



**XXI SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
23 a 26 de Outubro de 2011
Florianópolis - SC

GRUPO 5

GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE POTÊNCIA - GPC

REDUÇÃO DO TEMPO DE DISPARO DE RELÉS NUMÉRICOS DE SOBRECORRENTE UTILIZANDO CURVAS DE TEMPO INVERSO NÃO-PADRONIZADAS EM SISTEMAS DE POTÊNCIA RADIAIS

**R. Corrêa(*)
UFSM**

**L. C. Obregon
UFSM**

**G. Cardoso Jr.
UFSM**

**A. P. de Moraes
UFSM/CTISM**

**E. M. dos Santos
UFSM**

**G. Marchesan
UFSM**

RESUMO

Este artigo propõe a utilização de relés de sobrecorrente com valores não-padronizados para os coeficientes K e E da curva de tempo inverso da norma IEC 255-3 em sistemas de potência radiais. Assim, criam-se curvas customizadas e reduz-se significativamente o tempo de disparo dos relés no caso de atuarem como proteção de retaguarda quando comparado ao tempo das curvas determinadas pelo método tradicional de coordenação. Para este fim, desenvolveu-se um algoritmo que utiliza a técnica da regressão linear para determinar esses coeficientes de modo que se possa ajustá-los em relés numéricos, sem qualquer alteração no *firmware*.

PALAVRAS-CHAVE

Coordenação, Proteção, Regressão, Relé.

1.0 - INTRODUÇÃO

Seguindo a tendência atual de automatizar as subestações do sistema elétrico de potência, de modo que seja possível implantar o conceito de redes inteligentes, cada vez mais os relés numéricos têm sido aplicados na proteção do sistema elétrico, pois integram diversas funções de proteção em uma única unidade e possibilitam a comunicação com unidades remotas de controle e supervisão.

Os relés numéricos com função de sobrecorrente, em especial, são largamente utilizados como proteção principal e de retaguarda em sistemas de distribuição e de subtransmissão. O grande desafio no uso dessa função é coordenar os relés utilizando curvas temporizadas, criando uma escada de tempo de disparo com crescimento no sentido do relé mais próximo ao ponto de defeito para o relé mais a montante, de modo que a retaguarda só opere no caso de falha do principal [1].

Para a coordenação, além do método clássico, diversas técnicas foram propostas nos últimos anos, dentre as quais se destacam:

- Metaheurísticas híbridas considerando o Algoritmo Genético (AG) e a Programação Linear [2] e o AG e a Programação Não Linear [3]. Estas consideram a equação do tempo de disparo dos relés utilizando os coeficientes K e E definidos pela norma IEC 255-3 [4], que padroniza as curvas de tempo inverso, e determinam o tape (I_p) e o múltiplo de tempo (M) de cada relé. São bastante utilizadas em sistemas de potência malhados, onde é difícil estabelecer um ponto de partida para a coordenação.

- Em [5] é proposta a utilização de curvas fundamentadas na função logarítmica, o que requer uma alteração no *firmware* dos relés e cria um empecilho na coordenação desses com fusíveis, por exemplo.

(*) Endereço para contato: Avenida Roraima, n° 1000, Cidade Universitária – Centro de Tecnologia, sala 505 – CEP 97105-900, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, Brasil
Email: rafael.serra@gmail.com

- Em [6] é proposta a utilização de dois relés de sobrecorrente por trecho protegido: um convencional agindo como proteção principal, já existente no sistema; e outro para reduzir o tempo de operação como proteção de retaguarda, com uma curva adaptativa, o que também requer uma alteração no *firmware*. A justificativa para a utilização de duas curvas sobrepostas é de que a convencional é rápida na operação de retaguarda somente para correntes com magnitude próxima à máxima corrente de curto-circuito, enquanto que para as correntes mais baixas esse tempo pode ser demasiadamente alto. Dessa maneira, uma curva adaptativa é gerada de modo que esse tempo seja tão pequeno quanto para a máxima corrente de curto-circuito.

Para contornar esses problemas, este artigo propõe a sobreposição de curvas por meio da utilização de dois relés por trecho protegido: um convencional, da mesma forma que em [6]; e outro com valores não-padronizados para K e E na equação do tempo inverso, criando uma nova curva para o relé. Esses coeficientes são geralmente ajustáveis dentro de uma determinada faixa [7]. Desse modo, sem a necessidade de realizar qualquer alteração no *firmware*, é possível alterar o formato das curvas em relação às padronizadas, mantendo estreita a diferença entre os tempos da curva do relé de retaguarda e da curva do relé principal desde a mínima até a máxima corrente de curto-circuito do trecho protegido.

