

(19)



(11)

EP 1 754 236 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
02.07.2008 Bulletin 2008/27

(51) Int Cl.:
H01B 3/22 (2006.01) H01F 27/12 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **05766695.0**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2005/050356

(22) Date de dépôt: **24.05.2005**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2005/119702 (15.12.2005 Gazette 2005/50)

(54) **UTILISATION D'HUILE DIELECTRIQUE DE HAUTE PERFORMANCE DANS DES EQUIPEMENTS ELECTRIQUES A HAUTE TENSION**

VERWENDUNG VON DIELEKTRISCHES HOCHLEISTUNGSÖL FÜR
HOCHSPANNUNGSELEKTROGERÄTE

USE OF HIGH PERFORMANCE DIELECTRIC OIL IN HIGH VOLTAGE ELECTRICAL EQUIPMENT

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

• **BEROUAL, Abderrahmane**
F-69410 Champagne Au Mont d'Or (FR)

(30) Priorité: **28.05.2004 FR 0451069**

(74) Mandataire: **Poulin, Gérard et al**
Brevalex
3, rue du Docteur Lancereaux
75008 Paris (FR)

(43) Date de publication de la demande:
21.02.2007 Bulletin 2007/08

(56) Documents cités:
EP-A- 0 292 025 FR-A- 2 107 938

(73) Titulaire: **AREVA T&D SA**
92084 Paris La Défense Cedex (FR)

• **DATABASE WPI Section Ch, Week 197629**
Derwent Publications Ltd., London, GB; Class
H08, AN 1976-55020X XP002322162 & JP 51
063499 A (HITACHI LTD) 1 juin 1976 (1976-06-01)

(72) Inventeurs:
• **BESSEDE, Jean-Luc**
F-38300 CHATEAUVILAIN (FR)
• **PERRIER, Christophe**
F-69100 VILLEURBANNE (FR)

EP 1 754 236 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description**DOMAINE TECHNIQUE**

5 **[0001]** La présente invention se rapporte à l'utilisation d'une huile diélectrique de haute performance dans des équipements électriques à haute tension.

[0002] Ces équipements peuvent notamment être des transformateurs de puissance, de mesure, de distribution ou de traction, mais aussi des changeurs de prise, des traversées, des répartiteurs, des disjoncteurs à bain d'huile, des condensateurs de puissance ou encore des câbles.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

15 **[0003]** Les transformateurs de puissance font partie des composants les plus stratégiques et les plus coûteux des réseaux de transport et de distribution de l'énergie électrique. Il est donc essentiel qu'ils fonctionnent correctement le plus longtemps possible.

[0004] La plupart de ces transformateurs sont remplis d'un liquide qui joue le rôle à la fois d'isolant électrique et de fluide caloporteur. Ce liquide est quasiment toujours une huile minérale, issue de la distillation fractionnée des bruts de pétrole. Cette prépondérance des huiles minérales s'explique notamment par leur faible coût comparativement à celui des liquides isolants de synthèse susceptibles d'être employés en électrotechnique comme les alkylbenzènes. Des huiles esters et silicones sont utilisées dans les transformateurs de distribution, mais le sont rarement, du fait de leur coût élevé, dans les transformateurs de puissance.

[0005] Les progrès réalisés ces dernières années dans le domaine des matériaux ont permis de réduire significativement les dimensions des transformateurs de puissance avec, pour conséquences, une diminution de la taille des intervalles isolants et une augmentation des densités de chaleur nécessitant d'être évacuées.

25 **[0006]** Les huiles minérales présentes dans ces transformateurs sont donc amenées à exercer leur rôle d'isolant électrique dans des intervalles plus réduits pour des tensions de fonctionnement équivalentes, voire plus élevées, et à assurer parallèlement l'évacuation de densités de chaleur plus importantes.

[0007] Il est à craindre, bien que cela n'ait pas été expressément démontré, que l'utilisation des huiles minérales dans ces conditions se traduise par une défaillance des transformateurs ou bien par une diminution de leur durée de vie, notamment en raison d'une dégradation prématurée de ces huiles.

30 **[0008]** Les Inventeurs se sont donc fixés pour but de fournir une huile qui soit plus performante que les huiles minérales actuellement utilisées dans les transformateurs de puissance, en particulier en termes de rigidité diélectrique et de tenue au vieillissement, de manière à garantir un fonctionnement de ces transformateurs dans les meilleures conditions de fiabilité et de sécurité, à leur conférer une durée de vie satisfaisante et à offrir la possibilité de les rendre encore plus compacts.

35 **[0009]** Les Inventeurs se sont de plus fixés pour but de fournir une huile qui, tout en présentant ces avantages, ait un coût de fabrication compatible avec une utilisation dans des transformateurs de puissance, sachant qu'un transformateur de puissance peut contenir plus de 40 000 litres d'huile.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

40 **[0010]** Ce but et d'autres encore sont atteints par l'invention qui propose une huile diélectrique comprenant de 75 à 95% environ en volume d'une huile naphénique et de 5 à 25% environ en volume d'une huile ester.

