



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

Estudo da Proteção de Sobrecorrente da Estação Coletora de Petróleo Fazenda Malaquias

Aluno: Huno Costa Alves

Orientador: Francisco das Chagas Fernandes Guerra

Campina Grande, 22 de Junho de 2010

Trabalho de Conclusão de Curso

A474e Alves, Huno costa.

Estudo da proteção de sobrecorrente da Estação Coletora de Petróleo Fazenda Malaquias. / Huno costa Alves. - Campina Grande - PB: [s.n], 2010.

37f.

Orientador: Professor Dr. Francisco das chagas Fernandes Guerra.

Trabalho de Conclusão de Curso - Monografia; (Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Engenharia Elétrica e Informática.

1. Sobrecorrente - proteção. 2. Relés de sobrecorrente. 3. Transformador de corrente. 4. Transformador de potencial. 5. Filosofia de proteção - Engenharia Elétrica. 6. Estação Coletora de Petróleo Fazenda Malaquias. 7. Sistema elétrico - filosofia de proteção. I. Guerra, Francisco das Chagas Fernandes. II. Título.

CDU:621.3(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Estudo da Proteção de Sobrecorrente da Estação Coletora de Petróleo Fazenda Malaquias

Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado à coordenação
do Curso de Engenharia Elétrica
da UFCG, como parte dos
requisitos para obtenção do título
de Engenheiro Eletricista.

Aprovado em ____ de _____ de 2010.

Banca Examinadora:

Orientador: Prof. Francisco das Chagas Fernandes Guerra

Convidada: Prof^ª. Maria de Fátima Q. Vieira

Campina Grande, 22 de Junho de 2010

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais João Alves da Silva Neto e Edna Maria Costa Alves e a minha irmã Melina Costa Alves, que desde os primeiros anos de escola me incentivaram para os estudos e me tranquilizaram perante todas as situações adversas encontradas em minha vida, aos demais familiares e amigos que apóiam e dão força para as nossas conquistas.

Agradeço aos meus colegas, em especial, Luiz Gianini, Ângelo Vinicius, Rodrigo Komatsu, Antônio Alberto e Saulo Lima por terem dividido comigo momentos de alegria e tristeza me ajudando ao longo destes cinco anos, incentivando nos momentos mais críticos do curso.

Ao professor Francisco das Chagas Fernandes Guerra, pela orientação do Trabalho de Conclusão de Curso, e sua grande compreensão ajudando-me quando necessitei.

Agradeço também a todos aqueles, que não por menor importância, não foram citados, mas que também tiveram grande contribuição na realização do sonho de adquirir o título de Engenheiro Eletricista.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABELAS.....	V
1. INTRODUÇÃO	1
2. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO	2
2.1. Filosofia de Proteção.....	2
2.2. Transformador de Corrente (TC).....	3
2.3. Transformador de Potencial (TP)	6
2.4. Disjuntores.....	7
2.5. Religadores.....	8
3. PROTEÇÃO DE SOBRECORRENTE.....	9
3.1. Relés de sobrecorrentes temporizados	12
3.2. Relés de sobrecorrentes instantâneo	16
3.3. Seletividade	17
3.4. Sensibilidade.....	19
4. PTW.....	20
5. ESTAÇÃO COLETORA DE PETRÓLEO FAZENDA MALAQUIAS.....	20
5.1. Motores	21
5.2. Cabos.....	21
5.3. Transformadores	21
5.4. Diagrama Elétrico	22
5.5. Método para Parametrização	23
5.6. Considerações Técnicas	27
6. CONCLUSÃO	28
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	28
8. ANEXOS	29
8.1. Tabela ANSI.....	29
8.2. Diagrama Unifilar Geral	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Símbolo do Transformador de Corrente.....	3
Figura 2.2 – Conexão do TC ao Sistema.....	4
Figura 2.3 – Circuito Equivalente do TC	5
Figura 3.1 – Zonas de Proteção	11
Figura 3.2 – Característica de um Nível de Detecção de um Relé de Sobrecorrente	12
Figura 3.3 – Relés de Sobrecorrente. Representação Unifilar/Diagrama Trifásico	12
Figura 3.4 – Família de Curvas de Tempo Inverso do Relé.....	14
Figura 3.5 – Curva Tempo Inverso do Relé de Sobrecorrente	15
Figura 3.6 – Aplicação do Relé de Sobrecorrente Instantâneo	17
Figura 5.1 – Diagrama Elétrico da Estação de FMQ	22
Figura 5.2 – Seleção de Curva e Parâmetros.....	25
Figura 5.3 – Relé NULEC	25
Figura 5.4 – Seletividade I	26
Figura 5.5 – Seletividade II	27
Figura 8.1 – Diagrama Unifilar Geral.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Classe de Exatidão dos TCs	6
Tabela 5.1 – Dados dos Motores WEG.....	21
Tabela 5.2 – Dados dos Cabos.....	21
Tabela 5.3 – Dados dos Transformadores	21
Tabela 5.4 – Dados das Correntes de Falta	23
Tabela 8.1 – Tabela ANSI.....	29

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório tem por objetivo apresentar um estudo da proteção de sobrecorrente da estação coletora de petróleo fazenda Malaquias. A estação de Três Marias retira água da terra através do poço cacimba e encaminha esta para Fazenda Malaquias, injetando o líquido recebido no poço de petróleo através de uma unidade bombadora, facilitando a sua extração. O seguinte passo é o transporte da mistura água e petróleo para Três Marias, onde a mistura é separada e os componentes são armazenados em tanques separados.

O relatório tem início com um desenvolvimento teórico onde são abordados pontos como a filosofia da proteção, os principais componentes de um sistema de proteção, a sua terminologia e teoria de ajustes. Em seguida são fornecidas informações sobre o sistema objeto desse estudo e, ao final, são apresentados os procedimentos utilizados para realização do estudo de sobrecorrente, assim como, as conclusões retiradas do trabalho.

2. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

2.1 Filosofia de Proteção

A filosofia da proteção é a técnica de selecionar, ajustar e coordenar os vários equipamentos e dispositivos protetores de um sistema elétrico, de forma que seja guardada entre eles uma determinada relação, tal que, quando ocorrer uma anormalidade no sistema, ela possa ser isolada e removida, sem que as outras partes do mesmo sejam afetadas. Diminuindo assim as despesas com manutenção corretiva, melhorando a continuidade do serviço, salvando a integridade física de operadores e usuários do sistema e evitando ou diminuindo danos materiais.

Os principais equipamentos e dispositivos que em ação conjunta formam um esquema de proteção são os seguintes:

- Transformadores de corrente (TC);
- Transformadores de potencial (TP);
- Disjuntores;
- Religadores;
- Relés de Sobrecorrente.

Mesmo com a evolução da tecnologia, e assim dos equipamentos e dispositivos de proteção de um sistema, a filosofia de proteção continua mantendo as suas propriedades básicas:

- **Confiabilidade:** Probabilidade do sistema de proteção funcionar com segurança e corretamente, sob todas as circunstâncias.
- **Seletividade:** O sistema de proteção que possui esta propriedade é capaz de reconhecer e selecionar as condições que deve operar, a fim de evitar operações desnecessárias.
- **Velocidade:** Um sistema de proteção deve possibilitar o desligamento do trecho ou equipamento defeituoso no menor tempo possível.
- **Sensibilidade:** Um sistema de proteção deve responder às anormalidades com menor margem possível de tolerância entre a operação e não operação dos seus equipamentos.
- **Segurança:** Deve ser garantida a não atuação do esquema de proteção em condições normais de operação do sistema, bem como sua perfeita operação no caso de defeito no mesmo;

- **Economia:** Todos os objetivos principais da filosofia da proteção devem ser atingidos através de um esquema de proteção cuja implantação seja economicamente viável.

2.2 Transformado de Corrente (TC)

É um transformador destinado a reproduzir proporcionalmente, em seu circuito secundário, a corrente de seu circuito primário com sua posição fasorial mantida, conhecida e adequada para uso em instrumentos de medição, controle e proteção. Ao fornecer uma réplica em escala reduzida da corrente circulante no sistema, os TC possibilitam reduzir a quantidade de cobre nos enrolamentos e dessa forma o custo dos equipamentos de medição, controle e relés.

O símbolo convencionalmente adotado para representar o TC é mostrado na Fig.2.1.

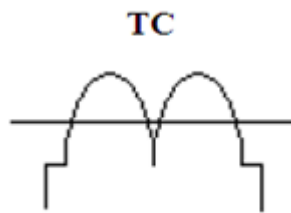


Figura 2.1 - Símbolo do Transformador de Corrente.

Fonte: Geraldo Kinderman (1997)

A bobina primária do TC deve ser conectada em série com a carga, logo ela estará submetida a correntes que variam de zero a máxima corrente de curto-circuito no local da sua instalação. Para que o TC não produza uma queda de energia significativa e seu consumo de energia seja praticamente nulo, o enrolamento primário deve ter fios espessos, para que a resistência elétrica seja pequena e deve possuir poucas espiras para que sua reatância seja a menor possível.

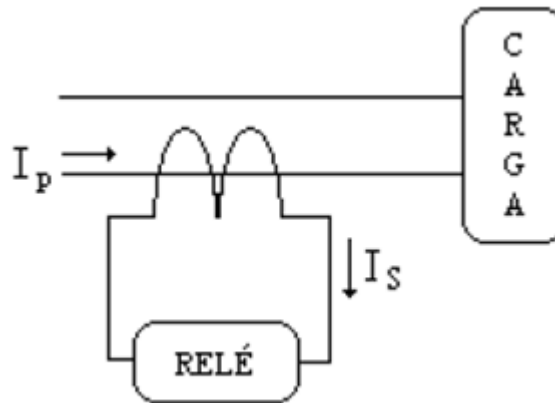


Figura 2.2 - Conexão do TC ao sistema.

Fonte: Geraldo Kindermann (1997)

A relação de transformação de um TC expressa em quantas vezes a corrente primária supera a do secundário, sendo expressa por:

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{n_s}{n_p} \quad (1)$$

Onde:

- I_p e I_s são a corrente do primário e do secundário, respectivamente.
- n_p e n_s são o número de espiras do primário e do secundário, respectivamente.

