

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP

Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas

ISSN 1413-2214

BT/PEA/9702

Desenvolvimento de um Sistema de Automação para um Centro de Operação da Distribuição

**Paulo Sérgio Miguel Surur
José Antonio Jardini**

São Paulo - 1997

O presente trabalho é um resumo da dissertação de mestrado apresentada por Paulo Sérgio Miguel Surur, sob orientação do Prof. Dr. Aderbal de Arruda Penteado Jr.: "Desenvolvimento de um Sistema de Automação para um Centro de Operação e Distribuição", defendida em 10/12/96, na EPUSP.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na biblioteca de Engenharia de Eletricidade da Escola Politécnica da USP.

Surur, Paulo Sérgio Miguel

Desenvolvimento de um sistema de automação para um centro de operação da distribuição / P.S.M. Surur, J.A. Jardini. -- São Paulo : EPUSP, 1997.

20p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, BT/PEA/9702)

1. Distribuição (Energia elétrica) I. Jardini, José Antonio II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas III. Título IV. Série

ISSN 1413-2214

CDD 621.319

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PARA UM CENTRO DE OPERAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO

**Autores: PAULO SÉRGIO MIGUEL SURUR
PROF. DR. JOSÉ ANTONIO JARDINI**

1. INTRODUÇÃO

O grande desafio enfrentado pelas concessionárias de energia elétrica tem sido o de manter tanto o fornecimento como a qualidade da energia vendida, no melhor nível possível. Mas sabe-se o quanto esta tarefa é difícil.

Quando se fala em qualidade do fornecimento de energia, entende-se manter este fornecimento de uma forma constante, com um alto grau de confiabilidade.

Para que isto aconteça, há necessidade de ter um sistema de proteção capaz de atuar de forma rápida e eficiente, permitindo, assim, o pronto restabelecimento do fornecimento de energia no menor espaço de tempo. É neste ponto que se impõe os sistemas automatizados.

2. OBJETIVO

Definiu-se como objetivo deste trabalho estudar o COD - Centro de Operação da Distribuição, e sua possível automação, no tocante às funções de supervisão em tempo real do sistema (Operação).

Visando a esta meta, primeiramente é estudada uma arquitetura de "hardware" adequada. Em seguida, procurou-se definir um conjunto de telas, hierarquicamente organizadas, visando à monitoração e controle do sistema. Estas telas permitem visualizar a área global, a subtransmissão, as subestações e os postos de automação de chaves na rede primária.

3. A AUTOMAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO

Na Fig. 3-1 é apresentado o diagrama de blocos do sistema de automação da distribuição, contendo em realce os subsistemas de tempo real:

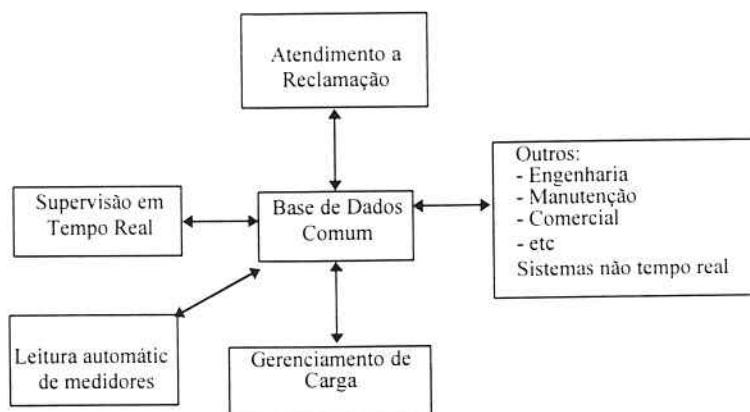


Fig. 3-1 - Sistema de Automação da Distribuição em destaque para a parte(tempo real) abrangida por este trabalho.

Estes subsistemas se integram num sistema computacional instalado no COD e são eles:

- a) Base de Dados comum:
- b) Supervisão em tempo real:
- c) Atendimento à reclamação:
- d) Leitura automática de medidores:
- e) Gerenciamento de carga:
- f) Outros:

4. COD - AUTOMATIZADO

A instalação de sistemas computacionais no COD permite integrar e automatizar as várias atividades da distribuição. Na Fig. 4-1 está apresentada uma arquitetura típica de “hardware” que pode ser usada num COD automatizado.

