

## 10 – Proteções direcionais

### 10.1 – Proteção de sobrecorrente direcional de fase

Relé de sobrecorrente direcional de fase 67/51/50\_1, 67/51/50\_2, 67t1/50\_1 e 67t2/50\_2.

#### 10.1.1 – Ajustes disponíveis

A programação dos parâmetros é realizada nas pastas **SET 1**, **SET 2**, **SET 3** e **SET 4** do programa aplicativo de configuração e leitura do relé. A figura 10.1 sinaliza os parâmetros disponíveis das duas unidade temporizada de sobrecorrente direcional de fase **67/51/50\_1** e **67/51/50\_2** e duas unidades de tempo definido **67t1/50\_1** e **67t2/50\_2** para o **SET 1**.

Figura 10.1: Pasta SET 1 sinalizando as unidades de sobrecorrente direcional de fase.

Os ajustes de fase estão disponíveis nos parâmetros listados na tabela 10.1.

Parâmetro	Descrição do parâmetro	Faixa de ajuste	
>F1 ip	Corrente de partida temporizada do direcional tempo dependente de fase. <b>67/51/50_1</b>	In = 1 A	0,04 ... 2,60 (x RTC FN) A
		In = 5 A	0,05 ... 13 (x RTC FN) A
>F1 curva	Tipo de curva de atuação para fase. <b>67/51/50_1</b>	NI – MI – EI – IT – I2T – FLAT – USER	
>F1 alfa	Constante $\alpha$ para a curva USER de fase. <b>67/51/50_1</b>	0,020 ... 3,00	
>F1 beta	Constante $\beta$ para a curva USER de fase. <b>67/51/50_1</b>	0,000 ... 1,00	
>F1 delta	Constante $\delta$ para a curva USER de fase. <b>67/51/50_1</b>	0,000 ... 1,00	
>F1 K	Constante K para a curva USER de fase. <b>67/51/50_1</b>	0,10 ... 100	
>F1 dt	Constante dt para a curva de fase. <b>67/51/50_1</b>	0,01 ... 15,0	

I>>F1 ip	Corrente de partida tempo definido do direcional de fase. <b>67t1/50_1</b>	In = 1 A	0,04 ... 40 (x RTC FN) A
		In = 5 A	0,10 ... 100 (x RTC FN) A
I>>F1 t	Tempo do direcional de fase. <b>67t1/50_1</b>	0 ... 240 s	
dF1 nd	Desativa a direcionalidade da unidade*	on	Sem direcionalidade
		oFF	Com direcionalidade
dF1 inv	Reversão do elemento direcional de fase. <b>67_1</b>	on	com reversão do plano
		oFF	sem reversão do plano
MEMdf	Memória. <b>67_1</b>	0,00	sem memória angular
		1,00	com memória angular
AMTdf	Ângulo de máximo torque de fase. <b>67_1</b>	(0,00 ... 90,0)°	

Tabela 10.1: Parâmetros para ajuste da unidade de sobrecorrente direcional de fase 67/51/50\_1, 67/51/50\_2, 67t1/50\_1 e 67t2/50\_2.

Nota: \* Sem direcionalidade passa a funcionar como 51 e se utilizar a curva FLAT com F1 dt no mínimo, passa funcionar como instantâneo (50).

### 10.1.2 – Funcionamento

O elemento trifásico direcional de controle é formado através da tensão de polarização de cada fase ( $\hat{u}_P$ ) e o ângulo de máximo torque do relé. Cada fase opera com o relé de sobrecorrente direcional polarizado na respectiva tensão em quadratura. Para cada fase é definido um plano de separação angular que limita as regiões de operação (TRIP) e não-operação (restrição ou não TRIP) do relé, ou seja, na região de operação o relé atua como um relé de sobrecorrente com funções 50 / 51 e na região de não-operação o relé está bloqueado através do elemento direcional.

No manual de operação adotaremos como nomenclatura padronizada região de operação, região de restrição e tensão de polarização ( $\hat{u}_P$ ).

Fase	Tensão de polarização
A	$\hat{u}_{PA} = \hat{u}_B - \hat{u}_C$
B	$\hat{u}_{PB} = \hat{u}_C - \hat{u}_A$
C	$\hat{u}_{PC} = \hat{u}_A - \hat{u}_B$

Onde:

$\hat{u}_{PA}$  – tensão vetorial de polarização da fase A.

$\hat{u}_{PB}$  – tensão vetorial de polarização da fase B.

$\hat{u}_{PC}$  – tensão vetorial de polarização da fase C.

