

projecto de postos de transformação

{ 5ª PARTE – DIMENSIONAMENTO DO TRANSFORMADOR E SUAS PROTECÇÕES }



O transformador é o componente fundamental de um posto de transformação. Por isso, é essencial o seu correcto dimensionamento, bem como das suas protecções.

1. INTRODUÇÃO

Embora um posto de transformação seja um sistema formado por diversos componentes, sem os quais não poderá funcionar correctamente, o transformador é seguramente o componente basilar do sistema. Tal como acontece com os restantes componentes, o dimensionamento do transformador terá de considerar a situação actual da carga, bem como a sua possível evolução, resultando de um compromisso entre características técnicas e investimento. Tendo em consideração o custo da energia e sabendo que estão disponíveis no mercado transformadores com diferentes níveis de perdas, será interessante que o projectista na avaliação do compromisso referido anteriormente tome em consideração o custo das perdas que se verificarão num horizonte temporal igual ao tempo de vida esperado para o equipamento.

2. TRANSFORMADORES

Os transformadores empregados são trifásicos, tensão secundária 0,4 kV, regulação da tensão em vazio no lado do primário para $\pm 2 \times 2,5\%$ e como dieléctricos podem utilizar

óleo mineral, óleo de silicone, outros óleos sintéticos especiais ou serem secos, isolados a resina epóxida. O grupo de ligações mais empregado é o DYn5, mas outras são possíveis como YZn5. Respondem às normas CEI 76, CEI 726, HD 538, HD 464 do CENELEC. No tocante a perdas, os transformadores podem ser de perdas normais, reduzidas e extra-reduzidas.

características eléctricas - 24 kV

potência nominal (kVA) ⁽¹⁾	100	160	250	315 ⁽²⁾	400	500 ⁽³⁾	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
tensão nominal primário ⁽¹⁾	10 ou 15 kV													
tensão nominal secundário em vazio ⁽¹⁾	400 V entre fases, 231 V entre fase e neutro													
nível de isolamento ⁽⁴⁾ primário	12 kV para 10 kV													
regulação (em vazio)	$\pm 2,5\%$ ou $\pm 5\%$ ou $\pm 2,5\% \pm 5\%$ ⁽¹⁾													
Grupo de ligação	Dyn 11 ⁽¹⁾ (triângulo, estrela neutro acessível)													
perdas (W)														
em vazio	210	460	650	800	930	1100	1300	1220	1470	1800	2300	2750	3350	4380
em carga ⁽²⁾	2150	2350	3250	3900	4600	5500	6500	10700	13000	16000	20000	25500	32000	33000
tensão de curto-circuito (%) ⁽⁵⁾	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	7
corrente em vazio (%)	2,5	2,3	2,1	2	1,9	1,9	1,8	2,5	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7
queda de tensão a plena carga (%)														
cos $\varphi = 1$	2,21	1,54	1,37	1,31	1,22	1,17	1,11	1,51	1,47	1,45	1,42	1,45	1,45	1,29
cos $\varphi = 0,8$	3,75	3,43	3,33	3,30	3,25	3,22	3,17	4,65	4,63	4,62	4,60	4,61	4,62	5,11
carga cos $\varphi = 1$	97,69	98,27	98,46	98,53	98,64	98,70	98,78	98,53	98,57	98,60	98,63	98,61	98,61	98,83
100% cos $\varphi = 0,8$	97,13	97,85	98,09	98,17	98,30	98,387	98,48	98,17	98,22	98,25	98,29	98,27	98,26	98,54
carga cos $\varphi = 1$	98,14	98,54	98,70	98,75	98,84	98,89	98,96	98,81	98,84	98,86	98,88	98,87	98,87	99,04
75% cos $\varphi = 0,8$	97,69	98,18	98,37	98,44	98,56	98,62	98,71	98,51	98,56	98,58	98,61	98,60	98,60	98,80
ruído (dBA)														
potência acústica L _{WA}	53	59	62	64	65	67	67	68	68	70	71	72	74	74
pressão acústica L _{pA} a 0,3 metros	42	48	50	52	53	54	54	55	55	56	58	58	59	59

Tabela 1 - Características dos transformadores herméticos - fabricação Schneider.

