

TESE

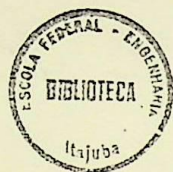
233

ESTRUTURA de um PROGRAMA DIGITAL para
COORDENAÇÃO da PROTEÇÃO de SOBRECORRENTE
de uma SUBESTAÇÃO INDUSTRIAL



RONALDO SERIO DE ALMEIDA

ESTRUTURA DE UM PROGRAMA DIGITAL
PARA COORDENAÇÃO DA PROTEÇÃO DE SOBRECUMPRIMENTO
DE UMA SUJEIÇÃO INDUSTRIAL



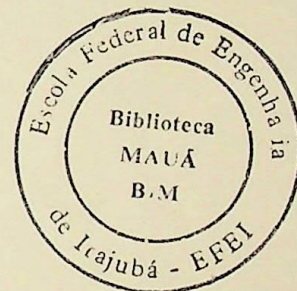
por

Prof. Ronaldo Sérgio de Almeida

Escola Federal de Engenharia de Itajubá

Dezembro de 1974

RONALDO SERIO DE ALMEIDA



CLASS. 621.316.93:621.311.4:681.3(043,2)

CUTT. Allye

TOMBO —233

Class. Resc 74
Cott. 0447
Tombo 233

DISSERTAÇÃO APRESENTADA A
COMISSÃO EXAMINADORA

COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS A OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE MESTRE EM CIÊNCIAS NA ÁREA DE PRO-
TEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS.

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

ESTRUTURA DE UM PROSPAWA DIGITAL PARA
COORDENAÇÃO DA PROTEÇÃO DE CORRENTE-
CORRENTE DE UMA SUBESTAÇÃO INDUSTRIAL

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	
1.1 - Divisão de Tarefas	1.1
1.2 - Histórico	1.1
1.3 - Contribuição da EFEI	1.2
1.4 - Necessidade de uma Estrutura Geral	1.2
1.5 - Origem	1.4
1.6 - Justificativa da Tarefa	1.4
1.7 - Descrição do Trabalho	1.5
	1.6
CAPÍTULO 2 - DELINEAMENTO GERAL	
2.1 - Objetivos	2.1
2.2 - Disjuntors e Cabos	2.1
2.3 - Curvas e Equações	2.2
2.4 - Processo Computacional	2.4
2.5 - Sentido da Sequência de Operação	2.6
2.6 - Inocuidade	2.8
2.7 - Inserção de Critérios e Diretrizes	2.10
2.8 - Intervalos	2.11
2.9 - Instantâneo	2.14
2.10 - Valores de Faltas	2.15
2.11 - Faltas Transitórias e Subtransitórias	2.16
2.12 - Intervalos Nulos	2.18
2.13 - Topologia	2.19
2.14 - Cotação de Dados	2.20
	2.21
CAPÍTULO 3 - ALGORITMOS BÁSICOS	
3.1 - Relé Térmico protegendo Motor	3.1
3.2 - Fusível após Relé Térmico protegendo Motor	3.1
3.3 - Relé de Sobrecorrente protegendo Barra (Exemplo 1)	3.1
3.4 - Relé de Sobrecorrente protegendo Barra (Exemplo 2)	3.4
3.5 - Relé de Sobrecorrente protegendo Transformador	3.6
3.6 - Relé de Sobrecorrente protegendo Transformador (Exemplo 2)	3.6
3.7 - Relé de Sobrecorrente protegendo Barra (Exemplo 3)	3.10
	3.12

AGRADECIMENTO

Nossa sincera gratidão aos professores José Abel Royo dos Santos e Amedeu Casal Cominha pela sugestão do tema e supervisão vital ao seu desenvolvimento.

Aos professores Francisco Rahnó Neto e Luiz Sérgio S. Barbosa e ao Engenheiro Heli C. de Souza pelo apoio e contribuição constantes para que a implementação do tema se mantivesse orientada a aplicações reais.

A Srta. Ana Lucia Serio de Almeida pelo trabalho de lay-out e diagrama desta dissertação.

A todos que sob muitas maneiras, ofereceram sugestão e auxílio à realização deste trabalho, nosso muito obrigado.

A minha família

CAPÍTULO 4 - PROBLEMAS E SOLUÇÕES	4.1
4.1 - Problema: Ordem de Entrada de Dados	4.1
4.2 - Problema: Velocidade de Processamento	4.2
4.3 - Problema: Fator de Diversidade	4.5
4.4 - Problema: Cargas Prioritárias	4.8
4.8 - Problema: Proteção de Geradores	4.14
4.9 - Problema: Processamento de Parte da Subestação	4.19
4.10 - Problema: Alcance de Back-Up	4.19
4.11 - Problema: Discrepância, Equações e Curvas	4.20
4.12 - Problema: Falha na Obtenção de Seletividade	4.21
4.13 - Problema: Interface para Programa de Curto-Circuito	4.22
CAPÍTULO 5 - ALGORITMOS DE COORDENAÇÃO	5.1
5.1 - Algoritmo 1	5.1
5.2 - Algoritmo 2	5.4
CAPÍTULO 7 - CIRCUITOS EM ANEL	7.1
7.1 - Primeiro Problema	7.1
7.2 - Segundo Problema	7.4
7.3 - Falha na Obtenção de Seletividade	7.7
7.4 - Outros Exemplos	7.9
7.5 - Presença de Transformadores	7.12
7.6 - Pseudo Load-Flow	7.17
CAPÍTULO 8 - LISTA DE ERROS	8.1
CAPÍTULO 9 - ESTRUTURA ATUAL	9.1
Fase Atual da Estrutura	9.2
Fluxograma de COPROS	9.7
Cartões de Dados	9.10
Fluxograma de CHECK	9.19
Principais Matrizes	9.20
CAPÍTULO 10 - EXEMPLO	10.1
Parte 1 - Análise Comparativa com Processo Gráfico do Estudo Anexo	10.7

BIBLIOGRAFIA

ANEXO 1

ANEXO 2

SUMÁRIO

Este trabalho descreve o delineamento de um programa, executado atualmente em FORTRAN IV, destinado à coordenação do ajuste e seleção de dispositivos de proteção de fase, de uma subestação industrial, tais como relés térmicos, fusíveis e disparadores de disjuntores, de modo a atuar seletivamente para faltas de fase e sobrecorrentes que possam ocorrer nesta subestação.

O programa, que denominamos COPROS, apresenta como inovação uma concepção orientada para o cálculo, incrementando ao máximo a participação do usuário nas tomadas de decisões, e uma estrutura compatível com equipamentos e dispositivos de qualquer fabricante.

Na fase atual a estrutura abrange todos os dispositivos citados, mas sua implementação se restringe a relés de sobrecorrente de fase.

Este trabalho é parte de uma pesquisa de aplicação de computação digital a problemas de proteção de sistemas elétricos, realizada pela Escola Federal de Engenharia de Itajubá, com o apoio do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico, através do Contrato FUNTEC 207.

RESUMÉ

This work outlines a program, now available written in FORTRAN IV language, the purpose of which is the use in industrial electric Substation for the adjustment and selective coordination of phase protection devices, such as overcurrent relays, thermal relays, fuses and circuit interrupters, so that they will react in a selective way to overcurrent and faults that may occur in the substation.

The program, which has been called COPROG, is an innovation since it only performs the Computation and leaves to the user the decision-taking process, and has a structure compatible with equipment and devices of any manufacturer.

This structure, at its present state, envelopes all the above mentioned devices, but it has been implement only for phase overcurrent relays.

This work is part of a research on the application of digital computers to electric power systems protection problems, which has been undertaken by the Escola Federal de Engenharia de Itajubá under the support of the Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico, by means of the FUNTEC 207 Contract.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. DIVISÃO DE TAREFAS

A proteção de um sistema elétrico tem sido definida por diversos profissionais da área como uma ciência e uma arte

Trata-se de uma ciência pelo aspecto que engloba a aplicação de princípios de engenharia ao cálculo de efeitos provocados por distúrbios, tais como curto-circuito, demanda excessiva do sistema causando sobrecorrentes e superaquecimento, fenômenos naturais de descarga atmosférica, etc., e a aplicação de conhecimentos e princípios de engenharia na determinação e projeto de dispositivos que venham a mitigar ou eliminar os efeitos de tais distúrbios sobre o sistema.

Trata-se de uma arte porque na determinação destes dispositivos de proteção é necessário não apenas o conhecimento técnico-científico dos dispositivos e sua aplicabilidade, porém também aquilo que na literatura anglo-saxônica conhece-se por "feeling" ou seja neste caso, uma certa capacidade do engenheiro de proteção de, baseado em sua experiência e em visão pessoal para prever a viabilidade da aplicação de um determinado dispositivo em um determinado ponto do sistema. Daí a necessidade imperiosa do uso do critério humano de julgamento, através da presença indispensável portanto do engenheiro de proteção.

Entretanto, um certo número de cálculos são imprescindíveis, e muitas vezes estes cálculos transformam-se na parte mais laboriosa da tarefa do engenheiro de proteção. Justamente para libertar o engenheiro deste labor, na medida em que tal labor compreenda uma determinada rotina e critérios, ó que foram criados programas de computador digital, constituindo-se este nosso trabalho no delineamento de um programa capaz de executar esta parte rotineira da proteção de um sistema elétrico no tange a sobrecorrentes.

1.2. HISTÓRICO

Dentro deste compromisso de deixar a parte de arte a cargo do engenheiro e a parte de cálculos de rotina a cargo do computador, tem sido e vem sendo desenvolvidos há vários anos programas digitais. Entre estes pode-se citar o programa DCP² de emulção de tecnologia avançada de sistemas do Departamento de Planejamento de Sistemas Elétricos da Westinghouse Electric Corporation, o programa de cálculo de ajustes de relés de distância desenvolvida por uma equipe da DIESF - Centrais Hidroelétricas do São Francisco, o programa de computação da performance de relés em sistemas elétricos de distribuição da Direção de Eletricidade da Irlanda do Norte, e outros.

1.3. Contribuição da EFEI

A Escola Federal de Engenharia de Itajubá decidiu criar uma equipe de professores para pesquisa na área de proteção de sistemas elétricos, tendo em vista o desenvolvimento de um Know-how próprio que possa vir a ser utilizado por empresas brasileiras e, correlatamente, o aprimoramento e aplicação dos cursos nesta área ministrados nesta Escola. A concretização desse esforço tornou-se possível graças a um financiamento de pesquisa concedido pelo BNDE - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico, através do Contrato Funtec 207.

Devido à complexidade e dimensões da área, foi decidido que em uma primeira etapa estes estudos se restringem a subestações industriais.

Um trabalho pioneiro foi então elaborado pelo Prof. Amadeu C. Caminha, apresentado como tese de livre-doutoramento, reunindo os conhecimentos existentes e desenvolvendo diretrizes e algoritmos para o ajuste de relés de sobrecorrente de forma seletiva. Além da solução gráfica foi apresentada um programa de computador.

Ampliando o estudo, o Prof. José Abel R. dos Santos apresentou uma tese, baseada nos algoritmos fixados pelo Prof. Caminha, constando de dois programas, um para ajuste e outro para verificação de relés de sobrecorrente de tempo inverso em sistemas industriais de grande porte, tomando-se linhas radiais nestes sistemas.

Para que as curvas características reais dos relés fornecidas pelos fabricantes pudessem ser utilizadas no programa de computador, foram estas transformadas em equações representativas.

Foi então desenvolvido neste sentido um trabalho pelo Prof. Adonias C. da Silveira, permitindo esta transformação com mínimo de parâmetros.

Para a aplicação de relés diferenciais a sistemas elétricos foi elaborado um trabalho pelo Prof. Ademir C. Guimarães.

1.4. Necessidade de uma estrutura geral

Para que se pudesse reunir alguns destes trabalhos realizados, e os muitos que estão sendo ou terão que ser desenvolvidos, em um único programa capaz de partir dos cálculos de curto-circuito e executar a coordenação da proteção de uma subestação elétrica industrial, tornou-se necessário definir a estrutura de um programa geral.

O presente trabalho é tão somente a primeira tentativa de estaq tal estrutura. Esta terá que ser ainda modificada e readaptada, como ocorreu e vem ocorrendo com programas afins estrangeiros, já no momento contém fortes restrições, decorrentes da própria imensidade da tarefa.

Procurou-se, entretanto, fixar desde já linhas gerais que facilitem estas modificações.

1.5. Origem

A estrutura na sua forma atual é uma generalização da tese do Prof. José Abel R. dos Santos, adotando os mesmos algoritmos, mas compreendendo não só linhas radiais porém a subestação como todo, formado por ramificações de linhas em paralelo e série, desde a (a) entrada (a) da concessionária até os motores e cargas, possuindo como banco de dados as equações representativas das características dos relés de sobrecorrente de tempo inverso determinadas no trabalho do Prof. Adonias C. da Silveira, partindo de valores de curto-circuito calculados previamente e tendo como objetivo a coordenação do ajuste de relés de sobrecorrente de tempo inverso, relés térmicos, fusíveis e disparadores, de forma seletiva.

Não serão abordados relés de sobrecorrente de tempo definido. Como se trata de uma estrutura, procuramos fazer a integração de diversos programas e rotinas já desenvolvidos e alocar espaço para novas rotinas que deverão vir a ser desenvolvidos.

Como exemplo, temos que a rotina que realize a coordenação de relés de sobrecorrente já se encontra integrada e, para a que realiza a coordenação entre um relé de sobrecorrente e um fusível, foi alocado espaço.

1.6. Justificativa da tarefa

Uma vez que já existem excelentes programas em outros países, entre os quais citamos o da companhia Westinghouse, capazes não só de realizar os cálculos deste programa como ir além, seria argüível se este nosso esforço se justifica. Estamos seguros de poder afirmar que sim.

Além do aspecto do desenvolvimento de Know-how próprio, com conseqüentes vantagens econômicas e educativas, o que mais nos motivou foi a necessidade da criação de um programa estritamente operativo, funcionando tão somente como uma ferramenta de trabalho do engenheiro e atingindo, portanto, um máximo de flexibilidade capaz de assimilar diversas e divergentes filosofias de projeto, próprias de cada engenheiro que o utilizar. Isto foi conseguido através de uma nova forma de programação modular e, inserindo um compilador interno denominado FILOSDIA, conforme se verá adiante.

Assim, a seqüência e número de operações variará de usuário para usuário. Por exemplo, na sua fase atual, a estrutura manipula circuitos em anel seguindo estritamente a orientação dada pelo engenheiro quanto a quais os pares que devem ser coordenados, restringindo a ação autônoma do programa somente à maneira como estes pares devem ser coordenados.

De qualquer forma, ainda resta um longo caminho a ser percorrido antes que a estrutura possa ser considerada operacional, e muita coisa ainda terá que ser desenvolvida. Esperamos que isto possa vir a ser feito com o passar do tempo, por nós ou outros membros da equipe, sempre com a supervisão e orientação dos profissionais da área de proteção que se dispõem a colaborar conosco. Sendo assim, estamos muito agradecidos a críticas e sugestões que nos sejam encaminhadas, sejam construtivas ou destrutivas, pois nos são essenciais.

1.7. Descrição do Trabalho

O método adotado aqui para descrever o desenvolvimento da estrutura do programa é, na medida do possível, descrever os problemas surgidos e as soluções alcançadas, que foram paulatinamente delineando esta estrutura.

Como este trabalho se destina a ser uma ferramenta de cálculo do engenheiro de proteção, consideramos desnecessário fazer aqui uma introdução sobre o que venha a ser proteção, os métodos comumente empregados para realizar a proteção deste ou daquele equipamento, o que venha a ser tempo definido ou tempo inverso, os conceitos de seletividade e proteção de retaguarda, etc., uma vez que o leitor já estará familiarizando com tais conceitos.

Através dos itens anteriores deste capítulo, procuramos formar uma

idéia das premissas e metas gerais do programa. No capítulo 2, Delineamento Geral, é mostrada uma primeira concepção da estrutura, e são mencionados resumidamente diversos conceitos relativos à programação e utilização do programa. No capítulo 3, Algoritmos Básicos, são descritos sucintamente alguns algoritmos e métodos de proteção implementados no programa.

No capítulo 4, Problemas e Soluções, selecionamos alguns problemas cujas soluções induziram a modificação ou ampliações na estrutura.

No capítulo 5, Algoritmos de Coordenação, relatamos dois algoritmos diferentes que podem ser escolhidos pelo usuário para obter coordenação entre um par de relés de sobrecorrente.

No capítulo 6, Considerações sobre Transformadores, são mostradas as verificações feitas pelo programa em relação às normas NEMA e ASA (curva ASA para transformadores com refrigeração natural) e à corrente de magnetização de transformadores.

No capítulo 7, Circuitos em Anel, é mostrado o modo pelo qual o programa pode ser utilizado no ajuste seletivo de relés de sobrecorrente em circuito em anel. Conforme veremos, isto exige um pré-cálculo pelo engenheiro, e o programa executa a coordenação a partir daí.

No capítulo 8, Lista de Erros, é dada uma lista dos erros que podem ser detectados pelo programa, através de um exaustivo check de dados. No print-out fornecido haverá apenas a indicação ERRO N e o usuário deverá consultar este capítulo para verificar o significado do número N.

No capítulo 9, Estrutura Atual, mostrando alguns fluxogramas de rotina do programa, a forma de preenchimento dos cartões de dados e são analisadas as limitações de aplicação do mesmo.

No capítulo 10, Exemplo, é realizada uma análise comparativa com um processo gráfico básico, estando os resultados obtidos pelo computador em um volume anexo a esta publicação.

No capítulo 11, Desenvolvimento Futuro, são feitas considerações sobre a continuidade deste trabalho e formulado um pedido de contribuição de "experts" na área que tal possa se concretizar.

Desejamos salientar que, como o programa trata somente de proteções de sobrecorrente de fase (na forma atual relés de sobrecorrente de fase), estando excluídas proteções de sobrecorrente de terra, denominaremos a partir daqui estes dispositivos apenas de "proteções de sobrecorrentes".

CAPÍTULO 2

DELINEAMENTO GERAL

2.1. Objetivos

O objetivo básico do programa é, partindo das especificações dos equipamentos e dos dispositivos de proteção de uma subestação, dos valores de curto-circuito em diversos pontos desta subestação, e de critérios e diretrizes dadas pelo usuário, calcular o ajuste ou completar a especificação daqueles dispositivos de proteção para que atuem de modo seletivo ao ocorrerem distúrbios de sobrecorrente ou curto-circuito nesta subestação.

Isto significa, por exemplo para relés de sobrecorrente, a determinação dos taps e do dial de tempo adequados, para ação temporizada e instantânea. Para fusíveis e disjuntores isto significa completar a especificação dada pelo usuário, produzindo o número ou tipo adequado para aquele ponto da subestação.

Além destes resultados, interessará ao engenheiro uma lista das cargas nas barras, considerando fatores de diversidade, que será uma espécie de foto do load-flow nos circuitos radiais da subestação, obtido com os valores de corrente a partir dos quais será feito o ajuste nesses circuitos. Para os circuitos em anel não é possível ao programa fornecer esta foto, o que se pode compreender lendo o capítulo 7 deste.

Baseados nestes objetivos, fixamos três grupos principais de cartões de dados:

- a) cartão com dados de equipamentos
(EQUIPAMENTOS)
- b) cartões com dados de dispositivos de proteção (PROTEÇÃO)
- c) cartões com dados de diretrizes e critérios próprios do usuário
(FILOSOFIA)

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

O fluxograma do programa ficou definido em princípio como o fig. 2.1.

2.2. Disjuntores e cabos

Partimos da premissa de que os disjuntores já tenham sido calculados e especificados.

Conseqüentemente, a estrutura não considera nem disjuntores nem chaves facas, conforme veremos em 2.11. Topologia.

Também os cabos já estarão calculados. Entretanto, a estrutura prevê uma rotina que verifica, após a coordenação, se os cabos estarão protegidos. Caso isto não ocorra, será fornecida mensagem ao usuário. Este compromisso foi assumido para simplificar a estrutura, na fase atual.

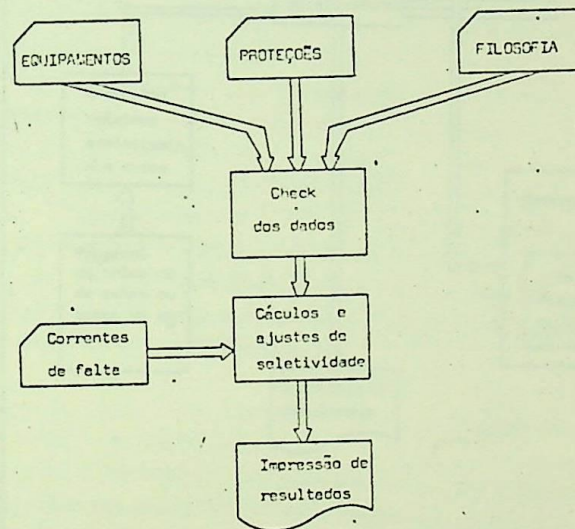


Fig. 2.1 - Estrutura do Programa. Fase 1

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

2.3. Curvas e Equações

No processo gráfico a obtenção da coordenação da proteção é realizada com o auxílio de curvas características fornecidas pelos fabricantes.

No programa tomamos estas curvas em forma de equações, conforme explicado na Introdução, anexando o programa já existente como parte de um banco de dados de relés de sobrecorrente na estrutura deste programa. A estrutura deixou também espaço para futuros bancos de dados de relés térmicos, fusíveis e disjuntores.

Desenvolvemos um processo computacional utilizando estas equações, para substituir o processo gráfico trabalhando com as curvas.

Os valores de curto-circuito podem ser obtidos por um outro programa à parte. Entretanto, fez-se necessário que a estrutura deste programa já prevista um relacionamento com uma futura interface para aquele programa de curto-circuito.

Para que as diretrizes e critérios do usuário pudessem ser fornecidos em língua portuguesa e dirigissem a execução do programa, foi inserido na estrutura do programa um compilador.

A estrutura adquiriu então a forma da figura 2.2.

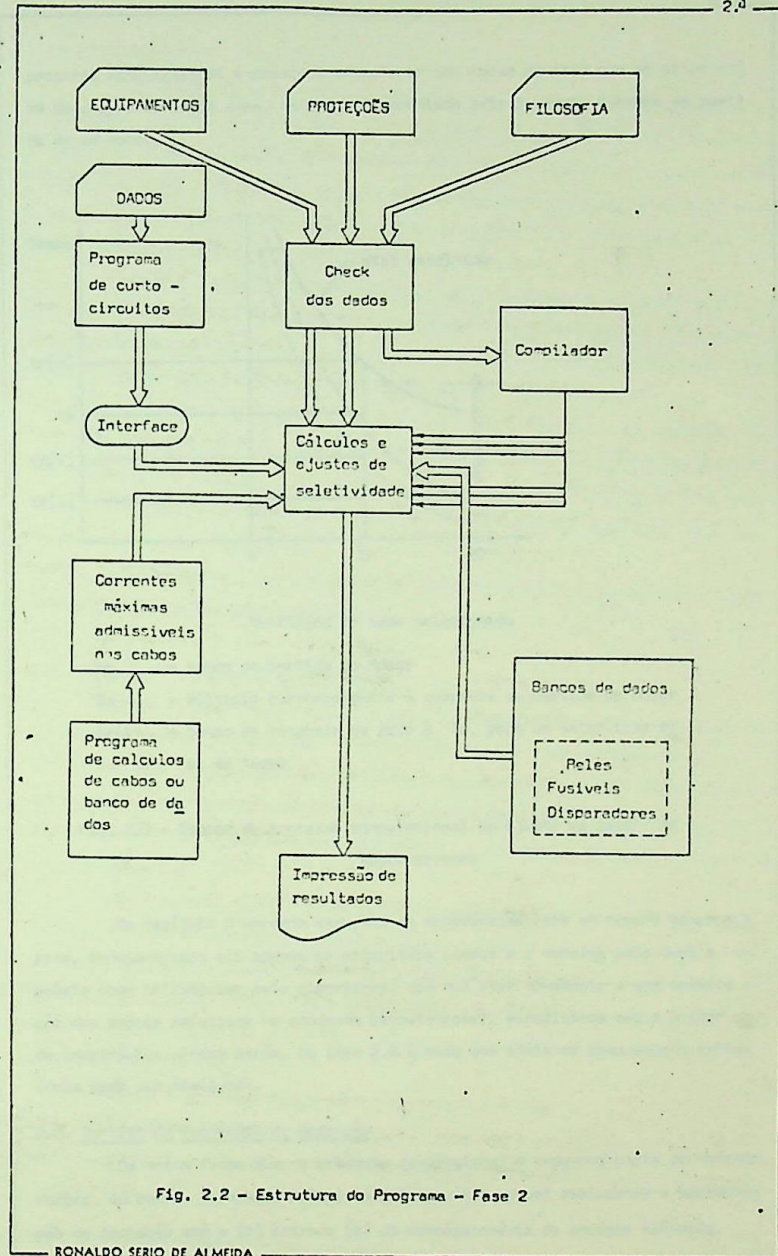


Fig. 2.2 - Estrutura do Programa - Fase 2

2.4. Processo computacional

A estrutura do programa prevê rotinas ou sub-programas para coordenação de relés, fusíveis ou disparadores.

Na fase atual foram integrados à estrutura apenas rotinas para relés de sobrecorrente.

Para possibilitar a compreensão do processo empregado nestas rotinas, utilizando computador, em substituição ao processo gráfico, daremos o exemplo de um relé de sobre-corrente temporizado sendo ajustado para proteger um motor as síncrono, em descrição sucinta, sem mencionar verificações que o programa faz em relação a existência de tapes, range destes, etc.

Posteriormente, no capítulo 4, Problemas e Soluções, serão esclarecidos detalhes.

O programa faz o seguinte:

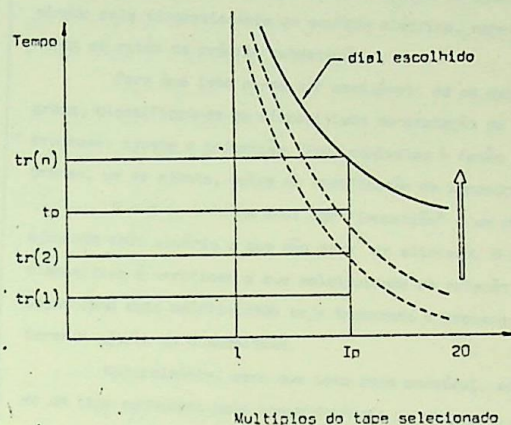
- Toma um múltiplo da corrente nominal do motor, como corrente de acionamento.
- Faz a conversão desta corrente pelo TC.
- Toma o tape próximo-superior desta corrente.
- Toma o dial de tempo como 0,5.
- Toma a corrente de partida do motor, converte pelo TC, divide pelo tape selecionado e obtém um múltiplo relativo a esse tape.
- Com este valor obtém, através da equação representativa a curva do relé, o tempo de resposta do relé à corrente de partida do motor.
- Verifica se este tempo é superior ao tempo de partida do motor.
- Se não é, vai aumentando o valor do dial, ou se necessário assume um tape superior, até que seja superior.
- Os últimos valores de tape e dial obtidos são armazenados como definitivos.

Neste caso pode-se notar que o processo gráfico seria mais funcional e objetivo, porém o computador compensa em rapidez.

O leitor pode notar ainda uma falha no processo acima descrito: o cálculo seria mais preciso se tomasse a curva de partida do motor. Mas isto foi previsto e, embora não exista presentemente a rotina que trabalhe com a curva de partida, esta facilmente inserível na estrutura deste programa. Se, para determinado motor, foi fornecida pelo usuário a curva de partida (por amostragem, para gaudir do computador), ao invés de um valor de tempo e um de corrente de partida, a indicação poderá ser feita no próprio cartão EQUIPAMENTO correspondente aquele motor.

Através do exemplo dado, procurou-se demonstrar como, através de um

processo computacional é possível selecionar uma curva de dial que se situe acima de uma determinada área, no caso representada pela corrente X tempo de partida de um motor.



- Múltiplos do tape selecionado
- t_0 = tempo de partida do motor
 - I_p = múltiplo correspondente à corrente de partida do motor
 - $tr(1)$ = tempo de resposta do relé à I_p , para um valor 1 de dial de tempo

Fig. 2.3 - Esboço de processo computacional de ajuste de relé de sobrecorrente

No capítulo 3 veremos exemplos de coordenação para um trecho de um sistema. Mencionaremos ali apenas os algoritmos usados e a maneira pela qual o usuário pode influenciar tais algoritmos, sem nos ater novamente a uma explicação dos passos relativos no processo computacional, acreditando que o leitor pode imaginá-los. Antes porém, no item 2.6 é dada uma idéia de como aquela influência pode ser efetivada.

2.5. Sentido da sequência de operação

Da mesma forma que no processo convencional o programa parte de motores, cargas, ou outros terminais definidos pelo usuário, e vai realizando a coordenação da proteção até a (s) entrada (s) de concessionária de energia elétrica.

Em consequência disto a execução com circuitos em anel está excluída, com uma qualquer execução que veremos posteriormente sob o nome INTERLIGAÇÕES.

A figura 2.4 fornece um exemplo de sequência.

O usuário pode fornecer os equipamentos e proteção com a numeração e, na ordem de entrada, que desejar.

Para que pudesse ser mantida esta liberdade para o usuário, foi elaborado um método, descrito no capítulo 4, Problemas e Soluções.

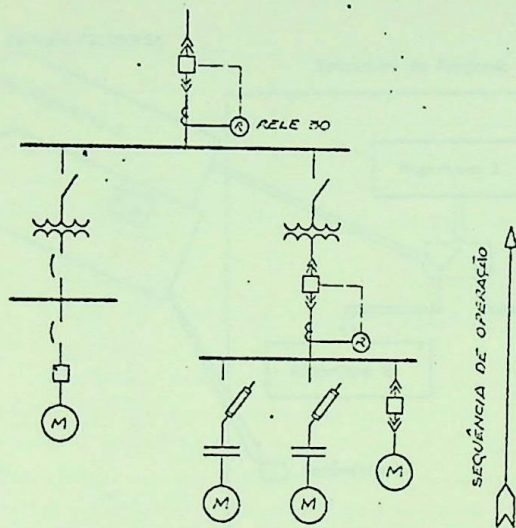


FIG. 2.4

O programa não inicia, necessariamente, seus cálculos apenas a partir de motores e cargas. Se o engenheiro de proteção o desejar, o programa pode iniciar a sequência e partir de qualquer ponto da subestação.

Da mesma forma esta sequência não vai necessariamente até a entrada da concessionária, porém até qualquer ponto da subestação.

Portanto, o usuário pode utilizar o programa apenas para partes da subestação, deixando outras partes para serem coordenadas pessoalmente por ele.

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

2.6. Imposição

A estrutura do programa foi realizada essencialmente para ajustes. Entretanto, suponhamos que na figura 2.4 o relé 30 já tenha sido ajustado pelo engenheiro de proteção e que, por algum motivo, ele não deseje que o programa altere este ajuste. Seria, por exemplo, o caso do ajuste de relé 30 ter sido determinado pela concessionária de energia elétrica, cabendo à indústria ajustar somente os relés da própria subestação.

Para que isto possa ser aceitável, ao se delinear a estrutura do programa, classificou-se os dispositivos de proteção de 2 tipos, quanto à tarefa do programa: ajuste e imposição. Isto equivaleu à fusão na estrutura de dois programas, um de ajuste, outro de verificação de imposições dadas.

O que se entende aqui por "imposição" é um dispositivo de proteção já ajustado pelo usuário e que não deve ser alterado. O que o programa faz com este dispositivo é verificar a sua seletividade em relação a outros, emitir uma mensagem caso esta seletividade seja incorreta e prosseguir na sequência, sem alterar o ajuste do dispositivo.

Naturalmente, para que isto seja possível, este dispositivo deve ser de um tipo conhecido pelo banco de dados do programa.

2.7. Inserção de critérios e diretrizes

Como visto na figura 2.1, foi concebido um grupo de cartões de dados denominado FILOSOFIA. O nome tem um pouco de pretensão, pois os efeitos são limitados: Apesar de tal, estes cartões de dados constituem o cerne deste programa, pois possibilitam que a decisão de escolha dos métodos e dos critérios de proteção seja transferida das mãos do programador para as do usuário, um engenheiro de proteção.

Estes cartões são formados por frases em língua portuguesa e dados numéricos. São atualmente em número de 20, mas esta quantidade pode multiplicar-se com a integração de novas rotinas e ramificações na estrutura. Esperamos também que a quantidade cresça à medida que novos usuários utilizem o programa, em outras palavras, que o programa "absorva" um pouco da experiência do usuário, diminuindo suas deficiências.

A figura 2.5 é uma representação simbólica da idéia.

Os cartões FILOSOFIA não são obrigatórios. Se o usuário não fornecer nenhum, o programa impõe os seus próprios critérios internos.

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

ULTRAPASSE SOBRECARGA TRAFÓ SE DEMANDA EXISIR

Fig. 2.6 - Exemplo de Cartão FILOSOFIA

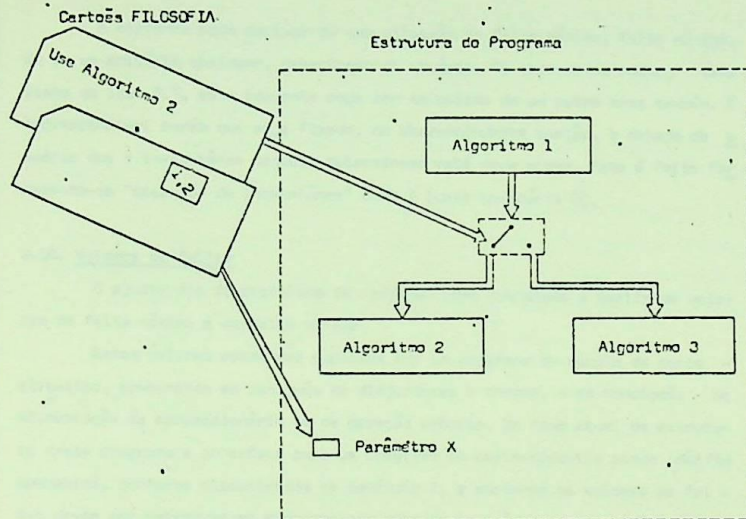


Fig. 2.5 - Esboço da ação de cartões FILOSOFIA sobre a estrutura geral do programa

Importante: Os cartões FILOSOFIA têm uma ação geral sobre o programa, e não uma ação particular para um determinado dispositivo da subestação. Neste exemplo dado, a restrição se refer a todos os transformadores existentes na subestação e não a apenas um.

Caso o usuário desejasse uma restrição de seletividade particular para um determinado transformador, isto não seria viável na fase atual da estrutura do programa, a não ser que ele fornecesse o relé já ajustado, como uma imposição

No decorrer deste trabalho serão esclarecidos outros cartões FILOSOFIA, e a lista completa encontra-se no capítulo 5.

2.8 Intervalos

Também os intervalos de seletividade serão especificados pelo usuário, por meio de cartões FILOSOFIA, em função de sua experiência, do número de ciclos em que atuam os disjuntores, etc.

Assumindo uma solução de compromisso dividimos a subestação em três faixas, relativas à tensão. O usuário especificará, para cada uma destas faixas o intervalo desejado, que pode eventualmente ser o mesmo. Exemplo é dado na fig 2.8

[KV]	[ms]
2,4	300
13,8	300
69	400

INTERVALOS DE SELETIVIDADE ENTRE RELÉS SOB: 2,4 300 13,8 300 69 400

Fig. 2.8 - Intervalos de Seletividade

Entende-se aqui que relés de sobrecorrente em linhas de tensão menor ou igual a 2,4 KV terão intervalo de 300 ns, em linhas de tensão superior a 2,4 KV porém menor ou igual a 13,8 KV terão intervalo de 300 ns, etc.

2.9 Instantâneo

O programa calibrará também a unidade instantânea de relés de sobrecorrente, a partir de um valor de corrente dado pelo usuário, para o qual deve atuar o instantâneo.

Esta corrente pode ser obtida de um programa de curto-circuito, considerando-se um curto trifásico e reatâncias subtransitórias, uma vez que a unidade de instantâneo atua já no período subtransitório do curto-circuito.

O usuário fornecerá ao programa o valor da componente simétrica desta corrente. Fornecerá também um fator, como o da tabela vista na figura 2.9, que permitirá ao programa obter o valor assimétrico da corrente. O programa

converterá então este valor pelo TC, verificará a disponibilidade de range do instantâneo e fornecerá a graduação resultante a ser usada.

