

іперар

іперар

іперар

іперар

іперар

іперар

іперар

і *іперар*

іперар

іперар

GUIA DE APLICAÇÕES PARA RELÉ

DIFERENCIAL DE ESTADO SÓLIDO

I N E P A R

CAT. IN. 3.38 - JUL/89

1 - DEFINIÇÕES E TERMINOLOGIA

- "BIASED RELAY" (RELÊ PERCENTUAL) - Um relê no qual as características são modificadas pela introdução de uma quantidade diferente da atuante, sendo normalmente em oposição à quantidade atuante.
- "BURDEN" (CONSUMO DO RELÊ) - A carga imposta pelos circuitos do relê à fonte ou fontes de potência, expressa como o produto de tensão e corrente (volt-ampère, ou watt se for corrente contínua) para uma dada condição, a qual pode ser "no valor de ajuste" ou "no valor da corrente ou tensão nominal".
- "CT KNEE POINT VOLTAGE" (TENSÃO DO PONTO DE JOELHO DE UM TC) - É definida como o ponto no qual um aumento de 10% na f.e.m. secundária resultaria na necessidade de um aumento de 50% na corrente de excitação.
- "DIFFERENTIAL RELAY" (RELÊ DIFERENCIAL) - Um relê que, pelo seu projeto, é determinado para responder à corrente diferencial.
- "DROP-OFF" (VALOR DE REARME) - Para mover da posição energizada para a posição desenergizada.
- "PICK-UP" (OPERAÇÃO DO RELÊ) - Um relê é dito "operado" quando ele muda da posição desenergizada para a posição energizada.
- "PROTECTED ZONE" (ZONA PROTEGIDA) - A porção de um sistema de potência protegida por um dado sistema de proteção ou por uma parte dele.
- "RESET TIME" (TEMPO DE REARME) - O tempo no qual o relê retorna para a sua posição inicial.
- "RESTRAINT CURRENT" (CORRENTE DE RESTRIÇÃO) - Em um relê diferencial, é a combinação das correntes de entrada e de saída, a qual impede a operação do relê.

"SPILL CURRENT" (CORRENTE DESVIADA) - Corrente de pequeno valor (mA) existente devido a erros de relação e diferenças mínimas nas grandezas magnéticas dos transformadores de corrente.

"THROUGH FAULT CURRENT" (CORRENTE DE FALTA EXTERNA) - A corrente que flui através de uma zona protegida até o ponto de falta (que está fora da zona protegida).

"UNIT PROTECTION" (PROTEÇÃO UNITÁRIA) - Um sistema de proteção que é projetado para operar somente para condições anormais internas a uma zona definida de um sistema de potência.

2 - PREFÁCIO

Os relés diferenciais de estado sólido INEPAR tipo DF são fabricados de acordo com tecnologia fornecida pela Hitachi do Japão, tendo sido projetados e desenvolvidos para fornecer maior flexibilidade em aplicações do que os relés eletromecânicos convencionais. Estes relés, que são comparáveis em suas características operacionais, aos relés diferenciais eletromecânicos atuais, podem ser usados para proteger geradores, incluindo ou excluindo seus transformadores elevadores, transformadores com dois ou três enrolamentos, motores, reatores série ou paralelo, proteção contra faltas entre espiras em geradores de enrolamentos múltiplos, e operam com transformadores de corrente com secundários de 1A ou 5A.

3 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

Um sistema diferencial pode ser arranjado para proteger um reator, motor ou gerador baseando-se no princípio de Kirchoff, de que a soma das correntes que fluem para um ponto de uma matriz é zero. Do ponto de vista dos relés diferenciais, com respeito à lei de Kirchoff, a corrente que entra no circuito deve ser igual a corrente que sai do mesmo circuito com o mesmo ângulo de fase para ser estável. Veja a figura 01.

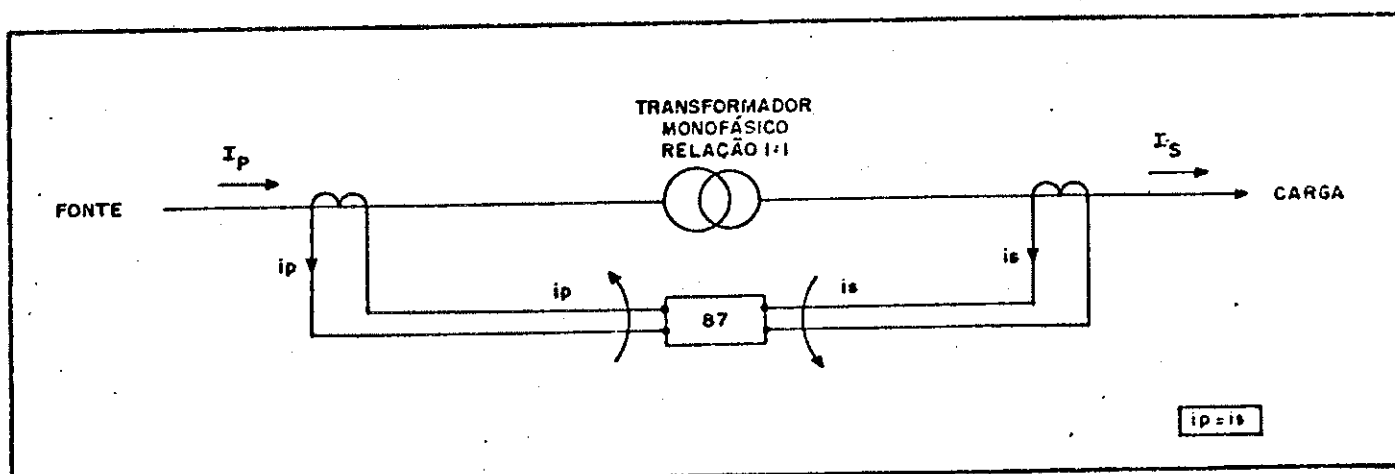


FIGURA 01

Transformadores de potência conectados em estrela/triângulo ou triângulo/estrela têm relações variáveis entre os enrolamentos primário e secundário junto com o deslocamento de fase, enquanto que certas conexões, como estrela/estrela ou triângulo/triângulo resultarão em um deslocamento de fase nulo entre as tensões primária e secundária.

Um sistema diferencial pode ser arranjado para proteger o transformador por completo, sendo isto possível devido a alta eficiência da operação do transformador junto com a equivalência muito próxima dos ampêres-espiras dos enrolamentos primário e secundário.

4 - RELÉ DIFERENCIAL INEPAR

4.1 - TIPO DF

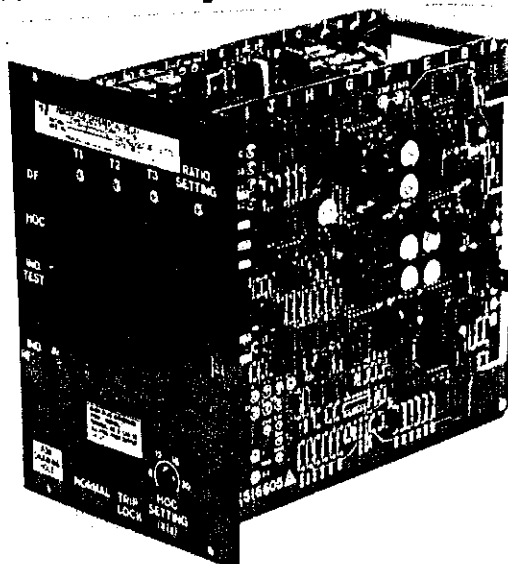


FOTO 01

O método mais comumente aplicado e sem dúvida o mais satisfatório para a proteção de transformadores, geradores, motores, reatores, etc, é pela utilização da técnica de proteção diferencial baseada no método "Merz Price" das correntes circulantes ou o equivalente nos modernos circuitos de estado sólido.

O relê diferencial de estado sólido INEPAR tipo DF é baseado na filosofia Merz Price modificada, com os transformadores de corrente do sistema circulando suas correntes em enrolamentos independentes nos transformadores de entrada do relê.

As funções do circuito de corrente diferencial e percentual são executadas eletronicamente.

A figura 02 mostra as zonas de operação para os três ajustes da relação de restrição percentual do relê tipo DF.

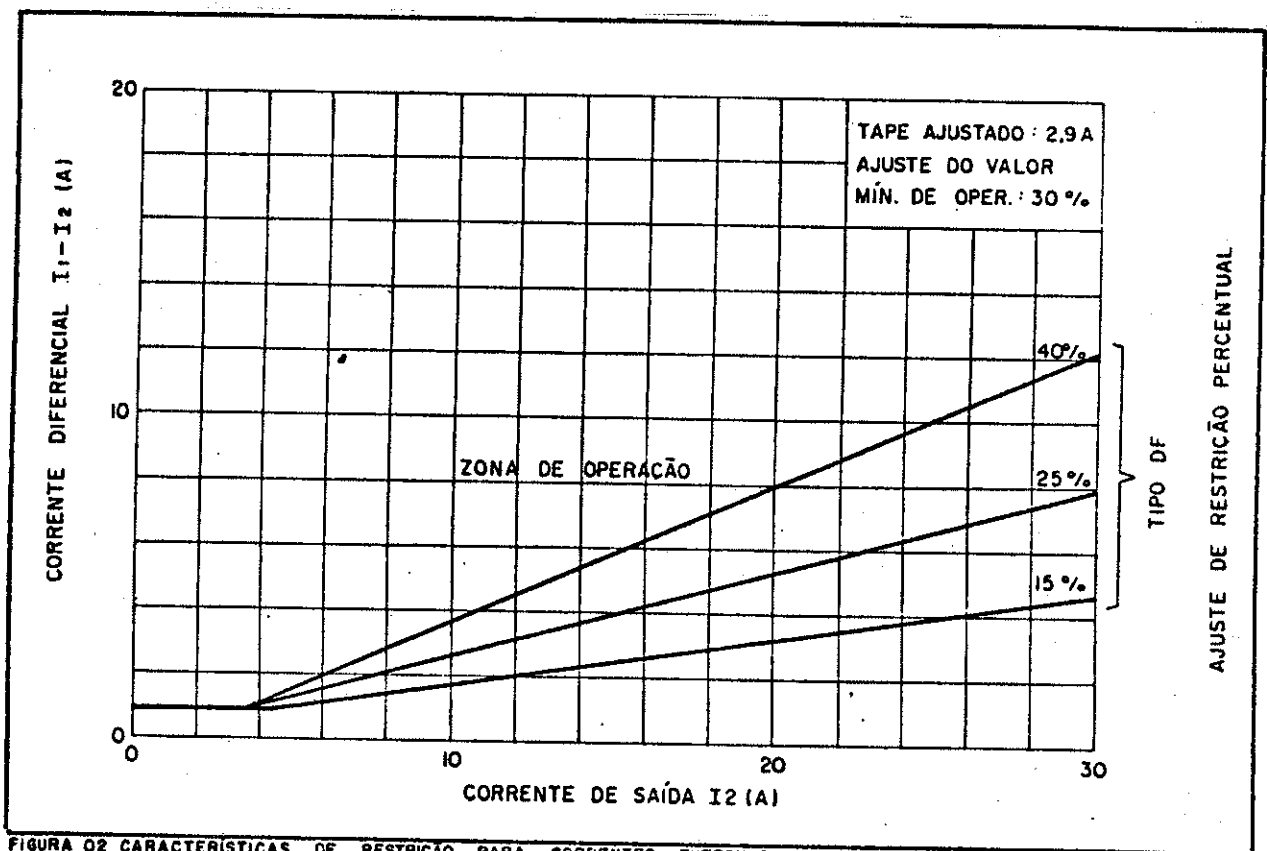


FIGURA 02 CARACTERÍSTICAS DE RESTRIÇÃO PARA CORRENTES EXTERNAS

A figura 03 mostra os limites do valor mínimo para a zona de operação em ambos os extremos (20% e 50%) para o elemento diferencial percentual, que é pré-ajustado na fábrica, de acordo com a solicitação do cliente.

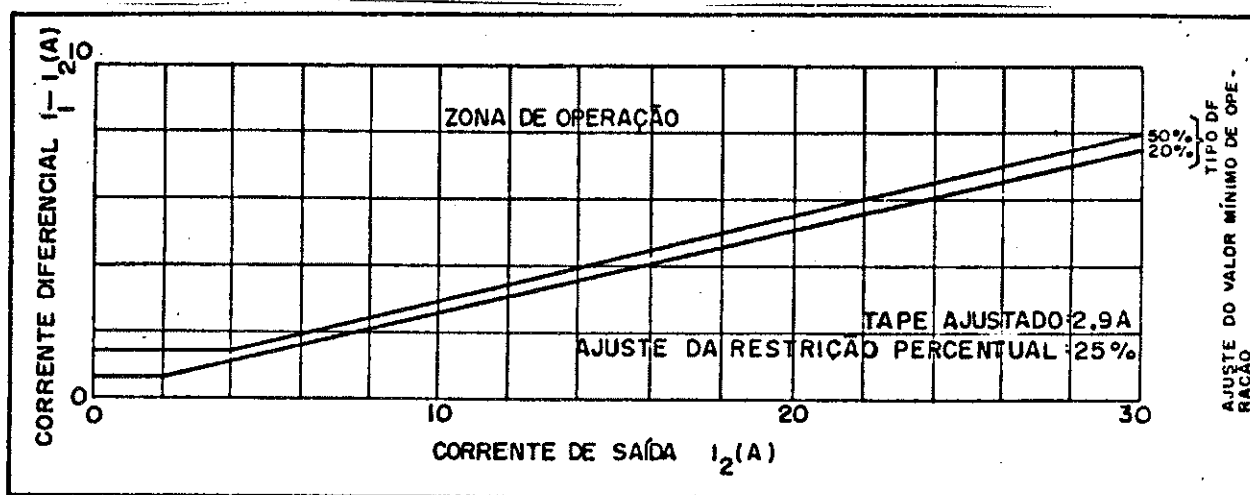


FIGURA 03 CARACTERÍSTICAS DE RESTRIÇÃO PARA CORRENTES EXTERNAS.

A figura 04 mostra as curvas características dos filtros da fundamental, segunda e quinta harmônicas, sendo que os filtros de segunda, ou segunda e quinta harmônicas podem ser incluídos ou excluídos por meio de fiação fornecida na placa de circuito impresso.

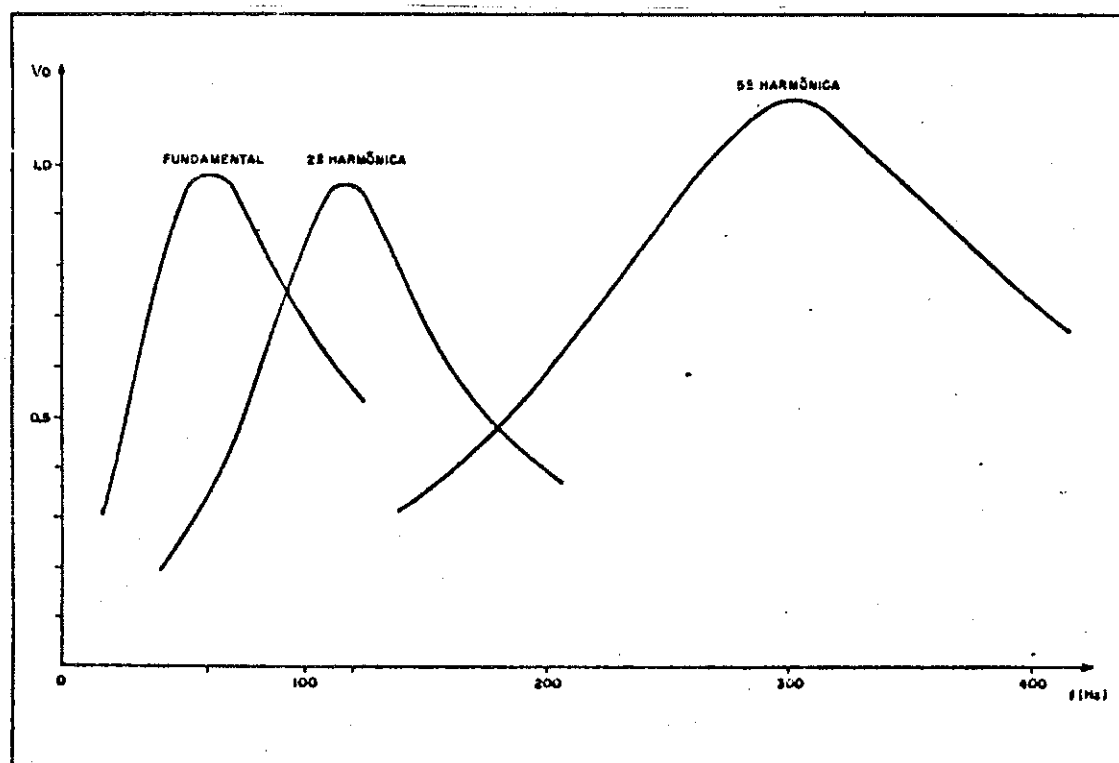


FIGURA 04 CARACTERÍSTICA DOS FILTROS DAS COMPONENTES FUNDAMENTAL, 2ª E 5ª HARMÔNICAS

4.2 - APLICAÇÕES

4.2a - CONSIDERAÇÕES PARA A PROTEÇÃO DIFERENCIAL DE TRANSFORMADORES

1 - RELAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO

As correntes nominais de um transformador de potência nos enrolamentos do lado primário e secundário serão diferentes devido a relação de transformação de tensões.

$$\frac{V_{\text{Primário}}}{V_{\text{secundár.}}} = \frac{I_{\text{Secundário}}}{I_{\text{primário}}} = \text{equilíbrio dos volts ampères}$$

Segue-se portanto que, os transformadores de corrente devem ter relações primárias próximas às correntes nominais dos enrolamentos do transformador ao qual eles estão aplicados.

2 - CONEXÕES DO TRANSFORMADOR

Quando o transformador é do tipo trifásico e está conectado em estrela/triângulo, a corrente trifásica que passa por ele sofre um deslocamento angular de 30° , devendo este deslocamento ser corrigido no circuito secundário dos transformadores de corrente por mudanças apropriadas nas suas conexões. Veja figura 05.

