

# Sistemas Geradores de Energia Eléctrica

# 3

## Máquina Eléctrica Síncrona *Manutenção Preventiva*

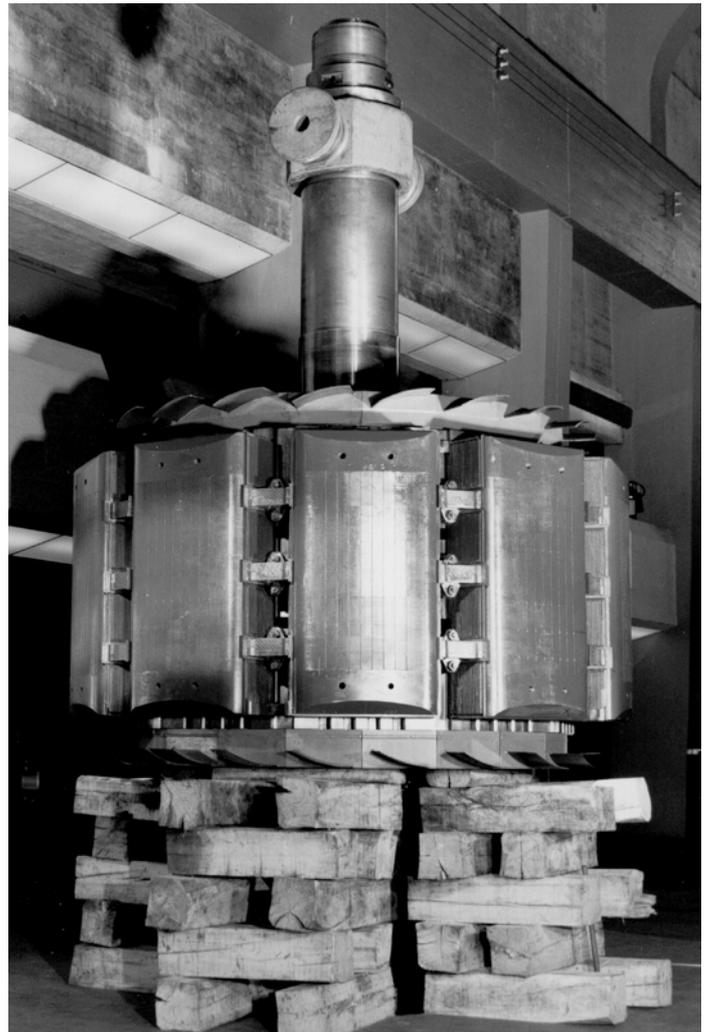
Manuel Vaz Guedes

**N**A utilização de uma máquina eléctrica síncrona são importantes as acções de manutenção, porque prevenindo as avarias, ou detectando-as numa fase inicial, permitem evitar o prejuízo causado pelas grandes avarias ou pela interrupção do funcionamento dos sistemas geradores de energia eléctrica.

Como actividade associada à exploração de uma máquina eléctrica a manutenção exige o conhecimento dos aspectos construtivos e de funcionamento da máquina eléctrica. No caso das máquinas eléctricas síncronas, utilizadas como alternadores, esse conhecimento compreende os materiais utilizados na construção da máquina e a sua evolução tecnológica, os aspectos construtivos e de fabrico, o funcionamento da máquina eléctrica e a sua condução e os aspectos de inspecção e de detecção das avarias.

Como actividade a ser exercida por um engenheiro electrotécnico a manutenção pode aparecer como especialização e como uma oportunidade de negócio.

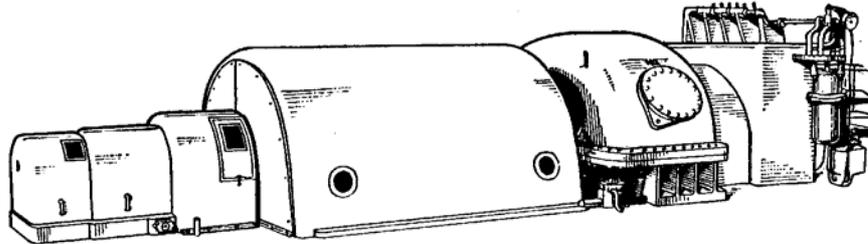
No caso das grandes máquinas eléctricas síncronas instaladas nos diversos aproveitamentos durante a fase de electrificação nacional, como essas máquinas foram construídas sobre licença de grandes empresas electromecânicas — Oerlikon, Sécheron, BBC Brown Boveri Cie, ASEA, Siemens, Metropolitan-Vickers, etc, actualmente reduzidas a grandes empresas globais, ou então desaparecidas durante as fusões e



aquisições que permitiram a formação dessas grandes empresas — esses grupos criaram a sua própria empresa de manutenção, capaz não só de dar apoio aos antigos equipamentos, mas também exercendo a actividade de manutenção relativamente aos equipamentos dos outros.

Mas também é possível a formação de pequenas empresas, integradas ou não num grande grupo económico, com o auxílio de técnicos que trabalharam previamente em empresas maiores.

Entre os diversos tipos de manutenção tem grande importância a *manutenção preventiva*. Para o estabelecimento e o cumprimento de um *programa de manutenção preventiva* é necessário o conhecimento do sistema, neste caso a máquina eléctrica síncrona funcionando como gerador de energia eléctrica. São partes integrantes deste programa uma *preparação*, uma acção de *inspecção* e de *diagnóstico*, mas essas acções complexas carecem de meios auxiliares de ensaio, que devem ser incluídos no estudo das máquinas eléctricas síncronas.



As máquinas eléctricas síncronas, com os seus diferentes aspectos construtivos globais e com as especificidade inerentes ao aproveitamento energéticos de que fazem parte, obrigam ao estudo particular de alguns momentos do programa de manutenção, [1].

## **Preparação**

Antes de se iniciarem as partes do programa de manutenção que envolvam a actuação sobre a máquina eléctrica, é necessário preparar o local onde se encontra a máquina para evitar que haja contaminação da máquina com qualquer tipo de material ou objecto. Apesar do ambiente da sala das máquinas de uma central se caracterizar pela extrema limpeza e boa iluminação, há que criar condições adicionais para que durante as operações inerentes a uma acção de manutenção, principalmente desde que a máquina é aberta e até que ela entra novamente em serviço, não haja perigos para a segurança da máquina ou do pessoal encarregado do serviço.

### **Exclusão do material estranho**

Na fase de preparação de uma acção de manutenção há que evitar a introdução na máquina de materiais ou objectos que normalmente não estão presentes durante o funcionamento da máquina eléctrica (MOE — *materiais e objectos estranhos*).

Note-se que há que exercer um rigoroso acto de previsão na fase de preparação de uma acção de manutenção para definir quais os materiais que são estranhos ao funcionamento da máquina eléctrica. Por exemplo: apesar de existir água sobre a forma de vapor na atmosfera de qualquer local é necessário evitar que durante a abertura da máquina, ela se condense sobre os materiais isolantes [2], porque pode provocar a sua deterioração logo no reinício do funcionamento normal da máquina.

