

Manuel Cavadas  
Administrador de SEPSA (Grupo SENETE)

# Manutenção e Reabilitação de Equipamentos Electromecânicos e Hidromecânicos em Centrais Hidroeléctricas

## resumo

A energia eléctrica é um bem económico altamente relevante, constituindo mesmo um elemento crítico nas economias contemporâneas.

A utilização racional de energia e o aumento da eficiência energética conduz também a um melhor aproveitamento do diagrama de cargas e consequentemente a um **Planeamento** mais eficaz. Para se alcançar este objectivo, para além da fiabilidade necessária das redes de distribuição, torna-se imprescindível que os **Centros Produtores** respondam adequadamente às solicitações da **Exploração**.

É nesta perspectiva que achamos de interesse abordar o tema da manutenção e reabilitação de equipamentos electromecânicos e hidromecânicos em centrais hidroeléctricas.

## *Maintenance and Retrofitting of Electromechanical and Hydromechanical Equipment in Hydro Power Stations*

### 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Muitos utilizadores de **Centros de Produção** ainda pensam que a **Manutenção** é mais um problema para **Exploração**. Torna-se fundamental que compreendam que a **Manutenção** é uma actividade necessária, que tem por finalidade prevenir grandes avarias através da detecção de pequenas anomalias ainda numa fase inicial de desenvolvimento.

Evitar-se-à assim que progressão dessas anomalias degenerem em grandes avarias.

Através das acções de manutenção consegue-se reduzir os custos das reparações e aumentar a fiabilidade dos equipamentos.

A manutenção pode considerar-se um investimento cuja rentabilidade é obtida por melhoria imediata do rendimento

dos equipamentos, por redução dos riscos de paragem de longa duração ou mesmo evitando a degradação lenta do capital inicialmente investido no empreendimento.

Uma **Central Hidroeléctrica** é uma instalação industrial que deve ser explorada de modo a obter o melhor benefício.

A **Manutenção** engloba todas as acções que visam manter a capacidade de produção preservando o valor do investimento.

### 2. MANUTENÇÃO

A elaboração de um **Plano de Manutenção Preventiva** é fundamental para a obtenção de uma melhor optimização de exploração; poderão seleccionar-se as alturas ideais para as intervenções com paragem, reduzir o tempo das intervenções

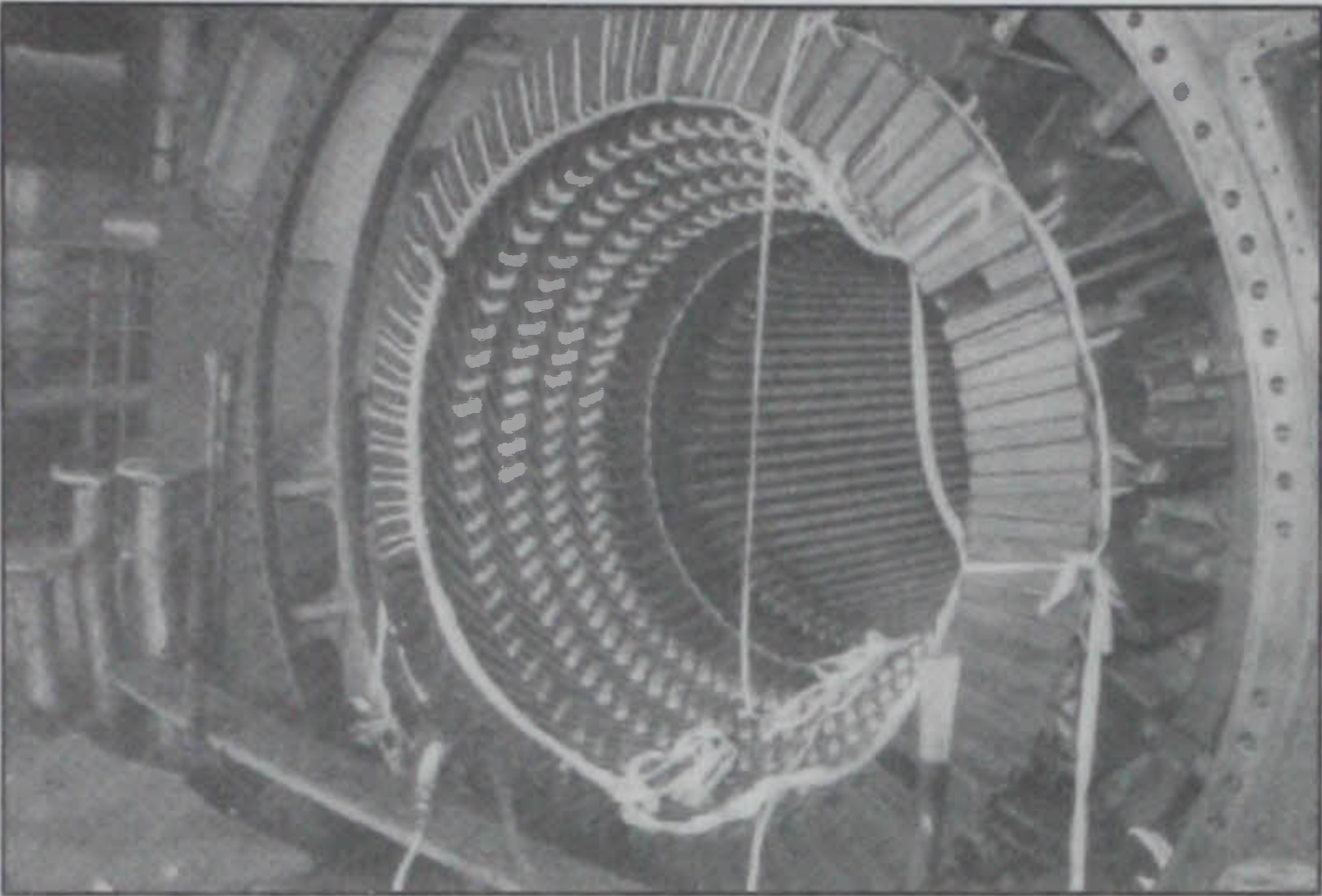


Fig. 1 - Rebobinagem do estator de um alternador de 156 MVA / 15,3 kV na Central Termoeléctrica do Carregado (EDP).