45 **[0011]** Les Inventeurs ont, en effet, constaté que, de manière surprenante, l'addition d'une huile ester à une huile naphénique dans les proportions indiquées ci-dessus se traduit par une amélioration très nette des propriétés diélectriques de cette huile naphénique, ainsi que de sa tenue au vieillissement, sans affecter pour autant sa viscosité et, donc, son aptitude à assurer un transfert de chaleur. On obtient ainsi une huile aux performances bien supérieures à celles des huiles minérales actuellement utilisées dans les transformateurs de puissance, ainsi qu'à celles des huiles silicones.

50 **[0012]** Selon une première disposition préférée de l'invention, l'huile naphénique est une huile ou un mélange d'huiles qui présente(nt) une teneur en carbone aromatique (C_a) de 10 à 15% environ, une teneur en carbone paraffinique (C_p) de 40 à 45% environ et une teneur en carbone naphénique (C_n) de 45 à 50% environ. A titre d'exemples d'huiles naphéniques présentant ce type de composition, on peut citer les huiles Nytro 10GBN, Nytro 3000 et Nytro 10X de la société NINAS, l'huile Poweroil TO-10 de la société APAR, les huiles Univolt 60 et Voltesso 35 de la société ESSO, ainsi que les huiles Diala A et Diala M de la société SHELL.

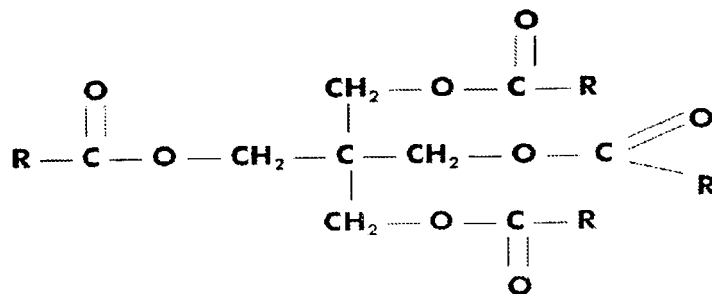
55 **[0013]** Conformément à l'invention, l'huile ester peut être une huile végétale ou synthétique, ou un mélange de plusieurs huiles végétales et/ou synthétiques. Toutefois, on préfère utiliser une huile synthétique ou un mélange d'huiles synthétiques en raison de ce que ces huiles présentent généralement un point d'écoulement inférieur à celui des huiles végétales.

et proche de celui des huiles minérales naphthéniques, en sorte qu'elles restent liquides à des températures auxquelles les huiles végétales tendent à solidifier. De plus les huiles esters synthétiques s'oxydent moins rapidement que les huiles esters végétales.

[0014] Selon une autre disposition préférée de l'invention, l'huile ester est donc une huile ester synthétique ou un mélange d'huiles contenant au moins une huile ester synthétique.

[0015] De préférence, cette huile ester synthétique est de la famille des polyolesters, et est plus particulièrement une huile à base de tétraester de pentaérythritol.

[0016] Avantagusement, cette huile à base de tétraester de pentaérythritol répond à la formule (I) ci-après :



(I)

dans laquelle R représente un groupe alkyle allant de C_5H_{11} à C_9H_{19} . Une telle huile est notamment disponible auprès de la société M&I sous la référence commerciale Midel 7131.

[0017] Toutefois, d'autres huiles esters peuvent également être utilisées comme, par exemple, les huiles synthétiques ProEco TR3746 de la société COGNIS ou Envirottemp 200 de la société CPS, ou les huiles végétales Biotemp de la société ABB ou Envirottemp FR3 de la société CPS.

[0018] Selon une disposition particulièrement préférée de l'invention, l'huile diélectrique comprend une huile naphthénique présentant une teneur en carbone aromatique (C_a) de 14% environ, une teneur en carbone paraffinique (C_p) de 41% environ et une teneur en carbone naphthénique (C_n) de 45% environ, et une huile à base de tétraester de pentaérythritol répondant à la formule (I) ci-avant.

[0019] De préférence, le rapport volumique entre ces deux huiles va de 75:25 à 85:15, un rapport volumique particulièrement préféré étant d'environ 80:20.

[0020] Outre de présenter les avantages précités, l'huile selon l'invention présente encore celui d'être économiquement intéressante, dans la mesure où elle est principalement constituée d'huile minérale.

[0021] Elle est donc particulièrement adaptée à servir d'isolant électrique et de fluide caloporteur dans des équipements électriques à haute tension.

[0022] Au sens de la présente invention, on entend par "haute tension", toute tension supérieure à 1000 V en courant alternatif et à 1500 V en courant continu, conformément aux spécifications de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI).

[0023] En particulier, l'huile selon l'invention est susceptible d'être avantageusement utilisée dans des transformateurs de puissance, de mesure, de distribution ou de traction, et notamment dans des distributeurs de puissance.

