

10 – Proteções direcionais

10.1 – Proteção de sobrecorrente direcional de fase

Relé de sobrecorrente direcional de fase com função 67.

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 da unidade de sobrecorrente direcional de fase para o **SET 1**.

Figura 10.1: Pasta SET 1 sinalizando a unidade 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	
AMTdf	Ângulo de máximo torque de fase. 67	(0,00 ... 90,0)°	
MEMdf	Memória. 67	0,00	sem memória angular
		1,00	com memória angular
dF con	Direcional de corrente de fase no sentido consumo. 67	on	Modo consumo
		oFF	Modo exportação
I>Fd ip	Corrente de partida do direcional tempo dependente de fase. 67	In = 1 A	0,04 ... 2,60 (x RTC FN) A
		In = 5 A	0,04 ... 13,00 (x RTC FN) A
I>Fd cuv	Tipo de curva de atuação para fase. 67	NI – MI – EI – IT – I2T – FLAT – USER	
I>Fd α	Constante α para a curva USER de fase. 67	0,02 ... 3,00	

$I > Fd \beta$	Constante β para a curva USER de fase. 67	0,00 ... 1,00	
$I > Fd \delta$	Constante δ para a curva USER de fase. 67	0,00 ... 1,00	
$I > Fd K$	Constante K para a curva USER de fase. 67	0,10 ... 100,00	
$I > Fd dt$	Constante dt para a curva de fase. 67	0,01 ... 15,00	
$I >>> Fd ip$	Corrente de partida do direcional instantâneo de fase. 67	In = 1 A	0,04 ... 40,00 (x RTC FN) A
		In = 5 A	0,10 ... 100,00 (x RTC FN) A
$I >>> Fd t$	Tempo instantâneo de fase. 67	0,05 ... 1,00 s	

Tabela 10.1: Parâmetros para ajuste da unidade de sobrecorrente direcional de fase.

NOTA: dF inv alterado para dF con. (a partir da Versão x.65)

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 trip sentido consumo, região de trip sentido exportação 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	$\hat{u}_{PC} = \hat{u}_A - \hat{u}_B$

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

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.

A figura 10.2 descreve o diagrama fasorial de operação do elemento direcional para a fase A. O ângulo característico programado no parâmetro **AMTdF** 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.

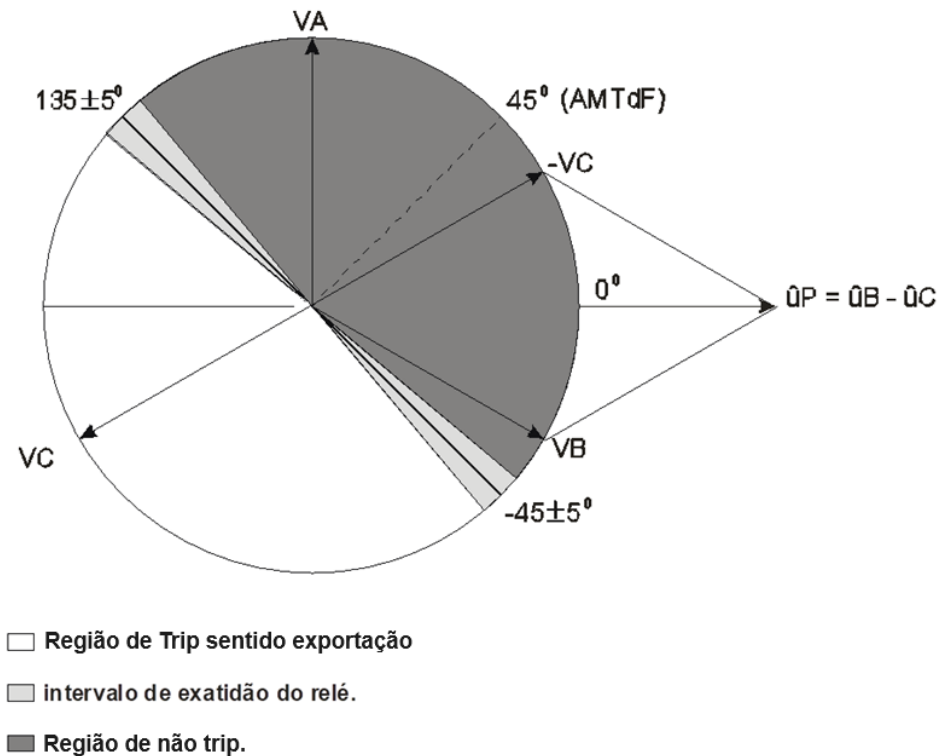


Figura 10.2: Diagrama fasorial da unidade direcional (67) em modo exportação com ângulo de máximo torque 45° para a fase A.