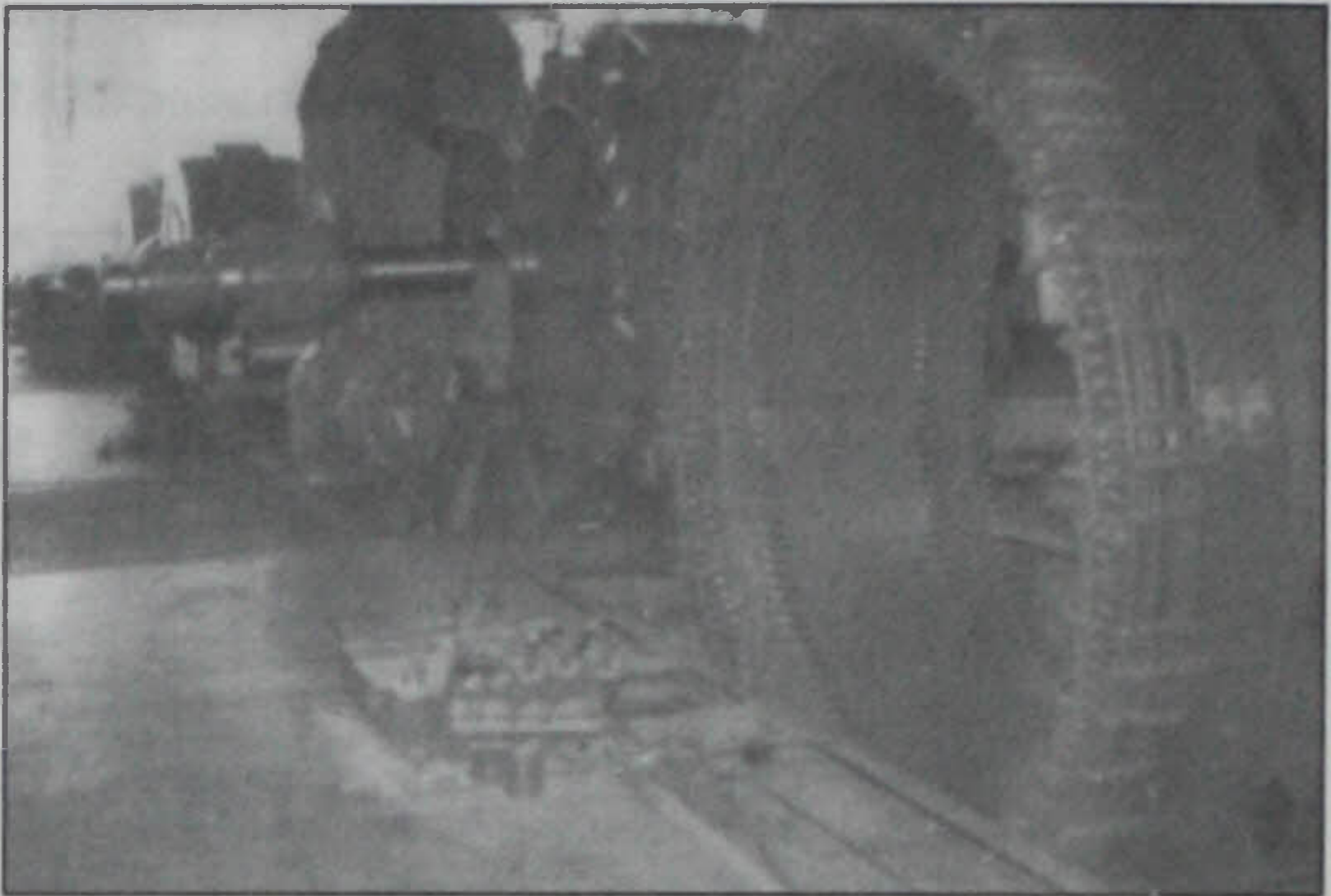


Fig. 2 - Rebobinagem do estator de um alternador de 8 MVA / 6 kV na Central de Santa Luzia (EDP).

DIAGNÓSTICO  
DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS SÍNCRONAS

MÁQUINA EM FUNCIONAMENTO

| OP. N.º | DESIGNAÇÃO                                                         | OBJECTIVOS / VERIFICAÇÕES                                                                                                                           | EQUIPAMENTO                                                                           |
|---------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.      | Medição de Vibrações                                               | Desequilíbrios<br>Desalinhamento<br>Desnivelamento<br>Estado das chumaceiras                                                                        | Vibroflex/Proximeter Bentley                                                          |
| 2.      | Análise de ruídos                                                  | Detecção de barulhos estranhos                                                                                                                      |                                                                                       |
| 3.      | Inspecção da refrigeração                                          | Existência de refrigeradores com temperaturas diferentes<br>Circulação da água de refrigeração<br>Existência de lixos acumulados nos refrigeradores | Por palpação<br>• Informações da central<br>Termómetro                                |
| 4.      | Controlo eléctrico da instrumentação auxiliar instalada na máquina | RTD's do enrolamento estatórico<br>Termopares das chumaceiras<br>Termómetros de ar frio/quente<br>Outros                                            | Multímetro AOIP                                                                       |
| 5.      | Verificação da excitação                                           | Comparação com elementos anteriores<br>Comparação com a chapa de características                                                                    | Multímetro                                                                            |
| 6.      | Verificação da regulação de tensão                                 | Análise de valores em jogo<br>Comparação de valores anteriores                                                                                      | Multímetro                                                                            |
| 7.      | Determinação da característica de vazio                            | Traçado da curva característica                                                                                                                     | 1 Multímetro para $U$<br>1 Multímetro para $v_e$<br>1 Multímetro para $i_e$           |
| 8.      | Determinação da característica de curto-circuito                   | Traçado da curva característica<br>(necessária barra de curto-circuito e sua instalação da responsabilidade do cliente)                             | 1 Multímetro para $U$<br>1 Multímetro para $v_e$<br>1 Multímetro para $i_e$           |
| 9.      | Ensaio de aquecimento                                              | Evolução das temperaturas do enrolamento estatórico, chumaceiras, ar frio e ar quente                                                               | Equipamentos instalados na sala de comando da Central<br>Termopares e multímetro AOIP |
| 10.     | Análise do comportamento em carga                                  | Registo dos diversos valores em jogo                                                                                                                | Equipamentos instalados na sala de comando da Central                                 |

