

DIELÉCTRICOS LÍQUIDOS E GASOSOS

Óleos isolantes de origem mineral para transformadores

Características e ensaios

Elaboração: DTI

Homologação: Junho 2008

Edição: 2ª. Substitui a anterior edição de MAR 2001

Emissão: EDP Distribuição – Energia, S.A.
DTI – Direcção de Tecnologia e Inovação
R. Camilo Castelo Branco, 43 • 1050-044 LISBOA • Tel.: 210021500 • Fax: 210021444
E-mail: dti@edp.pt

Divulgação: EDP Distribuição – Energia, S.A.
GBCO – Gabinete de Comunicação
Rua Camilo Castelo Branco, 43 • 1050-044 LISBOA • Tel.: 210021684 • Fax: 210021635

ÍNDICE

0	INTRODUÇÃO	3
1	OBJECTIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO	3
2	ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	3
3	NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	4
4	TERMOS E DEFINIÇÕES	5
4.1	Aditivo.....	5
4.2	Antioxidante	5
4.3	Abaixador do ponto de fluxo	5
4.4	Óleo não inibido	5
5	CARACTERÍSTICAS E ENSAIOS.....	5
5.1	Classificação dos óleos	5
5.2	Ensaio	5
5.2.1	Aspecto.....	5
5.2.2	Massa volúmica.....	6
5.2.3	Viscosidade cinemática	6
5.2.4	Ponto de inflamação	6
5.2.5	Ponto de fluxo	6
5.2.6	Tensão interfacial	6
5.2.7	Índice de acidez	6
5.2.8	Enxofre corrosivo	6
5.2.9	Enxofre potencialmente corrosivo	6
5.2.10	Teor de água	6
5.2.11	Aditivos antioxidantes.....	6
5.2.12	Estabilidade à oxidação – Método C	6
5.2.13	Tensão disruptiva.....	6
5.2.14	Factor de dissipação dieléctrica (tangente de delta).....	7
5.2.15	Teor de PCA	7
5.2.16	Teor de 2-FAL.....	7
5.2.17	Teor de PCB.....	7
5.2.18	Cor	7
5.3	Amostragem.....	7
5.4	Valores limite	7
6	ÓLEOS FORNECIDOS COM OS TRANSFORMADORES	9
7	CONDIÇÕES DE FORNECIMENTO	9

0 INTRODUÇÃO

Este documento foi elaborado com vista a uma uniformização de ensaios e especificações de óleos isolantes, de origem mineral, para transformadores de energia eléctrica, designados abreviadamente por óleos isolantes, ou simplesmente por óleos.

Na sua elaboração foram tidas em conta diversas disposições aplicáveis, quer de normas e regulamentos portugueses, quer de normas Internacionais, quer ainda de normas específicas de outros países.

1 OBJECTIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO

Este documento destina-se a indicar as características e os ensaios a realizar nos óleos isolantes novos destinados a transformadores a serem explorados ou em exploração nas redes e instalações das empresas do Grupo EDP, 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 óleos
 - Valores limite
- b) Ensaios
 - Ensaios e respectivas metodologias para comprovar as características dos óleos
- c) Condições de fornecimento
 - Identificação dos lotes de fornecimento
 - Embalagem

Estes óleos serão utilizados em Transformadores de Potência AT/MT e MT/BT, instalados ou a instalar em locais que não ofereçam riscos especiais, nem exijam condições especiais de segurança contra incêndios. Nesta especificação não se incluem portanto fluidos isolantes destinados a transformadores que sejam instalados em locais cujo risco de incêndio obriga a características particulares, no que se refere, por exemplo, ao ponto de inflamação.

