

	Pedido 200112104 – FL. 2/6		Nº: Farfilho – 01 / 2014		
	CLIENTE: ELETROBRAS FURNAS			FOLHA: 1 de 93	
	PROGRAMA:				
	ÁREA: Engenharia Elétrica				
	TÍTULO: ESTUDOS ELÉTRICOS DA LT FURNAS – PIMENTA CKT 1				

Farfilho Consultoria Comércio e Representações LTDA
 CNPJ : 03.760.184/0001-86
 End : Rua Aldo de Azevedo 78 – São Paulo – CEP 05453-030
 Tel / Fax : 00551130218060 – 00551199075541 – website : www.farfilho.com.br

ÍNDICE DE REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS								
	  <p>30 anos de Experiência em Proteção de Sistemas Elétricos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estudos Elétricos • Treinamentos • Engenharia de Aplicação • Vendas <p> Fone/Fax: 11.3021.8060 Celular: 11.9907.5541 www.farfilho.com.br </p>								
	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA	17.02.2014								
PROJETO	L.F.Marques								
EXECUÇÃO	L.F.Marques								
VERIFICAÇÃO	Farfilho								
APROVAÇÃO	Farfilho								

AS INFORMAÇÕES DESTES DOCUMENTOS SÃO PROPRIEDADE DA FARFILHO CONSULTORIA COMÉRCIO E REPRESENTAÇÕES LTDA

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	8
2. CONSIDERAÇÕES GERAIS	8
3. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	9
4. DIAGRAMA SIMPLIFICADO DA REGIÃO	10
5. DADOS GERAIS DA PROTEÇÃO DE LINHA DE 345kV	12
5.1. Descrição Relé P437	12
5.2. Dados do relé de proteção	15
5.3. Validação do TAP do TC da Linha	16
5.4. Ajustes dos Alcances das Zonas	18
6. LINHA FURNAS – PIMENTA C1	19
6.1. Terminal em Furnas	19
6.1.1 Proteção de Distância e Localizador de Defeito	19
6.1.2 Power Swing Blocking and Out-Of-Step Tripping (ANSI 68)	29
6.1.3 Measuring-circuit Monitoring (MCMON)	34
6.1.4 Switch on to fault protection (SOTF)	36
6.1.5 PSIG – Distance Schemes (Teleproteção – ANSI 85)	37
6.1.6 ARC – Auto Reclose (ANSI 79)	40
6.1.7 ASC – Automatic Synchron Check (ANSI 25)	43
6.1.8 GFSC – Back-up Fault Ground (ANSI 67N)	46
6.1.9 GSCSG - Ground fault (short-circuit) protection signaling (85-67N) ..	49
6.1.10 Time-voltage protection (27/59 P, Q, N)	51
6.2. Terminal em Pimenta	54
6.2.1 Proteção de Distância e Localizador de Defeito	54
6.2.2 Power Swing Blocking and Out-Of-Step Tripping (ANSI 68)	64
6.2.3 Measuring-circuit Monitoring (MCMON)	66
6.2.4 Switch on to fault protection (SOTF)	67
6.2.5 PSIG – Distance Schemes (Teleproteção – ANSI 85)	68
6.2.6 ARC – Auto Reclose (ANSI 79)	70
6.2.7 ASC – Automatic Synchron Check (ANSI 25)	72
6.2.8 GFSC – Back-up Fault Ground (ANSI 67N)	75
6.2.9 GSCSG - Ground fault (short-circuit) protection signaling (85-67N) ..	78
6.2.10 Time-voltage protection (27/59 P,Q,N)	79
7. VALIDAÇÃO ASPEN	81

8. CURVAS DE AJUSTES – VALIDAÇÃO ASPEN.....	85
8.1. Terminal em Furnas.....	85
8.1.1 Curto 3F em 50% da linha.....	85
8.1.2 Curto 3F em 99.9% da linha	86
8.1.3 Curto 3F em 120% da linha	86
8.1.4 Curto 3F em 5% (Backward) da linha.....	87
8.1.5 Curto FT em 50% da linha	87
8.1.6 Curto FT em 99.9% da linha	88
8.1.7 Curto FT em 5% (Backward) da linha	88
8.2. Terminal em Pimenta	89
8.2.1 Curto 3F em 50% da linha.....	89
8.2.2 Curto 3F em 99.9% da linha	90
8.2.3 Curto 3F em 10% (Backward) da linha	90
8.2.4 Curto 3F em 15% (Backward) da linha	91
8.2.5 Curto FT em 50% da linha	91
8.2.6 Curto FT em 99.9% da linha	92
8.2.7 Curto FT em 10% (Backward) da linha	92
9. COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES	93

LISTA DE ILUSTRAÇÕES:

Figura 1 – Diagrama unifilar do sistema em estudo.	10
Figura 2 - Diagrama unifilar do sistema em estudo (Zoom Furnas - Pimenta).....	11
Figura 3 - Seleção de fases por subtensão e sobrecorrente.	12
Figura 4 - Seleção de fases por subimpedância.	13
Figura 5 - Função percentual de corrente residual.	13
Figura 6 - Zona de distância direcional poligonal.....	14
Figura 7 - Bloco de funções do relé P437	15
Figura 8 - Figura do Sistema Proposto	29
Figura 9 - Esquema de alcances POTT Z1e.....	37
Figura 10 – Contribuição do C.C. F-T com $R_f = 50\Omega$ na barra 15158 – S. Dumont.....	46
Figura 11 – Contribuição do C.C. F-T com $R_f = 50\Omega$ na barra 71 – Itutinga	75
Figura 12 - Curva de ajuste das Zonas de Proteção no Terminal Furnas – Pimenta ...	81
Figura 13 - Curva de ajuste das Zonas de Proteção no Terminal Pimenta – Furnas ...	82
Figura 14 - Zona 1 Tripped para um C.C 3F em 50% da linha	85
Figura 15 - Zona 2 Tripped para um C.C 3F em 99.9% da linha.....	86
Figura 16 - Zona 4 Tripped para um C.C 3F em 120% da linha.....	86
Figura 17 - Zona 3 Tripped para um C.C 3F em 5% (Backward) da linha	87
Figura 18 - Zona 1 Tripped para um C.C FT em 50% da linha.....	87
Figura 19 - Zona 2 Tripped para um C.C FT em 99.9% da linha	88
Figura 20 - Zona 3 Tripped para um C.C FT em 5% (Backward) da linha	88
Figura 21 - Zona 1 Tripped para um C.C 3F em 50% da linha	89
Figura 22 - Zona 2 Tripped para um C.C 3F em 99.9% da linha.....	90
Figura 23 - Zona 3 Tripped para um C.C 3F em 10% (Backward) da linha.....	90
Figura 24 - Zona 3 Tripped para um C.C 3F em 15% (Backward) da linha.....	91

Figura 25 - Zona 1 Tripped para um C.C FT em 50% da linha.....	91
Figura 26 - Zona 2 Tripped para um C.C FT em 99.9% da linha	92
Figura 27 - Zona 3 Tripped para um C.C FT em 10% (Backward) da linha.....	92

LISTA DE TABELAS:

Tabela 1 - Valores estimativos para verificação da classe de precisão nos Tc's.	16
Tabela 2 – Critérios de ajustes da unidade de Subimpedância.....	20
Tabela 3 - Alcance das zonas X1, X2, X3 e X4	22
Tabela 4 - Tabela de Ajustes 1 (Proteção de distância e Localizador de Defeito).....	24
Tabela 5 - Tabela de Ajustes 2 (Proteção de distância e Localizador de Defeito).....	28
Tabela 6 - Tabela de parametrização	33
Tabela 7 - Tabela de ajuste da função MCMON.....	35
Tabela 8 - Tabela de ajustes da função SOTF	36
Tabela 9 - Tabela de ajustes da função PSIG.....	38
Tabela 10 - Tabela de ajustes da função ARC.....	40
Tabela 11 - Tabela de ajustes da função ASC.....	43
Tabela 12 - Tabela de ajuste da função GFSC	47
Tabela 13 - Tabela de ajustes da função GSCSG	49
Tabela 14 - Tabela de ajustes da função 27/59.....	51
Tabela 15 – Critérios de ajustes da unidade de Subimpedância.....	55
Tabela 16 - Alcance das zonas X1, X2, X3 e X4	57
Tabela 17 - Tabela de Ajustes 1 (Proteção de distância e Localizador de Defeito).....	59
Tabela 18 - Tabela de Ajustes 2 (Proteção de distância e Localizador de Defeito).....	63
Tabela 19 - Tabela de parametrização	65
Tabela 20 - Tabela de ajuste da função MCMON.....	66
Tabela 21 - Tabela de ajustes da função SOTF	67
Tabela 22 - Tabela de ajustes da função PSIG.....	68
Tabela 23 - Tabela de ajustes da função ARC.....	70
Tabela 24 - Tabela de ajustes da função ASC.....	72

Tabela 25 - Tabela de ajuste da função GFSC	77
Tabela 26 - Tabela de ajustes da função GSCSG	78
Tabela 27 - Tabela de ajustes da função 27/59.....	79
Tabela 28 – Proteção de Distância Terminal Furnas	83
Tabela 29 – Proteção de Distância Terminal Pimenta	84

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por objetivo apresentar os ajustes de seletividade e proteção para a modernização da Linha de Transmissão 345kV Furnas-Pimenta C1 na UEH Furnas, localizada no município de São João Batista do Glória /MG.

Para tal o presente relatório está dividido nas seguintes partes descritas a seguir:

1	Introdução	8
2	Considerações Gerais	8
3	Documentos de Referência	9
4	Diagrama Simplificado da Região	10
5	Dados Gerais da Proteção de Linha de 345kV	12
6	Linha Furnas – Pimenta C1	19
6.1	Terminal em Furnas	19
6.2	Terminal em Pimenta	54
7	Validação ASPEN	81
8	Curvas de Ajustes – Validação ASPEN	85
8.1	Terminal em Furnas	85
8.2	Terminal em Pimenta	89
9	Comentários e Conclusões	93

2. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Para a modernização da Linha de Transmissão 345kV Furnas-Pimenta C1, o estudo de seletividade da proteção, contempla o ajuste do relé ALSTON MICOM P437, versão 612.724.

Este relatório não contempla toda a configuração do relé realizada através do software MICOM, pois a lógica não faz parte do escopo.

Dependendo da configuração alguns ajustes poderão sofrer alterações.

3. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- ✓ Estudo de curto circuito – Deck horizonte dezembro de 2014 (BR1412PV.ANA)
- ✓ Diagrama unifilar contido no documento: Unifilar DOFU
- ✓ Diagrama unifilar contido no documento: 22302gms3945027_000001p
- ✓ Diagrama unifilar contido no documento: 22302gms3945027_000020p_TRIFILAR PP
- ✓ Diagrama unifilar contido no documento: 22302gms3945027_000021p_TRIFILAR PR
- ✓ Diagrama unifilar contido no documento: popl_248_000001p
- ✓ Diagrama unifilar contido no documento: popl_248_000003p
- ✓ Diagrama unifilar contido no documento: popl_248_000004p
- ✓ Estudo Seletividade 2005
- ✓ Filosofias das Proteções das Linhas de Transmissão de Tensões Iguais e Superiores a 345 kV
-ONS RE 3/109/2011
- ✓ Manuais Técnicos do relé P437
- ✓ Manuais de Aplicação do relé P437

4. DIAGRAMA SIMPLIFICADO DA REGIÃO

Para a execução dos estudos foram adotados como referência os diagramas Unifilares indicados nas figuras 1 e 2 seguir.

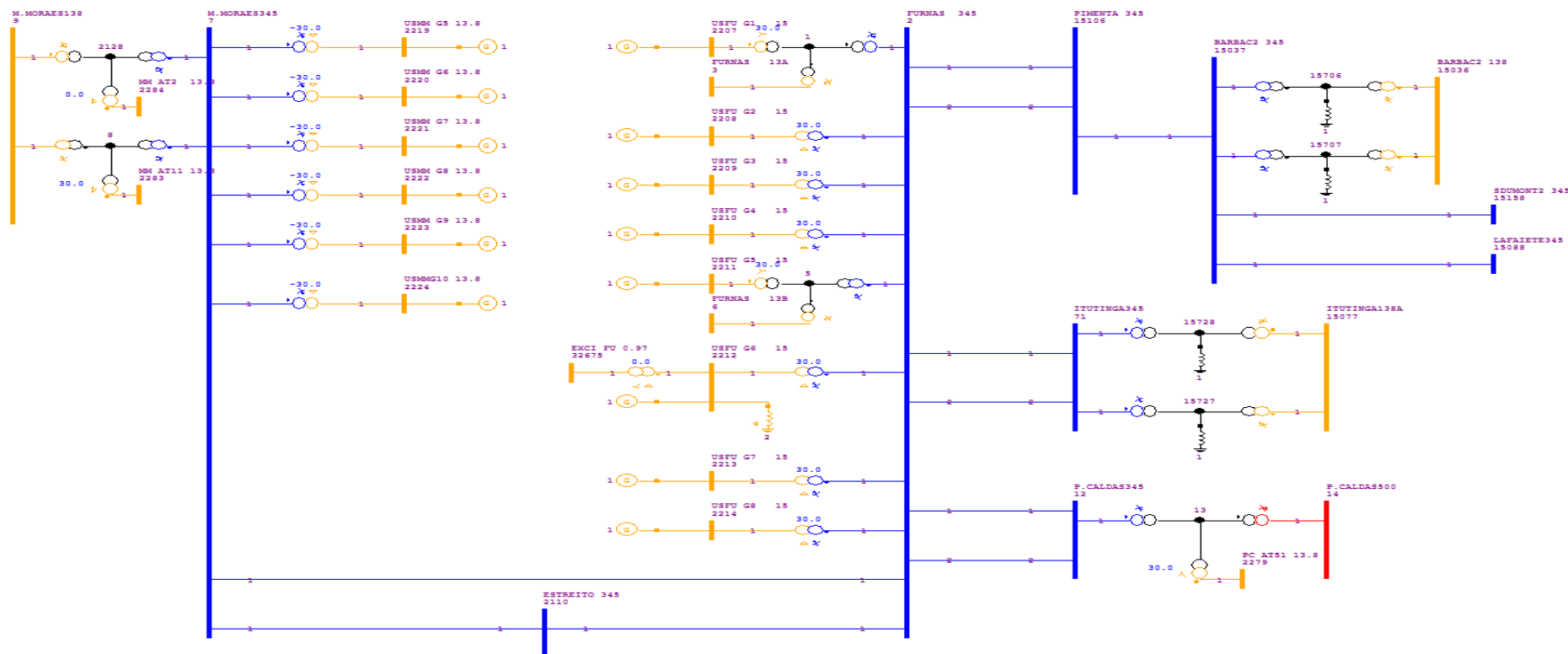


Figura 1 – Diagrama unifilar do sistema em estudo.

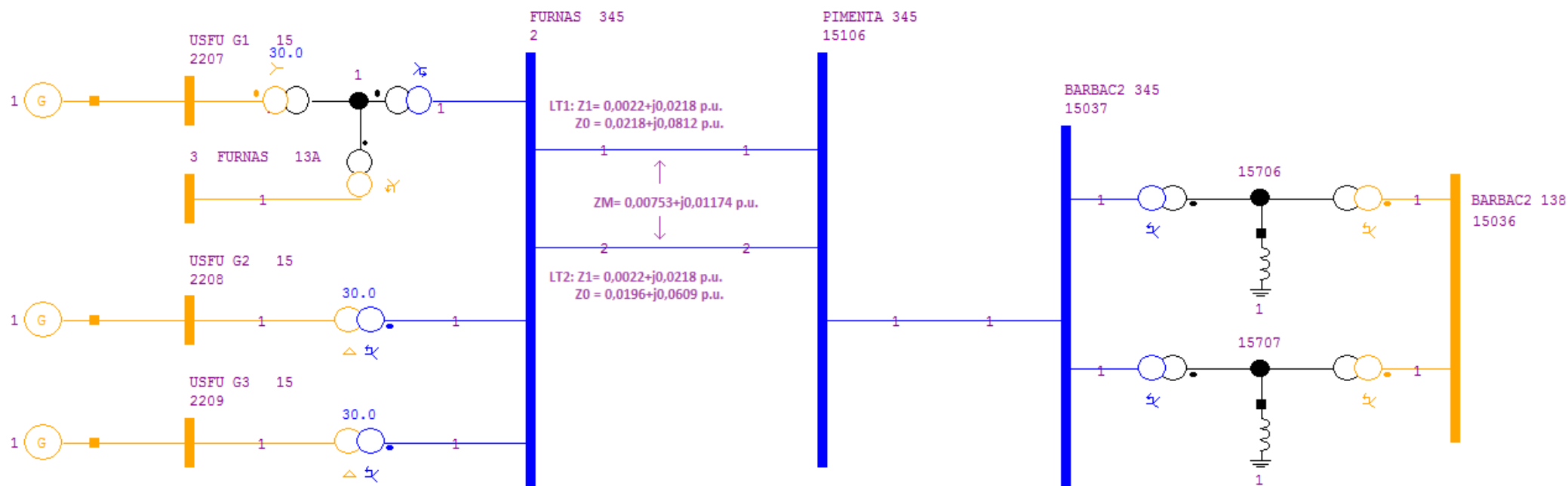


Figura 2 - Diagrama unifilar do sistema em estudo (Zoom Furnas - Pimenta)

5. DADOS GERAIS DA PROTEÇÃO DE LINHA DE 345kV

5.1. Descrição Relé P437

O relé MiCOM P437, tem sua proteção composta por 6 zonas de distância para faltas entre fases e fase terra, de características programáveis circulares ou poligonais.

Um seletor de fases seleciona com precisão o loop de cálculo para o algoritmo, através de medidas das grandezas de falta como: Sobrecorrente, Subtensão, Subimpedância.

A detecção por subtensão ($V<$) e subimpedância ($Z<$) pode ser habilitada separadamente, sendo que quando habilitadas, atuam simultaneamente.

Na figura a seguir indica-se a característica operacional da seleção de fases através de subtensão ($V<$) e Sobrecorrente ($I>>$).

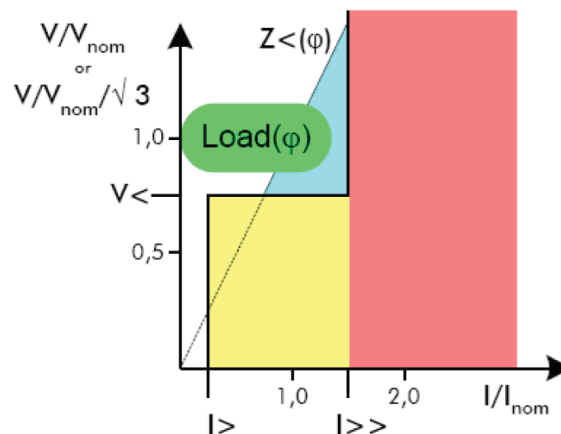


Figura 3 - Seleção de fases por subtensão e sobrecorrente.

A seleção de fases por subimpedância permite, através de seus ajustes independentes de resistência e reatância, se adaptarem as particularidades do sistema, tais como linhas longas extremamente carregadas ou curtas e sujeitas a apresentar altos defeitos resistivos.

São avaliados neste sistema todos os loop's de falha e através de uma lógica de seleção de fases o cálculo é direcionado. Pode-se direcionar prioritariamente o cálculo para os loop's de fases e de terra.

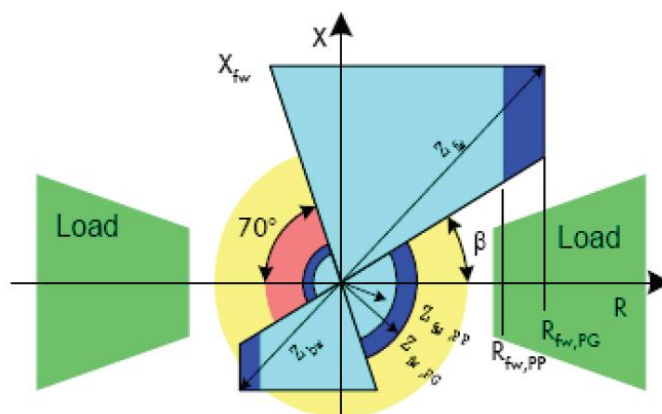


Figura 4 - Seleção de fases por subimpedância.

Uma função percentual de corrente residual auxilia o seletor de fases na discriminação das faltas entre fases e faltas fase terra.

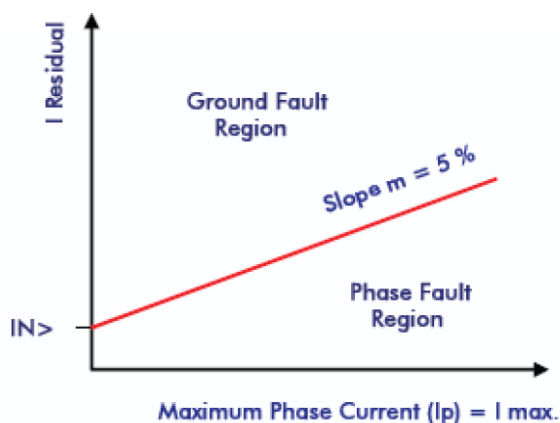


Figura 5 - Função percentual de corrente residual.

Definido o loop de falha, o algoritmo determina a distância da falha através de características poligonais ou circulares, conforme definido no setting e indicado abaixo, para características poligonais.