DIAGNÓSTICO  
DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS SÍNCRONAS

MÁQUINA PARADA

| OP. N.º | DESIGNAÇÃO                                         | OBJECTIVOS / VERIFICAÇÕES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | EQUIPAMENTO                                                                                                                                      |
|---------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.      | Inspeção visual e controlo dimensional             | Estado geral de limpeza<br>Entre-ferro<br>Existência de peças desapertadas<br>Existência de amarrações degradadas<br>Existência de eventuais encaminhamentos por efeito coroa<br>Estado de enchavetamento (se possível)<br>Alteração do estado da pintura dos isolamentos por temperatura excessiva<br>Estado geral dos componentes incluindo chumaceiras, escovas, porta-escovas e aneis colectores | Visual<br>Medidor de entre-ferros<br>Visual e palpação<br>Visual e palpação<br>Visual/lupa/lanterna<br>Chave de bocas 32<br>Visual<br><br>Visual |
| 2.      | Ensaio eléctrico do enrolamento estatórico         | Resistência de isolamento<br>Índice de polarização<br>Resistência óhmica<br>Detectores de temperatura<br>Indutância e capacidade                                                                                                                                                                                                                                                                     | Megaohmímetro, termómetro<br>Megaohmímetro, cronómetro<br>Ponte de Wheatstone<br>Multímetro<br>Ponte LCR                                         |
| 3.      | Ensaio eléctrico do enrolamento rotórico           | Resistência de isolamento<br>Resistência óhmica<br>Tensão / polo (impedância) (se possível)                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Megaohmímetro, termómetro<br>Ponte de Wheatstone<br>Fonte de tensão 220 Vac<br>Multímetro                                                        |
| 4.      | Ensaio eléctrico da excitatriz e alternador piloto | Resistência de isolamento<br>Resistência óhmica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Megaohmímetro, termómetro<br>Ponte de Wheatstone                                                                                                 |

através de um planeamento dos aprovisionamentos, armazenamento e preparação do trabalho e ainda reduzir a probabilidade de inoperacionalidade provocadas por avarias intempestivas.

A manutenção dos equipamentos depende de vários factores, tais como:

- Número de horas de funcionamento;
- Número de arranques de paragens;
- Número de perturbações graves nos sistemas;
- Resultado de inspecções anteriores;
- Projecto;
- Idade.

2.1. Diagnóstico

Um vez que cada equipamento desempenha uma função específica e os órgãos que o constituem estão sujeitos a diferentes condições de funcionamento, recomenda-se que a elaboração ou actualização do **Plano de Manutenção Preventiva** seja precedido de um **Diagnóstico** rigoroso do estado dos equipamentos e complementado com a inventariação dos factores históricos relacionados com os equipamentos em análise.

O **Diagnóstico** deve ser realizado periodicamente de modo a permitir uma correcta actualização do **Plano de Manutenção** aumentando assim a eficiência da programa-

ção das datas de revisão e dos trabalhos específicos de **Manutenção**.

Como exemplo, apresentamos a seguir um **Plano de diagnóstico para alternadores**, bem assim como o respectivo **Programa de execução**.

2.2. Caderno de Manutenção

A importância do **Caderno de Manutenção** varia de acordo com as dimensões (potência da instalação).

Podemos considerar como elementos base para a sua constituição os seguintes:

Descrição da Instalação, contendo:

- os desenhos principais dos equipamentos e seus órgãos;
- as instruções de funcionamento e manutenção dos construtores;
- a relação dos equipmantos instalados com todas as referências do fornecedor, datas das principais intervenções, indicações de pesos e volumes dos órgãos mais pesados para efeitos de movimentação;
- a ficha dos reparadores especializados;
- os meios e ferramentas específicos de manutenção (que devem ser mantidos em perfeito estado de funcionamento);
- as limitações das infraestruturas de acesso à central (se as houver): pontes, passagens com carga limitada, etc.;
- as normas de segurança.

DIAGNÓSTICO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS SÍNCRONAS

PROGRAMA DE EXECUÇÃO

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div><div>A. MÁQUINAS DE GRANDES DIMENSÕES</div><div>(POTÊNCIA SUPERIOR A 10 MW)</div><div><div>1. COM MÁQUINA EM FUNCIONAMENTO</div><div>Inspeção / Ensaios</div></div><div><div>2. COM A MÁQUINA PARADA</div><div>Desmontagem das protecções e outros</div><div>Inspeção visual e dimensional</div><div>Ensaios eléctricos</div><div>Montagem dos componentes desmontados</div></div><div><div>EQUIPA DE DIAGNÓSTICO</div><div>Engenheiro de Ensaios</div><div>Técnicos de qualidade</div><div>Montadores</div></div></div> | <div><div><div>DIAS</div><div>123</div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div>&lt;</div></div> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Registos da Exploração, contendo:

- produção activa;
- produção reactiva;
- temperaturas de chumaceiras, enrolamentos estatóricos, etc.;
- paragens;
- incidentes;
- trabalhos efectuados;
- materiais consumidos;
- pressão de óleo;
- tempos de manobra (abertura e fecho);
- nível de stock de lubrificantes e outros materiais consumíveis;
- funcionamento e regulação de protecções;
- valores de medida de folgas na roda da turbina e chumaceiras;
- inspecção aos acomplamentos;
- etc.

Lista de Peças de Reserva. Podemos classificar as peças de reserva em duas categorias:

Peças de Desgaste e de Primeira Urgência

Ex.: filtros, fusíveis, lâmpadas de sinalização, vedantes, rolamentos, etc.

e

Peças de Segurança

Ex.: bobinas estatóricas (normalmente 1/6 do enrolamento), bobina polar, moentes de chumaceiras, electroválvulas, etc.

2.3. Plano de Manutenção

As instruções de funcionamento e de manutenção fornecidas pelos construtores indicam as prioridades para as intervenções de manutenção.

A inserção no Plano das indicações dos diversos construtores permite otimizar o número de paragens fazendo coincidir certas intervenções.