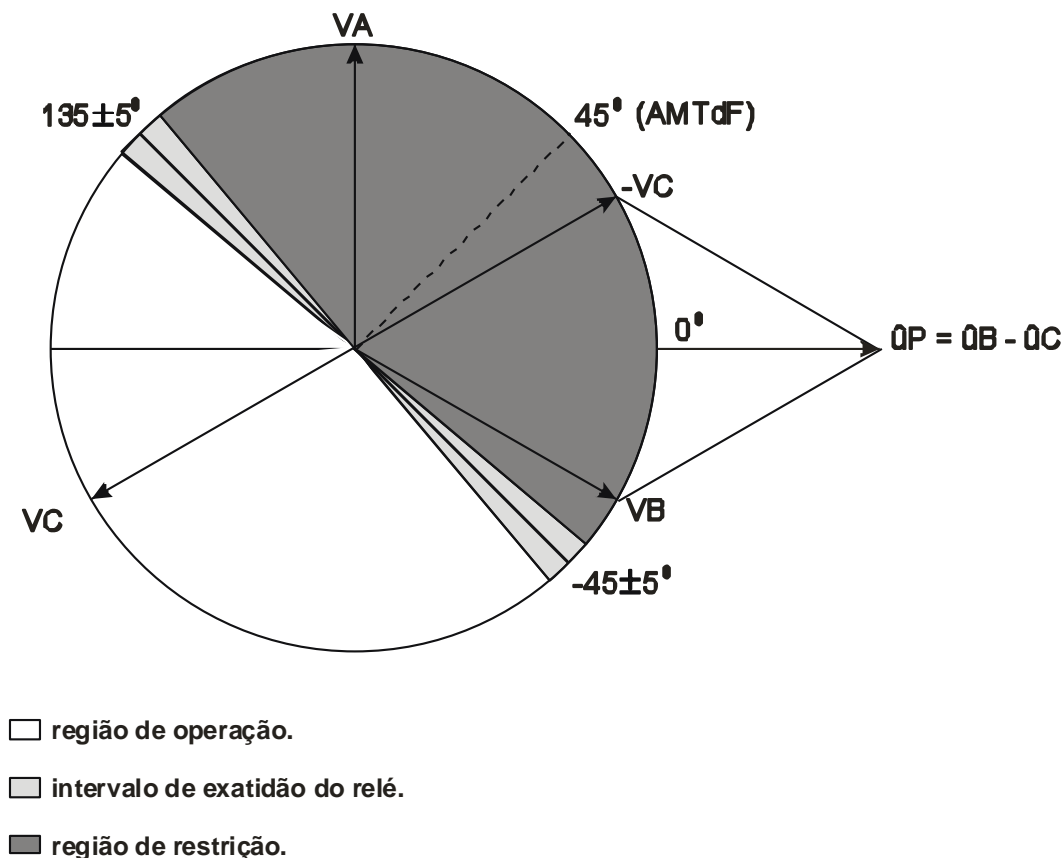
$\hat{u}_A$  – tensão vetorial da fase A.

$\hat{u}_B$  – tensão vetorial da fase B.

$\hat{u}_C$  – tensão vetorial da fase C.

Tabela 10.2: Tensões de polarização das fases A, B e C.

A figura 10.2 descreve o diagrama fasorial de operação do elemento direcional para a fase A. O ângulo característico programado no parâmetro **AMT<sub>dF</sub>** é plotado no diagrama em função da tensão de polarização ( $\hat{u}_{PA}$ ). Fixado o ângulo de máximo torque é definido um plano de separação entre as regiões de operação e não-operação (restrição) do relé. Este plano é formado com um deslocamento de  $\pm 90^\circ$  em torno do ângulo característico.



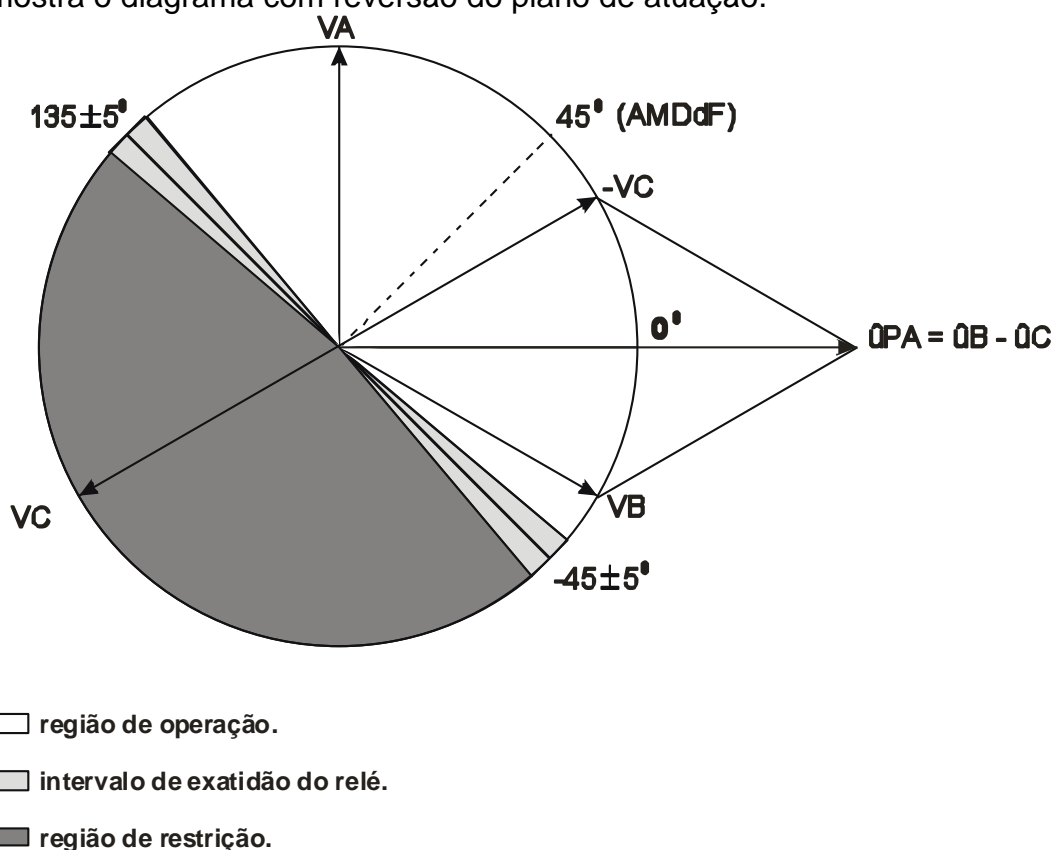
Notas:

- 1 – o ângulo de máximo torque de  $45^\circ$  é programado no parâmetro **AMT<sub>dF</sub>**.
- 2 – relé configurado para operação sem reversão do plano (parâmetro **dF inv** em oFF).
- 3 – tensão de polarização  $\hat{u}_{pa} \geq 16V_{ca}$ .

Figura 10.2: Diagrama fasorial da unidade direcional (67) com ângulo de máximo torque  $45^\circ$  para a fase A.

Para a fase B e C os planos de separação são gerados pela defasagem  $120^\circ$  para a fase B e  $240^\circ$  para a fase C. A operação para as fases B e C é igual a da fase A com os planos defasados.

O parâmetro **dF1 inv / dF2 inv** permite inversão da região de operação e restrição do relé. A figura 10.3 mostra o diagrama com reversão do plano de atuação.



Notas:

- 1 – o ângulo de máximo torque de  $45^\circ$  é programado no parâmetro **AMTdF**.
- 2 – relé configurado para operação com reversão do plano (parâmetro **dF inv** em on).
- 3 – tensão de polarização  $\hat{u}_{PA} \geq 16V_{ca}$ .

Figura 10.3: Diagrama fasorial da unidade direcional (67) com ângulo de máximo torque  $45^\circ$  para a fase A com reversão de plano.

### 10.1.2.1 – Memória angular

Com o parâmetro **MEMdF** ativo o relé opera com memória angular para tensão de polarização das fases  $<16V_{ca}$ . Nesta situação o relé utiliza uma memória angular registrada no relé antes da perda da tensão de polarização. A memória atua somente no intervalo de aproximadamente 2 ciclos da rede.

### 10.1.2.2 – Relé de sobrecorrente direcional instantânea de fase 67

Quando habilitado através do elemento direcional opera como função 50.

### 10.1.2.3 – Relé de sobrecorrente direcional temporizado de fase 67

Quando habilitado através do elemento direcional opera como função 51.

### 10.1.3 – Sinalização

O estado da proteção é indicado nos leds da IHM local e na pasta **MEDIÇÕES** do programa aplicativo de configuração e leitura do relé.

## 10.2 – Proteção de sobrecorrente direcional de neutro

Relé de sobrecorrente direcional de neutro 67N51N/50N\_1, 67N/51N/50N\_2, 67Nt1/50N\_1 e 67Nt2/50N\_2.

### 10.2.1 – Ajustes disponíveis

A programação dos parâmetros é realizada nas pastas **SET 1**, **SET 2**, **SET 3** e **SET 4** do programa aplicativo de configuração e leitura do relé. A figura 10.4 sinaliza os parâmetros disponíveis da unidade temporizada de sobrecorrente direcional de neutro 67N51N/50N\_1, 67N/51N/50N\_2 e os parâmetros disponíveis da unidade tempo definido 67Nt1/50N\_1 e 67Nt2/50N\_2 para o **SET 1**.