Seis zonas de proteção programáveis (forward directional, backward directional ou no directional), associadas a temporizações, permitem adaptar-se as particularidades da linha protegida, nos conceitos tradicionais de distância e tempo.

Sistema de memória auto adaptativo a fase e a frequência da rede permitem garantir a sensibilidade direcional para faltas próximas.

Sistemas de teleproteção programáveis, disponíveis no P437, complementam a aplicação em redes de alta tensão.

Compensação mútua de sequência zero permite aplicação em linhas paralelas.

Funções adicionais, tais como Power swing blocking, Auto-reclosing, sincron check, DEF, buck-up overcurrent, switch-on-to-fault, VTS, self monitoring, complementam a proteção na aplicação em sistemas de alta tensão.

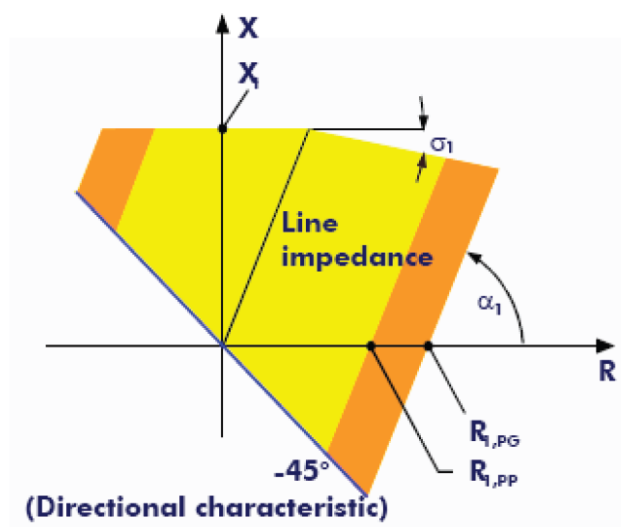


Figura 6 - Zona de distância direcional poligonal.

5.2. Dados do relé de proteção

Funções de Proteção: Relé MiCOM P437 - Fabricação Alstom

- Proteção de distância e Localizador de Defeito;
- Power Swing Blocking and Power Swing Starting (68-78);
- SOFT - Switch on to fault protection (50/27);
- Measuring-circuit monitoring (MCMOM);
- PSIG - Protective signaling (85-21);
- ARC - Auto-reclosing control (79);
- ASC - Automatic synchronism check (25);
- GFSC - Ground fault (short-circuit) protection (67N);
- GSCSG - Ground fault (short-circuit) protection signaling (85-67N);
- Time-voltage protection (27/59 P,Q,N);

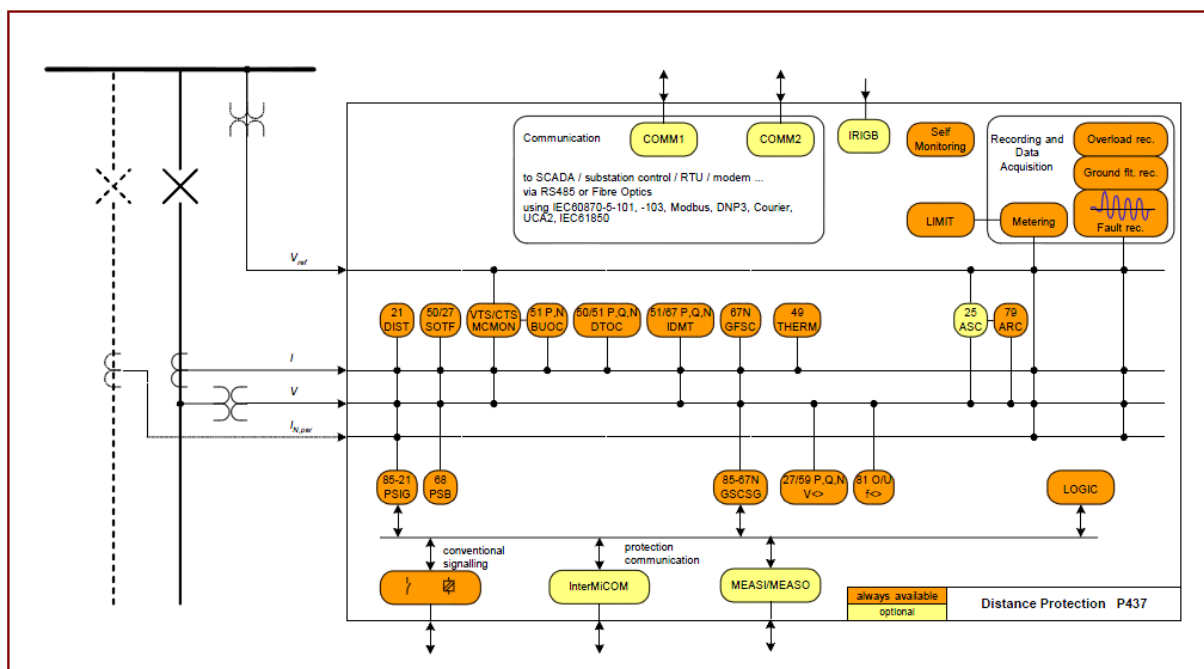


Figura 7 - Bloco de funções do relé P437

5.3. Validação do TAP do TC da Linha

A máxima corrente de curto-circuito para uma falta na LT Furnas – Pimenta C1 é corrente de defeito 3F de 27552,8∠-82,7° A.

A relação de TC's utilizada hoje na LT é 2000/5 A.

Avaliação para saturação:

- 1º Critério:

Para a pior condição citada acima o TC não pode saturar de forma AC para uma corrente de 20 x In ou 100 A.

Logo:

Na barra de 345 kV para o defeito 3F temos:

27552,8/100 = 275,52/1, ou seja, a relação mais próxima é a de 300/1 A, atendendo com folga a relação utilizada atualmente na LT de 2000/5 A ou 400/1 A.

- 2º Critério:

Para a verificação da classe de precisão usada nos TC's adotam-se valores estimativos típicos apresentados na tabela a seguir onde se supõe o uso de um cabo de 6 mm² e distâncias médias do pátio até os painéis da sala de controle.

Tabela 1 - Valores estimativos para verificação da classe de precisão nos Tc's.

Transformador (Tc's)	RTC	Precisão	Bitola do cabo	R(Ω) Ω/km	Ida Volta (km)	Icc (3F)	Volts	Carga do Relé	X/R
LT Furnas – Pimenta C1	2000 / 5A	10B800	6 mm²	4.32	0.25	27552,8 A	88,06	0.1Ω	7,81

Aplica-se nesse caso a equação listada abaixo:

$$\left(1 + \frac{X}{R}\right) \times \frac{I_{curto}}{TAP_{Prim}} \times \frac{Z_{TC}}{Z_{TAP}} \leq 20$$

Onde:

Cálculo do X/R → Tangente do ângulo de defeito que é igual a 82,7 ° graus.

Icurto – Valor Indicados na tabela.

TAP (Prim) → Indicado na tabela. Nesse caso é o já usado na LT com valor igual a 2000.

Ztc – Carga total conectada ao TC. Da tabela acima temos:

$$\text{Setor de 345 kV} \rightarrow 4,32 \times 0,25 + 0,1 + 0,1 = 1,28 \, \Omega.$$

Ztap – Carga do TC no tap escolhido, supondo-se a relação de 2000/5 indicada por Furnas como tap máximo disponível no TC para uma classe de precisão de 10B800.

$$\text{Setor de 345 kV} \rightarrow \left(\frac{2000}{2000} \right) \times 8 = 8 \, \Omega$$

Logo:

$$\text{Setor de 345 kV} \rightarrow (1 + 7,81) \times \left(\frac{27552,8A}{2000} \right) \times \left(\frac{1,28}{8} \right) \leq 20.$$

Logo, pode-se concluir que a relação de TC utilizada atualmente na LT de 2000 /5 é válida.

5.4. Ajustes dos Alcances das Zonas

As zonas de atuação são ajustadas para a condição do sistema, sem contingência, de forma a supervisionar no sentido direcional 80% (Z1); 120% (Z2) e 150% (Z4) da impedância da linha. Na direção reversa (Z3) seguindo o sistema de teleproteção adotado (POTT), será ajustado maior que o overreach da Z2 da outra extremidade da linha. O seletor de fase ajusta-se de forma que os alcances não limitem as zonas de operação.

É importante salientar que cada Linha possui uma proteção principal e uma proteção alternada, ajustadas com os mesmos critérios e previstas com a mesma prioridade de desligamento sobre o disjuntor. A Zona 1 de cada proteção foi mantida autônoma com desligamento em até 80% da linha e para faltas a terra altamente resistivas, está disponibilizada a função direcional GFCSG, operando no sistema de comparação direcional.

Para a definição dos ajustes de cada linha, são verificadas as particularidades do sistema em estudo, a saber: Linha simples ou dupla, injeção na barra remota, relação das impedâncias envolvidas na falta, relação das correntes de falta, impedância mínima de serviço.

Na análise de desempenho são verificadas as condições de contingência, tais como perdas de geração e verificação de faltas nos limites das zonas estabelecidas.

6. LINHA FURNAS – PIMENTA C1

6.1. Terminal em Furnas

6.1.1 Proteção de Distância e Localizador de Defeito

- Segue abaixo os dados para dar início aos cálculos dos ajustes:

$$Z_{base} = \frac{345^2}{100} = 1190,25$$

- Impedância do primário:

$$Z1 = 0,0022 + j0,0218 \text{ pu} \rightarrow Z1 = 2,618 + j25,947$$

$$Z0 = 0,0196 + j0,0609 \text{ pu} \rightarrow Z0 = 23,238 + j72,486$$

$$ZM = 0,0075 + j0,0117 \text{ pu} \rightarrow Z0 = 8,962 + j13,973$$

- Impedância do secundário:

$$Z_{secundário} = (R1 + X1) \times \frac{RTC}{RTP} = (R1 + X1) \times \frac{400/1}{3000/1}$$

$$Z1 = 0,349 + j3,459 \rightarrow Z1 = 3,477 \angle 84,23^\circ$$

$$Z0 = 3,0984 + j9,665 \rightarrow Z0 = 10,149 \angle 72,22^\circ$$

$$ZM = 1,194 + j1,863 \rightarrow Z0 = 2,213 \angle 57,32^\circ$$

- RTC's = 400/1
- RTP's = 3000/1
- In = 1298 A (longa duração)
- Imáx = 1533 A (curta duração – 4h)
- Sentido Furnas – Pimenta
- Corrente de Curto-Circuito Bifásico na barra de Pimenta para a mínima geração:

$$I_{C.C.2Fmin} = 17394,3 \text{ A}$$

- Corrente de Curto-Circuito Monofásico na barra de Pimenta para a mínima geração:

$$I_{C.C.FTmin} = 15121,5 \text{ A}$$

- Resistência de Falta:

$$R_F = 50 \, \Omega$$

- **Fault Detection**

Under voltage fault detection, $V<$:

($V<$): Enabled

($V <$ start PP, PG) Recomendação do manual.

($V<$) = 70 %

High set overcurrent detection, $I>>$

$I_{\text{máx. carga}} < (I>>) < I_{\text{mín de falta}}$

Considerar valores de faltas nos limites da Linha.

$$I_{\text{Máx carga}} = \frac{1533}{400} = 3,832 \, \text{A} \leftarrow \text{Condição normal}$$

$$I_{\text{Máx carga}} = 2 \times I_n = 2 \times \frac{1298}{400} = 6,49 \, \text{A} \leftarrow \text{Durante Swing}$$

$$I_{\text{Min.falta}} = I_{\text{C.C.2F}} = \frac{2252,2}{400} = 5,63 \, \text{A}$$

($I>>$) = 10 A (Manual recomenda $3 \times I_n$)

- **Under Impedance Stating (Subimpedância $Z<$)**

Nesta situação prevalece à detecção por subimpedância ($Z<$), pois em certas contingências têm-se perdas significativas de geração, faltas nos limites das zonas em overreach, e as unidades de subtenção ($U<$) e sobrecorrente ($I>>$) não podem operar.

Tabela 2 – Critérios de ajustes da unidade de Subimpedância

Setting	Designação	Critério
Xforward	Alcance reativo forward	$\geq 1,4$ da maior Zona fw
Zforward PP	Raio circ. $Z<$ PP	$[KV]^2/MVA \times 7$ (Linhas //)
Zforward PG	Raio circ. $Z<$ PG	$[KV]^2/MVA \times 5,5$ (Linhas //)
β	Blinder da carga	$\phi < b \leq \phi + 10^\circ$

Farfilho Consultoria Comércio e Representações LTDA

CNPJ : 03.760.184/0001-86

End : Rua Aldo de Azevedo 78 – São Paulo – CEP 05453-030

Tel / Fax : 00551130218060 – 00551199075541 – website: www.farfilho.com.br

Rforward PP	Alcance resistivo foward PP	$\geq [(X4/tg\alpha) + R4PP] \times 1,2$
Rforward PG	Alcance resistivo foward PG	$\geq [(X4/tg\alpha) + R4PG] \times 1,2$
Zbackward / Zforward	Relação reverse/ foward	$\geq 0,5$

$$X_{forward} = 2 \times 1,5 \times X1s = 2 \times 1,5 \times 3,459 = 10,377 \Omega s$$

$$P = \sqrt{3} \times 1533 \times 345 \times 10^2 = 916 \text{ MVA}$$

$$Z_{forward}^{PP} = \frac{[kV]^2}{MVA} \times \frac{RTC's}{RTP's} = \frac{345^2}{916 \times 7} \times \frac{400}{3000} = 2,475 \Omega s$$

$$Z_{forward}^{PG} = \frac{[kV]^2}{MVA} \times \frac{RTC's}{RTP's} = \frac{345^2}{916 \times 5,5} \times \frac{400}{3000} = 3,150 \Omega s$$

$$\text{Ângulo de carga} = 30^\circ$$

$$\beta = 30^\circ + 10^\circ = 40^\circ$$

$$\frac{Z_{backward}}{Z_{forward}}: \text{Relação dos alcances reversos aos alcances no sentido da linha.}$$

Este ajuste compõe a característica no sentido reverso a partir de todos os ajustes calculados no sentido da linha (X, Z, R).

Logo, segundo recomendação do manual, um ajuste $\geq 0,5$ permite o desempenho adequado da seleção de:

$$\frac{Z_{backward}}{Z_{forward}} = 0,5$$

- **Alcance das Zonas**

Foram adotadas três zonas direcionais (Z1, Z2, Z4) e uma zona reversa (Z3) de características poligonais funcionando no sistema de teleproteção POTT.

Os ajustes de reatância e resistência são ajustados em valores secundários e independentes para cada zona.

➤ **Ângulo da Linha**

Considerando a Linha sendo homogênea com ajuste comum para todas as Zonas:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{X1p}{R1p}\right) = \frac{25,947}{2,618} = 84,23^\circ$$

- Ângulo de inclinação da Impedância (compensação de erros TC's e TP's)

Apenas para a zona Z1 (as outras foram adotadas zero)

- Alcances de reatância

$$X1 = 0,8 \times X1s = 0,8 \times 3,459 = 2,767 \Omega s$$

$$X1e = KZe \times X1 = \frac{1,2 \times X1s}{0,8 \times X1s} \times X1 = 1,5 \times 2,767 = 4,150 \Omega s$$

$$X2 = 1,4 \times X1s = 1,4 \times 3,459 = 4,843 \Omega s$$

$$X4 = 1,7 \times X1s = 1,7 \times 3,459 = 5,880 \Omega s$$

$$X3 = 0,6 \times X1s_{\text{Furnas-Pimenta}} = 0,6 \times 3,459 = 1,729 \Omega s$$

Tabela 3 - Alcance das zonas X1, X2, X3 e X4

Zonas	Crítérios	X (Ω secundário)
X1	80% de X1s	2,767
X1e	120% de X1s	4,150
X2	140% de X1s	4,843
X4	170% de X1s	5,880
X3	60% X1s _{Furnas- Pimenta}	2,075

- Temporização das Zonas

$$T1(Z1) = \text{Instantâneo}$$

$$T2(Z2) = 0,5 \text{ s}$$

$$T4(Z4) = 1 \text{ s}$$

$$T3(Z3) = 1 \text{ s}$$

- Compensação Residual KG

A compensação é comum para todas as Zonas:

$$KG = \frac{\overrightarrow{Z0s} - \overrightarrow{Z1s}}{3 \times \overrightarrow{Z1s}} = \frac{10,149 \angle 72,22^\circ - 3,477 \angle 84,23^\circ}{3 \times 3,477 \angle 84,23^\circ} = 0,651 \angle -18,12^\circ$$

Farfilho Consultoria Comércio e Representações LTDA

CNPJ : 03.760.184/0001-86

End : Rua Aldo de Azevedo 78 – São Paulo – CEP 05453-030

Tel / Fax : 00551130218060 – 00551199075541 – website: www.farfilho.com.br

➤ Alcances Resistivos

Resistência de arco (Entre fases):

$$R_a = \frac{28710 \times L}{(I_{C.C.2Fmin})^{1,4}} = \frac{28710 \times 9}{17394,3^{1,4}} = 0,299 \text{ } \Omega p \rightarrow 0,299 \times \frac{400}{3000} = 0,0398 \text{ } \Omega s$$

Resistência de arco (Fase – Terra):

$$R_a = \frac{28710 \times L}{(I_{C.C.FTmin})^{1,4}} = \frac{28710 \times 9}{15121,5^{1,4}} = 0,364 \text{ } \Omega p \rightarrow 0,364 \times \frac{400}{3000} = 0,0485 \text{ } \Omega s$$

Verificando duas condições para definição do ajuste:

Loop de terra: $R1PG > R1s + R_a + R_f$

$$R1PG > 0,349 + 0,0485 + \left(50 \times \frac{400}{3000}\right) \rightarrow R1PG > 7,064 \text{ } \Omega s$$

Loop de fases: $R1PP > R1s + \frac{R_a}{2}$

$$R1PP > 0,349 + \frac{0,0398}{2} \rightarrow R1PP > 0,369 \text{ } \Omega s$$

O limite inferior do ajuste é: $\frac{X1}{7} \rightarrow (R1PP \text{ ou } R1PG) \text{ mínimo} = \frac{2,767}{7} = 0,395 \text{ } \Omega s$

Adotaremos:

$$R1PG = 7,5 \text{ } \Omega s$$

$$R1PP = 3,75 \text{ } \Omega s \text{ (adotado 50\% da detecção falta a terra)}$$

$$\frac{X1}{R1PG} = \frac{X2}{R2PG} = \frac{X3}{R3PG} = \frac{X4}{R4PG}$$

$$\frac{X1}{R1PG} = \frac{2,767}{7,5} = 0,369 \text{ } \Omega s$$

$$R2PG = \frac{X2}{0,369} = \frac{4,843}{0,369} = 13,13 \text{ } \Omega s$$

$$R3PG = \frac{X3}{0,369} = \frac{2,075}{0,369} = 5,62 \text{ } \Omega s$$

$$R4PG = \frac{X4}{0,369} = \frac{5,880}{0,369} = 15,93 \text{ } \Omega s$$

$$R_{forwardPG} = \left[\frac{X1s}{tg\alpha} + R4PG \right] \times 1,2 = \left[\frac{3,459}{tg(84,23)} + 15,93 \right] \times 1,2 = 19,53 \text{ } \Omega s$$

$$\frac{X1}{R1PP} = \frac{X2}{R2PP} = \frac{X3}{R3PP} = \frac{X4}{R4PP}$$

$$\frac{X1}{R1PP} = \frac{2,767}{3,75} = 0,737 \Omega s$$

$$R2PP = \frac{X2}{0,737} = \frac{4,843}{0,737} = 6,57 \Omega s$$

$$R3PP = \frac{X3}{0,737} = \frac{2,075}{0,737} = 2,82 \Omega s$$

$$R4PP = \frac{X4}{0,737} = \frac{5,880}{0,737} = 7,98 \Omega s$$

$$R_{forwardPP} = \left[\frac{X1s}{\tan \alpha} + R4PP \right] \times 1,2 = \left[\frac{3,459}{\tan (84,23)} + 7,98 \right] \times 1,2 = 9,99 \Omega s$$

Tabela 4 - Tabela de Ajustes 1 (Proteção de distância e Localizador de Defeito)

DIST		
Description	Range	Setting
I>>	0.1... 20 Inom	3.00 Inom
I> (lbl) high r.	0.1... 1 Inom	0.10 Inom
I> (lbl) sens. r.	0.05... 1 Inom	1.00 Inom
Operat. mode V<	W/o V< starting With V< start. PG With V< start. PG, PP	With V< start. PG, PP
V<	0.1... 0.9 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.7 Vnom/ $\sqrt{3}$
Operat. mode Z<	W/o Z< starting With Z< starting P-G With Z< start. PG, PP	With Z< start. PG, PP
Xfw	0.1... 300 W	10.377 Ω
Rfw, PG	0.1... 300 W	19.53 Ω
Rfw, PP	0.1... 300 W	9.99 Ω
β	15... 65°	40°
Zfw, PG	0.0... 300 W	3.150 Ω

