

## Descrição Técnica da Central Tejo

### Parte 3 – As turbinas e os condensadores

#### 14 Instalação de expansão e dessobreaquecimento do vapor AP. “A Lira”.

Após falarmos das caldeiras e dos seus circuitos próprios de funcionamento e antes de entrar no circuito da produção e distribuição da energia eléctrica, da turbina, do alternador, do transformador, etc., devemos referir que devido à evolução tecnológica e ao aumento acentuado do consumo de energia, esta Central teve em determinada altura de adquirir caldeiras de alta pressão, as quais numa fase de transição tiveram de fornecer vapor em BP tanto aos turboalternadores de BP ainda existentes na Central, como aos turboalternadores de AP recentemente adquiridos.

Houve assim um período de tempo em que coabitaram dois tipos de caldeiras e de turbo alternadores: os de alta e os de baixa pressão, todos funcionando em BP.

Para viabilizar a exploração, tornava-se necessário reduzir a pressão e a temperatura do vapor de AP – 47 kg/cm<sup>2</sup> e 465 °C – para valores correspondentes às condições de baixa pressão: 16 kg/cm<sup>2</sup> e 375 °C e ao mesmo tempo alimentar os novos turboalternadores de AP com vapor adequado aos seus valores de projecto, isto é, vapor de AP.

Para isso, a Central procedeu à aquisição e montagem de uma instalação de redução e dessobreaquecimento de vapor.

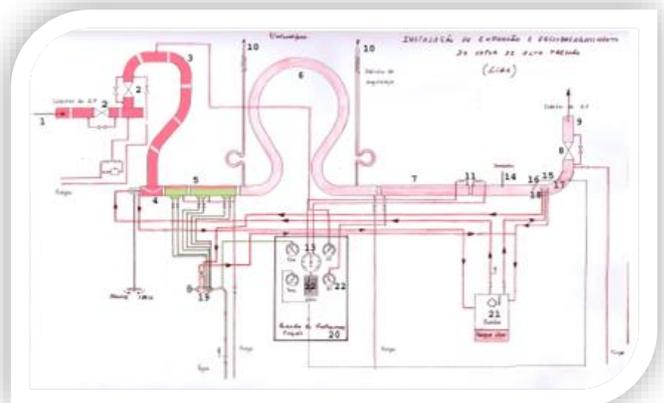
Devido às dificuldades decorrentes da 2ª Guerra Mundial o equipamento foi encomendado em 1939 e ensaiado somente em 1943. Nunca funcionou satisfatoriamente, mesmo em automático, pelo que a condução da instalação foi feita a maior parte das vezes em regime manual.



*Redutor de pressão e dessobreaquecedor*

A grande lira de compensação que se observa na parede do lado nascente da antiga sala das caldeiras de baixa pressão, absorvia os efeitos nefastos dos choques térmicos (martelos de água nas tubagens), permitindo que a redução da pressão e da temperatura do vapor se fizessem numa forma harmoniosa, sem provocar esforços mecânicos nas tubagens.

**A instalação era constituída por:**



- Uma tubeira Laval (3) destinada a limitar o débito do vapor a um máximo de 80 tons./h;
- Um redutor (4), para redução da pressão de regime, de 30/40 kg/cm<sup>2</sup> para 16 kg/cm<sup>2</sup>;
- Um dessobreaquecedor (5) projectado para reduzir a temperatura de regime de 440/465 °C para 350/375 °C.
- Duas válvulas de segurança (10), capazes de descarregar para a atmosfera, 92 tons./h de vapor à pressão de 17 kg/cm<sup>2</sup>;
- Um tubo em forma de lira (6) para compensação das dilatações e contracções térmicas;
- Um grupo electrobomba (21) comprimindo óleo, para regulação e força motriz do equipamento;
- Instrumentação e aparelhagem de controlo (20).

### Funcionamento da instalação:

O vapor vindo do colector de AP (1) passava pelas válvulas de isolamento (2) e dava entrada na válvula redutora (4) após passagem pela tubeira Laval (3). No dessobreaquecedor (5) era injectada água do circuito de alimentação das caldeiras para redução da temperatura do vapor.

Após o dessobreaquecimento, o vapor resultante percorria a lira (6), o colector (7) e a válvula de isolamento (8) dando entrada no colector de BP (9), donde era distribuído às turbinas de BP.

Para protecção da instalação, as válvulas de segurança (10) descarregavam para a atmosfera o vapor que excedesse a pressão de regime.

Um medidor de caudal (11) fornecia informação ao registador (12) e ao indicador da pressão diferencial AP/BP (13). Um termómetro local (14) indicava a temperatura do vapor de BP.

Dois termopares (15) davam: um deles (16) a indicação do diferencial de temperaturas AP/BP (22). O outro (17) indicava a temperatura do vapor de BP.

O termóstato (18) era o órgão principal do sistema de regulação; de acordo com o valor medido, enviava através do sistema hidráulico (21) ordens de comando às válvulas: redutora (4) e de regulação do caudal da água de dessobreaquecimento (19).

Instrumentação adequada montada no quadro (20) dava indicação a cada momento, dos restantes valores de exploração.

Nos arranques a frio, a condução era feita em manual, com todas as purgas das tubagens abertas. Só quando eram atingidas as pressões e temperaturas normais de funcionamento, o sistema passava a regime de condução em automático. Crê-se que poucas vezes este regime foi conseguido!...

## 15. As Turbinas e os condensadores.

### Introdução

Os dois turboalternadores existentes na Central vieram substituir dois outros do mesmo fabricante alemão AEG que estavam ao serviço desde 1921. Estes últimos tinham a potência unitária de 8 MW e trabalhavam à frequência de 42 ciclos por segundo.

A substituição foi imposta pela necessidade de elevar a frequência da rede para 50 ciclos por segundo.

O novo grupo n° 2 iniciou a sua actividade em Novembro de 1935 e o n° 3 em Julho de 1936.

Foram projectados para trabalhar com vapor sobreaquecido de alta pressão, 38 kg/cm<sup>2</sup> e 450°C. Inicialmente, devido à existência de caldeiras e turbinas de baixa pressão tiveram, por falta de uma estação redutora de pressão e temperatura, de funcionar com vapor de baixa pressão: 16 kg/cm<sup>2</sup> e 375°C.

Nesta última condição, rodavam a 2640 rpm (44 cps) e desenvolviam a potência unitária de 13.5 MW.

Em 1943/44, após a montagem da estação redutora (lira), os grupos passaram a trabalhar com vapor de alta pressão, e a rodar a 3000 rpm (50 cps). Nas novas condições, a potência unitária passou a ser de 17 MW.

