



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ



1-0025746

(51)^{2006.01} **H01B 3/20**; C10M 105/04; C10N 20/00; (13) **B**
C10M 101/02; C10M 107/02

(21) 1-2015-03527 (22) 25/03/2014
(86) PCT/JP2014/058315 25/03/2014 (87) WO 2014/157217 A1 02/10/2014
(30) 2013-063068 25/03/2013 JP
(45) 26/10/2020 391 (43) 25/12/2015 333A
(73) IDEMITSU KOSAN CO.,LTD. (JP)
1-1 Marunouchi 3-chome, Chiyoda-ku Tokyo 100-8321, Japan
(72) OHNO, Takashi (JP).
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) CHẾ PHẨM DẦU CÁCH ĐIỆN

(57) Sáng chế đề cập tới chế phẩm dầu cách điện chứa, làm dầu nền: (A) một hoặc nhiều loại được chọn từ dầu khoáng được tinh chế bằng hydro hóa và dầu hydrocacbon tổng hợp, và (B) dầu khoáng được tinh chế bằng dung môi naphten mà có tỷ lệ nguyên tử cacbon trong hàm lượng naphten (% C_N) nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 50% và nhỏ hơn hoặc bằng 70% bằng phép phân tích vòng theo phương pháp n-d-M, trị số axit là nhỏ hơn hoặc bằng 0,03mg KOH/g và hàm lượng lưu huỳnh là nhỏ hơn hoặc bằng 0,1% theo khối lượng. Chế phẩm dầu cách điện chứa thành phần (B) với lượng nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 50% theo khối lượng và nhỏ hơn hoặc bằng 70% theo khối lượng dựa trên tổng lượng dầu nền, và có điểm chớp cháy cao hơn hoặc bằng 135°C khi được đo theo phương pháp thử nghiệm điểm chớp cháy trong chén kín, điểm chảy là nhỏ hơn hoặc bằng -40°C, và tỷ trọng là nhỏ hơn hoặc bằng 0,895g/cm³. Chế phẩm dầu này còn tuyệt vời hơn xét về cả các đặc tính cách điện và tính chịu oxy hóa so với chế phẩm dầu trước đây.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến chế phẩm dầu cách điện, cụ thể là đề cập đến chế phẩm dầu cách điện mà, trong khi duy trì các đặc tính cách điện, thì vẫn có tính chịu oxy hóa tuyệt vời.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Dầu cách điện được sử dụng trong nhiều thiết bị được cách điện như các máy biến thế ngâm trong dầu, dây cáp, các tụ điện, v.v.. Dầu cách điện được duy trì sử dụng trong khoảng thời gian dài từ 10 năm hoặc lâu hơn. Cụ thể là, trong trường hợp máy biến thế được định cỡ lớn, nếu phát sinh vấn đề thì sẽ gây ra mất điện diện rộng và sự ảnh hưởng tới xã hội của nó sẽ là rất lớn. Do đó, việc quản lý bảo trì cẩn thận dầu cách điện được thực hiện. Đối với sự quản lý bảo trì dầu cách điện, một phương pháp hiệu quả bao gồm kiểm tra sự lão hóa dầu cách điện dựa trên vẻ bề ngoài của dầu cách điện, đặc biệt là sắc độ của nó. Thông thường, sắc độ của dầu cách điện chuyển thành nâu khi sự lão hóa tiến triển. Do đó, trong trạng thái chưa được sử dụng hoặc trong trạng thái ban đầu khi sử dụng của nó, dầu cách điện được yêu cầu phải gần như không màu và trong suốt, để mức độ lão hóa của dầu có thể được kiểm tra nhanh chóng.

Xem xét tình trạng này, các tác giả sáng chế đã đề xuất chế phẩm dầu cách điện mà có độ nhớt thích hợp để sử dụng làm dầu cách điện và nó có tính chịu oxy hóa tuyệt vời và có vẻ bề ngoài tốt (xem tài liệu sáng chế 1).

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JP-A 2007-220468

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Xét về sự quản lý bảo trì, kỹ thuật trong tài liệu sáng chế 1 là hữu ích. Tuy nhiên, trong những năm gần đây, chế phẩm dầu cách điện được yêu cầu phải thỏa mãn một số điều kiện khác ngoài các tiêu chuẩn hiện có. Như một ví dụ, trong IEC60296, chế phẩm dầu cách điện được phân loại thành các loại là dầu không có

chất chống oxy hóa, dầu có dấu vết của chất chống oxy hóa và dầu được bổ sung chất chống oxy hóa, dựa trên lượng chất chống oxy hóa được bổ sung vào dầu. Do đó, ví dụ, ngay cả khi lượng chất chống oxy hóa được bổ sung được giảm đi so với trước đó, được mong muốn rằng chế phẩm dầu có thể vẫn duy trì tính chịu oxy hóa trong một khoảng thời gian dài ở mức có thể so sánh được với tính chịu oxy hóa của các sản phẩm hiện có hoặc ở mức cao hơn so với tính chịu oxy hóa của các sản phẩm hiện có. Do đó, sự cải thiện hơn nữa các chế phẩm dầu cách điện đã trở nên cần thiết.

Liên quan vấn đề này, mục đích của sáng chế là đề xuất chế phẩm dầu cách điện tuyệt vời trong cả các đặc tính cách điện và tính chịu oxy hóa.

Cách thức giải quyết vấn đề

Các tác giả sáng chế đã nghiên cứu chuyên sâu và, do đó, đã phát hiện ra rằng các vấn đề trên đây có thể được giải quyết bằng cách sử dụng dầu nền đặc thù. Sáng chế đã được hoàn thiện dựa trên phát hiện này.

