



Universidade Federal da Paraíba  
Centro de Ciências e Tecnologia  
Coordenação de Estágios do DEE

## RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Trabalho apresentado por: Adriana Siqueira e Silva

Empresa: Companhia Hidro Elétrica do São Francisco

Supervisor: Paulo Murilo Lima de Barros

Orientador: Wellington Santos Mota

Campina Grande – Paraíba  
Maio/2001



Biblioteca Setorial do CDSA. Fevereiro de 2021.

Sumé - PB

## **AGRADECIMENTOS**

Todo relatório deve ser minuciosamente examinado pelos amigos do seu autor. Este não foi diferente. Portanto, agradeço a Wellington Mota, meu paciente orientador, Paulo Murilo Lima de Barros , meu supervisor que muito contribuiu para o bom desenvolvimento do meu estágio, Arlan Alves Fraga, por todo material fornecido e ajuda na organização, meu amigo Emanuel Alves por todo o seu companheirismo e boas sugestões. Agradeço também a Edilson Rodrigues cuja simpatia e disponibilidade foram cruciais no momento da escolha do setor, Genivaldo Conceição por todas as suas dicas sobre proteção e plantas e a Romero Lane, amigo de treinamentos e prova de frutas no pomar da subestação. Não esquecendo de agradecer a todos os técnicos e demais componentes do setor que sempre foram gentis e disponíveis a dirimir qualquer dúvida que viesse a ter.

Agradeço a minha família por toda a paciência e força que sempre me deram e em especial, a meu filho Pedro, por ser o maior motivo de todo o meu esforço.

Adriana Siqueira e Silva

## RESUMO

1. Um estágio tem a importante função de fornecer ao aluno uma visão prática e real de todas as atividades, inovações, processos, problemas e soluções de uma empresa. Este relatório tem o intuito de informar sobre todas as atividades e cursos realizados durante o estágio na Companhia Hidro Elétrica do São Francisco no período de 11 de setembro de 2000 à 10 de março de 2001.
2. Inicialmente, um breve histórico descrevendo toda a capacidade da Chesf tanto na Produção e Transmissão de Energia quanto no seu papel social junto a comunidade.
3. Apresentação de importantes órgãos responsáveis por toda a fase de mudança do Setor Elétrico Nacional bem como sua relevância nas atividades acompanhadas durante o estágio.
4. Segue com as atitudes tomadas pela empresa a fim de adequar-se ao novo cenário do setor elétrico sendo que algumas das mais importantes foram objeto de estudo, curiosidade e participação do estagiário.
5. As cadeias digitais são os dispositivos mais abordados no relatório. São citadas suas funções com respectivos diagramas lógicos. Também foi feita uma breve exclamação a respeito da recapacitação de linhas de transmissão e a rede de oscilografia.
6. São relacionadas outras atividades e problemas decorrentes das mesmas bem como suas propostas de solução.
7. A participação em cursos, seminários e reuniões onde foram discutidos os principais problemas, sucessos da empresa bem como o comprometimento de todos para um melhor trabalho e aprendizagem no novo ano.

# SUMÁRIO

## AGRADECIMENTOS

## RESUMO

<b>1. HISTÓRICO</b> .....	1
<b>2. CENÁRIO DO SETOR ELÉTRICO</b> .....	4
2.1 O Setor Elétrico Hoje .....	5
2.2 MAE .....	6
2.3 ONS .....	7
2.4 COSR-NE .....	8
<b>3. ATITUDES DA CHESF EM RELAÇÃO AO NOVO MODELO</b> .....	9
3.1 Recapitação de Linhas .....	9
3.2 Implantação de Cadeias Digitais .....	10
3.2.1 Cadeia Digital SIEMENS .....	11
3.2.2 Cadeia Digital GE .....	30
3.2.3 Cadeia Digital Alstom .....	42
3.3 Rede de Oscilografia .....	51
<b>4. OUTRAS ATIVIDADES</b> .....	55
4.1 Defeito na Remota da SE69 Xingó .....	55
4.2 Disparo Capacitivo .....	56
<b>5. PARTICIPAÇÃO EM CURSOS E SEMINÁRIOS</b> .....	56
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	57
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	58
<b>8. GLOSSÁRIO DE SIGLAS E TERMOS EM USO</b> .....	59
<b>9. ANEXOS</b>	

## 1. HISTÓRICO

O crescimento sócio-econômico e tecnológico do Nordeste está intrinsecamente ligado à Companhia Hidro Elétrica do São Francisco – Chesf, Empresa do Sistema Eletrobrás. Na década de 40, o abastecimento de energia para os 14 milhões de habitantes se dava de forma precária, através de centrais térmicas, dificultando a industrialização e o desenvolvimento sócio-econômico da Região.

Desde sua criação, em 3 de outubro de 1945, e sua constituição formal em 15 de março de 1948, a Chesf vem aproveitando o desnível natural do Rio São Francisco, como foi idealizado pelo então Ministro Apolônio Sales, que criou e consolidou a Empresa, e cumprindo sua missão institucional de produzir, transmitir e comercializar energia elétrica, melhorando a qualidade de vida de mais de 40 milhões de nordestinos.

Tem como acionistas a Eletrobrás (majoritário – 99%), Sudene, Finor, Companhias Energéticas, INSS, Governos Estaduais, Governos Municipais, Bancos, Tesouro Nacional, empresas diversas e pessoas físicas.

Com mais de 50 anos de atuação, a Chesf é uma das maiores e mais importantes empresas do setor elétrico brasileiro. É responsável pela produção, transporte e comercialização de energia elétrica para oito estados nordestinos – Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Sua área de abrangência é de 1,2 milhão de quilômetros quadrados, o equivalente a 14,3% do território brasileiro, beneficiando mais de 40 milhões de habitantes.

A Chesf possui atualmente uma capacidade de geração de energia de 10.705 megawatts, sendo 10.271 megawatts de origem hidráulica, 432 megawatts de origem termelétrica e 1,2 quilowatts de origem eólica. É a companhia com o maior parque gerador do País.

Seus funcionários, das mais variadas formações e origens, encontram-se distribuídos em toda área de atuação da empresa, desde as maiores capitais do Nordeste até a mais longínqua localidade do interior, diuturnamente a postos para garantir o mais alto grau de confiabilidade no atendimento aos clientes. Assim, cada grande complexo empresarial e cada residência onde se vê luz do desenvolvimento acesa, vê-se a Chesf cumprindo o seu papel de impulsionar o crescimento da Região.

A primeira usina da Chesf a entrar em funcionamento foi Paulo Afonso I, inaugurada pelo presidente João Café Filho em 15 de janeiro de 1955.

O sistema de geração da Chesf é composto por 14 usinas hidrelétricas e duas termelétricas, totalizando uma potência nominal instalada de 10,7 milhões de kW, a maior do setor elétrico brasileiro. As usinas hidrelétricas representam cerca de 96% da potência total

instalada na Chesf e a maior parte delas está situada no Rio São Francisco. São 64 máquinas, sendo 54 hidráulicas e dez termelétricas.

As mais importantes são:

- Paulo Afonso I, II e III – As três usinas estão instaladas em cavernas independentes porém interligadas e aproveitam cerca de 80 metros do desnível natural criado no local pela cachoeira de Paulo Afonso. A capacidade total destas usinas é de 1.524MW, sendo 180MW da usina Paulo Afonso I; 480MW, da Paulo Afonso II e 864 MW, de Paulo Afonso III.
- Apolônio Sales – Conta com a potência total de 440MW. Seu reservatório acumula 1 bilhão de metros cúbicos de água e tem por principal finalidade a regularização plurissemanal do fluxo do Rio São Francisco.
- Sobradinho – A construção de Sobradinho, além de garantir a regularização definitiva do Rio São Francisco permitiu a formação de um dos maiores lagos artificiais do mundo, com uma área de mais de 4 mil km<sup>2</sup> e 34,1 bilhões de metros cúbicos de água acumulada. Possui 1.050MW de capacidade instalada.
- Paulo Afonso IV – A última usina do Complexo Paulo Afonso é uma das mais extraordinárias obras de engenharia hidrelétrica, na categoria de usinas subterrâneas. Sua casa de máquinas foi instalada em uma caverna com 210 metros de extensão, 24 metros de largura e 55 metros de altura. São 2.460MW de potência instalada.
- Boa Esperança – A capacidade instalada de Boa Esperança, no rio Parnaíba, é de 234MW, divididos entre quatro unidades geradoras, acionadas por turbinas Francis. No sítio da Usina está implantada uma Subestação de 500kV, principal ponto de interligação do sistema de transmissão que atende ao Piauí, oeste do Ceará e à interligação Norte/Nordeste.
- Luiz Gonzaga (Itaparica) – A potência total da Usina Luiz Gonzaga é de 1.500MW. O reservatório formado pelo represamento do rio São Francisco em Itaparica ocupou uma área de 834km<sup>2</sup>, com acumulação de 10,8 bilhões de metros cúbicos.
- Xingó – O último grande Aproveitamento energético do São Francisco foi a Usina de Xingó, uma das mais modernas hidrelétricas do Brasil e a maior da Chesf. Construída no Sertão, entre Alagoas e Sergipe, Xingó produz mais de 25% da eletricidade que o Nordeste consome, chegando a uma capacidade total de 3.000MW. Sua construção contou com condições topográficas e geológicas extremamente favoráveis, beneficiando-se com a formação de um reservatório totalmente encaixado no cânion, com um mínimo de impacto ambiental e reassentamento de apenas 17 famílias. A Usina de Xingó é totalmente automatizada e do seu moderno centro de controle são operadas as unidades geradoras e a subestação elevadora de 500kV.

- Outras Usinas – O Sistema de Geração da Chesf inclui ainda a Usina Piloto no Rio São Francisco; as Hidrelétricas de Funil e Pedras, no rio de Contas; Araras, no rio Aracaú e Coremas , no rio Piancó.
- Usinas Termelétricas – Na área da geração térmica a Chesf conta com as usinas de Camaçari I, de 290MW, na Bahia, e Bongi, de 142,5MW , em Pernambuco, que operam em ciclo aberto. A Camaçari I está equipada com cinco turbinas a gás de 58MW, podendo utilizar óleo residual ou óleo diesel como combustível. A usina do Bongi, que foi montada na década de 70, conta com cinco turbinas a gás de 28,5MW que utilizam óleo diesel.

A Chesf é a empresa do setor elétrico com o maior sistema de transmissão em alta tensão do país. São 17 mil quilômetros em linhas instaladas de 500 kV, 230 kV, 138 kV e 69 kV. As 83 subestações, com capacidade total de transformação de 28.812 MVA, são responsáveis por fornecer a energia produzida às concessionárias de distribuição e aos grandes complexos industriais da região.

O sistema de Telecomunicações da Chesf atende às necessidades de comunicação corporativa, para gestão e operação do sistema eletroenergético.

Nos últimos anos a Chesf tem buscado outras fontes de geração de energia, como a solar, eólica e biomassa florestal.

Na área ambiental, a maior preocupação da Chesf é compatibilizar a expansão, implantação e operação do seu sistema com a preservação do meio ambiente e o uso sustentável dos recursos naturais.

Devido à formação do reservatório de Itaparica houve a relocação de 10.500 famílias de sete municípios pernambucanos e baianos. Quatro cidades foram reconstruídas: Petrolândia e Itacuruba (PE), Rodelas e Chorrochó/Barra do Tarrachil (BA). O projeto Itaparica assumiu o compromisso de garantir novas formas de sobrevivência , restabelecendo uma base sócio-econômica sustentável para todas as pessoas atingidas.

No Programa Xingo a Chesf contou com a adesão do Comunidade Solidária, CNPq, instituições de pesquisa e universidades federais. Seu objetivo é buscar alternativas de vida em 29 municípios de Alagoas, Bahia, Pernambuco e Sergipe, abrangendo uma área de 40 mil km<sup>2</sup>.

O incentivo ao turismo também é uma das metas da empresa. A região de Sobradinho, Itaparica, Paulo Afonso e Xingo aproveitam suas potencialidades naturais para atrair turistas de todos os cantos.

A Chesf é o braço operativo no Nordeste do Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios – PRODEEM, do Ministério das Minas e Energia. Também participa do programa de combate ao desperdício juntamente com o PROCEL e pretende atingir até 2.015 uma economia de R\$ 34 bilhões.



A Chesf dispensa atenção ao seu papel de empresa cidadã investindo em patrocínios a diversas iniciativas culturais em sua área de atuação, utilizando-se de recursos próprios e através das vantagens oferecidas pelas leis de incentivo à cultura federal e estaduais.

## **2. CENÁRIO DO SETOR ELÉTRICO**

O Setor Elétrico Brasileiro iniciou uma nova fase a partir de 1993, com o advento da Lei nº 8631/93 que viabilizou maior segurança entre seus atores nas transações relacionadas com a energia elétrica, na medida que criou meios para garantir o cumprimento das obrigações assumidas naquele ambiente.

Porém, somente dois anos mais tarde quando foram regulamentados os dispositivos constitucionais relativos às concessões e permissões de serviços públicos e exploração de bens e instalações de energia elétrica, através da aprovação de Leis relacionadas com concessões e permissões, inclusive, no campo específico de energia, é que se proporcionou as condições necessárias para a reorganização desse setor de modo a torná-lo competitivo.

Nos anos 90 foram reunidos todos os fatores que poderiam contribuir para o agravamento de uma crise no Setor Elétrico: a insuficiência de investimentos efetuados nas décadas anteriores, o esgotamento da capacidade de geração de energia elétrica das hidrelétricas existentes, o aquecimento da economia provocado pelo Plano Real e a escassez de recursos do Governo para atender a necessidade de investimentos para a expansão do Setor Elétrico, que em média precisava de ingressos na ordem de R\$ 6 bilhões ao ano, entre outras funções atinentes ao Estado, razão pela qual se fez necessário estudar alternativas que viabilizassem a referida expansão setorial.

O Governo encontra a alternativa de intervir menos no Setor Elétrico como acionista controlador e empresário procurando, gradualmente, através do Programa Nacional de Desestatização – PND, atrair novos empreendedores para exercer estes papéis. Tal alternativa demonstra que o antigo sistema era incompatível com a globalização. Resolveu-se então respaldar a referida política de Governo contratando consultoria especializada para estes fins.

Em 1996, o Governo Brasileiro contratou os serviços de consultoria da Coopers & Lybrand para auxiliá-lo a desenvolver um novo modelo de funcionamento para o Setor Elétrico Brasileiro através do projeto RE-SEB. Os objetivos básicos desse projeto eram a introdução de competição nos segmentos Produção e Distribuição/ Comercialização e, ao mesmo tempo, a criação de um ambiente comercial transparente que fornecesse sinais claros e regras com bases econômicas para o funcionamento das Empresas existentes, bem como a entrada de capital privado para expansão e concretização de novos investimentos.

Ainda em agosto de 1996, iniciou-se a fase de concepção do novo modelo, sob a coordenação da Secretaria Nacional de Energia do Ministério de Minas e Energia, se concluindo pela criação de uma Agência Reguladora, um operador para o sistema e um ambiente, através de uma operadora, onde fossem transacionadas as compras e vendas de energia elétrica.

Assim, através da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, o Governo assumiu o papel de agente orientador e fiscalizador dos serviços de energia elétrica.

A ANEEL, criada em 1996 visando estabelecer bases regulatórias para o novo Mercado, tem como principais atribuições além de regular e fiscalizar o Setor Elétrico:

- fixar tarifas e padrões de qualidade;
- estimular a eficiência econômica da indústria;
- manter os investimentos realizados pelos empreendedores lucrativos;
- universalizar os serviços de energia elétrica – livre acesso; e
- evitar abusos na estrutura de custos do sistema

Continuando o processo de reestruturação, o Congresso Nacional determinou a criação do ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico e do MAE – Mercado Atacadista de Energia, através da Lei 9648 de maio de 1998 e do Decreto 2655 de julho do mesmo ano.

## 2.1 O Setor Elétrico Hoje

Com a reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro, avanços significativos vêm sendo obtidos no que se refere tanto ao volume de investimentos, obras e projetos, como na própria estrutura de organização das empresas. A privatização, além de estar modernizando o setor como um todo, desverticalizou as pesadas estruturas estatais, dividindo as empresas por suas atividades: geração/comercialização, transmissão, distribuição/comercialização e comercialização.

Muitos milhões de reais já foram investidos no aprimoramento e construção de novas usinas, modernização das redes e ampliação de linhas, equipamentos e tecnologia.

Atualmente, o Brasil tem uma capacidade instalada de geração de energia elétrica de 60 mil MW. Todavia, para acompanhar o crescimento econômico projetado para a década (importante ressaltar que as taxas de crescimento previstas para o setor são as mais altas do mundo), esta capacidade precisa crescer 5% ao ano até 2008, atingindo 105 mil MW e para que isto ocorra, calcula-se que será preciso investir cerca de R\$ 44,5 bilhões.

## O Setor Elétrico Hoje – Quadro Comparativo

Modelo Antigo	Modelo Novo
Financiamento através de recursos públicos	Financiamento através de recursos públicos (BNDES) e privados
Empresas estatais verticalizadas	Concessionárias divididas por atividade: geração, transmissão, distribuição e comercialização
Monopólios com competição inexistente	Livre concorrência – competição na geração e comercialização
Consumidores cativos	Consumidores Livres
Preços regulados pelo DNAEE	Preços livremente negociados

### 2.2 MAE

O MAE – Mercado Atacadista de Energia Elétrica, ambiente virtual, não constituindo portanto pessoa jurídica, onde se processam as atividades comerciais de compra e venda de energia elétrica por meio de contratos bilaterais e de negociações a curto prazo.

Em resumo, podemos dizer que o MAE tem alguns objetivos e responsabilidades principais como estabelecer e conduzir eficientemente o Mercado (cumprindo sempre as disposições do acordo de Mercado), além de promover o desenvolvimento contínuo do mesmo e tornar a co-responsabilidade pelo bom funcionamento e desenvolvimento do Setor Elétrico Brasileiro.

Para alcançar estes objetivos e exercer suas funções, o MAE precisa basicamente ter regras claras, ter um sistema computacional eficiente e ter uma empresa para operar o Mercado (ASMAE).

O MAE tem suporte legal e regras de funcionamento previstas no Acordo de Mercado, um contrato multilateral assinado em agosto de 1998. Ele estabelece, dentre outras coisas, as diretrizes de funcionamento, regendo as obrigações e direitos de seus membros, as condições de adesão, as garantias financeiras, suas regras comerciais, as condições para alteração de seus termos, além de outras determinações relevantes.

## 2.3 ONS

O Operador Nacional do Sistema Elétrico é uma entidade privada, criada em 26 de agosto de 1998, responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica nos sistemas interligados brasileiros. O ONS é uma associação civil, cujos integrantes são as empresas de geração, transmissão, distribuição, importadores e exportadores de energia elétrica, e consumidores livres, tendo o Ministério de Minas e energia como membro participante, com poder de veto em questões que conflitem com as diretrizes e políticas governamentais para o setor. Também tomam parte nessa associação os Conselhos de Consumidores.

A Operação Nacional do Sistema Elétrico concentra sua atuação sobre o Sistema Integrado Nacional, que no início de 2000 corresponde a uma capacidade geradora instalada de 62.076 MW, distribuídos entre os diferentes tipos de geração.

O Sistema Interligado Nacional é formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte.

A maior parte da capacidade instalada é composta por usinas hidroelétricas, que se distribuem em 12 diferentes bacias hidrográficas nas diferentes regiões.

Devido a grande distância entre as usinas hidrelétricas e os centros consumidores foi necessário desenvolver no país um extenso sistema de transmissão. A rede de transmissão forma caminhos alternativos e permite transportar com segurança a energia produzida até os centros de consumo. Também as grandes interligações possibilitam a troca de energia entre regiões, permitindo obter benefícios a partir da diversidade de comportamento das vazões entre rios de diferentes bacias hidrográficas.

A operação centralizada do Sistema Interligado Nacional está embasada na interdependência operativa entre as usinas, na interconexão dos sistemas elétricos e na integração dos recursos de geração e transmissão no atendimento ao mercado.

A interdependência operativa é causada pelo aproveitamento conjunto dos recursos hidrelétricos, através da construção e da operação de usinas e reservatórios localizados em sequência em várias bacias hidrográficas.

A utilização dos recursos de geração e transmissão dos sistemas interligados permite reduzir os custos operativos, minimizando a produção térmica e o consumo de combustíveis sempre que houver superávites hidrelétricos em outros pontos do sistema.

Quando é necessária a contribuição de usinas térmicas para o atendimento do mercado como um todo é exigida a interconexão e integração entre os agentes, afim de que não só os consumidores das empresas em questão sejam atendidos.

A operação do SIN em 1999 foi marcada pela cuidadosa gestão de recursos energéticos escassos, em virtude de condições hidrológicas desfavoráveis, principalmente nas bacias hidrográficas onde estão localizados os maiores reservatórios do sistema.

A transferência de energia entre regiões foi intensamente utilizada para recuperar os níveis de armazenamento dos reservatórios das regiões Sudeste e Nordeste, a partir da disponibilidade de excedentes energéticos na região Norte e da maximização da geração de Itaipu. A carga própria atendida em 1999 foi de 343.256 GWh, com um crescimento de 2,7% em relação ao ano anterior.

Após estudar a configuração do sistema em 2000 comprovou-se que a operação integrada acresce 22% à disponibilidade de energia do parque gerador, sem investir em novas usinas e equipamentos, em relação ao que se teria se cada empresa operasse suas usinas isoladamente. Ao longo das duas últimas décadas, os benefícios da operação coordenada permitiram adiar investimentos de geração e transmissão que exigiriam recursos de cerca de 17 bilhões de reais.

## 2.4 COSR-NE

O Centro Regional de Operação Nordeste é um órgão que auxilia o ONS na supervisão e coordenação dos centros de operação dos sistemas elétricos do Nordeste.

É responsável, dentre outras informações, pela emissão do RDO – Relatório Diário da Operação – onde fornece informações sobre:

- Geração/Intercâmbio
- Consumo de Combustível
- Reserva Girante
- Interligação
- Dados Hidrológicos
- Demandas Máximas das Principais Subestações
- Demandas dos Consumidores Industriais
- Desligamentos Forçados
- Etc.

### 3. ATITUDES DA CHESF EM RELAÇÃO AO NOVO MODELO

A Chesf com o objetivo de inserir-se no novo contexto do setor elétrico vem investindo na modernização de suas usinas, subestações e linhas de transmissão já existentes, como também na construção de novos eventos.

No período de estágio acompanhei algumas dessas ações que serão relatadas a seguir.

#### 3.1 Recapacitação de Linhas

A Recapacitação de linhas foi acompanhada por questão de curiosidade já que a atividade em questão foi realizada por um setor que apesar de pertencer a mesma divisão não foi possível o acompanhamento do serviço em sua verdadeira dimensão, mas sim das consequências do mesmo em linhas nas quais foram implantadas cadeias de relés, que foram de grande relevância no desenvolvimento do estágio.

Com a Interligação do Sistema Elétrico e o Mercado de Energia a Chesf está investindo na "Recapacitação de Linhas de Transmissão", pois a mesma será remunerada pela capacidade de transmissão de cada uma de suas instalações.

A Recapacitação das LT's 230 kV Paulo afonso – Bom Nome – Milagres promoveu o aumento da capacidade de transmissão destas LT's (60%) a fim de suprir a demanda necessária quando o Nordeste for exportador.

