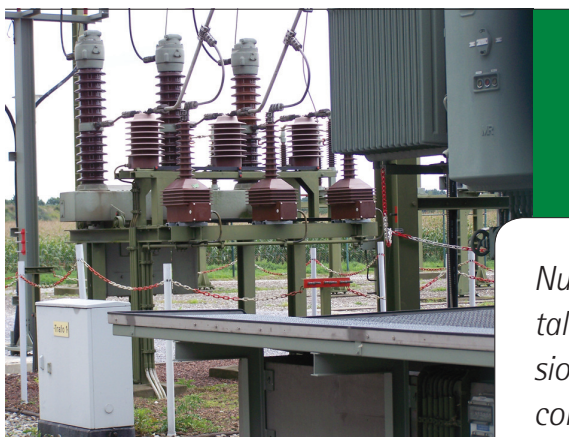


projecto de postos de transformação

{ 6ª PARTE – SISTEMAS DE TERRA E CONSIDERAÇÕES FINAIS }



Num posto de transformação, tal como em qualquer outra instalação eléctrica, a segurança é fundamental; por isso, o dimensionamento dos sistemas de terra assume tanta importância como o cálculo de qualquer outro componente.

1º INTRODUÇÃO

Os níveis de tensão eléctrica presentes num posto de transformação podem representar perigo para quem tem de trabalhar nele. Embora os equipamentos usados nos postos sejam concebidos de forma a impedir que as partes sob tensão estejam directamente acessíveis a quem tem acesso a ele, como consequência de uma avaria esses níveis de tensão podem encontrar-se em partes dos equipamentos que habitualmente não estão sob tensão. Por isso, para evitar que essa situação possa representar perigo, há que prover a instalação de sistemas de protecção, cujo cálculo tem por isso uma grande importância.

2º SISTEMAS DE TERRA DE PROTECÇÃO E SERVIÇO

Partindo do conhecimento da corrente máxima de defeito à terra pode calcular-se a impedância do neutro da MT (ou pode-se solicitar essa informação ao Distribuidor). A impedância é do tipo indutiva pelo que

$$R_N \cong 0 \, \Omega \text{ e } X_N \cong Z_N$$

$$Z_N = \frac{U}{\sqrt{3} \times I_d}$$

3º CIRCUITO DE TERRA DE PROTECÇÃO

À terra de protecção ligam-se as partes metálicas normalmente não sob tensão, tais como bastidores de quadros, ferragens dos aparelhos de manobra, carcaças de transformadores, malha de equipotencialização do posto com excepção das portas metálicas e componentes metálicos de janelas e grelhas de ventilação.

3.1º Parâmetros característicos dos eléctrodos

A resistência dos eléctrodos de terra pode ser representada sob a forma seguinte assim como as tensões de passo (1 m) e contacto:

$$R_t = \rho \times K_r \quad U_p = \rho \times I_d \times K_p \quad U_c = \rho \times I_d \times K_c$$

Onde:

R_t – resistência do eléctrodo, em Ω

ρ – resistividade do solo, em $\Omega \cdot m$

K_r – parâmetro do eléctrodo, ou resistência unitária, em $\Omega/(\Omega \cdot m)$

U_p – tensão de passo, em V

I_d – corrente de defeito à terra, em A

K_p – tensão unitária de passo, em $V/(\Omega \cdot m) \cdot (A)$

U_c – tensão de contacto, em V

K_c – tensão unitária de contacto, $V/(\Omega \cdot m) \cdot (A)$

Com este tipo de formulação a resistência do eléctrodo resulta função do parâmetro K_r e da resistividade do solo.

Para os eléctrodos normalizados, existem configurações típicas agrupando malhas, varetas, etc. para as quais são definidos os valores K_r , K_p e K_c .

Varetas dispostas em linha

Separação entre varetas – 6 m

Comprimento da vareta – 4 m

Diâmetro – 14 mm

Secção do condutor nu de interligação – 50 mm²**Profundidade – 0,5 m**

Número de varetas	Resistência unitária K_r	Tensão de passo unitária K_p
2	0,113	0,0208
3	0,075	0,0128
4	0,0572	0,00919
6	0,0399	0,00588
8	0,0311	0,00432

Tabela 1 · Parâmetros dos eléctrodos de tipo vareta dispostos em linha.

