

DIELÉCTRICOS LÍQUIDOS E GASOSOS

Ésteres naturais para transformadores

Características e ensaios

Elaboração: DIT

Homologação: conforme despacho do CA de 2023-06-05

Edição: 01

Acesso: X Livre

Restrito

Confidencial

ÍNDICE

0	OBJETO	3
1	CAMPO DE APLICAÇÃO	3
2	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	3
3	ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	4
4	TERMOS E DEFINIÇÕES	5
4.1	Aditivo	5
4.2	Éster inibido	5
4.3	Enxofre corrosivo	5
4.4	Enxofre potencialmente corrosivo	5
4.5	Ésteres naturais	5
4.6	Ésteres naturais não usados	5
5	CARACTERÍSTICAS E ENSAIOS	6
5.1	Classificação dos ésteres	6
5.2	Propriedades físicas	6
5.3	Propriedades eléctricas	6
5.4	Propriedades químicas	7
5.5	Desempenho.....	7
5.6	Propriedades de segurança, ambiente e saúde.....	8
6	CONDIÇÕES DE FORNECIMENTO	8
7	AMOSTRAGEM.....	9
	ANEXO A INFORMAÇÃO RELATIVA AOS ÉSTERES NATURAIS PARA TRANSFORMADORES	10

0 OBJETO

O presente documento destina-se a indicar as características e os ensaios a realizar nos ésteres naturais – ou ésteres vegetais - destinados a transformadores a serem explorados nas redes e instalações da E-REDES, por forma a garantir o bom funcionamento e a segurança dos mesmos, salvaguardando simultaneamente a sua integração ambiental.

Em particular são definidas:

- a) Características dos ésteres naturais
 - Valores limite
- b) Ensaios
 - Ensaios e respectivas metodologias para comprovar as características dos ésteres naturais.

1 Campo de aplicação

Transformadores da E-REDES imersos em éster natural, sem contacto com a atmosfera, uma vez que estes fluídos têm uma elevada propensão à oxidação rápida na presença de oxigénio.

2 Documentos de referência

O presente documento inclui disposições de outros documentos, referenciadas nos locais apropriados do seu texto, os quais se encontram a seguir listados, com indicação das respetivas datas de edição.

Quaisquer alterações das referidas edições listadas só serão aplicáveis no âmbito do presente documento se forem objeto de inclusão específica, por modificação ou aditamento do mesmo.

Norma	Ano de Edição	Título da Norma
ASTM D1275	2015	Standard Test Method for Corrosive Sulfur in Electrical Insulating Oils
DIN 51353	2021	Testing of insulating oils – Detection of corrosive sulfur – Silver strip test
IEC 60156	2018	Insulating liquids – Determination of the breakdown voltage at power frequency – Test method
IEC 60247	2004	Insulating liquids – Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor and DC resistivity of insulating fluids
IEC 60296	2020	Fluids for electrotechnical applications – -Mineral insulating oils for electrical equipment
IEC 60475	2022	Method of sampling liquid dielectrics
IEC 60666	2010	Detection and determination of specific additives in mineral insulating oils
IEC 60814	1997	Insulating liquids – Oil-impregnated paper and pressboard – Determination of water by automatic coulometric Karl Fischer titration
IEC 61125	2018	Unused hydrocarbon-based insulating fluids – Test methods for evaluating the oxidation stability
IEC 61198	1993	Mineral insulating oils – Methods for the determination of 2-furfural and related compounds
IEC 61619	1997	Insulating liquids – Contamination by polychlorinated biphenyls (PCBs) – Method of determination by capillary column gas chromatography

IEC 61620	1998	Insulating liquids – Determination of the dielectric dissipation factor by measurement of the conductance and capacitance – Test method
IEC 62021-3	2014	Insulating liquids – Determination of acidity – Part 3: Test methods for non-mineral insulating oils
IEC 62535	2008	Insulating liquids – Test method for detection of potentially corrosive sulfur in used and unused insulating oils
IEC 62697-1	2012	Test method for quantitative determination of corrosive sulfur compounds in unused and used insulating liquids – Part 1: Test method for quantitative determination of dibenzyl disulfide (DBDS)
IEC 62770	2013	Fluids for electrotechnical applications – Unused natural esters for transformers and similar electrical equipment
ISO 12185	1996	Crude petroleum and petroleum products – Determination of density – Oscillating U-tube method
ISO 2719	2016	Determination of flash point – Pensky-Martens closed cup method
ISO 3016	2019	Petroleum and related products from natural or synthetic sources — Determination of pour point
ISO 3104	2020	Petroleum products — Transparent and opaque liquids — Determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity
ISO 3675	1998	Crude petroleum and liquid petroleum products – Laboratory determination of density – Hydrometer method
OECD 201	2011	Test Guidelines for ecotoxicity
OECD 203	1992	Test Guidelines for ecotoxicity
OECD 301	1992	Guideline for testing of chemicals adopted by European Council on July 17th 1992
US EPA 600/4.82.068	1983	Interim Procedure for Conducting the Salmonella/Microsomal Mutagenicity Assay (Ames Test)
US EPA 835.311	1998	Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances (OPPTS) Fate, Transport and Transformation Test Guidelines

