(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0112830
(43) 공개일자 2024년07월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C07C 69/24 (2006.01) *C07C 69/26* (2006.01)
C09K 5/10 (2006.01) *C10M 105/34* (2006.01)
H01B 3/20 (2006.01) *C10N 40/16* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C07C 69/24 (2013.01)
C07C 69/26 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7015811
(22) 출원일자(국제) 2022년11월10일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년05월13일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2022/081455
(87) 국제공개번호 WO 2023/088773
국제공개일자 2023년05월25일
(30) 우선권주장
21208763.9 2021년11월17일
유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인
에보닉 오퍼레이션스 게엠베하
독일 45128 에쎈 렐링하우저 슈트라쎄 1-11
(72) 발명자
요비치 크리스티나
싱가포르 649413 싱가포르 33 주롱 웨스트 스트리트 41 더 레이크쇼어 타워 3이 아파트먼트 넘버06-57
빌켄스 롤란트
독일 64579 게른스하임 알테 란트슈트라쎄 3
(74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **개선된 저온 성능을 갖는 저점도 모노에스테르를 포함하는 유전성 유체 조성물**

(57) 요 약

본 발명은 화학식 (I) 의 분지형 모노에스테르, 뿐만 아니라, 전기 장비 시스템에 대한 냉각 유체로서 사용하기 위한, 이들 화학식 (I) 의 분지형 모노에스테르 중 하나 이상을 포함하는 유전성 유체 조성물에 관한 것이다.

본 발명은 또한 본 발명에 따른 유전성 유체 조성물을 사용하여 전기 장비 시스템을 냉각시키는 방법에 관한 것이다.

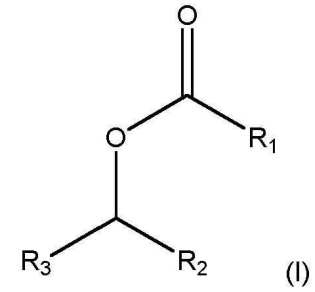
(52) CPC특허분류
C09K 5/10 (2013.01)
C10M 105/34 (2013.01)
H01B 3/20 (2013.01)
C10N 2040/16 (2020.05)

명 세 서

청구범위

청구항 1

하기 화학식 (I) 을 갖는 분지형 모노에스테르 A):



(I)

(식 중, R_1 은 3 내지 13 개의 탄소 원자를 갖는 선형 알킬 잔기이고,

각각의 R_2 및 R_3 은 5 개의 탄소 원자를 갖는 선형 알킬 잔기이다).

청구항 2

제 1 항에 있어서, R_1 이 5 내지 11 개의 탄소 원자를 갖는 선형 알킬 잔기인 분지형 모노에스테르 A).

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 분지형 모노에스테르 A) 가 6-운데실라우레이트, 6-운데실헥사노에이트, 6-운데실옥타노에이트 또는 이들의 혼합물에서 선택되는 분지형 모노에스테르 A).

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 따른 분지형 모노에스테르 A), 또는 이들의 혼합물을 포함하는 유전성 유체 조성물.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 유전성 유체 조성물이 폴리올 에스테르, 포화 탄화수소, 디카르복실산 에스테르, 카보네이트, 에테르, 알코올 또는 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 베이스 유체 B) 를 추가로 포함하는 유전성 유체 조성물.

청구항 6

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서, 유전성 유체 조성물이 소포제, 밀봉 상용성화제, 산화방지제, 황색 금속 부동태화제, 녹 억제제, 정전기 방전 강하제, 탈유화제, 염료 또는 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 첨가제 C) 를 포함하는 유전성 유체 조성물.

청구항 7

제 4 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 유전성 유체 조성물이 유전성 유체 조성물의 총 중량을 기준으로 2 내지 100 중량% 의 분지형 모노에스테르 A), 0 내지 98 중량% 의 베이스 유체 B), 및 0 내지 5 중량% 의 첨가제 C) 를 포함하는 유전성 유체 조성물.

청구항 8

제 4 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서, A) 내지 C) 의 양이 유전성 유체 조성물의 총 중량을 기준으로 90 중량% 까지, 보다 바람직하게는 95 중량% 까지, 더욱 바람직하게는 100 중량% 까지 첨가되는 유전성 유체 조성물.

청구항 9

제 4 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 따른 유전성 유체 조성물을 사용하는, 바람직하게는 직접 액체 침지 냉각에 의한 전기 장비 시스템의 냉각 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 화학식 (I) 의 분지형 모노에스테르, 뿐만 아니라, 전기 장비 시스템에 대한 냉각 유체로서 사용하기 위한, 이들 화학식 (I) 의 분지형 모노에스테르 중 하나 이상을 포함하는 유전성 유체 조성물에 관한 것이다.

본 발명은 또한 본 발명에 따른 유전성 유체 조성물을 사용하여 전기 장비 시스템을 냉각시키는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근에, 에너지 부족 및 환경 문제는 기술 발전에 엄청난 영향을 미쳤다. 자동차 산업에서는, 탄소 배출권의 감소가 최우선 과제로 대두되고 있으며, 순수 전기 차량 (EV), 하이브리드 전기 차량 (HEV) 및 연료 전지 전기 차량과 같은 신재생 에너지원을 연료로 하는 배출가스 없는 차량에 대한 수요가 점차 증가하고 있고, 향후 20 년 내에 급격하게 증가할 것으로 예상된다. 이러한 차량에 대한 에너지는 높은 비에너지 밀도를 갖는 배터리에 제공되어 저장된다. 리튬 니켈 망간 코발트 산화물, 리튬 철 인산염, 리튬 코발트 산화물, 리튬 니켈 코발트 알루미늄 산화물, 리튬 망간 산화물 및 나트륨 이온 배터리와 같은 다양한 배터리 유형이 EV 및 HEV 에 이용 가능하다.

