



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년02월28일
(11) 등록번호 10-2082673
(24) 등록일자 2020년02월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 9/00 (2006.01) H01B 3/30 (2006.01)
H01B 7/17 (2006.01) H01B 9/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01B 9/00 (2013.01)
H01B 3/30 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0016149
(22) 출원일자 2018년02월09일
심사청구일자 2018년02월09일
(65) 공개번호 10-2018-0093807
(43) 공개일자 2018년08월22일
(30) 우선권주장
1020170019468 2017년02월13일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020120048520 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
일진전기 주식회사
경기도 화성시 만년로 905-17 (안녕동)
(72) 발명자
장상미
경기도 화성시 만년로 905-17
이석호
경기도 화성시 만년로 905-17
문병철
경기도 화성시 만년로 905-17
(74) 대리인
특허법인아주

전체 청구항 수 : 총 11 항

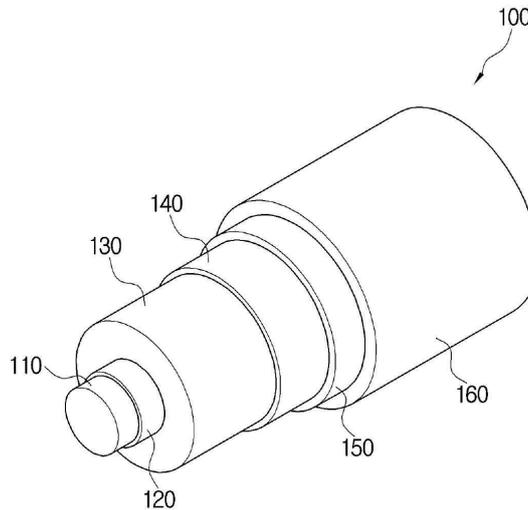
심사관 : 오주철

(54) 발명의 명칭 유연성이 향상된 절연층을 구비한 전력케이블

(57) 요약

본 발명은 유연성이 향상된 절연층을 구비한 전력케이블에 관한 것이다. 일 실시예에서 상기 전력케이블은 하나 이상의 도체; 상기 도체를 둘러싸는 내부 반도체층; 상기 내부 반도체층을 둘러싸는 절연층; 상기 절연층을 둘러싸는 외부 반도체층; 상기 외부 반도체층을 둘러싸는 중성선 수밀층; 및 상기 중성선 수밀층을 둘러싸는 외피층;을 포함하고, 상기 절연층은 반응형 폴리프로필렌 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01B 7/17 (2013.01)

H01B 9/027 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020160033245 A*

KR1020160119079 A*

US20100122833 A1

WO2014126404 A1

KR1020040038180 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

하나 이상의 도체;

상기 도체를 둘러싸는 내부 반도체층;

상기 내부 반도체층을 둘러싸는 절연층;

상기 절연층을 둘러싸는 외부 반도체층;

상기 외부 반도체층을 둘러싸며, 수분을 흡수하여 팽창될 수 있는 반도체성을 갖는 중성선 수밀층; 및

상기 중성선 수밀층을 둘러싸는 외피층;을 포함하고,

상기 절연층은 반응형 폴리프로필렌(reactor based polypropylene) 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 합 100 중량부에 대하여, 반응형 폴리프로필렌 30 중량부 내지 80 중량부 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머 20 중량부 내지 70 중량부를 포함하며,

상기 폴리프로필렌 블록 코폴리머는 프로필렌 호모폴리머 65 중량부 내지 82 중량부, 및 에틸렌-프로필렌 고무 18 중량부 내지 35 중량부를 중합하여 형성되는 에틸렌-프로필렌 블록 코폴리머를 포함하고, 상기 에틸렌-프로필렌 고무 전체중량에 대하여 에틸렌이 25 중량% 내지 50 중량% 포함되며,

상기 반응형 폴리프로필렌의 용융지수는 0.7g/10min 내지 0.9g/10min 이며, 상기 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 용융지수는 2.5g/10min 내지 3.5g/10min 이고,

상기 반응형 폴리프로필렌의 ASTM D790 규격에 의거하여 측정된 굴곡탄성율은 500kg/cm² 내지 1500kg/cm² 이고,

상기 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 ASTM D790 규격에 의거하여 측정된 굴곡탄성율은 8500kg/cm² 내지 9500kg/cm²이며,

상기 절연층의 용융점은 160℃ 내지 170℃이며, 굴곡탄성율이 2000kg/cm² 내지 4000kg/cm²인 것을 특징으로 하는 전력케이블이며,

상기 전력케이블은 IEC-60811-501 규격에 따라 상온에서 인장속도 25mm/분으로 실시한 인장강도 1.8~2 kg/mm² 및 신율 580~630%이며, 135℃에서 240 시간 동안 가열하며 인장속도 25mm/분으로 실시한 인장강도 1.8~2.3 kg/mm² 및 신율 553~596%인 것을 특징으로 하는 전력케이블.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 굴곡탄성율은 ASTM D790 규격에 의거하여 측정되는 것을 특징으로 하는 전력케이블.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 절연층은 이온성무기물을 더 포함하며,

상기 반응형 폴리프로필렌 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 합 100 중량부에 대하여,

반응형 폴리프로필렌 55 중량부 내지 65 중량부, 폴리프로필렌 블록 코폴리머 35 중량부 내지 45 중량부, 및 0.04 중량부 이하의 이온성무기물을 포함하는 전력케이블.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 반응형 폴리프로필렌은 반응기 내에 에틸렌 및 프로필렌 이외의 α -올레핀으로부터 선택된 적어도 하나의 올레핀 코모노머와 프로필렌 모노머가 중합되어 형성된 폴리프로필렌 코폴리머와, 상기 폴리프로필렌 코폴리머로 이루어진 매트릭스 내에 에틸렌-프로필렌 고무가 화학 또는 물리적으로 결합되어 형성되는 전력케이블.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 반응형 폴리프로필렌의 용융점은 160℃ 이상이고, 용융엔탈피는 20J/g 이상인 전력케이블.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 반응형 폴리프로필렌의 용융점은 160℃ 내지 170℃이고, 용융엔탈피는 20J/g 내지 30J/g인 전력케이블.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 용융점은 160℃ 이상이고, 용융엔탈피는 50J/g 내지 70J/g인 전력케이블.