3 Abreviaturas e símbolos

Neste documento são utilizadas as seguintes abreviaturas:

ASTM American Standard for Testing Materials

DMA Documento Normativo de Materiais, Aparelhagem, Equipamentos e Ferramentas

IEC International Electrotechnical Commission

IP International Publication

ISO International Organization for Standardization

FDS Ficha de Dados de Segurança

OECD Organization for Economic Co-operation and Development

PCB Policlorobifenilos

FDP Ficha de Dados de Produto

US EPA United States Environmental Protection Agency

4 Termos e Definições

Os conceitos utilizados neste documento estão na generalidade definidos na norma IEC 62770.

4.1 Aditivo

Substância apropriada, adicionada intencionalmente, por pequenas doses, a um éster natural para melhorar certas características (definição 3.1 da norma IEC 62770).

4.2 Éster inibido

Fluído isolante que contém antioxidantes ou outros aditivos.

4.3 Enxofre corrosivo

Enxofre livre ou compostos de enxofre corrosivo detetados quando se colocam metais – cobre, por exemplo - em contacto com o éster natural em condições definidas por normas de ensaio (definição segundo o ponto 3.2 da norma IEC 62770).

4.4 Enxofre potencialmente corrosivo

Compostos de enxofre orgânicos presentes no fluído isolante do transformador que podem causar a formação de sulfureto de cobre (definição segundo o ponto 3.4 da norma IEC 62770).

4.5 Ésteres naturais

Fluídos isolantes de origem vegetal obtidos a partir de sementes ou obtidos a partir de outros materiais biológicos compostos por triglicéridos (definição segundo o ponto 3.3 da norma IEC 62770).

4.6 Ésteres naturais não usados

Ésteres naturais tal como fornecidos, não sujeitos a qualquer tipo de utilização após o seu fabrico (definição segundo o ponto 3.5 da norma IEC 62770).

5 Características e Ensaio

5.1 Classificação dos ésteres

Os ésteres naturais objeto desta especificação e referentes a ésteres naturais não utilizados, serão considerados fluídos isolantes para transformadores” segundo a norma IEC 62770, desde que possuam as características seguidamente indicadas.

5.2 Propriedades físicas

Requisito	Descrição	Método de Ensaio
R001	Aspeto O éster natural deve ter um aspeto limpo, livre de sedimentos e sólidos em suspensão.	Observação à luz de uma amostra representativa do éster natural, à temperatura ambiente, usando como contentor um recipiente de vidro transparente com uma espessura aproximada de 10 cm.
R002	Massa volúmica A massa volúmica a 20 °C deve ter um valor máximo de 1000 kg/m ³ .	Esta medição deve ser feita de acordo com a norma ISO 12185 ou ISO 3675.
R003	Viscosidade cinemática A viscosidade cinemática a 40 °C e 100 °C deve ter um valor máximo de 50 mm ² /s e 15 mm ² /s, respetivamente.	Esta medição deve ser efetuada segundo a norma ISO 3104.
R004	Ponto de fluxão O ponto de fluxão deve ser no máximo de -10°C.	O ponto de fluxão deve ser determinado segundo a norma ISO 3016.
R005	Teor de água O teor de água máximo deve ser de 200 mg _{H₂O} /kg _{éster} .	Este teor deve ser medido de acordo com a norma IEC 60814.