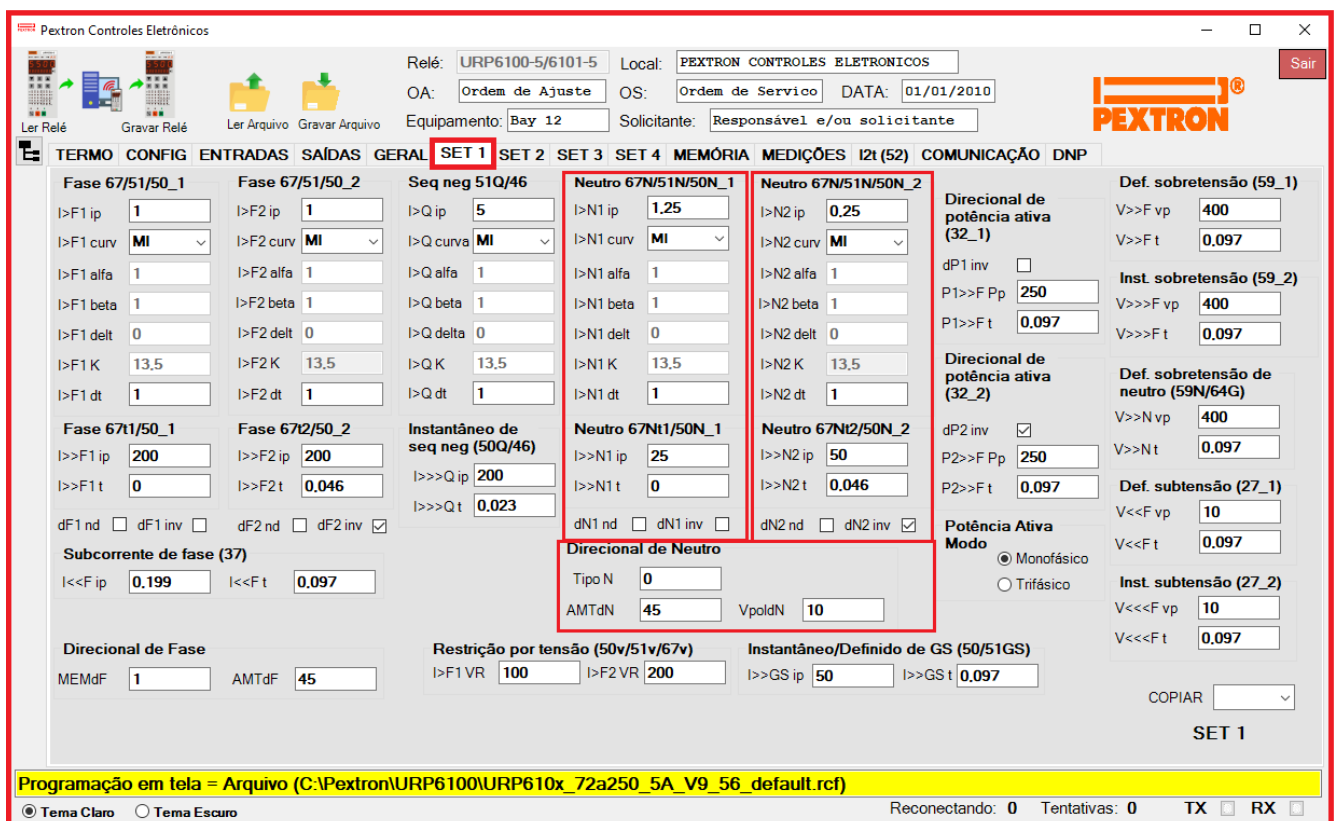


Figura 10.4: Pasta SET 1 sinalizando a unidade de sobrecorrente direcional de neutro.

Os ajustes de neutro estão disponíveis nos parâmetros listados na tabela 10.3.

Parâmetro	Descrição do parâmetro	Faixa de ajuste	
I>N1 ip	Corrente de partida do direcional tempo dependente de neutro. 67N51N/50N_1	In = 1 A	0,02 ... 2,60 A (x RTC FN para IN N/D = 0) 0,004 ... 0,650 A (x RTC D para IN N/D = 1)
		In = 5 A	0,044 ... 13 A (x RTC FN para IN N/D = 0) 0,012 ... 3,25 A (x RTC D para IN N/D = 1)
I>N1 curva	Tipo de curva de atuação para neutro. 67N51N/50N_1	NI – MI – EI – IT – I2T – FLAT – USER	
I>N1 alfa	Constante $\alpha$ para a curva USER de neutro. 67N51N/50N_1	0,020 ... 3,00	
I>N1 beta	Constante $\beta$ para a curva USER de neutro. 67N51N/50N_1	0,000 ... 1,00	

I>N1 delta	Constante $\delta$ para a curva USER de neutro. 67N51N/50N_1	0,000 ... 1,00	
I>N1 K	Constante K para a curva USER de neutro. 67N51N/50N_1	0,10 ... 100	
I>N1 dt	Constante dt para a curva de neutro. 67N51N/50N_1	0,01 ... 15,00	
I>>N1 ip	Corrente de partida tempo definido do direcional de neutro. 67Nt1/50N_1	In = 1 A	0,020 ... 20,0 A (x RTC FN para IN N/D = 0) 0,004 ... 5,0 A (x RTC D para IN N/D = 1)
		In = 5 A	0,097 ... 100 A (x RTC FN para IN N/D = 0) 0,024 ... 25 A (x RTC D para IN N/D = 1)
I>>N1 t	Tempo do direcional de neutro. 67Nt1/50N_1	0 ... 240 s	
dN1 nd	Desativa a direcionalidade da unidade	on	Sem direcionalidade
		oFF	Com direcionalidade
dN1 inv	Reversão do elemento direcional de neutro. 67Nt1/50N_1	on	com reversão do plano
		oFF	sem reversão do plano
Tipo N	Tipo de aterramento do neutro. 67N_1	0,00	sistema solidamente aterrado ou aterrado por resistência
		1,00	sistema isolado em modo seno
		2,00	sistema compensado em modo cosseno
AMTdN	Ângulo de máximo torque de neutro. 67N_1	0,00 ... 359 <sup>0</sup>	
VpoldN	Tensão de polarização (3V0) de neutro. 67N_1	10,0 ... 400 V	

Tabela 10.3: Parâmetros para ajuste da unidade de sobrecorrente direcional de neutro 67N\_1 e 67N\_2.

