



## Guia de Aplicação

# Criando um Elemento de Desbalanço de Corrente $I_2/I_1$ nos Relés SEL-351, SEL-451 e SEL-751A

Fabiano Magrin

---

## INTRODUÇÃO

A detecção de condutores rompidos em redes de distribuição de energia elétrica não é uma tarefa simples de ser executada, especialmente quando o método de detecção é baseado na medição de correntes e tensões em um só ponto do alimentador, geralmente esta medição é realizada na saída do alimentador na subestação. Vários métodos de detecção de condutores rompidos utilizam a medição de corrente de sequência negativa, conhecidos como 46UB (Current Unbalance Element) ou 46BC (Broken Conductor Element).

Existem várias metodologias para implementação destes elementos para detecção de condutores rompidos, este guia irá discutir o método baseado na relação entre correntes de sequência negativa e positiva ( $I_2/I_1$ ). Será fornecido exemplos de como programar esta função para detecção de condutores rompidos nos relés SEL-351A, SEL-451 e SEL-751A, comumente utilizados na proteção de alimentadores.

É importante ressaltar que esta função de detecção de condutores rompidos será efetiva somente quando houver, no alimentador, um carregamento suficiente para atingir o valor mínimo de operação de função.

A estimação do valor  $I_2/I_1$  não é uma tarefa simples, idealmente em condições normais de carga, para um sistema trifásico equilibrado, este valor é zero, porém os sistemas não são perfeitamente equilibrados, o que causa o surgimento de valores de  $I_2/I_1$  diferentes de zero e muitas vezes com comportamento desconhecido. O guia irá fornecer um método para coleta de informações que possibilitarão ajustar o elemento de forma segura.

## DESCRIÇÃO DA LÓGICA

### RELÉ SEL-351

Para implementação do elemento de desbalanço de corrente, é necessário, primeiramente, um sensor de mínima corrente de operação. Quando a corrente de sequência-negativa está abaixo deste limite, o elemento é desabilitado, fazendo com que a função seja segura. A Figura 1 mostra a lógica interna do relé para habilitação do elemento direcional de corrente polarizado por sequência-negativa. Neste elemento, temos os comparadores 1 e 2 que funcionam como sensores de mínima corrente de operação. É importante salientar que os comparadores são para  $3I_2$  e não  $I_2$ . Isto promove uma maior sensibilidade em casos de correntes muito baixas.

O segundo passo é o cálculo da corrente de sequência negativa em relação a sequência positiva,  $I_2/I_1$ . O comparador 3 na Figura 1 faz justamente o cálculo desta relação e a comparação com a constante **a2**, a qual é um dos parâmetros de ajuste do relé SEL-351. Se, por exemplo, este parâmetro **a2** for ajustado em 0,2, significa que a saída do comparador terá nível lógico 1 somente quando  $I_2$  for maior que 20% de  $I_1$ . O valor de ajuste de **a2**

deve ser feito levando-se em consideração o desbalanço natural do sistema e o desbalanço no momento da falta. O ajuste ideal de operação deve estar entre estes dois limiares.

A porta lógica “E” 1 possui mais dois bits que podem bloquear a operação do elemento 32QE. Estes dois elementos são o detector de fusível queimado do TP (LOP) e a entrada de tensão do relé habilitada. Como estes dois elementos não são de interesse nesta lógica, são parametrizados de forma a evitar que bloqueiam a lógica, isto é, ajustar ELOP = N, estamos considerando que a função direcional não será utilizada em conjunto com esta função, caso contrário, entrar em contato com o suporte da SEL para esclarecimentos adicionais. O restante da lógica da figura 1 não é utilizada.

Por último é necessário temporizar o elemento de proteção. Para isto é utilizado um dos temporizadores internos do relé, neste exemplo, SV1. O elemento 32QE é então parametrizado na entrada do temporizador SV1 conforme figura 2 abaixo. A saída desta lógica é o bit SV1T.