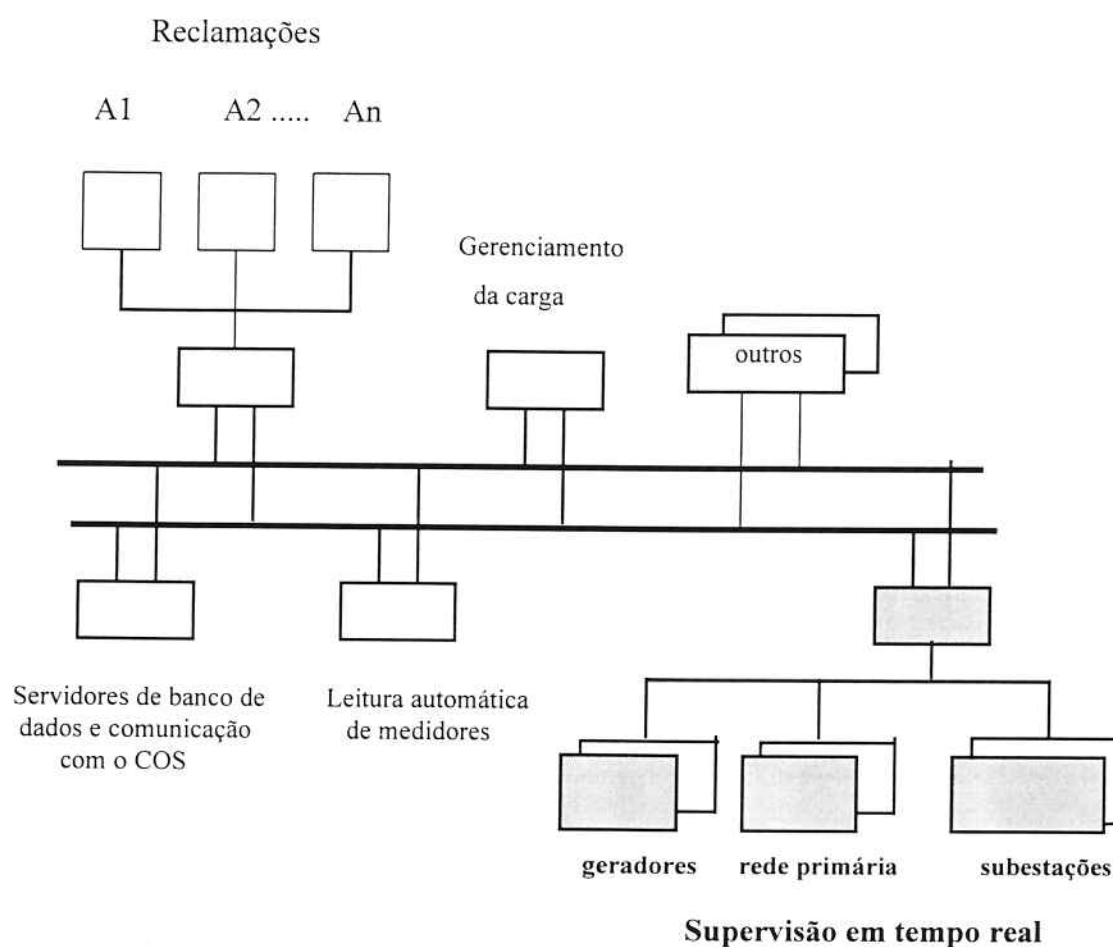


Fig. 4-1 "Hardware" para um COD automatizado.

5. DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PROTÓTIPO DE AUTOMAÇÃO DE COD - CENTRO DE OPERAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO

5.1 Arquitetura do sistema

Este protótipo é composto de um Sistema Central (utilizando microcomputadores do tipo PC), Unidade de Aquisição de Dados e Controle UAC e Comunicação de Dados.

O diagrama em blocos da arquitetura do sistema com os respectivos equipamentos digitais estão apresentados na Fig. 5-1-1.

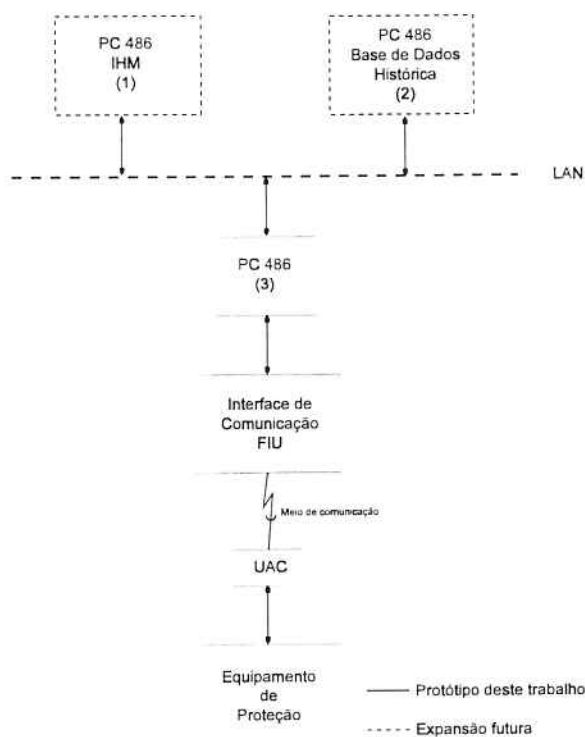


Fig. 5-1-1 Arquitetura do sistema protótipo (“hardware”).

a) Sistema Central:

A arquitetura futura do sistema central será constituída de três microcomputadores IBM, um para a IHM, outro para a base de dados e o outro para interface com as UAC.

b) Subsistema de Aquisição de Dados e Controle.

A UAC utilizada neste projeto é denominada Moscad, e é de fabricação da Motorola [2]. Dispõe do método comumente usado de varredura ou seja, transmissão após interrogação da central (“pooling”). A transmissão é feita apenas dos pontos onde sempre ocorreram mudanças (transmissão por exceção). A taxa de transmissão de dados pode ser ajustados entre 2400 a 9600 bps. A UAC transmite os dados num intervalo de tempo programado (ciclo de envio de dados), intervalo este que pode ser ajustado durante a fase de integração do sistema, ou pelo operador durante o uso. A UAC por sua vez, tem também seu ciclo interno de varredura de suas entrada/saída ajustável. Neste projeto este ciclo foi ajustado em 20ms.

Caso não confirmada a recepção dentro de certo tempo após a transmissão, a UAC repetirá a transmissão, até que se obtenha sua confirmação.

O sistema de aquisição de dados (Moscad) é composto de 3 módulos:

- Interface de Comunicação FIU (Front-End Interface Unit);
- Mixed I/O;
- AC Analyser.

Na Fig. 5.1-2 a e b, são apresentados os blocos destes módulos e o diagrama funcional:

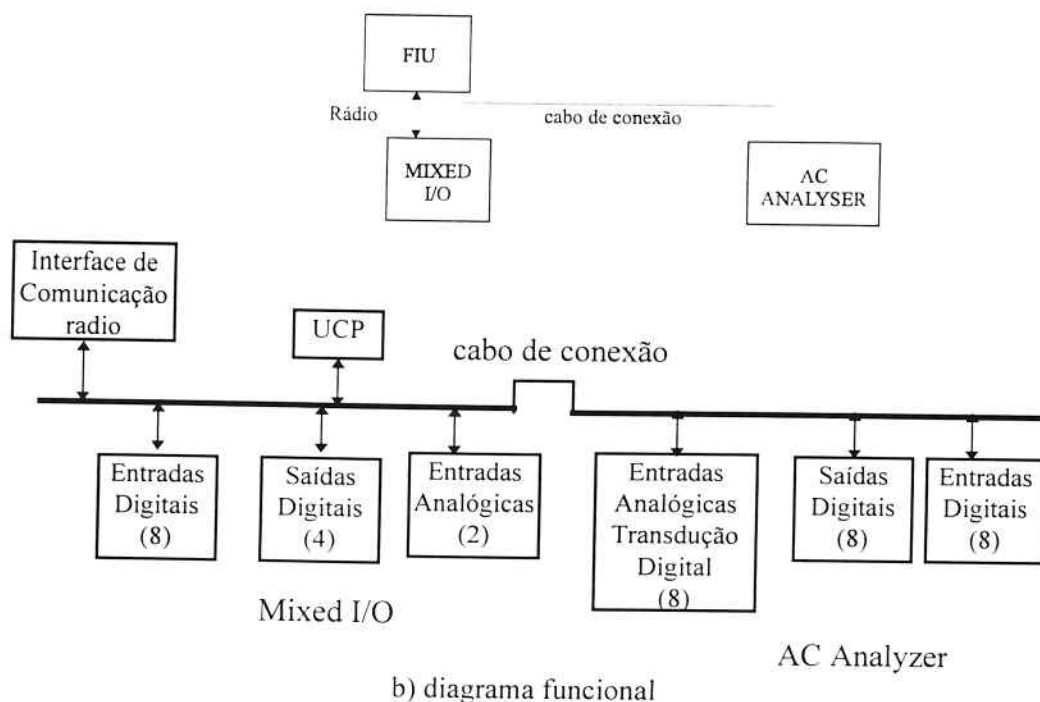


Fig. 5.1-2 módulos da UAC- "Moscad"

c) Rede de comunicação:

No sistema utilizado neste projeto, aparecem dois meios de comunicação: uma rede de área local (LAN), no caso Ethernet com protocolo TCP/IP e Net DDE, e outra por rádio "Trunking" [3] entre o módulo denominado FIU e as UACs.

O sistema de rádio "Trunking" tem sido utilizado por várias concessionárias para fazer a transmissão de dados das UACs (instaladas nos postes, junto às chaves motorizadas), até o sistema central. Neste projeto, utilizou-se do sistema de rádio comunicação da Motorola do Brasil.

5.2 “Software”

O sistema operacional utilizado foi o MS-DOS. Isto se fez necessário porque o “software” utilizado para o desenvolvimento da Interface Homem Máquina (IHM) utiliza o ambiente de trabalho Windows para sua instalação e execução.

Para o desenvolvimento da IHM, foi utilizado o “software” denominado “In Touch” desenvolvido pela Wonderware [4] [5]. Este “software” utiliza o ambiente de trabalho Windows tanto para sua execução como para sua instalação.

Para realizar a tarefa de programação das UAC foi utilizado um pacote de programação denominado “Tool Box”[6] [7], cuja programação utiliza a linguagem “Ladder Logic” e é através desta programação que se habilita cada módulo da UAC para realizar o telecomando e telesupervisão dos equipamentos de proteção, assim como monitorar as variáveis.

6. INTERFACE HOMEM MÁQUINA (IHM) PARA OPERAÇÃO

Aqui são apresentadas as telas desenvolvidas neste trabalho, que serão utilizadas no COD para operação da rede de distribuição.

Para a operação de redes de subtransmissão e distribuição, foi concebido um conjunto de telas com as informações hierarquicamente organizadas nos quatro seguintes níveis:

Nível 1 - Área de Concessão por Região;

Nível 2 - Potências por Região;

Nível 3 - Subestações;

Nível 4 - Rede Primária.

Nota-se que, para alguns níveis, existirá mais de uma tela. Para que se possa navegar entre elas, deslocando-se assim entre os vários níveis de informação, existem botões adequadamente identificados.

a) Nível 1 - Área de Concessão por Região.

Neste nível, é apresentada uma área dividida em sete regiões denominadas de Sorocaba, Oeste, Norte - Sul, ABCD, Leste, Baixada Santista e Vale do Paraíba.

O intuito desta tela é permitir a macro visão da área em estudo numa tela em que aparecem as sete regiões citadas acima chamada “Área de Concessão por Região” (Fig. 6-1). Esta tela foi inspirada no modelo de área metropolitana do mapa da cidade de São Paulo e adjacências. Nesta tela seleciona-se uma região posicionando-se o cursor (“mouse”) sobre ela e “clitando” em seguida. Desta maneira aparecerá uma outra tela chamada “Potência por Região - Oeste”. O mesmo procedimento foi adotado para as outras regiões. Entretanto, para simplificar a programação, todas foram programadas para que, ao serem selecionadas e “clitadas”, se transfiram para a mesma tela “Potência por Região - Oeste”.

Desta tela “Potência por Região - Oeste” pode-se retornar para a tela “Área de Concessão - por Região”, selecionando-se e “clitando” o botão correspondente.

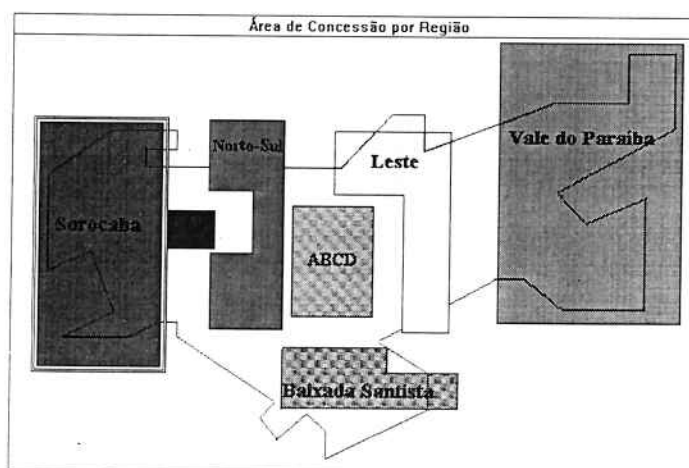


Fig. 6-1 - Tela “Área de Concessão por Região”

b) Nível 2 - Potências por Região.

Neste nível, detalham-se as informações principais das subestações que estão localizadas na região em estudo. As informações neste nível são apresentadas em dois conjuntos de telas por região, uma com as informações mostradas na forma de diagrama unifilar, e a outra com as informações na forma tabular.

Como foi citado anteriormente, ao se selecionar e “clitar” sobre qualquer uma das regiões pertencentes ao nível 1, abre-se a tela “Potências por Região - Oeste”.

b1) Tela “Potências por Região - Oeste”.

Nesta tela (Fig. 6-2) são apresentadas todas as subestações que pertencem à região Oeste. Cada subestação é apresentada na forma de bloco, com os valores das potências ativa (P) e potências reativa (Q) de cada um de seus transformadores (ou carga).