[0024] L'invention sera mieux comprise à la lumière du complément de description, qui se réfère à un exemple de réalisation d'une huile selon l'invention et de démonstration de ses propriétés.

[0025] Bien entendu, cet exemple n'est donné qu'à titre d'illustration de l'objet de l'invention et ne constitue en aucun cas une limitation de cet objet.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0026] La figure 1 représente l'évolution de la viscosité (en mm^2/s) d'une huile naphthénique (courbe A), d'une huile selon l'invention composée de cette huile naphthénique et d'une huile ester synthétique dans un rapport volumique de 80:20 (courbe B), et d'une huile composée de cette même huile naphthénique et d'une huile silicone dans un rapport volumique de 80:20 (courbe C), en fonction de la température (en $^{\circ}\text{C}$).

[0027] La figure 2 représente les probabilités gaussiennes cumulatives de survenue d'un claquage pour une huile naphthénique (courbe A), pour une huile selon l'invention composée de cette huile naphthénique et d'une huile ester synthétique dans un rapport volumique de 80:20 (courbe B), et pour une huile composée de cette même huile naphthénique et d'une huile silicone dans un rapport volumique de 80:20 (courbe C).

[0028] La figure 3 représente l'acidité (en mg de KOH/g d'huile) d'une huile naphénique (courbe A), d'une huile selon l'invention composée de cette huile naphénique et d'une huile ester synthétique dans un rapport volumique de 80:20 (courbe B), et d'une huile composée de cette même huile naphénique et d'une huile silicone dans un rapport volumique de 80:20 (courbe C), avant vieillissement (point 0 de l'axe des abscisses) et après vieillissement sans catalyseur métallique (point 1 de l'axe des abscisses), en présence d'un catalyseur métallique (point 2 de l'axe des abscisses) et en présence d'un isolant cellulosique appelé papier Kraft (point 3 de l'axe des abscisses).

[0029] La figure 4 représente le facteur de dissipation (ou $\tan \delta$) d'une huile naphénique (courbe A), d'une huile selon l'invention comprenant cette huile naphénique et une huile ester synthétique dans un rapport volumique de 80:20 (courbe B), et d'une huile composée de cette même huile naphénique et d'une huile silicone dans un rapport volumique de 80:20 (courbe C), avant vieillissement (point 0 de l'axe des abscisses) et après vieillissement sans catalyseur métallique (point 1 de l'axe des abscisses), en présence d'un catalyseur métallique (point 2 de l'axe des abscisses) et en présence d'un isolant cellulosique appelé papier Kraft (point 3 de l'axe des abscisses).

[0030] La figure 5 représente la densité de charges d'une huile naphénique (point 1 de l'axe des abscisses), d'une huile ester synthétique (point 2 de l'axe des abscisses), d'une huile selon l'invention composée de cette huile naphénique et de cette huile ester synthétique dans un rapport volumique de 80:20 (point 3 de l'axe des abscisses), et d'une huile composée de cette même huile naphénique et d'une huile silicone dans un rapport volumique de 80:20 (point 4 de l'axe des abscisses) avant et après filtration, sous un vide de 10^{-3} bar, sur un verre fritté de 11-16 microns de porosité.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ D'UN MODE DE MISE EN OEUVRE PARTICULIER

[0031] On prépare une huile selon l'invention en mélangeant :

* 80 parties en volume de l'huile naphénique commercialisée par la société NYNAS sous la référence commerciale Nytro 10GBN ($C_a = 14\%$; $C_p = 41\%$; $C_n = 45\%$), et

* 20 parties en volume de l'huile tétraester de pentaérythritol de formule (I) ci-avant, commercialisée par la société M&I sous la référence commerciale Midel 7131, jusqu'à obtention d'un mélange homogène.

[0032] L'huile ainsi obtenue est soumise à quatre séries de tests destinés à apprécier respectivement l'évolution de sa viscosité en fonction de la température, sa rigidité diélectrique, sa tenue au vieillissement et sa tendance à se charger électriquement.

[0033] A des fins comparatives, sont soumises à ces quatre mêmes séries de tests, d'une part, l'huile naphénique NYNAS Nytro 10GBN seule et, d'autre part, une huile constituée d'un mélange de cette même huile naphénique et de l'huile silicone Rhodorsil 604V50 (société RHODIA), également dans un rapport volumique de 80:20. Ces huiles sont respectivement désignées ci-après "huile naphénique" et "huile à 20% d'huile silicone".

[0034] On teste également la tendance à se charger électriquement de l'huile ester synthétique Midel 7131 seule. Cette huile est appelée dans ce qui suit "huile ester synthétique".

Tests de viscosité :

[0035] La viscosité des huiles est déterminée selon la norme CEI 60296 / ISO 3104.