Em ambas as situações, a tensão à saída dos bornes dos alternadores era de 10.5 kV.

## 15.1 Turbina

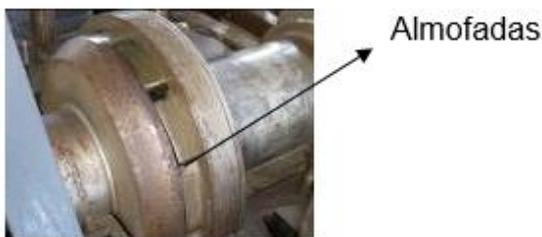


*Turbina (aberta)*

A turbina é composta por uma carcassa cilíndrica tronco-cónica dividida em duas partes, a superior (retirada) e a inferior, bem como de um rotor composto por oito rodas.

É uma turbina de condensação do tipo axial, monocilíndrica, acoplada directamente ao alternador, formando um conjunto apoiado em três chumaceiras.

A chumaceira do lado da turbina é uma chumaceira de impulso para equilíbrio do deslocamento axial do veio. As outras chumaceiras são de suporte ou apoio do veio.



*Chumaceira de impulso*

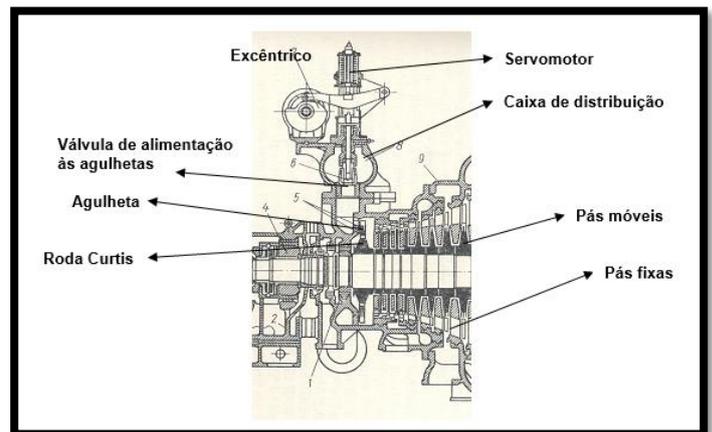
Durante o arranque, as chumaceiras eram lubrificadas por uma bomba de óleo auxiliar comandada por uma pequena turbina a vapor (não existente).

Após entrada do grupo na rede, a lubrificação era feita através das bombas de óleo de lubrificação acopladas à própria turbina.



*Accionamento das bombas de óleo*

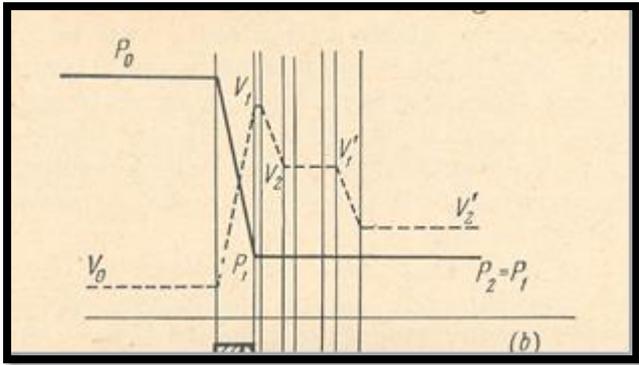
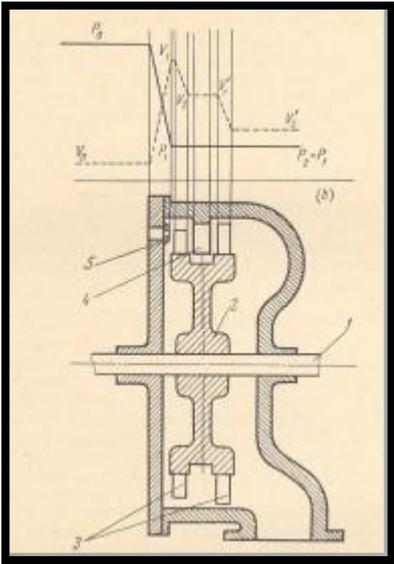
### 15.1.1 Funcionamento da Turbina



*Turbina de acção do tipo Curtis (semelhante às existentes na Central)*

É uma turbina de acção do tipo “Curtis”, composta por oito rodas, a primeira com duas coroas de pás e as restantes de coroa única. Na primeira roda dava-se a expansão do vapor de AP com uma elevada queda de pressão e um aumento considerável da velocidade (efeito Curtis). 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.

No esquema de funcionamento duma turbina Curtis mostrado abaixo, pode ser verificado o princípio de funcionamento deste tipo de turbina.



Desenho esquemático duma turbina "Curtis"

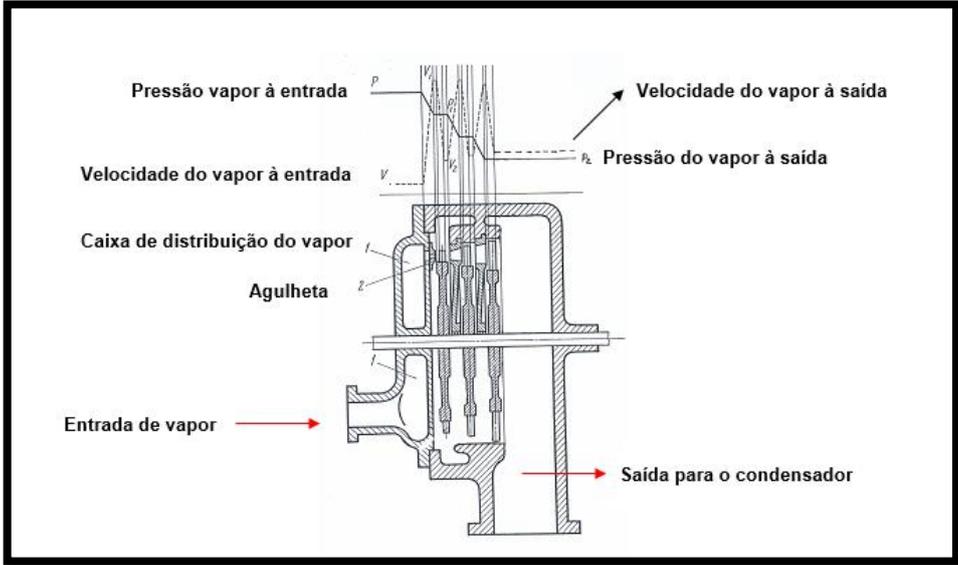
Observando o diagrama, verifica-se que a pressão do vapor  $P_0$  à entrada da agulheta cai bruscamente para  $P_1$  à saída desta, ao mesmo tempo que a velocidade do vapor  $V_0$  à entrada aumenta grandemente até  $V_1$  à saída da agulheta, caindo para  $V_2$  ao passar através da primeira roda de 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 entalpia evacuar o vapor nestas condições para a atmosfera ou para um condensador.