Cụ thể là, sáng chế đề xuất chế phẩm dầu cách điện chứa, làm các dầu nền, (A) một hoặc nhiều loại được chọn từ các dầu khoáng được tinh chế bằng hydro hóa và các dầu hydrocacbon tổng hợp, và (B) dầu khoáng được tinh chế bằng dung môi naphten mà có tỷ lệ của các nguyên tử cacbon trong hàm lượng naphten (% C_N) nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 50% và nhỏ hơn hoặc bằng 70% bằng phép phân tích vòng theo phương pháp n-d-M, trị số axit là nhỏ hơn hoặc bằng 0,03 mg KOH/g và hàm lượng lưu huỳnh là nhỏ hơn hoặc bằng 0,1% theo khối lượng, và chế phẩm dầu cách điện chứa thành phần (B) với lượng nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 50% theo khối lượng và nhỏ hơn hoặc bằng 70% theo khối lượng dựa trên tổng lượng các dầu nền, và có điểm chớp cháy là lớn hơn hoặc bằng 135°C như được đo theo phương pháp thử nghiệm điểm chớp cháy trong chén kín, điểm chảy là thấp hơn hoặc bằng -40°C, và tỷ trọng là nhỏ hơn hoặc bằng 0,895 g/cm³.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, có thể được đề xuất chế phẩm dầu cách điện tuyệt vời hơn trong cả các đặc tính cách điện và tính chịu oxy hóa so với trước đó.

Mô tả chi tiết sáng chế

[Chế phẩm dầu cách điện]

Chế phẩm dầu cách điện theo sáng chế chứa, làm các dầu nền, (A) một hoặc nhiều loại được chọn từ các dầu khoáng được tinh chế bằng hydro hóa và các dầu hydrocacbon tổng hợp, và (B) dầu khoáng được tinh chế bằng dung môi naphten mà có tỷ lệ của các nguyên tử cacbon trong hàm lượng naphten (% C_N) nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 50% và nhỏ hơn hoặc bằng 70% bằng phép phân tích vòng theo phương pháp n-d-M, trị số axit là nhỏ hơn hoặc bằng 0,03 mg KOH/g và hàm lượng lưu huỳnh là nhỏ hơn hoặc bằng 0,1% theo khối lượng, và chế phẩm dầu cách điện chứa thành phần (B) với lượng nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 50% theo khối lượng và nhỏ hơn hoặc bằng 70% theo khối lượng dựa trên tổng lượng các dầu nền. Chế phẩm dầu cách điện theo sáng chế có điểm chớp cháy là cao hơn hoặc bằng 135°C, điểm chảy là thấp hơn hoặc bằng -40°C, và tỷ trọng là nhỏ hơn hoặc bằng 0,895 g/cm³.

[Thành phần (A)]

Thành phần (A) là một hoặc nhiều loại được chọn từ các dầu khoáng được tinh chế bằng hydro hóa và các dầu hydrocacbon tổng hợp. Không được xác định cụ thể, dầu thô để sản xuất dầu khoáng được tinh chế bằng hydro hóa để sử dụng làm thành phần (A) có thể là một loại bất kỳ, gồm, ví dụ, các dầu thô parafin, các dầu thô naphten, v.v.. Dầu khoáng được tinh chế bằng hydro hóa bao gồm, ví dụ, được sản xuất thông qua sự chưng cất dưới áp suất giảm dầu cặn sau khi chưng cất trong khí quyển dầu thô được đề cập trên đây, sau đó tinh chế bằng nước phân cất dưới áp suất giảm thu được. Hơn nữa, cũng có thể sử dụng được ở đây là dầu khoáng được sản xuất bằng cách kết hợp với phương pháp tinh chế thông thường đã biết bất kỳ của xử lý tách parafin, xử lý khử asphan hoặc xử lý tương tự, ngoài xử lý tinh chế bằng nước. Ở đây, xử lý tinh chế bằng nước chỉ (1) sự mở vòng và dealkyl hóa các mạch nhánh của hợp chất nhiều vòng thông qua hydro phân, (2) sự đồng phân hóa, hoặc (3) sự hydro hóa dưới các điều kiện tương đối mạnh để gây ra sự loại bỏ của nguyên tử khác loại từ hydrocacbon chứa nguyên tử khác loại.

Trong dầu khoáng được tinh chế bằng hydro hóa để sử dụng làm thành phần (A), tổng hàm lượng thơm (% C_A) bằng phép phân tích vòng theo phương

pháp n-d-M tốt hơn là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 3% và nhỏ hơn hoặc bằng 15%, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 6% và nhỏ hơn hoặc bằng 12%. Hàm lượng lưu huỳnh tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,05% theo khối lượng, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,02% theo khối lượng.

Dầu hydrocacbon tổng hợp để sử dụng làm thành phần (A) bao gồm cụ thể các dầu tổng hợp nền hydrocacbon như các poly- α -olefin (polybuten, 1-octen oligome, 1-decen oligome, v.v.), polybuten, các alkylbenzen, các alkylnaphtalen, các alkyldiphenylalkan (alkyldiphenyletan, alkylphenylxylyletan, benzytoluen, v.v.), các alkylbiphenyl, v.v.; các dầu tổng hợp chứa oxy như các dieste (ditridecyl glutarat, di-2-etylhexyl adipat, diisodecyl adipat, ditridecyl adipat, di-2-etylhexyl sebacat, v.v.), các polyol este (trimetylolpropan caprylat, trimetylolpropan pelargonat, pentaerythritol 2-etylhexanoat, pentaerythritol pelargonat, v.v.), các polyoxyalkylen glycol, các polyphenyl ete, v.v.; các dầu silicon, các perfluoralkyl ete, v.v..

Theo sáng chế, một loại trong số các dầu khoáng được tinh chế bằng hydro hóa nêu trên có thể được sử dụng, hoặc hai hoặc nhiều hơn hai loại của chúng có thể được sử dụng dưới dạng kết hợp. Một loại trong số các dầu tổng hợp nêu trên cũng có thể được sử dụng, hoặc hai hoặc nhiều hơn hai loại của nó có thể được sử dụng dưới dạng kết hợp. Hơn nữa, một hoặc nhiều loại trong số các dầu khoáng được tinh chế bằng hydro hóa và một hoặc nhiều loại trong số các dầu tổng hợp có thể được sử dụng dưới dạng kết hợp.