Tests de rigidité diélectrique :

[0036] La rigidité diélectrique des huiles est étudiée à température ambiante selon la norme CEI 60156, c'est-à-dire sous un champ électrique quasiment uniforme, obtenu avec des électrodes sphériques, d'axe horizontal. L'espace inter-électrodes est réglé à $2,5 \pm 0,05$ mm. La tension est augmentée de façon régulière ($2,0 \pm 0,2$ kV/sec) jusqu'au claquage et chaque échantillon d'huile testée est agité pendant toute la durée du test.

[0037] Préalablement à chaque test, les échantillons d'huile sont filtrés sur un verre fritté de 11 à 16 microns de porosité, sous un vide de 10^{-3} bar. Leur teneur en eau est déterminée selon la norme CEI 60814 (titrage coulométrique de Karl Fischer) ; le nombre de particules est compté selon la norme CEI 60970 et la pollution particulaire des échantillons est classifiée de 1 à 12 selon la norme allemande NAS 1638.

[0038] Les tensions de claquage sont mesurées au moyen d'un dieltest BAUR (100 kV-50 Hz) sur 32 échantillons pour chaque huile testée et les mesures sont analysées par la loi de Laplace-Gauss ou loi normale, représentée par la formule suivante :

$$f(x, u, \sigma) = [1/(\sqrt{2\pi}\sigma)] \cdot \exp - [(x-u)^2/2\sigma^2]$$

5 dans laquelle x représente la valeur de la tension de claquage (en kV), u représente la tension de claquage moyenne (en kV) et σ représente le coefficient de variation.

[0039] Le coefficient de sécurité, qui correspond à la valeur minimale de tension de claquage d'une huile, est déterminé pour $f(x, u, \sigma) = 0,001$, c'est-à-dire pour une probabilité de 99,9%.

10 Tests de vieillissement :

[0040] La tenue au vieillissement des huiles est appréciée selon la norme ASTM D1934-95(2000) qui propose deux procédures de vieillissement oxydatif, l'une sans catalyseur métallique, l'autre en présence d'un catalyseur métallique, à savoir un fil de cuivre. Dans cette dernière procédure, afin de rendre l'essai plus sévère que l'ASTM D1934-95(2000) (qui préconise 15 cm² de cuivre pour 300 ml d'huile), nous avons suivi les recommandations de la norme CEI 61125 (qui préconise 9.7 cm² de cuivre pour 25g d'huile), ce qui représente 8,8% du poids de l'huile.

[0041] La tenue au vieillissement des huiles est également testée après imprégnation de papier Kraft et séchage du papier ainsi imprégné dans des conditions analogues à celles utilisées pour préparer les papiers huilés employés dans les transformateurs.

20 **[0042]** Dans tous les cas, le vieillissement est réalisé en laissant les échantillons pendant 96 heures dans un four à circulation d'air réglé à une température de 115°C.

[0043] L'acidité et le facteur de dissipation (ou $\tan \delta$) des huiles sont mesurés avant et après vieillissement.

Tests d'électrisation statique :

25 **[0044]** La tendance des huiles à se charger électriquement est appréciée au moyen d'un dispositif appelé "testeur ministatique de charge" ("ministatic charge tester"). Ce test consiste à forcer l'huile testée à passer au travers d'un filtre constitué d'une feuille de cellulose pour provoquer une séparation des charges. Les charges restées sur le filtre sont mesurées à l'aide d'un électromètre et les résultats sont exprimés en termes de densité de charges, c'est-à-dire la 30 quantité de charges générées par unité de volume d'huile dans le flux. La densité de charges est déterminée par la formule suivante :

$$Densité\ de\ charge\ (\mu C/m^3) = (i.t.10^{12})/v$$

35 dans laquelle i représente le courant (en ampères), t représente le flux d'huile (en secondes) et v représente le volume d'huile (en ml).

40 **[0045]** Chaque huile est testée avant et après filtration sur un verre fritté présentant une porosité de 11 à 16 microns, sous un vide de 10^{-3} bar.

Résultats :

45 **[0046]** Les résultats des tests sont illustrés sur les figures 1 à 5 qui représentent :

Figure 1 : l'évolution de la viscosité, exprimée en mm²/s, de l'huile naphthénique (courbe A), de l'huile selon l'invention (courbe B) et de l'huile à 20% d'huile silicone (courbe C), en fonction de la température, exprimée en °C ;

Figure 2 : les probabilités gaussiennes cumulatives de survenue d'un claquage telles qu'obtenues pour l'huile naphthénique (courbe A), pour l'huile selon l'invention (courbe B) et pour l'huile à 20% d'huile silicone (courbe C) ;

50 Figure 3 : l'acidité, exprimée en mg de KOH/g d'huile, de l'huile naphthénique (courbe A), de l'huile selon l'invention, (courbe B) et de l'huile à 20% d'huile silicone (courbe C), avant vieillissement (point 0 de l'axe des abscisses) et après vieillissement sans catalyseur métallique (point 1 de l'axe des abscisses), en présence du catalyseur métallique (point 2 de l'axe des abscisses) et sur papier Kraft (point 3 de l'axe des abscisses) ;

55 Figure 4 : le $\tan \delta$ de l'huile naphthénique (courbe A), de l'huile selon l'invention (courbe B) et de l'huile à 20% d'huile silicone (courbe C), avant vieillissement (point 0 de l'axe des abscisses) et après vieillissement sans catalyseur métallique (point 1 de l'axe des abscisses), en présence du catalyseur métallique (point 2 de l'axe des abscisses) et sur papier Kraft (point 3 de l'axe des abscisses).

