(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0051671
(43) 공개일자 2025년04월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 7/30 (2006.01) *H01B 7/08* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01B 7/30 (2013.01)
H01B 7/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2025-7005646
(22) 출원일자(국제) 2023년08월23일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2025년02월20일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2023/073168
(87) 국제공개번호 WO 2024/042136
국제공개일자 2024년02월29일
(30) 우선권주장
22191799.0 2022년08월23일
유럽특허청(EPO)(EP)
23176226.1 2023년05월30일
유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인
아포테크노스 리미티드
영국 서리 케이티 1 3 지제트 킹스턴 어폰 템스 채플 밀 로드 킹스밀 비즈니스 파크 19
(72) 발명자
하지루 애쉬칸 다리아
영국 더블유5 5알에이 런던 세인트 메리즈 로드 17 플랫 2
모가담 만수르 살레히
영국 케이티12 1에프더블유 월튼-온-템스 스핏파이어 체이스 2 소머스 하우스 플랫 30
(74) 대리인
김태홍, 김진희

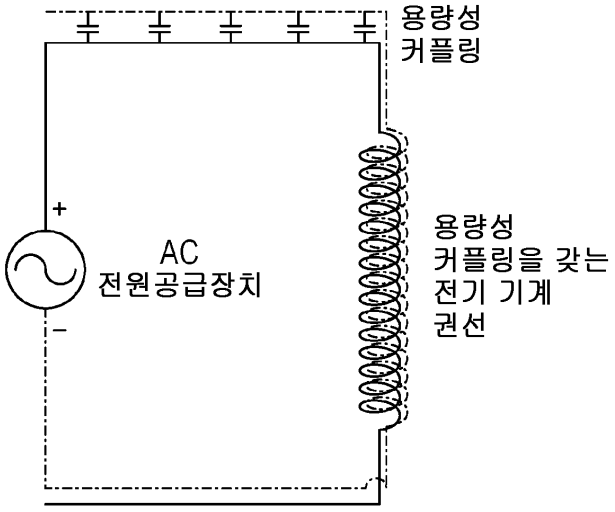
전체 청구항 수 : 총 29 항

(54) 발명의 명칭 **전기 기계**

(57) 요 약

교류 전류 전기 기계가 회로도에서 커패시터로 표현되는, 용량성 결합되고 유전체에 의해 분리되며 전자기 코일로 권취된 와이어와 같은 용량성 권선 또는 연결부를 포함한다. 이것은 모터, 발전기, 변압기, 코일, 안테나 등과 같은 기계에서 종래 코일을 대체한다.

대 표 도 - 도3



명 세 서

청구범위

청구항 1

전기 기계로서,

전자기 코일로 권취된 전도체를 포함하고, 상기 전도체는 회로도에서 커패시터로 표현되는 용량성 전도체(capacitive conductor)인 것인 전기 기계.

청구항 2

전기 기계로서,

코일로 권취된 용량성 와이어(capacitive wire)인 용량성 권선을 포함하고, 상기 용량성 와이어는, 그 전도체/전도성 요소 내에 용량성 커플링을 갖는 임의의 와이어이며 회로도에서 커패시터로 표현되는 것인 전기 기계.

청구항 3

제1 항 또는 제2 항에 있어서,

상기 용량성 전도체 또는 용량성 와이어는 용량성 커플링을 통해 서로 커플링된 2 개의 전도체를 포함하는 것인 전기 기계.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 2 개의 전도체는 유전체 재료에 의해 서로 전기적으로 분리되고, 상기 유전체 재료 및 상기 전도체는 함께 상기 용량성 커플링을 형성하는 것인 전기 기계.

청구항 5

제1 항 내지 제4 항 중 어느 한 항에 있어서,

코일, 스파이럴(spiral) 또는 헬릭스(helix) 형태의 전기 전도체를 포함하는 전기 기계.

청구항 6

제5 항에 있어서,

코일, 스파이럴 또는 헬릭스로 권취된 2 개 이상의 전도체를 포함하는 전기 기계.

청구항 7

제1 항 내지 제6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전기 기계는, 변압기(선택적으로 강자성 코어를 포함함), 모터, 발전기, 솔레노이드, 전자석, 안테나, 퍼니스(furnace), 히터, (무선) 충전기 또는 다이나모(dynamo)인 것인 전기 기계.

청구항 8

제7 항에 따른 변압기로서,

상기 변압기는 1차 코일에 연결된 커패시터 및/또는 상기 1차 코일에 통합된 커패시터를 더 포함하는 변압기.

청구항 9

제7 항 또는 제8 항에 있어서,

상기 변압기는, 스텝-업 변압기, 스텝-다운 변압기 또는 절연(isolating) 변압기인 것인 변압기.

청구항 10

제7 항 내지 제9 항 중 어느 한 항에 있어서,

커패시터에 연결된 2차 코일(또는 권선)을 포함하는 변압기.

청구항 11

제9 항 내지 제10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 1차 코일은 직렬로 커패시터에 연결되고 및/또는 상기 2차 코일은 병렬로 커패시터에 연결되는 변압기.

청구항 12

제7 항에 따른 모터.

청구항 13

제7 항에 따른 발전기.

청구항 14

제7 항에 따른 전자석.

청구항 15

제7 항에 따른 안테나.

청구항 16

제7 항에 따른 퍼니스.

청구항 17

제7 항에 따른 히터.

청구항 18

제7 항에 따른 충전기.

청구항 19

제7 항에 따른 무선 충전기.

청구항 20

제7 항에 따른 솔레노이드.

청구항 21

제7 항에 따른 다이너모.

청구항 22

제1 항 내지 제21 항 중 어느 한 항에 따른 전기 기계를 제조하는 방법으로서,

유전체에 의해 분리된 2 개의 전도체를 포함하는 케이블 또는 와이어 또는 전도체를 제공하는 단계,

그 사이에 용량성 연결부(capacitive connection)를 형성하는 단계, 및

상기 케이블 또는 와이어 또는 전도체를 코일로 권취 또는 제조하는 단계

를 포함하는 전기 기계를 제조하는 방법.

청구항 23

용량성 권선을 포함하는 전기 기계.

청구항 24

제23 항에 있어서,

회로도에서 커패시터로 표현되는 용량성 연결부(권선, 코일 또는 자기장을 유도하기 위한 다른 수단)를 포함하는 전기 기계.

청구항 25

제23 항에 있어서,

상기 용량성 권선은 전도체를 포함하고, 상기 전도체 내에 회로도에서 커패시터로 표현되는 용량성 커플링이 있는 것인 전기 기계.

청구항 26

제25 항에 있어서,

상기 용량성 권선의 상기 전도체는, 용량성 커플링을 통해 서로 커플링된 2 개의 전도체를 포함하는 것인 전기 기계.

청구항 27

제25 항 또는 제26 항에 있어서,

상기 전도체는 유전체 재료에 의해 서로 전기적으로 분리되는, 와이어와 같은 2 개의 전도체를 포함하고, 상기 유전체 재료 및 상기 전도성 와이어는 함께 상기 용량성 커플링을 형성하는 것인 전기 기계.

청구항 28

제23 항 내지 제27 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 용량성 권선은 코일, 스파이럴 또는 헬릭스 형태의 전기 전도체를 포함하는 전기 기계.

청구항 29

제28 항에 있어서,

코일, 스파이럴 또는 헬릭스로 권취된 하나 이상의 전기 전도체를 각각이 포함하는 2 개 이상의 용량성 권선을 포함하는 전기 기계.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전기 기계, 특히 하나 이상의 권선(winding)을 갖는 기계에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] "전기 기계(Electrical machine)", "전기 기계(electric machine)" 및 이와 유사한 용어는 대체로 전기 모터, 전기 발전기, 변압기 등과 같은 전자기력을 사용하는 기계를 지칭하는 데 사용된다. 그것들은 전자기 에너지를 기계적 에너지로 변환하거나 그 반대로 변환할 수 있고, 또는 하나의 권선에서 전기 절연(electrical isolation) 또는 갈바닉 절연(galvanic isolation)을 통해 분리되어 있는 또 다른 권선으로 자기 에너지를 전달할 수 있다. 예를 들어, 전기 모터는 전기를 기계적 힘으로 변환하고 전기 발전기는 기계적 힘을 전기로 변환한다. 추가 예로는 교류 전류의 전압 레벨을 변경하는 변압기가 있다. 보다 효율적인 전기 기계를 개발하는 것은 많은 전자기 응용 분야에서 용도와 이점을 가진다.

[0003] US 7,154,364는 고전압 권선을 구비하는 전기 기계를 개시하고, 이 권선은 종래 와이어를 사용한다. 다른 알려진 기계들은 다양한 모양 및 형태의 유사한 그러한 전기 권선을 포함한다.

[0004] 본 발명의 목적은 와이어링(wiring) 및/또는 권선의 상이한 배열을 갖는 대안적인 전기 기계를 제공하는 것이고, 특정 실시예의 목적은 개선된 전기 기계, 예를 들어 더 작게 및/또는 더 가볍게 제조될 수 있는 전기 기계를 제공하는 것이다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명에 따르면, 용량성(capacitive) 권선(또는 용량성 연결부)을 포함하는 전기 기계가 제공된다. 용량성 권선은, 예를 들어 용량성으로 연결된(capacitively connected) 2 개 이상의 권선일 수 있다.

[0006] 본 발명은 또한 전자기 코일(electromagnetic coil)로 권취된(wound) 전도체(conductor)를 포함하는 전기 기계를 제공하며, 여기서 전도체는 회로도에서 커패시터(capacitor)로 표현되는 용량성 전도체이다.

[0007] 본 발명은 또한 코일로 권취된 용량성 와이어(wire)인 용량성 권선을 포함하는 전기 기계를 제공하며, 여기서 용량성 와이어는 그 전도체(들)/전도성 요소(들) 내에 용량성 커플링(capacitive coupling)을 갖는 임의의 와이어이며 회로도에서 커패시터로 표현된다.

[0008] 또한, 본 발명의 기계를 제조하는 방법이 제공되고, 예컨대 위에 설명된 바와 같이,

[0009] · 용량성 전도체(예컨대, 와이어 또는 케이블 또는 전도체)를 제공하는 단계 및

[0010] · 용량성 전도체를 권선으로 형성 또는 제조하는 단계를 포함한다.