## 10.2.2 – Funcionamento

### 10.2.2.1 – Sistema solidamente aterrado ou aterrado por resistência

O relé direcional de falta à terra usada em sistemas solidamente aterrado ou aterrado através de resistência no neutro é aplicado para proteção em sistema em anel e redes com alimentadores em paralelo. O princípio de determinação da direcionalidade da falta à terra é a medição do ângulo ( $\varphi$ ) entre a corrente de terra a tensão de sequência zero (3V0). A tensão residual (3V0) é calculada através da soma vetorial das tensões das fases A, B e C. O valor programado no parâmetro **VpoldN** habilita a operação da unidade direcional de neutro.

Neutro	Tensão de polarização
N	$3V0 = \hat{u}A + \hat{u}B + \hat{u}C$

Tabela 10.4: Tensão residual 3V0 calculado.

Onde:

3V0 – tensão vetorial de polarização da fase A.

$\hat{u}A$  – tensão vetorial da fase A.

$\hat{u}B$  – tensão vetorial da fase B.

$\hat{u}C$  – tensão vetorial da fase C.

Para sistema solidamente aterrado as características de grande parte das faltas à terra é predominantemente indutiva. O ângulo ( $\varphi$ ) entre a corrente de falta e a tensão residual  $3V_0$  é próximo a  $110^\circ$ . Este ângulo é programado no relé no parâmetro **AMTdN** e define as regiões de operação e restrição do relé. A figura 10.5 fixa o diagrama da proteção para sistema solidamente aterrado.

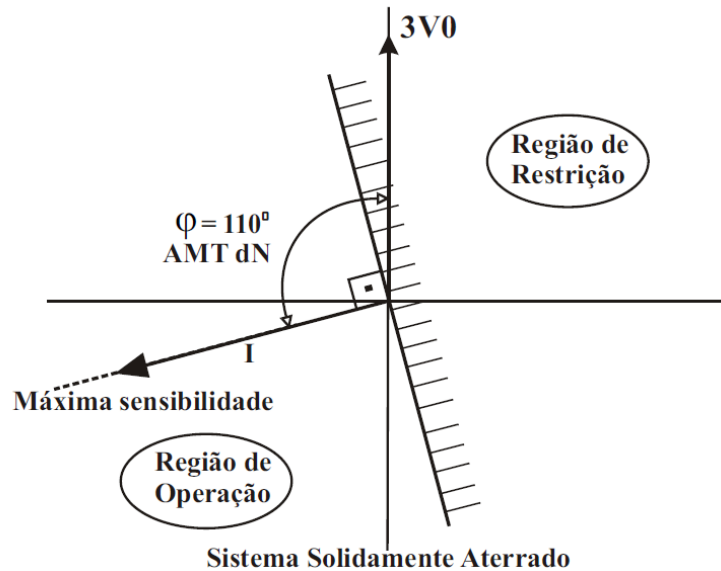


Figura 10.5: Falha à terra para sistema solidamente aterrado.

O sistema aterrado através de resistência as características das faltas à terra é predominantemente resistiva. O ângulo ( $\varphi$ ) entre a corrente de falta e a tensão residual é próximo a  $170^\circ$ . Este ângulo é programado no relé no parâmetro **AMTdN** e define as regiões de operação e restrição do relé. A figura 10.6 fixa o diagrama da proteção para sistema aterrado através de resistência.

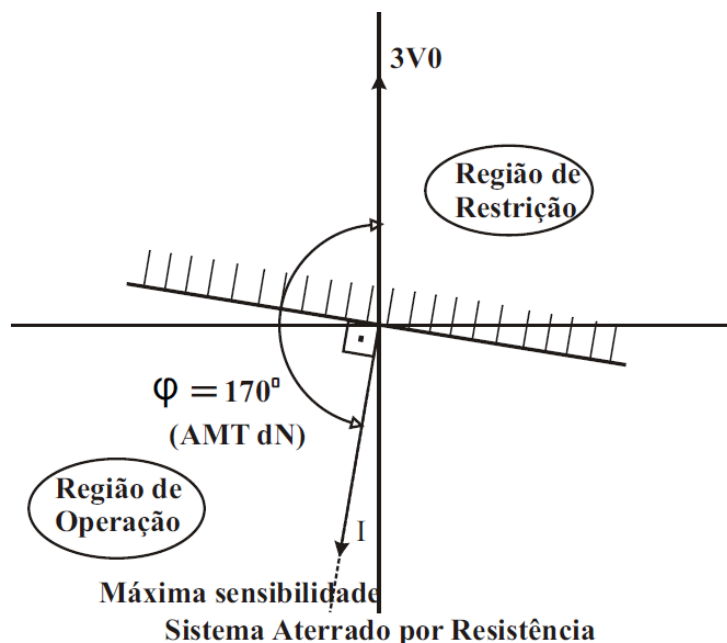


Figura 10.6: Falha à terra para sistema aterrado através de resistência.

