



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0131143
(43) 공개일자 2024년08월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02P 27/08 (2006.01) G01R 19/00 (2021.01)
G01R 27/20 (2006.01) G01R 31/42 (2006.01)
G01R 31/52 (2020.01) H02P 29/024 (2016.01)

(52) CPC특허분류

H02P 27/08 (2013.01)

G01R 19/0092 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0024517

(22) 출원일자 2023년02월23일

심사청구일자 2023년02월23일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

이상빈

서울특별시 강남구 개포로 409, 4동502호 (개포동, 현대3차아파트)

모함만

서울특별시 성북구 고려대로17가길 15 - 7제1호 (지하1층)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인남춘

전체 청구항 수 : 총 14 항

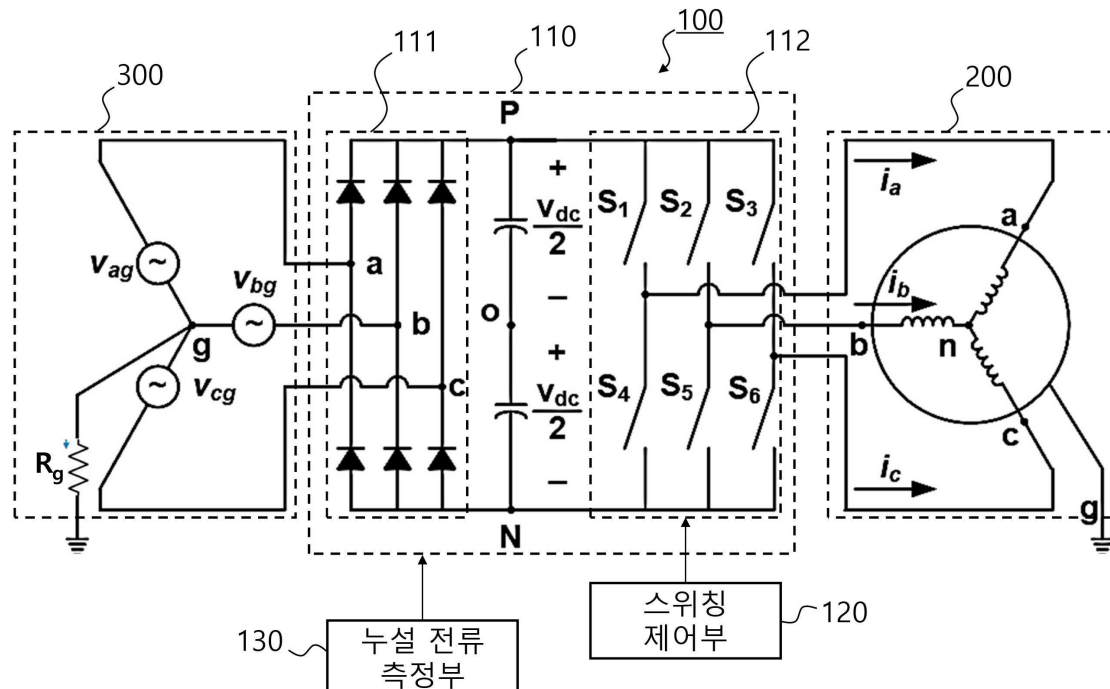
(54) 발명의 명칭 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치

(57) 요약

본 발명은 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치에 관한 것으로, 교류 전원을 입력받아 직류 전압으로 변환하는 정류부와, 상기 정류부로부터의 직류 전압을 스위칭하여 교류 전압으로 변환하여 상기 교류 전동기를 구동시키는 스위칭부와, 상기 스위칭부로부터 상기 구동 전압이 출력되는 구동 모드와, 상기 스위

(뒷면에 계속)

대표도 - 도4



칭부로부터 커먼 모드 전압이 출력되는 절연 열화 측정 모드 중 어느 하나로 상기 스위칭부를 제어하는 스위칭 제어부와, 상기 스위칭 제어부가 상기 절연 열화 측정 모드로 상기 스위칭부를 제어할 때, 상기 커먼 모드 전압의 출력에 따라 상기 교류 전동기로 흐르는 누설 전류를 측정하는 누설 전류 측정부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

이를 통해, 인버터나 교류 전동기의 설치 위치에 직접 방문하지 않고, 별도의 장비없이 인버터 자체를 이용하여 절연 열화 상태를 측정할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G01R 27/20 (2013.01)

G01R 31/42 (2019.01)

G01R 31/52 (2022.01)

H02P 29/024 (2021.08)

(72) 발명자

박철희

서울특별시 마포구 신촌로 150 (노고산동 신촌포스빌) 1113호

변남혁

서울특별시 양천구 오목로 300, 205동1402호 (목동, 현대하이페리온2)

명세서

청구범위

청구항 1

절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치에 있어서,

교류 전원을 입력받아 직류 전압으로 변환하는 정류부와,

상기 정류부로부터의 직류 전압을 스위칭하여 교류 전압으로 변환하여 상기 교류 전동기를 구동시키는 스위칭부와,

상기 스위칭부로부터 상기 구동 전압이 출력되는 구동 모드와, 상기 스위칭부로부터 커먼 모드 전압이 출력되는 절연 열화 측정 모드 중 어느 하나로 상기 스위칭부를 제어하는 스위칭 제어부와,

상기 스위칭 제어부가 상기 절연 열화 측정 모드로 상기 스위칭부를 제어할 때, 상기 커먼 모드 전압의 출력에 따라 상기 교류 전동기로 흐르는 누설 전류를 측정하는 누설 전류 측정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 스위칭 제어부는

상기 절연 열화 측정 모드에서 기 설정된 스위칭 주파수를 갖는 교류의 상기 커먼 모드 전압이 출력되도록 상기 스위칭부를 제어하는 것을 특징으로 하는 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 누설 전류 측정부는 상기 스위칭부와 상기 교류 전동기 사이로 흐르는 전류를 측정하기 위한 전류 센서를 포함하는 것을 특징으로 하는 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 전류 센서는 상기 구동 모드에서 상기 스위칭부로부터 상기 교류 전동기로 흐르는 상 전류를 측정하기 위한 인버터 내장형이며

인버터 내장형의 상기 전류 센서는 상기 절연 열화 측정 모드에서 상기 커먼 모드 전압에 의해 흐르는 누설 전류를 측정하는 것을 특징으로 하는 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 스위칭 제어부는

상기 절연 열화 측정 모드에서 상기 커먼 모드 전압에 의해 흐르는 누설 전류가 인버터 내장형의 상기 전류 센서에 의해 측정 가능하게 상기 스위칭 주파수를 제어하는 것을 특징으로 하는 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 스위칭부는 상호 직렬로 연결되는 제1 스위칭 소자 및 제4 스위칭 소자와, 상호 직렬로 연결되는 제2 스위

칭 소자 및 제5 스위칭 소자와, 상호 직렬로 연결되는 제3 스위칭 소자 및 제6 스위칭 소자를 포함하고;

상기 제1 스위칭 소자와 상기 제4 스위칭 소자 사이의 제1 분기점과 상기 교류 전동기의 제1 권선이 연결되고, 상기 제2 스위칭 소자와 상기 제5 스위칭 소자 사이의 제2 분기점과 상기 교류 전동기의 제2 권선이 연결되고, 상기 제3 스위칭 소자와 상기 제6 스위칭 소자 사이의 제3 분기점과 상기 교류 전동기의 제3 권선이 연결되며;