Các dầu khoáng được tinh chế bằng hydro hóa và các dầu hydrocacbon tổng hợp để sử dụng làm thành phần (A) tốt hơn là có các đặc tính được nêu dưới đây, xét về việc kiểm soát tỷ trọng của chế phẩm dầu cách điện so cho nhỏ hơn hoặc bằng 0,895 g/cm³.

Độ nhớt động ở 40°C của thành phần (A) tốt hơn là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 5mm²/s và nhỏ hơn hoặc bằng 30mm²/s. Nếu lớn hơn hoặc bằng 5mm²/s, độ bay hơi của thành phần không là quá cao, và khả năng đề xuất vấn đề về toàn có thể được giảm. Nếu nhỏ hơn hoặc bằng 30mm²/s, việc kiểm soát độ nhớt của chế phẩm dầu cách điện có thể dễ dàng, và điều này làm cho hiếm khi xảy ra các vấn đề về sắc độ, độ ổn định, xử lý bằng đất sét và các xử lý khác được thực

hiện bởi sự có mặt của số lượng lớn của tạp chất trong chế phẩm. Từ các quan điểm này, độ nhớt động ở 40°C tốt hơn là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $6\text{mm}^2/\text{s}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $20\text{mm}^2/\text{s}$, và tốt hơn nữa là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $7\text{mm}^2/\text{s}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $15\text{mm}^2/\text{s}$.

Độ nhớt động ở 100°C của thành phần (A) tốt hơn là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $0,5\text{mm}^2/\text{s}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $10\text{mm}^2/\text{s}$. Như trong trường hợp độ nhớt động ở 40°C nêu trên, chế phẩm dầu cách điện được ưu tiên có thể thu được với độ nhớt động nằm trong khoảng từ $0,5\text{mm}^2/\text{s}$ đến $10\text{mm}^2/\text{s}$. Từ quan điểm này, khoảng từ $1\text{mm}^2/\text{s}$ đến $7\text{mm}^2/\text{s}$ là được ưu tiên hơn, và khoảng từ $1,5\text{mm}^2/\text{s}$ đến $5\text{mm}^2/\text{s}$ còn được ưu tiên hơn nữa.

Điểm chớp cháy của thành phần (A), như được đo theo phương pháp thử nghiệm điểm chớp cháy trong chén kín, tốt hơn là nằm trong khoảng cao hơn hoặc bằng 130°C và thấp hơn hoặc bằng 280°C , tốt hơn nữa là nằm trong khoảng cao hơn hoặc bằng 140°C và thấp hơn hoặc bằng 200°C .

Điểm chảy của thành phần (A) tốt hơn là thấp hơn hoặc bằng -10°C , tốt hơn nữa là thấp hơn hoặc bằng -15°C , tốt hơn nữa là thấp hơn hoặc bằng -20°C , tốt hơn nữa là thấp hơn hoặc bằng -25°C , và tốt nhất là thấp hơn hoặc bằng $-27,5^{\circ}\text{C}$.

Trị số axit của thành phần (A) tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $0,03\text{ KOH/g}$, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng $0,02\text{mg KOH/g}$, và tốt nhất là nhỏ hơn hoặc bằng $0,01\text{mg KOH/g}$.

Hàm lượng lưu huỳnh trong thành phần (A) tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $0,03\%$ theo khối lượng, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng $0,02\%$ theo khối lượng, tốt nhất là nhỏ hơn hoặc bằng $0,01\%$ theo khối lượng.

Chỉ số độ nhớt của thành phần (A) tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 80, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 90, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 95, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 100.

Tỷ trọng của thành phần (A) tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $0,895\text{g/cm}^3$, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng $0,890\text{g/cm}^3$, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng $0,875\text{g/cm}^3$, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng $0,870\text{g/cm}^3$, và tốt nhất là nhỏ hơn hoặc bằng $0,860\text{g/cm}^3$.

Lượng được bao gồm của thành phần (A) tốt hơn là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 30% theo khối lượng và nhỏ hơn hoặc bằng 50% theo khối lượng, dựa trên tổng lượng các dầu nền. Khi lượng này lớn hơn hoặc bằng 30% theo khối lượng dựa trên tổng lượng các dầu nền, điểm chảy có thể được hạ thấp. Mặt khác, khi lượng này nhỏ hơn hoặc bằng 50% theo khối lượng dựa trên tổng lượng các dầu nền, tính chịu oxy hóa có thể được duy trì. Từ các quan điểm này, lượng được bao gồm của thành phần (A) tốt hơn là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 35% theo khối lượng và nhỏ hơn hoặc bằng 45% theo khối lượng.

[Thành phần (B)]

Thành phần (B) được sử dụng trong chế phẩm dầu cách điện theo sáng chế là dầu khoáng được tinh chế bằng dung môi naphten thu được trong sự tinh chế trong dung môi của dầu thô naphten. Dầu khoáng được tinh chế bằng dung môi naphten bao gồm, ví dụ, nó được sản xuất thông qua sự chưng cất dưới áp suất giảm dầu cặn sau khi chưng cất trong khí quyển dầu thô naphten, sau đó tách chiết bằng dung môi phân cất dưới áp suất giảm thu được. Hơn nữa, cũng có thể sử dụng được ở đây là dầu khoáng được sản xuất bằng cách kết hợp với phương pháp tinh chế thông thường đã biết bất kỳ của xử lý tách parafin, xử lý khử asphan, sự sự tinh chế hydro hóa hoặc xử lý tương tự, ngoài ngoài xử lý tinh chế bằng dung môi. Ở đây, sự sự tinh chế hydro hóa thông thường bao gồm xử lý hydro hóa dưới áp suất thấp tương đối với mục đích cải thiện sắc độ, v.v., và khác với xử lý tinh chế bằng nước nêu trên. Theo sáng chế, phần cất dưới áp suất giảm có độ nhớt động đặc thù như được nêu dưới đây được tinh chế bằng dung môi để cải thiện tính chịu oxy hóa bằng cách sử dụng hợp chất lưu huỳnh và hợp chất tương tự được chứa trong phần cất.

