

10 – Proteções direcionais

10.1 – Proteção de sobrecorrente direcional de fase

Relé de sobrecorrente direcional de fase 67_1 e 67_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 de sobrecorrente direcional de fase **67_1** e **67_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	
I>F1 ip	Corrente de partida do direcional tempo dependente de fase. 67_1	In = 1 A	0,04 ... 2,60 (x RTC FN) A
		In = 5 A	0,05 ... 13 (x RTC FN) A
I>F1 curva	Tipo de curva de atuação para fase. 67_1	NI – MI – EI – IT – I2T – FLAT – USER	
I>F1 alfa	Constante α para a curva USER de fase. 67.1	0,020 ... 3,00	
I>F1 beta	Constante β para a curva USER de fase. 67.1	0,000 ... 1,00	
I>F1 delta	Constante δ para a curva USER de fase. 67.1	0,000 ... 1,00	
I>F1 K	Constante K para a curva USER de fase. 67.1	0,10 ... 100	
I>F1 dt	Constante dt para a curva de fase. 67_1	0,01 ... 15,0	

I>>F1 ip	Corrente de partida do direcional de fase. 67_1	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. 67_1	0 ... 240 s	
dF1 nd	Desativa a direcionalidade da unidade	on	Sem direcionalidade
		oFF	Com direcionalidade
dF1 inv	Reversão do elemento direcional de fase. 67_1	on	com reversão do plano
		oFF	sem reversão do plano
MEMdf	Memória. 67_1	0,00	sem memória angular
		1,00	com memória angular
AMTdF	Ângulo de máximo torque de fase. 67_1	(0,00 ... 90,0) °	

Tabela 10.1: Parâmetros para ajuste da unidade de sobrecorrente direcional de fase 67_1 e 67_2 .

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.

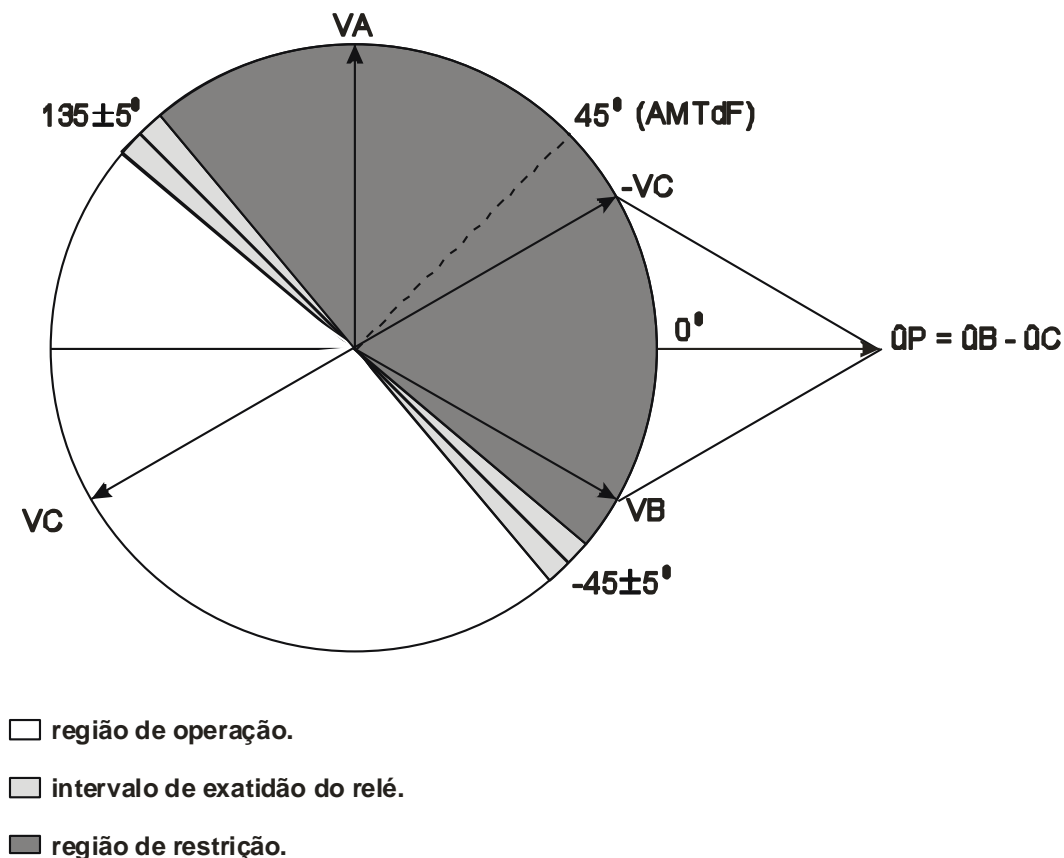
\hat{u}_A – tensão vetorial da fase A.