[0003] 전기 차량의 성능을 향상시키기 위해서는, 높은 전류 방출을 갖는 대형 배터리가 필요하다. 크기 및 전력 출력으로 인해, 이들 대형 배터리는 높은 전류 수준에서 급속 충전 및 방전 사이클 동안에 많은 양의 열을 발생시킨다. 따라서, 배터리 오작동을 방지하고 배터리의 수명을 늘리기 위해서는, 배터리를 냉각시키거나 열을 소산시킴으로써 열적으로 관리해야 한다.

[0004] 더욱이, 배터리의 성능은 온도에 따라 달라진다. 이들의 유형에 따라, 배터리는 특정한 온도 범위에서만 최적의 성능을 발휘한다. 그러므로, 적절한 열 관리는 배터리 성능을 최적화할 수 있다.

[0005] 유전성 유체는 저전압 내지 고전압 응응 분야, 예를 들어 컴퓨터, 변압기, 축전기, 고전압 케이블, 개폐기에 사용하도록 의도된 유체를 의미하며, 이의 기능은 전기 절연을 제공하고, 코로나 및 아킹을 억제하며, 이러한 전기 응용 분야에서 열을 운반하고 소산시키는 냉각제로서의 역할을 한다. 유전성 유체는, 예를 들어 광유-기반 유체, 천연 에스테르-기반 유체 및 합성 에스테르-기반 유체, 예컨대 폴리올에스테르를 포함한다.

[0006] 광유-기반 유전성 유체는 상기 기준의 일부를 충족하기 때문에 오랜 기간 동안 광범위하게 사용되어 왔다. 그러나, 순수한 광유는 열을 효율적으로 소산시키지 않으며, 더 양호한 열 관리 특성을 갖는 더 양호한 유전성 유체를 조사할 필요가 여전히 있다.

[0007] 더욱이, 환경에 대한 인식이 높아지면서, 이른바 녹색 기술에서, 특히 자동차 산업에서 관심이 증가하고 있다.

결과적으로, 이상적인 유전성 유체는 또한 생분해성, 비-독성 및 재생 가능해야 한다. 광유-기반 유전성 유체는 생분해성이 낮고, 비교적 독성이며, 재생 가능한 공급원이 없다.

[0008] 미국 특허 제 5,949,017 호에는 광유-기반 유전성 유체에 대한 대안으로서 고급 올레산 오일 조성물을 포함하는 전기 절연 유체를 함유하는 전기 변압기가 개시되어 있다. 그러나, 이들 유전성 유체는 광유에 비해 높은 점도를 나타내며, 이는 열 소산에 단점이다.

[0009] WO 2013159761 A1 에는 식물성 오일로부터 부분적으로 불포화된 지방산에 의해 에스테르화된 다가 알코올의 에스테르를 포함하는 조성물, 및 변압기에 대한 냉각 및 절연 유체로서의 이의 용도가 개시되어 있다. 사용된 에스테르는 대략 30 ㎟/s 의 KV40 및 약 -50 ℃ 의 유동점을 나타내는 다분지형 에스테르이다.

[0010] WO 2015/174992, US 2013/085090 또는 EP 3012316 에는 분지형 모노에스테르 및 이것을 포함하는 윤활유 조성물이 개시되어 있다. 이들 문헌은 냉각 전기 장비 시스템에서의 성능에 대해서는 다루지 않는다.

[0011] EP 2908317 및 EP 3138893 에는 유전성 유체 조성물에서 사용하기에 적합한 유전성 유체 조성물이 개시되어 있으며, 여기에서 에스테르 조성물은 알코올과 분지형 카르복실산의 에스테르를 포함한다. 두 문헌은 분지형

카르복실산과 폴리올의 에스테르를 포함하는 에스테르 조성물을 사용하는 것을 교시한다.

[0012] GB 2525281 A 는 전기 장치 (예를 들어, 변압기) 에서 사용하기에 적합한 에스테르 유전성 유체 조성물에 관한 것이다. 에스테르는 (a) 글리세롤 또는 에틸렌 글리콜과 같은 C_2 및 C_3 폴리올에서 선택되는 하나 이상의 알코올, 및 (b) 하나 이상의 C_4 내지 C_{14} 카르복실산의 반응으로부터 유도되며, 여기에서 상기 산 중 하나 이상은 분지형 산 (예를 들어, 2-에틸-헥산산) 이다. 또한, 하나 이상의 첨가제, 예컨대 산화방지제, 금속 탈활성화제 또는 유동점 강하제가 존재한다. 유전성 유체 조성물은 약 16 ㎟/s 의 KV40 및 약 -60 ℃ 의 유동점을 가진다.

[0013] 유전성 유체의 낮은 점도는 더 효과적인 순환을 통해 더 효율적인 열 소산을 허용하며, 따라서 전기 장치의 더 양호한 냉각을 허용하기 때문에 매우 중요한 파라미터이다. 따라서, 유전성 유체의 점도측정 특성은 열 소산에서 필수적인 역할을 한다.