A metodologia proposta é fundamentada na regressão linear, a qual utiliza o método dos mínimos quadrados, e foi testada no MATLAB considerando um sistema teste radial. Os resultados demonstram que os tempos de disparo dos relés operando como retaguarda são significativamente reduzidos quando utilizadas as curvas não-padronizadas em comparação ao uso somente dos relés com os ajustes tradicionais.

2.0 - MÉTODO TRADICIONAL DE COORDENAÇÃO DE RELÉS DE SOBRECORRENTE

2.1 Curva do tempo de disparo do relé

Com o advento dos relés de sobrecorrente numéricos, o tempo de disparo é calculado por meio de uma equação que caracteriza o tipo de curva. Neste trabalho foi considerada a equação da norma IEC 255-3, ver equação 1. Os coeficientes das curvas inversa, muito inversa, extremamente inversa e inversa longa são dados na Tabela 1.

$$t = \frac{K \times M}{\left(\frac{I}{I_p} \right)^E - 1} \quad (1)$$

onde t é o tempo de disparo do relé; M é o ajuste do múltiplo de tempo; I é a corrente de entrada do relé; I_p é o ajuste do tape; K e E são os coeficientes do tipo de curva escolhida.

TABELA 1 – Tipos de curva da norma IEC 255-3 e seus respectivos coeficientes K e E

Tipo de curva	K	E
Inversa	0,14	0,02
Muito Inversa	13,5	1
Extremamente Inversa	80	2
Inversa Longa	120	1

2.2 Tempo de coordenação

Para obter a coordenação e a seletividade entre os relés em todo o trecho de atuação de um relé como proteção principal, deve-se observar a inequação 3 para qualquer curto-circuito ocorrido no trecho k , ilustrado na Figura 1. Desse modo, garante-se que a proteção mais próxima ao defeito atue sem que o relé a montante dispare [1].

$$t_{r,k} - t_{p,k} \geq \Delta t \quad (3)$$

onde $t_{r,k}$ é o tempo de disparo do relé de retaguarda para uma falta em k ; $t_{p,k}$ é o tempo de disparo do relé principal para uma falta em k ; Δt é o tempo de coordenação.

Conhecido o tape dos relés, o M do relé a jusante, sua curva e a máxima corrente de curto-circuito no seu trecho protegido, por meio da equação 4 se determina o M do relé a montante, uma vez escolhido o tipo da curva.

$$M = \frac{[t_{p,k} + \Delta t] \left[\left(\frac{I_{cc}}{I_p} \right)^E - 1 \right]}{K} \quad (4)$$

onde M é o múltiplo de tempo do relé a montante; I_{cc}^{max} é a máxima corrente de curto-circuito do trecho protegido pelo relé a jusante; $t_{p,k}$ é calculado utilizando a equação 1 considerando a I_{cc}^{max} para o relé a jusante; I_p é o ajuste do tape do relé a montante; K e E são os coeficientes do tipo da curva do relé a montante.

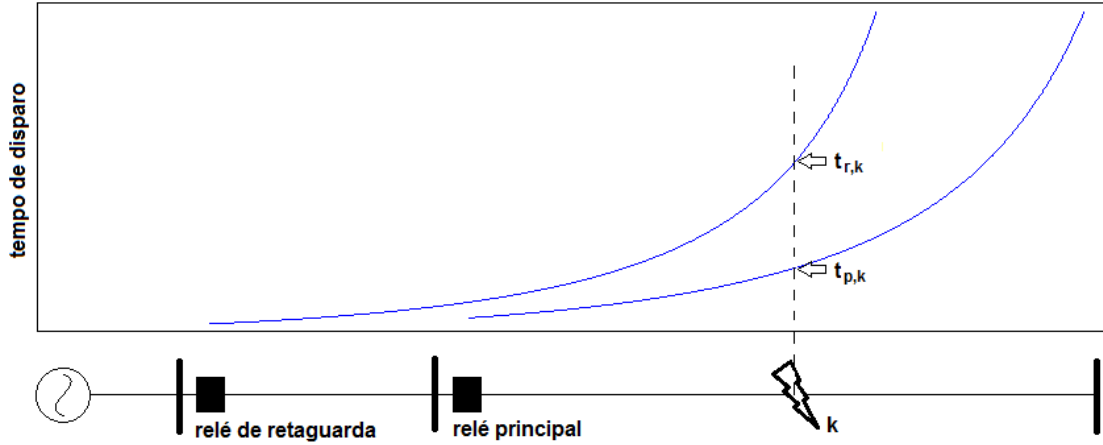


FIGURA 1 – Coordenação entre os relés a jusante e a montante

3.0 - REGRESSÃO LINEAR SIMPLES

Considerando-se um conjunto de n pares de pontos (X_i, Y_i) amostrados, deseja-se estimar os parâmetros a e b de uma função linear, na forma da equação 5, de modo que os pontos da reta estimada sejam tão próximos quanto possível dos pontos observados [8].