Notas:

- 1 – Relé configurado para o modo exportação (parâmetro **dF con** em OFF).
- 2 – O ângulo de máximo torque de 45° é programado no parâmetro **AMTdF**.
- 3 – Tensão de polarização $\hat{u}_{pa} \geq 16V_{ca}$.

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

O parâmetro **dF con** altera a atuação da unidade direcional para o modo consumo. A figura 10.3 mostra o diagrama do plano de atuação.

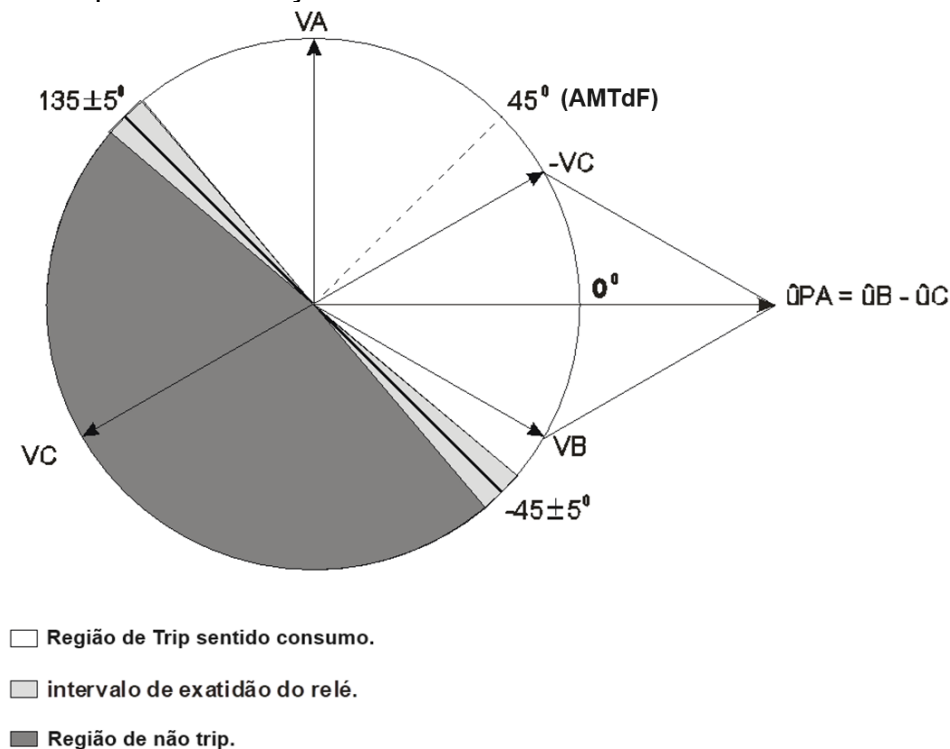


Figura 10.3: Diagrama fasorial da unidade direcional (67) em modo consumo com ângulo de máximo torque 45° para a fase A com reversão de plano.

Notas:

- 1 – Relé configurado para o modo consumo (parâmetro **dF con** em on).
- 2 – O ângulo de máximo torque de 45° é programado no parâmetro **AMTdF**.
- 3 – Tensão de polarização $\hat{U}_{PA} \geq 16V_{ca}$.

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

Quando habilitado através do elemento direcional opera como função 50.

10.1.2.3 – Relé de sobrecorrente direcional temporizado de fase

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 com função 67N.

