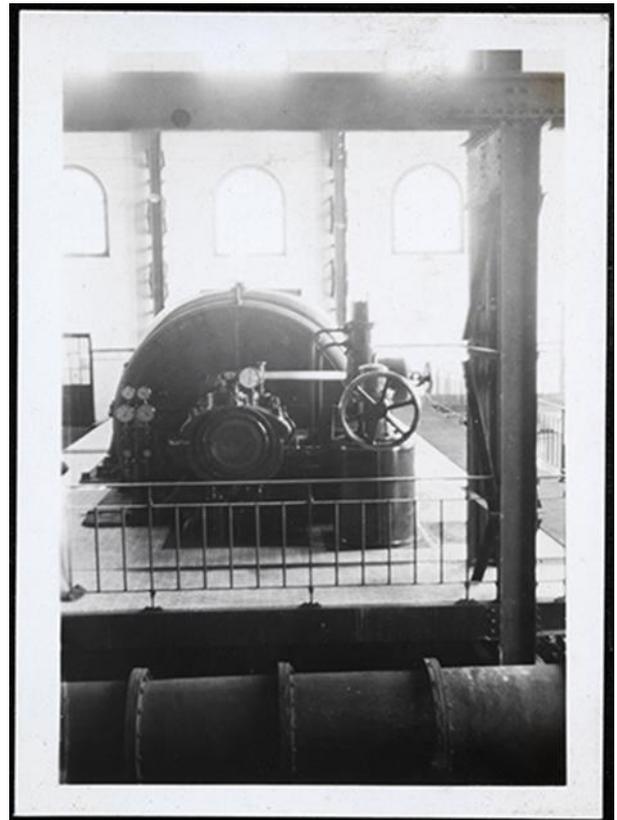
Conjunto de condensador e bombas

As bombas de refrigeração do condensador e de recuperação dos condensados (ver fotos abaixo).

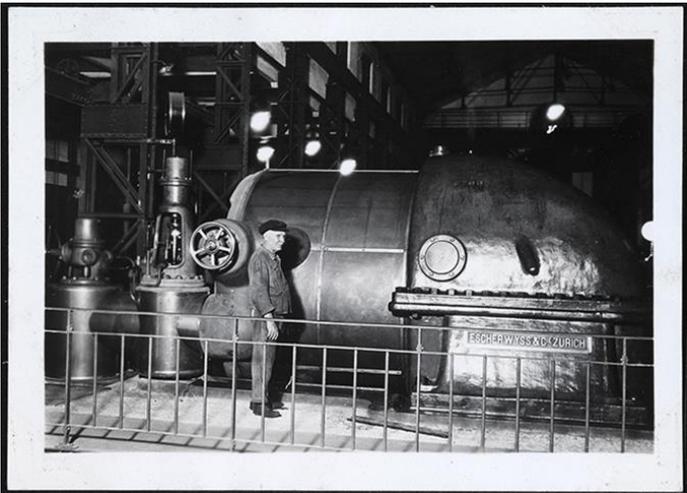


Bombas de refrigeração e de condensados

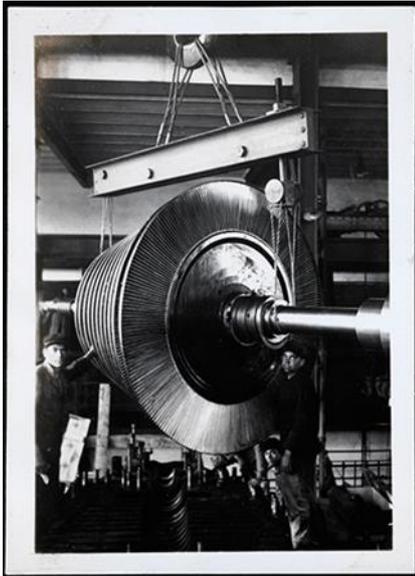
A turbina



A turbina vista de frente



Vista da turbina com o maquinista Sr. José Matias, funcionário muito conceituado na Central



Em 6-10-1928 foi feita a encomenda da turbina ao fabricante Escher-Wyss. A turbina foi prevista para fornecer as potências de 23000/18000 CV (16000/12500 kW), respectivamente máxima e económica a 2520 rpm, com vapor à pressão de 14 kg/cm² e vapor sobreaquecido à temperatura de 350° C.

