



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0048284
(43) 공개일자 2023년04월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02P 29/024 (2016.01) G01R 31/12 (2006.01)
H02M 1/00 (2007.01) H02P 25/18 (2006.01)
H02P 27/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02P 29/024 (2021.08)
G01R 31/1272 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0042909(분할)
(22) 출원일자 2023년03월31일
심사청구일자 2023년03월31일
(62) 원출원 특허 10-2021-0003467
원출원일자 2021년01월11일
심사청구일자 2021년01월11일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
이상빈
서울특별시 강남구 개포로 409, 4동 502호
이현준
서울특별시 성북구 고려대로10길 29, 204호
박철희
서울특별시 마포구 신촌로 150, 신촌포스빌 1113
호
(74) 대리인
김동용

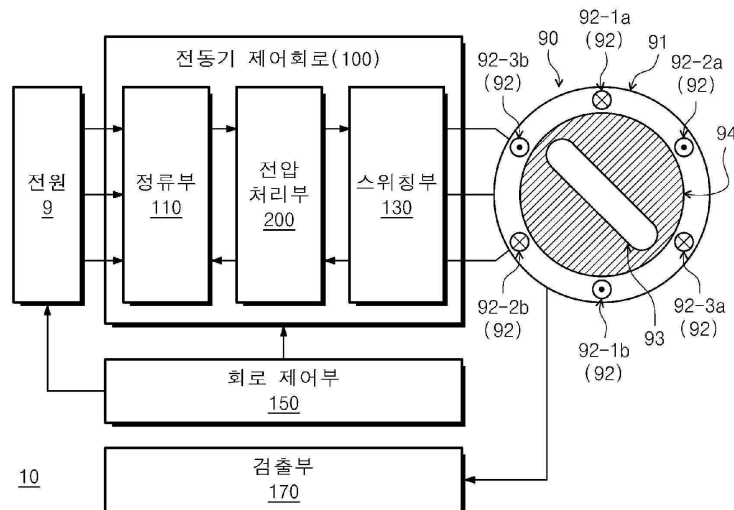
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 절연 진단이 가능한 인버터 구동 전동기

(57) 요약

전동기, 전동기 제어 회로 및 상기 전동기 제어 회로를 이용한 전동기의 진단 방법에 관한 것으로, 전동기는 전원, 상기 전원과 연결되고 직류 전압을 상승시키거나 전압 오버슈트를 증가시키는 전압 처리부, 상기 전압 처리부와 연결되고 펄스 폭 변조를 수행하는 스위칭부 및 상기 스위칭부와 전기적으로 연결되고, 상기 스위칭부의 동작에 따라서 전압이 인가되는 구동부를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류

G01R 31/343 (2013.01)

H02M 1/0009 (2021.05)

H02P 25/18 (2013.01)

H02P 27/08 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

부분 방전 시험을 수행하는 전동기에 있어서,

전원;

상기 전원과 연결되고 상기 부분 방전 시험시에 전압 오버슈트를 증가시키는 전압 처리부;

상기 전원 및 상기 전압 처리부 사이에 설치되고 상기 전원의 교류 전압을 직류 전압으로 변환하는 정류부;

상기 전압 처리부와 연결되고 펄스 폭 변조를 수행하고 상기 부분 방전 시험시에 테스트 전압을 출력하는 스위칭부;

상기 스위칭부와 전기적으로 연결되고, 상기 스위칭부의 동작에 따라서 전압이 인가되는 구동부; 및

상기 전압 처리부의 동작을 제어하는 제어 신호를 출력하는 회로 제어부를 포함하고,

상기 전압 처리부는,

상기 전압 처리부의 입력단에 병렬로 연결된 커패시터; 및

상기 커패시터의 일 단과 상기 스위칭부 사이에 직렬 연결된 스위치를 포함하고,

상기 스위칭부는 제1 스위칭 소자 내지 제6 스위칭 소자를 포함하고,

상기 부분 방전 시험시에 상기 제1 스위칭 소자 내지 제6 스위칭 소자 중 일부는 온 상태로 설정되고, 다른 일부는 오프 상태로 설정되면, 상기 구동부에 구동 전압의 전압 레벨보다 높은 전압 레벨을 갖는 상기 테스트 전압이 인가되고,

상기 부분 방전 시험시에 상기 스위치의 게이트 구동 저항은 상기 제어 신호에 응답하여 감소하고,

상기 전압 처리부는 상기 구동부의 정상 동작시에 상기 구동부의 동작을 위한 제1 전압 레벨의 전압을 출력하고, 상기 구동부에 대한 상기 부분 방전 시험시에 상기 부분 방전 시험을 위한 제2 전압 레벨의 전압을 출력하는,

부분 방전 시험을 수행하는 전동기.

청구항 2

부분 방전 시험을 수행하는 전동기에 있어서,

전원;

상기 전원과 연결되고 상기 전원의 교류 전압을 직류 전압으로 변환하는 정류부;

상기 정류부와 연결되고 펄스 폭 변조를 수행하기 위해 제7 스위칭 소자 내지 제12 스위칭 소자를 포함하고, 상기 전동기의 정상 동작시에 상기 전동기의 동작을 위한 구동 전압과 상기 전동기에 대한 부분 방전 시험시에 상기 부분 방전 시험을 위한 테스트 전압을 출력하는 스위칭부;

상기 스위칭부와 전기적으로 연결되고, 상기 스위칭부의 동작에 따라서 상기 구동 전압 또는 상기 테스트 전압이 인가되는 제1 내지 제3 고정자 권선; 및

상기 전동기의 정상 동작시에 상기 구동 전압이 출력되고 상기 전동기에 대한 부분 방전 시험시에 상기 테스트 전압이 출력되도록 상기 스위칭부를 제어하는 회로 제어부를 포함하되,

상기 제7 스위칭 소자 및 제10 스위칭 소자는 상호 직렬 연결되고, 상기 제7 스위칭 소자 및 상기 제10 스위칭 소자 사이의 일 지점의 분기는 상기 제1 고정자 권선에 연결되고,

제8 스위칭 소자 및 제11 스위칭 소자는 상호 직렬 연결되되, 상기 제7 스위칭 소자 및 상기 제10 스위칭 소자

와 병렬 연결되고, 상기 제8 스위칭 소자 및 상기 제11 스위칭 소자 사이의 일 지점의 분기는 제2 고정자 권선에 연결되고,

제9 스위칭 소자 및 제12 스위칭 소자는 상호 직렬 연결되되, 상기 제7 스위칭 소자 및 상기 제10 스위칭 소자와 병렬 연결되고, 상기 제9 스위칭 소자 및 상기 제12 스위칭 소자 사이의 일 지점의 분기는 제3 고정자 권선에 연결되며,

상기 회로 제어부는, 상기 부분 방전 시험시에 상기 제7 스위칭 소자 내지 상기 제12 스위칭 소자 중 적어도 하나의 스위칭 소자의 게이트 구동 저항을 감소시키는 제어 신호를 출력하고,

상기 제어 신호에 응답하여, 상기 적어도 하나의 스위칭 소자는 출력 전압의 전압 오버슈트를 증가시켜 상기 구동 전압의 전압 레벨보다 높은 전압 레벨을 갖는 상기 테스트 전압을 출력하는,

부분 방전 시험을 수행하는 전동기.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 회로 제어부는, 상기 제8 스위칭 소자 및 상기 제12 스위칭 소자는 온 상태가 되고, 상기 제9 스위칭 소자, 상기 제10 스위칭 소자 및 상기 제11 스위칭 소자는 오프 상태가 되도록 제어하는,

부분 방전 시험을 수행하는 전동기.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 적어도 하나의 스위칭 소자는 상기 제7 스위칭 소자인,

부분 방전 시험을 수행하는 전동기.

청구항 5

전원, 정류부, 전압 처리부, 스위칭부, 회로 제어부, 및 구동부를 포함하는 전동기에서 수행되는 부분 방전 시험 방법에 있어서,

구동 전압을 인가받아 정상 동작하는 상기 구동부가 정지하는 단계;

상기 전압 처리부가 상기 부분 방전 시험을 위한 제2 전압 레벨의 전압을 출력하는 단계;

상기 스위칭부가 상기 제2 전압 레벨의 전압을 수신하고 펄스 폭 변조를 수행하여 상기 구동 전압의 전압 레벨보다 높은 전압 레벨을 갖는 테스트 전압을 생성하여 상기 구동부에 인가하는 단계; 및

상기 구동부에 대한 부분 방전이 검출되는 단계를 포함하고,

상기 제2 전압 레벨의 전압을 출력하는 단계는, 상기 정류부의 출력인 직류 전압을 수신하여 상기 제2 전압 레벨의 전압을 출력하되, 상기 회로 제어부로부터 출력되는 제어 신호에 응답하여 상기 스위칭부에 포함된 스위치의 게이트 구동 저항이 감소함에 따라 전압 오버슈트가 증가된 상기 제2 전압 레벨의 전압이 출력되는,

부분 방전 시험 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전동기, 전동기 제어 회로, 전동기 제어 장치 및 전동기의 진단 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 다상 교류 전동기의 고정자 권선은 자속 생성에 충분한 기자력을 발생시키기 위해 각각 복수의 소선(stand)으로 이루어진 다수의 턴(turn)을 갖는다. 이러한 고정자 권선은 전기적으로 턴 간의 분리, 상(phase) 간의 분리 및 접지와와의 분리를 위해 절연되어 마련되는 것이 일반적이다. 그러나, 이러한 절연은 기계적, 전기적 또는 환경적

스트레스에 의해 열화될 수 있으며, 이는 절연의 파괴와 훼손을 유발하여 고정자 권선과 고정자 코어에 과전류가 흐르게 하여 전동기의 전기적 고장의 원인이 된다. 전기적 고장이 발생하면 전동기는 불시에 동작을 멈추게 되고, 이에 따라 공장이나 로봇의 정지와 같은 경제적 손실이 발생할 수 있다. 그러므로, 산업 현장에서는 전동기의 운전의 신뢰성 담보를 위해 절연 시험을 정기적으로 수행하고 있다.