Numa fábrica, aquele vapor poderia ser utilizado para a produção. Numa Central Eléctrica seria uma perda, pelo que os construtores de turbinas ao considerarem a turbina Curtis pura como uma turbina com dois andares de velocidade e um andar de pressão, resolveram criar uma turbina baseada no mesmo princípio, mas com vários andares de pressão e de velocidade, como se pode analisar no esquema abaixo.



Desenho esquemático duma turbina "Curtis"

Neste esquema verifica-se que em vez de utilizar toda a queda de entalpia do vapor num único andar, absorvendo assim toda a velocidade obtida pela expansão do vapor, torna-se mais conveniente dividir aquela queda por vários andares, utilizando-se apenas uma fracção da entalpia total do vapor em cada um deles.



*Rotor da turbina*

No caso das turbinas da Central Tejo, o vapor de AP vindo das caldeiras dava entrada na Caixa de Distribuição através da Válvula de Admissão de actuação manual, também denominada de Corte Geral.



*Válvula de garganta ou corte geral*



*Válvulas das agulhetas*

A partir da caixa de distribuição, o vapor com abertura controlada pelas válvulas das agulhetas, ao passar pelos seus venturís, entrava na primeira roda com caudal suficiente para levar a turbina às 3000 rpm.

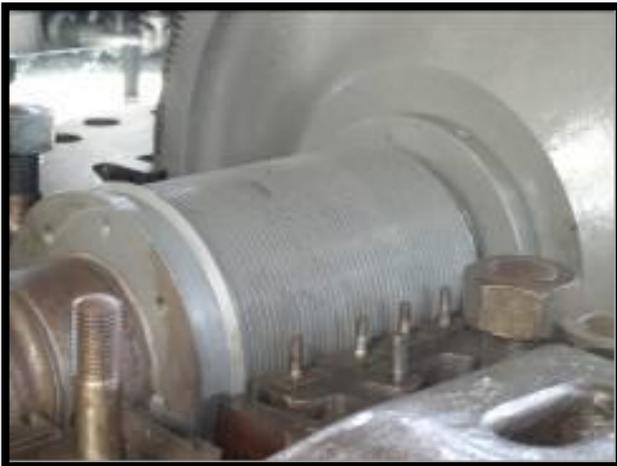
Com a entrada do grupo em paralelo e durante a subida de carga, era necessário fornecer mais vapor à turbina, pelo que através de um servomotor se iam abrindo mais agulhetas de uma forma escalonada.



*Comando das válvulas das agulhetas*

À saída da oitava roda o vapor era descarregado para o condensador, condensava e na forma líquida voltava a alimentar as caldeiras.

No veio da turbina, lados da Alta e Baixa pressão estão montados os “bucins de labirinto”, que tinham por função evitar entradas do ar atmosférico quando se estava a fazer vácuo no condensador durante a fase de arranque, sendo necessário pressurizá-los com vapor auxiliar.



*Bucins de labirinto*

Quando em carga, era necessário evitar a saída do vapor para a atmosfera. Os bucins estavam dimensionados para que a pressão do vapor fosse diminuindo ao longo do seu comprimento, até igualar a pressão atmosférica.



### 15.1.2 Sistema de regulação de velocidade e carga da turbina



*Regulador de velocidade*

O sistema de regulação de velocidade e carga da turbina baseia-se num regulador centrífugo de massas do tipo Watt.

O regulador era accionado por um parafuso sem fim colocado na ponta do veio da turbina, que movimentava ao mesmo tempo as bombas do óleo de regulação e de lubrificação das chumaceiras da turbina e do alternador.

### 15.1.3 Funcionamento do sistema:

Como anteriormente referido, o vapor de AP vindo das caldeiras dava entrada na Caixa de Distribuição através da Válvula de Admissão de actuação manual, também denominada de Corte Geral.

A partir da caixa de distribuição, o vapor passando por agulhetas (venturis), entrava na primeira roda de acção com caudal suficiente para levar a turbina às 3000 rpm.

A abertura das agulhetas – cinco no total – era controlada por um servo motor de comando óleo-hidráulico actuado por um sistema de alavancas e tirantes accionados directamente pelo regulador de velocidade.

A regulação da admissão do vapor à turbina, de acordo com a carga solicitada pelos Consumidores da Rede, fazia-se por intermédio das agulhetas abrindo ou fechando escalonadamente por intermédio de excêntricos montados num veio comum accionado por servomotor.

Em regime de carga constante, o número de rotações não ultrapassava  $\pm 0.6\%$ .

Em caso de descarga brusca de 25% da potência instantânea, a variação do número de rotações não ultrapassava  $\pm 1\%$  do número médio.

No caso de descarga brusca de plena carga a zero, o aumento instantâneo do número de rotações não ultrapassava 5% e o aumento permanente não ultrapassava 4% sobre o número normal de rotações.

O dispositivo para a variação do número de rotações comandado à mão ou electricamente permitia fazer variar em  $\pm 5\%$  a velocidade da turbina.



*Disparador por sobrevelocidade*

Em caso de emergência, a válvula de admissão podia também ser fechada recorrendo a um botão de “disparo de emergência”, voltando o sistema de segurança após o disparo a ser rearmado através duma alavanca de comando manual.



*Dispositivo de arranque da turbina*

Para passar da periodicidade de 44 a 50 cps foi apenas necessário substituir as molas dos reguladores de velocidade e de segurança.

A turbina está ainda equipada com um disparador de sobrevelocidade que fechava instantaneamente a válvula de admissão de vapor, no caso da velocidade ultrapassar em 10%, as 3000 rpm.



*Paragem de emergência*

### 15.2 O Condensador

#### Introdução

A condensação do vapor evacuado pelas máquinas alternativas ou pelas turbinas é uma necessidade absoluta numa instalação produtora de energia a partir do vapor. Se a evacuação fosse feita para a atmosfera teria de ser a uma pressão de pelo menos 1.1 kg/cm<sup>2</sup>, enquanto que ao descarregar para um condensador a pressão de escape pode descer até aos 0.015 kg/cm<sup>2</sup>. Este

facto origina portanto, uma expansão levada até valores muito mais baixos com a consequente melhoria do rendimento da instalação.