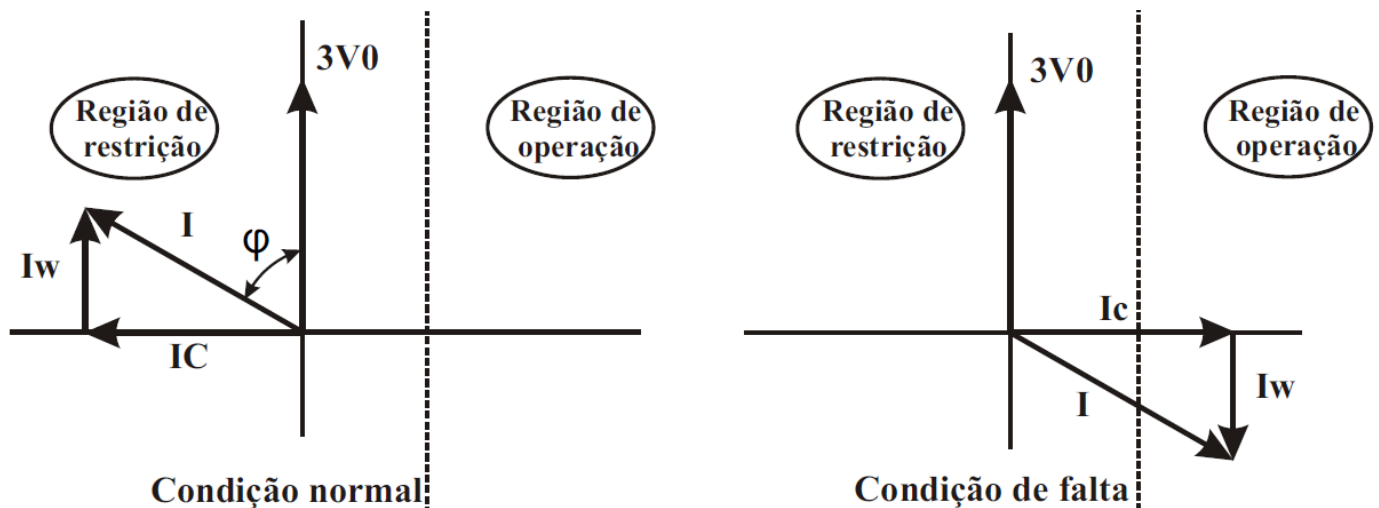
### 10.2.2.2 – Sistema isolado

O princípio de determinação da direcionalidade da falta à terra é a medição do ângulo ( $\varphi$ ) entre a corrente de terra (sequência zero) e a tensão de sequência zero ( $3V_0$ ). A tensão residual ( $3V_0$ ) é calculada através da soma vetorial das tensões das fases A, B e C como descrito na tabela 10.4. O valor programado no parâmetro **VpoldN** habilita a operação da unidade direcional de neutro.

Em sistema isolado ou compensado, a medida da potência reativa ou ativa é decisiva para determinar a direcionalidade da falta. Conseqüentemente é necessário programar o parâmetro **Tipo N** para atuação em  $\text{sen}\varphi$  ou  $\text{cos}\varphi$  dependendo do método aterramento.

#### 10.2.2.2.1 – Sistema isolado em modo seno

Após cálculo da componente reativa da corrente ( $\text{sen}\varphi$ ) e comparação angular em relação a tensão residual ( $3V_0$ ) o relé fixa a linha para proteção de falta à terra. Em sistema isolado sem falta, a componente capacitiva da corrente está adiantada de  $90^\circ$  da tensão residual ( $3V_0$ ). Em caso de falta a componente capacitiva de corrente está atrasada de  $90^\circ$  em relação a tensão residual ( $3V_0$ ). O diagrama da figura 10.7 fixa os planos de operação em modo seno.



Onde:

$I$  – corrente de sequência zero.

$I_w$  – componente resistiva da corrente de sequência zero.

$I_c$  – componente capacitiva da corrente de sequência zero.

$\varphi$  – ângulo entre a corrente de terra (sequência zero) e a tensão residual ( $3V_0$ ).

$3V_0$  – tensão residual (tensão de sequência zero)

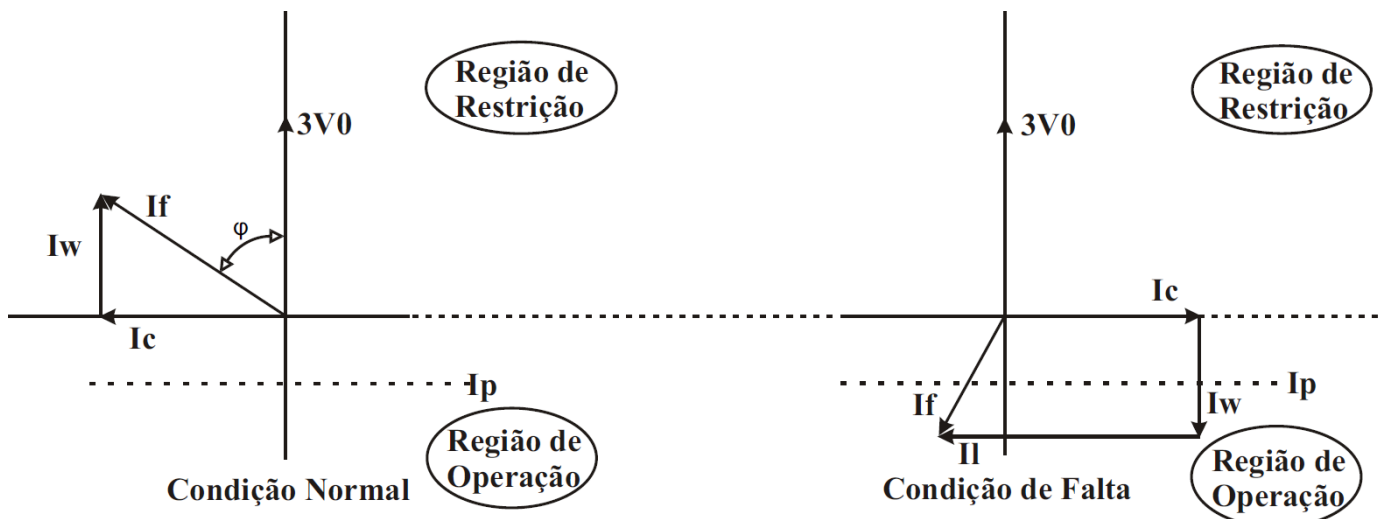
Figura 10.7: Falha à terra para sistema isolado em modo seno.