[0003] 근자에는 제어의 편의성 및 동작 효율성을 위해 인버터(inverter)를 이용하여 전동기를 구동하는 기술과 방법이 제시되고 있다. 그러나, 인버터 기반의 동작은 절연에 대한 스트레스를 가중시키는 문제점이 있다. 예를 들어, 인버터 기반의 구동에 따라, 저속 운전에서의 축 팬의 냉각 능력 저하 현상이나 펄스 폭 변조(PWM: Pulse Width Modulation) 전압에 의한 전압 및 전류 고조파의 증가에 따른 전동기 손실 증가 등과 같은 열적 스트레스와, 시간 당 전압 변화율이 큰 펄스 폭 변조 전압의 고주파 성분에 의한 단자 전압 상승 및 전압 분포 변화 등과 같은 전기적 스트레스가 전동기에 인가된다. 특히 전기적 스트레스는 상승 시간(rt: rise time)이 짧은 전압 펄스에 포함된 고주파 성분으로 인해 발생한다. 구체적으로 이는 출력단보다 상대적으로 큰 전압의 입력단 인가에 의해 최대 2배까지 상승하는 턴간 절연, 상간 절연 및 상 절연의 전압이나, 인버터의 스위칭 소자(일례로 전계 효과 트랜지스터(FET: Field Effect Transistor) 또는 절연 게이트 양극성 트랜지스터(IGBT: Insulated gate bipolar transistor) 등)의 스위칭 시 빠른 상승 시간/하강 시간(rise/fall time)에서의 고주파 성분으로 인해 야기된 각 턴의 전압 분포의 불균형에 따른 단자 측 턴에 고전압의 인가 등에 의해 비롯된다. 이와 같은 현상은 고압 전동기뿐만 아니라 저압 전동기에서도 부분 방전(PD: Partial Discharge) 문제를 일으킨다. 특히 고압 전동기와 달리 저압 전동기는 고정자 절연이 유기물로 제조된 경우가 많아, 부분 방전이 발생하면 빠른 절연 열화와 파괴가 급격히 진행되어 단시간 내에 고정자 권선 절연 파괴가 야기되며, 이는 전동기 및 이를 기반으로 하는 공정의 중단/정지로 이어지는 중대한 문제점이 있다. 이와 같이 인버터로 구동하는 저압 교류 전동기는 절연에 대한 스트레스에 상당히 취약하므로, 동작 신뢰성을 위해 절연 테스트가 적절하게 이뤄져야 한다. 그러나, 통상 수행되는 테스트는 전동기의 동작을 강제로 정지시키거나 전동기의 분해를 요구해 자주 수행되기 어려우며, 또한 다양한 측정 대상에 대해 충분한 테스트 결과를 제공하지도 못하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0004] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제2008-0032761호 (2008.04.16. 공개)
(특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 제2016-0121642호 (2016.10.20. 공개)
(특허문헌 0003) 대한민국 공개특허 제2015-0140960호 (2015.12.17. 공개)
(특허문헌 0004) 대한민국 공개특허 제2018-0032098호 (2018.03.29. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 신속 및 정확하면서도 적절하게 자동으로 전동기에 대한 테스트를 수행할 수 있는 전동기, 전동기 제어 회로, 전동기 제어 장치 및 전동기의 진단 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0006] 상술한 과제를 해결하기 위하여 전동기, 전동기 제어 회로, 전동기 제어 장치 및 전동기의 진단 방법이 제공된다.
- [0007] 본 발명의 일 실시예에 따른 전동기는 전원, 상기 전원과 연결되고 직류 전압을 상승시키거나 전압 오버슈트를 증가시키는 전압 처리부, 상기 전압 처리부와 연결되고 펄스 폭 변조를 수행하는 스위칭부 및 상기 스위칭부와 전기적으로 연결되고, 상기 스위칭부의 동작에 따라서 전압이 인가되는 구동부를 포함할 수 있다.
- [0008] 본 발명의 다른 실시예에 따른 전동기는 전원, 상기 전원과 연결되고 상기 전원의 교류 전압을 직류 전압으로 변환하는 정류부, 상기 정류부와 연결되고 펄스 폭 변조를 수행하기 위해 제7 스위칭 소자 내지 제12 스위칭 소자를 포함하는 스위칭부, 상기 스위칭부와 전기적으로 연결되고, 상기 스위칭부의 동작에 따라서 전압이 인가되는 제1 내지 제3 고정자 권선 및 상기 스위칭부를 제어하는 회로 제어부를 포함할 수 있으며, 여기서 상기 제7

스위칭 소자 및 제10 스위칭 소자는 상호 직렬 연결되고, 상기 제7 스위칭 소자 및 상기 제10 스위칭 소자 사이의 일 지점의 분기는 상기 제1 고정자 권선에 연결되고, 제8 스위칭 소자 및 제11 스위칭 소자는 상호 직렬 연결되고, 상기 제7 스위칭 소자 및 상기 제10 스위칭 소자와 병렬 연결되고, 상기 제8 스위칭 소자 및 상기 제11 스위칭 소자 사이의 일 지점의 분기는 제2 고정자 권선에 연결되고, 제9 스위칭 소자 및 제12 스위칭 소자는 상호 직렬 연결되고, 상기 제7 스위칭 소자 및 상기 제10 스위칭 소자와 병렬 연결되고, 상기 제9 스위칭 소자 및 상기 제13 스위칭 소자 사이의 일 지점의 분기는 제3 고정자 권선에 연결될 수 있다. 이 경우, 상기 회로 제어부는 상기 제8 스위칭 소자 및 상기 제12 스위칭 소자는 온 상태가 되고, 상기 제9 스위칭 소자, 상기 제10 스위칭 소자 및 제11 스위칭 소자는 오프 상태가 되도록 제어할 수 있다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 전동기 제어 회로는 구동부와 연결되고 펄스 폭 변조를 수행하는 스위칭부 및 상기 구동부 및 상기 스위칭부 중 적어도 하나에 인가되는 직류 전압을 상승시키거나 전압 오버슈트를 증가시키는 전압 처리부를 포함할 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 전동기 제어 장치는 구동부와 연결되고 펄스 폭 변조를 수행하는 스위칭부 및 상기 구동부 및 상기 스위칭부 중 적어도 하나에 인가되는 직류 전압을 상승시키거나 전압 오버슈트를 증가시키는 전압 처리부를 포함할 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 전동기 제어 회로를 이용한 전동기의 진단 방법은 상기 전동기의 구동부가 정지하는 단계, 상기 전동기 제어 회로에 의해 상기 전동기의 구동부에 상대적 고전압이 인가되거나 또는 전압 오버슈트가 증가되는 단계 및 상기 전동기의 구동부에 대한 부분 방전이 검출되는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0012] 상술한 전동기, 전동기 제어 회로, 전동기 제어 장치 및 전동기의 진단 방법에 의하면, 인버터 기반으로 구동하는 전동기에 대한 테스트를 신속 및 정확하게 하면서도 자동으로 적절하게 수행할 수 있게 되는 장점을 얻을 수 있다.

[0013] 상술한 전동기, 전동기 제어 회로, 전동기 제어 장치 및 전동기의 진단 방법에 의하면, 보다 자주 전동기의 문제 발생 여부를 진단할 수 있게 되어 전동기의 절연 파괴 전에 조속하게 절연의 열화 여부를 파악 및 확인할 수 있게 되어, 전동기의 사고 발생을 미연에 방지할 수 있게 된다.

[0014] 상술한 전동기, 전동기 제어 회로, 전동기 제어 장치 및 전동기의 진단 방법에 의하면, 취약한 단자의 턴간, 상간 상절연에 문제 발생 여부를 진단할 수 있게 되어, 전동기 동작의 신뢰성을 더욱 개선할 수 있게 된다.

[0015] 상술한 전동기, 전동기 제어 회로, 전동기 제어 장치 및 전동기의 진단 방법에 의하면, 전동기 진단 및 유지 관리 비용을 절감할 수 있는 경제적 효과도 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 상세한 설명이 제공된다.

도 1a는 전동기 제어 회로를 포함하는 전동기의 일 실시예에 대한 도면이다.

도 1b는 전동기 제어 회로의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 부분 방전을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 전동기 제어 회로의 제1 실시예에 대한 회로도이다.

도 4는 전동기 제어 회로의 제2 실시예에 대한 회로도이다.

도 5는 전동기 제어 회로의 제3 실시예에 대한 제1 회로도이다.

도 6a는 전동기 제어 회로의 제3 실시예에 대한 제2 회로도이다.

도 6b는 전동기 제어 회로의 제3 실시예에 대한 제3 회로도이다.

도 6c는 전동기 제어 회로의 제3 실시예의 설명을 위한 그래프 도면이다.

도 7은 게이트 저항 값과 상승 시간의 관계를 설명하기 위한 그래프 도면이다.

도 8은 전동기 제어 회로를 포함하는 전동기의 다른 실시예에 대한 도면이다.

도 9는 다른 실시예에 따른 전동기 제어 회로의 일 실시예에 대한 회로도이다.

도 10은 전동기 제어 장치의 일 실시예를 설명하기 위한 도면이다.

도 11은 전동기 제어 회로를 이용한 전동기의 진단 방법의 일 실시예에 대한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하 명세서 전체에서 동일 참조 부호는 특별한 사정이 없는 한 동일 구성요소를 지칭한다. 이하에서 사용되는 '부'가 부가된 용어는, 소프트웨어 또는 하드웨어로 구현될 수 있으며, 실시예에 따라 하나의 '부'가 하나의 물리적 또는 논리적 부품으로 구현되거나, 복수의 '부'가 하나의 물리적 또는 논리적 부품으로 구현되거나, 하나의 '부'가 복수의 물리적 또는 논리적 부품들로 구현되는 것도 가능하다. 명세서 전체에서 어떤 부분이 다른 부분과 연결되어 있다고 할 때, 이는 어떤 부분과 다른 부분에 따라서 물리적 연결을 의미할 수도 있고, 또는 전기적으로 연결된 것을 의미할 수도 있다. 또한, 어떤 부분이 다른 부분을 포함한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 부분 이외의 또 다른 부분을 제외하는 것이 아니며, 설계자의 선택에 따라서 또 다른 부분을 더 포함할 수 있음을 의미한다. '제1'이나 '제2' 등의 용어는 하나의 부분을 다른 부분으로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 특별한 기재가 없는 이상 이들이 순차적인 표현을 의미하는 것은 아니다. 또한 단수의 표현은 문맥상 명백하게 예외가 있지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다.
- [0018] 이하, 도 1a 내지 도 10을 참조하여 전동기, 전동기 제어 회로 및 전동기 제어 회로를 포함하는 장치의 여러 실시예에 대해서 설명하도록 한다.
- [0019] 도 1a는 전동기 제어 회로를 포함하는 전동기의 일 실시예에 대한 도면이다.
- [0020] 도 1a에 도시된 바에 의하면, 전동기(10)는 구동부(90)와, 구동부(90)의 동작을 제어하고 전원(9)과 연결되는 전동기 제어 회로(100)를 포함할 수 있다. 여기서 전원(9)은 교류 전원일 수 있으나, 실시예에 따라 직류 전원일 수도 있다. 또한, 전원(9)은 외부 상용 전원을 포함할 수 있고 및/또는 전동기(10) 등에 내장 설치 또는 외장 장착된 배터리 등을 포함할 수도 있다. 전동기(10)는, 필요에 따라, 전동기 제어 회로(100)와 전기적으로 연결되고, 전동기 제어 회로(100)를 제어 가능하도록 마련된 회로 제어부(150)를 더 포함하거나 및/또는 구동부(90)의 고장과 관련된 적어도 하나의 데이터(이하 결과 데이터)를 일 회 이상 측정 또는 검출하여 획득하고 결과 데이터를 외부로 출력하는 검출부(170)를 더 포함할 수도 있다.
- [0021] 구동부(90)는 고정자(91, stator)와, 고정자(91)에 설치된 적어도 하나의 고정자 권선(92)과, 적어도 하나의 고정자 권선(92)에 인가되는 전압 또는 전류에 따라서 고정자(91)에 대해 회동 가능하게 마련된 회전자(93, rotor)를 포함할 수 있다. 여기서, 고정자(91) 내측에는 회전자(93)가 배치 가능한 내부공간(94)이 형성되어 있을 수 있으며, 회전자(93)는 내부공간(94)에 배치되되 공극에 의해 고정자(91)와 분리되어 고정자(91) 내부공간(94)에서 회동하게 마련된 것일 수 있다. 고정자 권선(92)은 고정자(91)에 고정 설치되되, 회전자(93) 주변에 일정한 각도 간격으로 배치되어 마련될 수 있다. 예를 들어, N (N 은 1보다 큰 자연수) 개의 상을 가지는 다상 교류 전동기의 경우, 고정자 권선(92)은 공간적으로 $(360/N)$ 도의 간격으로 고정자(91)에 분포되어 마련되어 있을 수 있다. 보다 구체적으로 예를 들어, 3상 전동기의 경우, 고정자 권선(92)은 한 쌍의 대향하는 제1 고정자 권선(92-1a, 92-1b)과, 한 쌍의 대향하는 제2 고정자 권선(92-2a, 92-2b)과, 한 쌍의 대향하는 제3 고정자 권선(92-3a, 92-3b)을 포함할 수 있으며, 각각의 고정자 권선(92-1a 및 92-1b, 92-2a 및 92-2b, 92-3a 및 92-3b)은 상호 60도의 간격으로 내부공간(94) 주변에 배치되어 있을 수 있다. 여기서 고정자 권선(92) 중에서 서로 연결된 대응하는 고정자 권선(92-1a 및 92-1b, 92-2a 및 92-2b, 92-3a 및 92-3b)은 축(예를 들어, 회전자(93)의 회동축)을 중심으로 상호 대칭적으로 배치되어 있을 수 있으며, 대응하는 고정자 권선(92-1a 및 92-1b, 92-2a 및 92-2b, 92-3a 및 92-3b)을 흐르는 전류의 방향은 상호 반대일 수 있다. 만약 전기적으로 $360/N$ 도의 위상차를 갖는 N 상 전압(또는 전류)이 고정자 권선(92)에 인가되면, 이에 대응하는 회전자계가 고정자(91)의 내부 공간(94)에 형성되고, 고정자(91) 내측의 회전자(93)는 이에 따라서 입력 전원의 주파수에 비례하는 속도로 회동하게 된다. 더욱 상세하게는 스위칭부(130)의 동작에 따라서 서로 대응하는 고정자 권선(92-1a 및 92-1b, 92-2a 및 92-2b, 92-3a 및 92-3b) 각각의 쌍 각각에는 순차적으로 전류가 반복 공급되고, 이에 따라 내부 공간(94)에 회전자계가 발생하고, 회전자계에 의해 회전자(93)가 회동하게 된다.
- [0022] 도 1b는 전동기 제어 회로의 동작을 설명하기 위한 도면으로, 도 1b에서 x축은 운전 시간(Time)을, y축은 부분 방전 개시 전압(PDIV: PD inception voltage)의 크기를 의미한다. 도 1b의 청색선은 구동부(90)의 동작 이후 시간의 변화에 따른 부분 방전 개시 전압의 변화를 의미하고, 적색선은 구동부(90)의 운전 전압을 의미한다.