Com o condensador é assim possível para a mesma quantidade de vapor, acrescentar mais cilindros a uma máquina alternativa ou mais rodas de pás a uma turbina.

Vantagens do condensador:

- Diminuir a pressão do vapor à saída da turbina, aumentando a energia utilizável;
- Diminuir a temperatura final do vapor, aumentando o rendimento termodinâmico;
- Recuperar o vapor condensado para utilizá-lo como água de alimentação na caldeira.

### 15.3 Condensadores das turbinas nº 2 e nº 3

Foram fornecidos pelo fabricante alemão AEG. O da turbina nº 2 entrou ao serviço em Novembro de 1935 e o da nº 3 em Julho de 1936.

São condensadores com 1500 m<sup>2</sup> de superfície de arrefecimento e feixe tubular composto por 3850 tubos com diâmetro de 23 mm e espessura de 1mm. Por questões de segurança, cerca de dez por cento dos tubos mais próximos da entrada do vapor têm uma espessura de 2 mm.

O caudal de água de refrigeração (água do Tejo) que passava no interior destes tubos era da ordem dos 4000 m<sup>3</sup>/hora.

O condensador é constituído por uma carcassa metálica fechada nas suas extremidades pelos espelhos perfurados que suportam o feixe tubular devidamente escorado interiormente. A parte interna da carcassa funciona como câmara de condensação.



*Lado entrada da água*



*Lado saída da água*

Referindo-nos à figura, (espelho anterior) encontramos os tubos esteios que consolidam todo o conjunto, os feixes tubulares superior e inferior, os deflectores de vapor, bem como a placa de separação.

O vapor evacuado pela turbina, ao entrar em contacto com o tubular refrigerado do condensador cria vácuo devido à redução drástica do seu volume. A pressão e a temperatura baixam e é-lhe retirado algum calor. Quanto maior for o diferencial de calor entre a fonte quente (evacuação da turbina) e a fonte fria (condensador), maior será o rendimento da turbina.

A criação do vácuo deve-se ao facto de o condensado formado no condensador devido ao arrefecimento do vapor, ocupar um espaço muito pequeno; à pressão atmosférica a água ocupa um volume cerca de 1700 vezes inferior ao do vapor à mesma pressão.

O condensado acumula-se no fundo do condensador a uma pressão muito próxima de zero. É impossível obter a pressão zero, já que o vapor contém sempre uma pequena quantidade de ar e gases que não condensam.

Estando o condensador ligado à evacuação da turbina, o vapor evacuado expande-se até à pressão existente no seu interior. Para manter um vácuo elevado, o vapor deverá ser continuamente condensado e evacuado. É também necessário aspirar continuamente o ar e os gases libertados durante a condensação. O vapor é arrefecido e condensado pela água de refrigeração comprimida pela bomba de circulação. O condensado é removido pela bomba extractora e o ar e os gases são extraídos pelo ejector de ar a vapor.

### 15.3.1 Equipamento acessório do condensador

Para desempenhar totalmente a sua função, o condensador necessita do seguinte equipamento auxiliar:

- Sistema de refrigeração;
- Sistema de extracção de ar e gases para formação do vácuo;
- Sistema de recuperação de condensados;

- Sistema de protecção anticorrosiva do tubular. Protecção catódica.

#### 15.3.1.1 Sistema de refrigeração

Conforme referido anteriormente, para a realização do seu ciclo térmico, as instalações produtoras de energia necessitam sempre de duas fontes: uma quente e outra fria.

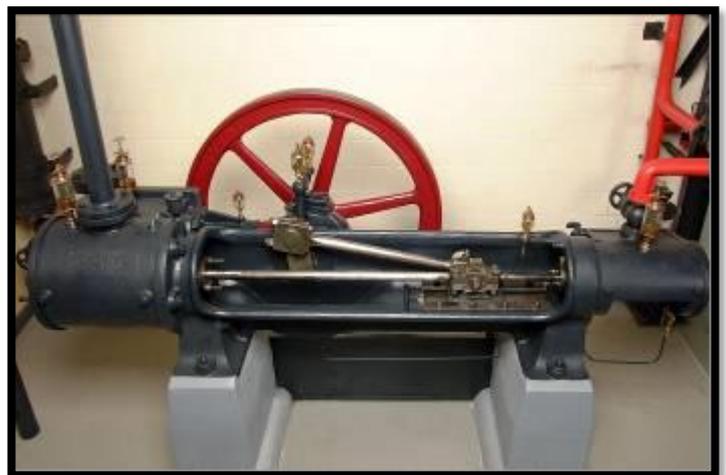
No caso concreto desta Central a fonte quente era o vapor de água produzido nas caldeiras e a fonte fria a água do rio Tejo.

O vapor após realizar trabalho na turbina era descarregado para o condensador onde era arrefecido e transformado novamente em água de alimentação das caldeiras.

A água para refrigeração do condensador era captada do Tejo e conduzida por sifonagem para os canais situados no interior da Central, percorrendo condutas cujas tomadas de água mergulhavam no rio a cerca de 50 metros da margem.

Para iniciar o processo de sifonagem era necessário retirar o ar do interior das condutas, operação que era realizada por intermédio de uma bomba de vácuo accionada a vapor, fabricada na Suíça em 1919 pelo construtor BAUCHART.

A bomba é do tipo aspirante-premente, horizontal e accionada por máquina alternativa mono cilíndrica alimentada com vapor à pressão de 10 kg/cm<sup>2</sup>.



*Bomba de vácuo*

A bomba aspirava o ar retido nas condutas de adução, provocando uma depressão que obrigava

o nível da água a elevar-se no seu interior, até cair por gravidade no poço de aspiração das bombas de refrigeração do condensador. Desta forma ficava criado o efeito sifão.

O ar extraído das condutas era descarregado para a atmosfera através de um tanque separador, que também retinha e eliminava partículas de água arrastadas na corrente do ar.

Após o estabelecimento do efeito sifão, a água do Tejo passava a fluir livremente para o poço, não sendo mais necessário manter a bomba de vácuo em funcionamento.



*Bomba de refrigeração do condensador*



*Conduta de adução*

A bomba de refrigeração do condensador podia então ser posta em serviço após o ar existente no seu interior ser removido recorrendo a um sistema de extracção baseado na passagem de vapor através de um venturi, extraindo o ar e garantindo a chegada permanente da água ao interior da bomba. Esta operação era denominada de “ferrar a bomba”.

