

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA NAS INSTALAÇÕES DA «SIDERURGIA NACIONAL»

1 — Introdução

Ocupando a indústria siderúrgica posição importante entre os grandes consumidores de energia eléctrica, pareceu-nos de interesse apresentar alguns aspectos que condicionaram o arranjo da distribuição eléctrica, na fábrica que a Siderurgia Nacional está, presentemente, a montar no Seixal. As instalações eléctricas foram concebidas de acordo com uma capacidade fabril inicial de 250 000 toneladas de aço por ano, podendo, sem interrupções de serviço na distribuição, aumentar-se essa capacidade para 500 000 toneladas.

O projecto da distribuição eléctrica, tal como foi estudado, é susceptível de ser ampliado para a capacidade limite de 1 000 000 de toneladas.

2 — Considerações gerais

O sistema de distribuição de energia à Fábrica é constituído por:

- Subestação de 150/30/6 kV
- Postos de transformação
- Subestação da Central Térmica
- Rede de cabos eléctricos
- Instalações anexas

2.1 — FONTES DE ENERGIA ELÉCTRICA

Como fontes de energia eléctrica, dispomos de uma interligação a 150 kV à Subestação de Porto Alto (CNE), uma interligação à Subestação de Coima (UEP), e ainda de produção própria, por intermédio duma Central Termoeléctrica (figs. 1 e 2).

A potência instalada no primeiro grupo turbo-gerador é de 20 000 kVA.

Prevê-se que a Central Térmica seja ampliável, no futuro, de molde a permitir a instalação de um segundo, terceiro e quarto grupos, perfazendo um total de cerca de 100 000 kVA.

2.2 — TENSÕES

As tensões utilizadas são 150 kV e 30 kV para a recepção. Para a distribuição aos grandes consumidores, como sejam a aciaria eléctrica, a instalação de amoníaco, e, eventualmente, o trem de blocos, a instalar numa segunda fase, optou-se pelos 30 000 V. Tensões inferiores mostraram-se insuficientes para o transporte das potências em jogo; tensões superiores, por se tratar de instalações do tipo interior, eram de manuseamento bastante difícil.

Para a grande distribuição em alta tensão, escolheram-se os 6000 V. É esta a tensão nominal do turbo-alternador, bem como dos motores eléctricos de potência superior a 150 kW e dos grupos transformador-rectificador de vapor de mercúrio.

A escolha de uma tensão mais elevada, embora vantajosa sob o aspecto de distribuição, obrigaria, no entanto, à adopção de uma tensão mais baixa para a alimentação dos motores eléctricos. Para estes, no caso de optarmos por uma tensão de distribuição superior a 6 kV e atendendo a que se encontram dispersos nos vários sectores fabris, ver-nos-íamos obrigados à transformação individual da tensão, o que diminuiria sensivelmente a segurança da exploração.

A tensão escolhida para as redes de baixa tensão foi de 380/220 V.

A regulação automática da tensão será efectuada nos transformadores de 150 000 \pm 12,5 %/33 000 V.

A escolha das tensões secundárias em vazio, de todos os transformadores de potência, bem como da gama do regulador em carga dos transformadores de 150 000/33 000 V, foi feita de forma que, no barramento de 6 kV da Subestação e ainda no de 30 kV, os limites de variação sejam aceitáveis.

O seu estudo foi condicionado pela interligação a 30 kV com a rede da UEP, pela interligação a 150 kV com a rede da CNE, e ainda pelas quedas de tensão internas nos transformadores de potência.

O transformador de 20 000 kVA, 30 000 \pm 10 %/6000 V, de interligação da Subestação com a Central Térmica, encontra-se equipado com um regulador em carga.

Esta solução foi escolhida para atender a que, no caso de disparo do turbo-alternador, a inversão do sentido de escoamento de energia no transformador, não provoque no barramento da Central Térmica um abaixamento de tensão inadmissível para os consumidores derivados desse barramento.

2.3 — AMPLIAÇÕES

Exposta em linhas gerais a questão da escolha das tensões de distribuição, achamos útil chamar a atenção para o problema das ampliações.

Tendo em conta que a ampliação das instalações eléctricas se deverá efectuar sem interrupção de serviço, ou, pelo menos, com interrupções reduzidas ao mínimo, houve a preocupação de projectar as mesmas, atendendo a este condicionamento.

A escolha de celas blindadas e compartimentadas nas distribuições de alta e baixa tensão permite satisfazer esta condição.

Por idêntica razão, no parque exterior de 150 kV, iremos construir inicialmente todos os maciços de suporte da aparelhagem, assim como instalaremos os condutores que constituem o segundo jogo de barras.

2.4 — REDES

Como dissemos anteriormente e pela análise das figs. 1 e 2, * verifica-se que os diversos sectores fabris são alimentados em alta tensão, a 30 kV e a 6 kV.

Nesta primeira fase correspondente à produção de 250 000 t de aço por ano, não existe rede de distribuição de 30 kV. Considerou-se, no entanto, que essa rede surgirá, logo que se amplie a fábrica.

Nestas circunstâncias foi dada preponderância às ampliações das instalações de 30 kV da Subestação, relativamente às de 6 kV.

Quanto à rede 6000 V, podemos considerar que a mesma se encontra dividida em duas redes distintas, a rede normal e a rede de emergência, atendendo a que a interligação a 6000 V entre a Central e a Subestação se encontra normalmente aberta.

Da rede normal derivaram-se os postos de transformação Laminagem 1, Laminagem 2, Aciaria e Oxigénio, Alto-Forno e Oficinas, Coquefacção, Sinterização e Telas Transportadoras.

A rede de emergência distribui a energia aos postos de transformação da Estação Central de Bombagem, Estação de Bombagem Tejo e Cais, e ainda, aos postos de transformação das captações de água doce e aos postos de socorro.

Estes últimos, designados por: Socorro Aciaria, Socorro Alto-Forno e Socorro Laminagem, distribuem energia em

caso de emergência aos «feeders» dos consumidores, julgados prioritários do ponto de vista da segurança.

Como se nota ainda pela análise da fig. 2, interligaram-se os postos de transformação por intermédio de anéis. Observa-se que as interligações se encontram normalmente abertas, isto é, as redes serão exploradas segundo um esquema radial.

O motivo da separação das redes de 6000 V reside no facto de se pretender garantir a máxima eficiência na distribuição eléctrica para os consumidores vitais.

Procurou-se, assim, criar um conjunto separado, cuja alimentação normal ficará a cargo da Central Térmica.

2.5 — SEGURANÇA

O aspecto da segurança é fundamental e genérico, nas instalações eléctricas de uma fábrica siderúrgica.

A presença de uma instalação pouco segura, ou de um esquema em que as reservas e as interligações não tenham sido previstas, pode provocar quebras na produção fabril ou avarias graves na maquinaria.

Sobre este último ponto virá a propósito apresentar alguns exemplos.

Assim, os convertidores de aço, misturador de gusa e, especialmente, o forno eléctrico de arco, deverão ter sempre a possibilidade de serem basculados, para evitar que, por arrefecimento das respectivas cargas líquidas, se venha a produzir a sua solidificação e o conseqüente dano do revestimento refractário.

* Por conveniência de paginação apresentam-se as figs. 1 e 2 fóra da sua ordenação.