[0023] 일 실시예에 의하면, 전동기 제어회로(100)는 교류 전류를 직류 전류로 변환하는 정류부(110)와, 입력 전압(또는 전류)을 원하는 형태의 전압(또는 전류)로 변환하여 출력하는 스위칭부(130)와, 정류부(110) 및 스위칭부(130) 각각과 전기적으로 연결되며 정류부(110) 및 스위칭부(130) 사이에 형성된 전압 처리부(200)를 포함할 수 있다. 정류부(110)는 입력 전압/입력 전류가 직류 전압/직류 전류인 경우에는 생략될 수 있다. 스위칭부(130)는 펄스 폭 변조 제어를 수행할 수 있도록 마련된 것일 수 있다. 전압 처리부(200)는 직류단 전압(DC link)을 상승시키거나, 스위칭 시의 전압 오버슈트(overshoot)를 증가시켜 운전 전압보다 상대적으로 높은 전압이 구동부(90)에 인가되도록 하도록 할 수 있다. 이에 따라 검출부(170)는 운전 전압보다 높은 전압에서 결과 데이터(예를 들어, 부분 방전에 대한 측정 결과)를 획득할 수 있게 된다. 보다 구체적으로 도 1b에 도시된 바를 참조하면, 동작 중인 구동부(90)의 부분 방전 개시 전압(PDIV, 청색선)은 시간의 흐름에 따라 점진적으로 감소한다. 한편, 일정 시점 이후에 운전 전압(적색선)의 크기(즉, 임펄스 전압의 크기)가 커져 운전 전압이 일 지점(Voltage Stress Level)에서 부분 방전 개시 전압을 초과하면 부분 방전이 발생하게 된다. 구동부(90)의 운전 전압 및 부분 방전 개시 전압의 교차하는 지점은 전동기(10), 즉 구동부(90)의 수명이 된다. 그러므로, 운전 전압을 미리 설정한 수준(초록 점선, Test Voltage Level)으로 상승시켜 구동부(90)에 인가하면, 오류 발생 전에 부분 방전의 개시 여부를 검출 및 확인할 수 있게 되고, 그 결과 고정자 절연 파괴 등을 미리 예측 및 파악할 수 있게 된다. 전동기 제어회로(100)는, 이와 같이 구동부(90)에 인가되는 전압을 미리 설정한 수준(초록 점선)까지 높이거나 및/또는 스위칭 시의 전압 오버슈트를 증가시킴으로써 구동부(90)의 부분 방전 발생 가능 여부를 조기에 판단할 수 있게 한다. 전동기 제어회로(100)에 대한 자세한 구조 및 동작은 후술한다.

[0024] 회로 제어부(150)는 제어 신호를 생성하고 생성한 제어 신호를 전동기 제어회로(100)에 전달하여, 전동기 제어회로(100)가 원하는 바에 따라 동작하도록 할 수 있다. 제어 신호의 생성 및 전달은 사용자의 조작에 따라 수동적으로 또는 미리 정의된 설정에 따라 자동적으로 수행될 수 있다. 제어 신호의 자동적 생성 및 전달은, 주기적으로 수행될 수도 있고 비주기적으로 수행될 수도 있다. 실시예에 따라서, 회로 제어부(150)의 제어 신호는 전압 처리부(200) 및 스위칭부(130) 중 적어도 하나에 대한 제어 신호를 포함할 수 있으며, 여기서 스위칭부(130)에 대한 제어 신호는 스위칭부(130)의 복수의 스위칭 소자(131 내지 136) 중 적어도 하나에 대한 제어 신호를 포함할 수 있다. 전압 처리부(200) 및 스위칭부(130) 중 적어도 하나는 회로 제어부(150)의 제어 신호의 생성 및 전달에 의해 동작하여 직류단 전압이나 전압 오버 슈트를 증가시킨다. 또한, 회로 제어부(150)는 전원(9)의 동작에 대한 제어 신호를 생성하여, 전원(9)이 필요에 따라 전동기 제어 회로(100)에 인가되거나 또는 인가되지 않도록 할 수도 있다. 예를 들어, 회로 제어부(150)는 구동부(90)의 동작이 종료된 이후에도 전원(9)에 제어 신호를 전달하여 구동부(90)에 전압이 계속 인가되도록 할 수도 있다. 구체적으로 예를 들어, 회로 제어부(150)는 구동부(90)의 동작이 정지되면, 이에 응하여 증가된 직류단 전압이 구동부(90)에 인가될 수 있도록 전원(9)이 전동기 제어 회로(100)에 추가적으로 전력을 공급하도록 제어할 수도 있다. 일 실시예에 의하면, 회로 제어부(150)는, 예를 들어, 중앙 처리 장치(CPU, Central Processing Unit), 마이크로 컨트롤러 유닛(MCU, Micro Controller Unit), 마이콤(Micom, Micro Processor), 애플리케이션 프로세서(AP, Application Processor), 전자 제어 유닛(ECU, Electronic Controlling Unit) 및/또는 각종 연산 처리 및 제어 신호의 생성이 가능한 다른 전자 장치 등을 포함할 수 있다. 이들 장치는, 예를 들어, 하나 또는 둘 이상의 반도체 칩 등을 이용하여 구현된 것일 수 있다. 회로 제어부(150)는 소정의 하나 또는 둘 이상의 프로그램(앱, 애플리케이션 또는 소프트웨어 등으로 지칭 가능함)을 구동시켜, 스위칭부(130)의 적어도 하나의 스위칭 소자(131 내지 136)에 대한 제어를 수행할 수도 있다. 여기서, 프로그램은 구동부(90), 전동기 제어 회로(100), 회로 제어부(150) 및/또는 검출부(170)와 별도로 준비된 저장 매체(미도시, 일례로, 캐시 메모리, 주기억장치 및/또는 내장 또는 외장 보조기억장치 등)에 저장된 후, 회로 제어부(150)의 호출에 따라 회로 제어부(150)에 제공되는 것일 수도 있다. 프로그램은 설계자가 직접 작성한 것일 수도 있고, 데이터 입출력 단자나 유무선 통신 네트워크 등을 통해 설치 또는 갱신되는 것일 수도 있다.

[0025] 도 2는 부분 방전을 설명하기 위한 도면이다.

[0026] 일 실시예에 의하면, 검출부(170)는 회로 제어부(150)의 제어에 따라 전동기 제어회로(100)가 증가된 직류단 전압이나 전압 오버슈트를 구동부(90)에 인가하는 경우, 구동부(90)의 부분 방전을 측정할 수 있다. 부분 방전은 도 2에 도시된 바와 같이 점진적으로 증가하면서 고정자 권선(92)에 인가되는 임펄스 전압의 크기가 특정 크기의 전압(일례로 부분 방전 개시 전압(PDIV))을 초과하면 개시된다. 부분 방전 개시 전압은 통상 절연의 열화가 발생되면 상대적으로 낮아지고, 반대로 안전한 경우에는 상대적으로 높게 나타나게 된다. 이러한 부분 방전은 서지 전압의 발생 시에 고주파 펄스로 나타나게 되며, 잦은 전동기(예를 들어, 인버터 저압 전동기)의 절연 파괴 등을 야기하여 전동기의 고장을 유발한다. 검출부(170)는 이와 같은 부분 방전을 검출하여 결과 데이터를 획득

득할 수 있다. 전동기(10)의 관리자나 사용자는 검출부(170)의 결과 데이터를 확인하고, 이를 기반으로 부분 방전의 발생 여부를 파악할 수 있고, 더 나아가 고정자 권선(92)의 절연 훼손이나 파괴 여부 등을 진단할 수 있게 된다. 구체적으로 운전 전압(일례로 정격 직류 전압)보다 높은 전압이 고정자 권선(92)에 인가될 때, 검출부(170)가 부분 방전을 측정하게 되면, 관리자 등은 절연의 열화가 상당히 진행된 상태임을 판단할 수 있다. 또한, 검출부(170)의 결과 데이터는 검출부(170)와 전기적으로 연결된 다른 정보 처리 장치나 경고 장치 등(미도시)으로 전달될 수도 있으며, 다른 정보 처리 장치나 경고 장치 등은 결과 데이터가 일정한 범위에 해당하는 경우 시각적, 청각적 및/또는 촉각적으로 메시지를 출력함으로써 관리자나 사용자 등에게 문제 발생 여부를 알릴 수 있게 된다. 실시예에 따라 검출부(170)는 부분 방전에 의해 출력되는 펄스를 검출하거나 또는 부분 방전에 수반된 초음파나 극초단파를 검출하여 부분 방전을 검출할 수 있으며, 이를 위해 검출부(170)는 코일, 안테나, 고주파 CT, 커플링 커패시터 또는 초음파 센서 등을 이용하여 구현될 수 있으며, 필요에 따라 고역 통과 필터(HPF: High Pass Filter)를 더 이용할 수도 있다.

[0027] 이하, 전동기 제어 회로(100)의 전압 처리부(200)의 다양한 실시예에 대해 설명하도록 한다.

[0028] 도 3은 전동기 제어 회로의 제1 실시예에 대한 회로도이다.

[0029] 도 3에 도시된 제1 실시예에 따른 전동기 제어 회로(100-1)는 정류부(110)와, 제1 실시예에 따른 전압 처리부(210)와, 스위칭부(130)를 포함할 수 있다.

