

CRIANDO UMA FUNÇÃO DE SOBRECORRENTE COM RESTRIÇÃO POR TENSÃO (51V) NO RELÉ DE PROTEÇÃO SEL-487E

Geraldo Rocha e Rafael Cardoso

1. INTRODUÇÃO:

Certas faltas fazem com que as correntes decaiam com o tempo fazendo com que a corrente falta no período de regime (“steady-state”), após alguns ciclos, possa ser menor que a corrente nominal do sistema (menor do que 1 pu). Isso significa que um relé de sobrecorrente temporizado ajustado com um valor de pickup maior do que a corrente nominal de carga para um transformador, não opere para curto-circuito em seus terminais. Antes que o relé opere, a corrente já se tornou consideravelmente menor do que o pickup do relé.

Devido ao decaimento natural da corrente de falta, evita-se usar um relé de sobrecorrente simples ou sobrecorrente temporizado como proteção de retaguarda para faltas externas em um transformador de potência. Primeiro, o pickup deve ser maior do que a máxima corrente de carga do transformador em condições normais. Segundo, deve ter uma temporização curta o suficiente para proteger o transformador.

Restrições de coordenação (com a proteção do sistema externo) podem facilmente fazer com que o tempo de trip seja maior do que 0,5 segundo e as restrições do sistema podem impor uma sensibilidade que conflite com a necessidade de ajustar o pickup com valor maior do que a máxima corrente.

Para ilustrar, a curva aproximada tempo vs. corrente plotada na figura 01 mostra uma falta com a evolução do valor da corrente RMS. Quando se compara essa corrente evolutiva com a característica fixa do relé t vs. I observa-se que o relé não vai operar se houver falha de um relé ou disjuntor de um dos alimentadores.

Caso o relé do lado do sistema fosse um relé de distância, seria difícil coordenar um relé de sobrecorrente simples devido a todas as condições possíveis de operação.

No lugar, podem ser usados elementos de sobrecorrente temporizados com restrição por tensão e controlados por tensão com a finalidade de retaguarda.

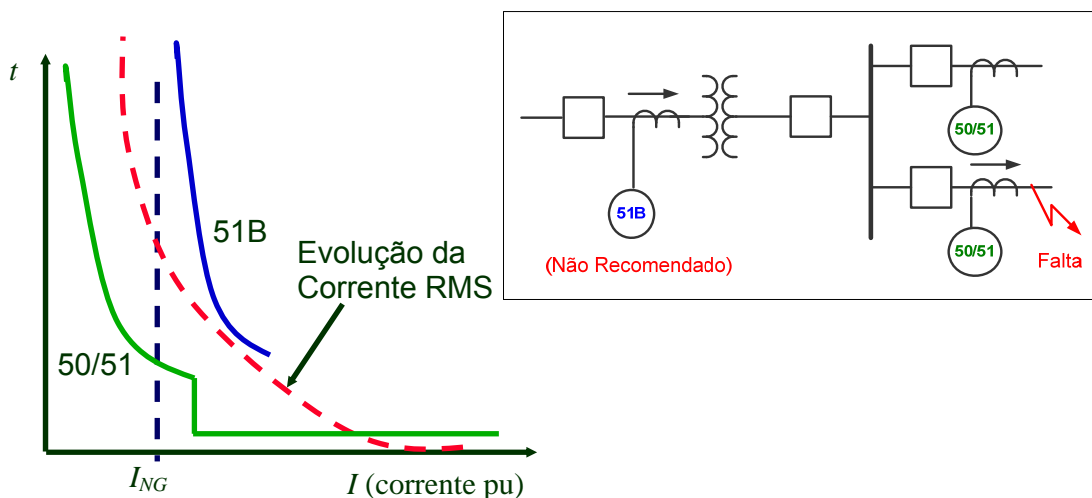


Figura 01 – Curva de coordenação de relés de sobrecorrente

2. SOBRECORRENTE COM RESTRIÇÃO POR TENSÃO:

Os relés de sobrecorrente com restrição por tensão possuem a sensibilidade diretamente relacionada com a tensão do sistema. Geralmente, o pickup efetivo do elemento de sobrecorrente com restrição por tensão será de 25% do ajuste do elemento para tensões menores ou iguais a 25% da nominal. Para tensões entre 25% e 100% da nominal, o pickup efetivo para o ajuste terá a mesma relação percentual que a tensão. Isto é, para 50% da tensão, o pickup é de 50% do ajuste. Como resultado, o relé é mais sensível durante as condições de falta do que durante condições normais do sistema.