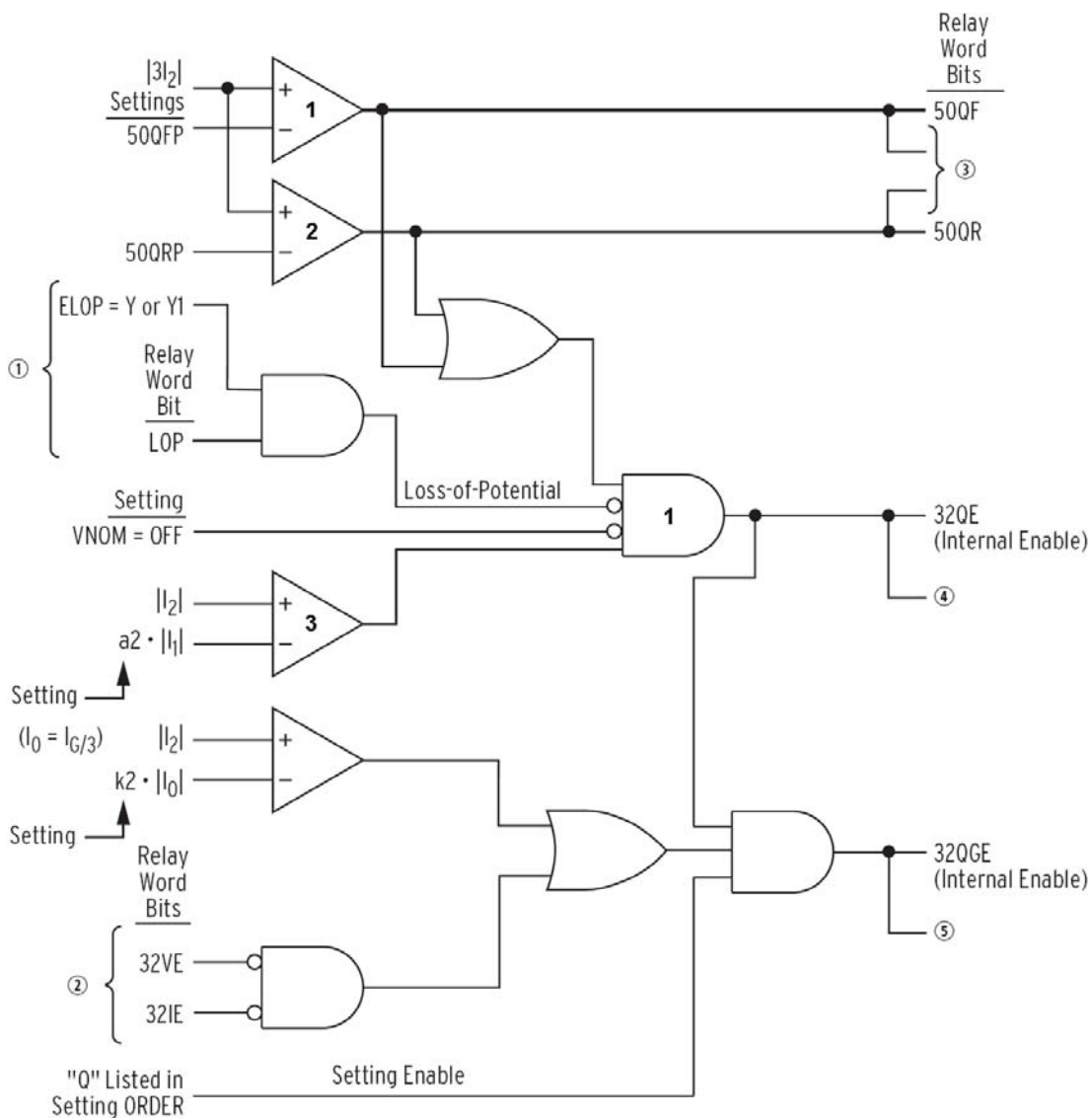


Figura 1 – Lógica Interna do Elemento Direcional Polarizado por Seqüência-Negativa

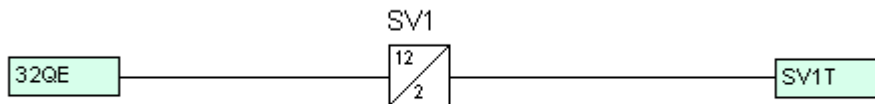


Figura 2 – Lógica de Temporização do Elemento de Desbalanço

## AJUSTES

Ajustar a tensão nominal secundária do TP. Valor fase-neutro se o TP estiver ligado em “Y” e valor fase-fase se o TP estiver ligado em “V”.