청구항 9

삭제

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 반응형 폴리프로필렌의 ASTM D790 규격에 의거하여 측정된 굴곡탄성율은 1000kg/cm²이고, 상기 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 ASTM D790 규격에 의거하여 측정된 굴곡탄성율은 9000kg/cm²인 전력케이블.

청구항 11

삭제

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 외피층과 중성선 수밀층 사이에는 하나 이상의 중성선이 구비되는 전력케이블.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 내부 반도체층 및 외부 반도체층은 카본블랙을 각각 20 중량% 내지 40 중량% 포함하는 열가소성 수지 조성물을 포함하는 전력케이블.

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 외피층은 폴리에틸렌을 포함하며, 용융온도가 110℃ 내지 130℃인 전력케이블.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전력케이블에 관한 것이다. 보다 상세하게는 고온에서 장시간 운전이 가능하면서 유연성이 향상된 절연층을 구비한 전력케이블에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 통상, 전력케이블의 절연소재로서 주류로 사용되는 가교 폴리에틸렌 수지(XLPE)는 열경화성 수지이므로 내열성 및 내약품성 등이 우수하고, 전기적 특성 또한 우수한 편이다. 가교 폴리에틸렌 수지를 제조하는 방법은 유기 과산화물 혹은 실란을(미국등록특허 제6284178호(2011.09.04)) 매개체로 하는 화학적 반응에 의한 가교 및 전자 선 가교(미국등록특허 제4426497호(1984.01.17)) 등이 있으며, 대형 전선업계에서는 유기 과산화물에 의한 가교 타입을 가장 널리 사용하고 있다.

[0004] 최근에는 재활용이 가능하고, 높은 송전용량 전달능을 갖는 전력케이블 특성이 요구되며 이를 만족시키기 위해서는 상시 최고 허용온도 110℃로 운영 가능한 가교되지 않은 고분자 수지로 이루어진 절연층을 포함한 전선이 요구되고 있다.

[0005] 반면, 가교 폴리에틸렌 수지는 폴리에틸렌을 가교시켜 제조한 열경화성(thermoset) 수지이므로 재생이(recycle) 불가능하여 폐기처분에 어려움이 많아 환경오염의 원인이 되고 있다. 또한, 가교 폴리에틸렌의 용융점이 90℃ 내지 115℃이므로 110℃의 고온에서의 운영이 어려우므로 전력케이블의 절연층의 재료로서 적당하지 못하다.

[0006] 즉, 환경 친화적인 비가교 타입의 열가소성(thermoplastic) 수지의 사용 요구가 있으나, 현재 주로 사용되는 가교 폴리에틸렌은 내열성이 현격히 부족하여 전력케이블 절연재료의 용도로 사용하기에 적절하지 않아 문제가 된다.

[0007] 이러한 배경으로 전력케이블의 절연소재로서 대한민국 공개특허공보 제10-2010-0106871호(2010.10.04 공개)에 비가교 폴리에틸렌 수지에 대한 선행 기술이 있으나 실제 가공 시에는 수지의 낮은 전단담화(Shear thinning)로 인해 가공성이 불량하여 가공불량이 발생하는 문제가 있다. 또한 내트래킹성이 불량하여 옥외케이블의 절연층으로써 성능이 저하되는 문제점이 있다.

[0008] 따라서, 이러한 문제점을 해결하기 위하여 높은 용융점을 가지고 가교되지 않은 고분자 복합수지로 이루어진 절연층을 포함하여 상시 최고 허용온도 110℃로 운영이 가능한 전력케이블의 개발이 필요하게 되었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 하나의 목적은 고온에서의 안정성 및 유연성이 우수한 친환경 절연층을 구비한 전력케이블을 제공하는 것이다.

[0011] 본 발명의 다른 목적은 내열성, 저온충격성, 유연성, 기계적, 전기적 특성이 우수한 전력케이블을 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명의 또 다른 목적은 신규한 수지를 절연층으로 이용하여 재활용이 가능하여 친환경적이며, 용융점이 높아 고온에서 장시간 운영이 가능한 전력케이블을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명의 하나의 관점은 유연성이 향상된 절연층을 구비한 전력케이블에 관한 것이다. 일 실시예에서 상기 전력케이블은 하나 이상의 도체; 상기 도체를 둘러싸는 내부 반도체층; 상기 내부 반도체층을 둘러싸는 절연층; 상기 절연층을 둘러싸는 외부 반도체층; 상기 외부 반도체층을 둘러싸는 중성선 수밀층; 및 상기 중성선 수밀층

을 둘러싸는 외피층;을 포함하고, 상기 절연층은 반응형 폴리프로필렌(reactor based polypropylene) 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머를 포함하고, 상기 절연층은 반응형 폴리프로필렌 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 합 100 중량부에 대하여, 반응형 폴리프로필렌 30 중량부 내지 80 중량부 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머 20 중량부 내지 70 중량부를 포함하며, 상기 절연층은 굴곡탄성율이 2000kg/cm² 내지 4000kg/cm²이다. 상기 굴곡탄성율은 ASTM D790 규격에 의거하여 측정될 수 있다.

[0015] 일 실시예에서 상기 절연층은 상기 절연층은 이온성무기물을 더 포함할 수 있다. 예를 들면, 상기 반응형 폴리프로필렌 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 합 100 중량부에 대하여, 반응형 폴리프로필렌 55 중량부 내지 65 중량부, 폴리프로필렌 블록 코폴리머 35 중량부 내지 45 중량부, 및 0.04 중량부 이하의 이온성무기물을 포함할 수 있다.

[0016] 일 실시예에서 상기 반응형 폴리프로필렌은 반응기 내에 에틸렌 및 프로필렌 이외의 α-올레핀으로부터 선택된 적어도 하나의 올레핀 코모노머와 프로필렌 모노머가 중합되어 형성된 폴리프로필렌 코폴리머와, 상기 폴리프로필렌 코폴리머로 이루어진 매트릭스 내에 에틸렌-프로필렌 고무가 화학 또는 물리적으로 결합되어 형성할 수 있다.

