



1 - OBJECTIVO

A presente especificação destina-se a definir genericamente os processos de protecção anti-corrosiva dos transformadores de potência a adquirir pela EDP, a fixar os graus de eficácia da protecção e as garantias exigidas aos Contratadores, e a definir os ensaios a que serão sujeitos os revestimentos de protecção.

No estágio actual da técnica de fabricação de transformadores em Portugal, considera-se que a sua protecção anti-corrosiva consiste fundamentalmente em revestimentos por pintura; tal não impedirá porém que, para certos tipos de transformadores nomeadamente de distribuição, possam vir a ser considerados outros processos de protecção propostos pelos Construtores ⁽¹⁾ se o seu grau de eficácia não for inferior, se o seu comportamento for verificável mediante ensaios em laboratório e se proporcionarem vantagens económicas.

2 - CAMPO DE APLICAÇÃO

A presente especificação aplica-se aos transformadores abrangidos pelos seguintes documentos:

- DMA-C52-125/N "Transformadores trifásicos de média-baixa tensão - Especificações e condições técnicas".
- DMA-C52-140/N "Transformadores trifásicos de 60 kV - Média tensão - Especificações e condições técnicas".
- DMA-C52-150/N "Transformadores trifásicos de 30 kV - Média tensão - Especificações e condições técnicas".

3 - GENERALIDADES

O estudo e a definição detalhada dos processos de protecção anti-corrosiva a utilizar competem ao Construtor do transformador, o qual deverá ter em atenção as

(1) - Por exemplo, zincagem por projecção + pintura, ou galvanização por imersão a quente com ou sem pintura.

(*) - Substitui .. edição de JAN 1984.

prescrições apresentadas no seguimento (ver alínea 4) e o grau de eficácia exigido para a protecção (ver alínea 5). A descrição pormenorizada do processo de protecção anti-corrosiva proposto constará da especificação técnica que o Construtor deverá apresentar com vista à realização dos ensaios de tipo (ver alínea 6).

A aceitação pela EDP de um determinado revestimento de protecção, estudado e proposto por um Construtor nos termos do parágrafo precedente, dependerá da realização com êxito do conjunto de ensaios de tipo descritos na alínea 6.

Independentemente dos resultados dos ensaios de tipo o Construtor será responsável pelo revestimento de protecção que propõe, no que se refere:

- a todas as características determinantes para o comportamento do revestimento, como por exemplo a aderência à superfície a proteger e a compatibilidade dos vários elementos do sistema;
- ao comportamento em serviço.

— A duração e o grau de eficácia do revestimento de protecção serão garantidos pelo Construtor nos termos da alínea 5.

4 - PRESCRIÇÕES APLICÁVEIS AOS REVESTIMENTOS POR PINTURA

4,1 - Preparação das superfícies

As faces interiores e exteriores da cuba, da tampa, do conservador e dos radiadores deverão ser desengorduradas.

A preparação das superfícies a proteger consistirá em decapagem com jacto de grenalha de aço até ao grau Sa 2 1/2 "grau metal quase branco" da Norma Sueca SIS 055900-1967. (Reconfirmada e reimpressa em 1982).

As cubas com alhetas, tampas, etc. executadas em chapa relativamente fina poderão em alternativa ser decapadas e preparadas quimicamente devendo o respectivo ciclo incluir fosfatação e passivação em banho ácido de cromo.

As zonas de soldadura deverão ser preparadas com especial cuidado de modo a garantir-se o mesmo grau de limpeza especificado para a totalidade da superfície



cie com vista a evitar-se a constituição de pontos fracos.

Quando for necessário soldar superfícies já revestidas, todas as zonas afectadas deverão ser novamente decapadas até ao grau exigido, seguindo-se nova aplicação do revestimento de protecção.

Entre a decapagem e o início da pintura (aplicação da primeira demão de primário) não deverão decorrer mais de 4 horas, a menos que as superfícies sejam protegidas com um primário de espera compatível com o sistema de pintura utilizado.

Imediatamente antes do início da pintura deverá garantir-se que são para o efeito correctas as condições ambientais.