2 ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

Neste documento são usadas as seguintes abreviaturas e símbolos:

- NP – Norma Portuguesa
- IEC – International Electrotechnical Commission
- ISO – International Organization for Standardization
- BS – British Standard
- ASTM – American Standard for Testing Materials
- DIN – Deutsches Institut für Normung
- DMA – Documento Normativo de Materiais, Aparelhagem, Equipamentos e Ferramentas
- PTE – Procedimento Técnico de Ensaio (documento interno da Labelec)

3 NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Neste documento são citadas diversas normas e outros documentos normativos que lhe serviram de base e que são como se segue:

IEC 60296 de 2003	Fluids for electrotechnical applications-Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear
EN 60156 de 1995 (correspondência: IEC 60156)	Insulating liquids - Determination of the breakdown voltage at power frequency - Test method
NP 3419 de 1992 (correspondência: IEC 60475)	Materiais isolantes eléctricos. Isolantes líquidos. Método de amostragem
IEC 61125-(Ed. 1.0 de 1992-08 + A1 de 2004-04)	Unused hydrocarbon based insulating liquids - Test methods for evaluating the oxidation stability
IEC 60247 de 2004	Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor and d.c. resistivity of insulating liquids
IEC 60666 em revisão	Detection and determination of specified anti-oxidant additives in insulating oils
EN 60814 de 1997 (correspondência: IEC 60814)	Insulating liquids - Oil-impregnated paper and pressboard - Determination of water by automatic coulometric Karl Fisher titration
ISO 2719 de 2002	Petroleum Products and Lubricants - Determination of Flash Point - Pensky-Martens Closed Cup Method
ISO 3016 de 1994	Petroleum Oils - Determination of Pour Point
ISO 3104 de 1994 + ISO 3104 de 1994/Cor 1:1997	Petroleum Products - Transparent and Opaque Liquids - Determination of Kinematic Viscosity and Calculation of Dynamic Viscosity
ISO 3675 de 1998 ou	Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products - Laboratory Determination of Density or Relative density - Hydrometer Method
ISO 12185 de 1996	Crude Petroleum and petroleum products – determination of density - oscillating U-tube method
IEC 62021-1 de 2003	Insulating liquids –Determination of acidity – Part 1: Automatic potentiometric titration
DIN 51353 de 1985	Testing of Insulating oils- Detection of corrosive sulphur – silver strip test
IEC 62535 (em elaboração)	Test method for detection of potentially corrosive sulphur in used and unused insulating oils
ASTM D971 de 2004	Standard Test Method for Interfacial Tension of Oil Against Water by the Ring Method
BS 2000 Part 346, 2000	Determination of Polycyclic aromatics in unused lubricating base oils and asphaltene free petroleum fractions – Dimethyl sulphoxide extraction
IEC 61198 de 1993	Mineral Insulating oils- Methods for the determination of 2-furfural and related compounds

IEC 61619 de 1997	Mineral Insulating oils- Contamination by Polychlorinated byphenyls (PCB's) - Method of determination by capillary column gas chromatography
IEC 60567 de 2005	Guide for the sampling of gases and of oil from the oil-filled electrical equipment and for the analysis of free and dissolved gases
ISO 2049 de 1996	Petroleum products - Determination of colour
IEC 60422 de 2005	Mineral insulating oils in electrical equipment-Supervision and maintenance guidance

4 TERMOS E DEFINIÇÕES

Os conceitos utilizados neste documento estão na generalidade definidos na norma CEI 60296 ou na norma CEI 60422.

4.1 Aditivo

Substância apropriada, adicionada intencionalmente, por pequenas doses, a um óleo isolante para melhorar certas características.

4.2 Antioxidante

Aditivo adicionado a um óleo isolante para reduzir ou retardar a sua degradação por oxidação.

4.3 Abaixador do ponto de fluxo

Aditivo que permite baixar o ponto de fluxo de um óleo mineral isolante.

4.4 Óleo não inibido

Óleo mineral isolante que não contém antioxidante, mas que pode conter outros aditivos.

5 CARACTERÍSTICAS E ENSAIOS

5.1 Classificação dos óleos

No que respeita às suas propriedades, os óleos isolantes objecto desta especificação serão "óleos para transformadores" segundo a norma IEC 60296 e serão isentos de PCB (< 50 ppm).