Tensão [kV]	Fator K
$V > 5$	1,6
$5 > V > 600$	1,5
$600 > V$	1,25

fig. 2.9

A corrente pode derivar de uma situação de falta máxima, falta mínima, ou de um critério qualquer, dependendo do usuário. No caso de um motor, como visto no item 2.7, esta corrente pode ser calculada de um outro modo também, é inevitável porém que seja fixado, no correspondente cartão, o desejo do usuário que o instantâneo daquele determinado relé deve atuar. Isto é feito fornecendo-se "operação do instantâneo" como 1 (caso contrário 0).

2.10. Valores de faltas

O ajuste dos dispositivos de proteção será executado a partir de valores de falta máxima e de falta mínima.

Estes valores podem ser supridos por um programa de cálculo de curto-circuitos, combinando as posições de disjuntores e chaves, e as condições de alimentação da concessionária ou de geração própria. Na fase atual da estrutura deste programa a interface para um programa de curto-circuito ainda não foi concebida, conforme discutiremos no capítulo 4, e portanto os valores de faltas devem ser entregues ao programa por meio de cartões de dados. A forma destes cartões também é definida no capítulo 4.

Analisaremos agora tão somente o uso destas correntes no ajuste de relés de sobrecorrente de ação temporizada. Os de ação instantânea foram estudados no item 2.9 anterior, e os restantes dispositivos de proteção serão discutidos no capítulo 4.

No ajuste de um relé de sobrecorrente de ação temporizada em relação a outro, o programa opera de maneira que haja seletividade para falta máxima e para falta mínima (considerando os valores intermediários resultando implicitamente seletivos). Desta maneira, mesmo que os relés sejam de fabricantes diferentes, ou apresentem características de inclinações diversas, fica assegurado que o intervalo entre quaisquer dois pontos desta característica seja igual ou

apresentem características de inclinações diversas, fica assegurado que o intervalo entre quaisquer dois pontos destas características seja igual ou superior àquela tomada como intervalo de seletividade.

O cálculo é realizado levando em consideração as contribuições dos diversos ramais da subestação.

Na figura 2.10 vemos o relé 2 sendo ajustado, depois que o relé 1 já o foi.

Considera-se uma falta máxima em "F" e verifica-se qual a contribuição que passará pela linha onde está o relé 2. Em função deste valor e do intervalo de seletividade ajusta-se o relé 2, por um método computacional semelhante ao descrito em 2.4.

Em seguida, considera-se uma falta mínima em "F" e repete-se o processo, reajustando o relé 2, se for necessário.

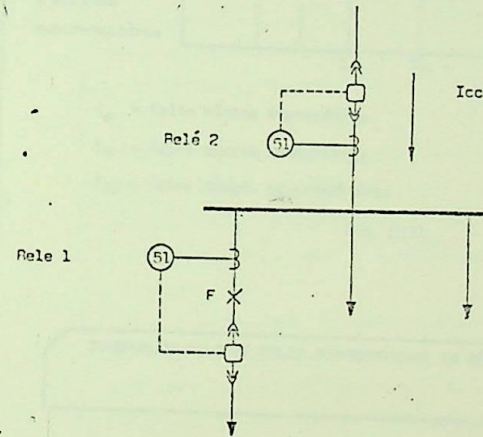


Fig. 2.10

2.11. Falhas transitórias e subtransitórias

Como mencionado, o valor de corrente de falta utilizado para calibrar o instantâneo é tomado para o período subtransitório do curto-circuito trifásico. Entretanto, para os valores de falta máxima e mínima usados para o ajuste da unidade temporizada de relés de sobrecorrente, este programa pede que se considere transitorio do curto-circuito. A razão para tal é que a ação temporizada só se concretiza a partir daí.

A rigor, o processo e igiria que se verificasse se ao menos a parte final da curva característica do relé não incide no período subtransitório. Para tanto, o relé necessitaria de ter uma característica extremamente inversa, como o CO-11 da firma Westinghouse, ou o IAC-57 da General Electric Company. Entretanto, usando-se um intervalo de seletividade S regional, a curva característica do relé já estará um pouco "alta" após o ajuste para falhas transitórias (máxima e mínima) e aquela incidência muito raramente ocorrerá.

Esta verificação extra só é realizada pelo programa se o relé anterior (relé 1) possuir instantâneo atuante.

Caso isto ocorra, o programa oferece dois algoritmos diferentes à escolha do engenheiro, descritos no capítulo 5. A figura 2.11 ilustra um destes algoritmos, que consiste em fazer com que para uma falta máxima subtransitória em F a curva característica do relé 2 possua um afastamento mínimo da abscissa igual ao intervalo de seletividade S , o que ocorre na figura.

2.12. Intervalos nulos

Como mencionado no item 2.9, os intervalos de seletividade a serem adotados em todos os relés de sobrecorrentes da subestação em estudo são dados por um cartão FILISOFIA. Este intervalo é imperativo em casos como o da figura 2.10, em que, ao ocorrer uma falta em um ramal partindo de uma barra, deve atuar somente o disjuntor deste ramal, só atuando o disjuntor da linha que alimenta a barra caso o do ramal falhe, e isto somente após o intervalo conveniente.

Pode ocorrer, porém, o caso do engenheiro de proteção desejar que, em linhas onde diversos dispositivos de proteção estejam em série, o intervalo entre os relés de sobrecorrente seja nulo. Isto significa: para uma falta nesta linha operariam todos os disjuntores comandados por estes relés quase simultaneamente, o que se deve às características dos disjuntores.

Isto traria desvantagens evidentes, porém pode ocorrer que o engenheiro assim o deseje, para evitar que as curvas características dos relés em série

se tornem acumulativamente muito altas.

Para tal, foi criado o cartão FILISOFIA, visto na figura 2.12, que deve ser fornecido além do já citado cartão FILOSOFIA para intervalos.

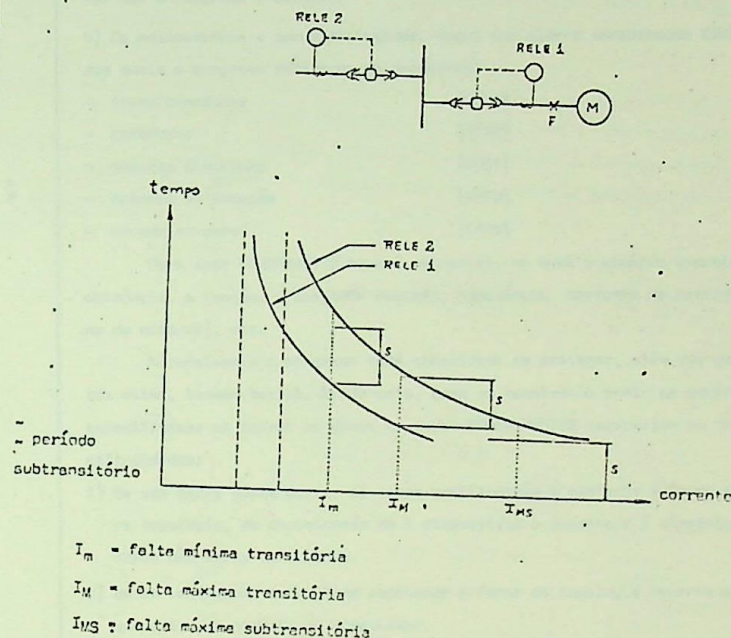


fig. 2.11

INTERVALOS NULO P/ RELÉS SOBRECORRENTE EM SÉRIE

fig. 2.12

O uso deste cartão não implica em dificuldade alguma com relação aos problemas de falhas transitórias e subtransitórias mencionados em 2.11.

O usuário pode escolher um dos critérios mencionados que o agrada, e o programa simplesmente opera de maneira que o intervalo entre as curvas, ou entre uma curva e o eixo da abscissa, seja zero ou pouco mais se necessário.

2.13. Topologia

Por ser um programa que manipula subestações industriais, adotamos o conceito de que a entrada da concessionária é o ponto mais "alto" no esquema e que os motores e cargas são os pontos mais "baixos" no esquema, como um sentido de orientação para topologia.

Assim, para um relé colocado entre a entrada da concessionária e um transformador, dizemos que o relé tem o transformador "a jusante" e a entrada "a montante" de si.

Para um transformador colocado entre um fusível e um motor, dizemos que o transformador tem o motor a jusante e o fusível a montante de si. Os disjuntores em chaves fechadas são simplesmente ignorados nesta topologia.

Pedimos ao usuário que forneça os geradores próprios da subestação sempre como "a montante" de algo, da mesma maneira que as entradas da concessionária. Infelizmente, caso não seja observada esta norma para geradores, o programa não poderá absolutamente funcionar. Detalhes, vide no capítulo 4.

Em cada cartão de dados relativo à proteção ou equipamentos, deve ser fornecida a topologia, a jusante e a montante (nesta ordem).

2.14 Cartões de dados

Temos três principais grupos de dados:

- equipamentos
- dispositivos de proteção
- cartões FILOSOFIA

O terceiro grupo, FILOSOFIA, já foi mencionado. Para os outros dois grupos teremos pois:

a) Os dispositivos de proteção, daqui por diante denominados:

PROTEÇÕES, dos quais o programa aceita:

- relés do sobrecorrente (com unidade instantânea e unidade temporizada) (RELÉ)
- relés térmicos (RELE)
- fusíveis (FUSI)
- disparadores (DISP)

Para cada PROTEÇÃO haverá um cartão de dados, no qual o usuário especificará a categoria (RELE, FUSI, DISP), um número de sua livre escolha, a posição na subestação (topologia), e tarefa a ser executada pelo programa (se deve ajustar esta PROTEÇÃO, ou se ela já se encontra ajustada), a classe (atualmente apenas duas para relés: de sobrecorrente e térmicos), o tipo (nome dado pelo fa-

bricante; por exemplo, IAC-83, os tons disponíveis, e o fator de diversidade da linha protegida pelo dispositivo.

Poderá ainda especificar o transformador de corrente (se houver) ou deixar que o programa o calcule.

b) Os equipamentos a serem protegidos, daqui por diante denominados EQUIPAMENTOS, dos quais o programa reconhece os seguintes:

- transformadores (TRAF)
- geradores (GERA)
- motores síncronos (MOSI)
- motores de indução (MOTO)
- cargas em geral (CARG)

Para cada EQUIPAMENTO haverá um cartão, no qual o usuário especificará a potência, a tensão, a corrente nominal, impedância, corrente de partida (no caso dos motores), etc.

Naturalmente o programa terá capacidade de proteger, além dos equipamentos acima, também barras. Entretanto, caso se resolvesse pedir ao usuário que especificasse as barras no grupo de dados EQUIPAMENTOS ocorreriam as seguintes dificuldades:

- 1) De uma barra podem partir diversas ramificações e portanto a forma adequada para topologia, de denominação de 1 dispositivo a jusante e 1 dispositivo a montante não seria suficiente.
- 2) Se se resolvesse o problema ampliando a forma da topologia haveria ocupação excessiva de memória no computador.
- 3) Ao contrário dos equipamentos citados, não se espera do usuário o fornecimento de dados de corrente e tensão de barra e sim que o programa calcule estes valores.

Em vista disto, foi definido que bastará o usuário fornecer como EQUIPAMENTOS apenas os dispositivos citados. O programa se encarregará de, baseado nas indicações de topologia dos cartões PROTEÇÕES e dos EQUIPAMENTOS, descobrir a posição das barras, quais os cálculos e na espécie de dispositivos a ela ligados, ajustar a PROTEÇÃO que esteja a montante da barra.

Na figura 2.13 pode-se perceber como o programa "verá" a barra e o que está ligado a ela, sem que seja necessário um cartão de dados para a própria barra. (Note-se que o disjuntor não é considerado na topologia.)

Neste programa o conceito de "barra" (BARR) é o de uma barra que possui o jusante (RECE, FUSI, DISP), ou EQUIPAMENTOS reconhecíveis pelo programa (TRAF,

GERA, MOSI, MOTO, CARG).

Se o usuário possuir na subestação um outro tipo de equipamento ou circuito, por exemplo um conjunto de lâmpadas de iluminação, ele deverá englobar todo este circuito sob a denominação "carga" (CARG). A figura 2.14 ilustra este conceito.

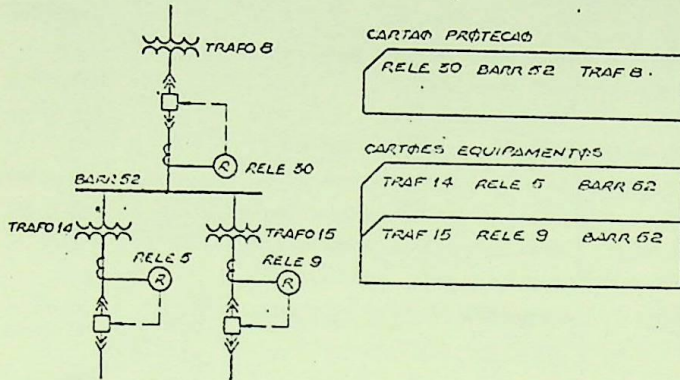


FIG. 2.13

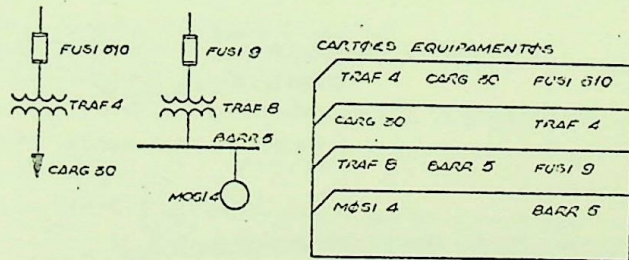


FIG. 2.14

Finalmente, além dos nove nomes de dispositivos já citados existe um último, que é de fundamental importância para o programa que seja fornecido pelo usuário: é o dispositivo "Entrada da Concessionária" (ENTR) para que o programa saiba que ali terminam os seus cálculos de seletividade. Da mesma maneira que ocorre com as barras, não incluímos este dispositivo entre os EQUIPAMENTOS, sendo apenas um dado de topologia.

Neste ponto é possível que o leitor esteja um pouco confuso, mas orientamos que a definição abaixo e a figura 2.15 esclarecerão as dúvidas:

O que se denomina "dispositivo" neste programa é apenas qualquer um dos dez nomes de quatro letras já citados. Entre estes dez estão os EQUIPAMENTOS, as PROTEÇÕES e as barras e as entradas da concessionária.

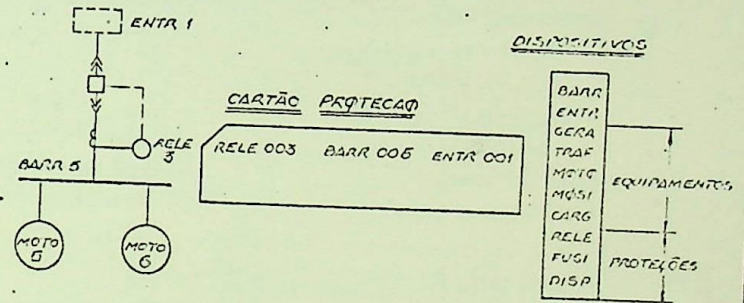


FIG. 2.16

CAPITULO 3

Algoritmos Básicos

Mostramos a seguir alguns dos algoritmos que participam da estrutura deste programa.

Uma vez que as operações são executadas por processos computacionais utilizamos figuras apenas ilustrativas, e não folhas - virgens como do tipo KE-336E adotadas para processos gráficos.

3.1. Relé térmico protegendo motor

Os relés térmicos neste caso são calibrados para uma corrente de acionamento igual à máxima sobrecarga permissível do motor.

Exemplo na figura 3.1.

3.2. Fusível após relé térmico protegendo motor

a) Se o usuário forneceu o cartão FILOSOFIA adequado (lista completa no Capítulo 5), o fusível será selecionado de tal maneira que a sua característica "tempo mínimo de fusão" encontre-se acima da área corrente de partida assimétrica X tempo de partida do motor, conforme mostra a figura 3.1. Supomos ali um motor síncrono de 1250 HP, corrente nominal a plena carga de 160 amperes, 4.000 volts, corrente de partida 1000 amperes, máxima sobrecarga 225 amperes, fator de potência 0,8.

Caso o usuário, através do cartão EQUIPAMENTO correspondente ao motor, forneceu apenas a corrente de partida simétrica (1000 amperes), o próprio programa calcula a corrente de partida assimétrica, multiplicando pelo fator K da tabela da figura 3.2.

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

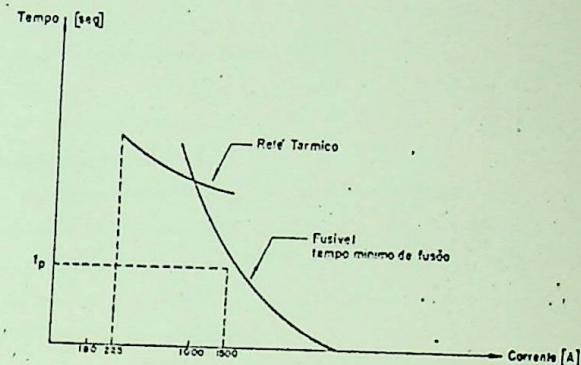
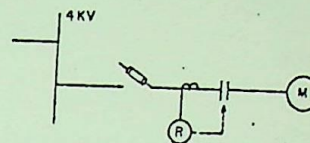


Figura 3.1 - Fusível + relé térmico + motor. Método 1

Tensão V [KV]	Fator K
$V > 5$	1,6
$5 > V > 600$	1,5
$600 > V$	1,25

Fig. 3.2

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

- b) Se o usuário não forneceu um cartão FILOSOFIA para esta aplicação, o programa segue um algoritmo interno, qual seja:
- O fusível deve ser selecionado, de tal forma que, a sua curva característica "tempo mínimo de fusão" seccione a curva característica do relé térmico num ponto cuja abscissa seja igual a 1,1 vezes a corrente de partida do motor (veja figura 3.3).

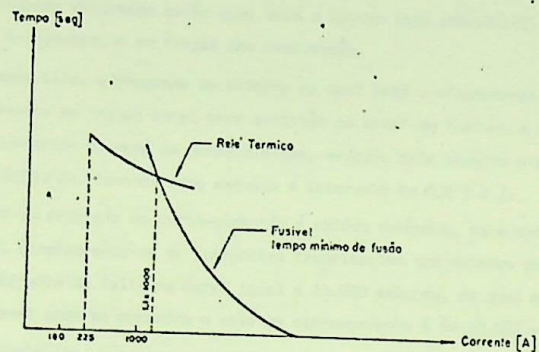


Fig. 3.3 - Fusível + Relé térmico + Motor. Método 2

3.3. Barre de sobrecorrente protegida barra (Exemplo 1)

O programa determina inicialmente o que exemplo da figura 3.4, em os motores são idênticos ao mencionado no item 3.2.

Tendo encontrado, logo à jusante da barra, fusíveis já calibrados ou verificados em rotina anterior, o programa sabe que, para estes fusíveis, já foram consideradas as partidas dos motores.

Basta, portanto, que o relé de sobrecorrente seja seletivo em relação a estes fusíveis. Isto é, ocorrendo uma falta em "F", o fusível da sua linha queima antes que o disjuntor abra.

Como uma norma geral, o programa verificará a seletividade em relação a cada uma das proteções à jusante da barra, no caso os fusíveis, ainda que neste exemplo eles sejam idênticos.

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

Nos processos descritos a partir daqui, sempre haverá três fases principais:

- o pré - ajuste
- a determinação das restrições
- o ajuste.

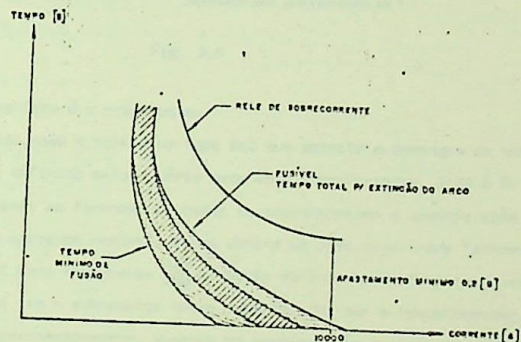
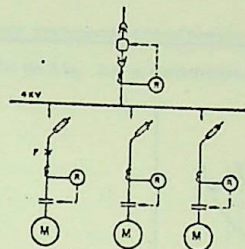


Fig. 3.4 - Barra com motores protegidos

- a) Como primeiro passo, o programa faz um pré - ajuste do relé, isto é, calcula a corrente nominal na barra, no caso a soma das correntes nominais dos motores, seleciona um tope correspondente a este valor e toma o dial de tempo como mínimo. (Por exemplo, para um relé IAC-51, isto significa dial igual a 0,5.)

- b) Em seguida, antes de iniciar o ajuste, o programa se informa se existe limi

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

tes admissíveis para a seletividade, desta aplicação. Isto pode ser o caso se o usuário, por exemplo, forneceu o relé já ajustado como uma "imposição" ou um cartão FILOSOFIA restringindo a corrente de acionamento de relés nesta posição. Mesmo não havendo cartões FILOSOFIA, o programa se informa do que existe à montante do relé. Se for um transformador, este relé representa uma proteção de secundário do transformador, e, por uma restrição interna automática, sua corrente de acionamento não deverá ser superior a 2,5 a corrente nominal a plena carga do transformador.

O programa determina então qual será o último tempo admissível, em função dos tempos existentes, e em função das restrições.

- c) Após isto, o programa se informa de qual será o afastamento mínimo, entre as curvas de "tempo total para extinção do arco" do fusível e a curva da característica do relé de sobrecorrente, exigido pelo usuário através de um cartão FILOSOFIA. Tomamos como exemplo o intervalo de 0,2 | s |.
- d) De um programa de curto-circuito é obtido então que, para uma falta máxima em F, considerando-se as resistências transitórias dos motores como 30%, flui uma corrente de falta na barra igual a 11.200 amperes, da qual a contribuição do ramal onde se encontra o relé de sobrecorrente é de 10.000 amperes.
- e) Finalmente, o programa inicia o ajuste do relé. Partindo do pré-ajuste e observando as restrições do tempo, o programa vai aumentando o dial de tempo, ou mudando o tempo, até que, para uma corrente de falta de 11.200 amperes no fusível (10.000 amperes no TC do relé), o afastamento entre as curvas (vide figura 3.4) seja de mínimo 0,2 | s |.
- f) O programa repete esta operação para cada um dos fusíveis a montante da barra

3.4. Relé de sobrecorrente protegendo barra (Exemplo 2)

Tomamos o exemplo da Fig. 3.5

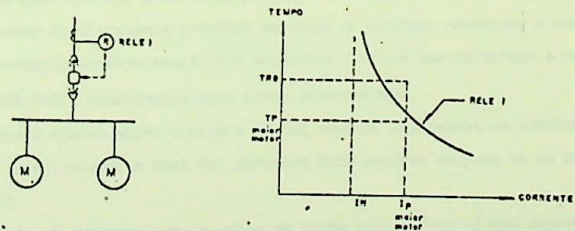


Fig. 3.5

O programa analisa o que existe à jusante da barra. Como se trata de motores sem proteção própria, o relé 1 assume a proteção destes motores. O seu tempo é escolhido de tal forma que permita a passagem da soma das correntes nominais de todos os motores. O dial de tempo é escolhido de forma que permita a partida do maior motor, observando porém que não seja ultrapassado o tempo de rotor bloqueado do maior motor (TRB na Fig. 3.5).

3.5. Relé de sobrecorrente protegendo transformador

Tomamos o exemplo da Fig. 3.6 e suponhamos o relé 3 já ajustado.

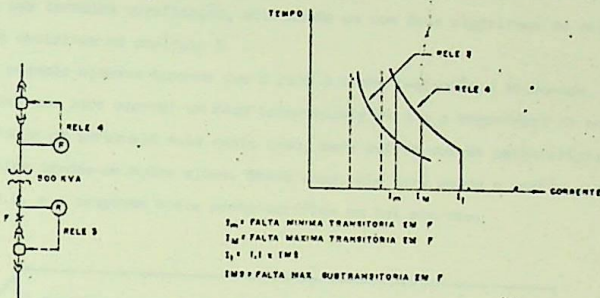


Fig. 3.6

- a) A primeira fase é o pré-ajuste:

É escolhido para o relé 4 um tempo tal que permita a passagem da sobrecarga admissível definida pelo usuário para este transformador. Isto é feito da seguinte forma: ao fornecer os dados do transformador o usuário além de definir a sua corrente nominal, ainda define um dado denominado "sobrecarga admissível". Esta sobrecarga não é aquela definida pelo fabricante do transformador, mas sim a sobrecarga que o usuário acha que o transformador deve poder suportar permanentemente, levando em consideração o ponto da subestação onde está colocando, sua refrigeração, etc.

Por exemplo, a sobrecarga definida pelo fabricante pode ser 30%, mas se o usuário, em função de sua experiência decidiu que este transformador não deve trabalhar com mais que 10% da sua corrente nominal, ele preenche no cartão os dados o valor 10%.

O dial de tempo é ajustado no valor mínimo, por exemplo 0,5.

Em seguida, a rotina de pré-ajuste calcula qual a corrente que na realidade está fluindo pelo transformador, em função das cargas existentes à jusante

deste, e fornece um "printout" especificando quanto por cento da corrente nominal esta corrente significa.

Se esta corrente ultrapassa a própria sobrecarga admissível, o programa se informa se deve escolher o tape em função da sobrecarga ou desta corrente.

Isto terá sido especificado pelo usuário através de um cartão FILOSOFIA como o da Fig. 3.7.

ULTRAPASSE SOBRECARGA TRAFD SE DEMANDA EXIGIR

Fig. 3.7

b) Segunda fase, restrições:

Determinado o tape, o programa calcula, convertendo pelo T.C., qual a corrente de acionamento na linha, correspondente a este tape.

Verifica então se a corrente de acionamento não está superior à fixada pela norma NEMA, que repetimos abaixo:

Se o transformador não possui proteção no secundário, a corrente de acionamento não deve ser superior a 2,5 vezes a corrente à plena carga do transformador.

Se o transformador possui proteção no secundário, a corrente de acionamento não deve ser superior a:

- * 4 vezes a corrente à plena carga do transformador se a impedância deste estiver compreendida entre 8% e 10%.
- * 6 vezes a corrente à plena carga do transformador se a impedância deste não for superior a 8%.

Se a norma NEMA não foi observada, o programa reinicia o pré-ajuste escolhido um tape de valor imediatamente inferior ao atual e verifica novamente a norma, prosseguindo repetitivamente assim, até encontrar um tape que satisfaça a norma.

c) TERCEIRA FASE, coordenação para obter seletividade.

O programa ajusta agora o relé 4 de tal maneira que ocorra um intervalo mínimo de seletividade, o qual foi definido pelo usuário através de um cartão FILOSOFIA.

Para isto, o programa toma o valor de falta transitória mínima ocorrendo no ponto de subestação onde está o relé 3 e verifica para o relé 4, utilizando a

corrente correspondente a esta falta "vista" pelo relé 4 (no exemplo da Fig. 3.6 basta converter pela relação de transformação) se o intervalo foi observado. Se não foi, o dial de tempo é deslocado para um valor superior. Este algoritmo é repetido até ocorrer o intervalo mínimo. Não havendo mais graduação no dial de tempo, o programa automaticamente muda o tape para um valor superior.

O mesmo processo é repetido para falta transitória máxima. Em seguida, o programa verifica se o relé 3 possui instantâneo atuante. Se possui, é feita ainda uma terceira verificação, utilizando um dos dois algoritmos de seletividade descritos no capítulo 5.

Neste exemplo estamos supondo que o relé 3 tenha instantâneo bloqueado. Note-se ainda que pode ocorrer um caso interessante em que o engenheiro de proteção deseje um intervalo nulo neste caso, para evitar que as características dos relés tornem-se muito altas. Neste caso, ele terá usado o cartão visto na Fig. 3.8, e o programa neste ponto verifica se tal ocorreu.

I INTERVALO NULO P/ RELES SOBRECORRENTE EM SERIE

Fig. 3.8 - Cartão FILOSOFIA para intervalos nulos

Finalmente o programa verifica se, com o tape e o dial escolhidos para o relé 4 não sendo ultrapassada a curva ASA (ANSI) do transformador. Para isto, é determinado inicialmente o ponto ASA. Por exemplo, se a impedância do transformador for de 6%, não deve passar pelo transformador uma corrente superior a 16,6 vezes a sua corrente nominal durante 4 segundos. Este é o último ponto da curva ASA, para este determinado transformador.

O programa toma então outros pontos da curva ASA e faz a mesma verificação. Havendo ultrapassagem da curva o dial ou o tape do relé 4 serão mudados, até obter-se a curva do relé 4 abaixo da curva ASA. Mais detalhes no Capítulo 6. Após o ajuste da unidade temporizada é verificado se o relé possui e deve receber calibração em uma unidade de ação instantânea.

No respectivo cartão de dados o usuário terá fornecido a corrente pela qual deve ser multiplicada. Usualmente o valor dado representa a corrente que passa pelo transformador para um curto-circuito trifásico logo abaixo do transformador, no período subtransitório.

Mas pode ser uma outra corrente qualquer, de escolha do usuário. Porém, qual-

quer que seja, deve ser dado no programa o valor simétrico da corrente. O programa transformará este valor em assimétrico, utilizando a tabela da figura 3.2.

O parâmetro de multiplicação pode ser também qualquer um. Como exemplo, na figura 3.6 o parâmetro dado foi 1,1, o que significa que a ação instantânea inicia-se a partir de um valor 10% maior que a corrente de curto-circuito utilizada como base de ajuste daquela unidade instantânea.

3.6 Relé de sobrecorrente protegendo transformador (Exemplo 2)

Para executar o ajuste do relé 45 visto na figura 3.9, o programa utiliza uma combinação das rotinas descritas nos itens 3.3 e 3.5. Isto é, trata-se da proteção de um transformador mas, indiretamente, envolve também uma barra. Conseqüentemente, além de ajustado para proteger o transformador, o relé 45 será tornado seletivo em relação a cada um dos dispositivos de proteção a jusante da barra, desde que sejam mantidas as restrições de proteção do transformador como norma ASA, etc.

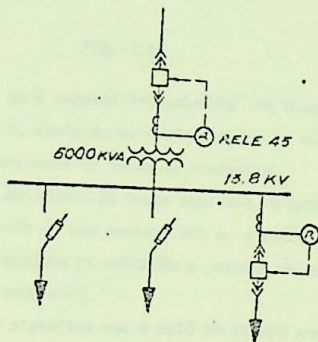


Fig. 3.9

3.7 Relé de sobrecorrente protegendo barra (Exemplo 3)

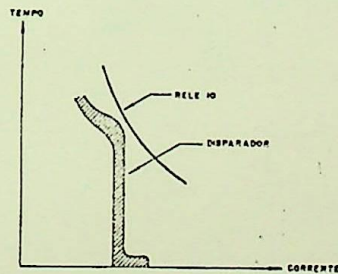
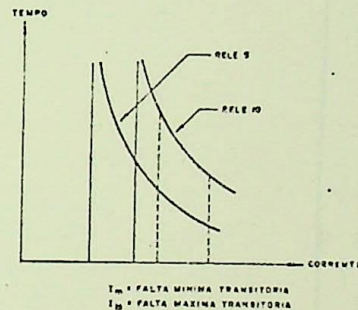
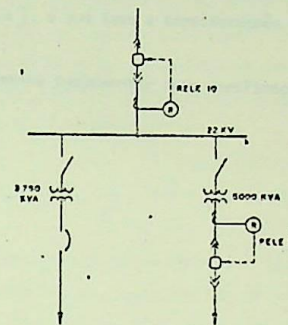
Inicialmente, o programa determina o que existe a jusante da barra. No exemplo da figura 3.10 trata-se de EQUIPAMENTO, melhor dizendo, transformadores, o que implica em considerações especiais.

Analisaremos o esquema da figura 3.10 apenas para demonstrar como o programa funcionaria para um tal caso, que induz uma certa complexidade de programação. Particularmente acreditamos que o esquema da figura 3.11 permitiria uma proteção

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

mais efetiva do equipamento, porém este esquema não será analisado agora, porque não apresentaria dificuldades para o programa.

No esquema da figura 3.10 o relé 10 será considerado pelo programa não apenas protegendo a barra de 22 KV, como também, indiretamente, um relé protetor do primário de transformador.



RONALDO SERIO DE ALMEIDA

Fig. 3.10

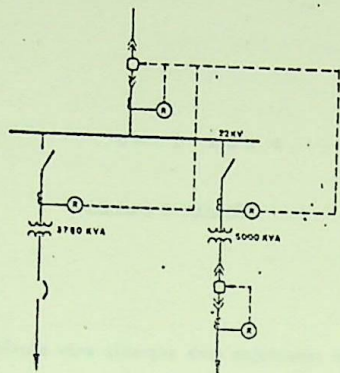


Fig.-3.11

Conseqüentemente, será seguida inicialmente uma seqüência semelhante à -
 aquela descrita no item 3.5, proteção de transformador. A diferença está em que
 serão tomadas somas de correntes ao invés de correntes.

Já para o cálculo do ajuste de forma seletiva, o programa recorrerá às
 rotinas para o processamento de uma barra, isto é, o relé 10 deverá ser seletivo
 para cada um dos dispositivos de proteção a jusante do que está a jusante da
 barra, ou seja, os transformadores.

Neste exemplo isto significa que o relé 10 deverá ser ajustado em relação
 ao relé 5, de acordo com um intervalo de seletividade conveniente para 22 KV, es-
 pecificado pelo usuário. Neste aspecto difere totalmente do item 3.5, porque a
 qui não são aceitos intervalos nulos, por não se tratar de uma linha radial.

Para o ajuste em relação ao disparador de disjuntor à seco, a jusante do
 transformador de 3750 KVA, basta que a curva característica do relé 10 se encon-
 tre imediatamente acima daquela do disparador.

Note-se que na fase atual do programa não é feita uma verificação se se
 trata de um transformador triângulo-estrela.

Pretendemos implementar isto futuramente, pois o programa atualmente con-

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

sidera todas as faltas como fase-fase.

Na realidade, a ocorrência de faltas fase-terra pode induzir o engenheiro
 a considerar no ajuste do relé 10 uma relação de 16% de diferença, decorrente do
 circuito triângulo-estrela dos transformadores. Assim, uma falta de 1 [p.u.] de
 se-terra no secundário do transformador é "sentida" pelo relé no primário do
 mesmo como apenas 0.58 [p.u.], o que leva a considerações diferentes no ajuste
 do relé do primário.

Pretendemos posteriormente implementar tais verificações e cálculos no pro-
 grama.

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

CAPÍTULO 4

PROBLEMAS E SOLUÇÕES

Este capítulo visa alcançar dois objetivos: salientar alguns problemas de proteção que devem ser resolvidos pelo programa, possibilitando consequentemente ao analista uma visão de como foi delineada a concepção de estrutura do programa de modo a abranger estas tarefas, e esclarecer como são resolvidos alguns destes problemas, dando portanto ao engenheiro de proteção a possibilidade de uma visão das limitações do programa, de modo que este possa decidir em quais partes o cálculo e critério humano são indispensáveis e superiores.

Sendo estes os os objetivos, foi inevitável que combinássemos alternadamente, nos itens seguintes, conceitos de programação e de técnica de proteção, de modo à sua inter-relação.

4.1 Problema: ordem de entrada dos dados

Deve haver liberdade para que o usuário forneça os cartões de dados na ordem que desejar, e numere os dispositivos da subestação na sequência que escolher.

Solução: os dados de entrada foram divididos em grupos. Os três grupos principais são:

- a) EQUIPAMENTOS
- b) PROTEÇÕES
- c) FILOSOFIA

Cada grupo consiste de um cartão contendo o nome do grupo, definido pelas letras mostradas na lista acima, os cartões contendo propriamente o dados, e um cartão em branco finalizando o grupo.

Dentro de um grupo, os cartões podem ser fornecidos em uma sequência alg

ntória. Isto permite ao usuário numerar os dispositivos na sequência que lhe convier.

Por exemplo, no grupo EQUIPAMENTOS, o usuário pode fornecer primeiro ao programa os dados do transformador 50, depois os dados do motor 19, depois os dados do transformador 3, e assim por diante. Estes dispositivos podem estar em qualquer parte da subestação; não necessário, por exemplo, que o usuário siga uma linha da subestação fornecendo os equipamentos sucessivamente.

