

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema IT

NEUTRO ISOLADO OU IMPEDANTE – SISTEMA IT

Introdução

Como indicam as letras constituintes da sigla que identifica este sistema de protecção:

- o ponto neutro da instalação encontra-se isolado da terra ou ligado a esta através de uma impedância de valor conveniente;
- as massas da instalação estão directamente ligadas à terra através de eléctrodo(s) independente(s).

Pelas características especiais da ligação à terra do ponto neutro, neste sistema, este não é utilizado em instalações alimentadas por rede pública de distribuição de energia.

A concepção base da segurança das pessoas neste sistema reside no facto de se dimensionar uma impedância Z por forma que, na ocorrência de um primeiro defeito, o potencial das massas não seja levado a um potencial perigoso.

AAT

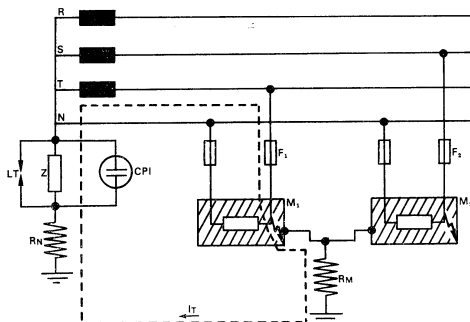
CIE – 2003/2004

1

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema IT

O esquema de princípio deste sistema é indicado na figura seguinte:



A ocorrência de um primeiro defeito na massa M_1 , nas condições apontadas, não provoca o corte imediato da alimentação deste aparelho, deixando-se essa acção para a ocorrência de um segundo defeito, desde que a impedância Z apresente um valor que limite a corrente I_T , de primeiro defeito, a um valor dado por: $R_M I_T \leq U_S$.

AAT

CIE – 2003/2004

2

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema IT

Assim, se por exemplo:

$$Z = 180 \text{ ohm}; \quad R_M = 25 \text{ ohm}; \quad R_N = 25 \text{ ohm}$$

A tensão de contacto nas massas é, portanto:

$$U_c = R_M I_T = 25 \times 230 / (180 + 25 + 25) = 25 \times 1 = 25 \text{ Volt}$$

Com este valor é inferior a U_S , suposto igual a 25 ou 50 Volt, não haverá necessidade de processar o corte imediato da instalação defeituosa.

Entretanto a tensão nos terminais da impedância Z é

$$U_Z = I_T Z = 1 \times 180 = 180 \text{ Volt}$$

A existência desta tensão deverá fazer funcionar um controlador permanente de isolamento (CPI) que sinalizará a ocorrência deste primeiro defeito, a fim de que se proceda à sua eliminação com a maior brevidade possível.

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema IT

No caso de vir a ocorrer um segundo defeito na massa M_2 , antes da eliminação do defeito anterior, tudo se passa como houvesse um curto-circuito entre fases, e consequentemente dando lugar à actuação dos dispositivos de protecção contra sobreintensidades do, ou dos circuitos defeituosos.

Na figura anterior podemos ainda ver que, quando a alimentação da instalação é efectuada por uma rede de média tensão, se torna aconselhável a existência de um limitador de sobretensões. Esta medida é necessária sobretudo se o neutro se encontrar totalmente isolado da terra.

AS CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA IT

A distribuição do condutor neutro

A adopção do sistema IT para assegurar a protecção de pessoas numa instalação eléctrica permite, como vimos, diferir o corte da alimentação para o 2º defeito. Permitindo assim uma continuidade de serviço praticamente absoluta desde que:

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

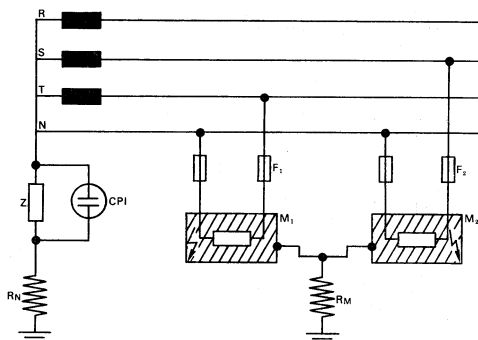
Sistema IT

- exista um controlador permanente de isolamento que sinalize convenientemente a ocorrência do 1º defeito:
- a instalação seja permanentemente assistida por pessoal qualificado que elimine o 1º defeito em tempo útil.