As bombas tinham a particularidade de possuir um segundo andar de compressão para fornecer a água necessária ao refrigerador de ar do alternador.

Na extremidade direita do veio estava ainda montada a bomba de recuperação de condensados.

O conjunto era accionado por motor eléctrico e/ou turbina auxiliar a vapor, actuando no mesmo veio.

As bombas entraram ao serviço, uma em 1935, a outra em 1936.

#### 15.3.1.2 Características das bombas

- Bomba de circulação centrífuga, com dois impulsores no primeiro andar, ambos de aspiração dupla e descarga radial, próprios para um caudal de 4000 m<sup>3</sup>/h.
- O impulsor do segundo andar é também de aspiração dupla, descarga radial e caudal apropriado para arrefecer cerca de 18 m<sup>3</sup>/min de ar de refrigeração do alternador.
- Bomba de recuperação de condensados de duplo impulsor e descarga radial com a potência de 44 kW para um caudal de 80 m<sup>3</sup>/h.

#### 15.3.1.3 Características dos accionadores

O conjunto era accionado por motor eléctrico ou turbina auxiliar a vapor.



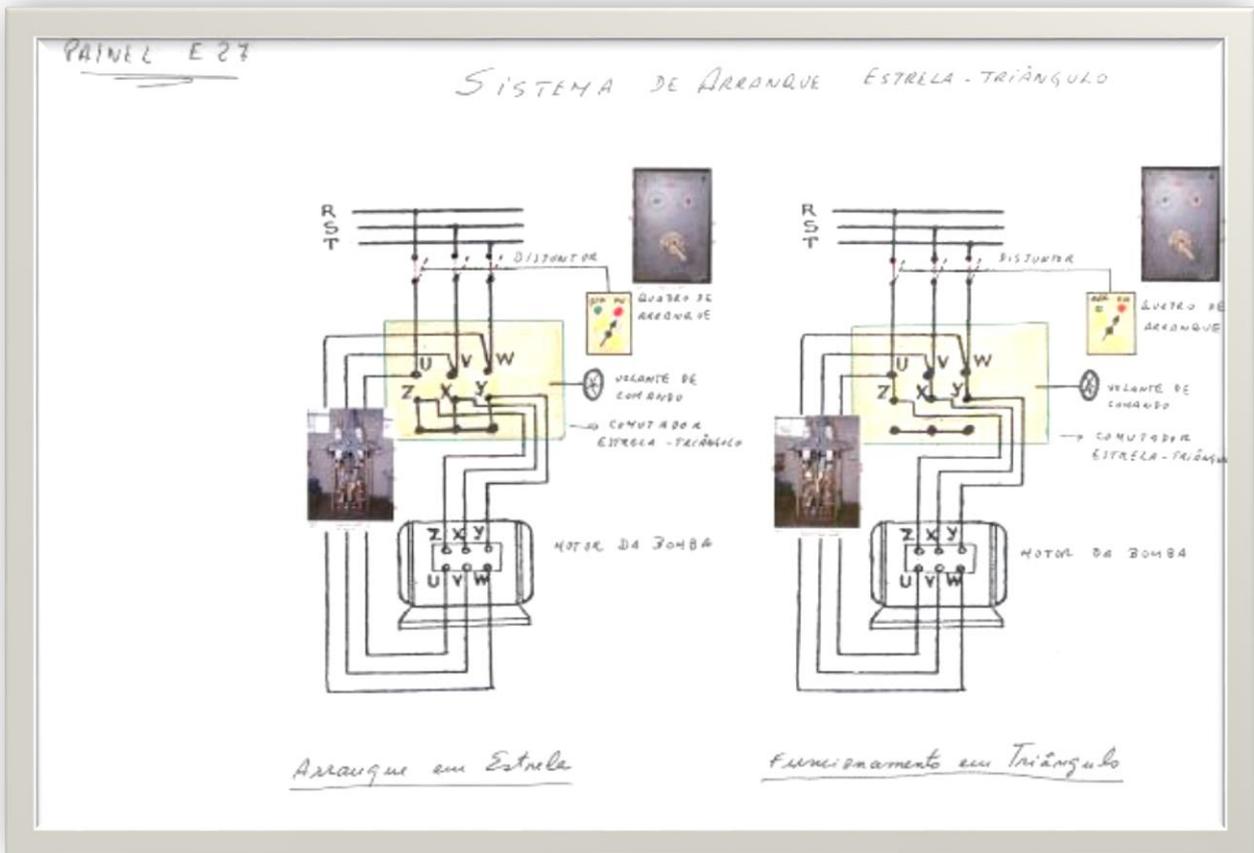
Accionadores da bomba de refrigeração do condensador

### 15.3.1.3.1 Motor eléctrico

O motor, de fabrico AEG é um motor assíncrono trifásico de rotor bobinado alimentado a 3300 Volts C.A., com a potência de 206 KW, rodando a 860/975 rpm e com arranque pelo sistema estrela-triângulo.

O arranque em estrela-triângulo permitia reduzir a 1/3 o valor que a intensidade da corrente teria se a ligação à rede fosse feita duma forma directa.

O accionador principal era o motor eléctrico. A turbina auxiliar era utilizada principalmente nos arranques a frio, podendo em caso de avaria do motor ou de falta de energia eléctrica, entrar automaticamente em serviço.



Esquema do circuito de arranque da bomba de refrigeração

O arrancador é composto por um quadro (a) de comando do disjuntor de 3300 V (b) e por um comutador estrela-triângulo (c), cujos contactos eléctricos operavam mergulhados num tanque com óleo, para prevenir os efeitos nefastos dos arcos eléctricos.

O arranque do motor era feito localmente por um Operador da Sala de Máquinas, que ao actuar no manípulo do quadro (a), comandava à distância o disjuntor de 3300 V de alimentação ao estator do motor. Duas lâmpadas avisadoras informavam do estado do disjuntor. Ligado: lâmpada vermelha acesa. Desligado: lâmpada verde acesa.

O motor previamente posicionado para arranque em estrela, começava a rodar logo que o operador ligava o disjuntor. Quando pela leitura directa de um amperímetro e pela sua experiência prática o operador se apercebia de que o motor tinha alcançado a velocidade ideal, passava manualmente o comutador para a posição de triângulo, ficando o motor a trabalhar nas suas condições normais de serviço.

#### 15.3.1.3.2 Turbina auxiliar

Turbina de acção a vapor de fabrico AEG, do tipo “Curtis” trabalhando com a pressão do vapor a 47 kg/cm<sup>2</sup>, três andares de expansão e potência de 238 CV. A turbina rodava a 5300 rpm e por intermédio de uma caixa redutora, accionava o veio das bombas a 1000 rpm.