#### 10.2.2.2.2 – Sistema compensado (bobina de Petersen)

Em sistemas compensados a análise da direcionalidade não pode ser determinada através da componente reativa, porque a parte reativa depende do nível de compensação aplicado pelo sistema durante a falta. A componente ativa ( $\text{cos}\varphi$ ) é usada para determinar a direcionalidade.

A componente ativa da corrente está em fase com a tensão residual ( $3V_0$ ) no sistema sem falta. Quando ocorre a falta à terra, a componente ativa está oposta ( $180^\circ$ ) em relação a tensão residual ( $3V_0$ ). O diagrama da figura 10.8 fixa os planos de operação em modo cosseno.





Onde:

$I_f$  – corrente de sequência zero.

$I_w$  – componente resistiva da corrente de sequência zero.

$I_c$  – componente capacitiva da corrente de sequência zero.

$\varphi$  – ângulo entre a corrente de terra (sequência zero) e a tensão residual ( $3V_0$ ).

$3V_0$  – tensão residual (tensão de sequência zero)

$I_l$  – componente indutiva

$I_p$  – Corrente de partida

Figura 10.8: Falha à terra para sistema compensado através de impedância em modo cosseno (bobina de Petersen).

### 10.2.3 – Sinalização

O estado da proteção é indicado nos leds da IHM local e na pasta **MEDIÇÕES** do programa aplicativo de configuração e leitura do relé.

Bandeiras									
	A	B	C	N	A	B	C		
67_2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		32_1
67_1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		32_2
59	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		27
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	810	81U	46	78	GS	47	86		27_0

### 10.3 – Proteção direcional de potência

Relé direcional de potência 32\_1 e 32\_2.

#### 10.3.1 – Ajustes disponíveis

A programação dos parâmetros é realizada nas pastas **SET 1**, **SET 2**, **SET 3** e **SET 4** do programa aplicativo de configuração e leitura do relé. A figura 10.9 sinaliza os parâmetros disponíveis das duas unidades direcional de potência para o **SET 1**.