Figure 5 : la densité de charges, exprimée en $\mu C/m^3$ et en valeur absolue, de l'huile naphthénique (point 1 de l'axe

des abscisses), de l'huile ester synthétique (point 2 de l'axe des abscisses), de l'huile selon l'invention (point 3 de l'axe des abscisses), de l'huile à 20% d'huile silicone (point 4 de l'axe des abscisses) avant et après filtration sur le verre fritté.

5 **[0047]** Ces figures montrent que :

1. L'huile selon l'invention présente une viscosité quasiment identique à celle de l'huile naphénique qui la constitue, sur toute la gamme des températures étudiées. L'huile à 20% d'huile silicone présente, elle, une viscosité qui, certes, est plus faible aux basses températures mais qui est plus élevée aux températures habituelles de fonctionnement des transformateurs de puissance (80-90°C).

2. Des trois huiles testées, l'huile selon l'invention est celle qui présente les propriétés de rigidité diélectrique les plus intéressantes, avec des valeurs moyennes de tension de claquage et un coefficient de sécurité nettement plus élevés que ceux obtenus pour l'huile naphénique et pour l'huile à 20% de silicone.

Le coefficient de sécurité est, en effet, de 86 kV pour l'huile selon l'invention (pour une teneur en eau de 66 ppm et une pollution particulaire de 5), alors qu'il n'est que de 50 kV pour l'huile naphénique (pour une teneur en eau de 10 ppm et une pollution particulaire de 6) et de 72 kV pour l'huile à 20% d'huile silicone (pour une teneur en eau de 12 ppm et une pollution particulaire de 5).

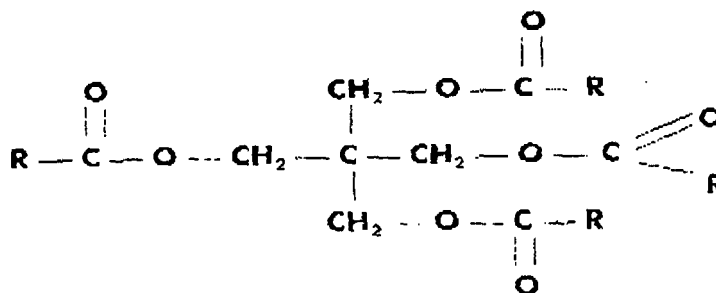
Ceci peut s'expliquer par le fait que la tenue au claquage dépend fortement de la teneur en eau d'une huile, et que pour les huiles esters synthétiques, la solubilité de l'eau dans l'huile est beaucoup plus élevée que pour les huiles minérales.

3. Des trois huiles testées, l'huile selon l'invention est également celle qui présente la tenue au vieillissement la plus intéressante, son acidité et son $\tan \delta$ augmentant moins en situation de vieillissement que ceux de l'huile naphénique et de l'huile à 20% d'huile silicone.

4. L'huile selon l'invention a une tendance à se charger électriquement plus élevée que celles de l'huile naphénique qui la constitue ou de l'huile à 20% d'huile silicone et ce, quelle que soit sa teneur en eau. Toutefois, les valeurs de densité de charges obtenues pour l'huile selon l'invention restent parfaitement compatibles avec une utilisation comme isolant électrique dans des transformateurs de puissance, et sont nettement moins élevées que pour l'huile ester synthétique seule.

Revendications

1. Utilisation d'une huile ester synthétique en une quantité de 5 à 25% en volume pour augmenter la tenue au vieillissement d'une huile diélectrique comprenant de 75 à 95% en volume d'une huile naphénique.
2. Utilisation selon la revendication 1, dans laquelle l'huile naphénique est une huile ou un mélange d'huiles qui présente(nt) une teneur en carbone aromatique de 10 à 15%, une teneur en carbone paraffinique de 40 à 45% et une teneur en carbone naphénique de 45 à 50%.
3. Utilisation selon la revendication 1, dans laquelle l'huile ester synthétique est une huile de la famille des polyolesters.
4. Utilisation selon la revendication 3, dans laquelle l'huile de la famille des polyolesters est à base de tétraester de pentaérythritol.
5. Utilisation selon la revendication 4, dans laquelle l'huile à base de tétraester de pentaérythritol répond à la formule (I) ci-après :



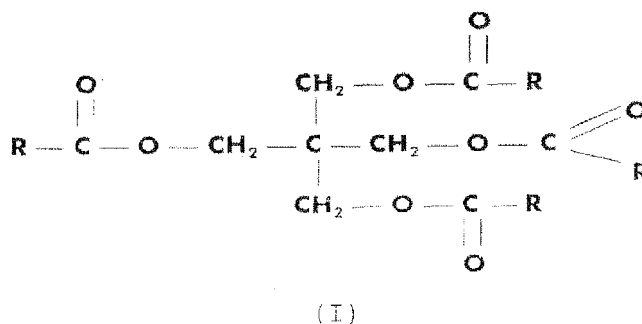
(I)

dans laquelle R représente un groupe alkyle allant de C_5H_{11} à C_9H_{19} .