Um esquema de perda-de-potencial pode aumentar a confiabilidade quando se utiliza sobrecorrente com restrição por tensão. Durante uma condição de perda-de-potencial, o relé pode operar indevidamente porque eles estarão com os seus ajustes mais sensíveis.

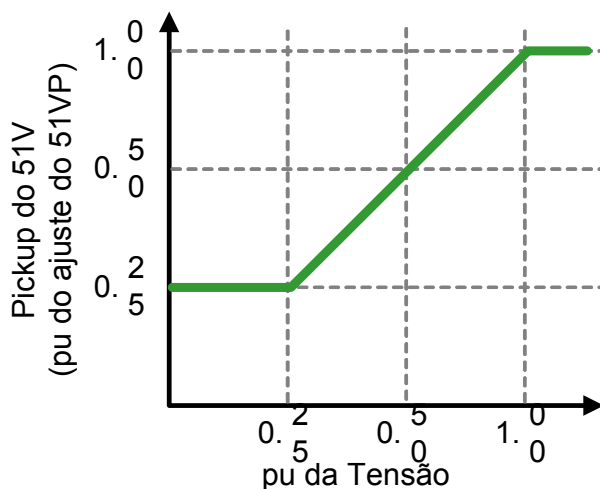


Figura 02 – Característica do pickup de sobrecorrente com restrição por tensão

A figura 02 acima mostra a relação linear entre o valor da tensão do sistema e o pickup de sobrecorrente para um relé usado como exemplo.

Quando a tensão do sistema é metade do valor nominal, o pickup efetivo do sobrecorrente será de 50% do seu pickup ajustado. Assim, o elemento de sobrecorrente terá o dobro da sensibilidade do que com a tensão normal.

Se usado devidamente, o nível do pickup de sobrecorrente no elemento de sobrecorrente temporizados por restrição-de-tensão estará abaixo do nível de corrente de falta do transformador.

Se a **curva tempo vs. corrente** do elemento for aproximada com as fórmulas típicas das normas US ou IEC, e a corrente de pickup variar com a tensão como mostra a figura, a curva pode ser representada pelas seguintes equações:

$$t = TD \cdot \left[\frac{A}{\left(I / I_M \right)^p - 1} + B \right]$$
$$I_M = \begin{cases} I_{PICKUP}; & \text{para } V \geq 100\% \\ (V / 100) \cdot I_{PICKUP}; & \text{para } 25\% < V \leq 100\% \\ 0.25 I_{PICKUP}; & \text{para } V \leq 25\% \end{cases}$$

V = tensão terminal do transformador em % da tensão nominal

I_{PICKUP} = pickup do elemento de corrente 51V para 100% da tensão

3. IMPLEMENTAÇÃO DE FUNÇÃO 51V NO RELÉ SEL-487E:

O relé de proteção de transformadores SEL-487E possui configurações dinâmicas para os elementos de sobrecorrente, permitindo que os ajustes sejam alterados dinamicamente, baseados em equações SELOGIC® programadas pelo usuário.

Assim, um ajuste para o pickup, ao invés de ser fixo e apenas quando o usuário insere um novo, poderá ser variável e calculado a cada intervalo de processamento, baseado em uma equação definida pelo usuário.