Sendo esta possibilidade de garantia de uma continuidade de serviço notável a principal vantagem deste sistema, haverá que procurar eliminar todas as situações que possam diminuir a sua fiabilidade nesse domínio. Observemos como a existência de um condutor neutro distribuído na instalação pode ser causa de alguma incerteza no funcionamento do sistema, a nível daquela continuidade de serviço (ver figura).

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema IT



Se ocorrer um primeiro defeito na massa M1 e esse defeito consistir na ligação acidental do condutor neutro à massa, não circulará qualquer corrente de defeito e por isso não haverá qualquer tensão nos terminais da impedância Z.

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema IT

O controlador permanente de isolamento não detecta este defeito e ele permanecerá desconhecido até que um 2º defeito ocorra, na massa M_2 por exemplo, provocando o corte da instalação de uma forma inesperada. Para além do inconveniente apontado a distribuição do condutor neutro apresenta ainda a desvantagem de necessitar de protecção contra sobreintensidades como qualquer condutor de fase.

Com efeito, no exemplo apresentado na figura, pode verificar-se que a corrente de duplo defeito percorre o condutor de fase da massa M_2 , o condutor de equipotencialidade e o condutor neutro da massa M_1 . No caso de serem substancialmente diferentes as secções dos condutores que alimentam os dois receptores, supondo que os condutores que alimentam o receptor 1 são os de menor secção, será necessária a existência de protecção contra sobreintensidades no condutor neutro deste receptor a fim de que este condutor não possa ser percorrido por correntes substancialmente superiores às que pode suportar.

AAT

CIE – 2003/2004

7

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema IT

Conclui-se portanto que a utilização do sistema IT é mais vantajosa quando são apenas distribuídas as 3 fases, não sendo distribuído o condutor neutro. As necessidades de tensão de 230 Volt serão então supridas pela utilização de transformadores 400/230 Volt.

As condições de instalação

Como é facilmente observável no esquema de princípio do sistema IT, após a ocorrência de um primeiro defeito, e caso este não seja eliminado, ficamos numa situação semelhante à que existe no sistema TN, isto é temos um condutor activo, aquele que entrou em avaria, ao potencial da terra e da massa onde ocorreu o defeito.

Assim, para que a diferença de potencial susceptível de vir a surgir entre a massa metálica do receptor defeituoso e as massas metálicas vizinhas não possa atingir valores superiores aos determinados pela curva de segurança, torna-se necessária a ligação equipotencial de todas as massas metálicas simultaneamente acessíveis. CIE – 2003/2004

8

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema IT

A secção e o comprimento destas interligações devem ser tais que garantam que, enquanto se processa o corte automático da alimentação, não sejam excedidos os valores de tensão de contacto máximo admissível.

Esta interligação permite também que a corrente de duplo defeito possa circular e atingir valores suficientemente elevados para fazer actuar, nos tempos máximos admitidos pela curva de segurança, os dispositivos de protecção contra sobreintensidades dos circuitos sedes das avarias.

Observando a figura seguinte podemos seguir o percurso da corrente de duplo defeito referida, notando-se que a impedância do respectivo circuito de defeito é superior à de um defeito simples no caso do uso de um sistema TN. Como já foi referido a protecção fica assegurada pelos órgãos de protecção de máximo de intensidade dos circuitos afectados, já que o resultado do conjunto dos dois defeitos se assemelha a um curto-circuito entre as fases R e T.

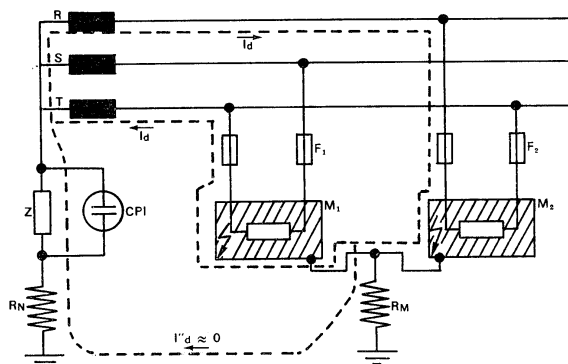
AAT

CIE – 2003/2004

9

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema IT



No caso de não se tornar possível efectuar a interligação das massas metálicas da instalação, ficando estas individualmente ligadas à terra (ver figura seguinte), a protecção apenas ficará assegurada pelo emprego de aparelhos de protecção sensíveis à corrente diferencial residual.