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 de sobrecorrente direcional de neutro 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	
Tipo N	Tipo de aterramento do neutro. 67N	0,00	sistema solidamente aterrado ou aterrado por resistência
		1,00	sistema isolado em modo seno
		2,00	sistema compensado em modo cosseno
VpoldN	Tensão de polarização (3V0) de neutro. 67N	10,0 ... 400,0 V	
AMTdN	Ângulo de máximo torque de neutro. 67N	0,00 ... 359,00 °	
dN exp	Direcional de corrente de neutro sentido exportação. 67N	on	Modo exportação
		oFF	Modo consumo

I>Nd ip	Corrente de partida do direcional tempo dependente de neutro. 67N	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	0,048 ... 13,000 A (x RTC FN para IN N/D = 0) 0,012 ... 3,250 A (x RTC D para IN N/D = 1)
I>Nd cuv	Tipo de curva de atuação para neutro. 67N	NI – MI – EI – IT – I2T – FLAT – USER	
I>Nd α	Constante α para a curva USER de neutro. 67N	0,02 ... 3,00	
I>Nd β	Constante β para a curva USER de neutro. 67N	0,00 ... 1,00	
I>Nd δ	Constante δ para a curva USER de neutro. 67N	0,00 ... 1,00	
I>Nd K	Constante K para a curva USER de neutro. 67N	0,10 ... 100,00	
I>Nd dt	Constante dt para a curva de neutro. 67N	0,01 ... 15,00	
I>>Nd ip	Corrente de partida do direcional instantâneo de neutro. 67N	In = 1 A	0,020 ... 20,000 A (x RTC FN para IN N/D = 0) 0,004 ... 5,000 A (x RTC D para IN N/D = 1)
		In = 5 A	0,097 ... 100,000 A (x RTC FN para IN N/D = 0) 0,024 ... 25,000 A (x RTC D para IN N/D = 1)
I>>Nd t	Tempo instantâneo de neutro. 67N	0,05 ... 240,00 s	

Tabela 10.3: Parâmetros para ajuste da unidade de sobrecorrente direcional de neutro.

NOTA: dN inv alterado para dN exp.

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 (φ) 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 são predominantemente indutivas. O ângulo (φ) entre a corrente de falta e a tensão residual $3V_0$ é próximo a 110° . 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.

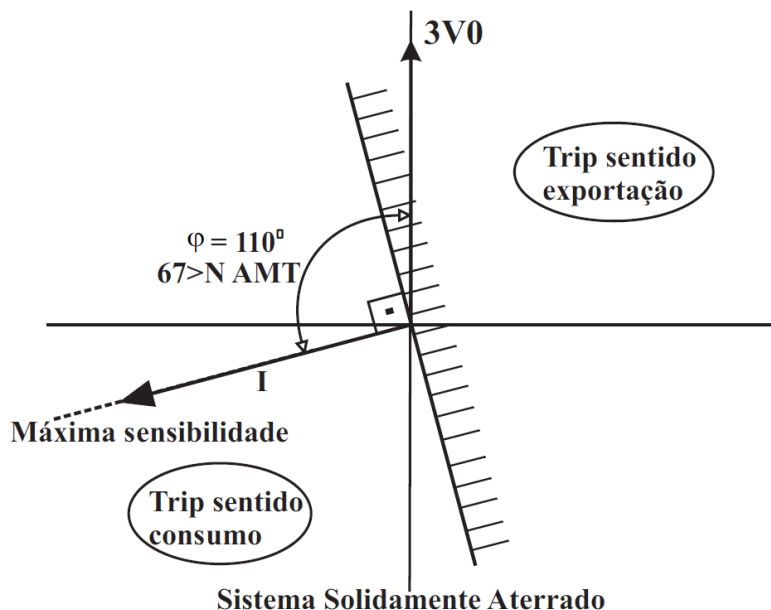


Figura 10.5: Falha à terra para sistema solidamente aterrado.

O sistema aterrado através de resistência as características das faltas à terra são predominantemente resistivas. O ângulo (φ) entre a corrente de falta e a tensão residual é próximo a 170° . 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.

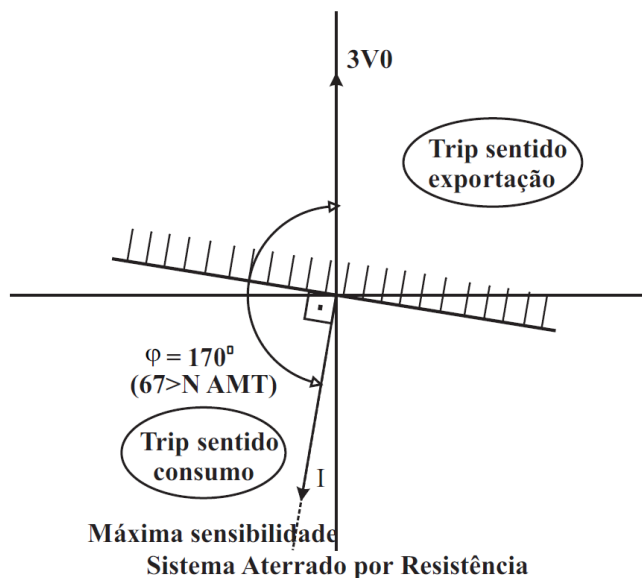


Figura 10.6: Falha à terra para sistema aterrado através de resistência.