[0030] 일 실시예에 의하면, 정류부(110)는 3상 정류 회로를 이용하여 구현된 것일 수 있다. 이 경우, 정류부(110)는 상호 직렬로 연결된 제1 다이오드(111) 및 제2 다이오드(112)와, 제1 다이오드(111) 및 제2 다이오드(112)와 병렬로 연결되고 상호 직렬로 연결된 제3 다이오드(113) 및 제4 다이오드(114)와, 상호 직렬로 연결되되, 제1 다이오드(111) 및 제2 다이오드(112)와 병렬로 연결되고 또한 제3 다이오드(113) 및 제4 다이오드(114)도 병렬로 연결된 제5 다이오드(115) 및 제6 다이오드(116)를 포함할 수 있다. 여기서, 제1 다이오드(111) 및 제2 다이오드(112) 사이의 일 지점(P11)과, 제3 다이오드(113) 및 제4 다이오드(114) 사이의 일 지점(P12)과, 제5 다이오드(115) 및 제6 다이오드(116) 사이의 일 지점(P13) 각각은 전원(9)과 전기적으로 연결되어 전원(9)이 공급한 전류가 정류부(110) 내로 유입될 수 있게 마련된다. 이와 같은 회로 구조를 통해 전원(9)이 공급한 교류 전압/교류 전류는 대체적으로 직류 전압/직류 전류로 변환되어 출력된다. 실시예에 따라, 정류부(110)는 생략 가능하다. 예를 들어, 전원(9)이 배터리 등과 같은 직류 전원인 경우, 정류부(110)는 생략되고, 전압 처리부(210)는 직접 전원(9)에 연결될 수도 있다.

[0031] 일 실시예에 따르면, 스위칭부(130)는, 도 3에 도시된 바와 같이, 복수의 스위칭 소자(131 내지 136)를 포함할 수 있으며, 펄스 폭 변조 제어를 수행할 수 있도록 6개의 스위칭 소자(131 내지 136, 이하 각각 제1 내지 제6 스위칭 소자)를 포함할 수도 있다. 실시예에 따라서, 스위칭부(130)는 6개를 초과하거나 또는 6개 미만의 스위칭 소자를 포함하는 것도 가능하다. 여기서, 스위칭 소자(131 내지 136)는 트랜지스터를 이용하여 구현될 수 있으며, 트랜지스터는 바이폴라 트랜지스터(Bipolar Junction Transistor), 절연 게이트 양극성 트랜지스터(IGBT), 및/또는 금속 산화물 반도체 전계 효과 트랜지스터(MOSFET) 등의 전계 효과 트랜지스터(FET: Field Effect Transistor) 등을 포함할 수 있다. 여기서, 제1 스위칭 소자(131) 및 제4 스위칭 소자(134)는 직렬로 연결되고, 제3 스위칭 소자(133) 및 제6 스위칭 소자(136)는 상호 직렬로 연결되되 제1 스위칭 소자(131) 및 제4 스위칭 소자(134)와 병렬로 연결되며, 제5 스위칭 소자(135) 및 제2 스위칭 소자(132)는 상호 직렬로 연결되되 제1 스위칭 소자(131) 및 제4 스위칭 소자(134)와 병렬로 연결되고, 또한 제3 스위칭 소자(133) 및 제6 스위칭 소자(136)와도 병렬로 연결된다. 제1 스위칭 소자(131) 및 제4 스위칭 소자(134) 사이의 일 지점(P21)과, 제3 스위칭 소자(133) 및 제6 스위칭 소자(136) 사이의 일 지점(P22)과, 제5 스위칭 소자(135) 및 제2 스위칭 소자(132) 사이의 일 지점(P23) 각각에는 분기 라인이 형성되고, 각각의 분기 라인은 고정자 권선(92) 중 어느 하나의 고정자 권선(92-1, 92-2, 92-3)으로 연장되어 각각의 고정자 권선(92-1, 92-2, 92-3)과 전기적으로 연결된다. 예를 들어, 제1 스위칭 소자(131) 및 제4 스위칭 소자(134) 사이의 일 지점(P21)은 분기 라인을 통해 제1 고정자 권선(92-1: 92-1a 및 92-1b)과 연결되고, 제3 스위칭 소자(133) 및 제6 스위칭 소자(136) 사이의 일 지점(P22)은 제2 고정자 권선(92-2: 92-2a 및 92-2b)에 연결되며, 제5 스위칭 소자(135) 및 제2 스위칭 소자(132) 사이의 일 지점(P23)은 제3 고정자 권선(92-3: 92-3a 및 92-3b)에 연결된다. 이들 각각의 스위칭 소자(131 내지 136)의 온/오프에 따라서 각각의 고정자 권선(92-1, 92-2, 92-3)에는 전류가 흐르거나 차단되어 회전자(93)를 회전시키기 위한 회전 자계를 형성한다. 일 실시예에 의하면, 각각의 스위칭 소자(131 내지 136)는, 수행하고자 하는 시험에 따라서, 온 상태가 되거나 또는 오프 상태가 될 수 있다. 예를 들어, 제1 고정자 권선(92-1) 및 다른 고정자 권선(92-2, 92-3) 사이의 절연(예를 들어, 턴간 절연)에 따른 부분 방전 시험이 수행되는 경우, 제2 및 제6 스위칭 소자(132, 136)는 오프 상태가 되고 이외 다른 스위칭 소자(131, 133 내지 135)는

온 상태가 되도록 제어될 수 있다. 또한, 다른 예를 들어, 제2 고정자 권선(92-2) 및 다른 고정자 권선(92-1, 92-3) 사이의 절연에 관한 부분 방전 시험이 수행되는 경우, 제2 및 제4 스위칭 소자(132, 134)는 오프 상태가 되고 다른 스위칭 소자(131, 133, 135 및 136)는 온 상태가 되도록 제어될 수 있으며, 또 다른 예를 들어 제3 고정자 권선(92-3) 및 다른 고정자 권선(92-1, 92-2) 사이의 절연에 따른 부분 방전 시험이 수행되는 경우에는, 제4 및 제6 스위칭 소자(134, 136)가 오프 상태이고 다른 스위칭 소자(131 내지 133, 135)는 온 상태이도록 제어될 수도 있다. 이외에도 각각의 스위칭 소자(131 내지 136)는, 사용자나 설계자에 의한 선택 또는 설정에 따라 다양한 방식으로 온 또는 오프 상태가 될 수 있다.

[0032] 제1 실시예에 의한 전압 처리부(210)는 정류기(110)를 통과하거나 또는 직류 전원으로부터 공급된 직류 전압을 부스트 컨버터를 통해 상승시키도록 설계된 것일 수 있다. 구체적으로 예를 들어, 제1 실시예에 따른 전압 처리부(210)는 정류부(110)와 전기적으로 연결되고 입력 전류 고조파 제거 등의 동작을 수행할 수 있는 적어도 하나의 인덕터(212)와, 적어도 하나의 인덕터(212)와 직렬 연결되고 외부(일례로 회로 제어부(150) 등)의 제어에 따라 개폐되는 적어도 하나의 스위치(211, 일례로 푸쉬 버튼 스위치 등)와, 적어도 하나의 인덕터(212)와 연결되고 적어도 하나의 스위치(211)와 병렬로 연결된 적어도 하나의 저항(211a)과, 적어도 하나의 스위치(211) 및 적어도 하나의 저항(211a)과 직렬 연결된 적어도 하나의 다이오드(213)를 포함할 수 있다. 제1 실시예에 의한 전압 처리부(210)는 스위치(211, 또는 저항(211a)) 및 다이오드(213) 사이의 일 지점(P33)에서 분기된 분기 라인에 형성된 적어도 일 트랜지스터(214)를 더 포함하되, 여기서 분리 라인은 정류부(110)와 스위칭부(130)를 연결하는 일 라인에 마련된 일 지점(P34)과, 상술한 일 지점(P33)을 상호 연결하도록 마련된 것일 수 있으며, 트랜지스터(241)는 바이폴라 트랜지스터나, 절연 게이트 양극성 트랜지스터(IGBT)나, 전계 효과 트랜지스터(FET) 등을 포함할 수 있다. 또한, 제1 실시예에 의한 전압 처리부(210)는 전압 처리부(210) 및 스위칭부(130)를 연결하는 두 개의 라인 각각의 일 지점(P31, P32)을 연결하는 분리 라인에 형성된 적어도 하나의 커패시터(219)를 더 포함할 수도 있다. 최초에 전동기 제어 회로(100-1)에 전원이 공급되면, 스위치(211)는 오프(OFF) 상태(즉, 개방 상태)가 되고, 전류는 저항(211a)을 통해 전달된다. 이때, 커패시터(219)로 유입되는 충전 전류를 방지하기 위해서 커패시터(219)가 완전하게 충전되면 스위치(211)는 제어에 따라서 온(ON) 상태(즉, 폐쇄 상태)로 변경되고 전동기 제어 회로(100-1)는 저항(211a)의 효과를 무시하여 계속 동작하게 된다. 따라서, 통상적인 상황에서는 스위치(211)를 오프 상태로 설정하여 동작하게 하고(이 경우, 전동기 제어 회로(100-1)는 3상 인버터와 동일 또는 근사하게 동작할 수 있다), 부분 방전 여부의 확인 상황에서는 스위치(211)를 온 상태로 설정함으로써, 전압 처리부(210)에 인가된 직류 전압이 상대적으로 고전압으로 변환되도록 하여 스위칭부(130) 및 구동부(90)에는 상대적으로 높은 전압(일례로 정격 직류 전압보다 더 높은 전압)이 인가되도록 할 수 있다. 이에 따라 부분 방전의 측정이 가능해진다. 실시예에 따라, 제1 실시예에 의한 전압 처리부(210)는 출력되는 전압을 다양하게 조절할 수도 있으며, 구동부(90)에는 다양한 크기의 전압이 인가될 수 있게 된다. 검출부(170)는 다양한 전압의 인가에 따라서 부분 방전을 측정함으로써 부분 방전 개시 전압을 측정할 수도 있다.

[0033] 도 4는 전동기 제어 회로의 제2 실시예에 대한 회로도이다.

[0034] 제2 실시예에 따른 전동기 제어 회로(100-2)는, 도 4에 도시된 바와 같이, 정류부(110)와, 정류부(110)와 연결된 제2 실시예에 따른 전압 처리부(220)와, 제2 실시예의 전압 처리부(220)와 연결된 스위칭부(130)를 포함할 수 있다.

[0035] 제2 실시예에 따른 전동기 제어 회로(100-2)의 정류부(110)는, 제1 실시예에 따른 전동기 제어 회로(100-1)와 동일하게, 3상 정류 회로를 기반으로 구현된 것일 수 있으며, 예를 들어, 제1 내지 제6 다이오드(111 내지 116)를 포함할 수 있고, 마찬가지로 스위칭부(130)는 복수의 스위칭 소자(131 내지 136)를 포함할 수 있으며, 예를 들어, 6개의 스위칭 소자(131 내지 136)를 포함할 수 있다. 이들의 구조 및 동작에 대해선 도 3을 참조하여 기 설명한 바 있으므로, 이하 설명은 생략한다.

