

Critérios para realização de manobras em sistemas de transmissão até 230 kv com chaves seccionadoras

* Roberto Garrido de Figueiredo

Este é um trabalho que visa definir critérios para manobras seguras com CHAVES SECCIONADORAS em sistemas elétricos radiais com características indutivas e capacitivas, bem como em sistemas em anel.

1. INTRODUÇÃO

Chave Seccionadora é um dispositivo mecânico de manobra capaz de abrir e fechar circuitos elétricos quando uma corrente de "intensidade desprezível" é interrompida ou restabelecida ou quando não ocorre variação de tensão significativa através dos seus terminais. É também capaz de conduzir correntes sob condições normais do circuito e, durante o tempo especificado, correntes sob condições anormais tais como curto-circuito.

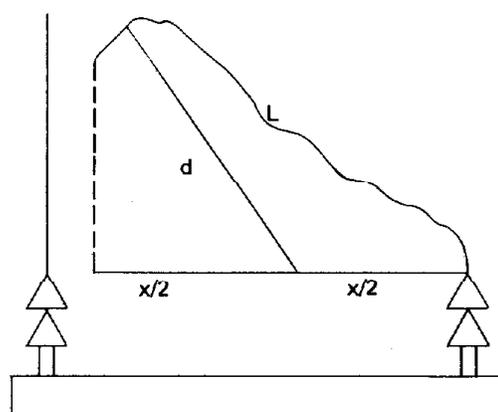
Porém, é bastante comum as COMPANHIAS DE ELETRICIDADE utilizarem suas chaves seccionadoras em condições bem mais exigentes, substituindo muitas vezes disjuntores, em manobras envolvendo linhas de transmissão, transformadores e interligação de sistemas elétricos. Devido aos riscos envolvidos, tais manobras só devem ser realizadas com a máxima segurança.

Este trabalho utiliza critérios altamente conservativos reduzindo assim ao mínimo o risco de uma manobra mau sucedida.

2. CONCEITOS BÁSICOS

- 2.01 – A manobra com chaves seccionadoras sempre está associada ao surgimento de arcos elétricos entre os contatos das mesmas;
- 2.02 – Define-se como comprimento do arco o comprimento real completo do caminho irregular e sinuoso deste;
- 2.03 – O alcance do arco é a distância do ponto médio entre as suas extremidades para o seu ponto mais remoto, no instante em que o comprimento é máximo.
- 2.04 – Na operação com chaves seccionadoras, não é o comprimento do arco a característica mais importante, e sim o seu alcance;
- 2.05 – Condições de vento afetam o alcance, mas não seu comprimento;
- 2.06 – O alcance máximo e comprimento do arco são praticamente independentes do tipo de chave e de sua velocidade de operação;

* Engenheiro Eletricista da COELCE. Professor de "Subestações em Sistemas Elétricos de Potência" da UNIFOR. Pós-graduado na Área de Sistemas Elétricos de Potência pela Escola Federal de Engenharia de Itajubá.



L = Comprimento do arco
d = Alcance do arco
x = Distância entre as extremidades do arco

- 2.07 – Dois arcos em série tem cerca do mesmo comprimento total que um arco único nas mesmas condições;
- 2.08 – Um arco livre deve sempre auto extinguir-se se as distâncias envolvidas permitem o seu alongamento ao necessário comprimento crítico, e o espaçamento entre eletrodos é suficiente para impedir o reacendimento;
- 2.09 – Uma chave seccionadora conseguirá interromper determinada corrente se suas dimensões forem adequadas para permitir o alongamento do arco ao seu comprimento crítico;
- 2.10 – Em uma chave seccionadora o gradiente de potencial (kV/mm) entre fases deverá ser maior ou igual que o fase terra.