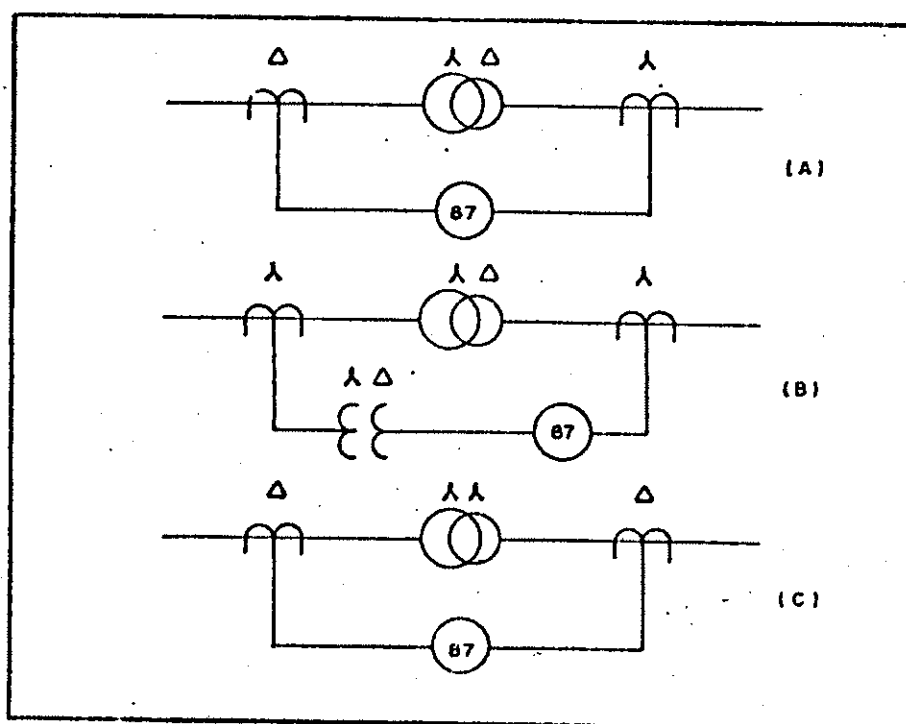


FIGURA 05

Como a corrente de sequência zero circulando no lado primário do transformador de potência não passará através dele devido ao enrolamento secundário em delta, a componente da corrente de sequência zero deverá ser eliminada no lado em estrela, através da conexão dos transformadores de corrente em triângulo. A de compensar o

deslocamento angular de 30° , os transformadores de corrente localizados no lado em triângulo deverão ser conectados em estrela.

A mesma filosofia é aplicável quando o transformador de potência é conectado em triângulo/estrela, exceto que neste caso as correntes de sequência zero circularão nos enrolamentos do lado secundário. É uma prática comum, por exemplo, na Europa, conectar os transformadores de corrente em estrela em ambos os lados do transformador de potência, interconectando estes transformadores de corrente através de um transformador auxiliar com tapes conectado em triângulo/estrela ou estrela/triângulo para corrigir as diferenças em ângulo e em relação. Este tipo de conexão permite que ambos os jogos de transformadores de corrente sejam aterrados e que possam ser usadas relações padronizadas.

Se o transformador de potência foi conectado em estrela/estrela, os transformadores de corrente em ambos os lados necessitarão ser conectados em triângulo.

Quando transformadores de corrente são conectados em triângulo, seus valores nominais secundários devem ser reduzidos por um fator de $1/\sqrt{3}$ vezes o valor nominal secundário dos transformadores de corrente conectados em estrela, a fim de que as correntes que saem do triângulo possam equilibrar-se com as correntes secundárias que saem dos transformadores de corrente conectados em estrela.

3 - FACILIDADE DE MUDANÇA DE TAPE

Muitos transformadores de potência de grande porte são equipados com mudança de tapes "sob carga" permitindo que a relação de transformação seja variada, devendo esta variação ser admitida pelo sistema diferencial.

Esta permissão para variação é necessária porque se, os transformadores de corrente são escolhidos para um equilíbrio de correntes na relação média do transformador de potência, qualquer mudança de tape criará um desequilíbrio proporcional à mudança de relação.

Em condições normais as correntes desviadas existentes têm valores insignificantes. Contudo, sob condições de falta externa máxima, a corrente desviada produzida pela pequena percentagem de desequilíbrio pode ser significativa.

A proteção diferencial deve ser fornecida com uma declividade proporcional a uma quantia que exceda o máximo desvio de relação.

Esta declividade estabiliza a proteção sob condições de falta externa enquanto preserva uma boa sensibilidade. Isto é chamado "princípio de Merz-Price".

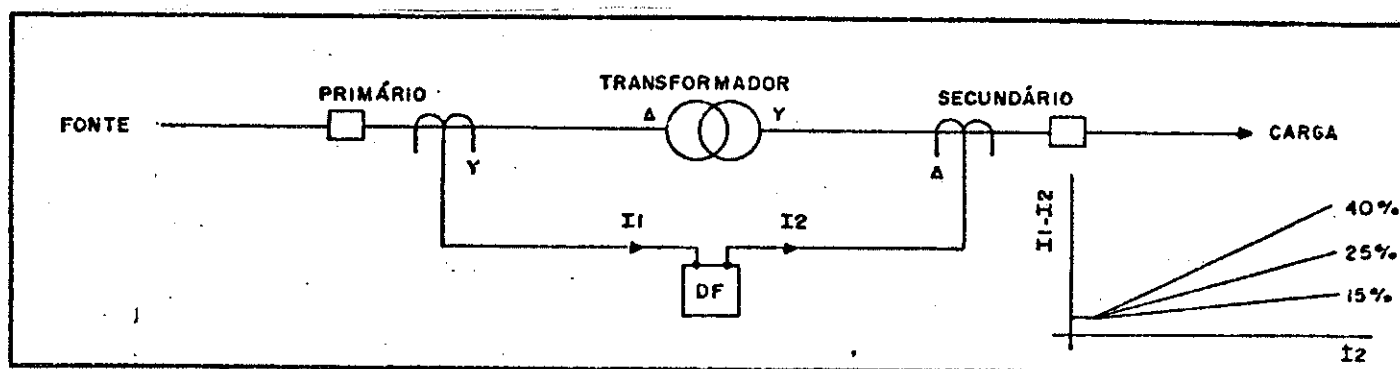


FIGURA 06 PROTEÇÃO DIFERENCIAL EM TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA DE DOIS ENROLAMENTOS

O "princípio de Merz-Price" permanece válido para sistemas tendo mais que duas conexões. Transformadores com três enrolamentos, são protegidos completamente pela aplicação do princípio acima. Veja a figura 7.

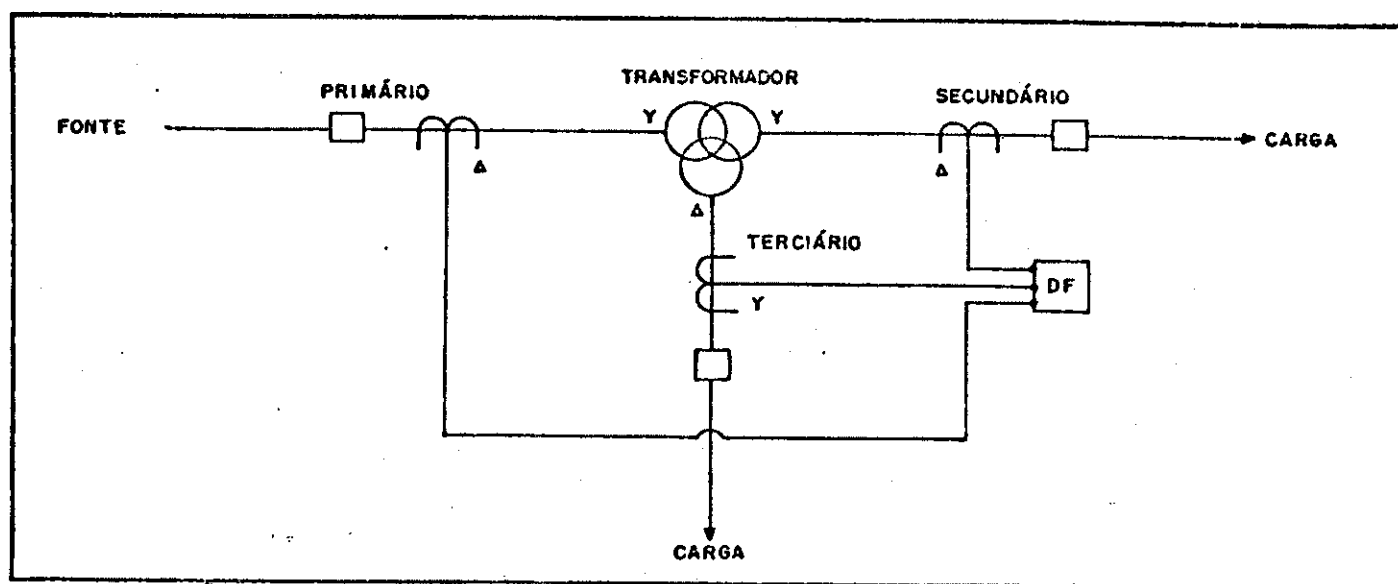


FIGURA 07 PROTEÇÃO DIFERENCIAL EM TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA DE TRÊS ENROLAMENTOS.

4 - CORRENTE DE MAGNETIZAÇÃO

A corrente de magnetização é uma condição transitória que ocorre principalmente quando um transformador é energizado.

A figura 08 ilustra o princípio da corrente de magnetização.

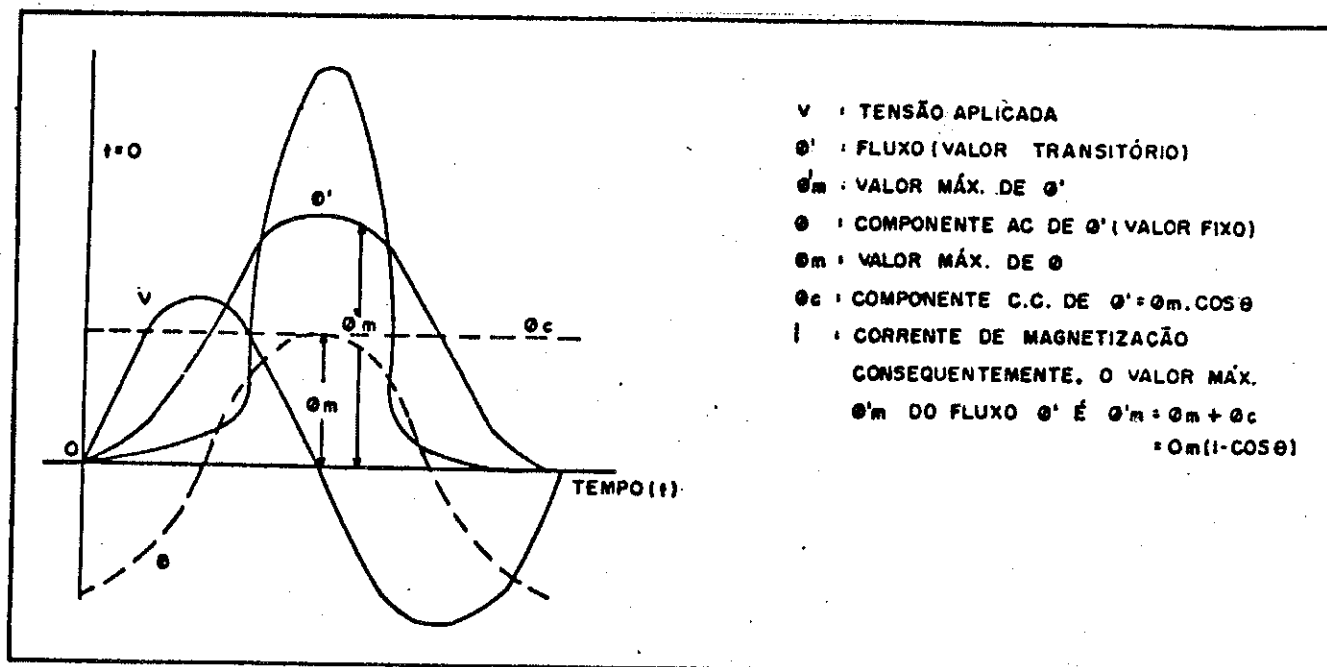


FIGURA 08 COMPOSIÇÃO DA CORRENTE DE MAGNETIZAÇÃO

Quando uma tensão V é aplicada a um transformador sem carga, o fluxo que é usualmente senoidal quando não há corrente de magnetização, como mostrado pela curva ϕ , é modificado como mostrado pela curva pontilhada ϕ' , aumentando de zero, para desenvolver uma tensão induzida com respeito à tensão V .

Consequentemente, seu valor máximo é expresso como segue, dependendo do ângulo de fase θ no instante da aplicação da tensão:

$$\phi = \phi_m + \phi_m \cdot \cos \theta \quad (1)$$

Se o fluxo residual ϕ_R é levado em consideração, este valor é aumentado, dependendo da direção do fluxo residual, para:

$$\phi = \pm \phi_R + \phi_m (1 + \cos \theta) \quad (2)$$

Se ϕ_R é + , o núcleo é profundamente saturado e a corrente de magnetização é aumentada.

O valor da corrente de magnetização varia com o projeto do transformador, com a fonte de potência e com a impedância do circuito. Geralmente este valor é menor que oito vezes a corrente nominal (valor de pico), mas pode exceder dez vezes em alguns casos. Semelhantemente, a duração desta corrente é usualmente menor que um segundo, mas pode ser maior em alguns casos. Pode-se observar que a corrente de magnetização chega a existir até 30 minutos após o fechamento do circuito.

A figura 09 mostra exemplos das formas de onda desta corrente.

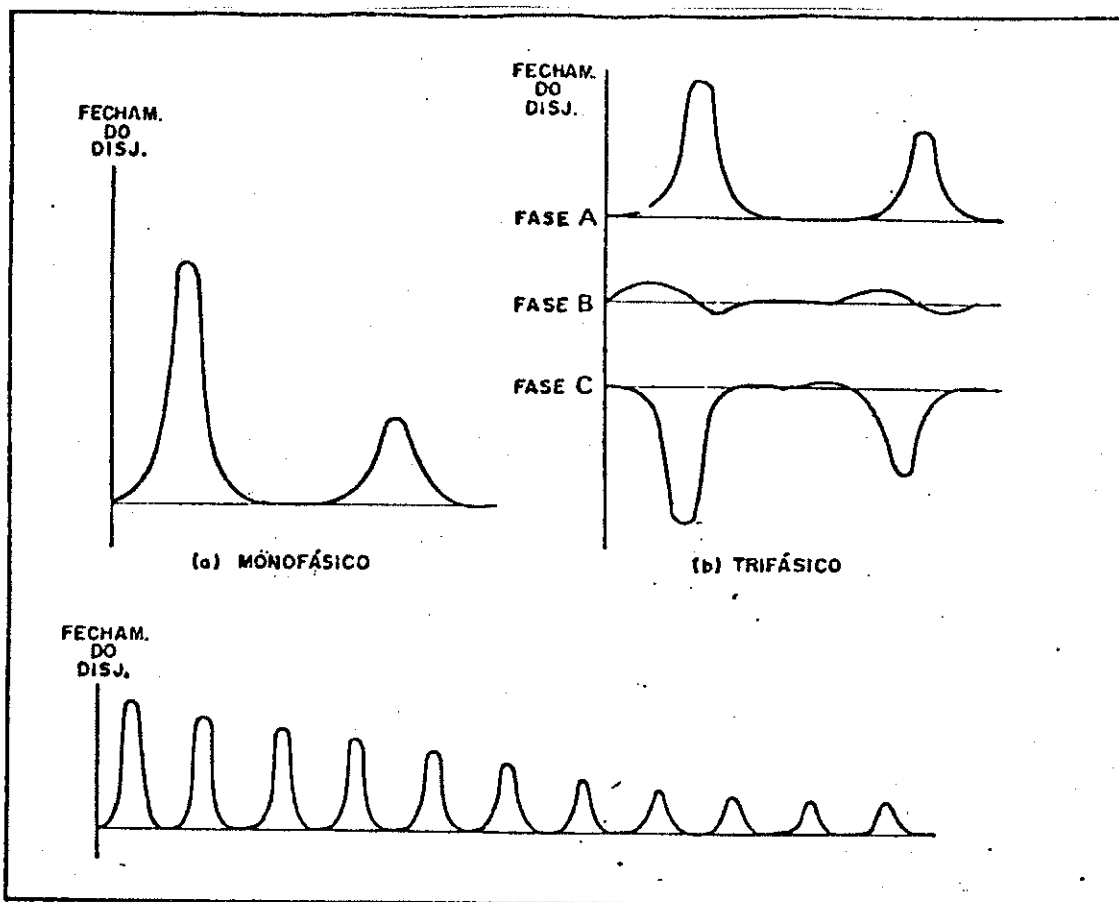


FIGURA 09 FORMAS DE ONDA DAS CORRENTES DE MAGNETIZAÇÃO.

Pode-se notar a partir desta figura, que a corrente de magnetização contém uma quantidade considerável de componentes c.c. e harmônica. Exemplos de valores de corrente de magnetização são dados na tabela 01, e os tempos de atenuação são mostrados na tabela 02.

Transformador (kVA)	Corrente de magnetização = múltiplo da corrente nominal (valor de pico)			
	Chapa de aço Laminada a frio		Chapa de Aço Laminada a quente	
	Alta tensão	Baixa Tensão	Alta Tensão	Baixa Tensão
500	11,0	16,0	6,0	9,4
1000	8,4	14,0	4,8	7,0
5000	6,0	10,0	3,9	5,7
10000	5,0	10,0	3,2	3,2
50000	4,5	9,0	2,5	2,5

Tabela 01 - Exemplos de valores de corrente de magnetização.

Transformador (KVA)	Tempo (ciclos) requerido para atenuação da corrente de magnetização a 50% do valor de pico inicial.
500-1000	máx: 8 - 10 (Varia com o projeto do transformador)
1667-10000	máx: 10 - 60 (Varia com o projeto do transformador)
10000 ou acima	máx: 60 - 3600 (Varia com o projeto do transformador)

TABELA 02 - Exemplos de tempos de atenuação de correntes de magnetização.

Este valor de pico da corrente de magnetização produz uma corrente no enrolamento primário do transformador de potência, que não tem equivalente no lado secundário.

A corrente de magnetização total aparece portanto como um desequilíbrio e o relé diferencial não pode distinguir a diferença entre "energização" de uma "falta interna".

Desde que o fenômeno é transitório, a estabilidade pode ser mantida fornecendo-se um sinal inibidor atuado pela segunda harmônica para evitar a operação do relé durante este intervalo de tempo. A análise da forma de onda de corrente de magnetização mostrará, em geral, as porcentagens aproximadas de componentes harmônicos.

2ª harmônica	63%
3ª harmônica	27%
4ª harmônica	5%
5ª harmônica	4%
Outras harmônicas	1%

TABELA 03

Da tabela 03 pode ser visto que a segunda harmônica tem um conteúdo percentual maior que as outras componentes harmônicas de maior grau, e é normalmente selecionado para atuar como uma frequência inibidora em sistemas de releamento diferencial que têm que enfrentar tais formas de onda.

A tabela 04 mostra exemplos de conteúdos típicos de harmônicas em correntes de magnetização.