Zfw, PP	0.0... 300 W	2.475 Ω
Zbw/Zfw	0.10... 4	0.5
Z evaluation	$ZPG = VPG / (IP + kG.IN)$ $ZPG = VPG / 2 \cdot IP$	$ZPG = VPG / (IP + kG.IN)$
IN> high range	0.1... 2 Inom	0.1 Inom
IN> sens. Range	0.05... 2 Inom	2.00 Inom
tIN>	0... 0.5s	0.02 s
VNG>	0.02... 1 Vnom	0.1 Vnom
VNG>>	0.02... 1 Vnom	0.3 Vnom
tVNG>>	0... 60s	0.02s
Meas. start. 1pG	PG loops None	PG loops
Meas. start. 2pG	PG loops PP loops	PP loops
Meas. start. 3pG	PG loops PP loops	PP loops
Characteristics	Circle Polygon	Polygon
X1 (polygon)	0.10... 200 W	2.767 Ω
X2 (polygon)	0.10... 200 W	4.843 Ω
X3 (polygon)	0.10... 200 W	2,075 Ω
X4 (polygon)	0.10... 200 W	5.880 Ω
R1, PG (polygon)	0.10... 200 W	7,5 Ω
R1, PP (polygon)	0.10... 200 W	3,75 Ω
R2, PG (polygon)	0.10... 200Ω	5.970 Ω
R2, PP (polygon)	0.10... 200Ω	4.975 Ω
R3, PG (polygon)	0.10... 200Ω	1.26 Ω
R3, PP (polygon)	0.10... 200Ω	0.99 Ω
R4, PG (polygon)	0.10... 200Ω	9.952 Ω

R4, PP (polygon)	0.10... 200Ω	8.293 Ω
α1 (polygon)	40... 90°	85°
α2 (polygon)	40... 90°	85°
α3 (polygon)	40... 90°	85°
α4 (polygon)	40... 90°	85°
α5 (polygon)	40... 90°	75°
α6 (polygon)	40... 90°	75°
σ1 (polygon)	-20... 20°	0°
σ2 (polygon)	-20... 20°	0°
σ3 (polygon)	-20... 20°	0°
σ4 (polygon)	-20... 20°	0°
σ5 (polygon)	-20... 20°	0°
σ6 (polygon)	-20... 20°	0°
Z1 (circle)	0.05... 200Ω	10
Z2 (circle)	0.05... 200Ω	0.05 Ω
Z3 (circle)	0.05... 200Ω	0.05 Ω
Z4 (circle)	0.05... 200Ω	0.05 Ω
Z5 (circle)	0.05... 200Ω	0.05 Ω
Z6 (circle)	0.05... 200Ω	0.05 Ω
α1 (circle)	10... 90°	75°
α2 (circle)	10... 90°	75°
α3 (circle)	10... 90°	75°
α4 (circle)	10... 90°	75°
α5 (circle)	10... 90°	75°
α6 (circle)	10... 90°	75°
Arc comp. circle	No	No

Farfilho Consultoria Comércio e Representações LTDA

CNPJ : 03.760.184/0001-86

End : Rua Aldo de Azevedo 78 – São Paulo – CEP 05453-030

Tel / Fax : 00551130218060 – 00551199075541 – website: www.farfilho.com.br

	Yes	
Direction N1	Forward directional Backward directional Non-directional	Forward directional
Direction N2	Forward directional Backward directional Non-directional	Forward directional
Direction N3	Forward directional Backward directional Non-directional	Backward directional
Direction N4	Forward directional Backward directional Non-directional	Forward directional
Oper. val. Vmemory	0.01... 2 Vnom	0.02 Vnom
T1	Blocked zero... 10s	0.00 s
T2	Blocked 0... 10s	0,50 s
T3	Blocked 0... 10s	1.00 s
T4	Blocked 0... 10s	1.00 s
Enable ZE f. 1pG	1... 450	Always
Kze, PG HSR	1... 450	1.5
Kze, PP HSR	1... 450	1.5
Kze, PG TDR	1... 450	1.00
Kze, PP TDR	1... 450	1.00
T1, ze	Blocked 0... 10s	0.01 s
Abs. value kG	0... 8	0.651
Angle kG	-180... 180°	-18.12°
kG, par abs. value	0... 8	8
kG, par angle	-180... 180°	90°
Mutual comp.	Without Dep. on zero s.c.b.	Without
IN, par>	0.1... 2 Inom	2.00 Inom
Trip zone 1 PG	1-pole 3-pole	1-pole
Trip zone 1 PP	1-pole leading phase 1-pole trailing phas 3-pole	3-pole

Tabela 5 - Tabela de Ajustes 2 (Proteção de distância e Localizador de Defeito)

FT_DA		
Description	Range	Setting
Line length	0.01... 500km	66.00 km
Line reactance	0.1... 200Ω	3.459 Ω
Start data acqu.	End of fault Trigger / Trip / End	Trigger / Trip / End
Outp. flt. locat.	Always Only after trip t1	Always
Zero-s. curr. comp.	Without Dep. on zero s.c.b. Always	Always

6.1.2 Power Swing Blocking and Out-Of-Step Tripping (ANSI 68)

A função ANSI 68, bloqueia as zonas de proteção selecionadas durante oscilações de potência no sistema com a tendência em alcançar a estabilidade, e/ou também, desliga o disjuntor local perante oscilações crescentes que levam o sistema a instabilidade.

Estas oscilações podem ser causadas por interrupções abruptas de interligações entre subsistemas, com perdas significativas de carga ou perante curtos-circuitos.

O relé MiCOM P437 dispõe de uma forma particular de detecção da oscilação que consiste em amostrar continuamente a cada dois ciclos, a potência aparente (S) de sequência positiva e a Impedância, também de sequência positiva vista pela proteção.

Este sistema apresenta um melhor desempenho que os sistemas convencionais, quais medem apenas a variação cíclica da impedância, permitindo detecção inclusive, durante o tempo morto de sistemas com aplicação de religamento monopolar.

Considerando o sistema a seguir:

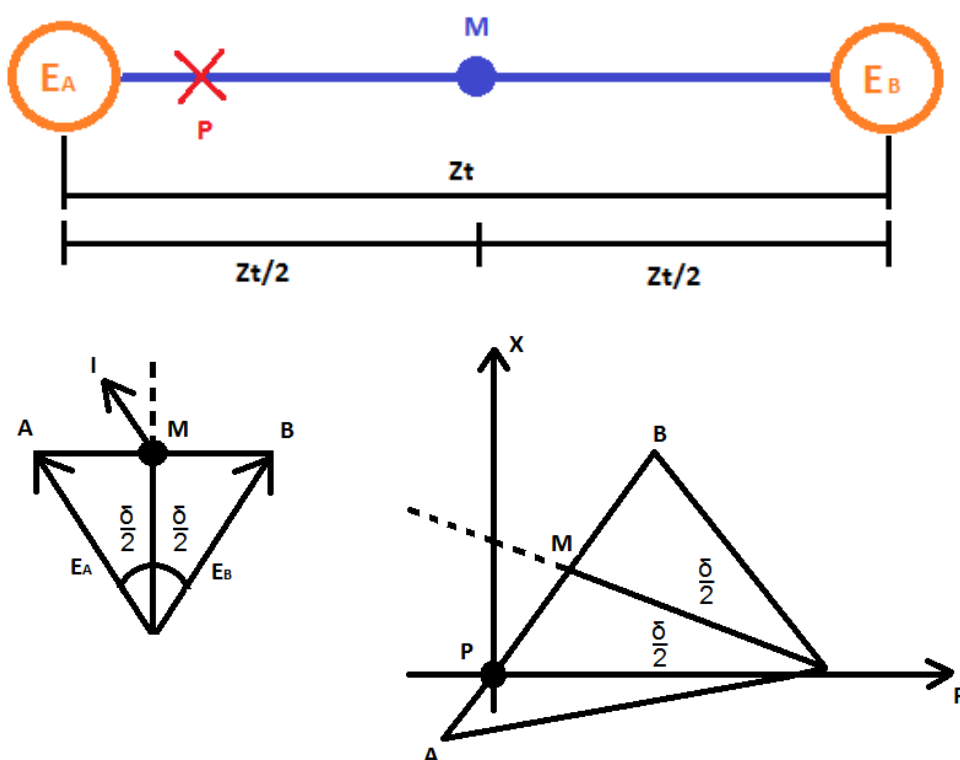


Figura 8 - Figura do Sistema Proposto

No diagrama R – X acima é representado os parâmetros necessários para a análise, onde:

- EA e EB: São as tensões das fontes dos sistemas equivalentes interligados;
- B: A impedância total (Z_T) que interliga as fontes;
- δ : Ângulo da transferência da potência no sistema;
- M: Centro elétrico do sistema;
- P-A: Impedância da fonte ligada na barra A;
- P-B: Impedância da Linha mais a impedância da fonte ligada na barra B.

Consideremos a soma escalar das impedâncias, onde:

$$Z_T = Z_{P-A} + Z_L + Z_{P-B} \Omega$$

O centro elétrico deste sistema simplificado é em:

$$\frac{Z_T}{2} \text{ (Ponto M)} \Omega$$

A equação que representa a impedância (Z) vista pela proteção em A, antes do início da oscilação é:

$$Z_P(A) = Z_{P-M} \angle \phi_L + \frac{Z_T}{2} \times \cos\left(\frac{\delta}{2} \angle 90 - \phi_L\right)$$

Onde o ângulo δ entre EA e EB é variável no tempo com a frequência de oscilação $\delta = f(2\pi, f_{osc}, t)$.

Frequências de oscilação ($f_{osc.}$) de 0,5 a 2 Hz representam swing's estáveis e de 4 a 10 Hz swing's instáveis.

Uma característica poligonal com margem de 10% da maior zona de proteção prevista (settings de X, R e α) definem os limites operacionais da função:

$$X = 1,1 \times X_4 = 1,1 \times 5,880 = 6,468 \Omega$$

$$R = 1,1 \times R_{4PG} = 1,1 \times 15,93 = 17,52 \Omega$$

$$\alpha = 84^\circ$$

A potência aparente (S) de sequência positiva transferida na linha de reatância XL tem como expressão:

$$S = \frac{VA \times VB}{XL} \sin \delta + j \frac{VA \times VB}{XL} \cos(\delta - 1)$$

A proteção mede continuamente, com uma frequência de amostragem de 2Hz, a variação sucessiva da potência aparente, determinando a taxa relativa da mesma.

$$\text{"PSB: Operate Value"} = \frac{\vec{S}_{n+1} - \vec{S}_n}{\vec{S}_{n+1}}$$

Onde:

$S_{n+1} \rightarrow$ É a potência medida pela proteção no instante "n+1" sucessivo do instante "n" em um intervalo de tempo de 33,33 ms (frequência de amostragem de 2 Hz, em 60Hz).

$S_n \rightarrow$ É a potência amostrada no instante "n".

A efetivação da função Blocking do PSB, depende de que sucessivas amostragens da taxa de variação da potência aparente ultrapassem o setting ("PSB: Operate Value") por um tempo maior que o setting (PSB: Operate Delay) condicionado ainda, a que a impedância vista pela proteção, esteja dentro da zona operacional do PSB.

A proteção deverá ser desbloqueada na presença das seguintes faltas no sistema:

- Trifásicas mínimas na Linha:

$$IP \geq \text{"PSB: IP"} > I_n$$

- Bifásicas, desbloqueio por sequência negativa:

$$I_{Neg} \geq 0,1I_n + \text{"PSB: } I_{Neg} > I_{P,Máx}$$

- Falta a terra, desbloqueio pela corrente residual:

$$I_N \geq 0,1I_n + \text{"PSB: } I_N > I_{P,Máx}$$

O tripping desta função utiliza as mesmas grandezas de amostragem e os mesmos critérios operacionais ("PSB: Operate Value Tripping" e "PSB: Operate Delay Tripping"), porém os settings obedecem a resultados de análises conclusivos em relação à tendência da oscilação.

Um novo critério implementado na detecção compara o sinal da impedância vista pela proteção na entrada da zona do PSB, com o sinal na saída da mesma zona. Discrepâncias de sinal determinam a aceleração do processo de tripping.

Os ajustes desta função dependem de estudos específicos de estabilidade do sistema, porém recomendamos adaptar os resultados desses estudos aos critérios definidos neste documento, que foram baseados nos manuais de aplicação da proteção P437.

O projeto prevê bloqueio por oscilação de potência (PSB) e trip (Out-of-Step Tripping) local com envio de sinal de Transfer trip.

- **Desbloqueio da Proteção**

Contribuições mínimas de Furnas para Pimenta (Caso onde foi considerada uma redução de 50% da geração):

$$I_{C.C.3F} = 2600,6 \text{ A}$$

$$I_{C.C.2F} = 2252,2 \text{ A}$$

$$I_{C.C.FT} = 2004,6 \text{ A}$$

$$I_{P,M\acute{a}x.} = 2 \text{ In (m\acute{a}xima da oscila\c{c}\~{a}o)}$$

Desbloqueio para faltas Trif\asicas:

$$IP = \frac{I_{C.C.3F}}{InTC} = \frac{2600,6}{2000} = 1,30 \times In \rightarrow (PSB: IP >) \leq 1,30 \times In$$

Adotado (PSB:IP>) = 2,5 In para garantia de desbloqueio.

Desbloqueio por sequ\ancia negativa:

$$I_{neg} \geq 0,1 \times In + (PSB: I_{neg} >) \times I_{P.M\acute{a}x}$$

$$\frac{2252,2}{2000 \times \sqrt{3}} \geq 0,1 \times In + (PSB: I_{neg} >) \times 2In \rightarrow (PSB: I_{neg} >) \leq 0,95$$

Adotado (PSB: I_{neg}>) = 0,45

Desbloqueio por sequ\ancia zero:

$$I_N \geq 0,1 \times In + (PSB: I_N >) \times I_{P.M\acute{a}x}$$

$$\frac{2004,6}{2000 \times 3} \geq 0,1 \times In + (PSB: I_N >) \times 2In \rightarrow (PSB: I_N >) \leq 0,457$$

Adotado (PSB: I_N>) = 0,2

Os valores sugeridos de parametriza\c{a}o seguem na tabela abaixo:

Tabela 6 - Tabela de parametrização

PSB		
Description	Range	Setting
General enable USER	No Yes	Yes
Operate value	1 ... 10%	5%
Operating mode	Mode Delta S Mode Delta Z	Mode Delta S
Operate delay	0 ... 1 s	0.20 s
Release delay	0.06... 1s	0.20 s
Operate value, trip	Blocked 1 ... 50%	10%
Operate delay, trip	0 ... 1s	0.05 s
R	0.1... 200Ω	17.52 Ω
X	0.1... 200Ω	6.46 Ω
α	40... 90°	84°
Fct. assign. block.	Blocking Z1 EXT Blocking Z1, ze EXT Blocking Z2 EXT Blocking Z3 EXT Blocking Z4 EXT Blocking Z5 EXT Blocking Z6 EXT Blocking Z7 EXT Blocking Z8 EXT	Blocking Z1 EXT Blocking Z1,Ze EXT Blocking Z2 EXT Blocking Z3 EXT Blocking Z4 EXT
Max. blocking time	0 ... 60s	30.00 s
Delta T	5 ... 60ms	20 ms
IP>	Blocked 1 ... 20 Inom	2,5 Inom
Ineg>	Blocked 0.1... 1 IP,max	0,45 IP, max
IN>	Blocked 0.1... 1 IP,max	0,2 IP, max

6.1.3 Measuring-circuit Monitoring (MCMON)

A função MCMON, tem com objetivo, supervisionar os sinais de tensão e corrente que alimentam a proteção, gerando sinais lógicos utilizados pela proteção, nas diversas funções operacionais, tais como, bloqueio das funções de distância e direcionais de sobrecorrente, monitoração da tensão de referência do sistema de sincronização automática, subtensão de sequência positiva e sobretensão de sequência negativa.

A monitoração dos circuitos de corrente, quando programada, precisa de um valor mínimo de 0,125 Inom em qualquer uma das fases.

A presença de corrente de sequência negativa é definida por cálculo com base nas componentes simétricas e dividida pela maior corrente de sequência positiva circulante nas fases, sendo esta relação comparada ao setting ($I_{neg.}/I_{máx.}$).

As monitorações dos circuitos de tensão precisam de uma corrente circulante na proteção de pelo menos 0,05 Inom em uma das fases e permite monitorar valores até de 0,4 Vnom. A sequência negativa das tensões é definida da mesma forma que as correntes e comparada com o setting.

O relé MiCOM P437 dispõe da função MCMON compacta que efetua a supervisão e bloqueios, independente de configuração de lógica. Caso o projeto precise definir apenas supervisão e alarme, uma lógica programável no PSL deverá ser implementada.

O MCMON também supervisiona os fusíveis nos circuitos de tensão contra todo tipo de faltas, aplicando critérios de partida da proteção, variação de corrente (dI/dt), presença de sequência negativa e de sequência zero e também, níveis de tensão em função da tensão nominal.

Está sendo considerado a supervisão e bloqueio das funções do relé MiCOM P437 com os seguintes settings:

Tabela 7 - Tabela de ajuste da função MCMON

MCMON		
Description	Range	Setting
Gerenal enable USER	No Yes	Yes
Current monitoring	No Yes	Yes
Ineg>	0.1... 1 I _{max}	0.20 I _{max}
Op. mode volt. mon.	V _{neg} V _{neg} with curr. enab V _{neg} w. CB cont. enab.	V _{neg} with curr. Enab
Operate delay	0... 10s	0.50 s
FF, V enabled USER	No Yes	Yes
V _{pos} <, FF	0.01... 0.1 V _{nom}	0.10 V _{nom}
V _{neg} >, FF	0.01... 0.1 V _{nom}	0.10 V _{nom}
V _{neg} <, FF	0.01... 0.1 V _{nom}	0.05 V _{nom}
Ineg>, FF	0.01... 0.5 V _{nom}	0.10 V _{nom}
Operate delay FF, V	0 ... 10s	0.00 s
FF, V _{ref} enabled USER	No Yes	Yes
Oper. Delay FF, V _{ref}	0 ... 10s	0.00 s

6.1.4 Switch on to fault protection (SOTF)

O elemento "SOTF" proporciona a eliminação rápida de qualquer falta detectada quando do fechamento do disjuntor, permanecendo habilitada por 500ms após o fechamento.

Esta função bloqueia o religamento automático da linha.

Para habilitar esta função quando se trata de falta monofásica, foi sensibilizado o $IN>$ em 10% de I_n e $tIN>$ em 50ms.

Foi priorizada a medição de IN , ficando o $IN>$ (calculado) ajustado no máximo ($4 \times I_{nom}$).

O resumo dos ajustes fica conforme a tabela a seguir:

Tabela 8 - Tabela de ajustes da função SOTF

SOTF		
Description	Range	Setting
Enable	Yes No	No
Operating mode	Trip with starting Trip with overreach	Trip with starting
Man. Close timer	Blocked 0... 10s	0.50 s
Evaluation	Calculated Measured	Measured
$IN>$ (mes.)	0.01... $4 I_{nom}$	0.10 I_{nom}
$IN>$ (clac.)	0.01... $4 I_{nom}$	4.00 I_{nom}
$tIN>$	0... 10s	0,05 s

6.1.5 PSIG – Distance Schemes (Teleproteção – ANSI 85)

Serão adotadas em ambas as proteções (principal e alternada) o sistema “Permissive overreach Transfer Trip - POTT”, “POTT Z1e or Forward” no relé MiCOM P437. No terminal de Pimenta aplicam-se as mesmas proteções que no terminal de Furnas (P437) com ajustes compatíveis.

Estão previstos três canais de comunicação, a saber: para a proteção de distância (F21), para o sistema de comparação direcional contra faltas resistivas GFCSG (F67) e para o transfer trip direto, sendo que neste último canal também serão transmitidas as funções de fraca alimentação (Weak- infeed) e terminal aberto, com lógicas de echo e echo trip.

Em relação à função de “Weak infeed”, que apesar de ser prevista em todos os terminais, é recomendado, que ela seja apenas parametrizada nos terminais em que o SIR seja maior que 30, caracterizando uma fonte fraca.

Ajustes:

$Z1 < ZL$ (80% $ZL_{Furnas-Pimenta}$)

$Z1e > ZL$ (Aprox.120% ZL) → Extensão de $Z1$

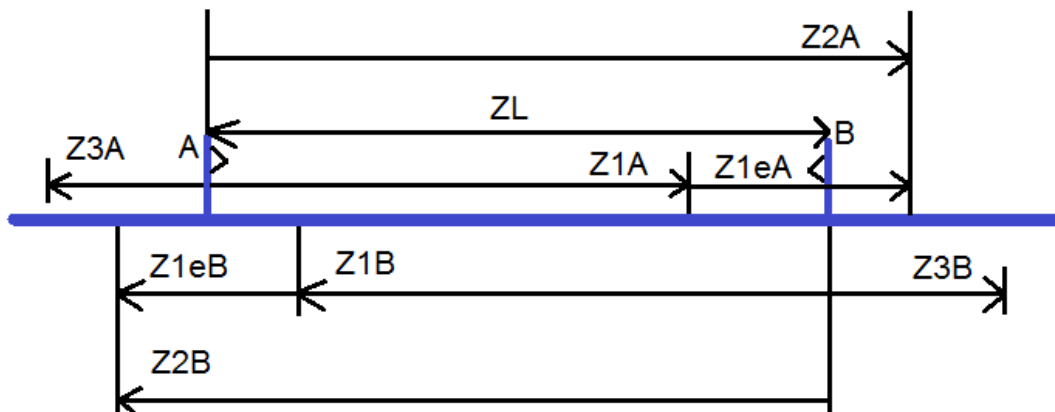


Figura 9 - Esquema de alcances POTT Z1e

Onde:

A → Terminal Furnas

B → Terminal Pimenta

As equações seguintes representam a lógica básica de funcionamento da teleproteção, sendo que as mesmas serão implementadas no Micom PSL de cada Proteção:

$Desligamento_{Local} = Z1e_{Local} \times Recep. Unbloking_{Remoto} + GSCSG_{Local} \times Recep Unbloking_{Remoto} + Wl_{Local} + Transfer Trip_{Remoto}$

$Emissão Unbloking_{Remoto} = Z1e + GSCSG (67N)$

$Emissão Transfer Trip_{Local} = F78 + Z1 + F59 + Trip (mono/Tri)$

Farfilho Consultoria Comércio e Representações LTDA

CNPJ : 03.760.184/0001-86

End : Rua Aldo de Azevedo 78 – São Paulo – CEP 05453-030

Tel / Fax : 00551130218060 – 00551199075541 – website: www.farfilho.com.br

O sistema “echo” permite o desligamento na fonte forte e funciona com a seguinte lógica:

$$\text{Emissão("echo")}_{\text{Local}}: \left(\frac{F21}{21N} \right)_{\text{Local}} \times \text{Recep. do terminal}_{\text{Remoto}}$$

$\left(\frac{F21}{21N} \right)$: Representa a não operação da partida da proteção na fonte fraca.

