

Análise dos sistemas de protecção de pessoas contra contactos indirectos

O sistema de neutro isolado ou impedante (IT-CEI 364-3-1):
Análise das condições de protecção do segundo defeito

L. M. VILELA PINTO
Engenheiro electrotécnico (UP)

resumo

Apresentam-se os principais tópicos necessários à análise das condições de protecção de pessoas contra contactos indirectos no sistema IT (CEI 364-3-1) para a situação de segundo defeito.

1. INTRODUÇÃO

Já foi visto em artigo anterior quais as regras base para exploração de um sistema de protecção de pessoas contra contactos indirectos em que o neutro se encontra isolado ou impedante.

Foram também analisadas as características de protecção para o caso do primeiro defeito, tendo sido apontadas algumas condições a respeitar, nomeadamente para cálculo da impedância de ligação do neutro à Terra (caso do neutro impedante), para regulação do limiar do funcionamento dos aparelhos para controlo permanente do isolamento (C. P. I.) e para escolha do aparelho limitador de sobretensões (L. T.).

A presença de um segundo defeito simultâneo com o primeiro e afectando fases distintas vai implicar uma situação do verdadeiro curto-circuito, havendo neste caso a hipótese de subida da tensão de contacto a níveis superiores aos das tensões limite convencionais predefinidas.

Em seguida veremos como é possível garantir a protecção de pessoas nestas circunstâncias.

2. ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE PROTECÇÃO EM CASO DE SEGUNDO DEFEITO

Imaginemos dois receptores trifásicos sem neutro ligados a circuitos de uma instalação em sistema IT e imaginemos a existência de um defeito simultâneo em duas fases distintas, estando as massas afectadas ligadas a uma mesma Terra (fig. 1).

abstract

This paper refers the main topics to the analysis of protection conditions against indirect contacts in electric plants using IT System (according IEC 364-3-1) for the situation of second fault.

A corrente do duplo defeito I_{M1M2} poderá ser obtida a partir do conhecimento das correntes de curto-circuito para M1 (I_{M1}), para M2 (I_{M2}) e no ponto de derivação de M1 — o ponto A — (I_A).

Como⁽¹⁾

$$I_{M1} = \frac{U}{2Z_{M1}}$$

sendo Z_{M1} a impedância da malha de defeito para M1 (FAM1)

e
$$I_{M2} = \frac{U}{2Z_{M2}}$$

com Z_{M2} a impedância da malha de defeito para M2 (FAM2)

e
$$I_A = \frac{U}{2Z_A}$$

onde Z_A é a impedância da malha de defeito para A (FA)

e ainda
$$\frac{1}{I_{M1M2}} = \frac{1}{I_{M1}} + \frac{1}{I_{M2}} - \frac{1}{I_A}$$

⁽¹⁾ A expressão da corrente do curto-circuito unipolar é dada por uma expressão do tipo indicado [1].

será

$$I_{M1M2} = \frac{U}{2Z_{M1} + 2Z_{M2} - 2Z_A}.$$

Como $I_A \gg I_{M1}$ e I_{M2} podemos desprezar o termo $1/I_A$ em relação aos outros termos pelo que

$$I_{M1M2} \simeq \frac{I_{M1} I_{M2}}{I_{M1} + I_{M2}} \simeq I_{M1} \frac{1}{1 + I_{M1}/I_{M2}}.$$

Esta situação é um pouco desinteressante de analisar pois, numa instalação, qualquer massa é susceptível de «estar» em duplo defeito com todas as outras massas da instalação, o que, para obtenção de conclusões, implicaria uma análise muito fastidiosa do problema, já que seria necessário:

- tomar em consideração todas as malhas de defeito possíveis;
- deduzir as impedâncias dessas malhas e a partir daí calcular as respectivas correntes;
- tomar em consideração os tempos máximos de funcionamento dos dispositivos de protecção contra sobreintensidades correspondentes a cada malha;
- verificar para cada situação as condições de protecção de pessoas: o tempo de corte do dispositivo de protecção contra sobreintensidades deve ser compatível com a curva de segurança definida para o local.

A ultrapassagem de uma situação deste tipo pode ser feita se aceitarmos que se encontram verificadas as condições de protecção para a situação de corrente mínima, isto é, para a malha mais desfavorável.

Esta situação é perfeitamente aceitável pois que, nos casos não considerados, serão de prever correntes de curto-circuito de maior valor, o que implicará condições de corte mais favoráveis em termos de segurança.

Nestas condições, a metodologia de verificação das condições de protecção contra contactos indirectos é idêntica à utilizada para o sistema TN [2] depois de feitas algumas adaptações.