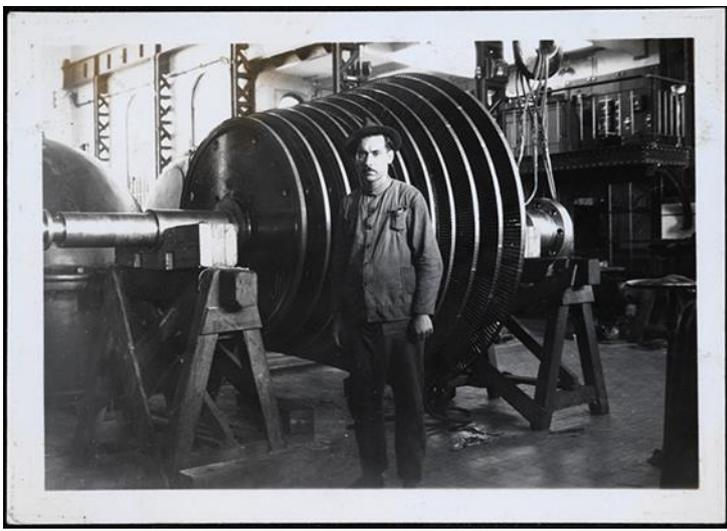
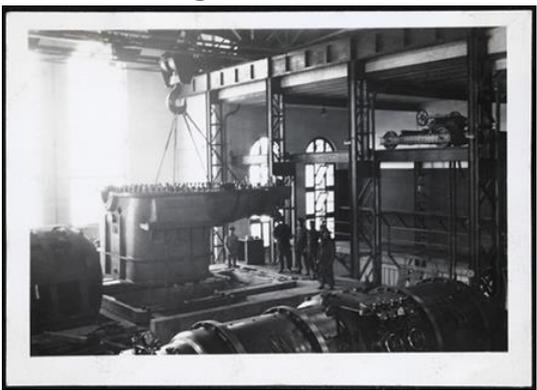
Foi estabelecido que posteriormente, a sua velocidade seria elevada para 3000 rpm. Infelizmente, não foi prevista a sua adaptação futura para funcionar com vapor à pressão de 30 kg/cm² e à temperatura de 375/400 ° C.

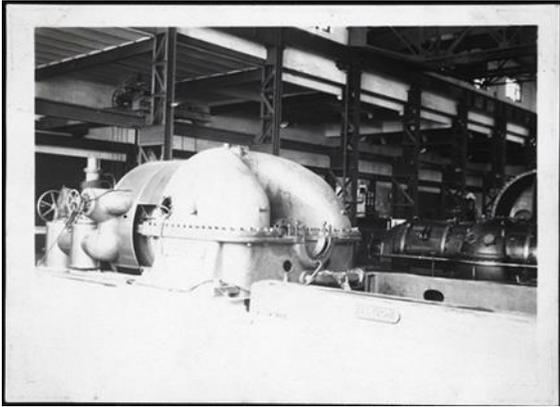
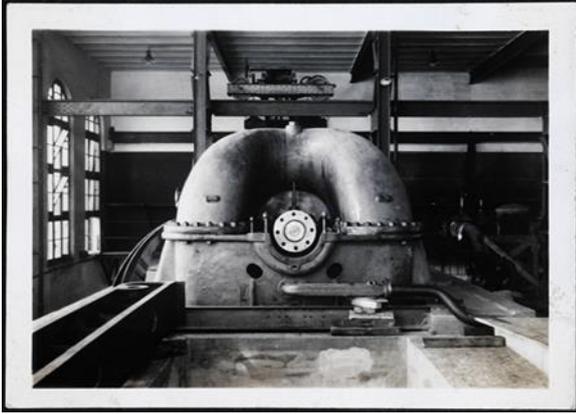
Em 1929 foram colocadas as encomendas respeitantes ao equipamento complementar do grupo.

Em Novembro do mesmo ano, a turbina e o alternador estavam prontos a serem ensaiados nas respectivas fábricas. Chegaram a Lisboa nos primeiros dias de 1930.