4,2 - Pintura das superfícies interiores

As superfícies interiores das cubas, tampas, conservadores e radiadores deverão ser protegidas com um verniz ou tinta resistentes à acção do óleo dielétrico até à temperatura de 100°C.

4,3 - Pintura das superfícies exteriores

Os ciclos de pintura das superfícies exteriores não serão necessariamente iguais para transformadores de distribuição e para transformadores de subestação, admitindo-se também diferenças entre os ciclos aplicáveis aos diferentes componentes dos transformadores.

Os ciclos de pintura a aplicar consistirão no mínimo em:

- 1 demão de primário
- 2 demãos de acabamento,

podendo adicionalmente incluir, conforme os casos, 1 demão de "wash-primer" aplicada sobre o primário e 1 ou 2 demãos de subcapa.

Os primários a utilizar deverão ser ricos em zinco (pó de zinco ou cromato de zinco).



Caso o ciclo de pintura inclua "wash-primer" as respectivas características deverão ser compatíveis com as das restantes demãos.

As eventuais subcapas serão de primário de cromato de zinco.

A tinta de acabamento será do tipo esmalte de cor à escolha do Construtor (a menos de indicação em contrário na encomenda).

As diferentes demãos que constituem o ciclo de pintura deverão ser de cores diferentes para que o contraste cromático permita a sua identificação. Não é admitida a utilização de pigmentos à base de chumbo.

As características químicas das tintas utilizadas, ou seja principalmente dos respectivos ligantes, serão escolhidas e especificadas pelo Construtor tendo em atenção o grau de eficácia exigido para a protecção (ver alínea 5) e os processos de aplicação empregues. O Construtor fixará e especificará também, com base nos mesmos critérios, as espessuras de cada uma das demãos e a espessura total do revestimento.

4,4 - Protecção e pintura da parafusaria

Todos os parafusos, anilhas e porcas deverão ser protegidos por zincagem ou cadmiagem electrolítica de espessura mínima 12 μ m aplicada antes da montagem.

Após a montagem toda a parafusaria deverá ser pintada com 2 demãos de esmalte de acabamento.

4,5 - Retoques

Os retoques que sejam eventualmente necessários antes da expedição serão executados de acordo com as prescrições do presente documento e com a especificação técnica elaborada pelo Construtor para o revestimento em questão, e segundo as regras da arte.

Nomeadamente, deverão ser respeitadas as seguintes regras:

- a) Sã são admitidos retoques se a área a retocar for inferior a 40% da área total a refazer; em caso contrário os retoques serão obrigatoriamente substituídos por uma nova demão geral.



- b) Os retoques devem sobrepôr-se em alguns centímetros (2,5 a 5 cm) à parte sã do revestimento.
- c) Uma zona restaurada por retoques não pode apresentar o menor vestígio de corrosão.

5 - DURAÇÃO E GRAU DE EFICÁCIA DOS REVESTIMENTOS POR PINTURA

Salvo indicação expressa nas consultas e nas encomendas, os transformadores destinam-se a ser instalados em ambiente rural (exterior, exposto, não poluído, afastado do mar), pelo que este ambiente será tomado como ambiente padrão.

O Construtor deverá garantir para os revestimentos por pintura aplicados nos transformadores uma duração mínima de 6 anos no ambiente padrão; decorrido aquele período o grau de eficácia do revestimento não poderá ser inferior ao grau ⑧ da "Escala Europeia de Graus de Corrosão para Pinturas Anti-corrosivas", Norma Sueca SIS 185111 (1964), pelo que o grau de corrosão das superfícies revestidas não poderá ser superior ao grau "Re 2" da mesma Norma.

Se durante aquele período se verificarem alterações que ultrapassem o padrão de referência, a EDP poderá exigir ao Construtor os trabalhos de correcção necessários, sendo a totalidade das despesas por conta do Construtor. Exceptuam-se os estragos provocados por deficiente execução de operações de movimentação, transporte, armazenagem, montagem e manutenção desde que realizadas pela EDP ou à sua responsabilidade.