Dầu khoáng được tinh chế bằng dung môi naphten của thành phần (B) có các đặc tính sau đây.

Dầu khoáng được tinh chế bằng dung môi naphten có tỷ lệ của các nguyên tử cacbon trong hàm lượng naphten (% C_N) nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 50% và nhỏ hơn hoặc bằng 70% đối với tổng số nguyên tử cacbon của dầu khoáng được tinh chế bằng dung môi naphten, bằng phép phân tích vòng theo phương pháp n-d-M.

Nếu % C_N là nhỏ hơn 50%, khả năng hấp thụ khí hydro vào trong chế phẩm dầu cách điện sẽ không đủ, nhưng khi % C_N là lớn hơn 70%, tỷ trọng và điểm chảy của chế phẩm dầu cách điện sẽ không ở mức khả dụng. Từ các quan điểm này, % C_N tốt hơn là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 51% và nhỏ hơn hoặc bằng 67%, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 52% và nhỏ hơn hoặc bằng 65%.

Trị số axit của dầu khoáng được tinh chế bằng dung môi naphten là nhỏ hơn hoặc bằng 0,03mg KOH/g. Khi trị số axit lớn hơn 0,03mg KOH/g, dầu khoáng có thể hầu như không duy trì tính chịu oxy hóa trong một khoảng thời gian dài. Trị số axit tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,01mg KOH/g.

Hàm lượng lưu huỳnh của dầu khoáng được tinh chế bằng dung môi naphten tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,1% theo khối lượng dựa trên tổng khối lượng của dầu khoáng được tinh chế bằng dung môi naphten. Khi hàm lượng lưu huỳnh lớn hơn 0,1% theo khối lượng, chế phẩm có thể không có các đặc tính cách điện tốt. Từ quan điểm này, hàm lượng lưu huỳnh tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,08% theo khối lượng, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,06% theo khối lượng.

Các đặc tính khác của dầu khoáng được tinh chế bằng dung môi naphten của thành phần (B) được nêu dưới đây.

Độ nhớt động ở 40°C của thành phần (B) tốt hơn là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 5mm²/s và nhỏ hơn hoặc bằng 100mm²/s. Khi độ nhớt động ở 40°C là lớn hơn hoặc bằng 5mm²/s, độ bay hơi của dầu khoáng là không quá cao, và không cần đề xuất vấn đề về toàn. Khi độ nhớt động ở 40°C nhỏ hơn hoặc bằng 100mm²/s, hầu như không xảy ra vấn đề mà việc kiểm soát độ nhớt của chế phẩm dầu cách điện sẽ khó khăn và hầu như không xảy ra vấn đề về sắc độ, độ ổn định, lượng xử lý bằng đất sét và các vấn đề khác được gây ra bởi sự có mặt của số lượng lớn của tạp chất trong chế phẩm. Từ các quan điểm này, độ nhớt động ở 40°C tốt hơn là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 5mm²/s và nhỏ hơn hoặc bằng 50mm²/s, và tốt hơn nữa là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 9 mm²/s và nhỏ hơn hoặc bằng 15 mm²/s.

Độ nhớt động ở 100°C của thành phần (B) tốt hơn là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 0,5mm²/s và nhỏ hơn hoặc bằng 10mm²/s, tốt hơn nữa là nằm trong

khoảng lớn hơn hoặc bằng $1\text{mm}^2/\text{s}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $7\text{mm}^2/\text{s}$, và tốt hơn nữa là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $2\text{mm}^2/\text{s}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $5\text{mm}^2/\text{s}$. Nằm trong khoảng này, độ bay hơi có thể phù hợp và sẽ không xảy ra vấn đề về toàn.

Điểm chớp cháy của thành phần (B), như được đo theo phương pháp thử nghiệm điểm chớp cháy trong chén kín, tốt hơn là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 130°C và nhỏ hơn hoặc bằng 280°C , tốt hơn là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 140°C và nhỏ hơn hoặc bằng 200°C .

Điểm chảy của thành phần (B) tốt hơn là thấp hơn hoặc bằng -10°C , tốt hơn nữa là thấp hơn hoặc bằng -15°C , tốt hơn nữa là thấp hơn hoặc bằng -20°C , tốt hơn nữa là thấp hơn hoặc bằng -30°C , và tốt nhất là thấp hơn hoặc bằng -40°C .

Chỉ số độ nhớt của thành phần (B) tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 20.

Tỷ trọng của thành phần (B) tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $0,920\text{g}/\text{cm}^3$, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng $0,915\text{g}/\text{cm}^3$, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng $0,910\text{g}/\text{cm}^3$.

Dầu khoáng được tinh chế bằng dung môi naphten có các đặc tính nêu trên đóng góp vào tính chịu oxy hóa tuyệt vời của chế phẩm dầu cách điện theo sáng chế.

Theo sáng chế, một loại của dầu khoáng được tinh chế bằng dung môi có thể được sử dụng, hoặc hai hoặc nhiều hơn hai loại của nó có thể được sử dụng dưới dạng kết hợp. Các dầu nền trong chế phẩm dầu cách điện theo sáng chế chứa dầu khoáng được tinh chế bằng hydro hóa và/hoặc dầu hydrocarbon tổng hợp, và dầu khoáng được tinh chế bằng dung môi, hoặc đó là, các dầu nền chứa thành phần (A) và thành phần (B).

