

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema TT

MEDIDAS ACTIVAS OU OPERATIVAS

Ligação directa das massas à terra e emprego de um aparelho de protecção de corte automático associado – Sistema TT

Princípio da medida

É no aparelho de corte automático que se baseia a segurança desta medida e em particular na coordenação entre a regulação do dispositivo de corte e o valor da resistência de terra.

A ligação das massas à terra só é eficaz se o dispositivo de corte automático associado obedecer às regras a seguir enunciadas.

Para compreender o mecanismo desta medida de protecção considere mos o esquema de um defeito de isolamento num receptor alimentado por uma rede trifásica, cujo ponto neutro está directamente ligado à terra (ver figura).

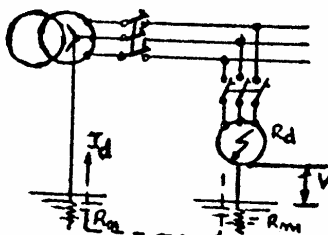
AAT

CIE – 2003/2004

1

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema TT



Em caso de defeito de isolamento estabelece-se uma corrente no circuito de defeito. A protecção é assegurada se a diferença de potencial V entre a massa sob tensão e um elemento condutor, suposto ao potencial da terra, não for superior ao limite perigoso (geralmente 25 Volt).

As duas condições às quais deve satisfazer a medida são as seguintes:

1º - a corrente de defeito franco ($R_d=0$) deve assegurar o funcionamento tão rápido quanto possível do dispositivo de corte automático.

AAT

CIE – 2003/2004

2

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema TT

Esta condição impõe portanto a eliminação rápido do defeito numa instalação ou numa parte da mesma, sem o que se poderia comprometer a qualidade dos materiais utilizados e principalmente provocar aquecimentos prejudiciais, da mesma forma que em caso de defeito entre condutores de diferente polaridade.

Esta condição determina a corrente de regulação do dispositivo de corte, como veremos mais adiante.

2º - Qualquer massa não pode ficar, em relação a uma tomada de terra electricamente distinta, a um potencial superior a um limite considerado como perigoso. Esta condição interessa aos defeitos não francos, cujo valor é insuficiente para assegurar o funcionamento do dispositivo de corte.

Esta condição é exclusivamente uma condição de segurança imposta para que uma pessoa não possa tocar uma massa que apresente uma diferença de potencial em relação a uma resistência de terra electricamente distinta.

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema TT

O valor da diferença de potencial considerada como limite perigoso é fixada em 25 Volt em locais condutores (húmidos ou temporariamente húmidos) e 50 Volt nos outros casos.

Condição de corte em caso de defeito franco

A primeira condição traduz-se por uma relação entre a corrente de regulação do dispositivo de protecção e a impedância do circuito de defeito. Com efeito a corrente de defeito franco é igual ao quociente entre a tensão simples e a soma das impedâncias do circuito de defeito; este circuito compreende três partes:

- a resistência de ligação à terra do neutro, R_n ;
- a resistência dos condutores de ligação, incluindo o elemento condutor constituído pela terra;
- a resistência de ligação à terra das massas, R_m .

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema TT

Na prática, é necessário dispor de uma tomada de terra distinta da das massas para verificar a eficácia desta medida.

Falamos de resistências e não de impedâncias; com efeito as reactâncias são geralmente desprezáveis em relação ao valor da resistência. No entanto, alguns aparelhos de medida permitem medir efectivamente o valor da impedância total do circuito, chamada impedância do ramo de defeito.

A resistência dos condutores de ligação é geralmente muito baixa em relação aos valores de outras resistências, principalmente em relação à resistência de ligação à terra das massas, tendo portanto pouca influência no valor da resistência total do ramo de defeito.

O valor da corrente de defeito franco ($R_d=0$) é portanto:

$$I_d = \frac{U}{R_n + R_m}$$

AAT

CIE – 2003/2004

5

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema TT

Admite-se que a primeira condição é verificada se o valor desta corrente de defeito I_d for pelo menos igual à intensidade de corrente que provoca o funcionamento do dispositivo de corte em menos de 5 segundos no caso de a tensão de contacto previsível for de 25 Volt e 1 segundo no caso de esta tensão for de 50 Volt.

Para tensões de contacto mais elevadas o quadro seguinte, o qual consta do Regulamento de Segurança actualmente em vigor, dá-nos o valor do tempo máximo de actuação do aparelho de protecção.

Tensão de contacto previsível (V)	Tempo máximo de actuação do aparelho de protecção (s)
25	5
50	1
70	0,5
80	0,4
110	0,2
150	0,1
220	0,05
280	0,03

AAT

CIE – 2003/2004

6

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema TT

O quadro seguinte indica-nos, para as diferentes intensidades de corrente nominais dos dispositivos de protecção o valor máximo da impedância do ramo de defeito, para uma tensão simples de 230 Volt.