VNOM = 66.4 V

Habilitar o elemento direcional.

E32 = Y

ORDER = OFF

Desabilitar a lógica de queima de fusível do TP.

ELOP = N

Desabilitar todos os elementos direcionais.

DIR1 = N

DIR2 = N

DIR3 = N

DIR4 = N

Ajustar o sensor de mínima corrente de operação.

50QFP = 0.250 A

50QRP = 0.250 A

Ajustar a porcentagem de desbalanço.

a2 = 0.20

Ajustar o temporizador. Neste exemplo foi ajustado em 200 ms.

SV1PU = 12 ciclos

SV1DO = 2 ciclos

SV1 = 32QE

Acrescentar o elemento de proteção na equação de TRIP. O elemento SV1T é o elemento de proteção de desbalanço acrescentado na equação de TRIP, enquanto os demais elementos são elementos já programados anteriormente no relé.

TR = 51PT + 51GT + 81D1T + **SV1T**



## RELÉ SEL-451

O relé SEL-451 possui uma grande capacidade de programação de lógicas, o que nos permite construirmos um novo elemento de desbalanço de corrente totalmente independente do elemento de sobrecorrente direcional. Toda a lógica continuará funcionando conforme figura 1 e descrito anteriormente, apenas estamos alterando a forma de construí-la.

Para este relé podemos construir o elemento de desbalanço de corrente da mesma forma que no relé SEL-351, apenas é necessário uma pequena mudança no temporizador que neste equipamento não é chamado de SV1, mas sim PCT01, detalhado mais abaixo.

Primeiramente damos apelidos as variáveis internas do relé de forma a facilitar o entendimento da lógica para usuários não familiarizados com este produto. Após isto construímos as lógicas no relé. Segue abaixo o descritivo dos ajustes.

### AJUSTES ALIASES

Conforme acima primeiro configuramos os apelidos da variáveis internas do relé. Do lado esquerdo temos as variáveis originais e do lado direito os apelidos que usaremos no restante da lógica. Estes apelidos podem ser alterados pelo usuário de forma a facilitar o entendimento.

AL1 := PMV01	=>	AR1 := IMIN_46
AL2 := PMV02	=>	AR2 := 46_PU
AL3 := PMV03	=>	AR3 := 46_CALC
AL4 := PSV03	=>	AR4 := 46_PART
AL5 := PCT01Q	=>	AR5 := 46_TRIP

### AJUSTES SET 1

Ajustar a tensão nominal secundária do TP. Valor fase-fase.

VNOMY = 115 V

### AJUSTES PROTECTION LOGIC 1

Ajustar o sensor de mínima corrente de operação. Utilizamos o símbolo “#” para descrevermos no relé a função parametrizada.

IMIN\_46 := 0.250000 # AJUSTE DE MINIMA CORRENTE DE SEQUENCIA-NEGATIVA

Ajustar a porcentagem de desbalanço. Valor em porcentagem [%].

46\_PU := 20.000000 # AJUSTE DE DESBALANCO I2/I1

Calculo de I2/I1 em porcentagem.

46\_CALC := (L3I2FIM / (3.000000 \* LI1FIM)) \* 100.000000 # CALCULO DE I2/I1

Comparador de mínima corrente de seqüência-negativa.

PSV01 := L3I2FIM > IMIN\_46 # COMPARADOR DE MINIMA CORRENTE

Comparador de desbalanço.

PSV02 := 46\_CALC > 46\_PU # COMPARADOR DE DESBALANCO ACIMA DO AJUSTE



Construção da lógica conforme figura 1.

46\_PART := PSV01 AND PSV02 AND NOT LOP # PARTIDA DO ELEMENTO DE DESBALANCO

Ajustar o temporizador. Neste exemplo foi ajustado em 200 ms.

PCT01PU := 12.000000 # TEMPORIZACAO DE PICKUP EM CICLOS

PCT01DO := 2.000000 # TEMPORIZACAO DE DROPOUT EM CICLOS

PCT01IN := 46\_PART # ELEMENTO DE TRIP POR DESBALANCO

Acrescentar a equação de TRIP o elemento de desbalanço.