3. CHAVEAMENTO DE TRANSFORMADORES EM VAZIO

- 3.01 – O chaveamento de transformadores em vazio com conseqüente interrupção ou estabelecimento de corrente de excitação poderá ser efetuado sem cálculos de verificação da segurança para valores de até 0,5A (eficaz);

3.02 – Para valor de corrente indutiva superior à 0,5A (eficaz), deverá ser calculado conforme abaixo o máximo valor da corrente a ser chaveada com segurança. Este valor deverá ser superior à corrente de excitação do transformador em questão:

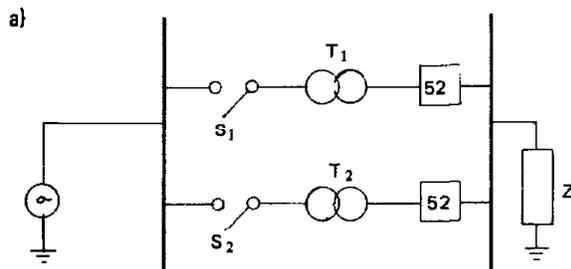
$$I = 0,34 \frac{D}{V} \quad (1)$$

Onde:

- I = máxima corrente indutiva a ser chaveada com segurança em A (eficaz)
- D = distância mínima entre fases eixo da chave em mm
- V = máxima tensão de operação fase-fase do sistema em kV (eficaz).

4. CHAVEAMENTO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO EM VAZIO

4.01 – O chaveamento de linhas de transmissão em vazio com conseqüente energização ou desenergização poderá ser efetuado sem cálculo de veri-



ficação de segurança para valores de até 0,5A (eficaz);

4.02 Para valor de corrente, capacitiva superior à 0,5A (eficaz), deverá ser calculado conforme abaixo o máximo valor da corrente a ser chaveada com segurança. Este valor deverá ser superior à corrente em vazio da linha em questão:

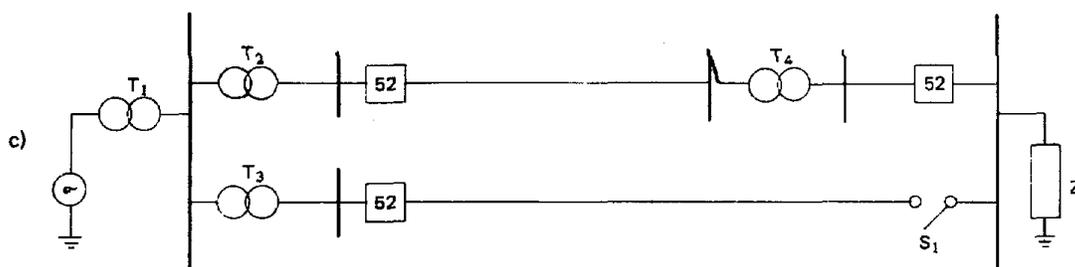
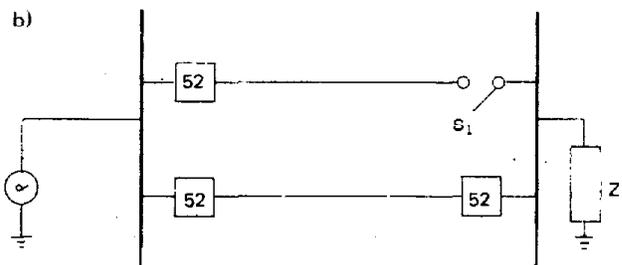
$$I = 0,21 \frac{D}{V} \quad (2)$$

Onde:

- I = máxima corrente capacitiva a ser chaveada com segurança em A (eficaz).
- D = distância mínima entre fases eixo a eixo da chave em mm.
- V = máxima tensão de operação fase-fase do sistema em kV (eficaz).

5. CHAVEAMENTO DE CIRCUITOS EM ANEL

5.01 – Para melhor entendimento do que se segue, exemplificamos através de diagramas unifilares os casos típicos de ANÉIS a serem abordados neste trabalho.



5.02 – Para valor de corrente inferior à 100A (eficaz), deverá ser calculado conforme abaixo o ALCANCE DO ARCO. Este valor deverá ser inferior à distância mínima entre fases eixo a eixo da chave.

$$D = 0,005ZI^2 \quad (3)$$

Onde:

- D = alcance do arco em mm.
- Z = impedância de THEVENIN vista dos terminais da chave com o anel aberto em OHMS
- I = corrente passante pela chave quando o anel estiver fechado em A (eficaz)

5.03 – Para valor de corrente entre 100 e 300A (eficaz), deverá ser calculado conforme abaixo o ALCANCE DO ARCO. Este valor deverá ser inferior à distância mínima entre fases eixo a eixo da chave.

$$D = 0,5Zl \quad (4)$$

Onde:

D = alcance do arco em mm.