$$\hat{Y} = aX + b \quad (5)$$

Para estimar os parâmetros a e b , utiliza-se o método dos mínimos quadrados. Como o objetivo é minimizar as diferenças, ou desvios, existentes entre os valores reais e os valores correspondentes na reta estimada, esse método faz com que a soma dos desvios elevados ao quadrado seja mínima [8]. O cálculo dos parâmetros da reta é, então, dado pelas equações 6 e 7.

$$a = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}} \quad (6)$$

$$b = \frac{\sum y_i - a \sum x_i}{n} \quad (7)$$

onde n é o número de amostras; X_i e Y_i são as coordenadas dos pontos amostrados e $i = 1, 2, \dots, n$.

4.0 - METODOLOGIA PROPOSTA

Embora o método tradicional de coordenação seja eficiente para curtos-circuitos de magnitude próxima à máxima corrente de curto-circuito, esse faz com que o tempo de disparo seja muito elevado quando, na falha do relé principal, um relé venha a operar como retaguarda para a mínima corrente de curto-circuito. Dessa forma, podem ocorrer danos aos cabos e equipamentos instalados no sistema.

Assim, propõe-se a utilização de relés com valores não-padronizados dos coeficiente K e E da equação 1, de modo que a curva da proteção de retaguarda se aproxime à da principal – respeitando o tempo de coordenação – não somente para a máxima, mas também para a mínima corrente de curto-circuito do trecho protegido.

Para determinar os coeficientes K e E para cada novo relé, desenvolveu-se uma ferramenta computacional fundamentada na regressão linear aplicada à equação 1 modificada, a qual é linearizada por meio da função logarítmica, obtendo-se finalmente a equação 8.

$$\log(I) = \frac{1}{E} \times \log\left(K \times \frac{M}{t} + 1\right) + \log(I_p) \quad (8)$$

Procedendo de acordo com as equações 9, 10, 11 e 12, obtém-se uma equação da reta por meio da substituição de variáveis, de modo que seja possível aplicar a regressão linear e estimar os coeficientes a e b da reta.

$$y = \log(I) \quad (9)$$

$$x = \log\left(K \times \frac{M}{t} + 1\right) \quad (10)$$

$$a = \frac{1}{E} \quad (11)$$

$$b = \log(I_p) \quad (12)$$

As etapas da metodologia proposta são apresentadas no fluxograma da Figura 2.