[0017] 일 실시예에서 상기 폴리프로필렌 블록 코폴리머는 프로필렌 호모폴리머 65 중량부 내지 82 중량부, 및 에틸렌-프로필렌 고무 18 중량부 내지 35 중량부를 중합하여 형성되는 에틸렌-프로필렌 블록 코폴리머를 포함하고, 상기 에틸렌-프로필렌 고무 전체중량에 대하여 에틸렌이 25 중량% 내지 50 중량% 포함될 수 있다.

[0018] 일 실시예에서 상기 반응형 폴리프로필렌의 용융점은 160℃ 이상이고, 용융엔탈피는 20J/g 이상이며, 용융지수는 0.5g/10min 내지 1.5g/10min 일 수 있다.

[0019] 일 실시예에서 상기 반응형 폴리프로필렌의 용융점은 160℃ 내지 170℃이고, 용융엔탈피는 20J/g 내지 30J/g이며, 용융지수는 0.7g/10min 내지 0.9g/10min 일 수 있다.

[0020] 일 실시예에서 상기 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 용융점은 160℃ 이상이고, 용융엔탈피는 50J/g 내지 70J/g이며, 용융지수는 2.5g/10min 내지 3.5g/10min 일 수 있다.

[0021] 일 실시예에서 상기 반응형 폴리프로필렌의 ASTM D790 규격에 의거하여 측정된 굴곡탄성율은 500kg/cm² 내지 1500kg/cm² 이고, 상기 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 ASTM D790 규격에 의거하여 측정된 굴곡탄성율은 8500kg/cm² 내지 9500kg/cm² 일 수 있다.

[0022] 일 실시예에서 상기 반응형 폴리프로필렌의 ASTM D790 규격에 의거하여 측정된 굴곡탄성율은 1000kg/cm² 이고, 상기 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 ASTM D790 규격에 의거하여 측정된 굴곡탄성율은 9000kg/cm² 일 수 있다.

[0023] 일 실시예에서 상기 절연층의 용융점은 160℃ 내지 170℃ 일 수 있다.

[0024] 일 실시예에서 상기 외피층과 중성선 수밀층 사이에는 하나 이상의 중성선이 구비될 수 있다.

[0025] 일 실시예에서 상기 내부 반도체층 및 외부 반도체층은 카본블랙을 각각 20 중량% 내지 40 중량% 포함하는 열가소성 수지 조성물을 포함할 수 있다.

[0026] 일 실시예에서 상기 외피층은 폴리에틸렌을 포함하며, 용융온도가 110℃ 내지 130℃일 수 있다.

발명의 효과

[0028] 본 발명의 전력케이블은 고온에서의 안정성 및 유연성이 우수하며, 내열성, 저온충격성, 유연성, 기계적, 전기적 특성이 우수하며, 비가교 폴리프로필렌 복합수지로 제조된 절연층을 포함하여, 재활용이 가능하고, 용융점이 높아 고온에서도 장시간 운영이 가능할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전력케이블을 나타낸 도면이다.

도 2는 상기 도 1의 전력케이블의 단면도이다.

도 3a는 실시예 1에 따른 내한타격시험 결과를 나타낸 도면이고, 도 3b는 실시예 2에 따른 내한타격시험 결과를

나타낸 도면이다.

도 4a는 비교예 2에 따른 내한타격시험 결과를 나타낸 도면이고, 도 4b는 비교예 3에 따른 내한타격시험 결과를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다. 이때, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기술 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략할 것이다.
- [0032] 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있으므로 그 정의는 본 발명을 설명하는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0033] 하기 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전력케이블을 나타낸 도면이며, 하기 도 2는 상기 도 1의 전력케이블의 단면도이다.
- [0034] 본 발명의 일 실시예에 따른 유연성이 향상된 전력케이블(100)은 하나 이상의 도체(또는 전기 도체)(110); 도체(110)를 둘러싸는 내부 반도체층(120); 내부 반도체층(120)을 둘러싸는 절연층(130); 절연층(130)을 둘러싸는 외부 반도체층(140); 외부 반도체층(140)을 둘러싸는 중성선 수밀층(150); 및 중성선 수밀층(150)을 둘러싸는 외피층(160);을 포함한다.
- [0035] 일 실시예에서 절연층(130)은 반응형 폴리프로필렌 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머를 포함한다. 일 실시예에서 절연층(130)은 반응형 폴리프로필렌 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 합 100 중량부에 대하여, 반응형 폴리프로필렌 30 중량부 내지 80 중량부 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머 20 중량부 내지 70 중량부를 포함하고, 굴곡탄성율이 2000kg/cm² 내지 4000kg/cm² 이다. 상기 굴곡탄성율은 ASTM D790 규격에 의거하여 측정될 수 있다.
- [0036] 본 발명의 일 실시예에 따른 전력케이블(100)은 20kV 이상의 고전압을 송신할 수 있으며, 장시간 안정적으로 사용할 수 있고 전력케이블(100)의 내부 구비되는 도체(110)를 안정적으로 절연시키는 친환경 수지를 절연층(130)으로 포함한다.
- [0037] 도체(110)는 막대 또는 스트랜드드 멀티-와이어(stranded multi-wire)로 전기적으로 도체인 금속 재료일 수 있다. 구체적으로는 알루미늄 또는 구리를 포함할 수 있다. 상기 도체는 단면이 원형일 수 있다. 상기 도체의 외경은 10mm 내지 25mm이고, 상기 절연층의 두께는 6mm 내지 8mm일 수 있다. 구체적으로는, 상기 도체는 단면이 원형이며, 외경은 11.4mm 내지 23.5mm이고, 절연층의 두께는 6mm 내지 7.5mm일 수 있다.
- [0038] 본 발명의 일 실시예에 따른 전력케이블(100)은 공칭 단면적에 따라 도체(110)의 외경이 10mm 내지 25mm인 원형으로 구비될 수 있다. 상기 전력케이블(100)의 공칭 단면적이 커질수록 도체(110)의 외경도 커지며 이에 따라 송전할 수 있는 최대허용전류도 증가하게 된다. 예를 들면 22.9kV급 친환경 충실 알루미늄 전력케이블에 있어서 절연층 두께를 6.8mm로 설정할 수 있다.
- [0039] 일반적으로 절연층 두께는 내전압치와 전력케이블의 절연과괴 강도에 의해 구해 질 수 있다. 절연층 두께의 산출 기준은 교류전압으로부터 결정되는 두께와 뇌충격전압으로부터 결정되는 두께 중 큰 값으로 결정될 수 있는데 22.9kV급 전력케이블의 절연층의 두께가 7.5mm를 초과하는 경우 전력케이블의 포설성 및 시공작업성이 저하된다. 구체적으로는, 상기 절연층의 두께는 6.22mm 내지 7.37mm일 수 있다.
- [0040] 도체(110)의 외측에는 내부 반도체층(120)이 구비되고, 내부 반도체층(120)의 외측에는 외부 반도체층(140)이 둘러싸여, 내부 반도체층(120) 및 외부 반도체층(140) 사이에는 절연층(130)이 개재될 수 있다.
- [0041] 내부 반도체층(120) 및 외부 반도체층(140)은 모두 반도체층, 예컨대 반도체층으로 실온에서 500Ω·m 미만, 바람직하게는 20Ω·m 미만의 체적 저항값을 구비할 수 있다. 상기 내부 반도체층과 외부 반도체층은 카본블랙을 각각 20 중량% 내지 40 중량% 포함하는 열가소성 수지 조성물을 포함하여 형성될 수 있다. 예컨대, 상기 열가소성 수지로서, 폴리프로필렌 중합체를 포함할 수 있다. 예를 들면, 내부 반도체층(120) 및 외부 반도체층(140)은 카본블랙 20 중량% 내지 40 중량%의 카본블랙이 분산된 폴리프로필렌 중합체를 포함하여 형성될 수 있다.
- [0042] 내부 반도체층(120)은 도체(110)와 절연층(130) 사이에 개재되어 내부 반도체층(120)은 도체 표면의 전계완화와 부분방전을 방지할 수 있다. 외부 반도체층(140)은 전계완화와 더불어 절연층(130)을 보호하는 역할을 한다.
- [0043] 중성선 수밀층(150)은 반도체성 부풀음 테이프를 포함할 수 있고, 상기 반도체성 부풀음 테이프는 수분을 흡수