O prazo de 6 anos atrás referido tem início na data de expedição na fábrica do transformador.

NOTA: Para transformadores destinados a funcionar em ambientes mais agressivos que o ambiente rural - por exemplo, ambientes marítimos ou industriais - a EDP poderá solicitar um esquema de pintura reforçado ou especial, que o Construtor deverá garantir nos termos aplicáveis aos esquemas destinados ao ambiente padrão.



6 - ENSAIOS DE TIPO

Os ensaios de tipo destinam-se a permitir à EDP avaliar "a priori" o comportamento em termos de durabilidade e grau de eficácia dos esquemas de pintura propostos pelos Construtores, cuja aceitação pela EDP dependerá da realização com êxito daqueles ensaios.

Os ensaios de tipo dos esquemas de pintura propostos para o ambiente-padrão serão realizados a expensas do Construtor interessado nos laboratórios do SPCM - Serviço de Corrosão e Protecção de Materiais do LNETI - Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, com o qual a EDP estabeleceu um protocolo de colaboração.

NOTA: A EDP poderá também requerer a realização de ensaios de tipo sobre esquemas de pintura reforçados ou especiais, destinados a ambientes mais agressivos que o ambiente padrão, para o que o elenco e as modalidades de execução e de valoração dos ensaios serão estudados caso a caso; as condições de realização de tais ensaios de tipo serão acordadas com o Construtor.

6,1 - Preparação dos ensaios de tipo

Indicam-se a seguir os documentos e elementos materiais que o Construtor deverá preparar e apresentar com vista à realização dos ensaios de tipo.

6,11 - Especificação técnica

A especificação técnica do revestimento de protecção deverá conter indicações detalhadas e completas sobre:

- tipo de transformador a que se destina o revestimento: transformador de distribuição (MT/BT) ou de subestação (AT/MT ou MT/MT);
- ambiente a que se destina o revestimento: ambiente padrão (rural) ou especial (devidamente identificado);



- processo de preparação da superfície, respectivo grau de acabamento, natureza, composição e designação dos produtos químicos utilizados (se aplicável);
- natureza, composição química e designação de todas as tintas utilizadas;
- modalidades de aplicação das diversas demãos e tempos de espera entre a aplicação das mesmas;
- espessuras nominais e mínimas do revestimento completo e das diversas demãos;
- identificação das cores das diversas demãos de acordo com a escala RAL.

6,12 - Amostras das tintas

Deverão ser fornecidas amostras de 1 kg de todas as tintas que constituem o ciclo proposto e dos respectivos diluentes e eventuais catalisadores (nas quantidades proporcionalmente necessárias).

— 6,13 - Provetes

Com vista a representar tanto quanto possível as condições reais das cubas dos transformadores os provetes terão as formas representadas nos desenhos nºs N-C52-8001.3a e N-C52-8002.3a anexos, respectivamente para transformadores de distribuição (cubas com alhetas) e transformadores de subestação.

Se o revestimento protector dos radiadores for diferente do das cubas o Construtor apresentará provetes constituídos por troços de radiador com cerca de 250 mm de comprimento.

O revestimento protector a ensaiar deve ser aplicado em ambas as faces dos provetes representativos das cubas e deixado em repouso pelo menos 30 dias.

Os processos de preparação da superfície dos provetes deverão ser os indicados na alínea 4,1 precedente. As modalidades de aplicação do revestimento deverão ser as relatadas na especificação técnica fornecida pelo Construtor.



Por cada tipo de revestimento protector a ensaiar o Construtor deverá apresentar 7 provetes, cuja utilização será a seguinte:

- 1 provete para cada um dos ensaios prescritos,
- 2 provetes de reserva para a eventual repetição de algum ensaio.

O laboratório encarregado dos ensaios protegerá com cera ou parafina os bordos dos provetes numa largura de 5 mm, e providenciará a aplicação de golpes em cruz, até atingir o metal, numa das faces dos provetes a submeter aos ensaios de resistência à humidade e ao nevoeiro salino.