Para entender a recapacitação é necessário conhecer alguns conceitos como:

- Recapacitar é revitalizar e/ou repotencializar uma LT.
- Revitalizar é aumentar a confiabilidade de uma LT.
- Repotencializar é elevar sua capacidade de transmissão.

A Chesf juntamente com o CEPEL apresentou no "XV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica", o estudo de novos métodos para o aumento de potência de LT até 230 kV.

Todo o estudo é dependente da análise da viabilidade técnica e econômica de novas formas de recapacitação, considerando prazos, custos e benefícios envolvidos na execução da alternativa escolhida, em relação à construção de uma nova LT.

A otimização da recapacitação deve, na primeira etapa, avaliar os parâmetros ideais da LT dentro do sistema no horizonte planejado, e em segunda etapa no levantamento das condições atuais intrínsecas ou extrínsecas para só então cotejar as alternativas aplicáveis. A limitação frequente em LT's curtas consiste na temperatura máxima em condições de demanda limite, seja para a vida do cabo seja para as distâncias de segurança,

comprometidas pela dilatação térmica. No caso das LT's longas onde se deseja o melhoramento da reatância e da capacitância das fases, a solução tecnicamente adequada pode ser a adição de um novo cabo que atenda os limites de corona, da distribuição de corrente e estruturas disponíveis.

Basicamente , para melhorar as distâncias de segurança sem ônus estrutural praticam-se o retensionamento, a transformação da cadeia de suspensão em semi-ancoragem (ganhando altura de suspensão mas onerando o isolamento e a suportabilidade mecânica ao rompimento de fase), ou, dentro da disponibilidade dos suportes, recondutoramento com menor densidade de corrente.

A técnica de feixe expandido é uma simplificação da técnica LNPE ( Linha Natural Potência Elevada ) que otimiza bitola, número e posição de subcondutores no feixe a partir de uma linha em feixe tradicional ( com mais de um cabo) a aproximadamente meio metro uns dos outros. Adequa-se a geometria do feixe com ferragens concebidas de modo a diminuir a reatância com reflexos na capacitância e melhoramento na impedância sem aumento da seção condutora. Essa técnica é altamente favorável às linhas longas.

Aliando a técnica de recondutoramento com a do feixe expandido, a família de soluções ora apresentada consiste em facultar maior seção de alumínio pela adição de um cabo complementar, devidamente otimizado na geometria elétrica mais favorável a redução da reatância. Essa técnica é chamada DUFEX ou SUPERFESTÃO. Considerando a pouca disponibilidade mecânica dos suportes, este acréscimo é geralmente em bitolas bem menores, exceto casos de reforços ou antigas folgas exageradas.

Essa nova tecnologia abre um sem número de possibilidades de soluções, permitindo adequações a diferentes padrões estruturais com o emprego de materiais convencionais ou favorecendo novos, como por exemplo, o alumínio termo resistente nos superfestões em média tensão.

Nas linhas já recapitadas pela Chesf foi usada a técnica DUFEX, onde foi necessário o estudo adicional de estruturas metálicas e de concreto.

Não houve licitação nesse projeto devido a urgência, ineditismo e responsabilidade do serviço, o que gerou mau entendimento quanto as reais necessidades e possibilidades desse empreendimento. Diante desse agravante a Chesf decidiu efetuar uma nova tomada de preço, inclusive ampliando o número de participantes.

### 3.2 Implantação de Cadeias Digitais

As cadeias digitais foram implantadas devido a necessidade de modernização da proteção do sistema de acordo com o novo modelo supervisionado pelo ONS.

A SE PAF tem uma maior atenção no que diz respeito a implantação de cadeias digitais devido a mesma possuir proteções obsoletas e a sua importância para a Chesf. Desta forma foi firmado contrato com a *ALSTOM* para que em toda a subestação PAF seja estabelecido um padrão.

As cadeias *GE* utilizadas nas linhas 04F1 e 04F2 PAF/ BNO são sobressalentes das linhas Presidente Dutra - Teresina II e Teresina II – Sobral III. Substituem os sistemas eletromecânicos RXAP e PDS que já estavam obsoletos e não garantiam uma boa confiabilidade de atuação.

Essas cadeias foram implantadas devido a demora de envio das cadeias *Micom P441* e *P442* da *ALSTOM*.

Quando as cadeias *ALSTOM* chegarem substituirão as cadeias *GE* que já foram instaladas.

A cadeia *SIEMENS* foi instalada como relé "curinga". Ser o "curinga" significa ter a propriedade de substituir qualquer outro relé de distância. Essa cadeia foi instalada junto ao disjuntor de transferência da SE PAF 14D2.

Para que fosse executada a manutenção em um disjuntor da SE PAF a linha era transferida para o disjuntor 14D2 juntamente com sua proteção de distância. Porém, no caso de um defeito ou a necessidade de manutenção na proteção a linha seria indisponibilizada, o que hoje em dia significa um adicional na parcela variável. Para evitar tais contratempos o disjuntor de transferência 14D2 possui sua própria proteção, que é o relé curinga. Esse disjuntor pode proteger qualquer uma das linhas da subestação sendo necessária somente a implantação da OA adequada a cada linha juntamente com suas características.

### 3.2.1 Cadeia Digital *SIEMENS*

#### Aplicação

O relé de proteção de distância *SIPROTEC* modelo *7SA510* oferece rápida, confiável e seletiva eliminação de todos os tipos de faltas entre fases e entre fases e terra em um e/ou múltiplos alimentadores em linhas aéreas e cabos em radial, anel ou qualquer outro tipo de cadeias enlaçadas.

O sistema principal pode ser isolado, compensado (supressão de arcos por bobinas de *Petersen*), terra estável ou baixa resistência de terra. O escopo de funções é otimizado para o uso em linhas de alta tensão. Entretanto pode ser usado por qualquer sistema de tensão.

Contém todas as funções vitais para a proteção de um circuito alimentador de alta tensão e é desta forma aplicável universalmente. Pode também ser usado como uma



proteção de retaguarda para sistemas de proteção diferencial para todos os tipos de linhas, transformadores, geradores, motores e barramentos.

Sua função fundamental é a determinação da distância do curto-circuito por medição de impedância. Esta pode ser suplementada por uma série de funções opcionais que oferecem suplemento de oscilação de potência, interface de teleproteção, proteção de sobrecarga térmica (cabos), detecção de falta a terra (para cadeias isoladas ou compensadas), proteção de falta a terra altamente sensível (por falta com alta resistência a terra em cadeias aterradas), religamento automático (para linhas aéreas), localização de faltas.

Durante uma falta na cadeia os valores instantâneos são armazenados por um período de mais de 5 segundos e são disponíveis para análises de faltas subsequentes.

A contínua monitoração de medidas permite rápida anunciação de qualquer falta.

Interfaces seriais permitem comunicação compreensiva com outros dispositivos de controle e armazenagem digital. A interface do sistema serve a comunicação por meio de ligação via modem.

## Características

- Sistema de processamento com microprocessador de 16 bits;
- Completo processamento de medidas digitais e controle de aquisição de dados e digitalização de medidas até o disparo e fechamento para o circuito do disjuntor;
- Completa separação galvânica e confiável dos circuitos internos de processamento de medidas, controle e circuitos de suprimento do sistema, com entradas analógicas de transdutores, entradas binárias e módulos de saída e conversor c.c./ c.c.
- Escopo das funções requerido para a proteção de um circuito alimentador de alta tensão;
- Detecção de falta por sobrecorrente – opcional tensão controlada (U/I) ou fase-ângulo dependente da detecção da impedância de falta;
- Característica de disparo poligonal com independente ajuste de alcance ao longo dos eixos R e X com ajuste separado de R para faltas a terra;
- Determinação direcional que usa polarização de fase sã e memória de tensão, dando sensibilidade direcional ilimitada;
- Funções suplementares podem ser ordenadas como uma opção;
- Cálculos contínuos de medidas operacionais e indicação no mostrador frontal;
- Simples ajuste e operação usando o painel de operações integradas ou um PC conectado com software e o guia do menu;

- Armazenagem de dados e valores instantâneos durante uma falta ou registro de falta;
- A comunicação com central de controle e dispositivo de armazenagem via interfaces seriais é possível com conexão de fibra ótica (opcional);
- Contínua monitoração das medidas, hardware e software do relé.

#### Funções Implementadas

O 7SA510 contém as seguintes funções:

##### Proteção de distância com

- Detecção seletiva de falta por sobrecorrente de fase;
- Detecção opcional de falta por tensão controlada (U/I) ou detecção de impedância de falta com característica de ângulo dependente poligonalmente amoldada;
- Cinco zonas de distância podem ser ajustadas para operar na direção direta ou na direção reversa ou não-direcional, uma delas pode ser usada como zona de sobrealcance gradual;
- Sete estágios de tempo;
- Característica poligonal de disparo com ajustes independentes de alcance ao longo dos eixos R e X, com ajuste separado para R para faltas fase e terra;
- Determinação direcional que usa polarização de fase sã e memória de tensão, do modo apropriado para uso com TPC's e dando sensibilidade direcional ilimitada.

##### Suplemento de balanço de potência (opcional com detecção de impedância de falta)

- Detecção de oscilação de potência por medição de  $dR/dt$ ;
- Evitar ocorrência de disparo desnecessário durante balanço de potência no sistema;
- Para uso do bloqueio de balanço de potência ou disparo por oscilação de potência.

##### Interface universal de teleproteção

###### Programável para diferentes esquemas de

- PUTT – transferência de disparo permissivo de subalcance;
- POTT – transferência de disparo permissivo de sobrealcance.

##### Proteção de linha morta

- Provê alta velocidade de operação em qualquer fim de linha quando há chaveamento manual sob um disparo de falta.

### Função de sobrecorrente de emergência

Com dois estágios definidos para característica de sobrecorrente temporizado e estágio separado de corrente a terra,

- Para “ operação de emergência ” se o TP minimiza o disparo do circuito do disjuntor ou
- Para “ operação de emergência ” no caso de falha de fusível do TP secundário.

### Proteção de sobrecarga térmica

- Fornece resposta térmica das perdas de calor por corrente;
- Valor r.m.s verdadeiro de todos os três condutores de corrente;
- Estágios de advertência ajustáveis.

### Detecção de falta a terra (opcional)

Para cadeias isoladas ou compensadas com

- Detecção seletiva de falha de fase;
- Determinação direcional sensível.

### Proteção de falta a terra altamente sensível (opcional)

- Para faltas a terra altamente resistiva em cadeias com o sistema principal aterrado;
- Com dois estágios de corrente de partida a terra;
- Determinação direcional usando componentes de sequência zero de correntes e tensões;
- Opcionalmente com comparação direcional via vínculo de comunicação (ex. PLC ou fibra ótica);
- Função de retaguarda no caso de falha de tensão usando proteção de corrente a terra de tempo definido;
- Alternativamente proteção de corrente a terra não-direcional com tempo inverso com 3 características selecionáveis (não em conjunção com proteção de falta com direcional a terra).

### Função de religamento automático (opcional)

- Disparo simples ou múltiplo (ex. RAR e DAR);
- Com tempos de ações separadamente alocados e tempos mortos para RAR (rápido AR para primeiro disparo) e DAR (AR atrasado para disparos adicionais).

### Localização de distância para falta

- Pode ser iniciado por detecção de falta ou comando de disparo ou por comando externo;
- Cálculo de distância de falta;

- Produção da distância de falta em ohms (primário e secundário), quilômetros e % do comprimento de linha.

As funções de padrões também incluem

- Duas funções lógicas com estágios de tempo que podem ser definidas pelo usuário em ordem a combinar, retardo ou processamento de sinais externos;
- Contínua auto-monitoração de circuitos d.c., através da corrente e do transformador de potencial introduz disparo aos relés, e assim alcançando máxima disponibilidade e uma estratégia de manutenção mais corretiva que preventiva;
- Medida e testes de rotina abaixo de condições normais de carga:

Medida de correntes de carga e tensões de operação,

Medida de potência e frequência,

Produção de medidas de impedâncias, direcional e cheque de sequência de fase;

- Anúnciação de armazenamento e transmissão das últimas quatro faltas da cadeia, com relógio em tempo real;
  - Armazenamento de dados das três últimas faltas a terra em sistemas isolados ou compensados a arco;
  - Armazenamento de dados e transmissão para registros de faltas dando
- Rápida análise de falta,
- Registros detalhados de falta;
- Contagem de comandos de disparo como também registro de dados de falta e adição acumulativa de correntes de falta interrompidas;
  - Anúnciação de armazenamento e transmissão das últimas quatro faltas da cadeia, com relógio em tempo real;
  - Ajuda no comissionamento como verificação direcional e teste eficaz do circuito de disjuntor.

### Método de Operação

A proteção de distância *SIPROTEC* modelo *7SA510* está equipada com um poderoso e testado microprocessador de 16 bits. Está munido de processamento inteiramente digital de todas as funções de aquisição de dados de medidas para o comando de disparo do circuito do disjuntor.

Os transdutores de medidas introduzidos na sua estrutura transformam as correntes e tensões dos transformadores de medidas da chave de manobra e combina-as para o nível de processamento interno da unidade.

À parte a isolamento galvânica e de baixa capacitância fornecida pela introdução dos transformadores, filtros são fornecidos para a supressão de interferência. Os filtros são otimizados com relação a largura de faixa e velocidade de processamento para adaptar o processamento das medidas.

À parte do controle e supervisão das medidas, o microprocessador processa as atuais funções de proteção. Estas incluem em particular:

Filtragem e formação das quantidades medidas,

- Cálculos contínuos dos valores que são relevantes para a detecção da falta,
- Determinação das fases que falharam no caso de uma falta,
- Exame de valores limites e sequências de tempo,
- Controle de sinais e sequências para teleproteção, etc,
- Decisão sobre comandos de disparo,
- Armazenamento de valores instantâneos de corrente e tensão durante uma falta para análise.

Entradas e saídas binárias que se dirigem e as do próprio processador são canalizadas via elementos entrada/saída. Destes o processador recebe informação da chave de manobra (ex. reinicialização remota) ou de outro equipamento (ex. sinais de bloqueio). Saídas incluem, em particular, comandos de disparo para o circuito do disjuntor, sinais para sinalização remota de eventos importantes e condições assim como indicadores visuais (LEDs) e um mostrador alfanumérico frontal.

Um teclado com membrana integrada, em conexão com um mostrador LCD alfanumérico intermontado, habilita comunicação com a unidade. Todos os dados operacionais tais como valores de ajustes, dados do aparelho, etc, são introduzidos na proteção deste painel. Usando este painel os parâmetros podem ser chamados e dados relevantes para a avaliação de uma falta podem ser lidos após a mesma ter ocorrido. O diálogo com o relé pode ser conduzido alternativamente via uma interface serial na placa frontal por meio de um PC. Via uma segunda interface serial (opção), dados de falta podem ser transmitidos para uma unidade central de avaliação. Durante uma operação sadia, valores de medidas também podem ser transmitidos, ex. correntes de carga. Esta segunda interface é adaptada para a transmissão por meio de ligação com fibra ótica.

A alimentação da unidade provê alimentação auxiliar para vários níveis de tensão para as unidades funcionais descritas. +24V é usado para a saída do relé. As entradas analógicas requerem  $\pm 15V$ , enquanto o processador e seus periféricos imediatos são supridos com +5V. Falhas transientes na alimentação, acima de 50ms, que podem ocorrer durante curtos-circuitos na fonte d.c. do sistema do equipamento são transpostas por um elemento de armazenamento de tensão d.c. (tensão auxiliar  $\geq 110Vdc$ ).

## Proteção de Distância

A proteção de distância é a principal função do relé. É caracterizada por alta precisão de medidas e possibilidade de adaptação flexível para as dadas características da cadeia. Pode ser ampliada por uma excursão de funções auxiliares.

## Detecção de falta

A detecção de falta tem o dever de detectar uma condição de falta na cadeia e iniciar todos os procedimentos para a eliminação seletiva da falta:

- Partida dos temporizadores,
- Seleção dos valores de medidas,
- Alívio do cálculo da impedância e identificação direcional,
- Alívio do comando de disparo,
- Iniciação de funções auxiliares,
- Indicação/saída do(s) condutor(es) faltoso(s).

O relé de proteção de distância tem uma variedade de funções de detecção de falta cujo ponto ótimo pode ser escolhido para o sistema sob consideração.

A detecção de falta por sobrecorrente opera com altas correntes de curto-circuito. Se não há uma diferença significativa entre a operação normal (incluindo sobrecarga) e o curto-circuito, em termos da corrente que fluirá - ex. em cadeia com altíssima flutuação de impedância do sistema ou, onde a corrente de curto-circuito limita os dispositivos instalados - então a detecção de falta baixa - impedância (corrente controlada por tensão) ou a detecção de falta de impedância deve ser usada. Com estas opções compreensivas facilidades são possíveis para adaptar à cadeia condições e a filosofia do usuário.

## Detecção e Processamento de falta a terra

Um importante elemento para todos os métodos de detecção de falta é a detecção de uma falta a terra, desde que a determinação dos circuitos fechados de linha defeituosa essencialmente dependa se é uma falta a terra ou não. O modelo 7SA510 está equipado com medição estabilizada da corrente a terra (com facilidade de atraso) como também detecção da corrente de deslocamento. Também foram providas medidas a suprimir a detecção de falta no caso de faltas monofásicas a terra em sistemas isolados ou compensados.

O detector de corrente a terra monitora a onda fundamental do total de correntes de fase ( $I_E = 3 \cdot I_0$ ) em comparação com o valor limite. É estabilizado contra partida defeituosa causada por correntes assimétricas de operação ou correntes distorcidas no circuito secundário dos transformadores de corrente, que são o resultado da saturação do transformador com terra livre de curtos-circuitos: O atual valor de partida é automaticamente aumentada enquanto as correntes de fase aumentam (Figura 1: Ex. para o ajuste 0.25; o ramo horizontal é deslocado de acordo com diferentes ajustes). O valor de retorno a operação normal é aproximadamente 95% do valor de partida.

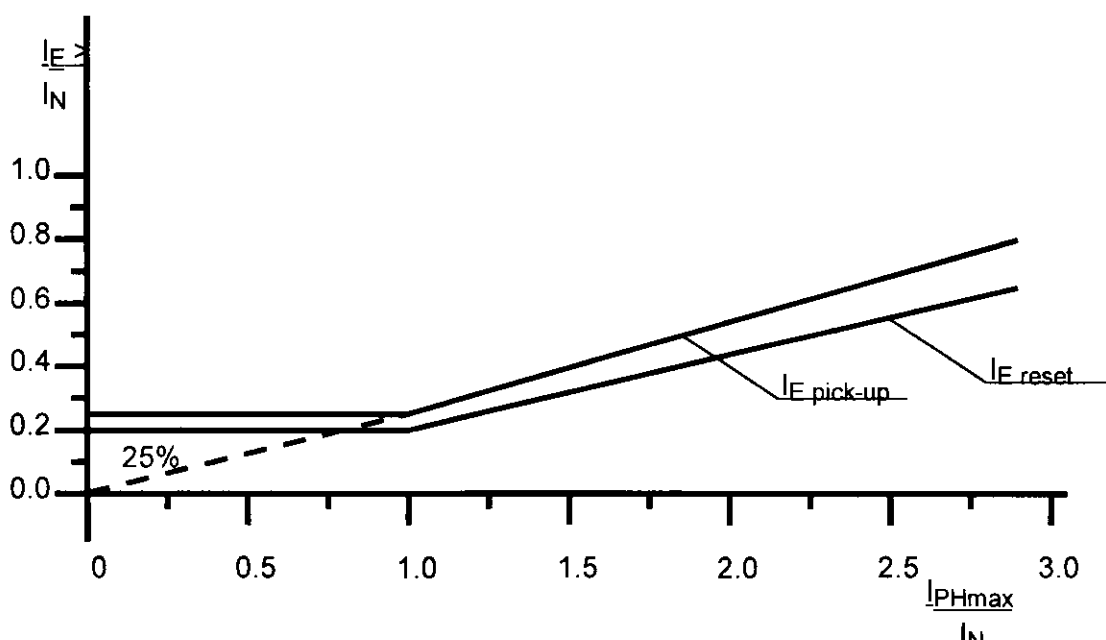


Figura 1 – Detector de corrente a terra – característica atuação/reajuste – exemplo  $I_E > I_N$  ajuste em 0.25

O detector de tensão de deslocamento monitora a onda fundamental da tensão de deslocamento ( $U_E = \sqrt{3} \cdot U_0$ ) em comparação com o valor limite. O valor de retorno a operação normal é aproximadamente 95% do valor de partida.

O valor limite mencionado é devido a correntes parasitas, espúrios do ambiente, saturação nos TC's, ruídos nos TP's e fatores intrínsecos do equipamento.

### Detecção de falta de sobrecorrente

A detecção de falta de sobrecorrente é um procedimento de detecção fase-dedicada. Seguindo a filtragem numérica, as correntes em cada fase são monitoradas em comparação

com o ajuste do valor limite. Um sinal de partida é produzido por aquela(s) fase(s) em que o ajuste do limiar for excedido.

Para habilitar a seleção dos valores medidos, os sinais da detecção de falta fase-dedicada são convertidos em informação do circuito fechado de fase. Isto é conduzido dependendo da detecção de falta a terra. Em sistemas não aterrados o circuito fechado fase-fase é sempre selecionado no caso da detecção de falta monofásica sem detecção de falta a terra.

As fases defeituosas são anunciadas. Uma falta a terra é também anunciada se detectado de acordo com o que foi já descrito.

O detector de falta de sobrecorrente é reinicializado quando a corrente diminui e atinge 95% do valor de partida.

### Detecção de falta de impedância

A detecção de falta de impedância é um procedimento de detecção de falta por laço dedicado. Ou os três laços fase-fase (sem falta a terra) ou os três laços fase-terra (com falta a terra) são monitorados dependendo do resultado da detecção de falta a terra. Um pré-requisito para medição de um circuito fechado de impedância é que ao menos uma das correntes de fase designadas, como também a decisiva corrente de diferença para que o laço tenha excedido um valor mínimo ajustável  $I_{PH} >$ .

A atuação causada por faltas monofásicas a terra em sistema com o ponto principal não-aterrado é efetivamente suprimida pelas medidas descritas em " Detecção e Processamento de falta a terra ".

A impedância é calculada separadamente para R e X em intervalos cíclicos de tempo e comparados com valores de ajuste. Um valor de mudança de passo monitor medido é usado para sincronizar a janela de medida em ocorrência de uma falta.)

Um exemplo da característica da detecção de falta no plano complexo R/X é mostrado na figura 2. Os traços em negrito identificam os parâmetros de ajuste que determinam a característica poligonal da detecção de falta. As interseções de X com X+A e X-A são decisivas para o alcance de falta na direção direta (linha) e na direção reversa (barramento). A interseção de R pode ser ajustada diferentemente para circuitos fechados fase-fase (RA1) e laços fase-terra (RA1E). Isto é possível por exemplo para permitir uma tolerância maior da resistência de falta para falhas a terra.

Para garantir critério inequívoco para discriminação entre operação em carga e um curto-circuito – especialmente no caso de linha longa, linha altamente carregada – as características podem ser ajustadas dependentes do ângulo de fase: a seção RA2 de R,



neste caso, adapta para ângulos de fase acima de um valor ajustável  $\varphi_A$  e a seção RA1 de R abaixo de  $\varphi_A$ .

Para evitar sinais de partida intermitentes próximo a linha das bordas da característica, uma histerese de 6% é fornecida.