Fases da montagem da turbina





Primeira entrada do grupo em paralelo

Nos finais de Junho, o grupo estava em condições de ser posto a rodar e após as últimas verificações e afinações, entrou pela **primeira vez em paralelo em 5 de Julho de 1930**.

Após quatro meses da sua entrada em funcionamento, mais precisamente no dia 16 de Novembro de 1930 – um domingo cerca das 20 horas, ocorreu um acidente com características espectaculares:

Bruscamente e sem nada que o pudesse prever, criaram-se arcos eléctricos entre as barras de saída do alternador e entre estas e a chaparia da conduta de ar, as quais estabeleceram um curto-circuito entre fases que provocou a abertura imediata do disjuntor do grupo, cortando ao mesmo tempo a alimentação de vapor à turbina, através da protecção de sobrevelocidade.

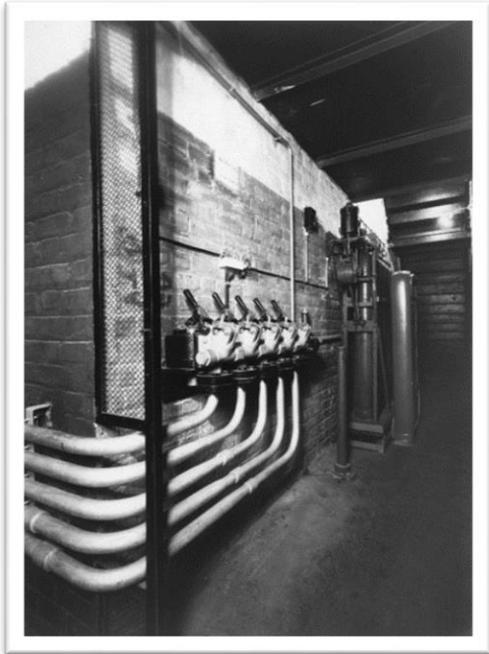
Por curiosidade e acerca desta avaria, transcrevemos o comentário do chefe da central, Eng.º Mariz Simões exarado nas suas memórias:

“Antes do electricista de quadro ter tido tempo para ligar a iluminação de socorro (o que se fazia manualmente antes de se ter instalado um disjuntor de funcionamento automático) a Central ficou mergulhada na escuridão mais completa. O maquinista de serviço, que era o nosso velho José Matias, teve a presença de espírito de ir pôr a funcionar a bomba de óleo de reserva da máquina, para assegurar a lubrificação das chumaceiras até a turbina parar. Somente, teve de o fazer por tacto, e como não se via o manómetro da pressão do óleo, terá possivelmente aberto demais a admissão do vapor e a pequena turbina que accionava a bomba, embalou, o respectivo motor estoirou e com este, todo o resto da bomba se inutilizou. Mas as chumaceiras do grupo nada sofreram. Para premiar a sua oportuna intervenção, demos-lhe um prémio. Comentava ele: Tem graça... dei cabo da bomba de óleo e ainda me deram uma gratificação... Era assim a consciência dos trabalhadores das antigas CRGE, a qual teve continuação na actual EDP... “o vestir a camisola” é uma legenda! ...”

Foram discutidas as causas desta avaria, ficando a dúvida se ela teria sido provocada pelo mau funcionamento dos filtros de ar de refrigeração do alternador que eram do tipo húmido e que deveriam ter provocado o acidente – ou um arrastamento de água, ou então uma corrente de ar saturada de humidade. A saturação do barramento teria dado origem a eflúvios entre fases, os quais se teriam transformado em arcos eléctricos provocando curto-circuitos entre as barras.

A montagem da instalação de extinção de incêndios

A partir desta avaria foi decidido montar uma instalação de extinção de incêndios por neve carbónica (CO₂), juntamente com uma protecção diferencial. Encomenda feita em Junho de 1933.