6,2 - Modalidades de execução dos ensaios de tipo dos esquemas de pintura destinados ao ambiente padrão

6,21 - Controlo da especificação técnica

Este controlo destina-se a verificar se a documentação está completa de acordo com o indicado na alínea 6,11, e se as características do revestimento protector correspondem ao prescrito na alínea 4.

6,22 - Medida da espessura do revestimento protector

A executar por meio de aparelhos magnéticos segundo a Norma ISO 2808-74.

As espessuras médias do revestimento protector completo e das diversas demãos, obtidas por 10 medidas efectuadas em pontos diversos do provete, não deverão diferir mais de $\pm 20\%$ das espessuras nominais declaradas pelo Construtor.

O ensaio deve ser repetido na zona das alhetas (caso existam no provete em questão).

6,23 - Verificação da aderência do revestimento protector

A executar com ensaio de quadriculação segundo a Norma DIN 53151-70.



O ensaio deve ser repetido na zona das alhetas (caso existam no provete em questão).

Não é admitido um grau de alteração superior a Gt 1, correspondente a uma descamação de 5% da superfície quadriculada.

Para os revestimentos protectores com primários ricos em pó de zinco o grau de alteração não deve ser superior a Gt 2, correspondente a uma descamação de 15% da superfície quadriculada.

6,24 - Verificação da resistência à abrasão

A executar com o método da queda de areia segundo a Norma ASTM D 968-81, medindo a quantidade de areia necessária para erodir a camada de acabamento do revestimento, até ao aparecimento da camada subjacente, sobre uma área de diâmetro 4,0 mm.

O ensaio deve ser repetido na zona das alhetas (caso existam no provete em questão).

O coeficiente de abrasão, expresso em litros de areia necessários para erodir a espessura de 1 μ m de pintura, não deve resultar inferior a 1,2.

6,25 - Verificação da resistência à humidade

A executar segundo a Norma ASTM D 2247-68 (reaprovada em 1980).

A duração do ensaio deve ser de 500 horas com exame intermédio às 72 horas.

Decorridas 72 horas de ensaio não é admitida a presença de bolhas de tipo superior ao grau "4 few" da Norma ASTM D 714-56 (reaprovada em 1981).

Após 500 horas de ensaio não é admitida a presença de bolhas de tipo superior ao grau "4 medium" da Norma ASTM D 714-56 (reaprovada em 1981); além disso não é admitida a presença, sobre a superfície pintada, de pontos de ferrugem em quantidade superior à prevista pelo grau 8 da Norma ASTM D 610-68 (reaprovada em 1981).

Com respeito aos golpes em cruz deve ser efectuado um exame à vista tomando nota das alterações produzidas.



6,26 - Verificação da resistência à corrosão em nevoeiro salino

A executar em ambiente com nevoeiro salino segundo a Norma ASTM B 117-73 (reaprovada em 1981).

A duração do ensaio deve ser de 500 horas com exame intermédio após 72 horas.

Os critérios para a valoração do resultado do ensaio são iguais aos previstos para o ensaio referido na alínea 6,25.

6,3 - Valoração dos resultados dos ensaios de tipo

Os ensaios devem ser realizados com êxito em todos os provetes examinados. Todavia será tolerado um provete defeituoso em um e só em um qualquer dos ensaios. Neste caso tal ensaio será repetido sobre 2 provetes e na repetição não se admitem provetes defeituosos.

7 - ENSAIOS DO REVESTIMENTO PROTECTOR DOS TRANSFORMADORES COMPLETOS

7,1 - Ensaio de série por amostragem

O revestimento protector dos transformadores completos deve ser sistematicamente controlado pelo Construtor mediante ensaios por amostragem.

O número de transformadores a ensaiar será o número inteiro imediatamente superior a $\sqrt[3]{n}$ em que "n" é o número de transformadores de cada série de pintura.

Por "série de pintura" entende-se o número de transformadores pintados durante uma sequência ininterrupta de operações de pintura utilizando uma quantidade de tinta preparada (misturada, diluída, etc.) de uma só vez.

Os ensaios por amostragem a efectuar serão os descritos em 7,11 e 7,12. Os registos dos ensaios deverão ser fornecidos à EDP.