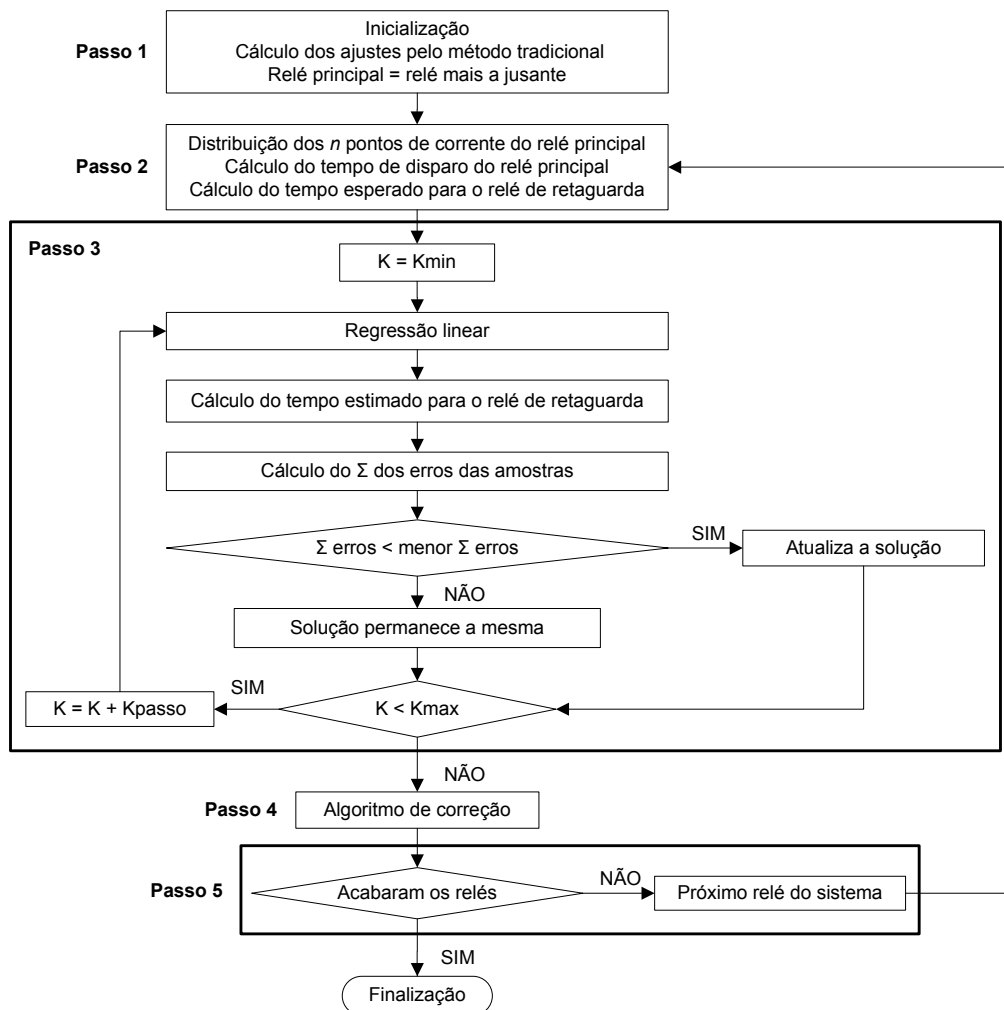


FIGURA 2 – Fluxograma da metodologia proposta

4.1 Passo 1

a. É fornecido ao algoritmo:

- os valores mínimos e máximos dos ajustes de K , E e M disponíveis no relé, bem como o passo de cada um;
- o valor do M de cada relé a ter os coeficientes K e E calculados é inicializado como 1;

- os dados do sistema de potência e de seus relés (correntes de curto-circuito e de carga, RTCs);
- o número de amostras n a ser considerado na regressão linear;
- a curva do relé mais a jusante do sistema;

b. Realiza-se o cálculo dos ajustes do M e I_p para cada relé por meio do método tradicional de coordenação.

c. O primeiro relé a ser considerado na regressão como relé principal é o mais a jusante do sistema.

4.2 Passo 2

a. Tomam-se os n valores de corrente no intervalo que compreende a mínima e a máxima corrente de curto-circuito do trecho que se deseja obter retaguarda, distribuídos uniformemente, formando o vetor I_{cc} . Considerou-se que esse trecho é aquele no qual cada relé pode operar como até segunda proteção de retaguarda, ou seja, dois relés a jusante podem falhar que um mais a montante estará coordenado e efetuará o disparo.

b. Calcula-se o tempo de disparo do relé principal para os n pontos amostrados com a equação 1, ver Figura 3.

c. Calcula-se o tempo de disparo esperado para a curva de retaguarda acrescentando o tempo de coordenação aos tempos calculados para a curva principal, formando pares de coordenadas na forma (I_{cc}, t) , ver Figura 3.

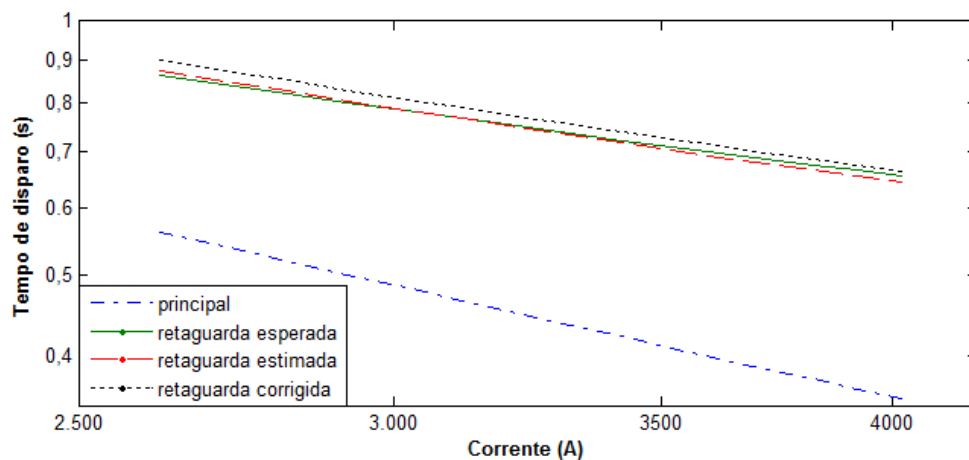


FIGURA 3 – Ilustração do funcionamento da regressão linear e do algoritmo de correção

4.3 Passo 3

a. Para cada valor de K disponível para ajuste no relé, faz-se:

- Com os valores de t calculados no passo 2, calcula-se por meio da equação 10 os valores de x ;
- Com os valores de I_{cc} aplicados a equação 9, calcula-se os valores de y ;
- Por meio da equação 7 se determina o valor de a e por meio da equação 11 se determina o valor de E , que é então arredondado para o valor mais próximo disponível no relé;
- Para cada par de coeficientes K e E estimados, calcula-se por meio da equação 1 os tempos de disparo estimados para a curva de retaguarda;
- Calcula-se o somatório das diferenças entre os tempos de disparo estimados e os esperados, ou erros.

b. Toma-se como solução final aqueles coeficientes K e E estimados que retornarem o menor somatório dos erros. Esses coeficientes formarão a nova curva de retaguarda, ou estimada, ver Figura 3.

4.4 Passo 4

A técnica de regressão linear e o arredondamento do valor de E produzem diferenças entre os valores do tempo de disparo esperado do estimado. Assim, após a regressão linear, um algoritmo de correção verifica a ocorrência de descoordenações para os valores de K e E estimados para o novo relé e realiza o que segue:

a. Incrementa-se o valor do M para o mais próximo disponível até que não ocorram quaisquer descoordenações para todas as amostras, produzindo uma elevação da curva estimada no eixo do tempo de disparo, ver Figura 3.

4.5 Passo 5

Após a determinação da curva do relé a montante para a operação como retaguarda, retorna-se ao passo 2, considerando agora como curva principal aquela determinada pelo método tradicional de coordenação para o

próximo relé da cadeia.

5.0 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

Para a validação da metodologia proposta se utilizou o sistema teste da Figura 4 [6]. Esse sistema é radial, possui nível de tensão de 33 kV nas suas quatro barras e três relés numéricos de fase com função de sobrecorrente (A, B e C), sendo que o Relé C tem os seus ajustes conhecidos. Junto ao Relé B será instalado um novo relé, chamado de B', e junto ao relé A será instalado outro relé, chamado de A'. A Tabela 2 mostra os dados desse sistema.

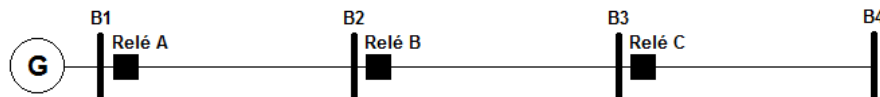


FIGURA 4 – Sistema teste utilizado

TABELA 2 – Dados do sistema teste

Trecho	Z (Ω)
G – B1	1,4212
B1 – B2	2,4900
B2 – B3	1,5610
B3 – B4	0,1441

Para a inicialização do algoritmo são dados:

- número de amostras $n = 20$;
- $0,01 \leq K$ e $E \leq 3$;
- $0,05 \leq M \leq 1,20$;
- passo do M , K e E é de 0,01;
- passo da I_p é de 0,5;
- o M do relé C é de 0,5.

Na Tabela 3 é apresentado o valor da corrente de curto-circuito bifásico no final da linha onde o relé está instalado (I^{\min}) e no início dessa mesma linha (I^{\max}). Também, apresenta a relação de transformação de corrente (RTC) e o valor da I_p e do M determinados pelo método tradicional de coordenação. O tempo de coordenação é de 0,3 s.

TABELA 3 – Correntes de curto-circuito e ajustes dos relés coordenados pelo método tradicional

Relé	I^{\min} (A)	I^{\max} (A)	RTC	I_p (A)	M	Tipo de curva
Relé C	2619,4	4021,1	250/5	4,5	0,50	Muito Inversa
Relé B	3482,4	4871,3	400/5	7,0	0,33	Muito Inversa
Relé A	4218,7	13406,0	400/5	7,5	0,47	Muito Inversa

a. Coordenação entre o Relé C e o novo Relé B'

- Calcula-se o tempo de disparo dos n pontos da curva do Relé C compreendidos entre 2619,4 A e 4021,1 A;
- Calcula-se a curva de retaguarda esperada acrescentando o tempo de coordenação aos tempos do relé principal;
- Aplica-se a regressão linear para estimar os coeficientes K e E do Relé B';
- Aplica-se o algoritmo de correção para determinar o novo valor do M que garante a coordenação.

Na Figura 5(a) é possível visualizar a curva do Relé C, do Relé B e do novo Relé B'. Observa-se que a coordenação é mantida para correntes no intervalo especificado e que o tempo de disparo da proteção de retaguarda é inferior se comparado ao do Relé B.

b. Coordenação entre o Relé B e o Relé A'

Como se deseja obter retaguarda sem a perda da coordenação para o Relé C e para o Relé B, utilizou-se o intervalo de corrente entre 2619,4 A e 4871,3 A. Para esses valores de corrente sob a curva do Relé B, o algoritmo estima a curva do novo Relé A'. Na Figura 5(b) é possível visualizar as curvas dos Relés B, B', A e A'.