O sistema “echo & trip” permitem o desligamento local na fonte fraca e funciona com a seguinte lógica:

$$\text{Desligamento}_{\text{Local}}: \left(\frac{F21}{21N} \right)_{\text{Local}} \times (\text{Min. Vd})_{\text{Local}} \times \overline{Z3}_{\text{Local}} \text{Recep. do terminal}_{\text{Remoto}}$$

$(\text{Min. Vd})_{\text{Local}}$: Representa sub – tensão trifásica na fonte.

Tabela 9 - Tabela de ajustes da função PSIG

PSIG		
Description	Range	Setting
Enable	Yes	Yes
	No	
No. telecom. Ch.	1 channel	3 channel
	3 channels	
Operating mode	Without	Release scheme
	Dir. trans. trip. under	
	PUTT	
	Zone extension	
	Release scheme	
Oper. mode send	Blocking scheme	Dist. -dependent
	Direct. -dependent	
	Dist. -dependent	
Oper. mode trip	Direct. -dependent	Dist. -dependent
	Dist. -dependent	
Tripping time	Blocked	0.00 s

	0... 10s	
Release t. send	0... 10s	0.40 s
Echo on receive	Without On receive On receive & V<	On receive
Op. delay echo	0... 10s	0.05 s
Pulse dur. Echo	0... 10s	0.40 s
Trip signal V<	Always without Always with If no gen. starting	IF no gen.starting
V< weak infeed	0.1... 0.9 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.70 Vnom/ $\sqrt{3}$
tV<	Blocked 0... 10s	0.05 s
tBlock	0... 10s	0.15 s
Frequency monit.	No Yes	No

6.1.6 ARC – Auto Reclose (ANSI 79)

Nos sistemas de potência que utilizam desligamento tripolar, há no processo de abertura um imediato deslocamento do ângulo de potência entre as duas fontes e nenhum intercâmbio de potência sincronizam-se ocorre durante o tempo morto do religamento.

Contrariamente, nos sistemas que aplicam desligamento monopolar, o sistema de potência permanece conectado pelas fases boas, mantendo a estabilidade. Porém é necessário um tempo morto mais elevado para deionizar o arco devido ao acoplamento capacitivo entre as fases boas e a fase em falta. Neste caso, cada fase do disjuntor deve ser independente e a proteção deve ter seleção de fases que permitam escolher a fase que será aberta perante uma falta.

No caso de sistemas fortemente interconectados, pode-se utilizar religamentos temporizados.

Nesta aplicação será utilizado religamento monopolar para faltas detectadas na extensão da Linha (Zona 1 e Teleproteção), porém o religamento monopolar será transformado em tripolar na saída da proteção.

A função de religamento será associada ao sistema Sincron Check na modalidade de “Líder e Seguidor”.

Nos esquemas de religamento de linhas de AT e EAT, normalmente utiliza-se apenas uma tentativa de religamento rápido, observando-se as limitações dos disjuntores e condições do sistema.

Segue as seguintes parametrizações para o ARC:

Tabela 10 - Tabela de ajustes da função ARC

ARC		
Description	Range	Setting
Enable	No	Yes
	Yes	
CB clos. pos. sig.	Without	With
	With	
Operating mode	HSR/TDR permitted	HSR/TDR permitted
	TDR only permitted	
	Test HSR only permitted	

Operative time 1	0... 10 s	0.1 s
Operative time 2	0... 10 s	0.15 s
HSR oper. mode	1-pole 1-/3-pole 3-pole 3-pole (only for 1p)	1-pole
Trip time HSR	Blocked 0... 10 s	0.00 s
HSR oper. mode 2	Trip-dependent Start-dependent	Trip-dependent
Dead time 1p	0.1... 600 s	0.4 s
Dead time 3p	0.1... 600 s	0.4 s
Dead time max	0.1... 600 s	2.5 s
tDiscrim.	0.1... 600 s	0.5 s
Mon. PSIG recv.	No Yes	No
Zone ext. f. HSR	No Yes	No
No. permit. TDR	0... 9	0
Trip time TDR	Blocked 0... 10 s	Blocked
TDR dead time	0.1... 600s	0.4 s
Zone ext. f. TDR	No Yes	No
Enable RRC	No Yes	No
tRRC	0.1... 2 s	2 s

V> RRC	0.4... 0.9 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.9 Vnom/ $\sqrt{3}$
Reclaim time	1... 600 s	40.00 s
Block. time int.	1... 600 s	4 s
Block. time ext.	0... 600 s	1 s
Op. mode ext ARC	Without 1-pole, trip-dependent. 1-pole, start-dependent. 3-pole	Without
Zone ext. dur. RC	Without Following HSR Always	Following HSR
Parallel trip	Without function Parall. bloc. w/o ini Parall. bloc. w. init	Without function

6.1.7 ASC – Automatic Synchron Check (ANSI 25)

A função ASC poderá ser ativada manualmente para sincronizar a Linha ou através do religamento automático quando o terminal for o “seguidor”. Nesta situação são verificadas as condições necessárias para sincronização (V, f, ângulo e tempo).

Tratando-se de terminal líder, são verificadas apenas as condições de barra viva e Linha morta.

Segue as implantações das seguintes parametrizações:

Tabela 11 - Tabela de ajustes da função ASC

ASC		
Description	Range	Setting
Enable	Yes	Yes
	No	
Active for HSR	No	Yes
	Yes	
Active for TDR	No	No
	Yes	
Active for RRC	No	No
	Yes	
Clos. rej. w. block	No	Yes
	Yes	
Operative time	Zero... 6000s	2s
Measurement loop	Loop A-G	Loop A-B
	Loop B-G	
	Loop C-G	
	Loop A-B	
	Loop B-C	
	Loop C-A	
Phi offset	-180... 180°	0
AR op. mode	Voltage-checked	Voltage-checked

Farfilho Consultoria Comércio e Representações LTDA

CNPJ : 03.760.184/0001-86

End : Rua Aldo de Azevedo 78 – São Paulo – CEP 05453-030

Tel / Fax : 00551130218060 – 00551199075541 – website: www.farfilho.com.br

	Sync.-checked Volt. & sync. -checked	
AR with tCB	No Yes	No
AR op. mode v-check.	Vref but not V V but not Vref Not V and not Vref Not V or not Vref Vref & Z1 but not V	V but not Vref
AR V> volt. check	0.1... 1.2 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.80 Vnom/ $\sqrt{3}$
AR V< volt. check	0.1... 1.2 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.20 Vnom/ $\sqrt{3}$
AR tmin v-check	Zero... 10s	0,1s
AR V> sync. check	0.4... 1.2 Vnom/ $\sqrt{3}$	0,80 Vnom/ $\sqrt{3}$
AR delta Vmax	0.02... 0.4 Vnom	0,10 Vnom/ $\sqrt{3}$
AR delta f max	0.01... 2 Hz	0,5 Hz
AR delta phi max	5... 100°	20°
AR tmin sync. chk	0... 10 s	0,1 s
MC op. mode	Voltage-checked Sync.-checked Volt. / sync.-checked	Volt. / sync. -checked
MC with tCB	No Yes	No
MC op. mode v-chk.	Vref but not V V but not Vref Not V and not Vref Not V or not Vref Vref & Z1 but not V	Vref but not V

MC V> volt. check	0.1... 1.2 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.80 Vnom/ $\sqrt{3}$
MC V< volt. check	0.1... 1.2 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.20 Vnom/ $\sqrt{3}$
MC tmin v-check	0... 10s	0.1 s
MC V> sync. check	0.4... 1.2 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.8 Vnom/ $\sqrt{3}$
MC delta Vmax	0.02... 0.4 Vnom	0.1 Vnom/ $\sqrt{3}$
MC delta f max	0.01... 2 Hz	0.5 Hz
MC delta phi max	5... 100°	20°
MC tmin sync. chk	0... 10 s	0.1 s

6.1.8 GFSC – Back-up Fault Ground (ANSI 67N)

- Ajuste das unidades direcionais:
 - Unidade de Neutro (Função 50N/67N)
 - Unidade Instantânea (67-I):

Essa unidade tem como função, enxergar com sobrealcance a barra da SE Santos Dumont trabalhando com esquema de teleproteção POTT com o outro terminal.

Para evitar a atuação indevida dessa proteção para um defeito F-T na linha adjacente, será usado, um Deflator negativo de 20 % para a menor corrente de defeito F-T com $R_f = 50 \Omega$ na barra de Santos Dumont.

Essa unidade deverá servir de back-up para a unidade 21N para defeitos com alta impedância. Na figura abaixo é apresentado o diagrama do ANAFAS para um defeito F-T com $R_f = 50 \Omega$ nas condições citadas.

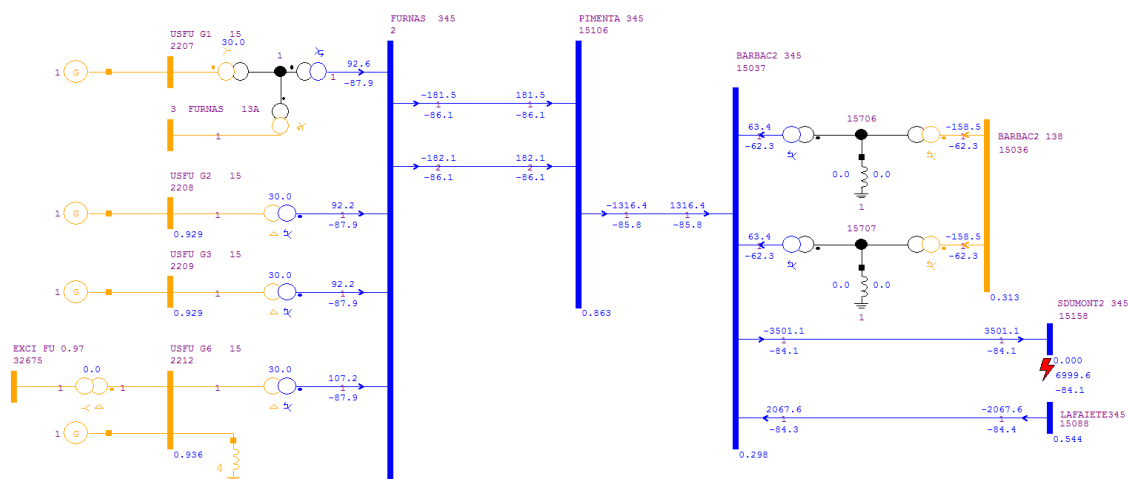


Figura 10 – Contribuição do C.C. F-T com $R_f = 50\Omega$ na barra 15158 – S. Dumont

- 50G1P:

Defeito F-T (com $R_f = 50 \Omega$) = 182.1 A (3lo).

Pick-Up: $(182.1 \times 0,8) / 400 \rightarrow 0,364 \text{ A}$

Timer (67G1D) $\rightarrow 30 \text{ ms.}$

- Unidade Temporizada (67-T):

Essa unidade deverá enxergar o sistema em forma de retaguarda. Usa-se a curva IEC – VI com um tempo de 1,2 s para possibilitar a sua coordenação com as demais proteções.

➤ 51S1P:

Para essa condição foi adotado como corrente de partida da unidade, 30% do valor da corrente nominal da linha em condições normais de operação de longa duração que é de 1298 A.

$$I_p = 0.3 \times 1298 \text{ A} = 389,4 / 400 = \mathbf{0,97 \text{ A}}$$

I → Para a corrente de defeito toma-se a corrente do curto F-T franco na barra de 345 kV da SE Pimenta.

Para o uso da curva IEC – VI usa-se a seguinte equação abaixo:

$$t = \frac{13.5}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^1 - 1} \cdot TMS$$

Onde:

I = Corrente de Defeito = 2306 A / 400 = 5.76 A.

$I_p = \mathbf{0,97 \text{ A}}$.

T_p = Multiplicador de tempo.

Para a obtenção do tempo de 1.2 s com a corrente de partida dada temos TMS = **0,43 s**

➤ Observação:

Nomenclatura P437 → TMS = (Kt, N).

Tabela 12 - Tabela de ajuste da função GFSC

GFSC		
Description	Range	Setting
General enable USER	No Yes	Yes
IN>	0.002... 0.5 Inom	0.08 In
VNG>	0.015... 0.5 Vnom	0,1 Vn
Angle phiG	-90... 0°	60°
Start. oper. delay	0... 10s	0,03 s
Start. release. Delay	0... 10s	0,15 s

T1 (forward)	Blocked 0... 60s	0,01 s
T2 (backward)	Blocked 0... 60s	Blocked
T3 (non-directional)	Blocked 0... 60s	Blocked
Criteria tS active	Blocked Forward Non-directional	Forward
Operating mode tS	VNG-dependen IN-dependent	IN-dependen
Iref, N	Blocked 0.01... 0.8 Inom	0.194 Inom
Characteristic N	Definite time IEC Standard Inverse IEC Very Inverse IEC Extr. Inverse IEC Long Time Inv. IEEE Moderately Inv. IEEE Very Inverse IEEE Extremely Inv. ANSI Normally Inv. ANSI Short Time Inv. ANSI Long Time Inv. RI-Type Inverse RXIDG-Type Inverse	IEC Very Inverse
Factor kt, N	0.05... 10	0.43

6.1.9 GSCSG - Ground fault (short-circuit) protection signaling (85-67N)

O estudo prevê um canal independente para esta função que operará no sistema de comparação direcional, condicionando o trip da operação da função GSCSG em ambas as extremidades da Linha.

A partida da função direcional (GFSC: Starting) e um temporizador (GSCSG: Tripping time) definem o trip local, quando da recepção de sinal da outra extremidade da Linha.

O sistema comporta um bloqueio temporário para inversão da função direcional por abertura não simultânea dos disjuntores da linha paralela (GSCSG: tBlock).

Foi previsto habilitar as funções “Weak infeed logic” e “Echo function” no GSCSG, independentes das mesmas funções habilitadas no PSIG com as funções de distância.

Segue os parâmetros a serem ajustados nesta função na tabela a seguir:

Tabela 13 - Tabela de ajustes da função GSCSG

GSCSG		
Description	Range	Setting
General enable USER	No Yes	Yes
Operating mode	Release Scheme Blocking scheme	Release Scheme
Channel mode	Independent channel Common channel	Independent channel
Trip mode	1/3-pole trip w. HSR 3-pole trip w. HSR 3-pole trip w/o. HSR	1/3-pole trip w. HSR
Tripping time	Blocked 0... 10s	0.01 s
Release time send	0... 10s	0.15 s
tBlock	0... 10s	0.02 s
Block. sig. nondir.	No Yes	No
Echo on receive	No Yes	Yes

Operate delay echo	Blocked 0... 10s	0.02 s
Pulse duration echo	0... 10s	0.15 s
tBlock echo	0... 10s	0.02 s
Weak infeed trip	No With directional r. With VNG> release	With VNG> release
Op. delay week infeed	Blocked 0... 10s	0.02 s
Frequency monitoring	No Yes	Yes

6.1.10 Time-voltage protection (27/59 P, Q, N)

A função de tensão do relé MiCOM P437, a partir das tensões simples (fase-terra), calcula as tensões de sequência positiva, negativa e zero do sistema. A função MCMON supervisiona constantemente estas tensões e procede conforme parametrizado e definido na lógica de supervisão.

Para este projeto a função de sobretensão está prevista para desligamento local e Transfer trip e a função de subtensão para interfases funcionais sem trip.

Foi adotado dois níveis de sobretensão, conforme segue:

Temporizado em 2s com 115% da tensão nominal e Instantâneo (50 ms) para 120% da tensão nominal.

Para subtensão um nível com 80% da tensão nominal e 2s.

Os ajustes sugeridos são conforme a tabela a seguir:

Tabela 14 - Tabela de ajustes da função 27/59

V<>		
Description	Range	Setting
Enable	No Yes	Yes
Operating mode	Delta Star	Star
Evaluation VNG	Calculated Measured	Measured
V>	0.2... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	1.10 Vnom/ $\sqrt{3}$
V>>	0.2... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	1.20 Vnom/ $\sqrt{3}$
tV>	Blocked 0... 100s	2.00 s
tV> 3-pole	Blocked 0... 100s	Blocked
tV>>	Blocked 0... 100s	0.05 s
V<	Blocked 0.2... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.8 Vnom/ $\sqrt{3}$

V<<	Blocked 0.2 ... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	Blocked
tV<	Blocked 0 ... 100s	2 s
tV< 3-pole	Blocked 0 ... 100s	Blocked
tV<<	Blocked 0 ... 100s	Blocked
Vpos>	Blocked 0.2 ... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	1.1 Vnom/ $\sqrt{3}$
Vpos>>	Blocked 0.2 ... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	1.2 Vnom/ $\sqrt{3}$
tVpos>	Blocked 0 ... 100s	2.00 s
tVpos>>	Blocked 0 ... 100s	0.05 s
Vpos<	Blocked 0.2 ... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.80 Vnom/ $\sqrt{3}$
Vpos<<	Blocked 0.2 ... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	Blocked
tVpos<	Blocked 0 ... 100s	2.00 s
tVpos<<	Blocked 0 ... 100s	Blocked
Vneg>	Blocked 0.2 ... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.20 Vnom/ $\sqrt{3}$
Vneg>>	Blocked 0.2 ... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	Blocked
tVneg>	Blocked 0 ... 100s	2.00 s
tVneg>>	Blocked 0 ... 100s	Blocked
VNG>	Blocked 0.2 ... 1 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.30 Vnom/ $\sqrt{3}$
VNG>>	Blocked 0.2 ... 1 Vnom/ $\sqrt{3}$	Blocked

tVNG>	Blocked 0 ... 100s	2.00 s
tVNG>>	Blocked 0 ... 100s	Blocked
tTransient	Blocked 0 ... 100s	0.05 s
Hyst. V<> meas.	1 ... 10%	5%
Hyst. V<> deduc.	1 ... 10%	5%

6.2. Terminal em Pimenta

6.2.1 Proteção de Distância e Localizador de Defeito

- Segue abaixo os dados para dar início aos cálculos dos ajustes:

$$Z_{base} = \frac{345^2}{100} = 1190,25$$

- Impedância do primário:

$$Z1 = 0,0022+j0,0218 \text{ pu} \rightarrow Z1 = 2,618+j25,947$$

$$Z0 = 0,0196+j0,0609 \text{ pu} \rightarrow Z0 = 23,238+j72,486$$

$$ZM = 0,0075+j0,0117 \text{ pu} \rightarrow Z0 = 8,962+j13,973$$

- Impedância do secundário:

$$Z_{secundário} = (R1 + X1) \times \frac{RTC}{RTP} = (R1 + X1) \times \frac{360/1}{3000/1}$$

$$Z1 = 0,314+j3,113 \rightarrow Z1 = 3,129 \angle 84,23^\circ$$

$$Z0 = 2,788+j8,698 \rightarrow Z0 = 9,134 \angle 72,22^\circ$$

$$ZM = 1,075+j1,676 \rightarrow Z0 = 1,99 \angle 57,32^\circ$$

- RTC's = 360/1
- RTP's = 3000/1
- In = 1298 A (longa duração)
- Imáx = 1533 A (curta duração – 4h)
- Sentido Pimenta – Furnas
- Corrente de Curto-Circuito Bifásico na barra de Furnas para a mínima geração:

$$I_{C.C.2Fmin} = 20945,1 \text{ A}$$

- Corrente de Curto-Circuito Monofásico na barra de Furnas para a mínima geração:

$$I_{C.C.FTmin} = 20384,2 \text{ A}$$

- Resistência de Falta:

$$R_F = 50 \Omega$$

- **Fault Detection**

Under voltage fault detection, V<:

(V<): Enabled

(V < start PP, PG) Recomendação do manual.

(V<) = 70 %

High set overcurrent detection, I>>

Imáx. carga < (I>>) < Imín de falta

Considerar valores de faltas nos limites da Linha.

$$I_{\text{Máx carga}} = \frac{1533}{360} = 4,25 \text{ A} \leftarrow \text{Condição normal}$$

$$I_{\text{Máx carga}} = 2 \times I_n = 2 \times \frac{1298}{360} = 7,21 \text{ A} \leftarrow \text{Durante Swing}$$

$$I_{\text{Min.falta}} = I_{\text{C.C.2F}} = \frac{1356,5}{360} = 3,768 \text{ A}$$

(I>>) = 9 A (Manual recomenda 2,4 x In)

- **Under Impedance Stating (Subimpedância Z<)**

Critérios a seguir, conforme aplicado no terminal de Furnas.