하여 팽창(부풀음)될 수 있다.

- [0044] 중성선 수밀층(150)의 외면은 외피층(160)에 의하여 둘러싸도록 구비될 수 있다. 외피층(160)은 폴리에틸렌을 포함하고, 용융온도가 110℃ 내지 130℃(용융온도는 KS M ISO 11357-3에 따라 승온속도 20℃/분으로 시험)일 수 있다. 구체적으로는, 외피층(160)의 용융온도는 용융온도가 118℃ 내지 128℃일 수 있다.
- [0045] 구체예에서 전력케이블(100)이 기중 또는 전력구에 포설될 때는 난연성이 우수한 폴리염화비닐(PVC) 등을 포함하여 외피층(160)을 형성할 수 있다. 그 외의 경우에는, 내구성이 우수한 폴리에틸렌 수지를 포함하여 외피층(160)을 형성할 수 있다.
- [0046] 외피층(160)과 중성선 수밀층(150) 사이에는 하나 이상의 중성선(170)이 구비될 수 있다. 중성선(170)은 연동선일 수 있으며, 도체(110)의 외경에 대해서 대략 0.1배 내지 0.15배의 외경을 갖는 단면이 원형으로 복수 개의 와이어로 구비될 수 있다.
- [0047] 통상, 전력케이블에서 절연층으로 가교 폴리에틸렌을 사용하는데, 상기 가교 폴리에틸렌은 유기 과산화물을 이용하여 가교를 진행하기 때문에 상기 가교 폴리에틸렌의 재활용이 불가능하고 용융점이 낮아 110℃ 이상의 고온에서 전력케이블을 운영하는 경우 전력케이블의 변형을 일으키는 문제가 발생할 수 있다. 또한, 상기 전력케이블의 절연층으로 폴리프로필렌을 사용하는 경우에는 상기 폴리프로필렌은 용융점이 150℃ 이상으로 가교 폴리에틸렌보다 용융점이 높아 고온에서의 운영이 가능한 반면, 저온 내충격성에 취약하고 높은 강성으로 인하여 유연성이 부족하여 전력케이블을 포설하는 데 부적합한 단점이 있다.
- [0048] 본 발명에 따른 전력케이블(100)은 하나 이상의 신규한 고분자 수지를 블렌딩하여 제조된 절연층(130)을 포함할 수 있다. 상기 절연층(130)은 비가교 열가소성 고분자 수지를 포함할 수 있다.
- [0049] 절연층(130)은 반응형 폴리프로필렌, 폴리프로필렌 블록 코폴리머 및 이온성무기물을 포함한다. 절연층(130)은 절연내력을 향상시키고 전력케이블(100)의 포설시 굴곡성, 유연성 등을 향상시켜 시공 작업성을 용이하게 하기 위하여 상기 절연층(130)을 구성하는 물질의 함량비를 보다 구체적인 범위 내로 한정할 수 있다.
- [0050] 구체예에서 절연층(130)은 2 이상의 서로 상이한 수지를 블렌딩하여 제조할 수 있다. 예를 들면, 상기 서로 상이한 수지는 반응형 폴리프로필렌 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머를 포함할 수 있다. 예를 들면, 상기 반응형 폴리프로필렌 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머는 비가교성 폴리머일 수 있다.
- [0051] 절연층(130)은 반응형 폴리프로필렌 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 합 100 중량부에 대하여, 반응형 폴리프로필렌 30 중량부 내지 80 중량부 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머 20 중량부 내지 70 중량부를 포함한다.
- [0052] 구체예에서 절연층(130)은 이온성 무기물을 더 포함할 수 있다. 예를 들면 절연층(130)은 반응형 폴리프로필렌 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 합 100 중량부에 대하여, 반응형 폴리프로필렌 55 중량부 내지 65 중량부, 폴리프로필렌 블록 코폴리머 35 중량부 내지 45 중량부, 및 0 초과 0.04 중량부(400 ppm) 이하의 이온성무기물을 포함할 수 있다.
- [0053] 상기 반응형 폴리프로필렌 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 합 100 중량부에 대하여, 상기 반응형 폴리프로필렌을 80 중량부 초과하여 포함시 상기 절연층의 내열성이 저하되며, 가열변형율이 증가되어 전력케이블이 놓이는 등의 문제가 발생하며, 상기 반응형 폴리프로필렌의 함량을 20 중량부 미만으로 포함시, 유연성 및 저온 내충격성이 저하될 수 있다.
- [0054] 상기 폴리프로필렌 블록 코폴리머를 30 중량부 미만으로 포함시, 상기 절연층의 내열성이 저하되고, 상기 폴리프로필렌 블록 코폴리머를 70 중량부를 초과하여 포함시, 본 발명의 절연층의 강성이 증가되어 유연성이 저하되고, 백화현상이 발생하는 등의 문제가 발생할 수 있다.
- [0055] 일 실시예에서 상기 반응형 폴리프로필렌은 폴리프로필렌 코폴리머를 포함하는 매트릭스에 결합된 에틸렌-프로필렌 고무를 포함할 수 있다. 일 실시예에서 상기 폴리프로필렌 코폴리머는 에틸렌 및 프로필렌을 제외한 α-올레핀 중 하나 이상의 올레핀 코모노머와, 프로필렌 모노머가 중합되어 형성되는 것일 수 있다.
- [0056] 예를 들면 상기 반응형 폴리프로필렌은 반응기 내에 에틸렌 및 프로필렌 이외의 α-올레핀으로부터 선택된 적어도 하나의 올레핀 코모노머와 프로필렌 모노머가 중합되어 형성된 폴리프로필렌 코폴리머와, 상기 폴리프로필렌 코폴리머로 이루어진 매트릭스 내에 에틸렌-프로필렌 고무가 화학 또는 물리적으로 결합되어 형성될 수 있다.
- [0057] 절연층(130)은 상기 이온성무기물을 더 포함할 수 있다. 상기 이온성무기물은 상기 반응형 폴리프로필렌과 폴리프로필렌 블록코폴리머를 사용하여 절연층 제조시 사용되는 촉매 성분의 잔사와, 산화방지제 등의 첨가제로부터