상기 스위칭 제어부는 상기 절연 열화 측정 모드에서,

상기 제1 스위칭 소자, 상기 제2 스위칭 소자 및 상기 제3 스위칭 소자 중 적어도 하나를 온시킴과 동시에 상기 제1 스위칭 소자, 상기 제2 스위칭 소자 및 상기 제3 스위칭 소자 중 온된 스위칭 소자와 직렬로 연결된 상기 제4 스위칭 소자, 상기 제5 스위칭 소자, 및/또는 상기 제6 스위칭 소자를 오프시키고, 상기 제1 스위칭 소자, 상기 제2 스위칭 소자 및 상기 제3 스위칭 소자를 오프시킴과 동시에 상기 제1 스위칭 소자, 상기 제2 스위칭 소자 및 상기 제3 스위칭 소자 중 오프된 스위칭 소자와 직렬로 연결된 상기 제4 스위칭 소자, 상기 제5 스위칭 소자, 및/또는 상기 제6 스위칭 소자를 온시키는 것을 교대로 반복하여, 교류의 상기 커먼 모드 전압을 출력하는 것을 특징으로 하는 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 스위칭 제어부는 상기 절연 열화 측정 모드에서,

상기 제1 스위칭 소자, 상기 제2 스위칭 소자 및 상기 제3 스위칭 소자, 상기 제4 스위칭 소자, 상기 제5 스위칭 소자 및 상기 제6 스위칭 소자 중 온오프를 교대로 반복하는 스위칭 소자 이외의 스위칭 소자가 오프 상태가 유지되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치.

청구항 8

제2항에 있어서,

상기 정류부로 교류 전원을 공급하는 AC 전원은 접지 저항을 통해 접지되며;

상기 누설 전류 측정부는 상기 절연 열화 측정 모드에서 상기 접지 저항으로 흐르는 전류를 상기 누설 전류로 측정하는 것을 특징으로 하는 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치.

청구항 9

제2항에 있어서,

상기 정류부와 상기 스위칭부에 대해 병렬로 분기되어 접지되는 접지 저항을 더 포함하며;

상기 누설 전류 측정부는 상기 절연 열화 측정 모드에서 상기 접지 저항으로 흐르는 전류를 상기 누설 전류로 측정하는 것을 특징으로 하는 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치.

청구항 10

제8항 또는 제9항에 있어서,

상기 누설 전류 측정부는 상기 접지 저항으로 흐르는 전류 중 상기 스위칭 주파수에 대응하는 주파수의 전류만을 상기 누설 전류로 측정하는 것을 특징으로 하는 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치.

청구항 11

교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치에 있어서,

교류 전원을 입력받아 직류 전압으로 변환하는 정류부와,

상기 정류부로부터의 직류 전압을 스위칭하여 구동 전압으로 변환하여 상기 교류 전동기를 구동시키는 스위칭부와,

상기 스위칭부로부터 상기 구동 전압이 출력되는 구동 모드와, 상기 스위칭부로부터 직류 전압이 출력되는 절연 열화 측정 모드 중 어느 하나로 상기 스위칭부를 제어하는 스위칭 제어부와,

상기 스위칭 제어부가 상기 절연 열화 측정 모드로 상기 스위칭부를 제어할 때, 상기 직류 전압의 출력에 따라 상기 교류 전동기로 흐르는 누설 전류를 측정하는 누설 전류 측정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 스위칭부는 상호 직렬로 연결되는 제1 스위칭 소자 및 제4 스위칭 소자와, 상호 직렬로 연결되는 제2 스위칭 소자 및 제5 스위칭 소자와, 상호 직렬로 연결되는 제3 스위칭 소자 및 제6 스위칭 소자를 포함하고;

상기 제1 스위칭 소자와 상기 제4 스위칭 소자 사이의 제1 분기점과 상기 교류 전동기의 제1 권선이 연결되고, 상기 제2 스위칭 소자와 상기 제5 스위칭 소자 사이의 제2 분기점과 상기 교류 전동기의 제2 권선이 연결되고, 상기 제3 스위칭 소자와 상기 제6 스위칭 소자 사이의 제3 분기점과 상기 교류 전동기의 제3 권선이 연결되며;

상기 스위칭 제어부는 상기 절연 열화 측정 모드에서,

상기 제1 스위칭 소자, 상기 제2 스위칭 소자 및 상기 제3 스위칭 소자 중 적어도 하나를 온시킴과 동시에 상기 제1 스위칭 소자, 상기 제2 스위칭 소자 및 상기 제3 스위칭 소자 중 온된 스위칭 소자와 직렬로 연결된 상기 제4 스위칭 소자, 상기 제5 스위칭 소자, 및/또는 상기 제6 스위칭 소자를 오프시키고, 상기 제1 스위칭 소자, 상기 제2 스위칭 소자 및 상기 제3 스위칭 소자를 오프시킴과 동시에 상기 제1 스위칭 소자, 상기 제2 스위칭 소자 및 상기 제3 스위칭 소자 중 오프된 스위칭 소자와 직렬로 연결된 상기 제4 스위칭 소자, 상기 제5 스위칭 소자, 및/또는 상기 제6 스위칭 소자를 온시켜, 상기 직류 전압을 출력하는 것을 특징으로 하는 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 정류부로 교류 전원을 공급하는 AC 전원은 접지 저항을 통해 접지되며;

상기 누설 전류 측정부는 상기 절연 열화 측정 모드에서 상기 접지 저항으로 흐르는 전류를 상기 누설 전류로 측정하는 것을 특징으로 하는 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 정류부와 상기 스위칭부에 대해 병렬로 분기되어 접지되는 접지 저항을 더 포함하며;

상기 누설 전류 측정부는 상기 절연 열화 측정 모드에서 상기 접지 저항으로 흐르는 전류를 상기 누설 전류로 측정하는 것을 특징으로 하는 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 교류 전동기의 절연 열화의 측정이 가능한 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 교류 전동기, 예컨대, 3상 교류 전동기는, 도 1에 보인 120도의 간격으로 설치된 3개의 고정자 권선에 평형 3상 전압을 인가하여 회전 자계를 만들고, 회전 자계에 의해 회전자를 회전시킨다. 회전자계의 속도는 입력 전원의 주파수(f)에 비례하고 전동기의 극수(P)에 반비례($120 \times f / P$)한다.

[0003] 교류 전동기는 고정자 회전자계와 자기적 극성을 가지는 회전자의 상호작용으로 토크를 발생하여 회전한다. 교류 전동기의 종류는 회전자의 설계에 따라 유도 전동기(권선형, 농형), 동기 전동기(영구자석, 권선형, 릴럭턴

스 등) 등으로 분류되며, 모든 교류 전동기의 3상 고정자의 권선의 구조와 역할은 개념적으로 동일하다.