Potência kVA		250	315	400	500	630	800	1000	1250	1500	2000	2500	
Tensão mais elevada / Highest voltage / 17,5 kV	Perdas em vazio / No-load losses	W	880	1000	1200	1400	1650	1950	2300	2700	3100	3650	5000
	Perdas devidas à carga / Load losses	W	3800	4600	5500	6400	7800	8500	11000	11500	13000	17000	19000
	Tensão CC / Impedance voltage	%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Potência sonora / Sound power level (Lwa)	db(A)	70	73	73	75	75	76	78	79	79	81	81

Tabela 2 - Características dos transformadores secos - fabricação Efavec.

3. ESCOLHA DOS FUSÍVEIS DE MÉDIA TENSÃO

A selecção da corrente estipulada dos fusíveis de MT pode ser feita através da aplicação da seguinte regra:

$$1,4 \times I_p \leq I_N \leq \frac{I_{ccp}}{6}$$

Onde:

I_p › corrente na média tensão

I_N › corrente estipulada dos fusíveis

I_{ccp} › corrente de curto-circuito mínima primária (secundário em curto-circuito)

Ou através da norma CEI IEC 60 420 da qual se reproduz a seguinte tabela:

U _N kV	Potência do Transformador [kVA]														
	57	75	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
3	25	25	40	40	63	63	63	80	100	100					
5	16	25	25	25	40	40	63	63	80	100	100				
6	16	16	25	25	25	40	40	63	63	80	100	100			
10	10	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63	80	100	100	
12	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63	80	100	
15	10	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63	80	100
20	10	10	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63	80
24	10	10	10	10	16	16	16	16	25	25	25	40	40	63	63

Tabela 3 · Selecção do calibre dos fusíveis de MT.

4. REGULAÇÃO DOS DISJUNTORES

Escolha da regulação da corrente nominal de protecção

tensão de serviço (kV)	potência do transformador (kVA)															serviço estipula (kV)					
	50	75	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600		2000	2500	3000		
3	10	15	20	25	36	45	55	68	80	140	140	170	200						12		
3,3	10	15	18	22	28	36	45	56	70	90	140	140	200								
4,2	8	12	15	18	22	28	36	45	56	70	90	140	140	200							
5,5		8	12	15	18	22	28	36	46	55	68	90	140	140	200						
6			10	12	18	20	25	36	46	55	68	80	140	140	200	200					
6,6				10	12	15	18	22	28	36	45	56	70	90	140	140	200				
10					8	10	12	15	20	25	30	37	55	68	80	140	140	170	200		
11						10	12	15	18	22	28	36	45	55	68	90	140	140	170		
13,8							8	10	12	15	18	22	28	36	46	55	68	90	140	170	
15								8	10	15	18	20	25	36	45	55	68	80	140	140	
20									8	10	15	20	25	30	37	45	55	68	80	140	
22										8	10	12	15	18	22	28	36	45	55	68	80

Tabela 4 · Regulação de disjuntores MT

Os disjuntores podem ser de actuação a tempo dependente, com a possibilidade de haver várias características de intervenção, ou a tempo independente. Por sua vez os relés podem ser directos, quando a corrente que os atravessa é a mesma do circuito principal, ou indirectos necessitando de transformadores de corrente com razão de transformação $I_N/5$ A. Os relés por sua vez podem ser electromecânicos, electrónicos ou digitais.

5. TERMÓMETROS

Os termómetros instalam-se para indicar a temperatura do óleo do transformador. Em unidades de pequena potência, instalam-se termómetros de álcool dando somente informação sobre a temperatura interna; em instalações mais importantes montam-se termómetros de esfera de dois contactos, um de alarme, atingida uma temperatura predeterminada e outro de disparo dando ordem de interrupção da alimentação ao aparelho de corte da instalação.

Quando se empregam transformadores secos usam-se sondas do tipo PTC ou PT100 a termó-

metros digitais ou outros sistemas de monitorização de temperatura.



Figura 1 · Termómetro de dois contactos.



Figura 2 · Termómetro digital e ligação a sondas PT100.