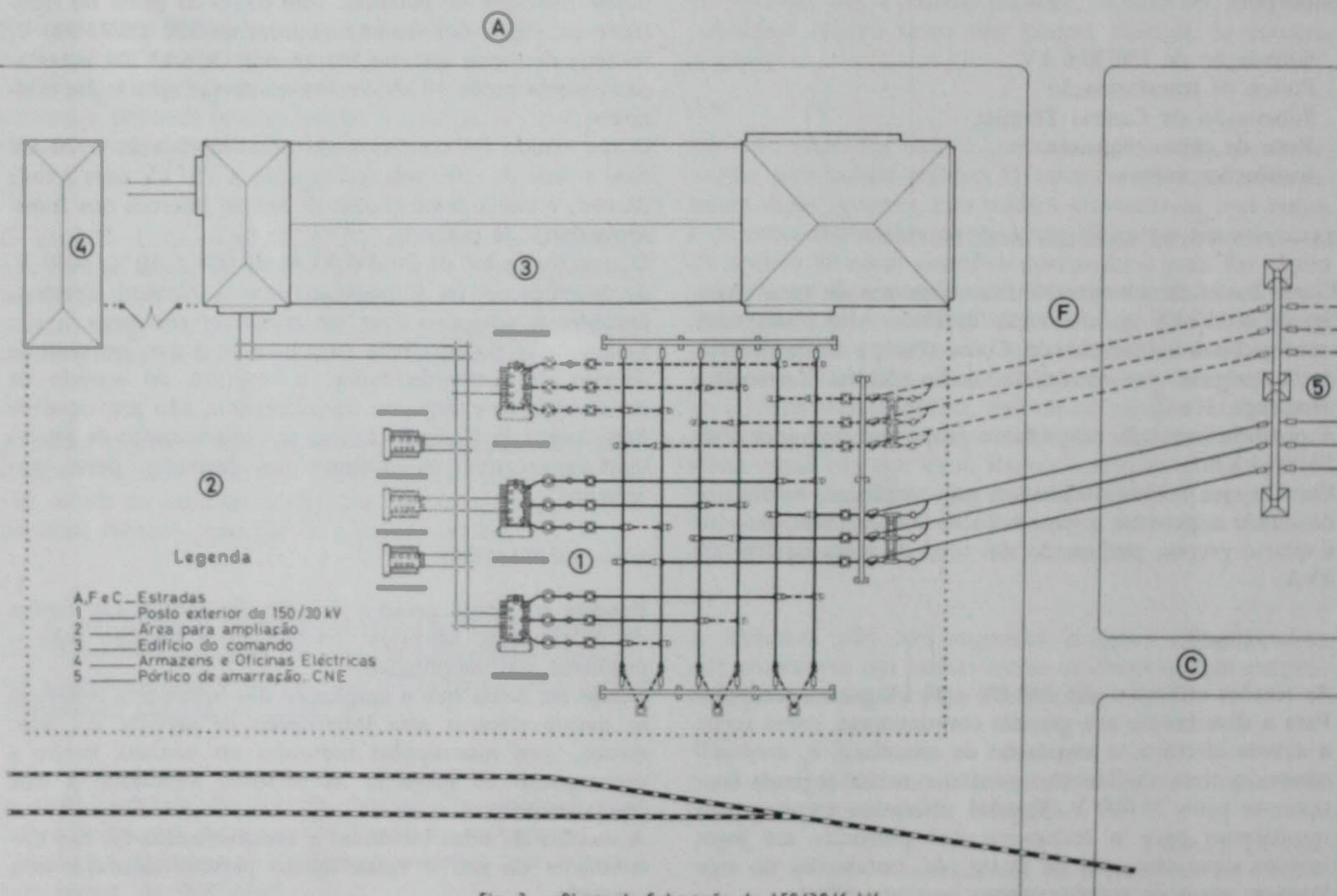


Fig. 3 — Planta da Subestação de 150/30/6 kV

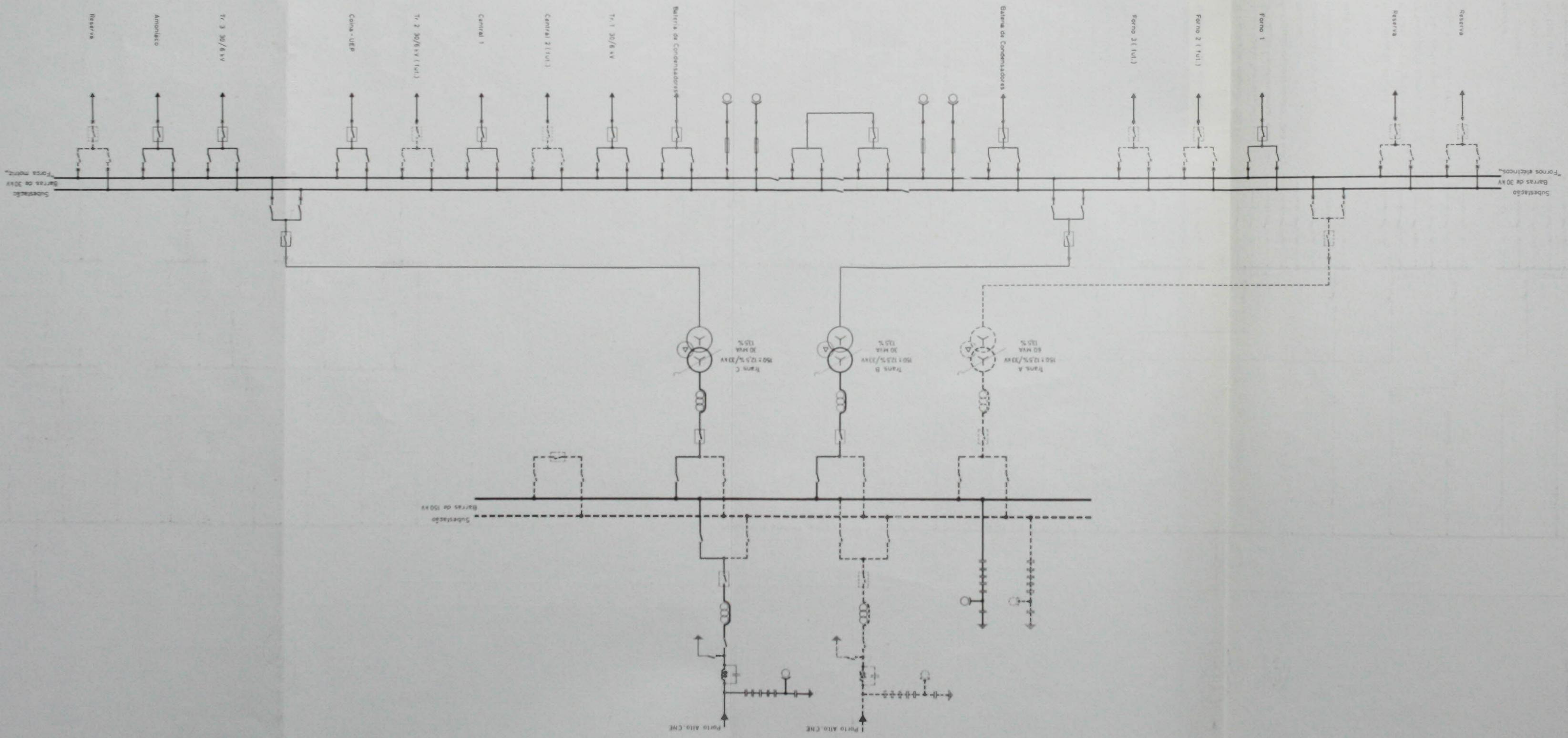
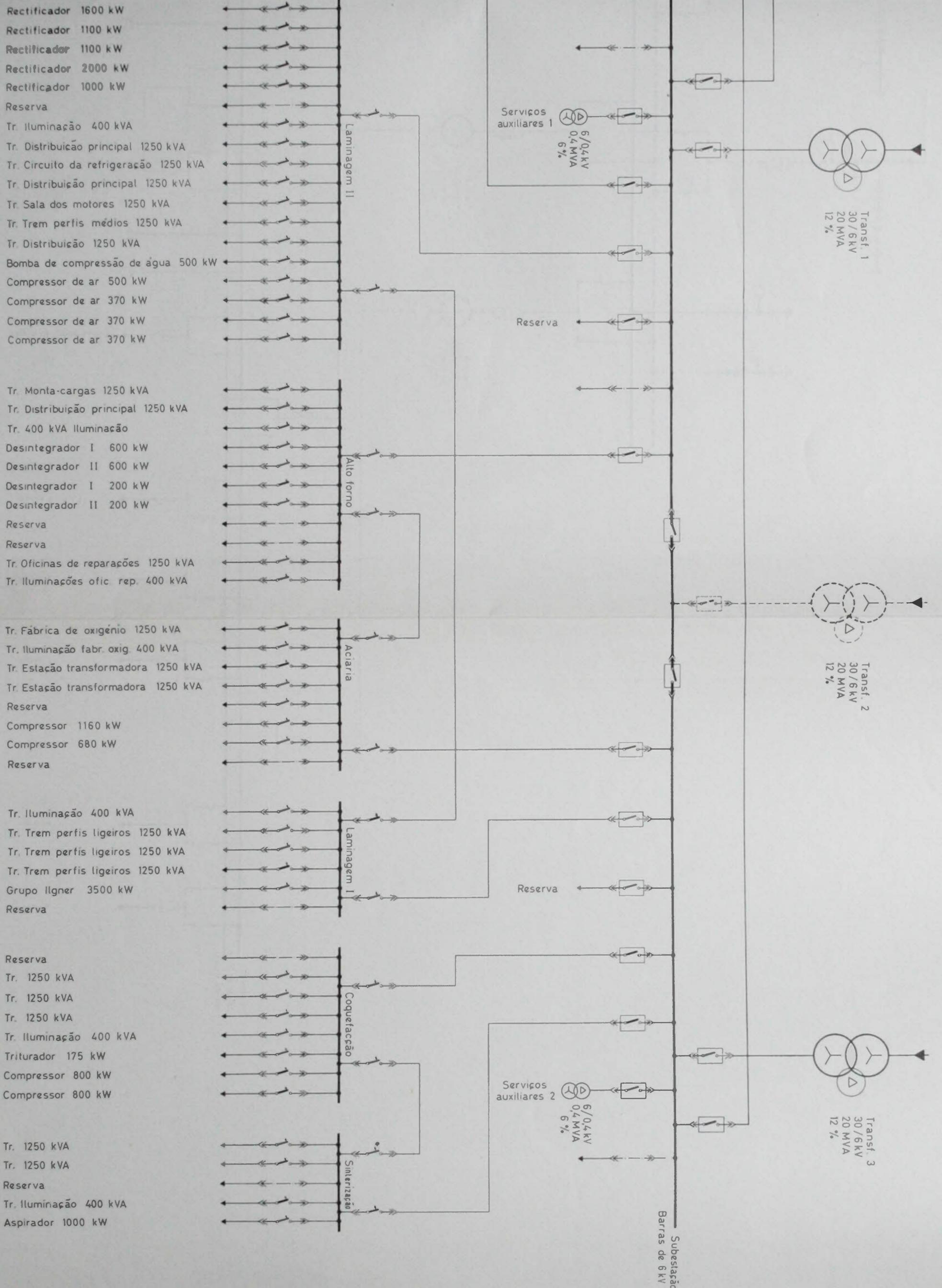