- [0004] 교류 전동기의 속도는 입력 주파수와 극수에 따라 정해지는 관계로 속도 제어를 위해서는 3상 전원의 입력 주파수를 제어할 수 있는 장치인 인버터를 필요로 한다.
- [0005] 도 2는 통상적인 인버터의 구조의 예를 나타낸 도면이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 인버터는 단상 또는 3상 교류 전원(3)을 정류기(1)를 이용하여 직류 전압으로 변환하며, 직류 전압을 스위치 6개(S1~S6)로 구성된 스위칭부(2)를 이용하여 원하는 주파수의 3상 전압으로 변환하여, 고정자 권선(4) 측으로 공급한다.
- [0006] 이러한 인버터를 이용하여 교류 전동기를 구동을 하면 속도 제어가 가능할 뿐 아니라, 높은 효율의 운전과 기동 전류가 낮은 소프트 스타팅을 가능하게 해준다. 따라서 3상 전원을 직접 인가하여 구동하는 많은 3상 교류 전동기는 최근 들어 인버터 기반 구동 장치를 이용하는 구동방식으로 교체되고 있다.
- [0007] 다상의 고정자 권선은 모두 WYE 또는 DELTA 결선 등으로 연결되며 자속 생성에 충분한 기자력(magneto-motive force, MMF)을 발생시키기 위해 다수의 턴을 가진다.
- [0008] 고정자 권선은 전기적으로 동일한 상이나 다른 상의 도체 간, 또는 도체와 접지 간의 분리를 위해 절연되어 있으며, 동일한 턴은 여러 개의 소선으로 구성된다.
- [0009] 고정자 권선은 절연의 종류에 따라 소선(strand), 턴간(turn), 상간(phase), 상(ground wall) 절연으로 분류된다. 저압 전동기에 사용되는 random wound 권선과 고압 전동기에 사용되는 form wound 권선에서의 소선, 턴간, 상간, 상 절연의 예가 도 3의 좌측과 우측에 각각 도시되어 있다.
- [0010] 한편, 절연 파괴는 교류 전동기에 발생하는 전기적 고장의 가장 흔한 원인이며, 절연 물질의 열적, 기계적, 전기적, 환경적 스트레스의 조합으로 인해 열화되어 절연 파괴에 이른다. 절연을 구성하는 재료에는 유기물(organic material)이 포함되어 있어 기계적 마모, 열, 그리고 방전에 취약하며 열화가 됨에 따라 절연의 전기적인 내압 능력은 떨어진다.
- [0011] 인버터로 교류 전동기를 구동을 하면 다음과 같은 여러 가지 이유로 절연에 대한 스트레스가 정현파 상용전원으로 구동하는 것보다 증가한다.
- [0012] 먼저, 저속 운전에서 축 팬의 냉각 능력 저하로 열적 스트레스에 해당한다. 그리고, 스위칭부의 스위칭에 따른 PWM 전압에 의한 전압과 전류 고조파 증가로 인한 전동기 손실 및 누설 전류의 증가로 인한 온도 상승에 따른 열적 스트레스이다. 그리고, dv/dt가 높은 PWM 전압의 고조파 성분 때문에 단자 전압 상승과 전압 분포 변화를 야기하게 되는데, 이는 전기적 스트레스에 해당한다.
- [0013] 부분 방전(PD: Partial Discharge)은 정현파 상용전원으로 구동하는 고압 전동기에서만 발생하는 현상으로 알려져 왔으나, 높은 dv/dt의 PWM으로 인해 저압 전동기에서도 부분 방전이 발생하는 것이 가능하다고 알려져 있다.
- [0014] 인버터로 구동되는 저압 전동기에서 부분 방전이 발생함에 따라 이에 취약한 random wound 권선의 빠른 절연 열화와 파괴의 원인의 하나가 된다. 고압 전동기의 고정자 절연은 부분 방전에 견딜 수 있는 강인한 물질인 운모(mica)나 유리 섬유(glass fiber) 등의 무기물로 되어 있는 반면, 저압 전동기의 절연은 유기물로 되어 있어 부분 방전이 발생하면 이에 견디지 못하고 빠른 절연 열화와 파괴로 이어질 수 있다.
- [0015] 이와 같은 여러 가지 이유로 인버터 기반의 교류 전동기의 턴간, 상간, 상 절연 시스템은 상용전원 구동 전동기보다 열화가 빠르게 진행이 된다. 열화된 절연은 견딜 수 있는 전기적 또는 기계적인 내력을 초과하는 충격이 가해지면 절연 파괴가 일어난다. 절연이 파괴되면 전동기 고정자 권선과 고정자 코어를 통해 과전류가 흘러 차단기 작동으로 운전 중에 전동기가 불시에 정지되어 공정 정지에 따른 막대한 경제적 손실을 가져올 수 있다. 따라서 교류 전동기의 신뢰성 있는 운전을 위해 산업 현장에서는 절연 시험을 정기적으로 행하고 있다.
- [0016] 교류 전동기에서 고정자 절연은 베어링과 함께 고장이 가장 잘 일어나는 부분으로 운전 중 전동기 정지를 방지하기 위해 많은 절연 진단 시험들이 개발되고 사용되어 왔다.
- [0017] 대표적인 절연 시험들은 아래의 3가지로 분류할 수 있다.
- [0018] 먼저, 파괴 시험 방법으로, 교류 전동기의 고정자 권선 절연에 정격 전압보다 크게 높은 전압을 인가하여 절연이 파괴되는지 여부를 판단하는 것이다. 절연 파괴가 일어나지 않은 교류 전동기는 계속 사용이 가능하며 절연 파괴가 일어나면 재권선 등의 후속 작업을 진행하게 된다.
- [0019] 다음으로, 절연 파라미터를 측정하는 방법이다. 교류 전동기의 고정자 권선 절연에 정격 전압이나 이보다 높은

전압을 인가하여 커패시턴스(C, capacitance), 누설 전류, 유전정접(DF, dissipation factor), 절연저항(IR, insulation resistance), PI(polarization index) 등을 측정하고, 이들의 변화하는 동향을 통해 절연의 상태를 파악하는 방법이다. 파괴 시험 방법과 절연 파라미터를 측정하는 방법은 모두 교류 전동기의 운행을 정지한 상태에서 진행된다.

[0020] 다음으로, 부분 방전 측정 방법이 있다. 이 방법은 교류 전동기의 고정자 권선 절연에 정격전압이나, 이보다 높은 전압을 인가하여 절연 열화의 증세인 부분 방전(PD, partial discharge)을 측정한다. 부분 방전 측정 방법은 정지 중 또는 운전 중 측정이 가능한 장점이 있다.

[0021] 상기와 같은 종래의 절연 시험 방법 중 교류 전동기의 정지 중에 시험하는 방법의 경우, 교류 전동기를 정지시키고, 전원과의 연결을 끊고, 교류 전동기의 단자에서 직접 시험을 해야 하며, 대부분의 시험들은 고가의 장비가 필요한 단점에 있다.

[0022] 이와 같은 단점은, 절연 시험을 자주 수행할 수 없을 뿐만 아니라, 인건비와 장비비 등 시험 비용이 높아지는 문제점이 있다. 또한, 교류 전동기가 놓인 환경에 따라 시험이 위험하거나 불가능할 수도 있다. 일 예로, 풍력 발전에 사용되는 경우, 측정에 어려움과 위험이 따를 수 있고, 전기 자동차의 경우 인버터와 교류 전동기가 일체로 제작되는 경우가 있어 측정 자체가 어려워진다.