A dependência do ângulo de fase pode ser separadamente alcançada para falta a terra com RA2E e  $\varphi_{AE}$ , mas por razões de simplificações não são ilustradas.

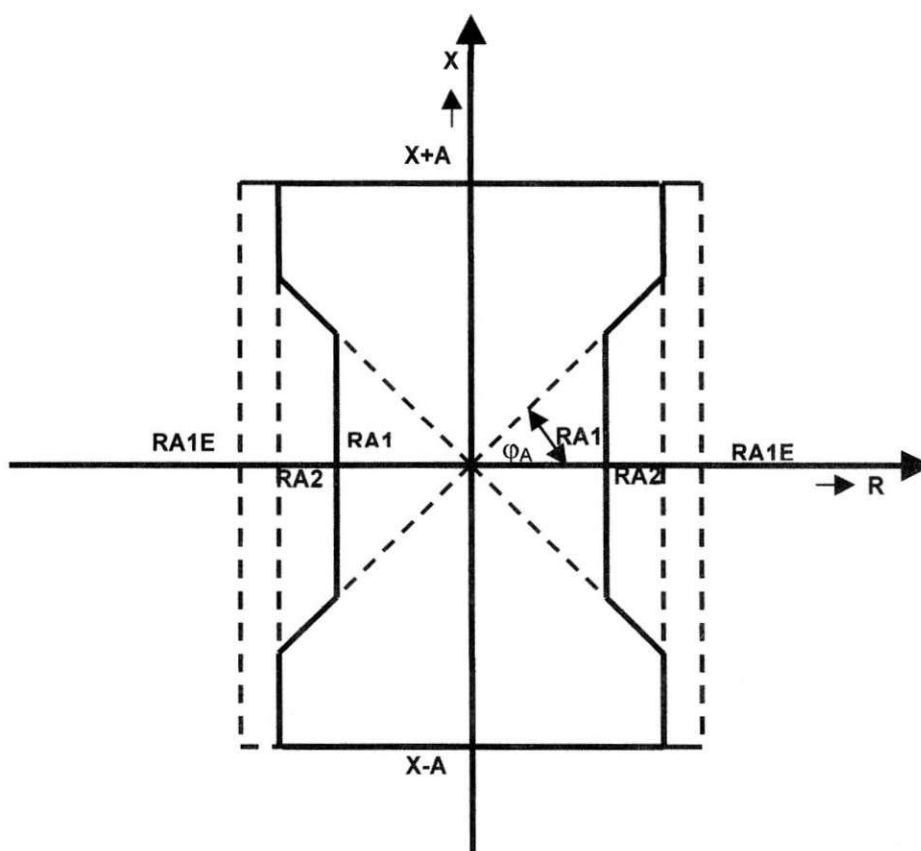


Figura 2 – Característica de Detecção de Falta de Impedância

A partida resulta da medição do circuito fechado em que o vetor impedância pairar dentro dos limites da característica acima. Se for detectada falta em mais de um laço o relé considera como válidos aqueles laços cuja impedância não excede 150% da menor impedância. Isto evita sinal de partida equivocado que pode ser causado pela influência de correntes ou tensões de laços sem defeito – especialmente em casos de pequenas fontes de impedâncias.

A detecção de falta de impedância para fase-terra é suplementada por um estágio de sobrecorrente  $I_{PH} >>$  onde a partida do estágio de sobrecorrente somente avança para a

detecção se o laço de impedância associado for eliminado como descrito no parágrafo anterior. Deste modo faltas duplas com altas correntes são corretamente detectadas igualmente se uma falta de laço for eliminada pelo procedimento acima. Desde que o estágio de sobrecorrente possa somente restabelecer os laços eliminados por partida, a detecção de falsas faltas devido a uma sobrecorrente é impedida ao mesmo tempo se correntes de curto-circuito em falta nas três fases livres possa exceder o ajuste do valor de sobrecorrente num transformador de alimentação não-aterrado ou transformadores aterrados de consumidores.

### Detecção de defeito de laço

Para o cálculo da distância de falta, as correntes e tensões do laço defeituoso são decisivas. O detector seletivo de falta em fases determina o laço defeituoso e libera o valor correspondentemente medido para cálculo de impedância.

Para cálculo de um laço fase-fase, por exemplo, para um curto-circuito em duas fases L1 – L2 (Figura 3) aplica-se a seguinte identidade:

$$I_{L1} \cdot Z_L - I_{L2} \cdot Z_L = U_{L1-E} - U_{L2-E}$$

Onde U, I são (complexos) valores medidos e  $Z = R + jX$  é a (complexa) impedância de linha. A impedância da linha é então

$$Z_L = \frac{U_{L1-E} - U_{L2-E}}{I_{L1} - I_{L2}}$$

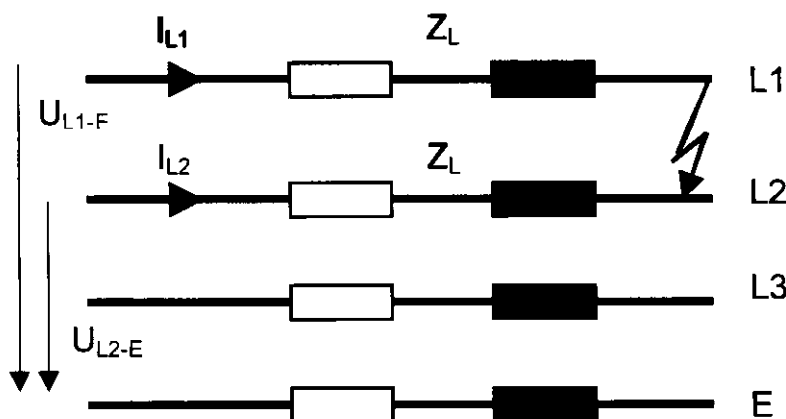


Figura 3 – Curto-circuito fase-fase

Para cálculo de um laço fase-terra, por exemplo, para um curto-circuito L3-E (Figura 4) é necessário observar que a impedância de caminho de retorno a terra é normalmente igual a impedância de fase. Na equação de laço:

$$I_{L3} \cdot Z_L - I_E \cdot Z_E = U_{L3-E}$$

$Z_E$  é relocada por  $(Z_E / Z_L) \cdot Z_L$  que dá

$$I_{L3} \cdot Z_L - I_E \cdot (Z_E / Z_L) \cdot Z_L = U_{L3-E}$$

A impedância de linha é

$$Z_L = \frac{U_{L3-E}}{I_{L3} - (Z_E / Z_L) \cdot I_E}$$

por meio do qual  $Z_E / Z_L$  é dependente só de linhas constantes e não da distância a falta.

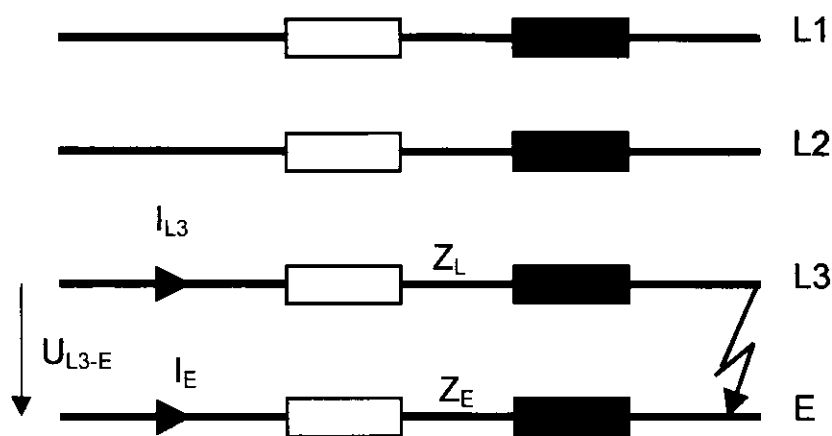


Figura 4 – Curto-circuito fase-terra

A seleção do laço de falta é de modo que para cada tipo de falta os valores corretos são usados para o cálculo. Para múltiplas faltas, pode ser dada preferência a um ou outro tipo de laço de falta.

A seleção de laços de curto-circuito varia consideravelmente, dependendo se o sistema principal é aterrado, isolado ou compensado. Desta forma, a manipulação do sistema principal deve ser conhecida antes do dispositivo ser colocada em operação.

## Determinação Direcional

A direção do fluxo de energia de falta é determinada por algoritmo que avalia todos os valores de tensão e corrente instantâneos atualizados continuamente. Sendo também usadas fase sã e tensões de referência armazenadas. Até mesmo quando a tensão de curto-circuito desaparece. A tensão armazenada (2 ciclos AC) é somente de importância, se a tensão do circuito de medida não é suficiente para uma precisa determinação direcional.

A tensão de referência para ambos laços fase-fase e fase-terra é sempre em ângulos retos para as tensões de curto-circuito (Figura 5). Isto é considerado no cálculo do vetor direcional.

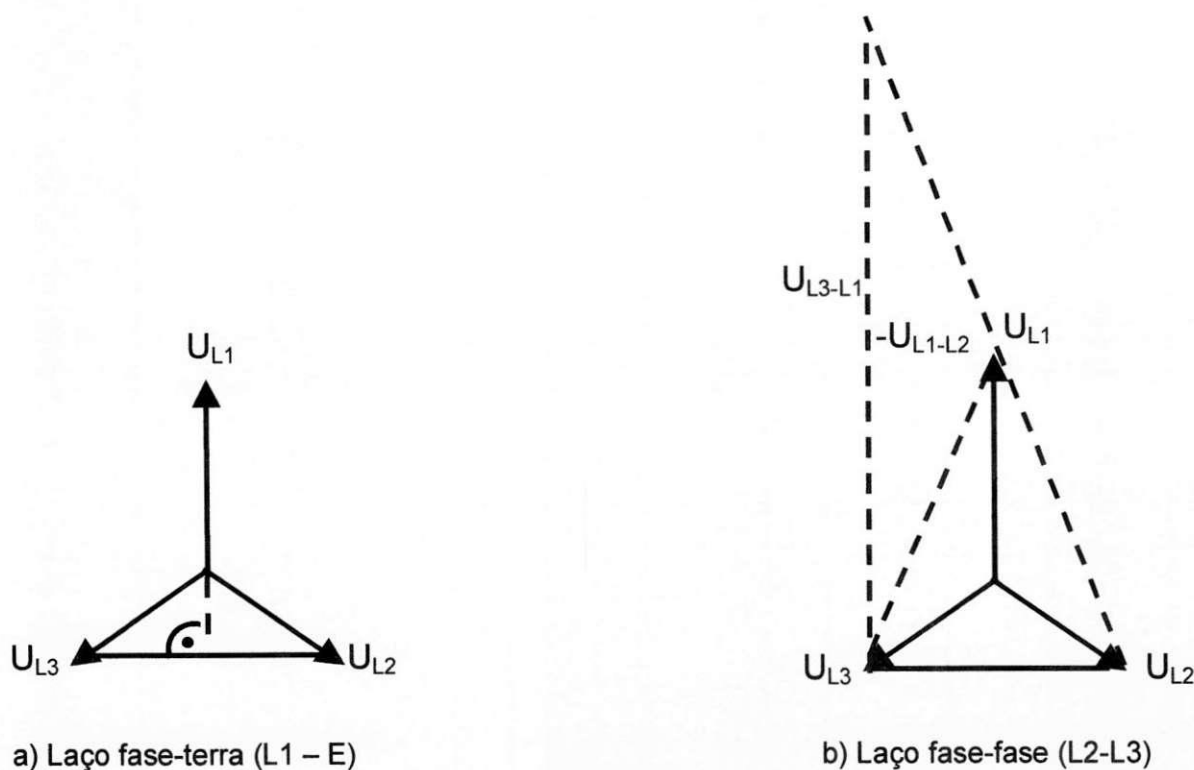


Figura 5

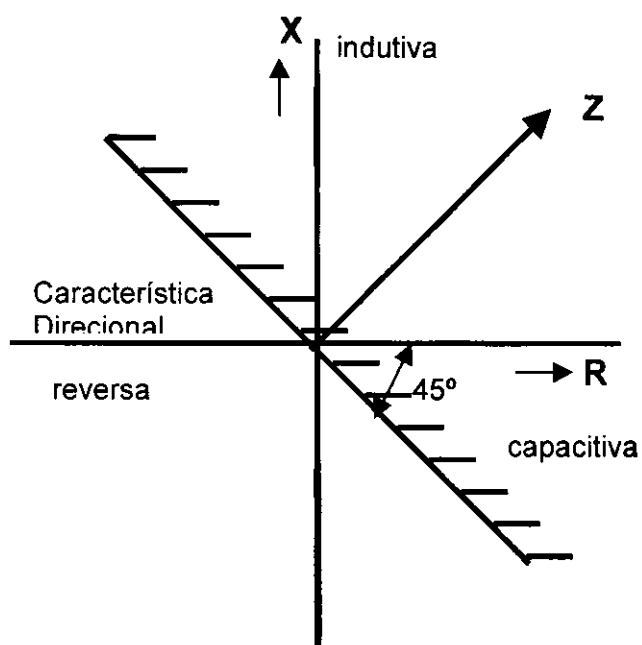


Figura 6 – Característica Direcional , 7SA510

A linha direcional teórica é mostrada na figura 6. Na prática a posição da característica direcional é dependente tanto da fonte de impedância como também da corrente de carga carregada pela linha imediatamente antes do princípio da falta.

### Proteção Fechar sob Falta

Se ao fechar os disjuntores de uma linha desenergizada a mesma estiver curto circuitada sob um barramento vivo é, em geral, essencial que a linha seja imediatamente desconectada. Porém, usando somente a proteção de distância, a desconexão da linha sob falta não é possível: para uma falta trifásica no local do relé uma exata tensão para uma determinação direcional correta não será necessariamente avaliada; quando os TP's são conectados no lado da linha, até então os valores de tensão armazenada não são disponíveis. Se a falta é no lado oposto da linha, a proteção de distância operará somente depois de um tempo de retardo.

Para faltas muito próximas a proteção de distância decidirá "para frente" após a conexão da linha quando o sinal de tensão está ausente. Mas é possível o disparo de 1ª zona.

Para certeza de uma desconexão imediata abaixo de qualquer condição e especialmente quando fechando sob falta, o comando de fechamento manual da discordância de chave pode ser repetido, via uma entrada binária para causar um sinal de disparo imediato quando uma falta é detectada com ajuste de tempo (Figura 7). A falta é eliminada com a partida do sobrealcance de zona Z1B (direcional) ou partida do detector de falta (selecionável) sem retardo.

A lógica integrada fechar sob falta do 7SA510 distingue automaticamente entre um comando de controle externo e um comando de religamento automático por meio de circuitos de auto-religamento interno, desta forma a entrada binária "fechamento manual" pode ser conectada diretamente para o circuito de controle da bobina de fechamento do disjuntor. Entretanto, comandos de fechamento externos são possíveis, que a proteção fechar sob falta não operará, a entrada binária "fechamento manual" deve ser gatilhada por contatos auxiliares separados na chave de discordância.

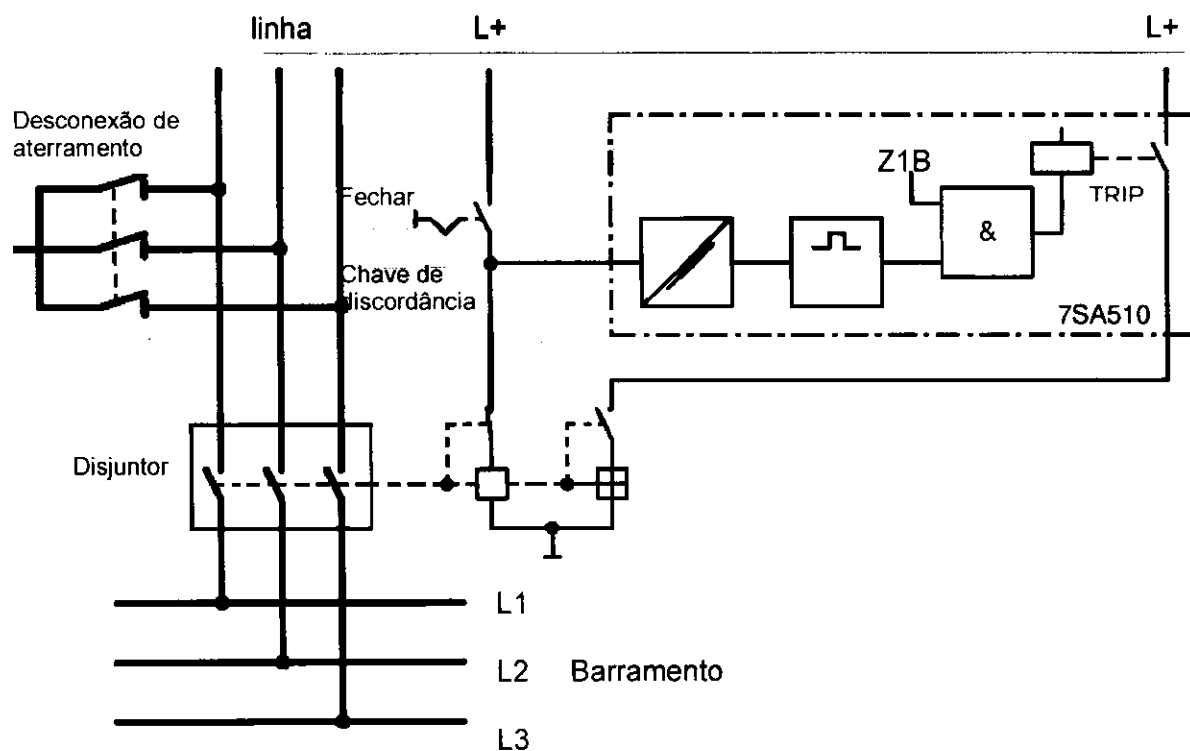


Figura 7 – Diagrama funcional da Proteção Fechar sob falta

## Medidas a serem tomadas em caso de oscilação de potência

Após ocorrências dinâmicas, como flutuações de carga, curtos-circuitos, auto-religamentos ou chaveamento de operações, os geradores podem ter que ajustar às condições de novas cargas na cadeia. A proteção de distância registra a alta equalização de correntes e – em particular no centro elétrico – tensões reduzidas durante o balanço de potência (Figura 8). Pequenas tensões com simultâneas altas correntes simula aparentemente pequenas impedâncias, que pode levar ao disparo. Em redes extensas que carregam altas cargas, até mesmo a estabilidade da transferência de energia pode ser arriscada através de tais balanços de potência.

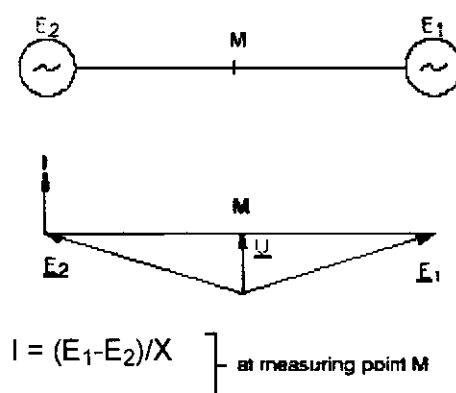


Figura 8 – Balanço de Potência

Para prevenir disparo descontrolado, os dispositivos de proteção de distância são providos com dispositivos de bloqueio de balanço de potência. Em certos locais estratégicos dentro da cadeia, dispositivos de oscilação de potência são instalados, de forma que a cadeia pode ser dividido em partes no caso de perda de sincronismo devido a fortes (instável) balanços de potência.

Em modelos com detector de falta de impedância, o relé de proteção de distância 7SA510 pode ser equipado com uma poderosa função suplementar de balanço de potência (dependente do modelo), que previne disparo pela proteção de distância durante balanços de potência (bloqueio de balanço de potência), mas também permite disparo em locais pré-determinados no caso de instáveis balanços de potência (disparo de oscilação de potência).

## Detecção de balanços de potência

Balanços de potência são ocorrências simétricas trifásicas. O primeiro pré-requisito é portanto a ausência de qualquer falta a terra e a simetria das impedâncias medidas. Enquanto o detector de falta a terra estiver atuando ou as três impedâncias fase-fase diferirem uma da outra de 25%, balanços de potência não são detectados. Curtos-circuitos assimétricos (isto é, todos curtos-circuitos monofásicos e bifásicos) podem portanto não resultar em partida da função de bloqueio de balanço de potência. Até mesmo quando um balanço de potência for reconhecido, as seguintes correntes assimétricas de curtos-circuitos conduzem a rápida liberação da função bloqueio de balanço de potência e dá possível disparo pela proteção de distância.

Para detectar um balanço de potência, a taxa de mudança do vetor impedância é medida. Por causa das condições assimétricas, é suficiente limitar a detecção de balanço de potência a um laço (L1-L2). A medida começa quando o vetor impedância move-se dentro do polígono de balanço de potência PPOL (Figura 9). No caso de um curto-circuito trifásico (1) o vetor impedância imediatamente move-se dentro do polígono de detecção de falta APOL. Entretanto, no caso de um balanço de potência, o vetor de impedância aparente move-se primeiro dentro do polígono PPOL e mais tarde dentro do polígono de detecção de falta APOL (2). É também possível para o vetor impedância entrar e deixar o polígono de balanço de potência sem mover-se dentro do polígono de detecção de falta (3). Se o vetor impedância move-se por toda a área representada representada pelo polígono de balanço de potência, então partes da cadeia, vistas do dispositivo de proteção, tem tornado-se assíncronas (4): a transferência de energia tornou-se instável.

Se a taxa de mudança do vetor impedância é menor que um (seleccionável) valor  $dR/dt$ , um balanço de potência é reconhecido. A medida de tempo do detector de potência de balanço é coordenado com a distância entre o polígono PPOL de balanço de potência e o polígono de detecção de falta APOL. Desta forma o balanço de potência é detectada antes do vetor mover-se dentro de um polígono de detecção de falta.



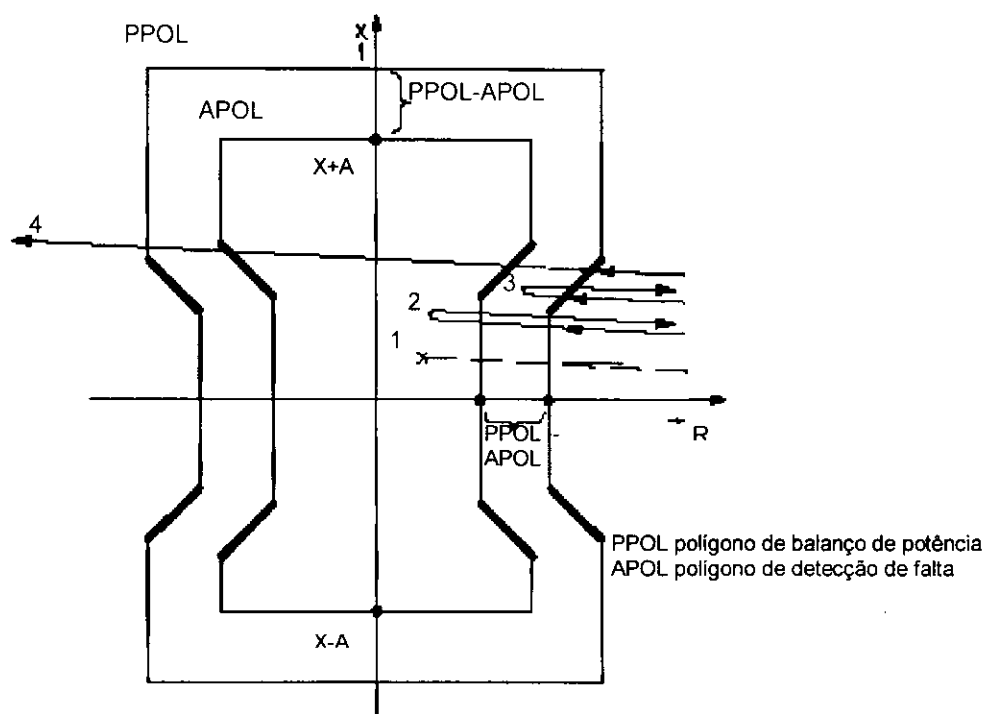


Figura 9 – Característica de Partida para Detecção de Balanço de Potência

### Oscilação de Potência

Quando o critério da detecção de balanço de potência é encontrado, e quando o disparo de oscilação de potência é selecionado, então a proteção de distância com todos os seus estágios é bloqueada, para prevenir disparo da proteção de distância.