Os equipamentos de proteção são padronizados para 5A, as relações de transformação do mesmo são convencionalmente denotadas por X/5 onde X é a corrente primária. Segundo a NBR 6856 da ABNT, as correntes primárias do TC podem ser de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000, 6000, 8000A. Os valores sublinhados são os reconhecidos pela norma ANSI (*American National Standart Institute*).

Do ponto de vista eletromagnético, o TC se comporta como um transformador comum. Seu circuito equivalente resulta da associação entre o modelo de um transformador ideal e um circuito responsável pelas perdas.

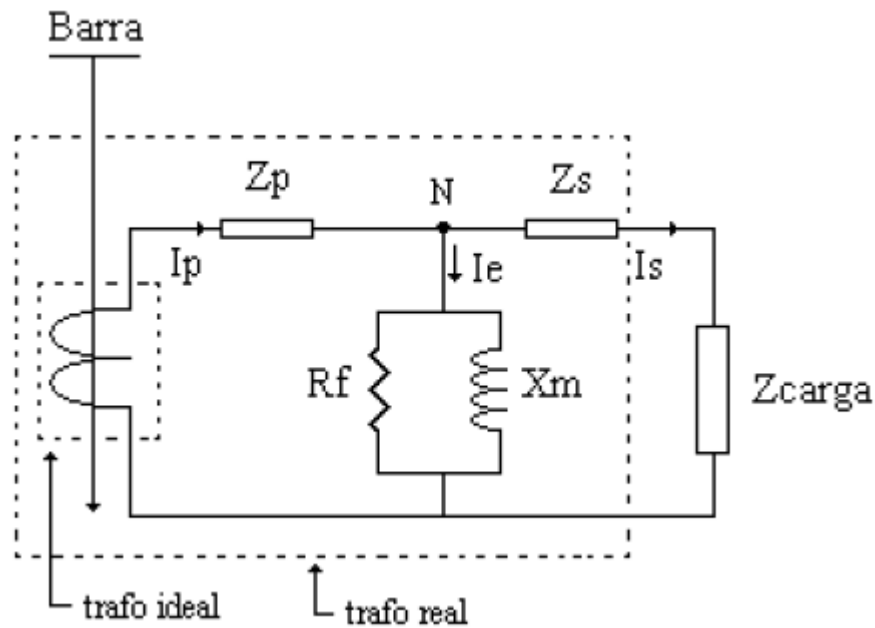


Figura 2.3 – Circuito equivalente do TC.

Fonte: Geraldo Kinderman (1997)

Aplicando a lei de Kirchhoff do nó na Fig. 2.3, obtemos a seguinte equação:

$$\text{—} \quad (2)$$

Deste modo I_e é a corrente responsável pelo erro causado pelo TC, ou seja, erro de relação e ângulo de fase. Transformadores de corrente para medição devem fornecer uma corrente I_s com elevado grau de fidelidade, principalmente durante o curto-circuito, já na proteção o importante não é a precisão e sim uma atuação rápida dentro das limitações operativas e de coordenação.

O Fator de Sobrecorrente (FS) do TC é definido pela relação da máxima corrente de curto-circuito que pode passar pelo primário do TC e a sua corrente primária nominal, para que a precisão de sua classe seja mantida.

$$\text{—————} \quad (3)$$

Os valores máximos das correntes de curto-circuito que podem passar pelo primário do TC para que o seu erro seja mantido segue as normas do país ao qual pertence o sistema elétrico. Os valores padronizados do fator de sobrecorrente são:

- ANSI → FS = 20.
- ABNT → FS = 5, 10, 15 e 20.

No Brasil, verifica-se uma tendência ao uso do $FS = 20$.

No momento da especificação de um transformador de corrente, deve-se levar em consideração a limitação imposta pelo FS. Essa limitação é expressa por:

(4)

A Inequação (4) assegura o funcionamento do TC dentro do limite imposto por sua classe de exatidão, sendo $I_{curto-circuito}$ o maior valor de curto-circuito na barra em que se encontra instalado o TC.

A Classe de Exatidão de um TC é definida como o erro percentual máximo que um TC pode apresentar para um intervalo de corrente especificado pelo fabricante.

Classe de Exatidão (%)	Aplicação
Menor que 0,3	TC Padrão
	Medições em Laboratório
	Medições Especiais
0,3	Medição de Energia Elétrica para Faturamento
0,6 ou 1,2	Medição de Energia Elétrica sem Finalidade de Faturamento
	Alimentação de Instrumentos de Controle
10	Proteção

Tabela 1 – Classe de Exatidão dos TCs.

Em proteção os transformadores de corrente podem apresentar as classes de exatidão 2,5; 5 ou 10%. O valor comumente utilizado é o de 10%.

2.3 Transformado de Potencial (TP)

É um transformador destinado apenas a transmitir o sinal de tensão a instrumentos de medição, controle e proteção. Ele deve produzir no seu secundário uma tensão com o menor erro possível, sendo essa tensão uma réplica da tensão de linha do sistema elétrico.

A carga nominal do TP é definida como sendo a máxima potência aparente em VA que se pode conectar ao seu secundário, para que o TP não ultrapasse o erro de relação de sua classe de exatidão.

As classes de exatidão para os TP são 0,3 e 0,6; estas que se destinam a aparelhos de medição de faturamento e 1,2% que é usada para proteção.

A diferença fundamental entre Transformadores de Força e TP é que o que limita a máxima potência que se pode transferir por um transformador de força é o seu aquecimento, que é fixado pela classe de isolamento do material empregado na sua fabricação. Já o TP tem sua limitação de máxima potência pelo seu erro de transformação dado pela sua classe de exatidão.

2.4 Disjuntores

Disjuntor é um dispositivo projetado e especializado em providenciar o fechamento ou abertura do circuito em carga ou em curto circuito. Na proteção, o comando do disjuntor é feito pelo relé. O relé supervisiona o circuito e o disjuntor comandado pelo relé opera abrindo ou fechando o circuito.

O disjuntor, dependendo do local e da importância do sistema elétrico, pode ter a abertura dos seus contatos feita por ação de mola ou ar comprimido. A sua abertura é feita em uma câmara de extinção do arco elétrico que pode ser de:

- Ar
- Vácuo
- Óleo
- Gás (SF₆)

A bobina de disparo do disjuntor é projetada adequadamente para que quando, energizada produza com garantia o destravamento do dispositivo de liberação da abertura do disjuntor. A liberação do destravamento pode ser de diversos tipos, tais como a produzida por um jogo de engrenagem e alavancas que liberam a ação:

- Da mola;
- Da válvula do ar comprimido.

Todo o sistema é provido de um conjunto de contatos auxiliares, objetivando secundariamente outras funções tais como:

- Sinalização luminosa, mecânica e sonora;
- Intertravamento para bloquear outras operações;
- Caracterização do estado atual;
- Energizar outros dispositivos, tais como chaves magnéticas, relés auxiliares, relés de temporização;
- Transferir comandos.

2.5 Religadores

Um religador é constituído por um mecanismo automático projetado para abrir e fechar circuitos em carga ou em curto-circuito, comandado por relés de sobrecorrente de ação indireta (alimentados por TC), que realizam as funções 50 e 51, e por um relé de religamento (função 79).

Os dispositivos sensores e de controle de um religador são microprocessadores dedicados que realizam as funções 50, 51 e 79 e muito mais. São os chamados religadores microprocessados ou numéricos de multifunção. Essa numeração é a adotada pela Tabela ANSI, em anexo. A numeração 50 significa relé de sobrecorrente instantâneo, 51 significa relé de sobrecorrente temporizado. Quando a letra G é adicionada à numeração, significa proteção de terra.

Para extinguir os arcos elétricos inerentes às operações de chaveamento de circuitos em carga ou curto-circuito, os religadores usam mecanismos e meios de interrupção similares aos disjuntores.

Os meios de interrupção mais comuns são:

- Óleo isolante;
- Câmara de vácuo;
- Gás (SF₆).

O religador ao sentir uma condição de sobrecorrente, interrompe o circuito, religando-o automaticamente, após um tempo pré-determinado. Se perceber, no momento do religamento, que o defeito ainda persiste, repete a sequência “disparo x religamento”, até que o mecanismo de religamento é travado, deixando aberto o circuito.

A repetição da sequência “disparo x religamento”, permite que o religador teste repetidamente se o defeito desapareceu, possibilitando diferenciar um defeito transitório de um permanente.

Geralmente, um religador é projetado para realizar, no máximo, três religamentos seguidos por quatro disparos, entretanto, permite ajuste para trabalhar com um, dois ou três, sendo que, após o último previamente ajustado, permanece aberto, até que seja fechado pela ação do operador. Os disparos podem ser rápidos (ou instantâneos) e lentos (ou temporizados).

A coordenação relé x religador está assegurada quando os seguintes critérios são satisfeitos:

1° A curva de tempo do relé estiver mais de 0,2 s acima da curva retardada do religador, para todos os valores de corrente de curto-circuito na zona de proteção do religador.

$$t_{\text{ATUAÇÃO, RELÉ}} > t_{\text{DISP. RETARD. RELIG.}} + 0,2\text{s} \quad (5)$$

2° A soma dos avanços do relé, em por cento, durante as operações de disparo do religador, menos os rearmes do relé, em por cento, durante os intervalos de religamento do religador, for inferior a 80%.

É importante ressaltar que este critério só deve ser verificado quando o tempo de rearme ou restabelecimento do relé é considerável.

3. PROTEÇÃO DE SOBRECORRENTE

A proteção dos Sistemas Elétricos de Potência é feita por esquemas de proteção que, por sua vez, são basicamente comandados por relés. Relés são dispositivos que detectam condições anormais de operação do sistema elétrico e que efetuam ações, no menor tempo possível, com objetivo de normalizar o sistema ou retirar de operação parte do circuito que apresente condições anormais de operação.

Logo, um relé de proteção deve ter como função principal o diagnóstico correto do problema, uma resposta rápida e que cause o menor distúrbio possível no sistema elétrico.

Além disso, os relés têm como função secundária, promover a indicação da localização e do tipo de defeito, visando a mais rápida reparação, possibilidade de análise da eficiência e características da proteção adotada.