AAT

CIE – 2003/2004

10

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema IT

Com efeito, se ocorrer, por exemplo, o duplo defeito indicado, circulará no respectivo circuito de defeito a corrente I''_d que, limitada pelas resistências de terra R_{M1} e R_{M2} será certamente insuficiente para fazer actuar as protecções contra sobreintensidades dos circuitos defeituosos, nos tempos exigidos pela curva de segurança. Se suposermos que, por exemplo:

$$R_{M1} = 2 \text{ ohm} \quad \text{e} \quad R_{M2} = 3 \text{ ohm}$$

e que os fusíveis têm os calibres:

$$F_1 = 32 \text{ A (gG)} \quad \text{e} \quad F_2 = 63 \text{ A (gG)}$$

temos que:

$$I''_d = U_{RT} / (R_{M1} + R_{M2}) = 400 / (2 + 3) = 80 \text{ A.}$$

A tensão de contacto na massa M1 é, portanto:

$U_{C1} = I''_d \times R_{M1} = 80 \times 2 = 160 \text{ Volt}$, à qual corresponde pela curva de segurança um tempo máximo de corte de cerca de 0,1 segundos.

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema IT

A tensão de contacto na massa M_2 é de:

$$U_{C2} = I''_d \times R_{M2} = 80 \times 3 = 240 \text{ Volt},$$

à qual corresponde um tempo máximo de corte de cerca de 0,05 segundos.

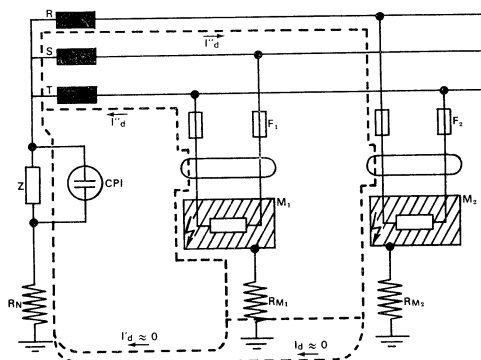
Ora, o tempo de actuação do fusível de 32 A quando percorrido pela corrente de 80 A é, pela respectiva curva de funcionamento de cerca de 300 segundos, pelo que se verifica uma ausência de segurança no circuito considerado, mesmo com resistências de terra excepcionalmente baixas.

Por este motivo, o único meio seguro a utilizar é o recurso a aparelhos diferenciais, protegendo cada um deles o conjunto dos receptores ligados a cada eléctrodo de terra da instalação de utilização.

Convém notar que, na análise precedente, foram desprezadas as correntes I_d e I'_d que, originadas em cada um dos defeitos, se fecham pela impedância Z . Estas correntes são efectivamente muito pequenas relativamente à corrente I''_d e, por hipótese, não são suficientes para elevar o potencial de cada uma

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS Sistema IT

das massas a uma tensão superior à tensão de segurança.



AAT

CIE – 2003/2004

13

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS Sistema IT

A protecção contra contactos indirectos

Embora possa parecer que um sistema de distribuição em que nenhum dos condutores activos é ligado à terra permite, em qualquer altura, o contacto directo de uma pessoa ao potencial da terra com qualquer desses condutores activos, tal não corresponde à verdade.

Com efeito, existindo em todas as instalações eléctricas correntes de fuga mais ou menos apreciáveis, o contacto directo de uma pessoa com um condutor activo poderá originar situações em que a segurança fique comprometida, nomeadamente no caso do somatório daquelas correntes de fuga ultrapassar o limiar da corrente fisiologicamente não perigosa.

Tal pode acontecer, sobretudo, em instalações extensas ou que alimentem muitos receptores com correntes de fuga importantes, receptores com resistências não blindadas, circuitos de iluminação do tipo fluorescente, etc., pelo que deverão ser tomados os cuidados indispensáveis por forma a impossibilitar a realização deste tipo de contactos.