[0014] 그러므로, 본 발명은 전기 배터리, 전기 모터, 전기 변압기, 전기 축전기, 유체-충전된 전송 라인, 유체-충전된 전력 케이블, 컴퓨터, 데이터 센터 및 전력 전자 장치와 같은 전기 장비 시스템을 냉각시키는데 있어서 우수한 성능을 갖는 신규의 유전성 유체 조성물을 제공하는 것을 목표로 한다. 신규의 유전성 유체 조성물은 양호한 전기적 및 열적 특성을 가질 뿐만 아니라 낮은 점도를 가져야 하며, 비-부식성이어야 하고, 낮은 가연성을 가지면서 우수한 저온 성능을 유지해야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 철저한 조사 후, 본 발명의 발명자들은 놀랍게도 본 발명에서 정의한 바와 같은 화학식 (I) 의 분지형 모노에스테르를 포함하는 유전성 유체 조성물이 특히 저온에서 전기 장치의 냉각 성능을 크게 개선하기 위해서 배터리 및 다른 전기 장비에 대한 열 전달 유체로서 사용될 수 있다는 것을 발견하였다. 과제는 유전성 유체 조성물의 우수한 저온 특성을 여전히 유지하면서, 개선된 열 소산 성능을 조합하는 것이었다.

[0016] 실제로, 이들 특성을 갖는 하나의 유전성 유체 조성물을 개발하는 것은 추가적인 유동점 강하제가 필요하지 않기 때문에 커다란 이점을 나타낸다.

과제의 해결 수단

[0017] 제 1 양태에 따르면, 본 발명은 청구항 제 1 항 및 이의 종속항에서 정의한 바와 같은 화학식 (I) 의 분지형 모노에스테르에 관한 것이다.

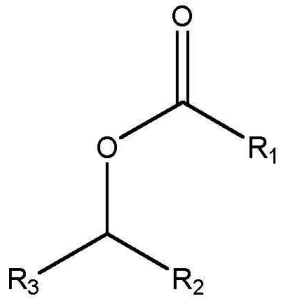
[0018] 제 2 양태에 따르면, 본 발명은 본 발명에 따른 화학식 (I) 의 모노에스테르를 포함하는 유전성 유체 조성물에 관한 것이다.

[0019] 본 발명의 제 3 양태는 본 발명에 따른 유전성 유체 조성물을 사용하여 전기 장비 시스템을 냉각시키는 방법이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] **본 발명에 따른 분지형 모노에스테르**

[0021] 본 발명은 분지형 모노에스테르 A) 에 관한 것이며, 여기에서 분지형 모노에스테르 A) 는 하기 화학식 (I) 을 가진다:



(I)

[0022]

[0023] (식 중, R_1 은 3 내지 13 개의 탄소 원자를 갖는 선형 알킬 잔기이고,

[0024] 각각의 R_2 및 R_3 은 5 개의 탄소 원자를 갖는 선형 알킬 잔기이다).

[0025] 바람직하게는, R_1 은 5 내지 11 개의 탄소 원자, 보다 바람직하게는 5 내지 7 개의 탄소 원자를 갖는 선형 알킬 잔기이다.

[0026] 본 발명에 따르면, 알킬 잔기 R_2 및 R_3 은 모두 5 개의 탄소 원자를 갖는 선형 알킬 잔기이다.

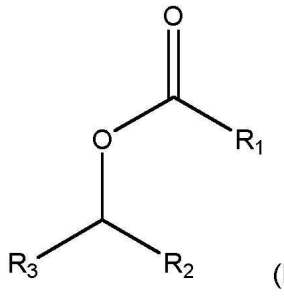
[0027] 본 발명의 바람직한 구현예에 따르면, 분지형 모노에스테르 A) 는 6-운데실라우레이트, 6-운데실헥사노에이트, 6-운데실옥타노에이트 또는 이들의 혼합물에서 선택된다.

[0028] 본 발명에 있어서, 모노에스테르 A) 는, 예를 들어 EP 2155754 B1 에 기재된 바와 같이 알코올과 산의 에스테르화 반응에 의해 제조될 수 있다.

[0029] 바람직하게는, 알코올은 특허 출원 WO 2020/104429 A1 에 개시된 방법에 따라서 제조될 수 있다. 이러한 방법은 유리하게는 낮은 CO_2 배출량을 가진다.

[0030] **본 발명에 따른 유전성 유체 조성물**

[0031] 본 발명은 또한 하나 이상의 분지형 모노에스테르 A) 를 포함하는 유전성 유체 조성물에 관한 것이며, 여기에서 분지형 모노에스테르 A) 는 하기 화학식 (I) 을 가진다:



(I)

[0032]

[0033] (식 중, R_1 은 3 내지 13 개의 탄소 원자를 갖는 선형 알킬 잔기이고,

[0034] 각각의 R_2 및 R_3 은 5 개의 탄소 원자를 갖는 선형 알킬 잔기이다).

[0035] 본 발명의 맥락에서, 본원에서 사용되는 바와 같은 용어 "적어도" 는 또한 "하나 이상", 또는 "하나의 분지형 모노에스테르 A) 또는 이들의 혼합물" 을 의미한다.

[0036] 본 발명의 분지형 모노에스테르 A) 에 대해 상기에서 나타낸 모든 특징 및 선호도는 유전성 유체 조성물에도 적용된다.