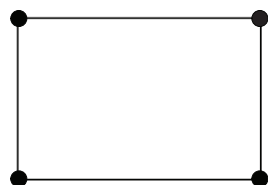
Profundidade – 0,8 m

Número de varetas	Resistência unitária K_r	Tensão de passo unitária K_p
2	0,110	0,0139
3	0,073	0,0087
4	0,0558	0,00633
6	0,0390	0,00408
8	0,0305	0,00301

Tabela 2 · Parâmetros dos eléctrodos de tipo vareta dispostos em linha.

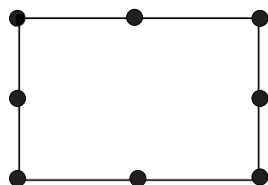
Malha rectangular reforçada com varetasSecção do condutor nu – 50 mm²

Diâmetro das varetas – 14 mm

Profundidade 0,8 m
Rectângulo 8x4 m

	Comprimento da vareta m	Resistência unitária K_r	Tensão de passo unitária K_p	Tensão de contacto exterior $K_c = K_{p(places)}$
Sem varetas	-	0,084	0,0119	0,0485
4 varetas	2	0,069	0,0105	0,0329
	4	0,059	0,0088	0,0251
	6	0,052	0,0074	0,0202
	8	0,046	0,0065	0,0168

Tabela 3 · Parâmetros do eléctrodo tipo malha.

Profundidade 0,8 m
Rectângulo 8x4 m

	Comprimento da vareta m	Resistência unitária K_r	Tensão de passo unitária K_p	Tensão de contacto exterior $K_c = K_{p(places)}$
8 varetas	2	0,063	0,0095	0,0277
	4	0,051	0,0073	0,0189
	6	0,043	0,0060	0,0141
	8	0,038	0,0050	0,0111

Tabela 4 · Parâmetros do eléctrodo tipo malha.

Em função das tabelas e dos parâmetros desejados K_r e K_p , escolhe-se o tipo de eléctrodo mais conveniente.

As varetas deverão ser enterradas verticalmente a uma profundidade de 0,8 m, e a ligação desde o PT até à primeira vareta será feita com cabo de cobre isolado de 0,6/1 kV protegido contra eventuais danos mecânicos.

3.2 Cálculo da terra de protecção

O cálculo do valor da terra de protecção é feito através de

$$R_t = \rho \times K_r \quad I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_N^2}}$$

e o valor da tensão de defeito obtém-se por

$$U_d = I_d \times R_t$$

O isolamento das instalações de baixa tensão do PT deverá ser maior que a tensão U_d calculada, para impedir que um defeito da AT propagando-se para a BT deteriore estes equipamentos.

Os valores normais de isolamento em BT são 4, 6, 8 e 10 kV.

O valor da intensidade de defeito deve igualmente ser superior ao limiar de actuação das protecções de AT de modo a poderem ser eliminadas.

4. CIRCUITO DE TERRA DE SERVIÇO

O RSSPTS admite a instalação de uma terra geral, de protecção e serviço, quando a sua resistência for inferior a 1Ω . No entanto, como tal resistência é normalmente difícil de obter, haverá duas terras distintas no posto de transformação.

A resistência da terra de serviço deverá ser inferior em qualquer altura a 20Ω .

4.1. Cálculo da terra de serviço

Considerado o eléctrodo a utilizar, usam-se os respectivos parâmetros para determinar R_M .

$$R_M = \rho \cdot K_r$$

R_M deve ser menor que 20Ω .

5. TENSÃO EXISTENTE NO EXTERIOR DA INSTALAÇÃO

A tensão de passo no exterior será calculada a partir das características do eléctrodo e do terreno por:

$$U_p = K_p \times \rho \times I_d$$

6. TENSÕES EXISTENTES NO INTERIOR DA INSTALAÇÃO

O piso deverá ser constituído por uma rede electrossoldada de diâmetro não inferior a 4 mm e malha não superior a 30x30 cm. Esta malha liga a pelos menos dois pontos de um colector de terra que corre ao longo do PT e ao eléctrodo de terra de protecção.