Os elementos de sobrecorrente do relé SEL-487E possuem o seguinte diagrama lógico:

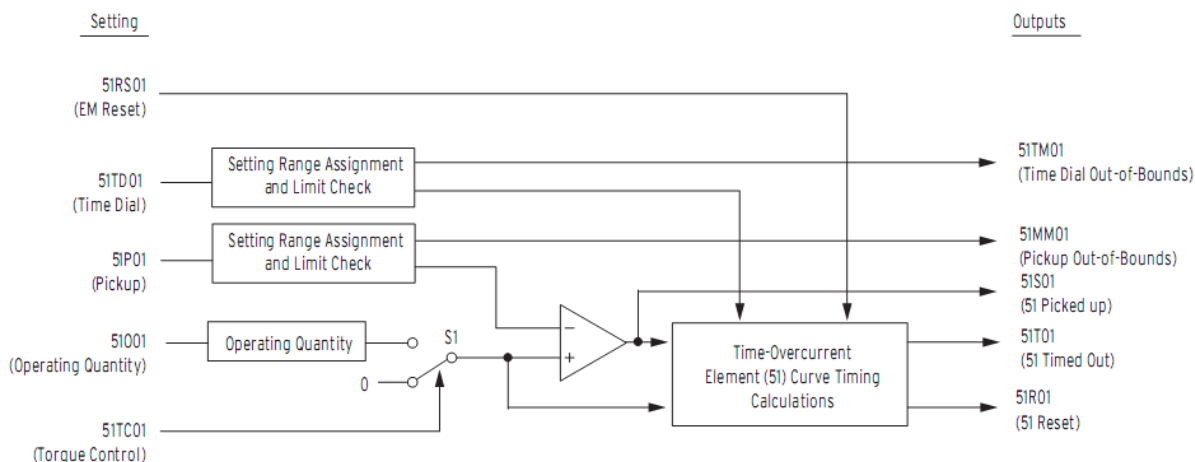


Figura 03 – Elemento de sobrecorrente de tempo inverso

Onde:

- 51TD01 – Ajuste Time Dial: este ajuste é uma equação lógica SELOGIC®;
- 51C01 – Seleção de curva: U1 a U5 ou C1 a C5
- 51P01 – Pickup: este ajuste é uma equação lógica SELOGIC®;
- 51O01 – Definição da grandeza de operação;
- 51TC01 – Equação de Torque: define para qual condição para qual o elemento deve operar
- 51RS01 – Emulação de reset de relé eletromecânico.

Serão utilizadas neste exemplo as seguintes tensões:

Tabela 1: Tensões de restrição

Corrente	Tensão de Restrição
IA	VAB
IB	VBC
IC	VCA

Desta forma, serão configurados três elementos de sobrecorrente:

- 51O01 - Sobrecorrente fase A
- 51O02 - Sobrecorrente fase B
- 51O03 - Sobrecorrente fase C

Obs: O usuário tem a liberdade de escolher tensões de restrição conforme sua filosofia.

O SEL-487E possui 5 entradas trifásicas de corrente (S,T,U,W,X) e 3 entradas monofásicas (IY1,IY2,IY3). Supondo que as correntes estejam conectadas na entrada trifásica S temos:



51O01 = IASFM
51O02 = IBSFM
51O03 = ICSFM

IASFM representa a magnitude da corrente instantânea filtrada da fase A do terminal S. IBSFM e ICSFM para as fases B e C respectivamente.

Tendo selecionado as grandezas de operação para os três elementos passamos agora para os ajustes.

Os ajustes 51TD01 e 51C01 deverão ser selecionados para a coordenação adequada com a proteção primária. No exemplo, utilizaremos o TD de 3.00 e a curva U2.

51TD01= 3.00
51C01 = U2

O mesmo ajuste será aplicado nas demais fases:

51TD02= 3.00
51C02 = U2

51TD02= 3.00
51C02 = U2

As equações de torque 51TD01, 51TD02 e 51TD03 deverão ser monitoradas pela função perda-de-potencial para evitar a operação.

51TD01= NOT LOPV
51TD02= NOT LOPV
51TD03= NOT LOPV

O ajuste 51RS01 – Emulação de reset de relé eletromecânico deverá ser habilitada caso os relés de sobrecorrente de fase do sistema sejam eletromecânicos ou caso contrário, essa emulação não é necessária. Como exemplo, desabilitaremos essa função.

51RS01 = N
51RS02 = N
51RS03 = N

Para a implementação do pickup de sobrecorrente com restrição por tensão, faremos uso das equações apresentadas no item 4. deste documento.