[0011] 전기 기계의 권선에 용량성 연결부를 사용하는 것은 주목할 만한 잠재적 이점(들)을 갖는 새로운 기계 및 기계에 대한 새로운 옵션을 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0012] 본 발명의 이해를 돕기 위해, 그 실시예들이 본 명세서에 예시로 그리고 첨부 도면을 참조하여 상기에 그리고 하기에 설명되며, 도면에서:

도 1은 델타 연결(delta connection)에서 본 발명의 용량성 권선을 갖는 인덕션 모터의 개략도이다;

도 2는 스타 연결(star connection)에서 본 발명의 용량성 권선을 갖는 인덕션 모터의 개략도이다;

도 3은 본 발명의 용량성 권선의 개략적인 회로도를 일반화된 형태로 도시한다;

도 4는 본 발명의 제1 변압기의 개략도를 도시한다;

도 5는 본 발명의 제2 변압기의 개략도를 도시한다;

도 6은 본 발명의 제3 변압기의 개략도를 도시한다;

도 7은 종래 변압기(본 발명의 부분이 아님)의 개략도를 도시한다;

도 8은 도 7의 변압기의 작동 성능을 도시한다;

도 9는 도 7의 변압기를 대체하도록 설계된 본 발명의 변압기의 개략도를 도시한다;

도 10은 도 9의 변압기의 작동 성능을 도시한다;

도 11은 본 발명의 변압기(왼쪽)와 동등한 성능의 종래의 변압기(오른쪽)를 도시하며, 그 개개의 크기를 보여준다;

도 12는 선택된 유전체 재료에 대해, 전압에 따른 유전체의 내력의 상승을 도시한다;

도 13은 선택된 유전체 재료에 대해 인가 전압과 필요한 커패시턴스 간의 관계를 도시한다;

도 14는 종래 권선(본 발명의 부분이 아님)을 갖는 인덕션 모터의 회로도를 도시한다;

도 15 및 도 16은 용량성 권선을 갖는 본 발명의 전기 기계의 회로도를 도시한다;

도 17은 본 발명의 용량성 코일을 포함하는 전기차 충전 플레이트의 회로도를 도시한다;

도 18은 피더 케이블로서 및 권선에 대해 고주파 CTS 케이블을 사용하는 본 발명의 변압기의 회로도를

도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 본 발명의 실시예들의 전기 기계는 용량성 권선을 포함한다. 적합하게는, 기계는 회로도에서 커패시터로 표현되는 용량성 연결부(예컨대, 권선 또는 코일)를 포함한다.

[0014] 본 발명의 전기 기계는 전자기 코일로 권취된 전도체를 포함할 수 있으며, 여기서 전도체는 회로도에서 커패시터로 표현되는 용량성 전도체이다.

[0015] 전기 기계는 코일로 권취된 용량성 와이어인 용량성 권선을 포함할 수 있으며, 여기서 용량성 와이어는 그 전도체/전도성 요소 내에 용량성 커플링을 갖는 임의의 와이어이며 회로도에서 커패시터로 표현된다.

[0016] 일반적으로, 그리고 하기의 예시에서 보다 상세히 도시된 바와 같이, 용량성 전도체 또는 용량성 와이어 또는 용량성 권선은 용량성 커플링을 통해 서로 커플링된 2 개의 전도체를 포함한다. 2 개의 전도체는 유전체 재료(dielectric material)에 의해 서로 전기적으로 분리될 수 있으며, 유전체 재료 및 전도체는 함께 용량성 커플링을 형성한다.

[0017] 본 발명의 사용시, 용량성 권선을 포함하는 기계는 교류 전류(alternating current, AC)를 사용하여 작동하고, 그 권선에 종래의 전도체를 포함하는 알려진 기계에 대한 대안 또는 대체를 제공한다.

[0018] 전도체는 와이어 및/또는 케이블(예컨대, 보통 전기 절연재(insulation) 또는 피복(sheath) 또는 절연체가 있음)을 포함할 수 있다. 따라서 전도체는 PCB 상의 와이어(wire), 플레이트(plate), 그래핀(graphene), 금속(예컨대, 알루미늄 또는 구리), 강자성체(ferromagnetic) 또는 트레이스(trace) 또는 라인(line)을 포함할 수 있다. 전도체는 하기 예시에서 사용되는 것처럼 일반적으로 절연된 와이어이다.

[0019] 본 명세서에서, 권선에 대한 지칭은 통상적인 것으로 여겨지며, 예를 들어 전자기 코일과 같은 연속 코일을 형성하는 와이어 또는 케이블(보다 일반적으로, 전도체)의 하나 이상의 턴(turn)을 지칭한다. 권선은 코일, 스파이럴(spiral) 또는 헬릭스(helix) 모양으로 형성되거나 권취된 전기 전도체일 수 있다. 전자기 권선/코일은 전기 모터, 발전기, 인덕터(inductor), 전자석, 변압기, 충전기, 무선 충전기 및 센서 코일과 같은 전기 기계에서 사용된다. AC 전류가 코일을 통과하여 자기장을 생성하거나, 반대로 외부 시변(time-varying) 자기장이 코일의 내부를 통과하여 전도체에 전자기력(ElectroMagnetic Force, EMF) 또는 전압을 생성할 수 있다. 코일 또는 권선은 코일 포머(coil former) 주위에 권취될 수 있다. 코일 또는 권선은, 적합하게는 보통 사용시 생성되는 자기장을 안내 및 증가시키기 위해, 일 예로 강자성체 재료 또는 페리자성체(ferrimagnetic) 재료, 철(iron)로 된 코어(core)를 더 포함할 수 있다.

[0020] 용어는 통상적이라고 여겨지지만, 본 명세서에서 "용량성 와이어"는 그 전도체(들)/전도성 요소(들) 내에 용량성 커플링을 갖는 임의의 와이어 또는 케이블이다. 유사하게, 본 명세서에서 "용량성 전도체"는 그 전도체(들)/전도성 요소(들) 내에 용량성 커플링을 갖는 임의의 전도체이다. 용어 "용량성"은 종래의 전력 전송 라인(power transmission line)과 같은 종래 전도체의 케이블 커패시턴스(capacitance) 특성을 지칭하지 않는다. 그것은 종래의 전력 전송 라인에서 절연된 두 전도체 사이의 커패시턴스를 지칭하지는 않는다. 대신 그것은 용량성 전송 시스템의 일부인 와이어 또는 케이블 또는 전도체를 지칭하며, 이는 회로도에서 커패시터로 표현된다. 예컨대, WO 2010/026380, WO 2019/234449, WO 2021/094783, WO 2021/094782 및 WO 2020/120932에 예시가 설명되어 있다. 이러한 간행물에서 용량성 와이어(들)는 때때로 용량성 전송 시스템(Capacitive Transfer System, CTS) 연결부 또는 CTS 케이블로 지칭된다. 따라서, 본 발명의 실시예들은 "용량성 권선"으로 권취되고 전기 기계에서 하나 이상의 권선으로 사용되는 CTS 연결부 또는 CTS 케이블 또는 전도체를 사용한다. 하나의 사용에서, 하기에 더 설명되는 바와 같이, CTS 연결부의 용량성 성질은 AC 기계 코일의 전류를 제어할 수 있다.

[0021] 용량성 권선은 전도체를 포함할 수 있고, 및/또는 전도체 내에 용량성 커플링이 있을 수 있다. 용량성 권선의 전도체는 바람직하게는 2 개 이상의 전도체를 포함하며, 바람직하게는 적합하게 용량성 커플링을 통해 서로 결합된다.

[0022] 대안적으로, 또는 추가로, 전도체는 와이어와 같은 2 개의 전도체를 포함할 수 있고, 이들은 예를 들어 임의의 유전체 및/또는 절연 매체(또는 절연체)에 의해 서로 전기적으로 분리될 수 있고, 이는 일부 실시예들에서 공기일 수 있다. 그런 다음 유전체 재료와 와이어가 함께 용량성 커플링을 형성한다. 적합하게는, 용량성 권선은 전기 전도체를 포함하며, 이는 코일, 스파이럴, 헬릭스 또는 임의의 다른 적절한 기하학적 모양의 형태일 수 있다.

[0023] 따라서, 본 발명의 예로서, 전기 기계 권선은 유전체에 의해 서로 전기적으로 절연된 2 개의 용량성 와이어(제1 및 제2 와이어)를 포함하여, 용량성 커플링을 형성하고, 제1 와이어의 끝은 포지티브(positive) 전원측에 연결 가능하고 제2 와이어의 끝은 네커티브(negative) 전원측에 연결 가능하며, 이 두 와이어는 코일 또는 권선으로 권취되어 있으며, 종래의 권선 또는 코일에 대한 대안 또는 대체로서 사용된다(예를 들어 일반적인 표현으로 그러한 권선을 보여주는 도면인 도 3을 참조).

[0024] 기계를 제조하기 위한 본 발명의 해당 방법은,

[0025] · 유전체 또는 절연 매체로 분리된 둘 이상의 전도체(예컨대, 와이어)를 포함하는 전도체를 제공하고 두 전도체 사이에 용량성 커플링을 형성하는 단계, 및

[0026] · 전도체를 코일로 권취 또는 제조 또는 형성하는 단계를 포함한다.

[0027] 본 발명의 실시예에서, 서로 엮여진(intertwined) 제1 와이어 및 제2 와이어 - 제1 와이어의 근위(proximal) 끝은 전원의 포지티브 단자에 연결되고(또는 그렇게 연결될 준비가 됨), 제2 와이어의 원위(distal) 끝은 전원의 네거티브 단자에 연결됨(또는 연결될 준비가 됨) - 를 포함하는 용량성 케이블은 하나의 예시로 대략 100 턴(turns)으로 코일로 권취된다. 이것은 변압기의 1차 코일을 형성한다. 변압기의 2차 코일은 종래 코일이거나 용량성 케이블을 사용하여 제조될 수 있다. 1차 코일이 본 명세서에 정의된 바와 같은 종래 코일인 경우, 2차 코일은 용량성이다(본 명세서에 정의된 바와 같음).

[0028] 적합하게는, 용량성 권선의 각각 또는 모두는 용량성 리액턴스(capacitive reactance)를 갖는다. 전기 기계는 바람직하게는 유도성 및 용량성 요소 모두를 가질 수 있다. 상기 또는 각각의 용량성 권선은 자기장 및/또는 전기장 모두를 생성할 수 있다. 대안적으로, 용량성 권선은 자기장 및/또는 전기장을 사용하여 에너지를 전달할 수 있다.

[0029] 권선을 포함하는 전기 기계는 널리 보급되어 있다. 본 발명은 종래 권선을 용량성 권선으로 대체한다. 따라서, 본 발명은 광범위하게 응용될 것으로 여겨진다. 전기 기계는 적합하게는 변압기, 모터, 발전기, 솔레노이드(solenoid), 전자석, 안테나, 필터(예컨대, HiFi에서), 퍼니스(furnace), 히터, 충전기, 무선 전력 전송 시스템(예컨대, 무선 충전기) 및/또는 다이너모(dynamo)이다. 필터인 경우 기계(또는 권선)는 저항, 인덕턴스 및 커패시턴스를 가질 수 있다. 변압기 또는 AC 기계는 무선 에너지 변압기, 코어리스(coreless) 변압기 또는 코어리스 모터와 같이 코어리스일 수 있다.

[0030] 특정 실시예에서 전기 기계는 변압기이다. 또한 변압기는 1차 코일에 연결된 커패시터 및/또는 1차 코일에 통합된 커패시터를 가질 수 있다. 적합하게는 코일과 강자성체 코어 사이에는 갈바닉 연결이 없다. 변압기는 스텝-업(step-up) 변압기, 스텝-다운(step-down) 변압기, 또는 절연(isolating) 변압기일 수 있다.

[0031] 특정 실시예에서 전기 기계는 모터 또는 발전기이다. 모터는 인덕션 모터(induction motor)일 수 있고, 모터의 형태로 본 발명의 특정 실시예들이 하기의 예시에 제공된다.