Os grupos em si também podem ser fornecidos em uma sequência qualquer; Por exemplo, podemos fornecer no programa inicialmente o grupo FILOSOFIA, depois o grupo EQUIPAMENTOS, depois o grupo PROTEÇÕES, etc.

Além dos grupos citados, foram e poderão ainda ser criados outros.

No decorrer deste capítulo incluiremos mais um grupo no programa:

d) FALTAS

O grupo FALTAS substitui e interface para um programa de curto-circuitos.

Os únicos três grupos que o usuário precisa obrigatoriamente fornecer no programa são EQUIPAMENTOS, PROTEÇÕES e, como veremos em 4.13, FALTAS.

Ao final de todos os grupos deve vir um cartão em branco extra, indicando o fim da entrada de dados, como mostra a figura 4.1.

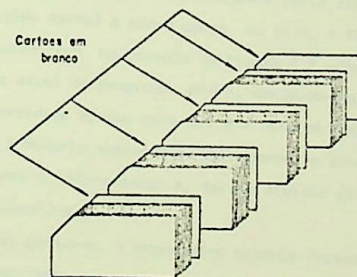


Fig. 4.1

4.2 Problema: Velocidade de processamento

Dos exemplos vistos no Capítulo 3 podemos perceber que o programa, encontrando uma barra, procura por três tipos de dispositivos diretamente a jusante da barra:

- dispositivos de PROTEÇÃO
- motores síncronos, assíncronos, cargas
- transformadores

Se existirem diversos dispositivos de proteção à jusante da barra, basta que um deles ainda não tenha sido ajustado para que se torne impróprio o ajuste de um dispositivo de proteção à montante da barra

Solução

Para evitar perda de tempo ocasionada por tal fato, o programa processa inicialmente todas as PROTEÇÕES de motores e cargas realizando para isto uma ordenação dos dados fornecidos pelo usuário, uma vez que foi fixada como livre a ordem de entrada com que este fornece os dados.

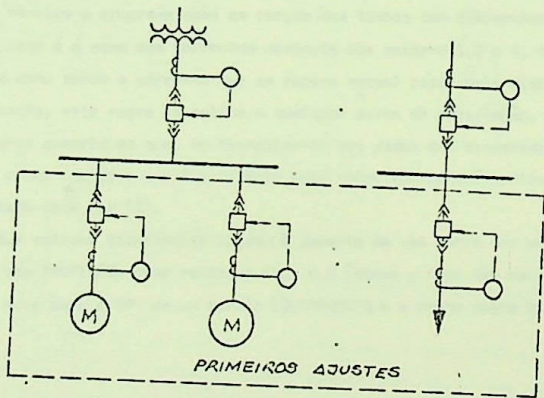


Fig. 4.2

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

4.3 Problema: Fator de diversidade

Se o programa encontra-se, por exemplo, diversas cargas conectadas a uma barra, calcularia automaticamente a corrente nominal da barra como a soma das correntes nominais das cargas e usaria este valor no pré-ajuste de um dispositivo de proteção que estivesse na alimentação daquela barra.

Entretanto este cálculo posse não refletir a realidade, conforme simbolizemos na figura 4.3.

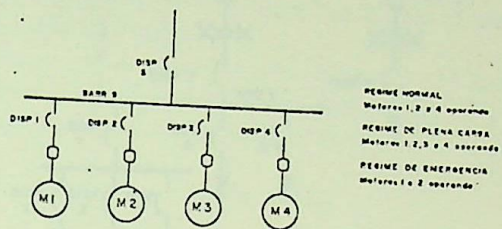


Fig. 4.3

É possível por exemplo que apenas parte daqueles cargas estivesse operando em regime normal e o usuário desejasse que o ajuste do dispositivo de proteção da alimentação da barra fosse para regime normal.

Solução: Para que isto pudesse ser realizado seria pedido em cada cartão de dados das PROTEÇÕES, para ser usado no pré-ajuste deste dispositivo de proteção, a relação entre regime normal e plena carga ou seja, o fator de diversidade da linha onde este dispositivo.

No exemplo da figura 4.3 este fator é de 0,75. Na fase atual do programa, porém, decidimo-nos pela não-implantação do fator de diversidade. Motivo para tal é o fato de que em casos tais como o exemplo da Fig. 4.3 haveria necessidade do engenheiro somar as correntes nominais dos motores operando em plena carga e, depois dividir estas somas entre si para obter o fator de diversidade.

Em outras palavras, o engenheiro estaria fazendo um cálculo que pode ser feito pelo computador.

Portanto, para aliviar o usuário deste cálculo, fixamos a entrada de dados da seguinte forma:

Ao preencher os cartões PROTEÇÕES dos disjuntores 1, 2 e 4 o usuário preenche o 11º dado com o número "1", o que significa para o programa que as cargas existentes nas linhas destes disjuntores devem ser consideradas no cálculo da carga em regime normal do disjuntor 5.

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

Ao preencher o cartão PROTEÇÃO do disparador 3 o usuário preenche o 11º dado com o número "0" que significa o contrário do "1". A Fig. 4.4 mostra os cartões:

1	2	3	4	5	6	11
DISP 1 MOTO 1 BARR 9							1	
DISP 2 MOTO 2 BARR 9							1	
DISP 3 MOTO 3 BARR 9							0	
DISP 4 MOTO 4 BARR 9							1	

Fig. 4.4

(Explicaremos posteriormente o que queremos dizer com regime de emergência)

Desta maneira o programa soma as cargas das linhas dos disparadores 1,2 e 4, o que no caso é a soma das correntes nominais dos motores 1,2 e 4, e toma este resultado como sendo a corrente que em regime normal passa pelo disparador 5.

Obviamente, esta regra se aplica a qualquer parte da subestação. Fig.4.5 mostra um outro exemplo em que, no fornecimento dos dados dos disparadores 1,2,3, 4,5, e 6, e o dos fusíveis 1 e 2 o usuário deve tomar uma decisão antes de preencher o 11º dado deve ser "1".

Se o que estiver diretamente ligado à jusante de uma barra for um EQUIPAMENTO e não uma PROTEÇÃO, como mostra a Fig. 4.6 (chave - fecho não existe para o programa) . este dado é 7º de um cartão EQUIPAMENTO e a mesma regra se aplica .

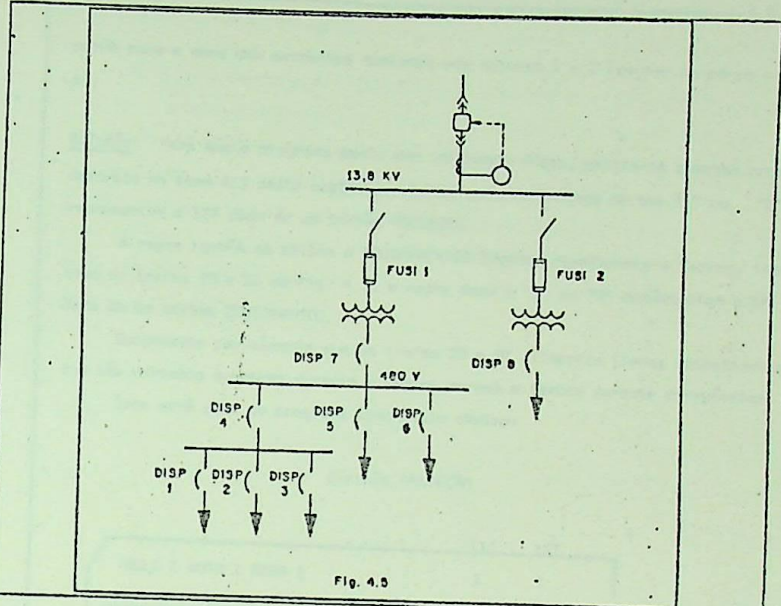
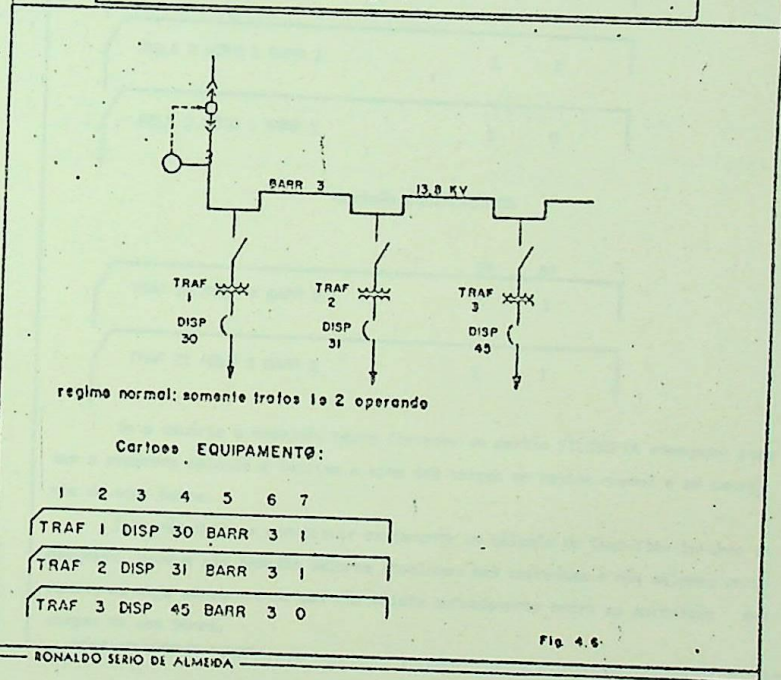


Fig. 4.5



regime normal: somente trafos 1 e 2 operando

Cartões EQUIPAMENTO:

1	2	3	4	5	6	7
TRAF 1 DISP 30 BARR 3						1
TRAF 2 DISP 31 BARR 3						1
TRAF 3 DISP 45 BARR 3						0

Fig. 4.6

4.4 Problema: Cargas prioritárias

4.7

Conforme veremos posteriormente, uma barra pode ser bi-suprida, ou pode estar interligada a outra, fazendo parte de um anel.

Quando o programa estuda o comportamento dos dispositivos de proteção em anéis, são calculadas as demandas das barras para as diversas emergências que podem ocorrer.

Ora, é possível que durante uma emergência a demanda de uma barra seja totalmente diferente daquela em regime normal. Pode ocorrer por exemplo, como mostra a Fig. 4.7 que a barra 1 supra normalmente os motores 1, 2 e 3, porém durante uma emergência em que a própria alimentação da barra 1, representada pelo transformador 1, saia fora de operação, a barra 1 passe a suprir somente os motores 1 e 2.

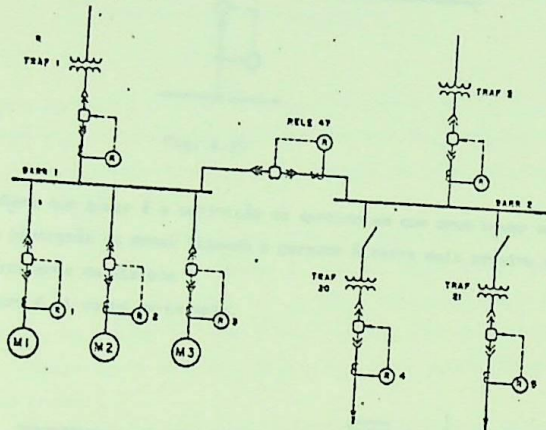


Fig 4.7

Isto pode ocorrer se o transformador 2 não tem capacidade de sozinho suprir a demanda à plena carga das duas barras.

Neste caso ocorreria que, planejando uma manutenção no transformador 1, o engenheiro providencie o desligamento do motor 3 e só então feche o disjuntor de interligação (bus-tie-breaker). Procurou-se pois realizar neste programa os cálculos de soma de cargas prioritárias, considerando por exemplo a carga da barra 1 não como a soma das correntes nominais dos motores 1, 2 e 3 (regime normal)

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

4.8

porém como a soma das correntes nominais dos motores 1 e 2 (regime de priorização).

Solução: Para que o programa possa ser informado disto, aplica-se a mesma regra descrita no item 4.3 deste capítulo, apenas com a diferença de que "1" ou "0" representam o 12º dado de um cartão PROTEÇÃO.

A regra também se aplica a EQUIPAMENTOS ligados diretamente a barras, tais como os trafos 20 e 21 da Fig. 4.7, e neste caso o "1" ou "0" representam o 8º dado de um cartão EQUIPAMENTO.

Suponhamos por exemplo que os trafos 20 e 21 alimentam linhas prioritárias que são portanto supridas durante o regime normal e também durante emergências.

Isto será dado ao programa como visto abaixo:

Cartões PROTEÇÃO

	11º	12º
RELE 1 MOTO 1 BARR 1	1	1
RELE 2 MOTO 1 BARR 1	1	1
RELE 3 MOTO 1 BARR 1	1	0

Cartões EQUIPAMENTOS

	7º	8º
TRAF 20 RELE 4 BARR 2	1	1
TRAF 21 RELE 5 BARR 2	1	1

Se o usuário o desejar, basta fornecer um cartão FILOSOFIA adequado, para que o programa calcule e imprima a soma das cargas em regime normal e em emergência de cada barra.

Isto não chega a constituir exatamente um cálculo de load-flow interno do programa, porque são tomados valores absolutos das correntes e não valores vetoriais, ou seja considera-se que não exista defasamento entre as correntes das cargas de uma barra.

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

Estes resultados podem ser úteis para ajustes de proteção de circuitos em anel, conforme veremos no capítulo 7.

4.8 Problema: Proteção de geradores

Caso a subestação possua geradores próprios (ou mais corretamente, alternadores próprios), estes podem estar ligados a uma barra de diversas maneiras, algumas das quais são vistas na figura 4.10.

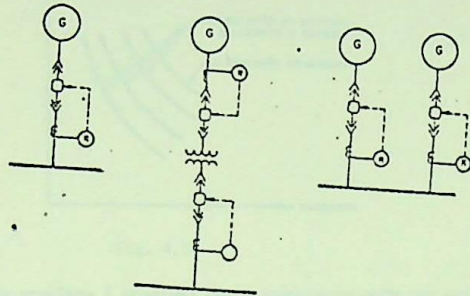


Fig. 4.10

O problema que surge é a definição do sentido em que deve haver seletividade entre as proteções do ramal ligando o gerador à barra mais próxima e, as proteções do restante do sistema.

Na figura 4.11 vemos um exemplo.

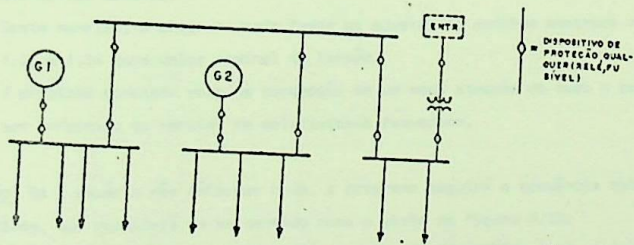


Fig. 4.11

A potência entregue pelo gerador G2 à barra SE2 pode ser maior, igual ou inferior à potência consumida pelo circuito a jusante da barra SE2. Caso seja inferior, é mais eficiente ajustar os dispositivos de proteção, do ramal ligando o gerador à barra, tão somente em relação às especificações do gerador. Isto é, estes dispositivos não serão seletivos em relação às proteções do restante do sistema, porém podem ser seletivos entre si, um sentido partindo do gerador até a barra, portanto contrário ao sentido do restante do sistema, como mostra a figura 4.12.

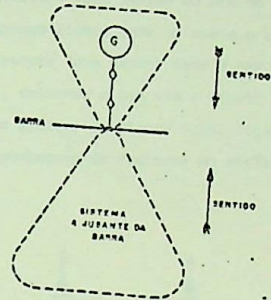


Fig. 4.12

Pode ocorrer também que o engenheiro de proteção decida-se pelo contrário como é mostrado na figura 4.13. Aqui, há seletividade desde o último motor ou carga no fim do sistema até o (s) gerador (es) no início deste.

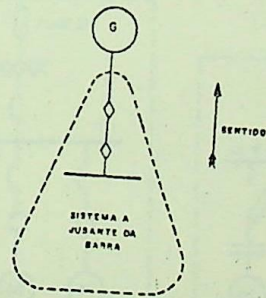


Fig. 4.13

Ocorre porém um problema: suponha um relé de sobrecorrente logo na saída do gerador. Para que este relé seja seletivo em relação ao restante do sistema o seu tempo e dial escolhidos podem estar excessivamente deslocados, isto é, podem ser quase inoperantes para proteger o próprio gerador. A figura 4.14 mostra tal, numa concepção simbólica, simplesmente a título de ilustração do conceito.

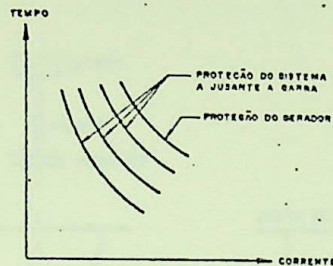


Fig. 4.14

Apesar deste problema é possível que o engenheiro opte por esta filosofia, desde que ele tome algumas precauções, tais como escolher para o gerador um relé de sobrecorrente com restrição de voltagem. Por exemplo, os tipos IJCV51 e IJCV52 (A ou B) da General Electric.

Com este tipo de relé, ao ocorrer uma falta em um ponto do sistema, a falta é "sentida" pelo relé não só como um aumento de corrente, porém também como uma queda de tensão, e a corrente de pick-up do relé não é fixa porém função desta queda de tensão. Assim, se a queda de tensão é muito grande, a corrente de pick-up necessária para acionar o relé pode ser apenas 1/4 do valor nominal daquela corrente sob tensão nominal.

Desta maneira, o programa pode fazer os ajustes no sentido mostrado nas figuras 4.13 e 4.14 para valor nominal de tensão.

O problema consiste pois na concepção de um modo através do qual o programa possa ser informado do sentido de seletividade requerido.

Solução: Se o usuário não informar nada, o programa seguirá a seqüência natural de rotinas, que resultará em um sentido como o visto na figura 4.13.

Se, entretanto, o usuário fornecer o cartão FILOSOFIA visto abaixo, a primeira ação do programa será ajustar e coordenar os

GERAÇÃO PRÓPRIA. PROTEÇÃO RETROSELETIVA

dispositivos de proteção, de remais ligando geradores a barras, no sentido mostrado na figura 4.12. Só então, o programa iniciará o ajuste e coordenação das proteções do restante do sistema, no sentido convencional (vide figura 4.12).

4.9 Problema: Processamento de parte da subestação

Visto que se desenvolva o programa sempre haverá pontos do sistema para os quais, devido à sua complexidade ou à sua originalidade, o engenheiro de proteção deseja calcular pessoalmente a proteção. Ou ainda pontos do sistema para os quais a experiência do usuário é mais válida do que os cálculos do programa. Ou ainda pontos de alta responsabilidade para os quais o usuário simplesmente não confia no programa. A estrutura deve prever isto e ser capaz de realizar cálculos só até aqueles pontos, deixando o que vem a seguir para o engenheiro.

Como exemplo temos o sistema da figura 4.15. Digamos que o usuário deseja calcular pessoalmente as proteções do restante do sistema acima do fusível 9 e do relé 33.

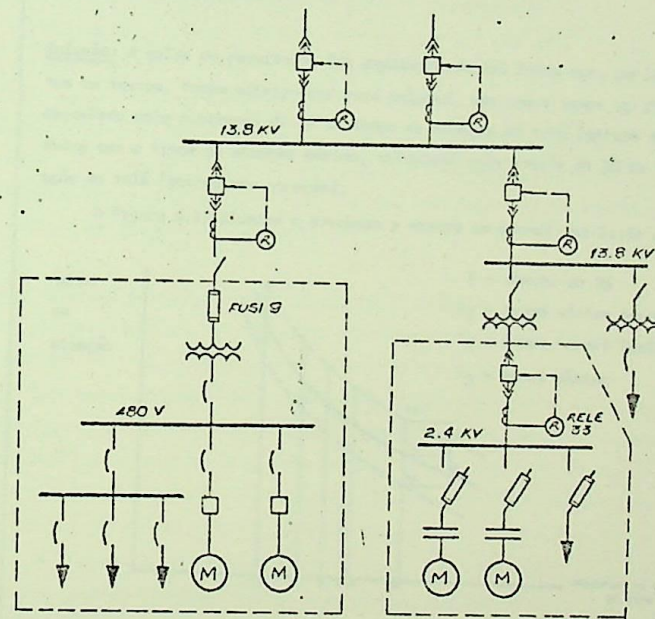


Fig. 4.15

Solução: Como já foi mencionado anteriormente, o programa levá os seus cálculos apenas as entradas de concessionárias. Bastará portanto o usuário supor duas entradas artificiais artificiais e fornecer os dados do sistema apenas até estas "entradas", como mostra a figura 4.16.

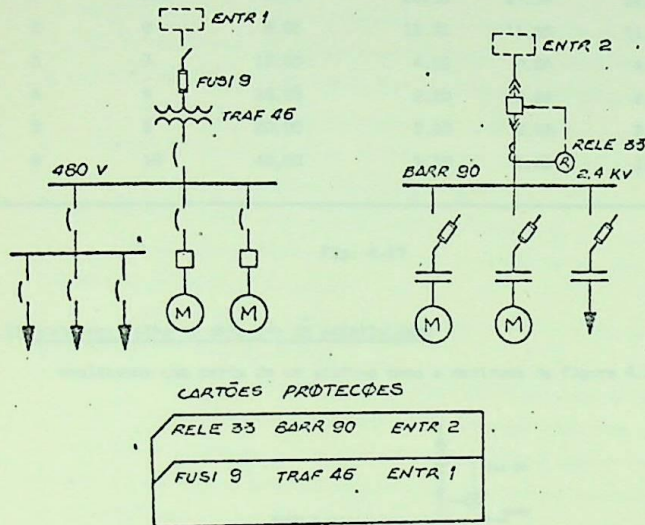


Fig. 4.16

4.10 Problema: Alcance de back-up

A concepção original, vista no capítulo 2, era de se, após terem sido ajustadas seletivamente todas as proteções de subestação, aplicar valores de faltas nos terminais da subestação e verificar todas as proteções que respondiam a estas faltas e os tempos em que o faziam. Entretanto, como na prática exige-se 'back-up' de apenas mais um dispositivo de proteção além daquele próximo ao ponto de falta, e como a concepção original exigira muito tempo e memória para processamento, optou-se por uma solução mais simples.

Solução: Ao executar o ajuste de um dispositivo de proteção, o programa conside

ra uma falta máxima em um ponto abaixo do dispositivo de proteção mais próximo e a jusante do que está sendo ajustado. Imprime então os nomes dos dois dispositivos, os respectivos tempos de atuação para aquela falta, e a diferença entre estes tempos. Desta maneira o usuário pode conferir se o ajuste dado pelo programa obedeceu ao intervalo de seletividade especificado por ele.

4.11 Problema: Discrepância, equações e curvas

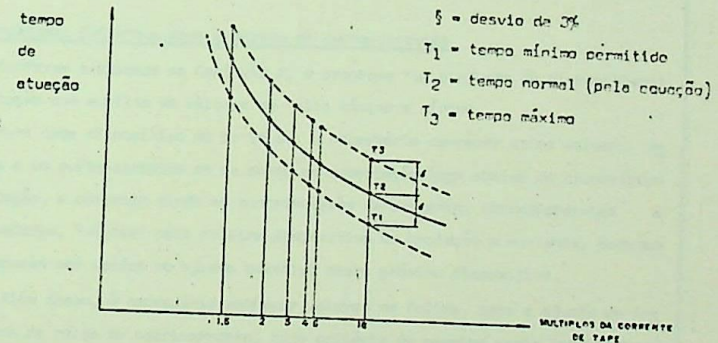
Para que os relés possam ser ajustados "no campo", o programa deve fornecer, além do tape e dial de tempo apropriados, uma lista de seis pontos de teste, com múltiplos da corrente de tape e os respectivos tempos de atuação do relé.

Para relés de sobrecorrente, o programa opera com equações que possibilitam uma aproximação da curva característica real do relé, fornecida pelo fabricante.

Como já explicado no Capítulo 2, o programa para tal foi desenvolvido à parte e, integrado na estrutura deste programa como um banco de dados. Conseguiu-se aí uma margem máxima de erro de aproximação de 3%, o que satisfaz plenamente as exigências técnicas.

Solução: A saída de resultados foi realizada de tal forma que, na lista de 6 pontos de testes, foram adicionadas duas colunas, uma com o tempo de atuação mínima calculado pela subtração de 3% do tempo de atuação do relé (obtido por equação) e outra com o tempo de atuação máxima, calculado pela adição de 3% ao tempo de atuação do relé (obtido por equação).

A figura 4.17 ilustra o processo e mostra um exemplo de lista de campo.



Exemplo: Relé CO-8

Tape de 4 Amperes

Dial de Tempo 5.25

Nº TESTE	MULTIFLO DO TAPE	CORRENTE NO TAPE EM [A]	**** TEMPO EM SEGUNDOS *****		
			MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
1	1,5	6.00	26.53	27.35	28.17
2	2	8.00	11.01	11.35	11.69
3	3	12.00	4.50	4.64	4.78
4	4	16.00	2.80	2.89	2.98
5	5	20.00	2.10	2.16	2.22
6	10	40.00	1.19	1.23	1.27

Fig. 4.17

4.12 Problema: Falha na obtenção de seletividade

Analisemos uma parte de um sistema como a mostrada na figura 4.18

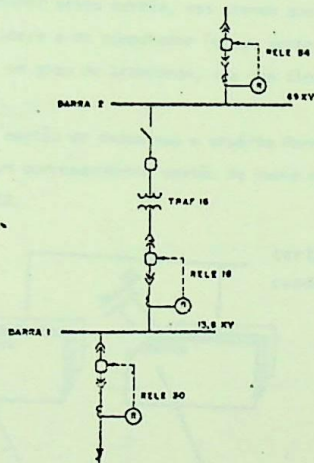


Fig. 4.18

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

O relé 30 já se acha ajustado.

Suponhamos agora que, ao tentar ajustar o relé 18, para que este se torne seletivo em relação às proteções a jusante da barra de 13,8 KV o programa não atinja a seletividade requerida.

As causas podem ser diversas, tais como:

- O relé 18 é "imposição" (vide Capítulo 2), o qual verificou-se ser seletivo.
- O ajuste do relé 18 colide com uma restrição. No exemplo, esta restrição poderia ser que o máximo tape permissível é aquele que permite uma corrente de 2,5 vezes a corrente nominal do transformador 18.
- O relé 18 já atingiu o seu limite físico, isto é, está ajustado no máximo tape e dial disponíveis e mesmo assim não é seletivo.

O problema consiste em que decisão deve tomar o programa em relação a este relé.

Solução: O programa abandona a tentativa de ajuste, emite uma mensagem para o usuário, e prossegue o processamento do restante da subestação.

No exemplo, a próxima PROTEÇÃO a ser ajustada é o relé 54.

Para este relé a rotina de seletividade inicia-se novamente do modo convencional, isto é, tenta-se tornar o relé 54 seletivo em relação a tudo que existe a jusante da barra de 69 KV. Isto inclui o relé 18, que é então considerado com os últimos valores de tape e dial atingidos antes do abandono da sua tentativa de calibração, ou, no caso do relé 18 ter sido uma imposição, com os valores de tape e dial especificados pelo usuário.

4.13 Problema: Interface para programa de curto-circuito

Conforme explicado no Capítulo 2, o programa fez o ajuste de dispositivos de proteção com auxílio de valores de falta máxima e mínima.

Para cada dispositivo de proteção, é necessário conhecer estes valores, relativos a um curto-circuito em um ponto da subestação logo abaixo do dispositivo de proteção, e conhecer ainda as contribuições de corrente, correspondentes a estes valores, "vistas" pelo próximo dispositivo de proteção a montante, para que estes possam ser usadas no ajuste seletivo deste próximo dispositivo.

Além disso, é necessário conhecer valores de faltas, para o ajuste de instantâneos de relés de sobrecorrente, cujo critério de escolha varia largamente de usuário para usuário.

Por exemplo, o ajuste do instantâneo, de um relé de sobrecorrente coloca -

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

do no primário de um transformador, deve ser feito baseando-se em curto-circuito no meio do transformador, ou abaixo deste? Deve-se considerar condições de falta máxima, mínima, ou um valor intermediário?

Devido a estes problemas, principalmente o da determinação da contribuição que passa pelo próximo dispositivo de proteção a montante, chegamos a seguinte solução:

SOLUÇÃO: Uma interface que determinasse automaticamente os valores de faltas, por meio de um programa de curto-circuito, deveria ter conhecimentos de topologia de proteção do sistema e isto torna a sua concepção consideravelmente sofisticada.

A interface elimina a liberdade do usuário de ajustar instantâneos por critérios particulares, ou se não eliminasse, deixaria de justificar sua existência, por exigir do usuário o uso de um programa de curto-circuito independente que lhe desse bases para o ajuste destes instantâneos.

Sendo assim, deixamos a tarefa da concepção de uma interface como um desafio para posteriores estudos.

Ao invés disto, criamos na estrutura do programa um quarto grupo de dados, a que demos o nome de FALTAS.

Naturalmente, o usuário necessitará de um programa de curto-circuitos auxiliar para preencher estes cartões, mas cremos que neste caso a eficiência humana iguala ou supera a do computador (o que seria o caso da interface), além de implicar em mais um grau de liberdade, uma das diretrizes de concepção de presente estrutura.

Para cada cartão de dados que o usuário fornecer no grupo PROTEÇÕES, deverá ele fornecer um correspondente cartão de dados no grupo FALTAS, como o exemplo da figura 4.18.

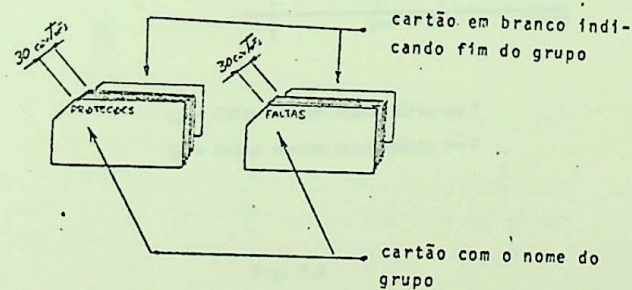


Fig. 4.18

Um cartão FALTAS consta de:

- Nome e número de um dispositivo de proteção.
 - O valor em amperes da falta máxima transitória, no ponto do sistema onde está o dispositivo de proteção.
 - O valor em amperes da correspondente contribuição "vista" pelo próximo dispositivo de proteção a montante.
 - O valor em amperes da falta mínima transitória, no ponto do sistema onde está o dispositivo de proteção.
 - O valor em amperes da correspondente contribuição "vista" pelo próximo dispositivo de proteção à montante.
- Se o dispositivo de proteção for um relé de sobrecorrente deverá ainda constar do cartão:
- Indicação de que o instantâneo do relé (se este o possuir) deve ser ou não calibrado pelo programa.
 - Valor em amperes da corrente para base de ajuste deste instantâneo.
 - Múltiplo pelo qual, eventualmente, ser múltiplo aquela corrente.
 - Um valor em amperes de uma contribuição "vista" pelo próximo dispositivo de proteção à montante, o qual será melhor esclarecido nos Capítulos 5 e 9 pois dependendo do algoritmo de seletividade a ser escolhido pelo usuário, este valor pode ter dois significados diferentes.
 - Para que não possa haver dúvidas, deve também ser incluído, no cartão FALTA o nome e número do próximo dispositivo à montante.

CAPÍTULO 5

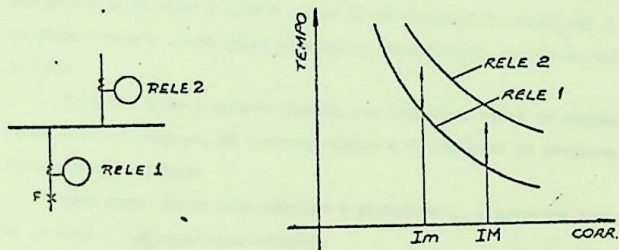
ALGORITMOS DE COORDENAÇÃO

O programa admite dois diferentes algoritmos de coordenação, a serem escolhidos pelo usuário.

Não havendo definição, através de um cartão FILOSOFIA, o programa adota o Algoritmo 1, caso contrário o Algoritmo 2.

Algoritmo 1

Suponhamos o relé 1 da Fig. 5.1 já ajustado e estudemos o ajuste do relé 2.



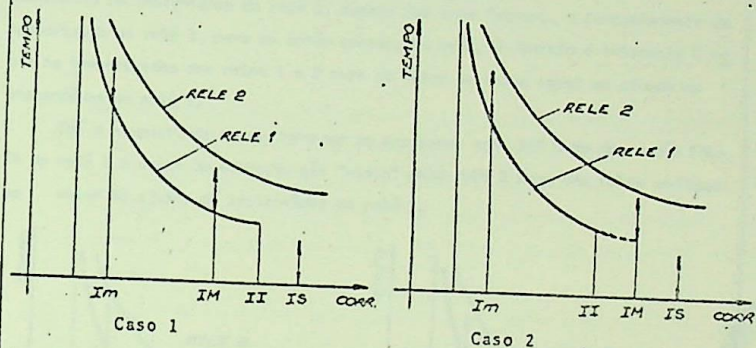
I_m = falta mínima transitória em F
 I_M = falta máxima transitória em F

Fig. 5.1

Se o relé não possui instantâneo atuante, o ajuste do relé 2 é feito tão somente observando-se o intervalo mínimo de seletividade S estabelecido, para faltas máxima e mínima transitórias em F, e as respectivas contribuições vistas pelo relé 2.

Se o relé possui porém unidade instantânea atuante, além de considerar estes pontos de ajuste o programa verifica ainda um terceiro ponto, como veremos.

Se o relé 1 possui porém instantâneo, podemos analisar dois casos, conforme a figura 5.2.



- I_m = falta mínima transitória em F (e contribuição "vista" por 2)
- I_M = falta máxima transitória em F (e contribuição "vista" por 2)
- I_1 = valor do ajuste do instantâneo do relé 1.
- I_2 = contribuição "vista" pelo relé 2 para uma falta máxima subtransitória em F.

Fig. 5.2.

No caso 1 o instantâneo do relé 1 foi calibrado para um valor superior a I_M . No caso 2 para um valor inferior a I_M .

Em ambos os casos pode-se dizer que para valores de falta superiores a I_1 a possibilidade de unidade temporizada do relé 1 operar é remota porque estas faltas ocorrerão no período subtransitório, portanto a corrente decai em um espaço de tempo curto demais para haver operação. Sendo assim, procura-se calibrar a unidade temporizada do relé 2 para que mantenha o intervalo S a partir do eixo

dos tempos para uma falta subtransitória máxima em F (tomando a contribuição "vista" pelo relé 2 para esta falta), ou seja, considera-se que a partir de I_m o temporizado do relé 2 só deve atuar após ter sido dada uma margem para que o instantâneo do relé 1 opere.

Pode-se argumentar que a falta subtransitória desapareça rapidamente demais para que o temporizado do relé e tenha tempo de operar e, portanto, não há sentido na verificação deste terceiro ponto.

Entretanto, mesmo que o temporizado do relé 2 não atue para a falta subtransitória, por ser esta rápida demais, ele iniciará o movimento de operação e, se neste momento ocorrer uma falta em outro ponto do circuito o temporizado será encontrado em uma posição que não devia estar e pode então atuar, desligando, por exemplo, a alimentação de toda uma barra, quando na verdade só deveriam ter sido desconectados os ramais secundários onde ocorreram as faltas.

Pelo argumento citado, entretanto, é razoável que se considere o valor de falta subtransitória simétrica, pois o valor assimétrico decai realmente tão rapidamente que não aconselhamos o seu uso aqui.

De qualquer maneira é muito importante frisar que, e isto é válido também para o algoritmo 2, o programa não tem conhecimento da origem dos valores, isto é, se o usuário optou pelo algoritmo 1, o programa utiliza o último dado do cartão FALTA do relé 1 como o valor I_S da figura 5.2, porém não é possível ao programa saber se é um valor simétrico, assimétrico, ou nem ao menos se é subtransitório.

Devido a isto o usuário possui uma liberdade total de manipular os valores obtidos de um programa de curto-circuito e fornecê-los ao programa segundo o seu discernimento pessoal.