NOTA: - TRIP - condição que ocasiona acionamento/abertura do disjuntor.

10.2.2.2 – Sistema isolado

O princípio de determinação da direcionalidade da falta à terra é a medição do ângulo (φ) 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. Consequentemente é necessário programar o parâmetro **Tipo N** para atuação em $\sin\varphi$ ou $\cos\varphi$ dependendo do método aterramento.

10.2.2.2.1 – Sistema isolado em modo seno

Após cálculo da componente reativa da corrente ($\sin\varphi$) 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° da tensão residual ($3V_0$). Em caso de falta a componente capacitiva de corrente está atrasada de 90° em relação a tensão residual ($3V_0$). O diagrama da figura 10.7 fixa os planos de operação em modo seno.

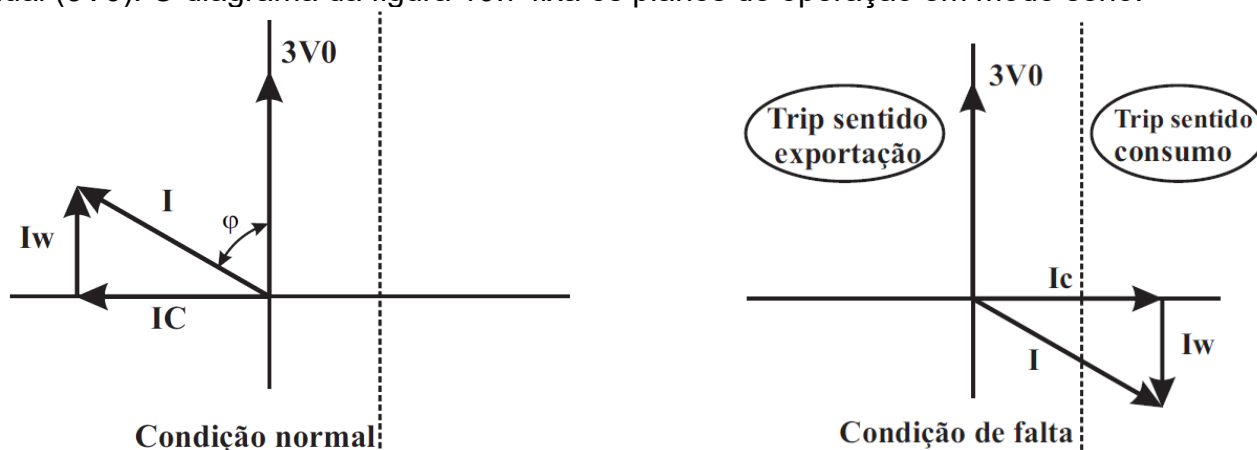


Figura 10.7: Falha à terra para sistema isolado em modo seno.

Onde:

I – Corrente de sequência zero.

I_w – componente resistiva da corrente de sequência zero.

I_c – componente capacitiva da corrente de sequência zero.

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

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

NOTA: - **TRIP** - condição que ocasiona acionamento/abertura do disjuntor.

Havendo uma queda de tensão em uma das fases (afundamento/desequilíbrio) e a corrente de falta (corrente de sequência zero) mantiver uma direção oposta a essa queda, a atuação será no sentido consumo. Caso a corrente de falta mantenha a mesma direção do afundamento, a atuação será no sentido exportação.

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 ($\cos\varphi$) 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°) em relação a tensão residual ($3V_0$). O diagrama da figura 10.8 fixa os planos de operação em modo cosseno.