6.1. Tensão de passo de acesso

Obtém-se por:

$$U_{pases} = U_c = K_c \times I_d \times \rho$$

K_c – tensão unitária de contacto, em V/(Ω m)(A)

6.2. Cálculo das tensões limites

As tensões de passo e de acesso vêm confrontadas com as seguintes curvas calculadas na presunção de que o corpo humano possui uma resistência de 1000Ω e que cada pé pode ser assemelhado a um eléctrodo de chapa exercendo uma força de contacto com o solo de 250 N o que equivale a uma resistência avaliada em $3 \rho_s$, sendo ρ_s a resistividade superficial do terreno.

$$U_p = \frac{10k}{t^n} \left(1 + \frac{6 \times \rho_s}{6000} \right)$$

$$U_c = \frac{k}{t^n} \left(1 + \frac{1,5 \times \rho_s}{1000} \right)$$

No caso em que a resistividade superficial do terreno seja diferente para cada pé (caso de acesso ao PT), a tensão de passo virá dada pela expressão:

$$U_{pases} = \frac{10k}{t^n} \left(1 + \frac{3 \times \rho_s + 3 \times \rho'_s}{1000} \right)$$

Onde ρ_s e ρ'_s são as resistividades superficiais do terreno em que se apoiam os pés.

k e n são constantes em função do tempo de intervenção do aparelho de protecção dadas por:

Tempo de duração do defeito s	k	n
$0,9 \geq T \geq 0,1$	72	1
$3 \geq T > 0,9$	78,5	0,18

Caso as tensões de passo e contacto venham maiores que os valores dados pelas fórmulas citadas deverá refazer-se o projecto da rede de terra.

7ª DISTÂNCIA MÍNIMA ENTRE ELÉCTRODOS DE PROTECÇÃO E SERVIÇO

Esta distância pode ser calculada mediante a expressão:

$$d_{\min} = \frac{\rho \times I_d}{2000 \times \pi}$$

Em qualquer caso, regulamentarmente deve garantir-se uma distância mínima de 3 m.

8ª PROJECTO DE POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO COM RECURSO A SOFTWARE COMERCIAL

Várias empresas actuando na área dos sistemas eléctricos de energia disponibilizam pacotes de *software* para cálculo automático de PTs, facilitando a realização deste tipo de projecto.

Um desses casos é a empresa Efacec que tem gratuito para descarga no seu sítio Internet o programa VisualPuc.

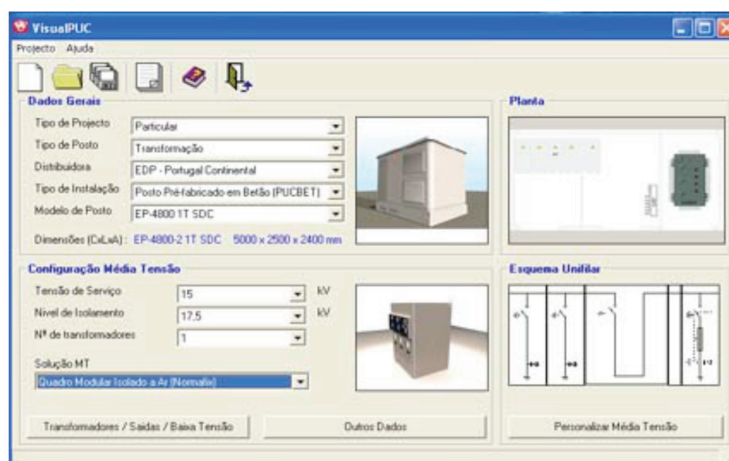


Figura 1 · Janela do programa VisualPuc – Efacec.

9ª CONCLUSÃO

O projecto de postos de transformação é uma actividade que, como tudo que são Instalações Eléctricas, entronca em várias domínios da técnica – eléctrica, mecânica, civil, ciência dos materiais, etc.

Como com o malabarista, existe sempre um limite máximo para a quantidade de bolas que se podem lançar ao ar sem as fazer cair. Essa é uma das dificuldades do projecto de Instalações Eléctricas mas constitui também um dos seus atractivos.