Não será pois de estranhar que a abertura da máquina se dê debaixo de uma tenda, com ar aquecido e seco insuflado, e onde só se pode entrar depois de algumas operações de limpeza e fiscalização, destinadas a assegurar que não são transportados materiais ou objectos estranhos. É portanto necessário conhecer os objectos que entrarão nesta área de segurança em torno da máquina aberta. Também será necessário tapar todos os orifícios existentes nos órgãos da máquina

1 Isidor Kerszenbaum; “*Inspection of Large Synchronous Machines*”, IEEE Press 1996

2 Será interessante analisar o caso extremo de uma acção de manutenção de um alternador (9 MVA) de um dos aproveitamentos hidroeléctricos na Serra da Estrela, por exemplo Central do Desterro (Seia), durante um dia de inverno rigoroso!

para evitar a entrada ou a deposição de material ou objectos estranhos (MOE).



Uma preocupação que terá de existir logo na fase de preparação de uma acção de manutenção é do absoluto respeito pelas Normas de Segurança aplicáveis: eléctricas, mecânicas, de trabalho...



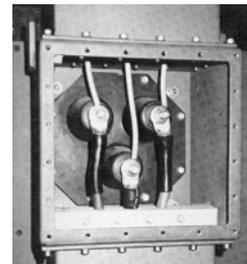
Decorrendo a acção de manutenção na central de um aproveitamento há, também, que conhecer as normas de segurança e de funcionamento específicas do local.

Como a acção de manutenção decorre sobre um equipamento eléctrico — máquina eléctrica síncrona — há que assegurar que todos os elementos não estão em tensão durante a acção de manutenção; por isso impõe-se uma fiscalização cuidada a todas as possíveis ligações do equipamento à rede eléctrica, garantindo-se que durante a acção nenhum equipamento será inesperadamente colocado em tensão.



Entre as soluções possíveis aconselha-se a ligação à terra, por cabo, dos terminais de cada fase do enrolamento, o que afastará a possibilidade de ocorrer um contacto com uma peça em tensão.

Todos os interruptores ou botoneiras que permitam a colocação em tensão de qualquer parte da rede devem ser marcados com um etiqueta, que só poderá ser retirada por quem a colocou.



Para além da criação de um situação propícia à realização da acção de manutenção, há necessidade de registar todas as observações e operações efectuadas. Por isso, muito importante como “ferramenta” são as folhas de papel e meios de escrita para registo; *que deve ser efectuado no local e imediatamente.*

Para além disso, há um conjunto de ferramenta específicas de cada operação a efectuar; mesmo a mera inspecção visual requer um conjunto de ferramentas que deve ser transportada facilmente num saco, num baú ou numa pasta.

**Saco de Ferramentas para inspecção visual**

- material de escrita: prancheta, papel, formulários e caneta não metálica
- botas de trabalho com sola de borracha; luvas de protecção; óculos de protecção
- sacos de plástico fecháveis, frascos com rolha para recolha de amostras — tudo com etiquetas em branco
- lanterna; lupa; boa máquina fotográfica — para não se perderem devem ter um fio para se ligarem ao pulso
- pequeno microscópio; boroscópio; equipamento de vídeo
- martelo (borracha e plástico); pequeno íman permanente

Uma forma prática de efectuar o registo de uma observação ou de um conjunto de observações efectuadas é utilizar um formulário. Será difícil estabelecer um formulários geral, mas para cada um dos aspectos mais comuns pode-se criar um formulário. Junto apresenta-se um formulário para inspecção os aspectos gerais de uma máquina síncrona.

Máquina Síncrona – Inspecção				
Informação Básica				
Central/Aproveitamento _____				
Unidade nº _____.				
Máq. Primária	Vapor _____	Gás _____	Hidro _____	Diesel _____.
Nº de série _____.				
Fabricante _____.			Carcaça _____.	
Data de fabrico _____.			Ano de instalação _____.	
Data da ultima bobinagem:	Estator _____.	Rotor _____.		

Data da última maior inspecção: _____.
Total de horas de funcionamento: _____. Horas de funcionamento desde a última inspecção: _____.
Total de paragens/arranque: _____. N° de horas em movimento: _____.
Esta inspecção é feita por: _____
Assistido por: _____
Data da inspecção: _____
Observações: _____

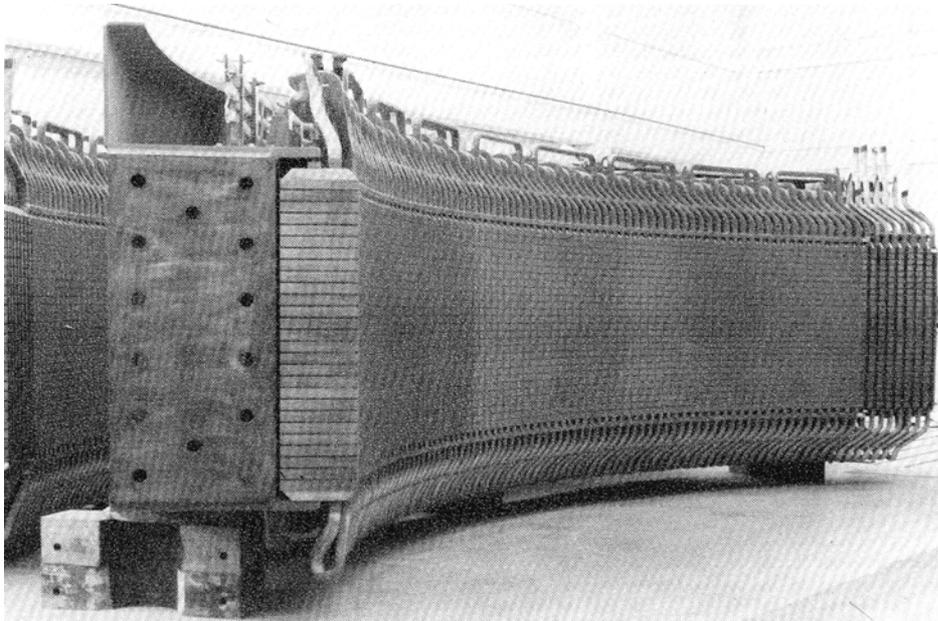
## ***Inspeção***

Uma máquina eléctrica síncrona é uma estrutura extremamente complexa; para que a inspecção seja profícua tem de ser metódica.

Qualquer método pode ser seguido desde que a inspecção seja completa. Apesar disso sugere-se que se efectue a inspecção percorrendo atentamente as seguintes partes da máquina eléctrica:

– *parte estática; parte rotórica; sistema de excitação; sistemas auxiliares*

A cada uma destas partes da máquina síncrona corresponde um conjunto vasto de operações de inspecção, mas é conveniente estabelecer um formulário para cada uma.