Tabela 15 – Critérios de ajustes da unidade de Subimpedância

Setting	Designação	Critério
Xfoward	Alcance reativo foward	$\geq 1,4$ da maior Zona fw
Zfoward PP	Raio circ. Z<PP	$[KV]^2/MVA \times 7$ (Linhas //)
Zfoward PG	Raio circ. Z<PG	$[KV]^2/MVA \times 5,5$ (Linhas //)
β	Blinder da carga	$\varphi < b \leq \varphi + 10^\circ$
Rfoward PP	Alcance resistivo foward PP	$\geq [(X4/tg\alpha) + R4PP] \times 1,2$
Rfoward PG	Alcance resistivo foward PG	$\geq [(X4/tg\alpha) + R4PG] \times 1,2$
Zbackward / Zfoward	Relação reverse/ foward	$\geq 0,5$

$X_{forward} = 2 \times 1,5 \times X1s = 2 \times 1,5 \times 3,113 = 9,34 \Omega s$ (Foi considerada também, a possibilidade de fluxo nesse terminal).

$$P = \sqrt{3} \times 1533 \times 345 \times 10^2 = 916 \text{ MVA}$$

$$Z_{forward}^{PP} = \frac{[kV]^2}{MVA} \times \frac{RTC's}{RTP's} = \frac{345^2}{916 \times 7} \times \frac{360}{3000} = 2,227 \Omega s$$

$$Z_{forward}^{PG} = \frac{[kV]^2}{MVA} \times \frac{RTC's}{RTP's} = \frac{345^2}{916 \times 5,5} \times \frac{360}{3000} = 2,835 \Omega s$$

Ângulo de carga = 30°

$$\beta = 30^\circ + 10^\circ = 40^\circ$$

$\frac{Z_{backward}}{Z_{forward}}$: Relação dos alcances reversos aos alcances no sentido da linha.

Este ajuste compõe a característica no sentido reverso a partir de todos os ajustes calculados no sentido da linha (X, Z, R).

Logo, segundo recomendação do manual, um ajuste $\geq 0,5$ permite o desempenho adequado da seleção de:

$$\frac{Z_{backward}}{Z_{forward}} = 0,5$$

- **Alcance das Zonas**

Mesmo critério para o terminal de Furnas

- **Ângulo da Linha**

Considerando a Linha sendo homogênea com ajuste comum para todas as Zonas:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{X1p}{R1p}\right) = \frac{25,947}{2,618} = 84,23^\circ$$

- **Ângulo de inclinação da Impedância (compensação de erros TC's e TP's)**

Apenas para a zona Z1 (as outras foram adotadas zero)

➤ Alcances de reatância

$$X1 = 0,8 \times X1s = 0,8 \times 3,113 = 2,490 \Omega s$$

$$X1e = KZe \times X1 = \frac{1,2 \times X1s}{0,8 \times X1s} \times X1 = 1,5 \times 2,490 = 3,735 \Omega s$$

$$X2 = 1,4 \times X1s = 1,4 \times 3,113 = 4,358 \Omega s$$

$$X4 = 1,7 \times X1s = 1,7 \times 3,113 = 5,292 \Omega s$$

$$X3 = 0,5 \times X1s_{\text{Pimenta-Furnas}} = 0,5 \times 3,113 = 1,556 \Omega s$$

Tabela 16 - Alcance das zonas X1, X2, X3 e X4

Zonas	Crítérios	X (Ω secundário)
X1	80% de X1s	2,490
X1e	120% de X1s	3,735
X2	140% de X1s	4,358
X4	170% de X1s	5,292
X3	50% X1s _{Pimenta-Furnas}	1,556

➤ Temporização das Zonas

$$T1(Z1) = \text{Instantâneo}$$

$$T2(Z2) = 0,5 \text{ s}$$

$$T4(Z4) = 1 \text{ s}$$

$$T3(Z3) = 1 \text{ s}$$

➤ Compensação Residual KG

A compensação é comum para todas as Zonas:

$$KG = \frac{\overrightarrow{Z0s} - \overrightarrow{Z1s}}{3 \times \overrightarrow{Z1s}} = \frac{9,134 \angle 72,22^\circ - 3,113 \angle 84,23^\circ}{3 \times 3,113 \angle 84,23^\circ} = 0,655 \angle -18,08^\circ$$

➤ Alcances Resistivos

Resistência de arco (Entre fases):

$$R_a = \frac{28710 \times L}{(I_{C.C.2Fmin})^{1,4}} = \frac{28710 \times 9}{20945,1^{1,4}} = 0,230 \text{ } \Omega p \rightarrow 0,230 \times \frac{360}{3000} = 0,0276 \text{ } \Omega s$$

Resistência de arco (Fase – Terra):

$$R_a = \frac{28710 \times L}{(I_{C.C.FTmin})^{1,4}} = \frac{28710 \times 9}{20384,2^{1,4}} = 0,239 \text{ } \Omega p \rightarrow 0,239 \times \frac{360}{3000} = 0,0286 \text{ } \Omega s$$

Verificando duas condições para definição do ajuste:

Loop de terra: $R1PG > R1s + R_a + R_f$

$$R1PG > 0,314 + 0,0286 + \left(50 \times \frac{360}{3000}\right) \rightarrow R1PG > 6,342 \text{ } \Omega s$$

Loop de fases: $R1PP > R1s + \frac{R_a}{2}$

$$R1PP > 0,314 + \frac{0,0286}{2} \rightarrow R1PP > 0,328 \text{ } \Omega s$$

O limite inferior do ajuste é: $\frac{X1}{7} \rightarrow (R1PP \text{ ou } R1PG) \text{ mínimo} = \frac{2,49}{7} = 0,355 \text{ } \Omega s$

Adotaremos:

$$R1PG = 6,6 \text{ } \Omega s$$

$$R1PP = 3,3 \text{ } \Omega s \text{ (adotado 50\% da detecção falta a terra)}$$

$$\frac{X1}{R1PG} = \frac{X2}{R2PG} = \frac{X3}{R3PG} = \frac{X4}{R4PG}$$

$$\frac{X1}{R1PG} = \frac{2,49}{6,6} = 0,377 \text{ } \Omega s$$

$$R2PG = \frac{X2}{0,377} = \frac{4,358}{0,377} = 11,56 \text{ } \Omega s$$

$$R3PG = \frac{X3}{0,377} = \frac{1,556}{0,377} = 4,13 \text{ } \Omega s$$

$$R4PG = \frac{X4}{0,377} = \frac{5,292}{0,377} = 14,04 \text{ } \Omega s$$

$$R_{forwardPG} = \left[\frac{X1s}{tg\alpha} + R4PG \right] \times 1,2 = \left[\frac{3,113}{tg(84,23)} + 14,04 \right] \times 1,2 = 17,23 \text{ } \Omega s$$

$$\frac{X1}{R1PP} = \frac{X2}{R2PP} = \frac{X3}{R3PP} = \frac{X4}{R4PP}$$

$$\frac{X1}{R1PP} = \frac{2,49}{3,3} = 0,754 \Omega s$$

$$R2PP = \frac{X2}{0,754} = \frac{4,358}{0,754} = 5,78 \Omega s$$

$$R3PP = \frac{X3}{0,754} = \frac{1,556}{0,754} = 2,06 \Omega s$$

$$R4PP = \frac{X4}{0,754} = \frac{5,292}{0,754} = 7,02 \Omega s$$

$$R_{forwardPP} = \left[\frac{X1s}{\tan \alpha} + R4PP \right] \times 1,2 = \left[\frac{3,113}{\tan(84,23)} + 7,02 \right] \times 1,2 = 8,80 \Omega s$$

Tabela 17 - Tabela de Ajustes 1 (Proteção de distância e Localizador de Defeito)

DIST		
Description	Range	Setting
I>>	0.1... 20 Inom	2.40 Inom
I> (lbl) high r.	0.1... 1 Inom	0.10 Inom
I> (lbl) sens. r.	0.05... 1 Inom	1.00 Inom
Operat. mode V<	W/o V< starting With V< start. PG With V< start. PG, PP	With V< start. PG, PP
V<	0.1... 0.9 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.7 Vnom/ $\sqrt{3}$
Operat. mode Z<	W/o Z< starting With Z< starting P-G With Z< start. PG, PP	With Z< start. PG, PP
Xfw	0.1... 300 W	9.34 Ω
Rfw, PG	0.1... 300 W	17.23 Ω
Rfw, PP	0.1... 300 W	8.80 Ω
β	15... 65°	40°
Zfw, PG	0.0... 300 W	2.835 Ω

Zfw, PP	0.0... 300 W	2.227 Ω
Zbw/Zfw	0.10... 4	0.5
Z evaluation	$ZPG = VPG / (IP + kG.IN)$ $ZPG = VPG / 2 \cdot IP$	$ZPG = VPG / (IP + kG.IN)$
IN> high range	0.1... 2 Inom	0.1 Inom
IN> sens. Range	0.05... 2 Inom	2.00 Inom
tIN>	0... 0.5s	0.02 s
VNG>	0.02... 1 Vnom	0.1 Vnom
VNG>>	0.02... 1 Vnom	0.3 Vnom
tVNG>>	0... 60s	0.02s
Meas. start. 1pG	PG loops None	PG loops
Meas. start. 2pG	PG loops PP loops	PG loops
Meas. start. 3pG	PG loops PP loops	PG loops
Characteristics	Circle Polygon	Polygon
X1 (polygon)	0.10... 200 W	2.490 Ω
X2 (polygon)	0.10... 200 W	4.358 Ω
X3 (polygon)	0.10... 200 W	1.556 Ω
X4 (polygon)	0.10... 200 W	5.292 Ω
R1, PG (polygon)	0.10... 200 W	6,6 Ω
R1, PP (polygon)	0.10... 200 W	3,3 Ω
R2, PG (polygon)	0.10... 200Ω	11.56 Ω
R2, PP (polygon)	0.10... 200Ω	5.78 Ω
R3, PG (polygon)	0.10... 200Ω	4.13 Ω
R3, PP (polygon)	0.10... 200Ω	2.06 Ω
R4, PG (polygon)	0.10... 200Ω	14.04 Ω

R4, PP (polygon)	0.10... 200Ω	7.02 Ω
α1 (polygon)	40... 90°	85°
α2 (polygon)	40... 90°	85°
α3 (polygon)	40... 90°	85°
α4 (polygon)	40... 90°	85°
α5 (polygon)	40... 90°	75°
α6 (polygon)	40... 90°	75°
σ1 (polygon)	-20... 20°	-3°
σ2 (polygon)	-20... 20°	0°
σ3 (polygon)	-20... 20°	0°
σ4 (polygon)	-20... 20°	0°
σ5 (polygon)	-20... 20°	0°
σ6 (polygon)	-20... 20°	0°
Z1 (circle)	0.05... 200Ω	200 Ω
Z2 (circle)	0.05... 200Ω	200 Ω
Z3 (circle)	0.05... 200Ω	200 Ω
Z4 (circle)	0.05... 200Ω	200 Ω
Z5 (circle)	0.05... 200Ω	200 Ω
Z6 (circle)	0.05... 200Ω	200 Ω
α1 (circle)	10... 90°	75°
α2 (circle)	10... 90°	75°
α3 (circle)	10... 90°	75°
α4 (circle)	10... 90°	75°
α5 (circle)	10... 90°	75°
α6 (circle)	10... 90°	75°
Arc comp. Circle	No	No

Farfilho Consultoria Comércio e Representações LTDA

CNPJ : 03.760.184/0001-86

End : Rua Aldo de Azevedo 78 – São Paulo – CEP 05453-030

Tel / Fax : 00551130218060 – 00551199075541 – website: www.farfilho.com.br

	Yes	
Direction N1	Forward directional Backward directional Non-directional	Forward directional
Direction N2	Forward directional Backward directional Non-directional	Forward directional
Direction N3	Forward directional Backward directional Non-directional	Backward directional
Direction N4	Forward directional Backward directional Non-directional	Forward directional
Oper. Val. Vmemory	0.01... 2 Vnom	0.02 Vnom
T1	Blocked 0... 10s	0.00 s
T2	Blocked 0... 10s	0,50 s
T3	Blocked 0... 10s	1.00 s
T4	Blocked 0... 10s	1.00 s
T5	Blocked 0... 10s	4.00 s
T6	Blocked 0... 10s	5.00 s
T7	Blocked 0... 10s	6.00 s
T8	Blocked 0... 10s	7.00 s
Enable ZE f. 1pG	1... 450	Always
Kze, PG HSR	1... 450	1.5
Kze, PP HSR	1... 450	1.5
Kze, PG TDR	1... 450	1.00
Kze, PP TDR	1... 450	1.00
T1, ze	Blocked 0... 10s	0.01 s
Abs. Value kG	0... 8	0.65
Angle kG	-180... 180°	-18.08°
kG, par abs. Value	0... 8	8
kG, par angle	-180... 180°	90°
Mutual comp.	Without Dep. On zero s.c.b.	Without

IN, par>	0.1... 2 Inom	2.00 Inom
Trip zone 1 PG	1-pole 3-pole	1-pole
Trip zone 1 PP	1-pole leading phase 1-pole trailing phas 3-pole	3-pole

Tabela 18 - Tabela de Ajustes 2 (Proteção de distância e Localizador de Defeito)

FT_DA		
Description	Range	Setting
Line length	0.01... 500km	66.00 km
Line reactance	0.1... 200Ω	3.459 Ω
Device address	0... 255	Trigger / Trip / End
Start data acqu.	End of fault Trigger / Trip / End	Always
Outp. flt. locat.	Always Only after trip t1	Always
Zero-s. curr. comp.	Without Dep. on zero s.c.b. Always	66.00 km

6.2.2 Power Swing Blocking and Out-Of-Step Tripping (ANSI 68)

Similar aos critérios do terminal de Furnas:

A característica poligonal com margem de 10% da maior zona de proteção prevista (settings de X, R e α) definem os limites operacionais da função:

$$X = 1,1 \times X_4 = 1,1 \times 5,292 = 5,82 \, \Omega$$

$$R = 1,1 \times R_{4PG} = 1,1 \times 14,04 = 15,44 \, \Omega$$

$$\alpha = 84^\circ$$

- **Desbloqueio da Proteção**

Contribuições mínimas de Pimenta para Furnas (Caso onde foi considerada uma redução de 50% da geração):

$$I_{C.C.3F} = 1566,3 \, A$$

$$I_{C.C.2F} = 1356,5 \, A$$

$$I_{C.C.FT} = 1276,9 \, A$$

$$I_{P,Máx.} = 2 \ln \text{ (máxima da oscilação)}$$

Desbloqueio para faltas Trifásicas:

$$IP = \frac{I_{C.C.3F}}{I_{nTC}} = \frac{1566,3}{1800} = 0,870 \times I_n \rightarrow (PSB: IP >) \leq 0,870 \times I_n$$

Adotado (PSB:IP>) = 2,3 In para garantia de desbloqueio.

Desbloqueio por sequência negativa:

$$I_{neg} \geq 0,1 \times I_n + (PSB: I_{neg} >) \times I_{P.Máx}$$

$$\frac{1356,5}{1800 \times \sqrt{3}} \geq 0,1 \times I_n + (PSB: I_{neg} >) \times 2I_n \rightarrow (PSB: I_{neg} >) \leq 0,68$$

Adotado (PSB: I_{neg}>) = 0,3

Desbloqueio por sequência zero:

$$I_N \geq 0,1 \times I_n + (PSB: I_N >) \times I_{P.Máx}$$

$$\frac{1276,9}{1800 \times 3} \geq 0,1 \times I_n + (PSB: I_N >) \times 2I_n \rightarrow (PSB: I_N >) \leq 0,32$$

Adotado (PSB: I_N>) = 0,15

Os valores sugeridos de parametrização seguem na tabela abaixo:

Tabela 19 - Tabela de parametrização

PSB		
Description	Range	Setting
General enable USER	No Yes	Yes
Operate value	1 ... 10%	5%
Operating mode	Mode Delta S Mode Delta Z	Mode Delta S
Operate delay	0 ... 1 s	0.20 s
Release delay	0.06... 1s	0.20 s
Operate value, trip	Blocked 1 ... 50%	10%
Operate delay, trip	0 ... 1s	0.05 s
R	0.1... 200Ω	15.44 Ω
X	0.1... 200Ω	5.82 Ω
α	40... 90°	84°
Fct. assign. block.	Blocking Z1 EXT Blocking Z1, ze EXT Blocking Z2 EXT Blocking Z3 EXT Blocking Z4 EXT Blocking Z5 EXT Blocking Z6 EXT Blocking Z7 EXT Blocking Z8 EXT	Blocking Z1 EXT Blocking Z1,Ze EXT Blocking Z2 EXT Blocking Z3 EXT Blocking Z4 EXT
Max. blocking time	0 ... 60s	30.00 s
Delta T	5 ... 60ms	20 ms
IP>	Blocked 1 ... 20 Inom	2,3 Inom
Ineg>	Blocked 0.1... 1 IP,max	0,30 IP, max
IN>	Blocked 0.1... 1 IP,max	0,15 IP, max

6.2.3 Measuring-circuit Monitoring (MCMON)

Está sendo considerado a supervisão e bloqueio das funções do relé MiCOM P 437 com os seguintes settings.

Tabela 20 - Tabela de ajuste da função MCMON

MCMON		
Description	Range	Setting
General enable USER	No Yes	Yes
Current monitoring	No Yes	Yes
Ineg>	0.1... 1 I _{max}	0.20 I _{max}
Op. mode volt. mon.	V _{neg} V _{neg} with curr. enab V _{neg} w. CB cont. enab.	V _{neg} with curr. Enab
Operate delay	0 ... 10s	0.50 s
FF, V enabled USER	No Yes	Yes
V _{pos} <, FF	0.01... 0.1 V _{nom}	0.10 V _{nom}
V _{neg} >, FF	0.01... 0.1 V _{nom}	0.10 V _{nom}
V _{neg} <, FF	0.01... 0.1 V _{nom}	0.05 V _{nom}
Ineg>, FF	0.01... 0.5 V _{nom}	0.10 V _{nom}
Operate delay FF, V	0 ... 10s	0.00 s
FF, V _{ref} enabled USER	No Yes	Yes
Oper. Delay FF, V _{ref}	0 ... 10s	0.00 s

6.2.4 Switch on to fault protection (SOTF)

Similar ao terminal de Furnas.

Tabela 21 - Tabela de ajustes da função SOTF

SOTF		
Description	Range	Setting
Enable	Yes No	No
Operating mode	Trip with starting Trip with overreach	Trip with starting
Man. Close timer	Blocked 0 ... 10s	0.50 s
Evaluation	Calculated Measured	Measured
IN> (mes.)	0.01... 4 Inom	0.10 Inom
IN> (clac.)	0.01... 4 Inom	4.00 Inom
tIN>	0 ... 10s	0,05 s

6.2.5 PSIG – Distance Schemes (Teleproteção – ANSI 85)

Similar ao terminal de Furnas.

Tabela 22 - Tabela de ajustes da função PSIG

PSIG		
Description	Range	Setting
Enable	Yes No	Yes
No. telecom. Ch.	1 channel 3 channels	3 channel
Operating mode	Without Dir. trans. trip. under PUTT Zone extension Release scheme Blocking scheme	Release scheme
Oper. mode send	Direct.-dependent Dist.-dependent	Dist.-dependent
Oper. mode trip	Direct.-dependent Dist.-dependent	Dist.-dependent
Tripping time	Blocked 0 ... 10s	0.00 s
Release t. send	0 ... 10s	0.40 s
Echo on receive	Without On receive On receive & V<	On receive
Op. delay echo	0 ... 10s	0.05 s
Pulse dur. Echo	0 ... 10s	0.40 s

Trip signal $V<$	Always without Always with If no gen. starting	If no gen.starting
$V<$ weak infeed	$0.1 \dots 0.9 V_{nom}/\sqrt{3}$	$0.70 V_{nom}/\sqrt{3}$
$tV<$	Blocked 0 ... 10s	0.05 s
$tBlock$	0 ... 10s	0.15 s
Frequency monit.	No Yes	No

6.2.6 ARC – Auto Reclose (ANSI 79)

Similar ao terminal de Furnas.

Tabela 23 - Tabela de ajustes da função ARC

ARC		
Description	Range	Setting
Enable	No Yes	Yes
CB clos. pos. sig.	Without With	With
Operating mode	HSR/TDR permitted TDR only permitted Test HSR only permitted	HSR/TDR permitted
Operative time 1	0 ... 10 s	0.1 s
Operative time 2	0 ... 10 s	0.15 s
HSR oper. mode	1-pole 1-/3-pole 3-pole 3-pole (only for 1p)	1-pole
Trip time HSR	Blocked 0 ... 10 s	0.00 s
HSR oper. mode 2	Trip-dependent Start-dependent	Trip-dependent
Dead time 1p	0.1... 600 s	0.4 s
Dead time 3p	0.1... 600 s	0.4 s
Dead time max	0.1... 600 s	2.5 s
tDiscrim.	0.1... 600 s	0.5 s
Mon. PSIG recv.	No	No

Farfilho Consultoria Comércio e Representações LTDA

CNPJ : 03.760.184/0001-86

End : Rua Aldo de Azevedo 78 – São Paulo – CEP 05453-030

Tel / Fax : 00551130218060 – 00551199075541 – website: www.farfilho.com.br

	Yes	
Zone ext. f. HSR	No Yes	No
No. permit. TDR	0 ... 9	0
Trip time TDR	Blocked 0 ... 10 s	Blocked
TDR dead time	0.1... 600s	0.4 s
Zone ext. f. TDR	No Yes	No
Enable RRC	No Yes	No
tRRC	0.1... 2 s	2 s
V> RRC	0.4... 0.9 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.9 Vnom/ $\sqrt{3}$
Reclaim time	1 ... 600 s	40.00 s
Block. time int.	1 ... 600 s	4 s
Block. time ext.	0 ... 600 s	1 s
Op. mode ext ARC	Without 1-pole, trip-dependent. 1-pole, start-dependent. 3-pole	Without
Zone ext. dur. RC	Without Following HSR Always	Following HSR
Parallel trip	Without function Parall. bloc. w/o ini Parall. bloc. w. init	Without function

6.2.7 ASC – Automatic Synchron Check (ANSI 25)

Similar ao terminal de Furnas.