\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 **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.



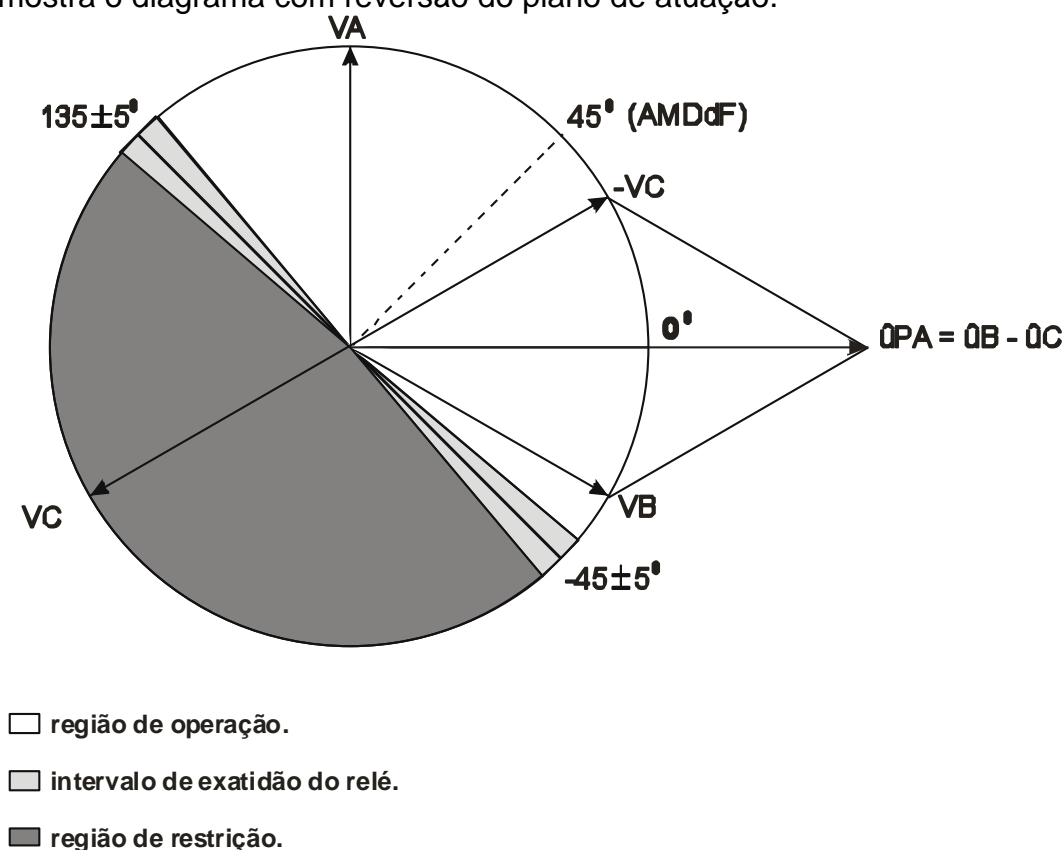
Notas:

- 1 – o ângulo de máximo torque de 45° é programado no parâmetro **AMTdF**.
- 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° para a fase A.

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 **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° 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° 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 67N_1 e 67N_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 de sobrecorrente direcional de neutro 67N_1 e 67N_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. 67N_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. 67N_1	NI – MI – EI – IT – I2T – FLAT – USER	
I>N1 alfa	Constante α para a curva USER de neutro. 67N	0,020 ... 3,00	
I>N1 beta	Constante β para a curva USER de neutro. 67N	0,000 ... 1,00	
I>N1 delta	Constante δ para a curva USER de neutro. 67N	0,000 ... 1,00	
I>N1 K	Constante K para a curva USER de neutro. 67N	0,10 ... 100	

I>N1 dt	Constante dt para a curva de neutro. 67N_1	0,01 ... 15,00	
I>>N1 ip	Corrente de partida do direcional de neutro. 67N_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. 67N_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. 67N_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 °	
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 (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 é predominantemente indutiva. 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.