[0032] 특정 실시예에서 전기 기계는 무선 패드(wireless pad), 예컨대 충전 패드(charging pad)이며, 때때로 그라운드 패드(ground pad) 또는 송신기 패드(transmitter pad)라고도 지칭된다. 충전 패드는 때때로 차량 패드 또는 수신 패드라고도 하는 또 다른 무선 패드와 사용시 상호 작용하여 무선으로 전력을 전송한다. 둘 중 하나 또는 둘 모두는 본 발명의 용량성 권선을 포함할 수 있다. 하나의 바람직한 용도는 전기차의 충전을 위한 것이다. 본 발명은 본 발명의 용량성 권선을 포함하는 무선 충전 스테이션 및/또는 본 발명의 용량성 권선을 포함하는 전기차를 제공한다.

[0033] 또 다른 용도는 모바일 전화, 스마트 폰 및 기타 핸드-헬드(hand-held) 전기 디바이스를 충전하기 위한 것이다. 본 발명은 본 발명의 용량성 권선을 포함하는 핸드-헬드 전기 디바이스를 위한 충전 스테이션을 제공한다. 본 발명은 또한 본 발명의 용량성 권선을 포함하는 모바일 전화 또는 다른 핸드-헬드 전기 디바이스를 제공한다.

[0034] 본 발명의 전기 기계는 2차 용량성 코일 또는 용량성 권선을 포함할 수 있으며, 선택적으로 커패시터에 연결된다. 하기의 예에서, 1차 및 2차 변압기 권선은 모두 용량성 권선이다. 일부 실시예에서, 1차 코일은 직렬로 커패시터에 연결되고 및/또는 2차 코일은 병렬로 커패시터에 연결된다.

[0035] 본 발명의 권선에서 턴 수(number of turns)는 의도된 권선 특성 및 용도에 따라 달라진다. 종래의 권선에 관해, 본 발명의 것들은 대체로 적어도 5, 적어도 20 또는 적어도 50 턴을 포함한다. 또한 본 발명의 권선은 적어도 100, 적어도 300, 적어도 500 및 그 이상의 턴을 포함한다.

[0036] 본 발명의 사용시, 알려진 기계들보다 더 작고 더 가볍지만 비교할 수 있거나 심지어 개선된 성능을 제공하는 전기 기계가 제조되고 사용될 수 있다는 것이 발견되었다. 구체적인 예로서, 하기에 더 상세히 설명되는 바와 같이, 변압기가 본 발명의 용량성 권선을 사용하여 제조되었고, 종래의 권선을 사용하여 제조된 크기 및 중량이 대략 2 배인 변압기만큼 성능이 좋은 것으로 나타났다.

[0037] 이것은 본 발명의 전기 기계들이 중량 및/또는 공간이 이슈가 되는 특정 상황에서 유리할 수 있으며, 또는 예를 들어 항공기 산업에서, 및 항공기 상의 또는 항공기 내의 특정 전기 기계의 경우 더욱 유리할 수 있다는 것을 의미한다. 이는 사용되는 주파수와 무관할 수 있으므로, 중량 절감은 사용 중 높은 주파수뿐만 아니라 낮은 주파수(예컨대, 약 50 Hz)에도 적용될 수 있다.

[0038] 대체로, 본 발명의 기계는 광범위한 교류 주파수에 대해 작동할 수 있다. 본 발명의 실시예는 고주파 AC, 예를 들어 350 Hz 이상, 또는 400 Hz 이상, 및 별도로 최대 2.8 MHz를 사용하여 작동한다. 이러한 실시예에서, 케이블들이 적합하게 사용되며, 각각의 케이블은,

[0039] (a) 전원에 연결하기 위한 제1 복수의 전도체들,

[0040] (b) 부하에 연결하기 위한 제2 복수의 전도체들, 및

[0041] (c) 제1 복수의 전도체들과 제2 복수의 전도체들 사이의 유전체 재료를 포함하고,

[0042] 각각의 전도체는 개별적으로 절연되어 있고,

[0043] 제1 복수의 전도체들 중의 전도체들 중 적어도 하나 및 제2 복수의 전도체들 중의 전도체들 중 적어도 하나는 하나 이상의 번들(bundle)로 엮여(woven)지거나 권취되되, 각각의 개별 전도체가 하나 이상의 번들의 길이를 따라 하나 이상의 번들의 외부와 하나 이상의 번들의 내부 사이에서 반복적으로 전환(transition)되도록 하나 이상의 번들로 엮여지거나 권취된다.

[0044] 본 발명의 그러한 고주파 실시예에 대하여, 전기 기계는 동시 계류중인 유럽 특허 출원 No. 22209216.5 및 No. 23175297.3에 설명된 바와 같은 케이블링(cabling)을 사용하여 적합하게 제조된다. 바람직한 실시예에서, 전기 기계는 리츠 와이어(Litz wire)를 사용하여 제조된다.

[0045] 지금까지 종래 전기 기계에서는 너무 많은 전류가 권선을 통해 흐르면 와이어가 타버릴 수 있다. 종래 변압기에서는 이 문제를 해결하기 위해 더 많은 양의 턴이 권선에 제공되었다. 그러나 이것은 변압기의 크기 및/또는 중량을 모두 증가시킨다. 대조적으로, 본 발명의 전기 기계에서는, 그러한 단점 없이 더 많은 수의 턴이 제공될 수 있다. 따라서, 리액턴스를 증가시키기 위해 더 많은 턴을 포함하는 대신에, 추가적인 커패시터를 구비하거나 포함함으로써, 또는 그것의 커패시턴스를 변화시킴으로써 리액턴스의 증가가 달성될 수 있다. 특히, 이것은 용량성 와이어가 사용되는 경우에 달성될 수 있다. 결과적으로, 1차 코일에서의 전압을 높이기 위해 1차 코일의 턴 수를 증가시킬 필요가 없으며, 이는 더 작은 코어가 사용될 수 있음을 의미한다.

[0046] 일부 실시예에서, 용량성 권선은 그 자체로 충분한 커패시턴스를 갖지 못할 수도 있다. 하나 이상의 추가 커패시터(들)가 이를 보완할 수 있다. 그러나 이러한 커패시터(들)는 용량성 와이어(또는 케이블)의 일부로 간주되어야 하며 보통 직렬 또는 병렬로 연결되어 있는 것으로 간주되지 않는다. 대신, 이러한 커패시터들은 CTS 연결부의 일부를 형성하는 것으로 더 잘 여겨진다.

[0047] 특정 실시예에서 용량성 와이어(또는 케이블)의 사용은 기계 권선의 전압 비율이 권선의 턴 비율에 더 이상 의존하지 않는다는 것을 의미할 수 있다. 대신, 두 코일의 커패시턴스 비율이 전압 비율을 결정하기 위해 사용될 수 있다. 따라서, 예컨대 변압기에서, 유리하게 1차 권선은 2차 권선과 동일한 턴 수를 가지지만, 두 권선 사이의 커패시턴스 비율은 변압기가 스텝-업 변압기인지 또는 스텝-다운 변압기인지 결정할 수 있다.

[0048] 본 발명의 실시예에서, 변압기와 같은, 전기 기계는 2 개 이상의 용량성 권선 및 상기 2 개 이상의 용량성 권선 간에 커패시턴스 비율을 변화시키기 위한 커패시턴스 제어기를 포함한다.

[0049] 기계는 또한 동적 배열을 포함할 수 있다. 예를 들어, 변압기의 양쪽에 있는 회로의 커패시턴스가 조절 가능한 경우, (흔히 어느 쪽 권선의 턴 수를 변경할 필요 없이) 전력 프로파일(예컨대, 양쪽 권선의 전압)도 조절 가능할 수 있다.

[0050] 본 발명의 실시예에서, 전기 기계는,

[0051] · 적어도 2 개 세트의 전도성 스트랜드(strand)들 - 상기 세트들의 스트랜드들은 권선의 횡단면에 분포되고,

이에 의해 세트들은 서로 용량성 관계에 있음 - 을 포함하는 용량성, 전력 전송 와이어를 포함하고,

[0052] 상기 세트들 중 적어도 한 세트의 스트랜드들 모두는

[0053] · 상기 세트들의 전도성 스트랜드들이 서로 절연된 상태를 유지할 수 있도록 유전체 강도(dielectric strength)의 개개의 절연 코팅을 갖는다.

[0054] 이러한 실시예들에서, 전력 전송 와이어의 적어도 일부는 권선의 형태이다.

[0055] 전도체 또는 스트랜드는 보통 구리 및/또는 다른 전도성 재료를 포함할 것이다. 보통 권선에는 2 개 이상 세트의 스트랜드들이 있으며, 이들은 바람직하게는 그 층들이 번갈아 배치된다.

[0056] 전도성 스트랜드들의 세트들 중 한 세트는 절연되지 않고, 다른 세트의 스트랜드들의 절연재가 절연을 제공할 수 있지만, 바람직하게는 둘 다 또는 모든 스트랜드들이 그 자체의 절연재를 갖는다. 절연재는 압출, 권취 및/또는 엮여질 수 있지만, 바람직하게는 일반적으로 소위 "자석 와이어(magnet wire)"에 사용되는 유형인, 에나멜(enamel)을 포함한다.

[0057] 기계는 예를 들어 각각의 층 사이에 연질 폴리머(soft polymer) 절연재를 포함하여, 예컨대 개별 스트랜드들 사이의 간극을 채울 수 있다.

[0058] 바람직하게는, 세트들의 개개의 절연재는 예를 들어 권선의 양쪽 끝에서 연결을 위한 구분을 허용하기 위해, 상이하게 착색될 수 있다. 스트랜드들의 2 개 세트보다 많은 세트가 제공되는 경우, 그 각각이 개개의 색상을 가질 수 있다.

[0059] 전도체의 두 전극 세트들이 동일한 에나멜 절연재를 갖는 경우, 그것들은 보통 시각적으로 구별될 수 없다. 그러나 다른 쪽 끝에서 그것들에 전기 신호를 인가하는 것으로 한 쪽 끝에서 개별적으로 식별될 수 있다고 예상된다. 편리하게, 전도체들은 다른 쪽 끝에서 하나의 전극 세트로 함께 그룹화될 것이며, 실제로 바람직하게는 신호가 인가된 다음 한 쪽 끝에서 분류된(sorted) 상태에서 함께 연결되어, 신호가 개별 전도체상에 존재하는지 여부에 따라 다른 쪽 전극을 식별한다.

[0060] 본 발명은,

[0061] · 적어도 2 개 세트의 전도성 스트랜드들 - 전도성 스트랜드들은

[0062] · 반대 꼬임(opposite twist)의 층들로 놓여지고,

[0063] · 하나 이상의 인접한 층들의 스트랜드들은 모두 하나의 세트이고, 그 다음 방사형으로 바깥 쪽으로 하나 이상의 인접한 층들의 스트랜드들은 모두 또 다른 세트임 -, 및

[0064] · 상이한 세트들의 층들 사이의 절연재 - 이에 의해 상기 적어도 2 개 세트들은 서로 용량성 관계에 있음 - 를 포함하는 용량성, 전력 전송 케이블을 사용할 수 있다.

[0065] 본 발명은 위에 설명된 실시예의 세부사항에 제한되는 것을 의도하지 않는다. 예를 들어, 더 많거나 적은 전도성 층이 제공될 수 있다. 그것들은 위와 같이 짝수로 제공되거나, 내부와 외부가 대부분 상호 연결된 홀수의 전도성 실린더들로서 제공될 수 있다.