5.2 Ensaio

As características dos óleos que deverão ser sujeitas a ensaios e os métodos para os realizar são os a seguir indicados:

5.2.1 Aspecto

Observação à luz, duma amostra representativa do óleo, à temperatura ambiente, usando como contentor um recipiente de vidro transparente, com uma espessura aproximada de 10 cm.

5.2.2 Massa volúmica

A medição da massa volúmica poderá ser feita de acordo com a norma ISO 3675, ou com a norma ISO 12185.

5.2.3 Viscosidade cinemática

A viscosidade cinemática deverá ser medida segundo a norma ISO 3104.

5.2.4 Ponto de inflamação

O ponto de inflamação deverá ser medido segundo a norma ISO 2719.

5.2.5 Ponto de fluxo

O ponto de fluxo deverá ser determinado segundo a norma ISO 3016.

5.2.6 Tensão interfacial

A tensão interfacial deverá ser medida segundo a norma ASTM D971.

5.2.7 Índice de acidez

O índice de acidez deverá ser medido segundo a norma IEC 62021-1.

5.2.8 Enxofre corrosivo

A determinação do enxofre corrosivo deverá ser efectuada segundo a norma DIN 51353.

5.2.9 Enxofre potencialmente corrosivo

A determinação do enxofre potencialmente corrosivo deverá ser efectuada segundo a norma IEC 62535, norma em elaboração.

Nota: enquanto não tiver sido publicada a norma aplicável, serão considerados os procedimentos de acordo com o estado da arte, internacionalmente reconhecidos (CIGRÉ/IEC), à data da avaliação.

5.2.10 Teor de água

O teor de água deverá ser determinado segundo a norma IEC 60814.

5.2.11 Aditivos antioxidantes

Os aditivos antioxidantes deverão ser determinados segundo a norma IEC 60666.

Nota: enquanto não tiver sido publicada a norma aplicável, serão considerados os procedimentos de acordo com o estado da arte, internacionalmente reconhecidos (CIGRÉ/IEC), à data da avaliação.

5.2.12 Estabilidade à oxidação – Método C

A estabilidade à oxidação deverá ser determinada segundo o método C descrito na norma IEC 61125.

5.2.13 Tensão disruptiva

A tensão disruptiva deverá ser determinada segundo a norma IEC 60156.

5.2.14 Factor de dissipação dieléctrica (tangente de delta)

O factor de dissipação dieléctrica, (tangente de delta), deverá ser medido a 90 °C, segundo a norma IEC 60247.

5.2.15 Teor de PCA

O teor de PCA deverá ser determinado segundo a norma BS 2000 Part 346.

5.2.16 Teor de 2-FAL

O teor de 2-FAL e dos restantes compostos furânicos dissolvidos no óleo, deverão ser determinados segundo a norma IEC 61198.

5.2.17 Teor de PCB

O teor de PCB no óleo deverá ser determinado segundo a norma IEC 61619.

5.2.18 Cor

A cor do óleo deverá ser determinada segundo a norma ISO 2049.

5.3 Amostragem

A amostragem dos óleos deverá ser realizada de acordo com a norma IEC 60475 ou IEC 60567 consoante os ensaios a que se destina.

As amostras deverão ser colhidas nos pontos onde o óleo seja suposto estar mais contaminado, por exemplo na parte inferior dos reservatórios, não devendo no entanto negligenciar-se os contaminantes que se encontram à superfície, ou disseminados no seu seio.

5.4 Valores limite

Para qualquer óleo isolante objecto desta especificação, os resultados obtidos nos ensaios referidos no parágrafo 5.2, não deverão exceder os valores limite indicados no quadro 1 a seguir apresentado.

Estes valores limite aplicam-se apenas a óleos novos, no seu estado de fornecimento, devendo por isso ser analisados antes da sua introdução nos transformadores, ou noutros quaisquer equipamentos.