[0037] 본 발명의 바람직한 구현예에 따르면, 유전성 유체 조성물은 6-운데실라우레이트, 6-운데실헥사노에이트, 6-운데실옥타노에이트, 또는 이들의 혼합물에서 선택되는, 보다 바람직하게는 6-운데실헥사노에이트, 6-운데실옥타노에이트, 또는 이들의 혼합물에서 선택되는 분지형 모노에스테르 A) 를 포함한다.

[0038] 하기의 실험 부분에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 유전성 유체 조성물은 전기 및 열 전달 특성이 우수하고, 인

화성이 낮으며, 비-부식성을 나타낸다. 이들은 또한 우수한 저온 성능을 가진다. 본 발명에 따른 유전성 유체 조성물의 추가의 이점은 이들의 저점도이며, 이는 더 효과적인 순환을 통해 (특히, 더 효율적인 펌핑에 기인하여) 더 효율적인 열 소산, 및 따라서 전기 장치의 더 양호한 냉각을 허용한다.

[0039] 본 발명에 따르면, 유전성 유체 조성물은 ASTM D445 에 따른 40 ℃ 에서 2 ㎟/s 내지 12 ㎟/s 의 동점도 및 ASTM D93 에 따른 110 ℃ 초과, 보다 바람직하게는 140 ℃ 초과의 인화점을 가지는 것이 바람직하다.

[0040] 본 발명에 따르면, 유전성 유체 조성물은 ASTM D5950 에 따른 -70 ℃ 미만의 유동점, 보다 바람직하게는 ASTM D5950 에 따른 -75 ℃ 미만의 유동점을 가지는 것이 바람직하다.

[0041] 바람직한 구현예에 따르면, 본 발명의 유전성 유체 조성물은 40 ℃ 및 1013 hPa (1 atm) 압력에서 90 미만의 프란틀 수 (Prandtl number) (Pr) 를 가진다. 보다 바람직하게는, 40 ℃ 및 1013 hPa (1 atm) 압력에서 60 미만, 더욱 바람직하게는 55 미만의 프란틀 수를 가진다.

[0042] 본 발명에 있어서, 프란틀 수는 하기 식에 따라서 계산된다. 프란틀 수는 유체의 점도와 열 전도도의 상관관계를 나타내는 무차원 양이다 (문헌 [Bastian E. Rapp, in Microfluidics: Modelling, Mechanics and Mathematics, 2017] 참조). 프란틀 수는 다음과 같이 주어진다:

[0043] $Pr = \vartheta / \alpha$ = 운동량 확산도 / 열 확산도 = $(\mu/\rho) / (k/(c_p \rho)) = c_p \mu / k$

[0044] (식 중,

[0045] ϑ: 운동량 확산도 (동점도) $\vartheta = \mu/\rho$; SI 단위: ㎡/s

[0046] α: 열 확산도; SI 단위: ㎡/s

[0047] μ: 동적 점도; SI 단위: Pa·s = N·s/㎡

[0048] k: 열 전도도; SI 단위: W/(m·K)

[0049] c_p: 비열; SI 단위: J/(kg·K)

[0050] ρ: 밀도; SI 단위: kg/㎥)

[0051] 하기의 실험 부분에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 발명자들은 놀랍게도 본 발명에 따른 모노에스테르 및 본 발명에 따른 이들의 상응하는 본 발명의 유전성 유체 조성물이 모두 작은 프란틀 수를 가진다는 것을 발견하였다. 이것은 본 발명에 따른 유전성 유체 조성물이 높은 열 전도도 및 낮은 점도를 가진다는 것을 입증하며, 이는 전기 장치에서 열 관리에 유리하다.

[0052] 특히, 유리하게는 본 발명에 따른 본 발명의 유전성 유체 조성물은 모두 높은 열 전도도 값을 가지는 것으로 관찰되었다. 이것은 본 발명의 유전성 유체가 전기 장치와 효율적으로 열을 교환할 수 있다는 것을 의미한다. 실제로, 열 전도도가 높을수록, 열 전달 용량이 더 우수하다.

[0053] 본 발명의 바람직한 구현예에 따르면, 유전성 유체 조성물은 폴리올 에스테르, 포화 탄화수소, 디카르복실산 에스테르, 카보네이트, 에테르, 알코올 또는 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 베이스 유체 성분 B) 를 추가로 포함한다. 바람직하게는, 성분 B) 는 글리세롤 트리헥사노에이트, API 그룹 IV 합성 오일 (바람직하게는 폴리알파올레핀), API 그룹 III 광유 또는 이들의 혼합물이다. 본 발명의 맥락에서, 성분 B) 는 분지형 모노에스테르 A) 와 상이한 베이스 유체이다. 따라서, 바람직하게는, 유전성 유체 조성물은 제 1 베이스 유체로서 본 발명에 따른 분지형 모노에스테르 A), 및 제 2 베이스 유체로서 상기에서 나타낸 성분 B) 를 포함한다.

[0054] 바람직하게는, 분지형 모노에스테르 A) 및 베이스 유체 B) 의 양은 유전성 유체 조성물의 총 중량을 기준으로 90 중량% 이상까지 첨가되며, 보다 바람직하게는 95 중량% 이상까지 첨가된다.

[0055] 바람직하게는, 유전성 유체 조성물은 소포제, 밀봉 상용성화제, 산화방지제, 황색 금속 부동태화제, 녹 억제제, 정전기 방전 강하제, 탈유화제, 염료 또는 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 첨가제 C) 를 포함할 수 있다. 첨가제 화합물 C) 는 열 관리 유체에서 사용되는 전형적인 첨가제에 상응하며, 특히 문헌 [T. Mang, W. Dresel (eds.): "Lubricants and Lubrication", Wiley-VCH, Weinheim 2001; R. M. Mortier, S. T.