[0066] 제1 용량성 권선을 제2 용량성 권선 전도체에 연결하기 위해, 커넥터 블록(connector block)에 제1 및 제2 세트의 전도체들을 위한 단자들이 제공될 수 있다. 상기 블록은 용량성 와이어로서 와이어들의 연결을 용이하게 하며, 한 세트의 전도체들은 연결 권선에서의 제1 세트에 사용 시 연결되고, 전도체들의 제2 세트는 연결 권선에서의 제2 세트에 연결된다.

[0067] 변형을 포함하여, 상기 설명된 권선은, 한 세트(일반적으로 적색 세트)의 스트랜드들이 양쪽 끝에서 묶여지고(bundled) 다른 세트의 스트랜드들이 같은 방식으로 묶여진다는 점에서 본질적으로 동일한 방식으로 연결된다. 개개의 번들로 분할 후, 에나멜이 스트랜드들의 끝에서 벗겨진다. 벗겨진 스트랜드들은 개개의 단자 블록에 납땜되거나 삽입되고 함께 단단히 고정되어 기계적 및 더 중요하게는 전기 연결을 제공한다.

[0068] 권선이 포지티브 및 네거티브 또는 뉴트럴(neutral) 공급 간에 단일 길이로 사용되는 경우, 권선의 전기 연결은 길이가 긴(elongate) 또는 분산된(distributed) 커패시터로서 제1 세트의 와이어들 및 제2 세트의 와이어들 사이에 있다. 권선 시작에서, 제1 세트의 전도체들은 전원의 포지티브 또는 공급 측에 영구적으로 연결된다. 권선 끝에서 제2 세트의 전도체들은 전원의 네거티브 또는 뉴트럴 측에 영구적으로 연결된다. 나머지 세트들은 권선의 개개의 측에 있는 절연된 단자에서 종단된다. 대안적으로, 또는 추가로, 별도 세트의 전도체들이 직선 관통

연결(straight through connection)을 제공하기 위해 양쪽 끝에서 연결될 수 있다.

[0069] 3 개 이상 세트의 케이블들을 갖는 케이블들은, 예를 들어 제1 세트의 전도체들과 병렬로 제3 세트의 전도체들을 추가하고, 제1 세트의 전도체들과 병렬로 제4 세트의 전도체들을 추가함으로써 케이블의 커패시턴스를 추가로 선택하는데 사용될 수 있으며, 상기 제3 세트와 제4 세트는 용량성으로 연결된다.

[0070] 권선의 커패시턴스를 선택하기 위해, 권선의 인덕턴스와 전기 기계가 속한 전기 시스템의 다른 구성요소들을 고려하여, 이 인덕턴스를 권선의 커패시턴스와 밸런싱하거나 변경한다. 보다 구체적으로 다음 단계들이 사용될 수 있다.

[0071] 1. 권선이 전달할 전압 및 전류에 따른 초기 권선 크기, 특히 포함될 코어를 대체하는 금속 또는 절연된 충전물(filler)의 단면적(cross-sectional area); 및 제1 반복에서(on a first iteration) 에나멜이 입혀진 와이어들의 수 및/또는 층들의 수를 선택함;

[0072] 2. 컴퓨터 시뮬레이션 및 모델링을 사용하여 권선의 설계 인덕턴스(L_D) 및 권선 와이어의 저항(R)을 계산하고, 특히 그 고유 인덕턴스와 그것의 전기 기계 시스템에 포함됨으로 인해 발생할 수 있는 임의의 상호 인덕턴스(mutual inductance)를 포함시킴,

[0073] 3. L_D로 인한 권선의 유도성 리액턴스는 다음의 유도성 리액턴스 식에 의해 주어짐:

[0074] $X_L = 2\pi f L_D$

[0075] 여기서 f는 Hz 단위의 작동 주파수임;

[0076] 4. 권선의 용량성 리액턴스에 대해 커패시턴스 C는 다음의 용량성 리액턴스 식에 의해 주어짐:

[0077] $x_C = 1 / 2\pi f C$

[0078] 여기서 f는 Hz 단위의 작동 주파수임;

[0079] 5. 기계 인덕턴스의 다른 요소들이 밸런싱되어야 하는 경우, 이는 L_D 및 따라서 X_L 의 값을 수정함으로써 고려될 수 있음; 및

[0080] 6. 결과적인 설계가 원래의 인덕턴스 계산 L_D및 결과적인 X_L 및 X_C를 검증하기 위해 시뮬레이션에서 모델링되고 이는 설계 수정을 제안할 수 있음. 하나 이상의 추가 반복이 필요할 수 있음.

[0081] 위의 단계들은 자석 와이어 에나멜의 경우에도, 선택된(그러나 완전하지는 않음(non-exhaustive)) 유전체 재료에 대해 도 12에 도시된 바와 같이, 유전체의 내력(withstand strength)은 전압에 따라 선형적으로 상승하지 않는다는 사실을 고려한다.

[0082] 유전체 선택은 인가 전압 및 필요한 커패시턴스에 의해 정의된다는 것이 언급된다. 그것들의 상대적 값을 평가하기 위해, 선택된(그러나 완전하지는 않음) 유전체 재료에 대해 도 13에 도시된 바와 같이 그 관계가 관찰될 수 있다.

[0083] 결합된 길이의 커패시턴스가 더 작아야 하는 경우 커넥터는 직렬 커넥터(series connector)가 될 수 있다. 두 권선 사이에 (권선 A) 제1 세트와 제2 세트 연결(권선 B)이 있는 경우, 자유단(free ends) 커패시턴스가 권선 A의 제1 세트 와이어와 권선 B의 제2 세트 와이어 사이에 있다. 커패시턴스는 유전체 갭의 두 배인 단일 길이의 효과로 된다. 이것은 직렬 커패시턴스들에 대한 공식에 의해 주어진다:

[0084] 직렬 커패시턴스

[0085] $$C_{total} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots \frac{1}{C_n}}$$

[0086] 두 길이가 동일하면 총 권선 커패시턴스는 절반으로 줄어든다.

[0087] 직렬 커패시턴스들의 특징은 개개의 커패시턴들에 걸친 전압은 커패시턴스들의 수로 나눠진다는 것이다. 이는 고전압 라인을 3 개의 섹션으로 구성하고, 각각의 섹션이 상기 고전압의 1/3을 전달할 수 있게 하는 데 유용하

다. 이는 전도체들 사이의 유전체 코팅 또는 테이프/종이의 두께를 줄이는 데 또 다른 이점이 있다. 따라서 직렬 연결에 의한 커패시턴스의 손실은 우선 단위 길이당 더 높은 커패시턴스에 의해 상쇄될 수 있다.

[0088] 다양한 유형의 와이어, 케이블 및 전도체가 본 발명에 사용될 수 있다.

[0089] 1. IEC 60317 (권선 와이어의 특정 유형에 대한 명세)

[0090] 다음 IEC 표준은 권선 적용에 사용되는 "에나멜을 씌운(enamelled)" 전도성 와이어의 다양한 포맷을 관리한다. 이 포맷은 또한 전도체의 전도성 재료(Cu, Al 또는 전도성 스프레이 등)와 모양(테이프, 직사각형 와이어, 원형 와이어 등) 및 에나멜 재료로 나뉜다.

[0091] 이 표준은 에나멜 스트랜드가 얼마나 얇고/두꺼울 수 있는지에 대한 예로서, 주어진 실시예 또는 권선 적용에 대해 보다 물리적으로 적용 가능할 수 있도록 한다. 에나멜을 씌운 와이어의 변형은 0.01 mm 내지 0.5 mm 범위의 스트랜드 크기를 포함한다.

[0092] 이 표준은 기계의 크기, 환경 등에 따라 용량성 권선/와이어를 생성하는 데 효과적으로 사용될 수 있는 와이어/도체의 유형을 제공하기 위해 사용된다. 본 발명은 용량성 링크를 확립하기 위해 임의의 적합한 형태의 전도체 및 유전체를 사용할 수 있다.

[0093] 2. 하나의 제품 내 이중/다중-실시예(케이블/와이어 + 전기 기계 권선)

[0094] 이 개념은 와이어/연결부가 피더 케이블(feeder cable)/와이어 및 전기 기계 권선으로 모두 사용될 수 있는 길을 제공하는 것이다. 즉, 두 가지(또는 그 이상) 적용에 하나의 제품이 동시에 사용될 수 있다. 케이블은 전도체 다발(bunch) 위에 매우 얇은 절연재(테이프 랩핑(wrapping))를 가질 수 있다.

[0095] 케이블/와이어는 종래의 AC 전기 기계에 연결되거나 용량성 권선을 갖는 전기 기계에 연결되거나 하나의 와이어링을 사용하여 두 가지 적용을 수용할 수 있다.

[0096] **예시**

[0097] 대체로 예시들을 참조하면, 기계가 회로도에서 커패시터로 표현된 용량성 권선을 포함하는, 본 발명의 실시예들이 도시되어 있다.

[0098] 본 발명의 기계의 회로도가 도 3에 개략적으로 도시되어 있다. 유전체에 의해 분리된 2 개 와이어 형태의 용량성 케이블이 코일로 권취된다. 하나의 와이어는 전원 공급 장치의 포지티브 측에 연결되고 다른 와이어는 네거티브 측에 연결된다.

[0099] 두 와이어 사이의 전기 연결은 용량성이며, 회로도에서 커패시터들에 의해 나타내져 있다.

[0100] **예시 1 - 변압기**

[0101] 턴 수가 동일한 경우의 모델 1(스텝 다운)

[0102] 본 발명의 제1 변압기가 도 4에 개략적으로 도시되어 있다.

[0103] 변압기는 페라이트 코어(ferrite core)의 각 측에 용량성 권선을 갖는다. 1차 권선에서 용량성 리액턴스의 포함은 코어를 여기시키는 데 이용되는 전류, 즉 1차 권선과 2차 권선을 연결하는 플럭스(flux)를 생성하는 데 이용되는 전류를 제한한다. 그 결과, 1차 전압은 종래의 것과 비교하여 예를 들어 50 Hz에서 전류를 포화시키는 전류를 생성했었을 지점을 넘어 증가할 수 있다. 반면, 감소된 전류는 감소된 1차 전류로 인해 2차 권선에서 유도되는 전압을 감소시킬 것이다.

[0104] 턴 수가 동일한 경우의 모델 2(동일한 레벨)

[0105] 본 발명의 제2 변압기가 도 5에 개략적으로 도시되어 있다.

[0106] 이 모델 2는 두 셀 코일(cell coil)의 커패시턴스가 동일한 변압기이다. 이는 두 코일의 전압도 동일함을 의미한다. 1차 코일에서 12 V 입력은 2차 코일에서 12 V 출력을 유도한다. 이것은 회로가 설계되어 있고 회로의 두 부분을 전기적으로 서로 절연하는 것이 유리한 경우에 유용할 수 있다.

[0107] 턴 수가 동일한 경우의 모델 3(스텝 업)

[0108] 본 발명의 제3 변압기가 도 6에 개략적으로 도시되어 있다.

[0109] 모델 3은 모델 1의 반전(inverse)이며; 회로에서 커패시터들이 상이하게 연결된다. 이 시스템은 또한 변압기를

포함하는 모터에 적용될 수 있다. 더 작은 모터용 변압기를 개발하는 것이 유익하고, 이것은 더 작은 모터를 생산하거나 더 큰 전력을 갖는 동일한 크기의 모터를 생산하는 것을 허용하기 때문이다. 이는 전기차 및 / 또는 드론에 특히 유용하다.