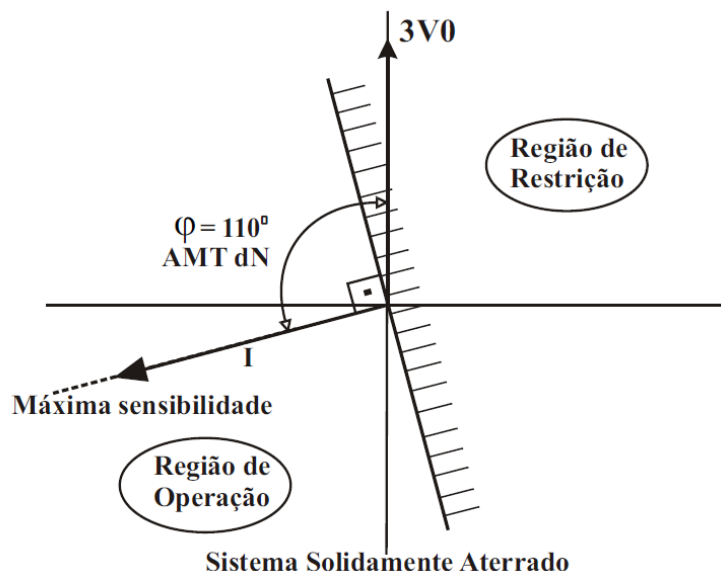


Figura 10.5: Falha à terra para sistema solidamente aterrado.

O sistema aterrado através de resistência as características das faltas à terra é predominantemente resistiva. 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.

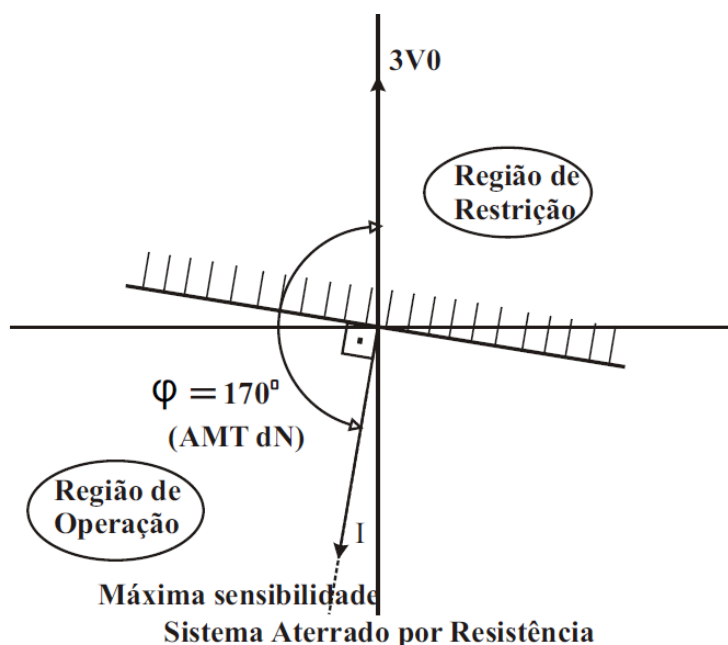


Figura 10.6: Falha à terra para sistema aterrado através de resistência.