[0023] 운전 중 절연 시험이 가능한 부분 방전 측정 방법은 시험 장비가 상당히 고가이고, 절연 시험을 위한 하드웨어의 설치가 필요하고, 시험 결과 분석에 전문가가 필요하며, 정격이 4 kV 이상인 고압 전동기에만 적용이 가능한 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0024] 이에, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해소하기 위해 안출된 것으로서, 인버터나 교류 전동기의 설치 위치에 직접 방문하지 않고, 별도의 장비없이 인버터 자체를 이용하여 절연 열화 상태를 측정할 수 있는 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0025] 또한, 본 발명은 누설 전류의 측정을 위해 상대적으로 작은 크기의 전압을 인가하면서도 높은 해상도의 누설 전류의 측정이 가능한 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치를 제공하는데 또 다른 목적이 있다.

[0026] 그리고, 본 발명은 측정되는 누설 전류의 크기를 쉽게 조절하여, 적합한 해상도의 누설 전류의 측정이 가능한 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치를 제공하는데 또 다른 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0027] 상기 목적은 본 발명에 따라, 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치에 있어서, 교류 전원을 입력받아 직류 전압으로 변환하는 정류부와, 상기 정류부로부터의 직류 전압을 스위칭하여 교류 전압으로 변환하여 상기 교류 전동기를 구동시키는 스위칭부와, 상기 스위칭부로부터 상기 구동 전압이 출력되는 구동 모드와, 상기 스위칭부로부터 커먼 모드 전압이 출력되는 절연 열화 측정 모드 중 어느 하나로 상기 스위칭부를 제어하는 스위칭 제어부와, 상기 스위칭 제어부가 상기 절연 열화 측정 모드로 상기 스위칭부를 제어할 때, 상기 커먼 모드 전압의 출력에 따라 상기 교류 전동기로 흐르는 누설 전류를 측정하는 누설 전류 측정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치에 의해서 달성된다.

[0028] 여기서, 상기 스위칭 제어부는 상기 절연 열화 측정 모드에서 기 설정된 스위칭 주파수를 갖는 교류의 상기 커먼 모드 전압이 출력되도록 상기 스위칭부를 제어할 수 있다.

[0029] 또한, 상기 누설 전류 측정부는 상기 스위칭부와 상기 교류 전동기 사이로 흐르는 전류를 측정하기 위한 전류 센서를 포함할 수 있다.

[0030] 그리고, 상기 전류 센서는 상기 구동 모드에서 상기 스위칭부로부터 상기 교류 전동기로 흐르는 상 전류를 측정하기 위한 인버터 내장형이며; 인버터 내장형의 상기 전류 센서는 상기 절연 열화 측정 모드에서 상기 커먼 모드 전압에 의해 흐르는 누설 전류를 측정할 수 있다.

[0031] 그리고, 상기 스위칭 제어부는 상기 절연 열화 측정 모드에서 상기 커먼 모드 전압에 의해 흐르는 누설 전류가

인버터 내장형의 상기 전류 센서에 의해 측정 가능하게 상기 스위칭 주파수를 제어할 수 있다.

- [0032] 여기서, 상기 스위칭부는 상호 직렬로 연결되는 제1 스위칭 소자 및 제4 스위칭 소자와, 상호 직렬로 연결되는 제2 스위칭 소자 및 제5 스위칭 소자와, 상호 직렬로 연결되는 제3 스위칭 소자 및 제6 스위칭 소자를 포함하고; 상기 제1 스위칭 소자와 상기 제4 스위칭 소자 사이의 제1 분기점과 상기 교류 전동기의 제1 권선이 연결되고, 상기 제2 스위칭 소자와 상기 제5 스위칭 소자 사이의 제2 분기점과 상기 교류 전동기의 제2 권선이 연결되고, 상기 제3 스위칭 소자와 상기 제6 스위칭 소자 사이의 제3 분기점과 상기 교류 전동기의 제3 권선이 연결되며; 상기 스위칭 제어부는 상기 절연 열화 측정 모드에서, 상기 제1 스위칭 소자, 상기 제2 스위칭 소자 및 상기 제3 스위칭 소자 중 적어도 하나를 온시킴과 동시에 상기 제1 스위칭 소자, 상기 제2 스위칭 소자 및 상기 제3 스위칭 소자 중 온된 스위칭 소자와 직렬로 연결된 상기 제4 스위칭 소자, 상기 제5 스위칭 소자, 및/또는 상기 제6 스위칭 소자를 오프시키고, 상기 제1 스위칭 소자, 상기 제2 스위칭 소자 및 상기 제3 스위칭 소자를 오프시킴과 동시에 상기 제1 스위칭 소자, 상기 제2 스위칭 소자 및 상기 제3 스위칭 소자 중 오프된 스위칭 소자와 직렬로 연결된 상기 제4 스위칭 소자, 상기 제5 스위칭 소자, 및/또는 상기 제6 스위칭 소자를 온시키는 것을 교대로 반복하여, 교류의 상기 커먼 모드 전압을 출력할 수 있다.
- [0033] 여기서, 상기 스위칭 제어부는 상기 절연 열화 측정 모드에서, 상기 제1 스위칭 소자, 상기 제2 스위칭 소자 및 상기 제3 스위칭 소자, 상기 제4 스위칭 소자, 상기 제5 스위칭 소자 및 상기 제6 스위칭 소자 중 온오프를 교대로 반복하는 스위칭 소자 이외의 스위칭 소자가 오프 상태가 유지되도록 제어할 수 있다.
- [0034] 그리고, 상기 정류부로 교류 전원을 공급하는 AC 전원은 접지 저항을 통해 접지되며; 상기 누설 전류 측정부는 상기 절연 열화 측정 모드에서 상기 접지 저항으로 흐르는 전류를 상기 누설 전류로 측정할 수 있다.
- [0035] 또한, 상기 정류부와 상기 스위칭부에 대해 병렬로 분기되어 접지되는 접지 저항을 더 포함하며; 상기 누설 전류 측정부는 상기 절연 열화 측정 모드에서 상기 접지 저항으로 흐르는 전류를 상기 누설 전류로 측정할 수 있다.
- [0036] 그리고, 상기 누설 전류 측정부는 상기 접지 저항으로 흐르는 전류 중 상기 스위칭 주파수에 대응하는 주파수의 전류만을 상기 누설 전류로 측정할 수 있다.
- [0037] 한편, 상기 목적은 본 발명의 다른 실시 형태에 따라, 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치에 있어서, 교류 전원을 입력받아 직류 전압으로 변환하는 정류부와, 상기 정류부로부터의 직류 전압을 스위칭하여 구동 전압으로 변환하여 상기 교류 전동기를 구동시키는 스위칭부와, 상기 스위칭부로부터 상기 구동 전압이 출력되는 구동 모드와, 상기 스위칭부로부터 직류 전압이 출력되는 절연 열화 측정 모드 중 어느 하나로 상기 스위칭부를 제어하는 스위칭 제어부와, 상기 스위칭 제어부가 상기 절연 열화 측정 모드로 상기 스위칭부를 제어할 때, 상기 직류 전압의 출력에 따라 상기 교류 전동기로 흐르는 누설 전류를 측정하는 누설 전류 측정부를 포함할 수 있다.
- [0038] 여기서, 상기 스위칭부는 상호 직렬로 연결되는 제1 스위칭 소자 및 제4 스위칭 소자와, 상호 직렬로 연결되는 제2 스위칭 소자 및 제5 스위칭 소자와, 상호 직렬로 연결되는 제3 스위칭 소자 및 제6 스위칭 소자를 포함하고; 상기 제1 스위칭 소자와 상기 제4 스위칭 소자 사이의 제1 분기점과 상기 교류 전동기의 제1 권선이 연결되고, 상기 제2 스위칭 소자와 상기 제5 스위칭 소자 사이의 제2 분기점과 상기 교류 전동기의 제2 권선이 연결되고, 상기 제3 스위칭 소자와 상기 제6 스위칭 소자 사이의 제3 분기점과 상기 교류 전동기의 제3 권선이 연결되며; 상기 스위칭 제어부는 상기 절연 열화 측정 모드에서, 상기 제1 스위칭 소자, 상기 제2 스위칭 소자 및 상기 제3 스위칭 소자 중 적어도 하나를 온시킴과 동시에 상기 제1 스위칭 소자, 상기 제2 스위칭 소자 및 상기 제3 스위칭 소자 중 온된 스위칭 소자와 직렬로 연결된 상기 제4 스위칭 소자, 상기 제5 스위칭 소자, 및/또는 상기 제6 스위칭 소자를 오프시키고, 상기 제1 스위칭 소자, 상기 제2 스위칭 소자 및 상기 제3 스위칭 소자를 오프시킴과 동시에 상기 제1 스위칭 소자, 상기 제2 스위칭 소자 및 상기 제3 스위칭 소자 중 오프된 스위칭 소자와 직렬로 연결된 상기 제4 스위칭 소자, 상기 제5 스위칭 소자, 및/또는 상기 제6 스위칭 소자를 온시켜, 상기 직류 전압을 출력할 수 있다.
- [0039] 그리고, 상기 정류부로 교류 전원을 공급하는 AC 전원은 접지 저항을 통해 접지되며; 상기 누설 전류 측정부는 상기 절연 열화 측정 모드에서 상기 접지 저항으로 흐르는 전류를 상기 누설 전류로 측정할 수 있다.
- [0040] 그리고, 상기 정류부와 상기 스위칭부에 대해 병렬로 분기되어 접지되는 접지 저항을 더 포함하며; 상기 누설 전류 측정부는 상기 절연 열화 측정 모드에서 상기 접지 저항으로 흐르는 전류를 상기 누설 전류로 측정할 수 있다.