[0110] 모델 4(도시되지 않음)는 와전류(eddy current) 형성을 줄이기 위해 코어가 라미네이트된(laminated) 변압기이다. 선행기술 변압기는 보통 전적으로 자기장을 사용하여 전력을 전달한다. 그러나, 회로에 라미나(lamina)들을 연결함으로써 성장하고 붕괴하는 전기장을 또한 이용 가능하게 할 수 있다.

[0111] 종래의 변압기에서는 라미나들의 코팅이 손상되는 경우 그다지 중요하지 않을 수 있는데, 이들은 전기 회로의 부분을 형성하지 않기 때문이다. 그러나, 본 발명에서는, 라미나들이 회로의 부분을 형성하기 때문에 상이한 라미나들은 그것들의 CTS 변압기에서 서로 절연된 상태로 유지되는 것이 바람직하다.

[0112] 모델 5(도시되지 않음)는 모델 4와 유사한 구성이지만 라미나들이 모두 변압기의 일 측에서 회로에 연결된다. 이것은 한 세트의 라미나들이 변압기의 1차 측에서 회로에 연결되고 다른 라미나들이 변압기의 2차 측에서 회로에 연결되는 것을 나타내는 모델 4와 대조적이다.

[0113] 선행 기술에서 종종 발생하는 하나의 문제는 강자성 코어에서 유도될 수 있는 자기장의 크기에 한계가 있다는 것이다. 이것은 코어가 자기 도메인(magnetic domain)이라고 불리는 많은 미세한 구역으로 구성되어 있고, 주어진 크기의 코어에는 고정된 수의 자기 도메인이 있기 때문이다. 이들 도메인들 각각의 자기장은 1차 코일에서의 전류가 코어에서 자기장을 유도할 때까지 무작위로 배향되며, 이 시점에서 코어에서의 도메인들의 자기장이 정렬된다. 자기 도메인들이 더 밀접하게(closely) 정렬될 때 코어에서 더 강한 자기장이 유도된다. 그러나 이것은 코어 주변에서 형성될 수 있는 자기장의 크기에 한계가 있음을 의미하며, 이 최대값은 코어의 자기 도메인들이 완벽하게 정렬되는 상태에 대응한다. 이 시점에서 1차 코일의 턴이 더 증가해도 코어 주변에 생성된 자기장의 강도는 증가하지 않으며, 이는 2차 코일로 추가 전력이 전달되지 않는다는 것을 의미한다. 이 시점에서 강자성 코어는 포화되었다고 말한다.

[0114] 포화의 문제를 해결하고 추가 전력을 전달하기 위해, 더 큰 강자성 코어가 사용될 수 있다. 이는 더 많은 수의 자기 도메인들을 제공하여 포화에 도달하기 전에 더 강한 자기장이 유도되도록 한다. 그러나 이러한 이유로, 선행 기술 변압기는 물리적으로 큰 경향이 있다.

[0115] 따라서 코어가 포화되는 것을 방지하기 위해 더 큰 강자성 코어를 필요로 하지 않고도, 변압기를 통해 전달되는 전력이 증가될 수 있는 시스템을 개발하는 것이 바람직하다.

[0116] 용량성 케이블로부터 1차 및 2차 케이블을 제조함으로써 케이블의 유도성 리액턴스를 증가시키기 위해 입력 교류 전류의 주파수를 증가시킬 필요가 없을 수 있다. 또한 코일의 턴 수를 증가시킬 필요가 없을 수 있다. 이것의 결과는 강자성 코어의 크기를 증가시킬 필요 없이 더 큰 전력이 변압기를 통해 전달될 수 있을 것이라는 것이다. 따라서 본 발명은 더 작은 변압기를 생산할 수 있게 한다.

[0117] 본 발명 및 고주파 전력 전송을 사용하는 것의 이점은 더 작은 전기 구성요소들이 사용될 수 있게 한다는 것이다. 이는 예를 들어 변압기에서 사용되는 자기장이 초당 더 많이 성장 및 붕괴하기 때문일 수 있다. 예를 들어, 항공기에서는 400 Hz의 주파수를 사용한다. 이는 대신 50 Hz를 사용하는 경우보다 구성요소들이 8 배 더 작아질 수 있게 한다.

[0118] 항공기는 게이트에 도착할 때 흔히 공항으로부터의 전원 공급 장치에 연결해야 한다. 공항으로 전력 공급은 주파수가 50 Hz인 점을 고려하면 이를 400 Hz로 변환하기 위해 각각의 끝에서 변환이 필요하다.

[0119] 컨버터(converter)는 AC 입력을 수신하여 이를 DC로 변환한 다음 이 DC를, 이를 AC로 변환하는(그러나 입력 AC에 대해 상이한 주파수임) "인버터(inverter)"로 알려진 컨버터의 제2 스테이지를 통해 실행함으로써 작동한다. 고주파 전력 분산 네트워크에서, 본 발명의 한 가지 이점은 각각의 게이트에서 컨버터를 제공할 필요성을 제거하는 것이다. 대신 공항에 단일 컨버터가 제공되고 각각의 게이트의 전력 케이블이 이에 연결되는 네트워크가 제공될 수 있다.

[0120] 본 발명에서 (예를 들어, CTS 변압기에서) 코일의 한쪽 끝에서 다른 쪽 끝으로의 저항(ohmic), 즉 전도성 연결은 없을 수 있다. 커패시터의 리액턴스와 인덕터의 리액턴스는 반대 벡터 방향일 수 있다. 훨씬 더 큰 커패시턴스의 결과로 순(net) 커패시턴스가 증가된다. 본 발명의 변압기에서, 코어 라미나들(층들 또는 라미네이트)은 또한 커패시터로서 동작한다. 이는 자기장뿐만 아니라 전기장도 이용될 수 있게 한다. 예를 들어 무선 충전과 같은 이점이 있을 수 있다.

[0121] 모델 1과 모델 2에서 코일들 각각에 보여지는 턴 수는 동일하다. 모델 1에서, 이는 2 개의 코일로 배열된 4 개의 와이어를 포함하는 것으로 여겨질 수 있다. 1차 코일은 이 중 2 개를 포함하고 2차 코일은 나머지 2 개를 포함한다.

[0122] 모델 1의 1차 코일(왼쪽)에서 적색 및 녹색 와이어는 그것들 사이에 연결된 커패시터 C1과 직렬로 연결되어 있다. 두 와이어 모두 코어 중 하나의 주위로 감겨져 1차 코일을 생성한다. 그러나 2차 코일에서는 적색 및 녹색 와이어가 병렬로 연결되며, 다시 두 와이어 사이에 커패시터가 있는 상태로 된다. 1차 코일과 마찬가지로 2차 코일의 두 와이어는 코어의 일 측 주위로 감겨져 2차 코일을 생성한다.

[0123] 2 개 와이어가 직렬로 연결되는 1차 코일과 2 개 와이어가 병렬로 연결되는 2차 코일을 구비하는 것의 결과는, (4 개의 와이어가 모두 같은 길이라고 가정하면) 1차 코일이 2차 코일보다 실질적으로 2배 길어진다는 것이다. 이는 (다시 4 개 와이어 모두 턴 수가 동일하다고 가정하면) 1차 코일이 2차 코일보다 2배 많은 턴을 실질적으로 포함하고 있음을 의미한다. 1차 코일과 2차 코일 간에 이 2:1 턴 비율(ratio of turns)의 결과는 1차 코일과 2차 코일 간에 전압의 2:1 비율이다. 이에 따라, 모델 1은 전압이 변압기를 통해 50 % 감소되는 스텝-다운 변압기를 묘사한다.

[0124] 모델 3은 본질적으로 모델 1의 반전이다. 이 경우 1차 코일의 두 와이어는 병렬로 연결되고 2차 코일의 두 와이어는 직렬로 연결된다. 이에 따라, 모델 3은 전압이 변압기를 통해 2 배로 되는 스텝-업 변압기를 묘사한다.

[0125] 본 발명에서, 예를 들어 2:1 또는 1:2가 아닌, 두 코일 간에 상이한 턴 비율이 사용될 수 있다. 변압기에 걸친 전압 변화를 결정하는 사실, 즉 각각의 코일의 커패시턴스 양은 이에 영향을 미치지 않는다.

[0126] 각각의 코일에서의 커패시턴스 양은 변압기에 걸친 전압 변화에 영향을 미치지 않을 수 있지만, 이는 전류의 흐름을 제한하는 또 다른 중요한 목적을 제공할 수 있다. 코일의 리액턴스가 너무 낮으면 코일을 통해 흐르는 전류가 너무 높아 와이어는 타버릴 것이다. 종래 변압기에서는 각각의 코일의 턴 수를 증가시킴으로써 이를 해결하였다. 그러나 커패시터가 포함되어 있으면 리액턴스를 증가시키기 위해 추가적인 턴을 부가할 필요가 없을 수 있다. 커패시터가 대신 이 역할을 수행할 것이다. 추가적인 턴이 필요하지 않으면 코일이 따라서 더 짧게 만들어질 수 있으며, 이는 변압기가 전체로서 더 작게 제조될 수 있음을 의미한다.

[0127] 선행 기술 변압기에서, 이들은 보통 특정 입력 전압, 예를 들어 100 볼트(volts)에서 작동하도록 구성된다. 물론 전압은 전류에 비례한다(V=IR). 코일에서의 턴 수가 고정되어 있기 때문에 저항이 고정되어 있음을 고려하면, 변압기가 100 V의 입력 전압을 사용하여 가동되면 전류가 이를 보상하기 위해 증가될 것이고 이는 와이어가 타버리게 할 수 있다. 이는 본 발명에서는 문제가 되지 않을 수 있는데, 왜냐하면 턴 수를 변경하는 것이 동일하게 비실용적이기는 하지만, 커패시턴스의 양이 이 차이를 고려하기 위해 변경될 수 있기 때문이다. 이는 종래 변압기를 사용하는 경우보다 변압기를 통해 전달되는 전압을 변경하는 것을 더 쉽게 할 수 있다. 이는 본 발명에서 동적 배열(dynamic arrangement)로 알려진 것이다.

[0128] 이는 코일들 간의 전압 비율(2:1, 5:1 등)을 변경시키지 않는다는 점에 유의해야 한다. 이 비율은 개개의 1차 및 2차 코일의 턴 수에 의해서만 영향을 받는다.

[0129] 대부분의 실시예에서, 전압이 알려져 있을 때 필요한 커패시턴스를 결정하는 것이 가능하다. 이는 전기 모터 및 무선 전기차 충전에도 동일하게 적용된다. 무선 전기 충전의 경우, 송신기는 이 변압기와 유사한 설정이지만, 강자성 코일의 존재, 즉 그 사이에 자기장을 갖는 2 개 코일이 없는 것으로 고려될 수 있다. 이 경우 코어의 부재는 에너지 전달이 변압기에서 보다 충분하지 않을 수 있음을 의미하고, 이는 변압기에서는 코어가 자기장을 지향시키도록 작용하기 때문이다.