Quando o vetor impedância deixa o polígono de balanço de potência, o vetor é conferido por sua componente R. Se a componente R com o mesmo sinal do ponto de entrada, então o balanço de potência está num processo de estabilização. De outro modo, se o vetor passar através do polígono (perda de sincronismo, caso 4). O dispositivo emite um comando de disparo de duração ajustável. O disparo de oscilação de potência é anunciado.

### Interface Universal de Teleproteção

Curtos-circuitos em linhas protegidas que situam-se além da primeira zona de distância podem ser seletivamente eliminados pela proteção de distância somente após um retardo de tempo. Para comprimentos de linha que são tão curtos quanto o mais curto ajuste

de distância razoável, os curtos-circuitos podem não ser igualmente eliminados de forma seletiva e instantânea.

Desse modo para alcançar a eliminação instantânea de todas as faltas para 100% do comprimento da linha, 7SA510 pode intercambiar e processar informações da estação do lado oposto pelo uso de uma interface de teleproteção incorporada. Para este propósito, o relé tem saída de transmissor e entrada de receptor.

Distinção é feita entre transferência de disparo permissivo de subalcance (PUTT) e transferência de disparo permissivo (comparação) de sobrealcance (POTT).

Para transferência de disparo de subalcance, o relé é ajustado com a discriminação normal dos passos. Se um comando de disparo é dado em 1ª zona, isto é transmitido para o outro fim de linha por meio de um sistema de teleproteção. Lá, o sinal recebido causará interd disparo, enquanto o relé do final de linha estiver partindo ou reconheceu a falta em sua zona de sobrealcance. O 7SA510 permite:

- transferência de disparo de subalcance por meio da zona de detecção de falta (FD não direcional),
- transferência de disparo de subalcance por meio de sobrealcance de aceleração de zona Z1B (direcional).

Para os modos de comparação (sobrealcance) o relé já incorporará uma rápida zona de sobrealcance. Este pode, entretanto, dar sinal de disparo somente quando uma falta é detectada em outro fim de linha em uma zona de sobrealcance. Pode ser transmitido ou um sinal de liberação ou bloqueio.

A distinção é feita entre

**Modos de liberação:**

- Sobrealcance permissivo com sobrealcance de zona Z1B,
- Comparação direcional com detecção de falta,
- Modo de comparação de desbloqueio de zona Z1B,
- Modo de comparação direcional de desbloqueio (com detecção de falta).

**Modo de bloqueio:**

- Bloqueio de sobrealcance zona Z1B.

**Modos de cabo piloto:**

- Transferência de disparo de sobrealcance zona Z1B via piloto,
- Bloqueio reverso.

A comparação via cabo piloto é particularmente utilizada em cadeias com curtas distâncias. A troca de informação entre os fins de linha pode ser feita via um par de cabos

piloto ou bobinas de controle, usando corrente direta. O esquema de bloqueio reverso também trabalha com sinais de controle d.c.

Para os outros modos de teleproteção, um canal de frequência de voz é mais frequentemente usado. A frequência de voz é transmitida via cabo telefônico, carrier de linha de potência, ou transmissão de rádio. Alternativamente, os sinais podem ser transmitidos por meio de conexões de fibra ótica.

Se uma falta ocorrer no dispositivo de proteção ou no link de transmissão, o receptor lógico da interface universal de proteção pode ser bloqueado pela entrada de sinais binários sem afetar o nivelamento normal da proteção de distância.

No 7SA510 todas as zonas operam independentemente, é também possível dar disparo rápido em Z1 sem receber sinal de liberação, ou com um presente sinal de bloqueio, no modo de comparação. Se o disparo instantâneo não é desejado, por exemplo para linhas extremamente curtas por razões de seletividade a zona Z1 deve ser retardada por um estágio de tempo T1. Quando a proteção de sobrecorrente de emergência está operando a função interface universal de teleproteção está fora de operação.

### 3.2.2 Cadeia Digital GE

#### Descrição

O *ALPS – Advanced Line Protection System* – é um sistema de relé digital que tem como base um microprocessador que utiliza amostragem em forma de onda com algoritmos apropriados para prover esquemas de disparo trifásico ou monofásico para proteção de linha de transmissão, localização de faltas e relatórios.

O *ALPS* usa técnicas avançadas de cálculo com Fourier e funções de medidas apropriadas para alcançar alta velocidade de disparo para faltas severas, detecção e eliminação de faltas no sistema de potência.

Todos os relés *ALPS* possuem um teclado e um *LCD* para acesso local aos dados e ajustes do relé. Também possuem 3 portas de comunicação para acesso remoto e local via PC. Cada porta pode ser independentemente ajustada por um protocolo ASC II, ou protocolo *GE* modem.

Os modelos que seguem a instrução GEK-105556 são projetados para serem usados em linhas de transmissão de qualquer nível de tensão, com ou sem capacitor de compensação série, onde é requerido disparo trifásico ou monofásico.

É um sistema utilizável com interface de contatos para *carrier* ou uma interface eletrônica (5V, 20mA) de modo que o relé possa ser aplicado com uma ampla variedade de

canais do equipamento. Canais típicos incluem: AM e FSK via *carrier* de linha de potência (PLC), FSK via microondas e cabo de fibra ótica multiplexado.

## Funções de Proteção

As funções de distância de 1ª zona provém segura alta velocidade de disparo para todos os tipos de faltas na maior parte da linha protegida. As funções de distância "1ª zona a terra" podem ser selecionadas para serem funções de distância mho variável a terra ou funções de distância reatância a terra. Um único alcance apropriado para supervisão característica mho é usado quando as funções reatância a terra são selecionadas.

O sobrealcance das funções de 2ª zona fase e terra é usado por esquema de disparo remoto (*carrier*). As funções de sobrecorrente direcional-terra podem ser selecionadas para relocar ou suplementar o sobre alcance de zona (2ª zona) das funções de distância a terra em qualquer esquema remoto. As funções de distância 2ª zona fase e terra são providas com temporizadores independentes para retardo da proteção de retaguarda.

O sobrealcance das funções de 3ª zona fase e terra também são providos de temporizadores independentes para retardo da proteção de retaguarda.

As funções de distância 4ª zona mho variável podem ser reversas em direção quando uma função reversa ou bloqueio é requerida. Quando o esquema POTT2, Bloqueio ou Híbrido é selecionado, a 4ª zona é automaticamente ajustada para a direção reversa, porque estes esquemas requerem uma função de bloqueio que "vê " reversamente. As funções de distância 4ª zona fase e terra são providas de temporizadores independentes para retardo da proteção de retaguarda.

Quando ambas as funções de distância fase e terra são usadas por uma zona de proteção, seis individuais funções de medida são utilizáveis; três para distância entre fases e três para distância a terra. O algoritmo que implementa as funções de medidas mho variável é derivado de projetos que evoluíram através de várias e diferentes famílias de sistemas de relés estáticos analógicos e digitais que têm acumulado décadas de dependência e segurança em experiência de serviço.

Uma função de sobrecorrente instantâneo (50G) provém disparo direto para faltas severas fase-terra. Uma função de sobrecorrente temporizada (51G) provém um retardo de tempo para disparo de retaguarda para faltas fase-terra.

## Esquemas de Proteção de Linha

O *ALPS* possui 4 zonas de proteção de distância com funções de sobrecorrente de retaguarda. É um sistema altamente flexível. O sistema inclui esquemas de proteção pré-definidos, mas também tem capacidade para ser programado pelo usuário.

Os esquemas de proteção remota são os seguintes:

- PUTT – transferência de disparo permissivo de subalcance
- POTT1 – transferência de disparo permissivo de sobrealcance
- POTT2 – transferência de disparo permissivo de sobrealcance com funções de bloqueio
- Bloqueio por comparação direcional
- Híbrido

Em adição, cada um dos esquemas acima incluem até 4 zonas de retaguarda com temporizadores individuais por fase e terra.

O *ALPS* oferece um alto grau de programabilidade e esta pode ser realizada com o programa *Xpression Builder*. *Xpression Builder* é um programa baseado no *Windows* que permite ao usuário projetar graficamente a lógica programável e designar suas entradas e saídas para o *ALPS*.

Todos os contatos conversores (entradas digitais) e todas as saídas de relés no *ALPS*, exceto a saída de alarme, são configuráveis pelo usuário. Entretanto, cada relé *ALPS* é expedido com designações de conversores de contato e saídas padrões.

## Lógica Programável

Em adição aos esquemas pré-programados de proteção de linha e I/O configuráveis, o *ALPS* inclui a capacidade do usuário para projetar a lógica. Essa lógica pode ser usada para completar ou substituir o esquema lógico intermontado. A lógica programável inclui 40 portas lógicas (*AND*, *OR*, *NOT*) cada um com 4 entradas, 8 temporizadores programáveis cada um com retardo de partida e retorno a operação normal ajustáveis, 8 contadores e 8 latches.

## Funções Auxiliares de Proteção

### *Potential Transformer Fuse Failure (PTFF)*

Devido a uma função de distância ou direcional pode operar por uma total ou parcial perda de potencial AC causada por um ou mais fusíveis queimados, *PTFF* é provido para

bloquear o disparo de uma função de distância ou direcional quando uma falha de fusível é detectada. Se as funções de sobrecorrente de retaguarda 50, 50G e 51G não são direcionalmente controladas, elas são disponíveis para atuar durante uma condição de falha de fusível. Se qualquer retaguarda, funções de sobrecorrente 50, 50G e 51G é direcionalmente supervisionada, então aquela função não é permitida para disparo, mas uma 2ª função de sobrecorrente, 50-FF, 50G-FF ou 51G-FF é colocada em serviço durante a condição de falha de fusível. O ajuste do nível de partida para estas condições é independente do ajuste normal de partida.

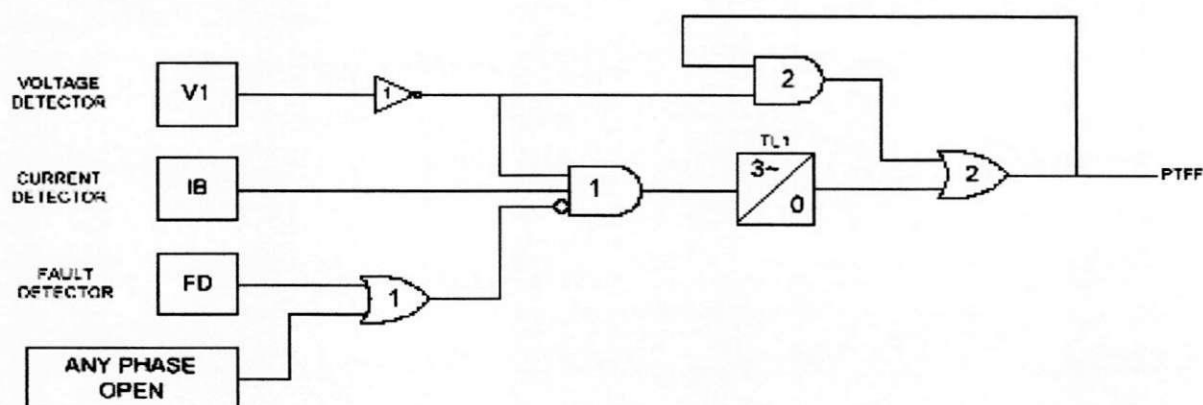


Figura 10 – Diagrama Lógico *Potential Transformer Fuse Failure* (PTFF)

Se o potencial AC é perdido em uma ou mais fases, e qualquer fase com baixo sinal de tensão produz uma saída lógica 1, e vai para a entrada acima em AND1. O ajuste de partida da subtensão na fase é fixado em 75% do nominal e a relação partida/retorno a operação normal é virtualmente 100%. A entrada baixa para a AND1 é dependente da entrada acima se o detetor FD já operou ou se uma ou mais fases da linha protegida estão desenergizadas (abertas). Quando uma ou mais fases da linha protegida estão abertas, PTFF é desabilitado.

Se o potencial AC é perdido por qualquer razão, incluindo a queima de um ou mais fusíveis, e não há perturbação no sistema de potência, e também o detetor de falta não operou, AND1 produz uma saída que causa a contagem em TL1 e produz a saída para PTFF via OR2. A saída de OR2 é direcionada para AND2 para selar na saída de PTFF, baseado em um sinal de subtensão em qualquer fase, deste modo a saída PTFF é mantida durante todo o tempo que o potencial está abaixo do normal. Quando o potencial retorna ao normal, o sinal de subtensão em qualquer fase, reinicializa para remover o selo, permitindo a reinicialização da saída PTFF.

Quando uma falta ocorre, há uma queda de potencial, e qualquer fase tem sinal abaixo da partida, o detector de falta opera para impedir uma saída da AND1. Desta forma, PTFF não opera em condições de falta.

### *Line Pickup ( Line Check )*

#### Fechamento Trifásico

A lógica *Line Pickup* (fechar sob falta) provém disparo no evento em que o disjuntor é fechado sob uma tensão zero após seu disparo por falta. Do mesmo modo ocorre se os elos de aterramento forem deixados sobre a linha após a manutenção. Para esta falta trifásica sob tensão zero, as funções de distância mho não podem operar porque não têm uma fonte de polarização.

Quando a linha é desenergizada, o disjuntor abre e é detectado por todas as fases abertas. A saída resulta na contagem de TL401 para a partida após 150ms. Conseqüentemente, quando a linha é energizada e uma corrente de falta maior que o ajuste I1 flui, o detector de corrente atua e AND402 produz uma saída. Se o ajuste do *timer Bypass* for YES, AND403 imediatamente produz uma saída para iniciar o disparo do disjuntor. Se o ajuste do *timer Bypass* for NO, então o disparo ocorre após 45ms de partida atrasado do temporizador TL403. *Line Pickup* é primariamente designado para disparo por fechamento em uma tensão zero, disparado por falta onde as funções de distância conectadas para o lado do potencial de linha não operarão. Entretanto, o descuido com o ajuste da partida de I1, pode também ser usado para disparo em qualquer tipo de falta permanente ao longo de todo o comprimento da linha que produz tensão suficiente para operar a função de distância de 2ª zona, mas não o suficiente para atuar por " todas as fases com alto sinal de tensão ". Isto é realizado por direcionamento das funções de distância fase ou terra de 2ª zona para a saída da AND401.

Se a linha é energizada e não há falta, " Todas as fases com sinal de tensão alto " atua e o temporizador TL401 iniciará contagem; 40ms depois a saída de TL401 reinicializa o temporizador TL401 via a entrada " *fast reset* ". AND401 e AND402 têm suas entradas baixas removidas para que o *line pickup* trifásico fique fora de serviço.

O temporizador TL403 é designado para aqueles casos onde é empregado religamento simultâneo em alta velocidade para ambos os fins de linha, e onde a função I1 precisa ser ajustada para atuar abaixo da corrente de carga máxima que pode ocorrer naquele instante. TL403 então permite tempo para a tensão retornar ao normal e fazer o *line pickup* ficar fora de serviço antes que ele atue com corrente de carga. Se o religamento

simultâneo em alta velocidade não for usado, o temporizador TL403 pode ser permanentemente *bypassado*.

### Fechamento Monofásico

A lógica é incluída para prover alta velocidade de atuação quando há um religamento monofásico para uma falta permanente. Quando uma fase do circuito do disjuntor está aberta, o temporizador associado (TL404, TL405 e TL406) atua para prover uma entrada para uma porta AND (AND404, AND405 ou AND406). Esta porta AND permite à função de distância a terra de 2ª zona associada atuar sem retardo, e sem receber um sinal do canal permissivo do terminal remoto. A lógica monofásica do *Line Pickup* será bloqueada 90ms após o pólo do disjuntor ter sido fechado pelo retorno ao normal do temporizador.

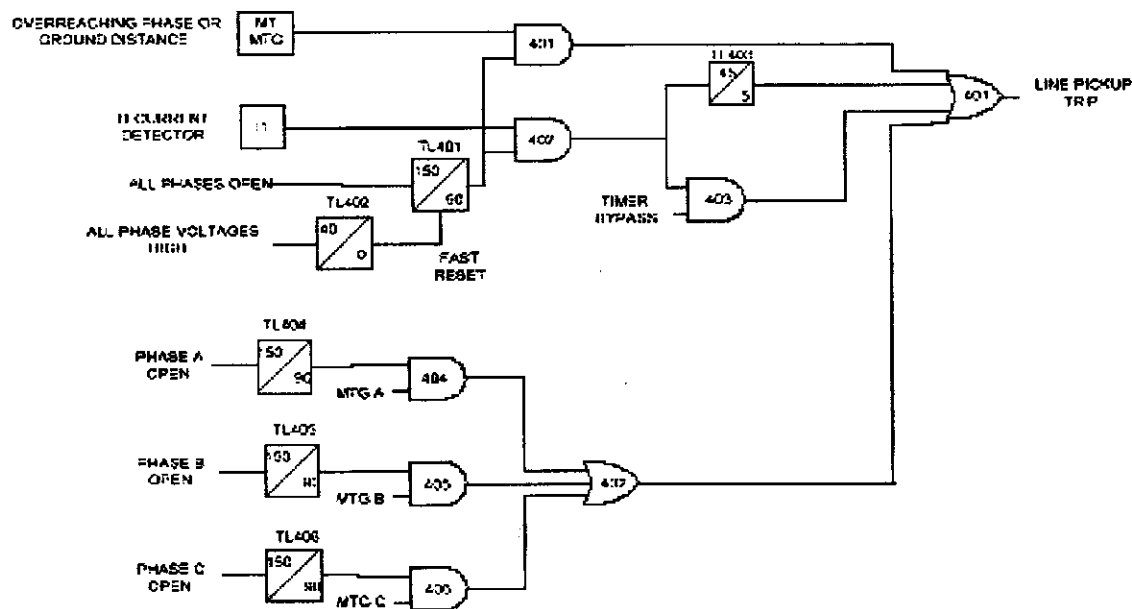


Figura 11– Diagrama Lógico *Line Pickup* (LPU)



## Remote-Open Detector

A função *Remote-Open Detector* (ROD) emite um sinal de disparo quando ocorre a abertura remota do disjuntor durante uma falta por desbalanço interno. Esta função detecta que o disjuntor remoto abriu por reconhecer corrente de carga em uma ou mais fases seguindo abertura do disjuntor remoto.

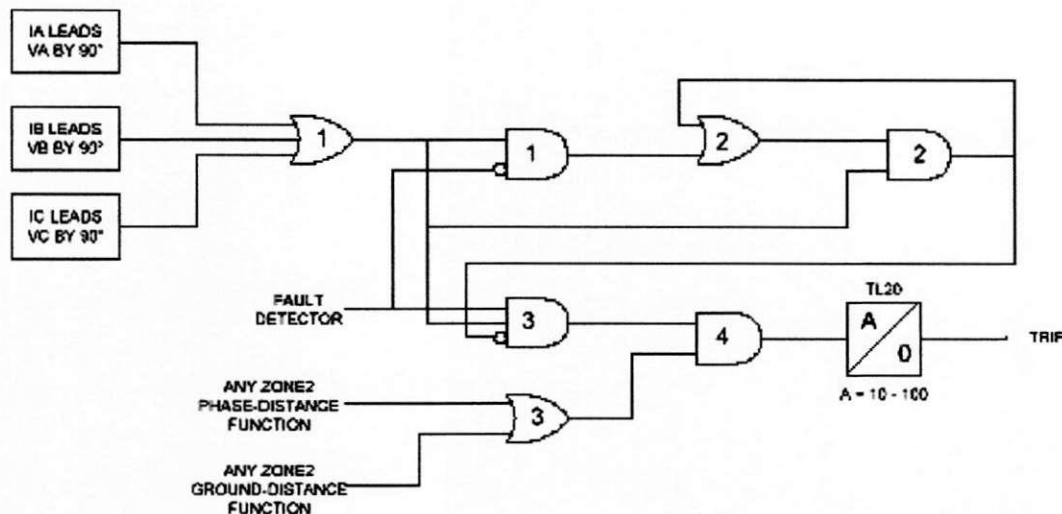


Figura 12 – Lógica *Remote Open Detector* (ROD)

Como mostrado no diagrama funcional a saída de disparo do ROD é via OR1, AND1, OR2, AND2, OR3 e AND4. O ROD não operará quando um balanço de falta trifásica está presente.

O ROD pode acelerar o disparo em fins de linha que caso contrário seria mais lento responder em uma condição de disparo sequencial. Em um esquema de passo de distância, o disparo do ROD é benéfico para qualquer falta interna desequilibrada não detectada pela zona 1. Em um esquema de bloqueio, o disparo do ROD é benéfico onde as condições do sistema são tais que a redistribuição da corrente de falta seguinte a abertura do disjuntor em um fim de linha é normalmente requerida antes do outro fim operar. A função ROD não seria considerada como um suplemento ou substituta para um esquema piloto.

A figura 12 é um diagrama lógico da função ROD. A sequência de eventos que resulta em uma saída ROD é como segue:

1. Sem corrente de carga é detectada anterior a falta – lógica 0 na saída de AND2.
2. Uma falta é detectada – lógica 1 na saída de OR3.
3. O disjuntor remoto abre – lógica 1 na saída de AND3.

4. A falta está ainda presente, assim as duas entradas para AND4 persistem por um tempo de retardo ajustado pelo temporizador TL20.

Se uma corrente de carga é inicialmente detectada mas o detector de falta (FD) não iniciou partida, indicando nenhuma falta no sistema de potência, então OR1 e AND1 produz saídas. AND2 produz uma saída e sela ele mesmo na saída de OR1 via OR2. AND3 é agora impedido de produzir uma saída tão logo a corrente de carga é detectada, indiferente do FD está partido ou não. Se uma falta subsequente ocorrer e o disjuntor abre, ROD é prevenido de produzir uma saída.

Se uma corrente de carga está fluindo anterior a uma falta, não há saída de OR1, indicando que nenhuma corrente de carga é detectada, e AND3 não está bloqueada, assim não há saída de AND2. Se uma subsequente falta desequilibrada ocorre, FD bloqueia AND1 para impedir uma saída de AND2. AND3 é liberada para produzir uma saída quando o disjuntor remoto abre, verifica se há suficiente corrente de carga para operar uma ou dos três detectores de corrente de carga que são as entradas para OR1. A corrente de carga capacitiva deve ser 60 miliâmpères ou mais para garantir a operação de ROD. Se a falta continua presente como indicado por uma saída de OR3, um disparo de ROD segue a expiração da segurança do tempo de retardo de TL20.