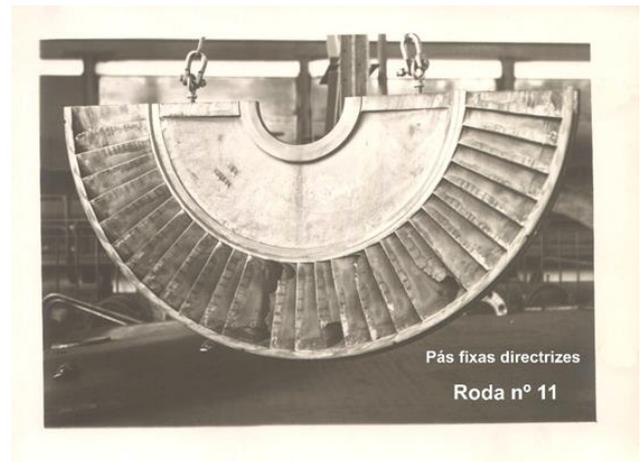
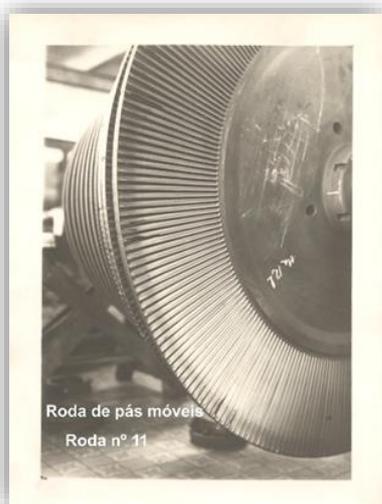
Instalação de extinção de incêndios

Em 1934, durante uma revisão do grupo foi montado o equipamento referido no parágrafo anterior, juntamente com uma instalação de ventilação em circuito fechado, projecto do fabricante Metrovick, o qual veio substituir o antigo sistema húmido.

Revisões ao grupo turboalternador

Foram feitas várias revisões ao grupo tendo-se constatado as anomalias que se descrevem:

- Em Agosto de 1932, avarias na roda de pás directrizes e na roda de pás móveis do último andar – a nº 11 – que implicou a sua substituição imediata;



- Em 1936, nova revisão geral com substituição de pás nas rodas nºs 1,2,3,4,5, e 6 da turbina;
- Em 1937, o grupo foi preparado para vir a trabalhar na frequência de 50 cps;
- No ano anterior e nos seguintes, 1938, 1939 e 1940 os maiores motivos de perturbação à utilização regular desta máquina foram as sucessivas avarias na turbina auxiliar do grupo de condensação.

Grande revisão geral

- Em 1946, deu-se nova revisão geral com substituição dos distribuidores das rodas de pás nºs 1, 6, 7 e 8, do jogo de segmentos metálicos do bucim do lado da admissão do vapor e dos anéis de carvão do bucim do lado do condensador, além da válvula de regulação de admissão do vapor, dos rotores da bomba de circulação, das bombas de ar e de água condensada e ainda do rotor, dos segmentos de tubeiras e dos distribuidores da turbina auxiliar de condensação.

A última revisão

- Em 1954, mais uma revisão – a última, em que ainda se procedeu á substituição de algum material.

A partir desta data, só foram efectuados trabalhos de beneficiação afim de manter o grupo em condições de prestar serviço, sempre que solicitado.

A sua desclassificação que foi acompanhada da desclassificação das caldeiras n.ºs 8 e 10 teve lugar entre 1970 e 1975.

Funcionamento da Turbina

Esta turbina tinha a particularidade de ter sido construída para funcionar com 11 rodas de pás quando rodava a 2520 rpm, (42 cps) e com 10 rodas de pás quando mais tarde passou a trabalhar à frequência de 50 cps, 3000 rpm.