Estes valores serão atualizados pela UAC (Unidade de Aquisição de Dados e Controle), com dados vindos do campo.

Ao selecionar e “clique” sobre qualquer bloco, de qualquer subestação, abre-se a tela que tem o diagrama unifilar com as informações sobre a subestação em questão (Fig. 6-2)

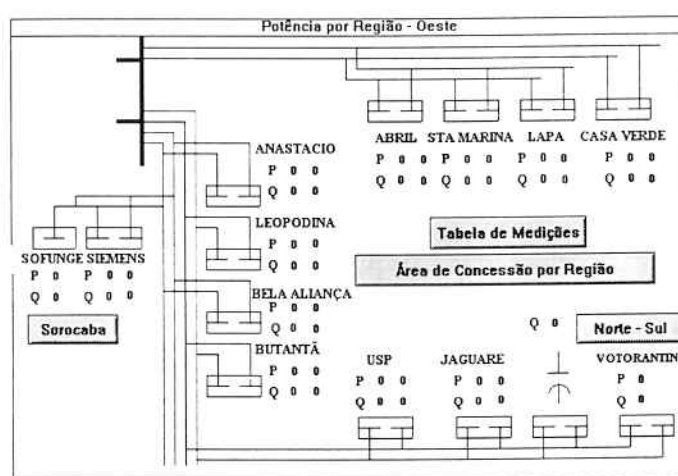


Fig. 6-2 - Tela “Potência por Região-Oeste”

b2) Telas: “Tabela de Medições-Oeste”

Nestas telas, o objetivo é poder acompanhar as variações das potências ativa (P), potências reativa (Q) e de tensão (V), em cada subestação que pertence à região Oeste.

Nas Fig. 6.3 é apresentada a tabela com as medições de P, Q e V na forma tabular para região Oeste. Há também um “scroll” usado para se deslocar tanto para a tabela seguinte como para a anterior, onde se encontram listadas as outras subestações com os respectivos valores de P, Q e V.

Tabela de Medições - Oeste									
Subestações	Transformador 1			Transformador 2			Transformador 3		
	P	Q	V	P	Q	V	P	Q	V
1 Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 Anastácio	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 Bairro Aliança	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 Butantã	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 Casa Verde	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 Jaguaré	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Lapa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 Leopoldina	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 Pirituba	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 Santa Marina	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 Siemens	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 Sofunge	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 USP	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14 Votorantin	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15 Jaguarécap	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Potência por Região - Oeste

Área de Concessão por Região

Fig. 6-3 - Tela “Tabela de Medições - Oeste” 1ª página.

c) Nível 3 - Subestações

As informações neste nível são apresentadas em dois conjuntos de telas por subestação.

É apresentado aqui um modelo geral de uma subestação com seus disjuntores de proteção para cada alimentador. Também são apresentadas as mensagens que aparecem em caso de se tentar executar alguma operação que se contraponha à programação interna do sistema desta subestação. A seguir, será descrito detalhadamente o comportamento geral destes dois conjuntos de telas.

c1) Tela: “Subestação Geral”

A Fig. 6-4 mostra uma destas telas para a subestação Lapa.

É também um modelo básico de uma subestação, tendo aí vinte e oito disjuntores dos quais 2 disjuntores são para interligação de barras, 4 são saídas dos transformadores, 12 são para os alimentadores, 4 para os capacitores e dois são para a entrada dos transformadores.

Ao examinar a tela pode-se ver que todos tem a cor vermelha, indicando que estão fechados, exceto os disjuntores de interligação de barras, que são normalmente abertos, tendo portanto a cor verde.

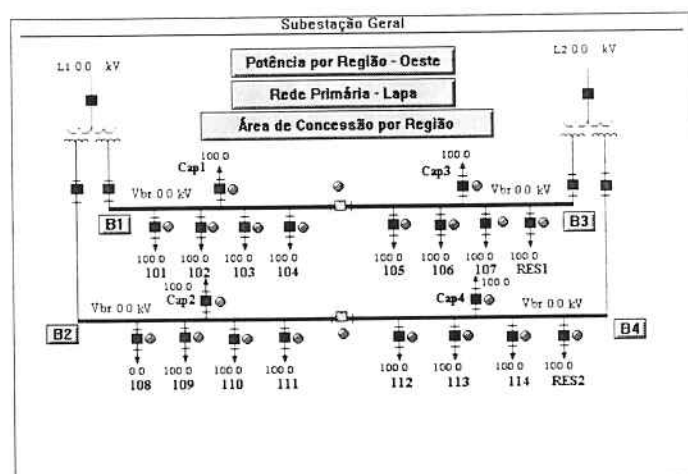


Fig. 6-4 - Tela “Subestação Lapa”

Para a descrição que se segue, tomar-se-á como exemplo o disjuntor do circuito 104. Ele tem inicialmente a cor vermelha, o que indica que está fechado, consequentemente o circuito do qual ele faz a proteção está energizado.

Ao selecionar e “clique” sobre este disjuntor, aparecerá uma tela auxiliar contendo três botões (Fig. 6-5), cujas funcionalidades serão a seguir descritas:

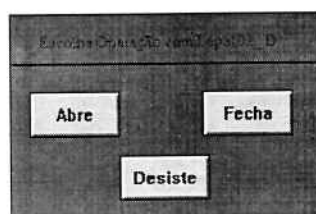


Fig.6-5 - Tela auxiliar para telecomando.

- Botão “Abre”: para abrir o disjuntor.
- Botão “Fecha”: para fechar o disjuntor.
- Botão “desiste”: para cancelar a operação.

Com relação ao telecomando, mais duas facilidades estão previstas.

A primeira se refere à posição onde estará o comando local/remoto, selecionado por uma chave de duas posições, localizada junto aos disjuntores.

A segunda facilidade refere-se ao comando dos disjuntores que poderá estar habilitado/desabilitado pelo operador.

Para a operação dos disjuntores de interligação, os mesmos passos descritos anteriormente devem ser seguidos, porém com algumas condições que devem ser respeitadas para evitar paralelismo de fontes. As condições são as descritas a seguir (ver Fig. 6-4).