Thành phần (B) được bao gồm với lượng nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 50% theo khối lượng và nhỏ hơn hoặc bằng 70% theo khối lượng, dựa trên tổng lượng các dầu nền. Khi lượng này nhỏ hơn 50% theo khối lượng, tính chịu oxy hóa sẽ kém hơn, nhưng khi lượng này lớn hơn 70% theo khối lượng, điểm chảy sẽ cao. Từ các quan điểm này, lượng được bao gồm của thành phần (B) tốt hơn là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 55% theo khối lượng và nhỏ hơn hoặc

bằng 65% theo khối lượng, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 57% theo khối lượng và nhỏ hơn hoặc bằng 63% theo khối lượng.

[Các thành phần khác]

Chế phẩm dầu cách điện theo sáng chế có thể chứa chất bổ sung khác bất kỳ để bổ sung vào các thành phần nêu trên. Chất phụ gia bao gồm chất chống oxy hóa, chất khử hoạt tính kim loại, chất hạ điểm chảy, v.v..

Chất chống oxy hóa bao gồm các chất chống oxy hóa phenolic, các chất chống oxy hóa nền amin, các chất chống oxy hóa nền amin-molypden, các chất chống oxy hóa chứa lưu huỳnh, v.v.. Trong trường hợp mà chất chống oxy hóa được bao gồm trong chế phẩm, lượng của nó có thể nhỏ hơn 0,08% theo khối lượng dựa trên tổng lượng của chế phẩm, hoặc có thể nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 0,08% theo khối lượng và nhỏ hơn hoặc bằng 0,4% theo khối lượng dựa trên tổng lượng của chế phẩm.

Trong IEC60296 mà là một ví dụ trong số các tiêu chuẩn về dầu cách điện, dầu cách điện được phân loại thành các loại là dầu không có chất chống oxy hóa, dầu có dấu vết của chất chống oxy hóa và dầu được bổ sung chất chống oxy hóa, dựa trên lượng chất chống oxy hóa được bổ sung vào dầu. Cụ thể là, lượng chất chống oxy hóa được bổ sung vào đó được xác định là 0% theo khối lượng dựa trên tổng lượng của chế phẩm trong "dầu không có chất chống oxy hóa", lượng nhỏ hơn 0,08% theo khối lượng dựa trên tổng lượng của chế phẩm trong "dầu có dấu vết của chất chống oxy hóa", và lượng nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 0,08% theo khối lượng và nhỏ hơn hoặc bằng 0,4% theo khối lượng trong "dầu được bổ sung chất chống oxy hóa".

Trong dầu cách điện hiện có, khi lượng chất phụ gia như chất chống oxy hóa hoặc chất tương tự được bao gồm được mong muốn đáp ứng các tiêu chuẩn, các đặc tính của các dầu nền phải được thay đổi tương ứng với lượng chất phụ gia được bổ sung. Với điều này, sẽ phức tạp trong việc điều chế chế phẩm dầu cách điện mà đáp ứng các tiêu chuẩn, và có các vấn đề lớn xét về sự hao phí trong chi phí sản xuất và nhân công sản xuất.

Ngược lại với điều này, mặc dù lượng chất chống oxy hóa được bao gồm

trong chế phẩm được thay đổi tương ứng với giá trị tiêu chuẩn nêu trên, chế phẩm dầu cách điện theo sáng chế có thể vẫn thỏa mãn các đặc tính cách điện và tính chịu oxy hóa mong muốn, không yêu cầu sự cần thiết của việc kiểm soát đặc biệt các đặc tính của các dầu nền (các phần dầu nền chứa thành phần (A) và thành phần (B) theo sáng chế).

Cụ thể là, theo chế phẩm dầu cách điện theo sáng chế, các phần dầu nền trong chế phẩm này có thể được phổ biến, và có thể tạo ra chế phẩm dầu cách điện có khả năng thỏa mãn các đặc tính cách điện và tính chịu oxy hóa mà đáp ứng các tiêu chuẩn chỉ bằng cách kiểm soát lượng chất chống oxy hóa được bao gồm trong chế phẩm tương ứng với các tiêu chuẩn, và do đó, sáng chế có các lợi ích trong đó hao phí trong chi phí sản xuất và nhân công sản xuất có thể được giảm.

[Các đặc tính của chế phẩm dầu cách điện]

Chế phẩm dầu cách điện theo sáng chế có các đặc tính sau đây.

Điểm chớp cháy của chế phẩm dầu cách điện theo sáng chế, như được đo theo phương pháp thử nghiệm điểm chớp cháy trong chén kín (PM), cao hơn hoặc bằng 135°C, tốt hơn là cao hơn hoặc bằng 140°C, tốt hơn nữa là cao hơn hoặc bằng 145°C. Khi điểm chớp cháy của chế phẩm dầu cách điện, như được đo theo phương pháp thử nghiệm điểm chớp cháy trong chén kín (PM), là nhỏ hơn 135°C, chế phẩm dầu có thể không thỏa mãn tiêu chuẩn toàn trong mức khả dụng.

Điểm chớp cháy của chế phẩm dầu cách điện theo sáng chế, như được đo theo phương pháp thử nghiệm điểm chớp cháy trong chén mở (COC), là cao hơn hoặc bằng 140°C, tốt hơn là cao hơn hoặc bằng 145°C, tốt hơn nữa là cao hơn hoặc bằng 150°C.

Điểm chảy của chế phẩm dầu cách điện theo sáng chế là thấp hơn hoặc bằng -40°C, tốt hơn là thấp hơn hoặc bằng -41°C, tốt hơn nữa là thấp hơn hoặc bằng -42°C. Khi điểm chảy cao hơn -40°C, sau đó chế phẩm dầu có thể không thỏa mãn đặc tính trong các điều kiện nhiệt độ thấp.