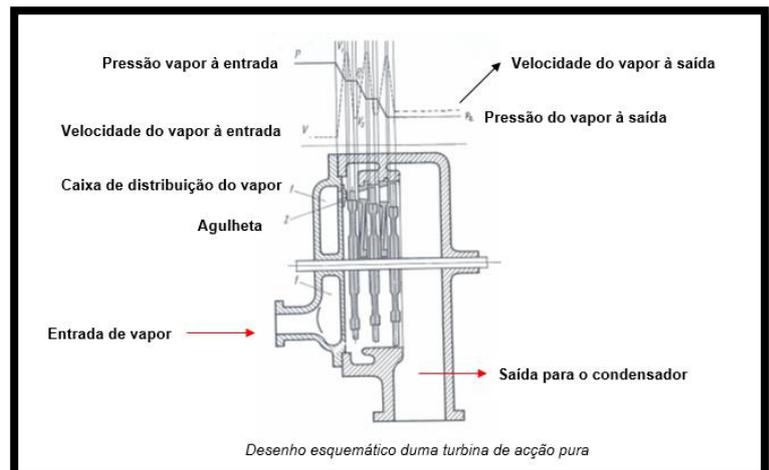
Nota do autor – A explicação para esta situação é simples: Rodando a 2520 rpm o vapor levava mais tempo a expandir no interior da turbina, pelo que era necessário mais um andar, para permitir o máximo da sua expansão até igualar a pressão do condensador (inferior à pressão atmosférica). A 3000 rpm a expansão era mais rápida no tempo, pelo que era possível anular o 11.º andar. Razão porque, quando o grupo foi preparado para funcionar na gama dos 50 cps, foi retirada a 11.ª roda de pás.

O número de pás por roda variava de acordo com os vários diâmetros, entre 300 e 360.

Tinha ainda a particularidade de além da admissão principal do vapor – regulada pela válvula principal comandada pelo servomotor – possuir ainda uma entrada auxiliar actuada por válvula manual, com o fim de realizar aquilo a que na Central era denominado de **marcha de sobrecarga**.

Como dispositivos de segurança, existia um disparador automático que cortava instantaneamente o vapor na válvula principal, quando a turbina ultrapassava em 10% o número normal de rotações. O disparador podia também ser actuado manualmente.

A turbina era do tipo de acção, composta por rodas de pás de coroa única. Na primeira roda dava-se a expansão do vapor com uma queda de pressão e um aumento considerável da velocidade. Nas restantes rodas a pressão do vapor diminuía gradualmente até igualar a pressão no condensador. A velocidade do vapor mantinha-se praticamente constante até à sua chegada ao condensador.



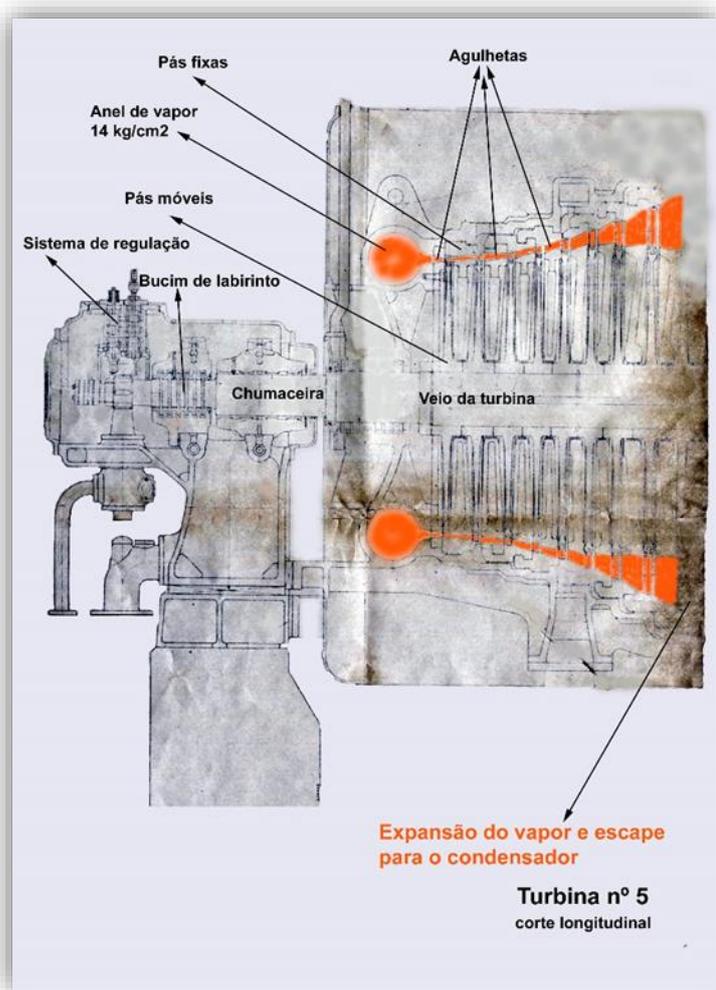
Neste esquema verifica-se que em vez de utilizar toda a queda entálpica do vapor num único andar, absorvendo assim toda a velocidade obtida pela expansão do vapor, tornava-se mais rentável dividir a queda de entalpia por vários andares.