Antes porém cabe lembrar que: D11, D22, D33 e D44 são os disjuntores que ligam os transformadores, às barras 1, 2, 3 e 4, respectivamente; DI13 é o disjuntor que liga a barra 1 a 3 e DI24 é o disjuntor que liga à barras 2 a 4

I) Se os disjuntores D11 e D33 estiverem fechados, o disjuntor de interligação DI13 deverá estar aberto e não pode ser fechado.

II) Se o disjuntor D11 estiver fechado e os disjuntores DI13 e D33 estiverem abertos, pode se fechar o disjuntor D33 ou o disjuntor de interligação DI13.

III) Se os disjuntores D11, DI13 e D33 estiverem abertos, pode-se fechar qualquer par deles, pois não ocorrerá paralelismo de fontes.

Este intertravamento é verificado por programação interna feita no sistema.

Esta linha de conduta também é verdadeira para as barras 2 e 4.

Retomando à tela “ Subestação Geral” da subestação Lapa (Fig 6-4), pode-se notar que, existem ainda sete botões que são utilizados para se mostrar outras telas.

- Botão “B1”: ao selecionar e “clique” sobre este botão, aparece uma outra tela chamada “Medição Barra 1” (Fig. 6-6). Nesta tela aparece em detalhes só a barra 1, com os circuitos que à ela estão ligados, juntamente com seus disjuntores.

O mesmo acontece com os botões B2, B3 e B4. Cada um deles mostrará o detalhe da barra a que estão relacionados.

- Botão “Potência por Região-Oeste”: ao selecionar e “clique” sobre este botão, aparece a tela da Fig. 6-2.
- Botão “Rede Primária - Lapa”: ao selecionar e “clique” sobre este botão, aparece a tela chamada “Rede Primária - Lapa”, que será descrita posteriormente.
- Botão “Área de Concessão por Região”: ao selecionar e “clique” sobre este botão, aparece a tela da Fig. 6-1.

Na tela “Subestação Geral” aparecem os valores de tensão em cada barra, assim como os valores da maior corrente de cada circuito e o símbolo de uma lâmpada ao lado de cada disjuntor. Este símbolo de uma lâmpada é utilizado para avisar o operador que houve atuação da proteção naquele circuito.

c2) Tela “Medição Barra 1”

Nesta tela é enfocada somente a barra 1 com todas as informações nela contidas.

Nela é apresentado o diagrama unifilar dos circuitos ligados à barra 1 (Fig. 6-7) pertencente a subestação Lapa.

Encontram-se ainda nesta tela os seguintes botões:

- Botão “Subestação Geral”: ao selecionar e “clique” sobre este botão, abre-se a tela da Fig.6-4.
- Botão “Rede Primária-Lapa”: ao selecionar e “clique” sobre este botão, abre-se a tela respectiva que será descrita posteriormente.
- Botão “B3”: ao selecionar e “clique” sobre este botão, abre-se a tela com as informações sobre a barra 3.

Deve ser ressaltado que nesta tela “Medição barra 1”, encontram-se também os valores das três tensões das barras, assim como os valores das três correntes de linha e de sequência zero para cada circuito. Estes valores serão atualizados pela UAC com dados vindos do campo.

Aparecem também as lâmpadas ao lado de cada disjuntor, para avisar o operador sobre a atuação da proteção.

OBS: O mesmo procedimento é adotado para as telas referentes às barras 2, 3 e 4

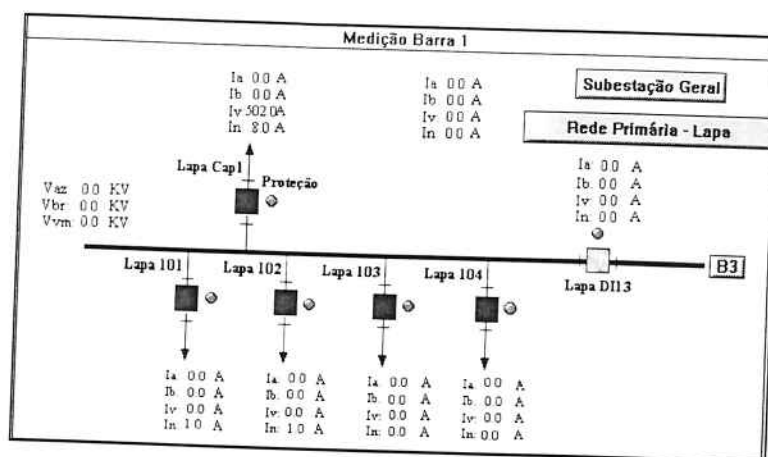


Fig. 6-7 - Tela "Medição Barra 1"

d) Nível 4 - Rede Primária

As informações contidas neste nível, são apresentadas em dois conjuntos de telas para cada subestação. No primeiro conjunto tem-se ter uma visão geral de todos alimentadores, sendo cada um de uma cor e identificados pelos nomes por exemplo Lapa 108, Lapa 109, Lapa 110 e Lapa 111 (Fig. 6-8).

No segundo conjunto pode-se ver o detalhe de cada posto de telecomando e telesupervisão. Através de pontos de ativação, abre-se um dado posto de telecomando e telesupervisão relacionado. A Fig. 6-9 apresenta um esquema dos pontos de ativação com os seus respectivos postos de telecomando e telesupervisão.

A mesma ordem para disposição dos postos de telecomando e telesupervisão é obedecida na apresentação da tela "Rede Primária - Lapa".

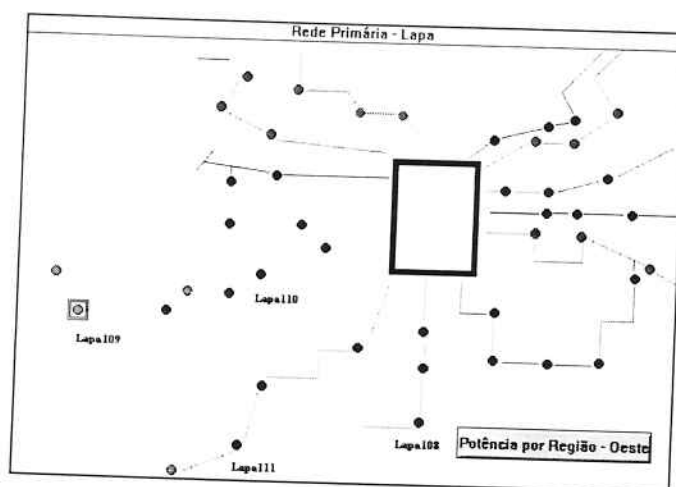


Fig. 6-8 - Tela "Rede Primária-Lapa"



Fig. 6-9 - Esquema dos postos de telecomando

Do mesmo modo que nos pontos de ativação, o operador poderá notar se o referido posto de telecomando e telesupervisão está aberto ou fechado. Se estiver aberto, terá a cor de preenchimento verde, caso contrário, terá a cor de preenchimento vermelha.

d1) Telas para telecomando e telesupervisão dos postos nos alimentadores.