Tỷ trọng của chế phẩm dầu cách điện theo sáng chế phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,895g/cm³. Khi tỷ trọng lớn hơn 0,895g/cm³, nước đá mà có thể được tạo ra từ nước trong chế phẩm dầu cách điện trong khí hậu lạnh và điều kiện tương tự có

thể không ổn định và do đó nước đá sẽ nổi lên trong chế phẩm dầu cách điện và, do đó, nước đá sẽ có vai trò như vật dẫn điện gây ra sự ngắn mạch. Từ các quan điểm nêu trên, tỷ trọng của chế phẩm dầu cách điện tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $0,890\text{g/cm}^3$, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng $0,885\text{g/cm}^3$, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng $0,880\text{g/cm}^3$.

Các đặc tính khác của chế phẩm dầu cách điện theo sáng chế như sau đây.

Độ nhớt động ở 40°C của chế phẩm dầu cách điện theo sáng chế tốt hơn là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $5\text{mm}^2/\text{s}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $15\text{mm}^2/\text{s}$, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $6\text{mm}^2/\text{s}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $14\text{mm}^2/\text{s}$, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $7\text{mm}^2/\text{s}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $12\text{mm}^2/\text{s}$. Nếu lớn hơn hoặc bằng $5\text{mm}^2/\text{s}$, độ bay hơi của chế phẩm dầu sẽ gần như không quá cao và điểm chớp cháy của nó sẽ không giảm thấp hơn, và khả năng đề xuất vấn đề về toàn có thể được giảm. Nếu nhỏ hơn hoặc bằng $15\text{mm}^2/\text{s}$, độ lưu động của chế phẩm dầu sẽ không giảm thấp hơn để tránh sự khó khăn trong việc lưu thông dầu trong thiết bị, và do đó khả năng tạo ra sự ảnh hưởng bất kỳ đối với đặc tính chịu lạnh có thể được giảm.

Độ nhớt động ở 100°C của chế phẩm dầu tốt hơn là nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $1\text{mm}^2/\text{s}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $10\text{mm}^2/\text{s}$. Khi độ nhớt động ở 100°C nằm trong khoảng này, độ bay hơi của chế phẩm dầu có thể phù hợp và sẽ không gây ra bất kỳ vấn đề nào về toàn. Từ các quan điểm này, tốt hơn là khoảng này là lớn hơn hoặc bằng $1,5\text{mm}^2/\text{s}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $9\text{mm}^2/\text{s}$, và tốt hơn nữa là khoảng này là lớn hơn hoặc bằng $2\text{mm}^2/\text{s}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $8\text{mm}^2/\text{s}$.

Trị số axit của chế phẩm dầu tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $0,02\text{mg KOH/g}$, tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $0,01\text{mg KOH/g}$.

Trị số của góc tổn thất điện môi ở 90°C của chế phẩm dầu cách điện theo sáng chế tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $0,01\%$. Khi góc tổn thất điện môi ở 90°C của nó nhỏ hơn hoặc bằng $0,01\%$, chế phẩm dầu có thể có các đặc tính cách điện tốt. Từ quan điểm này, trị số của góc tổn thất điện môi tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $0,009\%$, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng $0,008\%$.

Chế phẩm dầu cách điện có các đặc tính nêu trên có thể thỏa mãn các yêu

cầu của sự tạo cặn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,8% sau thử nghiệm oxy hóa dầu cách điện, trị số axit là nhỏ hơn hoặc bằng 1,2 mg KOH/g và góc tổn thất điện môi ở 90°C là nhỏ hơn hoặc bằng 50%, trong thử nghiệm đánh giá dựa trên phương pháp C của tiêu chuẩn IEC61125.

[Sử dụng]

Chế phẩm dầu cách điện theo sáng chế có thể được sử dụng làm dầu cách điện để dùng trong tụ dầu, dây cáp dầu, các máy biến thế dầu, các bộ ngắt mạch dầu, v.v.. Hơn hết, chế phẩm dầu cách điện có các đặc tính nêu trên thỏa mãn các tiêu chuẩn chất lượng của dầu cách điện theo IEC60296 để sử dụng trong máy biến thế.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sáng chế được mô tả chi tiết bởi các ví dụ dưới đây. Sáng chế không giới hạn ở các ví dụ sau đây.

Các dầu nền được sử dụng trong các ví dụ và các ví dụ so sánh được thể hiện dưới đây, và các đặc tính của nó được thể hiện trên Bảng 1.

Dầu A: dầu khoáng được tinh chế bằng dung môi naphten

Dầu B: dầu parafin được tinh chế bằng nước

Dầu C: dầu parafin được tinh chế bằng nước

Dầu D: dầu khoáng được tinh chế bằng hydro hóa gốc naphten

Dầu E: dầu khoáng được tinh chế bằng hydro hóa gốc parafin

Dầu F: dầu khoáng được tinh chế bằng dung môi naphten

Bảng 1

		Dầu A	Dầu B	Dầu C	Dầu D	Dầu E	Dầu F
Độ nhớt động (mm ² /s)	40°C	9,106	7,667	12,73	9,183	9,320	9,089
	100°C	2,247	2,270	3,106	2,255	2,534	2,245
Chỉ số độ nhớt		27	106	103	25	97	27
Tỷ trọng (g/cm ³)		0,9069	0,8254	0,8367	0,9083	0,8454	0,9066
Điểm chớp cháy COC(°C)		155	154	194	150	176	156
Điểm chớp cháy PM (°C)		148	146	182	144	168	147
Điểm chảy (°C)		-50,0>	-32,5	-35,0	-50,0>	-12,5	-50,0>
Trị số axit (mg KOH/g)		0,01	0,01>	0,01>	0,01>	0,01	0,05
Hàm lượng lưu huỳnh (% theo khối lượng)		0,05	0,01>	0,01>	0,02	0,16	0,05
Phân tích vòng n-d-M	%C _A	9,8	0,2	0,0	10,6	4,7	9,8
	%C _N	55,3	24,5	27,5	54,9	28,7	55,4
	%C _P	34,9	75,3	72,5	34,6	66,6	34,8

Các đặc tính được thể hiện trên Bảng 1 được xác định theo các phương pháp đo được nêu dưới đây.