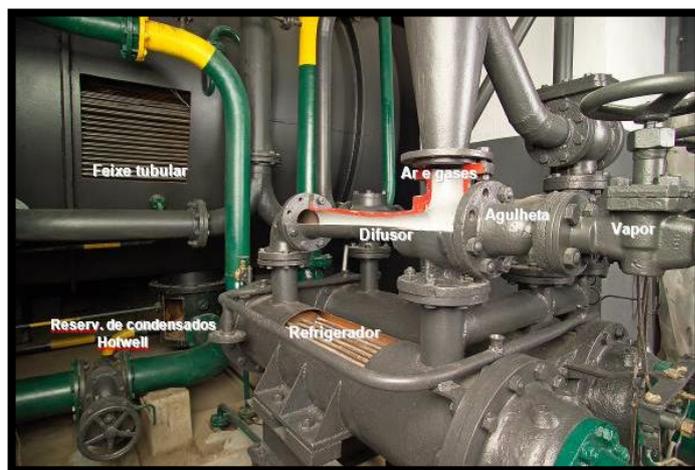


*Turbina auxiliar aberta para observação*

#### 15.3.2.1 Sistema de extracção do ar para formação do vácuo. Ejectores de ar a vapor.

O vapor evacuado pela turbina, ao entrar em contacto com o tubular refrigerado do condensador diminuía de pressão devido ao vácuo criado pela redução do seu volume. O aumento do vácuo no condensador reflectia-se favoravelmente no rendimento final da turbina.

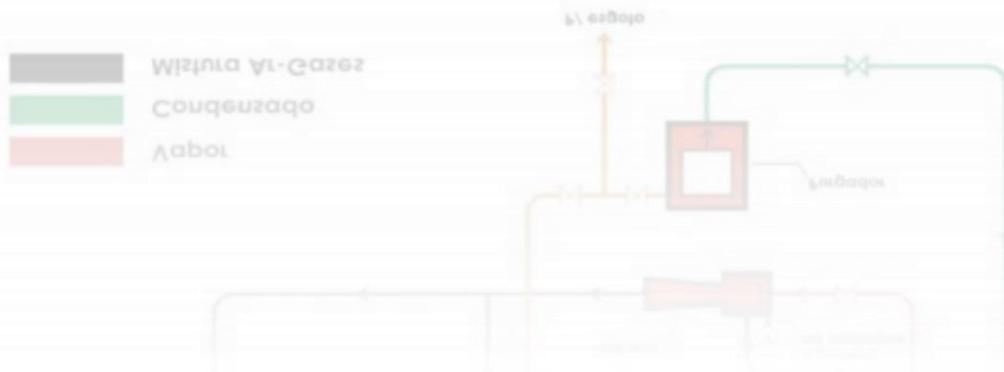
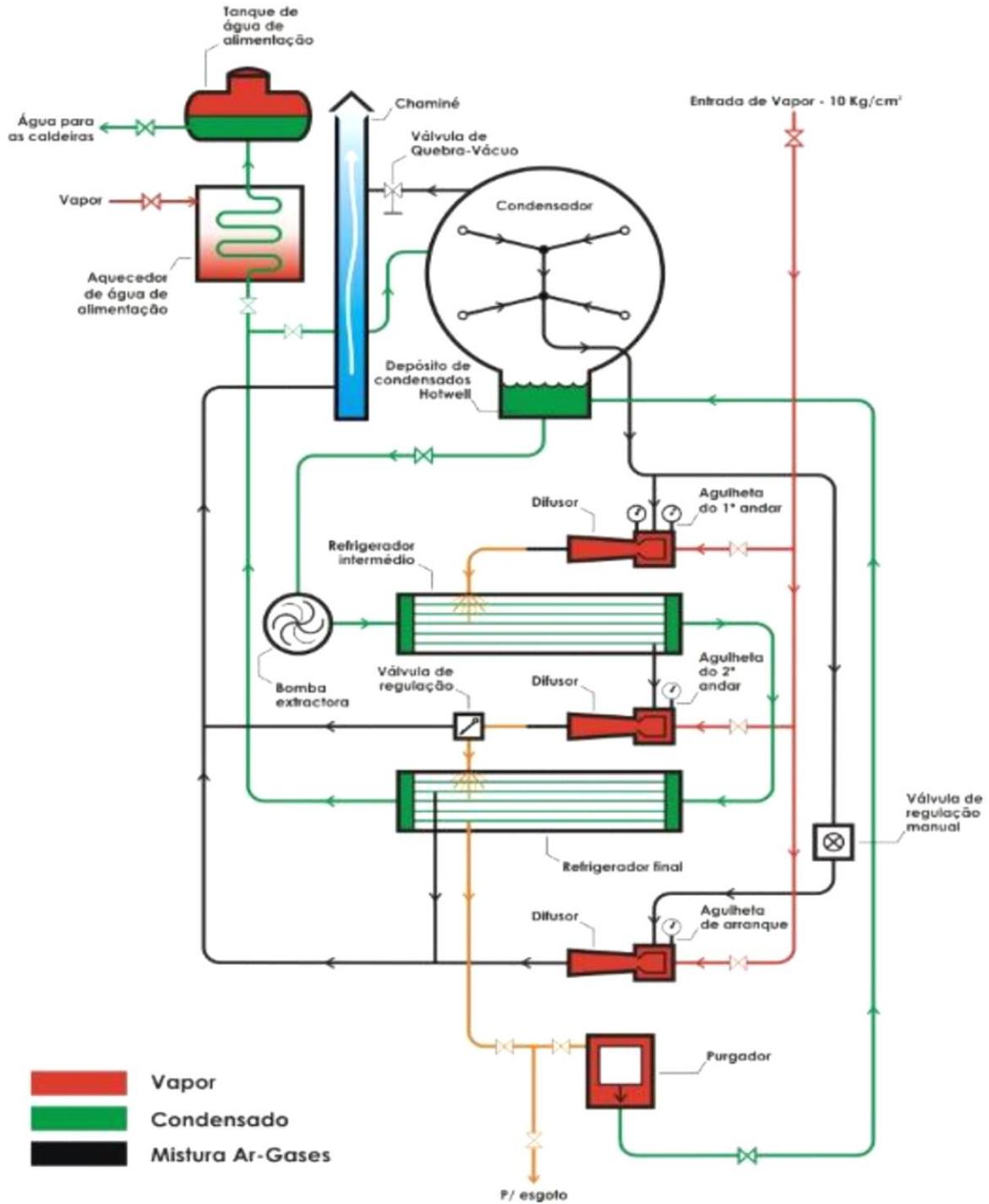
Contudo, no interior do condensador existiam ar e gases não condensáveis, que tinham de ser retirados. Para isso, e também com o intuito de melhorar ainda mais o vácuo, recorria-se aos Ejectores de Ar a Vapor.