[0036] 제2 실시예에 따른 전압 처리부(220)는 정류부(110)와 직렬 연결된 인덕터(221)와, 인덕터(221)와 직렬 연결된 적어도 하나의 스위치(222, 일례로 푸시 버튼 스위치)와, 인덕터(221)와 직렬 연결되고 스위치(222)와 병렬 연결된 적어도 하나의 다이오드(223)와, 인덕터(221)와 직렬 연결되고 스위치(222) 및 다이오드(223)와 병렬 연결된 적어도 하나의 다른 인덕터(224)를 포함할 수 있다. 또한, 전압 처리부(220)는 인덕터(221)와 스위치(222) 사이의 일 지점(P41)과 정류부(110) 및 스위칭부(130)를 연결하는 라인의 일 지점(P24)을 연결하는 분기 라인에 형성된 적어도 하나의 커패시터(229)를 더 포함할 수도 있다. 전압 처리부(220)가 이와 같은 구조를 갖는 경우, 스위칭부(130)가 적절히 동작하면, 고정자 권선(92)에 인가되는 전압이 증가되게 되고, 검출부(170)가 상대적으로 높은 전압이 인가된 상황에서 구동부(90)의 부분 방전을 검출할 수 있게 된다. 부분 방전 측정 과정에서, 스위칭부(130)의 각각의 스위칭 소자(131 내지 136)는, 미리 정의된 설정이나 사용자의 수동 조작에 따라 다양하

게 동작할 수 있다. 예를 들어, 상술한 바와 같이 각각의 고정자 권선(92-1, 92-2, 92-3) 중 어느 고정자 권선(92-1, 92-2, 92-3) 간의 절연을 측정하는지에 따라 스위칭 소자(131 내지 136) 각각의 온 상태 또는 오프 상태가 결정될 수 있다. 예를 들어, 제2 및 제6 스위칭 소자(132, 136)는, 제1 실시예에 따른 전동기 제어 회로(100-1)의 경우와 동일하게, 오프 상태로 스위칭 제어되고 다른 스위칭 소자(131, 133 내지 135)는 온 상태로 스위칭 제어될 수도 있다. 제2 및 제6 스위칭 소자(132, 136)가 동작하는 경우 이에 대응하여 제1 고정자 권선(92-1)에 증가된 전압이 인가되고, 이에 대해 부분 방전 여부를 예측함으로써 제1 고정자 권선(92-1) 및 다른 고정자 권선(92-2, 92-3) 사이의 절연 발생 여부 또는 그 가능성을 확인할 수 있게 된다. 동일하게 제2 및 제4 스위칭 소자(132, 134)는 오프 상태, 다른 스위칭 소자(131, 133, 135 및 136)는 온 상태로 제어될 수도 있으며, 제4 및 제6 스위칭 소자(134, 136)는 오프 상태, 다른 스위칭 소자(131 내지 133, 135)는 온 상태로 제어될 수도 있으며, 각 스위칭 소자(131 내지 136)의 동작에 따라서 고정자 권선(92-1, 92-2, 92-3)에 대응하는 부분 방전이 예측될 수 있다.

[0037] 도 5는 전동기 제어 회로의 제3 실시예에 대한 제1 회로도이고, 도 6a는 전동기 제어 회로의 제3 실시예에 대한 제2 회로도이다. 도 6b는 전동기 제어 회로의 제3 실시예에 대한 제3 회로도이고, 도 6c는 전동기 제어 회로의 제3 실시예의 설명을 위한 그래프 도면이다. 도 7은 게이트 저항값과 상승 시간의 관계에 일례에 대한 그래프 도면이다.

[0038] 도 5에 도시된 제3 실시예의 전동기 제어 회로(100-3)는 상술한 제1 실시예의 전동기 제어 회로(100-1) 및 제2 실시예의 전동기 제어 회로(100-2)와 동일하게 정류부(110) 및 스위칭부(130)를 포함할 수 있다. 상술한 바와 같이, 정류부(110)는 3상 정류 회로를 이용하여 구현된 것일 수 있으며, 예를 들어, 제1 내지 제6 다이오드(111 내지 116)를 포함할 수 있다. 또한, 상술한 바와 같이 스위칭부(130)도 복수의 스위칭 소자(131 내지 136)를 포함할 수 있으며, 예를 들어, 6개의 스위칭 소자(131 내지 136)를 포함할 수 있다. 이들 각각의 상세한 구조, 동작 및 제어에 대해선 도 3 및 도 4를 참조하여 이미 설명한 바 있으므로, 자세한 내용은 이하 생략하도록 한다.

[0039] 또한, 제3 실시예의 전동기 제어 회로(100-3)는 정류부(110) 및 스위칭부(130)와 전기적으로 연결된 제3 실시예에 따른 전압 처리부(230)를 포함할 수 있다. 제3 실시예에 따른 전압 처리부(230)는 스위칭 과정에서 전압 오버슈트를 조절할 수 있도록 마련되되, 전압 오버슈트가 증가되도록 마련된 것일 수 있다. 보다 구체적으로 예를 들어, 제3 실시예에 따른 전압 처리부(230)는 일단은 정류부(110)와 전기적으로 직렬 연결되고 타단은 스위칭부(130)와 전기적으로 연결되어 형성된 스위치(232, 일례로 바이폴라 트랜지스터나, 절연 게이트 양극성 트랜지스터(IGBT)나, 전계 효과 트랜지스터(FET) 등)와, 정류부(110) 및 스위칭부(130) 사이의 일 지점(P51)과 정류부(110) 및 스위칭부(130) 사이의 일 지점(P52)을 연결하는 분리 라인에 형성된 적어도 하나의 커패시터(239)를 더 포함할 수도 있다. 실시예에 따라, 정류부(110) 및 스위치(232) 사이에는 적어도 하나의 인덕터(미도시)가 더 추가될 수도 있다. 스위치(232)의 존재에 따라 스위칭부(130)의 적어도 하나의 스위칭 소자(131 내지 135), 일례로 제1 스위칭 소자(131)의 게이트 구동 전압이나 게이트 구동 저항이 변경되어, 스위칭 소자(131 내지 135)에 마련된 적어도 하나의 커패시터(예를 들어, 절연 게이트 양극성 트랜지스터의 게이트 및 이미터 사이의 커패시터(Cge) 등)가 신속하게 충전되어 턴 온 속도를 조절할 수 있다. 보다 상세하게 예를 들어, 도 6a에 도시된 바와 같이, 소정 전압(V_g)의 인가에 따라, 온 상태의 저항 루프(131-1, $R_{g(on)}$)를 경유하는 전류(I_g)가 빠르게 전달되어 제1 스위칭 소자(131)의 게이트와 이미터 사이에 존재하는 커패시터를 더욱 고속으로 충전시키게 되고, 이에 따라 게이트는 보다 신속하게 턴 온 될 수 있게 된다. 여기서, 저항 루프(131-1)는 도 6b에 도시된 바와 같이, 테스트 저항(131-1T)과, 테스트 저항(131-1T)과 각각 병렬 연결된 다른 저항(131-11, 131-12)과, 상호 병렬로 연결되 테스트 저항(131-1T)과 직렬로 연결된 또 다른 저항(131-13, 131-14)을 포함할 수 있으며, 이들 저항(131-1T, 131-11 내지 131-14)의 개폐에 따라서 게이트 구동 전압 및/또는 게이트 구동 저항의 조절이 가능하게 된다. 일 실시예를 들어, 도 6c에 도시된 바를 참조하면, 어느 하나의 다른 저항(131-11)만이 온 상태인 경우에는 시간에 따라 전압은 선형적으로 증가하고 또 다른 저항(131-12)만이 온 상태인 경우에는 전압은 일정 기간 동안 증가한 후 감소하게 되나, 양 저항(131-11, 131-12) 모두가 온 상태이거나 테스트 저항(131-1T)이 온 상태인 경우에는, 전압은 시간에 따라서 주기적으로 진동하여 변화하게 된다. 구체적으로 예를 들어, 구동 전압은 온 상태에서는 15V로, 오프 상태에서는 0V로 내부적으로 변경될 수 있다. 이와 같이 게이트 구동 저항의 조절에 따라 게이트 구동 전압의 조절이 가능하게 된다. 저항 루프(131-1)의 구동 저항이 조절되면, 도 7에 도시된 바와 같이, 직류단 전압의 크기를 높이지 않고도 인가 전압의 상승 시간(t_r)을 감소시킬 수 있게 된다. 보다 구체적으로 게이트 저항(131-1)의 저항값(R_g)이 감소되면 상승 시간(t_r)이 감소하고, 반대로 게이트 저항(131-1)의 저항값(R_g)이 증가되면 상승 시간(t_r)도 이에 따라 증가한다. 상승 시간(t_r)의 감소는 인가 전압의 오버슈트를 증가시킬 수 있으며, 이와 같은 전압의 고주파 성분은 고정자 권선(92-1, 92-2, 92-3)의 전압 분포를 변경하여, 고정자 권선(92-1, 92-2, 92-3)의 단자측 턴 간의 전압 크기도 증가시킨다. 이에

따라 부분 방전의 측정이 가능하게 된다. 또한, 위와 같이 게이트 저항의 저항값(R_g)을 조절하는 경우에는, 전압의 오버슈트뿐만 아니라, 더 짧은 라이즈 타임에서 시험이 가능하기 때문에 실제 운전 조건보다 가혹한 조건(실제 운전 조건보다 높은 dv/dt)으로 시험을 진행할 수 있다는 장점이 있다.