6. Utilisation selon la revendication 4, qui comprend une huile naphthénique présentant une teneur en carbone aromatique de 14%, une teneur en carbone paraffinique de 41% et une teneur en carbone naphthénique de 45%, et une huile à base de tétraester de pentaérythritol de formule (I).
7. Utilisation selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le rapport volumique de l'huile naphthénique à l'huile ester va de 75:25 à 85:15.
8. Utilisation selon la revendication 7, dans laquelle le rapport volumique de l'huile naphthénique à l'huile ester est d'environ 80:20.
9. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans laquelle l'huile diélectrique est une huile pour équipements électriques à haute tension.
10. Utilisation selon la revendication 9, dans laquelle les équipements électriques sont des transformateurs de puissance, de mesure, de distribution ou de traction, et en particulier des transformateurs de puissance.

Claims

1. Use of a synthetic ester oil in an amount of 5 to 25% by volume for increasing the ageing resistance of a dielectric oil comprising 75 to 95% by volume of a naphthenic oil.
2. Use according to Claim 1, in which the naphthenic oil is an oil or a mixture of oils that has(have) an aromatic carbon content of 10 to 15%, a paraffinic carbon content of 40 to 45% and a naphthenic carbon content of 45 to 50%.
3. Use according to Claim 1, in which the synthetic ester oil is an oil of the family of polyolesters.
4. Use according to Claim 3, in which the oil of the family of polyolesters is based on a pentaerythritol tetraester.
5. Use according to Claim 4, in which the oil based on a pentaerythritol tetraester satisfies the formula (I) below:

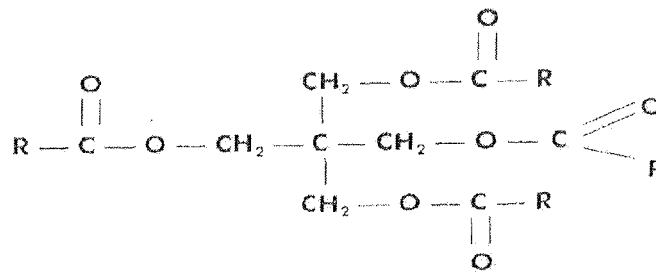


in which R represents an alkyl group ranging from C₅H₁₁ to C₉H₁₉.

6. Use according to Claim 4, which comprises a naphthenic oil having an aromatic carbon content of 14%, a paraffinic carbon content of 41% and a naphthenic carbon content of 45%, and an oil based on pentaerythritol tetraester of formula (I).
7. Use according to any one of the preceding claims, in which the naphthenic oil/ester oil volume ratio is 75/25 to 85/15.
8. Use according to Claim 7, in which the naphthenic oil/ester oil Volume ratio is approximately 80/20.
9. Use according to any one of Claims 1 to 8, in which the dielectric oil is an oil for high-voltage electrical equipments.
10. Use according to Claim 9, in which the electrical equipments include power, measurement, distribution or traction transformers, and in particular power transformers.

Patentansprüche

1. Verwendung eines synthetischen Esteröls in einer Menge von 5 bis 25 Vol.-% zur Erhöhung der Alterungsbeständigkeit eines dielektrischen Öls mit 75 bis 95 Vol.-% eines naphthenischen Öls.
2. Verwendung nach Anspruch 1, wobei das naphthenische Öl ein Öl bzw. ein Ölgemisch ist, das einen Gehalt an aromatischem Kohlenstoff von 10 bis 15 %, einen Gehalt an paraffinhaltigem Kohlenstoff von 40 bis 45 % und einen Gehalt an naphthenischem Kohlenstoff von 45 bis 50 % aufweist.
3. Verwendung nach Anspruch 1, wobei das synthetische Esteröl ein Öl aus der Gruppe der Polyolester ist.
4. Verwendung nach Anspruch 3, wobei das Öl aus der Gruppe der Polyolester auf Basis von Pentaerythrittetraester besteht.
5. Verwendung nach Anspruch 4, wobei das Öl auf Basis von Pentaerythrittetraester der nachfolgenden Formel (I) entspricht:



(I)

wobei R eine Alkylgruppe von C₅H₁₁ bis C₉H₁₉ darstellt.

