

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

CÁLCULO DAS CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO

O conhecimento das intensidades de curto-circuito nos diferentes pontos de uma instalação é indispensável para a concepção de uma instalação (poder de corte das protecções, comportamento dos cabos em curto-circuito, selectividade,...).

É o defeito trifásico numa instalação alimentada por um transformador que vai ser essencialmente examinado: ele corresponde em geral à intensidade da corrente de curto-circuito mais elevada (curto-circuito franco).

As regras práticas e os cálculos simplificados a seguir apresentados têm uma aproximação suficiente para o cálculo de I_{cc} na grande maioria dos casos.

Corrente de curto-circuito trifásico no secundário de um transformador MT/BT

Em primeira aproximação, supondo que a rede a montante tem uma potência infinita, pode-se escrever:

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

$$I_{cc} = \frac{I_n}{u_{cc}} \quad \text{em que:} \quad I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_c}$$

sendo:

S = potência do transformador em KVA;

U_c = tensão composta em vazio do transformador, em Volt;

I_n = intensidade nominal em A;

I_{cc} = corrente de curto-circuito em A;

Esta expressão não tem em conta a impedância da rede a montante do transformador.

Por exemplo:

-transformador de 400 KVA, 400 Volt

- $u_{cc} = 4\%$

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

$$I_n = \frac{400 \times 1000}{\sqrt{3} \times 400} = 577,4 A$$

$$I_{cc} = \frac{577,4 \times 100}{4} = 14,4 kA$$

na prática, a corrente de curto-circuito real é ligeiramente inferior ao valor calculado pelo método precedente. Com efeito a potência da rede a montante nunca é infinita, raramente ultrapassando os 500 MVA em curto-circuito.

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Rede a montante

A impedância equivalente da rede a montante, em mohm é dada por:

$$Z = \frac{U^2}{S_{cc}} \quad R_m = \frac{U^2}{S_{cc}} \times 0,15 \times 10^{-3} (\text{mohm}) \quad X_m = \frac{U^2}{S_{cc}} \times \text{sen } \varphi \times 10^{-3} (\text{mohm})$$

com:

-U = tensão em Volt;

S_{cc} = potência de curto-circuito em MVA;

O cos φ é da ordem de 0,15 a 0,2; a impedância Z é então aproximadamente igual ao valor da reactância X.

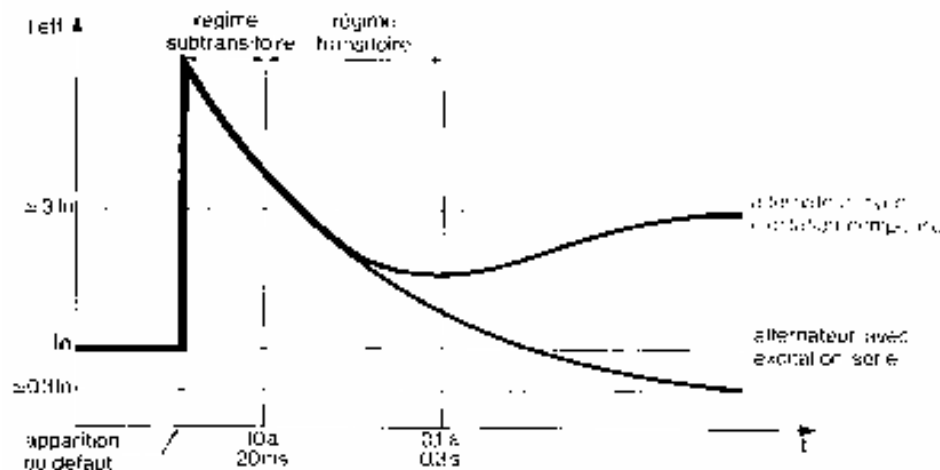
A potência de curto-circuito da rede de média tensão até 20 kV está geralmente compreendida entre 250 e 500 MVA.

Em 60 kV, S_{cc} atinge valores entre 500 e 1000 MVA.

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Alternadores

O aparecimento de um curto-circuito nos bornes de um alternador leva a corrente inicialmente a um valor relativamente elevado, da ordem de 3 a 5 I_n (período sub-transitório que dura de 10 a 20 ms) decrescendo em seguida (período transitório que dura de 100 a 300 ms), para se estabilizar (para além de 0,5 s) num valor que, conforme o tipo de regulação, pode variar desde 0,3 a 3 ou 4 vezes a corrente nominal do alternador (ver figura).



CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Os construtores indicam em geral as impedâncias necessárias.

As resistências são sempre desprezáveis face às reactâncias:

-a reactância subtransitória expressa em % pelo construtor, x''_d .