Na Figura 5(c) são ilustradas as curvas dos Relés C, B e A e dos novos Relés B' e A'. Já na Figura 5(d) são ilustradas as curvas finais de atuação, excluídos os trechos no qual o tempo de disparo dos relés convencionais é superior à dos novos relés.

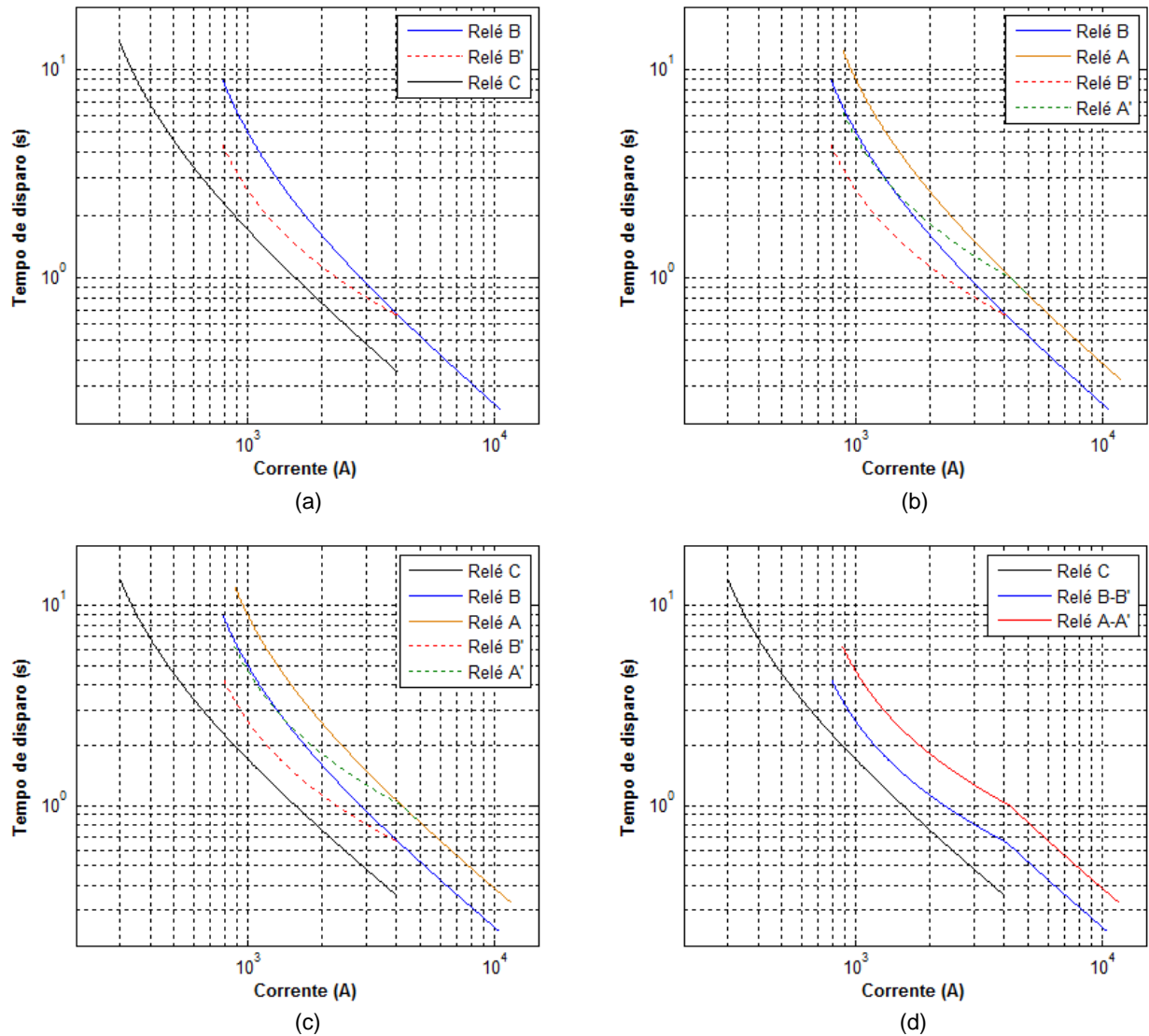


FIGURA 5 – (a) Curvas dos Relés C, B e B'. (b) Curvas dos Relés B, B', A e A'.
(c) Curvas dos Relés C, B, A, B' e A'. (d) Curvas finais: Relés C, B-B', A-A'.