Z = impedância de THEVENIN vista dos terminais da chave com o anel aberto em OHMS.

l = corrente passante pela chave quando o anel estiver fechado em A (eficaz).

5.04 – Como o ALCANCE DO ARCO é diretamente proporcional à impedância de THEVENIN vista dos terminais da chave com o anel aberto, uma forma conservativa de cálculo desta impedância é a não consideração das impedâncias das fontes e da carga. Assim a impedância considerada é a do ANEL ABERTO visto dos terminais da chave.

5.05 – Manobras de circuitos em anel não são consideradas seguras para correntes superiores a 300A (eficaz).

6. RECOMENDAÇÕES

6.01 – As chaves seccionadoras deverão possuir chifres a fim de evitar desgastes nos seus contatos principais nas manobras;

6.02 – As chaves seccionadoras deverão possuir preferencialmente comando motorizado quando utilizadas nas condições abordadas no artigo;

6.03 – Caso a chave seccionadora seja operada manualmente, o operador deverá ficar em uma base aterrada no mesmo ponto de aterramento do comando da mesma;

6.04 – Em circuitos com estrela aterrada com relés de terra os circuitos de trip desses relés deverão ser abertos antes da manobra para impedir possíveis operações causadas por abertura ou fechamento de um dos polos na frente do outro;

6.05 – Para a desenergização de um transformador conforme esquema "a" do ítem 5.1 deverá ser aberta primeiro a seccionadora antes de abrir o disjuntor de baixa. E na energização deverá ser fechado primeiro o disjuntor de baixa e posteriormente fechada a seccionadora;

6.06 – As manobras abordadas neste artigo deverão ser evitadas em condições de tempo chuvoso;

6.07 – Recomendamos que seja usado para especificação das distâncias fase-fase e fase-terra a NORMA NEMA S8-5 no que se refere a CHAVES SECCIONADORAS MONTADAS AO TEMPO, conforme tabela abaixo.

TENSÃO NOMINAL (kV)	MÁXIMA TENSÃO DE OPERAÇÃO (kV)	NBI (kV)	CHAVE SECCIONADORA MONTADA AO TEMPO					
			ABERTURA VERTICAL		ABERTURA HORIZONTAL		ABERTURA HORIZONTAL COM CHIFRES	
			F-F (4)	F-T (5)	F-F (6)	F-T (7)	F-F (8)	F-T (9)
(1)	(2)	(3)						
13.8	15.0	110	610	360	760	450	920	540
34.5	38.0	200	920	560	1220	740	1520	920
69.0	72.5	350	1520	930	1830	1120	2130	1300
115.0	121.0	550	2130	1280	2760	1660	3050	1830
138.0	145.0	650	2430	1420	3340	1960	3660	2140
230.0	242.0	900	3340	1990	4870	2900	4870	2900

NOTAS:

1) Nas colunas 4, 5, 6, 7, 8 e 9 os valores dados em mm;

2) Valores aplicados para atitudes até 2000m. Acima desta atitude, soma-se aos espaçamentos parcelas de 4% para cada 300m.

7. BIBLIOGRAFIA

IEC STANDARD (Publication 129). "Alternating current disconnectors (isoladors and earthing switches)".
ANSI C37.30 (1971). "Definitions and requirements for high voltage air switches, insulators, and bus supports".
KILLIAN, S.C. "A new outdoor air switch and a new concept of contact performance".

ANDREWS, F. E., JANES, L. R., NADERSSON, M.A. "Interrupting ability of horn-gap switches".
BRIAN, M. "Guide for interrupting loop circuits".
COMMUNICATIONS OERLINKON. "Pouvoir de coupe des sectionneurs".
TASCHINI, A. "The insulation between terminals of circuits - breakers and disconnectors".