### ***Parte Estática***

Na inspecção da parte estática da máquina, que pode ter de ser realizada somente depois de extraído o rotor, há que fazer uma observação sobre o estado geral: limpeza (depósitos), canais de arrefecimento (entupidos/desentupidos), depósitos de ferrugem, estado geral das diferentes partes que acuse deterioração devido ao funcionamento da máquina.

Começando a inspecionar partes específicas do estator da máquina há que atender a todos os sistemas de isolamentos formados por peças individuais: isoladores de porcelana ou sintéticos.

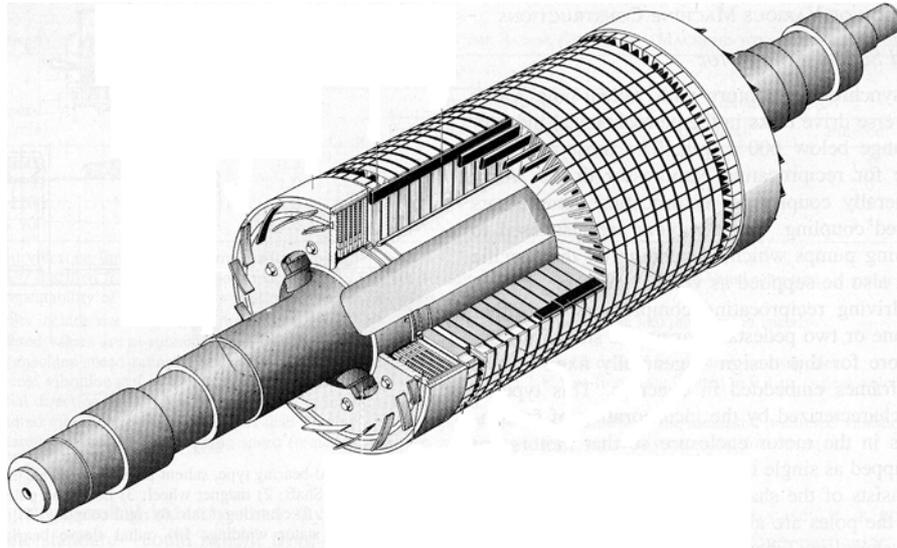
Quando existem sistemas especiais de arrefecimento (a ar, a água, a hidrogénio) torna-se necessário inspecionar todas as suas partes constituintes: permutadores de calor, secadores de hidrogénio.

No aspecto estrutural há que inspecionar todos os sistemas utilizados na máquina para manterem unido o empacotamento de chapa magnética, que forma o circuito magnético estático. É necessário inspecionar: os elementos de compressão do núcleo magnético, elementos de fixação das partes construtivas do estator, a integridade das chapas magnéticas.

Numa inspecção à parte do estator de uma máquina eléctrica síncrona é muito importante, mas também complexo, lidar com o isolamento do circuito eléctrico estatórico. Normalmente, para além, da inspecção visual (condição do isolamento) é necessário efectuar alguns ensaios que requerem a utilização de equipamento especial e grande experiência na interpretação dos resultados.

Ainda haverá que analisar todo o outro equipamento eléctrico colocado no estator e que contribui para o funcionamento da máquina: transformadores de medida.

Todos pontos de observação, que podem ser completamente definidos com o recurso a Normas internacionais (CEI, IEEE; ISO), terão de ser previamente definidos e devem estar de acordo com as imposições da entidade que provoca a realização da inspecção (dono da obra; seguradora).

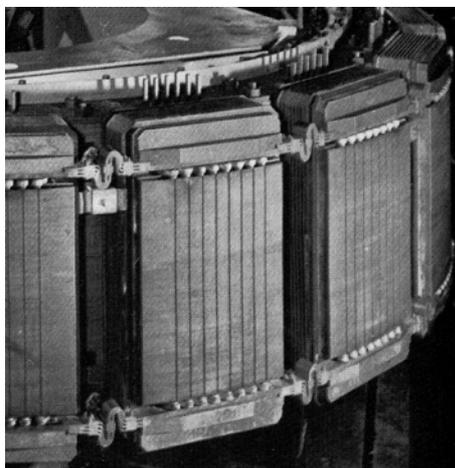


### **Parte Rotórica**

Na inspecção da parte rotórica também se atende ao estado de limpeza, atendendo a que qualquer depósito de resíduos ou qualquer alteração da cor pode ser sintomático, e deve ser notado.

No aspecto estrutural há que inspecionar o estado de todo o tipo de anéis que servem para sustentar as restantes peças em movimento: anéis de retenção, anéis de suporte do ventilador, etc. E também o estado das pás do ventilador. Existem ainda peças suplementares, como os contrapesos de equilíbrio dinâmico do rotor, cuja fixação deve ser a observada.

Importante é a análise da parte rotórica dos mancais que deve ser observada, não esquecendo que a análise do estado do óleo de lubrificação pode ser significativa do estado das partes metálicas do mancal.

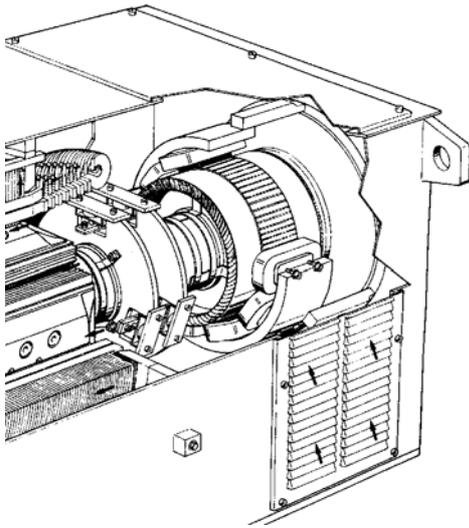


O circuito eléctrico rotórico terá de ser inspecionado com o auxílio de ensaios especiais. Mas é possível observar o estado do material isolante das bobinas ou entre bobinas. Também faz parte do circuito rotórico as barras da gaiola do enrolamento amortecedor (ou enrolamento de arranque assíncrono).

No caso de uma máquina síncrona de pólos salientes há que atender aos problemas estruturais ligados à fixação dos pólos (fixadores interpolares) procurando partes rachadas ou buracos (por perda do metal).

No caso das máquinas síncronas de rotor liso (turboalternadores) dá-se grande importância ao estado dos anéis (capot) de fixação na extremidade do rotor do alternador, assim como às técnicas de manuseio destas peças.

## Sistema de Excitação



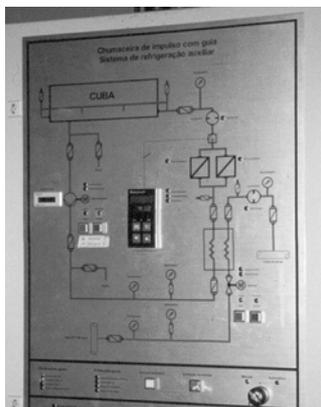
A inspecção do sistema de excitação da máquina síncrona pode ser feita seguindo um formulário análogo ao apresentado.