Quadro 1
Características dos óleos minerais isolantes novos
(segundo a norma IEC 60296 - Óleos para transformadores - quadro 2)

Propriedades		Método de ensaio secção do ponto 6 da norma IEC 60296	Valores admissíveis para as características medidas
Viscosidade cinemática (mm ² /s) a: 40 °C		6.1	≤ 12,0
Viscosidade cinemática (mm ² /s) a: - 30 °C		6.1	≤ 1800
Ponto de inflamação (°C)		6.15	≥ 135
Ponto de fluxo (°C)		6.2	≤ - 40
Aspecto		6.6	Límpido e isento de matérias em suspensão, ou de depósitos
Massa volúmica (kg/dm ³) a 20 °C		6.16	≤ 0,895
Tensão interfacial (N/m) a 25 °C		6.8	≥ 40 x 10 ⁻³
Índice de acidez (mg KOH/g óleo)		6.7	≤ 0,01
Enxofre corrosivo		6.10	Não corrosivo
Enxofre potencialmente corrosivo			Não potencialmente corrosivo
Teor de água (mg/kg)		6.3	≤ 30 (ou 40 para óleo fornecido em tambores)
Aditivos antioxidantes		6.11	Óleo não inibido: não detectáveis
Estabilidade à Oxidação -Método C	Acidez total (mg KOH/g óleo)	6.12	≤ 1,2
	Depósito (% em massa)	6.12	≤ 0,80
	Factor de dissipação dielétrica, (tang δ) a 90 °C	6.12	Max 0,50
Tensão disruptiva	Antes do tratamento (kV)	6.4	≥ 30
	Após o tratamento (kV) (*)	6.4	≥ 70
Factor de dissipação dielétrica, (tang δ) a 90 °C e de 40 Hz a 60 Hz		6.5	≤ 0,005
Teor de PCA, (%)		6.16	≤ 3
Teor de PCB (mg _{PCB} /kg _{óleo})		6.8	Não detectável (< 2)
Teor de 2-FAL, (mg _{2FAL} /kg _{óleo})		6.7	≤ 0,1
(*) O tratamento consiste num aquecimento do óleo a 60 °C, seguido duma filtração a quente, sob vácuo da ordem do 2,5 kPa, através de um filtro de vidro sinterizado, de porosidade 4			

6 ÓLEOS FORNECIDOS COM OS TRANSFORMADORES

Esta especificação aplica-se também ao óleo que incorpora os próprios transformadores fornecidos à EDP Distribuição.

Nestes casos são aplicáveis os valores do anterior quadro 1, à excepção das seguintes especificações apresentadas no quadro 2 abaixo.

Quadro 2

Características dos óleos minerais isolantes novos após enchimento de equipamento novo, antes de ser colocado em tensão (equipamentos cuja tensão máxima é 72,5kV)
Segundo a norma CEI 60422

Propriedades	Método de ensaio secção do ponto 6 da norma IEC 60296	Valores admissíveis para as características medidas
Cor		Max 2,0
Tensão disruptiva, (kV)	6.4	>55
Teor de água (mg/kg)	6.3	≤ 20
Índice de acidez (mg KOH/g óleo)	6.7	≤ 0,03
Factor de dissipação dieléctrica (tang δ) a 90 °C e de 40 Hz a 60 Hz	6.5	≤ 0,015
Tensão interfacial (N/m) a 25 °C	6.8	≥ 35 x 10 ⁻³
Resistividade a 90 °C (GΩm)		≥ 60

7 CONDIÇÕES DE FORNECIMENTO

Os óleos isolantes objecto desta especificação devem ser fornecidos em tambores de 200 litros ou a granel, em camiões cisterna, acondicionados de tal forma que as características dos óleos não sofram deterioração.

Todos os tambores de óleo ou recipientes contendo amostras provenientes do fornecedor, devem possuir pelo menos as seguintes indicações:

- designação comercial;
- lote de produção (refinação) a que pertence.

Cada fornecimento de óleo deve ser acompanhado de um documento emitido pelo fornecedor especificando pelo menos o seguinte:

- nome do fornecedor;
- designação comercial (Marca e referência do óleo);
- resultados dos ensaios do lote à saída de fábrica.