Temos:

$$X''_d = \frac{U_n^2}{S_n} \times x''_d$$

-a reactância transitória exprime-se em % pelo construtor, x'_d :

$$X'_d = \frac{U_n^2}{S_n} \times x'_d$$

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

- a reactância homopolar é expressa em % pelo construtor, x'_0 :

$$X'_0 = \frac{U_n^2}{S_n} \times x'_0$$

Na ausência de informações mais precisas pode considerar-se:

$$x''_d = 20\% ; x'_d = 30\% ; x'_0 = 6\%$$

sendo S_n e U_n a potência e a tensão do alternador.

A reactância subtransitória é utilizada para a verificação do comportamento aos esforços electrodinâmicos e do poder de corte dos disjuntores cujo tempo de corte é inferior a 10 ou 20 ms.

A reactância transitória é utilizada para a verificação do comportamento às solicitações térmicas e ao poder de corte dos disjuntores cujo tempo de corte é superior a 10 ou 20 ms.

A intensidade de curto-circuito trifásico, no período transitório, nos bornes do alternador é dada por:

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

$$I_{cctri} = \frac{I_G}{x'_d}$$

sendo:

I_G = corrente nominal do alternador;

x'_d = reactância transitória expressa em %;

Comparando com um transformador, e para uma mesma potência, as correntes no caso de um defeito próximo de um alternador serão 5 a 6 vezes mais fracas que as relativas a um transformador.

Esta diferença é ainda acentuada pelo facto de que, em regra, a potência de um grupo electrogéneo é quase sempre inferior à do transformador.

Transformadores

A impedância Z_{TR} de um transformador, vista do secundário é dada por:

$$Z_{TR} = \frac{U^2}{S} \times u_{cc} (mohm)$$

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Em que:

U_{20} = tensão entre fases, em vazio, no secundário;

S = potência do transformador;

u_{cc} = tensão de curto-circuito em %;

A resistência calcula-se a partir de P_{cu} (perdas no cobre) do transformador:

$$P_{cu} = 3 \times R_{TR} \times I_n^2 \quad R_{TR} = \frac{P_{cu}}{3 \times I_n^2} (mohm)$$

A reactância deduz-se da relação:

$$X_{TR} = \sqrt{Z_{TR}^2 - R_{TR}^2} (mohm)$$

Quando se necessita apenas de um cálculo aproximado pode-se considerar X_{TR} idêntico a Z_{TR} e desprezar R_{TR} .

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Disjuntores

A impedância de um disjuntor apenas deve ser considerada para os aparelhos a montante do que deve actuar no curto-circuito considerado. A reactância é considerada igual a 0,15 mohm e a resistência é desprezada.

Barramentos

A resistência dos barramentos é geralmente desprezável, excepto para as baixas secções.

A impedância dos barramentos é portanto essencialmente reactiva (0,15 mohm/m). Para os barramentos pré-fabricados deve-se consultar os valores indicados pelo fabricante.

Canalizações

A resistência calcula-se através de:

$$R = \rho \times \frac{L}{S}$$

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

em que:

ρ = resistividade dos condutores, à temperatura normal de funcionamento;

$\rho = 22,5 \text{ mohm mm}^2/\text{m}$, para o cobre;

$\rho = 36 \text{ mohm mm}^2/\text{m}$ para o alumínio;

L = comprimento em m da canalização;

S = secção dos condutores em mm^2 ;

A reactância dos cabos pode ser dada com precisão pelos fabricantes. Para as secções inferiores a 50 mm^2 pode ser sempre desprezada.

Na ausência de outras informações poderá considerar-se $X_c = 0,08 \text{ mohm/m}$, para cabos tripolares. Para cabos unipolares deve considerar-se: $X_c = 0,15 \text{ mohm/m}$.

Para as canalizações pré-fabricadas devem ser consultados os fabricantes.

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Motores

Quando se dá um curto-circuito, um motor comporta-se como um gerador debitando sobre o defeito.

Pode-se portanto desprezar a sua influência, em baixa tensão.

No entanto, para um cálculo mais preciso e quando, principalmente, estão instalados bastantes motores num mesmo circuito, pode-se ter em conta a influência dos motores da forma seguinte:

$$I_{ccmot.} = 3,5 I_{n\ mot.}$$

em que:

$I_{n\ mot.}$ = soma das intensidades nominais dos motores susceptíveis de funcionar simultaneamente.

Basta, em seguida, adicionar $I_{cc\ mot.}$ à corrente de curto-circuito calculada, no ponto de defeito considerado.

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Resistência do arco de defeito

Quando se dá um curto-circuito, pode aparecer um arco, o qual tem por efeito reduzir a intensidade de curto-circuito: o arco comporta-se como uma resistência.

Esta redução não pode ser determinada à priori. No entanto a experiência mostra que é possível encarar uma redução de cerca de 20 % (a ter em conta apenas ao nível do disjuntor que abre com o curto-circuito e nunca sob o poder de fecho).