Apesar do crescente aumento da utilização de sistemas de excitação sem escovas, montados no veio da própria máquina síncrona, ainda é possível encontrar aplicados outros métodos de excitação (excitação com rectificadores de vapor de mercúrio) pelo que o formulário apresentado pode servir apenas de indicação.

Quando o sistema de excitação é formado por uma outra máquina eléctrica, alguns dos pontos de observação utilizados na parte do estator e na parte do rotor, depois de devidamente aplicados, podem servir de orientação na inspecção desse tipo de sistema de excitação.

Inspeção do Sistema de Excitação				
Tipo de excitação: auto-excitação ____ sem escovas ____ excitatriz ____ externa: ____ outra: ____				
Insp.	Descrição	Sim/Não	B/M	Acção
E01	Ausência de depósitos ou marcas			
E02	Díodos			
E03	Suporte dos díodos			
E04	Comutador			
E05	Escovas			
E06	Porta-escovas			
E07	Pressão da mola do porta-escovas			
E08	Estator da Excitatriz			
E09	Rotor da Excitatriz			
E10	Motor da Excitatriz			
E11	Reóstato de excitação			
E12	Comando e Controlo da Excitação			

## Sistemas Auxiliares



A inspecção de uma máquina síncrona, utilizada como gerador num aproveitamento, tem de se estender aos sistemas cujo falha pode colocar fora de serviço o alternador: os sistemas auxiliares. Os sistemas auxiliares a considerar são o sistema de arrefecimento e o sistema de lubrificação.

O sistema de arrefecimento, que pode ser a ar, a água ou a hidrogénio, tem um percurso do fluido refrigerante que tem de permanecer desobstruído. Mas esse percurso envolve diferentes regiões, sendo necessário manter o estancamento entre zonas diferentes vizinhas. O fluido refrigerante pode ser agressivo para a canalização (o que requer especiais cuidados com a água utilizada), pelo que há que inspecionar o estado de filtros ou a qualidade do fluido.

O sistema de lubrificação, como o utilizado nos alternadores das centrais hidroeléctricas, é complexo, necessitando de trabalhar a determinada pressão, o que obriga à inspecção de um sistema formado por bombas, depósitos, canalização, aparelhos de medida, para além da verificação da qualidade do óleo de lubrificação.

## **Ensaio**

É muito vasto o conjunto de ensaios que podem ser efectuados numa acção de manutenção de uma máquina síncrona. Mas uma regra importante a ter em consideração é:

*Os ensaios, especialmente os ensaios envolvendo uma alta tensão, devem ser efectuados por pessoal com experiência, com formação específica e respeitador das regras de segurança.*

Para realização dos diversos ensaios, há que definir o momento em que se pode realizar o ensaio, devido a alguns ensaios terem de se realizar antes de abrir a máquina, enquanto que outros se podem realizar depois de abrir a máquina e outros devem realizar-se antes de voltar a por a máquina em funcionamento.

Os principais ensaios eléctricos a realizar incidem sobre o circuito eléctrico: resistência eléctrica, isolamento. Estes ensaios podem ser caracterizados com ensaios em corrente contínua, e ensaios em corrente alternada.

### **Corrente Contínua**

Os ensaios em corrente contínua permitem retirar informação com a utilização de um equipamento de medida que, normalmente, é menos volumoso e complexo do que outro tipo de ensaios. Também a aplicação de uma tensão contínua a um isolamento representa um menor esforço e uma menor agressão; por isso é preferível. No entanto, na aplicação a uma máquina eléctrica de corrente alternada, como a máquina síncrona, a distribuição da tensão contínua ao longo do enrolamento é diferente da distribuição em funcionamento normal; por isso o ensaio pode não detectar avarias que depois se irão manifestar quando a máquina funcionar em corrente alternada.

Essencialmente são dois os ensaios em corrente contínua: *medida da resistência de isolamento e ensaio em alta tensão.*

A medida da resistência de isolamento — um ensaio com grande importância na aplicação das máquinas eléctricas — realiza-se com utilização de um *megohmímetro*. Nas duas páginas seguintes está descrito este aparelho de medida (ver pp 8 e 9).

Note-se que os ensaios de medida da resistência de isolamento não dão indicações sobre a fraqueza do isolamento, mas podem dar indicação sobre a contaminação do isolamento e a tendência para a avaria se ocorrer uma diminuição da resistência de isolamento.

Com um megohmímetro pode realizar-se, numa máquina síncrona, o conjunto de ensaios:

- medida da resistência de isolamento
- ensaio do enrolamento indutores
- ensaio das bobinas estatórica.

O ensaio em corrente contínua, mas com tensão elevada necessita de uma fonte de alta tensão contínua, que é um aparelho eléctrico caro [3]. Entre os ensaios em alta tensão contínua a aplicar na inspecção do isolamento de uma máquina síncrona conta-se *o ensaio de tensão em função da corrente de fuga e evolução da corrente de fuga.*

---

3 Na actualidade apenas alguns fabricantes internacionais são capazes de fornecer este tipo de material eléctrico: material de ensaio em alta tensão. Entre esses fabricantes conta-se a empresa suíça HAEFELY

## Megohmímetro — medida de resistência de isolamento

Manuel Vaz Guedes

Na montagem e manutenção de máquinas eléctricas ou de instalações torna-se necessário conhecer o estado do isolamento eléctrico antes da sua entrada em serviço. Pretende-se conhecer a qualidade do isolamento, que varia com a temperatura a humidade e outros factores ambientais. Para isso utiliza-se um aparelho de medida — ohmímetro de leitura directa e para elevados valores de escala — a que se dá o nome de *megohmímetro*.

Este aparelho de medida indica o valor da resistência de isolamento em megohms ( $\times 10^6 \Omega$ ).

No passado estes aparelhos receberam, internacionalmente, o nome de “Megger”, palavra que acabou por ser empregue também na qualificação dos ensaios em que se utiliza aquele aparelho.