6. PROTECÇÃO CONTRA AVARIAS INTERNAS

Em transformadores a óleo e equipados com conservador é possível empregar um tipo especial de relé chamado Buchholz capaz de sinalizar e emitir ordem para interromper a alimentação do transformador,

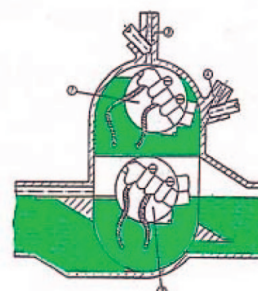


Figura 3 · Esquema do relé Buchholz.

em situação de desprendimento de gases, quando estes resultam da decomposição do dieléctrico por efeito de avaria interna – arco eléctrico entre espiras.

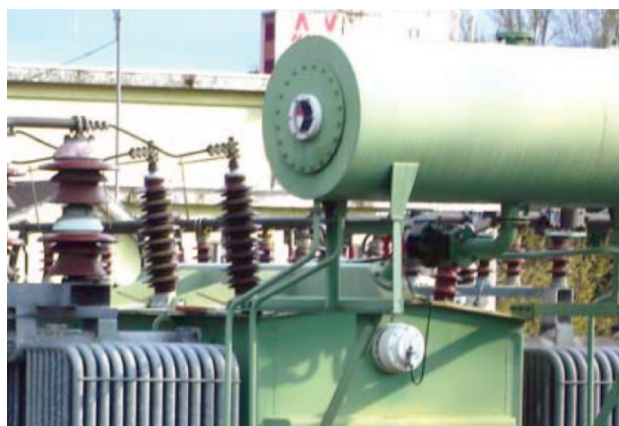


Figura 4 · Instalação do relé.

7. PROTECÇÃO INTEGRADA COM BLOCOS DGPT

Este tipo de aparelho de protecção realiza as funções de detecção de gás, aumento de pressão e termómetro de dois contactos (DGPT2).

Sinaliza:

Por visão directa

- a › ligeiro abaixamento do nível do óleo
- b › valor instantâneo da temperatura do dieléctrico

Através de contactos eléctricos

- a › acumulação importante de gás
- b › perda de dieléctrico
- c › sobrepresão interna anormal
- d › temperatura anormal do isolante accionando os contactos de alarme e disparo



Figura 5 · Unidade de protecção DGPT2.

8. TRANSFORMADORES DE MEDIÇÃO

Os transformadores de medição empregados em postos de transformação são pequenos transformadores de isolamento seco tendo por objectivo:

- a › isolar ou separar os circuitos e aparelhos de medida da alta tensão
- b › evitar perturbações electromagnéticas das correntes elevadas e reduzir as correntes de curto-circuito a valores admissíveis

Usam-se transformadores de tensão e de corrente das classes de precisão 0,2 e 0,5, para TIs com razão de transformação $I_N/5$ ou $I_N/1$ A e para TTs com razão de transformação UN: $\ddot{O}3/110$: $\ddot{O}3$, UN: $\ddot{O}3/110$: $\ddot{O}3$ ou UN: $\ddot{O}3/120$: $\ddot{O}3$ e potências baixas, da ordem das dezenas de VA.

Os transformadores de tensão devem ser protegidos por corta-circuitos fusíveis.

9. CONCLUSÃO

O dimensionamento do(s) transformador(es) de um posto de transformação e das respectivas protecções atestam bem o carácter sistémico deste tipo de projecto. De facto, o dimensionamento de uns componentes está subordinado às características de outros, sendo essencial que exista uma boa coordenação destes dimensionamentos de modo a que o bom funcionamento do posto de transformação esteja garantido, tanto em regime normal como em regime excepcional.