Fig. 1



Rectificador 1600 kW
 Rectificador 1100 kW
 Rectificador 1100 kW
 Rectificador 2000 kW
 Rectificador 1000 kW
 Reserva
 Tr. Iluminação 400 kVA
 Tr. Distribuição principal 1250 kVA
 Tr. Circuito da refrigeração 1250 kVA
 Tr. Distribuição principal 1250 kVA
 Tr. Sala dos motores 1250 kVA
 Tr. Trem perfis médios 1250 kVA
 Tr. Distribuição 1250 kVA
 Bomba de compressão de água 500 kW
 Compressor de ar 500 kW
 Compressor de ar 370 kW
 Compressor de ar 370 kW
 Compressor de ar 370 kW

Tr. Monta-cargas 1250 kVA
 Tr. Distribuição principal 1250 kVA
 Tr. 400 kVA Iluminação
 Desintegrador I 600 kW
 Desintegrador II 600 kW
 Desintegrador I 200 kW
 Desintegrador II 200 kW
 Reserva
 Reserva
 Tr. Oficinas de reparações 1250 kVA
 Tr. Iluminações ofic. rep. 400 kVA

Tr. Fábrica de oxigénio 1250 kVA
 Tr. Iluminação fabr. oxig. 400 kVA
 Tr. Estação transformadora 1250 kVA
 Tr. Estação transformadora 1250 kVA
 Reserva
 Compressor 1160 kW
 Compressor 680 kW
 Reserva

Tr. Iluminação 400 kVA
 Tr. Trem perfis ligeiros 1250 kVA
 Tr. Trem perfis ligeiros 1250 kVA
 Tr. Trem perfis ligeiros 1250 kVA
 Grupo Ilgner 3500 kW
 Reserva

Reserva
 Tr. 1250 kVA
 Tr. 1250 kVA
 Tr. 1250 kVA
 Tr. Iluminação 400 kVA
 Triturador 175 kW
 Compressor 800 kW
 Compressor 800 kW

Tr. 1250 kVA
 Tr. 1250 kVA
 Reserva
 Tr. Iluminação 400 kVA
 Aspirador 1000 kW

Serviços auxiliares 1
 6/0,4 kV
 0,4 MVA
 6%

Reserva

Laminagem II

Alto forno

Aciaria

Laminagem I

Coqueificação

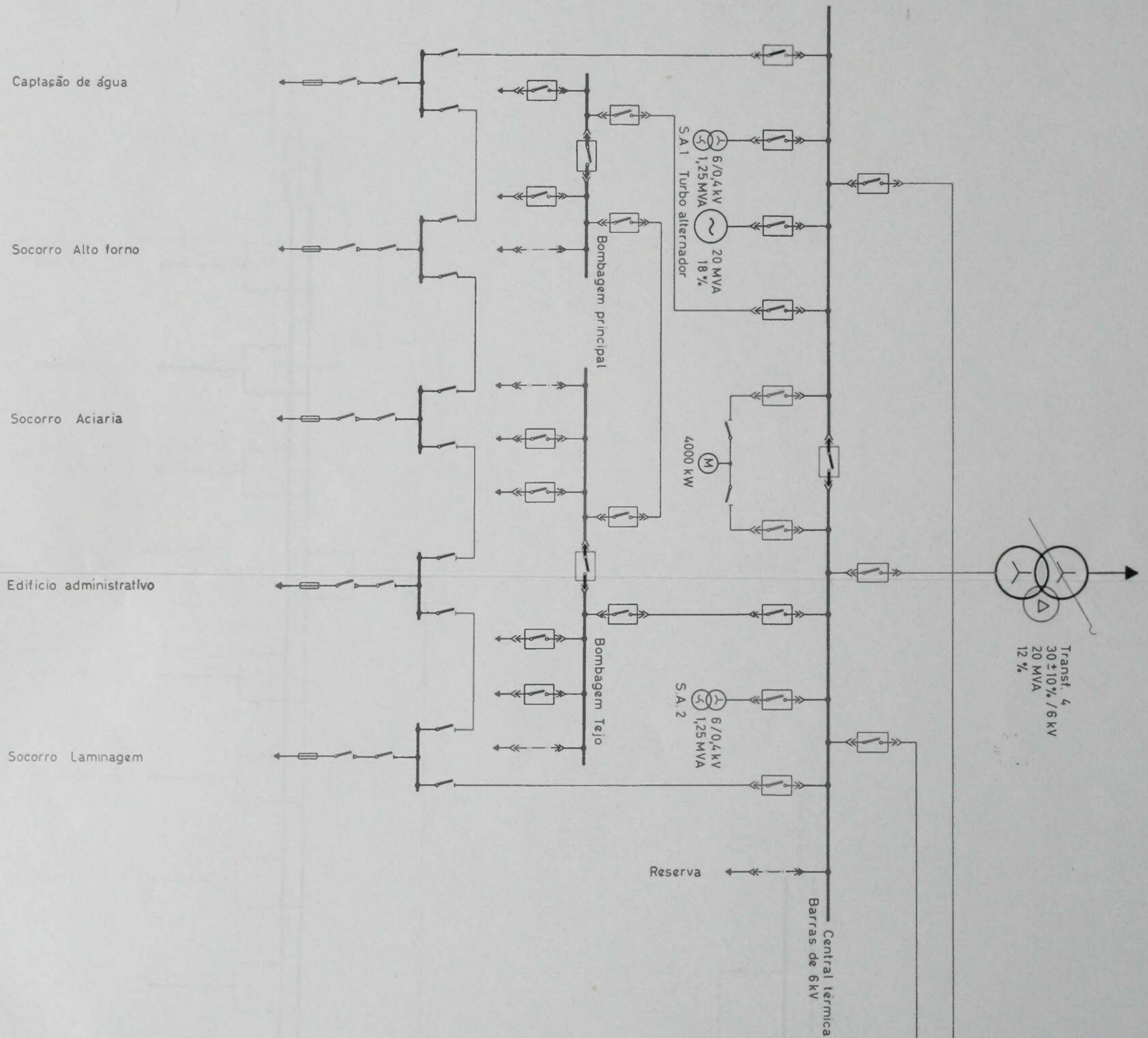
Sinterização

Transf. 1
 30/6 kV
 20 MVA
 12%

Transf. 2
 30/6 kV
 20 MVA
 12%

Transf. 3
 30/6 kV
 20 MVA
 12%

Barras de 6 kV
 Subestação



- Reserva
- Auxiliares Trem perfis médios
- Rectificador Trem perfis médios
- Grupo auxiliar 300 kW
- Rectificador 1400 kW

Idênticamente, dever-se-á garantir a tensão nos barramentos da ponte rolante de 80 t, da Aciaria, pois que esta ponte tem a seu cargo o transporte das painéis de aço e de gusa. A insuflação do vento para o Alto-Forno é feita normalmente por um turbo-soprador de 4000 kW que, na hipótese de avaria ou de manutenção, é substituído por um moto-soprador, accionado por um motor assíncrono de 4000 kW, 6 kV. Embora se trate de uma máquina que, por si só, exerce as funções de reserva, há que garantir a tensão nos terminais do motor, visto que, se na fase que antecede o vazamento do Alto-Forno houver uma interrupção no fornecimento do vento, se corre o risco de uma eventual explosão resultante da entrada de gusa nas tubeiras.

Muitos outros exemplos poderiam ser apresentados, mas limitámo-nos a estes, pois que mostram, com suficiente clareza, a questão da segurança nas instalações eléctricas de uma siderurgia.

3 — Subestação de 150/30/6 kV

A Subestação de 150/30/6 kV exerce as funções de coordenação e de manobra, tendentes a garantir a energia eléctrica nos diversos departamentos fabris.

O seu programa de exploração será fixado pelo Despacho¹ térmico e energético da fábrica, procurando-se, deste modo, dar uma melhor utilização às energias adquiridas aos fornecedores e às produzidas nos diversos departamentos fabris.

A Subestação é essencialmente constituída por um parque exterior de 150 kV, instalações interiores de 30 kV e 6 kV, salas de comando e de controle térmico e energético, bem como pelas instalações auxiliares e anexas.

3.1 — INSTALAÇÃO DE 150 kV

A alimentação normal da Subestação é feita por intermédio de uma linha de 150 kV proveniente de Porto Alto, com cerca de 40 km. Achamos interessante notar que esta linha atravessa o Rio Coina num vão de 650 m e com postes de cerca de 80 m. A linha alimenta um barramento simples de 150 kV do qual se tiram duas derivações para os transformadores de $150\ 000 \pm 12,5\ \%/33\ 000\ V$, 30 MVA.

A instalação foi projectada de molde a permitir a montagem de uma segunda linha, uma terceira derivação para um transformador de 60 MVA, e um barramento duplo com o respectivo disjuntor de conjugação.