[0130] 위의 경우에서, 적색 및 청색 라미네이션(lamination)은 각각 1차 및 2차 코일에서의 적색 및 청색 와이어에 전기적으로 연결된 라미네이션을 나타낸다. 라미네이션들은 절연 층에 의해 서로 유전체로(dielectrically) 절연되어 있기 때문에 이들은 커패시터 역할을 한다. 결과적으로 이러한 라미네이션들에서 발생하는 와전류의 에너지는 변압기를 통한 에너지 전달에 이용되고 사용될 수 있다. 선행 기술 변압기에서 이 와전류는 에너지 손실만을 설명한다.

[0131] 모델 5는 모델 4와 유사한 설정이지만 두 세트의 라미네이션들이 양 코일들이 아닌 동일한 코일의 와이어들에 연결된다.

[0132] **용량성 변압기 vs. 종래 변압기**

[0133] 본 발명이 용량성 권선을 사용하여 종래의 변압기의 1차/2차 권선을 분해하고 재구성하는 것으로 예시되었다.

[0134] 종래의 변압기에는 다음의 특징이 있었다:

표 1

[0135]

변압기 모델	RS 1176082
토폴로지(Topology)	트윈(Twin) 1차/트윈 2차 권선 토로이드 변압기(winding toroidal transformer)
각 권선의 전압 정격(V_{rms})	115
각 권선의 턴 수	166
피상 전력 정격(Apparent Power Rating)(kVA)	1
중량(kg)	7.8

[0136] 턴 비율의 거동과 권선에 CTS 연결을 통합할 때 나타나는 기회를 보여주기 위해 종래 변압기가 일정 주파수 범위 내에서 작동되었다.

[0137] 종래의 변압기에서는 2 개의 1차 권선이 병렬로 연결되고(P_1//P_2), 이어서 2 개의 2차 권선이 직렬로 연결된다(S1+S2). 이 설정은 변압기 권선의 턴 비율을 1:2 (N_p: N_s)로 설정하므로 스텝-업 변압기 토폴로지가 확립되고, 종래 변압기 등가 회로가 도 7에 개략적으로 도시되어 있다.

[0138] 변압기 작동(66Ω 부하에 연결됨)이 실험적으로 테스트되었다. 실험 중, 변압기 코어는 주어진 코어의 자기장 강도 문턱값을 초과하는 1차 전류로 인해 Vp가 50 Hz에서 115 볼트로 증가했을 때 포화되었다. 공급 주파수를 증가시킬 때, 주어진 1차 전압 및 턴 비율에 대해, 2차 전압은 최소한의 변화를 경험하였고 변압기 권선 관계가 여전히 적용 가능, 즉 스텝 업 변압기로 계속 작동한다. 작동 성능이 도 8에 도시되어 있다.

[0139] 그러나, 종래 변압기로부터 본 발명의 변압기로 권선 토폴로지를 변환할 때, 즉 본 발명에서 설명된 용량성 요소를 변압기 권선으로 도입할 때, 턴 비율 관계는 더 이상 전압 및 전류와 같은 권선 파라미터를 정의하는 주요 인자가 아니다. 대신, 권선의 리액턴스(용량성 및 유도성)와 주파수와 같은 동반 파라미터가 변압기의 모드/토폴로지(스텝-다운, 절연 또는 스텝-업)에 기여할 것이다.

[0140] 우리는 위의 종래의 변압기와 동일한 정격(rating) (및 턴)의 본 발명의 변압기를 설계하고 제조하였지만 두 권선에 본 발명의 용량성 권선을 이용한다. 1차 및 2차 권선은 변압기 턴 비율 규칙에 따라 스텝-다운 변압기를 확립하기 위해 각각 직렬 및 병렬로 연결되었다.

[0141] 도 9는 본 발명에 따라 양쪽 권선에 용량성 권선을 포함하는 이 변압기(스텝-다운)의 등가 회로를 도시한다.

[0142] 1차 권선에 용량성 리액턴스의 포함은 코어를 여기시키는 데 이용되는 전류, 즉 1차 권선과 2차 권선을 연결하는 플럭스를 생성하는 데 이용되는 전류를 제한한다. 그 결과, 1차 전압은 종래의 것과 비교하여 예를 들어 50 Hz에서 전류를 포화시키는 전류를 생성했었을 지점을 넘어 증가할 수 있다. 반면, 감소된 전류는 감소된 1차 전류로 인해 2차 권선에서 유도되는 전압을 감소시킨다.

[0143] 또한, 권선에 유도성 및 용량성 요소가 모두 존재하기 때문에, 공급 주파수가 변화함에 따라 결과적인 리액턴스가 변화할 것이다. 관찰된 변화 중 하나는 권선 턴 비율과 독립적인 가변 전압 비율(Vp:Vs)이다. 대략 100 Hz에서 변압기는 스텝-다운 모드로 작동하고 있다. 주파수가 증가할 때 유도성 리액턴스는 증가하는 반면 용량성 리액턴스는 감소한다.

[0144] 그 대신, 2차 권선에서 유도된 전압은 유도성 요소와 용량성 요소 사이의 전류 분포의 변화로 인해 동일한 1차 전압에 대해 증가한다. 거의 600 Hz에서 리액턴스가 실질적으로 최소화되었고(역률(power factor)의 상승으로 보여지는 바와 같음) 변압기는 이제 절연 변압기처럼 행동한다. 주파수가 더 증가하면 X_L이 X_C보다 커지게 될 것이고 작동이 스텝-업 변압기로 바뀐다. 권선에서의 리액턴스 최소화는 더 큰 전력 용량(power capacity) 생성을 허용한다.

[0145] 위의 작동에서 설명된 바와 같이, 주파수가 600 Hz 미만일 때 변압기는 CTS 모드(X_L<X_C)에서 작동하지만, 주파수가 600 Hz에 도달하여 그 이상으로 증가할 때 변압기는 X_L이 권선에서 지배적인 리액턴스이기 때문에(X_L>X_C) 종

래의 변형으로 되돌아간다.

[0146] 공급 주파수의 증가는 권선의 리액티브 요소가 종래의 50 Hz에 비해 더 빠른 속도(rate)로 충전 및 방전하는 것을 가능하게 하고, 포화를 방지하면서 종래 모델과 CTS 모델 모두에서 더 높은 전력을 전달할 수 있게 한다. 이는 또한 더 높은 주파수 작동을 위한 CTS 연결의 호환성을 설명한다. 그러나 특정 문턱값을 초과하는 주파수의 추가 증가는 와전류를 증가시키고 코어의 전력 손실에 기여한다는 점에 유의해야 한다(코어 주파수 호환성이 필수적이 됨).

[0147] 본 발명의 변압기를 제조한 후 종래 버전과 비교를 위해 테스트하였다. 본 발명의 이 변압기의 성능이 도 10에 도시되어 있다.

[0148] 주요 설계 결과 중 하나는 더 큰 코어에 의존하는 종래 변압기와 동일한 전력을 전달하면서 CTS 변압기 코어의 크기를 줄인 것이다. 종래 변압기와 본 발명에 따라 구축된 동등한 변압기를 나란히 보여주는 도 11을 참조한다.

[0149] **예시 2 - 모터**

[0150] 도 1 및 도 2는 본 발명에 따른 용량성 권선을 포함하는 모터의 개략도를 도시한다(도 1의 일반적인 권선과 도 2의 스타 연결).

[0151] 도 14는 종래 권선을 갖는 종래 인덕션 모터의 등가 회로를 도시한다:로터(Rotor)

[0152] V_1 = 입력 전압(소스 전압)

[0153] *R1* = 고정자(stator) 권선의 저항, Ω

[0154] *X1* =고정자 누설 리액턴스(권선), Ω

[0155] *Xm* = 고정자의 자화 리액턴스 Ω

[0156] *Rc* = 코어 손실(히스테리시스 및 와전류)

[0157] *I1*, *Is* = 고정자 전류, A

[0158] I_0 = 자화 전류, A

[0159] E1 = 고정자 유도 EMF

[0160] S = 슬립(slip)

[0161] E2 = 로터(rotor)에서 유도되는 EMF

[0162] *T* = 모터 토크, N.m

[0163] *I2* = 로터 전류, A

[0164] *X2* = 로터 회로 리액턴스, Ω

[0165] *R2* = 로터 회로 저항, Ω

[0166] 도 15 및 도 16은 본 발명의 용량성 권선을 갖는 전기 기계를 나타내는 등가 회로도를 도시한다:

[0167] V_1 = 입력 전압(소스 전압)

[0168] *R1* = 고정자 권선의 저항, Ω

[0169] X_{cts} = 고정자 CTS 리액턴스(권선), Ω

[0170] *Xm* = 고정자의 자화 리액턴스, Ω

[0171] *Rc* = 코어 손실(히스테리시스 및 와전류)

[0172] *I1*, *Is* = 고정자 전류, A

[0173] I_0 = 자화 전류, A

[0174] E1 = 고정자 유도 EMF

[0175] S = 슬립

[0176] E2 = 로터에서 유도되는 EMF

[0177] T = 모터 토크, N.m

[0178] $I2$ = 로터 전류, A

[0179] $X2$ = 로터 회로 리액턴스, Ω

[0180] $R2$ = 로터 회로 저항, Ω

[0181] **예시 3 - 무선 충전 플레이트**

[0182] 피더 케이블과 1차 전기차(electrical vehicle, EV) 무선 충전 플레이트(충전 패드라고도 함)에 용량성 케이블과 고주파 AC를 사용했다. 이 예에서는 자체-보상(self-compensation) 모드에서, CTS 케이블이 인버터에서 나와 코일을 형성하도록 권취된 후 다시 인버터로 돌아와 회로를 형성한다. 즉, 케이블은 코일을 통해 인버터로 다시 돌아오는 끊임없는 연속 루프이다. 따라서, 본질적으로, 감겨진(coiled) 케이블, 즉 1차 패드는 용량성 및 유도성 특성(즉, 인덕터(코일) 및 커패시터(CTS 단자)를 나타내는 물리적 요소로 인한 하이브리드 무선 전력 전송(wireless power transfer, WPT))을 포함할 것이다.

[0183] CTS 커패시턴스는 코일과 케이블의 리액턴스를 동시에 보상한다.

[0184] 본 발명의 코일을 포함하는 플레이트가 도 17에 개략적으로 도시되어 있다.

[0185] 섹션 1에는 소스에 연결된 제1 케이블과 제2 케이블(소스에 연결되지 않음) 사이에 용량성 커플링이 있다. 한 쌍의 케이블은 패드로 계속 이어진다.

[0186] 섹션 2에서 패드는 두 개의 케이블을 포함하며, 다시 용량성 커플링되어 패드 코일로 권취된 다음 섹션 3 쪽으로 빠져나간다.

[0187] 섹션 3에서 케이블들은 패드를 빠져나가면서 용량성 커플링된 상태로 유지되고 제2 케이블은 소스의 다른 쪽으로 다시 연결되지만, 제1 케이블은 그렇지 않다. 따라서 충전 패드의 코일에 용량성 권선이 제공된다.