Quando o comando para abertura do disjuntor for enviado por um relé tomando por base o fato da corrente no circuito ter ultrapassado um valor pré-fixado, estaremos diante de um relé de sobrecorrente.

Quanto a aspectos construtivos, os relés podem ser classificados em:

- **Relés eletromecânicos:** pioneiros da proteção com predomínio de movimentos mecânicos oriundos de acoplamentos elétricos e magnéticos;
- **Relés eletrônicos ou estáticos:** não há dispositivo mecânico em movimento, os comandos e operações são feitos eletronicamente;

- **Relés digitais:** gerenciados por microprocessadores e capazes de simular todos os relés existentes é um só equipamento.

Quanto ao tempo de atuação, os relés são denominados:

- **Relés instantâneos;**
- **Relés temporizados**
 - Tempo definido
 - Tempo indefinido
 - Normalmente inversa
 - Moderadamente inversa
 - Muito inversa
 - Extremamente inversa

Considerando inicialmente que relés protegem o sistema contra curto-circuito, definem-se dois grupos de relés: o primeiro grupo chamado de relés primários ou principais, e o segundo, chamado de *backup* ou de retaguarda. Os relés principais são os primeiros a agir, objetivando a eliminação do curto-circuito, enquanto que os de *backup* somente agem em caso de falha dos relés primários.

A Fig. 3.1 apresenta uma representação de um circuito de potência. Observa-se que os disjuntores, que são acionados por relés, estão localizados na conexão de qualquer dispositivo de potência ou na interligação entre estes. Outra observação que pode ser feita é que uma zona de proteção é estabelecida em volta de qualquer dispositivo e há também uma superposição de zonas, em torno dos disjuntores, visando ao socorro em caso de falha da proteção principal. Isto representa que se ocorrer alguma falta dentro de uma determinada zona de proteção, todos os disjuntores dentro desta zona serão acionados.

Os dispositivos de proteção de retaguarda, normalmente, são utilizados somente para proteção contra curto-circuito, pois este é o tipo preponderante de falhas elétricas em sistemas de potência, aumentando, assim, a possibilidade de falha no sistema de proteção primário. A experiência mostra que o uso de relés de retaguarda para outra finalidade além da proteção contra curto-circuito não é economicamente justificável.

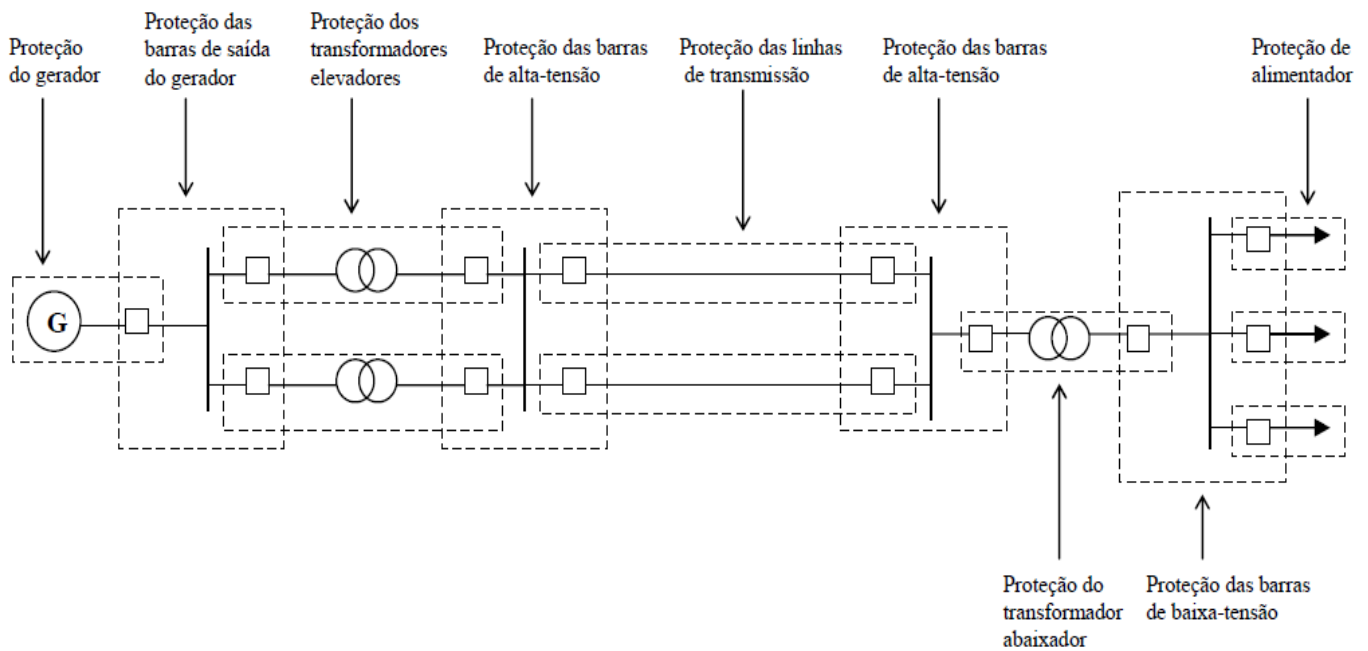


Figura 3.1 – Zonas de proteção.

Fonte: Elenilton T. Domingues (2003)

Assim, os relés são capazes de avaliar uma ampla variedade de grandezas para estabelecer que tipo de ação corretiva seja requerido, para poderem atuar em função de uma falta ou de uma condição de operação anormal. O parâmetro mais comum que reflete a presença de faltas são variações de tensões e correntes nos terminais do equipamento protegido ou da zona de proteção. O principal problema nos equipamentos de proteção é a definição das quantidades que diferenciam uma condição normal de operação de uma anormal, ou seja, a real detecção de uma falta.

Em geral, quando as faltas ocorrem, correntes de grande magnitude aparecem e os valores de tensão decaem. Entretanto, não são somente estas grandezas que sofrem variações, mas também a frequência do sistema, a potência ativa e reativa, os ângulos dos fasores de tensão e corrente, componentes harmônicas, etc. A função do relé é detectar as mudanças nestas grandezas e reconhecer quais estão dentro de sua zona de proteção.

O mais simples dos princípios de operação de um relé é o nível de detecção. Para todos os valores superiores a este nível, no caso de corrente, o relé irá atuar. Esta atuação, normalmente, é um comando sobre um disjuntor ou um alarme sonoro para que um operador possa intervir e tomar alguma decisão.

Para saber qual o nível de detecção a ser utilizado em um relé, deve-se conhecer a corrente máxima de operação sob aquele dispositivo. Considerando uma margem de

segurança, qualquer corrente acima desta margem deve ser analisada como uma falta ou uma condição anormal.

Este nível de detecção é conhecido como ajuste de *pick-up* do relé. Ainda no caso de relés de corrente, atingido este valor de *pick-up* o relé irá atuar. Entretanto, para valores menores, o relé não terá atuação nenhuma.

A característica de operação de um relé de sobrecorrente é uma curva de tempo de atuação versus corrente. Um exemplo de curva é mostrado na Fig. 3.2 e pode-se observar que quanto maior for a corrente, menor será o tempo de atuação do relé. Para correntes abaixo da corrente de 1,0 PU (valor normalizado), o tempo de atuação é infinito e, para correntes maiores que 1,0 PU, o relé pode atuar dependendo da corrente de *pick-up*.

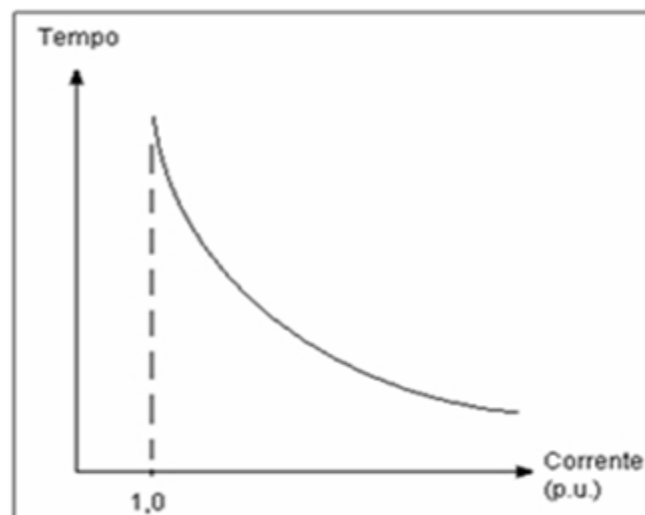


Figura 3.2 - Característica de um nível de detecção de um relé de sobrecorrente.
Fonte: Horowitz (1995)

3.1 Relés de sobrecorrentes temporizados

A principal aplicação de relés de sobrecorrente temporizado é em sistemas radiais, onde estes fornecem tanto proteção para as fases quanto para a terra.

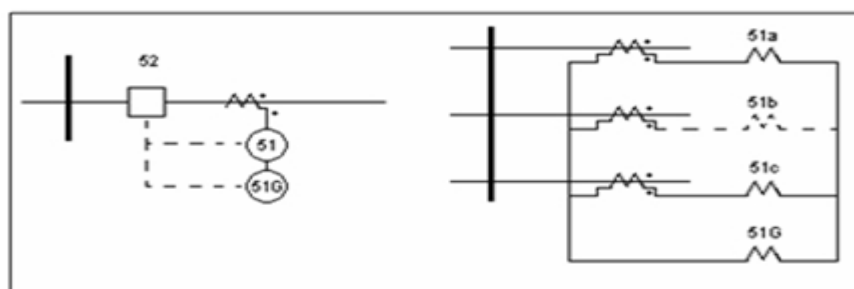


Figura 3.3 - Relés de Sobrecorrente. Representação Unifilar/Diagrama Trifásico.
Fonte: Horowitz (1995)

Um complemento básico de um relé de sobrecorrente temporizado pode ser um relé de duas fases e de terra. Desta forma protege contra qualquer combinação de faltas de fase e a terra. Entretanto, não apresenta nenhum tipo de redundância. Adicionando o terceiro relé, 51b no exemplo da Fig. 3.3, tem-se uma proteção completa, pois caso venha a falhar um dos relés, haverá outro que detectará a corrente de falta.