Orszulik (eds.): "Chemistry and Technology of Lubricants"] 에 상세히 기재되어 있다. 바람직하게는, 적합한 황색 금속 부동태화제는 이미다조닌, 이미다졸, 티아졸, 티아디아졸, 트리아졸, 톨릴트리아졸, 피라딘, 퀴놀린, 모르폴린 또는 이들의 혼합물로 이루어진 목록에서 선택된다.

[0056] 바람직하게는, 적합한 녹 억제제는 술포네이트, 카르복실레이트, 알킬 아민, 아민 카르복실레이트, 아민 보레이트, 포스페이트 또는 이들의 혼합물로 이루어진 목록에서 선택된다.

[0057] 바람직하게는, 적합한 정전기 방전 강하제는 에스테르 퀴트, 이미다졸륨 퀴트, 알콕시 알킬 퀴트, 트리알킬 모노메틸 퀴트, 모노알킬 트리메틸퀴트, 디아미도아민퀴트, 벤질 퀴트, 에톡시화된 에테르 아민, 에테르 디아민, 지방 알코올 에톡시레이트, 에테르 아민 옥사이드, 에테르 아민 퀴트 또는 이들의 혼합물로 이루어진 목록에서 선택된다.

[0058] 바람직하게는, 적합한 탈유화제는 폴리알콕시화된 페놀, 폴리알콕시화된 폴리올, 폴리알콕시화된 폴리아민 또는 이들의 혼합물로 이루어진 목록에서 선택된다.

[0059] 바람직하게는, 적합한 소포제는 실리콘 오일, 플루오로실리콘 오일, 플루오로알킬 에테르, 폴리아크릴레이트 또는 이들의 혼합물로 이루어진 목록에서 선택된다.

[0060] 바람직하게는, 밀봉 상용성화제는 아디페이트-에스테르, 세바케이트-에스테르, 네오펜틸폴리올-에스테르, 술폴란으로 이루어진 목록에서 선택된다.

[0061] 바람직하게는, 적합한 산화방지제는 페놀계 산화방지제 및 아민계 산화방지제를 포함한다.

[0062] 바람직한 구현예에 있어서, 페놀계 산화방지제는 옥타데실-3-(3,5-디-tert-부틸-4-히드록시페닐)프로피오네이트; 4,4'-메틸렌비스(2,6-디-tert-부틸페놀); 4,4'-비스(2,6-디-t-부틸페놀); 4,4'-비스(2-메틸-6-t-부틸페놀); 2,2'-메틸렌비스(4-에틸-6-t-부틸페놀); 2,2'-메틸렌비스(4-메틸-6-t-부틸페놀); 4,4'-부틸리덴비스(3-메틸-6-t-부틸페놀); 4,4'-이소프로필리덴비스(2,6-디-t-부틸페놀); 2,2'-메틸렌비스(4-메틸-6-노닐페놀); 2,2'-이소부틸리덴비스(4,6-디메틸페놀); 2,2'-메틸렌비스(4-메틸-6-시클로헥실페놀); 2,6-디-t-부틸-4-메틸페놀; 2,6-디-t-부틸-4-에틸페놀; 2,4-디메틸-6-t-부틸페놀; 2,6-디-t-아밀-p-크레졸; 2,6-디-t-부틸-4-(N,N'-디메틸아미노메틸페놀); 4,4'티오비스(2-메틸-6-t-부틸페놀); 4,4'-티오비스(3-메틸-6-t-부틸페놀); 2,2'-티오비스(4-메틸-6-t-부틸페놀); 비스(3-메틸-4-히드록시-5-t-부틸벤질)술파이드; 비스(3,5-디-t-부틸-4-히드록시벤질)술파이드; n-옥틸-3-(4-히드록시-3,5-디-t-부틸페닐)프로피오네이트; n-옥타데실-3-(4-히드록시-3,5-디-t-부틸페닐)프로피오네이트; 2,2'-티오[디에틸-비스-3-(3,5-디-t-부틸-4-히드록시페닐)프로피오네이트], 또는 이들의 혼합물로 이루어진 목록에서 선택된다. 더욱 바람직한 페놀계 산화방지제는 비스-페놀계 산화방지제 및 에스테르기 함유 페놀계 산화방지제이다.

[0063] 아민계 산화방지제는, 예를 들어 모노알킬디페닐아민, 예컨대 모노옥틸디페닐아민, 모노노닐디페닐아민; 디알킬디페닐아민, 예컨대 4,4'-디부틸디페닐아민, 4,4'-디펜틸디페닐아민, 4,4'-디헥실디페닐아민, 4,4'-디헵틸디페닐아민, 4,4'-디옥틸디페닐아민, 4,4'-디노닐디페닐아민; 폴리알킬디페닐아민, 예컨대 테트라부틸디페닐아민, 테트라헥실디페닐아민, 테트라옥틸디페닐아민, 테트라노닐디페닐아민; 나프틸아민, 구체적으로 알파-나프틸아민, 페닐-알파-나프틸아민 및 추가의 알킬-치환된 페닐-알파-나프틸아민, 예컨대 부틸페닐-알파-나프틸아민, 펜틸페닐-알파-나프틸아민, 헥실페닐-알파-나프틸아민, 헵틸페닐-알파-나프틸아민, 옥틸페닐-알파-나프틸아민, 노닐페닐-알파-나프틸아민을 포함한다. 이들 중에서도, 산화방지 효과의 관점에서 나프틸아민보다 디페닐아민이 바람직하다.