Componentes	Transformador 3 ϕ			
	66kV, 12MVA	275kV, 150MVA	275kV, 150MVA 2 Bancos em paralelo	500kV, 1000MVA 2 Bancos em paralelo
Fundamental	100	100	100	100
Corrente Contínua	62	100	100	97,1
2ª	60	30,4	33,1	78
3ª	9,4	9,6	18,2	31
4ª	5,4	1,6	6,5	18
5ª	-	0,7	7,2	11,4

TABELA 04

SEGUNDA HARMÔNICA

Esta componente está presente em todas as formas de onda de magnetização. Da figura 09 pode ser visto que a forma de onda da fase A não se repete de forma senoidal em cada semi-ciclo, contudo as outras fases apresentam uma imagem simétrica, como na fase C.

A proporção real do conteúdo de segunda harmônica varia aproximadamente com o grau de saturação do núcleo, mas está sempre presente, sempre que existir a componente não direcional do fluxo. Tem sido visto que ela tem um valor mínimo correspondendo a 20% da quantia pela qual a corrente de magnetização excede a corrente permanente de magnetização.

As faltas normais no sistema não contêm segunda harmônica ou um múltiplo desta.

Núcleos de ferro saturável como os usados em transformadores e reatores que causam a circulação de correntes distorcidas sob condições estáveis não produzem harmônicas de 2ª, 4ª, 6ª, etc ordens. A corrente de saída de um transformador de corrente que se encontra saturado pelo sistema irá conter harmônicas de ordem ímpar, mas não de ordem par.

Portanto a inibição da 2ª harmônica é uma proposição ideal contra os efeitos da magnetização.

O filtro de 2ª harmônica é ajustável na faixa de 10 a 40 por cento do nível da corrente fundamental e fornece um sinal de bloqueio para o circuito de saída do relé.

FILTRO DE QUINTA HARMÔNICA

Os sistemas de potência de tempos em tempos estão sujeitos a sobretensões de curta duração causadas durante condições anormais no sistema, sendo uma característica típica de unidades gerador/transformador, ou possivelmente de sistemas interconectados com flutuação de potência.

Transformadores de potência com núcleos de aço de grãos orientados usualmente operam com uma alta densidade de fluxo magnético, muito próximo ao ponto de joelho na curva B/H em tensões nominais. No evento de sobretensões correspondendo de 20 a 40% do valor nominal sendo aplicadas aos transformadores, a corrente de excitação pode aumentar de 10 a 100 vezes acima do valor normal, gerando um nível relativamente alto de componente de quinta harmônica.

O relé diferencial detectará este aumento, porque é um valor muito acima do valor ajustado, e desse modo operará isolando o transformador.

Um ajuste de restrição de quinta harmônica de 35% para evitar desligamento em sobre-excitação, tem sido determinado como o mais desejável, através de análises de formas de onda de sobre-excitação. (Um relé diferencial trifásico para proteção de transformador, por C.H. Einvall e J.R.Linders IEEE trans. Vol. Pas-94 nº 6 Novembro / Dezembro 1975). A terceira harmônica poderia ser usada para esta função, pela simplificação no filtro combinando restrições de 2ª e 3ª harmônicas em um (característica da banda de passagem mais larga nos filtros ativos), não sendo usada contudo por duas razões:

- 1) A magnitude da 3ª harmônica no relé é dependente de muitos fatores além do controle do projetista. Veja a ANSI C37.91-1972 "Guia para aplicações de relés de proteção em transformadores de potência".
- 2) A terceira harmônica é predominante na saída de um TC saturado. É portanto uma prática perigosa porque o relé ficaria bloqueado durante uma falta severa.

É também indesejável desligar um transformador pela ação de um relé diferencial instantâneo quando uma falta não existe no transformador, contudo filosoficamente, um transformador deve ser desligado antes que uma condição de sobre-excitação possa danificá-lo, se a causa básica não puder ser corrigida.

Contudo, em sobre-excitação extrema, a corrente de excitação pode

aproximar-se da nominal e um transformador pode ser destruído em questão de segundos. Se esta condição ocorresse, o relé diferencial seria o único equipamento que poderia responder em tempo. Logo, os 35% de restrição de 5ª harmônica fornecem restrição durante todas as condições de sobre-excitação normal, mas se uma sobre-tensão catastrófica é iminente, o relé diferencial desligará o transformador da linha.

A figura 10 mostra a composição das correntes de excitação de um transformador trifásico moderno.

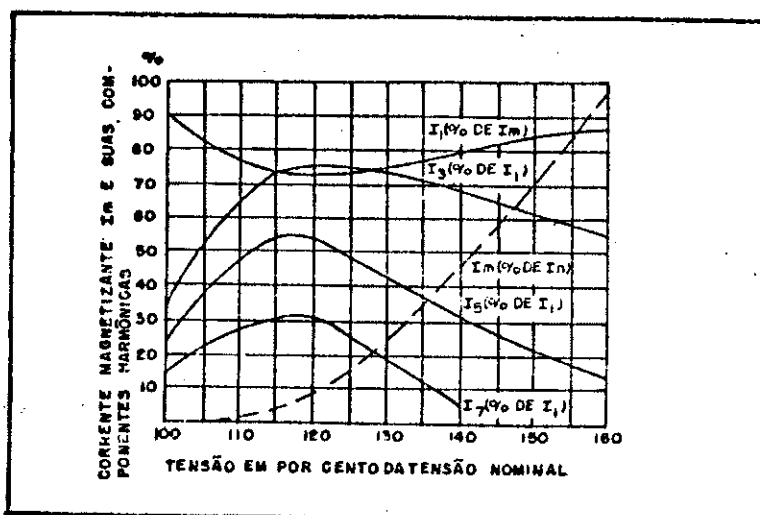


FIGURA 10 CORRENTE MAGNETIZANTE, 3ª E 5ª HARMÔNICAS NOS ENROLAMENTOS DE UM TRANSFORMADOR SOBRE-EXCITADO (60 MVA, 78 kV, CHAPAS DE AÇO DE GRÃO ORIENTADO).

A fundamental e a quinta harmônica em condições de sobretensão, terão o comportamento já mostrado mas as correntes de 3ª harmônica enviadas ao relé serão em geral atenuadas substancialmente, dependendo das conexões dos TC's do transformador (possivelmente em delta) e das configurações do sistema. O relé será bloqueado por esta corrente de excitação de 5ª harmônica para sobretensões até 140%. O relé diferencial INEPAR tipo DF tem um filtro ativo de 5ª harmônica que tem uma faixa de ajuste de 10 a 40%. Os sistemas de excitação do gerador em geral não podem exceder este valor até mesmo no modo de mal operação, e a corrente de excitação de 45% da nominal (veja a figura 10) neste ponto é aproximadamente o máximo que o transformador pode sustentar por um breve período.

5 - ELEMENTO INSTANTÂNEO

O propósito deste elemento é fornecer uma operação do relê ligeiramente mais rápida para faltas severas. Como mostrado na figura 10, esta unidade não é necessária para assegurar o desligamento em faltas internas severas. É uma forma de proteção alternativa ou de retaguarda.

As figuras 11 e 12 mostram o tempo de operação para as unidades diferencial e instantânea.

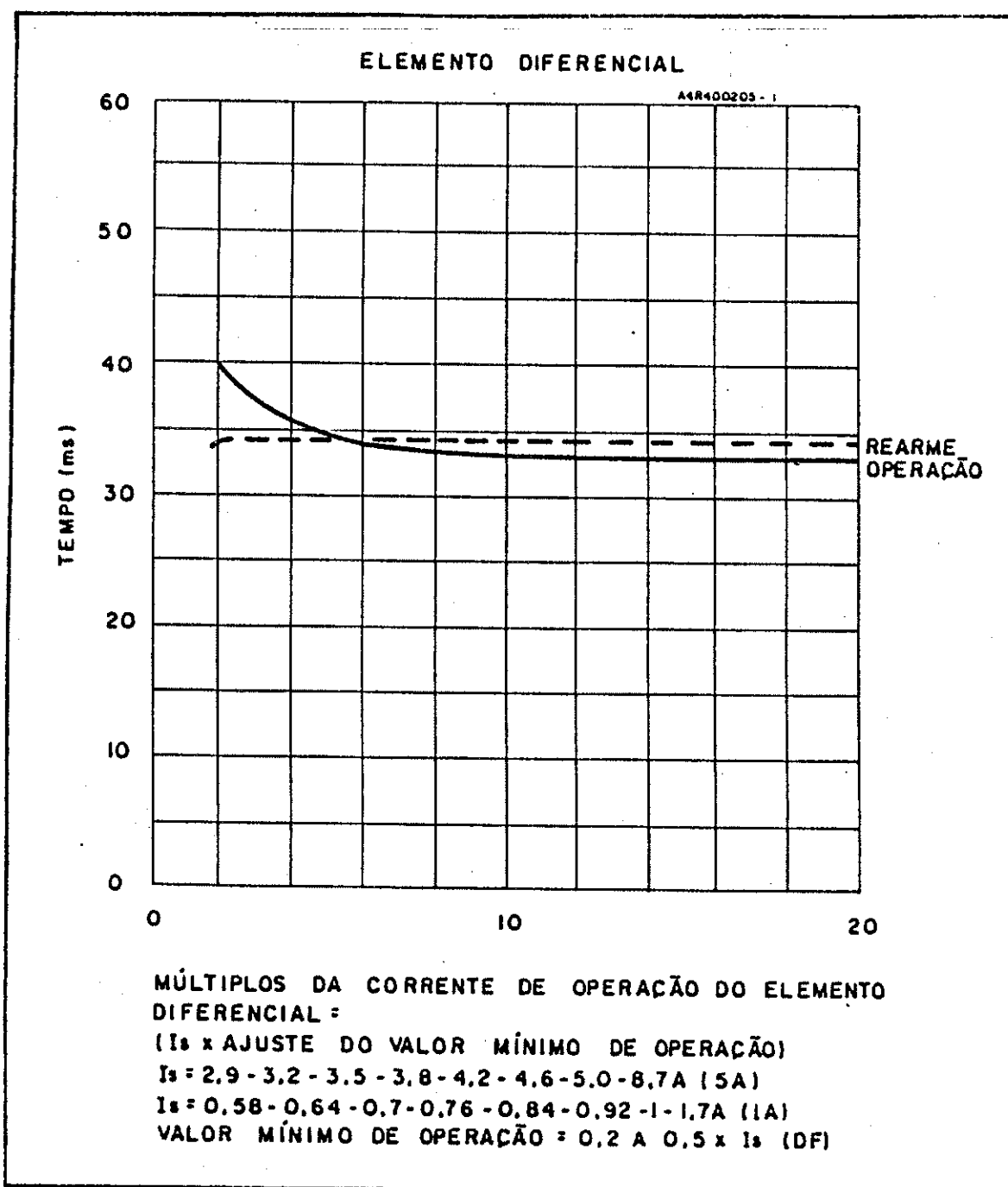


FIGURA 11

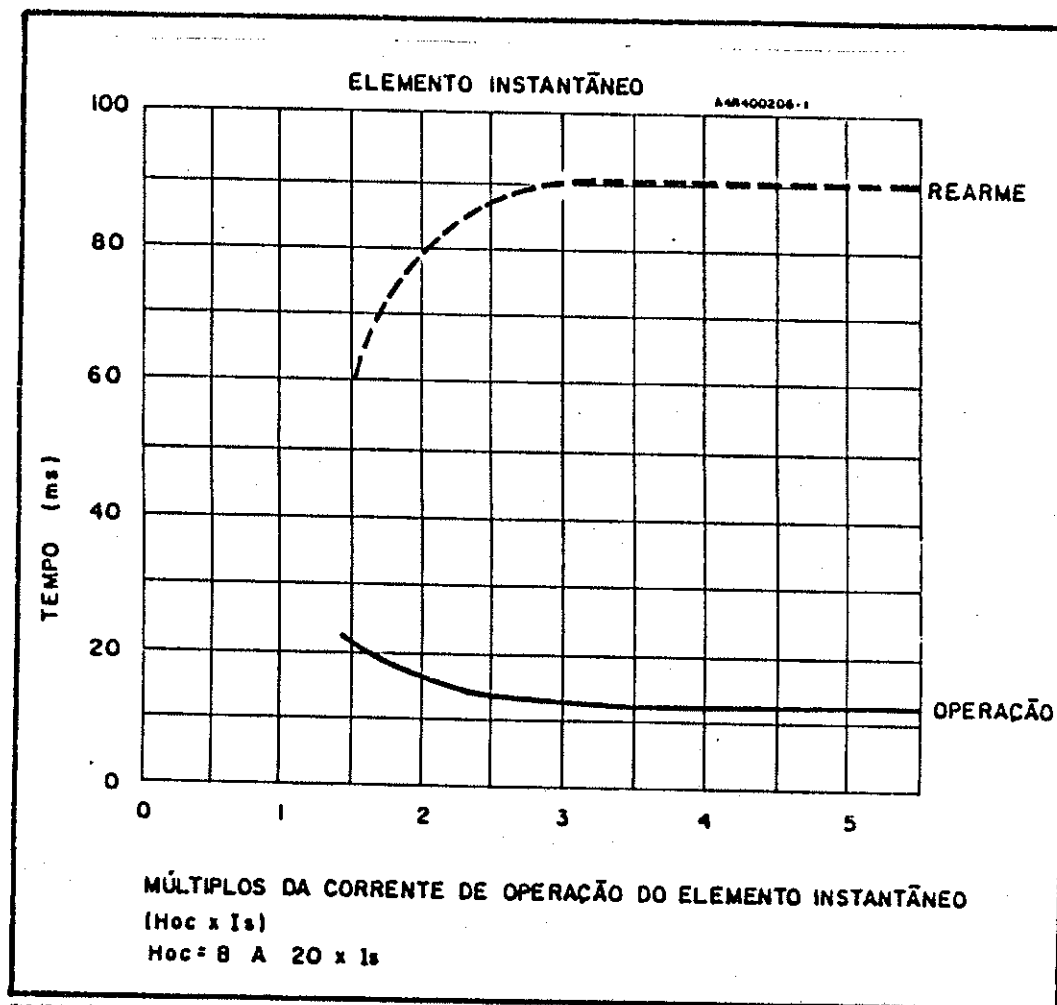


FIGURA 12

6 - AJUSTE DO ELEMENTO INSTANTÂNEO

A unidade instantânea sem restrição é ajustada sem levar em consideração o ajuste dado à unidade com restrição. A unidade com restrição não bloqueará o desligamento em uma falta interna devido a saturação do transformador de corrente.

O elemento instantâneo sem restrição é ajustado em um valor acima da corrente de magnetização, sendo o seu propósito acelerar o tempo de operação do relé para cerca de 1 ciclo em faltas muito severas.

7 - MAGNETIZAÇÃO SIMULTÂNEA (SYMPATHETIC INRUSH)

Quando um banco de transformadores é paraleloado com um segundo já energizado, o banco já energizado experimenta uma corrente de magnetização no instante do fechamento do outro disjuntor. Este fenômeno é chamado "magnetização simultânea".

A corrente de magnetização do banco sendo energizado obterá um caminho paralelo pelo banco já energizado.

A componente c.c. na forma de onda assimétrica pode saturar o ferro do transformador, criando uma condição de magnetização aparente. O valor da magnetização depende da relação da impedância do trans-

formador para a impedância total do sistema que forma um circuito paralelo adicional.

A magnetização simultânea será sempre menor que a corrente de magnetização inicial quando da energização do transformador.

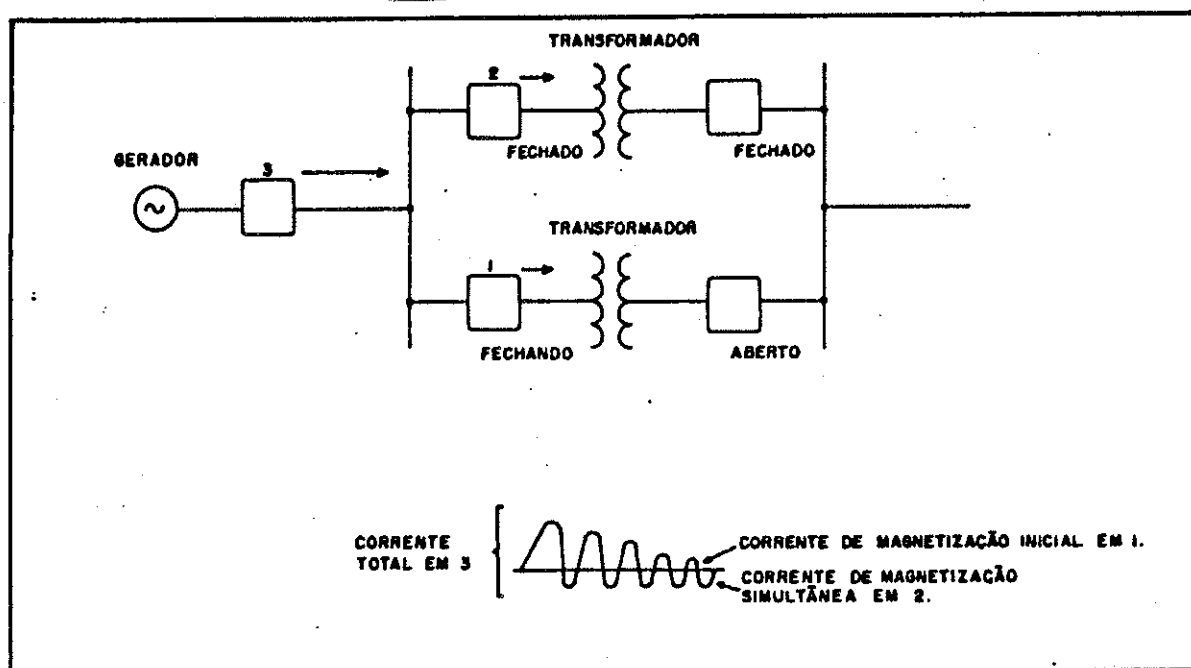


FIGURA 13 MAGNETIZAÇÃO SIMULTÂNEA QUANDO UM BANCO É PARALELADO COM UM SEGUNDO BANCO ENERGIZADO.

8 - CORRENTE DE MAGNETIZAÇÃO POR RESTABELECIMENTO DA TENSÃO

A corrente de magnetização por restabelecimento pode ocorrer sob as seguintes circunstâncias:

Quando um sistema elétrico, que está alimentando um transformador de potência, é submetido a um curto-circuito surge uma queda de tensão severa, que depende da fonte, linha e impedâncias de curto-circuito.

Durante o período de curto-circuito o estado magnético do transformador é modificado porque a corrente de excitação é aproximadamente proporcional no limite de 100% da tensão.

No instante em que a falta no sistema está sendo eliminada por seu disjuntor apropriado, a tensão do sistema restabelece-se a seu valor normal provocando desse modo uma corrente de magnetização.

Desde que o transformador de potência está parcialmente energizado, a corrente de magnetização por restabelecimento da tensão é menor

que a corrente de magnetização quando da energização inicial do transformador, contudo este valor pode ser muito significativo para o relê diferencial.