Há dois tipos de ajuste que são realizados em relés de sobrecorrente temporizado: o valor de *pick-up* e o tempo de atraso.

O ajuste de *pick-up* tem como objetivo proteger o sistema, na sua zona de proteção, contra todos os tipos de curto-circuito. Entretanto, o valor de *pick-up* deve ser superior a corrente máxima de operação, caso contrário, o relé poderá atuar indevidamente. Deve ser então considerada uma margem de segurança para o ajuste deste valor. Normalmente, é utilizada até duas vezes a corrente máxima de operação. Como o objetivo do relé de sobrecorrente é a proteção contra curto-circuito, o valor da corrente de *pick-up* deve ser inferior à menor corrente de falta. A menor corrente de falta é quando ocorre uma falta fase-fase.

O ajuste de *pick-up* é o primeiro ajuste a ser realizado, considerando a corrente máxima de operação e a mínima de curto-circuito no primário do TC. Através da relação de transformação do TC, a corrente do secundário é calculada.

No ajuste de tempo do relé de sobrecorrente de tempo inverso não se escolhe o tempo de atuação, mas sim a sua curva de atuação. Esta curva fisicamente é escolhida, dependendo das características e condições da coordenação dos relés presentes na proteção na qual estão inter-relacionados.

A coordenação depende de uma cadeia (escada) de tempos diferentes para a mesma corrente de curto-circuito. Isto garante urna sequência de seletividade na abertura dos disjuntores, sempre objetivando a eliminar o defeito, deixando sem energia o menor número de consumidores.

Por exemplo, no relé eletromecânico, as diferentes curvas apresentada na Fig.3.4, são relativas a diferentes posições que dão os distanciamentos dos contatos fixos e móvel.

Os fabricantes demarcam as curvas de atuação dos relés em percentagem ou na base 10. Assim as curvas podem ser:

- Curva: 0,05 – 0,1 – 0,2 – 0,3 – 0,4 – 0,5 – 0,6 – 0,7 – 0,8 – 0,9 – 1,0 ou
- Curva: 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%.

Note que todas as curvas são referenciadas a curva de 100%, sendo que as outras curvas têm o seu tempo referido ao da curva de 100%. Ou seja, para um respectivo curto circuito, o tempo de atuação, do relé corresponde a percentagem em relação ao tempo da curva 100%. Para melhor compreensão, para um curto-circuito cujo múltiplo (M) é 3,1, no relé da Fig. 3.4, teremos os seguintes tempos de atuação:

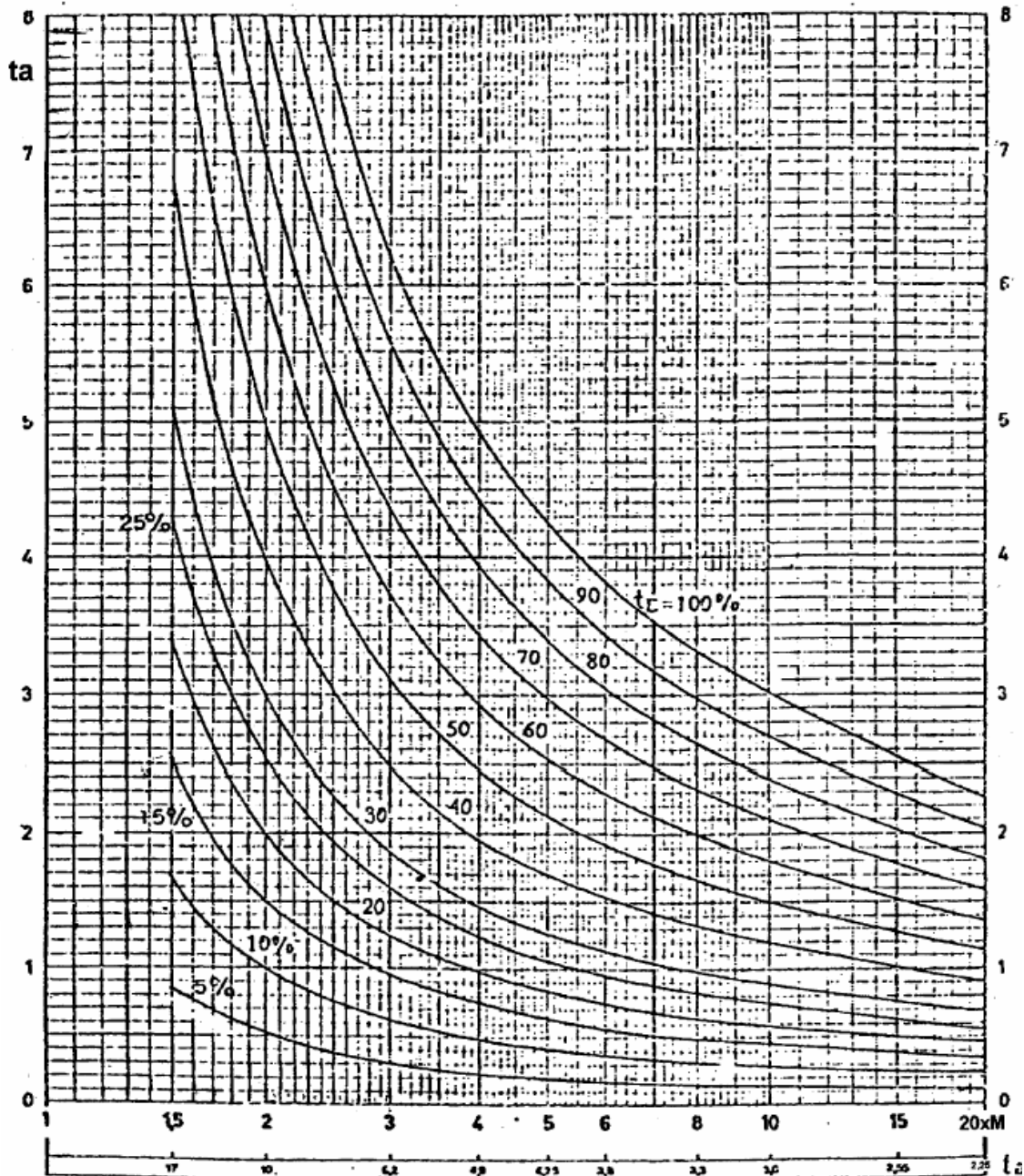


Figura 3.4 - Família de curvas de tempo inverso do relé.

Fonte: Geraldo Kindermann (1997)

Múltiplo 3,1 → Tempo curva 100% = 6s

Múltiplo 3,1 → Tempo curva 50% = 3s

Múltiplo 3,1 → Tempo curva 10% = 0,6s

O tempo de atuação do relé na curva 10%, é de 0,6s que corresponde a 10% do tempo da curva 100%.

A Fig. 3.5 mostra as zonas específicas de operação dos relés eletromecânicos, correspondente a sua corrente elétrica.

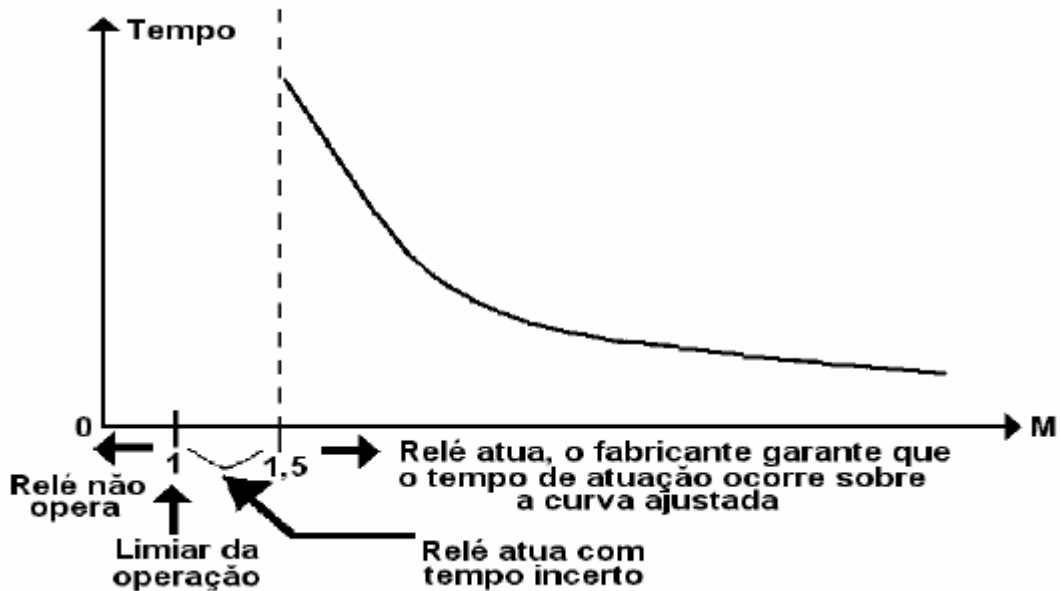


Figura 3.5 – Curva tempo inverso do relé de sobrecorrente.

Fonte: Elenilton T. Domingues (2003)

O fabricante garante que o tempo de atuação ocorre sobre a curva ajustada. Para evitar que o relé atue entre os múltiplos 1 e 1,5, deve-se ajustar o relé para sua corrente de *pick-up*, que atue satisfazendo a inequação:

$$I_{m\acute{a}x} \leq I_{ccmin} \leq \dots \quad (6)$$

Onde $I_{m\acute{a}x}$ é a máxima corrente de operação e I_{ccmin} é a mínima corrente de curto-circuito.

A característica do tempo de atraso do relé é um parâmetro independente que pode ser obtido de várias formas, dependendo do modelo do relé. Em relés eletromecânicos, com discos de indução, este tempo de atraso é realizado através do movimento do contato relativo em relação a um contato fixo. Quanto mais longe estiver este contato relativo, maior será o tempo de atraso para a atuação do relé. Há então, um ajuste da posição relativa, que vai de 0,5 a 10. Quanto maior for a amplitude de corrente, maior será a velocidade do disco de indução, e, portanto, menor será o tempo

de atuação. Essa é a chamada curva inversa temporizada. Em relés digitais, o tempo de atraso é estabelecido através do uso de algoritmos com *clocks* internos.