BIBLIOGRAFIA

- Regulamento de segurança de subestações, postos de transformação e de seccionamento
- Vilela Pinto – MGCalc
- Siemens – Manual de Engª eléctrica (3 vol)
- DGE – Guias-técnicos de postos de transformação dos tipos A, CA e CB
- Catálogos de empresas – Efacec, Schneider Electric, ABB, Jayme da Costa
- Serrano José *et al.* – Técnicas y procesos en instalaciones de media y baja tension
- Cotrim Admaro – Instalações eléctricas
- Bossi Antônio, Sestio Ezio – Instalações eléctricas
- Negrisola Manoel – Instalações eléctricas

**Descontos de lançamento
do site até 50% em:
www.engebook.com**

ITED, uma nova realidade!

{ATEC PROMOVE EVENTO DE ABORDAGEM AO NOVO MANUAL}



Cerca de 85 profissionais compareceram ao Fórum "ITED... uma nova realidade!" na ATEC do Porto, no passado dia 29 de Outubro, e participaram num debate final onde levantaram questões pertinentes que, na globalidade, enriqueceram a qualidade do evento.

A ATEC – Academia de Formação do Porto realizou em parceria com a revista "o electricista", um Fórum subordinado ao tema "ITED... uma nova realidade!". Neste evento, vários especialistas da área das ITED – como Paulo Mendes, Luís Peixoto, Rui Ramos, Paulo Monteiro – fizeram uma abordagem analítica ao novo manual ITED (2.ª edição), que previsivelmente, será publicado em 2010. Entre as alterações mais relevantes impostas pelo novo manual, foram alvo de discussão a nova rede de cabo coaxial, as fibras ópticas e a nova geração de ATIs, consideradas pelos especialistas na área das telecomunicações, como as mais controversas da área.

Hans Müller, Administrador Financeiro e Paulo Peixoto, Coordenador da Delegação do Porto abriram o evento, falando sobre aquilo que a ATEC pode oferecer em termos de formação e como academia de formação em si. Relembrou-se que a ATEC tem-se revelado como um elemento de relevância estratégica para o tecido industrial eléctrico e electrotécnico, sem descurar, a área da indústria metalúrgica e metalomecânica, em particular para o *cluster* automóvel, razão pela qual a ATEC entendeu que devia suprimir uma lacuna e dispôr de uma oferta formativa na área do automóvel na Dele-

gação Norte. Ambos falaram de uma forma abrangente da formação da ATEC, e das suas vantagens.



NOVO REGIME JURÍDICO DO ITED-ITUR

Paulo Mendes da Direcção de Fiscalização da ANACOM – Autoridade Nacional de Comunicações abordou o novo regime de ITED – Infra-estruturas de Telecomunicações em Edifícios e o ITUR – Infra-estruturas de Telecomunicações em Loteamentos, Urbanizações e Conjunto de Edifícios, segundo o Decreto-Lei n.º 123/2009 de 21 de Maio, que dita a obrigatoriedade da fibra óptica nos edifícios e como vai decorrer o regime transitório. A 2.ª edição do Manual ITED, que será publicado em 2010, terá um alinhamento com as normas europeias e novas

regras técnicas no contexto das RNG, como a tipificação dos edifícios. Será obrigatória a cablagem em fibra óptica e a instalação da CVM, para além das reservas de espaço para operadores. Também haverá indicações de como deve ser implementada a fibra óptica, informações sobre higiene e segurança no trabalho, classificações ambientais (MICE), sistemas de terra, domótica, e os sistemas de segurança. Além disso ainda aborda como adaptar à fibra óptica os edifícios já construídos, e ainda as regras técnicas que dizem respeito à cablagem, tubagem, pontos de fronteira, ligações de terra e eléctricas e os ensaios obrigatórios.

Relativamente ao ITUR (Infra-estruturas de Telecomunicações em Loteamentos, Urbanizações e Conjunto de Edifícios), Paulo Mendes falou da legislação e regulamentação que diz respeito à 1.ª edição do Manual ITUR. Este manual foi feito a partir do Decreto-Lei n.º 123/2009 de 21 de Maio, que fala sobre a ITUR pública e privada e como funcionam, e ainda sobre o Sistema de Informação Centralizado (SIC). Também aqui haverá uma harmonização com as normas europeias e uma obrigatoriedade de infra-estruturas subterrâneas. Os ITUR públicos são os loteamentos e urbanizações e as privadas são os