6. Verwendung nach Anspruch 4, die ein naphthenisches Öl mit einem Gehalt an aromatischem Kohlenstoff von 14 %, einem Gehalt an paraffinhaltigem Kohlenstoff von 41 % und einem Gehalt an naphthenischem Kohlenstoff von 45 % und ein Öl auf Basis von Pentaerythritetraester der Formel (I) umfasst.
7. Verwendung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Volumenverhältnis von naphthenischem Öl zu dem Esteröl von 75 : 25 bis 85 : 15 reicht.
8. Verwendung nach Anspruch 7, wobei das Volumenverhältnis von naphthenischem Öl zu dem Esteröl etwa 80 : 20 beträgt.
9. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das dielektrische Öl ein Öl für elektrische Hochspannungseinrichtungen ist.
10. Verwendung nach Anspruch 9, wobei die elektrischen Einrichtungen Leistungstransformatoren, Messwandler, Netztransformatoren bzw. Bahntransformatoren und insbesondere Leistungstransformatoren sind.

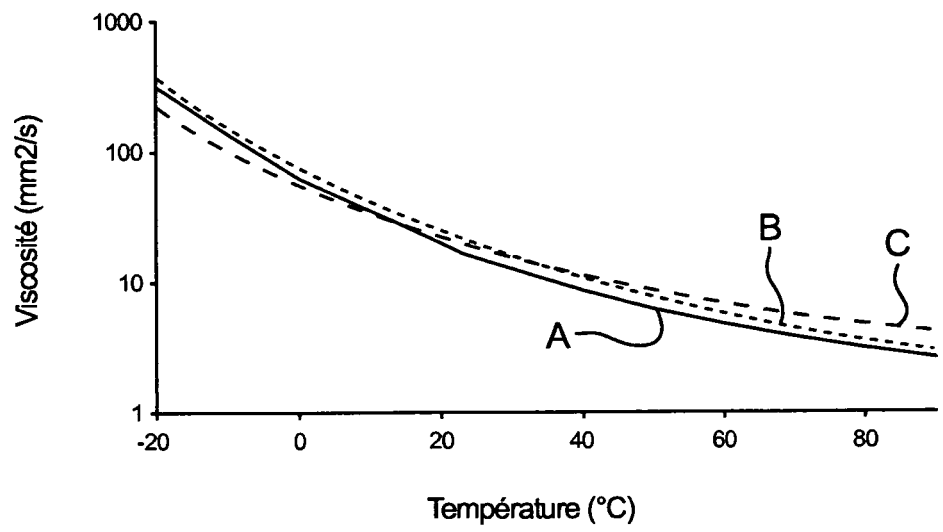


FIG. 1

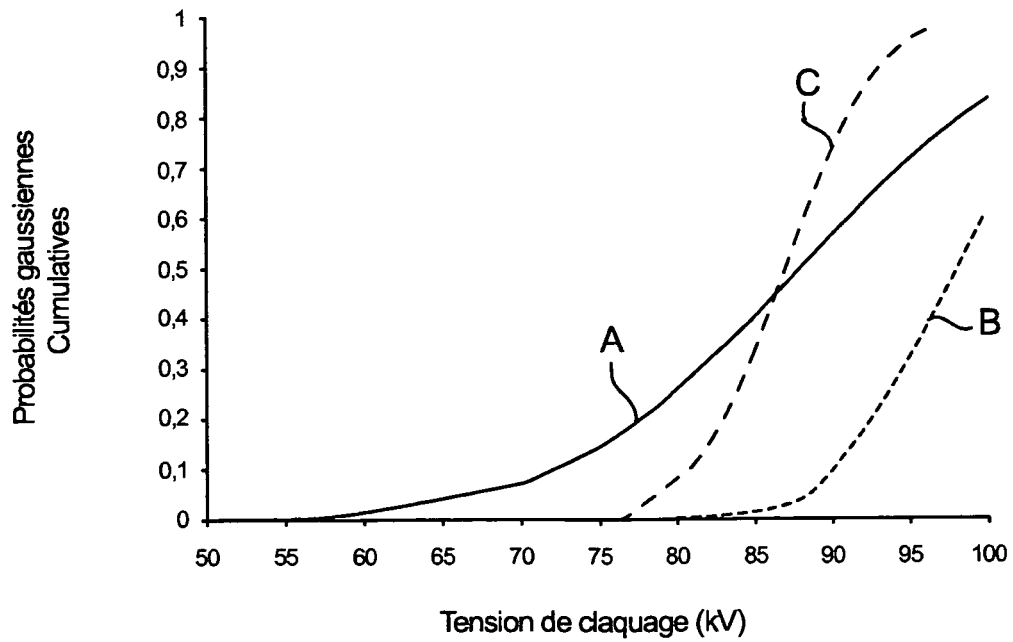


FIG. 2

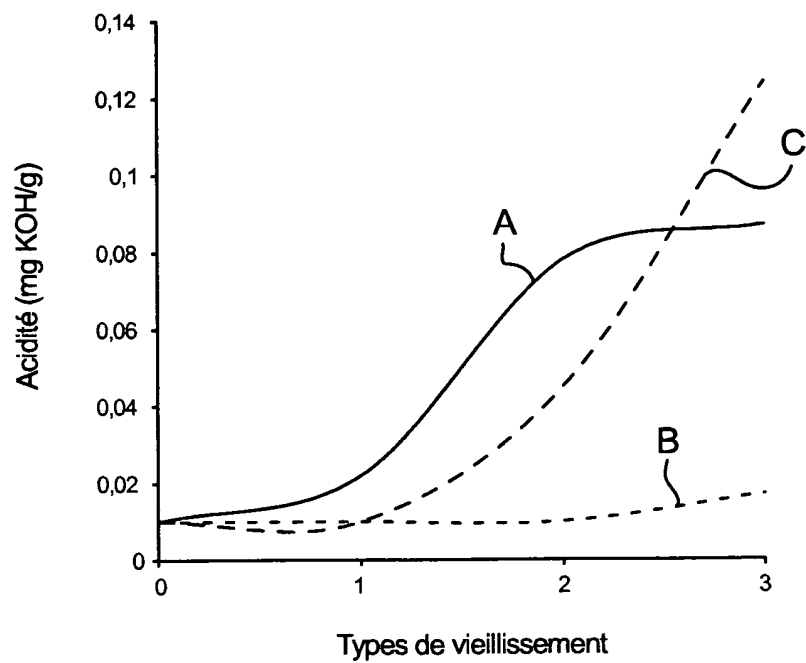


FIG. 3

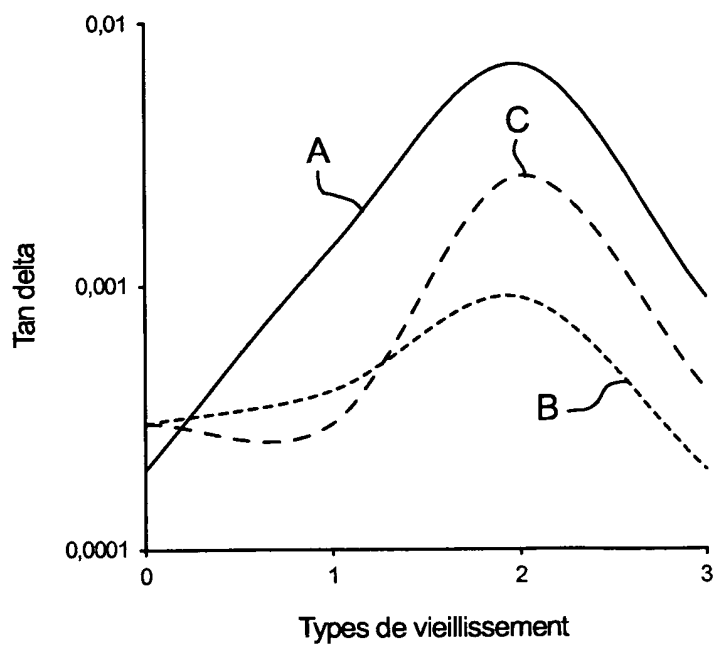


FIG. 4

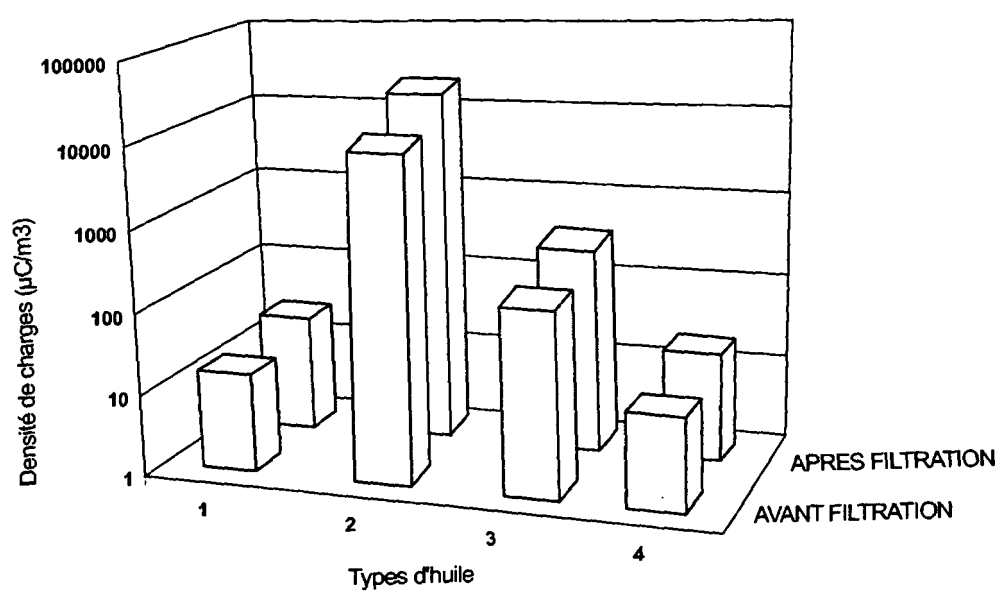


FIG. 5