PLANO DE MANUTENÇÃO

| Equipamento       | Orgão                                | PERIODICIDADE DA INTERVENÇÃO                             |                                                                                                    |                                                                                                                                                          |
|-------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   |                                      | Diário ou semanal<br>Revisão de rotina                   | Semestral ou anual<br>Revisão intermédia                                                           | 10 Anos<br>Revisão geral                                                                                                                                 |
| Conduta Forçada   | Conduta                              |                                                          | • Controlo da Protecção Exterior                                                                   | • Inspecção Interior<br>• Tratamento anticorrosivo                                                                                                       |
|                   | Comporta topo da Conduta             |                                                          | • Manobra de controlo<br>• Verificação de fugas de óleo<br>• Lubrificação do comando               | • Substituição de vedantes<br>• Tratamento anticorrosivo                                                                                                 |
|                   | Válvula de Segurança                 |                                                          | • Verificação das partes de comando<br>• Controlo de desgaste das sedes e corpo (Cativação/erosão) | • Substituição das sedes<br>• Enchimentos pontuais<br>• Tratamento anticorrosivo                                                                         |
|                   | Comporta Ensecadeira de Restituição  |                                                          | • Manobra de controlo<br>• Verificação de fugas de óleo<br>• Lubrificação do comando               | • Substituição de vedantes<br>• Tratamento anticorrosivo                                                                                                 |
|                   | Junta de Dilatação                   |                                                          | • Verificação e aperto                                                                             | Substituir:<br>• Juntas e vedantes<br>• Elementos de ligação<br>• Elementos de aperto                                                                    |
| Turbina (Francis) | Pás Directrizes                      | • Inspecção aos bieletes (fusíveis)<br>• Lubrificação    | • Controlo de desgaste<br>• Verificação de folgas                                                  | • Enchimento e rectificação do perfil, topos e hastes                                                                                                    |
|                   | Roda                                 |                                                          | • Medida de folgas<br>• Controlo do desgaste                                                       | • Substituição dos aros de desgaste<br>• Enchimento das zonas cavitadas<br>• Equilibragem                                                                |
|                   | Chumaceiras                          | • Controlo do nível de óleo<br>• Controlo de temperatura | • Análise do estado do óleo de lubrificação<br>• Medida de folgas                                  | • Substituição do material antifricção                                                                                                                   |
|                   | Veio / Acoplamento                   |                                                          | • Medição de vibração                                                                              | • Substituição da junta do veio e rectificação da zona da junta<br>• Verificação dos parafusos do acoplamento<br>• Medição de vibrações<br>• Alinhamento |
|                   | Central óleo Hidráulica e Servomotor | • Verificação do nível de óleo                           | • Análise do óleo<br>• Substituição de filtros                                                     | • Limpeza geral/Verificação dos motores e válvulas<br>• Substituição do óleo                                                                             |
|                   | Tampas da Roda                       |                                                          | • Verificação do desgaste                                                                          | • Enchimentos pontuais<br>• Substituição dos anéis de desgaste<br>• Rectificações<br>• Tratamento anticorrosivo                                          |
|                   | Evoluta e Anti-Distribuidor          |                                                          | • Verificação do estado das superfícies                                                            | • Tratamento anticorrosivo                                                                                                                               |

PLANO DE MANUTENÇÃO

| Equipamento                   | Orgão                           | PERIODICIDADE DA INTERVENÇÃO                                                                         |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                               |                                 | Diário ou semanal<br>Revisão de rotina                                                               | Semestral ou anual<br>Revisão intermédia                                                                                                                        | 10 Anos<br>Revisão geral                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Alternador<br>e<br>Excitatriz | Aneis Colectores                | Verificar:<br>• Descargas<br>• Sujidade<br>• Força das molas do porta escova<br>• Desgaste da escova | • Limpeza completa<br>• Substituição de escova se necessário<br>• Inversão de polaridade<br>• Medição de resistência de isolamento                              | • Substituição de escovas e molas<br>• Rectificação dos aneis colectores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                               | Estator<br>e<br>Carcaça         | Verificar:<br>• Ruídos<br>• Cheiros<br>• Temperaturas<br>• Vibrações                                 | Inspeção visual a:<br>• Testas de bobinas<br>• Placas de aperto do núcleo<br>• Limpeza das partes acessíveis<br>• Medição da resistência óhmica e de isolamento | • Aperto do núcleo<br>• Aquecimento do núcleo<br>• Deterioração das chapas do núcleo<br>• Depósito de detritos nos canais de ventilação<br>• Fracturas da carcaça e placas de fundação<br>• Efeito de coroa / presença de ozono<br>• Travamento das bobinas<br>• Travamento das chavetas<br>• Deslocação das bobinas<br>• Limpeza geral<br>• Medição da resistência óhmica e de isolamento |
|                               | Rotor                           | • Ruídos<br>• Vibrações<br>• Cheiros                                                                 | • Inspeção visual das bobinas e do enrolamento, amortecedor<br>• Medição de resistência óhmica e de isolamento                                                  | • Verificação de:<br>Distorção das bobinas, Colares, Suportes das bobinas<br>• Pressão entre espiras e terminais<br>• Aperto dos tirantes de fixação dos polos às cunhas<br>• Ligações queimadas no enrolamento amortecedor<br>• Fracturas nas barras<br>• Travamento de outros componentes estruturais<br>• Limpeza geral<br>• Medição da resistência óhmica e de isolamento              |
|                               | Chumaceiras                     | • Nivel de óleo<br>• Temperaturas<br>• Ruídos<br>• Vibrações                                         | Verificação de:<br>• Fugas de óleo<br>• Limpezas dos sistemas de refrigeração<br>• Propriedade do óleo<br>• Medição de resistência de isolamento                | • Inspeção dos segmentos, moentes, vedações e substituição se necessário<br>• Substituição do óleo                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                               | Sistemas de Frenagem            | Verificação de:<br>• Fugas de óleo ou ar<br>• Cheiros<br>• Ruídos                                    | • Verificação dos macacos de frenagem e tubagem<br>• Acabamento de pista de frenagem                                                                            | • Eliminar eventuais fugas de óleo ou ar<br>• Substituição dos ferodos<br>• Rectificação da pista de frenagem                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                               | Sistema de água de Refrigeração | • Verificação de fugas                                                                               | • Verificação<br>• Limpeza                                                                                                                                      | • Desmontar refrigeradores, limpeza e reparação                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

Para além do preconizado pelos construtores, os controlos de diagnóstico permitem seguir a evolução do desgaste dos diferentes órgãos e ajustar o **Plano**, como já tivemos oportunidade de referir anteriormente.

2.4. Níveis de Intervenção

Basicamente, podemos dividir as intervenções em 3 níveis:

- 1.º Nível - Revisões de Rotina
- 2.º Nível - Revisões Intermédias
- 3.º Nível - Revisões Gerais

A escolha dos intervalos para a realização destas intervenções é sempre tema de discussão. Tomando como base as condições normais de funcionamento de uma **Central Hidroeléctrica**, podemos considerar:

- Para as **Revisões de Rotina**
- Intervenção diária ou pelo menos semanal.

- Para as **Revisões Intermédias**
- Intervenção semestral ou anual.

- Para as **Revisões Gerais**
- Intervenção, no mínimo, em cada intervalo de 10 anos.

Numa revisão geral deverá ser desmontada grande parte do equipamento, de modo a ser efectuada uma inspecção completa e limpeza geral com possível substituição ou reparação de componentes.

Apresentamos de seguida um modelo simplificado de um **Plano de Manutenção Preventiva** para os principais equipamentos Hidromecânicos e Electromecânicos.