5.3 Propriedades eléctricas

Requisito	Descrição	Método de Ensaio
R006	Tensão disruptiva A tensão disruptiva do éster natural deve ser, no mínimo, de 35 kV (antes de colocado no equipamento), segundo a IEC 60156. Este valor corresponde à tensão obtida no ensaio de receção realizado com elétrodos esféricos com 2,5 mm de espaçamento.	A tensão disruptiva para ésteres naturais deve ser medida de acordo com a norma IEC 60156.
R007	Fator de dissipação dielétrica ou tangente de delta O fator de dissipação dielétrica, a 90°C, é no máximo igual a 0,05 (5%).	Esta medição deve ser efetuada a 90°C segundo a norma IEC 60247 ou IEC 61620. Em caso de dúvida, deve utilizar-se a IEC 60247.

5.4 Propriedades químicas

Requisito	Descrição	Método de Ensaio
R008	Acidez O éster natural deve ter uma acidez máxima de 0,06 mg _{KOH} /g _{éster}	A acidez de um éster natural deve ser medida de acordo com a norma IEC 62021-3.
R009	Enxofre corrosivo O éster natural deve ser isento de enxofre corrosivo.	A determinação do enxofre corrosivo deve ser efetuada segundo a norma DIN 51353 ou a norma ASTM D1275B.
R010	Enxofre potencialmente corrosivo O éster deve ser isento de enxofre potencialmente corrosivo.	A determinação do enxofre potencialmente corrosivo deve ser efetuada segundo a norma IEC 62535.
R011	DBDS Os compostos de enxofre tais como Di-Benzil Di-Sulfureto (DBDS) não devem estar presentes acima do limite de quantificação (< 5 mg _{DBDS} /kg _{éster}).	A determinação de DBDS deve ser efectuada de acordo com a norma IEC 62697-1.
R012	Aditivos A concentração total de aditivos deve ser inferior a 5% do peso total do éster natural.	A detecção e medição de aditivos antioxidantes definidos deve ser efetuada de acordo com a norma IEC 60666 ou outros métodos adequados.
R013	Compostos furânicos Em ésteres naturais novos, alguns compostos furânicos podem ser encontrados em concentrações vestigiais, embora não seja expectável a sua existência.	Estes compostos, sendo o principal o 2-Furfural (2-FAL), devem ser determinados de acordo com a norma IEC 61198.

5.5 Desempenho

Requisito	Descrição	Método de Ensaio
R014	Estabilidade à oxidação A estabilidade à oxidação é avaliada, após envelhecimento do éster natural, através da determinação da acidez total, da viscosidade a 40°C e do fator de dissipação dielétrica a 90°C. Após envelhecimento, o éster natural deve ter uma acidez total máxima de 0,6 mg _{KOH} /g _{éster} , um aumento máximo do valor da viscosidade a 40°C de 30% em relação ao valor inicial e um fator de dissipação dielétrica máximo a 90°C de 0,5 (50%).	A estabilidade à oxidação deve ser determinada segundo descrito na norma IEC 61125 (2018) e Anexo A da norma IEC 62770.

5.6 Propriedades de segurança, ambiente e saúde

Requisito	Descrição	Método de Ensaio
R015	Ponto de inflamação O éster natural deve ter um ponto de inflamação mínimo de 250°C.	Este parâmetro deve ser medido de acordo com a norma ISO 2719.
R016	Teor de PCBs O éster natural deve ser isento de PCBs, isto é, a concentração total destes compostos deve ser inferior a 2 mg _{PCB} /kg _{éster} .	A concentração de PCB deve ser determinada de acordo com a norma IEC 61619.
R017	Teor de PCAs O éster natural deve ser isento de PCAs, isto é, a concentração total destes compostos deve ser inferior a 3%.	O teor de PCA deve ser determinado de acordo com a norma IP 346.
R018	Biodegradação Segundo a norma IEC 62770, o éster natural deve ter uma biodegradabilidade rápida.	O fornecedor deve facultar dados de biodegradabilidade do éster natural, de preferência, segundo a OECD 301B, C ou F
R019	Toxicidade Segundo a norma IEC 62770, um éster natural não deve ser tóxico.	O fornecedor deve fornecer dados de toxicidade do éster natural, de preferência, segundo a OECD 201-203

6 Condições de fornecimento

Requisito	Descrição
R020	Embalamento Os ésteres naturais objeto desta especificação devem ser fornecidos em embalagens individuais ou a granel, em camiões-cisterna, acondicionados de tal forma que as características do éster natural não sofram deterioração.
R021	Rotulagem A rotulagem do éster natural deve cumprir as diretivas europeias aplicáveis a este tipo de produto à data do seu fornecimento. Todos os recipientes de éster natural contendo amostras provenientes do fornecedor devem possuir pelo menos as seguintes indicações: <ul style="list-style-type: none">• Designação comercial (marca e referência do éster natural);• Classificação (natural/vegetal);• Peso líquido.