Độ nhớt động (40°C, 100°C) và chỉ số độ nhớt: được đo theo JIS K 2283.

Tỷ trọng: được đo theo JIS K 2249.

Điểm chớp cháy (phương pháp thử nghiệm điểm chớp cháy trong chén mở): được đo theo JIS K 2265 (chén mở Cleveland, COC).

Điểm chớp cháy (phương pháp thử nghiệm điểm chớp cháy trong chén kín): được đo theo JIS K 2265-6 (phương pháp thử nghiệm điểm chớp cháy trong chén kín Pensky-Martens, PM).

Điểm chảy: được đo theo JIS K 2269.

Trị số axit: được đo theo JIS K 2501.

Hàm lượng lưu huỳnh: được đo theo JIS K 2541.

Sự phân tích vòng: được đo theo ASTM D-3238, sự phân tích vòng (phương pháp n-d-M).

[Thử nghiệm đánh giá]

Sử dụng các dầu nêu trên từ A đến F, các chế phẩm dầu cách điện trong các ví dụ từ 1 đến 6 và các ví dụ so sánh từ 1 đến 5 được điều chế theo các công thức được thể hiện trên Bảng 2. Các chế phẩm dầu cách điện được điều chế được đánh giá theo phương pháp thử nghiệm đánh giá dựa trên phương pháp C của tiêu chuẩn IEC61125, và chúng có, như mẫu mới của nó, tỷ trọng là nhỏ hơn hoặc bằng $0,895\text{g/cm}^3$, điểm chảy là thấp hơn hoặc bằng -40°C , trị số axit là nhỏ hơn hoặc bằng $0,01\text{mg KOH/g}$ và góc tổn thất điện môi (90°C) là nhỏ hơn hoặc bằng $0,5\%$ được xem xét là phù hợp. Hơn nữa, chúng có, sau thử nghiệm oxy hóa dầu cách điện, lượng cặn là nhỏ hơn hoặc bằng $0,8\%$, trị số axit là nhỏ hơn hoặc bằng $1,2\text{mg KOH/g}$ và góc tổn thất điện môi (90°C) là nhỏ hơn hoặc bằng 50% được xem xét là phù hợp. Các kết quả đánh giá được thể hiện trên Bảng 2.

Bảng 2

	Ví dụ 1	Ví dụ 2	Ví dụ 3	Ví dụ 4	Ví dụ 5	Ví dụ 6	Ví dụ so sánh 1	Ví dụ so sánh 2	Ví dụ so sánh 3	Ví dụ so sánh 4	Ví dụ so sánh 5
Dầu A	60	60	60	60	60	60	80	40	60	60	-
Dầu B	40	-	40	40	-	-	20	60	-	-	40
Dầu C	-	40	-	-	40	40	-	-	-	-	-
Dầu D	-	-	-	-	-	-	-	-	40	-	-
Dầu E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	-
Dầu F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60
Chất chống oxy hóa (% theo khối lượng)	0	0	0,3	0,07	0,3	0,07	0	0	0	0	0
Xử lý bằng đất sét (% theo khối lượng)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Độ nhớt động (40°C) (mm ² /s)	8,192	10,35	8,192	8,192	10,35	10,35	8,521	7,842	9,159	9,191	8,178
Độ nhớt động (100°C) (mm ² /s)	2,230	2,567	2,230	2,23	2,567	2,567	2,226	2,224	2,251	2,356	2,220
Tỷ trọng của dầu mới (g/cm ³)	0,8725	0,8776	0,8725	0,8725	0,8776	0,8776	0,8889	0,8543	0,9077	0,8823	0,8723
Điểm chớp cháy của dầu mới COC(°C)	154	173	155	155	173	173	155	154	153	162	155
Điểm chớp cháy của dầu mới PM(°C)	146	165	146	146	165	165	147	146	145	155	147
Điểm cháy của dầu mới (°C)	-42,5	-50,0	-42,5	-42,5	-50,0	-50,0	-50,0>	-40,0	-50,0>	-25,0	-42,5
Sắc độ của dầu mới (Saybolt)	+15	+15	+15	+15	+15	+15	+11	+18	+10	+5	-6
Sắc độ của dầu mới (ASTM)	L0,5	L0,5	L0,5	L0,5	L0,5	L0,5	L0,5	L0,5	L0,5	L0,5	L0,5
Trị số axit của dầu mới (mg KOH/g)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01>	0,01	0,01	0,03

Góc tổn thất điện môi của dầu mới (%) 90°C	0,005	0,003	0,007	0,006	0,005	0,004	0,786	0,003	0,085	0,489	0,921
Điện trở suất khối của dầu mới (TΩm) 80°C	110	37	85	100	12	20	1>	150	8	1>	1>
Thời gian thử nghiệm của thử nghiệm oxy hóa dầu cách điện (giờ)	164	164	500	300	500	300	-	164	-	-	-
Lượng cặn sau thử nghiệm oxy hóa dầu cách điện (%)	0,50	0,48	0,68	0,54	0,67	0,51	-	0,18	-	-	-
Trị số axit sau thử nghiệm oxy hóa dầu cách điện (mg KOH/g)	0,26	0,30	0,35	0,28	0,38	0,29	-	1,83	-	-	-
Góc tổn thất điện môi sau thử nghiệm oxy hóa dầu cách điện (%) 90°C	15,1	12,5	12,5	14,5	12,1	13,3	-	20,1	-	-	-

Các đặc tính được thể hiện trên Bảng 2 được xác định theo các phương pháp đo được nêu dưới đây.

Độ nhớt động (40°C, 100°C): được đo theo JIS K 2283.

Tỷ trọng: được đo theo JIS K 2249.