Atendendo à forma e dimensões do espaço reservado para a instalação de 150 kV, fomos levados a escolher uma disposição de barramentos do tipo imbricado,² conforme se indica na fig. 3. Por razões de manutenção, adoptaram-se os seccionadores do tipo pantógrafo, equipados com comando electromecânico.

Os disjuntores de pequeno volume de óleo, do tipo ortoejector, têm uma capacidade de corte de 3500 MVA sob 150 kV. Estão providos de comando oleopneumático.

3.2 — INSTALAÇÃO DE 30 kV

É do tipo normabloco, para interior, com duplo jogo de barras. Os quatro barramentos parciais são interligáveis longitudinal, diagonal e transversalmente.

Em exploração normal, o barramento encontra-se seccionado, separando-se, desta maneira, por razões de «flicker», os fornos eléctricos de arco, dos restantes consumidores. Os disjuntores de pequeno volume de óleo, do tipo ortoejector, têm uma capacidade de corte de 1000 MVA sob

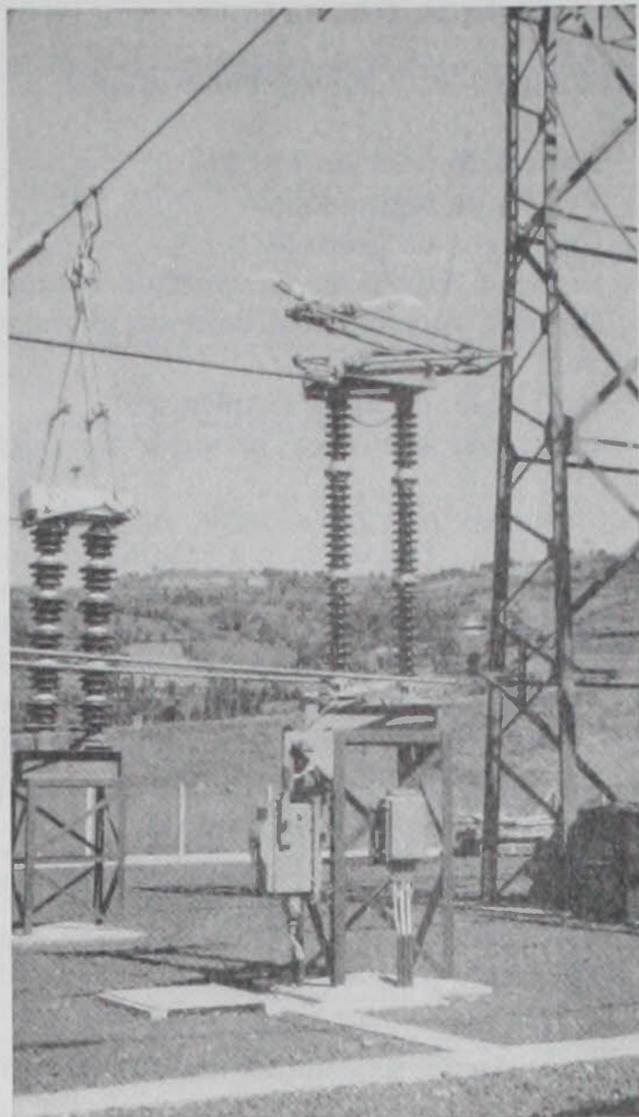


Fig. 4—Seccionador tipo pantógrafo (fabricação DELLE)

30 kV. O seu comando é feito por mola com rearmamento eléctrico.

O disjuntor e os seccionadores selectores de barramento fazem parte do conjunto extractível das celas.

A principal razão por que fomos levados a escolher um duplo jogo de barras, embora uma instalação blindada, em geral, o dispense, reside na existência de três redes activas a ele ligadas, ou sejam a Central Térmica, a ligação à CNE e a ligação à UEP.

A instalação é ampliável de cerca de 80 %.

Para a produção de energia reactiva, instalar-se-ão duas baterias de condensadores de 4 MVar e 3 MVar. O seu escalonamento será feito de molde a obterem-se variações de 1 MVar, na potência reactiva injectada na rede.

É interessante observar que o corte da corrente capacitiva de carga das baterias se realiza por intermédio de interruptores autopneumáticos, comandados a distância. O corte das correntes de curto-circuito será efectuado por disjuntores de pequeno volume de óleo, do tipo ortoejector.

3.3 — INSTALAÇÃO DE 6 kV

A ligação entre as instalações de 30 kV e 6 kV é feita por intermédio de dois transformadores abaixadores de 20 000 kVA, $30\ 000 \pm 5\ \% \pm 2,5\ \%/6000\ V$, com regulação fora de tensão.

A instalação é do tipo normabloco, para interior, de simples jogo de barras seccionável transversalmente.

Os disjuntores, de pequeno volume de óleo, do tipo ortoejector, são extractíveis e têm uma capacidade de corte de 250 MVA sob 6 kV.

O seu comando é análogo ao utilizado na instalação de 30 kV.

¹ Tradução do termo inglês «dispatching».

² Técnica da E.D.F..

3.4 — INSTALAÇÕES ANEXAS

Encontram-se incluídos neste grupo:

- Painéis de relés de 150 kV
- Painéis de registadores
- Contagens de precisão
- Serviços Auxiliares de corrente contínua
- Serviços Auxiliares de corrente alternada
- Bateria
- Instalação de altas frequências
- Instalação telefónica privativa da distribuição eléctrica

3.5 — SALAS DE COMANDO E DE CONTROLE TÉRMICO E ENERGÉTICO

Da sala de comando far-se-ão o controle e o comando geral das redes de alta tensão da fábrica.

Assim, comandar-se-á a distância toda a aparelhagem de corte da própria Subestação, dos «feeders» de alimentação e interligação dos postos de transformação, bem como da Subestação da Central Térmica.

Exceptua-se, devido à responsabilidade da manobra, o comando dos disjuntores de 6 kV do turbo-alternador e do moto-soprador, que serão permanentemente vigiados pelo operador da Central.

No entanto, transmitir-se-á ao quadro de comando da Subestação a sinalização indicativa das posições destes disjuntores.

O quadro de comando, no qual se encontra o esquema sinóptico da distribuição, é constituído por 16 painéis.

A manobra da aparelhagem de corte é feita por intermédio de comutadores do tipo «Rotação-Pressão», com sinalização incorporada. Adoptou-se a sinalização clássica, indicativa do estado de discordância entre o aparelho e o comutador. Preferiu-se, no entanto, a sinalização do tipo «pisca-pisca», para indicar a discordância entre as posições do disjuntor e do comutador, quando resultante de actuação da aparelhagem de protecção.

Os aparelhos de medida registadores serão montados em painéis separados, a fim de não se sobrecarregar demasiado o quadro de comando.

Neste quadro, previu-se a existência de uma sinalização geral de defeito para cada posto de transformação.

A sincronização das redes compete ao operador da sala de comando. Por razões de segurança encontra-se encravada a manobra dos disjuntores que, eventualmente, possam efectuar falsos paralelos. Para que os disjuntores possam ser manobrados, é necessário o auxílio da mesa de sincronização.

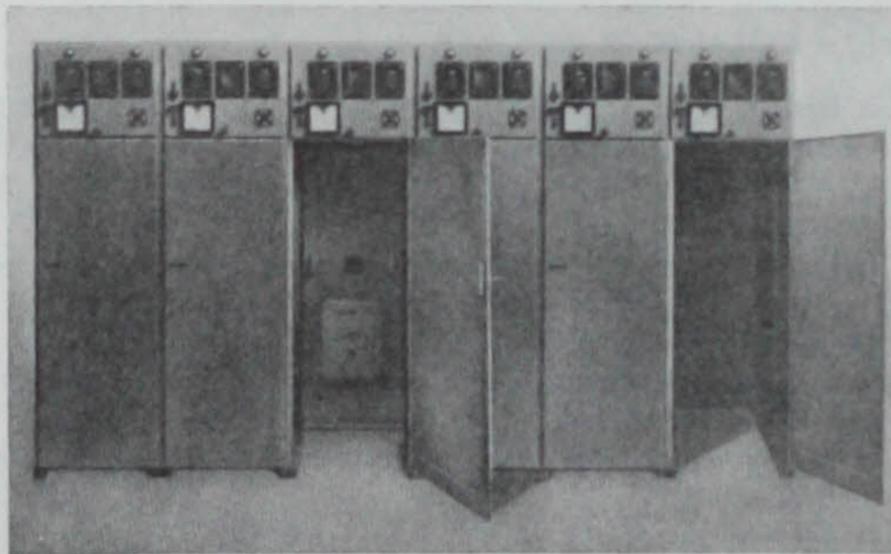


Fig. 5 — Quadro normabloco de 6 kV (fabricação EFA — DELLE)

Anexo à sala de comando, está o painel de controle térmico e energético da fábrica. As telemedidas das energias adquiridas, energia eléctrica produzida, potências de 15 minutos, potências absorvidas nos principais consumidores, caudais de água potável e de refrigeração, caudais e poderes caloríficos dos gases do alto-forno e da coqueificação, existências mínimas e máximas de alcatrão, benzol, óleo, gás, etc., são transmitidas ao painel referido.