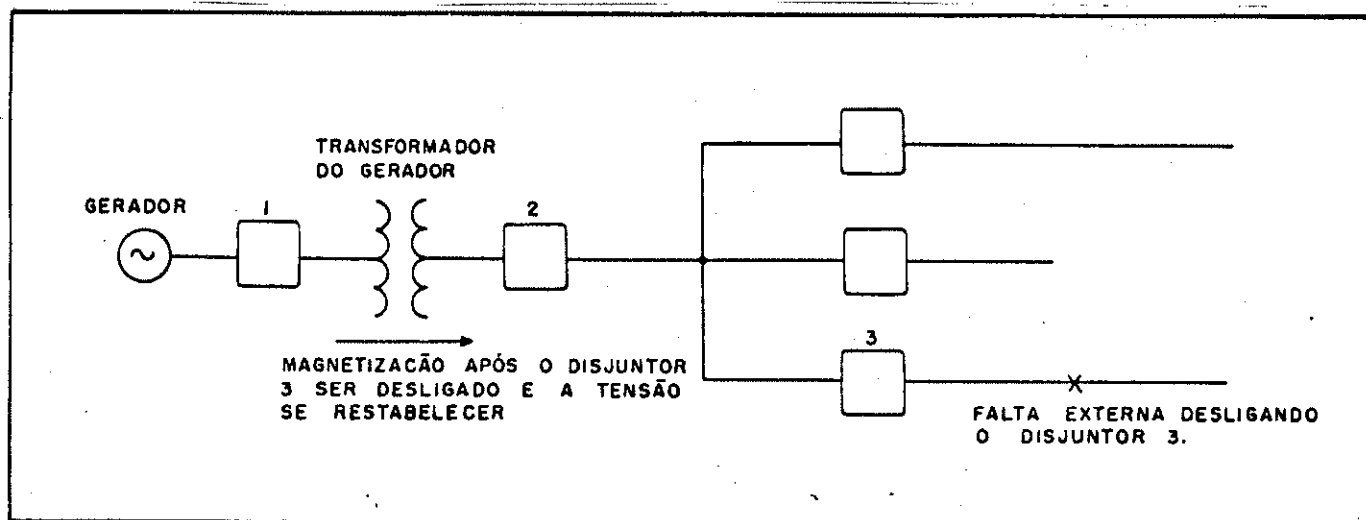


FIGURA 14 MAGNETIZAÇÃO POR RESTABELECIMENTO DA TENSÃO APÓS A ELIMINAÇÃO DE UMA FALTA EXTERNA.

4.2b - PROTEÇÃO DIFERENCIAL PERCENTUAL LONGITUDINAL DE GERADORES

A ruptura da isolação de um condutor pode resultar em uma falta entre condutores ou entre um condutor e o núcleo de ferro do gerador. A ruptura pode ser causada por sobretensão ou por sobreaquecimento, os quais por sua vez surgem de correntes desequilibradas, problemas de ventilação, etc; podendo ser causada também por danos a isolação através do movimento do condutor devido a forças mecânicas exercidas por curto-circuitos ou condições de perda de sincronismo.

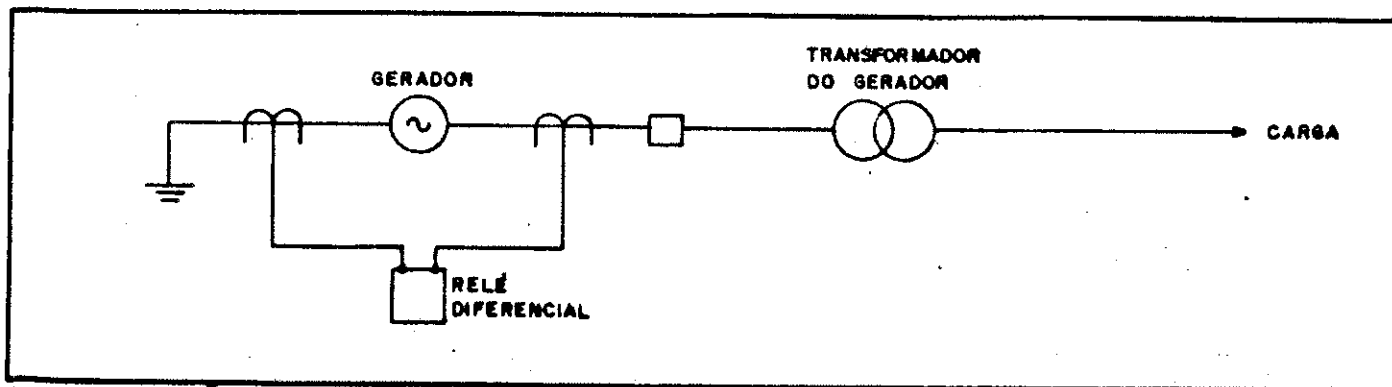


FIGURA 15 PROTEÇÃO DIFERENCIAL DE GERADOR

FALTAS ENTRE FASES E ENTRE FASE E TERRA

Faltas entre os condutores do estator podem ser algumas vezes reparadas por retoques ou até mesmo substituindo o condutor, mas faltas entre o condutor e as laminações de ferro são um problema sério porque o arco pode fundir as laminações formando desse modo um "ponto quente" que pode exigir a reconstrução do núcleo.

É portanto essencial eliminar as faltas no enrolamento do estator o mais rápido possível e isto é feito em máquinas acima de 10MVA, por um relé diferencial de alta velocidade, que compara a corrente nos transformadores de corrente nos dois terminais de fase de cada enrolamento.

É usual fornecer proteção de fase e de terra como mostrado na figura 16, enquanto que somente a proteção de terra é mostrada na figura 17.

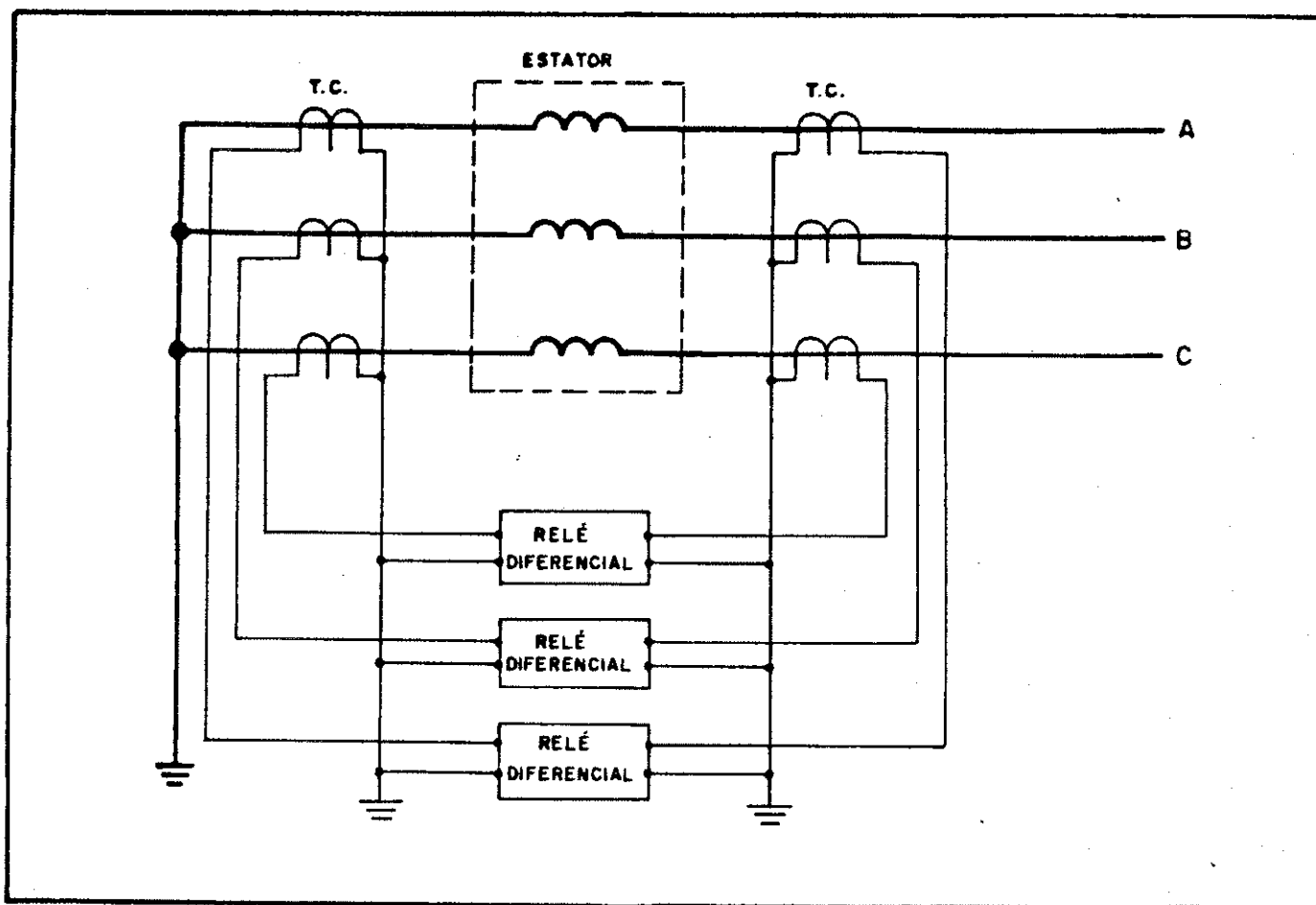


FIGURA 16 PROTEÇÃO DIFERENCIAL DE GERADOR

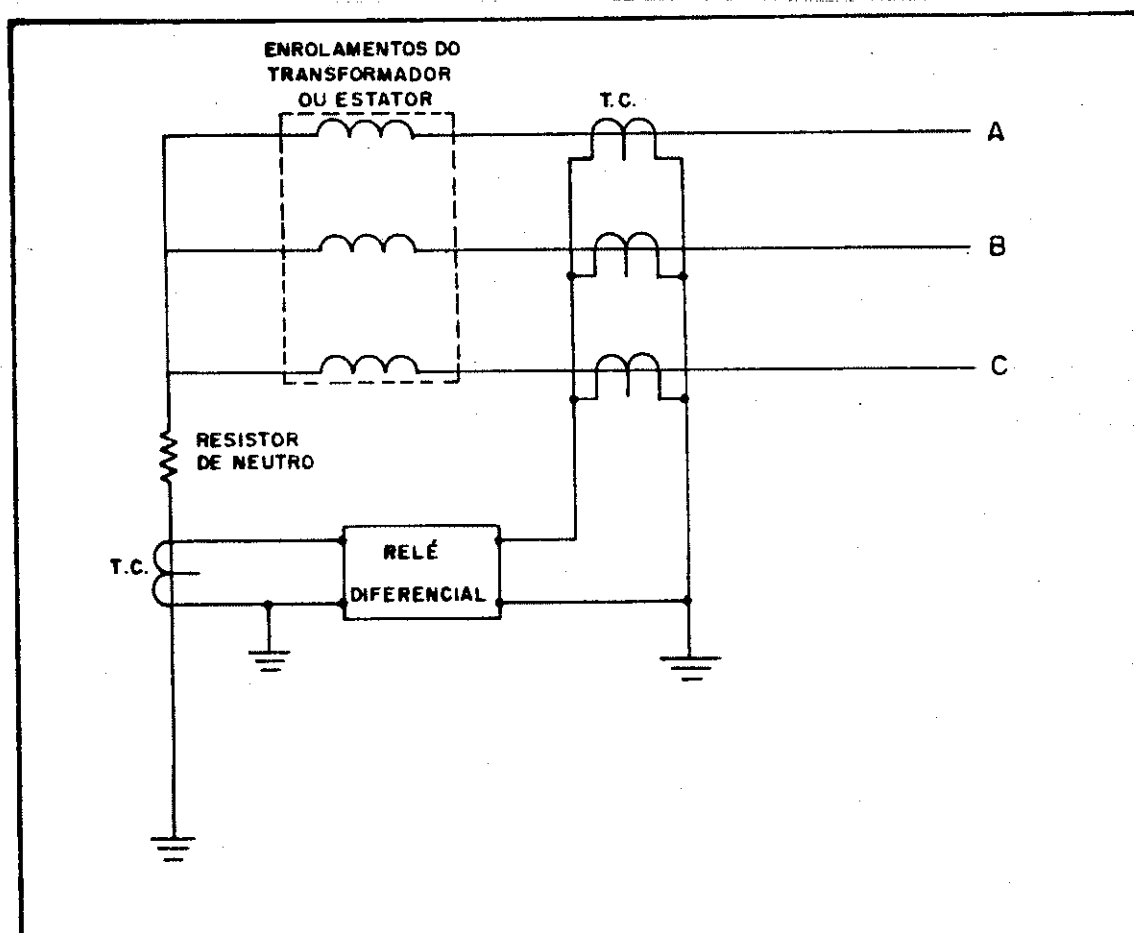


FIGURA 17 PROTEÇÃO DE FALTA À TERRA RESTRITA PARA TRANSFORMADORES E GERADORES

A necessidade de tensão na entrada do relé fornecida pelos transformadores de corrente é dependente do valor ôhmico da impedância do circuito de entrada junto com os valores de resistência da fiação secundária. O ajuste mínimo de operação primária é calculado pela adição da somatória das perdas por excitação de todos dos transformadores de corrente conectados em paralelo no valor da tensão de entrada no relé à corrente de operação mínima do relé e então multiplicando pela relação de espiras do transformador de corrente. Tendo calculado a corrente mínima de operação primária torna-se simples calcular a tensão de falta à terra mínima que irá circular esta corrente através do resistor de aterramento no ponto de neutro.

Isto expresso na base da tensão de fase normal dá a percentagem da distância mínima ao ponto neutro na qual uma falta deve estar situada para causar a operação do relé. Sistemas do tipo diferencial longitudinal não protegem contra faltas entre espiras no estator. Se o estator do gerador é fornecido com enrolamentos em paralelo em cada fase e eles são acessíveis por terminais separados, é possível fornecer outra proteção diferencial transversa independente que detectará faltas entre espiras e fornecerá proteção de retaguarda. Veja figura 18.

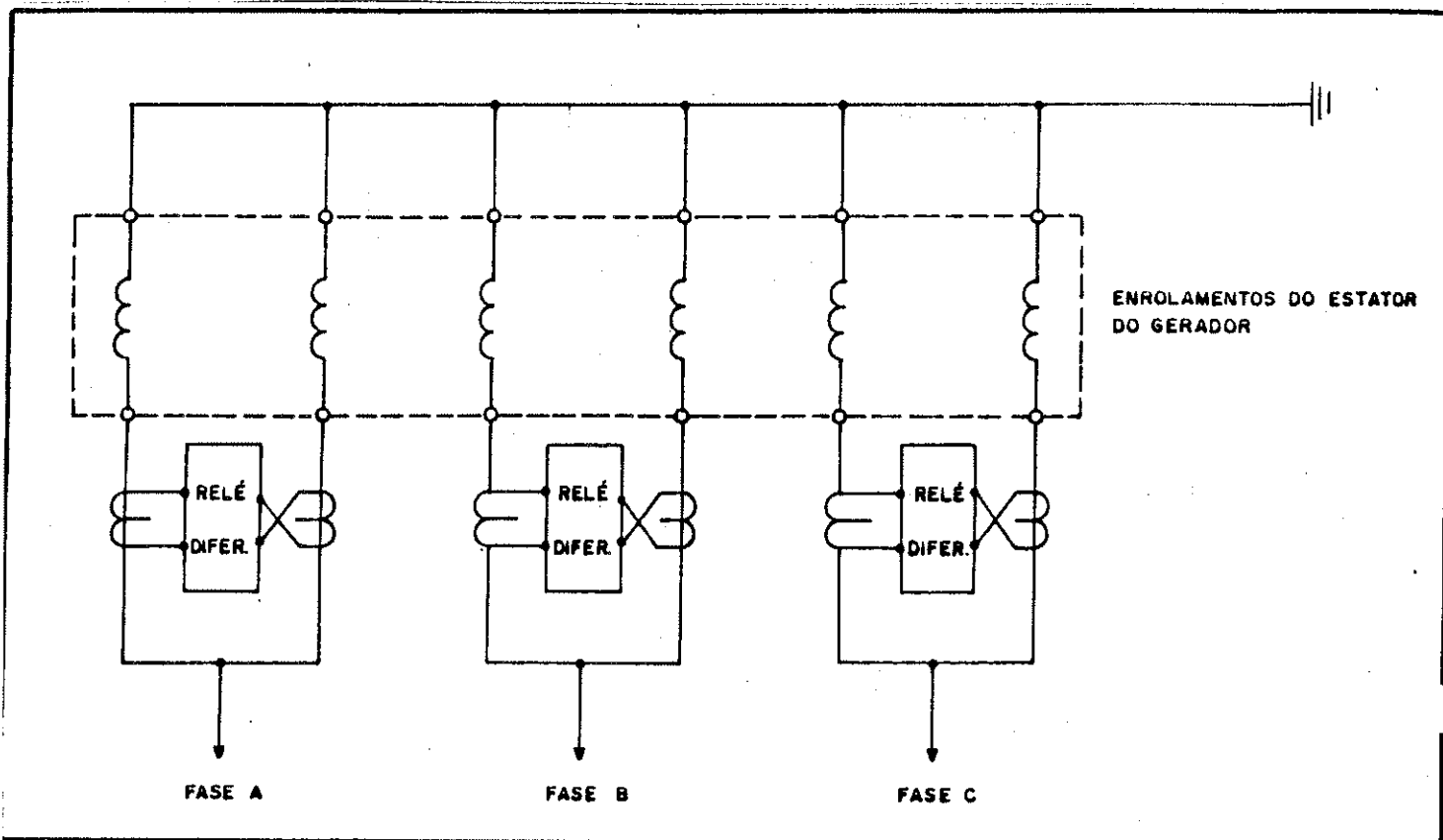


FIGURA 18

4.2c - PROTEÇÃO DIFERENCIAL PERCENTUAL DE GERADOR-TRANSFORMADOR (ESQUEMA DIFERENCIAL COMPLETO)