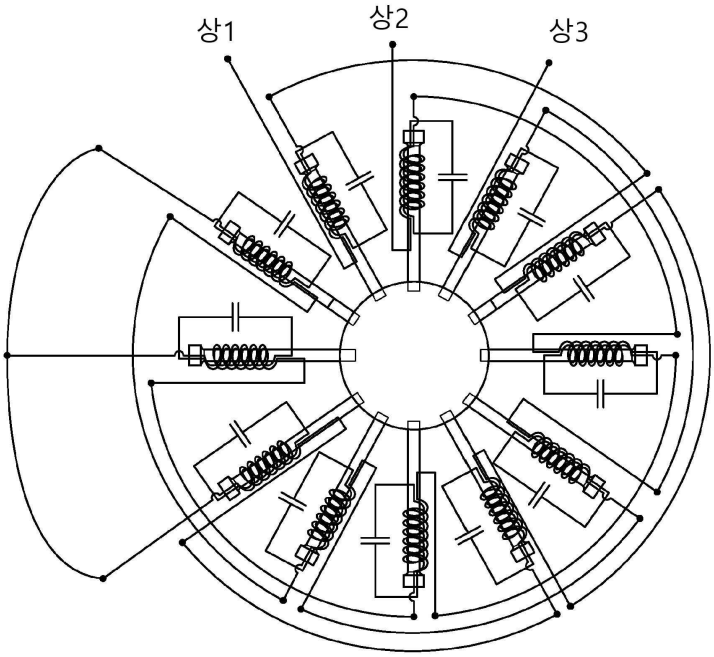
[0188] **예시 4.**

[0189] 예시 1에 설명된 변압기의 개발에서, 우리는 본 발명의 추가 변압기를 위한 설계에서 고주파 CTS 케이블을 피더 케이블과 권선 모두에 사용하였으며, 도 18에 개략적으로 도시되어 있다.

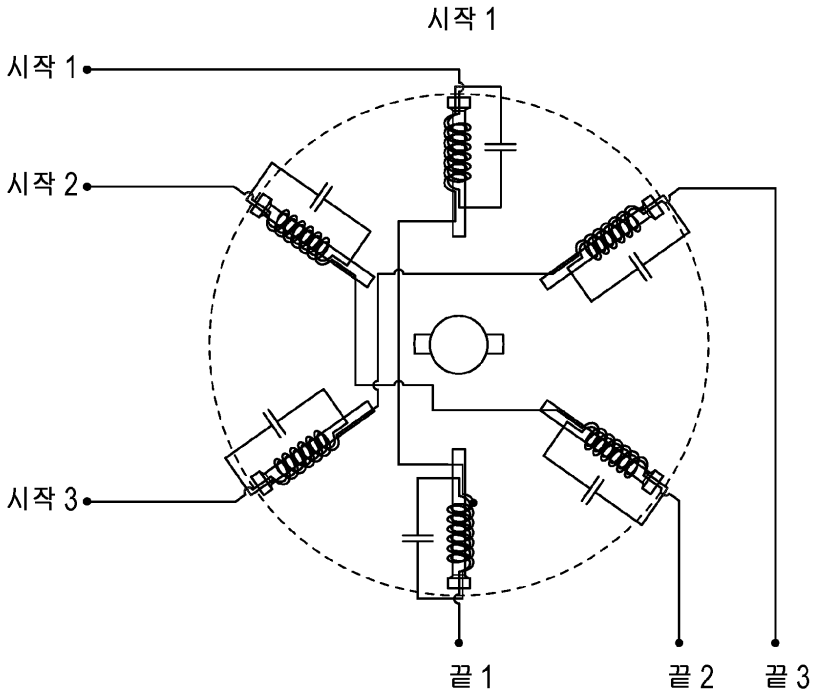
[0190] 따라서, 절연된 전도체 또는 와이어 또는 케이블을 사용하는 용량성 전도체가 전기 기계에서 권선의 형태로 사용된다.

도면

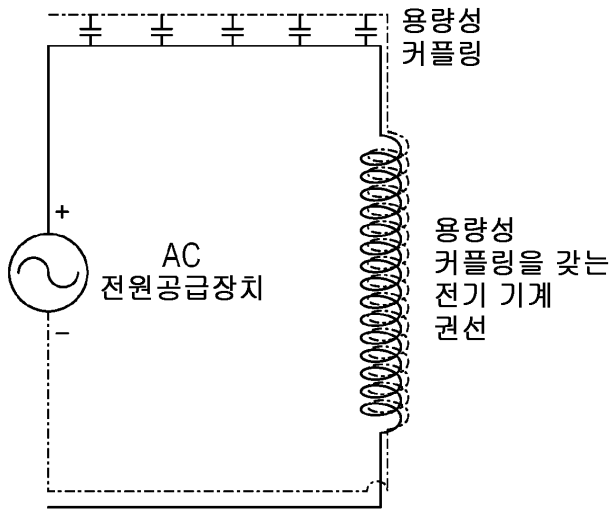
도면1



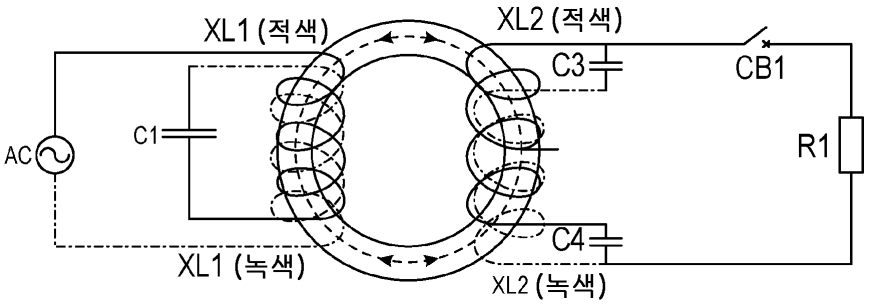
도면2



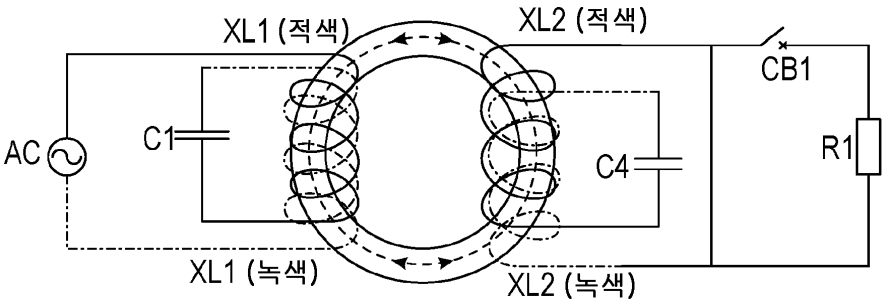
도면3


용량성
커플링
+
AC
전원공급장치
–
용량성
커플링을 갖는
전기 기계
권선

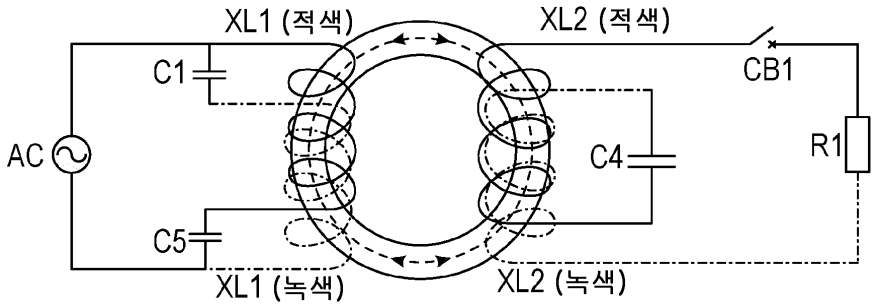
도면4


XL1 (적색)
XL2 (적색)
C3
CB1
AC
C1
R1
C4
XL1 (녹색)
XL2 (녹색)

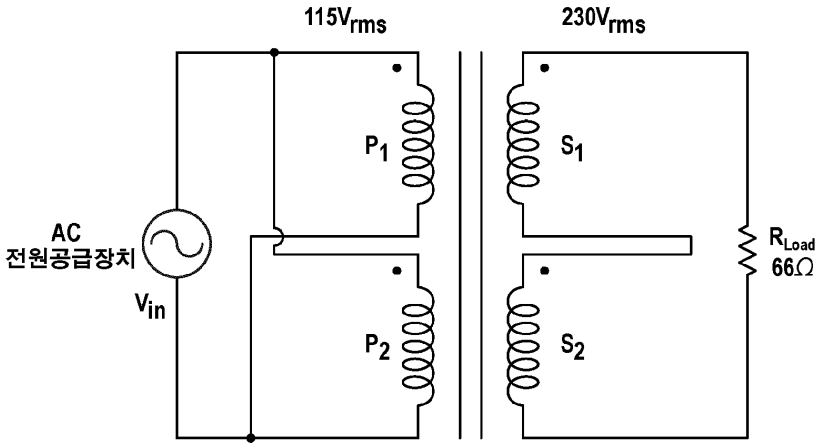
도면5


XL1 (적색)
XL2 (적색)
CB1
AC
C1
R1
C4
XL1 (녹색)
XL2 (녹색)

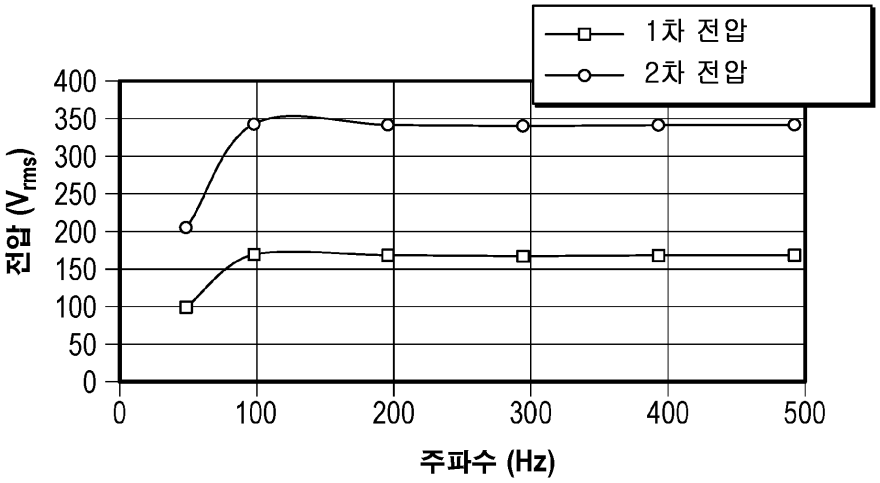
도면6


XL1 (적색)
XL2 (적색)
C1
CB1
AC
C4
R1
C5
XL1 (녹색)
XL2 (녹색)