A pressão do vapor P à entrada da agulheta Laval cai para P_1 , ao mesmo tempo que a velocidade do vapor V à entrada aumenta consideravelmente até V_1 à saída da agulheta, caindo para V_2 ao passar através da primeira roda de pás móveis.

A pressão e a velocidade do vapor mantêm-se constantes quando este passa na roda de pás fixas, o que significa que as rodas de pás fixas servem unicamente como orientadoras do fluxo do vapor.

Na segunda roda de pás móveis a velocidade do vapor volta a cair de V_1 para V_2 . A partir deste ponto, a pressão e a velocidade mantêm-se ainda bastante elevadas, pelo que seria um desperdício de energia evacuar o vapor nestas condições para a atmosfera ou para um condensador.

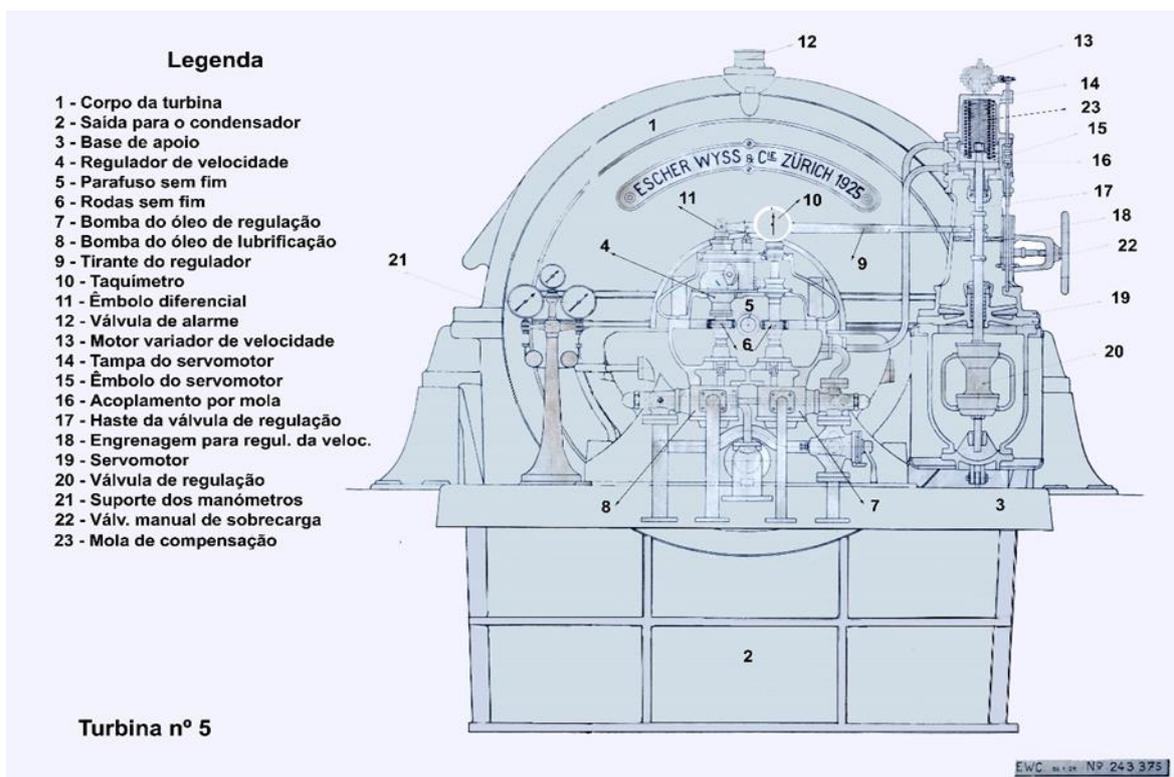
A expansão do vapor continuava até igualar a pressão no condensador, onde era arrefecido e condensado, voltando – após passagem pelos aquecedores de água de alimentação – a dar novamente entrada na caldeira, agora como água de alimentação.