### Bloqueio de Oscilação de Potência

As figuras 13 e 14 contém o diagrama lógico funcional de bloqueio de oscilação de potência e um diagrama R-X descrevendo um lugar de impedância de oscilação sobreposta na característica de relé de distância associada. Para uma condição de oscilação de potência, o lugar de impedância primeiro penetrará a característica MOB, só mais tarde penetrará na característica MT (função de disparo distância de fase).

Quando MOB (A-B) atua durante um balanço de potência, aplica uma entrada em AND202. A primeira entrada é proveniente de OR201, desde que MT (A-B) não tenha operado ainda. A lógica de entrada da AND202 é satisfeita, desde que é permitido que não há fase aberta, e a saída da AND202 energiza o temporizador TL1. Se a impedância permanece entre as características de MOB e MT para a partida do temporizador TL1, resulta uma partida de OSB. A saída OSB é encaminhada de volta ao topo da entrada da AND201 via OR201 para selar a saída OSB enquanto MOB está atuado.

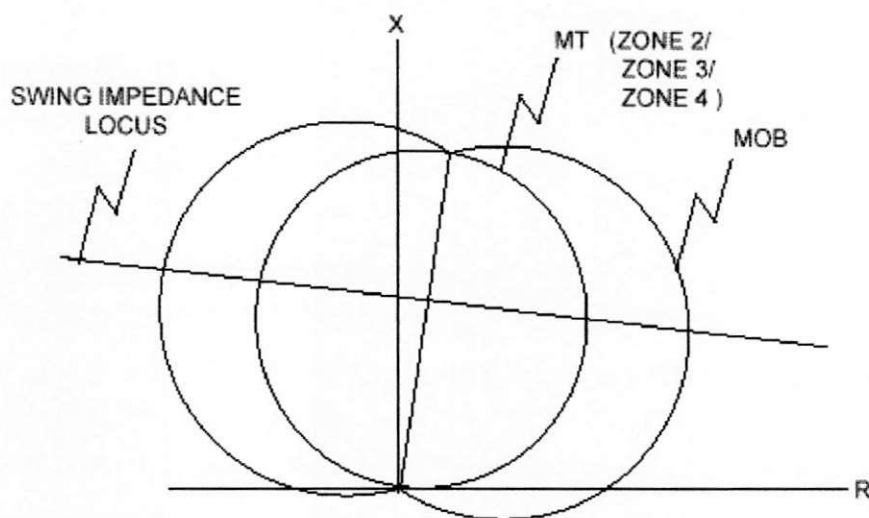


Figura 13 – Diagrama R-X de Oscilação de Potência

A saída OSB reinicializa 50ms após o lugar da impedância de oscilação deixar a característica MOB. A mesma lógica é repetida para as funções de distância associadas com pares de fases B-C e C-A, e todas as saídas dos três pares de fases energizam TL1 via OR207. OSB é sempre encaminhada para bloquear religamento. OSB pode ser selecionado para bloquear disparo de :

1. Todas as funções
2. Todas as funções de distância
3. Somente as funções de distância de fase
4. Nenhuma função

Para 2 e 3, cada uma das quatro zonas de distância (zona 1,2,3 ou 4) podem ser individualmente selecionadas para serem bloqueadas ou não via ajustes através de programa específico para a implantação da OA do relé.

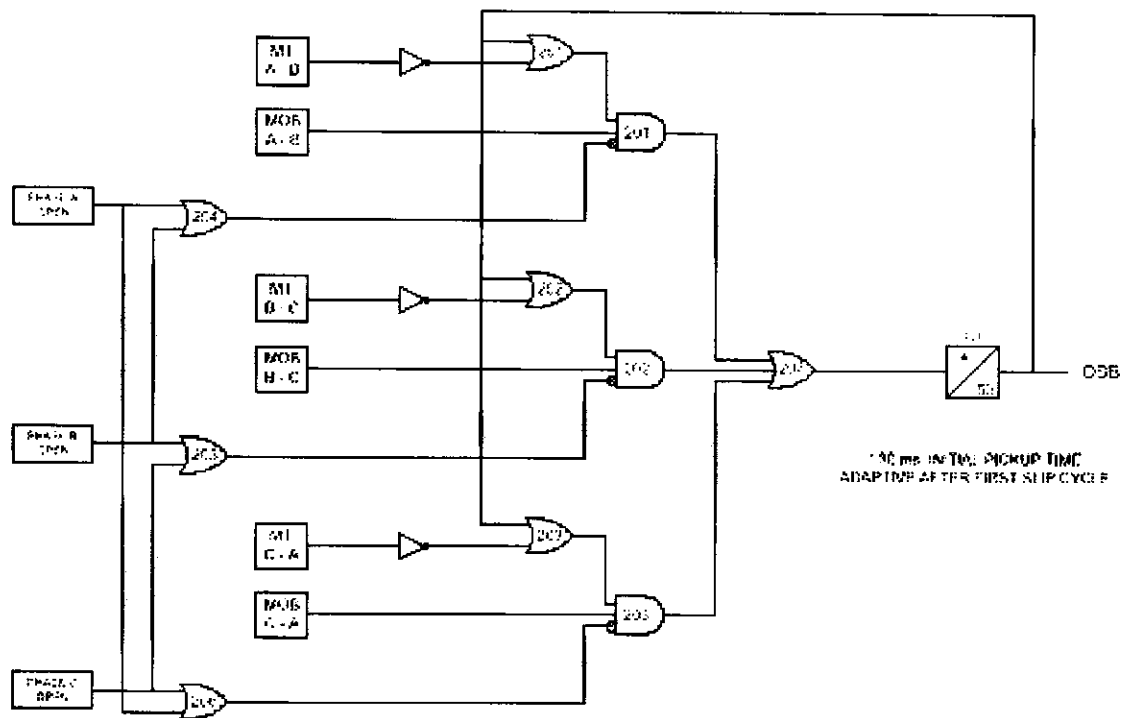


Figura 14 – Diagrama lógico OSB

### Filosofia do esquema de Teleproteção para as linhas de 500 kV da Chesf

Na operação do sistema serão utilizados dois equipamentos de *carrier* por LT, possuindo dois canais de transmissão/recepção em cada equipamento.

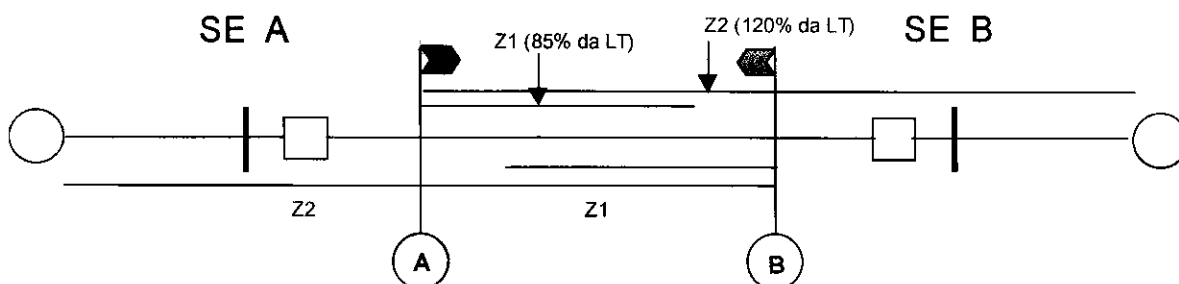


Figura 15 – Esquema ilustrativo de Teleproteção

No desenho acima e texto a seguir, as funções de medição de distância Zona 1 (Z1) e Zona 2 (Z2) do ALPS ocorrem simultaneamente, com a partida da proteção (~20ms). Deve-se distinguir Z2 do disparo da proteção em Zona 2, que inclui a temporização de 2ª Zona (~300ms).

### Esquema Híbrido (*Hybrid – POTT*)

Para curto circuito na Zona 1 do relé A, este desligará o terminal A por Z1 (Zona 1) e enviará imediatamente sinal de teleproteção via canal 1 (*POTT*), para a extremidade remota. Nesta extremidade, SE B, como o relé B verá o defeito pelo menos na sua Zona 2, a combinação da partida da Zona 2 com a recepção do canal 1 (*POTT*) desligará o terminal B. O terminal B abrirá num tempo superior ao terminal A de aproximadamente: tempo total de *carrier* + saída e entrada dos dois ALPS, ou seja:  $10+4+4 = 18\text{ms}$ . Observar que a partida da Zona 2 do relé A também envia sinal de teleproteção no mesmo canal 1.

Para um curto na Zona 2 do relé A, porém à frente do relé B, este último verá o curto seguramente na sua Zona 1. O relé B desligará o terminal B por Z1 (Zona 1) e enviará imediatamente sinal de teleproteção, via Canal 1, para a SE A. Na SE A, como o relé está vendo o defeito na sua Zona 2, a combinação da partida da Zona 2 com a recepção do Canal 1 desligará o terminal A.

Observar que quando um terminal vê o curto em 2ª zona e recebe o sinal de teleproteção, Canal 1, além de desligar localmente, reenvia o sinal de teleproteção para o terminal remoto.

Caso o curto seja fora da Linha de Transmissão protegida, porém dentro da Zona 2 de um dos relés, p. ex., após a barra B, o relé A verá o defeito em sua Zona 2 e enviará sinal de *carrier*, via Canal 1, para a SE B. Porém, como o relé B verá o defeito "atrás", não haverá partida da Zona 2 e o relé não desligará o terminal B. Como medida adicional de segurança, a 4ª Zona do relé A bloqueará o reenvio de sinal de teleproteção.

Caso o curto seja simultaneamente na Zona 2 do relé A, na Zona 1 do relé B e este não parta (não veja o defeito) por fraca alimentação do terminal B, o esquema de "*weak infeed*" do relé B reenviará o sinal de teleproteção, via Canal 1, quando receber o sinal de teleproteção do terminal A. Além disso, o circuito de "*weak infeed*" do relé B, juntamente com o recebimento do Canal 1 desligará o terminal B. O terminal A será desligado quando receber o sinal de teleproteção do terminal B, elaborado pelo "*weak infeed*" do relé B. Deve-se observar que a 4ª zona (reversa) tem um papel importante no esquema de "*weak infeed*", pois se a mesma atuar, indicando que o curto está fora da linha, bloqueará este esquema, não reenviando o sinal de teleproteção e portanto não desligando os terminais A e B.

O esquema de teleproteção Híbrido (*Hybrid – POTT*) permite perfeitamente o religamento tanto tripolar como monopolar dos disjuntores. Neste caso será sempre possível selecionar a fase defeituosa para permitir abertura e conseqüente fechamento monopolar nas duas extremidades da linha.

### Esquema *DUTT*

Este esquema é utilizado para desligamento direto de um terminal remoto quando da atuação das seguintes proteções do outro terminal: Zona 1 do relé 21, proteções do reator, 59T, 59I e 68/78 da linha e 50 BF dos disjuntores. O desligamento remoto ocorrerá via disparo direto (*DUTT*), através da ativação dos dois canais de cada equipamento de *carrier*. O desligamento por estas funções deve ser tripolar tanto local quanto remoto.

Com exceção da atuação da Zona 1 do relé 21, quando da atuação de qualquer destas proteções haverá energização de relé 86 da linha que por sua vez bloqueará o religamento e fechamento manual na SE local e também enviará sinal de desligamento remoto via os 2 canais de cada equipamento *carrier*.

Para se evitar disparo intempestivo deste esquema, na recepção, os canais 1 e 2 de um mesmo equipamento *carrier* entram numa porta lógica AND, ou seja, apenas se ambos os canais receberem sinal haverá desligamento. Desta forma, eventuais ruídos num canal não provocará saída intempestiva da linha, bem como será possível distinguir este esquema do Híbrido (*POTT*), que ativa apenas o Canal 1 de cada equipamento *carrier*.

A lógica AND é executada no relé *ALPS*, que iniciará disparo dos dois disjuntores da linha. No terminal que está enviando os sinais, as proteções anteriormente citadas entram nos dois relés *ALPS*, que por sua vez ativarão os canais 1 e 2 de cada equipamento *carrier*.

Como o disparo de Zona 1 (Z1) do *ALPS* também inicia o esquema *DUTT*, será necessário introduzir um temporizador no lado de recepção, após o AND citado anteriormente, p. ex., 200ms, para decorrido este tempo, bloquear o religamento e fechamento do terminal remoto da linha. O disparo, após o AND, estaria fora desta temporização. Este temporizador irá distinguir se o sinal que está chegando foi gerado pela função Z1, Zona 1 do *ALPS* do terminal remoto, ou pelo demais relés listados no primeiro parágrafo (relés que atuam o relé 86 da linha). A função Z1 do *ALPS* rearma após abertura do disjuntor e não energiza o relé 86 da linha. Por outro lado, as demais proteções que iniciam o esquema *DUTT* atuam no relé 86 provocando um tempo de recepção superior a 200ms.

Pelo exposto acima conclui-se que não é possível adotar religamento monopolar nestas linhas, nesta fase de operação do sistema.

Apenas quando se dispuser de mais canais de teleproteção, por exemplo 04 transmissores e 04 receptores em cada equipamento de TFO (Teleproteção a fibra ótica), poder-se-á utilizar religamento monopolar. Neste caso poderemos separar em canais distintos o sinal de teleproteção iniciado pelo relé 21, que consegue distinguir a fase defeituosa e emitir um disparo monopolar, do sinal de teleproteção iniciado pelos demais relés de proteção que provocam disparo tripolar.

### 3.2.3 Cadeia Digital ALSTOM

#### *MiCOM P441 e P442*

#### Introdução

#### Proteção de linhas aéreas e circuitos cabeados

Linhas aéreas estão entre os itens mais suscetíveis a faltas em um moderno sistema de potência. É então essencial que a proteção associada a elas ofereçam uma operação segura e confiável. Para sistemas de distribuição, continuidade de provisão é de importância suprema. A maioria das faltas em linhas aéreas é passageira ou semi-permanente em natureza, e ciclos de auto-religamento de multi-disparo são comumente usados junto com elementos de partida instantânea para aumentar a disponibilidade do sistema.

Assim, alta velocidade na eliminação de falta é uma exigência fundamental de qualquer esquema de proteção em uma cadeia de distribuição. As exigências de proteção para sub-transmissão e sistemas de tensões mais altas também têm que levar em conta a estabilidade de sistema. Onde os sistemas não são altamente interconectados são comumente usados disparo monofásico e alta velocidade de auto-religamento. Isto dita a necessidade de uma proteção de alta velocidade para reduzir o tempo de eliminação de faltas globais.

Cabos subterrâneos são vulneráveis a dano mecânico, como perturbação por trabalho de construção ou apaziguamento de solo. As faltas também podem ser causadas através da introdução de umidade no isolamento de cabo, ou suas articulações enterradas. A eliminação rápida de faltas é essencial para limitar dano extenso, e evitar o risco de fogo, etc.

Muitos sistemas de potência usam arranjos de aterramento projetados para limitar a passagem de corrente de falta a terra. Métodos como resistência de aterramento fazem a

difícil detecção de faltas a terra. Elementos especiais de proteção são frequentemente usados para encontrar tais onerosas exigências de proteção.

Também deve ser considerada a distância física. As linhas aéreas podem ter centenas de quilômetros de comprimento. Se for de alta velocidade, a proteção discriminativa será aplicada e será necessário transferir informação entre os fins de linha. Isto não só põe o ônus na segurança de sinalização do equipamento mas também na proteção no evento de perda deste sinal. Assim, a proteção de retaguarda é uma característica importante de qualquer esquema de proteção. No caso de fracasso de equipamento, talvez de sinalizar, equipamento ou chave de manobra, é necessário prover formas alternativas de eliminação de falta. É desejável prover uma proteção de retaguarda que possa operar com um retardo de tempo mínimo e ainda discriminar com a proteção principal e a proteção em outro lugar no sistema.

#### Relé de distância *MiCOM*

*MiCOM* é uma extensão de produtos da *ALSTOM T&D Protection & Control*. Usando avançada tecnologia numérica, O *MiCOM* inclui dispositivos projetados para aplicação em uma larga faixa de elementos de um sistema de potência como motores, geradores, alimentadores, linhas aéreas e cabos.

Cada relé é projetado em torno de um hardware comum e plataforma de software para que seja alcançado um alto grau de comunidade entre produtos. Um desses produtos é a série de relés de distância *P440*.

#### Características de Proteção

Os relés de distância *P441* e *P442* oferecem um amplo alcance de funções de proteção, para aplicação em linhas aéreas e circuitos de cabos subterrâneos. O modelo *P442* pode prover disparo mono e trifásico. O modelo *P441* provê somente disparo trifásico. As características de proteção de cada modelo são resumidas abaixo:

- Proteção de distância contra faltas fase e terra, cada uma com até 5 zonas independentes de proteção.
- Proteção de sobrecorrente instantânea e temporizada. Quatro elementos são disponíveis com controle direcional independente. O quarto elemento pode ser configurado para proteção de cotoco de barra em configuração " disjuntor e meio " ou circuito disjuntor em anel.
- Proteção de falta direcional a terra



- Proteção de Subtensão. Dois estágios, configuráveis ou como medição fase-fase ou fase-neutro.
- Proteção de Sobretensão. Dois estágios, configuráveis ou como medição fase-fase ou fase-neutro.
- Proteção de sobrecorrente de sequência negativa direcional ou não direcional. Este elemento pode prover proteção de retaguarda para muitas condições de falta desequilibradas.
- Proteção fechamento sob falta . Esta proteção provê um aumento de confiabilidade depois de um fechamento manual do disjuntor.
- Proteção de disparo no religamento. Esta proteção provê confiabilidade aumentada depois de um auto-religamento do disjuntor.
- Bloqueio e disparo de balanço de potência. Bloqueio seletivo das zonas de proteção de distância asseguram estabilidade durante os balanços de potência experimentados em sistemas de transmissão e sub-transmissão.
- Supervisão de TP, para detectar curtos ou circuitos abertos (ex. falha de fusível em TP). Isto previne a mal-operação da proteção dependente de tensão em caso de falha da tensão AC de entrada.
- Supervisão de TC. Esta função promove um alarme que indica que um ou mais TC's de fase estão em curto ou abertos.
- Detecção de condutor quebrado. Esta função detecta faltas de cadeia como circuito aberto onde um condutor pode ser quebrado e pode não ser estabelecido contato com outro condutor ou a terra.
- Proteção de falha de disjuntor - Geralmente ajustado para disparo do disjuntor quando ocorre uma falha ao disparar.

## Proteção de distância de fase

Os P441 e P442 relé têm 5 zonas de proteção de falta de fase, como mostrado na característica abaixo:

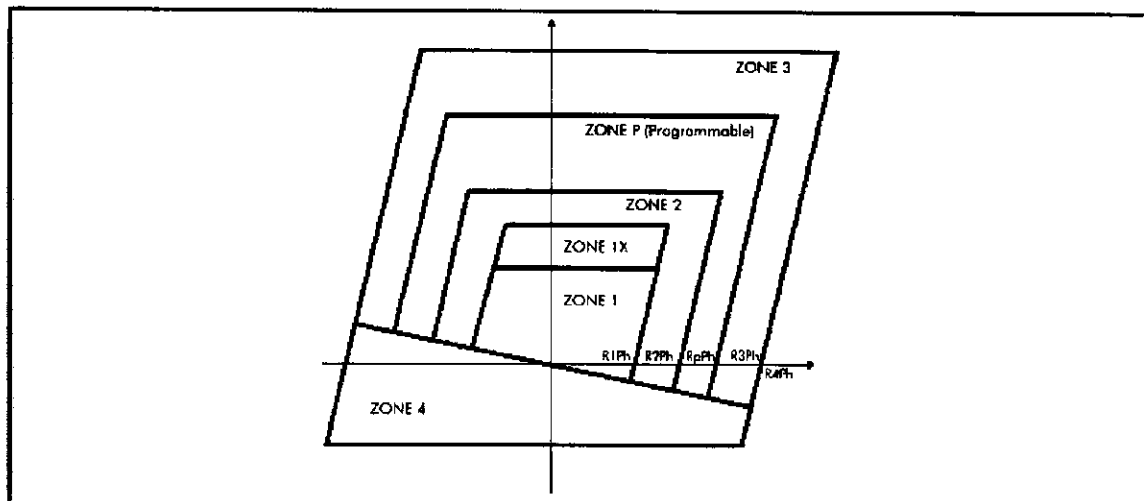


Figura 16 – Característica Quadrilateral de falta de fase

Todos os elementos de proteção de fase são moldados como quadriláteros, e são direcionalizados como segue:

- Zonas 1, 2 e 3 - zonas para frente direcionais, como usado convencionalmente três esquemas de distância de zona. Note que a zona 1 pode ser estendida para dividir em zonas 1X quando requerido em zona 1 esquemas de extensão.
- Zona P - Programável. Seleccionável como uma zona direcional para frente ou reversa.
- Zona 4 - zona direcional reversa. Note que a zona 3 e a zona 4 podem ser fixadas juntas para dar uma zona para frente com uma zona reversa de offset.

## Alcances de zona

Toda a impedância de alcance para proteção de falta de fase é calculado em forma polar:  $Z \angle \theta$ , onde  $Z$  é o alcance em ohms, e  $\theta$  é o ângulo de linha fixado em graus, comum a todas as zonas.

Os elementos de zona 1 de um relé de distância deveriam ser ajustados para cobrir o tanto quanto da linha protegida fosse possível, permitindo disparo instantâneo para tantas faltas quanto possível. Em muitas aplicações o alcance de zona 1 (Z1) não seria capaz de

responder para faltas além da linha protegida. Para uma aplicação de subalcance o alcance de zona 1 deve ser fixado para responder por qualquer possível erro a frente. Estes erros vêm do relé, dos TP's e TC's e dados de impedância de linha inexatos. É recomendado então que o alcance dos elementos de distância da zona 1 sejam restringidos a 80 - 85% da impedância de linha protegida (impedância de linha de sequência de fase positiva), com os elementos da zona 2 fixados para cobrir os 20% finais da linha.

Os elementos da zona 2 deveriam ser fixados para cobrir os 20% da linha não cobertos pela zona 1. Permitindo erros de subalcance, o alcance da zona 2 (Z2) deveria ser ajustado excedendo 120% da impedância de linha protegida para todas as condições de falta. Onde os esquemas de disparo são usados, é requerida a rápida operação dos elementos da zona 2. É então benéfico fixar a zona 2 para alcançar até onde possível, tal que faltas na linha protegida estejam bem dentro de alcance. Uma exigência constrangedora é que, onde possível, o alcance da zona 2 não ultrapasse além da zona 1 de proteção da linha adjacente. Onde isto não é possível, é necessário cronometrar os elementos da zona 2 de relés em linhas adjacentes. Por isto o alcance da zona 2 deveria ser fixado para cobrir um valor  $\leq 50\%$  da impedância da menor linha adjacente, se possível. Quando fixada falta a terra para os elementos da zona 2 em circuitos paralelos, os efeitos da sequência zero do acoplamento mútuo precisará ser considerado. O acoplamento mútuo resultará na falta a terra de subalcance da zona 2.

Os elementos da zona 3 normalmente seriam usados para prover a proteção de retaguarda de circuitos adjacentes. O alcance da zona 3 (Z3) será fixado então a aproximadamente 120% da impedância da linha protegida combinada mais a linha adjacente mais longa. Uma impedância aparentemente mais alta da linha adjacente pode precisar ser permitida onde a corrente de falta pode ser alimentada de fontes múltiplas ou pode fluir por caminhos paralelos.