4 — Subestação da Central Térmica

Embora já nos tivéssemos referido à Central Térmica, pretendemos ainda fazer algumas considerações sobre a exploração eléctrica da mesma.

A instalação de 6 kV é idêntica à da Subestação Principal. Existe um simples jogo de barras, seccionável transversalmente, encontrando-se derivadas de cada meio-barramento as saídas dos circuitos de bombagens e dos postos de transformação de emergência.

A fim de garantir a máxima segurança no abastecimento de energia ao moto-soprador de reserva, preferiu-se ligar separadamente a cada um dos barramentos parciais o turbo-alternador e o transformador de 20 MVA, de ligação entre a Central Térmica e a Subestação Principal.

Para evitar falsas manobras, encravaram-se o disjuntor de conjugação dos meios-barramentos e os disjuntores dos «feeders» do moto-soprador, que eventualmente poderiam realizar o paralelo.

Em exploração normal, a rede de 6 kV derivada da Central Térmica encontra-se isolada da rede de 6 kV da Subestação Principal, a fim de que as potências de curto-circuito, não diremos na primeira fase, mas no futuro, não ultrapassem a capacidade de corte prevista para os disjuntores.

Dentro deste critério, a energia sobranete é enviada para a rede de 30 kV por intermédio do transformador de 20 000 kVA, $30\,000 \pm 10\%/6000$ V.

Para se obter uma máxima segurança no abastecimento de energia ao barramento de 6 kV da Central Térmica, na hipótese do transformador de interligação e do turbo-alternador estarem fora de serviço, há ainda duas alimentações de emergência derivadas do barramento de 6 kV da Subestação Principal.

5 — Postos de transformação

As instalações de alta e baixa tensão dos postos de transformação são do tipo «metal-clad», para interior e equipadas com disjuntores extractíveis.

Os disjuntores de 6000 V, do tipo de corte no ar, com sobragem magnética, têm um poder de corte de 250 MVA. Alguns postos são, no entanto, equipados com disjuntores de pequeno volume de óleo, idênticos aos da instalação de 6 kV da Subestação Principal e da Central Térmica. Como já dissemos, os disjuntores de chegada aos barramentos de 6000 V dos postos de transformação são comandados à distância, da sala de comando da Subestação Principal.

A sinalização geral dos defeitos ocorridos nos postos de transformação é enviada à sala de comando da Subestação Principal. A pormenorização destes defeitos é feita em indicadores luminosos, em cada um dos postos.

6 — Rede dos cabos eléctricos

Os cabos utilizados em 30 kV são isolados a papel e do tipo NHEKB. O comprimento total é de cerca de 4 km, e utilizar-se-á a secção uniforme de 3×240 mm².

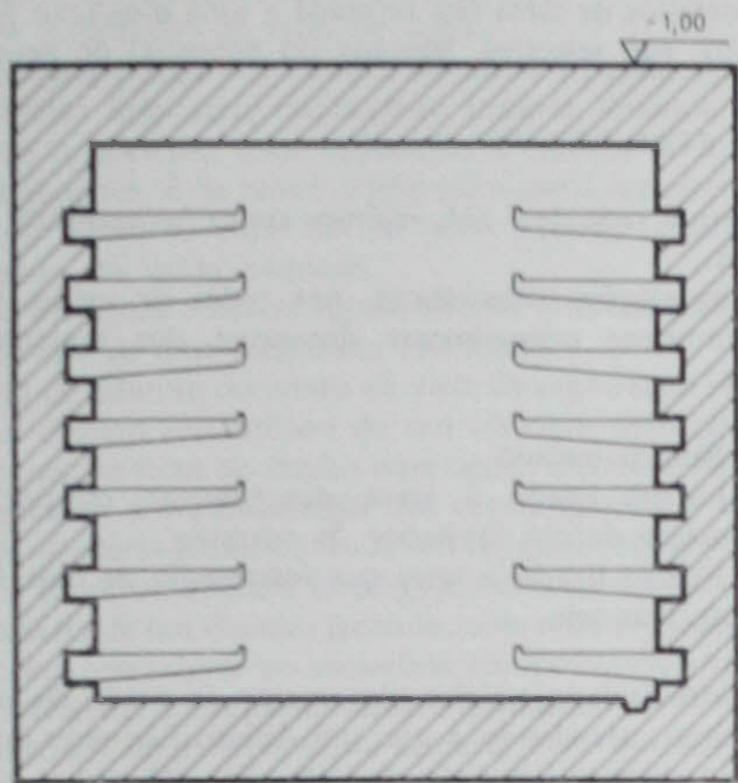
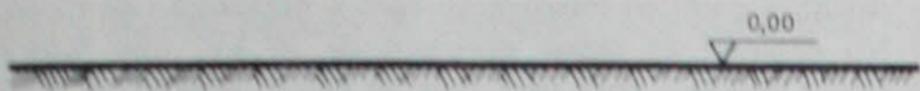


Fig. 6 — Canal tipo A — 2,00 m x 2,00 m

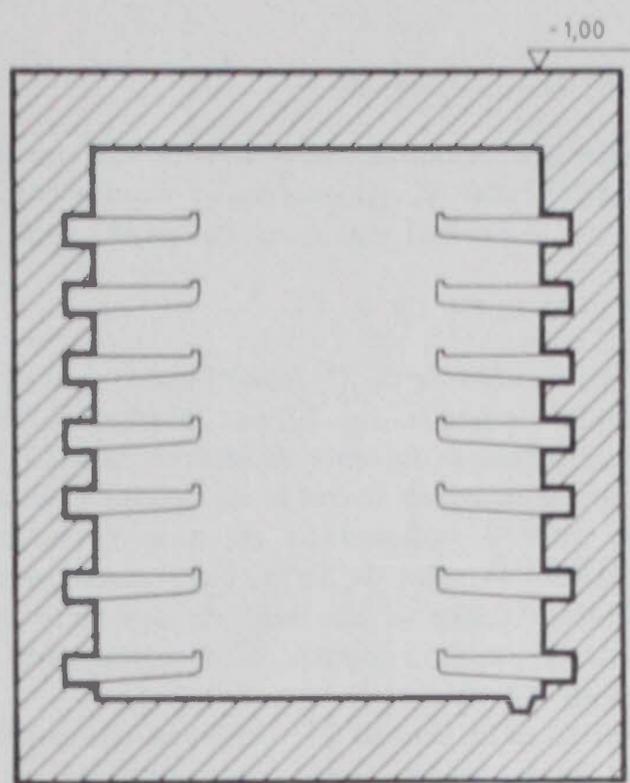


Fig. 7 — Canal tipo B — 1,60 m x 2,00 m

Para 6 kV adoptaram-se cabos, com isolamento termoplástico, do tipo NYFY. Observa-se que o comprimento total dos cabos a instalar é de cerca de 30 km.

Cita-se a propósito, que tendo-se escolhido cabos para um nível de isolamento 3,5/6 kV, mesmo para uma rede equipada com bobina de compensação, os mesmos se comportam convenientemente perante um desequilíbrio de tensões provocado pelo deslocamento do ponto neutro, desde que, de acordo com as suas normas de fabrico, essa solicitação anormal não ultrapasse duas horas.

Na distribuição de baixa tensão, em percursos protegidos contra acções mecânicas, escolhemos cabos, também com isolamento termoplástico, do tipo NYV.

Para a rede de distribuição primária de baixa tensão o comprimento total a instalar é de cerca de 15 km.

Em locais não protegidos optou-se pelo cabo do tipo NYBY. Dado o número muito elevado de cabos existentes em alguns percursos, e pretendendo ter-se um acesso fácil aos mesmos por razões de manutenção e ampliação, fomos levados a instalar os cabos em galerias subterrâneas acessíveis.

Escolheram-se vários tipos de secções transversais para

estas galerias, consoante o número de cabos existentes em cada um dos percursos. As figs. 6, 7, 8 e 9 mostram a forma das secções adoptadas.

Já se encontra em construção parte deste conjunto de galerias, que atingem aproximadamente o comprimento total de 2600 m.

Os cabos foram dimensionados tendo em atenção a intensidade nominal a transportar, bem como as condições de colocação, queda de tensão, temperatura ambiente e correntes de curto-circuito que devem suportar.

7 — Ligação dos neutros

Expostos em linhas gerais os condicionamentos da distribuição de energia numa fábrica siderúrgica e frizado o carácter de segurança com que a mesma deve ser feita, tratemos agora do problema das ligações dos neutros das redes de alta tensão.