51P01 = PMV04
51P02 = PMV05
51P03 = PMV06

Os elementos 51S01, 51S02 e 51S03 representam o pickup enquanto 51T01, 51T02 e 51T03 representam o trip temporizado da função da função 51V. Todos eles poderão ser utilizados para alarmes e trip.

4. LÓGICAS PARA VARIAÇÃO DINÂMICA DO VALOR DE PICKUP

4.1 Variáveis de ajuste do usuário

Definiremos estas variáveis no grupo Automation Logic.

Pickup de sobrecorrente para tensão nominal. Chamaremos também de pickup fixo:

$$AMV001 := 3$$

Tensão nominal fase-fase (secundário):

$$AMV002 := 115$$

4.2 Cálculos

Utilizaremos o grupo Protection Logic para os cálculos.

Cálculo das tensões em PU:

$$PMV01 := VABVFM / AMV002$$

$$PMV02 := VBCVFM / AMV002$$

$$PMV03 := VCAVFM / AMV002$$

Verificação da faixa de tensão:

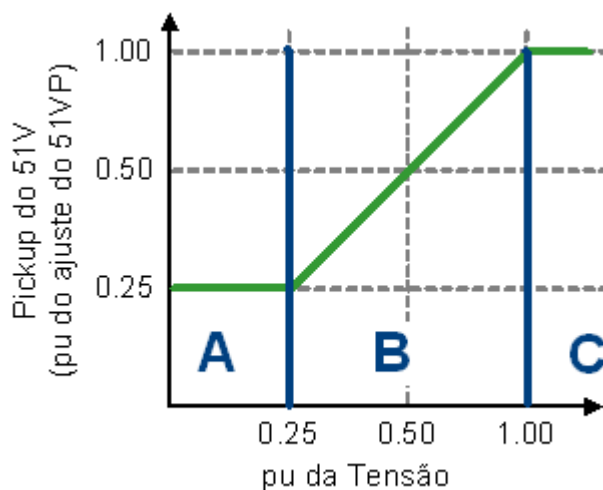


Figura 04 – Faixas de variação do valor de pickup

A) $V < 0.25$ pu

$$PSV01 := PMV01 < 0.25000$$

$$PSV02 := PMV02 < 0.25000$$



PSV03 := PMV03 < 0.25000

B) $0.25 \leq V \leq 1.00$

PSV04 := PMV01 <= 1.000000 AND PMV01 >= 0.25000

PSV05 := PMV02 <= 1.000000 AND PMV02 >= 0.25000

PSV06 := PMV03 <= 1.000000 AND PMV03 >= 0.25000

C) $V > 1.00$

PSV07 := PMV01 > 1.000000

PSV08 := PMV02 > 1.000000

PSV09 := PMV03 > 1.000000

Cálculo do pickup:

PMV04 := 0.250000*AMV001*PSV01 + AMV001*PMV01*PSV04 + AMV001*PSV07

PMV05 := 0.250000*AMV001*PSV02 + AMV001*PMV02*PSV05 + AMV001*PSV08

PMV06 := 0.250000*AMV001*PSV03 + AMV001*PMV03*PSV06 + AMV001*PSV09

4.3 Operação

O relé inicialmente realizará o cálculo da tensão em PU e armazenará os valores nas variáveis matemáticas:

PMV01 – tensão VAB em PU

PMV02 – tensão VBC em PU

PMV03 – tensão VCA em PU

Os valores de tensão são comparados em três faixas e o resultado é então armazenado em variáveis digitais. Essas variáveis indicam, segundo a tensão em PU, o cálculo necessário sobre pickup fixo.