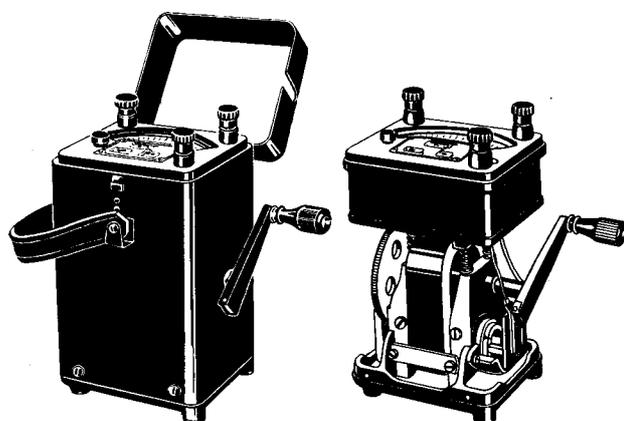


Fig. 1 — megohmímetro SIEMENS

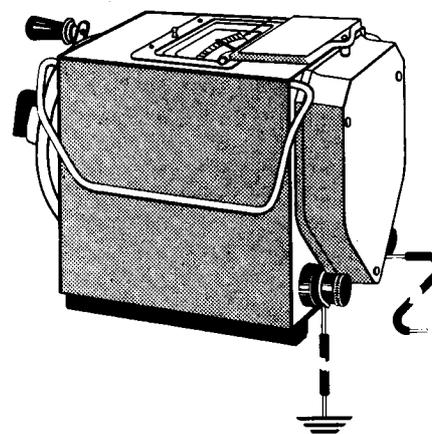
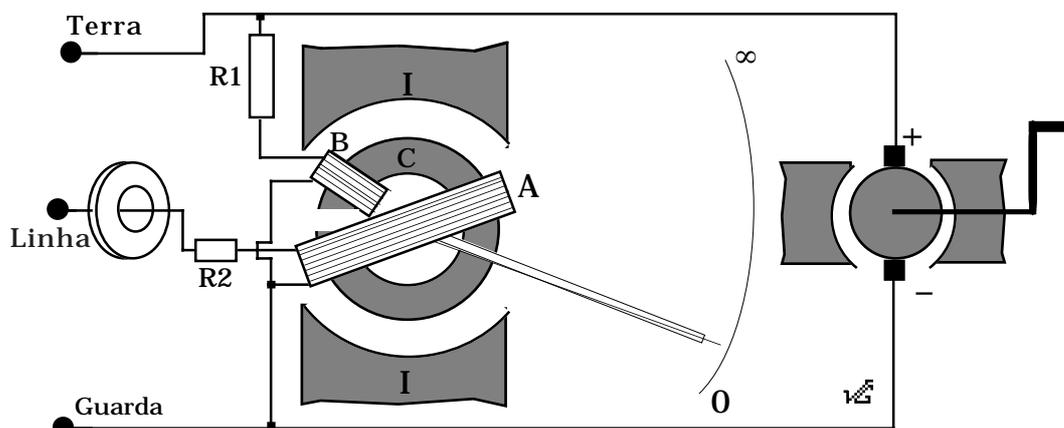


Fig. 2 — megohmímetro GENERAL ELECTRIC

Os ensaios de resistência de isolamento são feitos com a máquina ou a instalação eléctrica desligada da alimentação — sem tensão.

### O megohmímetro

Os aspectos construtivos do megohmímetro têm evoluído. Por isso, hoje existem megohmímetros manuais, ou accionados por motor ou electrónicos.



O princípio de funcionamento de um megohmímetro pode compreender-se pela análise de um

aparelho com dois quadrantes.

Um megohmímetro consiste num aparelho com duas bobinas A e B montados rigidamente num mesmo sistema móvel, que compreende o ponteiro e que se desloca no seio de uma campo magnético criado por um íman permanente. O sistema móvel roda livremente em torno de um veio que se apoia em mancais de rubi. A corrente eléctrica chega às bobinas através de condutores flexíveis.

A bobina A está ligada em série com uma resistência R2 entre o gerador eléctrico (manual) e o terminal de *linha* (line), é a bobina de corrente. A bobina B, em série com uma resistência R1, está ligada entre os terminais do gerador, é a bobina de tensão.

Quando a corrente eléctrica circula nas duas bobinas, a acção electromagnética criada tem sentidos opostos para cada uma das bobinas — o que causa a paragem do ponteiro na escala no ponto em que as duas acções são iguais.

### Operação

Quando o gerador é accionado mas os terminais do aparelho (*linha - terra*) está em circuito aberto não circulará corrente na bobina de corrente e a bobina de tensão controlará o movimento e tomará uma posição que levará o ponteiro a indicar  $\infty$ . Quando existe uma resistência elevada entre os terminais, circulará uma corrente na bobina de corrente e o binário criado deslocará a bobina de tensão do ponto corresponde a  $\infty$  na escala no interior de uma campo magnético de intensidade crescente até que é obtido um equilíbrio entre as duas forças actuando nas duas bobinas do sistema móvel. A bobina de tensão actua como uma mola restritiva do movimento.

Como as duas bobinas recebem a corrente eléctrica do mesmo gerador qualquer alteração na tensão do gerador afectará os dois sistemas na mesma proporção — o ponteiro deslocar-se-á para a mesma posição para um mesmo valor da resistência a medir. A calibração do aparelho não é afectada pela velocidade de accionamento do gerador.

### Medida da Resistência de Isolamento

A medida da resistência de isolamento deve ser executada com uma tensão elevada, por isso o gerador do megohmímetro pode apresentar nos seus terminais uma tensão de 100 a 15000 V, conforme o gerador utilizado.

Para efectuar a medida da resistência de isolamento em corrente contínua deve ligar-se o pólo negativo do gerador ao condutor a ensaiar. Na medida da resistência de isolamento em corrente alternada é necessário considerar a capacidade.



*A medida da resistência de isolamento faz-se com o circuito fora de tensão*

As normas respectivas definem o valor da resistência de isolamento a considerar para uma determinada máquina ou para uma instalação eléctrica.

- MVG.98 -

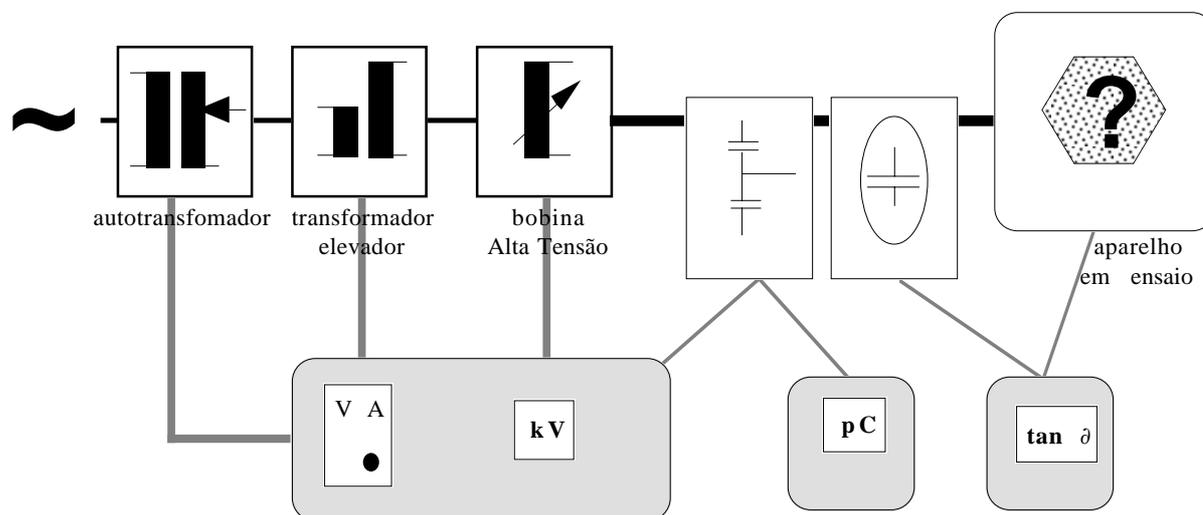
### Bibliografia

- W. Skirl; “*Mesures Électriques*”, Berlim 1931;  
General Electric; “*Electric Instruments — manual*”, 1948