[0064] 바람직하게는, 유전성 유체 조성물은 유전성 유체 조성물의 총 중량을 기준으로 2 내지 100 중량% 의 분지형 모노에스테르 A), 0 내지 98 중량% 의 성분 B), 및 0 내지 5 중량% 의 첨가제 C) 를 포함한다. 보다 바람직하게는, 유전성 유체 조성물의 총 중량을 기준으로 5 내지 100 중량% 의 분지형 모노에스테르 A), 0 내지 95 중량% 의 성분 B), 및 0 내지 5 중량% 의 첨가제 C) 를 포함한다.

[0065] 바람직한 구현예에 따르면, A) 내지 C) 의 양은 유전성 유체 조성물의 총 중량을 기준으로 90 중량% 이상까지 첨가되고, 보다 바람직하게는 95 중량% 이상까지 첨가되며, 더욱 바람직하게는 100 중량% 까지 첨가된다.

[0066] 또다른 바람직한 구현예에 따르면, 본 발명의 유전성 유체 조성물은 화학식 (I) 의 분지형 모노에스테르 A) 로 이루어지며, 유전성 유체 조성물에 대해 상기에서 나타낸 모든 특징 및 선호도는 이러한 바람직한 구현예에도 적용된다.

[0067] 바람직하게는, 하나 이상의 화학식 (I) 의 모노에스테르 A) 를 포함하는 본 발명의 유전성 유체 조성물은 생분

해성이다.

[0068] 또다른 바람직한 구현예에 따르면, 하나 이상의 화학식 (I) 의 분지형 모노에스테르 A) 를 포함하는 본 발명의 유전성 유체 조성물은 할로겐을 함유하지 않으며, 이는 유전성 유체 조성물이 임의의 할로겐-함유 성분을 포함하지 않는다는 것을 의미한다.

[0069] 바람직하게는, 유전성 유체 조성물은 낮은 탄소 배출량을 갖는 지속 가능한 기술로 제조되며, 할로겐을 함유하지 않는다.

[0070] **본 발명에 따른 전기 장비 시스템의 냉각 방법**

[0071] 본 발명의 또다른 양태에 따르면, 본 발명은 또한 상기 본원에서 정의한 바와 같은 유전성 유체 조성물을 사용하여 전기 장비 시스템을 냉각시키는 방법에 관한 것이다.

[0072] 바람직하게는, 전기 장비 시스템은 전기 배터리, 전기 모터, 전기 변압기, 전기 축전기, 유체-충전된 전송 라인, 유체-충전된 전력 케이블, 컴퓨터, 데이터 서버 및 전력 전자 장치로 이루어진 군에서 선택된다.

[0073] 바람직하게는, 본 발명에 따른 전기 장비 시스템의 냉각 방법은 직접 액체 침지 냉각이며, 여기에서 열은 액체를 고온 요소와 직접 접촉하도록 순환시킴으로써 시스템으로부터 제거된다.

[0074] **실험 부분**

[0075] 이하에서, 본 발명의 범위를 제한하려는 어떠한 의도없이, 실시예 및 비교예를 참조하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다.

[0076] 약어

[0077] Cp @ 40℃ ASTM D7896-14 에 따라 40 ℃ 에서 측정한 비열 용량

[0078] DPT 디이소펜틸 테레프탈레이트

[0079] Elect. Cond. ASTM D2624 에 따라 25 ℃ 에서 측정한 전기 전도도

[0080] FHE C12/14 지방 알코올 헥사노에이트

[0081] FP ASTM D93 에 따른 인화점

[0082] GHE 글리세롤 트리헥사노에이트

[0083] KV40 ASTM D445 에 따른 40 ℃ 에서의 동점도

[0084] OptiCool-A Fluid DSI Venture 사에 의해서 상품화된, 1-데센 및 1-도데센의 수소화된 이량체화 생성물을 포함하는 PAO 초저점도 유전성 열 전달 유체

[0085] PAO 2 5.10 ㎟/s 의 KV40 을 갖는 폴리알파올레핀

[0086] PN40 40 ℃ 및 1013 hPa (1 atm) 에서의 프란틀 수

[0087] PP ASTM D5950 에 따른 유동점

[0088] ULE 6-운데실라우레이트

[0089] UHE 6-운데실헥사노에이트

[0090] UOE 6-운데실옥타노에이트

[0091] Yubase 3 11.80 ㎟/s 의 KV40 을 갖는 수소처리된 경질 파라핀계 베이스 오일

[0092] Yubase 4 19.20 ㎟/s 의 KV40 을 갖는 수소처리된 중질 파라핀계 베이스 오일

[0093] λ @ 40℃ ASTM D7896-14 에 따른 40 ℃ 에서의 열 전도도

[0094] 시험 방법

[0095] 유전성 유체의 동점도는 ASTM D445 에 따라 40 ℃ 에서 편차없이 측정하였다.

[0096] 비열 용량 및 열 전도도는 ASTM D7896-14 에 따라 40 ℃ 에서 열선 방법으로 측정하였다.

[0097] 유동점 (PP) 은 ASTM D5950 에 따라 측정하였다.

[0098] 인화점은 ASTM D93 에 따라 폐쇄형 컵 펜스키 마틴 (Pensky Martin) 셋업으로 측정하였다.