O revestimento protector dos transformadores ensaiados deve ser retocado de acordo com as prescrições da alínea 4,5 do presente documento e com a especificação técnica elaborada pelo Construtor para o revestimento em questão, e segundo as regras da arte.

7,11 - Medida das espessuras do revestimento protector

A executar por meio de aparelhos magnéticos segundo a Norma ISO 2808-74.

Devem ser medidas as espessuras de cada demão e total do revestimento.

Os pontos de medida para cada espessura deverão ser em número de 5 escolhidos ao acaso (incluindo a zona das alhetas caso existam).

O ensaio é considerado positivo se para cada espessura forem respeitadas as seguintes condições:

- a média das medidas não deve ser inferior ao valor nominal;
- nenhuma medida deve ser inferior ao valor mínimo.

7,12 - Verificação da aderência do revestimento protector

A executar com ensaio de quadriculação segundo a Norma DIN 53151-70.

Os pontos de medida serão em número de 5 escolhidos ao acaso (incluindo a zona das alhetas caso existam).

O ensaio é considerado positivo se, para todos os pontos de medida o grau de alteração não for superior a Gt2 para os revestimentos com primários ricos em pó de zinco e a Gt1 para os outros revestimentos.

7,2 - Ensaio de recepção por amostragem

O número de transformadores a ensaiar será o número inteiro imediatamente superior a $\sqrt[3]{m}$, sendo "m" o número de transformadores iguais de cada lote submetido a recepção.



Será realizado o ensaio de medida da espessura total do revestimento protetor segundo as modalidades referidas em 7,11.

Se a inspeção visual dos transformadores submetidos a recepção indicar que o revestimento foi aplicado de modo deficiente (vestígios de descamação, etc.), os recepcionários da EDP poderão exigir a realização do ensaio de verificação da aderência segundo as modalidades referidas em 7,12.

Se os ensaios forem negativos em qualquer dos transformadores da amostra os restantes serão ensaiados individualmente; a aceitação ou rejeição serão também decididas individualmente de acordo com os resultados dos ensaios.

8 - NORMAS CITADAS NO TEXTO

EDP	DMA-C52-125/N	(1984)
EDP	DMA-C52-140/N	(1984)
EDP	DMA-C52-150/N	(1984)
SIS	055900-1967	(reconfirmada e reimpressa em 1982)
SIS	185111-1964	
RAL	Escala de cores	
ISO	2808-74	
DIN	53151-70	
ASTM	D 968-81	
ASTM	D 2247-68	(reaprovada em 1980)
ASTM	D 714-56	(reaprovada em 1981)
ASTM	D 610-68	(reaprovada em 1981)
ASTM	B 117-73	(reaprovada em 1981)

Anexos: Desenhos N-C52-8001.3a e N-C52-8002.3a.

INDICE

	<u>PAG.</u>
1 - OBJECTIVO	1
2 - CAMPO DE APLICAÇÃO	1
3 - GENERALIDADES	1
4 - PRESCRIÇÕES APLICÁVEIS AOS REVESTIMENTOS POR PINTURA	2
4,1 - Preparação das superfícies	2
4,2 - Pintura das superfícies interiores	3
4,3 - Pintura das superfícies exteriores	3
4,4 - Protecção e pintura da parafusaria	4
4,5 - Retoques	4
5 - DURAÇÃO E GRAU DE EFICÁCIA DOS REVESTIMENTOS POR PINTURA	5
6 - ENSAIO DE TIPO	6
6,1 - Preparação dos ensaios de tipo	6
6,2 - Modalidades de execução dos ensaios de tipo dos esquemas de pintura destinados ao ambiente padrão	8
6,3 - Valoração dos resultados dos ensaios de tipo	10
7 - ENSAIOS DE REVESTIMENTO PROTECTOR DOS TRANSFORMADORES COMPLETOS ...	10
7,1 - Ensaios de série por amostragem	10
7,2 - Ensaios de recepção por amostragem	11
8 - NORMAS CITADAS NO TEXTO	12