A resolução deste problema, aliás sempre muito discutido, apresentou-se

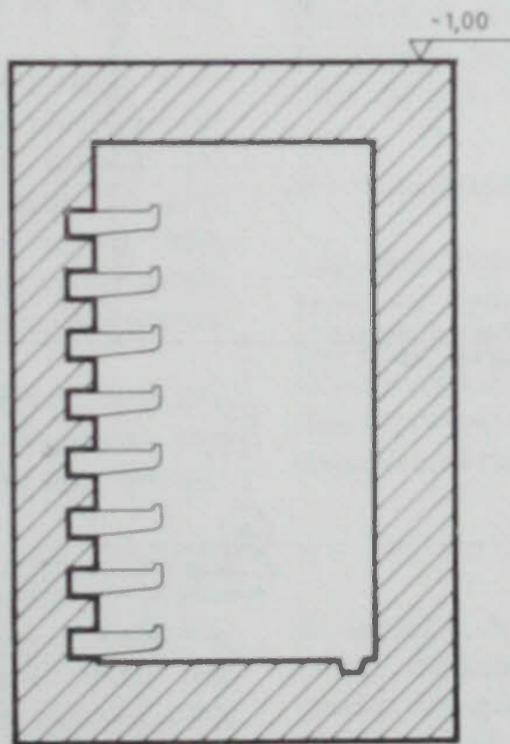
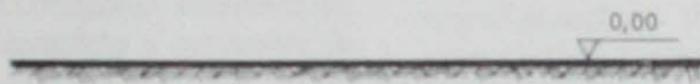


Fig. 8 — Canal tipo C — 1,00 m x 1,90 m

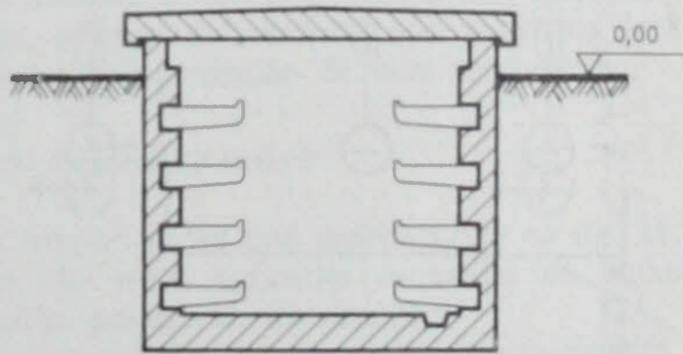


Fig. 9 — Canal tipo D — 1,10 m x 1,00 m

no nosso caso como uma solução de compromisso entre as condições de curto-circuito no local do defeito, as condições de aparecimento de sobretensões na rede e as técnicas de protecção selectiva das redes a instalar. Além disso, muitas vezes a solução a adoptar depende ainda da posição eléctrica dos neutros de outras redes já existentes, com as quais a rede em estudo venha a estar em paralelo.

7.1 — INSTALAÇÃO DE 150 kV

Os neutros dos enrolamentos primários dos transformadores de 150 000/33 000 V, encontram-se rigidamente ligados à terra, como é normal nas redes de muito alta tensão.

7.2 — INSTALAÇÃO DE 30 kV

Os neutros da rede de 30 kV serão ligados à terra, de acordo com o que se indica na fig. 10, por intermédio de uma resistência que limita a corrente de defeito fase-terra a 200 A. A fixação do valor da corrente de defeito é feita tendo em atenção, quer a necessidade de uma corrente suficiente para arrancar os relés de terra, quer ainda os efeitos destrutivos dessa corrente no local de defeito e nas bainhas dos cabos. O valor adoptado é o normal em instalações idênticas de 30 kV.

O neutro isolado em 30 kV, embora compatível com a corrente capacitiva da nossa rede, teve de ser rejeitado,

devido à eventual interligação com a Subestação de Coína. No entanto, os cabos eléctricos de 30 kV, tipo NHEKB, foram previstos para uma rede de neutro isolado. A razão desta escolha compreende-se claramente, se analisarmos a configuração da rede que corresponde ao corte das chegadas da CNE e da UEP ao barramento «Força motriz». Nestas circunstâncias, de ocorrência excepcional, a detecção dos defeitos de terra fica limitada a uma indicação geral de defeito, não selectiva, baseada no potencial do neutro.

7.3 — REDE DE 6 kV

Quanto à rede de 6 kV, vejamos como foi encarado o problema.

Em instalações siderúrgicas, nas redes de média tensão, encontram-se normalmente quaisquer dos seguintes sistemas:

- Neutro isolado
- Neutro ligado à terra, directamente ou por intermédio de um limitador de corrente
- Neutro ligado à terra por intermédio de uma bobina de Petersen.

O neutro isolado satisfaz plenamente do ponto de vista de segurança, atendendo a que um defeito fase-terra não implica o disparo imediato da rede. No entanto, a solução

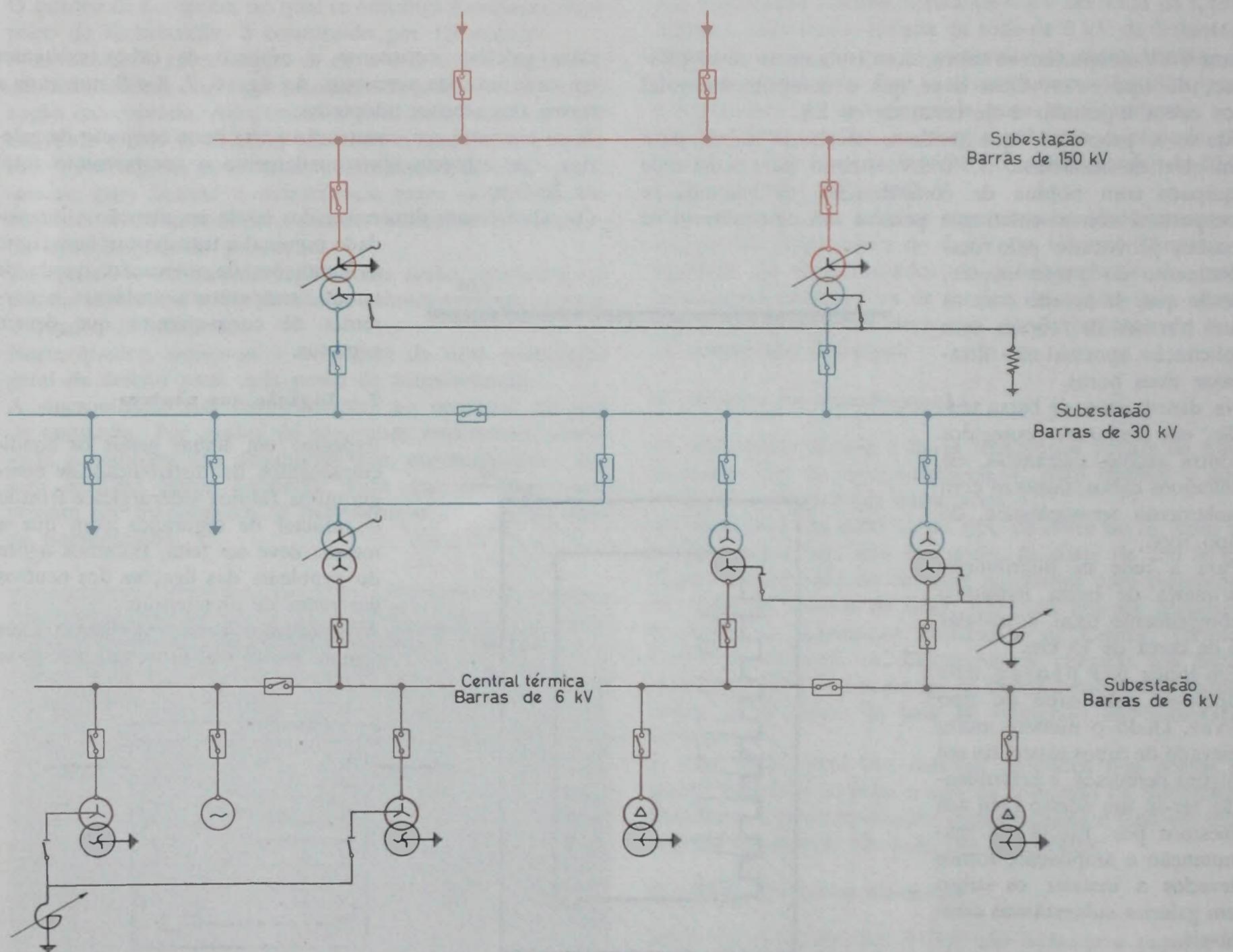


Fig. 10 — Esquema das ligações dos neutros nas várias redes da fábrica siderúrgica

conduz a maiores despesas de instalação, visto que a rede de cabos terá que ter um isolamento fase-terra dimensionado para a tensão composta.

A detecção selectiva do defeito, uma vez assinalado no indicador geral de defeitos, poder-se-ia fazer por corte e religação sucessiva dos «feeders», sendo contudo preferível, por razões de exploração, fazer essa detecção automaticamente por intermédio de relés de terra.

A escolha desta posição do neutro, admitida a permanência de um defeito fase-terra, encontra-se todavia limitada às redes onde a corrente total capacitiva é inferior a 5 A. Caso seja superior, é de temer a generalização a um defeito difásico ou trifásico, antes de ter sido possível efectuar o isolamento da saída avariada.

Consideremos agora o neutro ligado à terra, directamente ou por intermédio de uma resistência limitadora.

Não sendo de admitir, do ponto de vista da exploração siderúrgica, o disparo instantâneo de um «feeder» defeituoso, com conseqüente falta de tensão num sector eléctrico, haveria que garantir a bialimentação dos consumidores. A instalação de «feeders» paralelos, cada um capaz de transportar a potência total, ou ainda a interligação dos consumidores, por intermédio de um circuito fechado, com uma capacidade de transporte equivalente ao somatório das potências absorvidas, resolveriam convenientemente o problema.