Zona P é uma zona direcional reversível. A colocação escolhida para zona P, se usada, dependendo de sua aplicação. Aplicações típicas incluem seu uso como uma adicional zona de tempo de retardo ou como uma zona de proteção de retaguarda reversa para barras e transformadores. O uso de zona P como uma zona para frente de proteção adicional pode ser requerido por alguns usuários para se alinhar com qualquer prática existente de usar mais que três zonas para frente de proteção de distância. Zona P também pode ser útil para negociar com algum efeito de acoplamento mútuo quando protegendo uma linha de circuito duplo.

Os elementos da zona 4 provém tipicamente proteção de retaguarda para a barra local, onde o alcance de offset é fixado a 25% do alcance da zona 1 de relés para linhas curtas (<30km) ou 10% do alcance da zona 1 para linhas longas. Ajustando a zona 4 deste modo iria também satisfazer as exigências para Fechar sob Falta, e proteção de disparo no

religamento. Onde a zona 4 é usada para prover decisões direcionais reversas por Bloqueio ou esquemas de Sobrealcance Permissivo, a zona 4 do relé deve ter um maior alcance para trás do que a zona 2 para o relé distante. Isto pode ser alcançado fixando:

$Z4 \geq ((\text{alcance da zona 2 distante}) \times 120\%) \text{ menos a impedância de linha protegida.}$

#### Tempo de retardo das zonas

O tempo de retardo da zona 1 (tZ1) geralmente é fixado para zero e fornece operação instantânea. Porém, um retardo de tempo poderia ser empregado em casos onde uma alta componente DC passageira é esperada na corrente de falta, e disjuntores mais velhos podem estar impossibilitados de interromper a passagem da corrente.

O tempo de retardo da zona 2 (tZ2) é fixado para coordenar com o tempo da zona 1 a frente, a eliminação de falta para linhas adjacentes. O tempo de eliminação de falta total consistirá do tempo operacional da zona 1 mais o tempo operacional associado ao disjuntor. Em compensação também devem ser trazidos os elementos da zona 2 para reajustar eliminação seguinte de uma falta de linha adjacente e também para uma margem de segurança. Um tempo de retardo tipicamente mínimo da zona 2 é da ordem 200ms. Este tempo pode ter que ser ajustado onde o relé é exigido para graduar com outra zona 2 ou formas mais lentas da proteção de retaguarda para circuitos adjacentes.

O tempo de retardo da zona 3 (tZ3) é tipicamente fixo com as mesmas considerações feitas para zona 2, a não ser que a demora seja necessária para coordenar a eliminação de faltas com a zona 2 para frente. O tempo operacional mínimo de uma típica zona 3 seria na ordem de 400ms. Novamente, isto pode precisar de ser modificado para coordenar com formas mais lentas de proteção de retaguarda para circuitos adjacentes.

O tempo de retardo da zona 4 (tZ4) precisa coordenar com qualquer proteção para linha adjacente na direção reversa. Se a zona 4 somente é requerida para uso em um esquema de bloqueio, tZ4 pode ser ajustado alto.

Os esquemas de proteção de distância do *ALSTOM* são similares aos já mencionados no *ALPS*.

Os relés digitais *ALSTOM* da série *MiCOM P441* e *P442* substituirão os já implantados *ALPS*, que por sua vez estão substituindo as cadeias *PDS* série 2000.

Até o momento (maio/2001) a *ALSTOM* não enviou nenhuma unidade e, portanto, não foi possível a realização de testes.

Abaixo são descritos os critérios adotados na elaboração do projeto funcional básico.

## Considerações

Como a função precípua do diagrama funcional básico (Des. PCE-2200-4-GER-FU-PB-01) é definir as principais Entradas e Saídas a serem contempladas nos relés digitais e compatibilizadas com a atual filosofia do Comando, Controle, Proteção e supervisão dos bays em operação, eventuais adequações serão corrigidas na elaboração do Projeto Executivo específico de cada subestação.

Para efeito de substituição das proteções existentes, foi considerado que:

- Relé *P442* substitui o *PDS 2000* e o relé *P441* substitui o *PSW e/ou IRD8*, onde for o caso.
- As funções relativas a religamento e check de sincronismo serão ativadas apenas no relé *P442*.
- As múltiplas funções incorporadas aos relés *P441* e *P442* nos permite desativar além do relé de distância *PDS*, outros dispositivos que compõem a atual cadeia de proteção quais sejam :
  - Relé de Religamento (79), *MT4102*;
  - Relé Direcional de Terra (67N), *PSW e/ou IRD8*;
  - Localizador de Defeitos (LD) *DLDS 1500*.
  - Osciloperturbógrafo (OSC) *THOMSOM S41*

Bem como possibilita adicionar ao sistema de proteção do bay as seguintes funções:

- Sobretensão;
- Subtensão;
- Falha do Disjuntor;
- Sobrecorrente;
- Sequencial de Eventos;
- Medições Operacionais.

## Premissas do Projeto

A definição de diagramas lógicos baseados nas Lógicas PSL (Esquemas Lógicos Programáveis) permitiu a elaboração de diagramas parciais, objetivando estabelecer critérios para a programação, bem como determinar todos os sinais de Entrada e Saída dos relés *P441* e *P442*.

Na aquisição das entradas e disponibilização das saídas, procurou-se aproveitar ao máximo a concepção de controle dos esquemas *COGELEX*, no que tange a relés auxiliares, chaves de comando, chaves de testes, etc.

## Descrição das Principais Intervenções

### Circuitos de Corrente (TC's) e Tensão (TP's)

- As grandezas de Corrente e Tensão para as entradas analógicas foram obtidas a partir dos mesmos TC's e TP's e com níveis de 5A e 66,4V fase neutro, respectivamente.
- Mesmo com a instalação de blocos de testes específicos para cada relé *P441* e *P442*, a chave de teste CCP foi mantida, visto que não há caixa de terminais de cada fase para o chassi de proteção.
- Em função da introdução de novos blocos de testes tipo MLMG04 (*ALSTOM*), todos os plugs de testes (Fiches), I50, I51, U30, U31, serão desativados.
- Como o sinal de 3VO, usado na oscilografia e polarização de relés 67N são gerados nas lógicas internas dos relés *P441* e *P442*, a tensão proveniente dos TP's, bem como a supervisão de queima de fusíveis deste enrolamento será desconsiderada.
- A tensão da barra, referência para a função de verificação de sincronismo para religamento automático terá um nível de 66,4 e será suprida pelo TP da fase B, estando este sinal já disponibilizado no CRA (Cofre de Relés Auxiliares), sendo usado apenas no relé *P442*.
- Como a função de localização de defeito também está incorporada aos relés *P441* e *P442*, nos casos em que existam linhas paralelas, as grandezas residuais para suprimentos da outra linha, serão fornecidas pelos mesmos dispositivos de compensação de mútua (BCH) hoje em operação. Eventuais adequações serão avaliadas quando da implantação dos ajustes.
- Os sistemas de Medição Operacional e a Telemedição foram mantidos inalterados, ficando as medições incorporadas aos relés como redundantes para o controle da operação.
- Estes sistemas serão detalhados quando da elaboração do projeto executivo.

### Distribuição das Alimentações de Corrente Contínua

- Objetivando eliminar a perda da alimentação no transitório durante a comutação de fontes de suprimento CC, a Chesf deverá onde for o caso, disponibilizar um segundo circuito CC, que em paralelo com o existente e associado a um conjunto de diodos e supressor de surtos, garantirá a estabilidade dos conversores que alimentam os relés *P441* e *P442*.

- Serão instalados disjuntores específicos para proteção individualizada dos conversores de cada relé *P441* e *P442*.
- A aquisição de dados para as entradas digitais será através de contatos livres de potencial de dispositivos existentes e/ou acrescentados, o nível de tensão será em 48 Vcc, gerado pelo conversor dos relés *P441* e *P442*. Devendo todos os dados necessários estar localizados dentro da cabana de relés na qual as proteções estejam instaladas. Portanto, a utilização do potencial de 48 Vcc fica restrita a área da cabana de relés.

#### Circuitos de Controle, Proteção e Supervisão

- Como filosofia geral e objetivando viabilizar a manutenção individualizada de cada relé *P441* e *P442*, o potencial para todos os contatos de saídas para disparo e alarmes, estão condicionados pelos blocos de testes.
- Mesmo não sendo usado, os esquemas em operação possibilitam desligamentos e ciclos de religamentos monopolares, baseando-se no princípio da preservação, esta filosofia foi mantida, utilizando-se inclusive os mesmos relés auxiliares do circuito de desligamento, devendo apenas ser realocados em outra posição no chassi, pois os mesmos estão instalados no relé 79 (MT41) que será desativado.
- O desligamento pelas proteções de retaguarda foi mantido com a mesma filosofia, ou seja, com disparador tripolar, juntamente com as proteções de barra e eventuais Esquemas Especiais de Proteção.
- Foi mantido o esquema de teleproteção convencional, com a transmissão pela 1ª zona do terminal oposto, usando-se apenas um canal de carrier, eventuais variações nos esquemas de teleproteção serão detalhados no projeto executivo.
- Como caso particular, deve-se avaliar as condições de operação da lógica do DEF (67N) condicionada a recepção do carrier, atuação por comparação direcional. Opcionalmente pode ser habilitado o modo SBEF (67N-Stand by earth fault), que não requer sinal de carrier.
- Apesar de algumas instalações não haver esquemas de falha de disjuntor e religamento na condição disjuntor transferido, todas as entradas necessárias para viabilização da utilização destes esquemas foram contempladas. Entretanto, vale salientar que as mesmas condições impostas ao sistema de proteção pelo disjuntor normal do bay, devem ser aquisitadas do disjuntor de transferência. Portanto, onde for o caso o "Anel de Funções" do bay de transferência deve ser disponibilizado pela Chesf, visando melhorar os atuais esquemas de controle.

- Especificadamente para o religamento, será instalada no chassi uma chave 79CO (ON/OFF), visto que a seleção ativa/desativa o religador está incorporada ao MT41.
- Objetivando preservar a filosofia de sinalização hoje em operação, e contemplando as sinalizações mais importantes dos relés *P441* e *P442*, adotou-se o seguinte:
  - Efetuado paralelo das funções consideradas prioritárias para análise da operação e disponibilizadas no anunciador do bay.
  - As funções importantes, porém julgado conveniente para análise de ocorrências, foi disponibilizado nos LED's sinalizadores localizados nos relés *P441* e *P442*.
  - Em consonância com as diretrizes da " DO " e para tomar o evento consistente, a sinalização de " Religamento Efetuado " está condicionada ao estado do disjuntor fechado.
  - Os casos em que a Sinalização/alarmes seja feita de forma direta, ou seja sem uso de Quadro de relés auxiliares (QRA) serão avaliados oportunamente no projeto executivo específico de cada subestação.

### 3.3 Rede de Oscilografia

A rede de oscilografia vem resolver os diversos problemas enfrentados no momento de analisar uma ocorrência no sistema.

Os oscilos utilizados anteriormente não ofereciam confiabilidade nem conforto para o operador na hora de colher registros sobre o estado das diversas medidas importantes no funcionamento do sistema.

Com o exemplo de Xingó foram instalados vários oscilos digitais que vieram a substituir os arcaicos oscilopertubógrafos.

Os mais novos são os oscilos digitais da *SIEMENS – SIMEAS R* – que se comunica em rede (com ou sem modem), possui sincronismo de relógio via satélite com os demais oscilos a partir do *GPS*, um bloco de sincronismo e o *Dakon*.

*Dakon* é uma espécie de CPU que pode armazenar dados de faltas ocorridas como um registrador de deslocamento. O *Dakon* pode acumular dados de vários oscilos, onde esses dados são colhidos através de um *LAPTOP* com um programa próprio para a leitura.

Os registradores digitais de perturbações são equipamentos que armazenam em memórias digitais formas de onda de sinais de tensão e corrente, além de eventos, medidos no sistema elétrico. Estes equipamentos são fabricados por diversas empresas nacionais e estrangeiras. Em sua maioria são dotados de saídas para os dados armazenados em suas memórias tais como: modems, disquetes, cartões de memória, etc. Como um grande número de equipamentos são utilizados em localidades remotas, os fabricantes provêm programas



de computador para recepção e análise destes dados em um ponto central (geralmente os escritórios das concessionárias).

O problema surge quando uma grande concessionária compra novos equipamentos de outro fabricante: como os programas de recepção e análise são específicos de cada fabricante, eles não vão "entender" os dados dos equipamentos de outro fabricante. Isto gera os seguintes problemas: sinais de faltas medidos em equipamentos distintos não podem ser exteriorizados na mesma tela de computador ou na mesma folha de papel; o usuário do sistema precisa ser treinado para usar programas totalmente diferentes e com limitações distintas (as facilidades que um determinado programa possui não existem no outro e vice-versa); a forma de exteriorização dos resultados não é homogênea; o fabricante não fornece documentação sobre o formato interno do arquivo dados, impedindo qualquer processamento dos mesmos que não os previstos no seu programa. Uma parte deste problema foi resolvida quando da definição do padrão COMTRADE do IEEE.

O CEPEL desenvolveu o " Sistemas Digitais de Aquisição de Dados (SADs) " que registram formas de onda de sinais de corrente e tensão. Para isso foi preciso desenvolver um programa de computador para a análise de sinais, onde facilidades como expansão no tempo e amplitude (zoom), visualização de várias curvas, sobreposição, medição de tempos e amplitudes, medição de valores RMS etc., estivessem incluídos.

No início de 1992 a proposta do Sinape foi apresentada em reunião do GCOI, Grupo de Trabalho de Proteção (GTP) no dia 25/03/92, despertando também interesse da ELETROBRÁS e de várias concessionárias.

No final de 1992 o GTP organizou a força tarefa número 5 " Desenvolvimento de um Sistema de Gerenciamento e Tratamento de Registros de Oscilógrafos Digitais ". Este grupo vem reunindo-se desde março de 1993, discutindo assuntos referentes à oscilografia e em particular acompanhando o desenvolvimento deste projeto. Participam da força tarefa: FURNAS, LIGHT, CHESF, ELETRONORTE, ELETROSUL, CEMIG, CPFL, ELETROPAULO, ENERSUL, CEEE e CESP.

Em 1994, quando foi incluído na Carteira de Projetos do CEPEL com a ELETROBRÁS, o projeto teve início. A partir de 1995, esta carteira inclui também as demais 4 concessionárias federais de energia elétrica e, a partir de 1999, o ONS.

O SINAP está sendo desenvolvido de acordo com a orientação de profissionais atuantes na área de oscilografia. Seu objetivo é atender às necessidades de análise dos sinais de faltas em sistemas elétricos de potência, formando uma plataforma única de trabalho. Os dados de diversos registradores serão traduzidos, conforme sua natureza, para um formato padrão. Existe também o objetivo de criar um ambiente amigável de trabalho de forma que a transição do papel foto-sensível para a tela do computador seja a mais suave possível. Este projeto será estendido à várias concessionárias, facilitando a troca de

informações sobre faltas no sistema interligado. Além disto, o projeto motiva a busca de soluções padronizadas pelas diversas empresas do setor.

O objetivo final do SINAP é que todo o processo de análise seja efetuado na tela do computador, e que se recorra a versões impressas dos oscilogramas apenas na composição de relatórios. Além disto o engenheiro de análise possuirá ao seu dispor um leque de aplicativos que conversarão entre si e tornarão seu trabalho muito mais rápido.

Os benefícios e aplicações no setor elétrico são:

- Evitar que determinada concessionária se veja obrigada a comprar registradores digitais de perturbações somente de um fornecedor devido a problemas de compatibilidade;
- Formar uma plataforma única para estudos de perturbações no sistema elétrico, evitando perda de tempo em treinamento dos usuários em vários programas diferentes;
- Permitir homogeneidade na apresentação de resultados;
- Facilitar intercâmbio e correlação de informações entre concessionárias;
- As rotinas de processamento das curvas serão bem documentadas, evitando dúvidas na avaliação de resultados;
- Economia de custos expressa na redução do tempo gasto para recepção, análise e classificação dos sinais de falha, assim como na qualidade e confiabilidade dos resultados;
- Os problemas envolvidos no uso de registradores digitais de perturbação e oscilógrafos digitais tendem a aumentar à medida que o número destes equipamentos em uso cresce. Assim o momento é propício para se desenvolver um sistema que facilite a padronização dos arquivos de dados e ferramentas computacionais;
- Permitir que as redes de comunicação de dados utilizadas para tráfego de informações de proteção e controle possam ser usadas para transmissão de formas de onda, sem que estas redes fiquem saturadas devido à enorme quantidade de dados; Motivar a busca de soluções padronizadas pelas diversas empresas do setor;
- programa será aberto e modular, permitindo a adição de novas rotinas ou a modificação das já existentes.

Estão sendo implantados os oscilógrafos digitais *SIEMENS* modelo SIMEAS R 8/16 ou 32/64 entradas (analógicas/digitais) sendo que cada oscilo é responsável pela supervisão de uma linha. Para cada linha são necessárias 4 entradas para correntes (IA,IB,IC e IO) e 4 entradas para tensões (VA,VB,VC e VO). As entradas digitais são necessárias para registrar os seguintes sinais de atuação: zona 1 fase-terra, zona 2 fase-fase e fase-terra, zona reversa, detetor de falta, partida 79, weak infeed, potência trifásica, sequência de corrente, sequência de tensão, tensão de linha, 67N, 21N-A, 21N-B, 21N-C, religamento recepção de carrier, etc.

Se for necessário usar um mesmo oscilo para mais de uma linha é possível já que cada linha só precisa de 8 entradas analógicas e 16 digitais. Os dados serão armazenados no *Dakon* e estarão sempre disponíveis.

Atualmente o programa utilizado para análise é o SISREP 4.5 que está disponível para download na homepage da DOEM para todos os usuários da Chesfnet e tem como objetivo próximo expandir para todos os usuários da internet.

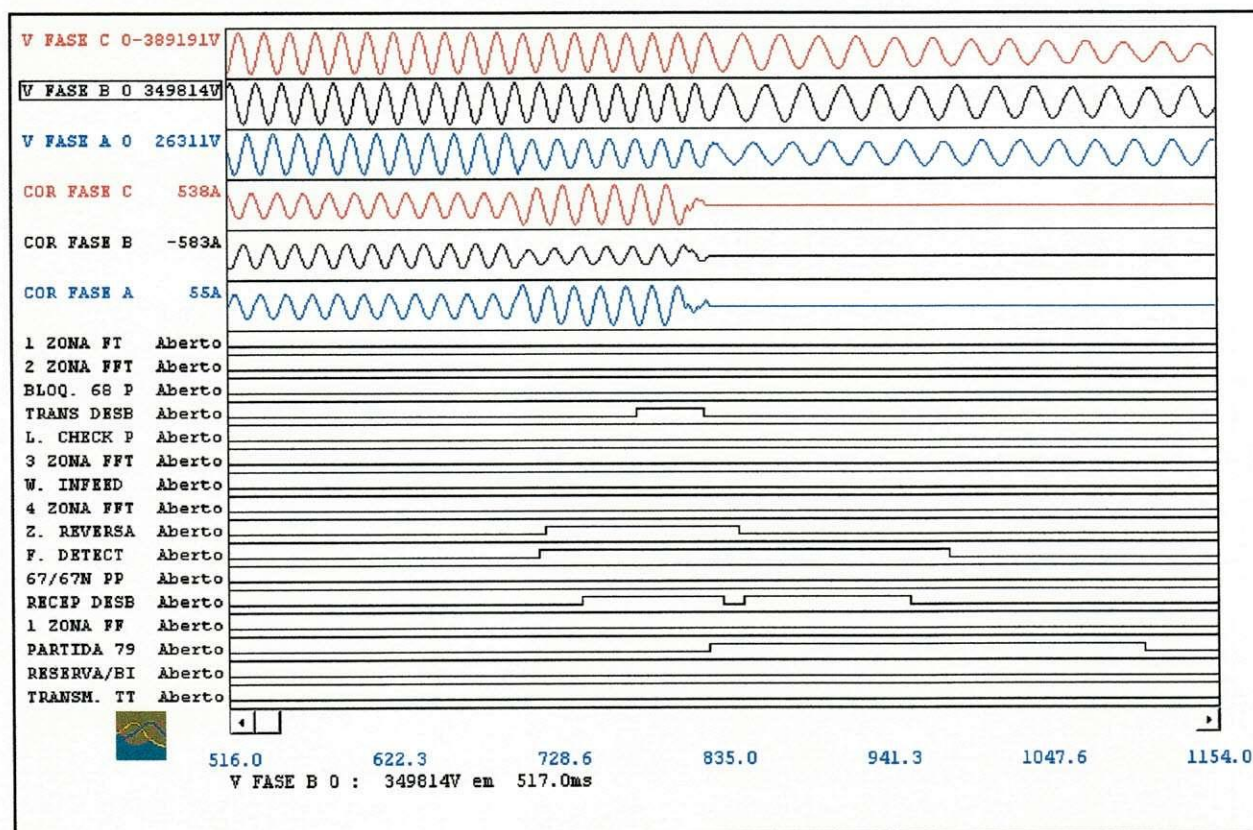


Figura 17 – Ocorrência na 05L5 AGD-ULG no dia 29/03/2001 às 07:10:20

## 4. OUTRAS ATIVIDADES

### 4.1 Defeito na Remota da SE69 Xingó

A SE 69 Xingó é uma subestação teleassistida, isto é, não tem operador no local. Todas as medidas necessárias são enviadas via remota cuja comunicação é feita através de cabo telefônico.

Remota ou UTR (unidade terminal remota) é um equipamento que permite enviar telessinais e telemedidas analógicos ou digitais via cabo telefônico para todos os órgãos interessados em seus dados. As remotas comunicam-se e possuem sincronismo entre elas.

A equipe de proteção responsável pela área de Xingó foi acionada devido a defeito na remota, pois a mesma não transmitia dados para a remota situada na Usina de Xingó.

Os problemas decorrentes do uso da linha telefônica para comunicação com equipamentos instalados em SE's tem crescido com o grande aumento da demanda por dados verificado em todos os setores da empresa e fora dela. O uso do par telefônico para interligar equipamentos referenciados a malhas de terra distintas pode submetê-los a grandes elevações de potencial decorrentes de descargas atmosféricas ou por faltas à terra no interior da SE. São frequentes as queimas de modem e ainda mais sério são os riscos para as pessoas que manipulam os equipamentos.

Para implantar medidas necessárias para a solução deste problemas, o CEPEL foi convidado a analisar aquela instalação e apresentar sugestões que orientem as medidas mais adequadas.

O relatório preliminar apresenta sugestões relativas à malha de terra, ao aterramento interno da sala de comando e aos aterramentos da torre de comunicação, da bandeja de cablagem, etc; dispositivos para isolamento galvânico dos pares telefônicos disponíveis no mercado (importados), considerando ainda soluções em desenvolvimento no CPqD (Centro de Pesquisas da Telebrás, em Campina – SP).