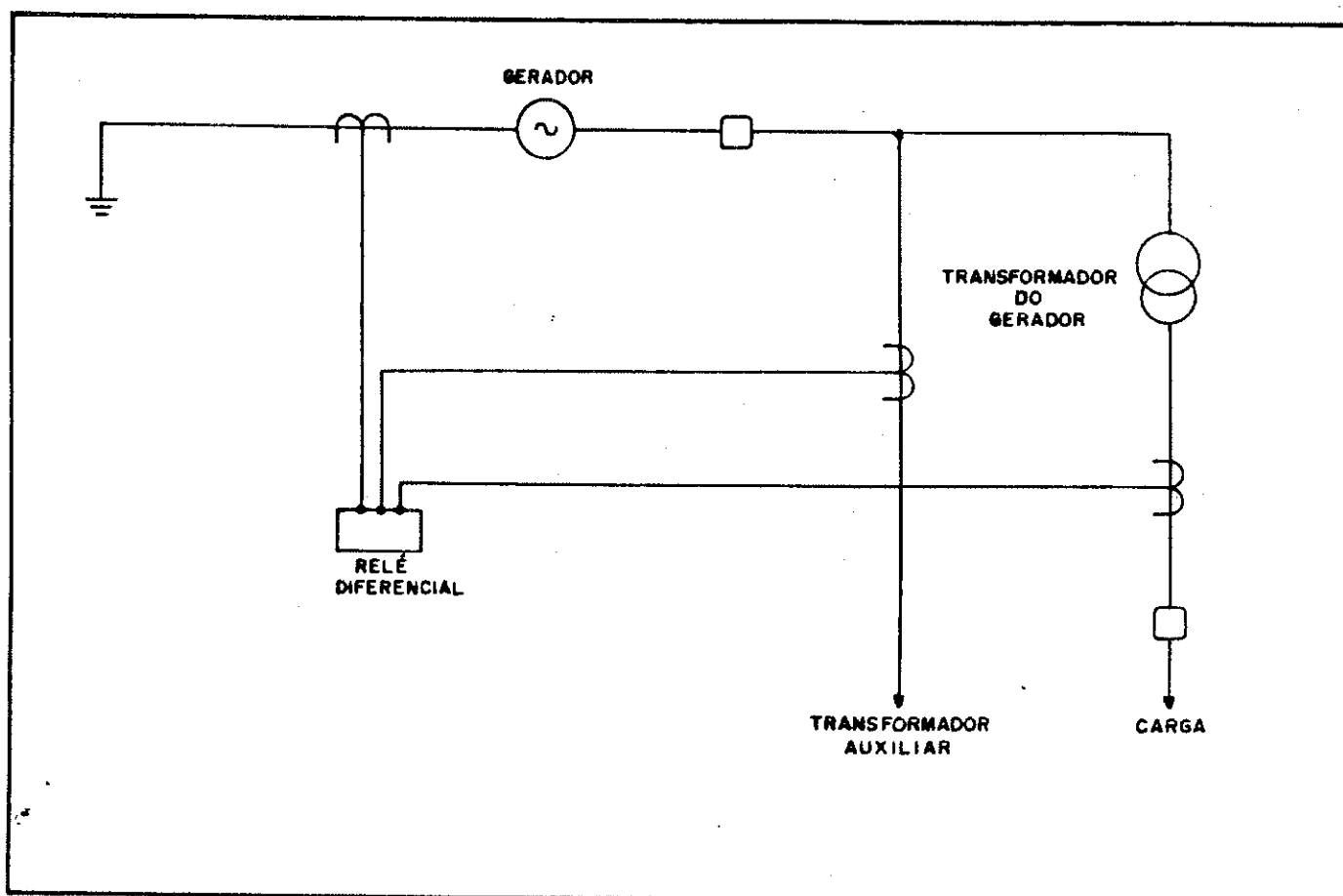


FIGURA 19 PROTEÇÃO DIFERENCIAL COMPLETA DO SISTEMA GERADOR.

O enrolamento do gerador junto com seu transformador elevador associados podem ser protegidos como uma zona única. A zona protegida' pode ser descrita como sendo aquela entre as extremidades das respectivas posições físicas dos transformadores de corrente, sendo estas posições normalmente na conexão do neutro do gerador e nos cabos secundários do transformador elevador.

Os efeitos da corrente de magnetização diferem em grande parte daqueles de um sistema transformador devido ao fato de que a tensão não é nunca aplicada subitamente ao transformador pela energização do seu disjuntor; o transformador permanece conectado ao gerador e é energizado gradualmente enquanto a máquina é acelerada e excitada, logo nenhum fenômeno magnetizante pode ocorrer.

Correntes de magnetização podem fluir no transformador pelas seguintes razões:

- 1) Quando um curto circuito externo próximo causa queda na tensão aplicada, a qual pela eliminação da falta causa a ocorrência de um transitório no instante da sua recuperação.

Os sistemas elétricos geralmente têm elevadas relações de XL/R resultando na interrupção de correntes de falta reativas, correspondendo à corrente zero uma tensão máxima. A recuperação da tensão neste instante não gera corrente transitória de excitação.

O corte de corrente pode ser feito com disjuntores de ar comprimido ou a vácuo mas é indesejável fazê-lo se a corrente é maior que 20% do valor de pico, o que significa de 10° a 12° além do ponto zero da onda de corrente.

O primeiro impulso do fluxo não irá exceder portanto o pico normal por mais que 20%. A corrente de magnetização correspondente a este impulso do fluxo é provavelmente muito pequena.

- 2) Um transformador do sistema com alta capacidade ligado aos barramentos da estação de potência irá puxar um alto valor de corrente de magnetização, fornecida pelas unidades gerador-transformador. Esta corrente irá circular através da zona diferencial do gerador e será interpretada como uma condição de equilíbrio sem a operação do relê.

É obvio portanto, que a restrição harmônica é desnecessária para a proteção diferencial de uma unidade gerador-transformador.

4.2d - OUTRAS APLICAÇÕES

A figura 20 mostra um esquema diferencial típico para a proteção de motor.

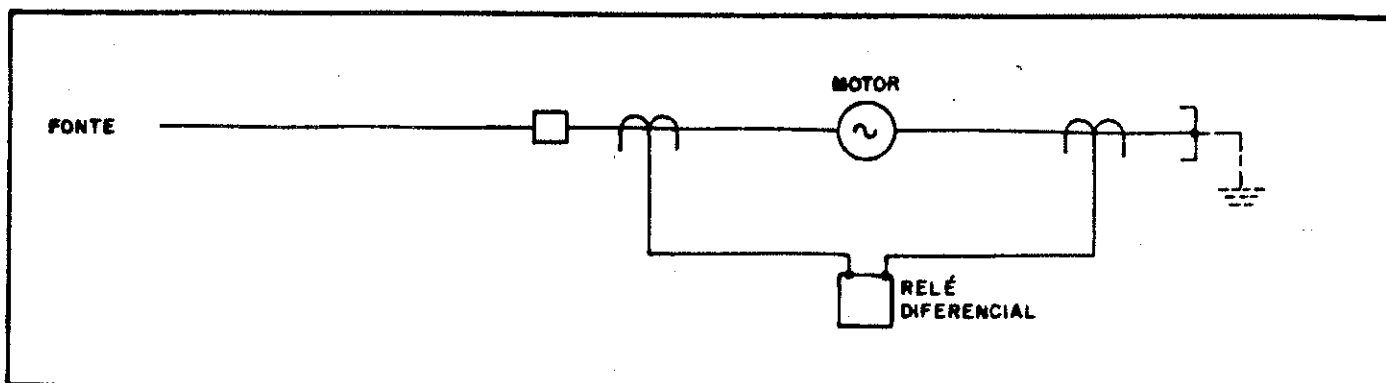


FIGURA 20 PROTEÇÃO DIFERENCIAL DE MOTOR

A figura 21 mostra um esquema de proteção diferencial para um reator paralelo, comumente usado em linhas de transmissão.

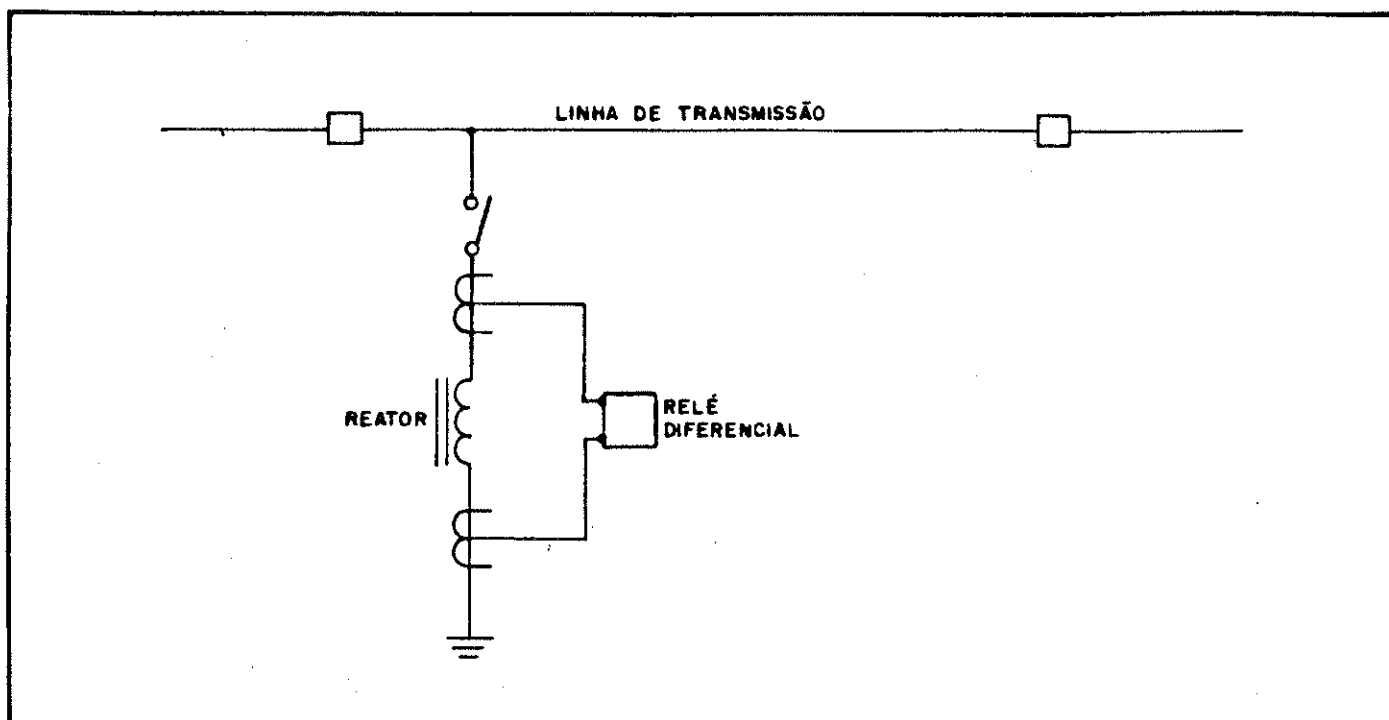


FIGURA 21 PROTEÇÃO DIFERENCIAL DE REATOR EM PARALELO

A figura 22 mostra um esquema de proteção diferencial para um reator limitador de corrente série, para geradores conectados diretamente ao barramento principal.

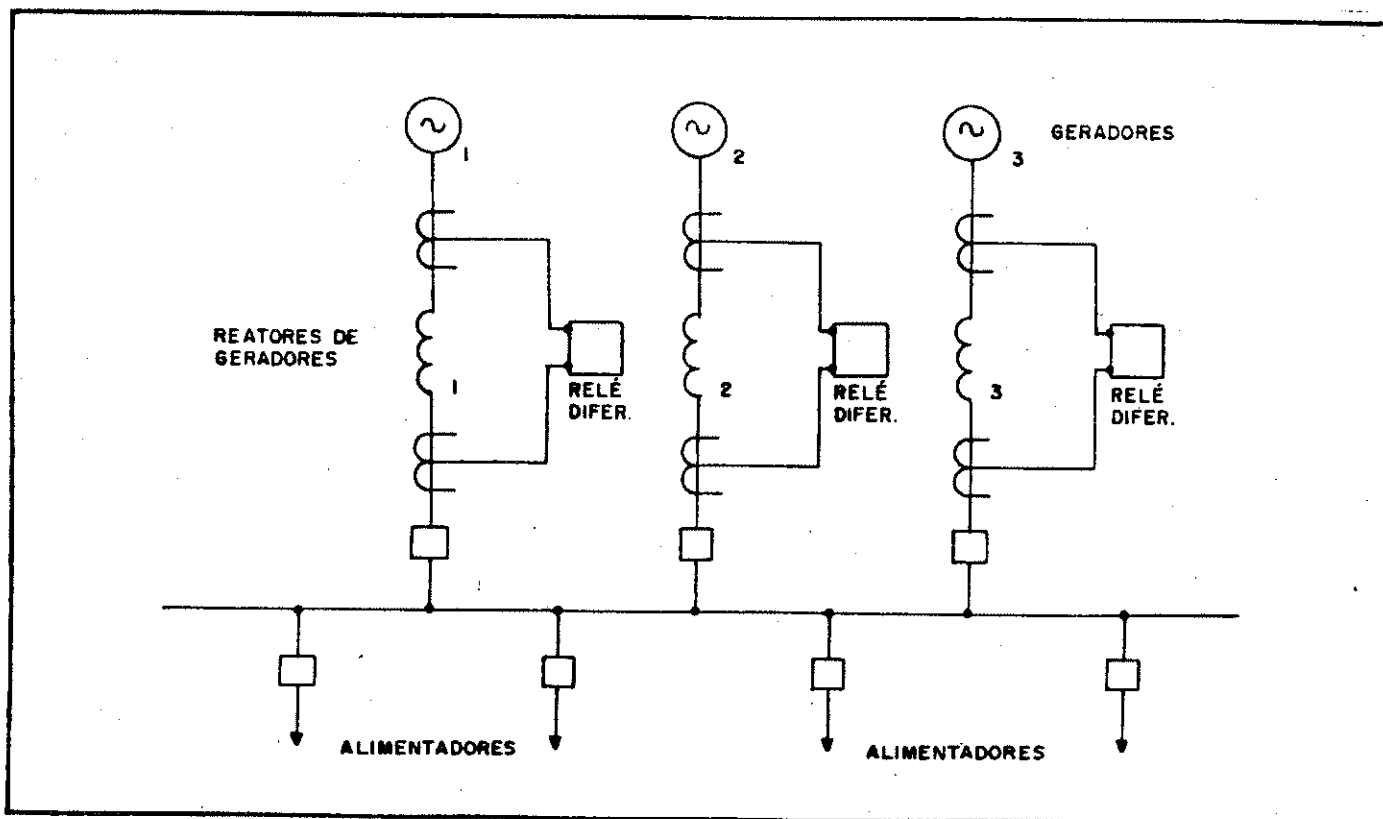


FIGURA 22 PROTEÇÃO DIFERENCIAL DE REATOR LIMITADOR DE CORRENTE.

4.3 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO (Proteção diferencial de transformador)

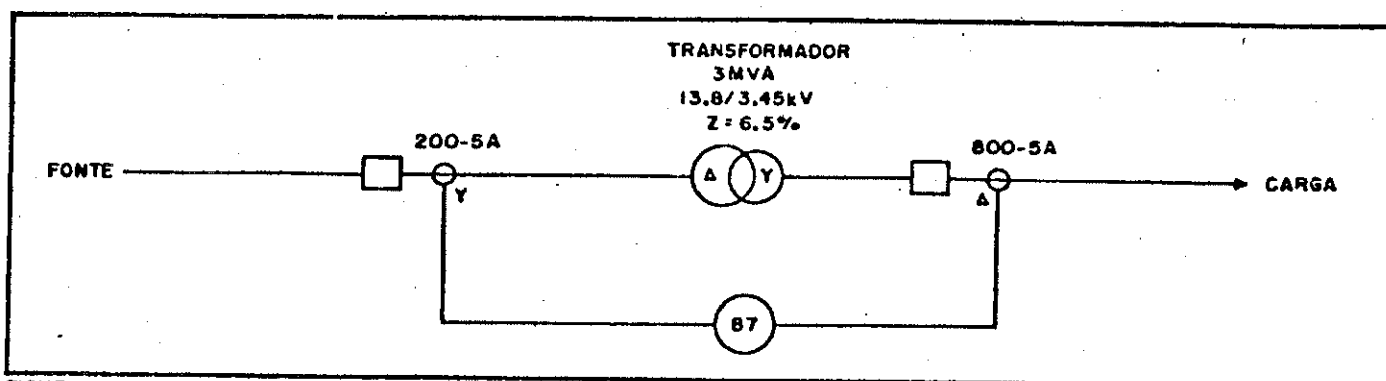


FIGURA 23

A - CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE COM FALTA EXTERNA (veja fig.23)

A.1 - SELEÇÃO DOS TAPES PARA O ELEMENTO DIFERENCIAL

- Relação de transformação do transformador de potência=

$$\frac{13,8}{3,45} = 4$$

6,05

- Corrente nominal do transformador de potência:

- Primário: $In_p = \frac{3000}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 125,51 \text{ A} = 167,25$

- Secundário: $In_s = \frac{3000}{\sqrt{3} \cdot 3,45} = 502,04 \text{ A} \quad 10/3$

- Corrente no secundário dos TC's:

- Lado primário do transformador de potência:

$$I_1 = 125,51 \cdot \frac{5}{200} = 3,14A \quad 5,56$$

- Lado secundário do transformador de potência:

$$I_2 = 502,04 \cdot \frac{5}{800} = 3,14A \quad 2,3$$

- Entrada de corrente no relê, originada dos TC's em estrela

$$I_{1'} = I_1 = 3,14A$$

- Entrada de corrente no relê, originada dos TC's em delta

$$I_{2'} = I_2 \cdot \sqrt{3} = 3,14 \cdot \sqrt{3} = 5,44A$$

- Seleção dos tapes (Is)

- Faixa dos tapes do relê diferencial : 2,9 - 3,2 - 3,5 - 3,8 - 4,2 - 4,6 - 5,0 - 5,7A.

- Como a entrada no relê pelo lado primário é calculada com sendo 3,14A, o tape com valor mais próximo deve ser escolhido = 3,2A.

- Para o lado secundário, a entrada de corrente é calculada como sendo 5,44A, portanto o tape mais próximo selecionado é 5A.

A.2 - SELEÇÃO DO TAPE DE RESTRIÇÃO PERCENTUAL

- Verificação do erro de desequilíbrio percentual:

- Relação dos tapes do relê: $\frac{5,0}{3,2} = 1,56$

- Relação das correntes de entrada no relê = $\frac{5,44}{3,14} = 1,73$

- Erro de desequilíbrio = $\frac{1,73 - 1,56}{1,56} \cdot 100 = 10,90\%$

- Classe de precisão dos transformadores de corrente:

Os TC's para aplicação em proteção são fabricados com uma classe de precisão de 10% de acordo com as normas internacionais. Portanto, este erro de 10% deve ser levado em conta nos cálculos.

- Mudança de tapes no transformador de potência:

Quando o transformador é fornecido com mudança de tapes, deve-se permitir 10% para a faixa de mudança.

- Erro do desequilíbrio total:

$$10,90\% + 10\% = 20,90\% \text{ (pois o transformador é de relação fixa).}$$

- Seleção do tape:
- Faixa dos tapes de restrição percentual: 15% - 25%-40%
- Como o erro total do desequilíbrio calculado é de 20,90%, o tape selecionado deve ser maior que este valor, portanto 25%.