Esta solução foi, no entanto, posta de parte, visto que conduziria a uma duplicação da rede de cabos, além de exigir uma protecção diferencial transversal ou uma protecção de retorno de potência, nos «feeders» em paralelo.

Consideremos, finalmente, a ligação à terra por intermédio de uma bobina de compensação.

Atendendo a que a impedância do sistema constituído pela bobina de Petersen, em paralelo com a capacidade homopolar dos cabos, vista do local do defeito, é muito elevada, poderemos considerar que a rede trabalha em regime de neutro isolado. Para que se atinja este valor elevado da impedância, há que regular convenientemente a bobina para um valor próximo da ressonância.

Desta maneira, a rede trabalhará em condições satisfatórias, ainda que a capacidade da mesma conduza a correntes de carga superiores a 5 A.

As correntes calculadas atingem valores de ordem de 5 A e 15 A, respectivamente para a rede de emergência e para a rede normal.

Estes valores correspondem à primeira fase da instalação siderúrgica e entendem-se para toda a rede de 6 kV sob tensão.

Em face dos valores calculados, o neutro isolado seria aceitável para a rede de emergência, embora não fosse de aconselhar para a rede normal, tanto mais que há que contar com a sua ampliação. No entanto, como foi dito, as duas redes podem eventualmente trabalhar em paralelo, pelo que o sistema adoptado para ambas deverá ser o mesmo. Assim optou-se pela instalação de uma bobina de Peterson em cada uma das redes.

As bobinas a instalar serão de núcleo mergulhante, visto que há todo o interesse em que o campo de regulação seja extenso, da ordem de 4:1, o que só é possível com bobinas deste tipo.

Além disso, estas bobinas são equipadas com regulação automática, sendo possível ainda, por manobra do comutador, passar à posição de comando manual a distância. Na Central Térmica a bobina não foi ligada ao neutro dos enrolamentos de 6 kV do transformador de ligação entre a Central e a Subestação, visto que o mesmo poderá ser posto eventualmente fora de serviço, ficando, pois, nessa

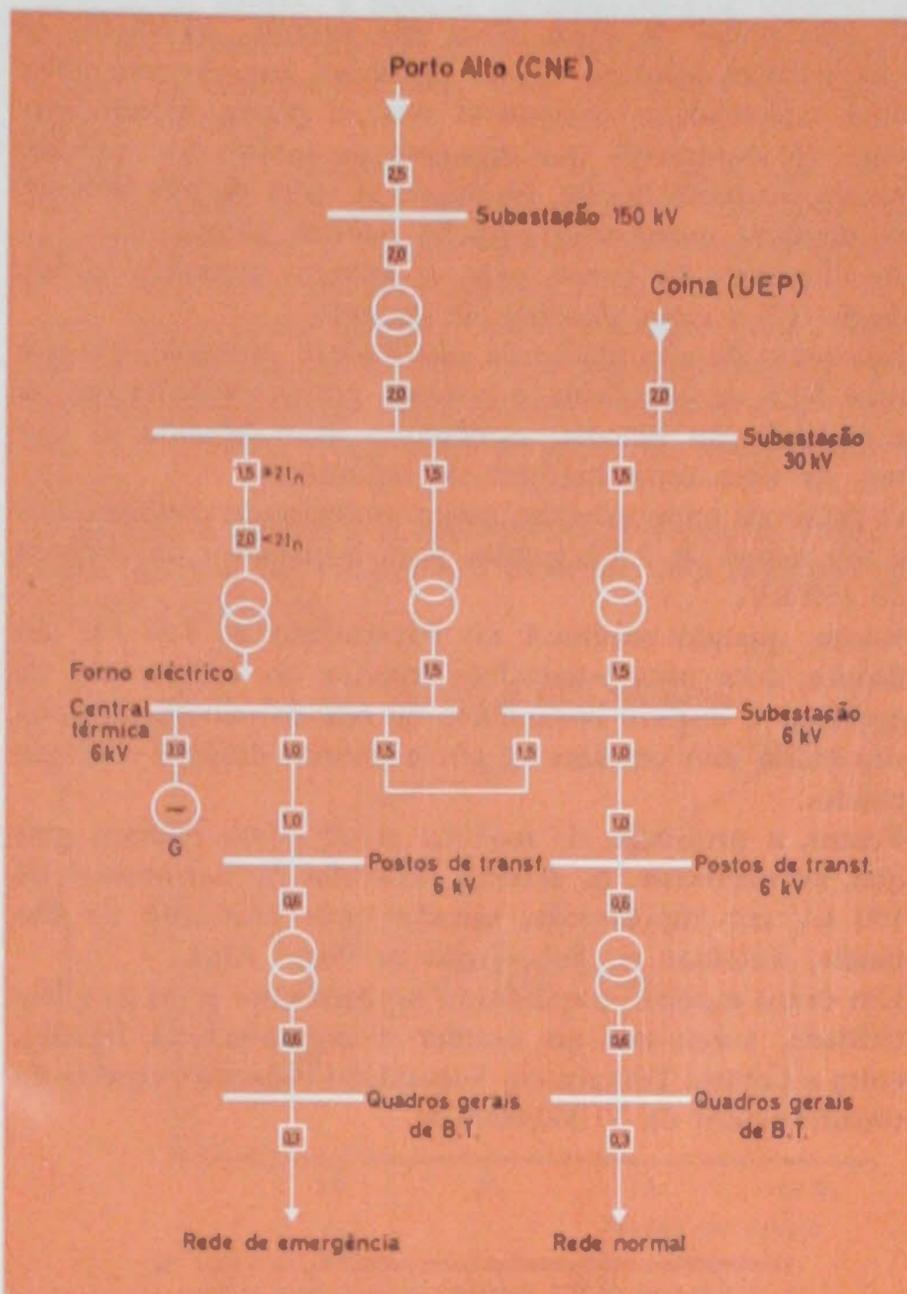


Fig. 11 — Temporizações dos disparos dos disjuntores

hipótese, a rede sem compensação. Por idênticas razões não foi ligado ao neutro do turbo-alternador.

A criação de um neutro artificial por intermédio de dois transformadores de Bauch, derivados dos dois meios-barramentos da Central, mostrou-se dispendiosa, pelo que nos parece ter sido melhor solução ligar a bobina ao neutro dos enrolamentos primários dos transformadores dos serviços auxiliares da Central Térmica.

Para que tal fosse possível, os enrolamentos escolhidos para esses transformadores são do tipo estrela zigue-zague. Observa-se que estes transformadores não permitem que um defeito fase-terra na rede de baixa tensão se vá repercutir na rede de alta.

8 — Selectividade

Expostas algumas das questões da distribuição eléctrica, passamos agora a tratar com mais pormenor do problema da selectividade das protecções.

Pareceu-nos de interesse apresentar este assunto com mais desenvolvimento, porque, na verdade, este problema tem largas repercussões na exploração de uma siderurgia.

8.1 — PLANO DE TEMPORIZAÇÕES

O esquema de temporizações está representado na fig. 11. Neste esquema não estão indicadas as saídas de baixa tensão dos quadros parciais de distribuição.

Dados os elevados valores da corrente de curto-circuito, houve que equipar essas saídas com corta-circuitos fusíveis

eléctrico, terá de enquadrar-se no esquema geral de temporizações. Atendendo a que, por razões de exploração da aciaria eléctrica, a temporização mínima admissível para o disjuntor do forno, é de 2 segundos, parece à primeira vista que não foi garantido o escalonamento entre os disparos deste disjuntor e do da saída de 30 kV na Subestação. Tal facto não se verifica na realidade. Com efeito, os curto-circuitos que frequentemente surgem entre os eléctrodos do forno durante a fase de fusão, são limitados a um máximo de duas vezes a intensidade nominal, pela reactância de fugas do transformador de forno, adicionada da reactância da bobina intercalada no seu circuito.

A selectividade fica pois assegurada, desde que se bloqueie o disparo do disjuntor de 30 kV da Subestação, para valores inferiores a duas vezes a corrente nominal do forno eléctrico.

Para intensidades de curto-circuito inferiores, eventualmente resultantes de defeitos ocorridos no cabo, entre o transformador do forno e a Subestação, o problema resolveu-se com uma protecção de sobreintensidade, regulada para uma corrente de arranque, compreendida entre uma e duas vezes a intensidade nominal, e com uma temporização superior à do disjuntor do forno eléctrico.

3.2 — PROTECÇÕES DE TERRA

Vejamos agora como se apresentam, do ponto de vista da selectividade, as protecções contra curto-circuitos fase-terra, no conjunto das redes de distribuição da fábrica. Nas instalações de 150 kV e 30 kV, uma vez que se encontram ligadas à terra, a primeira directamente e a segunda por intermédio de uma resistência, não surgiu qualquer problema especial.

A protecção realiza-se, baseada na acção da corrente de defeito fase-terra, cujos valores são suficientemente elevados para fazer operar um relé de terra, de pequeno consumo.

O mesmo não se passa com a protecção da rede de 6000 V. Na verdade, a presença de uma rede de cabos alimentada por um alternador ligado directamente ao barramento, cria problemas especiais para a concepção da protecção de terra, agravados pelo facto da rede estar equipada com uma bobina de extinção.