Tabela 2: Variáveis digitais x Pickup de corrente

Variável digital	Pickup da fase A	Pickup da fase B	Pickup da fase B
PSV01	0.25 x Ipickup	-	-
PSV02	VABpu x Ipickup	-	-
PSV03	1.00 x Ipickup	-	-
PSV04	-	0.25 x Ipickup	-
PSV05	-	VBCpu x Ipickup	-
PSV06	-	1.00 x Ipickup	-
PSV07	-	-	0.25 x Ipickup
PSV08	-	-	VCApu x Ipickup
PSV09	-	-	1.00 x Ipickup

As variáveis PMV04, PMV05 e PMV06 recebem o valor do pickup dinâmico das fases A, B e C respectivamente conforme o exemplo desenvolvido a seguir:

Tensão de restrição: VAB = 57.5 V sec

Tabela 3: Ajustes de exemplo

Descrição do ajuste	Variável	Valor
Pickup Fixo [A sec]	AMV001	3
Tensão nominal fase-fase [V sec]	AMV002	115

Tabela 4: Resultados

Equação	Cálculo	Resultado
PMV01 := VABVFM / AMV002	57.5 / 115 =	0.5
PSV01 := PMV01 < 0.25000	0.5 < 0.25 ?	0
PSV04 := PMV01 <= 1.000000 AND PMV01 >= 0.25000	0.5 <= 1.00 e 0.5 >= 0.25 ?	1
PSV07 := PMV01 > 1.000000	0.5 > 1.00 ?	0
PMV04 := 0.250000*AMV001*PSV01 + AMV001*PMV01*PSV04 + AMV001*PSV07	0.25 x 3 x 0 + 3 x 0.5 x 1 + 3 x 0 =	1.5

Ou ainda conforme a ilustração:

$$\begin{aligned}
 \text{PMV04} &:= \underbrace{0.25 \times 3 \times 0}_{0} + \underbrace{3 \times 0.5 \times 1}_{1.5} + \underbrace{3 \times 0}_{0} \\
 &= 0 + 1.5 + 0 \\
 &= 1.5
 \end{aligned}$$

Este valor dinâmico será o pickup considerado pelo relé:

$$51P01 = \text{PMV04}$$

E da mesma forma para as demais fases:

$$51P02 = \text{PMV05}$$

$$51P03 = \text{PMV06}$$

5. RESUMO DOS PRINCIPAIS AJUSTES ENVOLVIDOS

Tabela 5: Inverse Time Overcurrent Elements

Ajuste	Valor
51O01	IASFM

51P01	PMV04
51C01	U2
51TD01	3.00
51RS01	N
51TC01	NOT LOPV
51O02	IBSFM
51P02	PMV05
51C02	U2
51TD02	3.00
51RS02	N
51TC02	NOT LOPV
51O03	ICSFM
51P03	PMV06
51C03	U2
51TD03	3.00
51RS03	N
51TC03	NOT LOPV

Tabela 6: Automation Logic

Ajuste	Valor
AMV001	3
AMV002	115

Tabela 7: Protection Logic

Equações
$PMV01 := VABVFM / AMV002$
$PMV02 := VBCVFM / AMV002$
$PMV03 := VCAVFM / AMV002$
$PSV01 := PMV01 < 0.25000$
$PSV02 := PMV02 < 0.25000$
$PSV03 := PMV03 < 0.25000$
$PSV04 := PMV01 \leq 1.000000 \text{ AND } PMV01 \geq 0.25000$
$PSV05 := PMV02 \leq 1.000000 \text{ AND } PMV02 \geq 0.25000$
$PSV06 := PMV03 \leq 1.000000 \text{ AND } PMV03 \geq 0.25000$
$PSV07 := PMV01 > 1.000000$
$PSV08 := PMV02 > 1.000000$
$PSV09 := PMV03 > 1.000000$
$PMV04 := 0.250000 * AMV001 * PSV01 + AMV001 * PMV01 * PSV04 + AMV001 * PSV07$
$PMV05 := 0.250000 * AMV001 * PSV02 + AMV001 * PMV02 * PSV05 + AMV001 * PSV08$
$PMV06 := 0.250000 * AMV001 * PSV03 + AMV001 * PMV03 * PSV06 + AMV001 * PSV09$

Obs: As variáveis de saída deverão ser parametrizadas nas lógicas de trip do relé e opcionalmente, no seqüencial de eventos e oscilografias. São elas:

Tabela 8: Variáveis de saída



Nome	Descrição
51S01	Pickup 51V - A
51T01	Trip 51V - A
51S02	Pickup 51V - B
51T02	Trip 51V - B
51S03	Pickup 51V - C
51T03	Trip 51V - C