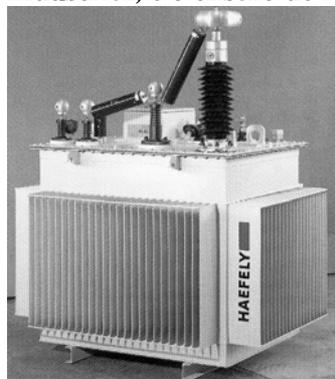
▪ Texto de apoio aos trabalhos de Laboratório de Máquinas Eléctricas ▪

Os ensaios em corrente alternada criam condições semelhantes, ou mais ríspidas, que as que ocorrem durante o funcionamento da máquina eléctrica. Numa fase de inspecção de uma acção de manutenção convém que os ensaios em corrente alternada não sejam destrutivos, embora em especiais situações se possa utilizar um ensaio destrutivo como forma de detectar componentes prestes a avariar.

Nos ensaios em corrente alternada, que terão de ocorrer em recinto próprio, normalmente um laboratório de alta tensão, necessitam de uma montagem do tipo da esquematizada na figura.



Entre os ensaios em corrente alternada contam-se: o ensaio de factor de potência e factor de dissipação do isolamento, o ensaio de tensão induzida, o ensaio em alta tensão com frequência industrial, e o ensaio de ressonância série.



Alguns dos ensaios referidos só podem ser aplicados a máquinas eléctricas cuja tensão nominal é superior a 2,4 kV. Entre esse ensaios encontra-se o ensaio de determinação do factor de potência do isolamento, que é feito nas máquinas eléctricas para detectar a contaminação (humidade, poeiras) dos materiais isolantes submetidos a uma tensão nominal ou superior. Assume valores entre 0,5 e 1 %.

Todos os ensaios referidos estão normalizados, pelo que têm de ser conduzidos e os seus valores interpretados de acordo com as normas.

Para além dos ensaios mecânicos referidos também pode ser necessário efectuar um conjunto de ensaios mecânicos.

Entre os ensaios mecânicos possíveis citam-se: ensaios sobre os anéis de retenção, ensaio dos rolamentos, ensaios de pressão, e ensaios de integridade mecânica, essencialmente nas peças com movimento rotativo.

## Diagnóstico

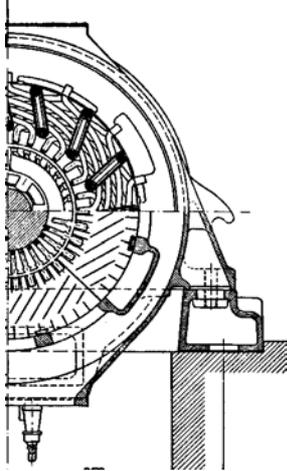
Com o auxílio dos meios ensaio já referidos, e dentro de um programa de manutenção bem definido, é possível efectuar o diagnóstico de possíveis avarias das máquinas eléctricas síncronas.

### Parte Estatórica

Inspeccionando na parte estatórica o circuito eléctrico há que detectar se as bobinas do enrolamento estatórico se encontram devidamente fixas; senão podem surgir vibrações ou o pode-se dar o seu deslocamento por acções electromecânicas. Há que ver com especial cuidado os elementos de fixação das cabeças das bobinas, começando por detectar fissuras no verniz isolante. Convém efectuar um ensaio de medida da resistência de isolamento (tensão de  $1,2 \cdot U_N$  a  $1,5 \cdot U_N$ ).

Nas máquinas de potência elevada a circulação da corrente eléctrica dá origem ao aquecimento do enrolamento e a dilatações (solicitações térmicas) que se podem traduzir por avarias no isolamento.

Já o circuito magnético estático, formado pelo empacotamento de chapa magnética, terá de estar comprimido a uma pressão mecânica certa, para que os conjuntos elementares de chapas não se desloquem e os dentes da superfície ranhurada não se partam devido às vibrações. É necessário verificar que não existem pequenos fragmentos de chapa prontos a soltarem-se e a provocar avarias nos enrolamentos.



#### Um órgão mecânico

onde está inserido o estator é a carcaça. É importante verificar que a carcaça está solidamente fixa ao maciço (principalmente depois de um curto-circuito em que ocorrem fortes acções electrodinâmicas).

Quando o alternador é refrigerado por intermédio de um fluido refrigerante (água, hidrogénio) há que verificar se existem fugas no circuito do refrigerante. Quando o fluido refrigerante é a água, há que verificar se esta não provocou a corrosão das condutas (tubos ou placas tubulares). Uma análise da água permitirá verificar o estado do sistema de desmineralização.

#### Parte Rotórica

No caso dos alternadores de rotor cilíndrico (turboalternadores) existe um grave problema na desmontagem dos elementos do rotor. Normalmente a parte das cabeças das bobinas do enrolamento encontram-se sobre chapas metálicas. Nestes casos as inspecções que envolvam a desmontagem do rotor só poderão ser feitas pelo fabricante.

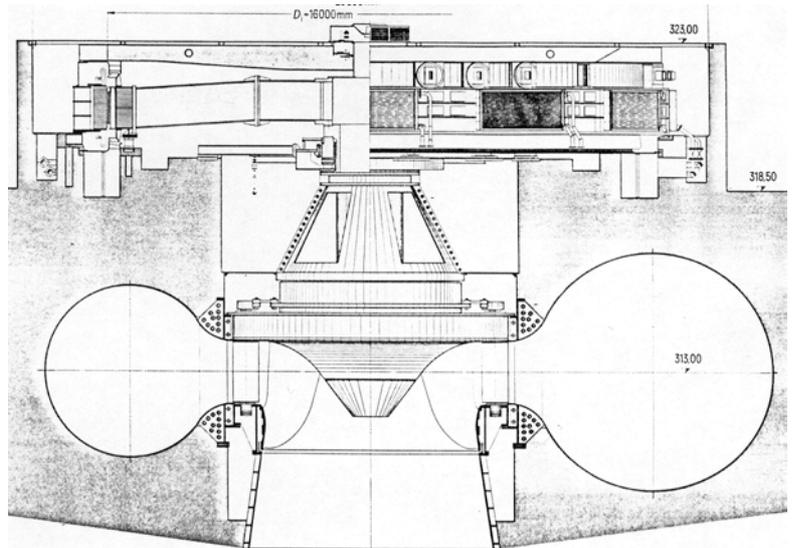
No caso dos alternadores de pólos salientes e durante grandes revisões retira-se o rotor do estator. Nessas revisões há que verificar a presença de fissuras nas calhas de fixação dos pólos e nas soldaduras que indiciam futura ruptura. Há que verificar a cor dos enrolamentos para detectar zonas de sobreaquecimento e identificar a respectiva causa. Há que rever o circuito amortecedor: fixação, estado das barras, sobreaquecimentos, fissuras, ...