발명의 효과

- [0041] 상기와 같은 구성에 따라, 본 발명에 따르면, 인버터나 교류 전동기의 설치 위치에 직접 방문하지 않고, 별도의 장비없이 인버터 자체를 이용하여 절연 열화 상태를 측정할 수 있는 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치가 제공된다.
- [0042] 또한, 누설 전류의 측정을 위해 상대적으로 작은 크기의 전압을 인가하면서도 높은 해상도의 누설 전류의 측정이 가능하게 된다.
- [0043] 그리고, 측정되는 누설 전류의 크기를 쉽게 조절하여, 적합한 해상도의 누설 전류의 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치가 제공된다.

도면의 간단한 설명

- [0044] 도 1은 통상적인 3상 교류 전동기의 구성의 예를 나타낸 도면이고,
- 도 2는 통상적인 인버터의 구조의 예를 나타낸 도면이고,
- 도 3은 통상적인 3상 교류 전동기의 고정자 권선의 예를 나타낸 도면이고,
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치의 구성의 예를 나타낸 도면이고,
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치에서 커먼 모드 전압과 누설 전류의 예를 나타낸 도면이고,
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치에서 권선과 접지 사이 절연의 전기적 모델을 설명하기 위한 도면이고,
- 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치에서 누설 전류의 측정 원리의 예를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기의 인버터 기반 구동 장치에서 누설 전류의 측정의 다른 예를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0045] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 제한되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 기술자에게 본 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0046] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 명세서 전체에 걸쳐 동일한 도면 부호는 동일한 구성 요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 구성요소들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다. 비록 "제1", "제2" 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.
- [0047] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 기술자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0048] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시예들을 상세히 설명한다.
- [0049] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 절연 열화 측정이 가능한 교류 전동기(200)의 인버터 기반 구동 장치(100)의

구성의 예를 나타낸 도면이다.

- [0050] 도 4를 참조하여 설명하면, 본 발명의 실시예에 따른 인버터 기반 구동 장치(100)는 정류부(111), 스위칭부(112), 스위칭 제어부(120) 및 누설 전류 측정부(130)를 포함하여 구성될 수 있다. 여기서, 정류부(111)와 스위칭부(112)는 교류 전동기(200)의 구동을 위한 인버터(110)를 구성하게 된다.
- [0051] 본 발명의 실시예에 따른 정류부(111)는 AC 전원(300)으로부터 교류 전원을 입력받아 직류 전압으로 변환한다. 본 발명의 실시예에서는 정류부(111)가 AC 전원(300)이 3상 교류 전원을 입력받아 직류 전원으로 변환하는 것을 예로 한다.
- [0052] 일 실시예로, 정류부(111)는 3상 정류 회로로 구현되는 것을 예로 한다. 도 4에 도시된 바와 같이, 정류부(111)는 상호 직렬로 연결된 한 쌍씩의 다이오드가 병렬로 3 상으로 연결되어 구성될 수 있다.
- [0053] 그리고, 직렬로 연결된 한 쌍의 다이오드 사이의 분기점(a,b,c) 각각이 AC 전원(300)의 각 상 측에 전기적으로 연결되어, AC 전원(300)이 공급한 전원이 정류부(111)로 유입되도록 마련될 수 있다.
- [0054] 본 발명의 실시예에 따른 스위칭부(112)는 정류부(111)로부터의 직류 전압을 스위칭하여 원하는 형태의 구동 전압(또는 구동 전류)로 변환하여 교류 전동기(200)로 인가함으로써, 교류 전동기(200)를 구동시킨다.
- [0055] 일 실시예로, 스위칭부(112)는 복수의 스위칭 소자를 포함하여 구성될 수 있다. 본 발명의 실시예에서는 스위칭 제어부(120)를 통해 펄스 폭 제어가 가능하도록 6개의 스위칭 소자를 포함하는 것을 예로 하며, 각각 제1 스위칭 소자(S1), 제2 스위칭 소자(S2), 제3 스위칭 소자(S3), 제4 스위칭 소자(S4), 제5 스위칭 소자 및 제6 스위칭 소자(S6)로 정의하여 설명한다.
- [0056] 여기서, 제1 스위칭 소자(S1)와, 제4 스위칭 소자(S4)는 상호 직렬로 연결된다. 그리고, 제2 스위칭 소자(S2)와 제5 스위칭 소자(S5)가 상호 직렬로 연결되고, 제3 스위칭 소자(S3)와 제6 스위칭 소자(S6)가 상호 직렬로 연결된다. 제1 스위칭 소자(S1) 및 제4 스위칭 소자(S4)는 제2 스위칭 소자(S2) 및 제5 스위칭 소자(S5)에 대해 병렬로 연결되고, 마찬가지로 제3 스위칭 소자(S3) 및 제6 스위칭 소자(S6)에 대해서도 병렬로 연결된다. 제2 스위칭 소자(S2) 및 제5 스위칭 소자(S5)는 제3 스위칭 소자(S3) 및 제6 스위칭 소자(S6)에 대해 병렬로 연결된다.
- [0057] 또한, 제1 스위칭 소자(S1)와 제4 스위칭 소자(S4) 사이의 제1 분기점이 교류 전동기(200)의 제1 권선에 전기적으로 연결되고, 제2 스위칭 소자(S2)와 제5 스위칭 소자(S5) 사이의 제2 분기점이 교류 전동기(200)의 제2 권선에 전기적으로 연결되고, 제3 스위칭 소자(S3)와 제6 스위칭 소자(S6) 사이의 제3 분기점이 교류 전동기(200)의 제3 권선에 전기적으로 연결된다.
- [0058] 상기 스위칭 소자들의 온/오프에 따라 제1 권선, 제2 권선 및 제3 권선에는 전류가 흐르거나 차단되어 회전자를 회전시키기 위한 회전 자계의 형성이 가능하게 된다.
- [0059] 일 실시예로, 정류부(111)와 스위칭부(112) 사이에는 정류부(111)와 스위칭부(112)에 대해 병렬로 연결되는 커패시터가 마련될 수 있다. 도 4에서는 한 쌍의 커패시터가 직렬로 연결되는 것을 예로 한다. 여기서, 커패시터는 스위칭부(112)로 공급되는 직류 전압을 안정화시킬 수 있다.
- [0060] 본 발명의 실시예에 따른 스위칭 제어부(120)는 스위칭부(112)의 스위칭 동작을 제어할 수 있다. 일 실시예로, 스위칭 제어부(120)는 PWM 제어를 통해 스위칭부(112)를 구성하는 각각의 스위칭 소자를 제어할 수 있다.
- [0061] 본 발명의 실시예에서는 스위칭 제어부(120)가 구동 모드와 절연 열화 측정 모드 중 어느 하나로 스위칭부(112)를 제어하는 것을 예로 한다.
- [0062] 일 실시예로, 스위칭 제어부(120)는 구동 모드에서, 스위칭부(112)로부터 상술한 구동 전압이 출력되도록 스위칭부(112)를 제어하여, 교류 전동기(200)를 구동시키게 된다.
- [0063] 반면, 스위칭 제어부(120)는 절연 열화 측정 모드에서, 스위칭부(112)로부터 커먼 모드 전압(Common mode voltage)이 출력되도록 스위칭부(112)를 제어하여, 누설 전류 측정부(130)에 의해 누설 전류의 측정이 가능하게 한다.
- [0064] 본 발명의 실시예에 따른 누설 전류 측정부(130)는 스위칭 제어부(120)가 절연 열화 측정 모드로 스위칭부(112)를 제어할 때, 커먼 모드 전압의 출력에 따라 교류 전동기(200) 측으로 흐르는 누설 전류를 측정하게 된다.
- [0065] 여기서, 스위칭 제어부(120)가 절연 열화 측정 모드로 스위칭부(112)를 제어할 때, 교류 전동기(200)의 구동은 중단되는 상태이다. 이에, 본 발명의 실시예에서는 교류 전동기(200)의 구동이 정지될 때, 스위칭 제어부(120)