AAT

CIE – 2003/2004

14

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema IT

Considerações de ordem prática e aplicações do sistema IT

- 1- O sistema IT, como pode deduzir-se do que foi apresentado, é o sistema ideal para as utilizações que exijam uma continuidade de serviço garantida, uma vez que o corte da alimentação é produzido apenas quando ocorre o segundo defeito de isolamento relativamente à terra. Assim em zonas operatórias de hospitais, em fábricas textéis (tecnologia dos nylons e outras fibras sintéticas), em siderurgias e fundições, etc. este é o sistema mais adequado, e é vulgarmente utilizado.
- 2- O sistema IT não pode ser utilizado em instalações alimentadas por redes públicas de distribuição de energia.
- 3- Uma vez que é sempre possível que surja um defeito franco de uma fase à terra torna-se necessário que todo o equipamento de uma instalação usando o sistema IT seja preparado para suportar a tensão composta da instalação.

AAT

CIE – 2003/2004

15

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema IT

- 4- Convindo reduzir, tanto quanto possível, a corrente de primeiro defeito, já que é esta corrente que faz surgir a tensão de contacto a ele associada e que deve ser inferior à tensão de segurança é necessário limitar ao máximo as correntes de fuga da instalação, o que conduz quase sempre a uma diminuição significativa da sua extensão.

De facto, da figura pode observar-se que a corrente que percorre a resistência de terra da massa M (R_M) é:

$$I_{d1} = I_Z + I_{fgT} + I_{fgR}, \text{ em que:}$$

I_Z – corrente de primeiro defeito, que se fecha pela impedância Z;

I_{fgR} e I_{fgT} – correntes devidas às impedâncias de fuga Z_{fT} e Z_{fR} .

Como: $U_c = R_M \times I_{d1}$

Torna-se, portanto, necessário reduzir tanto quanto possível os valores de I_{fgT} e I_{fgR} , para que não se corra o risco de que U_c ultrapasse a tensão de segurança (25 ou 50 Volt).

AAT

CIE – 2003/2004

16

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema IT

5- Pelas características específicas deste sistema, a sua utilização deve ser prevista expressamente na elaboração do projecto da instalação eléctrica, tornando-se necessário um estudo profundo das condições de protecção, nomeadamente no que se refere ao comprimento máximo das canalizações, relacionado com o comportamento dos aparelhos de protecção contra sobreintensidades, no caso da ocorrência de duplo defeito, afectando dois quaisquer aparelhos de utilização.

17

17

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS
Sistema IT

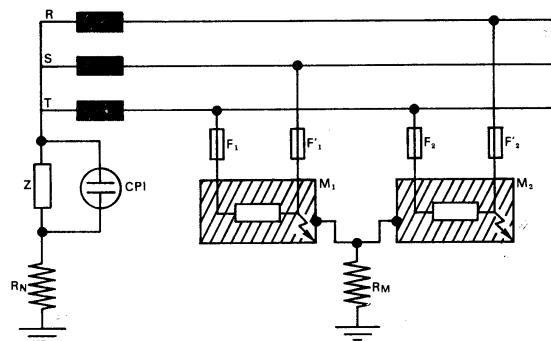
De outra forma correr-se-á o risco de que não sejam atingidos valores que façam actuar as protecções dentro de tempos consentâneos com as curvas de segurança.

6- O estudo referido no ponto anterior deverá estender-se a outras consequências de um duplo defeito, que, embora podendo não causar perigo imediato para a segurança das pessoas, possa alterar o funcionamento normal das instalações e modificar as condições de utilização de cada um dos elementos dos circuitos afectados.

AAT

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS Sistema IT

De facto, veja-se, a título de exemplo o caso ilustrado na figura seguinte:



Supõe-se, como é natural, que os corta-circuitos fusíveis que protegem o circuito do receptor 1 são de igual calibre, o mesmo sucedendo relativamente ao circuito que alimenta o receptor 2.

AAT

CIE - 2003/2004

19

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS Sistema IT

Supõe-se ainda que o calibre dos corta-circuitos fusíveis F_1 e F'_1 é muito inferior ao calibre dos corta-circuitos fusíveis F_2 e F'_2 .

A ocorrência do duplo defeito indicado provocará a circulação de uma corrente de defeito entre as fases R e S, que fará funcionar o fusível F'_1 . Esta situação não impede que o receptor M_1 continue em serviço, de uma forma anómala, passando a respectiva corrente de funcionamento a fechar-se pelo condutor de equipotencialidade, em direcção à fase R. Tal situação fará aparecer uma tensão de contacto entre as duas massas, dependente da resistência do condutor de interligação e da corrente posta em jogo, que poderá eventualmente atingir um valor perigoso.