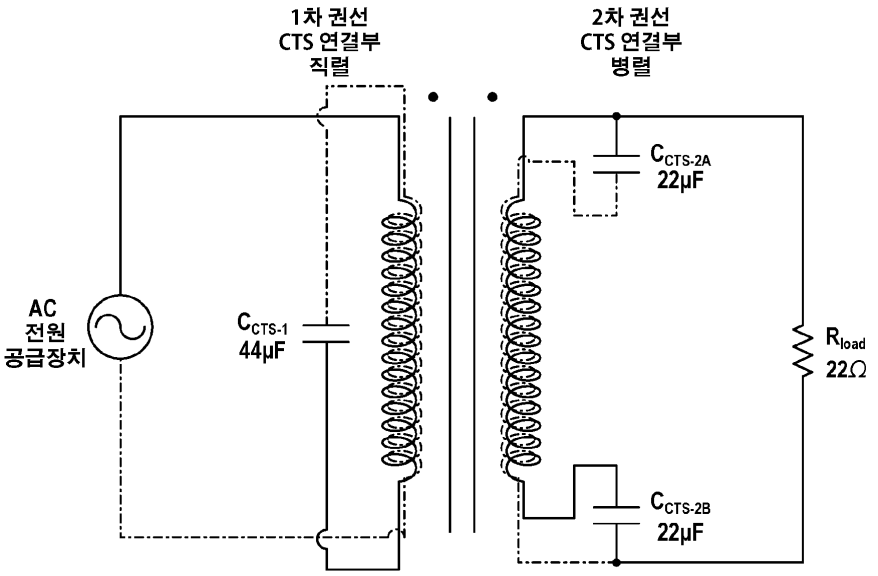
도면7


115Vrms
230Vrms
P1
S1
AC
전원공급장치
Vin
RLoad
66Ω
P2
S2

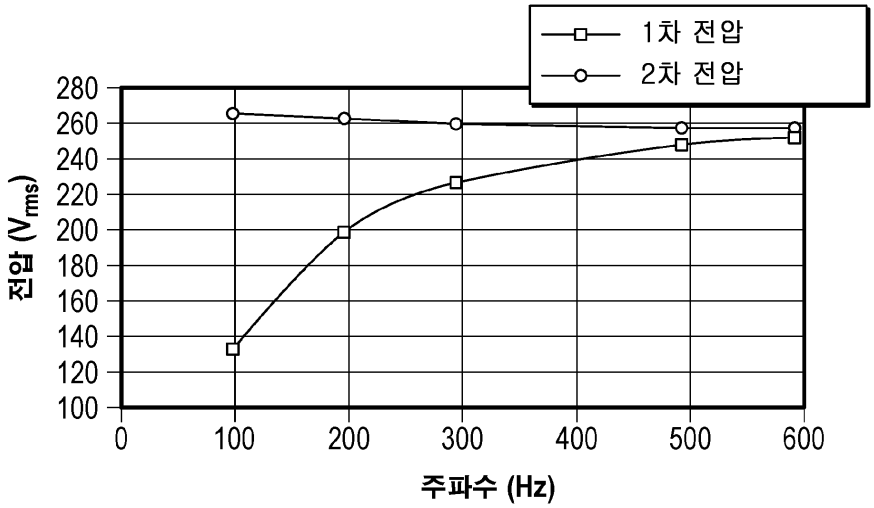
도면8


1차 전압
2차 전압
400
350
300
250
200
150
100
50
0
전압 (Vrms)
0
100
200
300
400
500
주파수 (Hz)

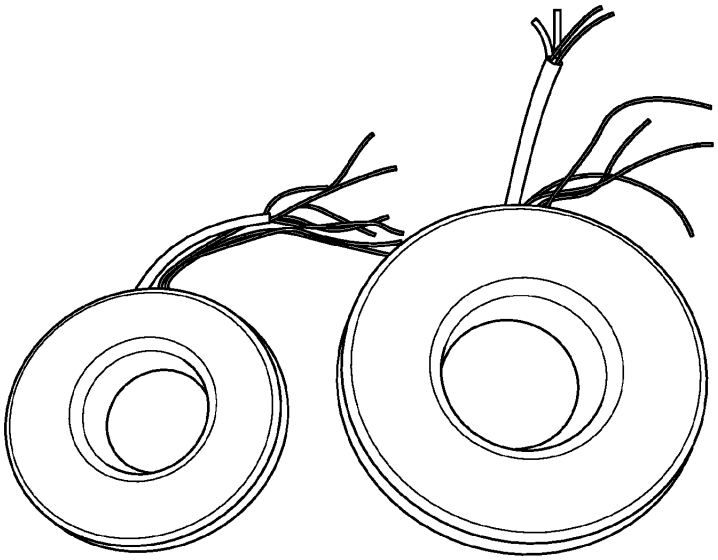
도면9


1차 권선
CTS 연결부
직렬
2차 권선
CTS 연결부
병렬
AC
전원
공급장치
C_{CTS-1}
44μF
C_{CTS-2A}
22μF
C_{CTS-2B}
22μF
R_{load}
22Ω

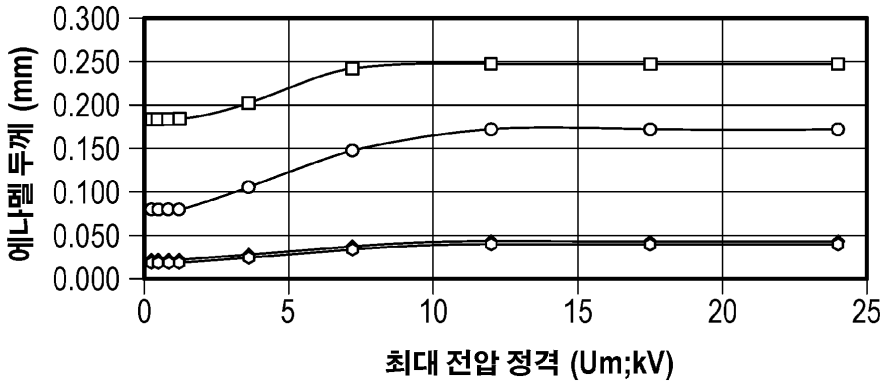
도면10


1차 전압
2차 전압
전압 (V_{rms})
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
0
100
200
300
400
500
600
주파수 (Hz)

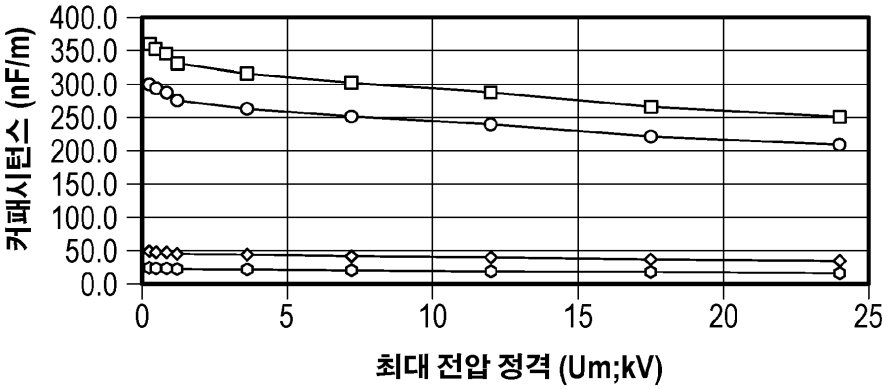
도면11



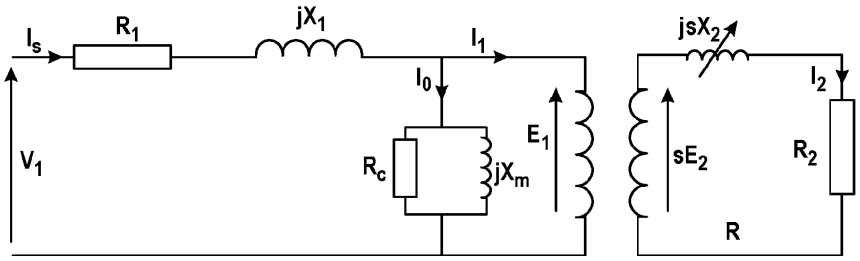
도면12



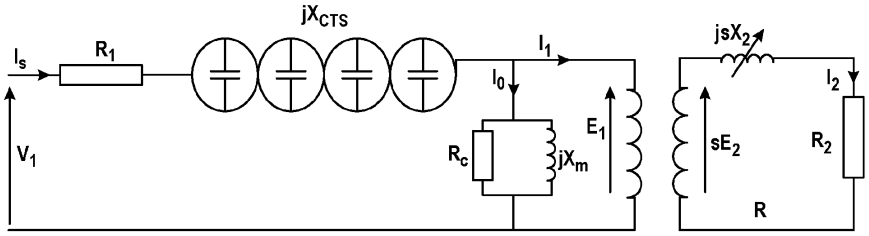
도면13



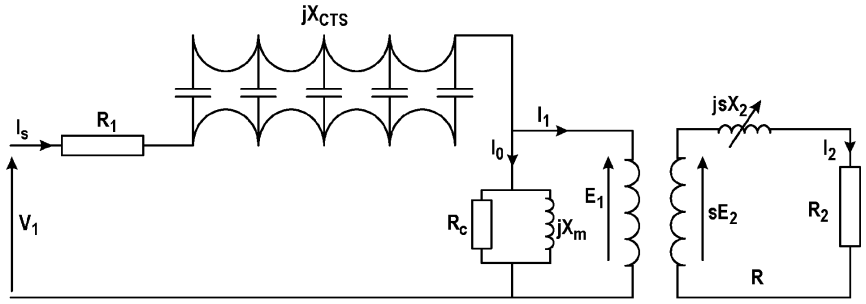
도면14



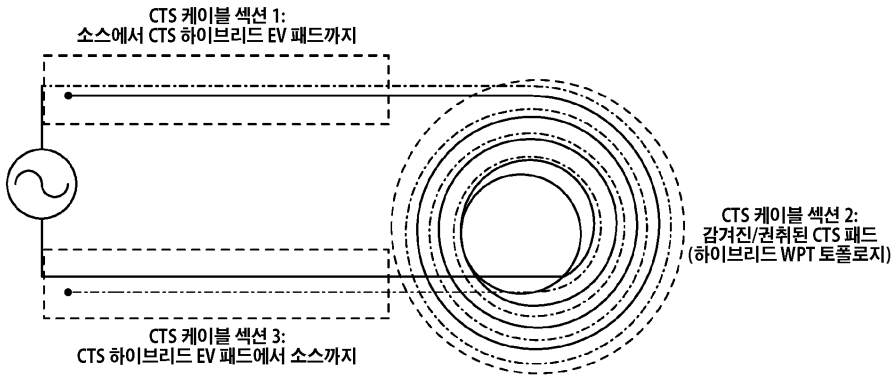
도면15



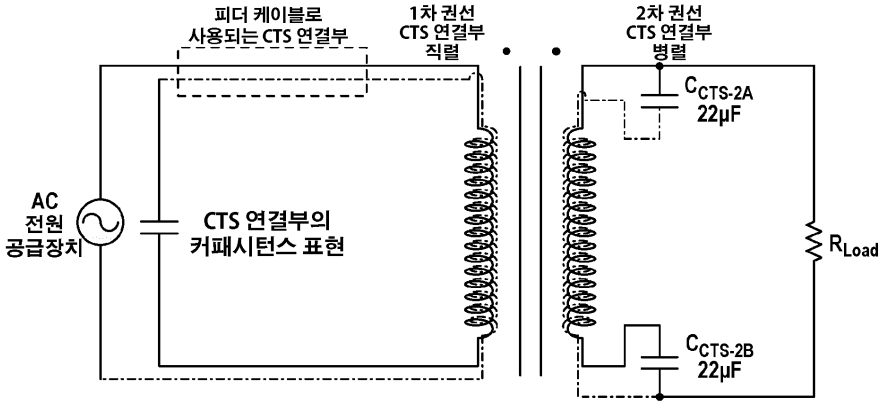
도면16



도면17



도면18


피더 케이블로
사용되는 CTS 연결부
1차 권선
CTS 연결부
직렬
2차 권선
CTS 연결부
병렬
AC
전원
공급장치
CTS 연결부의
커패시턴스 표현
C_{CTS-2A}
22μF
R_{Load}
C_{CTS-2B}
22μF