가 스위칭부(112)를 절연 열화 측정 모드로 동작시켜 누설 전류를 측정함으로써, 별도의 측정 장비 없이 자체 인버터(110)를 이용하여 교류 전동기(200)의 운행 정지 중에 절연 열화 상태의 측정이 가능하게 된다.

[0066] 본 발명의 실시예에서는 스위칭 제어부(120)가 절연 열화 측정 모드에서 기 설정된 스위칭 주파수를 갖는 교류의 커먼 모드 전압이 출력되도록 스위칭부(112)를 제어하는 것을 예로 한다.

[0067] 일 실시예로, 스위칭 제어부(120)는 절연 열화 측정 모드에서, 제1 스위칭 소자(S1), 제2 위칭 소자(S2) 및 제3 위칭 소자(S3)를 온시킴과 동시에 제4 위칭 소자(S4), 제5 위칭 소자(S5) 및 제6 위칭 소자(S6)를 오프시키고, 제1 스위칭 소자(S1), 제2 위칭 소자(S2) 및 제3 위칭 소자(S3)를 오프시킴과 동시에 제4 위칭 소자(S4), 제5 위칭 소자(S5) 및 제6 위칭 소자(S6)를 온시키는 것을 교대로 반복하되, 앞서 설명한 스위칭 주파수로 교대로 반복하여 온/오프시켜, 교류의 커먼 모드 전압을 출력하는 것을 예로 한다.

[0068] 이하에서는 상기와 같은 교류의 커먼 모드 전압이 인가되는 상태에서 누설 전류 측정부(130)에 의해 측정된 누설 전류를 이용한 절연 열화 상태를 측정하는 원리에 대해 설명한다.

[0069] 스위칭 제어부(120)에 의해 절연 열화 측정 모드에서, 스위칭부(112)가 상기와 같이 스위칭되면, 교류 전동기(200)의 권선과 접지 사이의 전압인 커먼 모드 전압(v_{com})으로, 도 5에 도시된 바와 같이, $+V_{dc}/2$ 와 $-V_{dc}/2$ 가 교대로 인가된다.

[0070] 커먼 모드 전압(v_{com})이 인가되는 상태에서, 교류 전동기(200)의 3상 권선에는 동일한 전압이 인가가 되어 전류가 흐르지 않는다. 권선과 접지 사이의 전압(v_{com})에 의해, 권선 절연에 누설 전류만이 흐르는 상태가 된다.

[0071] 권선과 접지 사이 절연의 전기적 모델은, 도 6에 도시된 바와 같이 나타낼 수 있다.

[0072] 도 6의 (a)을 참조하여 설명하면, 전기적 모델은 절연에 의한 커패시턴스(C)와 병렬 저항(R)으로 표현될 수 있다. 일반적으로 병렬 저항의 임피던스 값은 커패시터의 임피던스보다 훨씬 크기 때문에 절연은 커패시턴스의 성격을 가지며, 커패시턴스를 통해 흐르는 전류가 지배적이다. 커먼 모드 전압(v_{com})의 인가 후에, 누설 전류 측정부(130)가 절연을 통한 누설 전류를 측정하면, 인가된 전압과 누설 전류로부터 커패시터와 저항에 흐르는 전류의 크기인 I_R 과 I_C 를 도 6의 (b)로부터 [수학식 1] 및 [수학식 2]를 통해 산출될 수 있다.

[0073] [수학식 1]

$$I_R = I_{leak} \cos \theta$$

[0075] [수학식 2]

$$I_C = I_{leak} \sin \theta$$

[0077] [수학식 1] 및 [수학식 2]에서 I_{leak} 는 누설 전류 측정부(130)에 의해 측정된 누설 전류이다.

[0078] [수학식 1]과 [수학식 2]를 통해 커패시턴스(C)와 병렬 저항(R)은 [수학식 3] 및 [수학식 4]를 통해 산출할 수 있다.

[0079] [수학식 3]

$$C = I_C / \omega V$$

[0081] [수학식 4]

$$R = \frac{V}{I_R}$$

[0083] [수학식 3]에서 ω 는 스위칭 주파수이다.

[0084] 또한, 절연 인자로 사용되는 유전정접 DF는 [수학식 5]를 통해 산출될 수 있다.

[0085] [수학식 5]

$$DF = \tan(90 - \theta) = I_R / I_C$$

[0087] 상기와 같이 산출되는 절연 인자들을 이용하여, 절연 열화 상태를 측정 가능한데, 일 예로 시간의 경과에 따른

변화를 관찰함으로써, 절연 상태의 진단이 가능하게 된다.