Repetindo: Tendo sido adotado o algoritmo 1, o programa toma, do cartão FALTA do relé 1, os seguintes valores:

- 0 5º valor como sendo a falta máxima transitória em F
- 0 6º valor como sendo a contribuição para esta, "vista" pelo relé 2
- 0 7º valor como sendo a falta mínima transitória em F
- 0 8º valor como sendo a contribuição para esta, "vista" pelo relé 2
- 0 9º valor como sendo a indicação de que o relé 1 tem instantâneo
- 0 10º valor como sendo a corrente que será usada para ajuste do instantâneo do relé 1
- 11º valor como sendo um múltiplo que deverá ser usado para o 10º valor fornecido
- 0 12º valor como sendo a contribuição "vista" pelo relé 2 para uma falta máxima

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

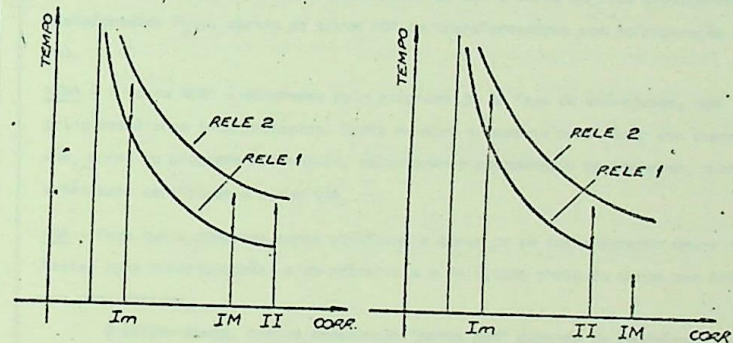
subtransitória simétrica em F.

Algoritmo 2

Se o relé não possui instantâneo, ocorre o mesmo procedimento da figura 5.1, já citado. Se possui porém instantâneo, temos dois casos (figura 5.2), conforme o valor de ajuste do instantâneo do relé 1 seja superior ou inferior à falta máxima transitória em F.

No primeiro caso, o programa ajusta o relé de tal forma que, para uma falta em F igual ao valor de ajuste instantâneo do relé 1, ao relé e aguarde o funcionamento do instantâneo do relé 1, depois (se este falhar), o funcionamento do temporizado do relé 1, para só então operar. Ou seja, é mantido o intervalo S entre os temporizados dos relés 1 e 2 para um valor de falta igual ao ajuste do instantâneo do relé 1.

Daí a necessidade de se fornecer ao programa, como 12º dado do cartão FALTA do relé 1 o valor de contribuição "vista" pelo relé 2 para uma falta em F igual ao valor do ajuste do instantâneo do relé 1.



CASO 1

CASO 2

- I_m - falta mínima transitória em F (e contribuição "vista" por 2)
- I_M - falta máxima transitória em F (e contribuição "vista" por 2)
- II - valor de ajuste do instantâneo do relé 1 e contribuição respectiva "vista" pelo relé 2 para uma falta em F com este valor.

Fig. 5.3

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

Este método apresenta a vantagem de oferecer mais seletividade que o algoritmo 1, pois o relé 2 só atua se falharem ambas as unidades, temporizada e instantânea do relé 1. Entretanto, com isto os dias de tempo dos relés na subestação ficam muito "altos", o que pode no cômputo geral prejudicar, por desensibilização.

No segundo caso, porém, em que o instantâneo do relé 1 está atuando para um valor inferior à falta transitória máxima em F, a vantagem parece ser preponderante.

Neste caso o programa, após ter ajustado o relé 2 para o valor de falta mínima, verifica (e reajusta se necessário) o relé 2 para uma falta igual ao ajuste do instantâneo de 1, e depois, para um valor de falta máxima transitória em F, observa o intervalo S apenas a partir do eixo do tempo, ou seja, o relé 2 aguarda somente o funcionamento do instantâneo do relé 1 (e não do temporizado) para uma falta IM.

Quanto ao fornecimento de dados, como explicado, a única diferença entre os dois algoritmos está no 12º dado do cartão FALTA do relé 1.

O cartão FILOSOFIA para que seja utilizado o algoritmo 2 é visto abaixo:

ALGORITMO "2" COORDENAÇÃO RELES SOBRECORR.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES SOBRE TRANSFORMADORES

Analisaremos aqui o que foi implementado no programa, no que se refere às normas NEMA e ASA e a corrente de magnetização de transformadores.

A norma NEMA para proteção de transformadores já foi citada no Capítulo 3.

A norma ASA no caso é a observância de que a curva do relé protegendo o transformador fique abaixo da curva ASA de transformadores com refrigeração natural.

NEMA - A norma NEMA é observada pelo programa já na fase de pré-ajuste, que dá os primeiros resultados intermediários. Desta maneira o usuário pode fazer uma supervisão, antes do programa prosseguir, calculando a coordenação da proteção, quando então será verificada a curva ASA.

ASA - Para que o programa possa verificar a curva de um transformador devem ser feitas duas determinações: a do primeiro e a do último ponto da curva que devem ser considerados.

O último ponto, também denominado "ponto ASA" depende da impedância do transformador e é, portanto, facilmente obtido pelo programa.

O primeiro ponto porém apresenta uma dificuldade: a curva ASA é mais severa do que a norma NEMA, que já tinha sido observada durante o pré-ajuste.

Assim, pode ocorrer que, na Fig. 6.1, haja um tenso que não ultrapasse a norma NEMA e, durante a coordenação é rejeitado pelo programa porque ultrapassa a curva ASA.

Isto pode ocorrer porque o primeiro ponto da curva ASA, o valor de sobrecarga que o trafo pode suportar permanentemente é 2,5 vezes a corrente à plena carga do mesmo e, como o trafo S0 possui proteção no secundário, a norma NEMA permite que este limite seja de 4 a 6 vezes a corrente à plena carga, dependendo

de impedância.

6.2

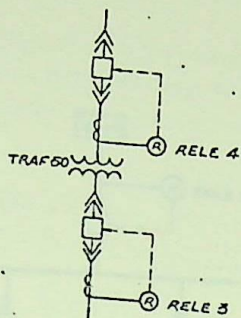


Fig. 6.1

Para dois trafos que possam ser colocados no mesmo ponto de uma subestação, haverá uma corrente de curto maior, para uma falta logo após o secundário, aquele que possuir menor impedância.

Partindo disto estabelecemos uma solução de compromisso para o programa, que consiste em:

- durante o pré-ajuste é observada a norma NEMA;
- durante a coordenação é tomada a metade do valor do múltiplo de IN determinado para o ponto ASA e, a curva ASA é verificada no trecho que vai deste valor até o ponto ASA.

Por exemplo: Se o trafa 50 da figura 6.1 possui uma impedância de 6%, o ponto ASA é estabelecido como:

$$\frac{1}{0.06} = 16,6 \quad 16,6 \times I_n \text{ durante } 4 \text{ | s |}$$

O programa verifica então a curva ASA no trecho de 8,3 até 16,6 vezes IN do trafa (Fig. 6.2).

O programa possui a curva ASA em forma de equação, determinando um tempo T em segundos; para um dado múltiplo M da corrente nominal do trafa por:

$$T = \frac{626}{(M - 1,5)^{1,82}}$$

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

6.3

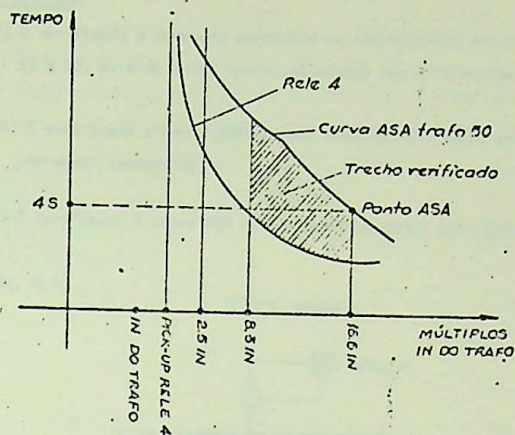


Fig. 6.2

MAG - A corrente de magnetização do transformador também é considerada, isto é, a curva do relé 4 deve achar-se acima da área definida por tempo X corrente de magnetização e, se o relé 4 possui instantâneo este deve estar calibrado para um valor superior à corrente de magnetização do trafa 50.

Não se deve, entretanto, confiar seguramente nos resultados do programa que se refere à corrente de magnetização, pois é sabido que, na prática, a sua determinação é de difícil execução e, conseqüentemente, o resultado do programa é apenas provável.

O programa fixa a corrente de magnetização de transformadores por um múltiplo da corrente nominal destes, dado pelo usuário por um cartão FILOSOFIA com o visto abaixo:

PARA OBTER IMAG-TRAFO MULTIPLIQUE IN POR: 10

Passaremos agora a analisar alguns circuitos e o comportamento do programa em relação a eles. Para simplificar, denominaremos os itens corrente de magnetização, norma NEMA e curva ASA por MAG, NEMA e ASA, respectivamente.

A ausência de um item destes no estudo do circuito implica em que o programa

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

na não verifica este item.

6.4

ESTUDO DE CASOS

CASO 1 (Fig. 6.3)

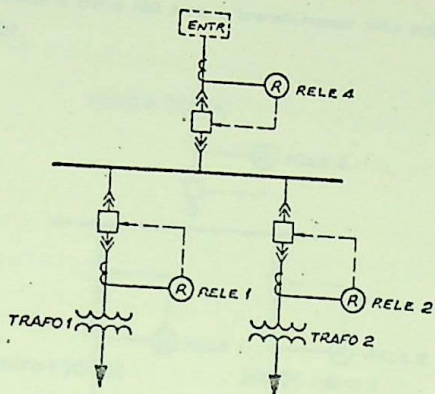


Fig. 6.3

Ajuste do Relé 4:

Não há verificação de MAG, NEMA e ASA, apenas coordenação com os relés 1 e 2.

Ajuste dos relés 1 e 2:

MAG É verificada a corrente de magnetização, norma NEMA e curva ASA dos NEMA respectivos transformadores (1 e 2)
ASA

CASO 2 (Fig. 6.4)

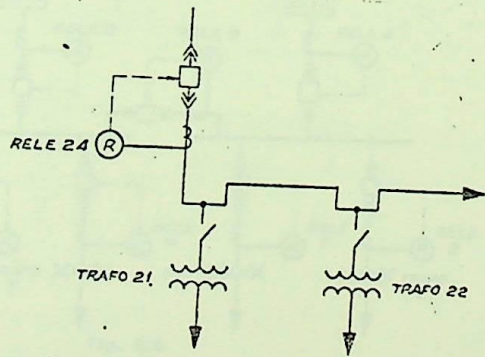


Fig. 6.4

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

6.5

Ajuste do relé 4:

MAG) É verificada a soma das correntes de magnetização dos transformadores 21 e 22, ou o do maior trafo, de acordo com a filosofia do usuário.

NEMA) É verificada a norma NEMA para o transformador mais crítico, aquele de menor capacidade.

ASA) É verificada a curva ASA para o trafo de menor capacidade

CASO 3 (Fig. 6.5)

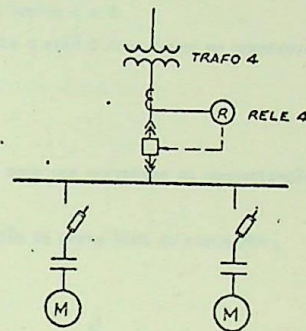


Fig. 6.5

Ajuste do relé 4:

NEMA) É verificada a norma NEMA ($2.5 \cdot IN$) para o trafo 4.

ASA) É verificada a curva ASA para o trafo 4:

CASO 4 (Fig. 6.6) - Esquema não recomendável

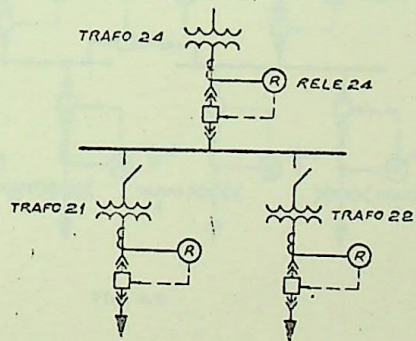


Fig. 6.6

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

Ajuste do relé 24:

MAG) É verificada a soma das correntes de magnetização dos transformadores 21 e 22.

NEMA) É verificada a norma NEMA para o transformador mais crítico, entre os trafos 21 e 22 e a norma NEMA para o trafa 24.

ASA) É verificada a curva ASA para o transformador mais crítico entre o 21 e o 22.

CASO 5 (Fig. 6.7):

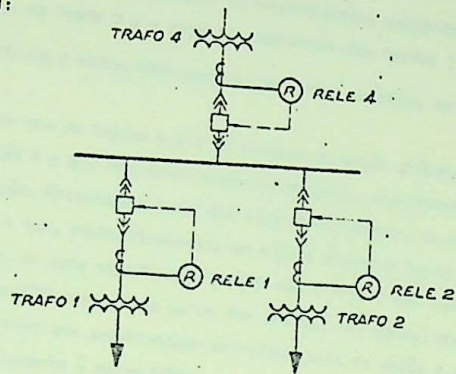


Fig. 6.7

Ajuste do relé 4:

MAG) É verificada a soma das correntes de magnetização dos transformadores 1 e 2.

NEMA) É verificada a norma NEMA para o transformador 4.

ASA) É verificada a curva ASA do transformador 4.

CASO 6 (Fig. 6.8):

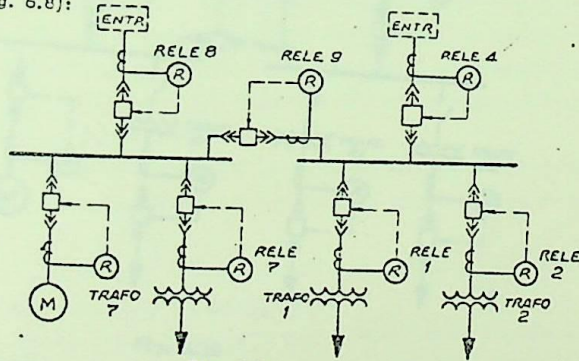


Fig. 6.8

Ajuste dos relés 4 e 8:

Segue o algoritmo fixado no Caso 1.

São consideradas duas emergências:

1º) Com a linha de suprimento da barra 1 fora de operação, a alimentação da barra 1 provém da barra 2, através da interligação.

2º) Com a linha de suprimento da barra 2 fora de operação, a alimentação da barra 2 provém da barra 1, através da interligação.

Na primeira emergência o relé 9 deve levar em consideração a soma das correntes de magnetização dos trafos 1 e 2.

Na segunda emergência o relé 9 deve levar em consideração a corrente de magnetização do trafa 7.

Ajuste do relé 9:

MAG) É verificada a soma das correntes de magnetização dos trafos 1 e 2 e a do trafa 7.

NEMA) ASA) Não há verificação de norma NEMA ou curva ASA.

CASO 7 (Fig. 6.9):

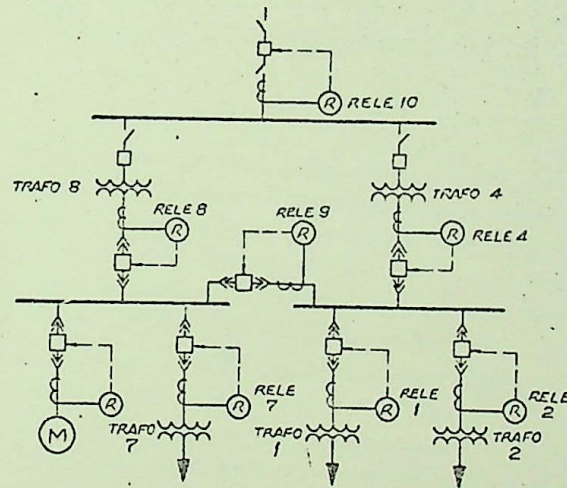


Fig. 6.9

Ajuste dos relés 4 e 8:

Segue o algoritmo fixado no Caso 5.

6.8

Ajuste do relé 10:

Segue o algoritmo fixado no Caso 2.

Ajuste do relé 9:

MAG) É verificada a maior corrente de magnetização, escolhida entre a corrente do Trafo 7 e a soma das correntes dos trafos 1 e 2.

NEMA) É verificada a norma NEMA para o trafeo mais crítico, entre os trafos 4 e 8.

Note - se que os trafos 4 e 8 já possuem proteção própria no secundário (relés 4 e 8), não sendo assim necessária, aparentemente, esta verificação. Entretanto, para que haja seletividade, os relés 4 e 8 terão que ter, respectivamente, um ajuste superior ao do relé 9. Assim sendo, se esta verificação provar que o relé 9 não está obedecendo a norma NEMA para ambos os dos trafos, não haverá possibilidade de se obter uma seletividade perfeita, pois os relés 4 e 8 obedecem rigorosamente à norma NEMA.

ASA) Não há verificação de norma ASA.

CASO 8 (Fig. 6.10):

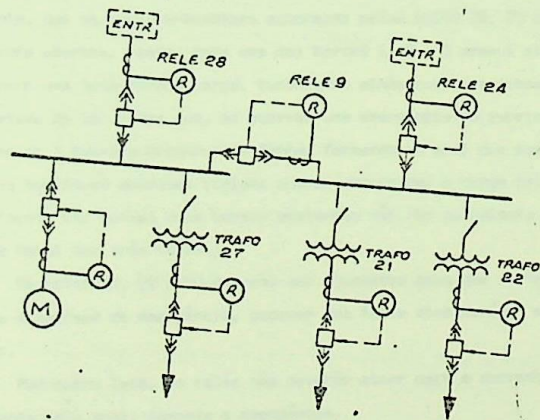


Fig. 6.10

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

6.9

Ajuste do relé 9:

MAG) É verificada a maior corrente de magnetização "vista" pelo relé 9, que pode ser a soma das correntes dos trafos 21 e 22, ou a corrente do trafeo 27.

NEMA) É verificada a norma NEMA para o transformador mais crítico, entre os trafos 21, 22 e 27.

ASA) É verificada a curva ASA do transformador mais crítico entre os trafos 21, 22 e 27.

Ajuste dos relés 24 e 28:

Segue o algoritmo fixado no caso 2.

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

CAPÍTULO 7

CIRCUITOS EM ANEL

Existem para o programa dois problemas relativos ao ajuste de um relé de sobrecorrente colocado em um circuito de configuração em anel: a determinação da corrente máxima ideal que o relé deve deixar fluir na linha, sem atuar, e com quais outros dispositivos este relé deve ser coordenado.

Para esclarecermos estes problemas, e como eles foram solucionados no programa, vamos analisar alguns circuitos.

7.1 - 1º Problema

Suponhamos no circuito da figura 7.1, que representamos muito simplificada-mente, que os bus-tie-breakers acionados pelos relés 10, 20 e 30 estejam normalmente abertos. Assim, cada uma das barras 1, 2 e 3 possui alimentação própria e suporta uma determinada carga. Suponhamos ainda que esta subestação tenha sido projetada de tal forma que, ao ocorrer uma emergência no suprimento de uma das barras os 3 bus-tie-breakers se fechem formando um anel que possibilita que três barras continuem supridas (talvez apenas conectadas e carga prioritárias, se o suprimento das outras duas barras restantes não for suficiente para abastecer a carga total das três barras).

Os relés 10, 20 e 30 deverão ser ajustados para que venham a atuar se, durante esta fase de emergência, ocorrer uma falta considerável em um ponto do circuito.

Por outro lado, os relés não deverão atuar para a corrente que fluirá normalmente pelo anel, durante a emergência.

O problema inicial do ajuste de cada um destes relés consiste pois em se determinar a corrente máxima que o relé deve permitir fluir pelo bus-tie-breaker.

Para obtenção desta corrente devemos conhecer a impedância de cada bus-tie

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

breaker.

Para obtenção desta corrente devemos conhecer a impedância de cada bus-tie-breaker (que pode-se considerar desprezível), as correntes que suportam as barras, correntes que fluem para as cargas e valores de tensão em alguns pontos do circuito. Como pode haver defasamento entre estas correntes, é necessário que se considere os seus fasores.

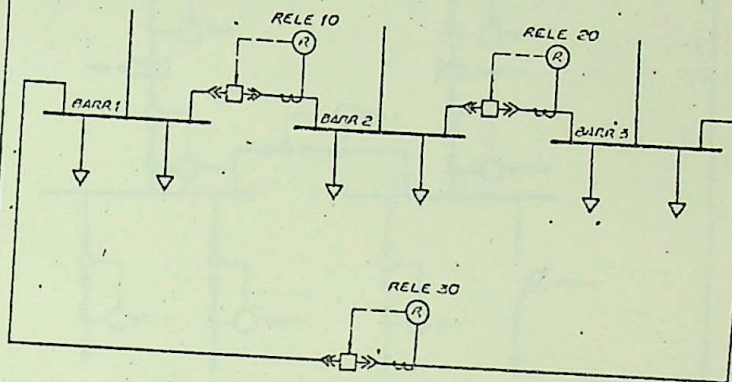


Fig. 7.1

Portanto, admitindo-se que se consiga corrigir para o programa a informação explicativa do posicionamento dos disjuntores em operação normal e em emergências, ou seja, o comportamento do esquema (e isto foi possível na versão programadora, agora abandonada, deste programa), será necessário que o programa possua uma rotina de load-flow para o cálculo daquela e uma rotina relativamente complexa se fizesse a distinção de cargas prioritárias ou não.

Supondo-se ainda que o programa possua esta rotina e determine os valores das correntes, será agora necessário multiplicar este valor por um fator bem conhecido, que variará para um outro tipo de circuito em anel, caso contrário os relés podem vir a atuar indesejavelmente por terem sido calibrados muito "perto" de um valor obtido teoricamente sem considerar inúmeras nuances do circuito.

Por todas estas razões decidimos que este valor de corrente máxima a ser fornecido ao programa pelo usuário, quando o ponto do circuito se situar em anel

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

Neste exemplo da figura 7.1 isto se aplica aos relés 10, 20 e 30. Nos respectivos cartões PROTEÇÕES o sétimo dado, denominado "tarefa" será preenchido com o número 3, e através do 23º e do 24º dados será fornecido aquele valor da corrente.

Foram reservados dois campos de dados para que o usuário possa introduzir um fator de multiplicação, se o desejar, sem recorrer a cálculos manuais (vide no capítulo 9, Cartões de Dados).

Recebendo este valor, o programa faz o pré-ajuste dos relés 10, 20 e 30 da maneira normal. Mostraremos no item 7.6 como o próprio programa COPROS pode auxiliar na obtenção deste valor.

7.2 - 2º Problema

O cálculo seguinte consiste em tomar cada relé seletivo com outros dispositivos de proteção, tomando ainda o cuidado de não ultrapassar normas como curva ASA de possíveis trafo existentes nas proximidades. O problema consiste em saber quais são estes "outros".

Também este critério varia de circuito para circuito, dependendo da função do relé, do comportamento do circuito, da filosofia do engenheiro de proteção, etc.

Solucionamos este problema tornando o programa flexível a qualquer tipo de circuito em anel e qualquer sistemática de coordenação dos relés do mesmo. Para esclarecermos, vamos tomar o circuito da figura 7.2.

Digamos que o bus-tie-breaker da figura esteja normalmente aberto, e que ocorrendo uma emergência (tal como a saída do trafo 20 de operação, para manutenção), ele seja fechado. Nesta conjuntura o engenheiro pode decidir que:

- O relé 6 deve ser seletivo com os relés 7 e 8 (emergência: trafo 10 fora de operação) e também com o relé 9 e o fusível 1 (emergência: trafo 20 fora de operação).
- O relé 3 deve ser seletivo com os relés 7 e 8, e também com o relé 6 (emergência: trafo 20 fora de operação).
- O relé 4 deve ser seletivo com o relé 9 e o fusível 1, e também com o relé 6 (emergência: trafo 10 fora de operação).

Este conjunto de decisões simbolizadas na figura 7.3 é fornecido ao programa simplesmente produzindo-se para cada decisão em cartão FALTA correspondente. Cada seta da fig. 7.3 equivale a um cartão FALTA que deve ser fornecido.

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

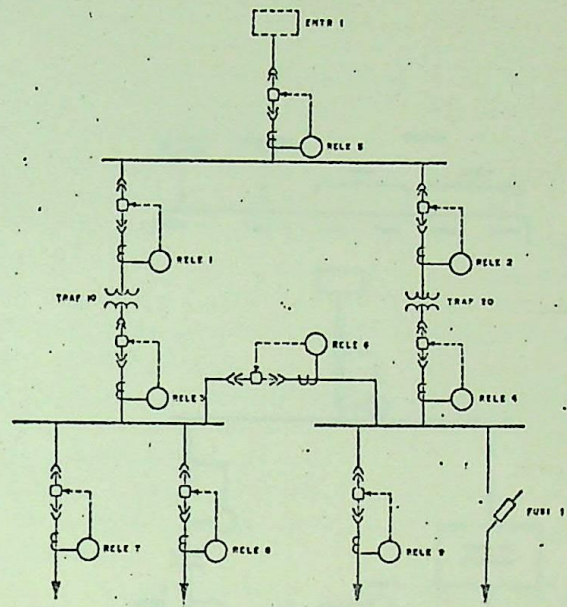


Fig. 7.2

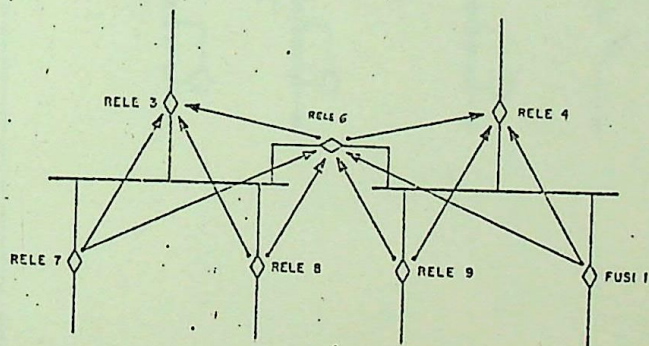


Fig. 7.3

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

Naturalmente os valores de faltas que se constituirão nos dados numéricos deste cartão FALTAS devem ser coerentes com a situação desejada.

Estes valores podem ser obtidos por cálculos manuais, ou por um programa de cálculo de curto-circuito trifásico.

A seguir damos um exemplo do que entendamos por coerência: Ao se preencher o cartão FALTA indicando que o relé 3 (Ajustante) deve ser tornado seletivo com o relé 6 (Ajustor ou relé base); valores de falta máximo e mínimo fornecidos são aqueles que foram obtidos com o circuito na configuração da figura 7.4.

7.3 - Falha na Obtenção de Seletividade

Consideremos o momento em que o programa já ajustou o relé 6, tornando-o seletivo em relação aos quatro ajustores (relés 7,8,9 e fusível 1), já coordenou o relé 3 com relés 7 e 8 e procura agora tornar o relé 3 seletivo em relação ao relé 6.

Suponhamos que a calibração obtida para o relé 6 tenha sido um pouco "alta". Pode então ocorrer que o programa descubra que para tornar o relé 3 seletivo (com o relé 6), deverá dar ao relé 3 uma calibração muito "alta" que ultrapassem a curva ASA do transformador 10.

Neste caso, o programa respeita a curva ASA, em detrimento da seletividade. Estes resultados intermediários são fornecidos ao usuário através do print-out "COORDENAÇÃO" para auxiliá-lo em uma eventual modificação na próxima vez que utilizar o programa.

Mesmo assim, o programa considera o relé 3 ajustado prossegue para o restante da subestação.

Entretanto, no print-out final (Tabela de calibração no campo) sairá junto com os resultados de ajuste do relé 3 uma advertência de que foi necessária uma solução de compromisso.

7.4 - Outro Exemplo

Tomemos agora o circuito da figura 7.5, que é o circuito que adotamos como exemplo de processamento, encontrando-se os seus resultados no volume anexo a este trabalho.

Neste circuito consideremos o seguinte:

A subestação é normalmente suprida através da entrada 1 (provém de uma concessionária). Caso ocorra uma emergência este suprimento fez-se pela entrada 2.

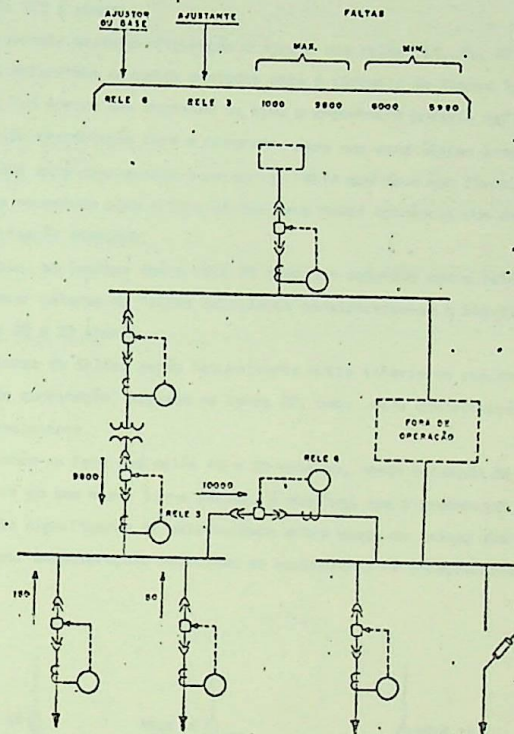


Fig. 7.4

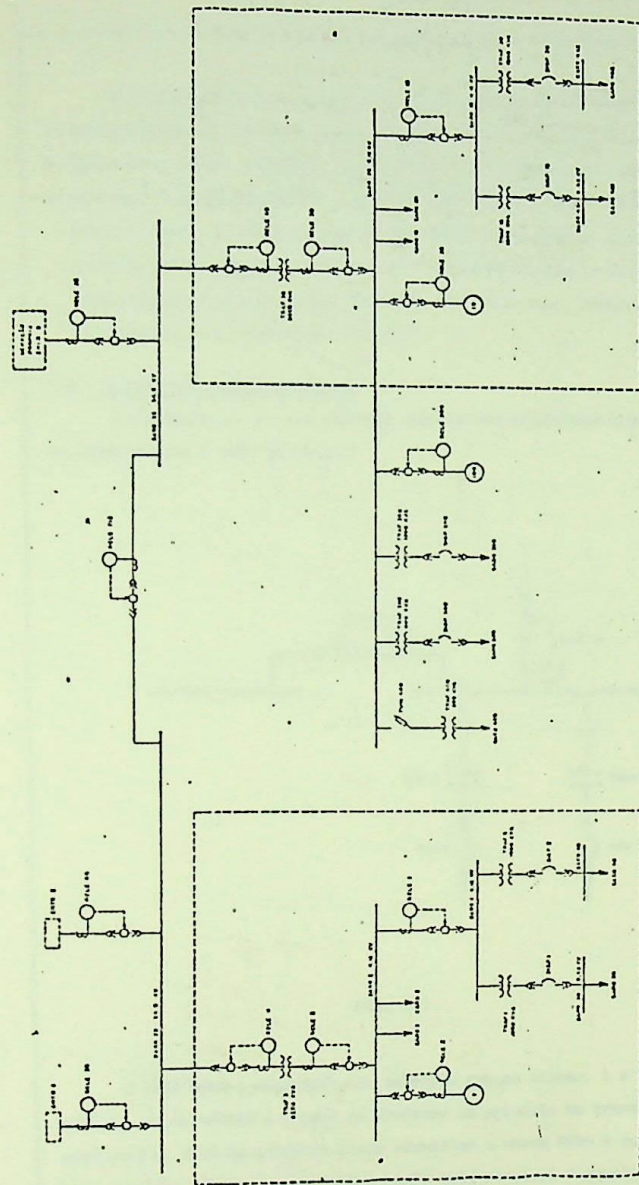


Fig. 7.5 (Fig. 10.3)

Em ambos os casos o disjuntor acionado pelo relé 713 encontra-se fechado e a geração própria da subestação fora de operação.

Ocorrendo uma emergência que impossibilite o suprimento da subestação pela concessionária, o equipamento de geração própria entra em ação, mas passa a servir somente o circuito abaixo da barra 23, pois o bus-tie-breaker ao qual está conectado o relé 713 é aberto.

Em consequência desta configuração o ajuste dos relés 713, 23, 33 e 44 segue algoritmos diferentes daqueles adotados para o circuito da figura 7.2.

A figura 7.6 mostra uma sugestão de como o engenheiro poderia definir as suas premissas de coordenação para o programa, para que este último procurese executá-los. Cada seta corresponde a um cartão FALTA que deve ser fornecido.

Alertamos novamente para o fato de que deve haver coerência dos dados de faltas com a situação desejada.

Por exemplo, ao indicar que o relé 23 deve ser seletivo com o relé 40, o usuário deve tomar valores de faltas calculados considerando-se o bus-tie-breaker entre as barras 22 e 23 aberto.

Estes valores de faltas serão naturalmente muito inferiores aos obtidos em outros pontos da subestação, digamos na barra 22, onde haja contribuição proveniente da concessionária.

Devido também ao fato dos relés 40 e 23 estarem, nesta situação de emergência, praticamente em uma mesma linha radial, é possível que o engenheiro nem deseje um intervalo significativo de seletividade entre eles, ou talvez ele chegue a esta conclusão por considerações relativas ao equipamento de geração própria.

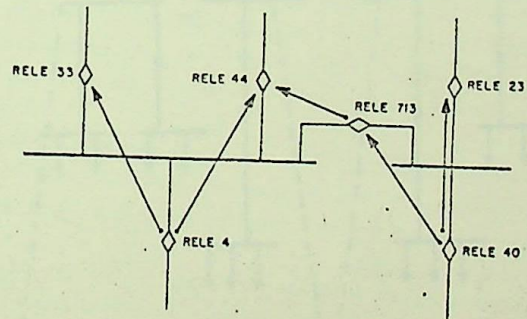


Fig. 7.6

- O programa oferece aqui três modos do engenheiro delinear um algoritmo:
- 1- Simplesmente não fornecer um cartão FALTA como o par RELÉ 40 - RELÉ 23.
 - 2- Fornecer o cartão FILOSOFIA "INTERVALO NULO P/ RELES SOBR. Em LINHA RADIAL".
 - 3- Fornecer o cartão FILOSOFIA "GERAÇÃO PRÓPRIA. PROTEÇÃO RETROSELETIVA", e fornecer os dados do (s) equipamento (s) de geração própria, esclarecendo na topologia do (s) respectivo (s) cartões EQUIPAMENTOS que o relé 23 faz parte do circuito de geração própria. (Isto não foi feito aqui. Limitamo-nos a definir uma entrada 3 acima do relé 23.)

7.5 - Presença de transformadores

Um exemplo em, que a restrição adquire uma prioridade superior ao desejo de seletividade é dado na Fig. 7.7

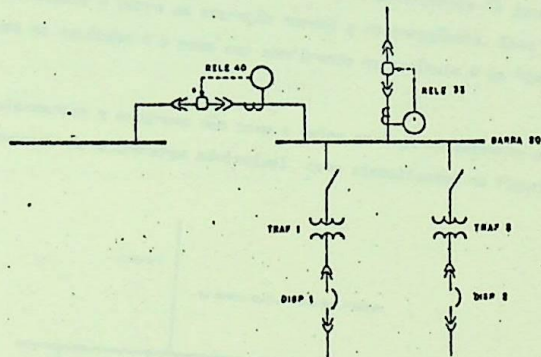


Fig. 7.7

O relé deve a princípio ser seletivo com os disj. 1 e 2. Entretanto, o relé 40 assume também a função de protetor do primário do transformador e consequentemente, deve em primeiro plano respeitar a norma NEMA e curva ASA do trafo mais sensível. Para a norma NEMA o trafo mais sensível é aquele de menor capacidade (e logo menor corrente nominal, uma vez que ambos os trafos possuem mesmo nível de tensão no primário) e o limite a ser estabelecido depende ainda da presença ou de proteção no secundário e da impedância do trafo, como já esclarecido

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

no capítulo 3. Para a verificação de curva ASA o trafo escolhido no caso é o de menor capacidade.

O programa executa esta localização, seleção e verificação de norma de trafos automaticamente, mesmo em circuito em anel, não sendo necessário ao usuário fazer indicações. Apenas, é reservado do usuário o poder de decisão se a curva ASA será respeitada integralmente (o que é indicado através do cartão FILOSOFIA "OBEDECE TODOS OS PONTOS DA CURVA ASA (ANSI)") ou será adotado o intervalo que citamos no capítulo 6.

7.6 - Pseudo Load-Flow

O programa realiza uma série de cálculos, que à primeira vista poderiam ser supostos como um cálculo de load-flow, mas que na realidade não contém as condições matemáticas para o ser.

Esperamos esclarecer no fim deste item a sua correlação com os circuitos em anel,

Consideremos a figura 7.8, uma representação estilizada de uma subestação.