No aspecto de fixação mecânica dos pólos há que analisar o estado das peças interpolares, que retêm tangencialmente as bobinas. As ligações entre pólos vizinhos e as ligações aos anéis colectores devem ser inspeccionadas quanto à presença de fissuras.

Na parte do enrolamento indutor, para além da verificação do estado do isolamento, há que assegurar que a ligação através do colector de anéis se dá em boas condições.

#### Sistema de Excitação

Quando o sistema de excitação tem como fonte de energia eléctrica uma máquina eléctrica de corrente contínua pode-se aplicar os conhecimentos sobre manutenção dessas máquinas eléctricas, [4]. O problema da manutenção do colector de lâminas exige a posse de desenhos (fotografias



4 Manuel Vaz Guedes; "Sistemas Geradores de Energia Eléctrica – 2 – Geradores de Corrente Contínua – aspectos construtivos e de manutenção", Porto 2001

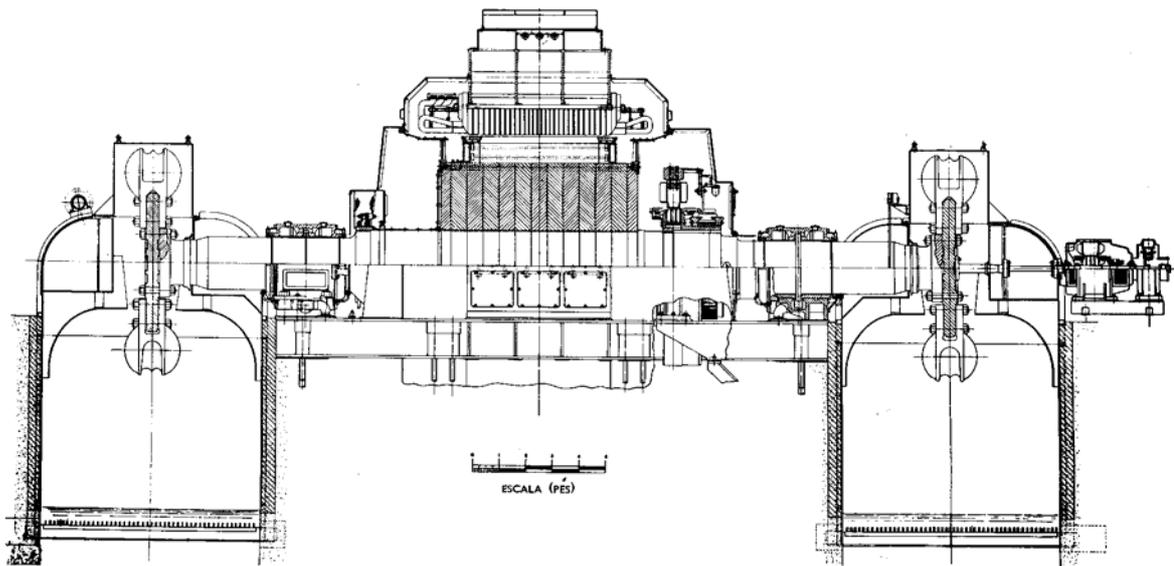
coloridas) que permitam fazer um diagnóstico preciso do aspecto da pista no colector de lâminas.

## Estudo Breve de um Caso

Para uma máquina síncrona funcionando como gerador num aproveitamento hidroeléctrico vão-se fazer um conjunto de considerações [e de interrogações] sobre uma acção de manutenção visando uma prevenção de futuras avarias.

Neste pequeno trabalho académico começa por se estabelecer o método a seguir na realização do trabalho: primeiro analisar-se-ão os diferentes aspectos construtivos importantes; segundo definir-se-ão, justificando, os actos de inspecção a realizar; terceiro para cada parte considerada relevante da máquina far-se-ão considerações sobre os respectivos problemas de manutenção.

Atendendo pormenorizadamente à figura representativa do único sistema electromecânico e hidromecânico do aproveitamento, inicia-se o trabalho.



### A) – Análise dos aspectos construtivos

Trata-se de um alternador de pólos salientes, mas que apresenta a particularidade de ter a excitatriz principal dentro da carcaça [localizar], o que reduz o comprimento do conjunto[...!]. O alternador é accionado por duas turbinas Pelton gémeas, com pás de aço inoxidável, nos dois lados do veio [que acções de manutenção exigirão ?]. O rotor do alternador apoia-se sobre dois mancais [localizar; de que tipo serão ?]. Na extremidade direita da figura e no prolongamento do veio estão duas máquinas eléctricas [localizar]: uma excitatriz auxiliar [para que serve ?, que tipo de máquina eléctrica é ?] e um alternador de indutor com ímanes permanentes pertencente ao sistema de regulação da tensão [quais os cuidados específicos motivados pelos ímanes permanentes ?].

A velocidade deste grupo é de 375 rot/min, e o alternador de 30 MW, é refrigerado pelo ar ambiente [qual a influência no acto de inspecção ?].

### B) – Actos de inspecção

Medida da resistência de todos os enrolamentos das diferentes máquinas eléctricas (4). Medida da temperatura dos mancais em funcionamento [para quê ?].

Inspeção da parte estatórica do alternador principal; circuito eléctrico, circuito magnético, parte mecânica. Inspeção da parte rotórica do alternador principal; circuito eléctrico, circuito magnético, parte mecânica [←-- detalhar].

Inspeção das máquinas eléctricas de corrente contínua do sistema de excitação [como ?]. Inspeção do alternador auxiliar.

Inspeção do sistema auxiliar de arrefecimento [traçar o circuito de arrefecimento no desenho] e de

lubrificação (das chumaceiras).

### C) – Problemas de Manutenção

Atendendo a que o aproveitamento foi construído em 1958, e nunca reabilitado, que considerações haveria a fazer sobre os materiais utilizados na construção das máquinas eléctricas?

Um dos aspectos a considerar é que sendo uma máquina eléctrica aplicada num aproveitamento hidroeléctrico é necessário um especial cuidado na verificação de que a humidade não se depositou sobre os materiais isolantes [*porquê ?; e se tivesse depositado humidade o que fazer ?*].