기인된 것일 수 있다. 예를 들면, 상기 이온성무기물은 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 인(P), 실리콘(Si), 칼슘(Ca) 및 아연(Zn) 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

- [0058] 상기 이온성무기물은 상기 반응형 폴리프로필렌 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 합 100 중량부에 대하여 0.04 중량부 이하로 포함될 수 있다. 예를 들면 0 내지 0.04 중량부로 포함될 수 있다. 상기 함량에서 상기 절연층의 백화현상을 방지하면서, 내충격성 등의 기계적 강도 및 유연성이 우수할 수 있다.
- [0059] 본 발명에서 에틸렌-프로필렌 고무(ethylene-propylene rubber)는 헤테로상 코폴리머(heterophasic copolymer) 형태일 수 있다. 상기 헤테로상 코폴리머는 에틸렌-프로필렌 고무(ethylene-propylene rubber)의 고무 도메인(elastomeric domains)이, 폴리프로필렌 호모폴리머 또는 폴리프로필렌 코폴리머로 이루어진 매트릭스에 분산된 형태일 수 있다.
- [0060] 본 발명의 실시예에서 호모폴리머(homopolymer)는 반복 단위가 한 종류로 이루어진 폴리머를 의미하고, 코폴리머(copolymer)는 서로 다른 두 종류 이상의 반복 단위를 가진 폴리머를 의미한다.
- [0061] 예컨대, 상기 반응형 폴리프로필렌은 헤테로상 코폴리머일 수 있으며, 폴리프로필렌 코폴리머로 이루어진 매트릭스 내에 에틸렌-프로필렌 고무가 화학 또는 물리적으로 결합되어 형성될 수 있다. 상기 프로필렌을 제외한 α -올레핀 코모노머는 구조식 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{R}$ 을 포함하는 올레핀 화합물일 수 있다. 여기서 상기 R은 수소(H) 및 선형 또는 가지형의 C2-C10 알킬일 수 있다. 예를 들면, 상기 α -올레핀은 1-부텐, 1-펜텐, 4-메틸-1-펜텐, 1-헥센, 1-옥텐, 1-데센, 1-도데센 및 이들의 혼합물 중 하나를 포함할 수 있다.
- [0062] 예를 들면 α -올레핀 코모노머는 에틸렌을 포함하고, 상기 폴리프로필렌 코폴리머는 에틸렌-프로필렌 코폴리머이며, 상기 에틸렌-프로필렌 고무가 폴리프로필렌 코폴리머에 브랜치 결합된(branched) 구조일 수 있다. 또한, 상기 에틸렌-프로필렌 코폴리머는 코모노머들이 폴리머 사슬에 따라 랜덤하게 분산되는 랜덤 코폴리머(random copolymer)일 수 있다.
- [0063] 상기 폴리프로필렌 블록 코폴리머는 프로필렌 호모폴리머 65 중량부 내지 82 중량부, 및 에틸렌-프로필렌 고무 18 중량부 내지 35 중량부를 중합하여 형성되는 에틸렌-프로필렌 블록 코폴리머를 포함할 수 있다. 상기 함량범위로 포함시 본 발명의 성형성, 치수 안정성 및 내충격성 등의 기계적 물성이 우수할 수 있다.
- [0064] 상기 에틸렌-프로필렌 고무는 전체중량에 대하여 에틸렌이 25 중량% 내지 50 중량% 포함될 수 있다. 상기 함량범위로 포함시 본 발명의 성형성이 우수하면서, 내충격성 등의 기계적 물성이 우수할 수 있다.
- [0065] 상기 반응형 폴리프로필렌의 용융점은 160℃ 이상이고, 용융엔탈피는 20J/g 이상이며, ASTM D1238 규격에 따라 230℃에서 2.16kg 하중을 가하여 측정된 용융지수는 0.5g/10min 내지 1.5g/10min일 수 있다. 구체적으로 상기 반응형 폴리프로필렌의 용융점은 160℃ 내지 170℃이고, 용융엔탈피는 20J/g 내지 30J/g이며, 용융지수는 0.7g/10min 내지 0.9g/10min일 수 있다. 상기 범위의 용융점, 용융엔탈피 및 용융지수 조건에서 본 발명의 상용성, 성형성 및 기계적 강도가 우수할 수 있다.
- [0066] 상기 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 용융점은 160℃ 이상이고, 용융엔탈피는 50J/g 내지 70J/g이며, ASTM D1238 규격에 따라 230℃에서 2.16kg 하중을 가하여 측정된 용융지수는 2.5g/10min 내지 3.5g/10min일 수 있다. 상기 범위의 용융점, 용융엔탈피 및 용융지수 조건에서 본 발명의 상용성, 성형성 및 기계적 강도가 우수할 수 있다.
- [0067] 상기 반응형 폴리프로필렌 중에 포함되는 에틸렌-프로필렌 고무는 상기 폴리프로필렌 블록 코폴리머 중에 포함되는 에틸렌-프로필렌 고무와 동일할 수 있다. 상기 절연층은 반응형 폴리프로필렌과 폴리프로필렌 블록 코폴리머를 블렌딩하여 제조될 수 있다. 이때 상기 반응형 폴리프로필렌과 폴리프로필렌 블록 코폴리머 중에 포함되는 에틸렌-프로필렌 고무를 동일한 물질로 이용하여 상용성을 높여서 기계적 특성을 향상시킬 수 있다. 또한, 동일한 에틸렌-프로필렌 고무를 이용함으로써 상기 반응형 폴리프로필렌과 폴리프로필렌 블록 코폴리머가 균일하게 혼합되고, 이에 의하여 절연층의 계면에서 우수한 전기적 특성을 구현할 수 있다.
- [0068] 예를 들면 상기 반응형 폴리프로필렌의 ASTM D790 규격에 의거하여 측정된 굴곡탄성율은 500 kg/cm² 내지 1500kg/cm²이고, 상기 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 ASTM D790 규격에 의거하여 측정된 굴곡탄성율은 8500 kg/cm² 내지 9500kg/cm² 일 수 있다. 본 실시예에서 상기 반응형 폴리프로필렌 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 굴곡탄성율이 전술한 범위 내인 경우, 상기 절연층(130)의 굴곡탄성율을 2000kg/cm² 내지 4000kg/cm²의 범위 내로 제어할 수 있고, 이에 의하여 전력케이블(100)의 기계적 강도, 유연성 등의 소정의 물성을 향상시킬 수