A análise de uma condição de corte do tipo «1» [2], traduzida por uma expressão do tipo

$$I_{f(t \text{ segundos})} \leq I_d$$

leva-nos ao estudo dos casos a seguir discutidos.

a) *O condutor de protecção faz parte integrante da canalização (próximo dos condutores activos)*

A corrente de defeito é determinada a partir da impedância da malha de duplo defeito dada por uma expressão do tipo

$$Z_d = Z_s (1 + m)$$

em que Z_s é a impedância da malha de defeito para o ponto mais afastado do circuito (sendo de considerar um defeito franco fase-fase se o neutro não for distribuído e fase-neutro se o neutro for distribuído) e m a relação das secções dos condutores de fase e protecção para o circuito defeituoso.

Nestes termos,

$$I_{f(t \text{ segundos})} \leq \frac{U}{Z_s (1 + m)}$$

sendo U a tensão fase-neutro se o neutro é distribuído e entre fases no caso contrário.

b) *O condutor de protecção não faz parte integrante da canalização (afastado dos condutores activos)*

Nesta situação não é possível predeterminar a impedância da malha do defeito [2].

A verificação da condição de corte «1» poderá, neste caso, ser efectuada a partir da impedância da malha fase-massa Z'_s depois de convertida a instalação em sistema TN-B (imaginando o neutro da fonte directamente à Terra).

Nesta situação, a condição de corte «1» será verificada se

$$I_{f(t \text{ segundos})} \leq k \frac{U_N}{Z'_s}$$

em que U_N é a tensão fase-neutro do sistema «imaginado» e k um coeficiente, função dos tipos de circuitos existentes (com ou sem neutro distribuído).

Os valores de k são apresentados no quadro I.

A análise das condições de protecção para circuitos terminais pode interessar o conhecimento da condição de corte «2» [2].

Para o sistema IT a condição será mais violenta que no caso do sistema TN. Assim, terá de se verificar uma expressão do tipo

$$R_c \leq \frac{U_s}{2I_{f(5s)}}$$

em que R_c é a resistência do contacto entre a massa em estudo e o ponto mais próximo da equipotencial principal, U_s a tensão limite convencional pré-definida para o local e $I_{f(5s)}$ a intensidade de corrente de funcionamento em 5 s do dispositivo de protecção contra sobreintensidades da canalização que alimenta a massa em defeito.

QUADRO I

VALORES DO COEFICIENTE k

TIPOS DAS INSTALAÇÕES	CIRCUITOS SEM NEUTRO	CIRCUITOS COM NEUTRO
Instalações com neutro distribuído ...	0,5	$0,5 \frac{S_N}{S_f}^*$
Instalações com neutro distribuído ...	0,86	—

* S_N/S_f a considerar é o menor valor possível para os circuitos a montante do ponto considerado.