TR := ... OR 46\_PART

## RELÉ SEL-751A

Para o relé SEL-751A construímos o elemento de desbalanço de corrente da mesma forma descrita no ajuste2 do relé SEL-451. Apenas temos algumas diferenças de nomes para variáveis internas. Segue abaixo os ajustes.

### AJUSTE SET 1

Ajustar a tensão nominal secundária do TP. Valor fase-fase.

VNOM = 115 V

### AJUSTE LOGIC 1

Ajustar o sensor de mínima corrente de operação. Utilizamos o símbolo “#” para descrevermos no relé a função parametrizada.

MV01 := 0.250000 # AJUSTE DE MINIMA CORRENTE DE SEQUENCIA-NEGATIVA

Ajustar a porcentagem de desbalanço. Valor em porcentagem [%].

MV02 := 20.000000 # AJUSTE DE DESBALANCO I2/I1

Comparador de mínima corrente de seqüência-negativa.

SV01 := 3I2 > MV01 # COMPARADOR DE MINIMA CORRENTE

Comparador de desbalanço. O relé já calcula automaticamente o desbalanço em porcentagem na variável UBI.

SV02 := UBI > MV02 # COMPARADOR DE DESBALANCO ACIMA DO AJUSTE

Construção da lógica conforme figura 1.

SV03 := SV01 AND SV02 AND NOT LOP # PARTIDA DO ELEMENTO DE DESBALANCO

Ajustar o temporizador. Neste exemplo foi ajustado em 200 ms.

SV03PU := 0.20

SV03DO := 0.03

### AJUSTE SET 1

Acrescentar a equação de TRIP o elemento de desbalanço.

TR := ... OR SV03T



## RECURSOS ADICIONAIS

Muitas vezes não é uma tarefa simples definir o valor a ser ajustado no parâmetro **a2**, pois o valor de desbalanço para um condição normal de operação não é conhecido. Nestes casos é possível a medição dos valores de  $I_1$  e  $I_2$  com a utilização do relatório de Perfil de Carga (Load Profile) que alguns relés da SEL possuem, esta funcionalidade pode ser usada para a medição das correntes, e outras variáveis também, de forma periódica (por exemplo, a cada 5 minutos) por um longo período de tempo. A Figura 3 mostra um exemplo de captura do “Load Profile”, com estes dados é possível ter um histórico da relação  $I_2/I_1$ , e desta maneira definir o ajuste do parâmetro **a2** de maneira segura. Relés como SEL-351-6, SEL-351-7, SEL-751A, SEL-787 entre outros, possuem a função de “Load Profile”. Para os relés que não possuem a função “Load Profile”, é possível a coleta de dados e o armazenamento do histórico através do supervisor, para isto, o relé pode ser integrado através de vários protocolos, verifique as opções de protocolos disponíveis do relé que está sendo usado.

ALIMENTADOR 1

Date: 04/05/09

Time: 10:36:01.999

SUBESTACAO A

#	DATE	TIME	I1	I2	MW3	MVAR3	PF3
5	04/05/09	10:15:00	117.585	10.667	3.740	-0.585	0.988
4	04/05/09	10:20:01	118.860	11.913	3.319	3.468	0.691
3	04/05/09	10:25:01	118.060	11.910	3.317	3.466	0.691
2	04/05/09	10:30:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.829
1	04/05/09	10:35:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.905

Figura 3 – Exemplo Load Profile

## CONCLUSÃO

O elemento de detecção de condutor rompido, baseado na relação  $I_2/I_1$ , pode ser facilmente implementado nos relés SEL, esta função pode ser utilizada para disparo do disjuntor ou simplesmente como alarme, neste último caso, o elemento não deve ser programado na equação de “Trip”.

Produtos com alta flexibilidade e capacidade de programação permitem que o usuário possa implementar lógicas e intertravamentos de acordo com sua necessidade.

## OBSERVAÇÕES

Conforme mencionado anteriormente, esta função de detecção de condutor rompido tem sua atuação totalmente dependente da carga no alimentador no momento da ocorrência, caso o carregamento esteja muito baixo, não haverá atuação deste elemento caso a corrente de sequência negativa esteja abaixo do valor mínimo de atuação.

Para a implementação de outros elementos de proteção ou quais outros produtos possuem esta capacidade consulte a SEL.