O objetivo do ajuste do tempo de atraso é estabelecer a coordenação entre os relés. Uma família de curvas pode ser estipulada para dois ou mais relés, detectando a mesma falta, mas podendo operar em tempos de diferentes.

Um relé de terra deve detectar todas as faltas fase-terra dentro de sua zona de proteção, mediante condições que garantam a mínima corrente de falta. Desta forma, é de grande importância o cálculo da corrente de terra, através da corrente de sequência zero. Normalmente, a corrente de terra não é maior que 10% da corrente máxima de operação.

3.2 Relés de sobrecorrentes instantâneo

O termo instantâneo significa que não há intenção de atraso na atuação do relé e é aplicado para relés que operam em um tempo mínimo, normalmente em torno de 100 milissegundos. Frequentemente, um relé de sobrecorrente instantâneo e um temporizado são fornecidos juntos, pois as duas funções são requeridas em conjunto. Essas funções são ajustadas independentemente, mas são atuadas pela mesma variável.

O princípio de atuação deste tipo de relé é o mesmo que o do temporizado, entretanto, a atuação é instantânea. A principal aplicação do relé de sobrecorrente instantâneo é fornecer um apoio ao relé de sobrecorrente temporizado. Na Fig. 3.6, observa-se que quanto maior a proximidade com a fonte de energia, maior é o tempo de atuação dos relés de sobrecorrente temporizados.

Entretanto, quanto maior esta proximidade, maior é a corrente de falta, visto que a impedância de Thévenin no ponto de falta é menor. Isso seria, então, um problema, caso não fosse utilizado um relé de sobrecorrente instantâneo.

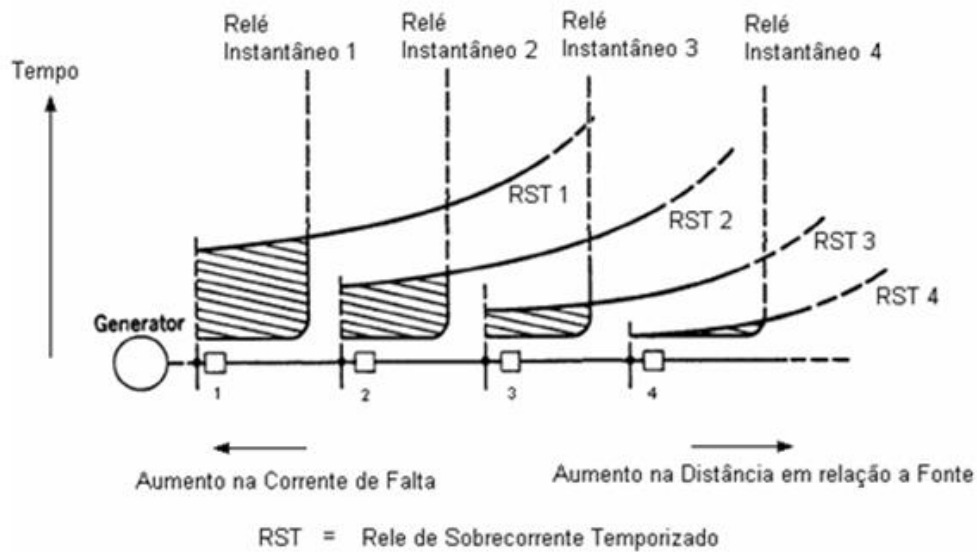


Figura 3.6: Aplicação do Relé de Sobrecorrente Instantâneo.
Fonte: HOROWITZ (1995)

Este dispositivo de proteção é ajustado para detectar todos os tipos de falta neste trecho e desconsidera a faltas em outros pontos ou outras barras.

3.3 Relés Digitais

Os relés digitais são eletrônicos, gerenciados por microprocessadores específicos para este fim, são controlados pro software, onde os dados, registros e calibrações são digitados. A maior vantagem desses relés é a mesma de um microcomputador, ou seja, não há necessidade de variações físicas nos parâmetros dos elementos do circuito, mas todos os comandos são efetuados via software.

O relé digital pode efetuar várias funções, tais como:

- Proteção;
- Supervisão de Rede;
- Transmissão de Sinais;
- Auto Supervisão;
- Religamento de Disjuntores;
- Obtenção de Dados para Relatórios.

Estes relés são extremamente rápidos e também são muito susceptíveis a interferências eletromagnéticas conduzidas, advindo a necessidades de filtros.

Diferente dos relés eletromecânicos, os digitais possuem um tempo de coordenação menor.

Devido ao fato dos relés digitais não possuírem os problemas já citados anteriormente dos relés eletromecânicos, os relés digitais podem atuar com múltiplos variando de 1 a 1,5, então deve-se ajustar o relé para sua corrente de *pick-up* atue satisfazendo a inequação:

$$\leq \leq \text{---} \quad (7)$$

Onde $I_{m\acute{a}x}$ é a máxima corrente de operação e I_{ccmin} é a mínima corrente de curto-circuito.

3.4 Seletividade

Um sistema elétrico deve apresentar diversos dispositivos de proteção, estrategicamente posicionados, destinados a protegê-lo de forma efetiva e segura, contra qualquer tipo de defeito ou condição anormal.

Esses dispositivos de proteção não atuam independentemente. Na verdade, suas características de operação devem guardar entre si uma determinada relação, de modo que uma anormalidade possa ser isolada e removida do circuito sem que o restante do sistema seja afetado. Seletividade é, portanto, a capacidade de dois dispositivos não operarem simultaneamente para uma falta ou defeito dentro da intersecção das zonas de proteção. O dispositivo de proteção mais próximo a falta deve atuar antes do dispositivo de retaguarda.

Entretanto, para que haja seletividade, é necessário que os equipamentos de proteção estejam coordenados entre si. Nessas condições, pode-se dizer que as finalidades da coordenação seriam:

- Isolar a parte defeituosa do sistema, tão próxima quanto possível de sua origem, evitando a propagação das consequências;
- Fazer o isolamento do sistema, no mais curto espaço de tempo, com o objetivo de redução de danos.

Coordenação significa dispor de dois ou mais destes dispositivos de proteção, em série, segundo certa ordem, de forma a aturem em uma sequência de operação pré-

estabelecida. Percebe-se então que, se houver uma boa coordenação, haverá também uma boa seletividade do sistema.

Existem três procedimentos de seletividade que podem ser aplicados numa instalação elétrica:

A seletividade amperimétrica que tem fundamento no princípio de que as correntes de curto-circuito crescem à medida que o ponto de defeito aproxima-se da fonte de suprimento.

Esse princípio é particularmente aplicado aos sistemas de baixa tensão, em que as impedâncias dos condutores são significativas. Nos sistemas de transmissão de curta distância, as correntes de defeito não apresentam grandes variações nos diferentes pontos de falta, o que dificulta aplicação desses procedimentos.

A seletividade cronométrica que se baseia no princípio de que a temporização intencional do dispositivo de proteção próximo ao ponto de defeito seja inferior à temporização intencional do dispositivo de proteção a montante.

A diferença de tempos de disparo de duas proteções consecutivas deve corresponder ao tempo de abertura do disjuntor acrescido de um tempo de incerteza de atuação das referidas proteções. Essa diferença, denominada intervalo de coordenação, é assumida com valores entre 0,3 e 0,5s.

Este tipo de seletividade é a mais usada em projetos de instalações industriais em função dos dispositivos normalmente empregados, que são os disjuntores termomagnéticos e os fusíveis NH, ambos caracterizados por curvas de tempo inverso.

A seletividade lógica é um conceito mais moderno e surgiu em função dos novos dispositivos de proteção que o mercado oferece. Os relés digitais multifunção possibilitam a aplicação desse novo conceito de seletividade. É aplicada em unidades de sobrecorrente de fase e de neutro ou terra, tanto em sistemas primários como em secundários.

A seletividade lógica é mais facilmente aplicada em sistemas radiais, podendo ser desenvolvida em sistemas em anel quando são utilizados relés de sobrecorrentes direcionais.

Este tipo de seletividade foi a usada para o estudo de proteção da estação coletora FMQ.

3.5 Sensibilidade

Todo projeto de proteção de uma instalação deve ser feita globalmente, e não setorialmente, pois projetos setoriais implicam uma descoordenação do sistema de

proteção, trazendo, como consequência interrupções desnecessárias de setores de produção, cuja rede nada depende da parte afetada do sistema

A proteção é considerada ideal quando reproduz a imagem fiel das condições do circuito para o qual foi projetada, isto é, atua dentro das limitações de corrente, tensão, frequência e tempo para as quais foram dimensionados os equipamentos e materiais da instalação.

4. PTW

O *software Power Tools Windows (PTW)*, é um *software* completo para cálculos de engenharia, auxilia o engenheiro a examinar um sistema elétrico e processar cálculos necessários ao dimensionamento dos equipamentos de um sistema elétrico. É possível executar uma variedade de estudos de um mesmo sistema de potência, ou estudos sobre a variação do mesmo sistema modelando diferentes cenários.

Ao mesmo tempo em que é executado um estudo, é possível setar uma variedade de parâmetros do estudo e opções de relatórios. Quando o estudo é executado, mensagens são fornecidas se ocorrem erros. Os erros podem ser corrigidos e o estudo reprocessado até que sejam alcançados os resultados desejados.

Este *software* foi adquirido pela empresa PROENGE com a principal finalidade de parametrização de relés, sendo necessário para rodar no computador um *Hardware key*, que vem junto com o pacote quando o programa é comprado.

5. ESTAÇÃO COLETORA DE PETRÓLEO FAZENDA MALAQUIAS

A estação de Três Marias retira água da terra através do poço cacimba e encaminha esta para Fazenda Malaquias, injetando o líquido recebido no poço de petróleo através de uma unidade bombeadora, facilitando a sua extração. O seguinte passo é o transporte da mistura água e petróleo para Três Marias, onde a mistura é separada e os componentes são armazenados em tanques separados.

A estação a ser estudada conta com cinco relés a serem parametrizados para proteção, que são eles:

- 01 Relé NULEC;
- 03 Relés SEPAM série 20;
- 01 Relé MERLIN GERIN SEPAM série 15.