[0099] 전기 전도도는 ASTM D2624 에 따라 25 ℃ 에서 측정하였다.

[0100] **유전성 유체로서 사용하기에 적합한 종래 기술의 성분과 비교한 본 발명의 모노에스테르**

[0101] 본 발명의 실시예

[0102] 본 발명에 따른 모노에스테르 A1 (ULE) 의 합성

[0103] 교반 막대, 물 분리기, 환류 응축기, 적하 깔때기 및 내부 온도계가 장착된 4 리터 증류 플라스크에서, 482 g (2.8 mol) 의 6-운데칸올을 701 g (3.5 mol) 의 라우르산 및 1.75 g 의 50 % 차아인산 수용액 (Sigma Aldrich) (6-운데칸올을 기준으로, 0.4 질량% 의 H_3PO_2) 과 혼합하고, 교반하면서 240 ℃ 로 가열하였다. 반응의 경과를 GC 분석으로 추적하였다. 반응은 비등의 개시 6 시간 후에 종료되었다. 이 배치의 일부를 제거하고, 물 분리기를 증류 브릿지로 교체한 상응하는 보다 작은 장치에 놓았다. 과량의 라우르산을 교반하면서 승온에서 증류 제거하였다. 이어서, 가열을 중단하고, 배치를 80 ℃ 로 냉각시켰다. 27 내지 33 hPa 의 압력에서 적하 깔때기를 통해 물을 적하함으로써, 배치를 추가로 정제하였다 (증기 증류의 원리). 혼합물을 2 % 염기성 산화 알루미늄 및 2 % 활성탄과 함께 100 ℃ 의 온도에서 추가의 시간 동안 교반하였다. 이어서, 생성물을 여과에 의해 활성탄 및 산화 알루미늄으로부터 분리하였다.

[0104] 본 발명에 따른 모노에스테르 A2 (UHE) 의 합성

[0105] 모노에스테르 A2 (UHE) 의 합성을 위해, 상기에서 개시한 바와 같은 모노에스테르 A1 의 합성과 동일한 절차를 계속하면서, 482 g (2.8 mol) 의 6-운데칸올을 407 g (3.5 mol) 의 헥산산과 혼합하였다.

[0106] 본 발명에 따른 모노에스테르 A3 (UOE) 의 합성

[0107] 모노에스테르 A3 (UOE) 의 합성을 위해, 상기에서 개시한 바와 같은 모노에스테르 A1 의 합성과 동일한 절차를 계속하면서, 482 g (2.8 mol) 의 6-운데칸올을 505 g (3.5 mol) 의 옥탄산과 혼합하였다.

[0108] 비교예

[0109] 비교예 1 (Comp. 1) 은 선형 C12-C14 모노에스테르인 FHE 에 상응한다.

[0110] 환류 분배기를 구비한 증류 브릿지, 교반기, 적하 깔때기 및 온도계가 장착된 교반 플라스크에서, 11.7 kg (100 mol) 의 헥산산, 13.7 g (헥산산을 기준으로, 0.11 중량%) 의 테트라부틸 오르토티타네이트 및 15.7 kg (80 mol) 의 Lorol 을 초기 충전물로서 사용하여 200 ℃ 에서 에스테르화시켰다. 반응이 종료되면, 과량의 산을 180 ℃ 및 3 mbar 에서 증류에 의해 제거하였다. 이어서, 시스템을 80 ℃ 로 냉각시키고, 10 중량% 농도의 NaOH 수용액을 사용하여 중화시켰다. 이어서, 80 ℃ 의 온도 및 20 내지 5 mbar 의 압력에서 증기 증류를 수행하였다. 이어서, 혼합물을 이 온도에서 5 mbar 에서 건조시켰다. 혼합물을 활성 탄소와 함께 100 ℃ 의 온도에서 교반하였다. 이어서, 생성물을 여과에 의해 활성탄으로부터 분리하였다.

[0111] 비교예 2 (Comp. 2) 는 메틸 라우레이트 (포화 지방산의 메틸 에스테르) 에 상응한다.

[0112] 비교예 3 (Comp. 3) 은 순수한 합성 디에스테르 베이스 스톡인 디-2-에틸헥실 세바케이트에 상응한다.

[0113] 비교예 4 (Comp. 4) 는 디-(이소노닐) 아디페이트에 상응한다.

[0114] 비교예 5 (Comp. 5) 는 수소처리된 경질 파라핀계 베이스 오일인 SK Lubricants 의 Yubase 3 에 상응한다.

[0115] 모든 실시예 및 이들의 각각의 물리적 특성을 하기 표 1 에 나타낸다.

[0116] 결과 논의

[0117] 본 발명의 분지형 모노에스테르 (본 발명의 실시예 1, 2 및 3) 는 낮은 점도 및 우수한 저온 성능과 조합된 매우 양호한 열 전도도 특성을 가진다. 이에 비해, 비교예 1 내지 5 는 상기에서 지적한 특성을 모두 함께 조합하지 않기 때문에, 효율적으로 수행되지 않는다.

[0118] 비교예 1 및 2 는 본 발명의 실시예 2 및 3 과 유사한 낮은 점도를 갖지만, 양호한 저온 성능 (각각 -6 ℃ 및 +3 ℃) 을 갖지 않는다.