- [0040] 실시예에 따라, 게이트 저항(131-1)의 저항값(R_g) 대신에 스위칭 소자(131) 등에 병렬 연결된 스너버(snubber) 등의 완충 소자의 값을 조절함으로써 인가 전압의 상승 시간(t_r) 및 전압 오버슈트의 크기를 조절하는 것도 가능하다. 도 5 내지 도 7을 통해 설명한 바는 상술한 제1 실시예에 따른 전동기 제어 회로(100-1) 및 제2 실시예에 따른 전동기 제어 회로(100-2) 중 적어도 하나에도 동일하게 채용될 수 있다.
- [0041] 도 8은 전동기 제어 회로를 포함하는 전동기의 다른 실시예에 대한 도면이고, 도 9는 다른 실시예에 따른 전동기 제어 회로의 일 실시예에 대한 회로도이다.
- [0042] 도 8에 도시된 바에 의하면, 전동기(12)는 구동부(90), 전동기 제어 회로(300), 회로 제어부(350) 및 검출부(370)를 포함할 수 있다. 필요에 따라 회로 제어부(350) 및 검출부(370) 중 적어도 하나는 전동기(12)와 별도로 마련된 것일 수 있으며, 이 경우 전동기(12)는 회로 제어부(350) 및 검출부(370) 중 적어도 하나를 포함하지 않을 수도 있다.
- [0043] 상술한 바와 동일하게 구동부(90)는 내측에 공간(94)이 형성된 고정자(91)와, 고정자(91)에 서로 대향하여 설치된 적어도 한 쌍의 고정자 권선(92: 92-1a, 92-1b, 92-2a, 92-2b, 92-3a, 92-3b)과, 고정자 권선(92: 92-1a 내지 92-3b)에 인가되는 전압 또는 전류에 따라서 내측 공간(94)에서 회동 가능하게 마련된 회전자(93)를 포함할 수 있다. 여기서, 적어도 한 쌍의 고정자 권선(92)은, 회전자(93) 주변에 일정한 각도 간격으로 배치된 것일 수 있다. 전기적으로 소정의 위상차를 갖는 N상 전압(전류)이 각각의 고정자 권선(92: 92-1a, 92-1b, 92-2a, 92-2b, 92-3a, 92-3b) 중 적어도 하나에 인가되면, 이에 대응하여 고정자(91) 내부 공간(94)에 회전 자계가 형성되고, 회전 자계에 의해 회전자(93)는 회동하게 한다.
- [0044] 정류부(310)는 교류 전류를 직류 전류로 변환하도록 마련되며, 도 9에 도시된 바와 같이 3상 정류 회로를 이용하여 구현된 것일 수 있다. 보다 구체적으로, 정류부(310)는 직렬 연결된 제7 다이오드(311) 및 제8 다이오드(312)와, 직렬 연결된 제9 다이오드(313) 및 제10 다이오드(314)와, 직렬로 연결된 제11 다이오드(315) 및 제12 다이오드(316)를 포함할 수 있으며, 각각의 직렬 연결된 다이오드(311 및 312, 313 및 314, 315 및 316)는 다른 직렬 연결된 다이오드(311 및 312, 313 및 314, 315 및 316)에 대해 병렬 연결된 것일 수 있다. 또한, 각 직렬 연결된 다이오드(311 및 312, 313 및 314, 315 및 316) 사이에는 전원(9)과 전기적으로 연결된 분기 라인이 형성되는 적어도 일 지점들(P61, P62, P63)이 마련된다. 실시예에 따라, 정류부(310)는 생략 가능하다.
- [0045] 스위칭부(330)는 복수의 스위칭 소자(331 내지 336)를 포함할 수 있으며, 예를 들어, 펄스 폭 변조 제어를 위해 6개의 스위칭 소자(331 내지 336, 이하 각각 제7 내지 제12 스위칭 소자)를 포함할 수도 있다. 실시예에 따라, 스위칭 소자(331 내지 336)는 바이폴라 트랜지스터, 절연 게이트 양극성 트랜지스터(IGBT) 및/또는 전계 효과 트랜지스터(FET) 등과 같은 소정의 트랜지스터를 이용하여 구현 가능하다. 상술한 바와 같이 제7 스위칭 소자(331) 및 제10 스위칭 소자(334)의 한 쌍과, 제9 스위칭 소자(333) 및 제12 스위칭 소자(336)의 한 쌍과, 제11 스위칭 소자(335) 및 제8 스위칭 소자(332)의 한 쌍 각각은 직렬 연결되고, 각각의 쌍은 상호 병렬로 연결된다. 직렬 연결된 스위칭 소자(331 및 334, 333 및 336, 335 및 332) 사이의 라인에는 어느 하나의 고정자 권선(92-1, 92-2, 92-3)과 각각 연결된 분기(P81, P82, P83)가 적어도 하나 마련된다. 일 실시예에 의하면, 스위칭부(330)의 각각의 스위칭 소자(331 내지 336) 중 적어도 하나는 상술한 게이트 저항의 저항값(R_g)이나 스너버의 조절을 위해 동작할 수도 있다. 이와 같은 동작은 회로 제어부(350)의 제어에 따라 수행되는 것일 수도 있다. 예를 들어, 제7 스위칭 소자(331) 및 제10 스위칭 소자(334) 간의 일 지점(P81)에서 분기된 라인에 연결된 제1 고정자 권선(92-1)에 대한 절연 여부 판단을 위해서, 제7 스위칭 소자(331)는 스위칭되고, 제8 스위칭 소자(332) 및 제12 스위칭 소자(336)는 온 상태가 되고, 제9 스위칭 소자(333), 제10 스위칭 소자(334) 및 제11 스위칭 소자(335)는 오프 상태가 된다. 이와 같이 각 스위칭 소자(331 내지 336)가 설정되면, 제2 고정자 권선(92-2) 및 제3 고정자 권선(92-3)은 직류 전원을 하단에 연결되고, 이에 따라 임펄스 전압이 고정자 권선(92-1, 92-2, 92-3)을 포함하는 회로에 인가될 수 있게 된다. 여기서 게이트 저항의 저항값(R_g)을 감소시키면서 상승 시간(t_r)이 상대적으로 짧은 임펄스 전압을 인가하면, 더욱 높은 전압 하에서 검출부(370)가 부분 방전의 발생 여부를 측정할 수 있게 된다. 따라서, 부분 방전의 발생 여부 측정 결과에 따라서 일 상에 대한 절연 여부의 판단이 가능해진다.
- [0046] 정류부(310)와 스위칭부(330) 사이에는, 적어도 하나의 인덕터(341)가 마련될 수 있다. 인덕터(341)는 정류부(310)의 각 다이오드(311 내지 316) 및 스위칭부(330)의 각 스위칭 소자(331 내지 336)와 직렬 연결될 수 있다.

또한, 인덕터(341)와 스위칭부(330)를 연결하는 라인의 일 지점(P71)에는, 타단이 정류부(310) 및 스위칭부(330) 사이의 일 지점(P72)과 연결된 분기 라인이 형성될 수 있으며, 분기 라인에는 적어도 하나의 커패시터(343)가 형성될 수 있다.

[0047] 회로 제어부(350)는 제어 신호를 생성하고 생성한 제어 신호를 전동기 제어회로(300)에 전달할 수 있도록 마련되며, 구체적으로 스위칭부(330)의 각 스위칭 소자(331 내지 336)에 대한 제어 신호를 생성하여 각 스위칭 소자(331 내지 336)에 전달하여 각 스위칭 소자(331 내지 336)가 스위칭되어 온 상태가 되거나 또는 오프 상태가 되도록 할 수 있다. 회로 제어부(350)에 의한 제어 신호의 생성 및 전달은 수동적으로 또는 자동적으로 수행될 수 있으며, 자동적으로 수행되는 경우, 제어 신호의 생성 및 전달은 주기적으로 수행될 수도 있고 비주기적으로 수행될 수도 있다. 회로 제어부(350)는, 상술한 실시예의 회로 제어부(150)와 동일하게, 중앙 처리 장치 등의 정보 처리 장치를 이용하여 구현될 수 있으며, 하나 또는 둘 이상의 프로그램을 기반으로 제어 동작을 수행할 수도 있다.

[0048] 검출부(370)는 전압 오버슈트가 증가된 전압이 구동부(90)에 인가될 때, 구동부(90)의 부분 방전의 발생 여부를 검출할 수 있다. 검출부(370)는 부분 방전에 의해 출력되는 펄스를 검출하거나 또는 부분 방전에 수반된 초음파나 극초단파를 검출하여 부분 방전에 대한 데이터를 획득할 수 있다. 검출부(370)는, 예를 들어 코일, 안테나 또는 초음파 센서 등을 포함하거나, 고역 통과 필터 등을 더 포함할 수 있다. 검출부(370)의 측정 결과는 시각적 또는 청각적으로 관리자나 사용자에게 제공되거나 및/또는 외부의 다른 장치로 전달될 수도 있다.

[0049] 상술한 실시예에 따른 전동기 제어 회로(100-1 내지 100-3, 300)는 직류 전동기 및 교류 전동기 중 적어도 하나에 채용될 수도 있다. 다시 말해서, 이들 회로(100-1 내지 100-3, 300)가 설치된 전동기(10, 12)는 직류 또는 교류 전동기를 포함할 수 있다. 여기서, 직류 전동기는 통상의 직류 전동기나 브러시리스 직류(BLDC: Brushless DC) 전동기 등을 포함할 수 있으며, 교류 전동기는 유도 전동기나 동기 전동기 등을 포함할 수 있다.

[0050] 도 10은 전동기 제어 장치의 일 실시예를 설명하기 위한 도면이다.

[0051] 일 실시예에 따르면, 상술한 제1 내지 제3 실시예에 따른 전동기 제어 회로(100: 100-1 내지 100-3) 및 제4 실시예에 따른 전동기 제어 회로(300) 중 적어도 하나는, 도 10에 도시된 바와 같이, 전동기 제어 장치(400)의 형태로 구현될 수도 있다. 전동기 제어 장치(400)는 전원(9, 상용 전원이나 배터리 등) 및 적어도 하나의 전동기(500)와 전기적으로 연결되어 있을 수 있다. 여기서, 적어도 하나의 전동기(500) 각각은 상술한 바와 같이 구동부(590)를 포함할 수 있으며, 구동부(590)는 고정자(591), 고정자 권선(592) 및 회전자(593) 등을 포함할 수 있다. 실시예에 따라, 전동기 제어 장치(400)는 적어도 하나의 전동기(500)와 물리적으로 분리되어 마련되며, 적어도 하나의 전동기(500)에 고정 장착되도록 구현된 것일 수도 있고 또는 적어도 하나의 전동기(500)와 장착 및 분리가 가능하도록 구현된 것일 수도 있다. 이 경우, 전동기 제어 장치(400)는 단자, 회로 및/또는 도선 등을 통해 적어도 하나의 전동기(500)에 장착되고, 아울러 외부 전원(9)에 연결되어 전동기(500)와 외부 전원(9)을 전기적으로 연결하면서, 상술한 바와 같이 전동기에 인가되는 전압이나 전압 오버슈트를 증가시키도록 동작할 수 있다. 또한, 전동기 제어 장치(400)는 설계자의 임의적 설계에 따라 전원(9, 배터리 등)을 포함할 수도 있고, 반대로 상술한 정류부(110, 310) 및 스위칭부(130, 330) 중 적어도 하나를 포함하지 않을 수도 있다. 전동기 제어 장치(400)의 자세한 구조나 동작 등은 상술한 전동기 제어 회로(100, 300)와 동일하거나 또는 일부 변형된 방법으로 구현될 수 있으므로, 자세한 설명은 이하 생략한다.

[0052] 이하, 도 11을 참조하여 전동기의 진단 방법의 일 실시예를 설명한다.

[0053] 도 11은 전동기 제어 회로를 이용한 전동기의 진단 방법의 일 실시예에 대한 흐름도이다.

[0054] 도 11에 도시된 바를 참조하면, 상술한 제1 내지 제4 실시예에의 전동기 제어 회로를 포함하는 전동기 또는 상술한 전동기 제어 장치가 연결된 전동기가 동작을 개시한 후, 일정 시간이 경과된 이후에 동작을 정지할 수 있다(500).

[0055] 전동기의 동작 개시 후 또는 전동기의 동작 정지에 응하여, 전동기 제어 회로 또는 전동기 제어 장치의 동작에 의해, 고정자 권선을 포함하는 전동기의 구동부에 상대적으로 높은 전압이 인가되거나 또는 전압 오버슈트가 증가된다(502). 구동부에 인가될 고전압은 제1 실시예에 따른 전동기 제어 회로에서 설명한 바와 같이 직류단 전압을 부스트 컨버터를 통해 상승시켜 획득될 수도 있고 및/또는 제2 실시예에 따른 전동기 제어 회로에서 설명한 바와 같이 스위칭부의 각각의 스위칭 소자를 적절히 동작시켜 획득될 수도 있다. 전압 오버 슈트의 증가는 스위칭 소자의 구동회로의 게이트 저항의 저항값이나 인가 전압의 상승 시간을 조절하여 구현될 수 있으며, 게이트 저항의 저항값이나 인가 전압의 상승 시간의 조절은, 예를 들어, 제3 실시예에 따른 전동기 제어 회로에서

설명한 바와 같이 정류부와 스위칭부 사이에 설치된 스위치 통해 수행되거나 및/또는 추가된 스위치 없이 스위칭부 내의 각각의 스위치 소자를 온 또는 오프 상태로 설정함으로써 수행될 수 있다.

[0056] 순차적으로 측정부들 통해 구동부에 대한 부분 방전을 검출한다(504). 이에 따라 구동부에 부분 방전이 발생하였는지 여부가 판단될 수 있게 된다.

[0057] 부분 방전의 검출 여부에 따라서 전동기에 결함이 발생하였는지 여부가 판단된다(508). 부분 방전이 검출되면, 이는 검출 대상 고정자 권선에 대해 턴간 절연, 상간 절연 또는 상 절연이 훼손되었음을 의미한다. 따라서, 전동기의 절연의 훼손 여부의 정확하고 신속한 파악이 가능해진다. 결함 발생의 판단은 사용자나 관리자에 의해 수행될 수도 있고, 또는 전동기에 마련되거나, 전동기와 별도로 마련되고 측정부에 연결된 정보 처리 장치에 의해 수행될 수도 있다.

[0058] 상술한 실시예에 따른 전동기의 진단 방법은 컴퓨터 장치에 의해 구동될 수 있는 프로그램의 형태로 구현될 수 있다. 여기서 프로그램은 프로그램 명령, 데이터 파일 및 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 프로그램은 기계어 코드나 고급 언어 코드를 이용하여 설계 및 제작될 수 있다. 프로그램은 상술한 방법을 구현하기 위하여 특별히 설계된 것일 수도 있고, 컴퓨터 소프트웨어 분야에서 통상의 기술자에게 공지되어 사용 가능한 각종 함수나 정의를 이용하여 구현된 것일 수도 있다. 또한, 여기서, 컴퓨터 장치는 프로그램의 기능을 실현 가능하게 하는 프로세서나 메모리 등을 포함하여 구현된 것일 수 있으며, 필요에 따라 통신 장치를 더 포함할 수도 있다.