## 4.2 Disparo Capacitivo

O controle da proteção na SE 69 Xingó é AC e provém da SE ZEBU pela LT 02V5, conforme figura abaixo:

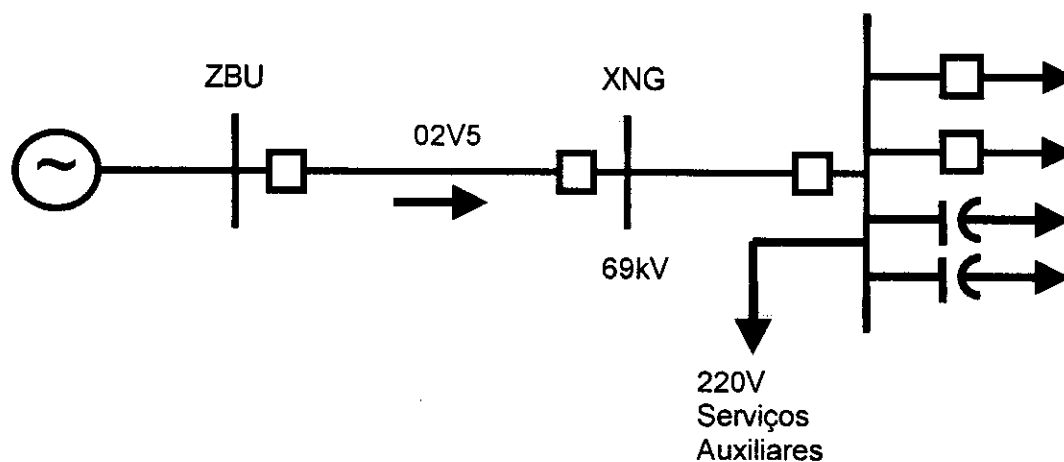


Figura 18 – Esquema ilustrativo da LT 69 kV ZEBU/XINGÓ

Na construção da usina eram utilizados vários motores e dessa forma eram usados os cinco bancos de capacitores existentes. Atualmente somente um banco é utilizado.

O religamento da 02V5 foi desativado devido ao fato de que no restabelecimento da tensão há surtos devido ao banco capacitivo.

O religamento é importante, pois a maioria das faltas ocorrem por transitórios. Para reativar o religamento é necessário que se introduza um relé 27 a fim de promover um disparo capacitivo para que o mesmo atue quando houver um religamento. Quando a linha é desligada a tensão AC é cortada, mas o capacitor está carregado e ao tentar descarregar (exponencialmente), o relé 27 atua com baixa tensão tirando assim, o banco capacitivo. Dessa forma, já pode haver religamento.

## 5. PARTICIPAÇÃO EM CURSOS E SEMINÁRIOS

5.1 Curso Proteção SIEMENS 7SA510 – CFPPA – Período de 16 a 25 de outubro de 2000 com duração de 64 horas aula.

5.2 Palestra Sobre Acesso a Rede de Oscilografia pela Intranet e Qualimetria e Faturamento – SPTL – 21 de outubro de 2000 com duração de 6 horas aula.

5.3 Seminário de Falhas Humanas

5.4 Curso Análise Fasorial – CFPPA – Período de 07 a 08 de dezembro de 2000 com duração de 16 horas aula.

5.5 Curso Comutador de Mudança de Tap com Carga – CFPPA – Período 26 a 27 de dezembro de 2000 com duração de 16 horas aula.

## **6. CONCLUSÃO**

Os pontos aqui desenvolvidos apresentam todas as atividades realizadas durante o período de estágio na Companhia Hidro Elétrica do São Francisco.

O estágio proporcionou contato com equipamentos antigos e obsoletos contrastando com o que há de mais novo em tecnologia e a importância de inovações a fim de um melhor desempenho do sistema.

O alcance de uma visão do real funcionamento de uma empresa tanto no aspecto técnico como na administração de seus recursos e englobando todas as suas deficiências e potencialidades.

Cabe agora ao futuro engenheiro enriquecer-se com esta experiência e utilizar toda a sua aprendizagem nesse período para o seu crescimento tanto pessoal, em se tratando da convivência com os colegas de trabalho, quanto profissional.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALSTOM T&D PROTECTION & CONTROL LTD. **Technical Guide MiCOM P441 And P442 Distance Protection Relays**. England: s. ed., 1999.
- CAMINHA, A. C. **Introdução à Proteção dos Sistemas Elétricos**. São Paulo, Edgard Blücher, 1977.
- CEPEL. **Relatório de Análise e Recomendações Relativas à Queima de Modems na SE69 Xingó (CHESF)**. Rio de Janeiro, s.d.
- CLARK, H. K. **Proteção de Sistemas Elétricos de Potência**. Trad. de FRITZ, A. S. & MARIOTTO, L. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1979. (Título original: (Protective Relaying)).
- CENTRO REGIONAL DE OPERAÇÃO NORDESTE. Obtido via Internet. <http://www.onsne.org.br/>
- COORDENAÇÃO DE ESTÁGIO DO DEE/CCT/UFPB. **Manual de Estágio**. Campina Grande, s.d.
- FLORES, L. L. et al. **Redação : o texto técnico / científico e o texto literário**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.
- FRAGA, A. A. **Análise Fasorial**. Bahia, s. ed., 2000. (Texto utilizado para realização de PATI).
- FRAGA, A. A. **Considerações sobre o Circuito de Comando dos LTC's dos ATR's 05T7 e 05T8 – SE PAQ**. Bahia, s. ed., 2000. (Texto utilizado para realização de PATI).
- FRAGA, A. A. **Considerações sobre Qualidade da Energia Elétrica**. Bahia, s. ed., 2000. (Texto utilizado para realização de PATI).
- GE POWER MANAGEMENT. **GEK-105556 Advanced Line Protection System**. Malvern. s.d.
- MAE-MERCADO ATACADISTA DE ENERGIA. Obtido via Internet. <http://www.asmae.com.br/>
- MERCADO DE ENERGIA. Obtido via Internet, Notes Chesf. <http://chesfnet/DA/Sti/ChesfNet/>
- NETO, A. P. et al. **Novos Métodos Para Aumento de Potência de LT até 230kV: Estudos, Projeto e Implantação Comercial**. (Trabalho apresentado no XV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica no período de 17 a 22 de outubro de 1999 – Foz do Iguaçu – Paraná).
- ONS - OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Obtido via Internet. <http://www.ons.org.br/>
- PARCELA VARIÁVEL. Obtido via Internet, Notes Chesf. <http://chesfnet/DA/Sti/ChesfNet/>
- REVISTA COMEMORATIVA DA CHESF. Recife: s. ed., 2000.
- SIEMENS. **SIPROTEC 7SA510 v3.2 Numerical Distance Protection for High**

- Voltage Systems**. Berlim, 1997.
- SOBRINHO, R. X. **Elaboração de Relatórios Técnicos**. Recife : Consultoria em Engenharia Elétrica e Treinamento, s.d.
- TOWER TECNOLOGIA. **Substituição da proteção de linha PDS por MiCOM P441 e P442 Diagramas Funcionais Nº PCE- 2200 – 4 – GER – FU - PB-01**. Olinda :s.ed., s.d.
- WARD, R. A. **Redação de Relatórios 100%**. Tradução de Carlos Alberto D. Coelho. Itajubá, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, 3ª ed., 1999. (Título original: 100% Report Writing).

## 8. GLOSSÁRIO DE SIGLAS E TERMO EM USO

Carrier - Equipamento que engloba as funções de transmissor e receptor de sinais de disparo num esquema de teleproteção

CFPPA – Centro de Formação Profissional de Paulo Afonso

Corrente de disparo – valor mínimo de corrente para a atuação do relé

Corrente de dropout (percentagem de retorno ou de relaxamento) – valor máximo da corrente de desatracamento do relé

DOEM – Divisão de Engenharia de Manutenção de Sistemas de Proteção e Automação

DRTP – Divisão Regional da Manutenção da Transmissão de Paulo Afonso

DUTT – Direct Undereach Transfer Tripping (Transferência de disparo direto de subalcance) – Esquema básico de transferência à distância onde é adicionado um canal de comunicações com um transmissor e um receptor em cada um dos terminais. Este canal de comunicações é utilizado para dar condições para que a unidade da primeira zona transfira o disparo ao disjuntor localizado no terminal remoto da linha, bem como de disparar o disjuntor a ele associado. A vantagem importante deste esquema sobre o esquema básico de relés de distância é que as faltas nos terminais da linha são eliminadas em alta velocidade em ambos os terminais, em vez de somente no terminal mais próximo.

Falta – é o termo usado para denotar um acidental afastamento das condições normais de operação.

GRP – Gerência Regional de Paulo Afonso

Nema – Código numérico usado para indicar os diversos elementos de um esquema.

Proteção de retaguarda – Sua finalidade é atuar na manutenção da proteção primária ou falha desta, só é usada , por motivos econômicos, para determinados elementos do circuito e somente contra curto-circuito.



OA – Ordem de Ajuste – documento emitido pelo normativo (DOPR) contendo todos os ajustes a serem implantados, utilizando o programa adequado a cada proteção.

Relé – Segundo a ABNT é um dispositivo por meio do qual um equipamento elétrico é operado quando se produzem variações nas condições deste equipamento ou do circuito em que ele está ligado, ou em outro equipamento ou circuito associado.

Segundo outras normas é um dispositivo cuja função é detetar nas linhas ou aparelhos faltosos, perigosas ou indesejáveis condições do sistema, e iniciar convenientes manobras de chaveamento ou dar aviso adequado.

Relé Curinga – Proteção móvel a ser usada nos casos onde não existe proteção de retaguarda adequada ou os riscos sejam inaceitáveis, deve preferencialmente ser digital.

Relé de corrente – é aquele cuja grandeza característica de atuação ou de acionamento é uma corrente fornecida ao relé, seja diretamente ou através de um transformador de corrente da rede.

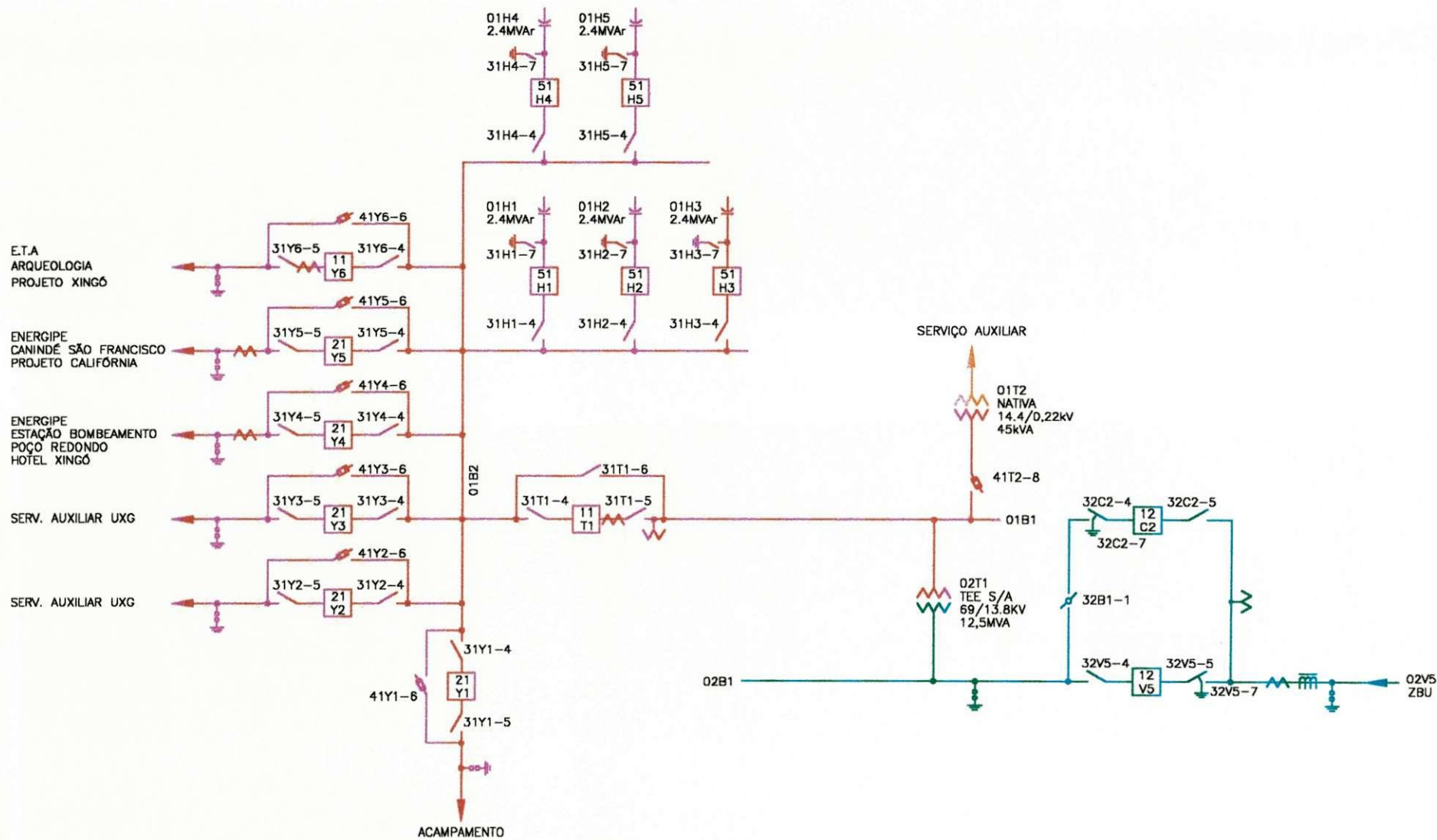
Relé direcional – relé capaz de distinguir entre o fluxo de corrente em uma direção ou outra; em circuito de alternada isso é feito pelo reconhecimento do ângulo de fase entre a corrente e a grandeza de polarização (ou de referência).

Relé de tensão – é aquele cuja grandeza característica de atuação ou de acionamento é uma tensão fornecida ao relé, seja diretamente ou através de um transformador de potencial da rede. Os prefixos sobre e subcorrente ou tensão, significam que o relé atua para valores acima ou abaixo, respectivamente, daquele pré-determinado.

SPCP – Serviço de Automação e Proteção de Paulo Afonso

UTR – Unidade Terminal Remota

# 9. ANEXOS



MODIFICAÇÕES :  
ALTERADA CARGAS DERIVADAS DO 11Y6.

DOMO 09/07/99  
DO-97.3.0133



COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO  
SE XINGÓ (XNG)

GRP

# 4 Method of operation

## 4.1 Operation of complete unit

The numerical distance protection SIPROTEC 7SA510 is equipped with a powerful and proven 16-bit microprocessor. This provides fully digital processing of all functions from data acquisition of measured values to the trip command for the circuit breaker.

The transducers of the measured value input section ME transform the currents and voltages from the measurement transformers of the switch-gear and match them to the internal processing level of the unit. Apart from the galvanic and low-capacitive isolation provided by the input transformers, filters are provided for the suppression of interference. The filters have been optimized with regard to bandwidth

Figure 4.1 shows the base structure of the unit.

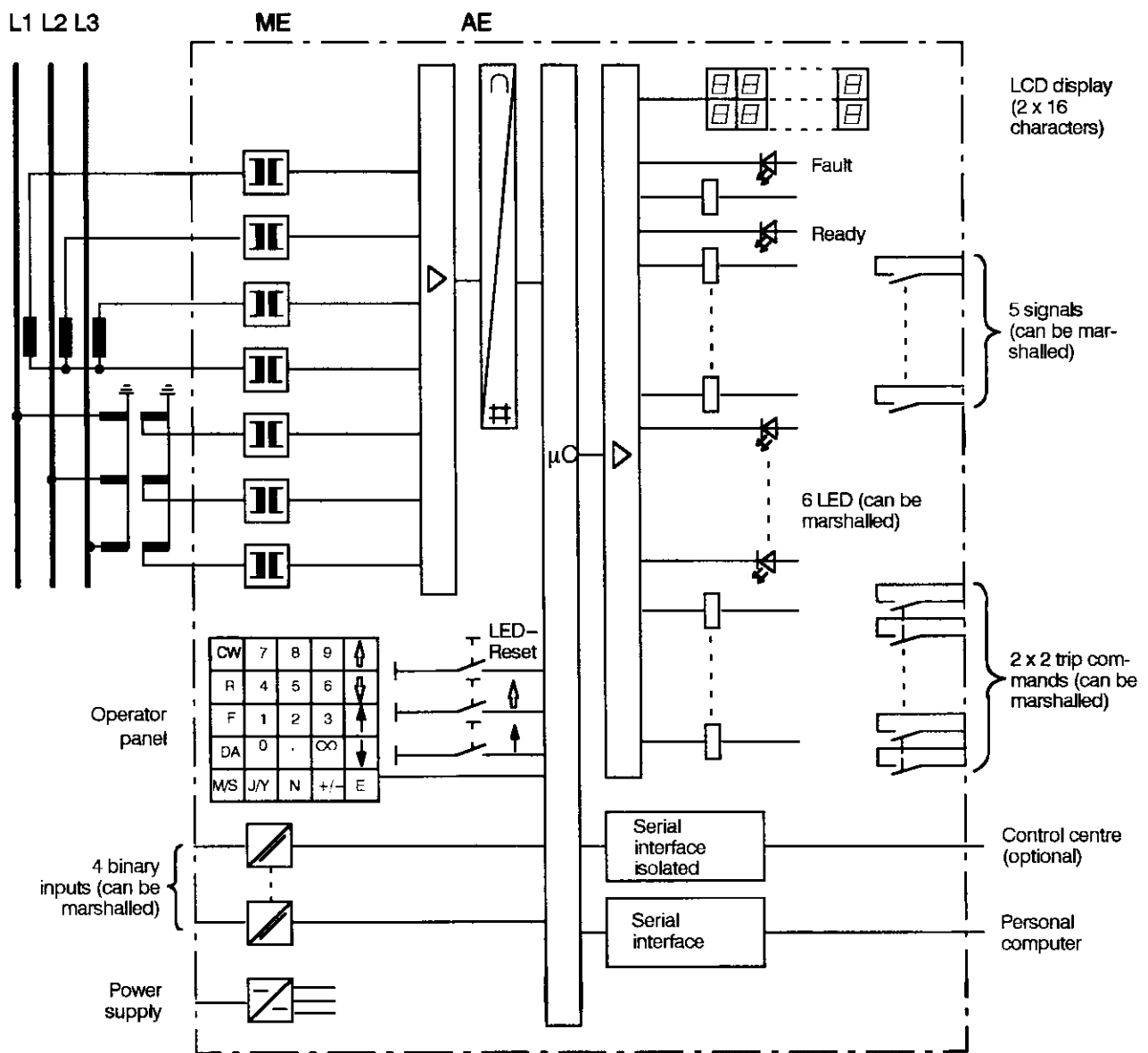


Figure 4.1 Hardware structure of distance protection relay 7SA510

## Numerical Distance Protection for High Voltage Systems

### SIPROTEC 7SA510 v3.2

Instruction Manual

Order No. C53000-G1176-C115-3

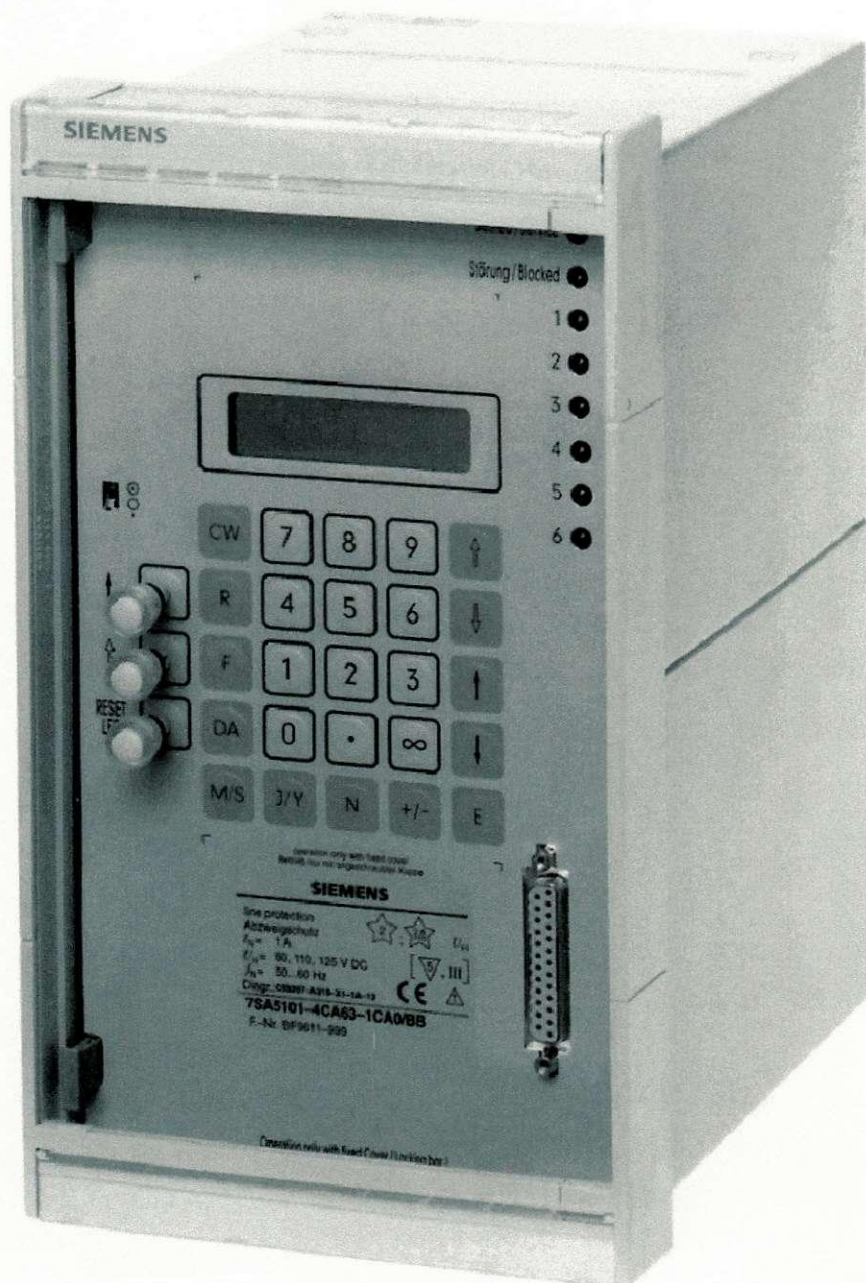


Figure 1 Illustration of the numerical distance protection relay for high voltage systems SIPROTEC 7SA510 (in housing for surface mounting)