[0119] 비교예 3, 4 및 5 는 허용 가능한 저온 성능 (각각 -78 ℃ 및 -51 ℃ 의 유동점 값을 가짐) 을 나타낸다. 그러나, 이들의 높은 점도로 인해, 상기에서 설명한 바와 같이 유체의 점도를 이의 열 전도도와 상관되게 하는 이들의 각각의 프란틀 수는 높으며 (각각 136.5 및 128.7 의 PN40), 따라서 본 발명에 따른 본 발명의 모노에스테르보다 훨씬 높다. 실제로, 본 발명에 따른 분지형 모노에스테르 A1, A2 및 A3 은 모두 85 미만의 프란틀 수 (40 ℃ 및 1013 hPa (1 atm) 에서 PN40) 를 가진다.

[0120] 표 1: 유전성 유체로서 사용하기에 적합한 종래 기술의 성분과 비교한 본 발명의 모노에스테르

		본 발명의 실시예			비교예				
	단위	모노에스테르 A1	모노에스테르 A2	모노에스테르 A3	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5
KV40	㎟/s	7.2	3.4	4.4	4.8	2.4	11.6	10.9	11.8
Cp @ 40℃	kJ/kg·K	2.1	2.0	2.0	2.1	2.0	2.0	1.9	2.0
λ @ 40℃	mW/m·K	148	137	140	150	146	151	147	135
FP	℃	190	146	158	171	128	218	217	191
PP	℃	-27	-99	-96	-6	3	-78	-51	-33
Elect. Cond.	nS/m	0.04	0.02	0.06	0.01	2.50	0.10	0.20	x
PN40		85	43	52	56	28	137	129	142

x 는 "전기 전도성이 검출되지 않음" 을 의미한다.

[0121]

[0122] **유전성 유체 조성물**

[0123] 유전성 유체 조성물을 제조하기 위해서, 하기 표 2 에 나열한 성분을 실온에서 함께 혼합하였다.

[0124] 표 2: 본 발명에 따른 유전성 유체 제제 및 종래 기술의 유전성 유체 제제 (제제의 총 중량을 기준으로, 중량% 로 주어진 양)

	본 발명의 실시예		비교예		
	F1	F2	Comp. F1	Comp. F2	Comp. F3
본 발명의 모노에스테르 A2	10.0	85.7			
GHE		3.0			
PAO 2	90.0				100
Yubase 3		6.6			
Yubase 4		3.0	34.4		
DPT		1.7			
Comp. 1			65.6		
Opticool A				100	

[0125]

[0126] 상기 표 2 에 나열한 유전성 유체 제제의 물리적 특성을 하기 표 3 에 나타낸다.

[0127] 하기 표 3 으로부터, 본 발명에 따른 분지형 모노에스테르를 포함하는 유전성 유체 조성물은 40 ℃ 및 1013 hPa (1 atm) 에서의 낮은 프란틀 수 및 낮은 점도와 조합된 우수한 저온 특성을 나타낸다는 것을 관찰할 수 있다.
이것은 본 발명에 따른 유전성 유체 조성물이 전기 장비 시스템의 냉각에서 우수한 성능을 가진다는 것을 확증한다.

[0128] 비교 유전성 유체 Comp. F1 은 더 높은 인화점을 갖지만, 더 불량한 저온 성능 (단지 -9 ℃), 더 높은 점도 (7.02 ㎟/s 의 KV40) 및 더 높은 프란틀 수 (83.0 의 PN40) 를 나타낸다.

[0129] 비교 유전성 유체 Comp. F2 는 더 높은 동점도 (6.50 ㎟/s 의 KV40) 를 나타내며, 이는 전기 시스템에서 유체의 비효과적인 순환 및 펌핑성으로 인해, 더 낮은 점도를 갖는 유전성 유체에 비해서 매우 효율적인 열 소산을 제공하지 못한다.

[0130] 비교 유전성 유체 Comp. F3 은 유동점이 -75 ℃ 인 유사한 저온 성능을 갖지만, 이것은 더 높은 점도 및 더 높

은 프란틀 수를 가지며, 따라서 본 발명의 분지형 모노에스테르를 포함하는 본 발명의 열적 유전성 유체 조성물의 모든 이점을 충족시키지 못한다.

[0131] 본 발명의 유전성 유체 조성물의 열 관리 결과는 화학식 (I) 의 분지형 단량체 A) 를 포함하는 유전성 유체 조성물이 우수한 저온 특성을 나타낼 뿐만 아니라, 낮은 프란틀 수에 의해 확인되는 바와 같이 매우 양호한 전기 냉각 성능을 나타낸다는 것을 확증한다. 우수한 저온 특성, 낮은 점도 및 전기 냉각 성능의 이러한 조합은 비교 유전성 유체에 의해 관찰되지 않는다.

[0132] 표 3: 종래 기술의 유전성 유체 제제와 비교한 본 발명에 따른 유전성 유체 제제의 특성

		본 발명의 실시예		비교예		
	단위	F1	F2	Comp. F1	Comp. F2	Comp. F3
KV40	cSt	4.88	4.14	7.02	6.50	5.10
Cp @ 40℃	kJ/kg·K	2.11	1.95	2.12	2.08	2.11
λ @ 40℃	mW/m·K	138.96	137.59	149.64	138.00	137.70
FP	℃	153	152	180	147	160
PP	℃	-75	-75	-9	-57	-75
Elect. Cond.	nS/m	0.16	0.10	0.02	x	x
PN40		58.2	49.3	83.0	76.3	60.9

x 는 "전기 전도성이 검출되지 않음" 을 의미한다.

[0133]