Para o bombeamento da água há dois motores da WEG, existindo ainda dois transformadores e um painel de Centro de Controle dos Motores (CCM). Todos os dados dos equipamentos e dimensionamentos de cabos são de fornecimento Petrobras.

5.1 Motores

Potência (kVA)	408,89	Corrente nominal (A)	63,44
Número de pólos	2	Corrente de partida (A)	381,84
Tensão nominal	4000	Fator de serviço	1
Tempo de partida (s)	2,4	Tempo de rotor bloqueado(s)	17
Fator de potência a plena carga	0,9	Rendimento a plena carga (%)	0,94

Tabela 5.1 – Dados dos motores WEGs.

5.2 Cabos

	Cabos	Comprimento (m)	Secção (mm ²)
1	4x1x50	15	50
2	3x1x120	30	120
3	3x1x16	143	16
4	3x1x16	143	16
5	3x1x50	50	50

Tabela 5.2 – Dados dos cabos.

5.3 Transformadores

Transformadores	Potência (kVA)	Impedância característica (Z%)	Corrente de in-rush (A)	Tensão no primário (kV)
13,8/4,16 kV	2000	8	175,7	13,8
4,16 kV/480 V	150	4,5	2206	4,16

Tabela 5.3 – Dados dos transformadores.

O estudo de proteção consiste nas seguintes prescrições básicas contra as correntes nas instalações elétricas:

- Os dispositivos de proteção devem ter a sua capacidade de interrupção ou de ruptura igual ou superior ao valor da corrente de curto circuito presumida no ponto de sua instalação.

- A energia que os dispositivos de proteção contra curtos circuitos devem deixar passar não pode ser superior à energia máxima suportada pelos dispositivos e condutores localizados a jusante.
- O dispositivo de proteção deve ser localizado no ponto onde haja mudança no ponto onde haja mudança no circuito que provoque redução na capacidade de condução de corrente dos condutores
- A proteção do circuito terminal dos motores deve garantir a proteção contra as correntes de curto circuito dos condutores e dispositivos localizados a jusante.

5.4 Diagrama Elétrico

Utilizando o programa PTW foi feito o diagrama elétrico, indicado na Fig. 5.1.

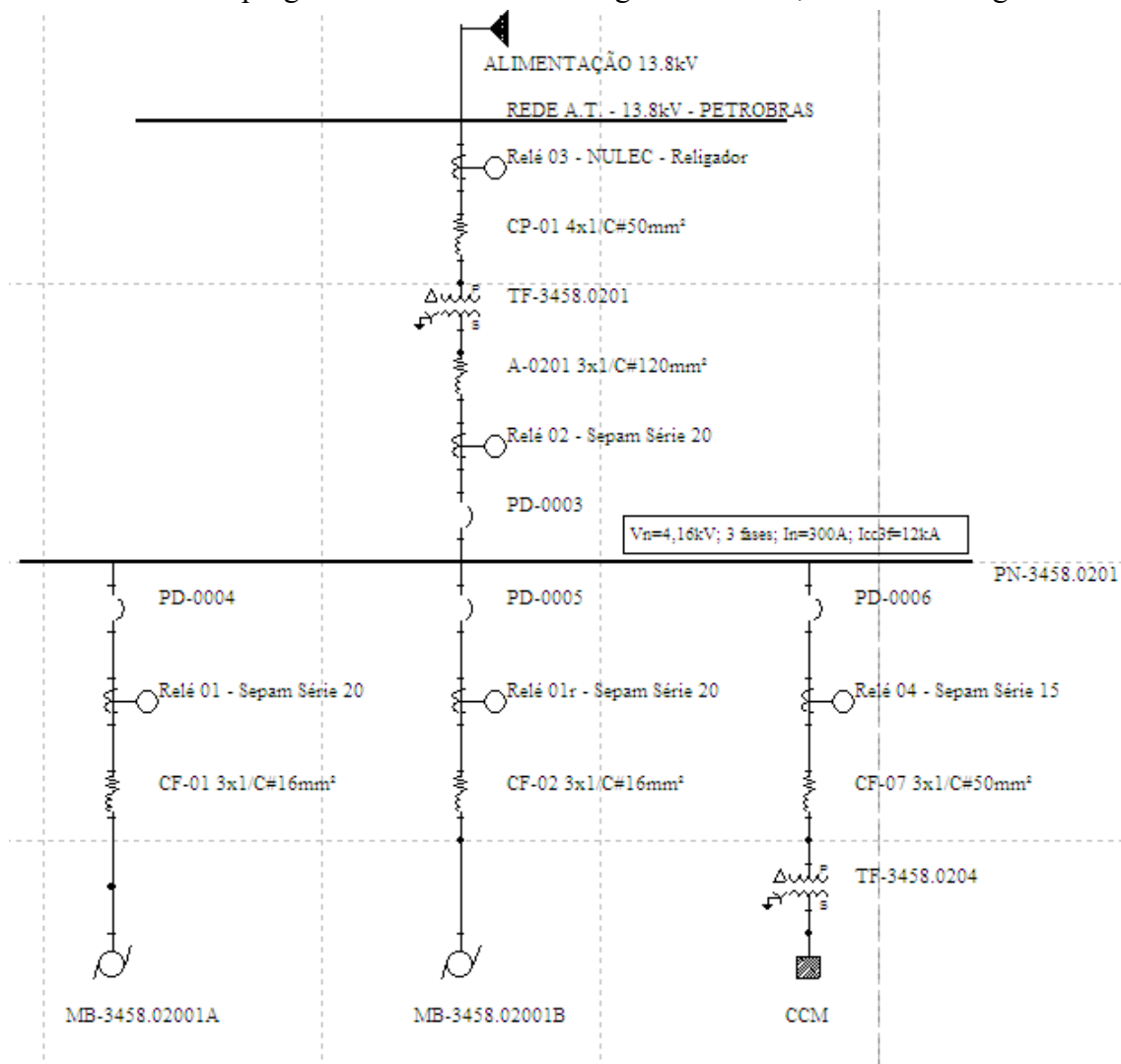


Figura 5.1: Diagrama Elétrico da estação de FMQ.

A partir da simulação foram obtidos os dados de correntes de falta:

Barra	Faltas		
	I _{cc} 3φ (A)	I _{cc} 2φ (A)	I _{cc} 1φ (A)
480 V	3753	3250	795
4,16 kV	4123	3570	805

Tabela 5.4 – Dados das correntes de falta.

5.5 Método para parametrização

Para a seletividade entre os relés, o circuito foi dividido em duas situações:

- **Seletividade 1:** Entre o transformador 1, relés 1, 2 e 3 e o motor de 500 CV.
- **Seletividade 2:** Entre o transformador 2, relés 2, 3 e 4.

A seguir, encontra-se uma sucinta descrição dos critérios para a parametrização dos relés, como também os principais valores adotados para estes.

O relé 1 SEPAM Série 20 protege o motor de 500 CV contra sobrecorrente. A relação do TC (RTC) é 150/5. A unidade temporizada é dimensionada para que impeça a circulação de uma corrente maior que a nominal do motor, levando em consideração o fator de serviço do próprio. Então a corrente mínima de atuação tem que ser um pouco maior do que a corrente nominal do motor e inferior ao menor nível de curto no trecho protegido. Portanto, um valor de 80 A é considerado satisfatório. A curva escolhida foi a longa inversa, pois esta é a mais apropriada para a proteção de motores, devido à corrente de partida deste.

O multiplicador de corrente é 0,2, obtido através do estudo realizado no programa PTW. Para o ajuste instantâneo, a corrente deve ser menor que a corrente de falta bifásica na barra de 4,16 kV e maior que a corrente de partida do motor, logo foi obtida um valor de 2200 A. Utilizando o programa PTW realizou-se a comparação entre a curva do motor e a do relé para estes parâmetros, percebendo que este não atua na partida do motor e o tempo de atuação do relé é menor que o de rotor bloqueado que é de 17 ms, portanto garantindo a proteção do equipamento. A fim de garantir a não atuação do relé por corrente de *In-rush* na partida, aplica-se um atraso instantâneo de 50 ms.

Para o relé que protege a outra bomba de 500 CV, foram adotados os mesmos critérios deste, conseqüentemente os mesmos dados, pois o dispositivo também é um SEPAM série 20.

O relé 2 SEPAM Série 20 protege o barramento de 4,16 kV. A corrente nominal do barramento é de 300 A, assim a corrente de partida da unidade temporizada tem que ser maior que esta. O relé está localizado no secundário do transformador de 2 MVA, logo sua curva deve passar entre o ponto de corrente de in-rush e o da máxima corrente que o transformador pode suportar (técnica *ANSI*). A corrente de magnetização é de aproximadamente 2200 A e a corrente máxima suportável é 4210 A.

Portanto, mediante as considerações, a corrente mínima de atuação da unidade temporizada foi dimensionada a partir do seguinte critério:

$$\leq \leq \text{---}$$

Onde:

- I_n é a corrente nominal do transformador no lado secundário.

Então a corrente de acionamento da unidade temporizada de 360 A e a curva US normalmente inversa de multiplicador 0,6, foi escolhida. A unidade instantânea foi definida para uma corrente de 3000 A, inferior a corrente de falta trifásica no barramento. Para a coordenação com o relé 1, foi dado um atraso de 60ms.

O relé 3 é um NULEC, que aciona um religador da SEL, programado para efetuar apenas um religamento. Este relé protege o primário do transformador de 2000 kVA (TF-3458.0201), como mostra o digrama elétrico da Fig. 5.1. Para o acionamento da unidade temporizada, adotou-se o seguinte critério:

$$\leq \leq \text{---}$$

Onde:

- I_n é a corrente nominal do transformador no lado primário (83,7 A).

Portanto a corrente mínima de atuação temporizada é de 114 A e a curva é a normalmente inversa de multiplicador unitário. Para o ajuste instantâneo, foi considerada uma corrente menor do que o nível de curto no primário do transformador, no qual o valor teórico é de 1045,88 A. Então uma corrente de 1000 A foi considerada satisfatória.

Para garantir a seletividade, a curva deve passar 400 ms da curva do relé 1, de atuação instantânea. Um tempo definido de 100 ms foi aplicado.