BIBLIOGRAFIA

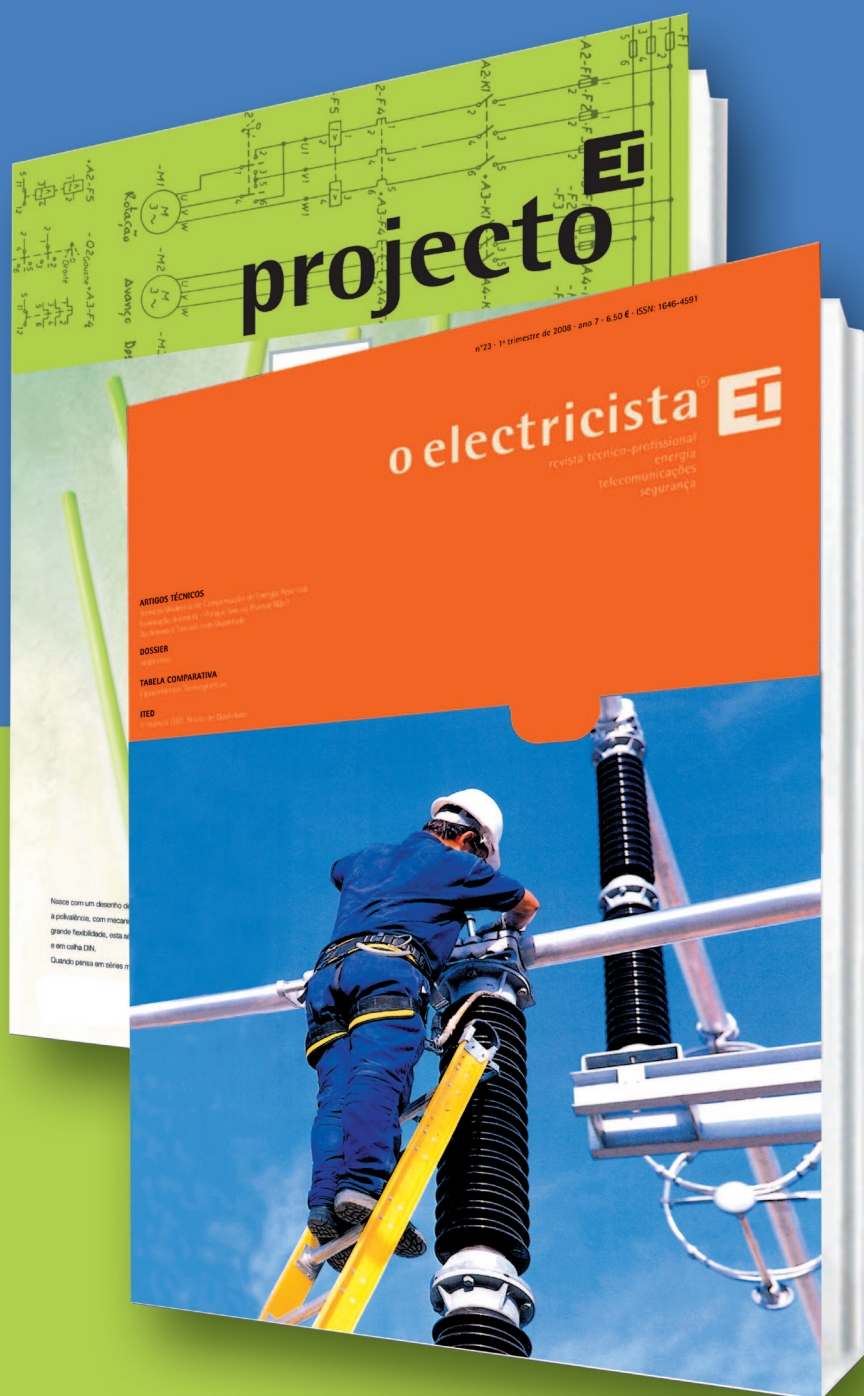
- Regulamento de segurança de subestações, postos de transformação e de seccionamento
- Vilela Pinto – MGCalc
- Siemens – Manual de Eng^a eléctrica (3 vol)
- DGE – Guias-técnicos de postos de transformação dos tipos A, CA e CB
- Catálogos de empresas – Efavec, Schneider Electric, ABB, Jayme da Costa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

o electricista®



revista técnico-profissional
energia
telecomunicações
segurança

- › artigos técnicos
- › projecto
- › fichas formativas
- › energia
- › telecomunicações
- › ITED
- › segurança
- › dossiers temáticos
- › reportagens
- › tabelas comparativas
- › novidades do mercado



parceiros
voltimum
.pt

a revista do profissional electrotécnico