2.5. Custos

Custos de Paragem

Uma paragem ocasionada por avaria significa obviamente

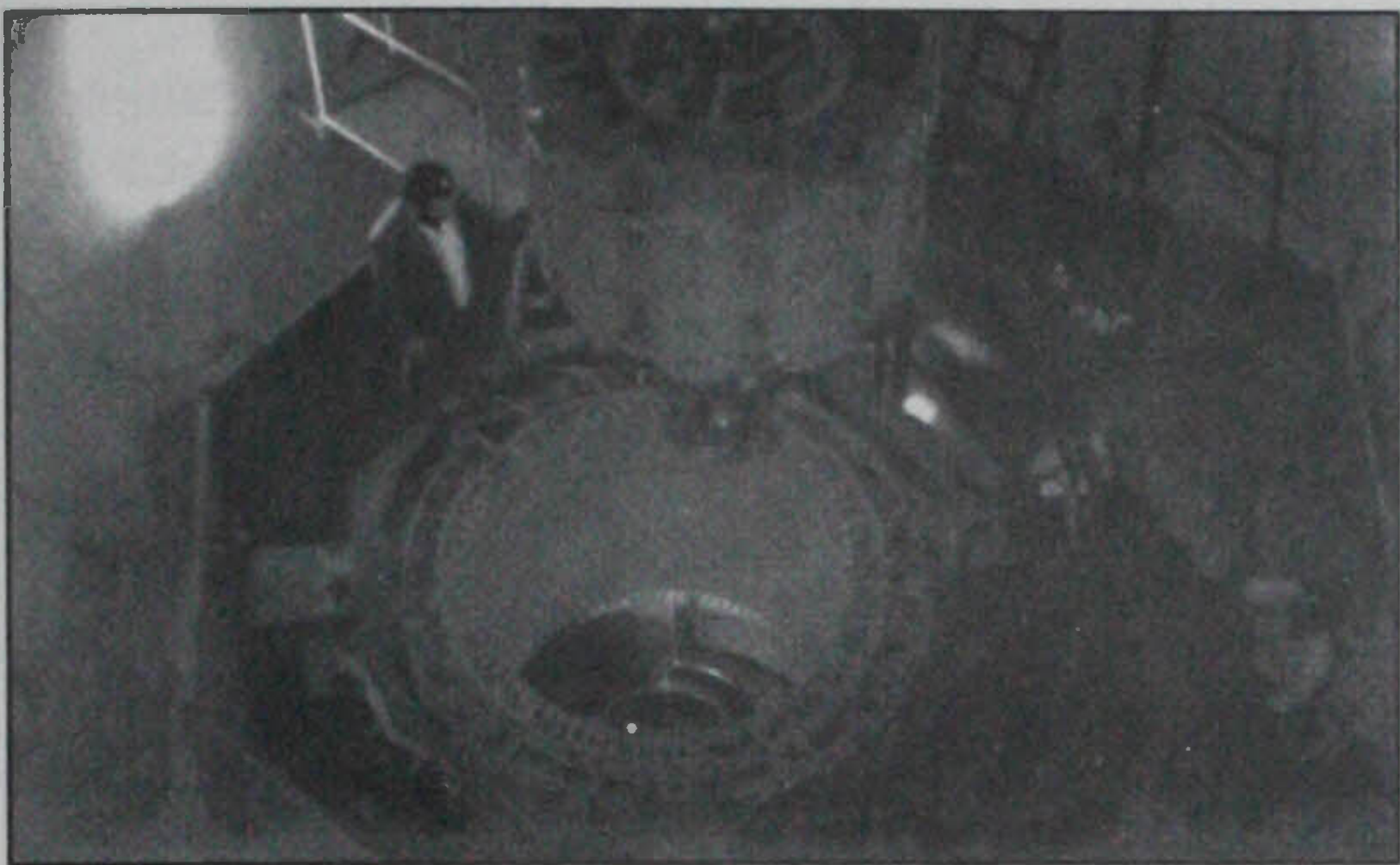


Fig. 3 - Beneficiação geral de um alternador de 8,5 MVA / 4 kV na Central de France (EDP).

deixar de produzir e vender energia.

Podemos considerar duas situações:

- Com a central a funcionar a plena carga;
- Em períodos com pouca água para turbinar.

A partir daqui temos a possibilidade de avaliar a grandeza dos custos e calcular a rendibilidade de todas as intervenções que necessitam da imobilização dos equipamentos e ou avaliar o impacto financeiro de um incidente com risco de paragem, consequência de uma deficiente manutenção.

Custos de Degradação

Logo que a degradação de um órgão é verificada durante as fases de revisão, torna-se necessário avaliar as consequências financeiras que podem ter origem em:

- Baixo rendimento;
- Diminuição da capacidade de produção;
- Diminuição do valor intrínseco da instalação;
- Risco de ruptura com implicações nos custos de reparação e no tempo de paragem.

Custos de Imobilizado em Peças de Reserva

O “stock” de peças de reserva representa um custo cuja

percentagem relativamente ao investimento base é muito pequena. Assim, o custo directo não é um elemento determinante da escolha das peças de reserva, ressalvando-se obviamente conjuntos importantes que para certos tipos de exploração não se justifica ter em “stock”.

O custo indirecto, isto é, os custos de paragens consequência dos prazos de aprovisionamento, é um elemento fundamental para a decisão do nível de “stock”. Torna-se necessário recolher informações contínuas e regulares sobre a disponibilidade e prazos de abastecimento de modo a permitir uma boa gestão dos “stocks”.

3. REABILITAÇÃO

Quando a vida das centrais hidroeléctricas ultrapassa os 25 anos, começam a surgir dificuldades na obtenção de uma **Exploração Fiável e Económica**. Os custos de manutenção e ou de indisponibilidades são elevados. Os rendimentos são obviamente baixos.

Na época actual, em que apesar de tudo as necessidades de energia são crescentes, e que, por razões económicas e de ambiente, os grandes investimentos em novos centros produtores são reduzidos, a **Reabilitação e Modernização** dos equipamentos existentes é uma via com sucesso no **Plano Técnico** e no **Plano Económico**.

As razões que conduzem à reabilitação de uma central hidroeléctrica são de ordem técnico-económica.

Assim, podemos considerar o plano técnico e o plano económico, como se vê a seguir.

3.1. No Plano Técnico

A apreciação da necessidade de uma reabilitação depende em grande parte da previsão do tempo de vida potencial que resta aos diferentes equipamentos.

Dos diversos estudos efectuados e publicados por especialistas sobre a vida média previsível dos diversos equipamentos, tendo como objectivo a sua necessidade de reabilitação, podemos considerar o quadro indicado de “Vida Média dos Equipamentos”.