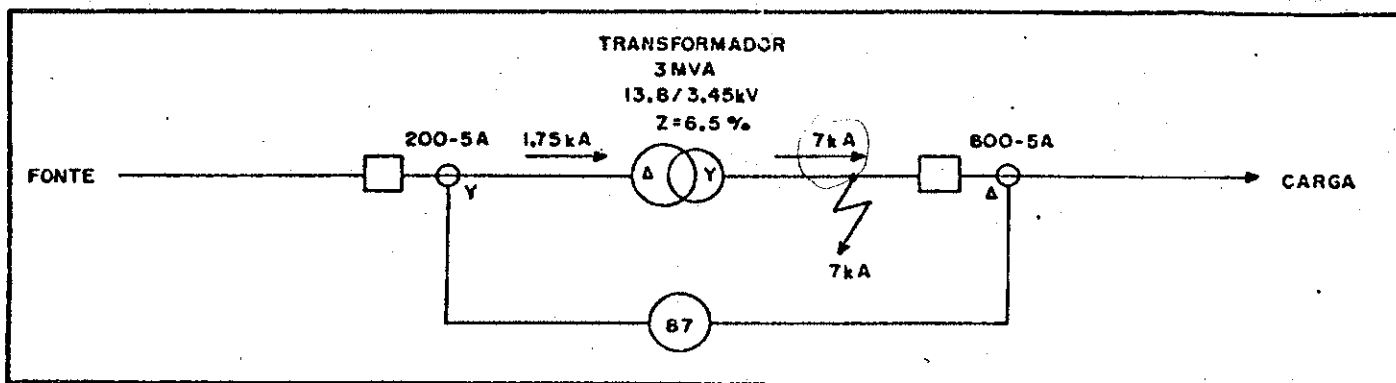


FIGURA 24

B - CONDIÇÃO DE FALTA INTERNA (veja a fig.24)

B.1 - AJUSTE DO ELEMENTO DE SOBRECORRENTE INSTANTÂNEO (HOC)

- Falta no circuito secundário do transformador de potência= 7kA.
- Contribuição de corrente do circuito primário do transformador de potência $7000 \cdot \frac{3,45}{13,8} = 1,75\text{kA}$
- Saída do transformador de corrente do lado primário:

$$1750 \cdot \frac{5}{200} = 43,75\text{A}$$

- Como o tape do relê é 3,2A, o fator de multiplicação obtido é $\frac{43,75\text{A}}{3,2\text{A}} = 13,67 \times$

- O elemento instantâneo tem uma faixa de ajuste de $8-20 \times I_s$, portanto o valor escolhido é 13.

Este valor deve ser verificado em termos da corrente de magnetização, a qual ocorrerá quando o transformador de potência é colocado em serviço.

- O valor de pico da corrente de magnetização depende de vários fatores, tais como, instante do fechamento do disjuntor, condição magnética do núcleo do transformador antes da sua energização, etc, contudo, em geral, um valor entre 8 a 10 vezes a corrente nominal pode ser esperado. Baseando-se na pior condição, que é $10 \times I$ nominal, faz-se o cálculo abaixo para verificar que a corrente de magnetização não atuará o elemento instantâneo (HOC):

$$10 \cdot 125,51 \cdot \frac{5}{200} = 31,38\text{A}$$

$$\frac{31,38 \text{ A}}{3,2\text{A}} = 9,80 \times$$

Este valor 9,8 sendo inferior ao valor ajustado 13, não oferecerá problemas.

- No caso de um curto circuito pesado no lado primário do transformador, o valor da corrente será muito maior do que o valor refletido de 1,75kA para a falta no lado secundário. Portanto o ajuste de 13x cobrirá adequadamente esta situação.

B.2 - AJUSTE DA CORRENTE MÍNIMA DE OPERAÇÃO (ELEMENTO DIFERENCIAL)

- Faixa de operação = 20% a 50% Is, pré-ajustado na placa de circuito impresso.
- A fim de detectar faltas de alta impedância dentro do transformador, o ajuste mais sensível é adotado, sendo 20% de Is. Este ajuste corresponde a uma corrente de falta primária de:

$$0,2 \cdot 3,2 = 0,64\text{A}$$

$$0,64 \cdot \frac{200}{5} = 25,60\text{ A}$$

5 - PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO

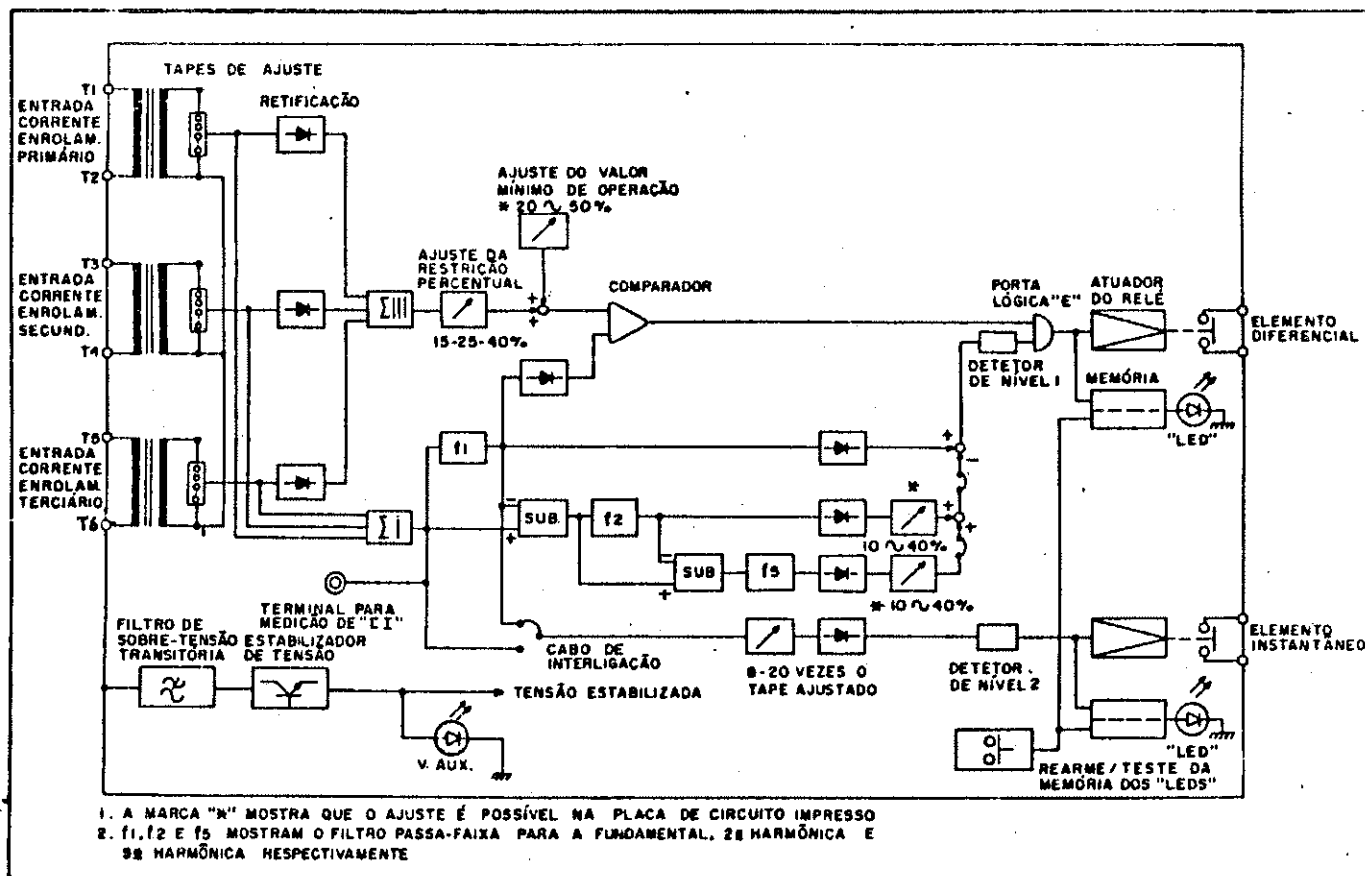


FIGURA 25 DIAGRAMA DE BLOCOS DO RELÉ INEPAR TIPO DF3

As duas ou três correntes de entrada (dependendo do tipo de transformador a ser protegido) são convertidas em tensões proporcionais, sendo estas tensões aplicadas a um divisor de tensão com ajuste por tapes, a partir do qual ocorre uma separação em dois sinais. Um sinal torna-se a quantidade de restrição $\Sigma |I|$ (somatória escalar) após a retificação.

O outro sinal torna-se o sinal diferencial ΣI (somatória vetorial). O sinal de restrição $\Sigma |I|$ é ajustado para o sinal especificado no tape de ajuste de relação, sendo somado ao nível constante c.c. que determina o valor mínimo de operação.

Por outro lado o sinal diferencial ΣI é retificado e ambos os sinais são comparados por meio de um circuito integrado comparador. Se o sinal diferencial excede o sinal de restrição, então o comparador dá um sinal de saída para operação.

O sinal vetorial ΣI é filtrado e a componente fundamental (sinal de operação) é separada das componentes harmônicas (sinal de restrição) por filtros ativos F1, F2 e F5.

No circuito de restrição de harmônicas, se a amplitude da componente fundamental excede a amplitude da componente harmônica, então o detector de nível 1 dá um sinal de operação.

Portanto, quando o comparador e o detector de nível 1 estão na lógica "1" simultaneamente uma porta E dá uma saída lógica "1" para energizar o circuito do relé de saída e seu respectivo circuito de memória do indicador visual.

O circuito de entrada do elemento instantâneo pode incluir ou excluir os filtros de harmônicas pela seleção de "links" na placa de circuito impresso, sendo o sinal de entrada ajustado por HOC no painel frontal. Este sinal é retificado e alimenta um detector de nível o qual dando uma saída opera seu relé de saída independente e o seu respectivo circuito de memória do indicador visual.

Os LED's indicadores permanecem em operação até que seja feito o rearme manual no painel frontal. A isolação do circuito de desligamento é feito aparafusando o plugue na posição marcada "Trip Lock" no painel frontal.

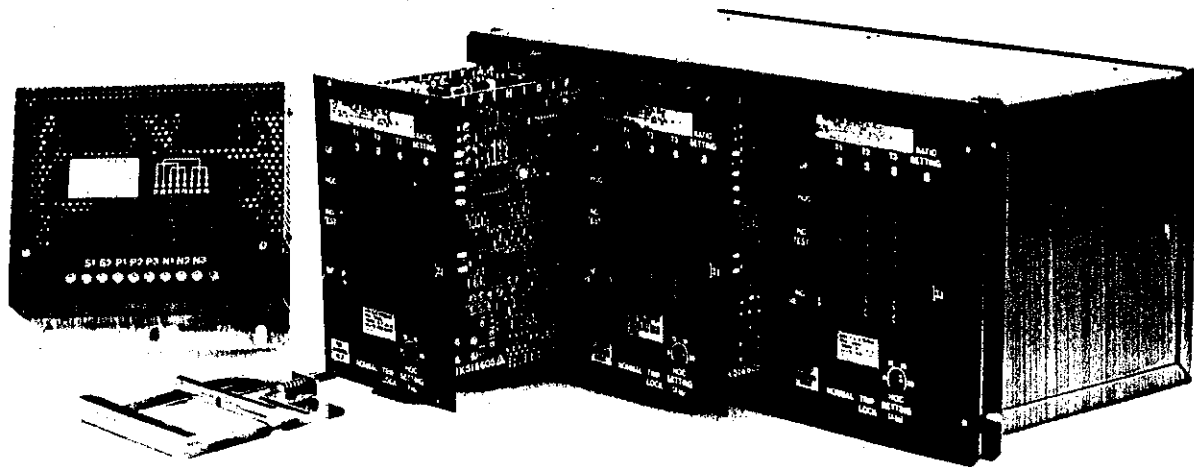


FOTO 02

6 - PROJETO DO RELÉ DE ESTADO SÓLIDO

6.1 - SELEÇÃO DOS COMPONENTES

Somente os componentes de estado sólido da mais alta qualidade são selecionados para uso em relés INEPAR. O controle de qualidade é assegurado pelo envelhecimento apropriado dos componentes em estufa e pelo uso de semicondutores de silício sujeitos a cuidadosos testes e monitoração de características junto com uma rigorosa seleção de componentes adequados para trabalharem em altas temperaturas.

Os componentes são soldados em placas de circuito impresso de alta qualidade.

6.2 - PROJETO DO CIRCUITO

Os componentes eletrônicos são escolhidos para operar em 30% do seu valor nominal para garantir estabilidade e longa vida de operação.

6.3 - TESTES ELÉTRICOS

Todos os relés são submetidos a extensivos testes de produção em adição a amplos testes de qualificação de projeto, os quais incluem:

- . Testes de corrente permanente e momentânea
- . Testes dielétricos
- . Testes de alta temperatura
- . Teste de resistência a surtos

7 - CONEXÕES TÍPICAS PARA RELÉS DIFERENCIAIS

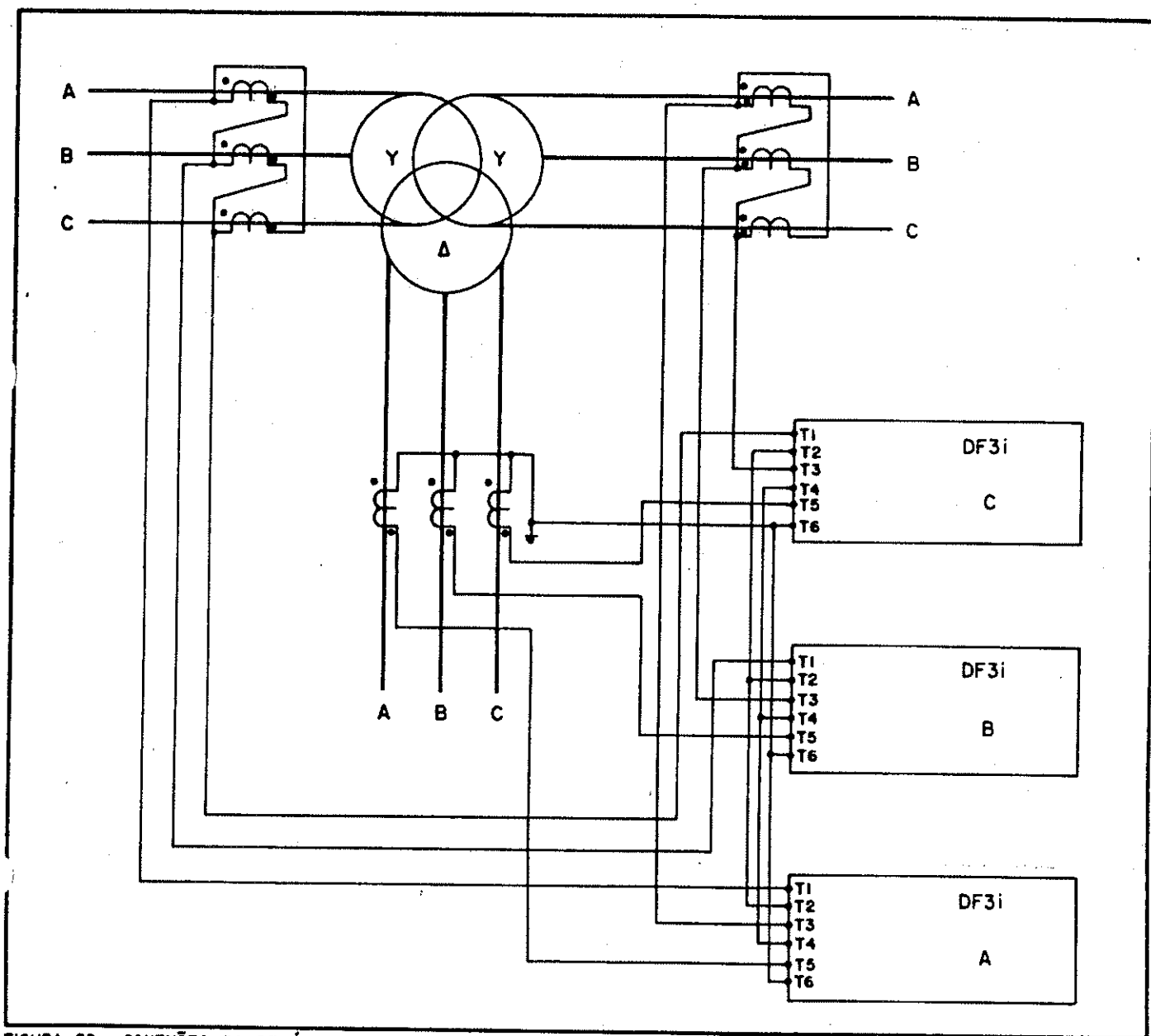


FIGURA 26 CONEXÕES DO RELÉ DIFERENCIAL PARA TRANSFORMADOR DE TRÊS ENROLAMENTOS.

A figura 26 ilustra o método para conectar três relés diferenciais monofásicos para um transformador de potência de três enrolamentos (Y - Y - Δ) trifásico.