있다. 예를 들면, 상기 반응형 폴리프로필렌의 ASTM D790 규격에 의거하여 측정된 굴곡탄성율은 $1000\text{kg}/\text{cm}^2$ 이고, 상기 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 ASTM D790 규격에 의거하여 측정된 굴곡탄성율은 $9000\text{kg}/\text{cm}^2$ 일 수 있다.

[0069] 본 발명의 일 실시예에서, 전력케이블(100)의 유연성은 절연층(130)에 의하여 영향받을 수 있고, 전력케이블(100)의 유연성은 ASTM D790 규격에 의거하여 측정된 절연층(130)의 굴곡탄성율이 $2000\text{kg}/\text{cm}^2$ 내지 $4000\text{kg}/\text{cm}^2$ 인 것이 바람직하다. 상기 절연층(130)은 반응형 폴리프로필렌과 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 혼합에 의하여 형성될 수 있으며, 이들 반응형 폴리프로필렌과 폴리프로필렌 블록 코폴리머 각각의 굴곡탄성율과 함께, 혼합 비율, 혼합 방법 등에 의하여 절연층(130)의 굴곡탄성율이 제어될 수 있다.

[0070] 한편, 본 발명에 따른 전력케이블(100)에서 내부 반도체층(120), 절연층(130), 외부 반도체층(140) 및 중성선 수밀층(150)은 내부에 구비되는 도체(110)의 절연 및 전기적 특성을 향상시키기 위하여 구비되고, 외피층(160)은 전력케이블(100)의 기계적 강도, 예컨대 내환경성, 내부식성, 저온 및 고온환경에서의 내충격성 등을 유지하기 위하여 구비될 수 있다. 이 중 상기 내부 반도체층(120), 절연층(130) 및 외부 반도체층(140)은 상기 전력케이블(100)의 유연성에 영향을 미치는데, 이들 중 가장 두꺼운 두께를 차지하는 절연층(130)은 상기 전력케이블(100)의 유연성에 가장 큰 영향을 미칠 수 있다.

[0071] 따라서, 상기 절연층(130)의 굴곡탄성율을 소정의 범위로 유지하는 것이 바람직하다. 구체예에서 절연층(130)은 ASTM D790 규격에 의거하여 측정된 굴곡탄성율이 $2000\text{kg}/\text{cm}^2$ 내지 $4000\text{kg}/\text{cm}^2$ 이다. 절연층(130)의 굴곡탄성율이 $2000\text{kg}/\text{cm}^2$ 미만인 경우 가열변형율이 커서 상기 절연층을 이용한 전력케이블이 가압되어 눌러 전기 흐름을 방해하고, $4000\text{kg}/\text{cm}^2$ 초과인 경우 강성이 높아 유연성이 저하되어 전력케이블을 굴곡이 어려워 케이블 시공 작업 시 문제될 수 있다.

[0072] 본 실시예에 있어서, 절연층(130)의 용융점은 160°C 내지 170°C 일 수 있다. 구체적으로 절연층(130)의 용융점은 160°C 이상이고, 보다 구체적으로는 160°C 내지 170°C 일 수 있다.

[0073] 또한, 본 실시예에 따른 전력케이블(100)은 가교되지 않은 고분자 복합수지로 이루어진 절연층을 이용함으로써, 재활용이 가능하여 친환경적이고, 또한 용융점이 상승되어 송전용량이 증가되는 경우에도 안정적으로 운영이 가능할 수 있다.

[0075] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 통해 본 발명의 구성 및 작용을 더욱 상세히 설명하기로 한다. 다만, 이는 본 발명의 바람직한 예시로 제시된 것이며 어떠한 의미로도 이에 의해 본 발명이 제한되는 것으로 해석될 수는 없다.

[0077] **실시예 및 비교예**

[0078] **실시예 1**

[0079] 하기 표 1에 기재된 바와 같이, 반응형 폴리프로필렌(제품명: Hifax CA 7441A, Lyondellbasell社) 60 중량부, 폴리프로필렌 블록 코폴리머(제품명: CF335, 한화토탈社)를 40 중량부 및 이온성무기물 0.04 중량부 이하를 포함하는 전력케이블용 절연층을 제조하였다.