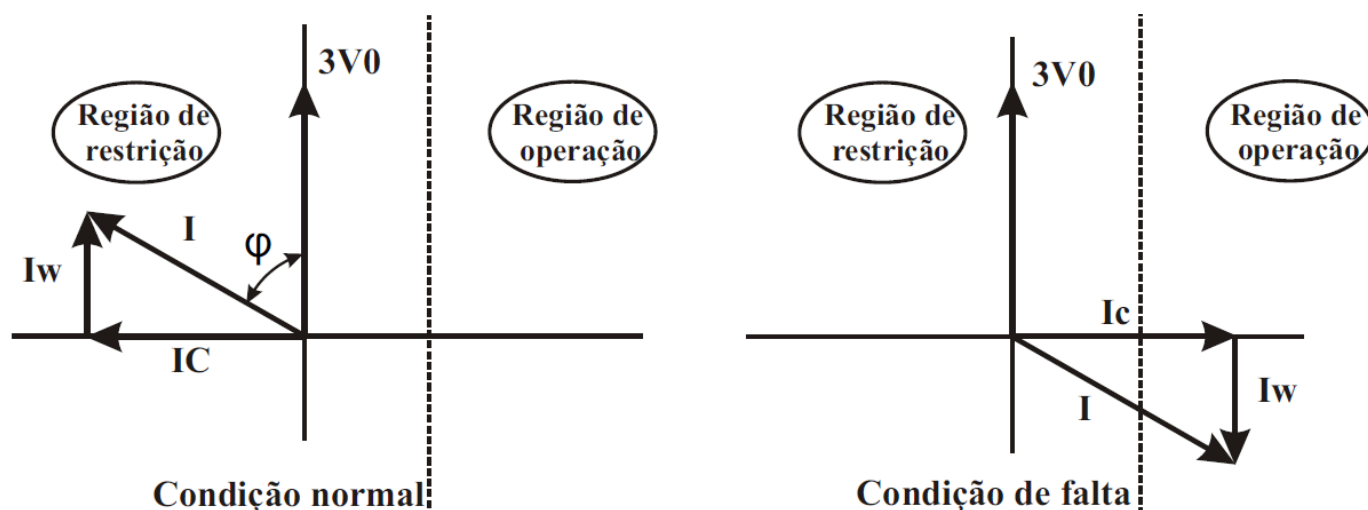
10.2.2.2 – Sistema isolado

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.



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 ($3V_0$).

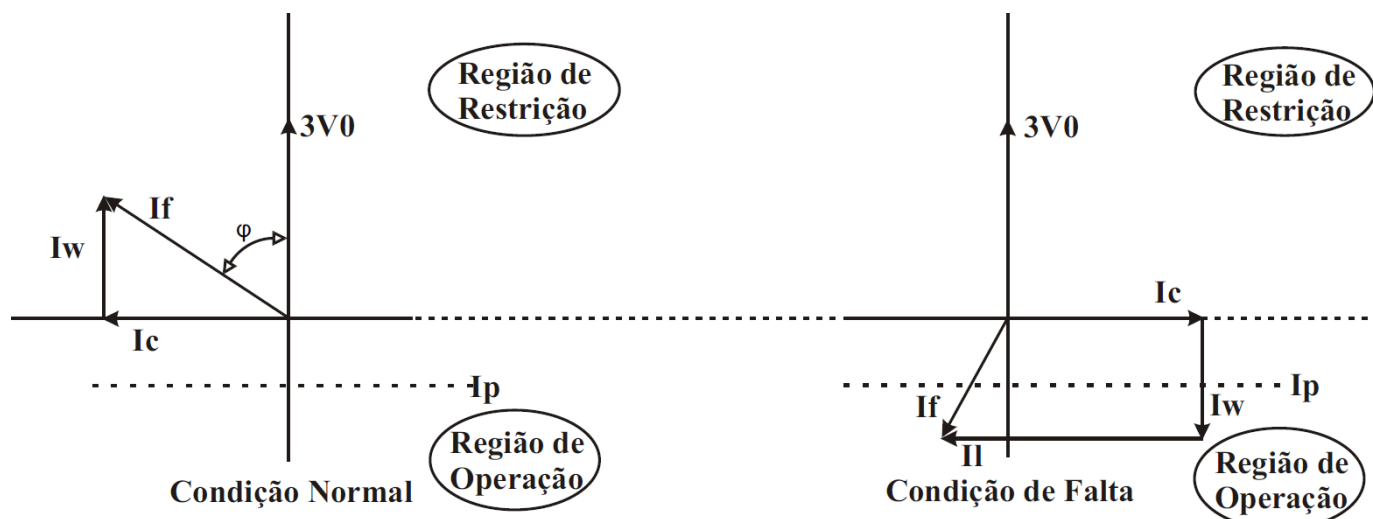
$3V_0$ – tensão residual (tensão de sequência zero)

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 ($\cos\varphi$) 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.



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

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"/>	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
<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 32_1	on	com reversão do plano
		oFF	sem reversão do plano
P1>>F Pp	Partida direcional de potência Ativa. 32_1 *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. 32_1	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:

$\hat{u}A$	– 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 **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 bandeiras 32_1 e 32_2 sinalizam a proteção 32.

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"/>	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.