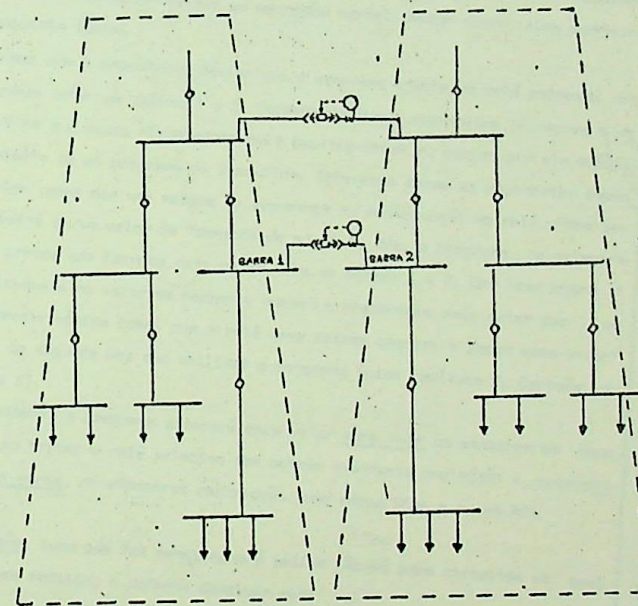


Fig. 7.8

Se o leitor realizou o sentido das restrições de topologia de COPROS para subestações industriais, mencionadas no capítulo 2, no que se refere à posição dos dispositivos "em baixo" e "em cima", a exigência de que geradores estejam "à montante", etc., poderá compreender que é possível ao programa calcular o fluxo de corrente que parte de cada barra "para baixo, para o qual criamos um print-out de nomeado "LISTA DE CARGAS NAS BARRAS".

Este cálculo não é um load-flow pelo seguinte:

- 1) Não são considerados fasores e sim apenas os módulos das correntes.
- 2) Conseqüentemente o programa calcula que a carga alimentada por uma barra é simplesmente a soma algébrica das cargas de cada um dos ramais que partem da barra "para baixo".
- 3) Neste cálculo inclui-se o fator de diversidade, tanto para operação normal como para uma emergência (à escolha do usuário). O cálculo das cargas da barra (a carga para operação normal e a para emergência), considerando fator de diversidade, fica condicionado à indicação pelo usuário de quais ramais, representados por dispositivos de proteção ou por equipamentos diretamente "à jusante" da barra, estão conectados à barra em operação normal e na emergência. Este tópico já foi abordado no capítulo 4 e pode ser confirmado no capítulo 9 em "CARTÕES DE DADOS".
- 4) No caso de equipamentos o programa não toma o valor nominal da corrente e sim este valor acrescido da sobre carga admissível, como simbolizamos na figura 7.9

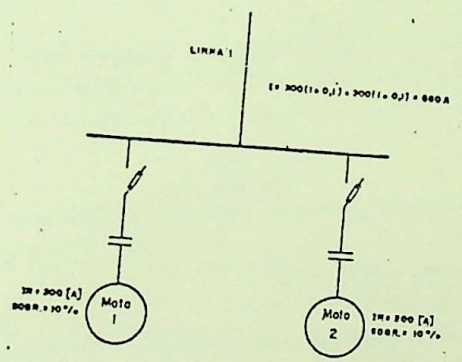


Fig. 7.9

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

Na figura 7.9 O valor I na linha é o que resolvemos denominar "corrente mínima" que um relé colocado na linha deve permitir fluir" ou "corrente máxima ideal" na linha".

- 5) O usuário pode influir neste cálculo "impondo" para qualquer ponto do circuito uma corrente máxima ideal (basta indicar no respectivo cartão PROTEÇÃO a referência como 3 e fornecer o valor desejado), em outras palavras, ele pode "estrangular" ou "amplificar" este fluxo.

Fica portanto claro este cálculo, para o qual gostaríamos de sugerir a denominação de Demanda de Ajuste, difere em essência de um load-flow.

Vejam agora a sua utilidade para circuitos em anel. Conforme mostra a figura 7.8, "varia" a subestação como duas pirâmides, isto é, o programa não "varia" as proteções que estão em bus-tie-breakers, tais como a que liga a barra 1 à barra 2.

Conclui-se que os resultados impressos na Lista de Cargas nas Barras, a partir das barras 1 e 2 "para cima", são completamente falsos, se um dos bus-tie-breakers da figura estiver fechado em operação normal. Mesmo assim, eles podem ser úteis da seguinte forma:

Digamos que o engenheiro deseje que o programa ajuste um relé colocado no bus-tie-breaker entre as barras 1 e 2. Suponhamos que o engenheiro já possui o valor de corrente que passa normalmente pelo bus-tie-breaker, obtido por ele próprio ou proveniente de um programa de load-flow. Interessa agora ao engenheiro ajustar este valor, para dar uma margem de segurança de não-aturação do relé. Para isto ele necessita de um valor de "demanda de ajuste". Ora, o programa, na primeira vez que for processado fornece este valor para as barras 1 e 2. Com base agora nestes resultados e no valor da corrente normal o engenheiro pode optar por um valor de corrente máxima ideal que o relé deve deixar passar, e impor este valor para o relé, na segunda vez que utilizar o programa (vide capítulo 9, Cartões de Dados, Tarefa 3).

Naturalmente o programa alterará este valor para mais ao escolher um tempo disponível e ao tornar o relé seletivo com outras eventuais proteções e, excepcionalmente, para menos, se encontrar restrições como norma NEVA e curva ASA.

Conclusão: tudo que foi mencionado é válido não só para circuitos em anel como também para radiais, e podemos concluir que:

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

O programa pode ser utilizado para qualquer tipo de circuito. Exigência: se um dispositivo de proteção estiver colocado em linha de interligação ou em um bus-tie-breaker, isto deve ser mencionado (capítulo 9, Cartões de Dados) e deve ser fornecido um valor inicial de corrente máxima ideal para este dispositivo e para outros que estejam deste ponto do circuito "para cima" (em direção à alimentação).

O próprio programa pode auxiliar na determinação deste valor inicial, em um primeiro processamento probativo.

Todos os dispositivos de proteção serão coordenados seguindo estritamente a filosofia do engenheiro - usuário, indicada por cartões FALTAS e FILOSOFIA, e sujeita apenas às restrições NEVA e ASA.

CAPÍTULO 8.

LISTA DE ERROS

ERRO 1

Ao se utilizar o programa por uma segunda vez, visando-se obter uma nova coordenação da proteção a partir dos mesmos dados utilizados na primeira vez e alterando-se tão somente os dados do grupo FILOSOFIA, não é permitido que sejam fornecidos novos dados, e não ser aqueles do grupo FILOSOFIA.

ERRO 2

Ao se utilizar o programa por uma segunda vez, visando-se obter uma nova coordenação da proteção a partir dos mesmos dados utilizados na primeira vez e alterando-se tão somente os dados do grupo FILOSOFIA, é necessário que da primeira vez tenha-se tido o cuidado de ordenar que os resultados intermediários (pre-ajuste) fossem armazenados em memória externa (disco). Desta maneira, na segunda vez basta fornecer novos comandos FILOSOFIA. Todos os outros dados são trazidos do disco pelo programa, obtendo-se assim alta velocidade de processamento. O erro 2 significa que esta exigência não foi levada em conta pelo usuário.

ERRO 101

Comando FILOSOFIA desconhecido.

ERRO 102

Dado numérico não é aceitável.

ERRO 204

As características elétricas (potência, tensão, etc.) deste equipamento não foram fornecidas por completo.

ERRO 401

O nome do dispositivo de proteção cujos dados de curto-circuito são fornecidos neste cartão não é constituído por um dos conjuntos de 4 letras identificáveis pelo programa como um "dispositivo de proteção".

ERRO 402

Falta o número do dispositivo de proteção cujos dados de curto-circuito são fornecidos neste cartão.

ERRO 403

Usuário não forneceu o valor de falta máxima neste ponto.

ERRO 404

Usuário não forneceu o valor de falta mínima neste ponto.

ERRO 405

O nome do dispositivo de proteção que está à montante deste dispositivo de proteção não é constituído por um dos conjuntos de 4 letras reconhecíveis pelo programa como sendo um "dispositivo de proteção".

ERRO 406

Falta o número do dispositivo de proteção que está à montante deste dispositivo.

ERRO 407

Ausência da contribuição da falta máxima vista pela proteção à montante.

ERRO 408

Ausência da contribuição da falta mínima vista pela proteção à montante.

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

ERRO 409

Usuário diz que este dispositivo de proteção possui instantâneo (9º dado neste cartão) mas a única proteção com instantâneo que o programa aceita é um relé.

ERRO 410

Foi dado que o relé possui instantâneo mas não foi fornecido o valor de falta que será usado no ajuste do instantâneo.

ERRO 411

Foi dado que o relé possui instantâneo, e foi dado o valor de falta usado para ajuste do instantâneo, mas faltou o fator pelo qual aquele valor de falta deve ser multiplicado (se não desejar um fator, forneça então o fator como sendo 1.).

ERRO 412

Número de cartões "FALTA" excede à capacidade do programa.

ERRO 413

Falta fornecer o último dado numérico deste cartão.

ERRO 201

Nome do dispositivo não é constituído por um dos conjuntos de 4 letras fixadas como "dispositivos" reconhecíveis pelo programa.

ERRO 202

Falta o número do dispositivo.

ERRO 203

Os dispositivos à montante ou à jusante deste não são aceitos pelo programa na posição em que foram dados (erro de tecnologia), ou então incompletos.

ERRO 204

Somente são aceitos pelo programa duas classes de dispositivos de proteção: 1 e 2. (Este é o 8º dado em um cartão "PROTEÇÃO".)

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

8.4

ERRO 705

Somente são aceitas pelo programa três tarefas:

- 1- AJUSTE
 - 2- IMPOSIÇÃO DE TAPE E DIAL
 - 3- IMPOSIÇÃO DE CORRENTE DE ACIONAMENTO IDEAL
- (Este é o 7º dado em um cartão "PROTEÇÃO".)

ERRO 706

O nome comercial deste dispositivo de proteção não consta do banco de dados do programa.

ERRO 707

É necessário que sejam dados pelo menos três tapes, da esquerda para a direita, em um cartão "PROTEÇÃO" para relé, nas tarefas de Ajuste ou Imposição de Corrente de Acionamento Ideal.

ERRO 708

Em uma imposição de tape deve ser fornecido o T.C. usado.

ERRO 710

É uma imposição, mas falta o valor ajustado do dial do relé de sobrecorrente.

ERRO 712

Falta o número do relé nesta interligação

ERRO 715

Usuário definiu tarefa como imposição de corrente de acionamento ideal mas não forneceu o valor da corrente.

ERRO 716

Esta proteção é um fim de esquema, portanto é necessário fornecer o valor da tensão, além do valor da corrente de acionamento ideal, o qual foi realmente fornecido.

ERRO 1601 BARRA N

Equipamento estranho ligado diretamente à jusante da barra N.

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

11.5

ERRO 1710

Transformador de corrente: ou o T.C. fornecido não consta da lista interna de T.C. do programa (norma ABNT); ou T.C. não foi fornecido e o programa tentou sem sucesso calcular um, não o conseguiu por não dispor em sua lista de um T.C. cujo primário possuísse uma corrente nominal $\frac{1}{2}$ igual ou superior ao valor de falta máxima na linha dividido por 20 (para garantir trabalho na faixa linear do T.C.).

ERRO 2000

Não foi fornecido o grupo de dados "PROTEÇÕES", que é um dos três grupos obrigatórios.

ERRO 2001 RELE 999

Não foi encontrado no grupo "FALTAS" um cartão correspondente a este cartão PROTEÇÃO (por exemplo, seja este cartão o do relé 999).

ERRO 2002 RELE 999 RELE 888

Não foi encontrado no grupo PROTEÇÕES o relé 888, dado como referência de topologia no cartão do relé 999.

ERRO 2003 RELE 999 RELE 888

Há conflito entre as descrições de topologia do relé 999 e do relé 888.

ERRO 2004 RELE 999 MOTO 888

Não foi encontrado no grupo EQUIPAMENTO o moto 888, dado como referência de topologia no cartão do relé 999.

ERRO 2005 RELE 999 MOTO 888

Há um conflito entre as descrições de topologia do relé 999 e do moto 888.

ERRO 2006 RELE 999

Faltou fornecer o range do instantâneo do relé 999.

ERRO 2008 RELE 999

O primeiro dispositivo deste cartão FALTA não consta em nenhum cartão

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

PROTEÇÃO

ERRO 2010

Os dispositivos de proteção deste cartão FALTA não constam entre os dispositivos citados nos cartões PROTEÇÕES.

ERRO 3000

Não foi fornecido o grupo de dados "EQUIPAMENTOS", que é um dos três grupos obrigatórios.

ERRO 4000

Não foi fornecido o grupo de dados "FALTAS", que é um dos três grupos obrigatórios.

ERRO 5027

Não foi possível ao programa encontrar um tape que permitisse a este relé obedecer a curva ASA do transformador em questão. Deve ser caso muito raro de limitação do relé, ou mesmo erro na lógica do programa.

ADVERTÊNCIA 1

a) Se a tarefa é AJUSTE:

Este é o melhor ajuste encontrado pelo programa, de modo a permitir que o relé obedeça a restrições como a curva ASA ou a norma NEMA. Porém, devido a estas restrições ou por limitação dos tapes e graduação de dial do próprio relé não se conseguiu seletividade para ele. Vide Print-Out anterior ("Coordenação") para se informar com qual dispositivo o relé não pode ser coordenado.

b) Se a tarefa é IMPOSIÇÃO:

Relé não está suficientemente seletivo. Vide Print-Out "Coordenação" para se informar com qual dispositivo esta seletividade não pode ser verificada.

CAPÍTULO 9

ESTRUTURA ATUAL

Na fase atual podemos particionar a estrutura do programa em quatro segmentos principais, caracterizados pelo tipo de impressão de resultados que produzem. A figura 9.1 mostra a fase atual.

O primeiro print - out é o derivado do check de dados. Ocorrendo erros nos cartões de dados, estes são aqui apontados e a execução do programa é interrompido.

O segundo print - out importante é o pré-ajuste. São aqui mostrados os ajustes dos dispositivos de proteção somente em relação aos circuitos ou equipamentos que protegem, sem haver seletividade.

O terceiro print - out é a coordenação daqueles dispositivos, tomados para o par. É portanto um resultado intermediário.

O quarto print - out é o valor de ajuste (tape e dial, para relés de sobrecorrente) acompanhado de tabela estudada no item 4.11 do capítulo 4. Mostramos a seguir o fluxograma de COPROS na fase atual.

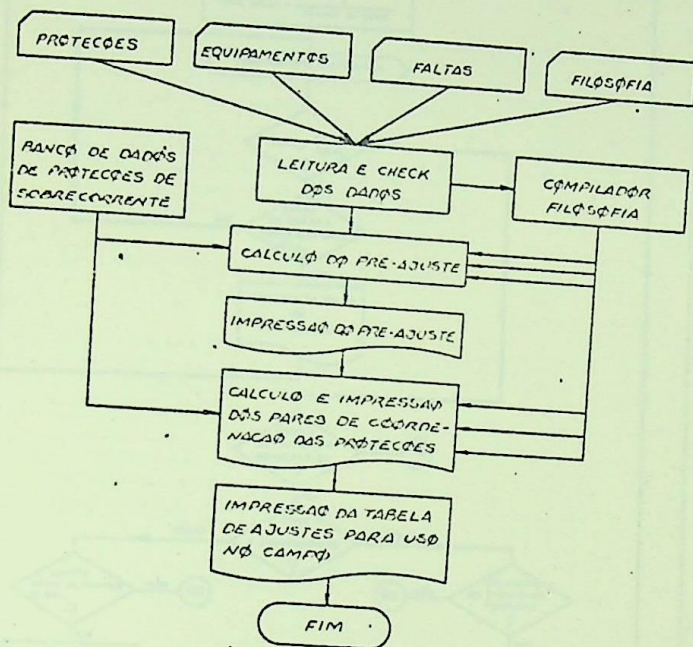
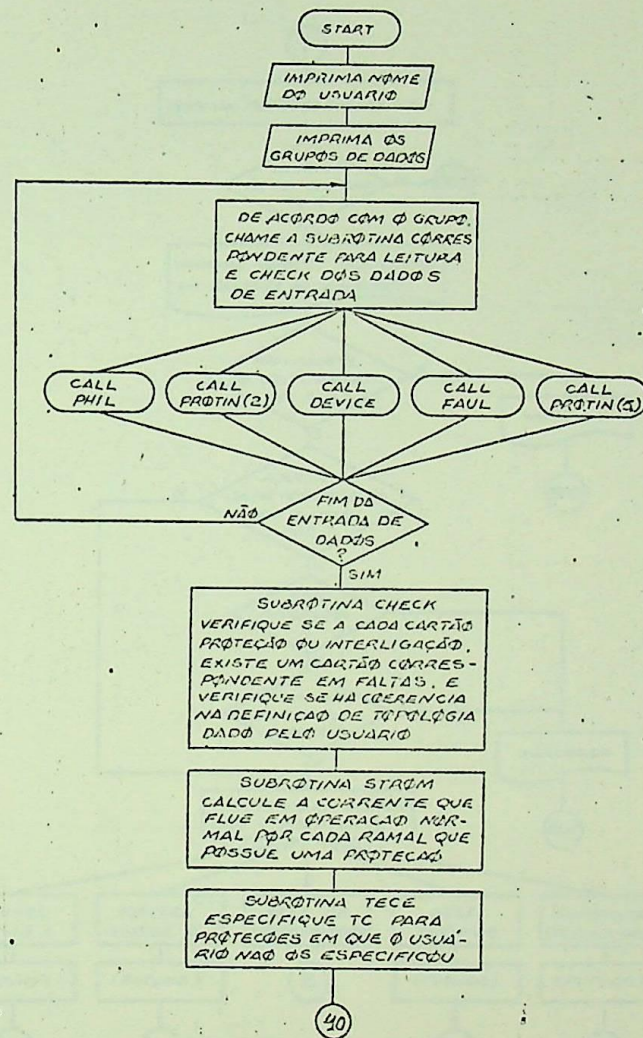


Fig. 9.1

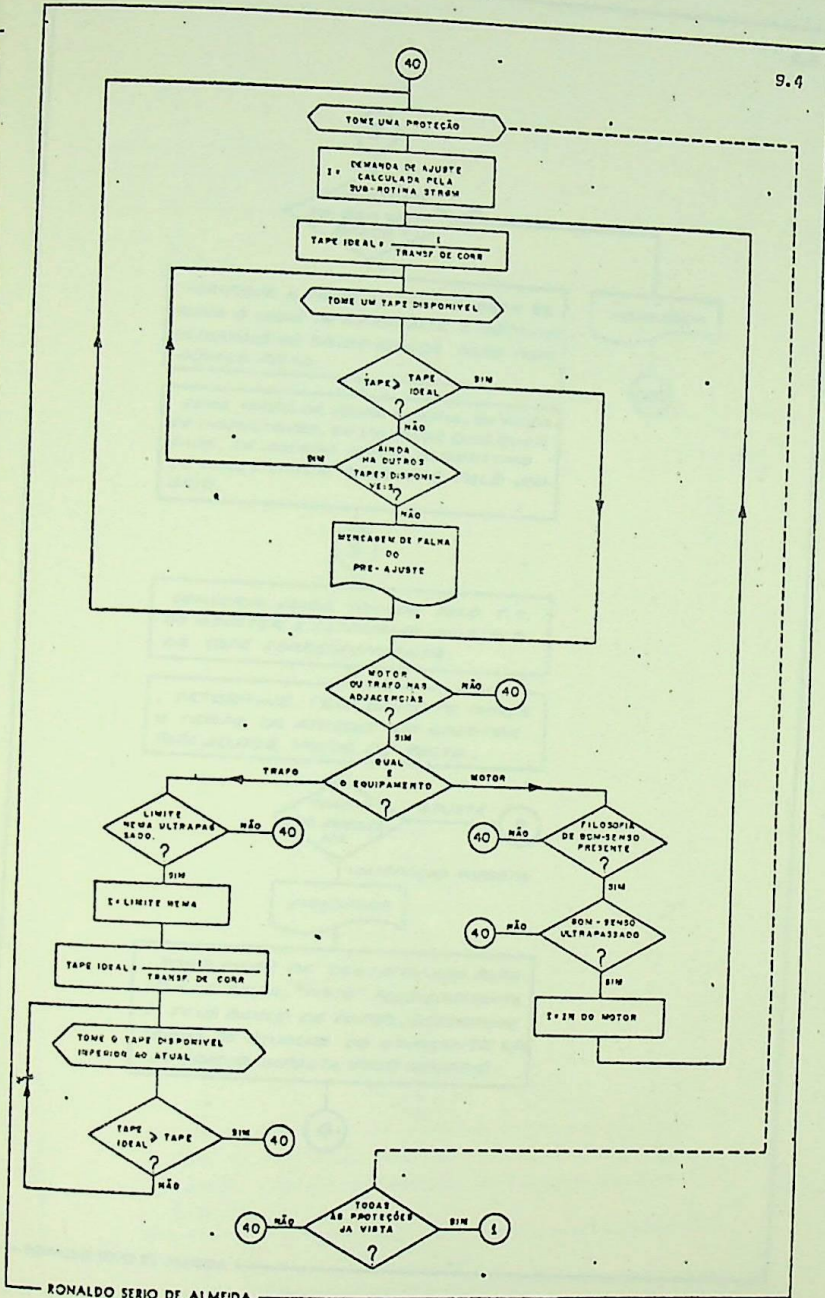
Fase Atual da Estrutura do

Programa COPROS

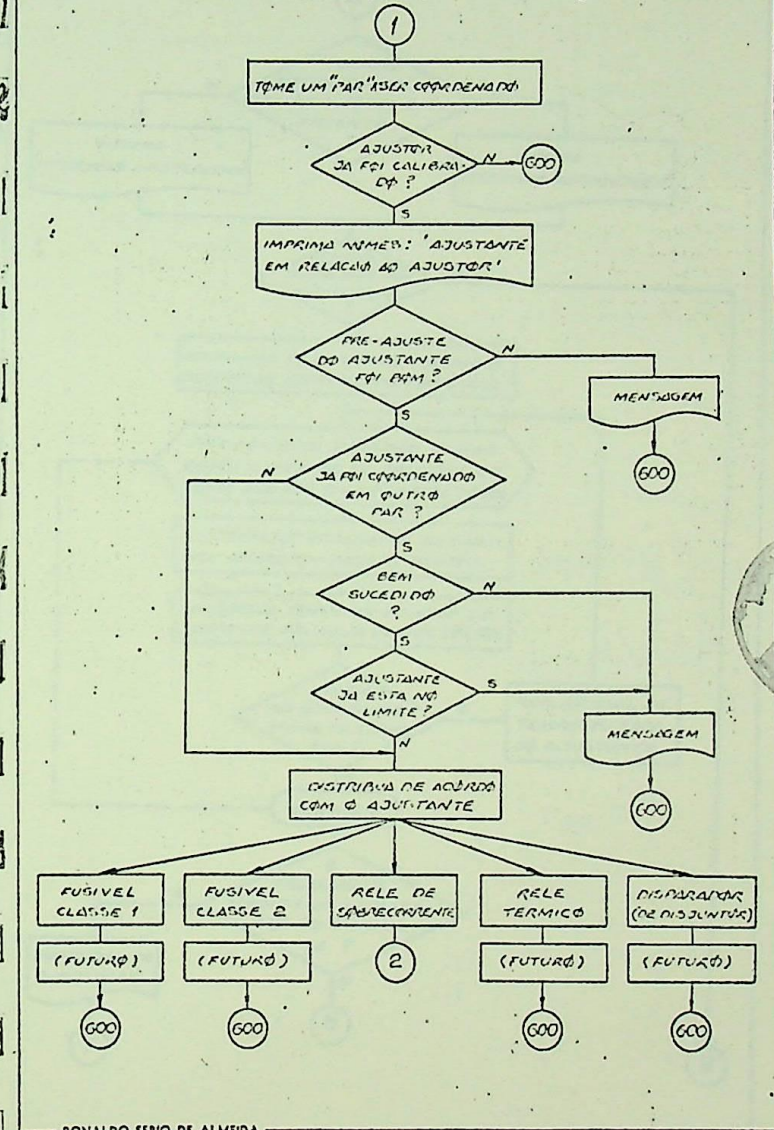
RONALDO SERIO DE ALMEIDA

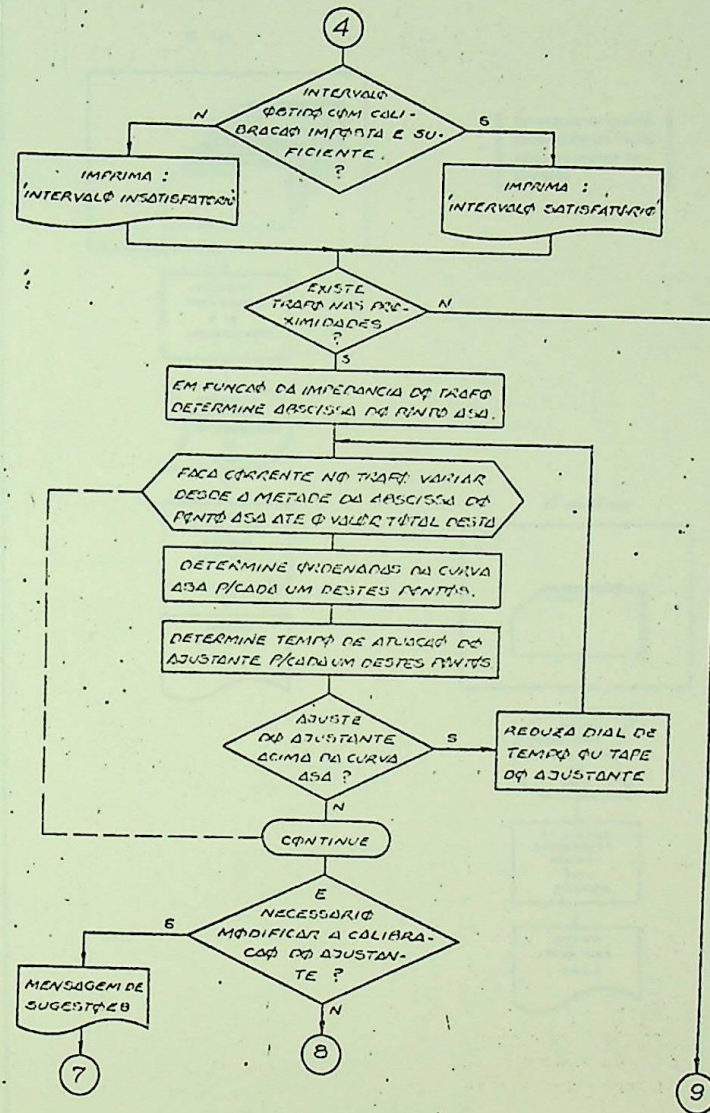
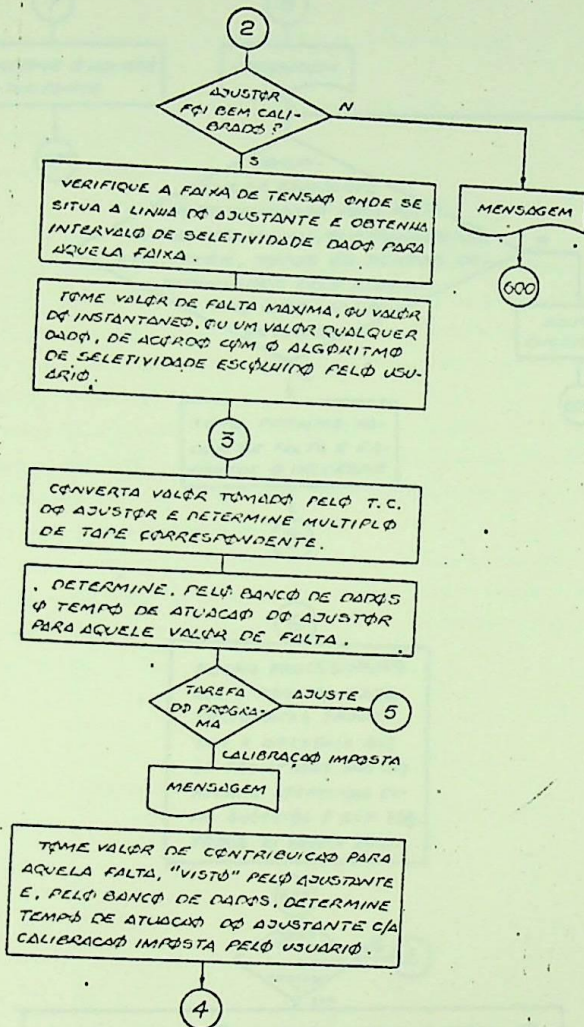


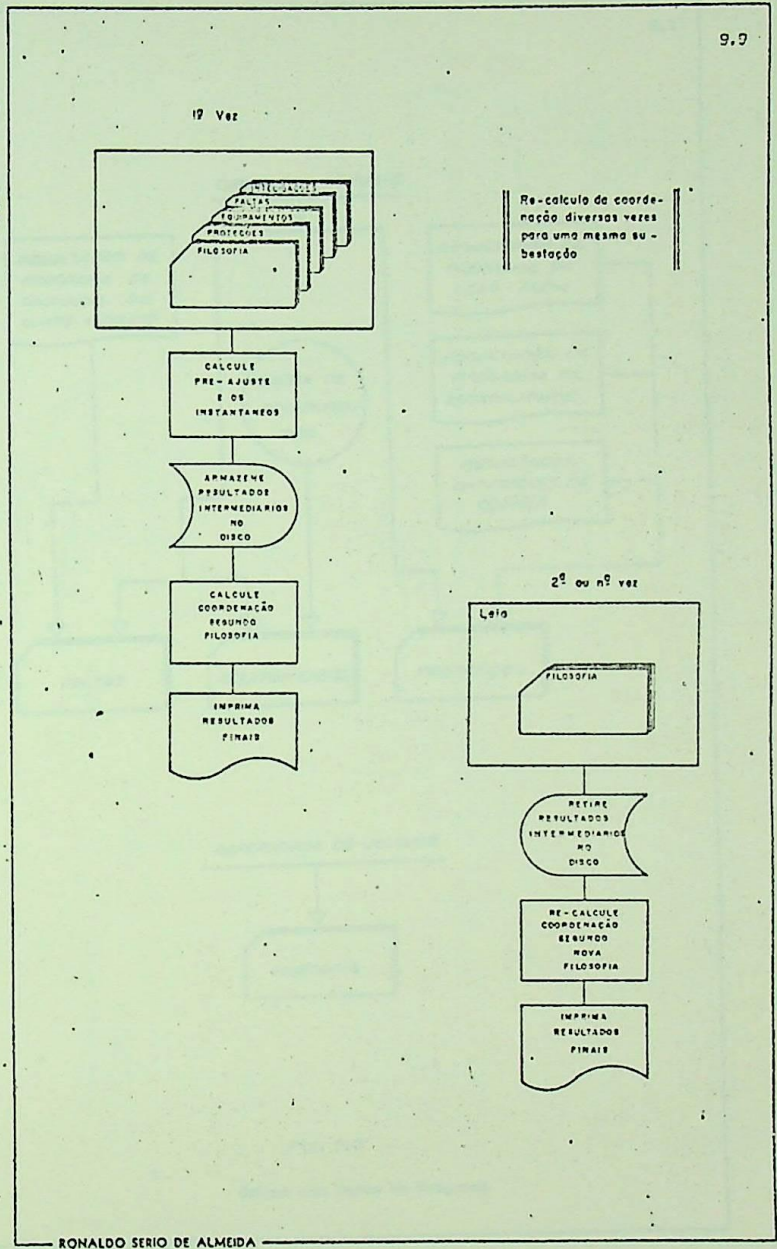
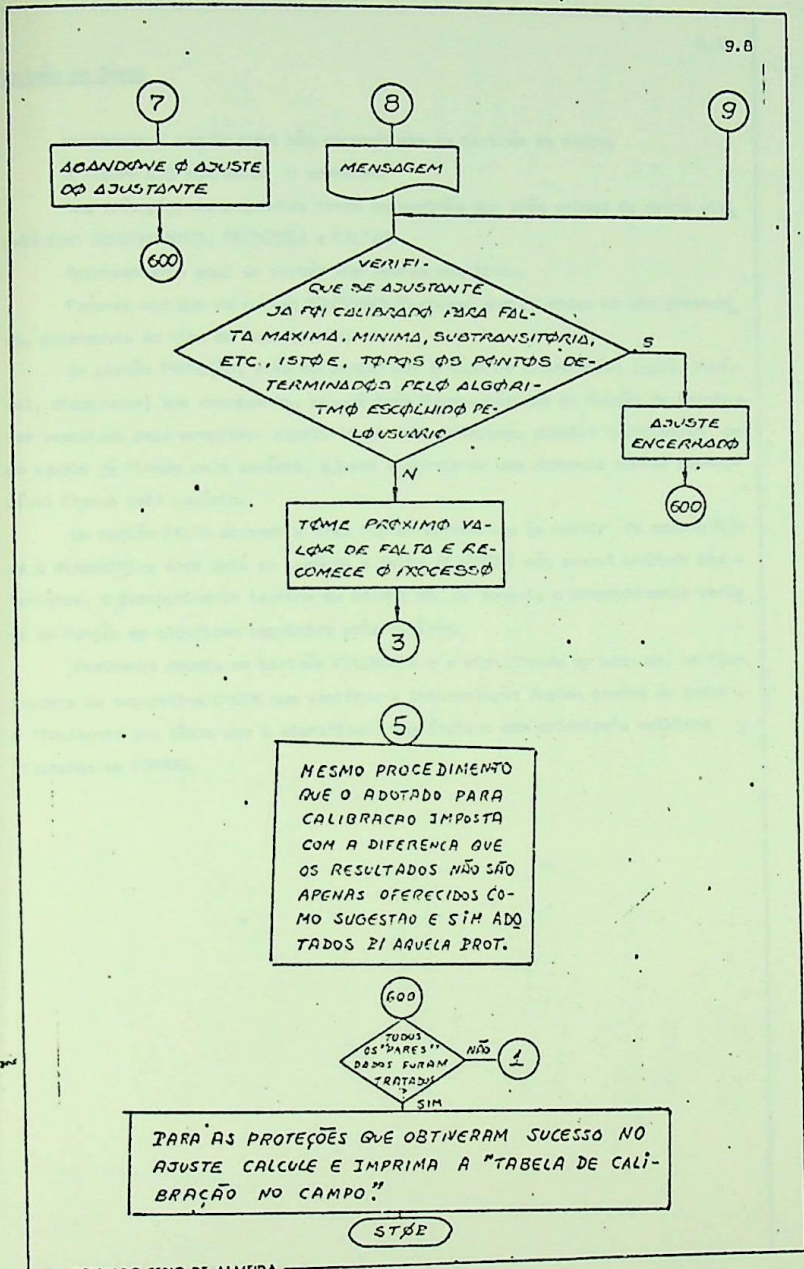
RONALDO SERIO DE ALMEIDA



ROTINA DE COORDENAÇÃO







Mostramos a seguir como são preenchidos os cartões de dados.

A figura 9.2 simboliza o processo.

Nas três páginas seguintes temos os cartões dos três grupos de dados obrigatórios: EQUIPAMENTOS, PROTEÇÕES e FALTAS.

Representamos aqui um cartão por apenas uma linha.

Pode-se ver que um cartão EQUIPAMENTO possui quatro modos de ser preenchido, dependendo do tipo do equipamento.

Um cartão PROTEÇÃO, além de variar com o tipo do dispositivo (relé, fusível, disjuntor) que representa, possui três formas básicas em função da tarefa a ser executada pelo programa: ajuste livre pelo programa, simples verificação de um ajuste já fixado pelo usuário, ajuste a partir de uma corrente mínima permitível fixada pelo usuário.

Um cartão FALTA apresenta três formas diferentes (a partir da coluna 55): se o dispositivo onde está se supõe a falta (AJUSTOR) não possui unidade instantânea, o preenchimento termina na coluna 55. Se possui, o preenchimento varia em função do algoritmo escolhido pelo usuário.

Mostramos depois os cartões FILOSOFIA e o significado de cada um, um fluxograma da sub-rotina CHECK que verifica a interrelação destes grupos de dados, e finalmente uma lista com o significado dos índices das principais matrizes utilizadas em COPROS.