[0081] **실시예 2**

[0082] 하기 표 1에 기재된 바와 같이 반응형 폴리프로필렌과 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 함량을 적용한 것을 제외하고, 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 절연층을 제조하였다.

[0084] **비교예 1**

[0085] 하기 표 1과 같이 반응형 폴리프로필렌 만을 적용한 것을 제외하고, 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 절연층을 제조하였다.

[0087] **비교예 2**

[0088] 하기 표 1과 같이 폴리프로필렌 블록 코폴리머 만을 적용한 것을 제외하고, 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 절연층을 제조하였다.

[0090] **비교예 3**

[0091] 하기 표 1에 기재된 바와 같이 반응형 폴리프로필렌과 폴리프로필렌 블록 코폴리머의 함량을 적용한 것을 제외하고, 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 절연층을 제조하였다.

[0093] **비교예 4**

[0094] 가교 폴리에틸렌(XLPE, borealis社)을 적용한 것을 제외하고, 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 절연층을 제조하였다.

[0096] 상기 실시예 1~2 및 비교예 1~4의 절연층에 대하여, 하기 표 2와 같은 조건으로 전력케이블을 각각 제조하였으며, 상기 절연층 및 전력케이블의 기계적 물성을 하기 기준에 따라 측정하여 그 결과를 하기 표 3 및 표 4에 나타내었다.

[0098] **물성측정방법**

[0099] (1) 상온 및 가열 후 기계적 물성 평가: 실시예 및 비교예에서 제조된 각각의 전력케이블 시편에 대하여 IEC-60811-501 규격에 따라 상온에서 인장속도 25mm/분으로 파단점의 인장강도와 신율을 측정하였다. 가열은 135℃에서 240 시간 가열하며 인장속도 25mm/분으로 파단점의 인장강도와 신율을 측정하였다.

[0100] 한편, 전력케이블의 경우에는 상온 및 가열 후 인장강도의 규격은 1.27kg/mm² 이상이며 신율은 350% 이상이어야 한다.

[0102] (2) 가열변형: 상기 실시예 및 비교예에서 제조된 각각의 절연층 시편에 대하여 IEC-60811-508 규격에 따라 가열온도 130℃, 6시간의 조건으로 일정한 하중을 가하여 시험하였을 때 두께 감소율이 50% 이하임을 만족하여야 한다.

[0104] (3) 내한타격시험: 상기 실시예 및 비교예에서 제조된 각각의 절연층 시편에 대하여 KS C 3004 규격에 따라 -40℃에서 5개의 내한타격시험을 수행하였고, 5개의 시편 중 파괴현상을 관찰하였으며 파괴가 일어나지 않을수록 내한성이 우수한 것을 의미한다.

[0106] (4) 굴곡탄성율시험: 상기 실시예 및 비교예에서 제조된 각각의 절연층 시편에 대하여 ASTM D790 규격에 따라 굴곡탄성율을 측정하였으며 2000kg/cm² 내지 4000kg/cm²의 굴곡탄성율을 나타내는 경우 저온내충격성, 유연성, 굴곡성이 우수한 것으로 판단된다.

표 1

구분	실시예 1	실시예 2	비교예 1	비교예 2	비교예 3	비교예 4
절연층고분자 수지	CA7441A : CF335	CA7441A : CF335	CA7441A	CF335	CA7441A : CF335	LS4201
혼합비율 (중량부)	60 : 40	50 : 50	100	100	20 : 80	100

[0108]

표 2

구분	단위	사이즈	재료
전력케이블	단면적	400 mm ²	-
	외경	50.7 mm	-
도체	외경	23.2 mm	수밀 혼화물 충전 원형압축 알루미늄연선
내부 반도체층	두께	0.51 mm	흑색 반도체 열가소성 컴파운드
절연층	두께	6.8 mm	실시예 1~2 및 비교예 1~4
외부 반도체층	두께	1.02 mm	흑색 반도체 열가소성 컴파운드
중성선 수밀층	두께	0.4mm	반도체성 부풀음 테이프
중성선	구경*개	2.0 mm, 26 개	연동선
외피층	두께	2.4 mm	흑색 폴리에틸렌

[0109]

표 3

분석항목		단위	실시예 1	실시예 2	비교예 1	비교예 2	비교예 3	비교예 4
상온	인장강도 (파단점)	kg/mm ²	1.8	2	1.4	3	2.5	2.15
	신율 (파단점)	%	630	580	630	726	480	510
가열	인장강도 (파단점)	kg/mm ²	1.8	2.3	1.5	2.9	2.7	2.09
	신율 (파단점)	%	596	553	640	618	450	509
AC 절연파괴강도		kV/mm	54	55	50	58	56	49

[0110]

표 4

분석항목	단위	실시예 1	실시예 2	비교예 1	비교예 2	비교예 3	비교예 4
가열변형 (130℃, 6hr)	%	15	7	93	0.7	3	66.67
내한타격시험 (-40℃)	파괴 시편수	0	0	0	4	2	0
절연층의 굴곡탄성율	kg/cm ²	3100	4000	1000	9000	7000	1447

[0111]

[0112] 도 3a는 실시예 1에 따른 내한타격시험 결과를 나타낸 도면이고, 도 3b는 실시예 2에 따른 내한타격시험 결과를

나타낸 도면이다. 도 4a는 비교예 2에 따른 내한타격시험 결과를 나타낸 도면이고, 도 4b는 비교예 3에 따른 내한타격시험 결과를 나타낸 도면이다.