*Ejector de ar a vapor*

Esquema do circuito de extracção do ar. Veremos no esquema a seguir como se processava a criação do vácuo no interior do condensador.

### CIRCUITO DE VÁCUO DO CONDENSADOR



O ejetor é constituído por dois andares, compreendendo: o refrigerador intermédio e o final, duas agulhetas alimentadas a vapor e dois difusores e funciona da seguinte forma:

O ar e os gases não condensáveis são aspirados por intermédio da depressão criada pela passagem do vapor à pressão de 10 kg/cm<sup>2</sup> na agulheta do primeiro andar. A mistura vapor-ar-gases é então enviada a alta velocidade para o difusor. A velocidade da mistura cai, em simultâneo com um ligeiro aumento da pressão, mas ainda inferior à pressão atmosférica. Parte da mistura é condensada no refrigerador e a restante vai dar entrada no segundo andar do ejetor, onde a operação se repete. A pressão do ar e dos gases aumenta até um valor superior ao da pressão atmosférica, permitindo a sua evacuação para o exterior. Os condensados obtidos nos refrigeradores voltam ao condensador e deste ao barrilete da caldeira.

Além deste ejetor, existe ainda um terceiro, próprio para o arranque a frio da turbina. Este ejetor não tem refrigerador e envia a mistura ar-vapor-gases directamente para a atmosfera. A turbina só pode ser posta em funcionamento desde que exista vácuo no condensador. Após a turbina entrar em rotação é posto em serviço o ejetor de ar de dois andares, retirando-se de serviço o ejetor de arranque.

### 15.3.2.2 Sistema de recuperação de condensados

Após a condensação do vapor, o condensado resultante dirige-se ao depósito de condensados “hotwell” situado no fundo do condensador, sendo daí aspirado pela bomba de recuperação e enviado para o barrilete passando primeiramente pelos aquecedores de água, tanques e bombas de alimentação e finalmente pelo economizador.

A bomba de recuperação é do tipo de descarga radial, dois impulsores e tem a potência de 60 CV.



*Bomba de recuperação de condensados*

### 15.3.2.3 Sistema de protecção anticorrosiva do tubular. Protecção catódica.

A função desta protecção eléctrica denominada de “CUMBERLAND”, nome do fabricante, é a de proteger da corrosão o feixe tubular do condensador.

Como referido anteriormente, o condensador é constituído por uma carcassa metálica fechada nos extremos pelos espelhos perfurados que suportam o feixe tubular. As tampas anterior e posterior quando fechadas, formam as câmaras de entrada e saída da água de refrigeração.

Quando em serviço, as câmaras, o feixe tubular e os espelhos encontram-se preenchidos com água salgada do Tejo. O feixe tubular, fabricado em metal com liga à base de cobre, em contacto através da água com os metais dos outros elementos, origina fenómenos de electrólise.

O tubular funciona como ânodo (eléctrodo positivo) e os restantes materiais como cátodo (eléctrodo negativo). Na electrólise, o material removido do ânodo vai depositar-se no cátodo, neste caso, as superfícies ferrosas.

Para reduzir este efeito, e preservar o feixe tubular, foram introduzidos ânodos de zinco ou de ferro em ambas as tampas, materiais que são atacados mais facilmente do que o cobre.

Esta protecção pode ser usada na sua forma mais simples, montagem isolada de ânodos de zinco ou de ferro.

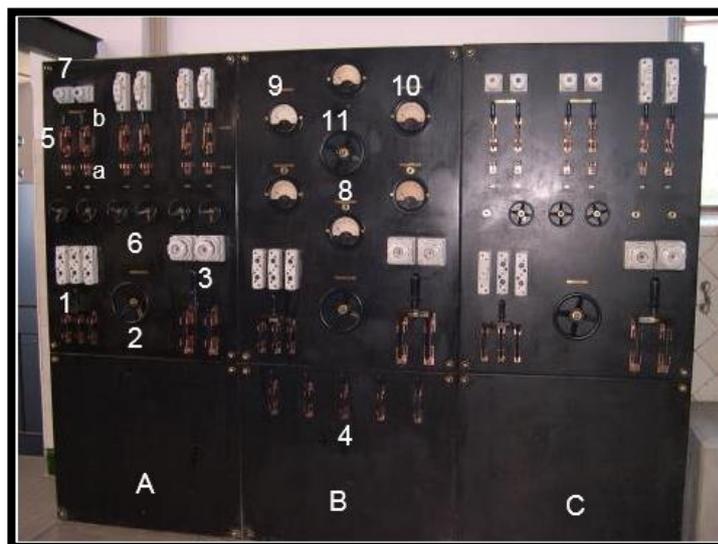
Contudo, pensando-se que este sistema seria pouco eficaz, recorreu a Central a um sistema de protecção eléctrica tecnicamente mais avançado.

O princípio de actuação desta protecção é muito simples e consiste em enviar corrente contínua de baixa tensão ao condensador, em sentido contrário ao das correntes que tendem a corroer o tubular. Como os produtos da decomposição da solução salina pela corrente eléctrica têm sempre tendência a desagregar o ânodo, poupando o cátodo, torna-se catódico o conjunto (tampas e espelhos) do condensador, ligando-o ao pólo negativo de uma fonte de alimentação de corrente contínua e utilizando discos de ferro ou zinco como ânodo, isolados das tampas do condensador e ligados ao pólo positivo da corrente contínua. Os discos sofrem um desgaste muito rápido, poupando o material do feixe tubular. São fixados sobre isoladores de porcelana e montados principalmente nas portas de visita existentes nas tampas do condensador. São de fácil substituição.



*Tampas do condensador*

### 15.3.2.3.1 Quadro eléctrico de protecção catódica dos condensadores



*Quadro eléctrico de protecção catódica*

O quadro eléctrico contém três fontes independentes de corrente contínua, cada uma delas alimentando os ânodos sacrificiais montados nas portas dos cinco condensadores correspondentes aos grupos geradores existentes ao tempo na Central. A fonte A alimentava os condensadores das turbinas nº 1 e 2; a B os condensadores das 3 e 4 e a C os da turbina 5, havendo ainda uma alimentação de reserva.