Tabela 24 - Tabela de ajustes da função ASC

ASC		
Description	Range	Setting
Enable	Yes	Yes
	No	
Active for HSR	No	Yes
	Yes	
Active for TDR	No	No
	Yes	
Active for RRC	No	No
	Yes	
Clos. rej. w. block	No	Yes
	Yes	
Operative time	0 ... 6000s	2s
Measurement loop	Loop A-G Loop B-G Loop C-G Loop A-B Loop B-C Loop C-A	Loop A-B
Phi offset	-180 ... 180°	0
AR op. mode	Voltage-checked	Voltage-checked
	Sync.-checked	
	Volt. & sync.-checked	

AR with tCB	No Yes	No
AR op. mode v-check.	Vref but not V V but not Vref Not V and not Vref Not V or not Vref Vref & Z1 but not V	V but not Vref
AR V> volt. check	0.1... 1.2 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.80 Vnom/ $\sqrt{3}$
AR V< volt. check	0.1... 1.2 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.20 Vnom/ $\sqrt{3}$
AR tmin v-check	0 ... 10s	0,1s
AR V> sync. check	0.4... 1.2 Vnom/ $\sqrt{3}$	0,80 Vnom/ $\sqrt{3}$
AR delta Vmax	0.02... 0.4 Vnom	0,10 Vnom/ $\sqrt{3}$
AR delta f max	0.01... 2 Hz	0,5 Hz
AR delta phi max	5 ... 100°	20°
AR tmin sync. chk	0 ... 10 s	0,1 s
MC op. mode	Voltage-checked Sync.-checked Volt. / sync.-checked	Volt. / sync.-checked
MC with tCB	No Yes	No
MC op. mode v-chk.	Vref but not V V but not Vref Not V and not Vref Not V or not Vref Vref & Z1 but not V	Vref but not V
MC V> volt. check	0.1... 1.2 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.80 Vnom/ $\sqrt{3}$
MC V< volt. check	0.1... 1.2 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.20 Vnom/ $\sqrt{3}$

MC tmin v-check	0 ... 10s	0.1 s
MC V> sync. check	0.4... 1.2 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.8 Vnom/ $\sqrt{3}$
MC delta Vmax	0.02... 0.4 Vnom	0.1 Vnom/ $\sqrt{3}$
MC delta f max	0.01... 2 Hz	0.5 Hz
MC delta phi max	5 ... 100°	20°
MC tmin sync. chk	0 ... 10 s	0.1 s

6.2.8 GFSC – Back-up Fault Ground (ANSI 67N)

- Ajuste das unidades direcionais:
 - Unidade de Neutro (Função 50N/67N)
 - Unidade Instantânea (67-I):

Essa unidade tem como função, enxergar com sobrealcance a barra da SE Santos Dumont trabalhando com esquema de teleproteção POTT com o outro terminal.

Para evitar a atuação indevida dessa proteção para um defeito F-T na linha adjacente, será usado, um Deflator negativo de 20 % para a menor corrente de defeito F-T com $R_f = 50 \Omega$ na barra de Itutinga.

Essa unidade deverá servir de back-up para a unidade 21N para defeitos com alta impedância. Na figura abaixo é apresentado o diagrama do ANAFAS para um defeito F-T com $R_f = 50 \Omega$ nas condições citadas.

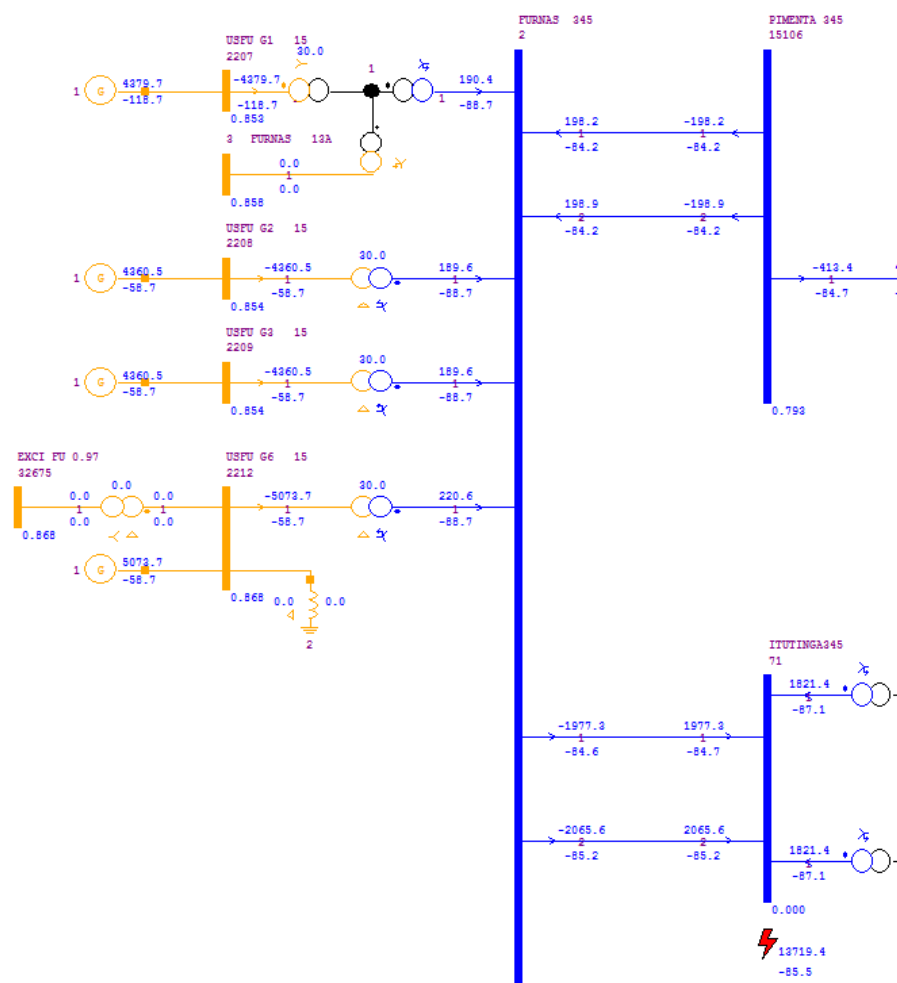


Figura 11 – Contribuição do C.C. F-T com $R_f = 50\Omega$ na barra 71 – Itutinga

➤ 50G1P:

Defeito F-T (com $R_f = 50 \Omega$) = 199 A (3Io).

Pick-Up: $(199 \times 0,8) / 360 \rightarrow \mathbf{0,44 A}$

Timer (67G1D) $\rightarrow \mathbf{30 ms}$.

➤ Unidade Temporizada (67-T):

Essa unidade deverá enxergar o sistema em forma de retaguarda. Usa-se a curva IEC – VI com um tempo de 1,2 s para possibilitar a sua coordenação com as demais proteções.

➤ 51S1P:

Para essa condição foi adotado como corrente de partida da unidade, 30% do valor da corrente nominal da linha em condições normais de operação de longa duração que é de 1298 A.

$$I_p = 0.3 \times 1298 \text{ A} = 389,4 / 360 = \mathbf{1,08 A}$$

I \rightarrow Para a corrente de defeito toma-se a corrente do curto F-T franco na barra de 345 kV da SE Furnas.

Para o uso da curva IEC – VI usa-se a seguinte equação abaixo:

$$t = \frac{13.5}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^1 - 1} \cdot TMS$$

Onde:

I = Corrente de Defeito = 1328,4 A / 360 = 3,69 A.

$I_p = \mathbf{1,08 A}$.

T_p = Multiplicador de tempo.

Para a obtenção do tempo de 1,2 s com a corrente de partida dada temos TMS = **0,214 s**

➤ Observação:

Nomenclatura P437 $\rightarrow TMS = (Kt, N)$

Tabela 25 - Tabela de ajuste da função GFSC

GFSC		
Description	Range	Setting
General enable USER	No Yes	Yes
IN>	0.002... 0.5 Inom	0.09 In
VNG>	0.015... 0.5 Vnom	0.1 Vn
Angle phiG	-90... 0°	60°
Start. oper. delay	0... 10s	0.03 s
Start. release. Delay	0 ... 10s	0.15 s
T1 (forward)	Blocked 0 ... 60s	0,01 s
T2 (backward)	Blocked 0 ... 60s	Blocked
T3 (non-directional)	Blocked 0 ... 60s	Blocked
Criteria tS active	Blocked Forward Non-directional	Forward
Operating mode tS	VNG-dependen IN-dependent	IN-dependen
Iref, N	Blocked 0.01... 0.8 Inom	0.216 Inom
Characteristic N	Definite time IEC Standard Inverse IEC Very Inverse IEC Extr. Inverse IEC Long Time Inv. IEEE Moderately Inv. IEEE Very Inverse IEEE Extremely Inv. ANSI Normally Inv. ANSI Short Time Inv. ANSI Long Time Inv. RI-Type Inverse RXIDG-Type Inverse	IEC Very Inverse
Factor kt, N	0.05... 10	0.214

6.2.9 GSCSG - Ground fault (short-circuit) protection signaling (85-67N)

Similar ao terminal de Furnas.

Tabela 26 - Tabela de ajustes da função GSCSG

GSCSG		
Description	Range	Setting
General enable USER	No Yes	Yes
Operating mode	Release Scheme Blocking scheme	Release Scheme
Channel mode	Independent channel Common channel	Independent channel
Trip mode	1/3-pole trip w. HSR 3-pole trip w. HSR 3-pole trip w/o. HSR	1/3-pole trip w. HSR
Tripping time	Blocked 0 ... 10s	0.01 s
Release time send	0 ... 10s	0.15 s
tBlock	0 ... 10s	0.02 s
Block. sig. nondir.	No Yes	No
Echo on receive	No Yes	Yes
Operate delay echo	Blocked 0 ... 10s	0.02 s
Pulse duration echo	0 ... 10s	0.15 s
tBlock echo	0 ... 10s	0.02 s
Weak infeed trip	No With directional r. With VNG> release	With VNG> release
Op. delay weak infeed	Blocked 0 ... 10s	0.02 s
Frequency monitoring	No Yes	Yes

6.2.10 Time-voltage protection (27/59 P,Q,N)

Similar ao terminal de Furnas.

Tabela 27 - Tabela de ajustes da função 27/59

V<>		
Description	Range	Setting
Enable	No Yes	Yes
Operating mode	Delta Star	Star
Evaluation VNG	Calculated Measured	Measured
V>	0.2 ... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	1.10 Vnom/ $\sqrt{3}$
V>>	0.2 ... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	1.20 Vnom/ $\sqrt{3}$
tV>	Blocked 0 ... 100s	2.00 s
tV> 3-pole	Blocked 0 ... 100s	Blocked
tV>>	Blocked 0 ... 100s	0.05 s
V<	Blocked 0.2 ... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.8 Vnom/ $\sqrt{3}$
V<<	Blocked 0.2 ... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	Blocked
tV<	Blocked 0 ... 100s	2 s
tV< 3-pole	Blocked 0 ... 100s	Blocked
tV<<	Blocked 0 ... 100s	Blocked
Vpos>	Blocked 0.2 ... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	1.1 Vnom/ $\sqrt{3}$
Vpos>>	Blocked	1.2 Vnom/ $\sqrt{3}$

	0.2 ... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	
tVpos>	Blocked 0 ... 100s	2.00 s
tVpos>>	Blocked 0 ... 100s	0.05 s
Vpos<	Blocked 0.2 ... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.80 Vnom/ $\sqrt{3}$
Vpos<<	Blocked 0.2 ... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	Blocked
tVpos<	Blocked 0 ... 100s	2.00 s
tVpos<<	Blocked 0 ... 100s	Blocked
Vneg>	Blocked 0.2 ... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.20 Vnom/ $\sqrt{3}$
Vneg>>	Blocked 0.2 ... 1.5 Vnom/ $\sqrt{3}$	Blocked
tVneg>	Blocked 0 ... 100s	2.00 s
tVneg>>	Blocked 0 ... 100s	Blocked
VNG>	Blocked 0.2 ... 1 Vnom/ $\sqrt{3}$	0.30 Vnom/ $\sqrt{3}$
VNG>>	Blocked 0.2 ... 1 Vnom/ $\sqrt{3}$	Blocked
tVNG>	Blocked 0 ... 100s	2.00 s
tVNG>>	Blocked 0 ... 100s	Blocked
tTransient	Blocked 0 ... 100s	0.05 s
Hyst. V<> meas.	1 ... 10%	5%
Hyst. V<> deduc.	1 ... 10%	5%

7. VALIDAÇÃO ASPEN

Utilizando o software ASPEN, que possibilita a conversão do arquivo .ANA do software ANAFAS para a sua própria extensão, foram construídos os gráficos com as curvas de ajustes das zonas da proteção de distância (Z1, Z2, Z3 reversa e Z4) do relé MiCOM P437.

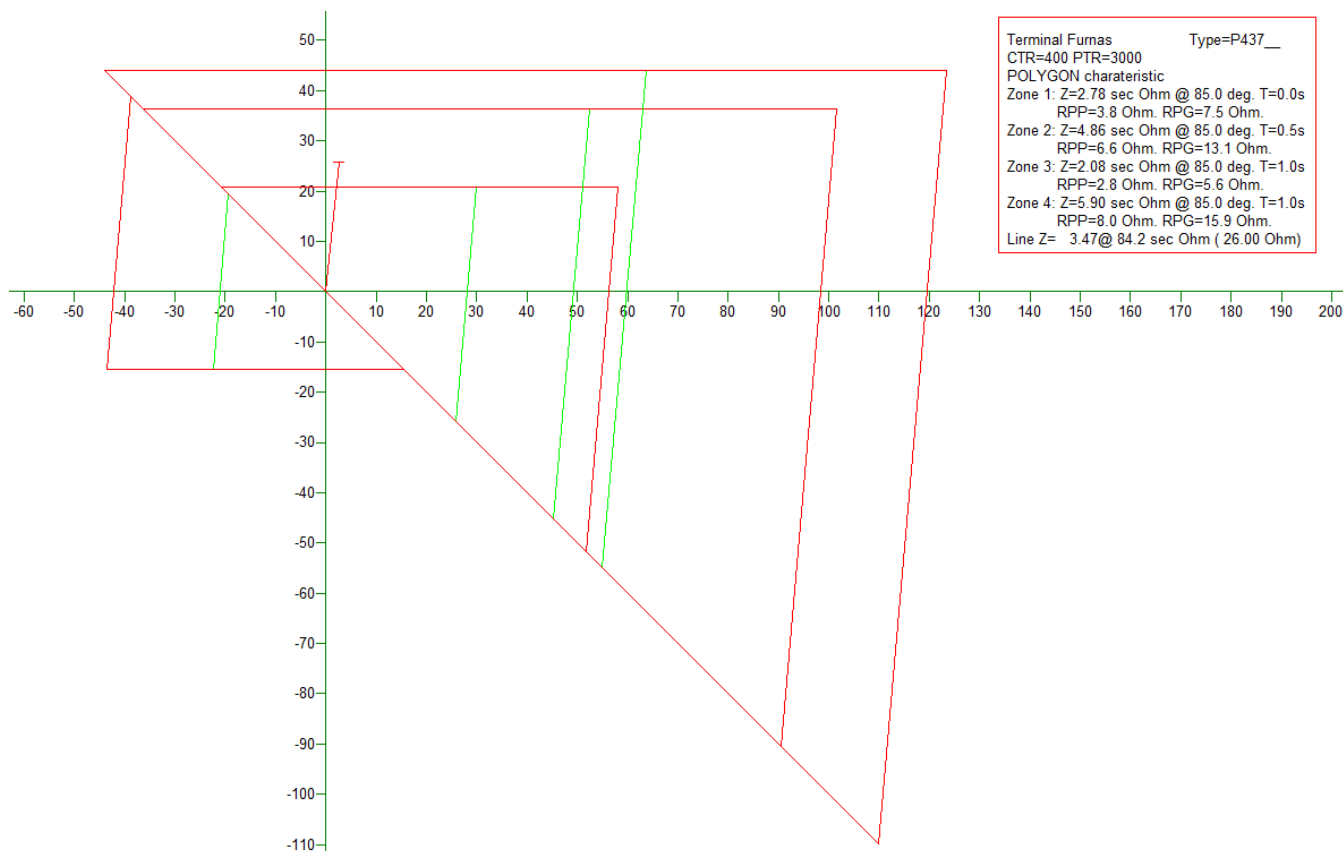


Figura 12 - Curva de ajuste das Zonas de Proteção no Terminal Furnas – Pimenta

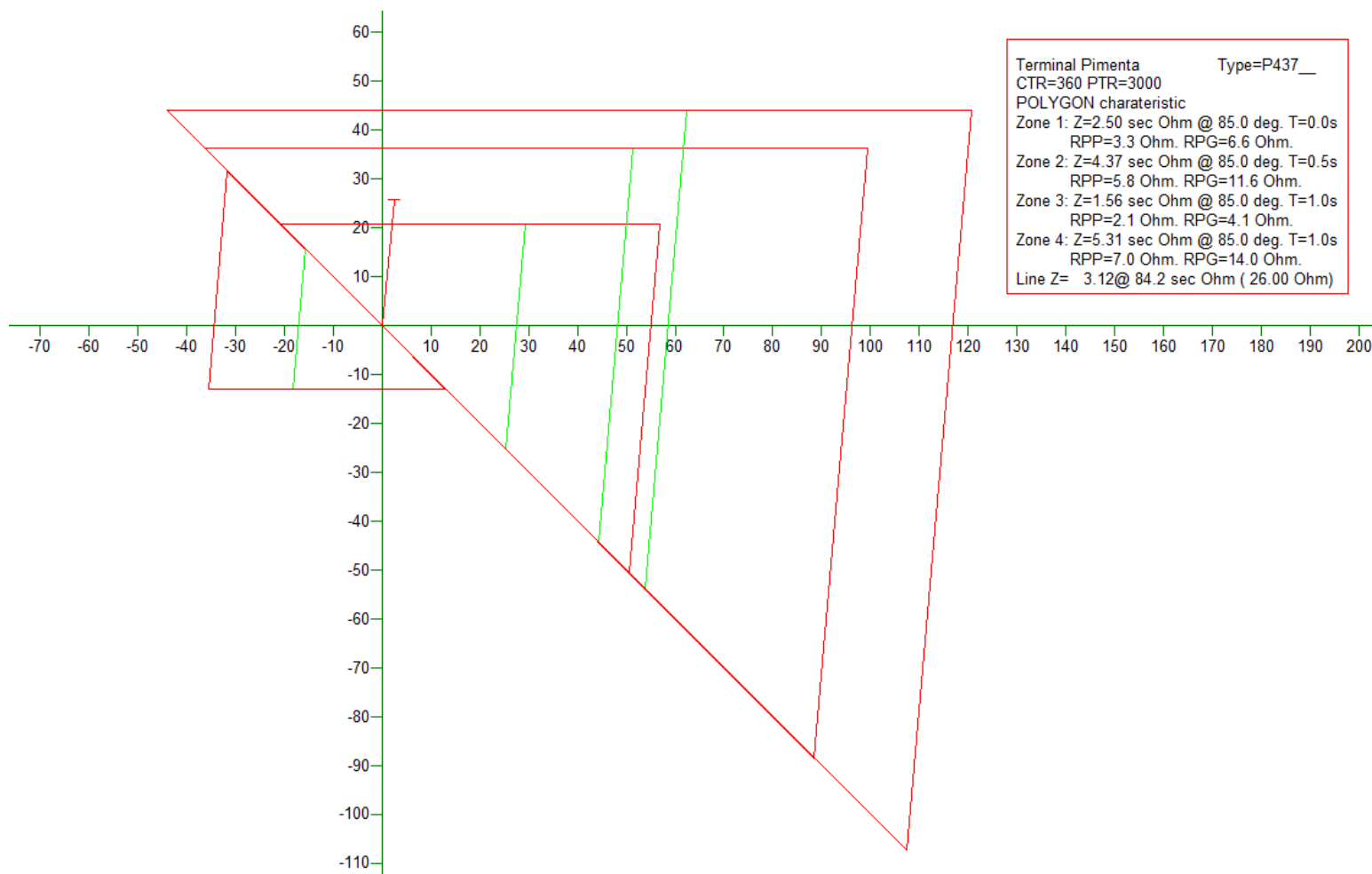


Figura 13 - Curva de ajuste das Zonas de Proteção no Terminal Pimenta – Furnas

As tabelas abaixo são resultado de simulações no software ASPEN para validar quais zonas atuam para determinados curtos em diferentes locais da LT Furnas – Pimenta.