Na Tabela 4 são apresentados os coeficientes K e E e o ajuste do M calculados para os novos relés B' e A'. Ressalta-se que a I_p de cada novo relé é a mesma do relé convencional instalado no mesmo local. É possível notar que em ambos os relés a etapa de correção teve de atuar, pois o valor do M é diferente de 1.

TABELA 4 – Coeficientes K e E e ajuste do M dos relés B' e A' calculados pela metodologia proposta com $n = 20$

Relé	K	E	M
Relé B'	0,28	0,17	1,01
Relé A'	1,78	0,53	1,01

Na Tabela 5 são apresentados os tempos de disparo da proteção principal (t_p) e da primeira proteção de retaguarda (t_r) coordenadas pelo método tradicional e pela metodologia proposta para as mínimas correntes de curto-circuito (cc) de cada trecho (curtos-circuitos bifásicos nas barras), bem como as diferenças entre esses tempos subtraída do tempo de coordenação Δt , considerando 2, 20 e 100 amostras na regressão.

Pela Tabela 5 é possível notar que o número de amostras não influencia significativamente os tempos de disparo, embora os valores do K , do E e do M estimados sejam diferentes para cada n . Assim, conclui-se que apenas 2 amostras são suficientes. Nota-se também que com os novos relés o tempo da primeira retaguarda para a mínima corrente de curto-circuito do trecho B3-B4 (cc bifásico em B4) é reduzido de 1,2114 s para 0,9431 s, o que representa uma redução de aproximadamente 22%, e em B2-B3 (cc bifásico em B3) é reduzido de 1,3208 s para 1,1677 s, aproximadamente 12% a menos. Essa redução permanece considerando a segunda proteção de retaguarda para um cc bifásico em B4 (não mostrada na Tabela 5): de 1,8852 s para 1,5186 s, aproximadamente 20% a menos.

TABELA 5 – Tempos de disparo dos relés coordenados pelo método tradicional e pela metodologia proposta

Método	t	cc 2φ em B4	cc 2φ em B3	cc 2φ em B2
Método tradicional	t_p (s)	0,6343	0,8537	1,0520
	t_r (s)	1,2114	1,3208	–
	$t_r - t_p - \Delta t$ (s)	0,2771	0,1671	–
Metodologia proposta com $n = 2$	t_p (s)	0,6343	0,7762	0,9882
	t_r (s)	0,9431	1,1626	–
	$t_r - t_p - \Delta t$ (s)	0,0088	0,0864	–
Metodologia proposta com $n = 20$	t_p (s)	0,6343	0,7762	0,9925
	t_r (s)	0,9431	1,1677	–
	$t_r - t_p - \Delta t$ (s)	0,0088	0,0915	–
Metodologia proposta com $n = 100$	t_p (s)	0,6343	0,7762	0,9925
	t_r (s)	0,9431	1,1677	–
	$t_r - t_p - \Delta t$ (s)	0,0088	0,0915	–

6.0 - CONCLUSÕES

Neste artigo é proposta a utilização de duas funções de sobrecorrente de tempo inverso por trecho protegido em sistemas de potência radiais. Para isso, duas alternativas podem ser consideradas: uma é utilizar as duas funções em um mesmo relé e outra é a instalação de um novo relé no sistema, numérico e com curva customizada, no mesmo local de um relé já instalado. Na segunda alternativa, o relé já instalado atuará como proteção principal e o relé com curva customizada atuará na retaguarda, de forma a reduzir o tempo de disparo da retaguarda para os curtos-circuitos de baixa magnitude. Observa-se que tempos de disparo elevados para a retaguarda são comuns em relés coordenados pelo método tradicional, podendo danificar cabos e equipamentos.

Consideraram-se neste trabalho os relés numéricos com tempo de disparo calculados pela equação da norma IEC 255-3, que apresenta os coeficientes K e E . Desde que o relé disponibilize esses coeficientes para seleção por parte do usuário, o que ocorre em modelos de alguns fabricantes, é possível criar curvas não-padronizadas pela norma, com a vantagem de evitar quaisquer alterações em seu *firmware*.

Dessa forma, para determinar os coeficientes K e E dos relés numéricos se desenvolveu um algoritmo fundamentado na regressão linear. Por meio dessa nova metodologia, uma vez conhecida a curva do relé mais a jusante do sistema, cria-se uma curva de atuação para a proteção de retaguarda procurando manter constante a diferença de tempo em relação à curva da proteção principal para qualquer corrente de curto-circuito pertencente ao intervalo de coordenação, evitando os altos tempos de disparo reportados anteriormente.