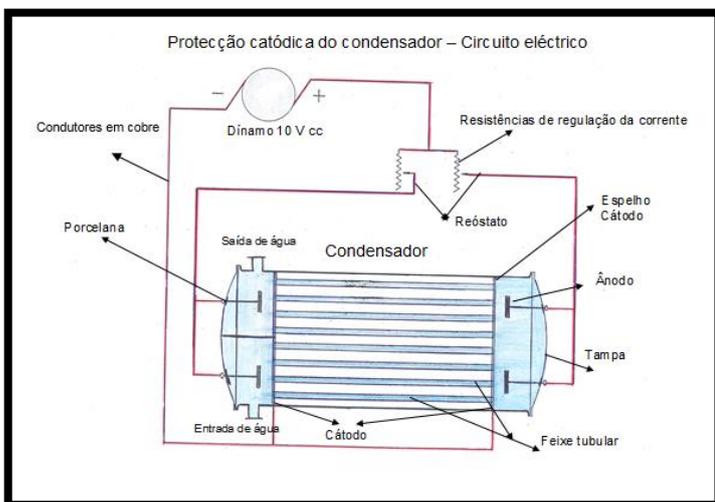
No painel da esquerda observa-se: o interruptor de facas e respectivos fusíveis (1) da fonte de

alimentação A; o volante (2) regulava a corrente de excitação do motor de corrente contínua, obtida a partir das baterias da Central. O interruptor e fusíveis (3) estabeleciam o circuito para os ânodos através das facas (4) e para o cátodo através das facas (5). Os volantes (6) permitiam regular a intensidade da corrente a fornecer aos ânodos de cada tampa do condensador, desde que as facas (5) estivessem viradas para a posição (a). Após regulação, as facas eram viradas para a posição (b) e o circuito protegido pelos fusíveis (7) ficava pronto a alimentar o cátodo.

No quadro central podem ver-se ainda os amperímetros (8) correspondentes a cada fonte de alimentação de corrente contínua, o amperímetro (9) para visualização da intensidade da corrente a fornecer aos ânodos de cada porta e o amperímetro de leitura total (10). Observa-se ainda o voltímetro e respectivo volante (11), para verificação da tensão em cada fonte de alimentação.

### 15.3.2.3.2 Esquema eléctrico da protecção catódica

O sistema eléctrico é constituído basicamente por um gerador de corrente contínua com regulação da tensão entre um e dez Volts, um regulador da intensidade da corrente fornecida aos eléctrodos montados em cada tampa, os isoladores de porcelana e os condutores em cobre com uma secção de 30 mm<sup>2</sup>, que permitiam fornecer corrente com a intensidade de 4 Amp. a cada zinco.



Por volta de 1946/47, devido aos elevados custos de manutenção, os geradores de corrente contínua, que eram accionados por motores assíncronos de corrente alterna, foram substituídos por rectificadores estáticos de ferro-selénio.

Na foto abaixo, referente ao interior da tampa colocada no lado nascente do condensador, são visíveis os zínco no estado de corrosão em que ficaram após a paragem definitiva do grupo gerador em 1972.



*Eléctrodo sacrificial*

## 15.4 Arranque duma turbina de alta pressão

No seguimento do exposto nos parágrafos anteriores, descreve-se a seguir e duma forma simplificada, o arranque duma turbina após uma grande revisão.

### 15.4.1 Verificações

Quando a turbina era desconsignada pelo departamento da manutenção, o Chefe de Turno dava instruções ao Maquinista Chefe para mandar verificar o posicionamento de todas as válvulas, purgadores de vapor, níveis de óleo nos tanques de lubrificação, etc.

A verificação conduzida pelo Maquinista Chefe passava pela garantia de que a válvula de Alimentação de vapor ou Corte geral da turbina estava fechada e de que os dispositivos de segurança estavam rearmados. De que as válvulas de escape do ar, as válvulas de purga do colector

do vapor, os by-passes aos purgadores de vapor das diversas tubagens deveriam estar abertos, etc.

#### 15.4.2 Preparação para o arranque

A preparação para o arranque dava-se de acordo com a seguinte sequência:

- Aquecimento do colector principal de vapor de AP para alimentação da turbina;
- Abertura do vapor para alimentação dos diversos auxiliares;
- Arranque da bomba de vácuo para criação do efeito de sifonagem e enchimento com água do Tejo dos canais de refrigeração dos condensadores;
- Aspiração do ar (ferragem da bomba) da bomba de refrigeração e do seu interior através de vapor passando por um venturi;
- Válvulas de entrada e saída do condensador abertas;
- Arranque da bomba de refrigeração do condensador. No caso da Central não estar a produzir energia eléctrica, a bomba era posta em marcha através da turbina auxiliar. Logo que o grupo estivesse em paralelo, o accionamento da bomba passava a ser feito por motor eléctrico;
- Com o condensador a ser circulado pela água do Tejo fechava-se a válvula de quebra vácuo e dava-se início à criação do vácuo no condensador e na própria turbina;
- Para isso, abria-se o vapor para os labirintos para que a pressão nestes fosse ligeiramente superior à pressão atmosférica;
- O vácuo era obtido através dos ejectores de ar a vapor;

#### 15.4.3 Arranque propriamente dito

Logo que se obtinha uma pressão no interior do condensador de cerca de 0.040 kg/cm<sup>2</sup> e que a pressão e a temperatura do vapor eram da ordem dos 30 kg/cm<sup>2</sup> e 300°C, dava-se início ao arranque, desde que se tivesse a garantia de que o colector de vapor estava bem purgado e quente.

A sequência era:

- Colector de alimentação seco e aquecido. Para isso era necessário ter os purgadores em by-pass e o colector a debitar vapor para a atmosfera até que fosse atingida uma temperatura de pelo menos 300°C:

- Alcançado este valor, era posta em serviço a pequena turbo bomba de óleo de lubrificação que ia lubrificar as chumaceiras de apoio da turbina ao mesmo tempo que era aberta a válvula de alimentação ou corte geral da turbina;
- Através do dispositivo de arranque, comandado manual ou electricamente, ia-se metendo vapor à turbina numa forma lenta, até que esta atingisse as 3000 rpm. Teria de haver um certo cuidado na passagem dos pontos de velocidade crítica para que a turbina não entrasse em vibração. Além disso, devia ser respeitada a dilatação diferencial (dilatação do veio/dilatação da carcassa) para que não houvesse contacto entre as pás móveis e as fixas;
- Após atingir as 3000 rpm o turbo grupo ficava pronto para entrar em paralelo, o que será referido no capítulo referente ao Alternador.