Obviamente que o tempo de vida dos equipamentos depende de vários factores, tais como:

- Tipo de serviço (contínuo ou intermitente);

VIDA MÉDIA DOS EQUIPAMENTOS

| EQUIPAMENTO        | TEMPO DE VIDA | OBSERVAÇÕES                                                                                                          |
|--------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Conduta Forçada    | 50 anos       | Dependendo do seu estado no que respeita à corrosão. Poderão ter que ser substituídas antes por razões de segurança. |
| Turbina            | 20 a 50 anos  | Conforme o tipo (PELTON, FRANCIS ou KAPLAN)                                                                          |
| Alternador         | 30 a 50 anos  | Depende da natureza dos materiais isolantes                                                                          |
| Regulação e medida | 10 a 15 anos  | Este material fica rapidamente obsoleto                                                                              |

- Rotinas de manutenção;
- Ambiente;
- Envelhecimento.

3.2. No Plano Económico

Um método para proceder à avaliação do custo de uma reabilitação consiste em comparar esse custo com o custo resultante de manter em serviço os equipamentos a reabilitar, considerando a diminuição do rendimento e, em caso de avaria:

- Os custos directos do material de substituição e a sua montagem;
- Os custos indirectos resultantes de uma paragem;
- Os custos induzidos por eventuais danos em órgãos que sofram rupturas por degradação.

O que se pode Obter com a Reabilitação

Com a reabilitação podem ser obtidas várias vantagens, como:

- Aumento de rendimento com a correspondente redução de perdas;
- Melhoria da fiabilidade e eficácia;
- Tempo de vida aumentado;
- Redução das manutenções, reparações e custos resultantes das paragens.

Além disso, pode ainda ser possível obter, entre outras propriedades:

- Aumentar a potência;
- Reduzir as necessidades de excitação;

- Fazer alterações na tensão do alternador;
- Modernizar os equipamentos de protecção, controlo e comando, automatizar a supervisão e condução reduzindo os custos de exploração.

Podemos ver, no quadro intitulado "Exemplos de Rendimento e Perdas antes e após Reabilitação", alguns exemplos de rendimentos e perdas antes e após reabilitação de alternadores.

Uma operação de reabilitação pode ser extremamente variável, desde a reparação de um órgão específico até à modernização completa dos equipamentos.

O investimento será proporcional às necessidades particulares de cada projecto.

A evolução tecnológica aplicada na reabilitação permite obter um nível de eficiência, segurança da instalação e simplicidade de manutenção equivalente à de equipamentos novos.

A seguir apresentamos alguns órgãos de **Turbinas e Alternadores** que podem ser reabilitados.

4. TURBINA

Chumaceiras

As partes activas na zona guia e ou nas zonas de suporte são normalmente constituídas por elementos inteiros.

Poderão ser substituídas por segmentos e patins independentes montados sobre molas. Poder-se-à ainda aplicar um sistema de injeção de óleo de alta pressão. Obtém-se com esta modernização uma melhor distribuição de carga nos elementos guia e ou suporte, uma melhor fiabilidade, uma diminuição das perdas e uma simplificação da exploração, pois que o sistema de injeção de óleo a alta pressão permite que o grupo arranque de imediato, sem necessidade de efectuar a elevação do rotor.

Sistemas Auto-Lubrificantes

A substituição dos bucons de bronze por material anti-fricção seco (PTFE) evita a necessidade de lubrificação e elimina a poluição por derrame de óleo na água.

Roda

Para além dos processos clássicos de enchimento com aço inoxidável, o desenvolvimento tecnológico oferece-nos hoje possibilidade de aplicação de materiais sintéticos com elevada resistência aos fenómenos de erosão e cavitação.

Igualmente, as técnicas de CAD/CAM permitem restaurar

EXEMPLOS DE RENDIMENTO E PERDAS ANTES E APÓS REALIBITAÇÃO

| ANO DE ENTRADA EM SERVIÇO | POTÊNCIA MVA x cosφ | VELOCIDADE RPM | RENDIMENTO % |      | PERDAS(*) kW |      |
|---------------------------|---------------------|----------------|--------------|------|--------------|------|
|                           |                     |                | ANTES        | APÓS | ANTES        | APÓS |
| 1929                      | 19x0,8              | 125            | 96,4         | 97,3 | 574          | 420  |
| 1930                      | 10x0,75             | 94             | 95,0         | 96,3 | 396          | 286  |
| 1931                      | 16x0,75             | 107            | 95,9         | 97,0 | 518          | 370  |
| 1933                      | 12x0,8              | 47             | 94,8         | 95,7 | 525          | 426  |
| 1937                      | 35x0,85             | 167            | 97,2         | 97,5 | 845          | 757  |
| 1939                      | 40x0,85             | 125            | 97,5         | 97,8 | 851          | 746  |
| 1940                      | 8x0,7               | 94             | 95,1         | 96,4 | 291          | 211  |
| 1942                      | 20x0,9              | 125            | 97,1         | 97,4 | 534          | 470  |

(\*) Em todos os casos a reabilitação passou pela substituição do núcleo magnético e do enrolamento estafórico.