Tabela 28 – Proteção de Distância Terminal Furnas

Linha	Número	Posição da Falta	Tipo de C.C.	Zona que atuou (Zone Tripped)
Furnas - Pimenta (LT1)	2 - 15106	20%	Trifásico	Zona 1
		50%	Trifásico	Zona 1
		80%	Trifásico	Zona 1
		99.9%	Trifásico	Zona 2
		120%	Trifásico	Zona 4
		150%	Trifásico	Não Atua
		5% Backward	Trifásico	Zona 3
		10% Backward	Trifásico	Não Atua
		20%	Fase-Terra	Zona 1
		50%	Fase-Terra	Zona 1
		80%	Fase-Terra	Zona 2
		99.9%	Fase-Terra	Zona 2
		120%	Fase-Terra	Não Atua
		150%	Fase-Terra	Não Atua
		5% Backward	Fase-Terra	Zona 3
		10% Backward	Fase-Terra	Não Atua
		20%	Fase-Terra (Rf=50Ω)	Zona 1
		50%	Fase-Terra (Rf=50Ω)	Zona 2
		80%	Fase-Terra (Rf=50Ω)	Zona 4
		99.9%	Fase-Terra (Rf=50Ω)	Não Atua
		120%	Fase-Terra (Rf=50Ω)	Não Atua
		150%	Fase-Terra (Rf=50Ω)	Não Atua
		5% Backward	Fase-Terra (Rf=50Ω)	Não Atua
		10% Backward	Fase-Terra (Rf=50Ω)	Não Atua

Tabela 29 – Proteção de Distância Terminal Pimenta

Linha	Número	Posição da Falta	Tipo de C.C.	Zona que atuou (Zone Tripped)
Pimenta - Furnas (LT1)	15106 - 2	20%	Trifásico	Zona 1
		50%	Trifásico	Zona 1
		80%	Trifásico	Zona 1
		99.9%	Trifásico	Zona 2
		120%	Trifásico	Não Atua
		150%	Trifásico	Não Atua
		5% Backward	Trifásico	Zona 3
		15% Backward	Trifásico	Zona 3
		20% Backward	Trifásico	Não Atua
		20%	Fase-Terra	Zona 1
		50%	Fase-Terra	Zona 1
		80%	Fase-Terra	Zona 2
		99.9%	Fase-Terra	Zona 2
		120%	Fase-Terra	Não Atua
		150%	Fase-Terra	Não Atua
		5% Backward	Fase-Terra	Zona 3
		10% Backward	Fase-Terra	Zona 3
		15% Backward	Fase-Terra	Não Atua
		20%	Fase-Terra (Rf=50Ω)	Zona 1
		50%	Fase-Terra (Rf=50Ω)	Zona 2
		80%	Fase-Terra (Rf=50Ω)	Não Atua
		99.9%	Fase-Terra (Rf=50Ω)	Não Atua
		120%	Fase-Terra (Rf=50Ω)	Não Atua
		150%	Fase-Terra (Rf=50Ω)	Não Atua
		5% Backward	Fase-Terra (Rf=50Ω)	Não Atua
		10% Backward	Fase-Terra (Rf=50Ω)	Não Atua

8. CURVAS DE AJUSTES – VALIDAÇÃO ASPEN

São representados abaixo, alguns dos gráficos das curvas de ajustes, com a atuação das Zonas de Proteção (Z1, Z2, Z3 reversa e Z4), para alguns dos curtos determinados no item 7.