Requisito	Descrição
R022	<p>Documentação</p> <p>Cada fornecimento de éster natural deve ser acompanhado de um documento emitido pelo fornecedor especificando pelo menos o seguinte:</p> <ul style="list-style-type: none">• Nome do fornecedor;• Designação comercial (marca e referência do éster natural);• Resultados dos ensaios do lote à saída de fábrica;• Deve ser igualmente fornecido a FDS e FDP respeitante ao éster natural a fornecer. <p>Segundo o Regulamento 1272/2008, 16/12, o fornecedor deve disponibilizar com o éster natural a respetiva Ficha FDS em papel ou via eletrónica e em língua portuguesa. Esta ficha pode ser pedida mesma que uma mistura não cumpra os critérios de classificação como perigosa, mas que contenha substâncias com efeitos perigosos para a saúde humana ou para o ambiente, em determinadas concentrações. A FDS deve ter o formato definido no Anexo II do Regulamento UE 2015/830 do REACH, retificado no Jornal Oficial da União Europeia L12, de 17 de janeiro de 2017.</p> <p>Para além da FDS, o fornecedor deve disponibilizar a Declaração CE de Conformidade ou Declaração CE de conformidade única do éster natural nos termos da Decisão 768/2008/CE, de 9/7 e respetivo Anexo III.</p>
R023	<p>Composição e tratamento em final de vida</p> <p>Informação suficiente sobre a composição dos equipamentos designadamente quanto à incorporação de materiais reciclados e recicláveis.</p> <p>Informação suficiente para que todos os componentes dos equipamentos possam ser desfeitos ou reciclados de acordo com a legislação internacional e nacional em vigor.</p> <p>Os equipamentos e/ou materiais a fornecer devem minimizar o uso de materiais não recicláveis de forma a reduzir desperdícios durante as fases de transporte e instalação.</p>
R024	<p>Legislação de segurança e ambiental</p> <p>Os equipamentos/produtos, e respetivos constituintes, devem estar conforme as normas técnicas europeias aplicáveis e cumprir toda a legislação aplicável em vigor, designadamente as Diretivas Reach, RoHs, WEE e Ecodesign.</p>
R025	<p>Legislação de segurança e ambiental – Óleo e Equipamentos contendo óleo</p> <p>Os equipamentos/produtos, e respetivos constituintes, devem estar conforme o definido no Decreto-Lei n.º 152-D/2017, de 11 de dezembro, e modificações posteriores, devendo o fornecedor comprovar a adesão a um sistema integrado de gestão de óleos usados (entidade gestora) ou alternativamente a um sistema individual de gestão de óleos usado.</p>

7 Amostragem

A amostragem dos ésteres naturais deve ser realizada de acordo com a norma IEC 60475.

Anexo A
INFORMAÇÃO RELATIVA AOS ÉSTERES NATURAIS PARA TRANSFORMADORES

Designação E-REDES: Ésteres naturais para transformadores

Fornecedor:

Fabricante:

Marca e Referência do fabricante:

Quadro A.1

Característica	DMA-C27-101	Característica do produto	Conformidade	Documento comprovativo	Observações
Propriedades físicas					
Aspeto	R001				
Massa volúmica	R002				
Viscosidade cinemática	R003				
Ponto de fluxão	R004				
Teor de água	R005				
Propriedades elétricas					
Tensão disruptiva	R006				
Fator de dissipação dielétrica ou tangente de delta	R007				
Propriedades químicas					
Acidez	R008				
Enxofre corrosivo	R009				
Enxofre potencialmente corrosivo	R010				
DBDS	R011				
Aditivos	R012				
Compostos furânicos	R013				
Desempenho					
Estabilidade à oxidação	R014				
Propriedades de segurança, ambiente e saúde					
Ponto de inflamação	R015				
Teor de PCBs	R016				
Teor de PCAs	R017				

Característica	DMA-C27-101	Característica do produto	Conformidade	Documento comprovativo	Observações
Biodegradação	R018				
Toxicidade	R019				
Condições de fornecimento					
Embalamento	R020				
Rotulagem	R021				
Documentação	R022				
Composição e tratamento em final de vida	R023				
Legislação de segurança e ambiental	R024				
Legislação de segurança e ambiental – Óleo e Equipamentos contendo óleo	R025				