Os resultados da metodologia proposta mostram uma redução nos tempos de disparo obtida tanto na primeira quanto na segunda proteção de retaguarda, na ocorrência de curtos-circuitos com correntes de baixa magnitude. Os testes realizados com diferente número de amostras para a regressão linear geraram variações no valor dos coeficientes estimados, mas não alteraram significativamente os tempos de disparo, podendo-se concluir que a metodologia é independente do número de amostras escolhido.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. Kindermann, “Proteção de sistemas elétricos de potência”, vol. 1, ed. do autor, UFSC, Florianópolis, 1999.
- [2] A. S. Noghani, J. Sadeh e H. R. Mashhadi, “Considering different network topologies in optimal overcurrent relay coordination using a Hybrid GA”, IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 24, no. 4, pp. 1857-1863, Out. 2009.
- [3] P. P. Bedekar e S. R. Bhide, “Optimum Coordination of Directional Overcurrent Relays Using the Hybrid GA-NLP Approach”, IEEE Trans. on Power Delivery, vol.26, no. 1, pp. 109-119, Jan. 2011.
- [4] Areva T&D Automation & Information Systems, “Network Protection & Automation Guide”, Areva T&D, 1st edition, p. 126, 2002.
- [5] T. Keil e J. Jager, “Advanced Coordination Method for Overcurrent Protection Relays Using Nonstandard Tripping Characteristics”, IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 23, no. 1, pp. 52-57, Jan. 2008.
- [6] A. Conde e E. Vasquez, “Application of a proposed overcurrent relay in radial distribution networks”, Electric Power Systems Research, vol. 81, issue 2, pp. 570-579, Fev. 2011.
- [7] GE Digital Energy Multilin, “350 Feeder Protection System – Instruction manual”, 350 revision 1.2, 2009. Disponível em: <http://www.gedigitalenergy.com/products/manuals/350/350man-a7.pdf>
- [8] A. B. M. Ethur, L. F. Jacobi e R. R. Zanini, “Estatística: Caderno Didático”, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Departamento de Estatística, 2002.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Rafael Corrêa nasceu no ano de 1986 na cidade de Santa Maria, RS. É Engenheiro Eletricista formado pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) no ano de 2009 e atualmente cursa o Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFSM na área de Proteção de Sistemas Elétricos de Potência. Suas áreas de interesse são: proteção do sistema elétrico, em especial os relés de sobrecorrente e a sua coordenação.

Lauriane Carpes Obregon nasceu no ano de 1988 na cidade de São Borja, RS. É Técnica em Eletrotécnica formada pelo Colégio Técnico Industrial de Santa Maria (CTISM) no ano de 2006. Atualmente é acadêmica do curso de Engenharia Elétrica da UFSM e trabalha como Técnica em Eletrotécnica na empresa Petrobrás. Suas áreas de interesse são: proteção do sistema elétrico, em especial os relés de sobrecorrente e a sua coordenação.

Ghendy Cardoso Jr. nasceu no ano de 1971 na cidade de Santa Maria, RS. Recebeu os graus de Engenheiro Eletricista pela UFSM no ano de 1994, Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (UFPA) no ano de 1997 e Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) no ano de 2003. Atualmente é professor adjunto do Departamento de Eletromecânica e Sistemas de Potência da UFSM. Suas áreas de interesse são: proteção do sistema elétrico e inteligência artificial aplicada em sistemas elétricos de potência.

Adriano Peres de Moraes nasceu no ano de 1982 na cidade de Pinheiro Machado, RS. Recebeu os graus de Engenheiro Eletricista e Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), respectivamente, nos anos de 2006 e 2008. Atualmente cursa o Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFSM na área de Proteção de Sistemas Elétricos de Potência e atua como professor do CTISM. Suas áreas de interesse são: sistemas elétricos de potência e proteção do sistema elétrico.

Eduardo Machado dos Santos nasceu no ano de 1985 na cidade de Santa Maria, RS. Recebeu os graus de Engenheiro Eletricista e Mestre pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), respectivamente, nos anos de 2008 e 2011. Atualmente cursa o Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFSM na área de Proteção de Sistemas Elétricos de Potência. Suas áreas de interesse são: proteção do sistema elétrico e inteligência artificial aplicada em sistemas de potência.

Gustavo Marchesan nasceu no ano de 1986 na cidade de Santa Maria, RS. É acadêmico do curso de Engenharia Elétrica da UFSM e servidor técnico em laboratório na mesma instituição. Suas áreas de interesse são: proteção do sistema elétrico e estimação de frequência.