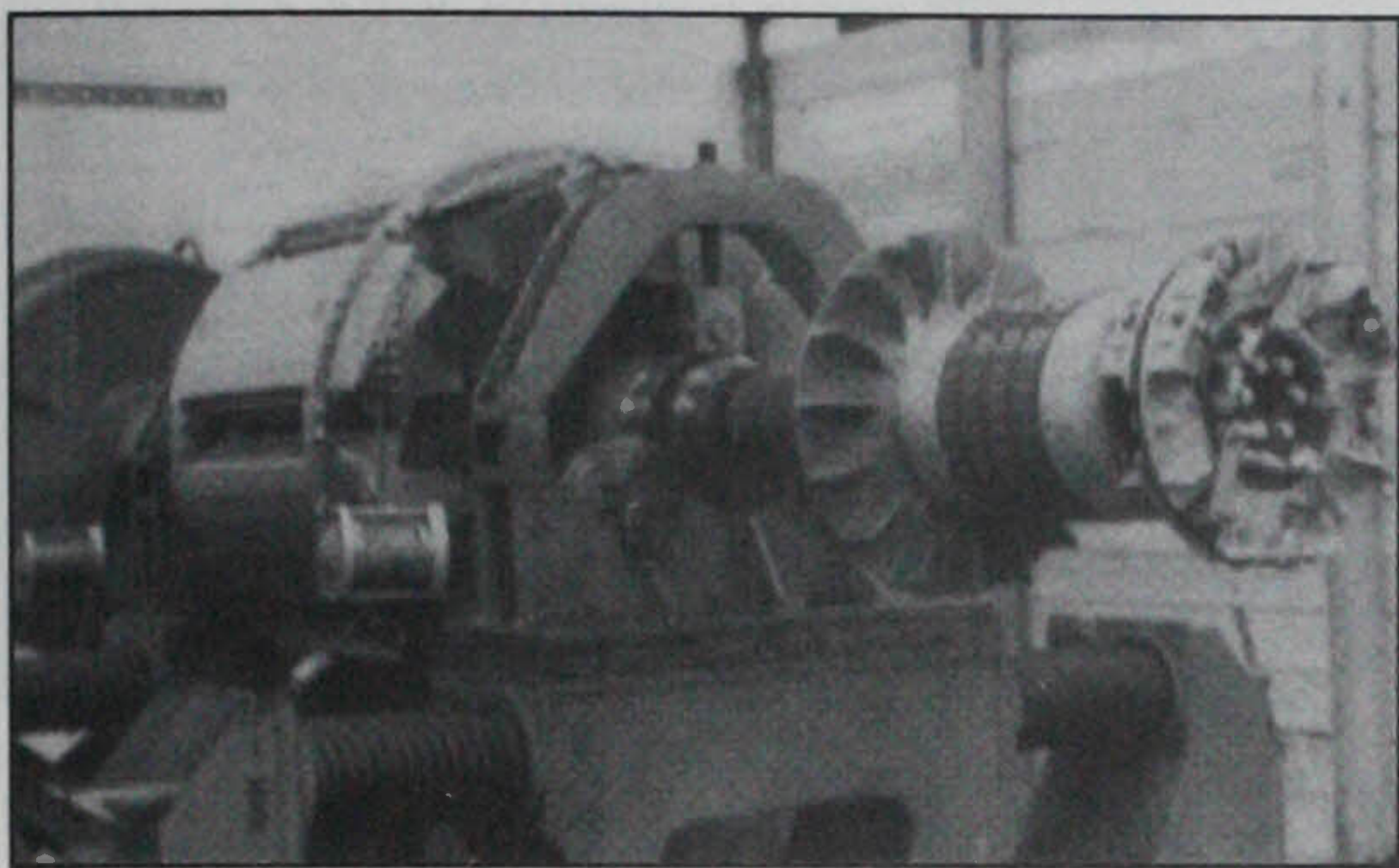


Fig. 4 - Reabilitação global de três alternadores de 2 MVA / 400 V na Central de Malongo (Angola).

o perfil hidráulico, optimizando-o de modo a obter, no mínimo, os rendimentos de origem.

#### *Pás Directrizes*

Idem.

#### *Topos das Pás Directrizes Hastes, Bielas, etc.*

Enchimentos e rectificações.

#### *Tampas (Inferior e Superior)*

Substituição dos anéis de desgaste e labirinto por material inox.

#### *Junta da Árvore / Veio*

Desbaste do veio na zona da junta, enchimento a aço inox

e rectificação. Substituição da junta por material anti-fricção seco (PTFE).

#### *Regulador de Velocidade*

A substituição do regulador mecânico por um regulador electrónico associado a uma instalação de óleo de alta pressão permite:

- Eliminar as folgas mecânicas;
- Reduzir as fugas de óleo;
- Aplicar algoritmos de regulação;
- Automatizar o seu programa de manutenção.

### 5. ALTERNADOR

#### *Excitatriz*

A substituição da excitatriz clássica com anéis colectores e escovas por uma excitatriz de díodos rotativos (tipo "brushless") ou por um sistema puramente estático (com tiristores) são soluções economicamente interessantes e que apresentam melhor segurança no funcionamento e diminuição dos custos de manutenção.

#### *Enrolamento Estatórico*

Uma nova bobinagem do estator com aplicação de sistemas modernos de isolamento, isto é, a substituição dos isolantes termoplásticos por termoendurecíveis (VPI ou "resin-rich") e aplicação de novos materiais no tratamento das bobinas (à base de fibra de vidro), permite:

## SENETE e ABB juntam recursos na área da manutenção eléctrica e electrónica

A SENETE SGPS e a ABB SGPS decidiram unir, em Portugal, os seus recursos na área da manutenção eléctrica e electrónica. Para isso constituíram uma nova empresa, a **ABB Senete Sociedade de Serviços de Assistência, SA.**, detida em partes iguais por cada um desses grupos.

A nova joint-venture tem como Presidente do Conselho de Administração o Eng. Machado Rodrigues, que passou a acumular este cargo com o de Administrador Executivo da Senete, enquanto o Eng. Andrade Lobo, actual Administrador-Delegado da ABB Serviços de Assistência Técnica, Lda., assumiu igual cargo na nova empresa.

O Eng.º Hans Yngvesson, Presidente da ABB em Portugal, o Eng.º Carlos Dias e o Eng.º Vieira da Fonseca são os outros administradores da nova empresa.

Por seu lado, o Eng.º Manuel Cavadas, até agora responsável da SEPSA Máquinas Eléctricas, SA. ocupou o lugar de Director Geral de Operações.

A nova empresa reúne todos os recursos e serviços de manutenção em Portugal da ABB e da SEPSA Máquinas Eléctricas, SA. (empresa subsidiária do Grupo SENETE). Passou igualmente a poder dar assistência técnica a turboalternadores de centrais termoeléctricas, actividade até agora a cargo da Mague - Indústrias Metalomecânicas, SA., uma outra empresa subsidiária da Senete.

A **ABB Senete Sociedade de Assistência Técnica, SA.** dispõe de três oficinas de assistência: uma em Alfragide e duas na região do Porto. Emprega cerca de 190 trabalhadores, prevendo-se que atinja um volume de negócios na ordem de 1,5 milhões de contos.

Esta iniciativa é bem o sinal de que «o mercado da manutenção está a mudar rapidamente em Portugal».

O Grupo SENETE foi constituído em 1989 e associa, entre outras empresas, a MAGUE, a SOREFAME, a HIDROSOREFAME, a SEPSA, a METALSINES e a SERMAGUE. O Grupo tem um volume de negócios da ordem dos 35 milhões de contos/ano e emprega cerca de 3.500 trabalhadores. A MAGUE SGPS, a ABB e o IPE participam na SENETE em cerca de 40%, 40% e 20% do capital social da empresa. ■

A ABB, que tem a sua sede central localizada em Zurique, emprega mundialmente, cerca de 220.000 pessoas, sendo a sua facturação anual à volta de 5 mil milhões de contos. Em Portugal, excluindo interesses minoritários, a ABB emprega 700 pessoas e tem um volume de negócios que ultrapassa os 25 milhões de contos / ano. ■

- Aumentar a secção do cobre e, em consequência, **Aumentar a Potência e Baixar as Perdas.**
- Aumentar a **Capacidade de Sobrecarga.**

#### Núcleo Magnético

A substituição do núcleo magnético por chapas magnéticas de melhor qualidade com baixo índice de perdas. O sistema de isolamento das chapas magnéticas, antes com papel agora com verniz. A melhoria nos sistemas de prensagem e aperto do núcleo permite obter:

- Redução de perdas;
- Aumento de potência;
- Temperaturas de serviço mais baixas;
- Alterar o número e dimensão das ranhuras.