Corrente nominal dos corta-circuitos fusíveis, ou corrente de regulação dos disjuntores, ou corrente de funcionamento dos dispositivos diferenciais	Impedância máxima do ramo de defeito (ohm)
5 ou 6 A	11 ohm
10 A	6,3 ohm
15 ou 16 A	4,0 ohm
20 A	3,1 ohm
25 A	2,4 ohm
30 A	1,7 ohm
Dispositivos diferenciais	
650 mA	338 ohm
300 mA	733 ohm
100 mA	2200 ohm
30 mA	7333 ohm
10 mA	22000 ohm

AAT

CIE – 2003/2004

7

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema TT

Os últimos valores deste quadro parecem extremamente elevados, mas no entanto examinemos como se aplica a segunda condição de limitação do potencial das massas.

Condição de limitação do potencial das massas

Esta condição é destinada, como vimos, a limitar a diferença de potencial entre a massa em defeito e qualquer elemento condutor, quando a corrente de defeito não faz funcionar o dispositivo de corte automático.

Considerando o esquema atrás apresentado, verifica-se que esta diferença de potencial é praticamente igual à queda de tensão na resistência de terra das massas. O que equivale a dizer que, para que esta condição seja assegurada, é necessário que o produto da resistência de terra das massas pela intensidade máxima da corrente de defeito que não assegura o funcionamento do aparelho de corte não seja superior ao valor limite fixado, de 25 ou 50 Volt, conforme os casos.

AAT

CIE – 2003/2004

8

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Sistema TT

Esta condição dá-nos os valores máximos da resistência de terra das massas:

$$R_m I_d \leq U_s$$

O quadro seguinte indica estes valores.

O quadro começa por um valor da resistência de terra de 0,5 ohm que corresponde já a uma excelente tomada de terra, dificilmente realizável. Qualquer valor inferior seria ilusório e não teria de facto nenhum sentido, porque é necessário ter em conta a variação da resistência com a humidade e o envelhecimento eventual dos terrenos. Impor-se um valor tão baixo não seria compatível com a segurança.

Na prática uma resistência de terra de 1 ohm é o mínimo abaixo do qual não se poderá descer.

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Sistema TT

Resistência de terra de terra das massas (ohm)	Calibre máximo do dispositivo de corte automático		
	Corrente nominal dos corta-circuitos (A)	Corrente de regulação dos disjuntores (A)	Corrente de funcionamento dos Disp. Diferenciais (mA)
0,5	30 A	30 A	(1)
0,6	25 A	30 A	(1)
0,7	20 A	25 A	(1)
0,9	15 ou 16 A	20 A	(1)
1,2	10 A	16 A	(1)
1,8	6 A	10 A	(1)
3,7	-	6 A	(1)
37	-	-	650 mA
80	-	-	300 mA
240	-	-	100 mA
800	-	-	39 mA
2400	-	-	10 mA

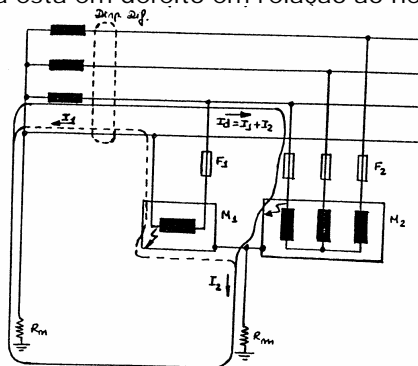
(1) - Os diferenciais convêm qualquer que seja a sua corrente diferencial nominal

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema TT

Análise do sistema no caso de defeito inicial no neutro

Imaginemos uma instalação eléctrica com 2 receptores, por exemplo, um monofásico e outro trifásico protegidos por um só aparelho diferencial e imaginemos que no momento da ocorrência do defeito de isolamento num dos receptores e outro já está em defeito em relação ao neutro (ver figura).



AAT

11

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema TT

A presença simultânea dos 2 defeitos implica a existência de uma divisão da corrente de defeito em duas: uma corrente que se fecha pelas terras (R_m e R_n) e outra que se fecha pelo defeito no neutro.

As massas podem, portanto, ser elevadas a um potencial superior ao máximo permitido, sem qualquer acção de corte por parte do dispositivo diferencial, com a consequente não garantia de protecção integral das pessoas.

Pode-se verificar que tal situação não ocorre desde que se respeite uma expressão do tipo:

$$R \leq \frac{U_s}{2I_d}$$

em que R é resistência dos condutores de protecção entre a massa de um aparelho eléctrico e a ligação equipotencial principal; U_s é a tensão limite de segurança; I_d é a intensidade de funcionamento em 1 segundo do dispositivo de protecção contra sobreintensidades da canalização de alimentação do aparelho em que se produz o defeito na fase, no nosso caso, um fusível.

AAT

CIE – 2003/2004

12

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema TT

A expressão indicada traduz uma situação de segurança complementar da inicialmente prevista protecção por ligação das massa à terra e emprego de um dispositivo diferencial, devendo, em situação normal, a protecção contra contactos indirectos ser assegurada pela medida activa já referida.

A condição apresentada define comprimentos máximos de condutores de protecção. De facto temos:

$$r \frac{L}{S} \leq \frac{U_s}{2I_d}$$

ou seja:
$$L \leq \frac{SU_s}{2rI_d}$$

Na prática, o incidente em estudo é relativamente raro e por isso a situação descrita é severa em condições normais de exploração.