**A General diagrams**

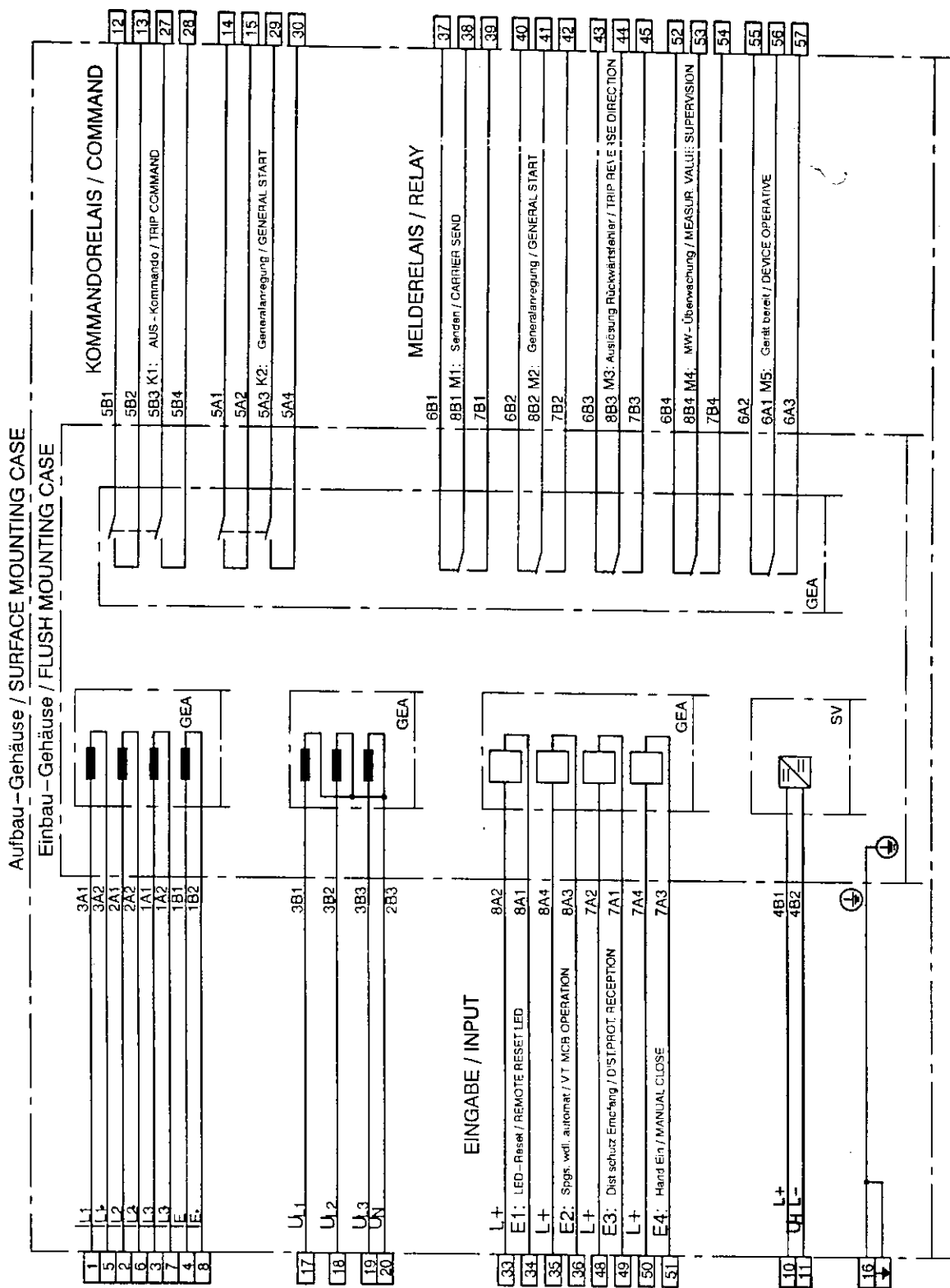
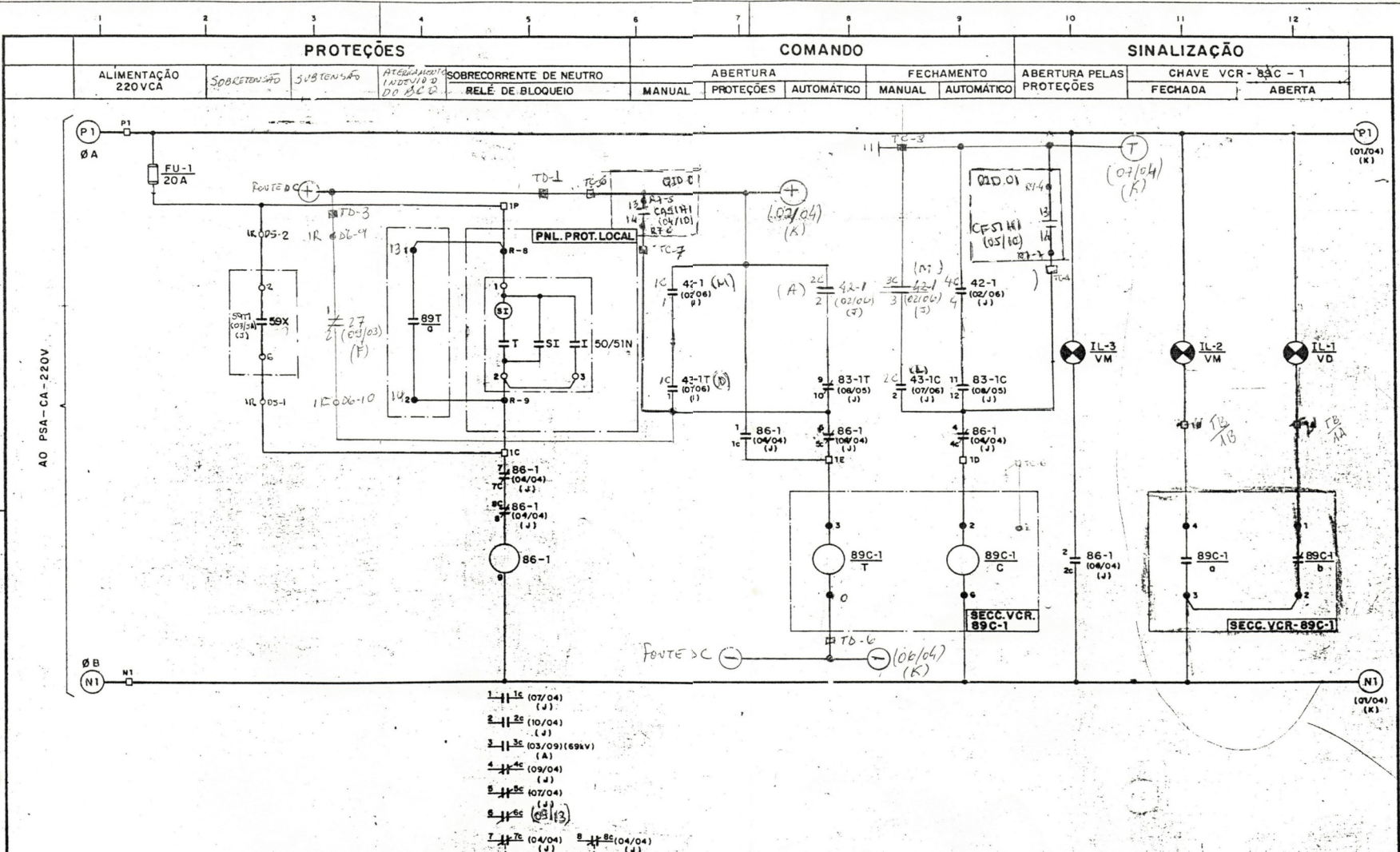
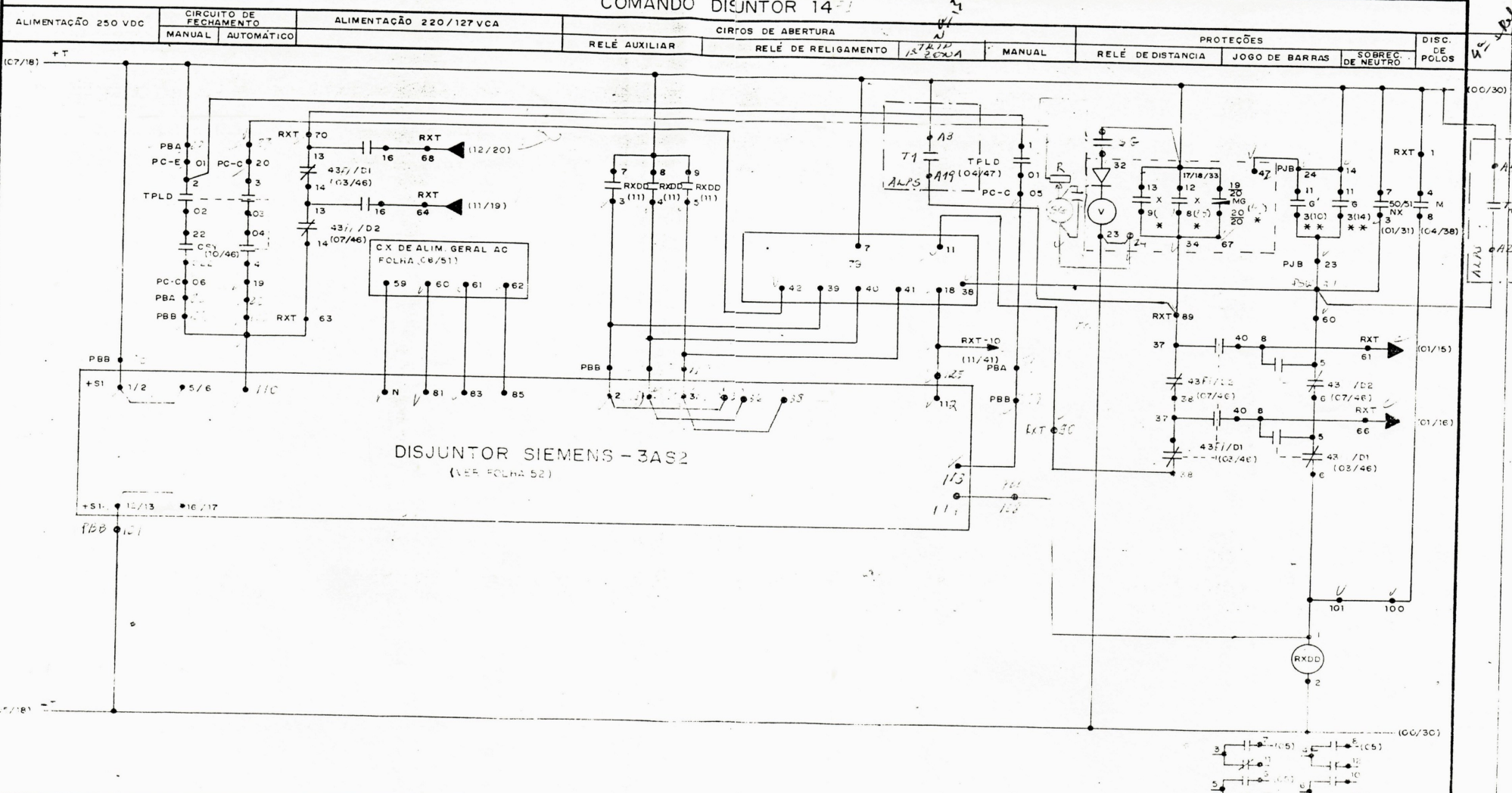


Figure A.1 General diagram 7SA510 (sheet 1 of 2)



CH032-08-4RV-001/87 DO-832.0115 DO-832.0116		LEVANTAMENTO DE CAMPO BANCO DE CAPACITORES 13,8kV (SECOM) 3 STEP VOLTAGE CONTROL - SCHEMATIC (MCGRAW EDISON) WIRING DIAGRAM - 3 STEP (MCGRAW EDISON)		O EMISSÃO INICIAL		REVISÃO PROJ. DES. CONF. VISU. APROV. DATA VERIF. DATA VISTO DATA APROV. DATA		CHESF		<b>COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO</b> <b>SUBESTAÇÃO DE XINGÓ</b> TÍTULO: SETOR 13,8kV BANCO DE CAPACITOR Nº1 - VÃO J CHAVE SECC.VCR-PROTEÇÕES-COMANDO-SINALIZ. DIAGRAMA FUNCIONAL		DES. Nº: SECOM: CHESF:		ESC. Nº: REV. Nº: PL. Nº: J. Nº:	
NÚMERO DESENHOS DE REFERÊNCIA		TÍTULO DESENHOS DE REFERÊNCIA		REV. Nº Nº		DESCRIÇÃO SECOM		CHESF		SEC0M - consultoria e projetos de engenharia ltda.		ENG. RESP.: OSVALDO L.C. DE OTERO CREA Nº.: 16.332-D RES.: 54 e 63			

# COMANDO DISJUNTOR 14

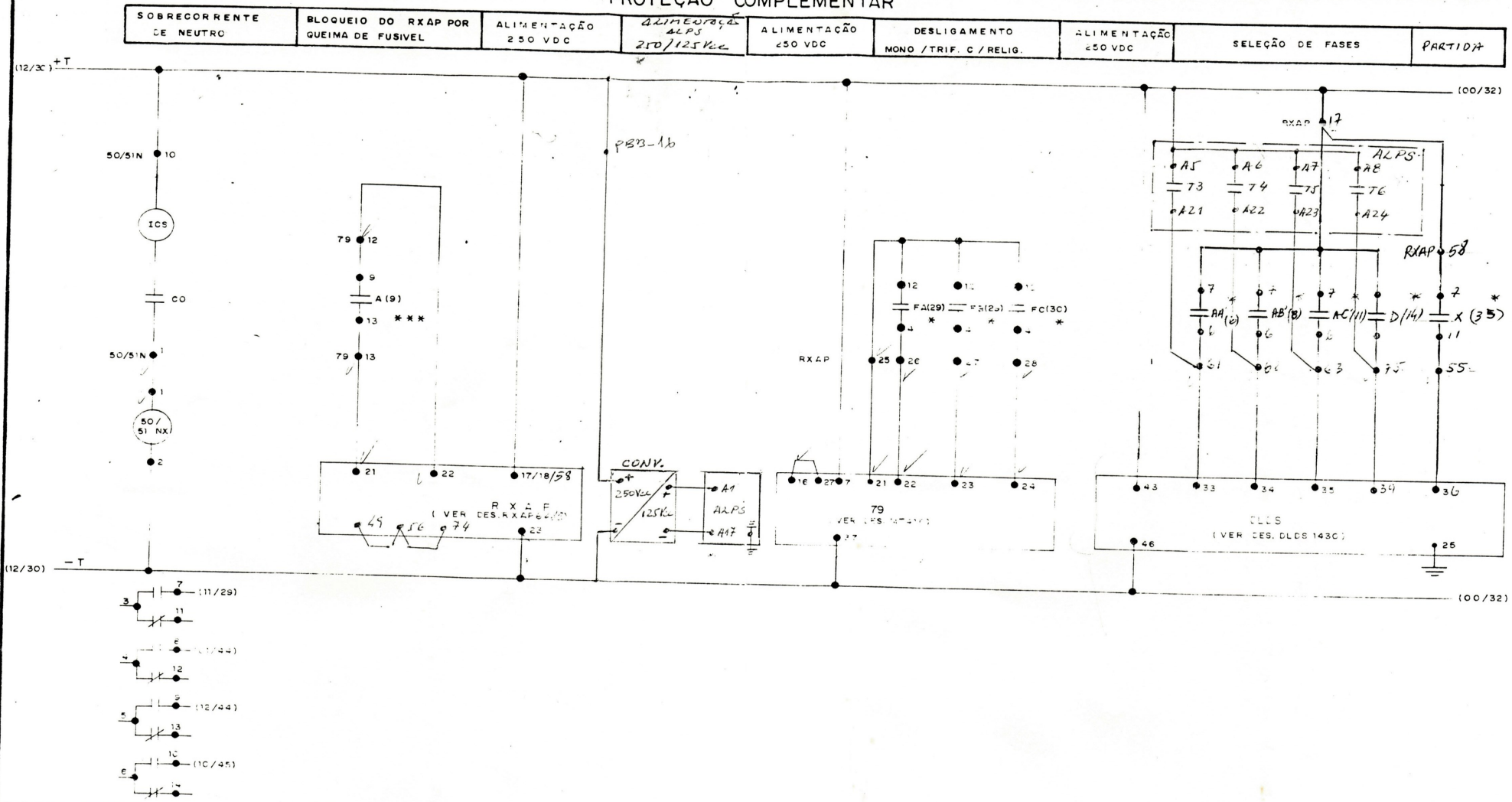


DISJUNTOR SIEMENS - 3AS2  
(VER. FOLHA 52)

MODIFICAÇÕES	OBSERVAÇÕES	LEVADO: EQUIPE PAF	COMPANHIA HIDRO E LÉTRICA DO SÃO FRANCISCO		
	* LES RXAP	DESEJADO: DANIEL	SUBESTAÇÃO PAF - 230 KV		
	** DES. CRD 210	VER. ADADO:	FUNCIONAL - CABANA 0 - BAY - LTO4		
		VIS:	COMANDO DISJUNTOR 14		
		APRADO:	DATA:	LES Nº SPOC - 66-00 / 9	RV D



## PROTEÇÃO COMPLEMENTAR



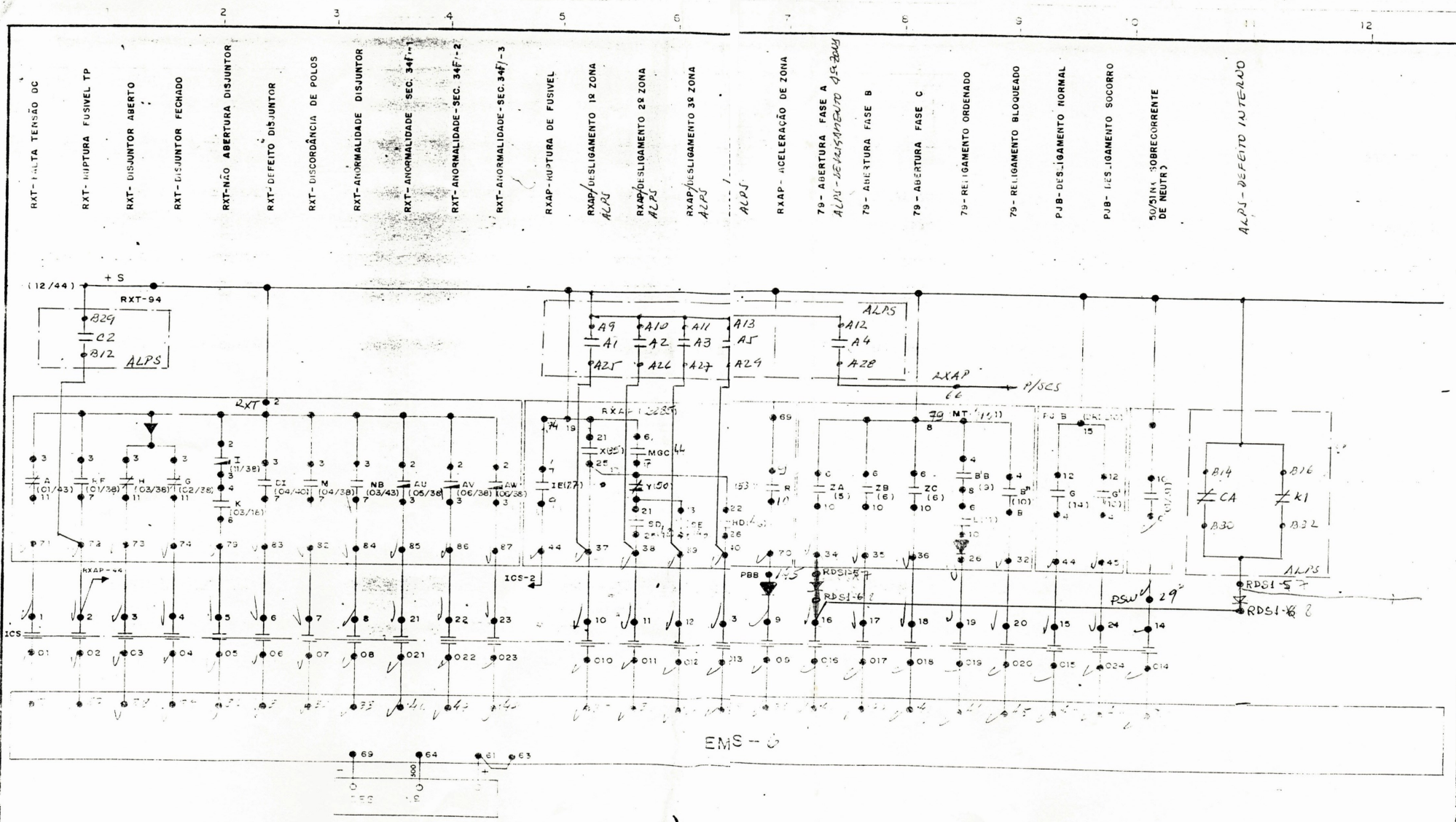
MODIFICAÇÕES

### OBSERVAÇÕES

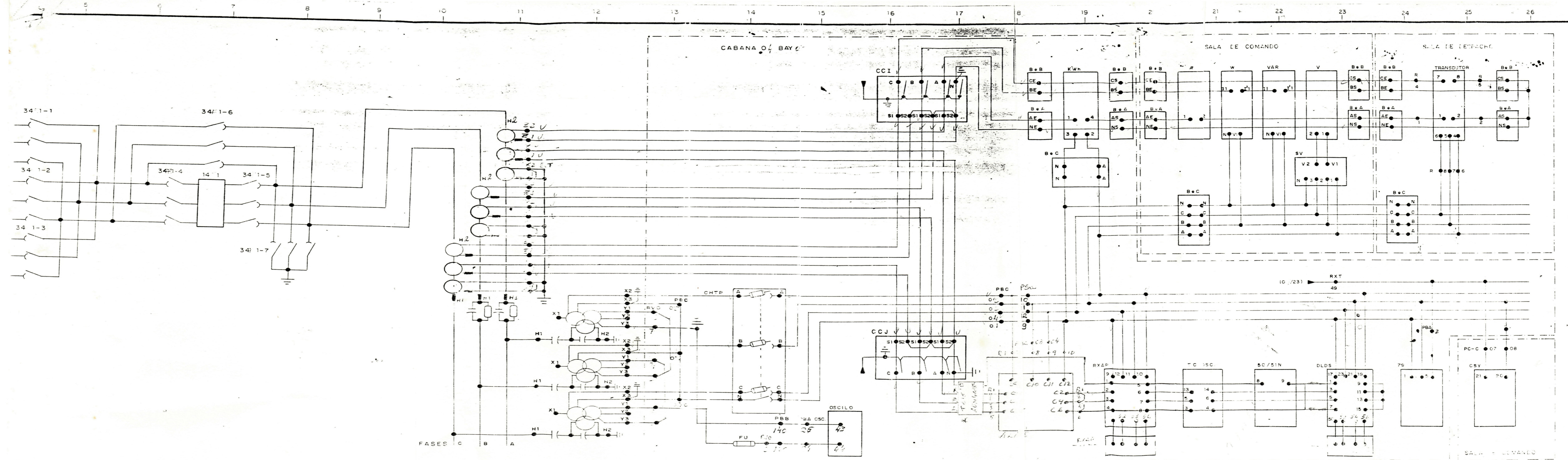
- \* VER DES. RXAP
- \*\*\* VER DES. MT 41C

LEVANTADO EQUIPE PAF
DESENHADO DANIEL
VERIFICADO
VISTO
APROVADO

<b>COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO</b>	
SUBESTAÇÃO PAF - 230 KV	
FUNCIONAL - CABANA 04 - BAY 07 - LT 04	
PROTEÇÃO COMPLEMENTAR	
DATA	REV
DES. Nº SPCP - 66-031/192	FL. 31



SIGNIFICAÇÕES	OBSERVAÇÕES	LEVANTADO: EQUIPE PAF	COMPANHIA HIDRO ELETTRICA DO SÃO FRANCISCO
		DESENHADO: DANIEL	SUBESTAÇÃO PAF - 230 KV
		VERIFICADO:	CABANA 04 - BAYOP-LT 04/11/1978 - DATE
		REVISÃO:	EMS
		APPROVADO:	DES. Nº 3408 - 22-0014 05



OBSERVAÇÕES Ve DESENHO EM ANEXO	LEVANTADO EQUIPE PAF	COMPANHIA HIDRO E LETRICA DO SÃO FRANCISCO		
	DESENHADO PAF	SUBESTAÇÃO PAF - 230 KV		
	VERIFICADO:	CABANA O - BAY - LT 04/1		
	VISTO:	DIAGRAMA TRIFILAR		
APROVADO:	DATA:	DES. Nº SPQF - PAF - 04/1 - 1944	F. 1	F. 15