Điểm chớp cháy (phương pháp thử nghiệm điểm chớp cháy trong chén mở): được đo theo JIS K 2265 (chén mở Cleveland, COC).

Điểm chớp cháy (phương pháp thử nghiệm điểm chớp cháy trong chén kín): được đo theo JIS K 2265-6 (phương pháp thử nghiệm điểm chớp cháy trong chén kín Pensky-Martens, PM).

Điểm chảy: được đo theo JIS K 2269.

Sắc độ: được đo theo JIS K 2580 (Saybolt) và ASTM D-1500 (ASTM).

Trị số axit: được đo theo JIS K 2501.

Góc tổn thất điện môi: được đo theo IEC60247.

Điện trở suất khối: được đo theo IEC60247.

Thử nghiệm tính chịu oxy hóa: thử nghiệm đánh giá dựa trên phương pháp C trong tiêu chuẩn IEC61125.

[Các kết quả đánh giá]

Như được thể hiện trên Bảng 2, đã biết rằng, trong số các chế phẩm dầu cách điện được điều chế sử dụng các dầu từ A đến F nêu trên và theo các công thức trên Bảng 2, các giá trị của các chế phẩm dầu cách điện chứa dầu bất kỳ trong số dầu B hoặc dầu C làm thành phần (A) và chứa dầu làm thành phần (B), như được đánh giá theo các phương pháp thử nghiệm đánh giá dựa trên phương pháp C trong tiêu chuẩn IEC61125, đáp ứng các tiêu chuẩn chất lượng về dầu cách điện trong IEC60296 để dùng trong máy biến thế.

Mặt khác, trong ví dụ so sánh 1, lượng dầu làm thành phần (B) lớn hơn tỷ lệ được trộn lẫn thích hợp dựa trên tổng lượng các dầu nền, và do đó, góc tổn thất điện môi (%) ở 90°C của dầu mới là quá cao và các đặc tính cách điện của chế phẩm dầu không được tốt. Trong ví dụ so sánh 2, mặt khác, lượng thành phần (B) thấp hơn tỷ lệ được trộn lẫn thích hợp, và do đó, góc tổn thất điện môi (%) ở 90°C

của dầu mới đáp ứng yêu cầu; tuy nhiên, góc tổn thất điện môi (%) ở 90°C sau khi thử nghiệm oxy hóa dầu cách điện là quá cao và các đặc tính cách điện của chế phẩm dầu không được tốt.

Trong ví dụ so sánh 3, thành phần (A) được bỏ qua, và do đó trong ví dụ này, mặc dù các đặc tính cách điện theo đánh giá là tốt, tỷ trọng của chế phẩm dầu vẫn lớn hơn 0,895g/cm³. Khi tỷ trọng của chế phẩm lớn hơn 0,895g/cm³, nước đá mà có thể được tạo ra từ nước trong chế phẩm dầu cách điện trong khí hậu lạnh có thể không ổn định trong chế phẩm dầu cách điện. Trong trường hợp này, nước đá sẽ nổi lên trên dầu và, do đó, nước đá sẽ có vai trò như vật dẫn điện gây ra sự ngắn mạch.

Trong ví dụ so sánh 4, điểm chảy của dầu mới là -25°C và cao, và trong ví dụ này, do đó, chế phẩm dầu không thể đảm bảo độ ổn định dòng chảy ở nhiệt độ thấp và không thể có chức năng làm chế phẩm dầu cách điện. Trong ví dụ so sánh 5, thành phần (B) không được bao gồm, và trong ví dụ này, do đó, góc tổn thất điện môi (%) ở 90°C của dầu mới là lớn và các đặc tính cách điện của chế phẩm dầu không được tốt.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Chế phẩm dầu cách điện chứa các thành phần sau làm dầu nền:

(A) một hoặc nhiều loại được chọn từ các dầu khoáng được tinh chế bằng hydro hóa và các dầu hydrocarbon tổng hợp, và

(B) dầu khoáng được tinh chế bằng dung môi naphten mà có tỷ lệ của nguyên tử cacbon trong hàm lượng naphten (% C_N) nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 50% và nhỏ hơn hoặc bằng 70% bằng phép phân tích vòng theo phương pháp n-d-M, trị số axit là nhỏ hơn hoặc bằng 0,03mg KOH/g và hàm lượng lưu huỳnh là nhỏ hơn hoặc bằng 0,1% theo khối lượng, trong đó:

chế phẩm dầu cách điện này chứa thành phần (B) với lượng nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 50% theo khối lượng và nhỏ hơn hoặc bằng 70% theo khối lượng dựa trên tổng lượng dầu nền,

và có điểm chớp cháy cao hơn hoặc bằng 135°C như được đo theo phương pháp thử nghiệm điểm chớp cháy trong chén kín, điểm chảy là thấp hơn hoặc bằng -40°C, và tỷ trọng là nhỏ hơn hoặc bằng 0,895g/cm³.

2. Chế phẩm dầu cách điện theo điểm 1, trong đó chế phẩm này được điều chế bằng cách còn trộn lẫn chất chống oxy hóa.

3. Chế phẩm dầu cách điện theo điểm 1 hoặc 2, trong đó hàm lượng lưu huỳnh trong thành phần (B) là nhỏ hơn hoặc bằng 0,08% theo khối lượng.

4. Chế phẩm dầu cách điện theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó giá trị của góc tổn thất điện môi ở 90°C của chế phẩm dầu cách điện là nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%.

5. Chế phẩm dầu cách điện theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó giá trị của góc tổn thất điện môi ở 90°C của chế phẩm dầu sau khi thử nghiệm đánh giá dựa trên phương pháp C trong tiêu chuẩn IEC61125 là nhỏ hơn hoặc bằng 50%.

6. Chế phẩm dầu cách điện theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó chế phẩm dầu cách điện này là dầu cách điện của máy biến thế.