Aqui serão apresentados os três tipos de postos de telecomando e telesupervisão previstos neste trabalho: com chave motorizada, com chave fusível e com chave motorizada, e banco de capacitores.

1) Tela: "Chave Motorizada"

Nesta tela (Fig. 6-10), tem-se um modelo representativo de uma chave motorizada, instalada numa rede trifásica, juntamente com três transformadores de corrente (1 por fase), três transformadores de potencial (1 por fase) e um indicador de defeito de alta impedância.

Ao selecionar e "clicar" sobre o modelo representativo da chave motorizada, aparecerá uma tela auxiliar onde se encontram os três botões: Abre, Fecha e Cancela, com funções como descrito anteriormente na operação dos disjuntores.

Também aqui estão presentes as verificações de posições local/remoto e habilitado/desabilitado.

Dependendo do "status" da chave (aberta ou fechada), aparecerá um símbolo diferente (ver Fig. 6-10 chave aberta e Fig. 6-11 chave fechada).

São apresentados ainda os valores das três correntes (I_a , I_b e I_c), assim como os três valores de tensão (V_a , V_b e V_c) de cada fase.

Encontra-se ainda o objeto representativo de um relé de defeito de alta impedância cuja cor original mudará quando este relé operar.

A lâmpada localizada acima do modelo representativo da chave motorizada, serve para mostrar ao operador, que a chave motorizada teve seu estado mudado por proteção. Esta mudança de cor da lâmpada ocorrerá quando a UAC detectar a atuação da proteção.

Completando, existe o botão “Rede Primária - Lapa”. Ao selecionar e “clicar” sobre este botão, abre-se a tela da Fig. 6-8.

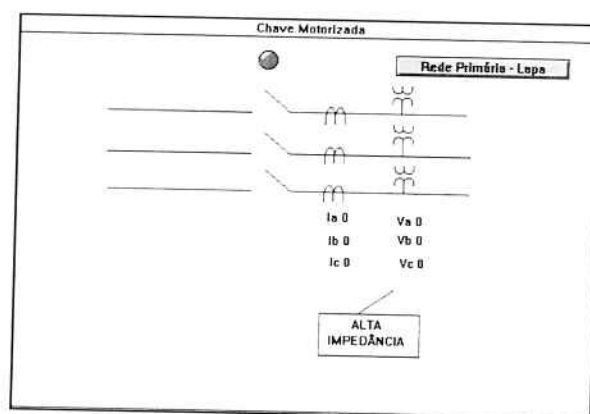


Fig. 6-10 - Tela “Chave Motorizada”, indicando a chave aberta

II) Tela : “Chave Motorizada com banco de capacitores”

Esta tela, é similar à descrita anteriormente, com todas as facilidades apresentadas e adicionada de recursos para o telecomando e telesupervisão do banco de capacitores, instalado no mesmo poste.

III) Tela: “Chave Fusível”

Esta tela, Fig. 6-11, apresenta um modelo representativo de três chaves fusível, instaladas num circuito primário trifásico, juntamente com três transformadores de corrente (1 por fase), três transformadores de potencial (1 por fase) e um objeto representando um relé de defeito de alta impedância. A monitoração dos fusíveis é feita mudando o atributo de cor do modelo

representativo, de vermelho (fechado) para verde (aberto). Contém também todas as facilidades semelhantes às descritas nas telas dos outros postos.

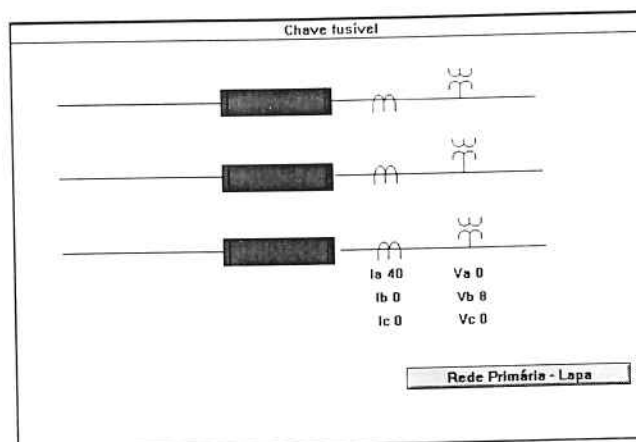


Fig. 6-11 - Tela "Chave fusível"

7. APLICAÇÃO PRÁTICA

Visando a testar o desempenho do protótipo desenvolvido, foram realizados dois conjuntos de teste: teste na subestação USP; teste de operação de uma chave de manobra

Os testes foram realizados utilizando-se para aquisição de dados e comando, os equipamentos fornecidos pela Motorola, que são compostos dos seguintes módulos:

AC Analyser; Mixed I/O; Interface de Comunicação FIU (Front-End Interface Unit)

Estes módulos foram conectados a um micro computador, onde se encontrava instalada a IHM (Interface Homem Máquina), desenvolvida para este trabalho, descrita anteriormente.

7.1 Teste na subestação USP

Utilizando-se a tela mostrada na Fig. 6-4, foram dados os comandos para se abrir e fechar o disjuntor do circuito Lapa_101.

Na Fig.7.1-1, está apresentado o esquema de conexão utilizado para se realizar o teste na subestação USP.