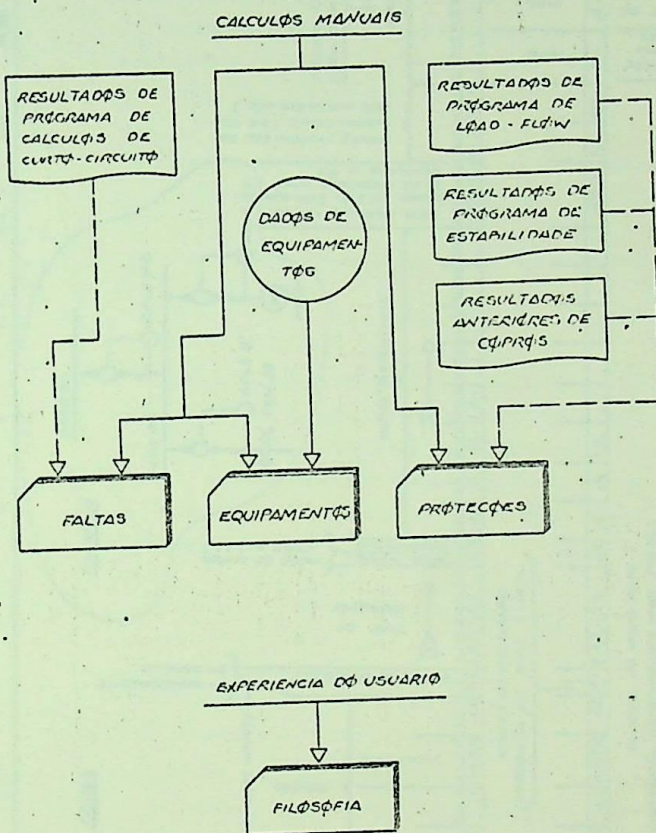
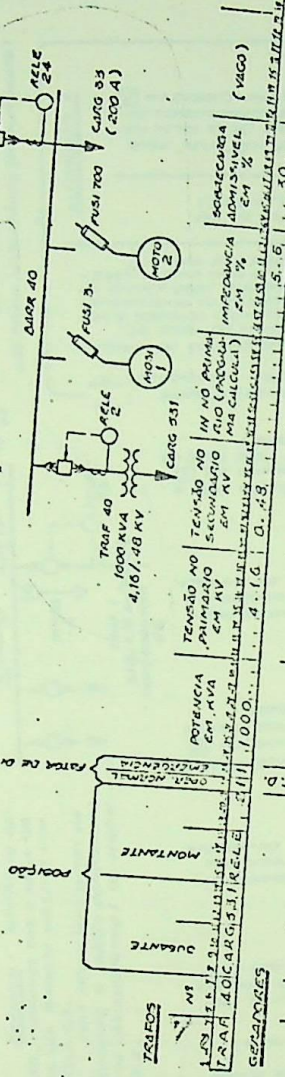


Fig. 9.2

Origem dos Dados do Programa

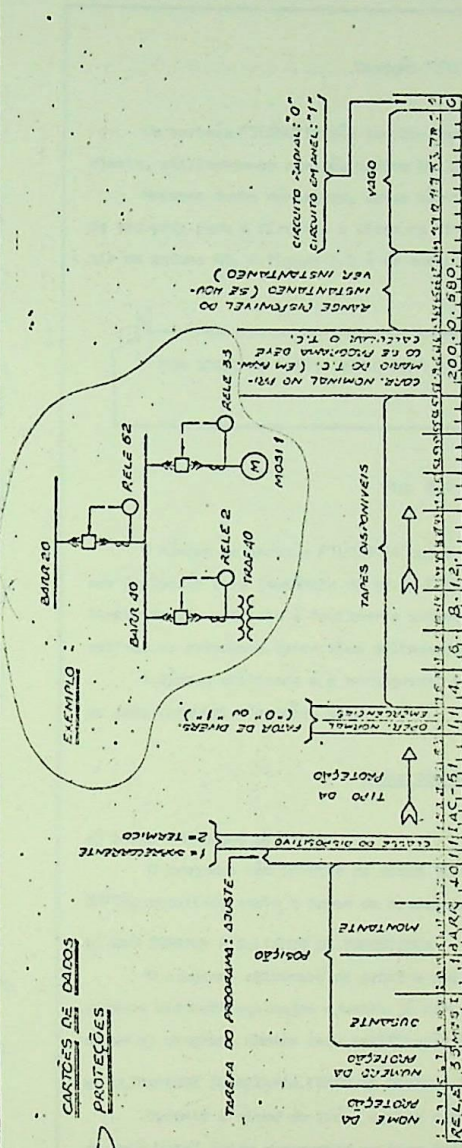
CARTÕES DE DADOS
EQUIPAMENTOS

ESQUEMA PARA EXEMPLO
EXEMPLO DE CARTÃO DE EQUIPAMENTOS



GERA 73	RELE 24	FUSI 700	MOTO 2	MOTO 1	CARG 331
1	2	3	4	5	6
1000	1000	1000	1000	1000	1000
415	415	415	415	415	415
138	138	138	138	138	138
0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
1000	1000	1000	1000	1000	1000
4.16	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16
0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
3.30	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30
140	140	140	140	140	140
20	20	20	20	20	20
200	200	200	200	200	200
30	30	30	30	30	30
(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)
(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)
(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)

CARTÕES DE DADOS
PROTEÇÕES



RELE 20	FUSI 200	MOTO 2	MOTO 1	CARG 331
1	2	3	4	5
1000	1000	1000	1000	1000
415	415	415	415	415
138	138	138	138	138
0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
1000	1000	1000	1000	1000
4.16	4.16	4.16	4.16	4.16
0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
3.30	3.30	3.30	3.30	3.30
140	140	140	140	140
20	20	20	20	20
200	200	200	200	200
30	30	30	30	30
(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)
(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)
(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)	(VAGO)

máxima sobrecarga permissível do traço, sendo porém inferior ao limite estabelecido pela norma NEMA (este é um limite absoluto e inalterável para COPROS). Se a corrente máxima ideal permissível na linha será tomada como sendo o valor da sobrecarga admissível ou o valor da demanda de ajuste é decidido pelo usuário, por meio deste cartão FUSOETA.

d) INTERVALOS DE SELETIVIDADE 2.4 0.3 4.6 0.35 13.8 0.4

O usuário pode dividir a subestação industrial em uma, duas ou três faixas de tensão. Para cada faixa ele estabelece qual o intervalo mínimo de seletividade que deve haver entre relés de sobrecorrente.

No cartão isto significa que devem ser fornecidos dois, quatro ou seis dados numéricos. De cada par de dados o primeiro representa o limite superior da tensão (inclusive), em kilovolts, e o segundo representa o intervalo mínimo desejado, em segundos.

Assim, no exemplo do cartão acima o intervalo para os relés colocados em linhas ou equipamentos cuja tensão está na faixa entre 0 e 2,4 [KV] deve ser no mínimo 0,3 [s]. Para os relés na faixa entre 2,4001 e 4,6 [KV] deve ser no mínimo 0,35 [s]. Para os relés na faixa entre 4,6001 e 13,8 [KV] deve ser no mínimo 0,4 [s].

e) RESPEITE TODOS OS PONTOS DA CURVA ASA (ANSI)

Se o método que delineamos no capítulo 6, discutindo a diferença de limite inferior entre a norma NEMA e a curva ASA, não agrada ao usuário, ele pode, através deste cartão, exigir que o início de verificação da curva ASA se dê para um valor de corrente igual a 2,5 vezes a corrente nominal do traço, ou seja o verdadeiro início da curva ASA.

f) - ALGORITMO '2' DE COORDENAÇÃO

A coordenação entre relés de sobrecorrente será feita pelo algoritmo 2, descrito 5. Espera-se que fornecendo este cartão o usuário preencha também os cartões FALTA de modo conforme, evidentemente.

g) GERAÇÃO PRÓPRIA . PROTEÇÃO RETROSELETIVA

Encontrado um relé de sobrecorrente que possua logo à montante um gerador, o programa fará o seu pré-ajuste em função da corrente nominal e da sobrecorrente admissível do gerador, e não em função da demanda de ajuste na linha. Durante a fase de coordenação, este relé não será tomado seletivo com as proteções da parte da subestação à jusante do mesmo.

h) INTERVALO NULO P/ RELES SOBRECORRENTE EM SERIE

Encontrando dois relés que estejam para ser coordenados, se estes relés estiverem em uma mesma linha (ainda que separados por um transformador) o programa coloca a curva do relé de baixo, portanto com um intervalo mínimo de zero segundos.

i) COORDENE FUSIVEL R. TERMICO POR PART. MOTOR

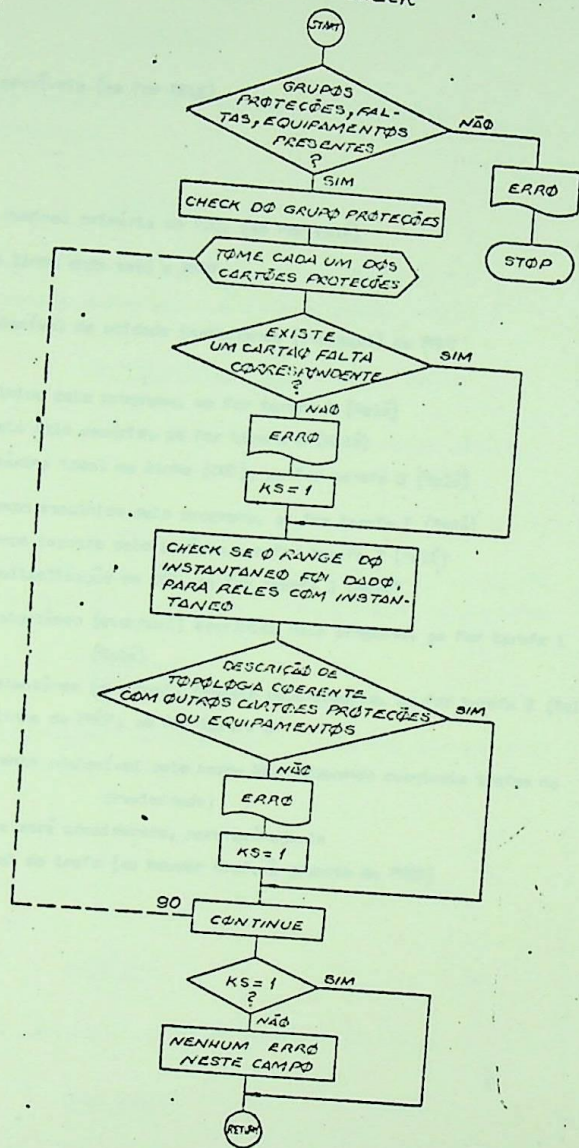
Este cartão define para o programa qual dos dois algoritmos mencionados no capítulo 3, deve ser aplicado, encontrando um circuito constituído por um motor protegido por um relé térmico de um fusível.

j) TEMPO MTN. ENTRE PART. MOTOR E AÇÃO RELE. 0.1

Para um relé de sobrecorrente que esteja protegendo um motor; este cartão define, para um valor da corrente igual ao da corrente de partida do motor o intervalo mínimo que deve haver entre o tempo de partida do motor (considerando-se grosseiramente que a corrente de partida se mantém constante durante aquele tempo) e o tempo de início da ação do relé. Esta informação serve para ajuste do dial de tempo do relé.

SUBROTINA CHECK

9.18



RONALDO SERIO DE ALMEIDA

MATRIZ LO

- 1 Nome do dispositivo de proteção (Nome da PROT)
- 2 Número do dispositivo de proteção
- 3 Nome do dispositivo de proteção ou do equipamento "à jusante" da PROT
- 4 Número do dispositivo de proteção ou equipamento "à jusante" da PROT
- 5 Nome do dispositivo de proteção ou do equipamento "à montante" da PROT
- 6 Número do dispositivo de proteção ou do equipamento "à montante" da PROT
- 7 Tarefa do programa (1=ajuste, 2=imposição de taps e dial, ou 3=de corrente de pré-ajuste)
- 8 Classe da PROT (se for FELE 1 para sobrecorrente, 2 para térmico)
- 9 Tipo da PROT (Ex. CO-11)
- 10 Tipo da PROT (Ex. CO-11)
- 11 Índice se PROT já foi tratada ou não pelo programa
- 12 Índice do cartão FALTA correspondente
- 13 Participação ou não no fator de diversidade em operação normal
- 14 Participação ou não no fator de diversidade em emergências
- 15 Índice do trafo (eventual) próximo para cálculo da corrente de magnetização
- 16 Posição do trafo (eventual) para observação de normas NEMA e ASA
- 17 Índice do taps atual da PROT (se for FELE)
- 18 Vago
- 19 Vago
- 20 Indica se PROT é fim de esquema ou não
- 21 Indica se PROT está em um bus-tie-breaker, ou no circuito acima deste

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

MATRIZ LOPE

- 1 }
 - tempos disponíveis (se for RELE)
 -
 -
- 8 }
- 9 Corrente nominal primária do T.C. (se for relé)
- 10 Tensão da linha onde está a PROT
- 11 }
 - Range disponível da unidade instantânea (eventual) da PROT
- 12 }
- 13 }
 - Tapa escolhido pelo programa, se for tarefa 1 (Relé)
 - Tapa imposto pelo usuário, se for tarefa 2 (Relé)
 - Corrente máxima ideal na linha (CMT), se for tarefa 3 (Relé)
- 14 }
 - Dial de tempo escolhido pelo programa, se for tarefa 1 (Relé)
 - Dial de tempo imposto pelo usuário, se for tarefa 2 (Relé)
 - Fator de multiplicação de CMT, se for tarefa 3 (Relé)
- 15 }
 - Tapa do instantâneo (eventual) escolhido pelo programa, se for tarefa 1 (Relé)
 - Tapa do instantâneo (eventual) imposto pelo usuário, se for tarefa 2 (Relé)
 - Tensão na linha da PROT, se for tarefa 3
- 16 Máxima corrente admissível pela norma NEMA (havendo eventuais traços na proximidade)
- 17 Corrente que será considerada, para pré-ajuste
- 18 Demanda atual do trafo (se houver trafo à jusante da PROT)
- 19 Vago
- 20 Vago
- 21 Vago

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

MATRIZ EQ

- 1 Nome do equipamento (Nome da EQUIP)
- 2 Número do equipamento
- 3 Nome do dispositivo de proteção ou equipamento "à jusante" do EQUIP
- 4 Número do dispositivo de proteção ou equipamento "à jusante" do EQUIP
- 5 Nome do dispositivo de proteção ou equipamento "à montante" do EQUIP
- 6 Número do dispositivo de proteção ou equipamento "à montante" do EQUIP
- 7 Indica se EQUIP apresentou dados incompletos
- 8 Participação ou não cálculo do fator de diversidade em operação normal
- 9 Participação ou no cálculo do fator de diversidade em emergência

MATRIZ EGRE

Idêntica aos dados numéricos de equipamentos, mostrados na lista de cartões de dados.

MATRIZ FA

- 1 Nome da PROT onde está sendo considerada a falta
- 2 Número da PROT onde está sendo considerada a falta
- 3 Nome da próxima PROT que deve ser seletiva com a PROT em questão
- 4 Número da próxima PROT que deve ser seletiva com a PROT em questão
- 5 Indica se a PROT tem ou não unidade instantânea atuante
- 6 Índice na matriz LO da PROT em questão
- 7 Índice na matriz LO da PROT a ser tomada seletiva
- 8 Assinale se este cartão já foi tratado ou não pelo programa

MATRIZ FARE

Idêntica aos dados numéricos de faltas, mostrados na lista de cartões de dados

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

MATRIZ INTER

- 1 Limite de tensão (inclusive) para um intervalo de seletividade
- 2 Intervalo de seletividade.

MATRIZ TRS

- 1 Nome comercial (tipo) de um relé de sobrecorrente, do qual o grupo possui a equação correspondente à sua curva característica.

MATRIZES TRT, TF, E TD (Banco de Dados)

Semelhantes à matriz TRS, com a diferença de se referirem a relés térmicos, fusíveis e disparadores, respectivamente.

MATRIZ DTAL

- 1 Menor dial de tempo existente, para um relé de mesmo índice, na matriz TRS
- 2 Maior dial de tempo existente, para um relé de mesmo índice, na matriz TRS.

VETOR FJLO

- 1 } Indicadores dos números dos comandos FILOSOFJA respectivos, acionados pelo usuário e numerizados pelo compilador da sub-rotina FJLJ

30 }

VETOR KP

Indica se houve erros detectados nos grupos de dados e em qual grupo.

VETOR NGRU

Names (formados de 4 letras) dos grupos de dados.

VETOR DTSP

Names dos dispositivos aceitos, pelo programa:

- 1 BARR (barra)
- 2 ENTR (entrada)
- 3 GERA (gerador)
- 4 TRAF (transformador)
- 5 MOTO (motor assíncrono)
- 6 MOST (motor síncrono)
- 7 CARG (carga qualquer)
- 8 FELE (relé de sobrecorrente ou térmico)
- 9 FUST (fusível)
- 10 DTSP (disparador de disjuntor)
- 11 (em branco)

CAPÍTULO 10

EXEMPLO

Analisaremos aqui um exemplo de cálculo de seletividade pelo programa, adotando um circuito relativamente simples.

Dividiremos este estudo em três partes:

a) Anexo a este capítulo acha-se um estudo de seletividade, gentilmente cedido pela firma de engenharia TRTEL, realizado visando-se não sua aplicação a uma subestação real, porém, tão somente para demonstrar os princípios mais elementares de coordenação de proteção. Como este programa ainda não se encontra em nível de aplicação real, adotaremos aquele estudo como base de comparação.

O estudo foi feito por meio do processo gráfico de coordenação, enquanto que os resultados desta programação podem ser vistos nos print-outs obtidos do computador, anexos a esta publicação.

Na primeira parte deste capítulo mostramos pois uma análise comparativa dos resultados obtidos pelos dois processos. Procuramos manter a mesma numeração nos relés, de modo a facilitar a comparação. Para os outros elementos do circuito houve necessidade de se adotar também números, para que pudessem ser fornecidos ao programa.

A figura 10.1 mostra o circuito que fornecemos ao programa, que corresponde simplesmente ao circuito da figura 58 do estudo anexo da TRTEL.

Para facilitar a leitura adotaremos itens desta descrição os mesmos números que são usados no estudo anexo. Por exemplo, o item 9.1 do estudo cor-

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

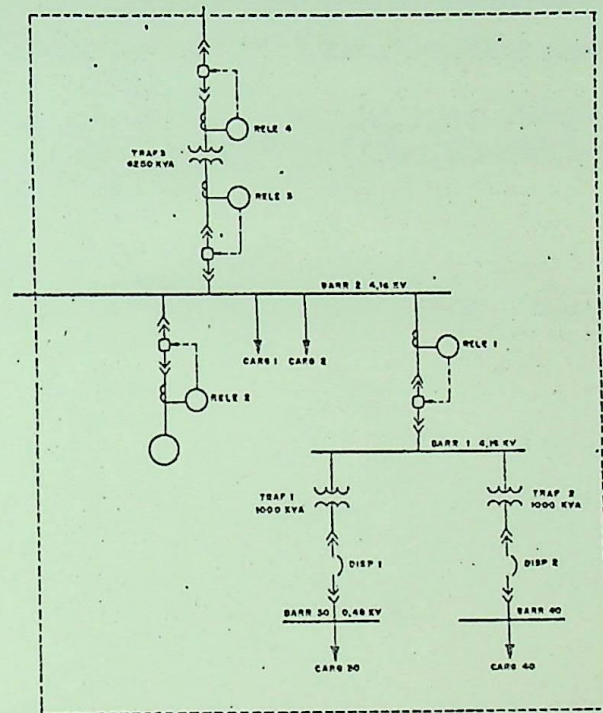


Fig. 10.1

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

dependente ao item 9.1 da análise feita neste capítulo.

b) Para demonstrar divergências que podem ocorrer através da alteração de dados numéricos ou do método aplicado criamos o circuito visto na figura 10.2, que é em termos de topologia idêntico ao da figura 10.1, porém difere desta quantitativamente.

c) Considerando-se os circuitos das figuras 10.1 e 10.2, e adicionando-se ainda alguns relés e barras, temos o circuito da figura 10.3, que foi o circuito realmente fornecido ao computador. Por esta razão os resultados encontram-se no mesmo print-out.

É possível assim, ao leitor, obter os resultados para a parte do circuito que é semelhante ao circuito da figura 59 e, também, ter uma idéia do comportamento do programa para uma configuração em anal.

NOTA: Como este programa manipula somente relés de fase, nenhuma referência é feita aos relés de terra contidos no estudo anexo da firma TRJEL. Por este motivo, não se representou relés de terra nas figuras deste capítulo.

PARTE 1 - Análise comparativa com Processo Gráfico do Estudo Anexo

9.1 - Disjuntores dos circuitos alimentadores que partem das subestações unitárias

Como na fase atual o programa ainda não seleciona disjuntores de disjuntores (embora aceite a presença destes no circuito), indicaremos simplesmente duas cargas equivalentes aos circuitos alimentadores, que tomaremos com o valor de 1600 A , com os nomes que as barras fornecidas ao programa tenham uma denominação, chamaremos as barras de 480 V de BARR 30 e BARR 40, respectivamente.

9.2 - Disjuntores no Secundário do Transformador da Subestação Unitária

É necessário que o disparador deste disjuntor seja fornecido ao programa para que este saiba que o transformador da subestação unitária possui proteção no secundário, e possa assim verificar de acordo com tal fato se a norma NEMA de proteção do transformador foi cumprida.

Como na fase atual o programa ainda não seleciona disparadores, este

será fornecido já ajustado (de acordo com o estudo anexo da TRJEL), ou seja, calibrado (longa duração) em 100% da corrente nominal (1600 A).

O elemento instantâneo é calibrado em 9%, ou seja, $9 \times 1600 = 14400 \text{ A}$. Estes disparadores recebem o nome de DTSP 1 e DTSP 2, como mostra a figura 10.1.

9.3 - Relés de Sobrecorrente de Fase do Alimentador das Subestações Unitárias

Conforme mostra a figura 10.1 este relé (PELE 1) tem a função de proteger o primário dos transformadores 1 e 2.

O programa calcula inicialmente a soma das cargas conectadas à barra 1, já levando em consideração a sobrecarga admissível o fator de diversidade (que neste caso foi dado como 1).

Temos portanto:

Corrente nominal do trafo: 128.95 A

Corrente máxima admissível de sobrecarga: $IN + 50\% = 208.43 \text{ A}$

Como o trafo 2 é idêntico ao trafo 1, obtém-se uma corrente máxima admissível de sobrecarga na barra 1, igual a:

$208.43 + 208.43 = 416.85 \text{ A}$

(O que corresponde aos 417 A dos estudos da TRJEL).

O programa determina um tempo (teórico) de $5,211 \text{ s}$, que permite a passagem desta corrente. A partir daqui o programa deveria ajustar o dial de tempo (ou mesmo reajustar o tempo se necessário), até conseguir seletividade com os disparadores 1 e 2. Entretanto, na fase atual, isto não é ainda possível devido aos disparadores. Consequentemente o relé 1 já deve ser fornecido ajustado e do estudo anexo conclui-se que este ajuste é:

tempo: 8 s

dial do tempo: divisão 8

O programa calcula então que este tempo corresponde a uma corrente de acionamento na linha igual a 640 A , o que equivale a 461% da corrente nominal do trafo 1. Uma vez que o trafo 1 possui proteção de secundário, e sua impedância é de 5,5%, pela norma NEMA o relé 1 não deve ter uma corrente de acionamento superior a 600% da corrente a plena carga do trafo 1.

Como 461% é menor que 600%, a norma NEMA foi respeitada e o programa não emite nenhuma mensagem de advertência.

Com base no estudo anexo, foi imposta uma corrente de acionamento para a unidade instantânea igual a 400 A corrente na linha, nível de tensão da

4,16 KV), correspondente a um tape de 50 | A |.

10.4

O programa verifica se esta corrente é superior à corrente de magnetização do maior transformador sob proteção do relé 1 (no estudo da TRIEL são considerados os dois transformadores partindo simultaneamente). Como os transformadores são iguais, o programa toma o trafo 1. Obedecendo o fator de multiplicação 8, fornecido através de um cartão FILOSOFIA, o programa obtém a corrente de magnetização como sendo:

$$8 \times I_N \text{ trafa 1} = 8 \times 139,95 = 1111,61 | A |$$

que é um valor inferior a 4000 | A |

9.4 - Relé de Sobrecorrente do Circuito Alimentador do Motor de 1000 HP

A escolha do tape adequado, pelo programa, faz-se de acordo com o procedimento contido no print-out anexo "PRE-AJUSTE" (relé 2), que é elucidativo por si só. Este procedimento coincide também com os resultados do estudo anexo da TRIEL no que se refere ao tape de 6 | A |. A verificação da corrente de partida e o ajuste do dial são feitos na etapa seguinte, mostrada no print-out "COORDENAÇÃO", confirmando-se o tape 6 | A | e escolhendo-se o dial 2.5.

O programa contém porém um adendo aos cálculos normais:

Durante o pré-ajuste, após ter calculado a corrente de acionamento do relé 2, na linha (240A), o programa obtém a percentagem que esta equivale em relação à corrente nominal do motor 1. No caso, o valor obtido é 171%. Em seguida o programa verifica se este valor não ultrapassa o "bom-senso", que foi dado com 180%.

Se houvesse ultrapassagem o pré-ajuste seria reiniciado, baseando-se não mais em 210 | A | (máxima sobrecarga admissível), e sim em 140 | A | (I_N do motor).

9.5 - Relés de Sobrecorrente de Fase, no Secundário do Transformador de 5000/6250 KVA

Este é o relé 3 na figura 10.1. O programa calcula inicialmente a corrente nominal 3 (à montante do relé 3):

$$I = \frac{6250}{1,73 \times 4,16} = 868,44 | A |$$

Para realizar o pré-ajuste de um relé colocado na posição do relé 3

10.5

(entre uma barra e um transformador), o programa discorre de diversos algoritmos. Um deles seria tomar a soma das cargas admissíveis na barra 2, que como se pode constatar no print-out "LISTA DE CARGAS NAS BARRAS" foi de 846,95 | A |.

Note-se que para exemplificar este algoritmo supusemos duas cargas ligadas à barra 2, cada uma de 100 | A | e 10% de sobrecarga admissível.

Um outro algoritmo seria tomar um múltiplo da corrente nominal do transformador 3. Para haver coerência com o estudo anexo, escolhemos este último algoritmo.

Como no estudo anexo foi considerado uma corrente nominal de aproximadamente 880 | A |, impomos a este relé uma corrente de 1,5 x 880 = 1320 | A |.

O tape escolhido será o do | A | conforme se pode ver na listagem anexa, resultando em uma corrente de acionamento de 1440 | A | na linha.

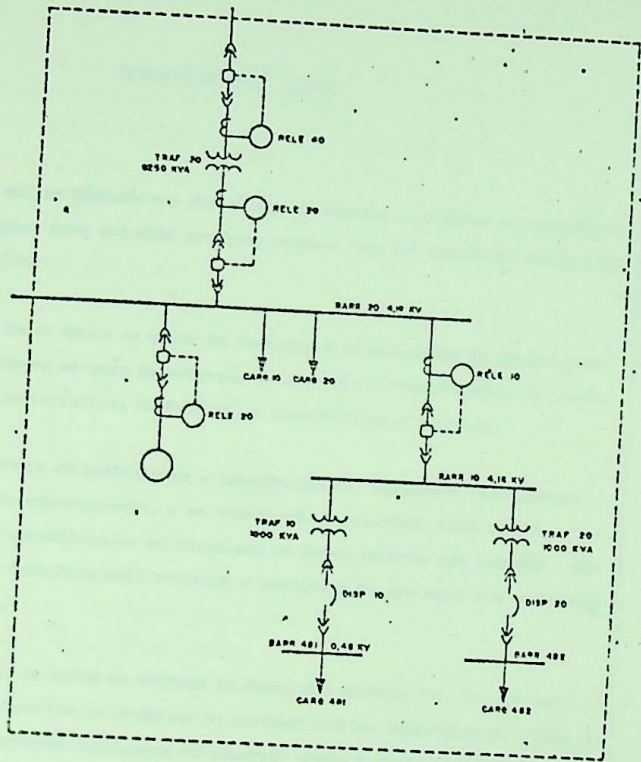


Fig. 10.2

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

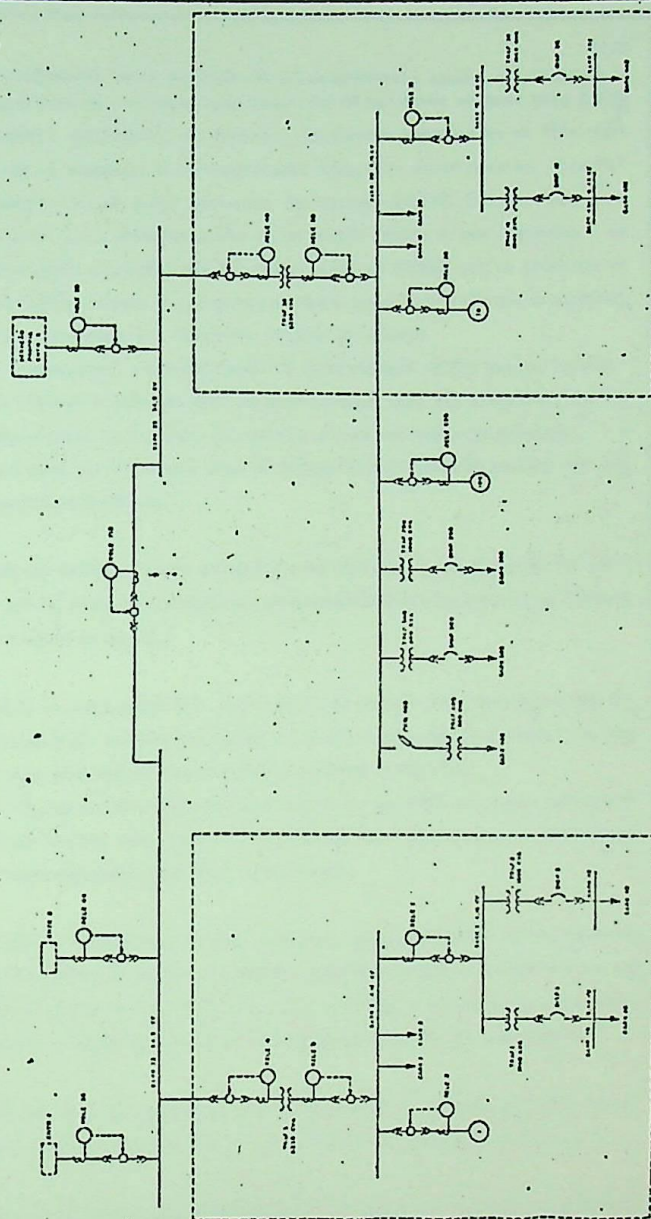


Fig 7.5

(Fig. 10.3)

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

CAPITULO 11

DESENVOLVIMENTO FUTURO

Entre os muitos tópicos que deverá ser estudados, e rotinas que deverão ser desenvolvidas, para que este programa passe a ter uma aplicação prática nos aloderíamos citar:

- 1- A criação de um banco de dados de fusíveis e disjuntores para o programa através da obtenção de equações correspondentes às curvas e áreas características de fusíveis e disjuntores no mercado.
- 2- Desenvolvimento de rotinas para a coordenação de fusíveis e disjuntores com relés de sobrecorrente, e um subestação industrial. Este tópico, e o anterior, constituem-se em pesquisas de longa duração que poderão vir a tornar-se trabalhos mais extensos e complexos do que este que estamos apresentando.
- 3- Automatização de parte da entrada de dados dos cartões FALTAS, por meio de uma interface com um programa de curto-circuito. Referimo-nos à "partida" porque conforme explicamos no decorrer deste trabalho a experiência humana supera a sistematização do computador e assim sendo, dados como o valor da corrente de falta que deve ser tomado para o ajuste da unidade instantânea de um relé de sobrecorrente são ditados mais pela experiência do que pela exatidão matemática.

Por outro lado, se os valores de faltas mínimas e máximas transitórias para determinados dispositivos, fornecidos ao programa por um usuário,

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

11.2

Novas diretrizes de um programa de curto-circuito, mereça consideração o desenvolvimento de uma rotina que possa consolidar estes valores para o programa COPROS, utilizando, por exemplo, resultados armazenados em fita magnética por um programa de curto-circuito executado anteriormente. Ficaria assim preenchida uma parte dos dados dos cartões FALTAS. É necessário porém advertir que a primeira parte de um cartão FALTA, a que determina os pares que serão ajustados não foi substituída em COPROS por um processo de sistematização, porque é justamente através desta definição que o engenheiro impõe ao programa sua filosofia pessoal de ajuste.

Não é impossível a automatização da determinação destes pares, e como exemplo citamos o programa DCP² da Westinghouse Co., que a realiza. Apenas queremos alertar para o fato de que ela deverá ser bastante complexa e flexível para ser utilizada para circuitos de configuração emanel sem causar resultados errôneos.

- 4- Inclusão de outras classes de relés, como térmicos e de distância em COPROS, com os problemas correlatos de desenvolvimento de rotinas de coordenação e banco de dados.
- 5- Ampliação do compilador PHIL para que possa aceitar mais mensagens (em língua portuguesa), aumentando o grau de particularização de aplicação do programa para subestações com problemas próprios especiais.
Uma ampliação do compilador para que possa aceitar as mesmas mensagens em outras línguas como francês e inglês não constitui trabalho mencionável e pode ser realizada rapidamente se desejar.
- 6- Ampliação do teste da curva ASA, para que possa considerar faltas fase-terra no secundário de um transformador transferidas para o primário como 80% das faltas fase-fase análogas, desenvolvendo-se as rotinas de verificação de ajuste de proteções no primário do mesmo trafo.
- 7- Criação de um programa para ajuste de proteções de sobrecorrente de terra. Sobre a extensão deste trabalho vale o mesmo que dissemos no item 1.
- 8- Aumento da velocidade de processamento do programa reduzindo-se a obtenção e impressão de resultados a um mínimo.

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

Esta racionalização é bastante difícil, porque o programa visa sua utilização por diversos usuários, o que naturalmente leva a divergências sobre esta definição.

9- Desenvolvimento de outros algoritmos de coordenação de relés de sobrecorrente de fase, além dos dois citados no capítulo 5, de modo a atender exigências especiais.

10- Desenvolvimento de um algoritmo de otimização da escolha da graduação do dial de tempo de relés de sobrecorrente.

Para compreender a necessidade deste algoritmo, analisemos o seguinte caso: um relé de sobrecorrente está sendo tomado seletivo em relação a outro dispositivo de proteção, pelo programa. O programa vai incrementando o dial de tempo até a última graduação disponível e só então, se necessário, toma um tape superior. Ora, com isto o relé pode tornar-se relativamente "alto" demais em termos de tempo, prejudicando também o ajuste de outros relés à montante deste. Seria talvez interessante que, antes de chegar à última graduação de dial o programa já tomasse um tape superior, seguindo assim manter o dial em graduação inferior. Cremos portanto que também este tópico mereceria um estudo.

Existem ainda outras direções nas quais o desenvolvimento da estrutura deste programa deve orientar-se.

A princípio preferimos enumerar apenas estas dez que nos parecem de maior probabilidade de concretização no momento. Entretanto, gostaríamos de mencionar outras duas, certamente ambiciosas e de certa envergadura, cuja viabilidade de implementação ainda não analisamos:

- a) A determinação de alcances de back-up e alcance de sensibilização de dispositivos de proteção na subestação para faltas em fins de linha, de modo análogo ao desenvolvido pelo Prof. José Abel em seu trabalho (Vide Bibliografia).
- b) O desenvolvimento de compatibilidade com a estrutura do programa apresentado pelo Prof. Ademir Carnovalli Guimarães para cálculo de ajuste de relés diferenciais, para se obter ao menos uma certa uniformidade ou racionalização

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

ção dos dados na referência à informação de topologia da rede subestacionária. Este tópico assume um grau de complexidade superior ao encontrado no presente trabalho, e confessamos não dispor no momento de conhecimento necessário para analisá-lo aqui.

Conclusão

O programa COPROS já apresenta um delineamento inicial do que pode vir a tomar-se a estrutura de um programa digital para coordenação de proteções de sobrecorrente de uma subestação industrial.