A Fig. 5.2 ilustra a escolha das curvas US para o relé 01 no *software PTW*, como também o valor dos seus parâmetros.

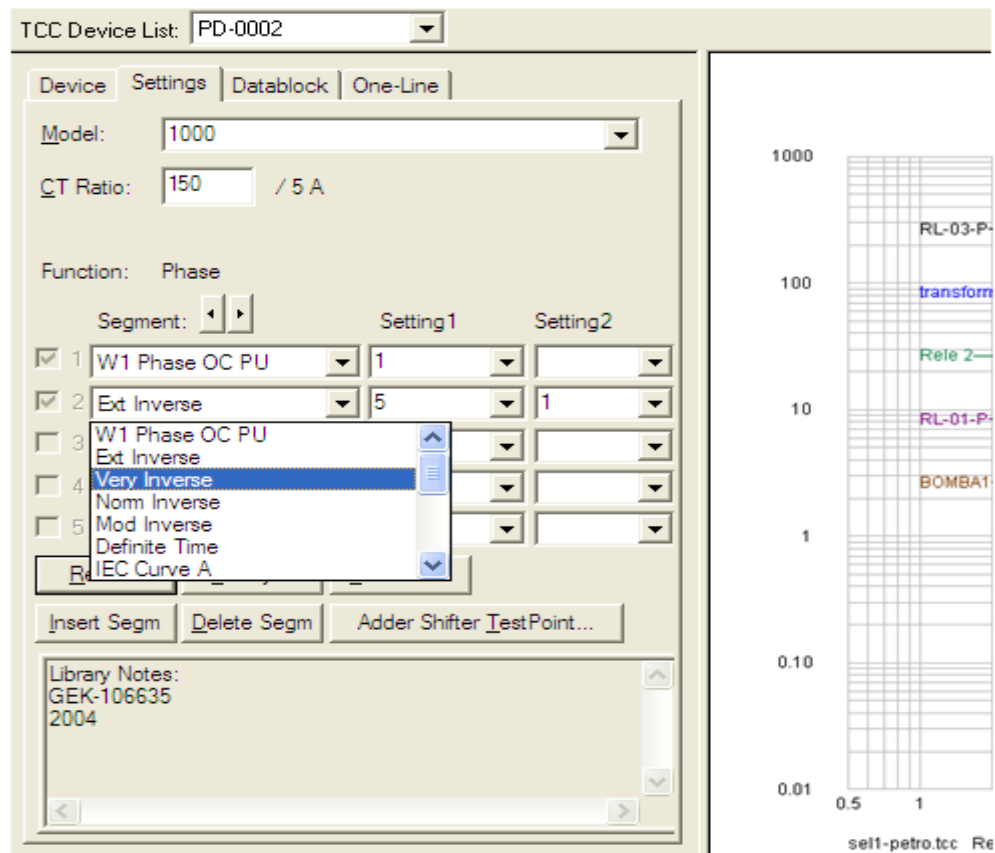


Figura 5.2 – Seleção de Curva e Parâmetros.

A Fig. 5.3 a seguir expõe o religador e o relé NULEC.



Figura 5.3 – Relé NULEC.

A Fig. 5.4 explica graficamente a seletividade 1 dos relés. Analisando o gráfico podemos observar que, para uma sobrecorrente de 2,5 kA nos terminais do motor, o relé 1 atua com o *pick-up* instantâneo em 50 ms. Se falhar, o relé 2 atua num tempo de 2,42 s, caso contrário, o relé 3 atua por sobrecorrente em 3,65 s. Já para uma falta nos terminais do transformador 1, o relé 3 entrará em operação por sobrecorrente instantânea em 100 ms.

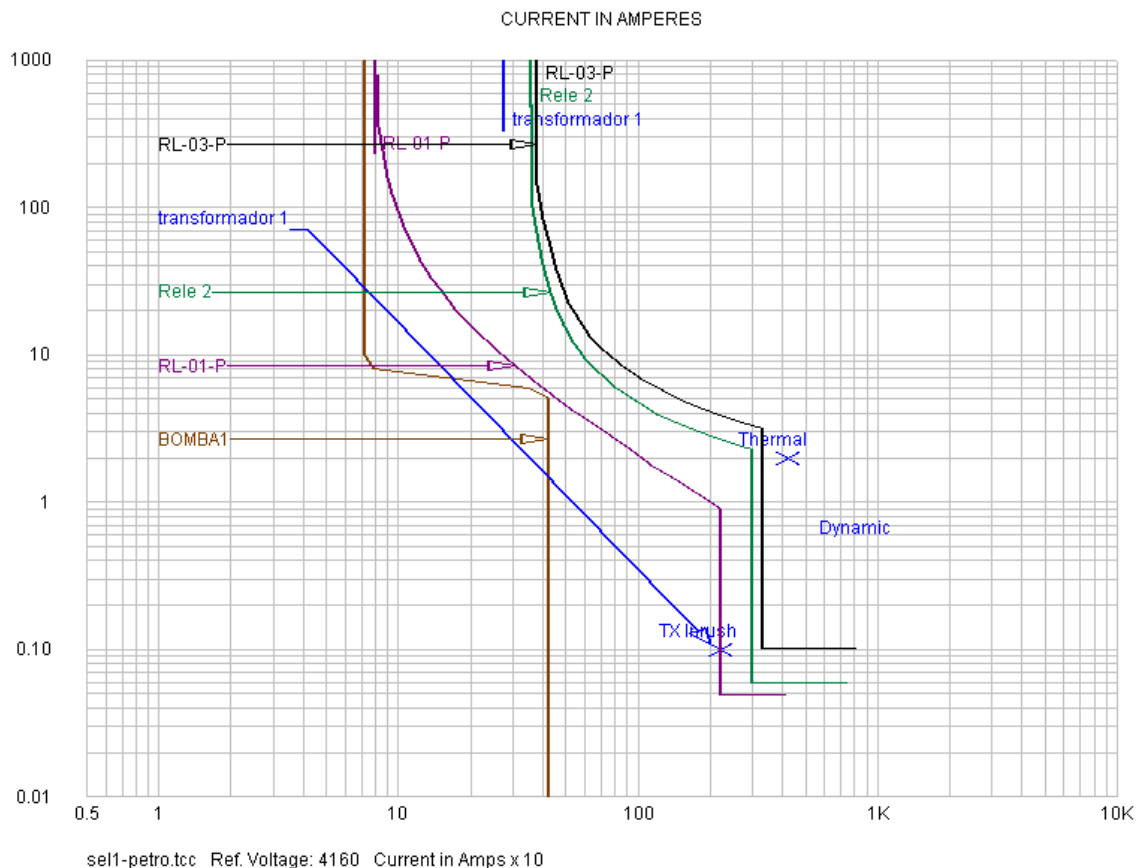


Figura 5.4 – Seletividade 1.

O relé 4 MERLIN GERIN SEPAM série 15 possui como função proteger o transformador de 150 kVA (TF-3458.0204), como ilustrado no diagrama elétrico da Fig. 5.1. A corrente nominal do trafo (I_n) é de 22 A, então dimensionamos o acionamento da unidade temporizada para uma corrente um pouco superior a 1,3 vezes I_n , logo consideramos um valor de 28,6 A. A curva escolhida foi a normalmente inversa com valor de MS igual a 0,6. A corrente instantânea é de 300 A (Inferior a de curto-circuito trifásica no primário do trafo). Aplicamos um atraso de 50 ms a fim de impedir que o relé atue para a corrente magnetização do motor.

A Fig. 5.5 representa a seletividade 2 dos relés.

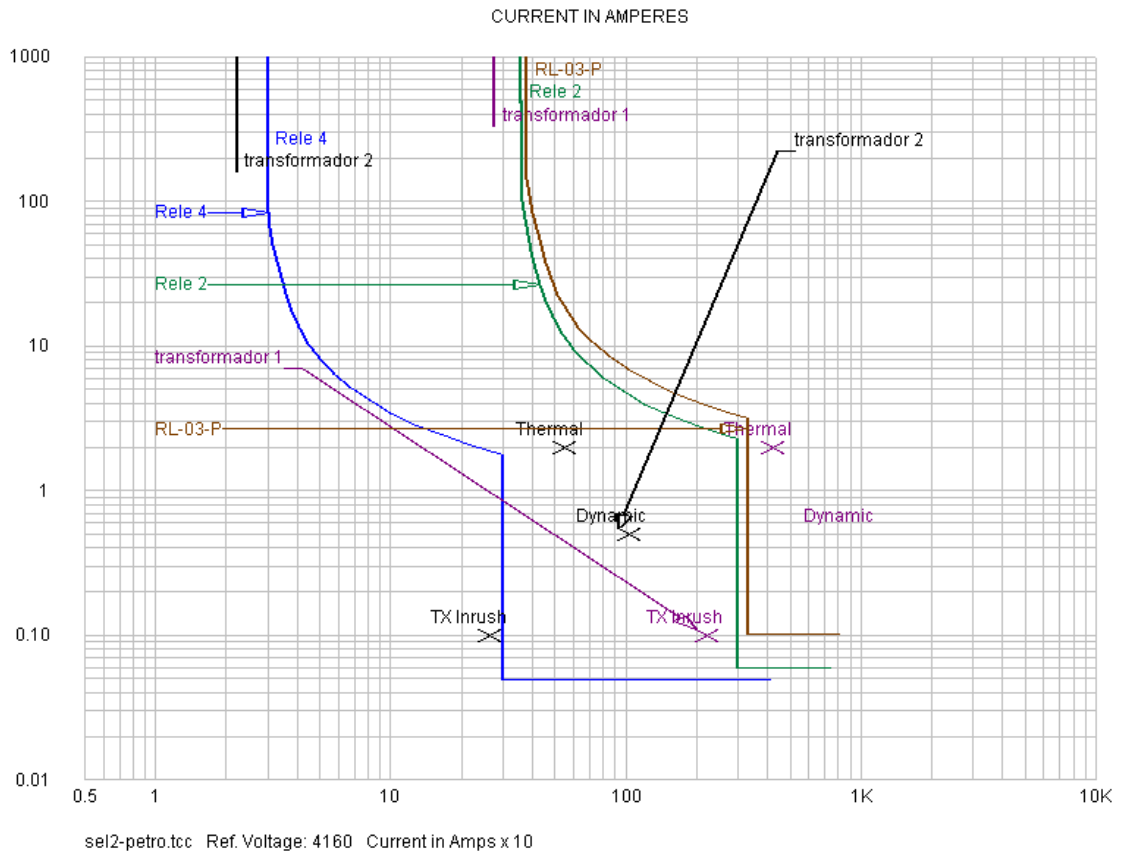


Figura 5.5 – Seletividade 2.