#### Rotor

##### Parte Mecânica

No caso de um aumento de potência na turbina, torna-se necessário proceder a um controlo do dimensionamento mecânico, no que respeita principalmente:

- Ao acoplamento;
- Aos esforços de torção e flexão;
- Às chumaceiras no que respeita aos esforços exercidos pela modificação do impulso hidráulico;

- Às ligações do veio com a roda polar;
- À eventual alteração da velocidade de embalamento.

#### Bobinas Polares

A substituição das bobinas por novas bobinas com espiras de refrigeração. A substituição do isolante entre espiras (normalmente asbesto) por material à base de Nomex com resina epoxi, permite obter:

- Uma melhor refrigeração;
- Um aumento da potência por polo;
- Um aumento da capacidade de sobrecarga.

#### Sistema de Ventilação

Os avanços tecnológicos conseguidos no domínio dos fluidos e na construção de ventiladores permite melhorar substancialmente os circuitos de ar de refrigeração, substituindo os ventiladores antigos por ventiladores com perfil optimizado, contribuindo assim para o aumento do rendimento e para a redução dos ruídos.

## 6. CONCLUSÕES

A **Planificação da Manutenção** passa da Planificação clássica em função dos tempos de funcionamento à Planificação em função do estado dos equipamentos. Os métodos de manutenção devem ser racionalizados. A execução do **Diagnóstico** do estado dos equipamentos permite optimizar o **Plano de Manutenção**.

A **Reabilitação e Modernização** dos equipamentos antigos permite prolongar o seu tempo de vida e melhorar o seu rendimento; esta melhoria permite uma melhor utilização da energia primária, aumenta a fiabilidade e rendibilidade da **Exploração**.

## BIBLIOGRAFIA

SEPSA, *Plano Geral de Manutenção de Máquinas Eléctricas Síncronas.*

SEPSA, *Plano de Diagnóstico de Máquinas Eléctricas Síncronas.*

ABB GENERATION, *Reabilitação de Geradores com Centrais Hidroeléctricas.*

CIGRÉ, *Systèmes de Diagnostic Modernes et Nouvelles Technologies pour Améliorer la Disponibilité et Augmenter la Durée de Vie des Generateurs.*

Agence Française pour la Maitrise de l'Energie, *Techniques Nouvelles /Mini-Centrales Hydroélectriques.*

Neyrpic, *Turbines / Réhabilitations et Modernisations.* ■

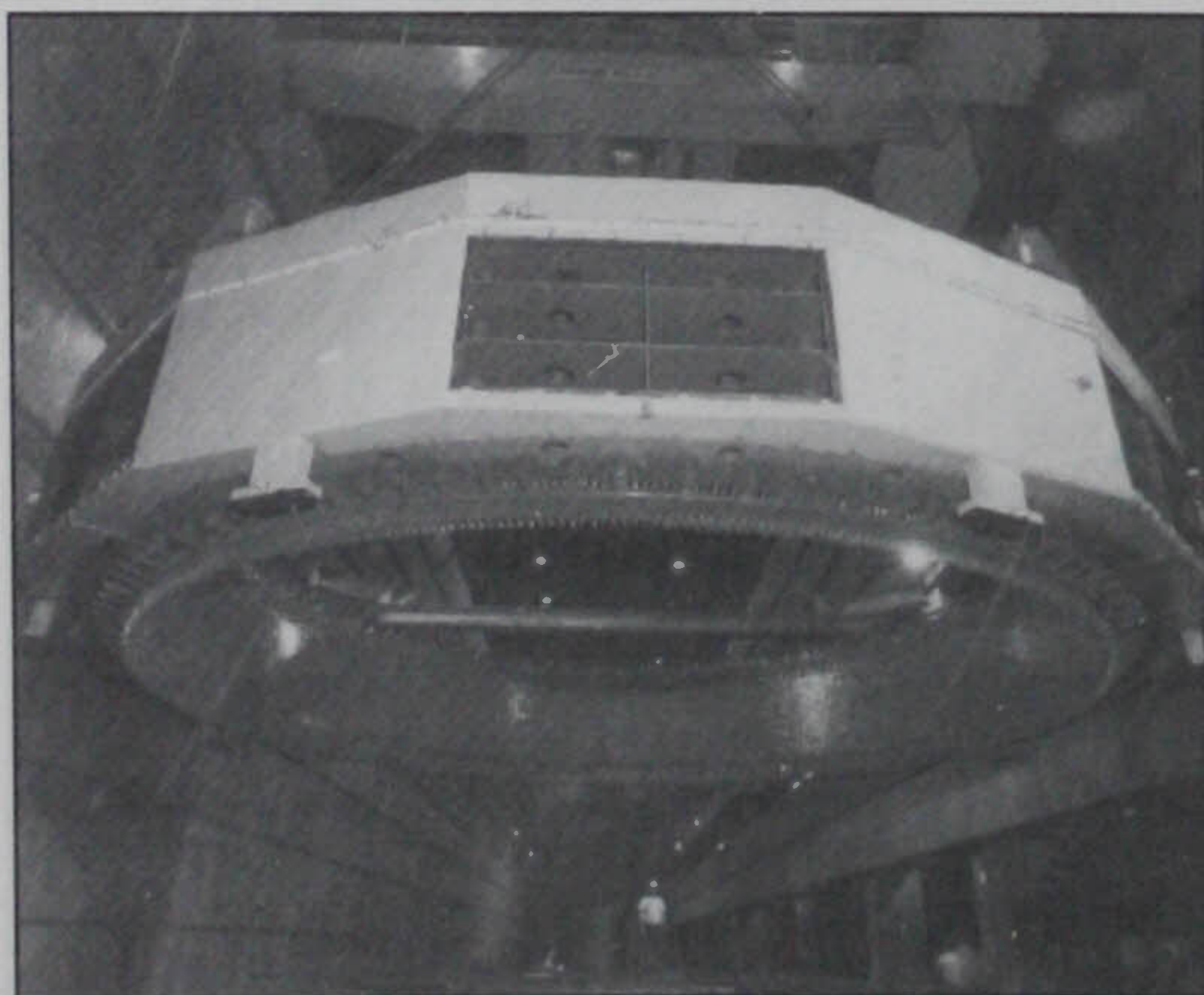


Fig. 5 - Estator de um alternador de 58 MVA/10kV após beneficiação na Central da Régua (EDP).