No esquema mostrado acima vemos a entrada do vapor na turbina através de um anel circular com várias agulhetas montadas na sua periferia. Após passar pelas agulhetas, o vapor expandia-se e ia realizar trabalho na primeira roda de pás móveis. Passava depois sucessivamente por outras agulhetas montadas nas diversas pás fixas, as quais serviam também como pás orientadoras do fluxo. Ao deixar a última roda de pás móveis, já à pressão do condensador, dava entrada neste, arrefecendo e condensando.

Equipamento de controlo e regulação da turbina

O sistema de controlo e regulação, de acordo com o esquema que se apresenta a seguir, era constituído por:



- Um regulador de velocidade (4) do tipo centrífugo, accionado pelo veio da turbina através de sem-fim (5) e engrenagens helicoidais (6);
- Uma bomba de óleo de regulação (7) que alimentava o servomotor;
- O servomotor (19) com o respectivo êmbolo (15) e a mola de compensação (23);
- O êmbolo diferencial (11) e o tirante do regulador (10);
- O controlador do estatismo;
- O motor eléctrico de regulação de velocidade comandado localmente ou à distância;
- A válvula de regulação ou moderadora (20);
- A haste da válvula de regulação (17);
- A válvula manual de sobrecarga (22).

O sistema funcionava da seguinte forma:

Após a abertura da válvula de isolamento do vapor (shut off) e da válvula moderadora, com a válvula de quebra-vácuo previamente fechada, era metido vapor à turbina até esta atingir as 2520 rpm (42 cps).



A válvula de regulação ou moderadora era manobrada por intermédio do servomotor do regulador da turbina comandado por um motor de 110 V CC (13), actuando na engrenagem (18).

O motor era accionado por actuação manual no local ou por comando à distância a partir da sala de comando.

Logo que fosse atingida a velocidade de sincronismo 2520 rpm o alternador era excitado. A regulação da excitação fazia-se com dois reóstatos, um para grandes e o outro para pequenas variações.

A tensão máxima de excitação era de 260 V CC, sendo a intensidade máxima da corrente, da ordem dos 350 Amp.

O grupo podia ser sincronizado sobre o barramento geral, por intermédio de um sincronoscópio, numa forma manual ou automática.

Após a sincronização ou entrada do grupo em paralelo com a rede, a regulação da tensão era feita através de um regulador automático actuando no circuito de excitação da excitatriz.

Contudo, sempre que fosse considerado necessário, ele podia ser posto fora de serviço por intermédio de um comutador, passando a regulação a ser feita unicamente por reóstatos de comando manual.

Após o grupo estar a debitar carga para a rede, o principal órgão de regulação passava a ser o regulador centrífugo de velocidade.

Regulação de velocidade e carga na turbina

Neste grupo, devido à força centrífuga gerada no regulador (4) equipado com pesos e molas, uma haste ligada a um êmbolo diferencial (11) era deslocada no sentido vertical. Através dum sistema mecânico actuado por alavanca (9) e tirantes que rodavam num ponto fixo era accionado um servomotor óleo-hidráulico (19).

O servomotor através da haste (17), ia permitir as operações de abertura/fecho da válvula moderadora, de acordo com as variações de carga na rede.

A mola de compensação (23) tinha ainda por função controlar o estatismo da máquina, atenuando a sinusóide provocada pelas acções de inércia do regulador, aquando de variações bruscas de carga no grupo.

Sobrecarga do grupo

Como atrás referido, a turbina foi prevista para fornecer as potências de 23000/18000 CV (16000/12500 kW), respectivamente máxima e económica.

Quando as necessidades da rede o exigiam, o grupo tinha de passar da potência económica para a potência de sobrecarga, compreendida entre os 125000 e os 16000 kW.

Para isso era necessário actuar na válvula manual de sobrecarga (22), abrindo-a o suficiente para obter a potência pretendida entre aqueles dois valores. O regulador (4) continuava a controlar o funcionamento do grupo, independentemente do by-pass feito ao sistema de regulação.