5.6 Considerações Técnicas

A Tabela 5.1 a seguir sintetiza os dados parametrizados dos relés.

RELÉS	RTC	UNIDADE 50	CURVA	UNIDADE 51	TEMPO DEFINIDO
Relé 1	150/5	80 A	IL-0,2	2,2 kA	50 ms
Relé 2	600/5	360 A	NI – 0,6	3 kA	60 ms
Relé 3	600/5	114 A	NI - 1	1 kA	100 ms
Relé 4	150/5	28,6 A	NI – 0,6	300 A	50 ms

Tabela 5.1 – Parâmetros dos relés.

6. CONCLUSÃO

O trabalho de conclusão de curso teve, desde o princípio, o intuito de proporcionar ao estudante de engenharia elétrica consolidação dos conhecimentos teóricos adquiridos ao longo dos anos de estudo na universidade, permitindo a este deparar-se com os problemas reais a que deverá ser capaz de solucionar em sua carreira profissional e, ao mesmo tempo, forneceu a empresa, palco de tais estudos, material capaz de auxiliar aqueles funcionários que vierem desempenhar atividades no âmbito da proteção do sistema elétrico, uma vez que com a análise das curvas dos relés plotadas no programa PTW, podemos garantir a seletividade entre estes dispositivos, garantindo uma total proteção do sistema contra e sobrecorrentes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GERALDO KINDERMANN. PROTEÇÃO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS - VOL. 1 – EDITORA DO AUTOR, ANO 1999.

- [2] ELENILTON T. DOMINGUES. PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS – VOL. 1 – ANO 2003.

- [3] J. MAMEDE FILHO. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS – 7º EDIÇÃO, ANO 2006.

- [4] MANUAL RELÉ MERLIN GERIN SEPAM SÉRIE 15.

- [5] MANUAL RELÉ SEPAM SÉRIE 20.

- [6] MANUAL RELÉ NULEC.

- [7] STANLEY H. HOROWITZ. POWER SYSTEM RELAYING - 3º EDIÇÃO, ANO 1995.

8. ANEXOS

8.1 Tabela ANSI

1	Elemento Principal
2	Função de partida/ fechamento temporizado
3	Função de verificação ou interbloqueio
4	Contator principal
5	Dispositivo de interrupção
6	Disjuntor de partida
7	Disjuntor de anodo
8	Dispositivo de desconexão da energia de controle
9	Dispositivo de reversão
10	Chave de sequência das unidades
11	Reservada para futura aplicação
12	Dispositivo de sobrevelocidade
13	Dispositivo de rotação síncrona
14	Dispositivo de subvelocidade
15	Dispositivo de ajuste ou comparação de velocidade ou frequência
16	Reservado para futura aplicação
17	Chave de derivação ou descarga
18	Dispositivo de aceleração ou desaceleração
19	Contator de transição partida-marcha
20	Válvula operada eletricamente
21	Relé de distância
22	Disjuntor equalizador
23	Dispositivo de controle de temperatura
24	Relé de sobreexcitação ou Volts por Hertz
25	Relé de verificação de Sincronismo ou Sincronização
26	Dispositivo térmico do equipamento
27	Relé de subtensão
28	Reservado para futura aplicação
29	Contator de isolamento
30	Relé anunciador
31	Dispositivo de excitação
32	Relé direcional de potência
33	Chave de posicionamento
34	Chave de sequência operada por motor
35	Dispositivo para operação das escovas ou curto-circuitar anéis coletores
36	Dispositivo de polaridade
37	Relé de subcorrente ou subpotência

38	Dispositivo de proteção de mancal
39	Reservado para futura aplicação
40	Relé de perda de excitação
41	Disjuntor ou chave de campo
42	Disjuntor/chave de operação normal
43	Dispositivo de transferência manual
44	Relé de sequência de partida
45	Reservado para futura aplicação
46	Relé de desbalanceamento de corrente de fase
47	Relé de sequência de fase de tensão
48	Relé de sequência incompleta/ partida longa
49	Relé térmico
50	Relé de sobrecorrente instantâneo
51	Relé de sobrecorrente temporizado
52	Disjuntor de corrente alternada
53	Relé para excitatriz ou gerador CC
54	Disjuntor para corrente contínua, alta velocidade
55	Relé de fator de potência
56	Relé de aplicação de campo
57	Dispositivo de aterramento ou curto-circuito
58	Relé de falha de retificação
59	Relé de sobretensão
60	Relé de balanço de tensão/ queima de fusíveis
61	Relé de balanço de corrente
62	Relé temporizador
63	Relé de pressão de gás (Buchholz)
64	Relé de proteção de terra
65	Regulador
66	Relé de supervisão do número de partidas
67	Relé direcional de sobrecorrente
68	Relé de bloqueio por oscilação de potência
69	Dispositivo de controle permissivo
70	Reostato eletricamente operado
71	Dispositivo de detecção de nível
72	Disjuntor de corrente contínua
73	Contator de resistência de carga
74	Função de alarme
75	Mecanismo de mudança de posição
76	Relé de sobrecorrente CC
77	Transmissor de impulsos

78	Relé de medição de ângulo de fase/proteção contra falta de sincronismo
79	Relé de religamento
80	Reservado para futura aplicação
81	Relé de sub/sobrefrequência
82	Relé de religamento CC
83	Relé de seleção/ transferência automática
84	Mecanismo de operação
85	Relé receptor de sinal de telecomunicação
86	Relé auxiliar de bloqueio
87	Relé de proteção diferencial
88	Motor auxiliar ou motor gerador
89	Chave seccionadora
90	Dispositivo de regulação
91	Relé direcional de tensão
92	Relé direcional de tensão e potência
93	Contator de variação de campo
94	Relé de desligamento
95 a 99	Usado para aplicações específicas

8.2 Diagrama Unifilar Geral

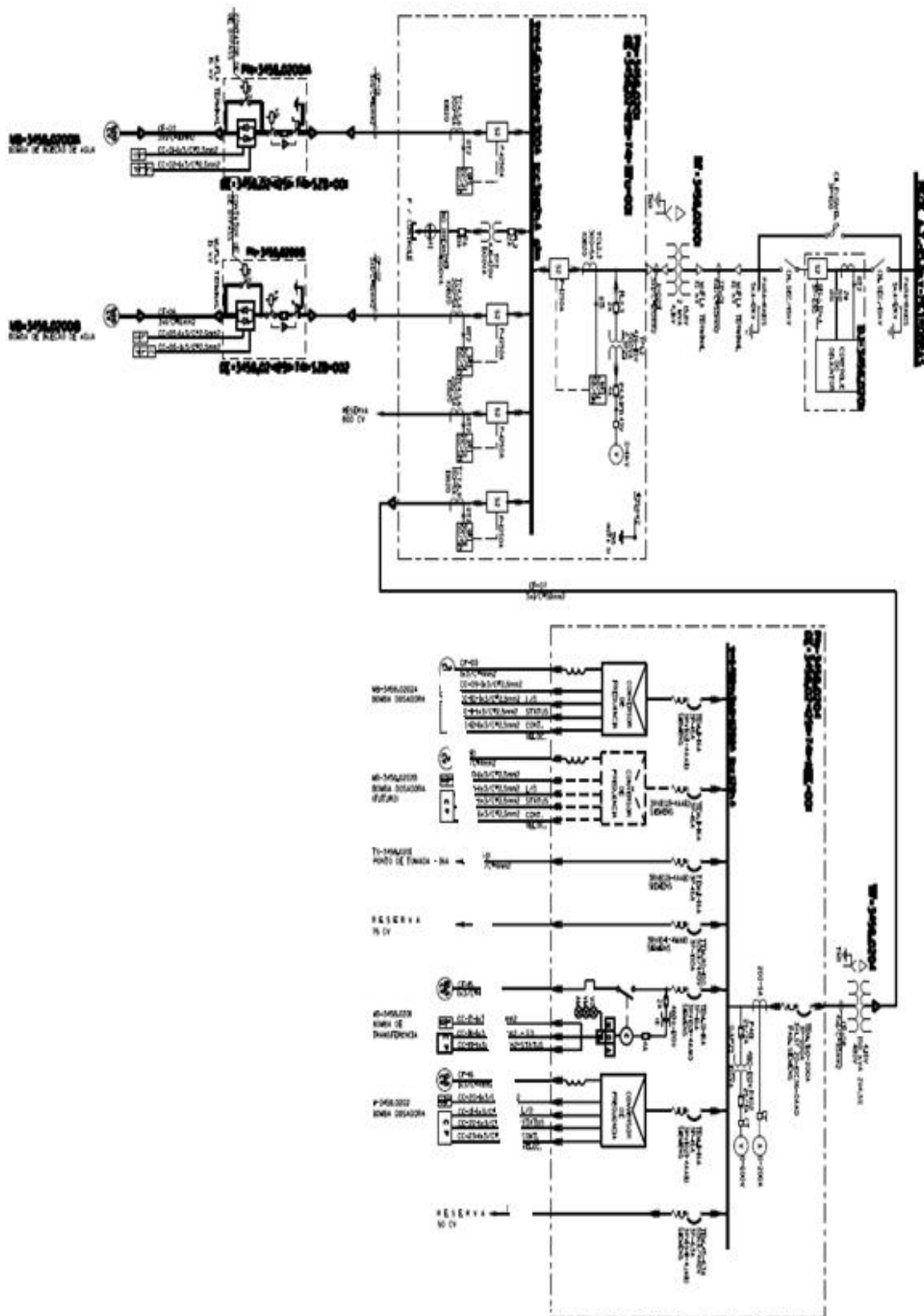


Figura 8.1 – Diagrama Unifilar Geral