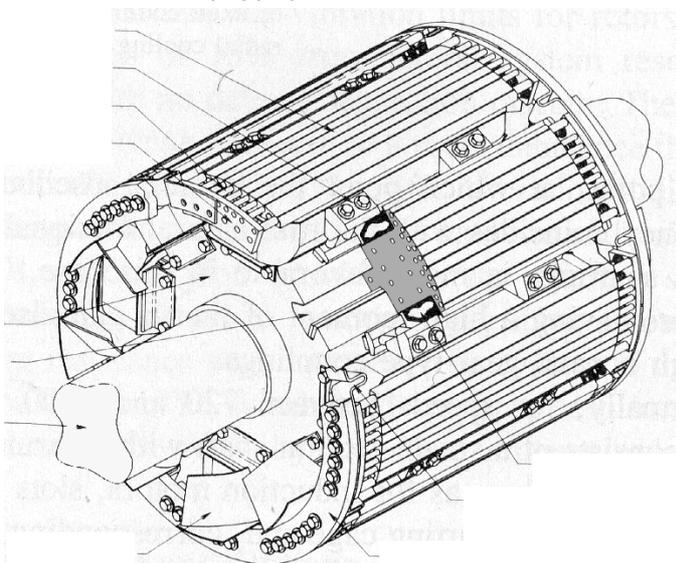
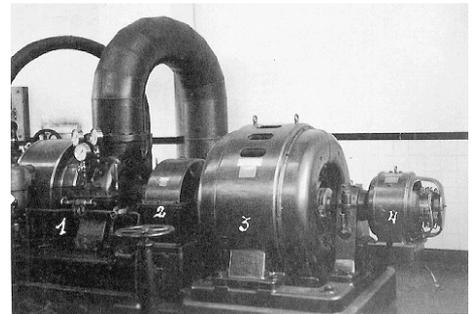
Quanto ao circuito eléctrico há que verificar os seus aspectos construtivos e há que fazer a verificação do estado do isolamento [*como ?*]. No caso do enrolamento rotórico há que seguir o circuito incluindo o estado da ligação ao enrolamento do induzido da excitatriz [*que problemas poderiam surgir nessa ligação ?*].

O circuito magnético só poderia ser verificado extraíndo-se o rotor [*comentar!; será que valia a pena ?*]. Ao verificar o circuito magnético como detectar as causas de futuros problemas de vibrações ?!

Depois de todas as considerações feitas sobre este problema de manutenção, e sabendo-se mais que o sistema eléctrico deste aproveitamento hidroeléctrico foi fabricado pela empresa "The British Thomson-Houston Company", e atendendo a que deverá ser contratada uma empresa especializada com que considerações se poderia justificar essa contratação ?

## Auto-teste

- 3.A Caracterizar as diferentes partes de uma máquina síncrona trifásica de pólos salientes (10 MVA).
- 3.B Estabelecer uma lista do conjunto de factos a que previamente atenderia se tivesse de preparar uma inspecção de manutenção a um antigo alternador (256 kVA) situado num decrépito aproveitamento térmico particular (turbina a vapor).
- 3.C Como estabeleceria um formulário para acompanhar a inspecção da excitatriz do alternador da figura.
- 3.D Apresentar um esquema de medida para realizar um ensaio de medida da resistência de isolamento do circuito indutor de um alternador. Salientar todos os cuidados a ter na realização do ensaio.

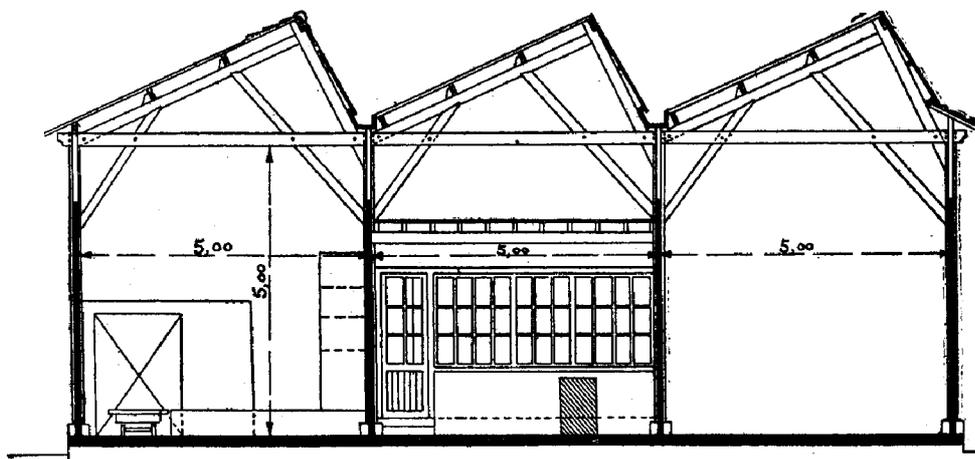


3.E Identificar os problemas de manutenção associados às diferentes peças assinaladas no rotor de pólos salientes figurado.

3.F Estabelecer uma lista do conjunto de factos a que atenderia para posterior diagnóstico na inspecção da *roda de díodos* de uma máquina síncrona com excitação sem escovas.

– MVG –

## Oficina dos Serviços Eléctricos



*Edifício para os Serviços Eléctricos (1920)*

Na época em que se começavam a generalizar as instalações eléctricas industriais considerava-se que uma instalação industrial de razoável importância deveria dispor de um serviço individualizado capaz de lhe assegurar um bom e permanente funcionamento — um *serviço eléctrico*.

Para que o serviço pudesse corresponder a todo o tipo de solicitações possíveis era necessário que dispusesse de uma oficina, um local de trabalho individualizado da oficina do serviço mecânico, onde fosse possível realizar as operações de reparação e de manutenção do material eléctrico.

Entre o material eléctrico a reparar nessa oficina estavam as máquinas eléctricas que, devido à sua variedade, aos seus aspectos construtivos e aos materiais isolantes então utilizados, necessitavam de muitas e diversificadas manipulações.

Justifica-se, dessa forma, que a oficina dos serviços eléctricos tivesse um desenho fortemente influenciado pela reparação de máquinas eléctricas.

No caso da figura apresentada os serviços eléctricos estão instalados em edifício próprio, que compreende três áreas separadas.

Na área que constitui a oficina estariam a uma plataforma de ensaios, a bobinagem e a afinação. Essencialmente, a plataforma de ensaios era

constituída por um maciço no qual estavam encaixados perfilados de ferro em U de forma a poderem fixar parafusos de cabeça quadrada que permitam prender as patas das máquinas eléctricas rotativas. No caso de ensaio dos motores a carga mecânica era um gerador de corrente contínua alimentando um reóstato (líquido) e no caso de ensaio dos geradores a carga eléctrica era esse reóstato, sendo a máquina primária um motor eléctrico de potência adequada e disponível no momento.

A bobinagem seria feita na zona central dessa parte do edifício e a afinação na restante parte onde existiriam algumas máquinas-ferramenta.

Na parte central do edifício estaria um escritório (em zona fechada, mas vidrada) e o armazém de consumíveis com um balcão de distribuição.

Na terceira parte do edifício, que serviria à recepção do material, estariam várias plataformas, os armários do material auxiliar e uma estufa para secar as máquinas eléctricas.

A deslocação do material pesado entre as diversas partes do edifício, e entre o serviço eléctrico e a empresa industrial, seria feita por pequenos carros, com rodas de pequeno diâmetro deslocando-se sobre carris.