8.1. Terminal em Furnas

8.1.1 Curto 3F em 50% da linha

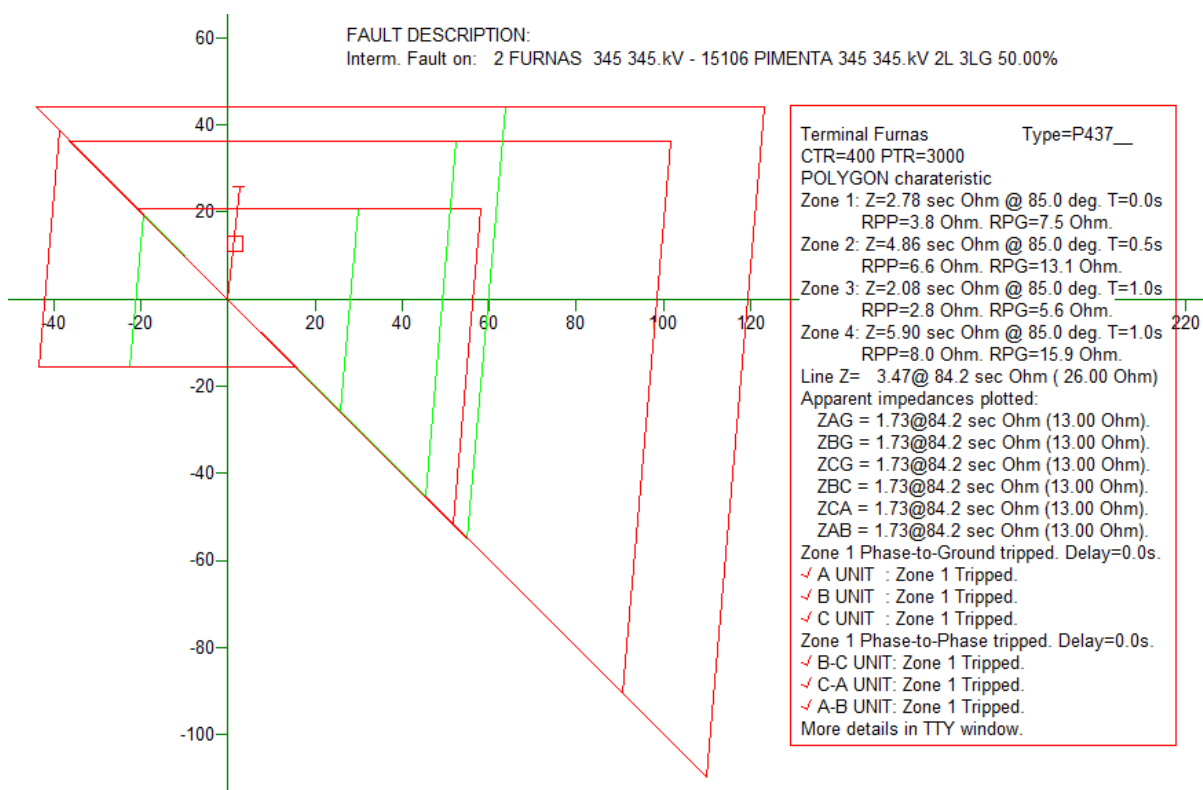


Figura 14 - Zona 1 Tripped para um C.C 3F em 50% da linha

8.1.2 Curto 3F em 99.9% da linha

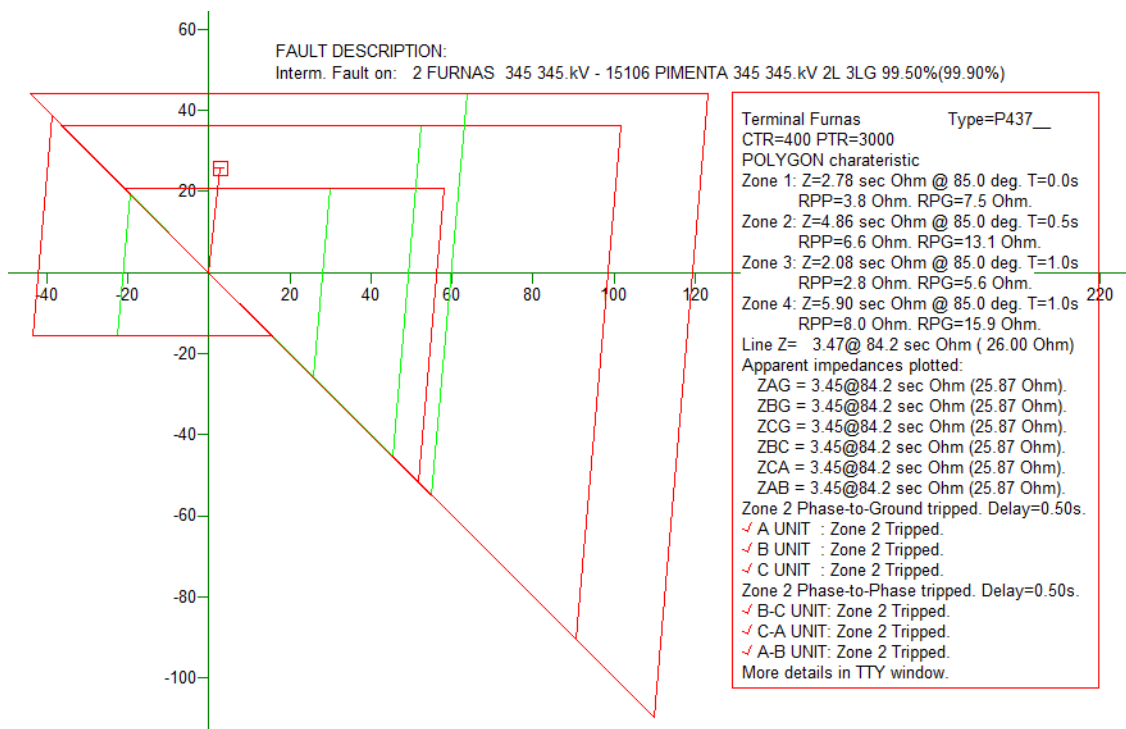


Figura 15 - Zona 2 Tripped para um C.C 3F em 99.9% da linha

8.1.3 Curto 3F em 120% da linha

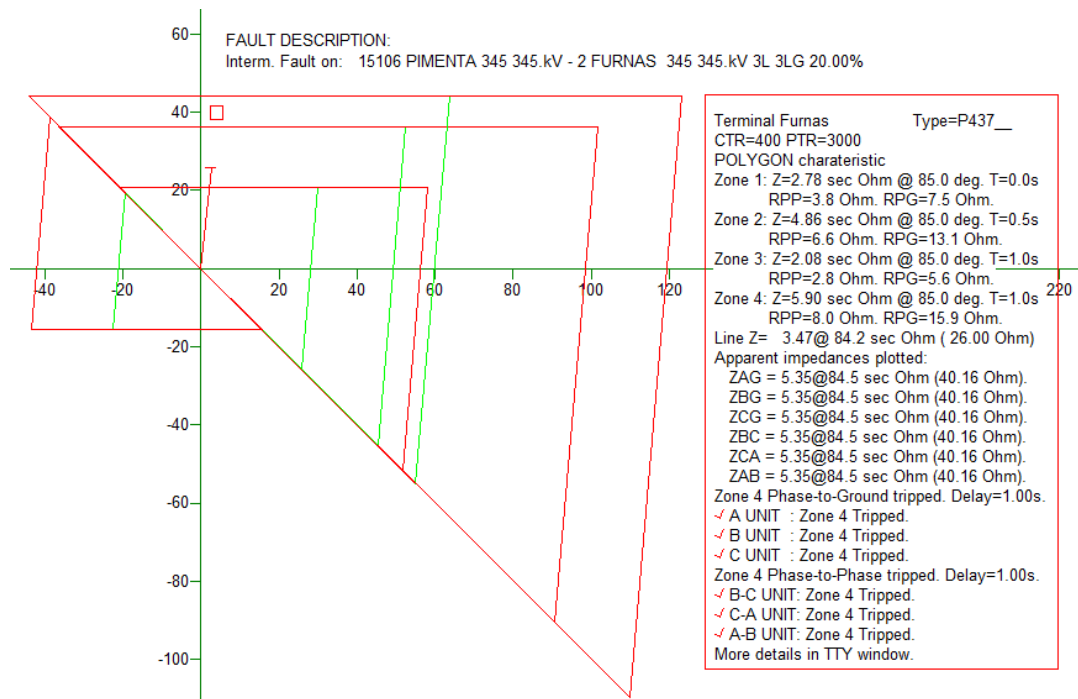


Figura 16 - Zona 4 Tripped para um C.C 3F em 120% da linha

8.1.4 Curto 3F em 5% (Backward) da linha

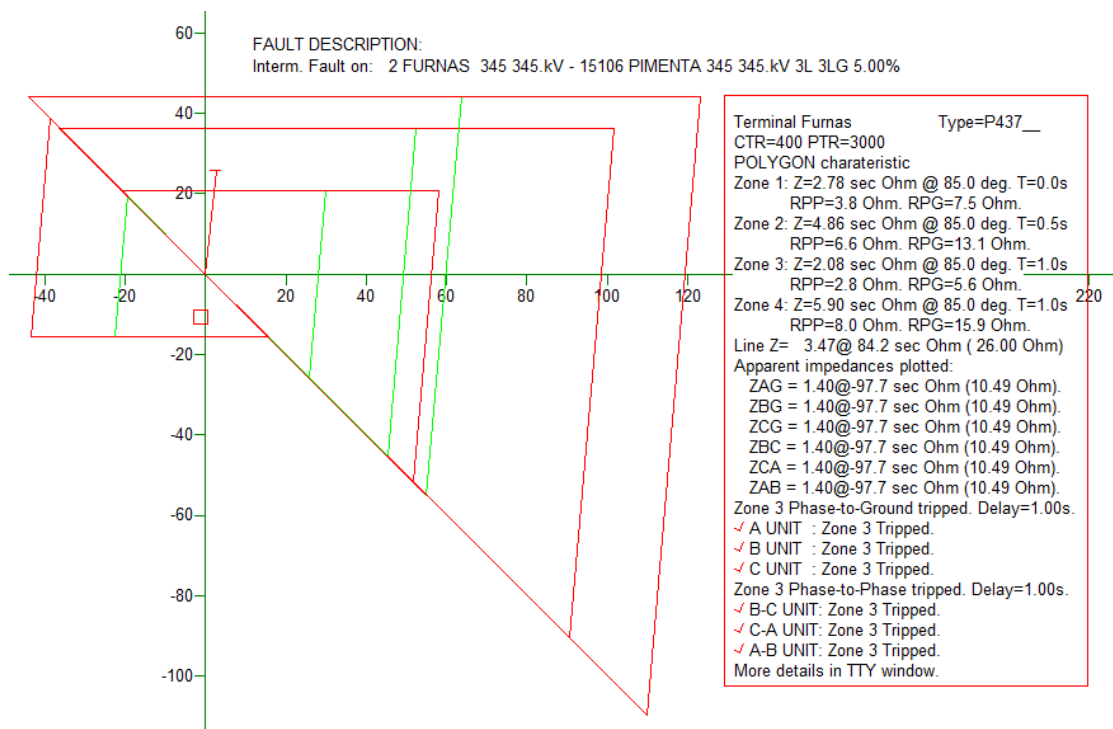


Figura 17 - Zona 3 Tripped para um C.C 3F em 5% (Backward) da linha

8.1.5 Curto FT em 50% da linha

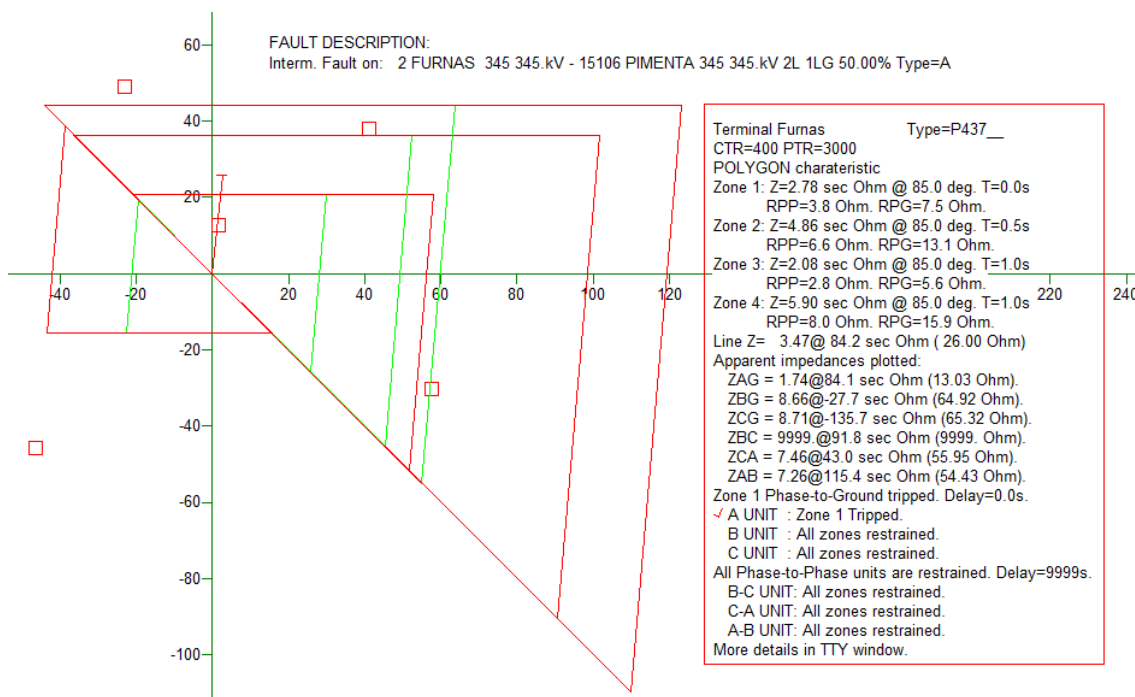


Figura 18 - Zona 1 Tripped para um C.C FT em 50% da linha

8.1.6 Curto FT em 99.9% da linha

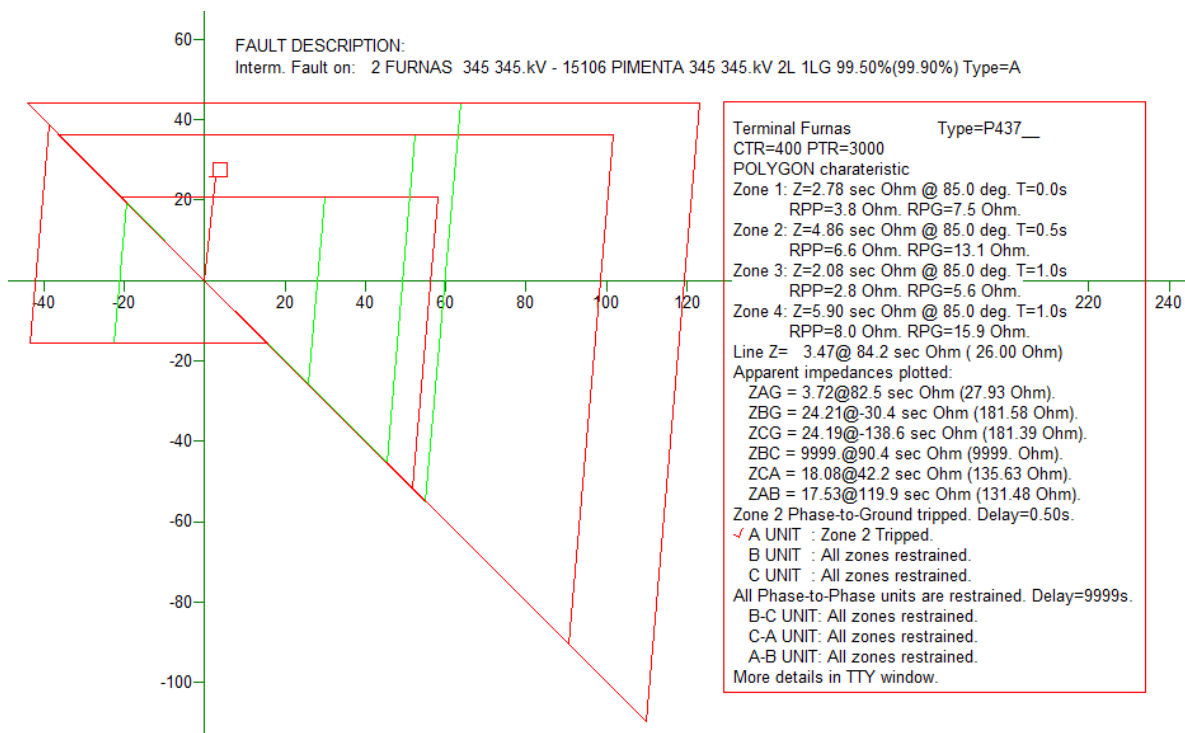


Figura 19 - Zona 2 Tripped para um C.C FT em 99.9% da linha

8.1.7 Curto FT em 5% (Backward) da linha

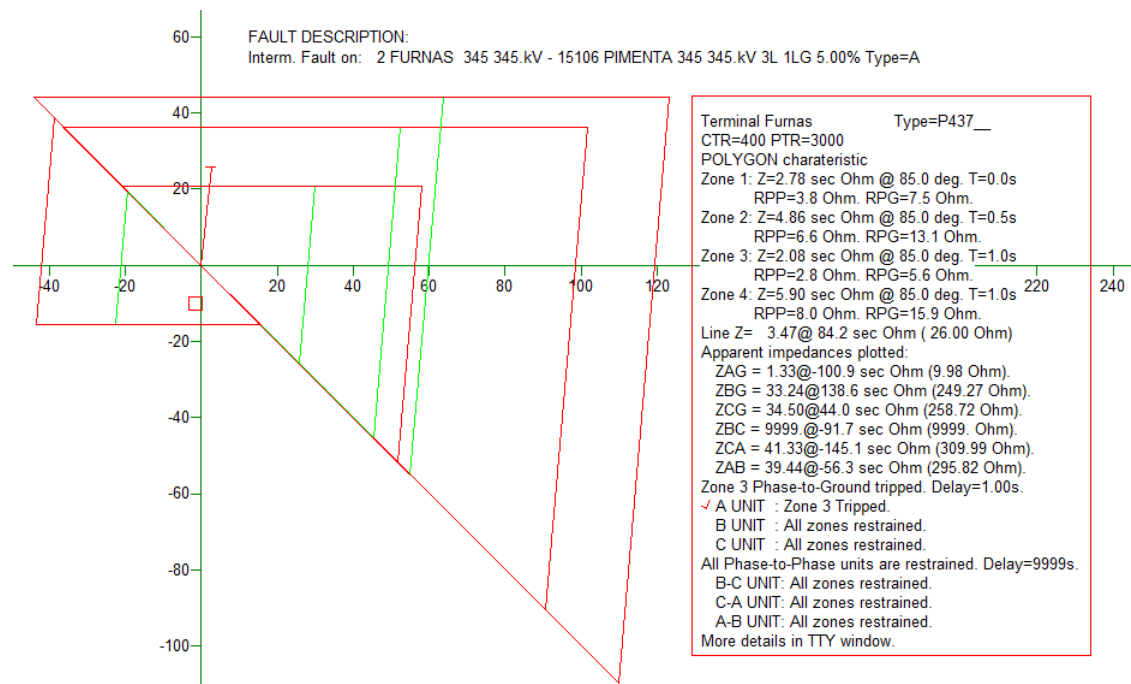


Figura 20 - Zona 3 Tripped para um C.C FT em 5% (Backward) da linha

8.2. Terminal em Pimenta

8.2.1 Curto 3F em 50% da linha

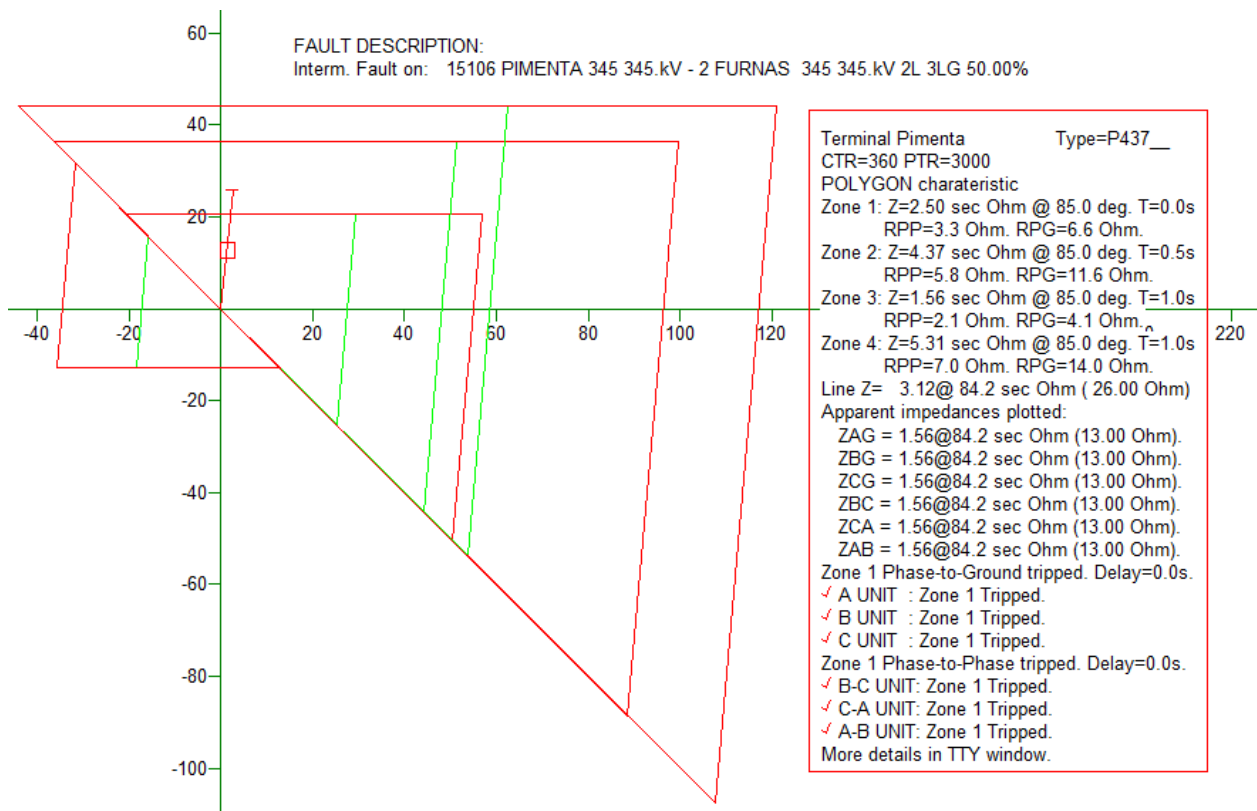


Figura 21 - Zona 1 Tripped para um C.C 3F em 50% da linha

8.2.2 Curto 3F em 99.9% da linha

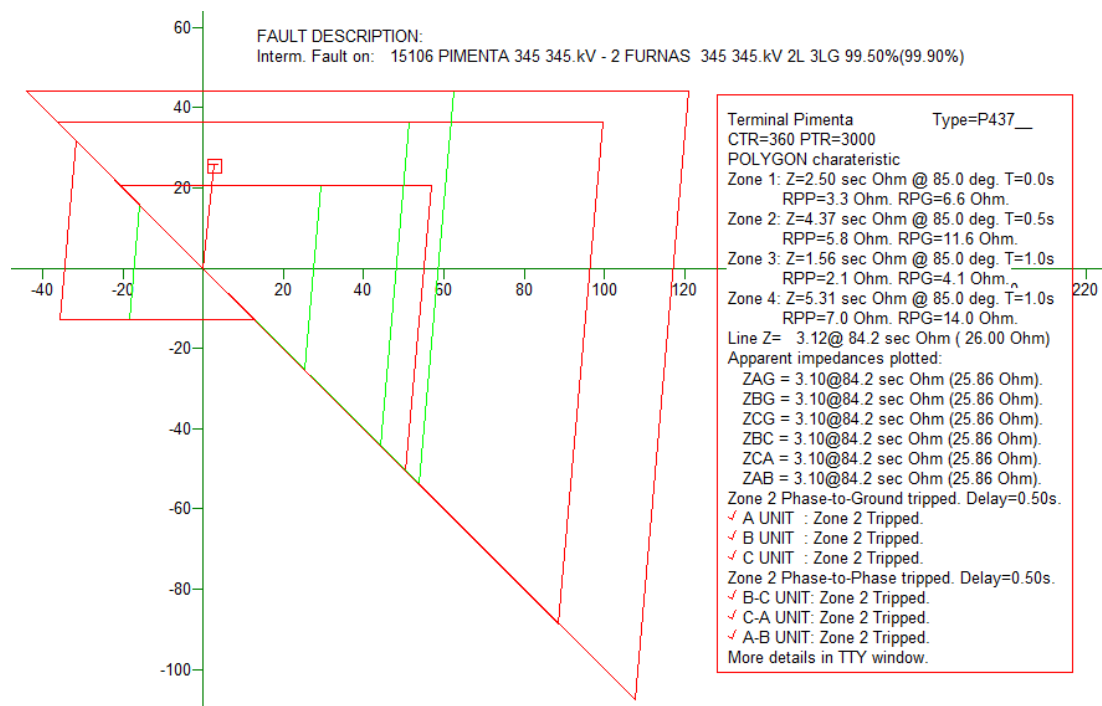


Figura 22 - Zona 2 Tripped para um C.C 3F em 99.9% da linha

8.2.3 Curto 3F em 10% (Backward) da linha

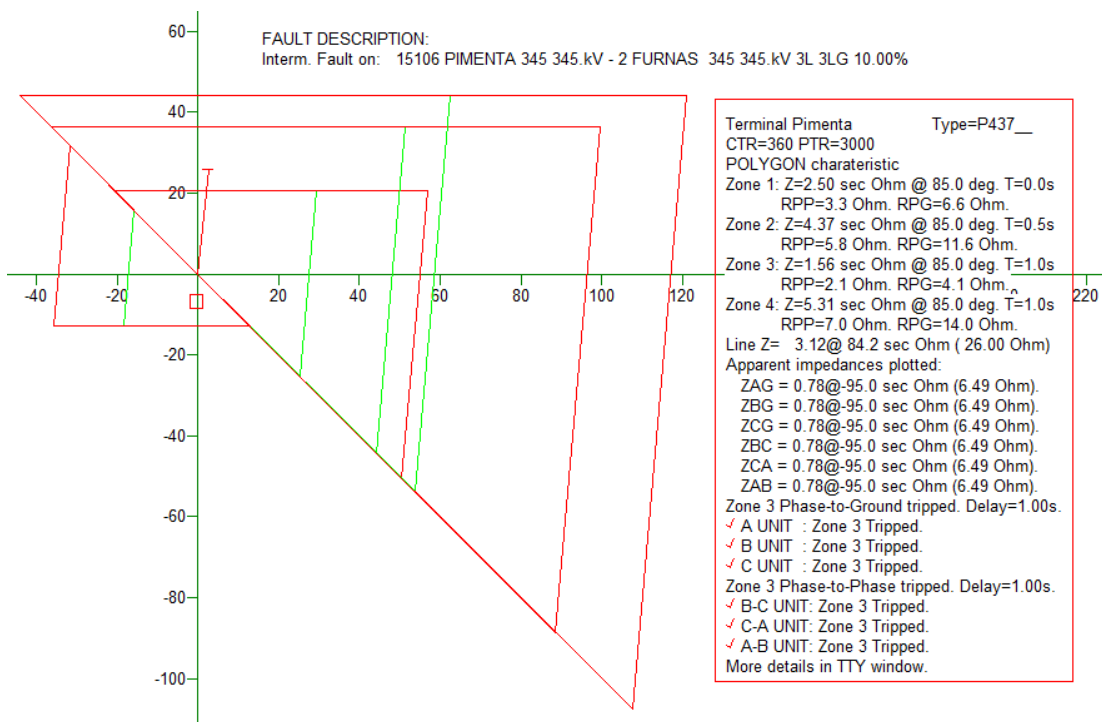


Figura 23 - Zona 3 Tripped para um C.C 3F em 10% (Backward) da linha

8.2.4 Curto 3F em 15% (Backward) da linha

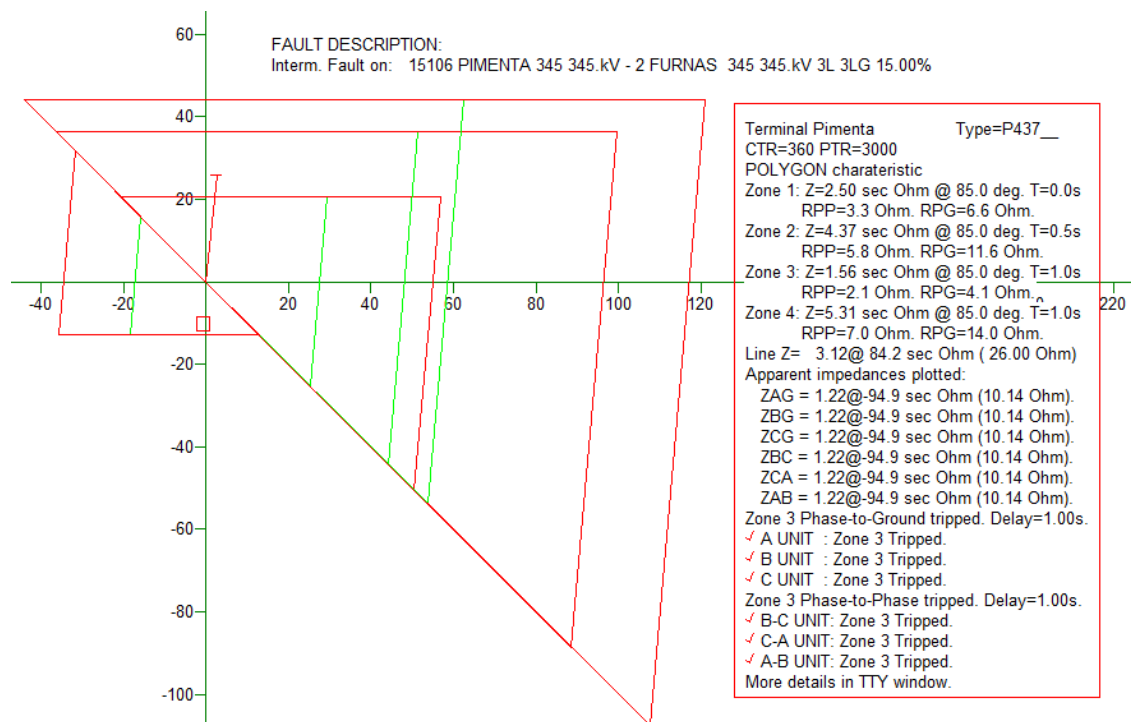


Figura 24 - Zona 3 Tripped para um C.C 3F em 15% (Backward) da linha

8.2.5 Curto FT em 50% da linha

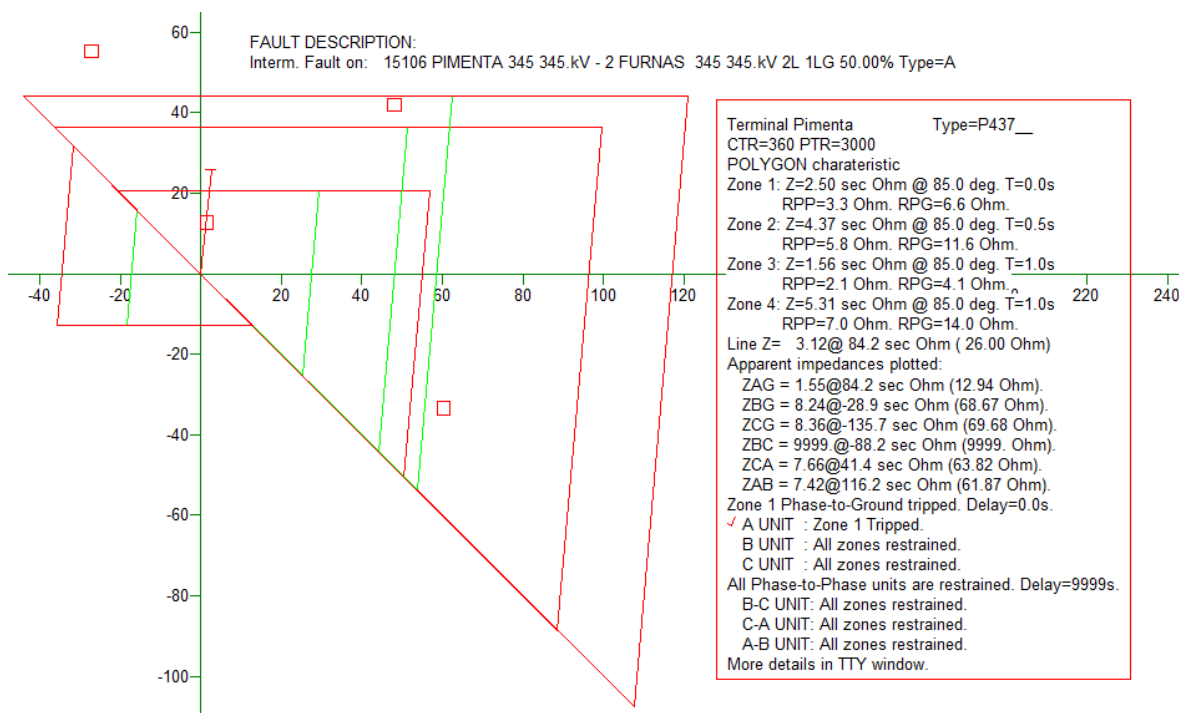


Figura 25 - Zona 1 Tripped para um C.C FT em 50% da linha

8.2.6 Curto FT em 99.9% da linha

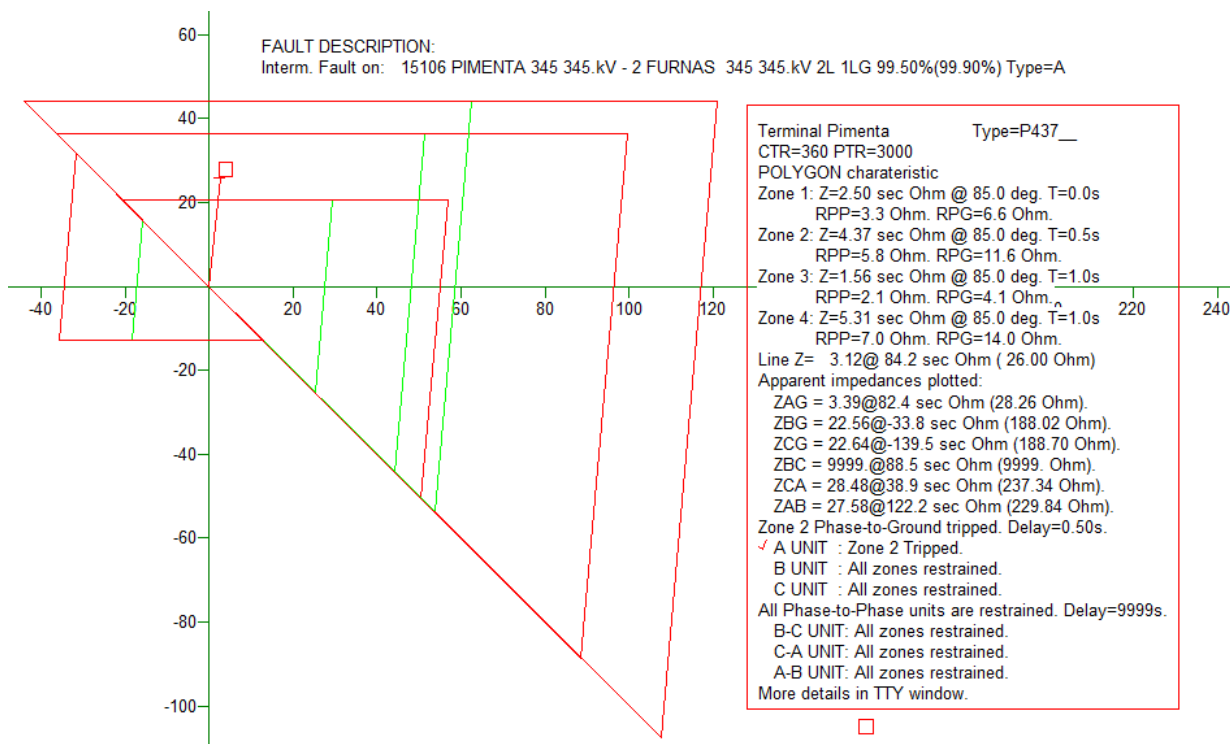


Figura 26 - Zona 2 Tripped para um C.C FT em 99.9% da linha

8.2.7 Curto FT em 10% (Backward) da linha

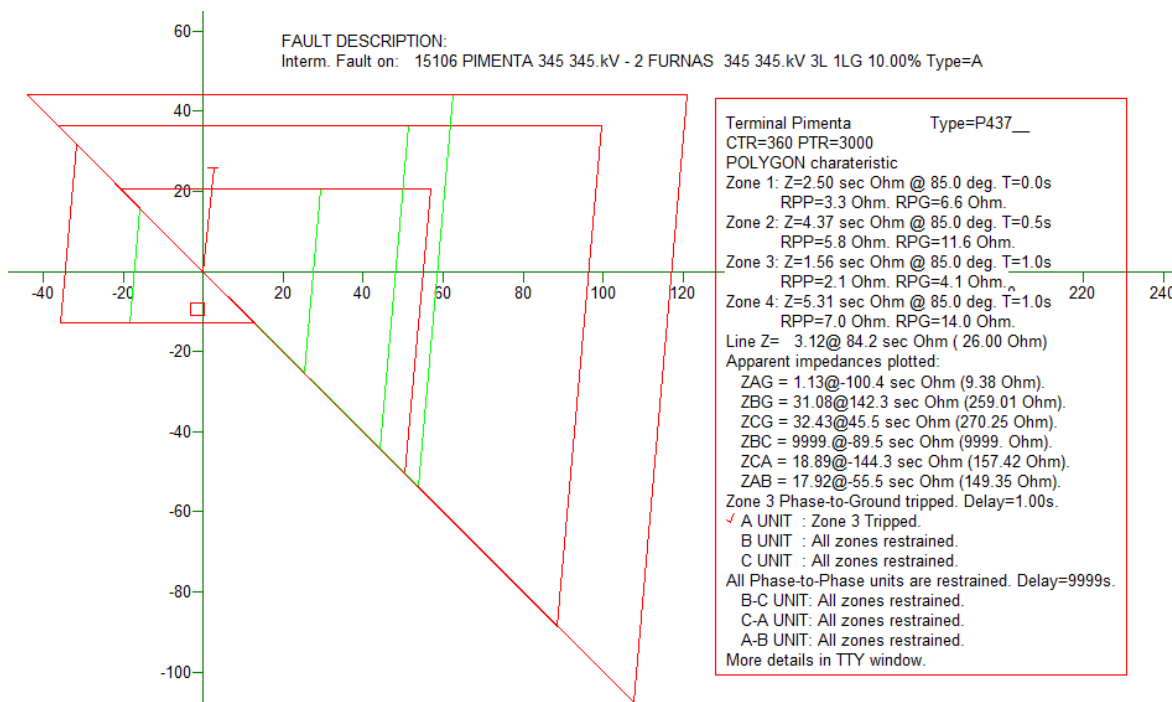


Figura 27 - Zona 3 Tripped para um C.C FT em 10% (Backward) da linha

9. COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

9.1 – As definições dos terminais Leader or Follower para o esquema de religamento automático e check de sincronismos deverão ficar a cargo de FURNAS.