Acreditamos assim, que o trabalho desta equipe, que tem se dedicado ao desenvolvimento de programas digitais para auxílio da engenharia de proteção elétrica, tais como os realizados pelos professores Amadeu Cassal Caminho, José Abel Royo dos Santos, Ademir Carnovalli Guimarães, Adonias Costa da Silveira e esta contribuição que estamos submetendo à exame, mereça ser considerado e contar com o suporte básico do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico, que nos tem permitido a transformação de idéias em labor útil ao país.

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

BIBLIOGRAFIA

- 1- Alderton, J.R. e Peralta, R.V. - Programme to Check H.V. -A.C. System' Protection Grading - South Eastern Region of the CEEB
- 2- Barros, A.E. - A Geometria da Proteção - Revista "Mundo Elétrico" nº78
- 3- Barros, A.E. - Alguns Aspectos da Proteção das Subestações Abaixasoras Revista "Mundo Elétrico", nº58-59
- 4- Barros, A.E. - Proteção de Sistemas Elétricos Industriais - IV Seminário - Utilidades do IBP, 1967
- 5- Barros, A.E. - Proteção contra Sobrecorrentes nos Sistemas Industriais Publicação General Electric
- 6- Beeman, D. - Industrial Power Systems Handbook - Ed. McGraw-Hill Book' Co., New York, N.Y.
- 7- Bourbonnais JJ, T.L. - The Coordination and Testing of Protective Relays in Industrial Plants- IGA, pt III, Vol 77, Fev., 1958
- 8- Brightman, F.P. - More About Setting Industrial Relays - AJEE Trans. PAS Vol 73, pt III-A, Apr. 1954
- 9- Brightman, F.P. - Selecting AC Overcurrent Protective Device Setting for Industrial Plants - AJEE Trans. Vol 71, pt III-A, Sept. 1952
- 10- Burgin, E.R. e Greenwood, G. - Protection and Coordination Concepts for ' 600 Volt Refinery Electrical Systems IGA - IEEE, Jan. 1968, pág 68
- 11- Cardina, A.C. - Proteção da Sobrecorrente dos Sistemas- Edição EFEI-1972
- 12- Cardina, A.C. - Proteção dos Sistemas Elétricos - Publicação EFEI-1974
2ª edição

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

- 13- Dunkl-Jacobs, J. - Electrical Distribution System for the Petróleo Brasileiro S.A. - Duque de Caxias Refinery - Dec. 1959
- 14- Ellestado, D.E. - Computer Selects Power Transformer Fuses Revista Transmission & Distribution - Aug. 1967
- 15- Feero, W.E., Joves, J.A. - Protective Device Coordination Program - Report nº 68-685 - Westinghouse Electric Corporation - 1970
- 16- General Electric - Industrial Power System Data Book
- 17- General Electric - Power Systems Protection - Electric Equipment Specifications Manual - Book III - Application Guide
- 18- Greover, N.J. - Overcurrent Protection Apparatus - Application & Coordination - McGraw - Edison Systems Division - New Jersey - USA
- 19- Higgins, T.D. - Peach, N. A Proposed Publication on System Coordination ' and Protection for Industrial and Commercial Power Systems - IGA - 1 nº 6, Nov - Dec. 1955
- 20- Joves, J.A. - Cálculo Automático de Corrientes de Falha en la Selección ' de Equipos Protectores de Sistemas - Revista IEEE- Electroline , Junio 1971
- 21- Mason, C.R. - The Art and Science of Protective Relaying - Ed. John Wiley
- 22- The Electricity Council - Power Systems Protection - Ed. Mac Donald-Londres
- 23- Vygotsky, L.S. - Thought and Language - The M.I.T. Press 1963
- 24- Warrington, A.R. - Protective Relays-II - Ed. Chapman Hall Londres
- 25- Weddenforf, E.A. - Evidence of Need for Improved Coordination and Protection of Industrial Power Systems - IGA - AJEE, Nov. 1965, pag.393
- 26- Westinghouse- Applied Protective Relaying - Westinghouse Electric Company

RONALDO SERIO DE ALMEIDA

tion - Relay - Instrument Division Newark, New Jersey

27- Westinghouse - Catálogo JL 41.1014 - Type CO Overcurrent Relay - Instruc-
tion

28- Santos, J.A.R. - Aplicação da Computação Digital ao Ajuste de Relés de
Sobrecorrente em Sistemas Industriais de Grande Porte, Publicado na
1ª EFEI, 1974

ANEXO 1

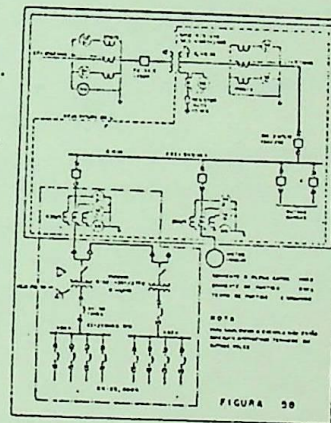
Exemplo didático de processo gráfico,
obtido da publicação para formação bá-
sica "Estudo de Seletividade", do En-
genheiro Luiz Sérgio S. Barbosa, da
firma TATEL.

CAPITULO.9 .- EXEMPLO COMPLETO DE UM ESTUDO DE SELETIVIDADE.

Estudaremos a coordenação dos dispositivos de sobre corrente indicados no diagrama unifilar da figura 58. Concentraremos a nossa análise pelo trecho abrangendo as duas subestações unitárias e o respectivo alimentador de 4,16 kv. Efetuaremos um estudo de dispositivo por dispositivo

9.1.- Disjuntor dos circuitos alimentadores que partem das subestações unitárias :

Admitiremos que devido às exigências das cargas, deveremos utilizar disjuntores AK-25 da GE Co. com disparadores EC-2A, com a corrente nominal de 400 ampères, calibrados em 100% (longa duração) e 15 x (instantâneo). Conforme indicado na figura 59, a faixa representativa da característica de longa duração é devidamente centrada em sua parte superior, em 100% de 400 A ou seja 400 A. A faixa vertical representando o elemento instantâneo estará centrada em 15 x 400, ou seja, 6000 A.



9.2.- Disjuntor no secundário do transformador da subestação unitária.

Sabemos que a corrente de acionamento dos disparadores de ação temporizada não deve ser maior do que 250% da corrente no secundário do transformador, porém, em geral, os disparadores são calibrados para um valor menor, sendo comum utilizar-se valores compreendidos entre 1 1/3 e 2 1/2 vezes a corrente no secundário do transformador. A escolha deste valor depende também da coordenação que se deseje obter com os dispositivos de sobrecorrente existentes no primário do transformador e nos circuitos alimentadores secundários.

No caso chamado I a corrente a plena carga no secundário do transformador teremos:

$$I = \frac{1000}{460\sqrt{3}} = 1203 \text{ A}$$

Usaremos um disjuntor AK-50 com disparadores EC-2A com características de longa duração e instantânea.

A fim de procurar interferir o menos possível com a curva característica do relé de sobrecorrente do circuito de 4160 volts, que alimenta as subestações unitárias, usaremos o fator 1 1/3.

$$1 \frac{1}{3} \times I = 1 \frac{1}{3} \times 1203 = 1600 \text{ A}$$

Usaremos, portanto, disparadores com uma corrente nominal de 1600 A e calibrados (longa duração) em 100%, ou seja $1,00 \times 1600 \text{ A} = 1600 \text{ A}$.

Calibraremos o elemento instantâneo em 9 x ou seja $9 \times 1600 = 14.400 \text{ A}$, a fim de podermos usar um disjuntor de operação manual dependente. Se o elemento instantâneo fosse calibrado para um valor superior a 15.000 ampères,

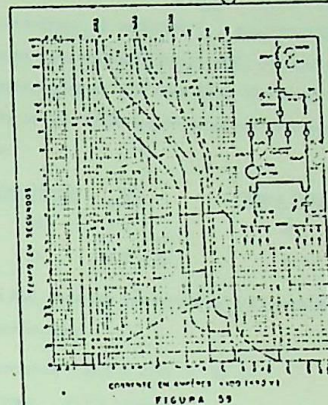


FIGURA 59

res, ter-se-ia que usar um disjuntor de operação elétrica ou manual independente, conforme recomendação da NEMA.

Fica assim definido este disjuntor, e suas características são desenhadas no gráfico de coordenação, conforme indicado na figura 59.

9.3.- Relés de sobrecorrente, de fase do alimentador das subestações unitárias:

Sabemos que no caso de existir um dispositivo protetor no secundário do transformador, os relés aqui estudados devem ser calibrados para uma corrente de acionamento não superior a 4 ou 6 vezes a corrente primária a plena carga do transformador, conforme a impedância deste último for de 61 a 101 ou não superior a 61, respectivamente. É, em geral, bastante aceitável e comum calibrar-se os relés para uma corrente de acionamento igual a 1,5 vezes a corrente a plena carga dos transformadores. Utilizaremos aqui este critério, preliminarmente:

$$2 \times 1 = 2406 \text{ A, corrente a plena carga dos transformadores.}$$

A correspondente corrente no primário será de:

$$2406 \times \frac{480}{4160} = 278 \text{ A e, portanto,}$$

$$1,5 \times 278 = 417 \text{ A.}$$

A fim de evitar uma demasiada superposição da curva característica do relé sobre a curva característica dos disparadores do disjuntor AK-50, teremos um valor superior a 417 amperes. Porém, sabemos que no caso de termos vários transformadores ligados por um único alimentador a corrente de acionamento dos relés de fase, quando existe um disjuntor no secundário dos transformadores, não deve ser superior a 4 ou 6 vezes a corrente primária a plena carga do transformador de menor capacidade, conforme a impedância deste último for de 6% a 10% ou não superior a 6% respectivamente. No nosso caso, portanto, a corrente de acionamento dos relés não poderá ultrapassar 6 vezes a corrente nominal de um (1) transformador. Consideremos esta corrente de acionamento igual a 5 x 1.

$$5 \times 139 = 695 \text{ A}$$

Como a relação de transformação dos transformadores de corrente é de 400/5 A, teremos:

$$695 \times \frac{5}{400} = 8,7 \text{ A}$$

Escolheremos o tap 8 amperes, sendo o valor da corrente de acionamento, no primário dos transformadores de corrente de:

$$8 \times \frac{400}{5} = 640 \text{ A}$$

Como o nosso gráfico está marcado em amperes a 480 volts, teremos que converter este valor de 640 A (que está referido a 4160 V) à base adotada:

$$640 \times \frac{4160}{480} = 5550 \text{ A}$$

Portanto, no nosso gráfico, a curva característica do relé tangenciará uma vertical com a abcissa de 5550 A. A sua localização final dependerá do valor do ajustador de tempo que selecionarmos. O ajustador de tempo será calibrado na divisão 8, a fim de se obter uma boa seletividade com o disjuntor AK-25.

Teremos, em seguida, de verificar se o transformador ficará bem protegido contra curto-circuito (ponto ASA). Sabemos que, para isso, a curva característica do relé deve ficar abaixo de um ponto obtido pela tabela da ASA, sendo que no nosso caso deveremos efetuar uma interpolação.

Impedância	ICC	Tempo (seg.)
5%	20 x I	3
6%	10,6 x I	4

O ponto da ASA, para uma impedância de 5,5% será definido pelas seguintes coordenadas:

$$\text{corrente} = 18,2 \times 1203 = 21.900$$

$$\text{tempo} = 3,5 \text{ segundos}$$

Este ponto, marcado no gráfico, indica que o relé protege o transformador para curtos-circuitos entre fases. Como para um curto-circuito entre fase e terra, no secundário do transformador, a corrente no primário é apenas 58% da corrente no secundário, deveremos multiplicar o valor obtido anteriormente por 0,58 a fim de determinar se este relé protege o transformador para curto-circuito entre fase e terra.

$$0,58 \times 21.900 = 12.700 \text{ A}$$

O ponto da ASA, assim deslocado horizontalmente, está marcado no gráfico, mostrando que os relés não protegem o transformador para esta condição. Haverá neste exemplo uma proteção deficiente para curtos entre fase e terra no secundário do transformador.

Passamos, em seguida, à seleção dos elementos instaláveis dos relés 51. Lembraremos para isso que a corrente de acionamento deverá ser superior à corrente de curto-circuito assimétrica sub-transitória para uma falta nos terminais secundários do transformador, e além disso superior à corrente de magnetização transitória de ambos os transformadores. Isto é, no nosso caso:

$$I_{\text{simétrica}} = \frac{I}{X} = \frac{1203}{0,0855} = 18.300 \text{ A}$$

$$I_{\text{assimétrica}}^{\text{m}} = I_{\text{sim.}}^{\text{m}} \times 1,5 = 18.300 \times 1,5 = 27.400 \text{ A}$$

Usamos o fator 1,5 tendo em vista que a tensão do circuito é inferior a 5000 volts.

A corrente de magnetização transitoria dos dois transformadores será aproximadamente igual a:

$$8 \times (2I) = 8 \times 2 \times 1203 = 19.246 \text{ A}$$

Reduzindo a maior destas correntes, ou seja, 27.400 A no primário teremos:

$$27.400 \times \frac{480}{4160} = 3160 \text{ A}$$

Portanto, o tap do relê será obtido levando-se em consideração a relação dos transformadores de corrente (400 : 5A)

$$3160 \times \frac{5}{400} = 39,5 \text{ A}$$

Adotaremos 50A, que corresponde a uma corrente no primário dos transformadores de corrente de:

$$50 \times \frac{400}{5} = 4000 \text{ A}$$

Transportando esta corrente para o secundário (480 V)

$$4000 \times \frac{4160}{480} = 34.600 \text{ A}$$

Poderemos, facilmente, traçar no nosso gráfico a característica instantânea do relê, mediante uma vertical passando por 34.600 A.

Convém notar que o relê de sobrecorrente utilizado neste exemplo foi do tipo muito inverso.

Em prosseguimento ao nosso estudo de coordenação consideremos o alimentador do motor de 1000 HP, protegido com relês de sobrecorrente (do tipo Inverso) referindo-nos para isso à figura 60.

9.4. - RELÊS DE SOBRECORRENTE DO CIRCUITO ALIMENTADOR DO MOTOR DE 1000 HP.

No gráfico da figura 60 estão indicadas as correntes nominal e de partida do motor em questão. Evidentemente que o relê de

sobrecorrente de fase não deverá operar para a corrente nominal do motor e, para isso, como é comum, faremos a sua corrente de acionamento igual a 1,5 vezes a corrente nominal do motor.

$$1,5 \times 140 = 210 \text{ A}$$

Como a relação dos transformadores de corrente é de 200:5 A, teremos:

$$210 \times \frac{5}{200} = 5,25 \text{ A}$$

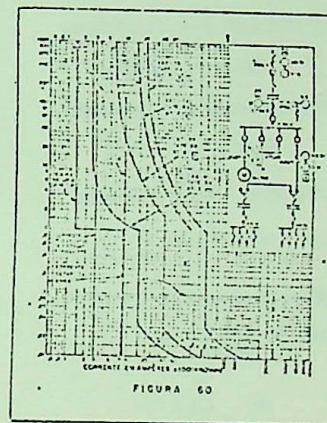


FIGURA 60

Adotaremos o tap de 6 amperes, que corresponde a uma corrente no primário dos transformadores de corrente de :

$$6 \times \frac{200}{5} = 240 \text{ A}$$

Fácil e traçar agora a curva característica do relê, que deverá tangenciar a vertical que passa pela abscissa de 240 A. Escolhemos, para definir totalmente esta curva característica, a graduação 3 do ajustador de tempo, a fim de assegurar que o relê não operará com a corrente de partida do motor, outra condição obrigatória.

O elemento instantâneo, sabemos que deverá ser calibrado para uma corrente de acionamento superior a 1,5 x corrente de partida. Adotaremos 1600 A, ou seja:

$$1600 \times \frac{5}{200} = 40$$

9.5.- RELÉS DE SOBRECORRENTE, DE FASE, NO SECUNDÁRIO DO TRANSFORMADOR DE 5000/6250 KVA.

Utilizaremos relés do tipo de IAC-53. Faremos a corrente de acionamento igual a 1,5 vezes a corrente nominal do transformador.

$$I = \frac{6250}{1,73 \times 4,16} = 880 \text{ A}$$

$$1,5 \times 880 = 1302 \text{ A}$$

$$1302 \times \frac{5}{1200} = 5,5 \text{ A}$$

Usaremos o tap de 6 amperes, que no primário dos transformadores de corrente corresponde a uma corrente de:

$$6 \times \frac{1200}{5} = 1440 \text{ A}$$

Esta curva característica deve estar afastada de 0,4 segundos das curvas características dos relés dos circuitos de limitadores. Para isso escolhemos a graduação nº6 do ajustador de tempo.

9.6.- RELÉS DE SOBRECORRENTE, DE FASE, NO PRIMÁRIO DOS TRANSFORMADORES DE 5000/6250 KVA.

Para que estes relés sejam seletivos para uma falta entre fases, com relés do secundário do transformador, é necessário que a sua corrente de acionamento seja pelo menos 1,16 vezes a corrente de acionamento dos segundos, tendo em vista a ligação delta-Y.

$$1440 \times \frac{4160}{34500} = 173 \text{ A}$$

$$173 \text{ A} \times 1,16 = 200 \text{ A}$$

$$200 \times \frac{5}{200} = 5 \text{ A}$$

./.

Usaremos, por precaução, o tap de 6'A, ou seja:

$$6 \times \frac{200}{5} \times \frac{34,5}{4,16} = 1980 \text{ A, que pode ser marcado no gráfico.}$$

Escolhe-se a graduação nº7 do ajustador de tempo para obter a necessária margem de 0,4 seg.

Consideremos a corrente de acionamento do relé instantâneo, que deverá ser superior à corrente de curto-circuito assimétrica sub-transitória para uma falta nos terminais secundários do transformador.

Impedância da fonte (base 5000 KVA)

$$I = \frac{5000}{1,73 \times 10,00} = 0,005$$

Impedância do transformador = 0,06

$$0,005 + 0,06 = 0,065$$

$$I_{\text{simétrica}} = \frac{5000}{0,065} \times \frac{1}{1,73 \times 4,16} = 10.700 \text{ A}$$

$$I_{\text{assimétrica}} = 1,5 \times 10.700 = 16.100$$

Convertendo esta corrente para 34,5 KV

$$16.100 \times \frac{4160}{34.500} = 2040$$

ou

$$2040 \times \frac{5}{200} = 52$$

Escolheremos 60 A.

O ponto da ASA será assim determinado:

$$16,6 \times 1 = 16,6 \times 880 = 14.600 \text{ A (no tap de 4,16 V)}$$

$$t = 4 \text{ segundos}$$

$$14.600 \times 0,58 = 8500$$

Pelo gráfico pode-se ver que se obtém uma proteção total contra curto-circuito.

Corrente transitória de magnetização

$$10 \times 880 = 8800 \text{ A (no tap de 4,16 V)}$$

O elemento instantâneo deixará passar esta corrente.

9.7.- RELÉ DE TERRA, NO CIRCUITO DE 4160 volts (QUE ALIMENTA AS SUBESTAÇÕES

UNITÁRIAS (veja figura 61) (relé IACS1) :

A N E X O 2

EXEMPLO DE PROCESSAMENTO DO PROGRAMA

COPROS

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUGA

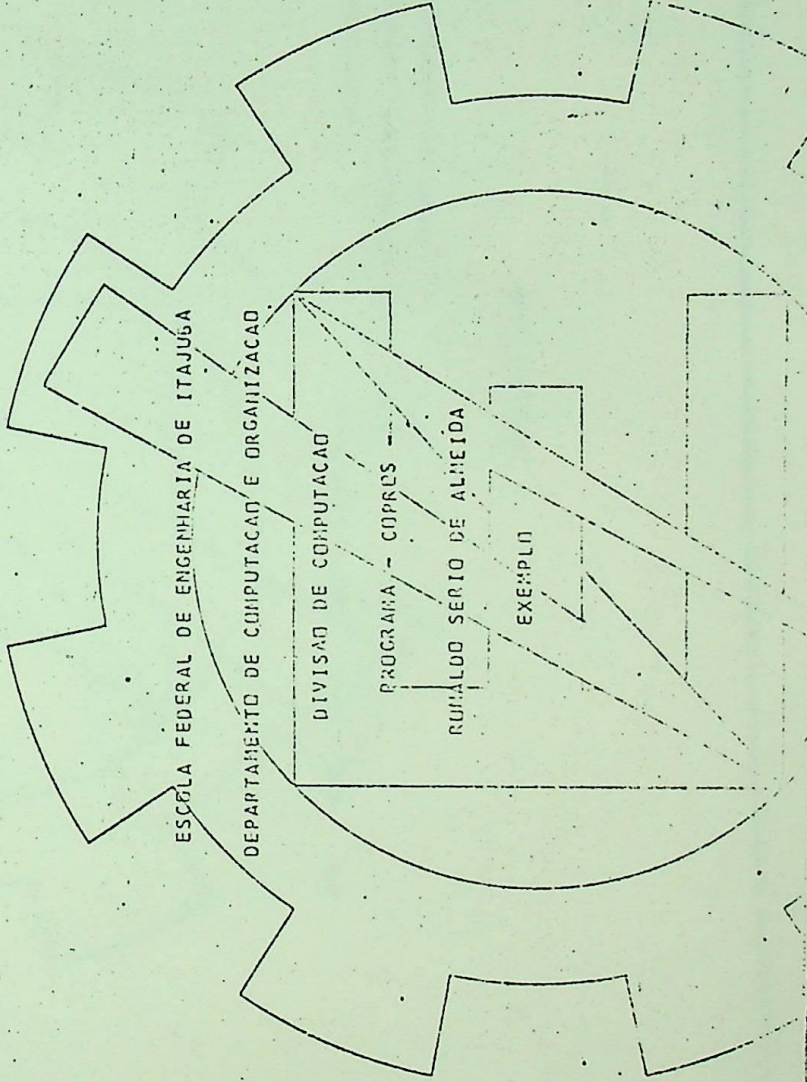
DEPARTAMENTO DE COMPUTACAO E ORGANIZACAO

DIVISAO DE COMPUTACAO

PROGRAMA - COPRES

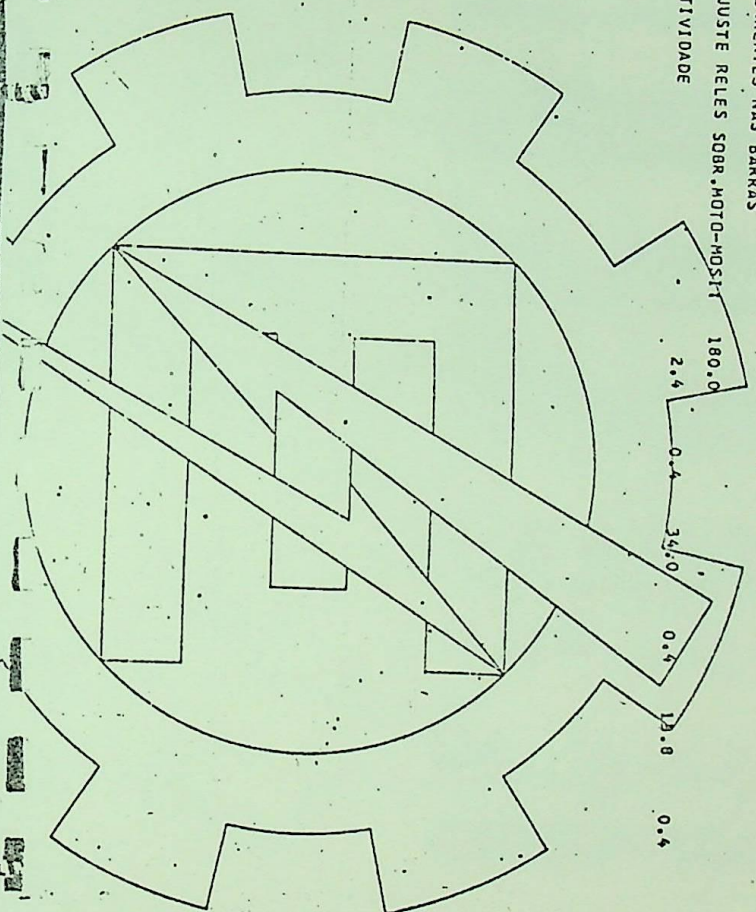
RUBALDO SERIO DE ALMEIDA

EXEMPLU



GRUPO FILOSOFIA

IMPRIMA LISTA DE CORRENTES NAS BARRAS
 BOM SENSO HQ PRE-AJUSTE RELES SOBR. MOTO-MOSIT
 INTERVALOS DE SELETIVIDADE



GRUPO EQUIPAMENTOS

CARG 30	0 BARR	30 1 1	0.48	1600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CARG 40	1 BARR	40 1 1	0.48	1600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TRAF 1	DISP	1 1 1 0	4.16	139.00	0.48	139.00	5.50	50.00	0.00	0.00
TRAF 2	BARR	2 1 1 1	4.16	139.00	0.48	139.00	5.50	50.00	0.00	0.00
MOSI 1	1	0 BARR	2 1 1 1	4.16	50.00	840.00	1.00	1.50	0.00	0.00
CARG 2	BARR	2 1 1 1	4.16	100.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CARG 3	RELE	3 RELE	4.16	100.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TRAF 200	DISP	200 BARR	20 1 1 0	6250.00	4.16	106.00	6.00	10.00	0.00	0.00
MOSI 100	10	0 RELE	20 1 1 1	4.16	50.00	840.00	1.00	1.50	0.00	0.00
MOSI 100	10	0 RELE	200 1 1 1	4.16	100.00	10.00	1.00	1.50	0.00	0.00
CARG 20	20	0 BARR	20 1 1 1	4.16	100.00	10.00	1.00	1.50	0.00	0.00
CARG 20	20	0 BARR	20 1 1 1	4.16	100.00	10.00	1.00	1.50	0.00	0.00
CARG 481	1	0 BARR	481 1 1 1	0.48	180.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CARG 482	1	0 BARR	482 1 1 1	0.48	180.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TRAF 30	RELE	30 RELE	60 1 1 1	6250.00	20.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00
TRAF 10	DISP	10 BARR	10 1 1 1	1000.00	0.48	139.00	5.50	50.00	0.00	0.00
TRAF 20	DISP	20 BARR	10 1 1 1	1000.00	0.48	139.00	5.50	50.00	0.00	0.00
CARG 400	400	0 TRAF	400 1 1 0	0.48	180.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CARG 300	300	0 TRAF	300 1 1 0	0.48	180.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CARG 200	200	0 DISP	200 1 1 0	0.48	180.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TRAF 400	CARG	400 FISI	400 1 1 0	870.00	4.16	139.00	5.50	50.00	0.00	0.00
TRAF 300	DISP	300 BARR	20 1 1 0	900.00	4.16	139.00	5.50	50.00	0.00	0.00

GRUPO FALTAS

DISP	1 RELE	1	23800.00	2500.00	20000.00	2000.00	2000.00	1	16500.00	9.00	0.00	0
DISP	2 RELE	1	25900.00	2500.00	20000.00	2000.00	2000.00	1	16000.00	9.00	0.00	0
RELE	1 RELE	3	10700.00	10700.00	7000.00	7000.00	7000.00	1	4000.00	1.00	0.00	0
RELE	2 RELE	4	10700.00	10700.00	8000.00	8000.00	1000.00	1	16000.00	1.00	0.00	0
DISP	200 RELE	30	25800.00	2500.00	20000.00	2000.00	2000.00	1	0.00	0.00	0.00	0
DISP	300 RELE	30	25900.00	2500.00	20000.00	2000.00	2000.00	1	16000.00	9.00	0.00	0
FUSI	400 RELE	30	10700.00	10700.00	7000.00	7000.00	7000.00	1	16000.00	9.00	0.00	0
DISP	20 RELE	10	25300.00	2500.00	20000.00	2000.00	2000.00	1	0.00	0.00	0.00	0
DISP	10 RELE	10	35800.00	2500.00	20000.00	2000.00	2000.00	1	16000.00	9.00	0.00	0
RELE	10 PELE	30	10700.00	10700.00	7000.00	7000.00	7000.00	1	4000.00	1.00	0.00	0
RELE	30 PELE	40	10700.00	10700.00	8000.00	8000.00	1000.00	1	16000.00	1.00	0.00	0
RELE	200 PELE	30	10700.00	10700.00	7000.00	7000.00	7000.00	1	0.00	0.00	0.00	0
RELE	20 PELE	30	10700.00	10700.00	7000.00	7000.00	7000.00	1	16000.00	1.00	0.00	0
RELE	23	0	60300.00	0.00	40000.00	40000.00	0.00	1	15000.00	1.00	0.00	0
RELE	44	0	16736.00	0.00	12000.00	12000.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0
RELE	33	0	16736.00	0.00	12000.00	12000.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0
RELE	713 RELE	44	16736.00	16736.00	12000.00	12000.00	12000.00	0	0.00	0.00	0.00	0
RELE	40 RELE	23	60000.00	60000.00	40000.00	40000.00	12000.00	0	0.00	0.00	0.00	0
RELE	40 RELE	713	16736.00	16736.00	12000.00	12000.00	12000.00	1	1290.00	1.65	0.00	0
RELE	4 RELE	713	16736.00	16736.00	12000.00	12000.00	12000.00	1	1290.00	1.65	0.00	0
RELE	4 RELE	33	16736.00	16736.00	12000.00	12000.00	12000.00	1	1290.00	1.65	0.00	0
RELE	4 RELE	713	16736.00	16736.00	12000.00	12000.00	12000.00	1	1290.00	1.65	0.00	0
RELE	4 RELE	44	16736.00	16736.00	12000.00	12000.00	12000.00	1	1290.00	1.65	0.00	0

GRUPO PROTECCIONES

RELE	4 TRAF	30BARR	22	31	IAC-53	11	1.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0	16.0	200.0	0.5	80.0	173.00	1.17	0.00	0	
RELE	3 BARR	21TRAF	3	31	IAC-53	11	1.0	2.0	5.0	6.0	8.0	10.0	0.0	0.0	1200.0	0.5	80.0	880.00	3.50	0.00	0	
RELE	2 MCSI	1BARR	2	11	IAC-51	11	1.0	2.0	5.0	6.0	8.0	10.0	0.0	0.0	200.0	0.5	80.0	6.00	3.00	40.00	0	
RELE	1 BARR	1BARR	2	21	IAC-53	11	1.0	2.0	8.0	8.0	9.0	0.0	0.0	0.0	400.0	0.5	80.0	8.00	8.00	50.00	0	
DISP	2 BARR	401TRAF	2	21	AK-50	11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	10.0	1600.00	100.00	9.00	0	
DISP	1 BARR	301TRAF	1	21	AK-50	11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0	
RELE	23 BARR	23E11TR	3	11	IAC-53	11	1.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0	16.0	200.0	0.0	0.0	500.00	1.00	0.00	0	
RELE	44 BARR	22E11TR	2	31	IAC-53	11	1.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0	16.0	200.0	0.0	0.0	500.00	1.00	0.00	0	
RELE	33 BARR	22E11TR	1	31	IAC-53	11	1.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0	16.0	200.0	0.0	0.0	200.00	1.00	34.00	1	
RELE	713 BARR	22BARR	23	31	IAC-53	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0	
DISP	200	CAP62001TRAF	230	11	AK-50	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0	
DISP	300	CAP62001TRAF	230	11	AK-50	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0	
DISP	20	BARR401TRAF	20	11	PROVISOR	11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0	
DISP	10	BARR401TRAF	10	11	PROVISOR	11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0	
FUSI	400	TRAF400BARR	20	11	PROVISOR	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0	
RELE	200	MCSI1100BARR	20	11	IAC-51	11	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	0.0	0.0	200.0	0.5	20.0	0.00	0.00	0.00	0	
RELE	30	BARR	20TRAF	30	11	IAC-53	11	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	1200.0	0.0	0.0	880.00	1.50	0.00	0
RELE	10	BARR	10BARR	20	11	IAC-53	10	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	400.0	0.5	80.0	8.00	8.00	50.00	0	
RELE	20	MESI	10BARR	20	11	IAC-51	10	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	0.0	0.0	200.0	0.5	80.0	8.00	8.00	50.00	0
RELE	40	TRAF	30BARR	23	11	IAC-53	11	1.0	2.0	5.0	6.0	7.0	8.0	0.0	0.0	200.0	0.5	80.0	0.00	0.00	0.00	0

 CHECK DE CORRELAÇÃO DE DADOS ENTRE GRUPOS

NENHUM ERRO NESTE GRUPO

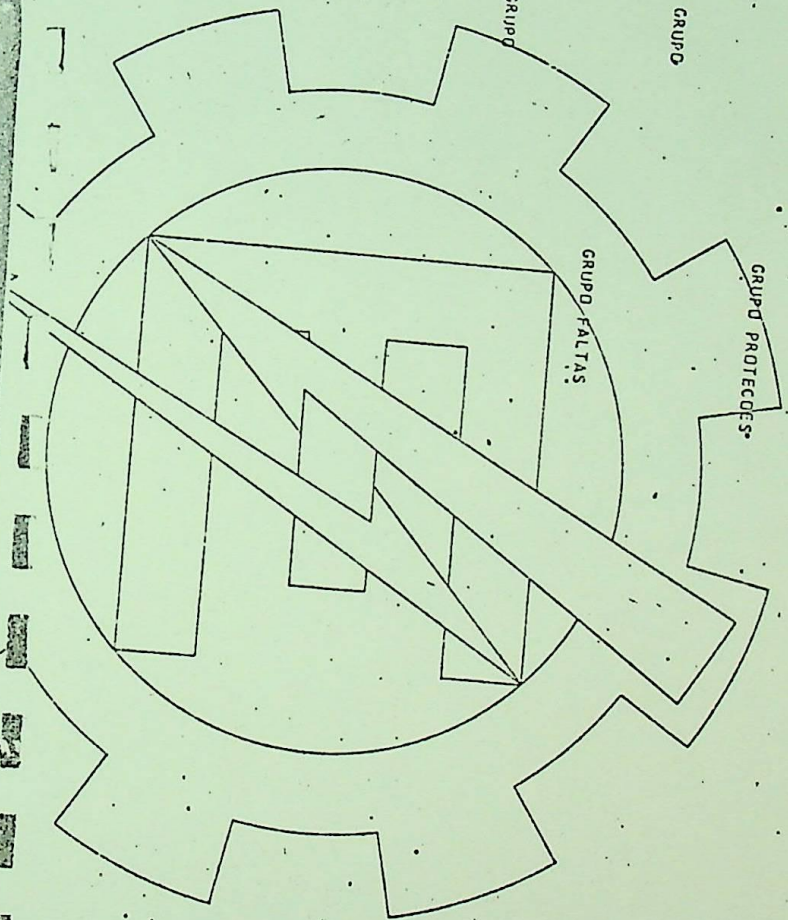
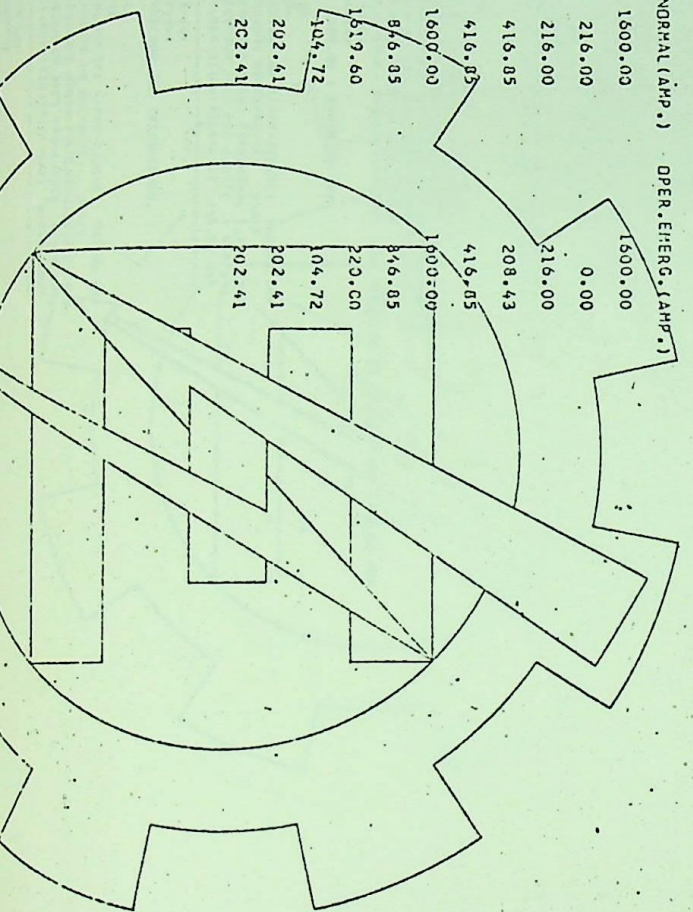
NENHUM ERRO NESTE GRUPO

GRUPO PROTECOES

GRUPO FALTAS

 LISTA DE CARGAS DAS BARRAS
 CONSIDERANDO FATOR DE DIVERSIDADE.