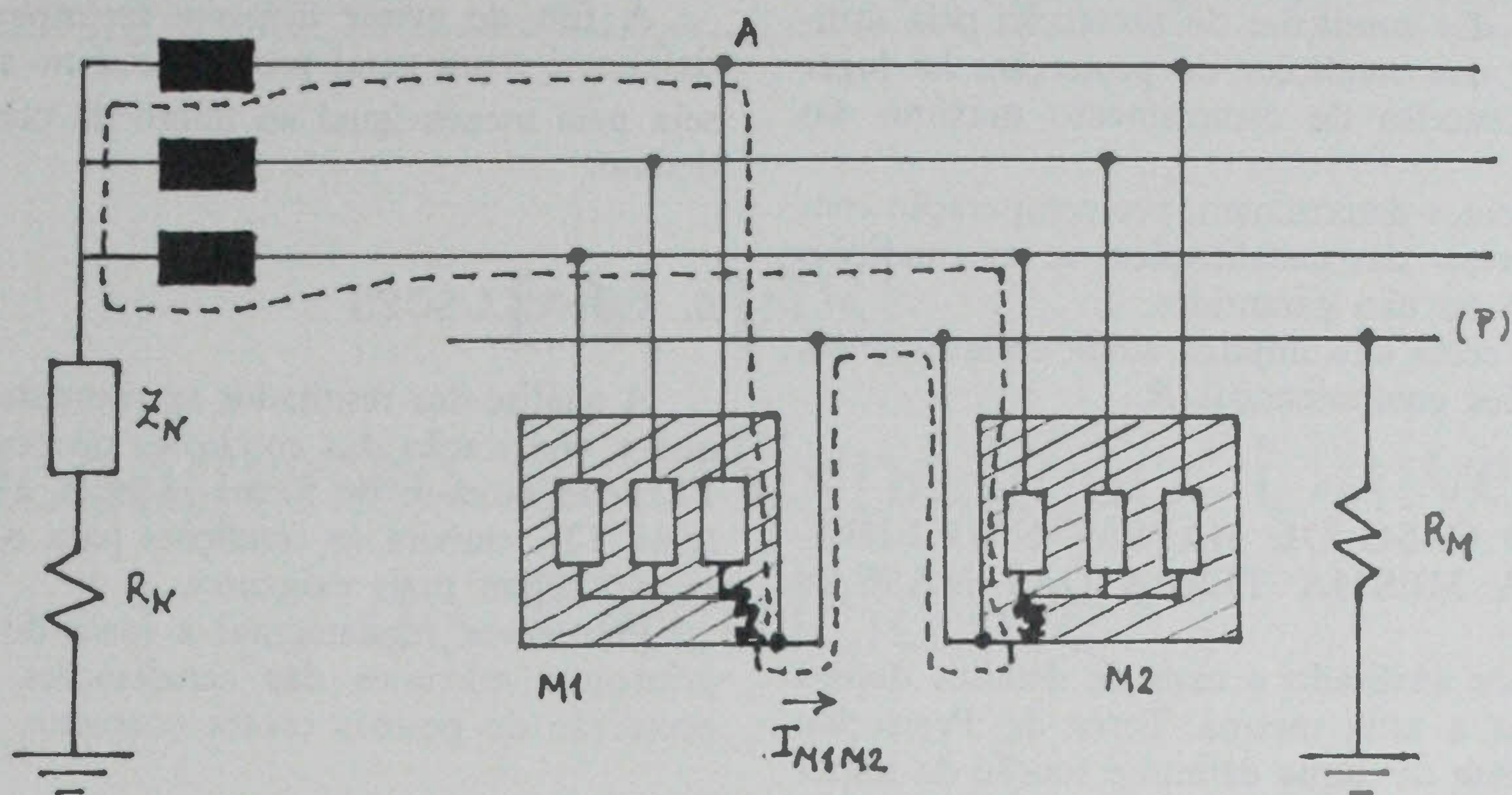


Fig. 1 — Sistema IT: duplo defeito simultâneo em fases distintas

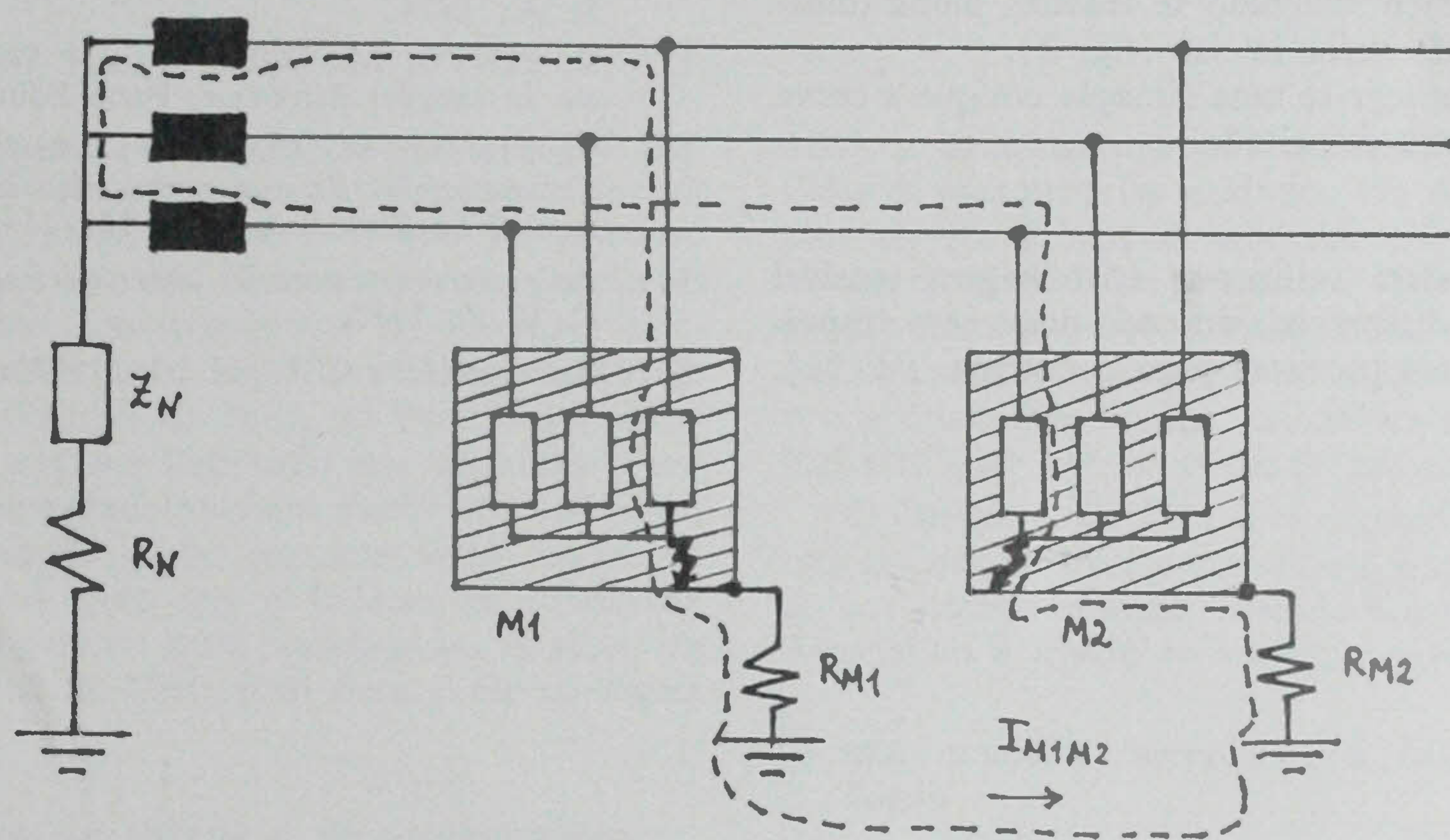


Fig. 2 — Sistema IT: duplo defeito para massas ligadas a Terras distintas

3. CÁLCULO DAS TENSÕES DE CONTACTO PREVISÍVEIS

A análise da condição de corte «1» pode ser acompanhada do cálculo aproximado da tensão de contacto previsível, a partir da tensão de defeito, sempre superior à tensão de contacto [2].

A expressão será do tipo

$$U_c = c U \frac{m'}{1+m'}$$

em que c é o coeficiente que introduz a influência da posição relativa dos dois defeitos (tomado normalmente igual a 0,8 se houver ligação equipotencial entre as massas em defeito) e m' a maior relação existente na instalação entre a secção dos condutores de fase e de protecção⁽²⁾.

No caso de não ser possível o cálculo da impedância da malha de defeito (caso b referido no parágrafo ante-

rior) a tensão de contacto real será dada por uma expressão do tipo

$$U_c = 2 U_N \frac{R_c}{Z'_s}$$

em que as variáveis têm os mesmos significados.

4. COMPRIMENTOS MÁXIMOS DAS CANALIZAÇÕES

A análise das expressões anteriores, função natural das impedâncias das malhas de defeito, leva a concluir

⁽²⁾ No sistema TN apenas nos interessava conhecer a relação m referente ao circuito de alimentação da massa em análise.

que na verificação das condições de protecção pela utilização de qualquer das condições de protecção, há lugar à associação do conceito de comprimento máximo das canalizações.

Esses comprimentos determinam, por comparação com os comprimentos reais das canalizações, se as condições de protecção estão ou não garantidas.

A condição de certo «2» implica ainda comprimentos máximos de ligações equipotenciais R_c .

5. ESTUDO DO CASO DE MASSAS NÃO LIGADAS A UMA MESMA TERRA DAS MASSAS