Deve notar-se contudo que, ainda que não venha a ser alcançado um valor perigoso da tensão de contacto, uma situação como a descrita é potencialmente perigosa pelo facto de um condutor afecto a funções exclusivas de protecção passar a ser percorrido por uma corrente de funcionamento normal de um aparelho de utilização.

AAT

CIE - 2003/2004

20

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema IT

Casos destes poderão obrigar à utilização de dispositivos diferenciais ou, pelo menos, ao uso de aparelhos de protecção de funcionamento omnipolar.

7- Tal como acontece quando o sistema de protecção de pessoas contra contactos indirectos numa instalação é realizada pelo sistema TN, também no caso da utilização do sistema IT se torna indispensável que a instalação eléctrica seja assistida por pessoal qualificado e competente.

Na realidade, sendo a principal vantagem do uso do sistema IT, a garantia por este oferecida de uma boa continuidade de serviço, a falta de vigilância do estado de isolamento dos circuitos pelo controlador permanente de isolamento, e/ou a não intervenção da equipa de intervenção em tempo oportuno comprometerão de uma forma absoluta aquela garantia e eliminarão certamente o investimento suplementar a nível de projecto, equipamento e exploração que foi efectuado com aquela finalidade.

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema IT

Pesquisa do 1º defeito

A protecção contra os contactos indirectos no sistema IT, quando do 1º defeito, é assegurada pelo sinal sonoro ou visual fornecido pelo controlador permanente de isolamento (CPI).

Esta detecção baseia-se no seguinte: um gerador aplica uma tensão de baixa frequência e de baixo nível entre a rede a vigiar e a terra. Este sinal traduz-se numa corrente de fuga que se pode medir e que reflete o estado de isolamento da rede.

Os sistemas de baixa frequência são utilizáveis em instalações de corrente contínua e certas versões permitem fazer a distinção entre a parte resistiva e a parte capacitiva da corrente de terra.

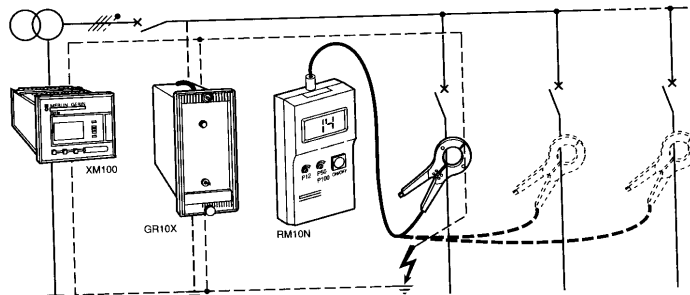
As realizações modernas permitem medir a evolução da corrente de fuga: a prevenção do 1º defeito torna-se assim possível. As medidas são transmitidas por bus com a finalidade do seu tratamento automático.

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS Sistema IT

Podemos assim considerar:

- a pesquisa móvel manual

O gerador pode ser fixo (XM100) ou móvel (ver figura: GR10X portátil, permitindo o controle fora de tensão) e o receptor assim como as pinças amperimétricas são móveis.



AAT

CIE – 2003/2004

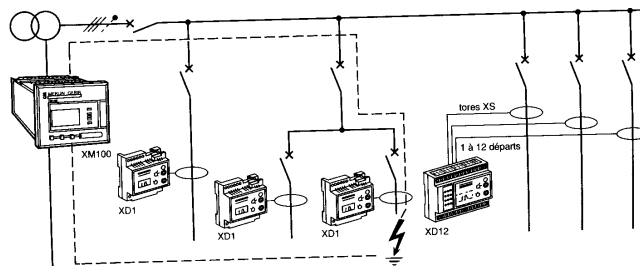
23

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS Sistema IT

- a pesquisa fixa automática

O controlador permanente de isolamento XM100 e os detectores XD1 ou XD12 associados a toros instalados em cada saída permitem dispor de um sistema de pesquisa automática sob tensão (ver figura).

Além disso, o aparelho indica o nível de isolamento e possui 2 limiares: um limiar de prevenção e um limiar de alarme.