- [0088] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 누설 전류 측정부(130)는 전류 센서를 포함하는 것을 예로 한다. 전류 센서는 스위칭부(112)와 교류 전동기(200) 사이로 흐르는 전류를 측정하도록 구성될 수 있다.
- [0089] 일 실시예로, 전류 센서는 스위칭 제어부(120)가 스위칭부(112)를 구동 모드로 제어할 때, 즉, 교류 전동기(200)가 동작할 때, 교류 전동기(200)로 흐르는 상 전류를 측정하기 위한 인버터(110) 내장형으로 마련될 수 있다.
- [0090] 통상, 인버터 기반 구동 장치(100)에서는 제어 또는 보호를 위해 상 전류를 측정하고 있으며, 일반적으로 하나 이상의 CT 측정기와 같은 전류 센서가 설치되어 교류 전동기(200)로 흐르는 상 전류를 측정한다.
- [0091] 본 발명에서는 절연 열화 측정 모드에서 누설 전류를 측정하기 위해 별도의 구성을 추가하지 않고, 구동 모드에서 사용되는 전류 센서를 누설 전류 측정부(130)로 사용하는 것을 예로 한다.
- [0092] 상 전류의 측정을 위한 전류 센서는 수 암페어에서 수백 암페어에 이르는 운전 중 상 전류를 측정하기 위한 목적으로 설치되어 있어, 작은 크기의 누설 전류, 예를 들어 60Hz에서 수백 마이크로 암페어인 누설 전류를 측정하기에는 해상도가 다소 낮은 문제점이 있다.
- [0093] 이에 본 발명의 실시예에 따른 인버터 기반 구동 장치(100)에서는 스위칭 제어부(120)가 절연 열화 측정 모드에서 커먼 모드 전압에 의해 흐르는 누설 전류가 인버터(110) 내장형의 전류 센서를 통해 측정 가능하게, 스위칭 주파수를 제어하는 것을 예로 한다.
- [0094] 일 실시예로, 누설 전류 측정의 해상도를 높이기 위해, 절연 열화 측정 모드에서 커먼 모드 전압의 스위칭 주파수를 높이면, 스위칭 주파수에 비례하는 전류값의 특성에 따라 측정되는 누설 전류의 크기 또한 커지게 된다.
- [0095] 따라서, 절연 열화의 미세한 변화에도 누설 전류가 증폭되어 높은 해상도의 측정이 가능하게 된다.
- [0096] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따른 누설 전류 측정부(130)는 누설 전류 측정모드에서 AC 전원(300)의 접지 저항(R_g)으로 흐르는 전류를 측정하는 것을 예로 한다.
- [0097] 접지 방법의 예로, High resistance grounding(HRG)은 결함 발생 시 결함 전류가 낮으며, 시스템의 운전을 계속할 수 있는 장점이 있다.
- [0098] 도 7을 참조하여 설명하면, 정격 선전압이 걸려있는 도체가 접지되었을 때 5A에서 10A의 전류가 흐르도록 결함 전류를 제한하는 저항을 통해 접지할 수 있다. 이와 같은 접지 저항(R_g)은 도 7에 도시된 바와 같이, 동일한 전압 모선에 연결되어 있는 모든 부하, 즉, 인버터(110) 및 교류 전동기(200), 교류 전동기(200) 자체, 그리고 정류부(111)를 포함한 모든 부하의 누설 전류가 흐르게 된다.
- [0099] 따라서, 접지 저항(R_g)에 걸리는 전압을 측정하게 되면, 누설 전류를 산출할 수 있게 된다.
- [0100] 본 발명의 실시예에서는 앞서 설명한 바와 같이, 절연 열화 측정 모드에서 스위칭 제어부(120)가 기 설정된 스위칭 주파수로 커먼 모드 전압을 출력하는 바, 누설 전류 측정부(130)는 접지 저항(R_g)으로 흐르는 전류 성분 중 스위칭 주파수에 대응하는 주파수의 전류만을 누설 전류로 측정함으로써, 교류 전동기(200)의 절연에 의한 누설 전류의 선별이 가능하게 된다. 도 7은 이와 같은 원리를 개념적으로 도시하고 있다.
- [0101] 한편, 본 발명의 다른 실시예에서는 도 8에 도시된 바와 같이, 접지 저항(R_g)이 정류부(111)와 스위칭부(112) 사이에서 분기되어 접지되는 것을 예로 한다. 일 실시예로, 정류부(111)와 스위칭부(112) 사이에 정류부(111)와 스위칭부(112)에 대해 병렬로 연결되는 한 쌍의 커패시터 사이에서의 분기점(0)로부터 분기되어 접지 저항(R_g)을 통해 접지가 이루어질 수 있다.
- [0102] 그리고, 누설 전류 측정부(130)는 절연 열화 측정 모드에서 한 쌍의 커패시터 사이에서 분기된 접지 저항(R_g)을 통해 흐르는 누설 전류를 측정할 수 있다. 여기서, 도 8에 도시된 접지 저항(R_g)을 통한 누설전류의 측정은 도 7에 도시된 측정 원리에 대응하는 바, 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0103] 한편, 전술한 실시예에서는 스위칭 제어부(120)가 커먼 모드 전압을 인가할 때, 스위칭 소자 S1, S2, S3를 온시키고, 스위칭 소자 S4, S5, S6를 오프시키는 것을 교대로 반복하는 것을 예로 하였다.
- [0104] 반면, 스위칭 제어부(120)가 커먼 모드 전압에서 상호 직렬로 연결된 한 쌍 이상씩의 스위칭 소자, 즉 스위칭 소자 S1과 S4, 스위칭 소자 S2와 S5, 스위칭 소자 S3와 S6 중 적어도 한 쌍 이상을 교대로 온오프시켜 커먼 모

드 전압을 인가할 수 있다.

[0105] 예컨대, 스위칭 소자 S1과 S4 만을 교대로 온오프를 반복하여 커먼 모드 전압을 인가할 수 있다. 이 때, 나머지 스위칭 소자인 S2, S3, S5 및 S6는 오프 상태를 유지시킨다.

[0106] 다른 예로, 스위칭 소자 S1 및 S4, 스위칭 소자 S2 및 S5를 이용하되, 스위칭 소자 S1과 S2를 온시키고, 스위칭 소자 S4 및 S5를 오프시키는 것을 교대로 반복하여 커먼 모드 전압을 인가할 수 있다. 이 때 스위칭 소자 S3 및 S6는 오프 상태를 유지시킨다.

[0107] 한편, 본 발명이 다른 실시예에 따른 인버터 기반 구동 장치(100)에서는 스위칭 제어부(120)가 절연 열화 측정 모드에서 직류 전압이 출력되도록 스위칭부(112)를 제어하는 것을 예로 한다.

[0108] 일 실시예로, 스위칭 제어부(120)는 절연 열화 측정 모드에서 스위칭부(112)의 제1 스위칭 소자(S1), 제2 위칭 소자(S2), 제3 위칭 소자(S3)를 온시키고, 제4 위칭 소자(S4), 제5 위칭 소자(S5) 및 제6 위칭 소자(S6)를 오프 시킨 상태를 유지할 수 있다.

[0109] 이 경우, 고정자 권선 측에는 전류가 흐르지 않게 되며, 권선의 절연을 통해서만 누설 전류가 흐르게 된다. 이 때, 인가되는 직류 전압의 크기는, 도 4에 도시된 예에서 $+V_{dc}/2$ 이며, 직류 전압의 크기와, 누설 전류 측정부(130)에 의해 측정된 누설 전류의 직류 성분을 이용하게 되면, 절연 저항을 측정할 수 있게 된다.