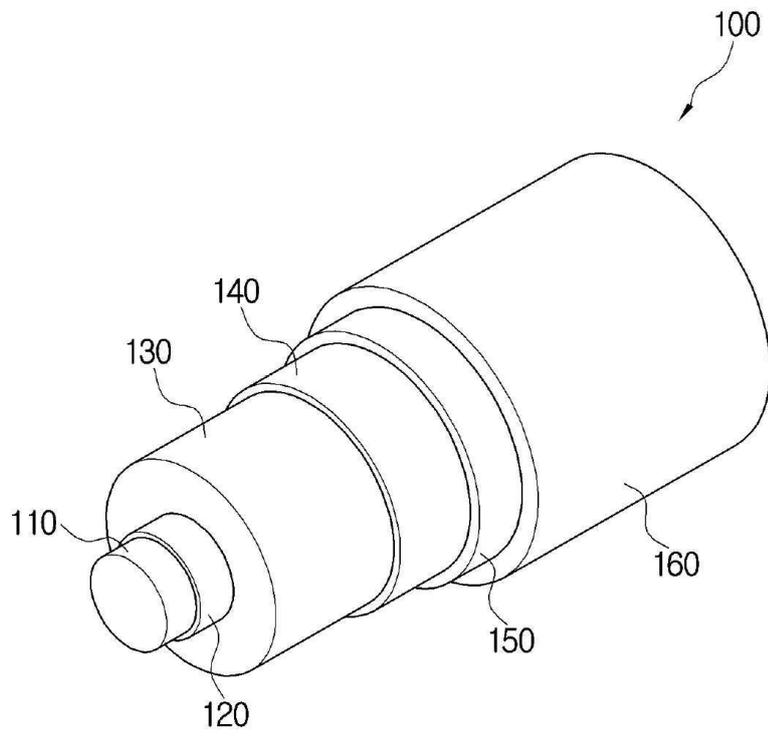
- [0113] 표 1 내지 표 4와 함께 도 3a 내지 도 4b를 참조하면, 비교예 1의 경우에는 내한성, 굴곡탄성을 수치는 우수하나 너무 유연하여 가열변형 특성이 부적합함을 확인할 수 있었고, 비교예 2는 전기적 특성은 우수하나 저온에서의 내충격성이 부적합하고 강성이 너무 높아 유연성, 케이블 굴곡성이 부적합함을 확인할 수 있었다. 또한, 비교예 3은 비교예 2에 비해 굴곡탄성을 수치는 개선되어 유연성이 향상 되었으나 저온에서의 내충격성이 부적합함을 확인할 수 있었다.
- [0114] 절연층으로 비교예 1과 같이 반응형 폴리프로필렌을 단독으로 사용하는 경우에는 가열변형특성이 저하되어 전력케이블의 절연층이 눌러 부적합함을 확인할 수 있었고, 비교예 2와 같이 폴리프로필렌 블록 코폴리머를 단독으로 사용하는 경우에는 전기적 특성은 우수한 반면 저온에서의 내충격성 등이 저하되고 유연성이 낮아 문제됨을 확인할 수 있었다. 또한, 비교예 3과 같이 반응형 폴리프로필렌과 폴리프로필렌 블록 코폴리머를 본 발명의 범위를 벗어난 함량으로 포함하는 경우에는 저온에서의 내충격성이 저하됨을 확인할 수 있었다.
- [0115] 즉, 전력케이블의 절연층으로는 실시예 1 및 실시예 2와 같이 반응형 폴리프로필렌과 폴리프로필렌 블록 코폴리머를 혼합하여 사용하는 것이 바람직하며, 이때 상기 반응형 폴리프로필렌과 폴리프로필렌 블록 코폴리머를 소정의 제어된 범위로 혼합하는 것이 전기적 특성 및 기계적 강도, 유연성을 모두 확보할 수 있음을 확인할 수 있었다.
- [0116] 본 실시예에 따른 고분자 수지를 전력케이블의 절연층으로 적용하는 경우, 도체의 상시 최고 허용온도 110℃에서 운영이 가능하고 -40℃의 저온에서 우수한 내충격성을 확보할 수 있다. 또한, 본 실시예에 따른 절연층의 구성인 반응성 폴리프로필렌 및 폴리프로필렌 블록 코폴리머는 비가교성 폴리머로, 전력케이블의 절연층으로 이용되는 경우 유연성, 기계적 및 전기적 특성이 향상됨과 동시에 비가교성이므로 친환경인 전력케이블을 제공할 수 있다.
- [0118] 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구의 범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구의 범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

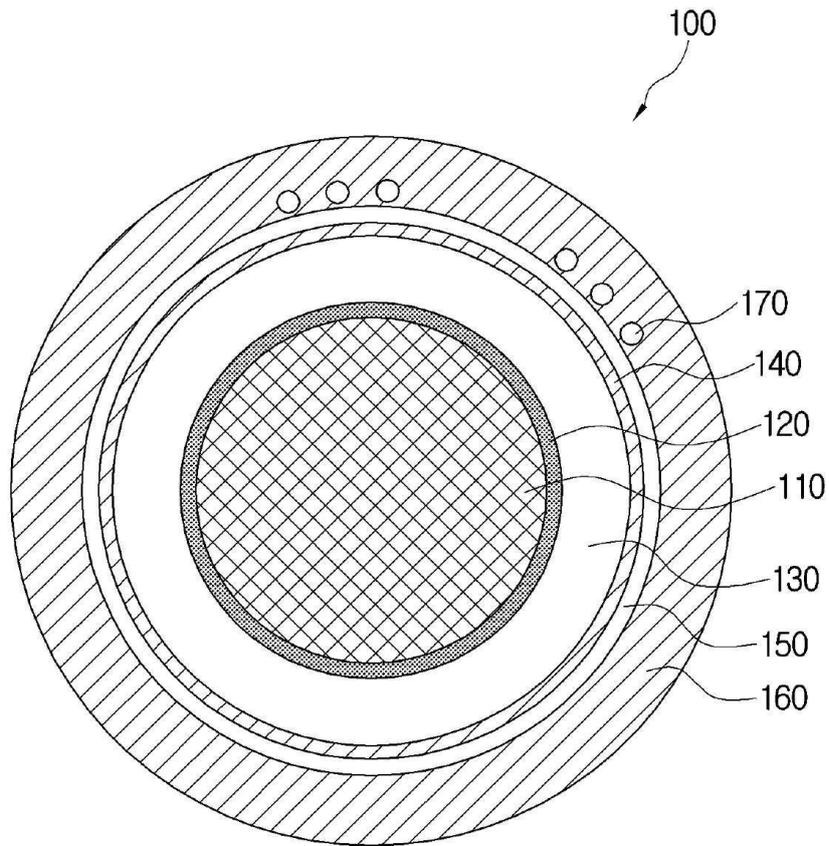
- [0120] 100 : 전력케이블 110 : 도체
- 120 : 내부 반도체층 130 : 절연층
- 140 : 외부 반도체층 150 : 중성선 수밀층
- 160 : 외피층 170 : 중성선

도면

도면1



도면2



도면3a



도면3b



도면4a



도면4b