AAT

CIE – 2003/2004

24

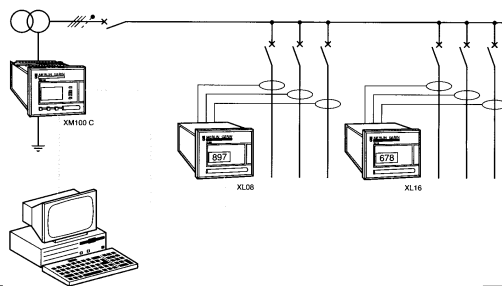
CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema IT

-pesquisa e exploração automática

O sistema permite igualmente comunicar com uma impressora e/ou com um computador o que permite dispor da visão sobre o conjunto da rede e do histórico (cronologia) da evolução do isolamento por cada saída (ver figura).

O controlador permanente de isolamento XM100C e os detectores XL08 ou XL16 associados a toros instalados em cada saída permitem esta pesquisa e a exploração automática.



AAT

25

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema IT

Caso do 2º defeito

Quando do 2º defeito no sistema IT impõe-se o corte automático. Este corte é concebido na concepção da instalação pelo cálculo dos comprimentos máximos de cabo a não ultrapassar a jusante de um disjuntor ou de um fusível.

O princípio é o mesmo que foi descrito para o método convencional utilizado no sistema TN, quer dizer o cálculo dos comprimentos máximos a não ultrapassar a jusante de um disjuntor ou de um fusível. Mas, diante da impossibilidade prática de efectuar a verificação para cada configuração de duplo defeito, efectua-se um calculo para cada circuito tomando em conta o caso mais desfavorável: um outro defeito sobre um circuito idêntico.

Quando o neutro não é distribuído o defeito consiste num defeito entre fases e a tensão correspondente é $U_0\sqrt{3}$. O comprimento

AAT

CIE – 2003/2004

26

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Sistema IT

máximo é então dado por :

$$L_{\max} = \frac{0,8 \times U_0 \times \sqrt{3} \times S_f}{2 \times r \times (1 + m) \times I_d}$$

Se o neutro for distribuído, a tensão a tomar em atenção é a tensão simples U_0 , e o comprimento possível do circuito é duas vezes menor que no sistema TN.

$$L_{\max} = \frac{0,8 \times U_0 \times S_f}{2 \times r \times (1 + m) \times I_d}$$

em que:

ρ = resistividade;

= 0,027 ohm mm² / m, para o cobre;

= 0,0429 ohm mm² / m, para o alumínio.

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Comparação dos diferentes regimes de neutro

Sistema	Características gerais			Vantagens	Desvantagens
	Tipo de operação	Princípio básico de protecção de pessoas	Exigências complementares		
TT	Corte ao 1º defeito fase-massa	Ligação do neutro à terra da alimentação e das massas a terras independentes. Uso de dispositivos diferenciais	Selectividade entre diferenciais, se necessário.	<ul style="list-style-type: none"> - Facilidade de projecto - Simplicidade de manutenção - Qualidade da instalação supervisionada pelos Disp. Difer. 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo adicional dos disp. difer.

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Comparação dos diferentes regimes de neutro

TN	Corte ao 1º defeito fase-massa	Ligação do neutro e da alimentação. Uso dos dispositivos de protecção contra sobrentensões na protecção	Definição de comprimentos máximos de circuitos em função das condições de corte. Complemento da segurança por ligações equipotenciais ou por disp.difer.	Dispositivos de protecção contra sobrentensões protegendo também contra contactos indirectos. Possibilidade de economia de condutores (condutores PEN).	Massas sujeitas a sobrentensões do neutro da alimentação. Exigência de pessoal especializado na manutenção. Dimensionamento mais complexo.
----	--------------------------------	---	--	---	--

AAT

CIE – 2003/2004

29

CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Comparação dos diferentes regimes de neutro

IT	Corte ao 2º defeito fase-massa	Alimentação ligada à terra através de impedância. Massas ligadas à terra através de electrodos independentes...	Necessidade de vigilância permanente do isolamento. Analogia com o sistema TT quando as massas não são interligadas. Analogia com o sistema TN quando as massas são interligadas.	Necessidade de uso de CPI. Exigência de pessoal especializado na manutenção. Dimensionamento mais complexo.
----	--------------------------------	---	---	---

AAT

CIE – 2003/2004

30