NUM. DA BARRA	OPER. NORMAL (AMP.)	OPER. EMERG. (AMP.)
30	1600.00	1600.00
482	216.00	0.00
481	216.00	216.00
1	416.85	208.43
10	416.05	416.05
40	1600.00	1600.00
2	846.05	846.05
20	1619.60	220.00
23	104.72	104.72
22	202.41	202.41
22	202.41	202.41



CAUDO-PLAQUETICOES

RELE 2
 CORR-ANUAL DO HOSTI 1 1 140,00 AMP
 SOBRECARGA ADMISSIVEL 50 PORCENTO
 EQUIVALE A UMA CARGA ADMISSIVEL DE 210,00 AMP
 CORR-CONSULTEADA P/PRE-AJUSTE 210,00 AMP
 TRANSFERENCIA DE CARGA EM 1º DO HOSTI 11
 TAPÉ IDEAL QUE SERIA ESCOLHIDA 200/5
 CORR-CONSULTEADA APÓS PRE-AJUSTE 5.230 AMP
 CORR-CONSULTEADA P/PRE-AJUSTE 1 6,0 AMP
 EQUIVALE 171, PORCENTO DA 11º DO HOSTI 11
 INSTANTANEI:
 CORR-FRRECHIDA P/ACIONAR-DO INSTANTI 600,00 AMP
 VALOR DE AJUSTE DO INSTANTI 40,0 AMP
 DISP 200
 CORR-CONSULTEADA P/PRE-AJUSTE 210,00 AMP
 CORR-CONSULTEADA P/PRE-AJUSTE 210,00 AMP
 EQUIVALE A 120, PORCENTO DA 11º DO CARG 3001
 DISP 300
 CORR-ANUAL DO CARG 300 1 190,00 AMP
 SOBRECARGA ADMISSIVEL 20 PORCENTO
 EQUIVALE A U/A CARGA ADMISSIVEL DE 210,00 AMP
 CORR-CONSULTEADA P/PRE-AJUSTE 210,00 AMP
 EQUIVALE A 120, PORCENTO DA 11º DO CARG 3001
 RELE 200
 CORR-CONSULTEADA P/PRE-AJUSTE 210,00 AMP
 SOBRECARGA ADMISSIVEL 50 PORCENTO
 EQUIVALE A UMA CARGA ADMISSIVEL DE 210,00 AMP
 CORR-CONSULTEADA P/PRE-AJUSTE 210,00 AMP
 TRANSFERENCIA DE CARGA EM 1º DO HOSTI 1001
 TAPÉ IDEAL QUE SERIA ESCOLHIDA 200/5
 CORR-CONSULTEADA APÓS PRE-AJUSTE 5.230 AMP
 CORR-CONSULTEADA P/PRE-AJUSTE 1 6,0 AMP
 EQUIVALE 171, PORCENTO DA 11º DO HOSTI 1001
 INSTANTANEI:
 CORR-FRRECHIDA P/ACIONAR-DO INSTANTI 600,00 AMP
 VALOR DE AJUSTE DO INSTANTI 40,0 AMP
 INSTANTANEO SERIA CONSIDERADO BLOQUEADO

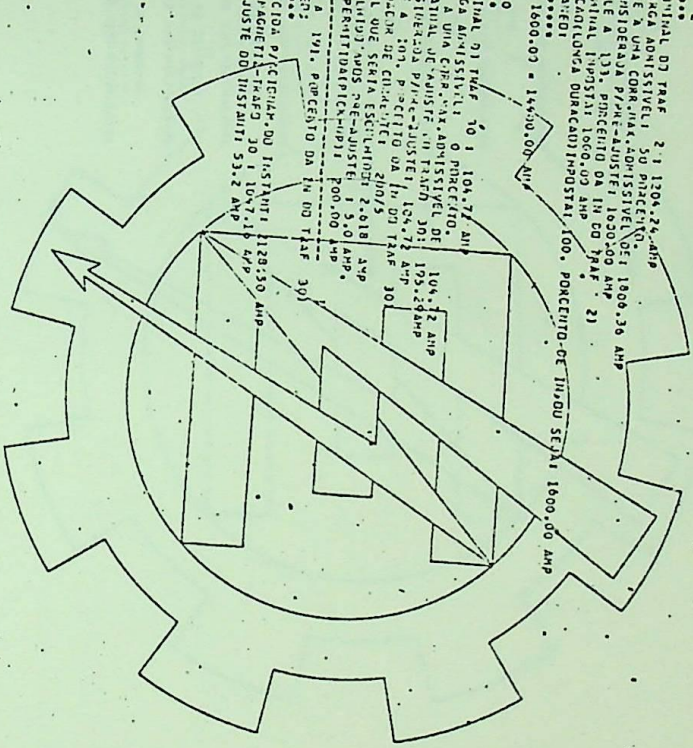
RELE 40
 CORR-CONSULTEADA P/PRE-AJUSTE 10 1 140,00 AMP
 SOBRECARGA ADMISSIVEL 50 PORCENTO
 EQUIVALE A UMA CARGA ADMISSIVEL DE 210,00 AMP
 CORR-CONSULTEADA P/PRE-AJUSTE 210,00 AMP
 TRANSFERENCIA DE CARGA EM 1º DO HOSTI 101
 TAPÉ IDEAL QUE SERIA ESCOLHIDA 200/5
 CORR-CONSULTEADA APÓS PRE-AJUSTE 5.230 AMP
 CORR-CONSULTEADA P/PRE-AJUSTE 1 6,0 AMP
 EQUIVALE A 120, PORCENTO DA 11º DO HOSTI 101
 INSTANTANEI:
 CORR-FRRECHIDA P/ACIONAR-DO INSTANTI 600,00 AMP
 VALOR DE AJUSTE DO INSTANTI 40,0 AMP
 DISP 1
 CORR-ANUAL DO TPAE 1 1 1206,74 AMP
 SOBRECARGA ADMISSIVEL 50 PORCENTO
 EQUIVALE A U/A CARGA ADMISSIVEL DE 1806,74 AMP
 CORR-CONSULTEADA P/PRE-AJUSTE 1600,00 AMP
 EQUIVALE A 133, PORCENTO DA 11º DO TPAE 11
 CORR-ANUAL INSTANT 1600,00 AMP
 CALIB-ACALIBRADA DUA(CALIB)INSTANT 100, PORCENTO DE 11º DO SJLAI 1600,00 AMP
 INSTANTANEI:
 9. X 1600,00 = 14400,00 AMP
 RELE 23
 CORR-CONSULTEADA P/PRE-AJUSTE 106,72 AMP
 TAPÉ IDEAL QUE SERIA ESCOLHIDA 300/5
 CORR-CONSULTEADA APÓS PRE-AJUSTE 1 4,0,539 AMP
 CORR-CONSULTEADA P/PRE-AJUSTE 1 240,00 AMP
 INSTANTANEI:
 RELE FRRECHIDA SEM INSTANTANEO.
 RELE 44
 CORR-CONSULTEADA P/PRE-AJUSTE 300,00 AMP
 TRANSFERENCIA DE CARGA EM 1º DO HOSTI 200/5
 TAPÉ IDEAL QUE SERIA ESCOLHIDA 12,300 AMP
 CORR-CONSULTEADA APÓS PRE-AJUSTE 118,0 AMP
 CORR-CONSULTEADA P/PRE-AJUSTE 1 640,00 AMP
 INSTANTANEI:

ESCOLA FEDERAL DE TIPOGRAFIA

```

CORR.MAX.PERMILTINAPIC=UP11 000.00 ANP
(EQUIVALE A 661. PORCENTO DA TM DO TRAF 101
INSTANTANEO;
CORR.FOR.ECIDA.P/ACIONAN.DO INSTANTI 4000.00 ANP
VAGNTE A PAGMENTZ-TRAFD 10 11380.51 ANP
VACD DE AJUSTE DO INSTANTI 50.00 ANP
DISP 2
*****
CORR.MONITUAL DO TRAF 2 1 1200.24 ANP
SDBRECARGA ADMISSIVEL 30 PORCENTO DE
(EQUIVALE A UMA CORR.MAX.ADMISSIVEL DE 1800.36 ANP
CORR.CONSIDERAADA PRIMEIRA ADMISSIVEL DE
(EQUIVALE A 133. PORCENTO DA TM DO TRAF 21
CORR.MONITUAL INSTANTI 1000.00 ANP
CALCUBACAO/DLONCA DURACAO/INSTANTI 100. PORCENTO DE TRAFD SEJA 1600.00 ANP
*****
91 X 1600.00 = 14400.00 ANP
RELE 40
*****
CORR.MONITUAL DO TRAF 10 1 104.72 ANP
SDBRECARGA ADMISSIVEL 0 PORCENTO DE
(EQUIVALE A UMA CORR.MAX.ADMISSIVEL DE
CORR.CONSIDERAADA PRIMEIRA ADMISSIVEL DE
(EQUIVALE A 203. PORCENTO DA TM DO TRAF 30
CORR.MONITUAL INSTANTI 2000.00 ANP
TOME ORIENTA-COEM DE CHUVELET 2000.00 ANP
TOME ORIENTA-COEM DE CHUVELET 2000.00 ANP
CORR.PASSIVEL/INSTANTI=UP11 200.00 ANP
(EQUIVALE A 191. PORCENTO DA TM DO TRAF 30)
INSTANTANEO;
CORR.FINNECIDA.P/ACIONAN.DO INSTANTI 2120.50 ANP
PERMITE A PAGMENTZ-TRAFD 30 1000.18 ANP
VACD DE AJUSTE DO INSTANTI 53.42 ANP
STOP 1301

```

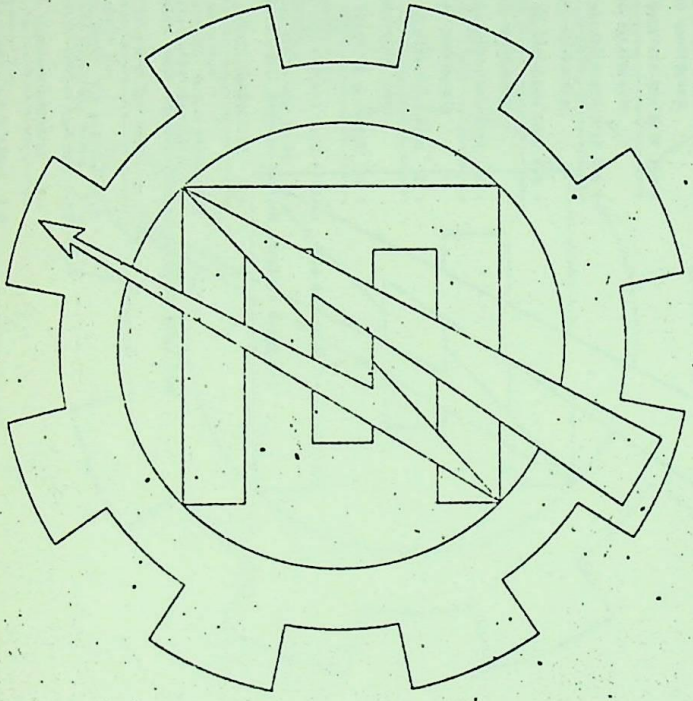


```

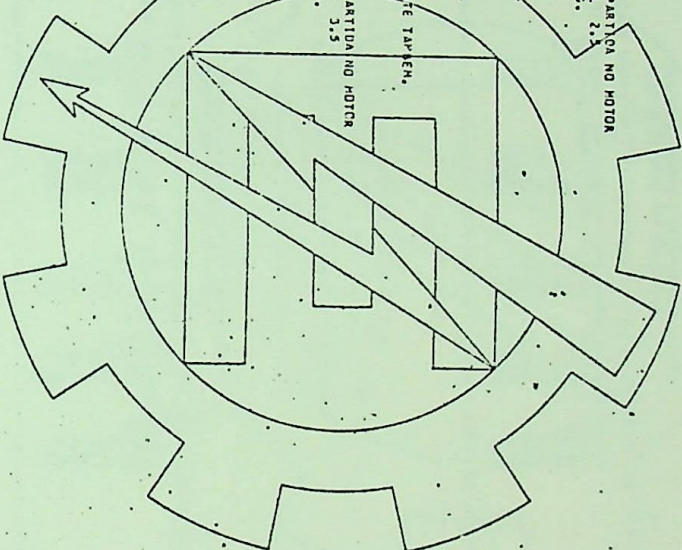
TRABO P/TM-COMPILER MOD01701 131173 APPL=HAR-TEN.
TRABO P/TM-COMPILER MOD01701 131173 APPL=TIM+NON.
TRABO P/TM-COMPILER MOD01701 131173 STARTER
PROGRAM/LAENCE 19730
ENDE DER COMPILATION

```

02.08.1975
02.08.1975
02.08.1975



RELE 2 HC51 1
 RELE ATUA EM 1,2 SEG.COM CORR.PARTIDA NO MOTOR
 SELETORICA C/VAPE 6,0 E DIAL 2,5
 E INFERIDA AO T.A.R.0,1 1,9 SEG.
 DISP 200 CARG 200
 PROVISORIAMENTE NAO MANIPULAVEL
 DISP 300 CARG 300
 PROVISORIAMENTE NAO MANIPULAVEL
 RELE 200 F051 100
 FALHOU O PRE-AJUSTE-LIBO O AJUSTE TAPENH.
 RELE 20 F051 10
 RELE ATUA EM 1,2 SEG.COM CORR.PARTIDA NO MOTOR
 SELETORICA C/VAPE 6,0 E DIAL 2,5
 E INFERIDA AO T.A.R.0,1 1,9 SEG.
 DISP 1 (FIM DE ESQUEMA)
 PROVISORIAMENTE NAO MANIPULAVEL
 DISP 20 (FIM DE ESQUEMA)
 PROVISORIAMENTE NAO MANIPULAVEL
 DISP 10 (FIM DE ESQUEMA)
 PROVISORIAMENTE NAO MANIPULAVEL
 FUSI 490 (FIM DE ESQUEMA)
 PROVISORIAMENTE NAO MANIPULAVEL



ESCOLA FEDERAL DE

DISP 2 (FIM DE ESQUEMA)
 PROVISORIAMENTE NAO MANIPULAVEL

RELE 1 PARA SER SELETIVO COM DISP 1 1
 PROVISORIAMENTE NAO MANIPULAVEL

RELE 1 PARA SER SELETIVO COM DISP 2 1
 PROVISORIAMENTE NAO MANIPULAVEL

RELE 30 PARA SER SELETIVO COM DISP 200 1
 PROVISORIAMENTE NAO MANIPULAVEL

RELE 30 PARA SER SELETIVO COM DISP 300 1
 PROVISORIAMENTE NAO MANIPULAVEL

RELE 30 PARA SER SELETIVO COM FUSI 490 1
 PROVISORIAMENTE NAO MANIPULAVEL

RELE 10 PARA SER SELETIVO COM DISP 20 1
 PROVISORIAMENTE NAO MANIPULAVEL

RELE 10 PARA SER SELETIVO COM DISP 10 1
 PROVISORIAMENTE NAO MANIPULAVEL

RELE 3 PARA SER SELETIVO COM RELE 1 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4

RELE 3 PARA SER SELETIVO COM RELE 2 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4

RELE 4 PARA SER SELETIVO COM RELE 3 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4

RELE 20 PARA SER SELETIVO COM RELE 20 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4

RELE 10 PARA SER SELETIVO COM RELE 10 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4

RELE 10 PARA SER SELETIVO COM RELE 10 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4

RELE 10 PARA SER SELETIVO COM RELE 10 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4

RELE 10 PARA SER SELETIVO COM RELE 10 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4

RELE 10 PARA SER SELETIVO COM RELE 10 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4

RELE 10 PARA SER SELETIVO COM RELE 10 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4

RELE 10 PARA SER SELETIVO COM RELE 10 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4

RELE 10 PARA SER SELETIVO COM RELE 10 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4

RELE 10 PARA SER SELETIVO COM RELE 10 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4

RELE 10 PARA SER SELETIVO COM RELE 10 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4

RELE 10 PARA SER SELETIVO COM RELE 10 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4

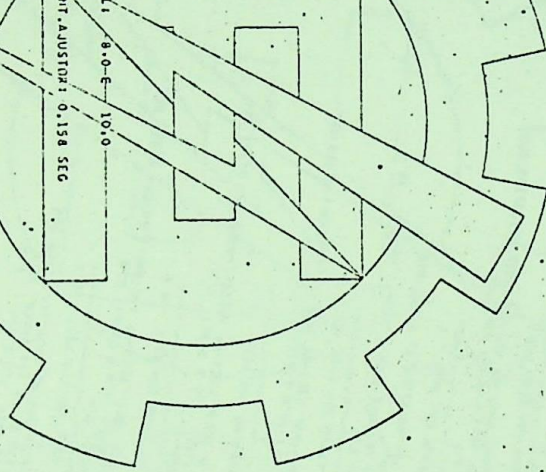
RELE 10 PARA SER SELETIVO COM RELE 10 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4

RELE 10 PARA SER SELETIVO COM RELE 10 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4

RELE 10 PARA SER SELETIVO COM RELE 10 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4

RELE 10 PARA SER SELETIVO COM RELE 10 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4

RELE 10 PARA SER SELETIVO COM RELE 10 1
 INTERV.SECT.OESQUAMA 0,4



ESPECIFICAÇÃO

APÓS A CALIBRAÇÃO ACIMA ESTE O RELE P/OS 6 PONTOS ABAIXO, REAJUSTANDO O DIAL SE NECESSÁRIO

NO. TESTE	MULTIFLUXO DO TAPEI	CONDIÇÃO DO TAPEI	CONDIÇÃO DO TAPEI	MINUTOS	MINUTOS	MINUTOS	MINUTOS	MINUTOS	MINUTOS	MINUTOS
1	1-5	24,00	24,00	37,69	36,61	30,98	30,98	19,75	19,75	15,52
2	2-0	32,00	32,00	14,83	6,19	6,37	6,37	4,14	4,14	3,09
3	3-0	44,00	44,00	3,99	2,91	3,09	3,09	1,60	1,60	1,05
4	4-0	64,00	64,00	2,91	2,91	3,09	3,09	1,60	1,60	1,05
5	5-0	80,00	80,00	2,91	2,91	3,09	3,09	1,60	1,60	1,05
6	6-0	100,00	100,00	2,91	2,91	3,09	3,09	1,60	1,60	1,05

SEJA UNID. INSTANTANEA DISPONIVEL OU SE DISPONIVEL DEVE SER BLOCADA

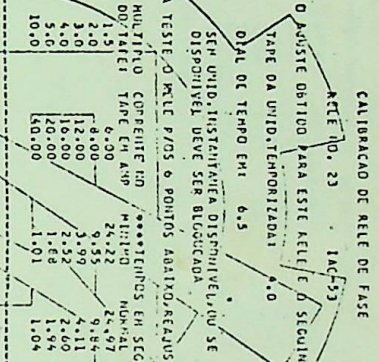
RELE NO. 44 IAC-53

CALIBRAÇÃO DE RELE DE FASE

O ANILHETE GORTICO PARA ESTE RELE E O SEQUINTEI

TAPE DA UNID. TEMPORIZADA 16,0

DIAL DE TEMPO E=1 10,0



CALIBRAÇÃO DE RELE DE FASE

RELE NO. 23 IAC-53

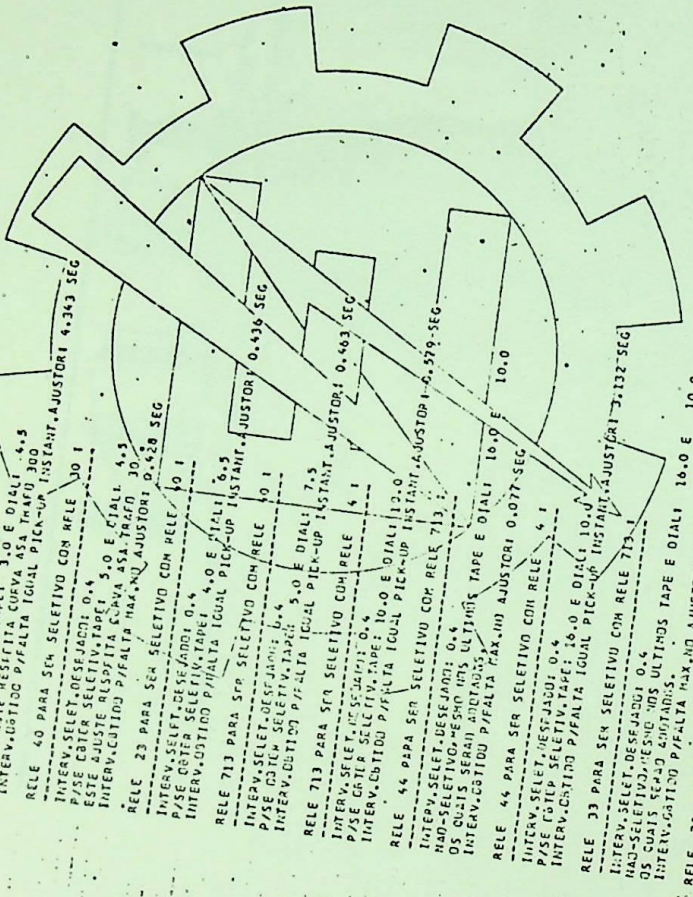
O ANILHETE GORTICO PARA ESTE RELE E O SEQUINTEI

TAPE DA UNID. TEMPORIZADA 6,5

DIAL DE TEMPO E=1 10,0

SEJA UNID. INSTANTANEA DISPONIVEL OU SE DISPONIVEL DEVE SER BLOCADA

NO. TESTE	MULTIFLUXO DO TAPEI	CONDIÇÃO DO TAPEI	CONDIÇÃO DO TAPEI	MINUTOS	MINUTOS	MINUTOS	MINUTOS	MINUTOS	MINUTOS	MINUTOS
1	1-5	6,00	24,222	9,85	9,85	23,172	19,14	5,72	5,72	4,28
2	2-0	8,00	24,222	3,53	1,68	2,94	2,94	2,00	2,00	1,47
3	3-0	12,00	24,222	2,53	1,68	2,94	2,94	2,00	2,00	1,47
4	4-0	16,00	24,222	1,68	1,68	2,94	2,94	2,00	2,00	1,47
5	5-0	20,00	24,222	1,68	1,68	2,94	2,94	2,00	2,00	1,47
6	6-0	24,00	24,222	1,68	1,68	2,94	2,94	2,00	2,00	1,47



FALSOU O PRE-AJUSTE DO RELE 200 AJUSTANDO ESTE DISPOSITIVO NA SERIA CONSIDERADO.

RELE 30 PARA SER SELETIVO COM RELE 20

INTERV. SELET. DESEJADO 0,4

INTERV. GORTICO P/FALTA IGUAL PICK-UP INSTANT. AJUSTORI 0,436 SEG

RELE 40 PARA SER SELETIVO COM RELE 30

INTERV. SELET. DESEJADO 0,4

INTERV. GORTICO P/FALTA IGUAL PICK-UP INSTANT. AJUSTORI 0,436 SEG

RELE 23 PARA SER SELETIVO COM RELE 10

INTERV. SELET. DESEJADO 0,4

INTERV. GORTICO P/FALTA IGUAL PICK-UP INSTANT. AJUSTORI 0,436 SEG

RELE 713 PARA SER SELETIVO COM RELE 41

INTERV. SELET. DESEJADO 0,4

INTERV. GORTICO P/FALTA IGUAL PICK-UP INSTANT. AJUSTORI 0,436 SEG

RELE 44 PARA SER SELETIVO COM RELE 33

INTERV. SELET. DESEJADO 0,4

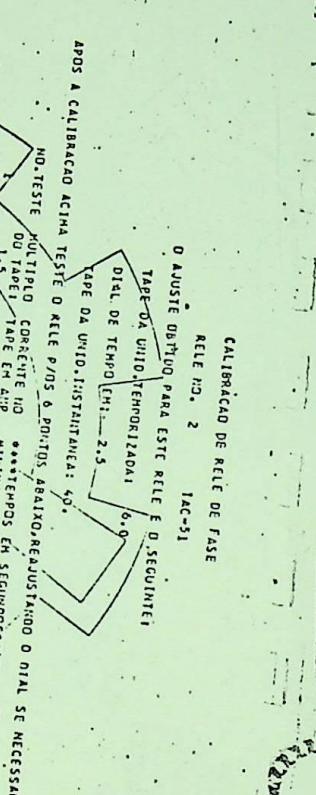
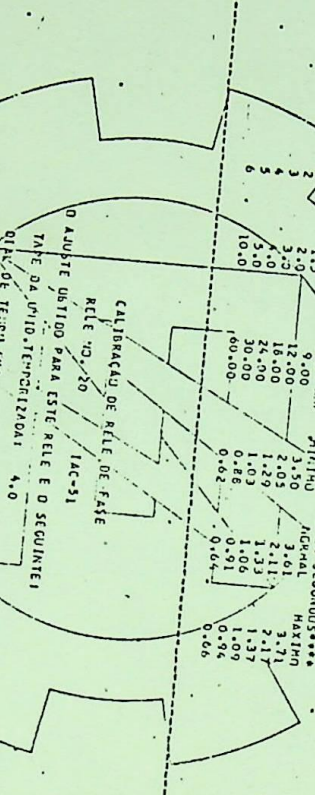
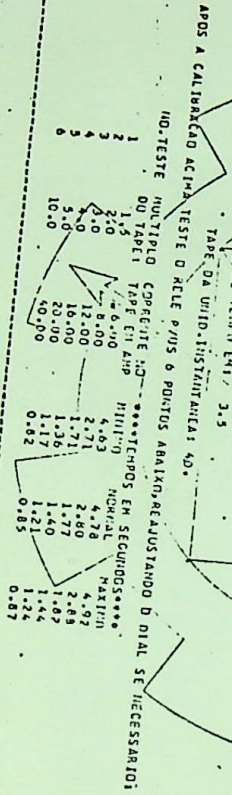
INTERV. GORTICO P/FALTA IGUAL PICK-UP INSTANT. AJUSTORI 0,436 SEG

RELE 33 PARA SER SELETIVO COM RELE 41

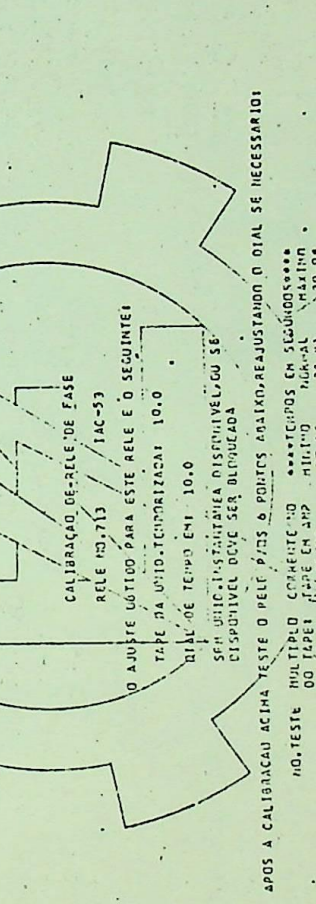
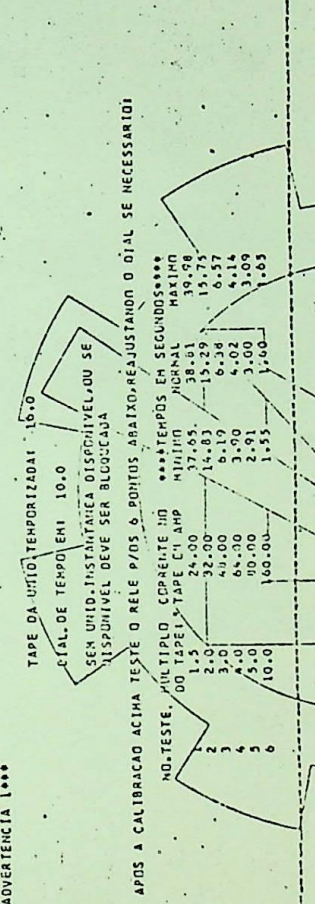
INTERV. SELET. DESEJADO 0,4

INTERV. GORTICO P/FALTA IGUAL PICK-UP INSTANT. AJUSTORI 0,436 SEG

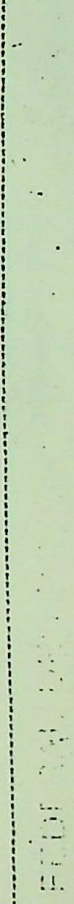
APÓS A CALIBRAÇÃO ACIMA ESTE O RELE P/OS 6 PONTOS ABAIXO, REAJUSTANDO O DIAL SE NECESSÁRIO



CALIBRACAO DE RELE DE FASE
RELE NO. 2 IAC-51
O AJUSTE UBTIDPO PARA ESTE RELE E O SEQUINTEI



CALIBRACAO DE RELE DE FASE
RELE NO. 33 IAC-53
O AJUSTE UBTIDPO PARA ESTE RELE E O SEQUINTEI



RELE NO. 1

XX

V

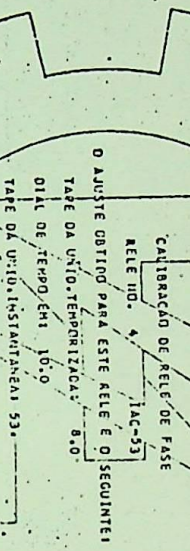
TAPE DA UNID. TEMPORIZADA! 8.0

DIAL DE TEMPO EMI 10.0

SEM UNID. INSTANTANEA DISPONIVEL, OU SE DISPONIVEL DEVE SER BLOCADA

APÓS A CALIBRAÇÃO ACIMA TESTE O RELE P/OS 6 PONTOS ANEXO, REAJUSTANDO O DIAL SE NECESSÁRIO!

NO. TESTE	MULTIPL. DO TAPEI	CORRENTE NO TAPE EN AMP	MÍNIMO	***TEMPOS EM SEGUNDOS***	
				NORMAL	MAXIM
1	1.5	12.00	37.65	38.01	39.98
2	2.0	16.00	14.03	15.29	15.75
3	3.0	24.00	6.19	6.38	6.57
4	4.0	32.00	3.90	4.02	4.14
5	5.0	40.00	2.91	3.00	3.09
6	10.0	80.00	1.55	1.60	1.65



APÓS A CALIBRAÇÃO ACIMA TESTE O RELE P/OS 6 PONTOS ANEXO, REAJUSTANDO O DIAL SE NECESSÁRIO!

NO. TESTE	MULTIPL. DO TAPEI	CORRENTE NO TAPE EN AMP	MÍNIMO	***TEMPOS EM SEGUNDOS***	
				NORMAL	MAXIM
1	1.5	12.00	37.65	38.01	39.98
2	2.0	16.00	14.03	15.29	15.75
3	3.0	24.00	6.19	6.38	6.57
4	4.0	32.00	3.90	4.02	4.14
5	5.0	40.00	2.91	3.00	3.09
6	10.0	80.00	1.55	1.60	1.65

ESCALA FEDERAL

CALIBRAÇÃO DE RELE DE FASE
RELE NO. 1 IAC-53

O AJUSTE IMPOSTO PARA ESTE RELE E O SEQUINTEI
TAPE DA UNID. TEMPORIZADA! 8.0

DIAL DE TEMPO EMI 8.0

TAPE DA UNID. INSTANTANEA! 50.

APÓS A CALIBRAÇÃO ACIMA TESTE O RELE P/OS 6 PONTOS ANEXO, REAJUSTANDO O DIAL SE NECESSÁRIO!

NO. TESTE	MULTIPL. DO TAPEI	CORRENTE NO TAPE EN AMP	MÍNIMO	***TEMPOS EM SEGUNDOS***	
				NORMAL	MAXIM
1	1.5	12.00	29.08	30.90	31.83
2	2.0	16.00	11.81	12.18	12.54
3	3.0	24.00	4.93	5.08	5.24
4	4.0	32.00	3.11	3.21	3.30
5	5.0	40.00	2.32	2.39	2.47
6	80.00	80.00	1.23	1.28	1.32

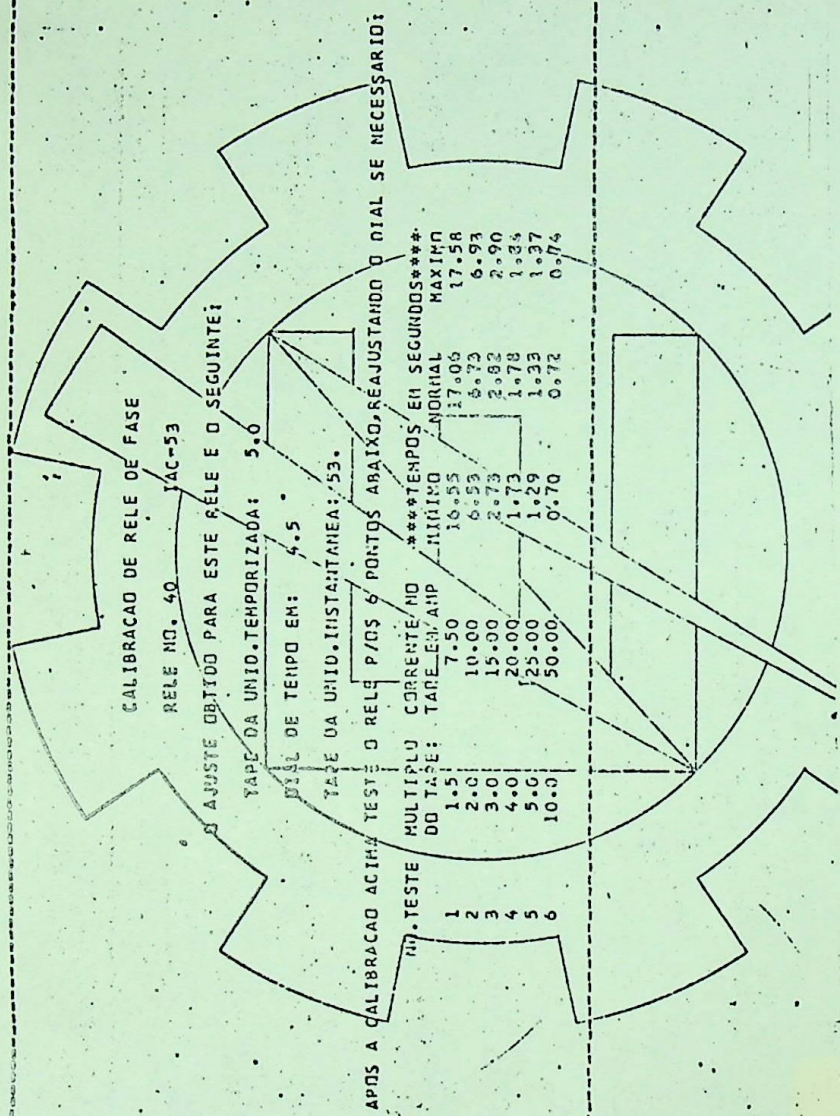
ADVERTENCIA

APÓS A CALIBRAÇÃO ACIMA TESTE O RELE P/OS 6 PONTOS ANEXO, REAJUSTANDO O DIAL SE NECESSÁRIO!

NO. TESTE	MULTIPL. DO TAPEI	CORRENTE NO TAPE EN AMP	MÍNIMO	***TEMPOS EM SEGUNDOS***	
				NORMAL	MAXIM
1	1.5	12.00	17.93	17.93	17.98
2	2.0	16.00	7.53	7.53	7.58
3	3.0	24.00	4.78	4.78	4.83
4	4.0	32.00	3.21	3.21	3.26
5	5.0	40.00	2.32	2.32	2.37
6	10.0	80.00	1.17	1.17	1.22



2	3.0	16.00	11.81	12.18	12.54
3	3.0	24.00	4.93	5.08	5.24
4	4.0	32.00	3.11	3.21	3.30
5	5.0	40.00	2.32	2.39	2.47
6	10.0	80.00	1.24	1.28	1.32



STOP 1106:

F