Até agora temos analisado o caso de defeitos duplos em massas ligadas a uma mesma Terra de Protecção. Vimos que a corrente de duplo defeito é função da impedância dos condutores constituintes da malha de duplo defeito e da fonte.

No caso presente, a corrente de duplo defeito é limitada também pelas resistências de Terra dessas massas, sendo de prever que o resultado se traduza numa diminuição substancial do valor inicial (fig. 2).

Poderá, assim, atingir-se uma situação em que a curva de segurança não seja respeitada.

Na situação poderá utilizar-se aparelhagem sensível à corrente residual-diferencial, devendo neste caso respeitar-se todas as regras previstas para o sistema TT [3].

A fim de evitar disparos intempestivos ao primeiro defeito, é regra geral providenciar no sentido de que $I_{\Delta n}$ seja pelo menos igual ao dobro da corrente do primeiro defeito.

6. CONCLUSÕES

A análise dos resultados apresentados permite concluir que a verificação das condições de protecção no sistema IT pode fazer-se de forma idêntica à usada para o sistema TN, embora as condições para o sistema agora em estudo sejam mais exigentes.

Permanece fundamental a ideia do respeito de comprimentos máximos das canalizações para garantia da protecção de pessoas contra contactos indirectos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] *Instalaciones eléctricas*; Manual Siemens, Vol. 1, Dossat, S. A., 1974.
- [2] V. PINTO, M. COELHO — *A Segurança das Pessoas em Instalações Eléctricas*; Porto Editora, Ld.ª, 1980.
- [3] V. PINTO, M. COELHO — *Análise dos Sistemas de Segurança das Pessoas contra contactos indirectos: o sistema TT*; *Electricidade* n.º 153/154, 1980.
- [4] *La protection contre les chocs électriques*; Guide pratique C. E. P., 1977.
- [5] Recomendação CEI 364-3-1 (1973).