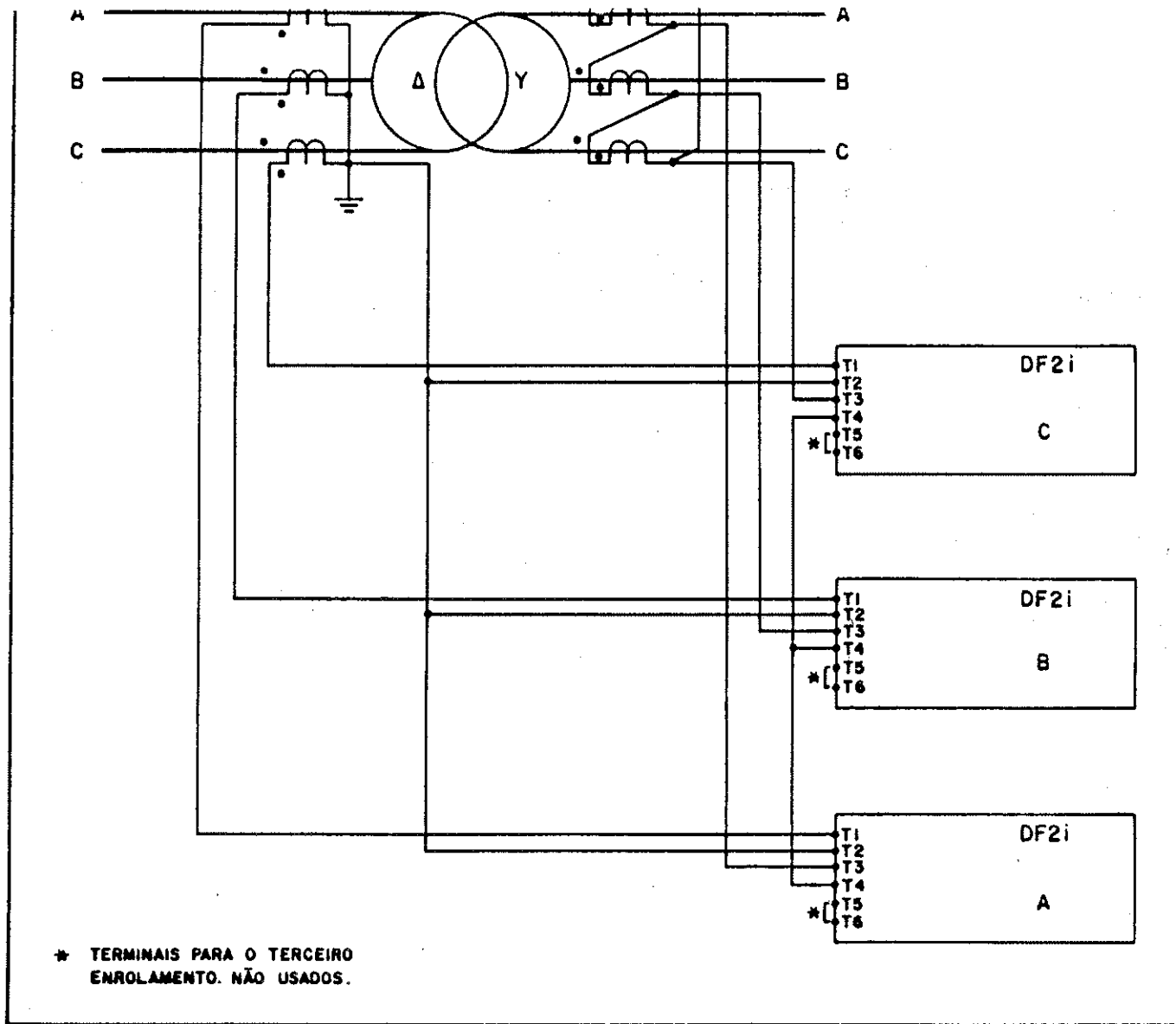
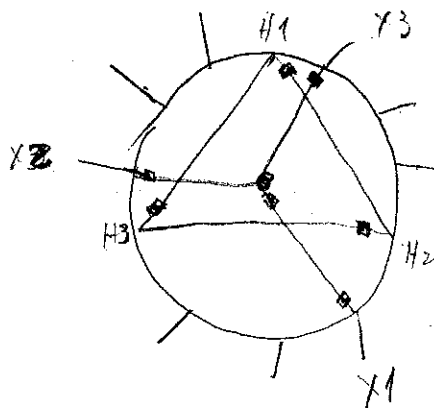


FIGURA 27 CONEXÕES DO RELÉ DIFERENCIAL PARA TRANSFORMADOR DE DOIS ENROLAMENTOS

A figura 27 ilustra o método para conectar três relés diferenciais monofásicos para um transformador de potência de dois enrolamentos ($\Delta - Y$) trifásico.



8 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

8.1 - CIRCUITO DE MEDIÇÃO

- . Corrente Nominal (In) 1A ou 5A
- . Frequência 50Hz ou 60Hz
- . Circuitos de entrada de corrente dois ou três
- . Faixa de Ajuste:
 - Tapes de ajuste do elemento diferencial (Is)
 - 1A 0,58-0,64-0,70-0,76-0,84-0,92-1-1,70A
 - 5A 2,9-3,2-3,5-3,8-4,2-4,6-5,0-8,7A
 - Dial de ajuste do elemento instantâneo (HOC) 8 a 20 x Is (variável continuamente)
- . Valor mínimo de operação para o elemento diferencial percentual (pré-ajustado na fábrica de acordo com a solicitação do cliente):
 - Relé diferencial para transformadores, tipo DF (20 a 50%) do ajuste do tape Is.
- . Ajuste da restrição percentual:
 - Relé diferencial para transformadores, tipo DF..... 15 - 25 - 40%
- . Restrição harmônica (ambas 2ª e 5ª harmônica), (pré-ajustada na fábrica; de acordo com a solicitação do cliente)..... (10 a 40%) da corrente fundamental
- . Filtros incorporados (selecionados na placa de circuito impresso).....
 - 2ª e 5ª
 - 2ª
 - Sem filtros
- . Capacidade de sobrecarga.....
 - 40A, 1 segundo (relé 1A)
 - 200A, 1 segundo (relé 5A)
 - permanente 3 x In
 - dinâmica 500A, 0,1 seg.
- . Indicadores visuais (LED's)...
 - elemento diferencial (DF)
 - elemento instantâneo (HOC)
 - tensão auxiliar C.C. (V.AUX.)

. Tempo de operação:

- Elemento diferencial <40ms para valores acima de 3 x o valor de operação.
- Elemento instantâneo <23ms para valores acima de 1,5 x o valor de operação.

. Tempo de rearme:

- Elemento diferencial <34ms em 3x o valor de operação
- Elemento instantâneo <60ms em 1,5x o valor de operação

. Classe de precisão E 7,5

. Consumo:

- Relê 5A

Corrente de Entrada	2,9A	3,2A	3,5A	3,8A	4,2A	4,6A	5A	8,7A
VA	0,078	0,096	0,116	0,135	0,164	0,198	0,235	0,71

- Relê 1A

Corrente de Entrada	0,58A	0,64A	0,70A	0,76A	0,84A	0,92A	1,00A	1,70A
VA	0,0165	0,0198	0,0242	0,0286	0,0341	0,0407	0,0484	0,1397

. Normas IEC 255-13

ABNT-NBR-7113

. Exigências do transformador de corrente

- te a) A máxima tensão requerida pelo relê, deve corresponder a 50% da tensão de Joelho do TC.
- b) Correções de relação e de ângulo de fase podem ser executados nos TC's principais ou por meio de transformadores de corrente auxiliares, interpostos no circuito secundário.

8.2 - TESTES

. Dielétrico 2 kV, 60 Hz, 1 min

. Impulso 5 kV, 1,2/50 μ s

. Interferência a) Modo comum:

2,5 kV, 1 MHz, 2 segundos
(IEC 255-4 Apêndice E).

b) Modo diferencial:
1kV, 1MHz, 2 segundos

. Faixa de temperatura:

- Características garantidas -10°C a + 55°C
- Armazenamento -25°C a + 70°C

8.3 - CONTATOS DE SAÍDA

- . Número de contatos por elemento 2N/A
- . Capacidade (C.C.) 10A
- . Capacidade de fechamento do contato ' (C.C.) 30A, 1 segundo
- . Capacidade de interrupção:

- C.C.: (L/R = 40ms)

48V	110V	250V
2A	0,4A	0,26A

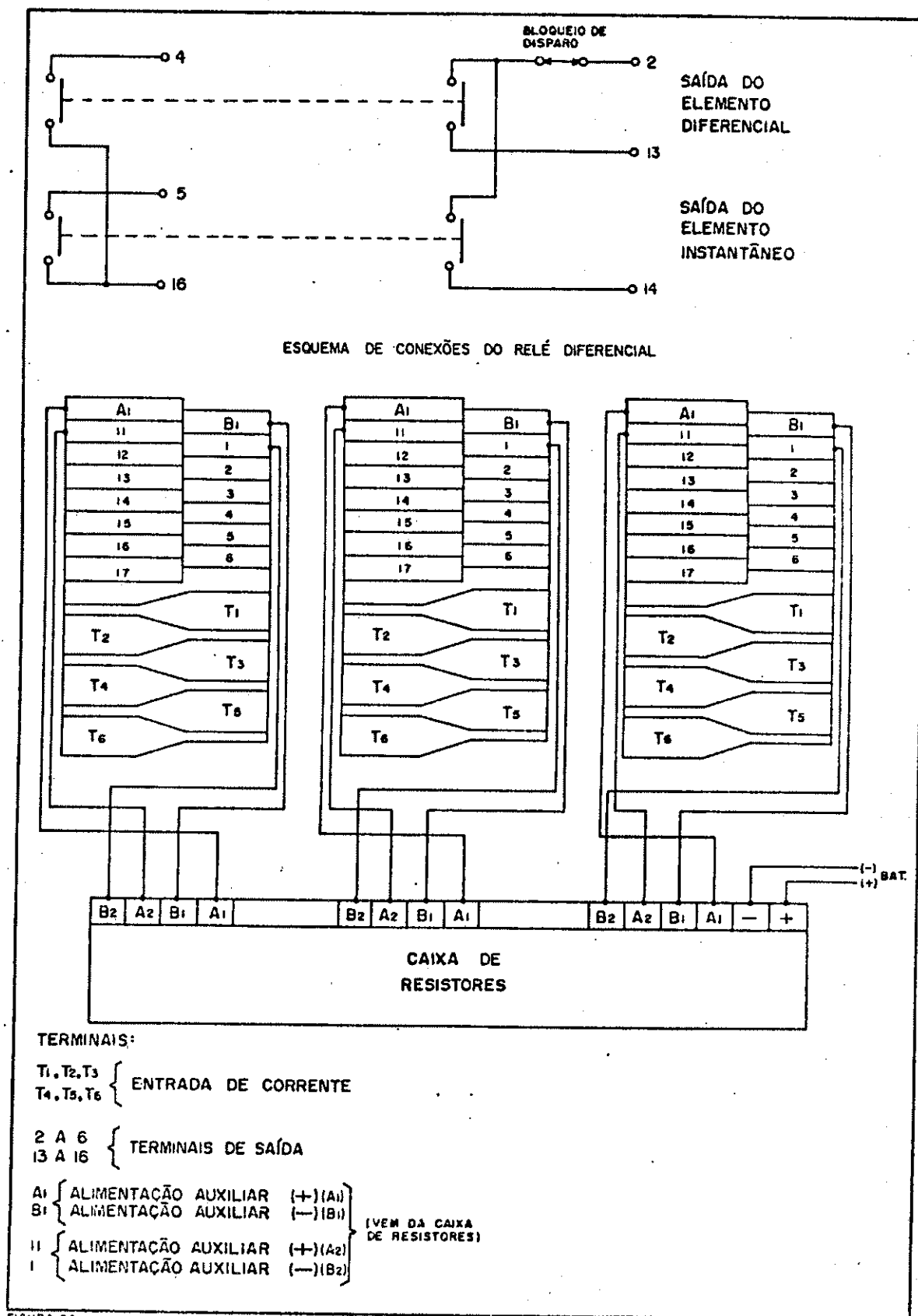
- C.A.: (F.P. = 0,1) 220V, 5A

8.4 - FONTE AUXILIAR

- . Tensão (+10, -20%) 48, 110, 125, 220, 250 Vcc.
- . Consumo

Tensão	48V	110V	125V	220V
Antes da operação				
Quiescente (W)	2,7	6,2	8,0	10
Operado (W)	8,0	18,3	20,8	28

9 - CONEXÕES DO RELÉ



10 - AJUSTES DO RELÊ

No painel frontal podem ser encontradas três placas de tapes identificadas com T1, T2 e T3. Estas faixas T1, T2 e T3 são as posições de tape para os circuitos dos transformadores de corrente da mesma fase do primário, secundário e terciário do transformador de potência.

T1 - Transformador de corrente do enrolamento primário de uma fase do transformador de potência.

T2 - Transformador de corrente do enrolamento secundário da mesma fase do transformador de potência.

T3 - Transformador de corrente do enrolamento terciário da mesma fase do transformador de potência.

No caso do relê diferencial estar sendo aplicado a um reator, motor ou gerador, então:

T1 - Transformador de corrente do lado A.

T2 - Transformador de corrente do lado B.

T3 - Sem uso.

Os tapes para T1, T2 e T3 são calibrados em 2,9-3,2- 3,5 - 3,8 - 4,2 - 4,6 - 5A e 8,7A para o relê de 5A e 0,58 - 0,64 - 0,7 - 0,76 0,84 - 0,92 - 1,0 e 1,7A para o relê de 1A.

O ajuste da declividade da relação percentual é fornecida com três posições calibradas em 15, 25 e 40 por cento.

No lado direito inferior do painel frontal pode ser encontrado o ajuste para o elemento instantâneo. Este controle é calibrado de 8 a 20 x Is.

A isolação do circuito de desligamento é executada removendo-se o parafuso da posição normal e inserindo na posição "Trip Lock".

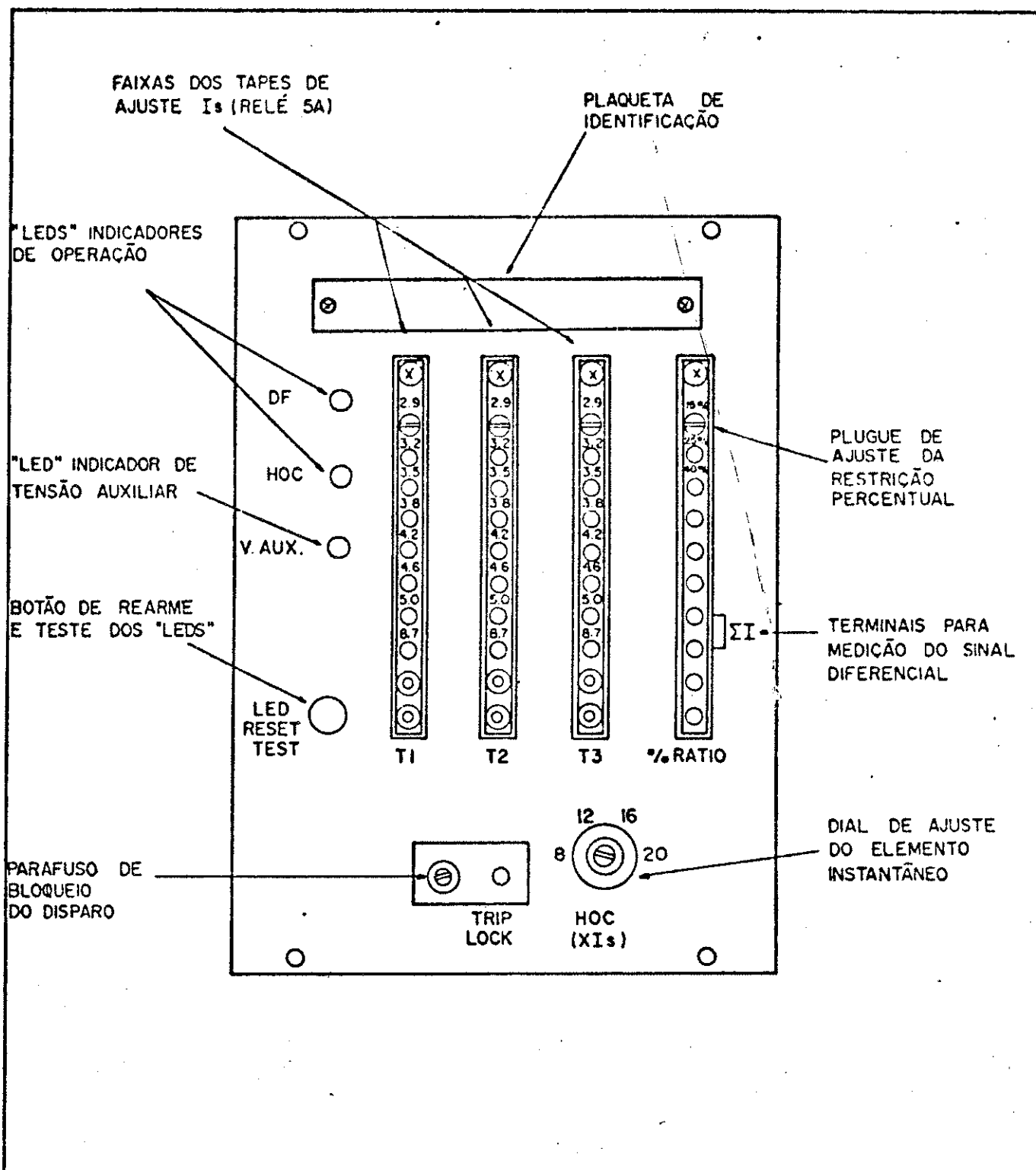


FIGURA 29 - RELÉ DIFERENCIAL, TIPO DF3i.

11 - DETALHES CONSTRUTIVOS

Cada relé de fase consiste de uma unidade extraível (plug-in) encaixável e independente com três circuitos de entrada de corrente contendo todas as conexões necessárias para a fonte auxiliar c.c., circuitos de medição e contatos de saída.

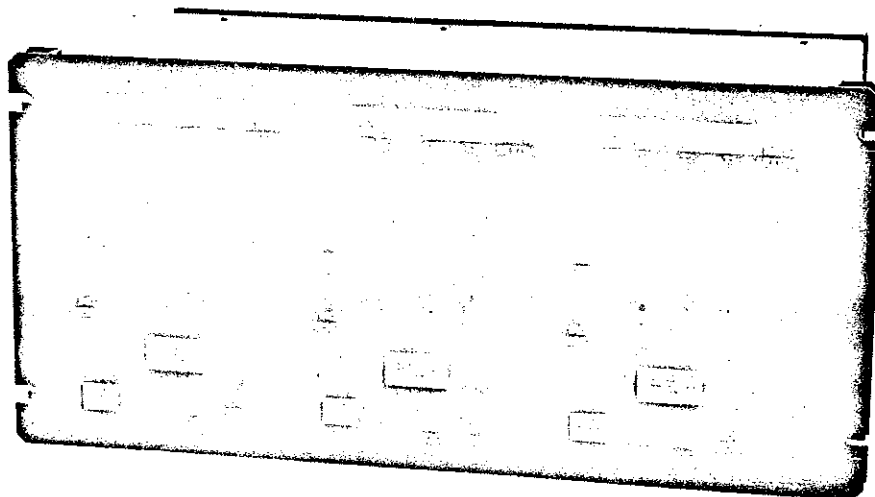
No painel frontal estão localizados os tapes de ajuste de corrente, tape de ajuste da declividade, LED's indicadores, plugue de isolamento do desligamento, teste dos LED's, ajuste de corrente do elemento instantâneo e botão de rearme dos LED's.

Os controles pré-ajustados para a corrente mínima de operação e para os níveis dos filtros de harmônicas estão localizados na placa de circuito impresso.

Os três relés monofásicos são alojados em uma caixa metálica contendo conectores elétricos especiais para as placas de circuito impresso e na parte traseira da caixa estão localizados os vários terminais para a conexão da fiação.

A tampa frontal da caixa é equipada com uma janela de vidro e é à prova de pó, água e umidade.

Quando o relé é extraído da sua caixa os conectores traseiros curto circuitam automaticamente os terminais de entrada do transformador de corrente.