[0110] 이는 [수학식 6]을 통해 산출 가능하다.

[0111]
$$R = \frac{V_{dc}}{I_{dc,leak}}$$

[0112] [수학식 6]에서 V_{dc} 는 직류 전압의 크기이고, $I_{dc,leak}$ 는 누설 전류 측정부(130)에 의해 측정되는 누설 전류의 직류 성분이다.

[0113] 상기와 같이 스위칭부(112)에서 직류 전압이 인가되는 상태의 절연 열화 측정 모드에서, 누설 전류 측정부(130)는 AC 전원(300)의 접지 저항(R_g)으로 흐르는 전류를 누설 전류로 측정하는 것을 예로 한다.

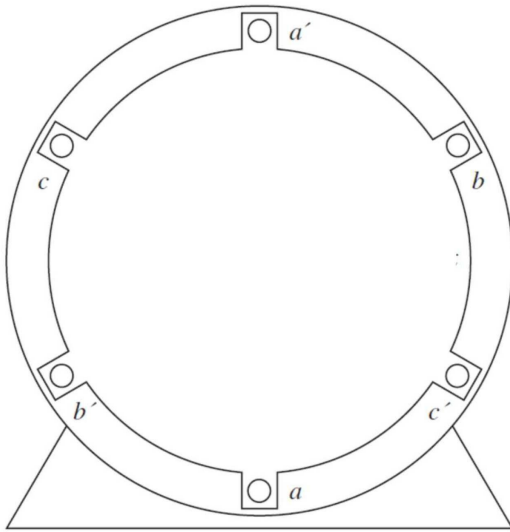
[0114] 비록 본 발명의 몇몇 실시예들이 도시되고 설명되었지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 당업자라면 본 발명의 원칙이나 정신에서 벗어나지 않으면서 본 실시예를 변형할 수 있음을 알 수 있을 것이다. 발명의 범위는 첨부된 청구항과 그 균등물에 의해 정해질 것이다.

부호의 설명

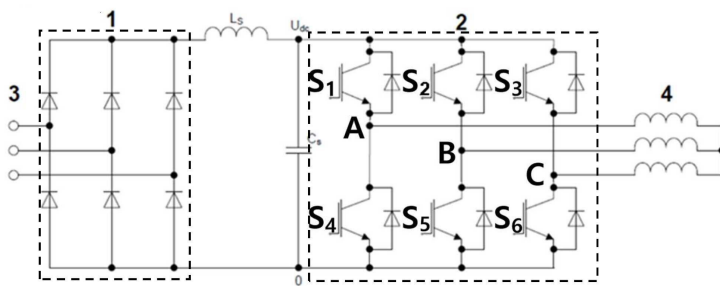
[0115]	100 : 인버터 기반 구동 장치	110 : 인버터
	111 : 정류기	112 : 스위칭부
	120 : 스위칭 제어부	130 : 누설 전류 측정부
	200 : 교류 전동기	300 : AC 전원

도면

도면1



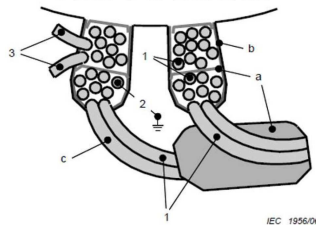
도면2



도면3

▪ Random wound stator

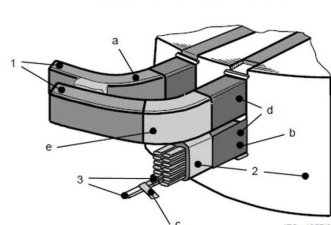
▪ < 1000 V & 100s of kW



- a Phase insulation / overhang insulation
- b Ground insulation
- c Turn insulation
- d Slot corona protection
- e Overhang corona protection (stress grading)

▪ Form wound stator

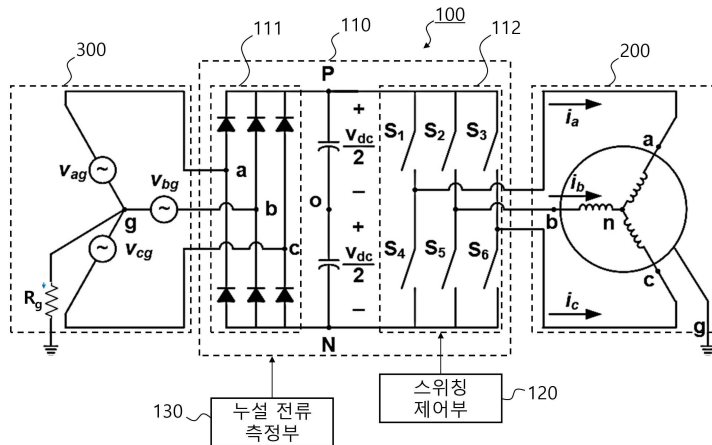
▪ > 1000 V & 100s of kW



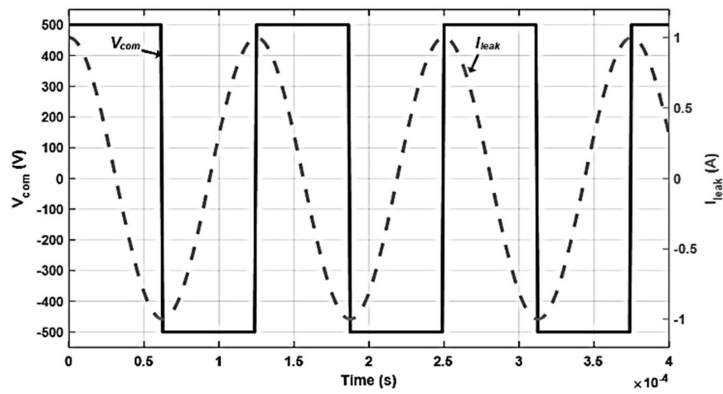
- 1 Phase to phase
- 2 Phase to ground
- 3 Turn to turn

[IEC 2014]

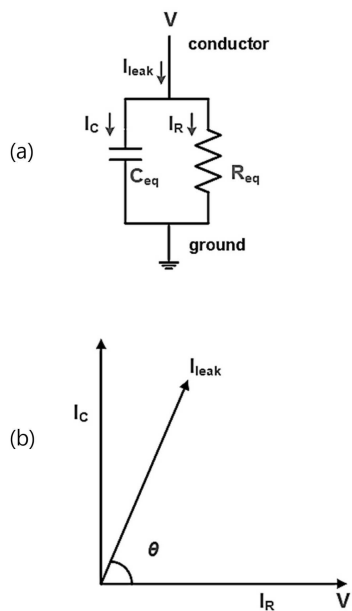
도면4



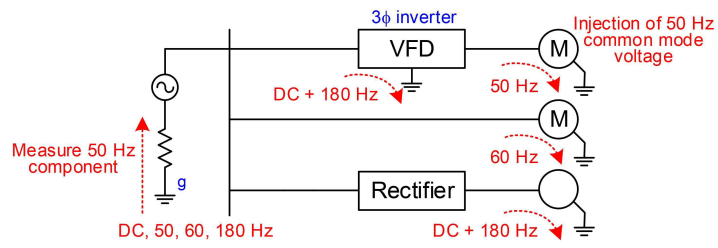
도면5



도면6



도면7



도면8