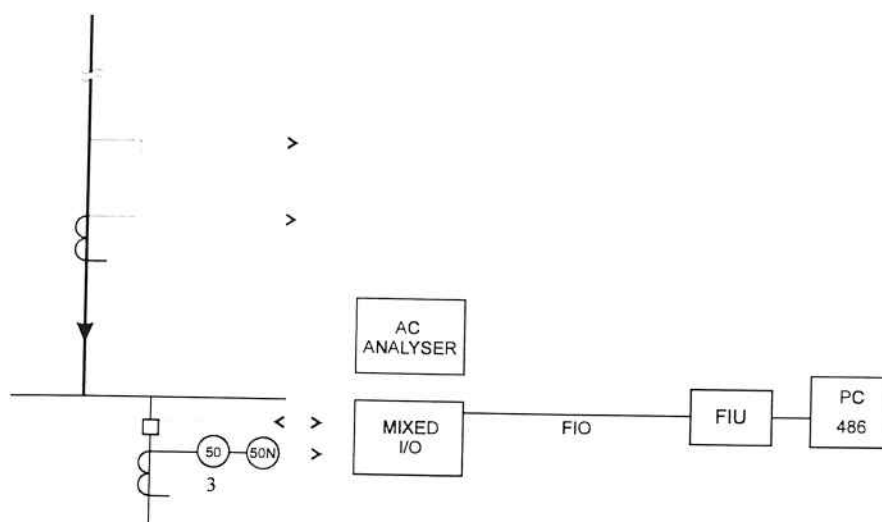


Fig. 7.1-1 Esquema de conexão utilizado para teste na subestação USP

Como pode ser visto, o AC Analyser foi utilizado para se realizar a leitura das três tensões e das três correntes, no secundário do transformador da subestação. Já o Mixed I/O foi utilizado para se realizar os comandos de abrir/fechar o disjuntor pertencente ao circuito Lapa_101. Aproveita-se ainda a oportunidade para monitorar os contatos de proteção do circuito em questão (três relés do tipo 50 e um relé do tipo 50N).

Cumprе notar que ao circuito monitorado Lapa_101, foi associado na subestação USP um “bay” vago, de forma se poder executar os telecomandos, sem interferir com o funcionamento da mesma.

Foram realizados mais de uma dezena de comandos, todos executados com sucesso.

Observou-se que o tempo desde o início em que foi dado o comando na tela que é demonstrada na Fig. 6.4, até a execução final, foi relativamente lento (da ordem de 5 seg). Num sistema real, este desempenho deve ser reduzido para a ordem de três segundos, de forma atender os padrões exigidos pelas concessionárias de energia elétrica. Para tal há necessidade de se alterar a frequência de amostragem da unidade de aquisição de dados e o ciclo de processamento na IHM.

7.2 Teste de Operação da Chave de Manobra

Na Fig. 7.2-1, está apresentado o esquema de conexão concebido para a realização de teste de operação da chave de manobra realizada em laboratório.



Fig. 7.2-1 Esquema de conexão utilizada para teste em laboratório

Neste caso, como o teste realizado anteriormente com comunicação de dados via cabo, havia comprovado a eficácia do sistema desenvolvido, não se preocupou em fazer a representação completa do sistema, ou seja não foi utilizado uma chave de manobra real mas somente o simulador. O simulador utilizado é um dispositivo contem: chaves miniaturizadas que permitem simular os contatos de campo; lâmpadas que em serie como uma fonte e saída digital permite verificar se o telecomando foi executado corretamente; e geradores de corrente continua para representar entradas analógicas.

Foram realizados através do AC Analyser, a leitura de um valor de corrente e de um valor de tensão obtidos de uma fonte de tensão no laboratório.

Para se realizar a abertura/fechamento dos contatos e monitoração dos estados do disjuntor, foi utilizado o equipamento simulador. A execução dos comandos abrir/fechar, foi conferida através de uma lâmpada no painel do simulador, lâmpada esta conectada em série com a fonte de alimentação e a saída digital do AC analyser.

Os contatos que representavam a monitoração dos estados do disjuntor, eram manobrados no simulador e visualizados através de as mudanças de cor no simbolo do disjuntor na IHM.

Cumpre notar que embora as unidades de rádio utilizadas para realizar a transmissão e recepção de dados estivessem próximas (dentro da mesma sala), o sinal de rádio trafegava por uma distância de aproximadamente cinco quilômetros entre uma unidade e outra. Isto porque o centro de retransmissão de sinais estava localizado a esta distância.

Foram executadas dezenas de operações envolvendo a transmissão de dados entre as unidades de rádio, tendo-se alcançado o sucesso desejado em todas.

8. CONCLUSÃO

Através da realização deste trabalho, podem-se listar algumas conclusões:

O In Touch (como outros programas) mostrou-se uma ferramenta poderosa e de fácil manuseio no desenvolvimento de sistemas a serem utilizados em automação;

As telas devem ser hierarquicamente dispostas, de forma que o operador possa navegar através das mesmas para acessar as informações necessárias, compatíveis com o nível da informação desejada no sistema em questão. Sendo assim, as telas não ficam carregadas com excesso de informação, o que seria prejudicial ao operador.

Na aplicação do sistema na subestação USP, não foi constatado nenhum problema técnico. De fato, vários comandos foram realizados, todos com sucesso. As medições realizadas estavam adequadas com valores compatíveis.

A utilização de uma unidade de aquisição de dados que contempla a comunicação de dados via rádio UHF (sistema "Trunking") mostrou-se tecnicamente adequada, podendo ser útil em aplicações envolvendo chaves de manobra utilizadas em redes primárias.

Os tempos de execução de telecomando foram lentos (da ordem de vinte segundos), comparados aos padrões exigidos pelas concessionárias de energia elétrica que são da ordem de dois segundos.

Acredita-se que, otimizando as frequências de amostragem nas unidades de aquisição de dados e o ciclo de processamento na IHM, estes tempos podem ser melhorados.