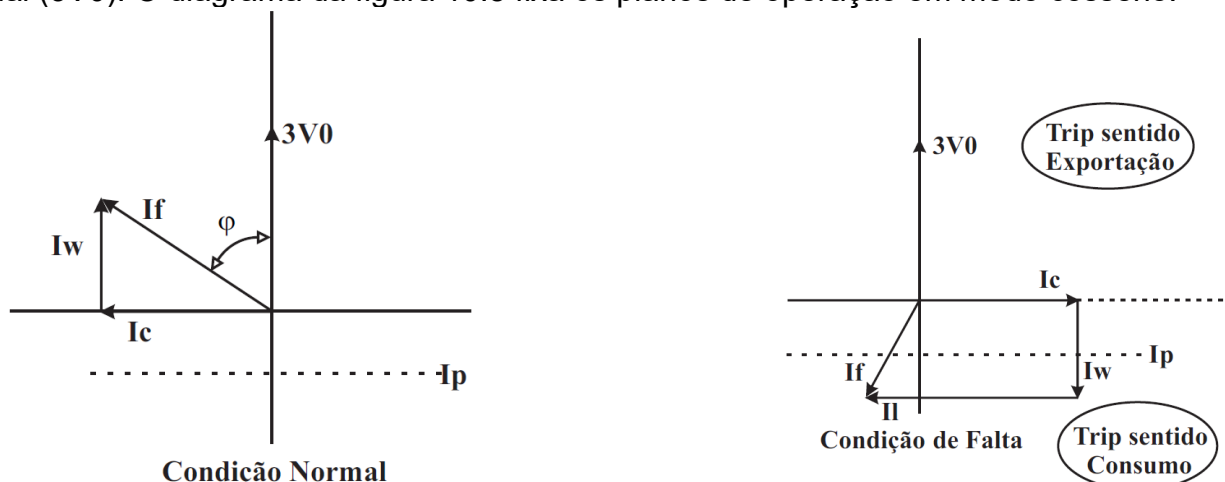


Figura 10.8: Falha à terra para sistema compensado através de impedância em modo cosseno (bobina de Petersen).

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.

φ – 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

NOTA: - TRIP - condição que ocasiona acionamento/abertura do disjuntor.

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.

10.3 – Proteção direcional de potência

Relé direcional de potência com função 32P / 32Q.

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 da unidade direcional de potência para o **SET 1**.

Figura 10.9: Pasta SET 1 do programa aplicativo sinalizando a unidade direcional de potência.

Nota: Modo Potência Ativa somente no aplicativo V55 ou superior.

Os ajustes estão disponíveis nos parâmetros listados na tabela 10.5.

Parâmetro	Descrição do parâmetro	Faixa de ajuste	
Pr>>f Pp	Partida direcional de potência Ativa. 32P *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)
Pr>>F t	Tempo direcional de potência. 32P	0,10 ... 240,00 s	
dP con	Direcional de potência Ativa no sentido consumo. 32P	on	Modo consumo
		oFF	Modo exportação
Qr>>f Qp	Partida direcional de potência Reativa. 32Q *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)
Qr>>F t	Tempo direcional de potência. 32Q	0,10 ... 240,00 s	
dQ con	Direcional de potência reativa no sentido consumo. 32Q	on	Modo consumo
		oFF	Modo exportação
PAM	Potência Ativa Modo *Somente para aplicativo v55 e/ou superior.	Monofásico	
		Trifásico	

Tabela 10.5: Parâmetros para ajuste da unidade direcional de potência ativa.

NOTA: dP inv e dQinv passa a dP con e dQ con a partir desta Versão x.65.

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:

- $\hat{u}A$ – Tensão vetorial da fase A.
- $\hat{u}B$ – Tensão vetorial da fase B.
- $\hat{u}C$ – Tensão vetorial da fase C.
- $\hat{i}A$ – Corrente vetorial da fase A.
- $\hat{i}B$ – Corrente vetorial da fase B.
- $\hat{i}C$ – 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 **Pr>>F Pp** (ou **Qr>>F Qp**), 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 **Pr >> F Pp** por um tempo maior que o ajustado em **Pr >> Ft**.

Modo Trifásico: A saída S32 será ativada se a somatória das potências das três fases permanecer acima da Potência total **Pr >> F Pp** por um tempo maior que o ajustado em **Pr >> Ft**.

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. A bandeira 32 sinaliza a proteção 32P e 32Q.

Bandeiras				A	B	C	
51	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	27
50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	32
67	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	37
59	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
				81	Q	GS	
				47	86	78	27-0

Figura 10.10: Sinalizando potência total 32P e 32Q.