[0059] 상술한 전동기의 진단 방법을 구현하기 위한 프로그램은 컴퓨터에 의해 관독 가능한 기록 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터에 의해 관독 가능한 기록 매체는, 예를 들어, 솔리드 스테이트 드라이브(SSD), 롬, 램 또는 플래시 메모리 등과 같은 반도체 저장 장치, 하드 디스크나 플로피 디스크 등과 같은 자기 디스크 저장 매체, 콤팩트 디스크나 디브이디 등과 같은 광 기록 매체, 플롭티컬 디스크 등과 같은 자기-광 기록 매체 및 자기 테이프 등 컴퓨터 등의 호출에 따라 실행되는 특정 프로그램을 저장 가능한 적어도 한 종류의 물리적 장치를 포함할 수 있다.

[0060] 이상, 전동기, 전동기 제어 회로, 전동기 제어 장치 및 전동기의 진단 방법의 여러 실시예에 대해 설명하였으나, 전동기, 전동기 제어 회로, 전동기 제어 장치 및 전동기의 진단 방법은 오직 상술한 실시예에 한정되는 것은 아니다. 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 상술한 실시예를 기초로 수정 및 변형하여 구현 가능한 다양한 장치나 방법 역시 상술한 전동기, 전동기 제어 회로, 전동기 제어 장치 및 전동기의 진단 방법의 일 실시예에 해당한다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성 요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나 다른 구성 요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 또는 치환되더라도, 상술한 전동기, 전동기 제어 회로, 전동기 제어 장치 및 전동기의 진단 방법의 일 실시예가 될 수 있다.