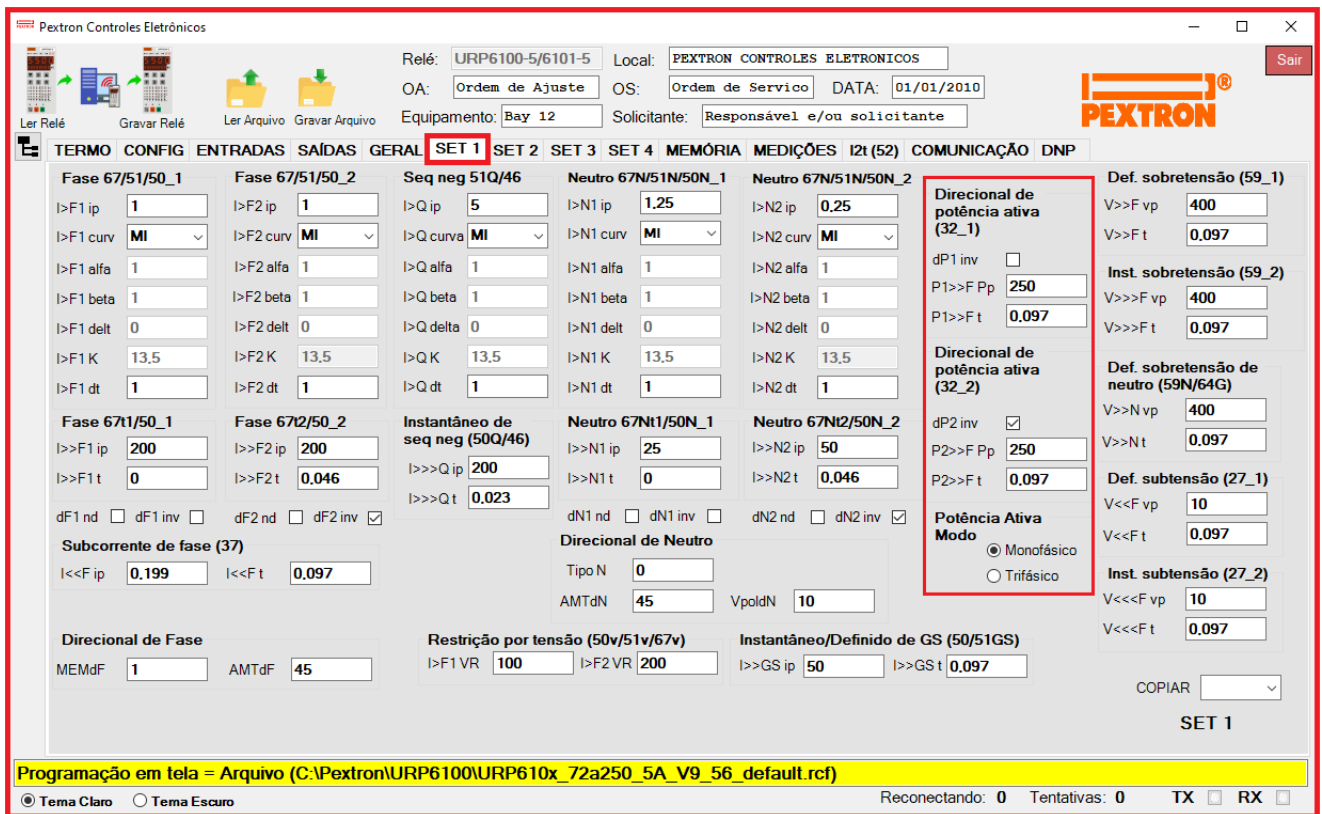


Figura 10.9: Pasta SET 1 do programa aplicativo sinalizando a unidade direcional de potência 32\_1 e 32\_2.

Os ajustes estão disponíveis nos parâmetros listados na tabela 10.5.

Parâmetro	Descrição do parâmetro	Faixa de ajuste	
dP1 inv	Reversão do elemento direcional de potência <b>32_1</b>	on	com reversão do plano
		oFF	sem reversão do plano
P1>>F Pp	Partida direcional de potência Ativa. <b>32_1</b> *A partir da versão 2.17 passa a ser a Potência Total	In = 1 A	1 ... 6.000 W (x RTC FN x RTP)
		In = 5 A	3 ... 15.000 W (x RTC FN x RTP)
P1>>F t	Tempo direcional de potência. <b>32_1</b>	0,10 ... 240 s	
PAM	Potência Ativa Modo	oFF - Monofásico	
		on - Trifásico	

Tabela 10.5: Parâmetros para ajuste da unidade direcional de potência ativa 32\_1 e 32\_2.

### 10.3.2 – Funcionamento

O relé recebe as três correntes IA, IB e IC e as três tensões de fase VA, VB e VC do sistema e calcula a potência direta ativa (P) e reativa (Q) utilizando expressões relacionadas na tabela 10.6.

Potência fase A	Potência fase B	Potência fase C	Potência total
$PA = \hat{u}A \times \hat{i}A$	$PB = \hat{u}B \times \hat{i}B$	$PC = \hat{u}C \times \hat{i}C$	$Pt = PA + PB + PC$

Tabela 10.7: Expressões de potência.

Onde:

- ûA – tensão vetorial da fase A.
- ûB – tensão vetorial da fase B.
- ûC – tensão vetorial da fase C.
- îA – corrente vetorial da fase A.
- îB – corrente vetorial da fase B.
- îC – corrente vetorial da fase C.
- PA – potência ativa da fase A.
- PB – potência ativa da fase B.
- PC – potência ativa da fase C.
- Pt – potência ativa total.

A multiplicação da tensão vetorial da fase A  $\hat{u}_a$  pela corrente vetorial  $\hat{i}_a$  tem como resultado a potência direta ativa e reativa vetorial da fase. A integral deste vetor gera o módulo da potência direta ativa, reativa e o sinal deste resultado, positivo ou negativo, indica a direção do fluxo desta potência. O fator de potência ( $\cos \varphi$ ) é sinalizado no display do relé com a seguinte sinalização de + para potência direta e - para potência reversa. A atuação do relé é realizada sobre o valor da potência reversa total do sistema. O relé dispara a partida da unidade para potências reversas maior que o valor programado no parâmetro **P1>>F Pp** ( ou **P2>>F Pp**), ficando inoperante para qualquer valor de potência direta.

### Potência Ativa

**Modo Monofásico:** A saída S32 será ativada se a potência de uma das fases permanecer acima de 1/3 da potência total  $P_x \gg F P_p$  por um tempo maior que o ajustado em  $P_x \gg F_t$ .

**Modo Trifásico:** A saída S32 será ativada se a somatória das potências das três fases permanecer acima da Potência total  $P_x \gg F P_p$  por um tempo maior que o ajustado em  $P_x \gg F_t$ .

### 10.3.3 – Sinalização

O estado da proteção é indicado nos leds da IHM local e na pasta **MEDIÇÕES** do programa aplicativo de configuração e leitura do relé. As bandeirolas 32\_1 e 32\_2 sinalizam a proteção 32.

Bandeirolas							
A	B	C	N	A	B	C	
67_2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	32_1
67_1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	32_2
59	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	27
81O	81U	46	78	GS	47	86	27_0

Figura 10.10: Sinalizando a proteção de direcional de potência total 32\_1 e 32\_2.