12 - DIMENSÕES DAS CAIXAS

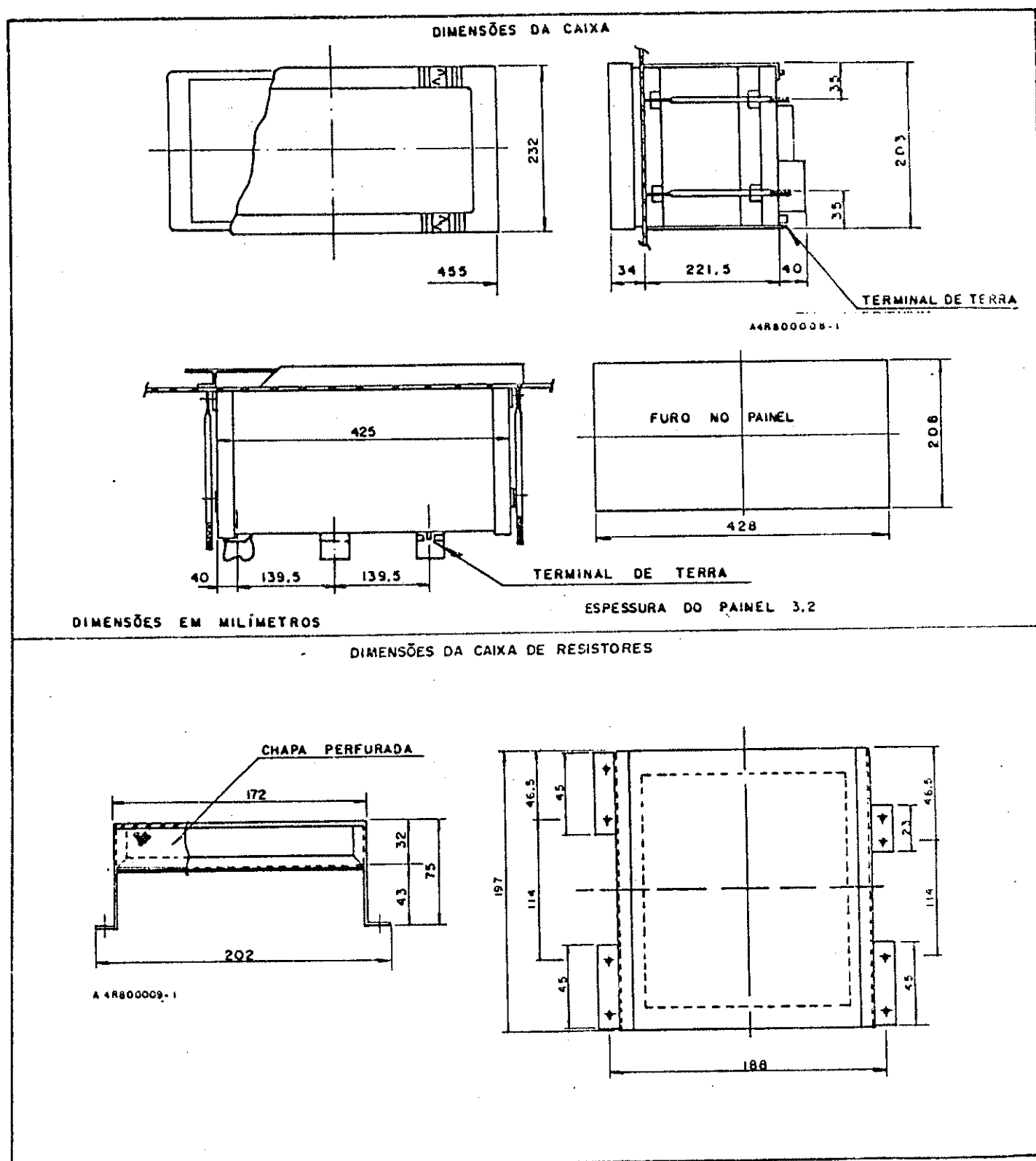


FIGURA 30

13 - MANUTENÇÃO E TESTE

Não é requerida uma manutenção especial nos relês de estado sólido INEPAR, contudo uma inspeção periódica deve ser executada a fim de manter uma alta confiabilidade por longos períodos.

A frequência da inspeção periódica deve ser determinada baseada no número de operações em um dado período. Um período normal para a manutenção de rotina pode ser considerado um ano.

13.1 - MANUTENÇÃO POR INSPEÇÃO

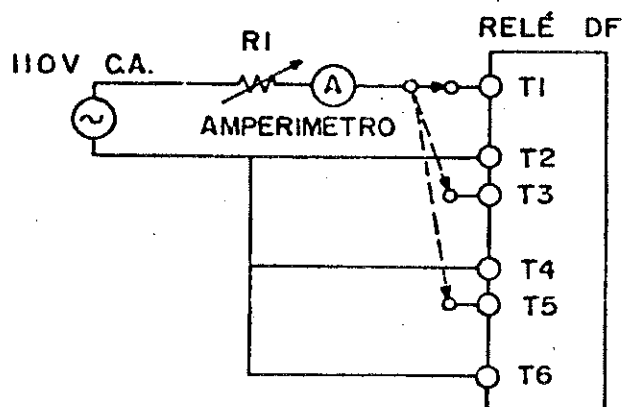
A manutenção por inspeção deve ser executada de acordo com os seguintes itens:

- (1) Perda de parafusos e peças de fixação.
- (2) Contatos dos relês de saída.
- (3) Sujeira, insetos mortos, etc, dentro da caixa.
- (4) Perda da coloração dos componentes.
- (5) Componentes curto-circuitados tais como: fios, conectores, etc.

13.2 - TESTES DE SIMULAÇÃO (veja a figura 31).

- 1 - Valor mínimo de operação para os elementos diferencial e instantâneo.
- 2 - Relação percentual diferencial.
- 3 - Testes de operação da restrição harmônica para a 2ª e 5ª harmônicas.
- 4 - Verificação da operação da indicação visual e de seu rearme.

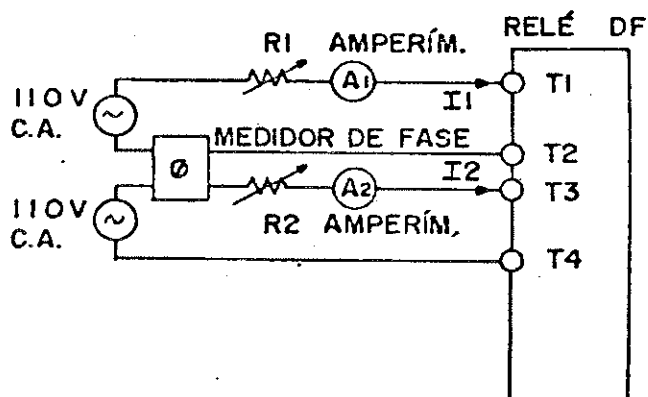
1. VALOR MÍNIMO DE OPERAÇÃO



TAPE AJUSTADO 2,9 A.

A CORRENTE FUNDAMENTAL CIRCU-
LA NOS TERMINAIS T1 → T2 OU
T3 → T4 OU T5 → T6.

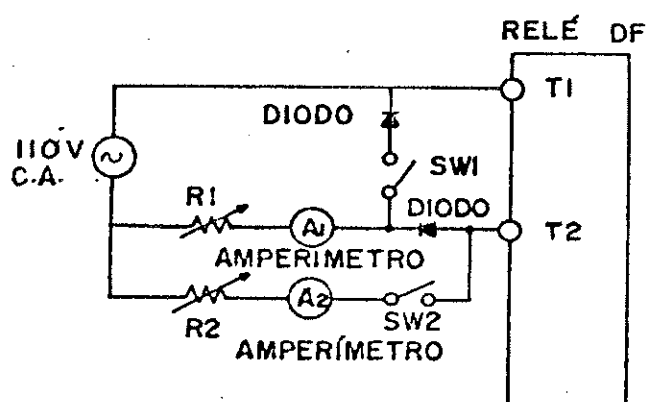
2. RELAÇÃO PERCENTUAL



TAPE AJUSTADO 2,9 A.

A CORRENTE FUNDAMENTAL CIRCU-
LA NOS TÉRMINAIS T1 → T2 E
T3 → T4. A DIFERENÇA DE FASE
ENTRE I1 E I2 É 180 GRAUS.

3. RELAÇÃO DE RESTRIÇÃO HARMÔNICA



TAPE AJUSTADO 2,9 A.

SW1: DESLIGADA, SW2: LIGADA.
NESTE CASO, A RELAÇÃO DE
RESTRIÇÃO HARMÔNICA É 42%.

R1, R2 : REOSTATOS

DIODOS : CAPACIDADE NOMINAL 5-10A, TENSÃO REVERSA: 200V

FIGURA 31 CIRCUITOS PARA TESTES DE SIMULAÇÃO

14 - SUMÁRIO DOS RELÉS INDIVIDUAIS

TIPO	DESCRIÇÃO	FUNÇÃO ANSI/IEEE
DF2	Relé diferencial para transformador de dois enrolamentos	87 T
DF2i	Relé diferencial para transformador de dois enrolamentos, com elemento instan_ tâneo	87 T
DF3	Relé diferencial para transformador de três enrolamentos	87 T
DF3i	Relé diferencial para transformador de três enrolamentos, com elemento instan_ tâneo	87 T

ÍNDICE

Página

01 - Definições e Terminologia	01
02 - Prefácio	03
03 - Considerações Gerais	04
04 - Relé Diferencial INEPAR	04
4.1 - Tipo DF	04
4.2 - Aplicações	06
4.2a - Considerações para a Proteção Diferencial de Transformadores	06
4.2b - Proteção Diferencial Percentual Logitudinal de Geradores	19
4.2c - Proteção Diferencial Percentual de Gerador-Transformador (esquema diferencial completo)	22
4.2d - Outras Aplicações	24
4.3 - Exemplo de Aplicação (proteção diferencial de Transformador)	25
05 - Princípio de Operação	28
06 - Projeto do Relé de Estado Sólido	30
6.1 - Seleção dos Componentes	30
6.2 - Projeto do Circuito	30
6.3 - Testes Elétricos	30
07 - Conexões Típicas para Relés Diferenciais	31
08 - Características Técnicas	33
8.1 - Circuito de Medição	33
8.2 - Testes	34
8.3 - Contatos de Saída	35
8.4 - Fonte Auxiliar	35
09 - Conexões do Relé	36
10 - Ajustes do Relé	37
11 - Detalhes Construtivos	39
12 - Dimensões das Caixas	40
13 - Manutenção e Teste	41
13.1 - Manutenção por Inspeção	41
13.2 - Testes de Simulação	41
14 - Sumário dos Relés Individuais	43

ESPECIFICAÇÃO PARA ENCOMENDA

PRODUTO

RELÉ DIFERENCIAL

<p>MODELO</p> <p>DF2 DF21 DF3 DF31</p>	<p>VALOR MÍNIMO DE OPERAÇÃO</p> <p>INDIQUE A PORCENTAGEM ENTRE (20 e 50%) DO TAPE 19</p>	<p>FILTRO DE 2ª HARMÔNICA A</p> <p>INDIQUE A PORCENTAGEM ENTRE (10 e 40 %) DA CORRENTE FUNDAMENTAL. CASO NÃO SEJA DESEJADO, PREENCHA COM ZEROS.</p>	<p>FILTRO DE 3ª HARMÔNICA A</p> <p>IDEM CASO ANTERIOR</p>	<p>FREQUÊNCIA</p> <p>5 50 Hz 6 60 Hz</p>	<p>CAIXA</p> <p>S SEM C COM (TIPO 6 Ma)</p>
<p>CORRENTE NOMINAL</p> <p>1 1 A 5 5 A</p>	<p>ELEMENTO INSTANTÂNEO</p> <p>N NÃO F SIM, COM FILTRO DA FUNDAMENTAL S SIM, SEM FILTRO DA FUNDAMENTAL</p>				
<p>ALIMENTAÇÃO AUXILIAR</p> <p>1 48 Vcc 2 110 Vcc 3 125 Vcc 4 220 Vcc 5 250 Vcc</p>					

* RESTRIÇÃO DE HARMÔNICAS: COM FILTROS DE 2ª E 3ª HARMÔNICAS, SOMENTE 2ª HARMÔNICA, OU NÃO UTILIZAÇÃO DE FILTROS.

• SOMENTE PARA OS MODELOS DF21 E DF31

EXEMPLO: DF31 5-25-30-00-F-63C-0

- (DF31) MODELO DF31
- (5) CORRENTE NOMINAL 5A
- (25) VALOR MÍNIMO DE OPERAÇÃO 25 % DO TAPE 19
- (30) FILTRO DE 2ª HARMÔNICA 30 % DA CORRENTE FUNDAMENTAL
- (00) FILTRO DE 3ª HARMÔNICA NÃO UTILIZADO
- (F) COM ELEMENTO INSTANTÂNEO, COM FILTRO DA FUNDAMENTAL
- (6) FREQUÊNCIA 60 Hz
- (3) ALIMENTAÇÃO AUXILIAR 125 Vcc
- (C) COM CAIXA

CLIENTE

CE

CODIGO DE ESTOQUE

QUANT. MIN. P/ ENTREGA

VERBAIS (IMP/POST)

ANEX. CORR. (DATA/POSTO)

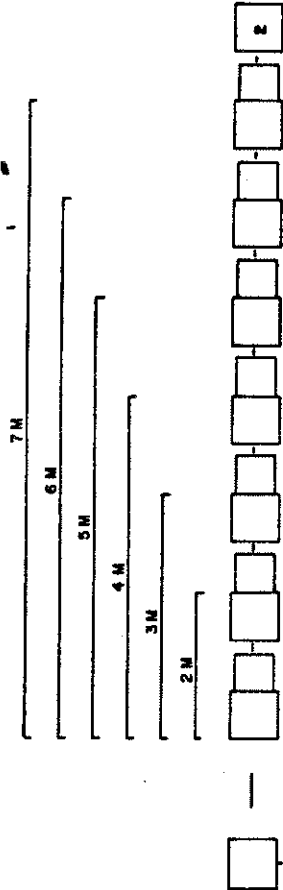
IMP. (DATA/POSTO)

ANEX. BULL. (DATA/POSTO)

ALBUZ. (DATA/POSTO)

ESPECIFICAÇÃO PARA ENCOMENDA

CAIXA PARA RELÉ E CAIXA PARA RESISTORES



CAIXA DE RESISTORES

SOMENTE RELÉS COM O MESMO NÚMERO DE ELEMENTOS (VER TABELA ABAIXO) E MESMA TENSÃO AUXILIAR DE ALIMENTAÇÃO PODERÃO TER CAIXA DE RESISTORES EM COMUM (2M, 3M ou 4M), EXCETO PARA:

- CAIXA DE RESISTORES PARA 48 Vcc, QUE SÃO DIFERENTES ENTRE RELÉS DA LINHA 1 COM OS DAS LINHAS VO e VU.
- RELÉS DA LINHA VU COM ELEMENTO OPCIONAL DE BLOQUEIO/DESBLOQUEIO INCLUÍDO, NÃO PODER SER COMBINADOS COM OS DEMAIS RELÉS DE 1,2 E 3 ELEMENTOS.
- RELÉS DA LINHA RDI SOMENTE PODER TER CAIXA DE RESISTORES 1M.
- RELÉS DA LINHA P (PVI, PVID, PII, PIID) NÃO POSSUEM CAIXA DE RESISTORES.

RELÉS					
1 ELEMENTO		2 ELEMENTOS		3 ELEMENTOS	
VI	VON	VUD	VOD	VUDI	IDI
	VOD	VUD	VOND	VUND	IDId
	VOi	VUj	VONI	VUNI	IEId
					VONId

NOTA B

SOMENTE NO CASO DE CAIXAS DE RELÉS TIPO 1M, 2M, 3M E 4M, É QUE AS RESPECTIVAS CAIXAS DE RESISTORES (1M, 2M, 3M E 4M) PODERÃO SER FIXADAS NA PARTE POSTERIOR DA CAIXA DE RELÉS.

CAIXA DE RESISTORES DISPONÍVEIS DE ACORDO COM LEGENDA ABAIXO.	
0	SEM CAIXA OU RELÉ DA LINHA P
1	1M (PARA 1 RELÉ OU RELÉS DA LINHA RDI)
2	2M (PARA 2 RELÉS)
3	3M (PARA 3 RELÉS)
4	4M (PARA 4 RELÉS)

LOCALIZAÇÃO DOS RELÉS NA CAIXA E RESPECTIVAS CAIXAS DE RESISTORES	
- CONSIDERE A VISTA COMO SENDO FRONTAL.	
- PREENCHA DA ESQUERDA PARA A DIREITA NOS ESPAÇOS MAIORES A LOCALIZAÇÃO DOS RELÉS.	
- QUANDO O ESPAÇO NÃO FOR OCUPADO, PREENCHA COM ZEROS (0).	
- O ESPAÇO MENOR É PARA A CAIXA DE RESISTORES DO RELÉ INDICADO NO ESPAÇO MAIOR.	
LEGENDA DOS RELÉS (ESPAÇO MAIOR)	
A INI	G IDi
B INId	H IDId
C IMi	I II
D IMId	J VON
E IEI	K VOND
F IEId	L VONI
	M VOD
	N VUND
	O VONI
	P VODI
	Q VOI
	R VUI
	S PIID
	T RDI
	U RDI - C
	V PVI

CAIXA DO RELÉ	TIPO
2	CAIXA 2M
3	CAIXA 3M
4	CAIXA 4M
5	CAIXA 5M
6	CAIXA 6M
7	CAIXA 7M

NOTAS A

- 1) CASO A CAIXA SEJA 1M, 6M, PM ou RDI/RDI-C, A MESMA É ESPECIFICADA NA FICHA DO RESPECTIVO RELÉ: 6M - RELÉS DIFERENCIAIS, PM - RELÉ DE PROTEÇÃO DE MOTORES, RDI/RDI-C - RELÉ DE RELIGAMENTO.
- 2) ESTA ESPECIFICAÇÃO É VERSO DA ESPECIFICAÇÃO PARA ENCOMENDA DOS RELÉS DE SOBRECORRENTE, SOBRETENSÃO, SUBTENSÃO, DIRECIONAL E RELIGAMENTO.

EXEMPLO: 7 - 0 3 D 3 N 3 5 2 T 1 T 1 2

CAIXA DE RELÉS 7M CONTENDO:
- 2 RELÉS IMId E 1 RELÉ VONId ALIMENTADOS POR UMA ÚNICA CAIXA RESISTORES 3M.
- 2 RELÉS VUDI COM ELEMENTO DE BLOQUEIO/DESBLOQUEIO ALIMENTADOS POR UMA ÚNICA CAIXA DE RESISTORES 2M.

- 2 RELÉS RDI, CADA UM ALIMENTADO POR UMA CAIXA DE RESISTORES 1M.

OBS.: - TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO AUXILIAR DOS RELÉS 125 Vcc.

- AS CAIXAS DE RESISTORES NÃO PODERÃO SER FIXADAS NA CAIXA DOS RELÉS (VER NOTA B)

PI/ITEM	CLIENTE	SE	CÓDIGO DE BASTOQUE	QUANTO	DATA DE ENTREGA	VERBAIS (DATA/VISTO)	ASS. CONTR. (DATA/VISTO)	REC. GERAL (DATA/VISTO)	ALOC. (DATA/VISTO)