No caso de uma rede compensada com bobina de PETERSON, a corrente residual tanto pode ser uma corrente em avanço como em atraso. Assim, obtém-se um binário operador dos relés de terra, de sentido positivo ou negativo, conforme a rede esteja sub ou sobrecompensada. Há, por isso, que detectar o defeito em função de uma componente activa. Observamos que a corrente residual de defeito contém já uma componente activa, que resulta das perdas na bobina e da condutância homopolar dos cabos, e que, todavia, é insuficiente para operar os relés de terra.

A introdução temporária da componente activa pode obter-se pela inserção na rede de uma resistência de carga, ligada através de um transformador auxiliar, entre o ponto neutro de um transformador de tensão e a terra. A fig. 12 dá-nos uma ideia esquemática do método utilizado.

A componente activa deve ser limitada a um valor tal, que não seja de temer a evolução posterior para um defeito di ou trifásico, do qual resultaria um disparo imediato da saída afectada.

O valor desta intensidade de corrente, considerado aceitável, é da ordem dos 3 A a 5 A.

Os relés normalmente adoptados para esta protecção são do tipo wattimétrico. A tensão aplicada ao relé é a tensão

residual do neutro; a bobina de intensidade é alimentada por três transformadores de intensidade, em montagem Holmgren, ligados em cada uma das saídas dos barramentos de 6000 V.

Porém, quando surgem defeitos muito resistentes, estes relés são solicitados por binários motores demasiado pequenos, quer por a tensão residual do neutro ser insuficiente, quer por a corrente no local de defeito ter um valor muito baixo. Desta maneira, importa utilizar para o sistema de carga óhmica da rede uma resistência variável, que assegure uma corrente sensivelmente constante e da ordem dos 3 A a 5 A, para toda a gama de resistências de defeito.

Uma resistência com as características exigidas anteriormente poderá ser obtida, por exemplo, com lâmpadas de ferro-hidrogénio (fig. 13).

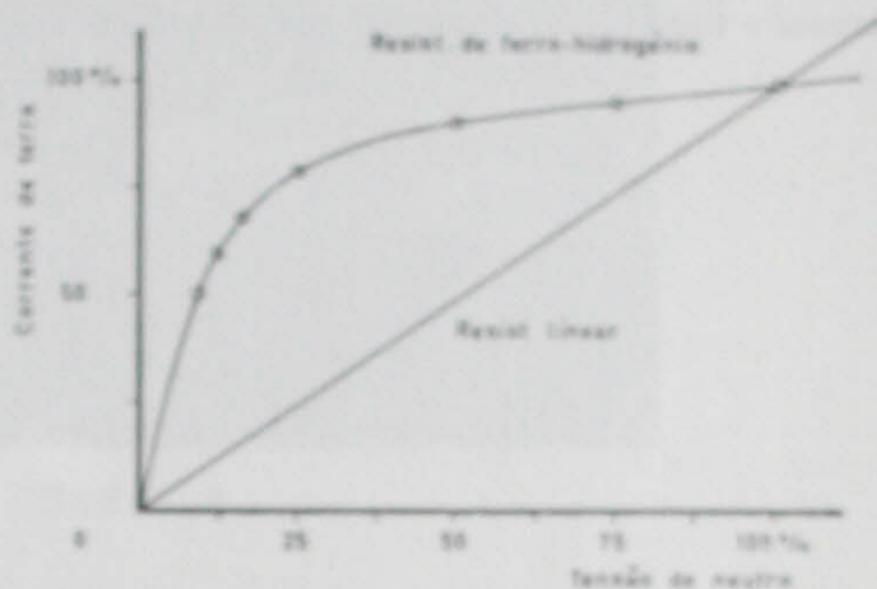


Fig. 12 — Curva característica da resistência de ferro-hidrogénio (desenho cedido pela AEG)

Exposto o princípio da protecção de terra, vejamos como se apresenta, no nosso caso, a sua aplicação.

Sendo bem diferentes as exigências de segurança do turbo-alternador e da rede de cabos eléctricos, fomos levados a definir dois critérios de actuação desta protecção de terra:

- 1º — Um defeito fase-terra no turbo-alternador deverá ser imediatamente sanado por disparo do disjuntor de saída e desexcitação rápida da máquina.
- 2º — Um defeito fase-terra numa qualquer saída do barramento de 6 kV deverá ser detectado, a fim de que se providencie no sentido de garantir a alimentação do consumidor, por intermédio de uma outra configuração da rede. Faz-se assim a transferência de alimentação sem corte de tensão.

Para o primeiro caso, o problema fica resolvido pela instalação na saída do turbo-alternador, do relé de terra descrito e cujos contactos auxiliares actuam sobre as bobinas de disparo dos disjuntores de saída e de desexcitação.

No segundo caso há que instalar um alarme geral de terra, baseado na tensão do ponto neutro, que avisa o operador de serviço da necessidade de investigar qual a saída afectada.

A técnica da pesquisa é a seguinte: o operador vai inserindo sucessivamente, por meio de um comutador, um segundo relé de terra em cada uma das saídas, até que o relé localize o cabo avariado.

Conbeço-se, então, qual a manobra que permite retirar da rede o cabo avariado, dentro das condições estabelecidas. Todas as saídas de 6 kV da Subestação Principal e da Central Térmica, com excepção da saída do turbo-alternador, serão exploradas desta maneira.

Procurou dar-se uma ideia dos aspectos fundamentais que orientaram o estudo da Subestação e da Rede de Distribuição Eléctrica da fábrica siderúrgica. Deu-se relevo especial aos problemas de selectividade e de ligação dos neutros. Com efeito, do ponto de vista da segurança de exploração da rede, e ainda da garantia de alimentação em boas condições de todos os consumidores da fábrica, estes dois problemas são fundamentais.

Pretende-se assegurar, através do esquema adoptado, a alimentação de energia sem solução de continuidade a todos os consumidores, até no caso de surgirem defeitos na rede. Pelos métodos adoptados evitam-se os disparos intempestivos, visto que qualquer defeito que exista entre uma fase e a terra, pode ser rapidamente detectado, sem que se seja obrigado a interromper imediatamente o fornecimento de energia. Por um lado, os anéis

constituídos pelos cabos eléctricos da grande distribuição, por outro lado, o sistema de energia de socorro baseado na produção própria da Central Térmica da fábrica, garantem a possibilidade de pôr fora de serviço determinados sectores da rede, sem que, por esse motivo, seja afectado o conjunto da distribuição.

Para garantir este objectivo foram escolhidas soluções de custo elevado, mas quanto a nós perfeitamente justificáveis, se atendermos aos enormes prejuízos que resultam de qualquer interrupção de serviço.

ANTÓNIO MARIA DE SOUSA GUEDES GUIMARÃES PESTANA
(Engenheiro electrotécnico U. P.)

JOAQUIM MANUEL PINTO DE ARAÚJO RANGEL
(Engenheiro electrotécnico U. P.)

DO SERVIÇO DE EQUIPAMENTO ELÉCTRICO DA SIDERURGIA NACIONAL

ELECTRICAL ENGINEERS A. S. E. E. EXHIBITION

A Nona Exposição Nacional promovida pela «Association of Supervising Electrical Engineers» será inaugurada em Earls Court ao meio-dia do dia 5 de Abril pelo Ministro do Comércio do Governo Britânico.

Parte da Secção de «Aparelhagem Eléctrica para a Construção Naval» será consagrada ao equipamento eléctrico e electrónico pertencente aos porta-aviões britânicos «Victorious» e «Hermes». Os visitantes poderão apreciar muito material jamais exibido, incluindo sistemas de controle, navegação e comunicações.

Será também exposto material de equipamento tal como o que é usado no paquete «Canberra», o maior navio de passageiros construído em estaleiros britânicos desde a última Grande Guerra. O «Canberra», de 45 000 toneladas, inteiramente accionado a corrente alterna, será lançado à água por altura da exposição, e conterà muitos tipos novos de equipamento eléctrico para navios, de especial construção e montagem. Entre o material exposto figurará a mais moderna aparelhagem de radiocomunicações e auxiliares de navegação e radar.

Para iluminar a exposição haverá um candelabro gigantesco que, segundo se crê, é o maior do mundo, e será suspenso do tecto a 30 m de altura, no imponente e vasto Hall. Tem 23 m de perímetro; utilizará um circuito completamente inédito baseado em modelos moleculares e conterà muitos acessórios iluminantes especialmente distribuídos. O seu consumo andarà à roda de 18,5 kW.

A demonstrar a crescente importância de aquecimento dos pavimentos os visitantes poderão passear sobre um tapete, o maior do mundo, com aquecimento a electricidade. Abrange uma superfície de mais de 93 m², e consumirá para cima de 11 kW.

Pela primeira vez haverá uma secção especial de equipamento eléctrico contra a intempérie. Já foi consagrada uma área de mais de 500 m² à exposição de transformadores do tipo maior e mais pesado, construídos pela English Electric Co. Ltd. e outras firmas construtoras.

Encontrar-se-á também exposta uma automotora eléctrica de 85 t, do mais recente modelo construída pela Metropolitan-Vickers Electrical Co. Ltd., e destinada à União Sul-Africana.