9. BIBLIOGRAFIAS

- [1] JARDINI, J.A. **Sistemas digitais para geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Livro, 1ª edição EPUSP-PEA, 1996. 237p.**
- [2] MOTOROLA. **remote terminal unit - owner's manual.**
- [3] MOTOROLA. **Manual explicativo do sistema "Trunking" de comunicação.**
- [4] SCAN AUTOMAÇÃO. **Manual do In Touch: Curso prático.**
- [5] SCAN AUTOMAÇÃO. **In Touch, man machine interface manual.**

- [6] MOTOROLA. **programming TOOLBOX- operating instruction.**
- [7] MOTOROLA. **Material do curso MOSCAD training course - Julho 1995.**
- [8] MAGRINI, L.C. **Concepção de um Sistema digital de Supervisão e Controle para Subestação de Energia Elétrica. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo - São Paulo, 1994**
- [9] STENDER, R.; WINKLER, K.; **Automation efficiency upgraded, Engineering & Automation vol 13 nº 5 sep-oct 1991 p 4-7.**
- [10] TAKEGAKI, M.; KANAMARU, H.; FUJITA, M.; **The diffusion model based task remapping for distributed real - time systems. Proceedings-Real-Time Systems Symposium. IEEE cat nº 91 CH 3090-8, 1991 p 2-11.**
- [11] SCHAFTER, G. **Distribution system control and automation Electrical Power & Energy Systems vol 16 nº 3 1994 p 197-205.**
- [12] BRADLEY, R. W.; ALDEN, D. G. **Distribution automation strategy for the future. IEEE Computer Applications in Power vol 7 nº 3 1994 p 16-21.**
- [13] JARDINI, J. A.; MAGRINI, L. C. **Sistema aberto de automação para subestações de energia elétrica. 1995.**
- [14] KRISHNA M.V. RAO.; REUVEN, P.; CLINARD, K.N. ; O. RADHA, KRISHNA. C. **Development and evaluation of a distribution automation system for an Indian utility IEEE Transaction on Power Delivery, vol 10 nº 1, p 452-456 jan/95.**

BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PEA/9301 - Alguns Aspectos do Problema de Planejamento de Sistemas de Transmissão sob Incertezas - CARLOS MARCIO VIEIRA TAHAN, ERNESTO JOÃO ROBBA
- BT/PEA/9302 - Vibrações em Motores Elétricos Provocadas por Forças Magnéticas - ORLANDO SILVIO LOBOSCO, HENRIQUE PRADO ALVAREZ
- BT/PEA/9303 - Corrente Contínua em Alta Tensão: Aplicação de Equipamentos Elétricos e Modelos para Análises de Confiabilidade - LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9504 - Automação e Informatização Aplicadas a Controle e Supervisão de Processos de Pesagem - EVALDO ARAGÃO FARQUI, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/9505 - Modernização e Reabilitação de Usinas Hidrelétricas - DJALMA CASELATO, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9506 - Estudo do Campo Elétrico Provocado por Linhas de Transmissão em Corrente Alternada - CELSO PEREIRA BRAZ, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9507 - Aspectos Sobre Processos Automatizados de Pesagem Rodoferrviária: Uma Proposta de Modernização de Postos em Operação - SERGIO LUIZ PEREIRA, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/9508 - Usinas Hidrelétricas em Rotação Ajustável: Novas Premissas para o Planejamento Energético - MARCO ANTONIO SAIDEL, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9509 - Desenvolvimento de um Sistema de Automação de Subestações pela integração de Módulos de Software e Hardware Existentes no Mercado Brasileiro - L. C. MAGRINI, J. A. JARDINI, S. COPELIOVITCH, N. KABA FILHO
- BT/PEA/9510 - Proposta de um Modelo para Estudos de Aplicação de Compensadores Estáticos em Sistemas de Potência - JOSÉ TOSHIYUKI HONDA, LUIS CERA ZANETTA JÚNIOR
- BT/PEA/9511 - Metodologia e Testes para Redução das Distâncias Elétricas entre Fases de Barramentos de Subestações de 138kV Abridadas, ANDRÉ NUNES SOUZA, ORLANDO SILVIO LOBOSCO
- BT/PEA/9512 - Avaliação da Severidade da Poluição para o Dimensionamento da Isolação das Redes Elétricas - ARNALDO G. KANASHIRO, GERALDO F. BURANI
- BT/PEA/9513 - Processos Auto-Adaptativos para Cálculo de Campos Eletromagnéticos pelo Método dos Elementos Finitos - LUIZ LEBENSZTAJN, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9514 - Investigação Experimental sobre os Arcos Sustentados em Sistemas Elétricos de Baixa Tensão - FRANCISCO H. KAMEYAMA, GERALDO F. BURANI
- BT/PEA/9515 - Fast Voltage Compensation: A Mean to Improve the Quality of Energy Supply - H. ARANGO, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9516 - Modelo Avançado para Planejamento de Sistemas Energéticos Integrados Usndo Recursos Renováveis - LUIZ ANTONIO ROSSI, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9601 - Metodologias para Planejamento de Sistemas de Distribuição: Estado-da-Arte e Aplicações - PAULO ROBERTO NJAIM, CARLOS MARCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/9602 - Integração de Relés Digitais em Sistemas de Automação de Subestação - JERÔNIMO CAMILO SOARES JR., JOSÉ A. JARDINI, LUIZ C. MAGRINI
- BT/PEA/9603 - Paradigma de Planejamento sob Incertezas - Aplicação ao Planejamento dos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica - ALBERTO BIANCHI JUNIOR, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9604 - Um Sistema de Controle de Velocidade para Motor de Indução Trifásico - CELSO KAZUMI NAKAHARADA, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9605 - Controle Vetorial de Motores de Indução, Independente das Alterações de Parâmetros da Máquina - NERY DE OLIVEIRA JÚNIOR, WALDIR PÓ
- BT/PEA/9606 - Compactação de Subestações de 145 kV Através da Redução das Distâncias entre Fases - GERVASIO LUIZ DE CASTRO NETO, ORLANDO SILVIO LOBOSCO
- BT/PEA/9607 - Curvas de Carga de Consumidores Industriais - Agregação com Outras Cargas - RONALDO PEDRO CASOLARI, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9608 - Utilização de Curvas de Carga de Consumidores Residenciais Medidas para Determinação de Diversidade de Carga, e Carregamento de Transformadores de Distribuição - EDUARDO LUIZ FERRARI, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9609 - Comportamento Elétrico de Cabos Cobertos e Pré-Reunidos pelo Método dos Elementos Finitos - JOÃO JOSÉ DOS SANTOS OLIVEIRA, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9701 - Repotenciação de Hidrogeradores: Uma Proposta de Metodologia de Análise e Implantação - FÁBIO SALOMÃO FERNANDES SÁ, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.