부호의 설명

[0061] 9: 전원 10: 전동기

12: 다른 실시예에 따른 전동기 90: 구동부

91: 고정자 92: 고정자 권선

93: 회전자 100: 전동기 제어 회로

110: 정류부 130: 스위칭부

150: 회로 제어부 170: 검출부

200: 전압처리부

210: 제1 실시예에 의한 전압 처리부

220: 제2 실시예에 의한 전압 처리부

230: 제3 실시예에 의한 전압 처리부

300: 제4 실시예에 의한 전동기 제어 회로

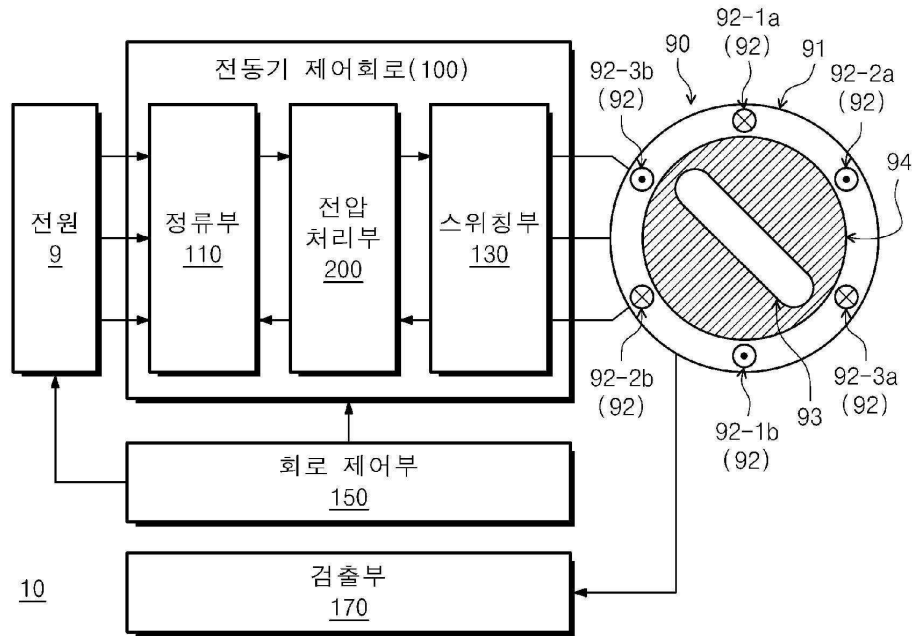
310: 제4 실시예에 의한 전동기 제어 회로의 정류부

320: 제4 실시예에 의한 전동기 제어 회로의 스위칭부

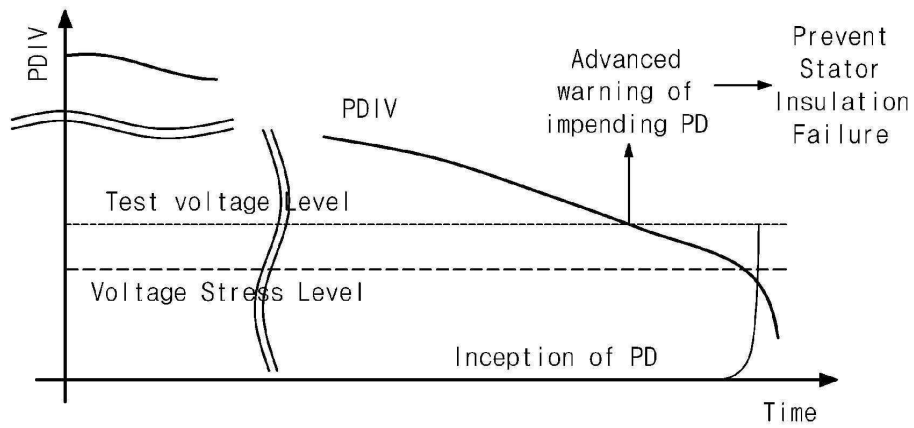
400: 전동기 제어 장치 500: 전동기

도면

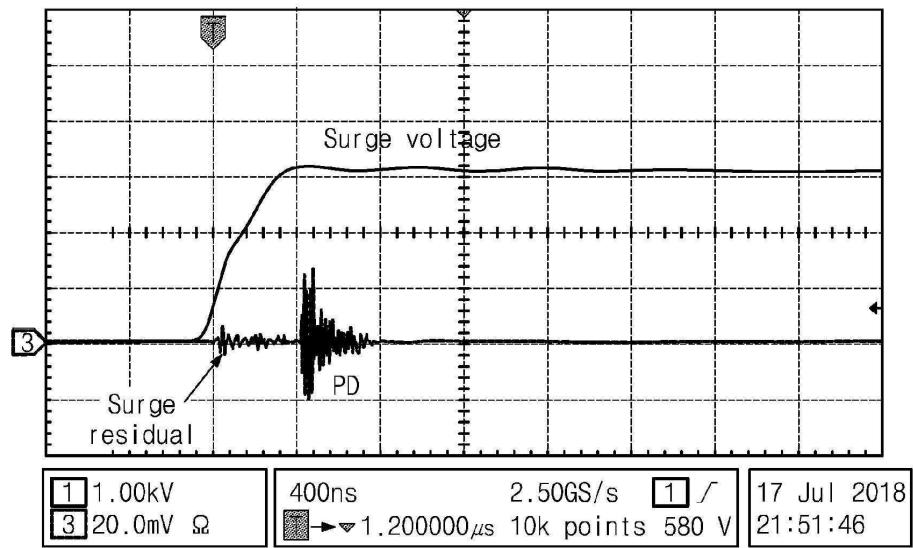
도면1a



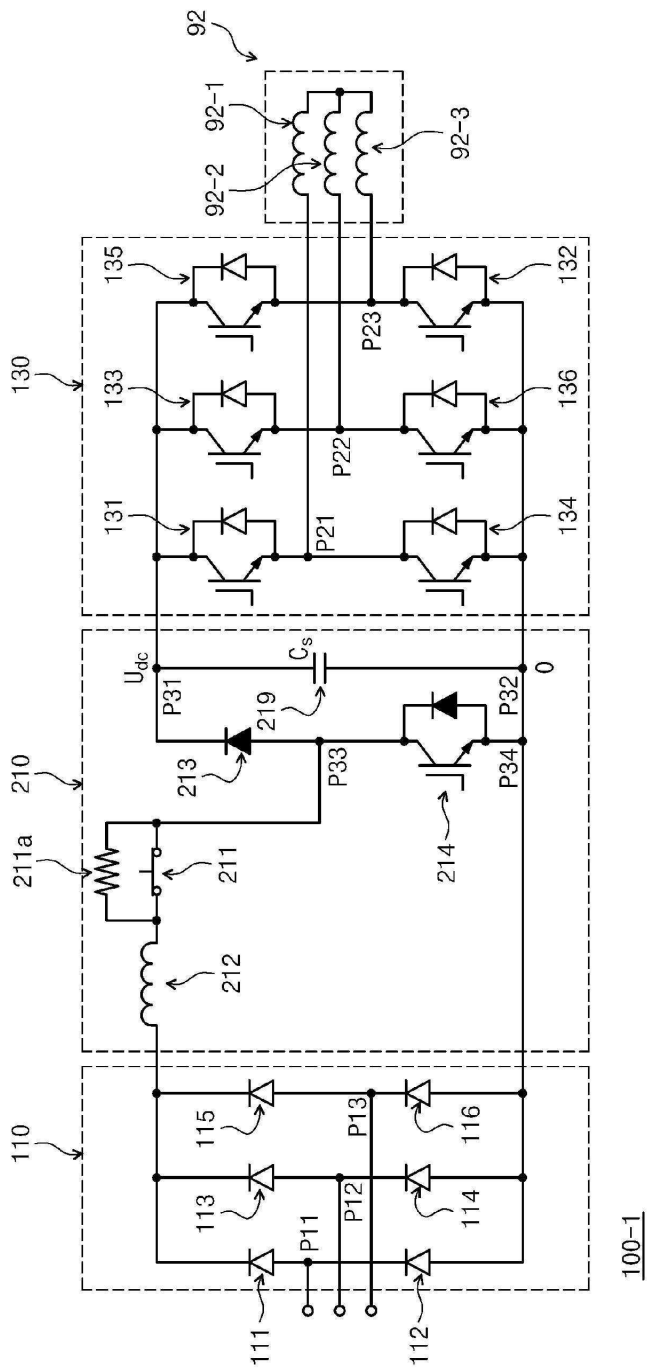
도면1b



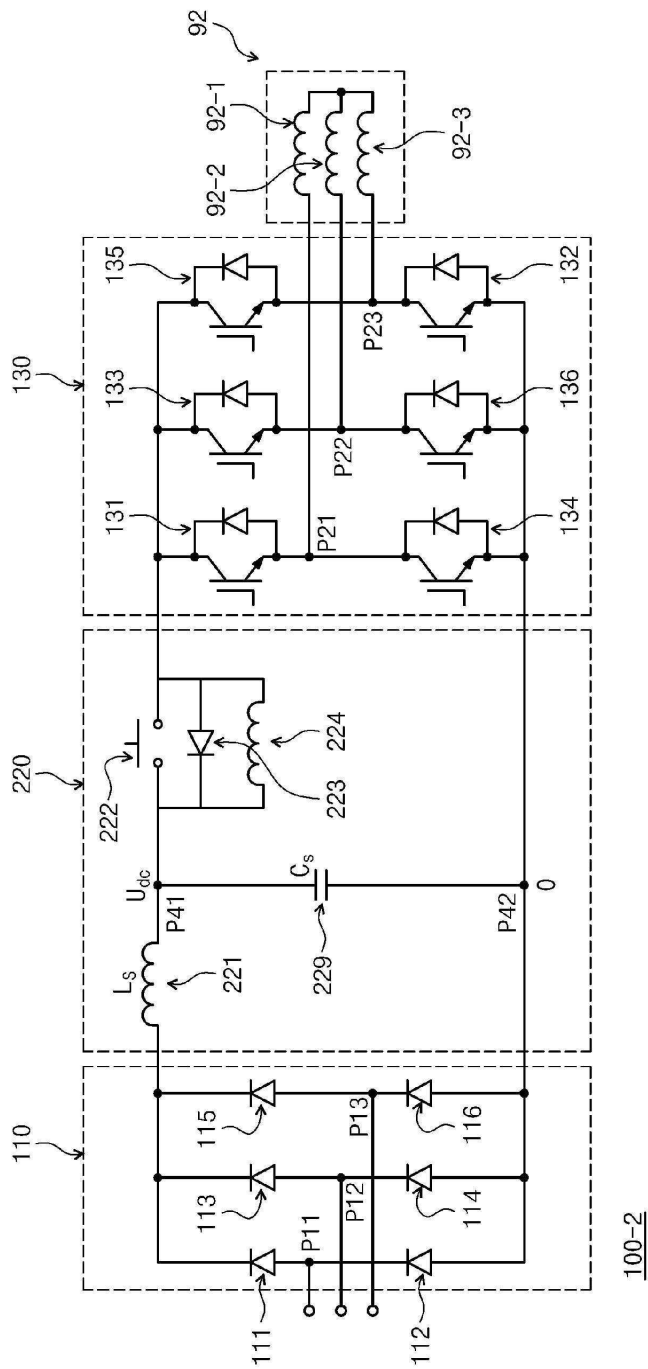
도면2



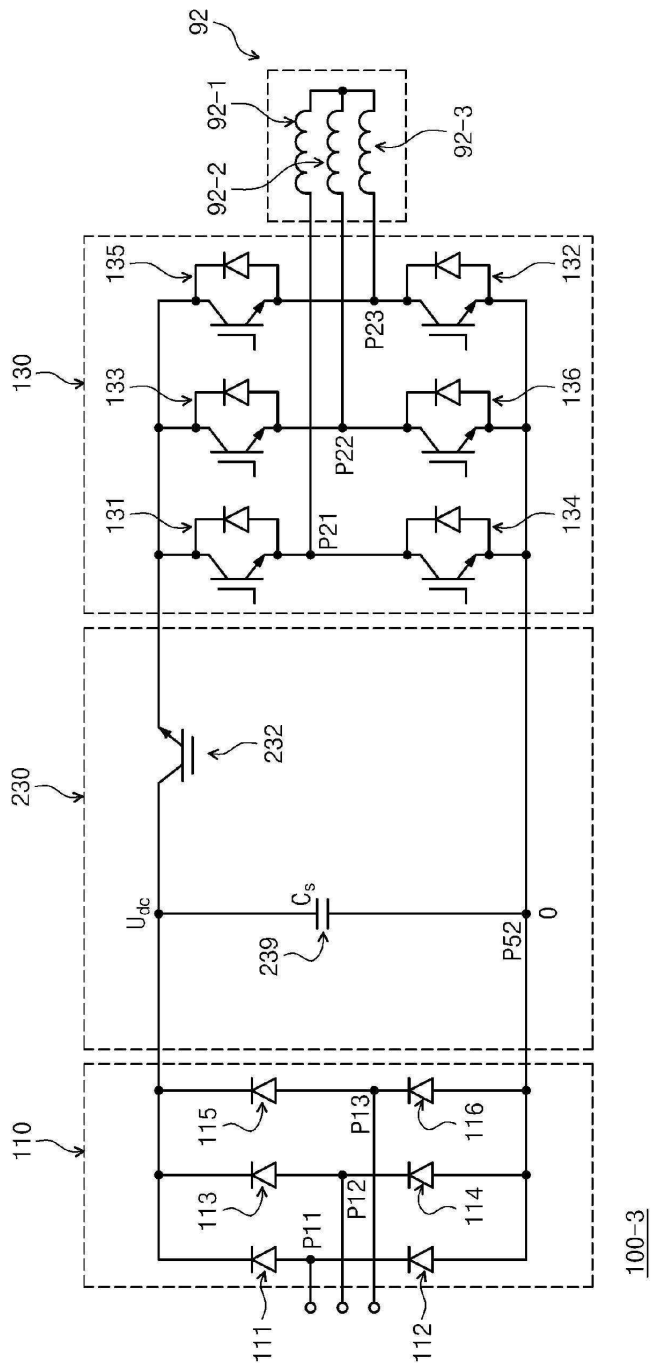
도면3



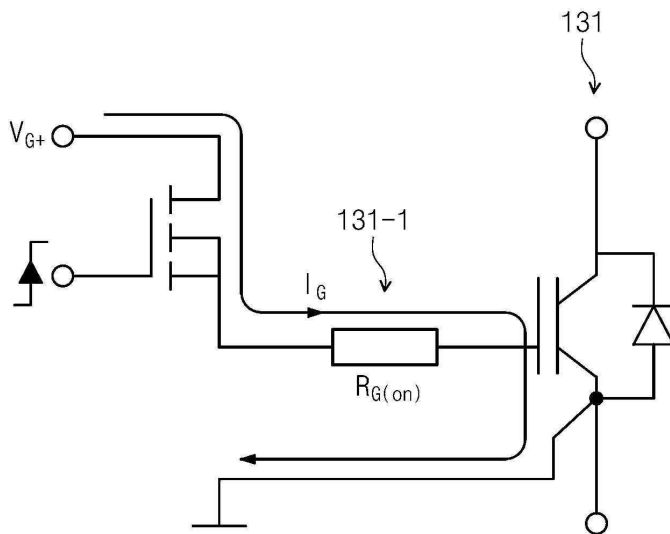
도면4



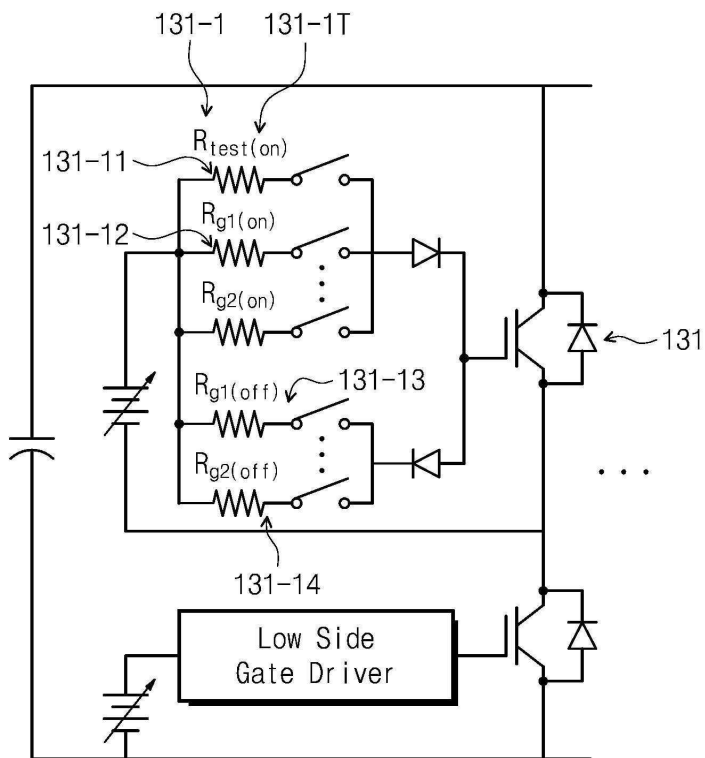
도면5



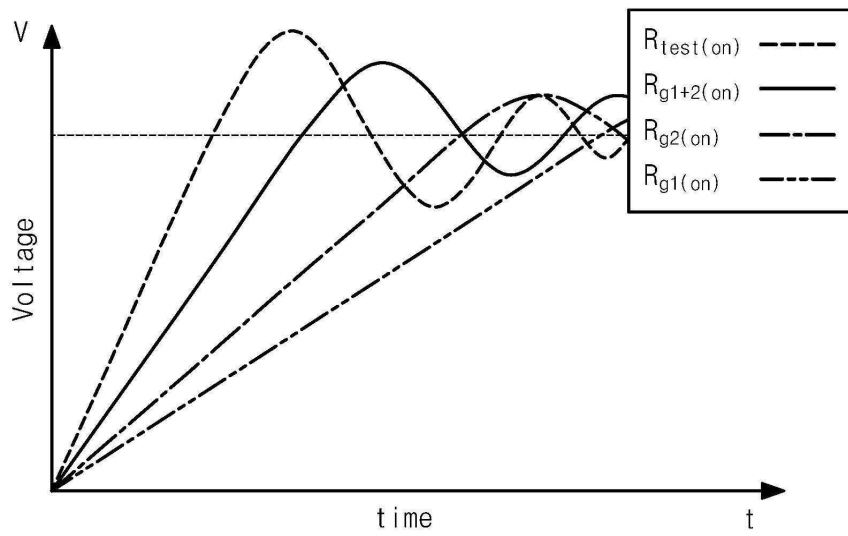
도면6a



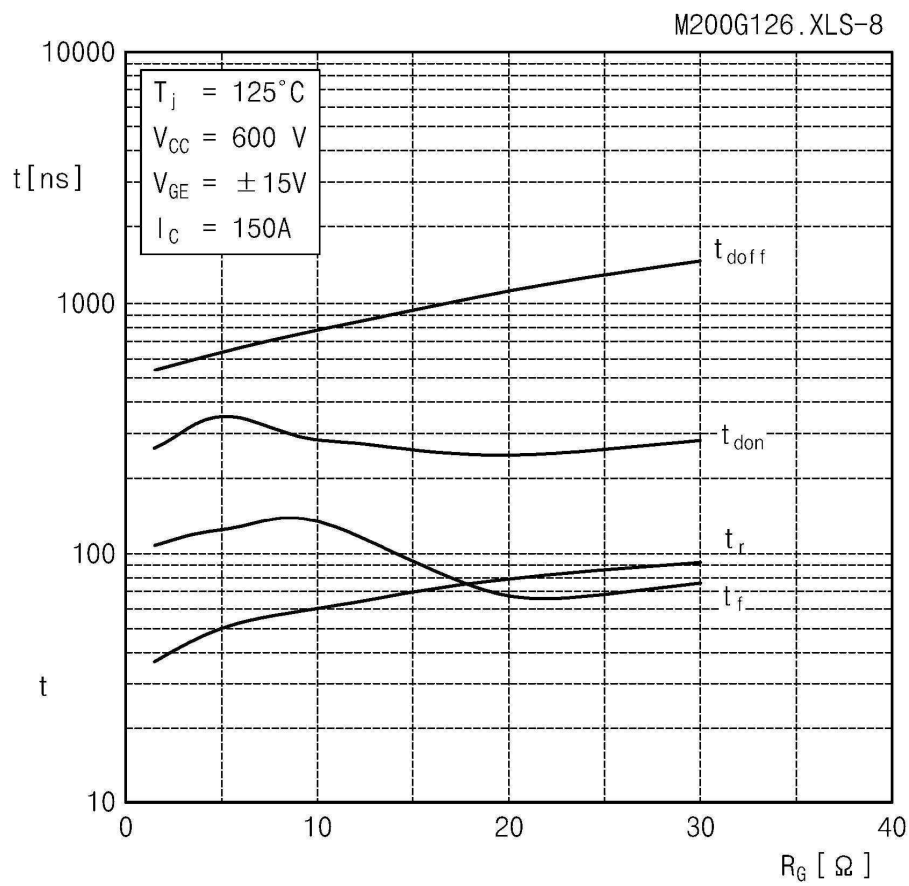
도면6b



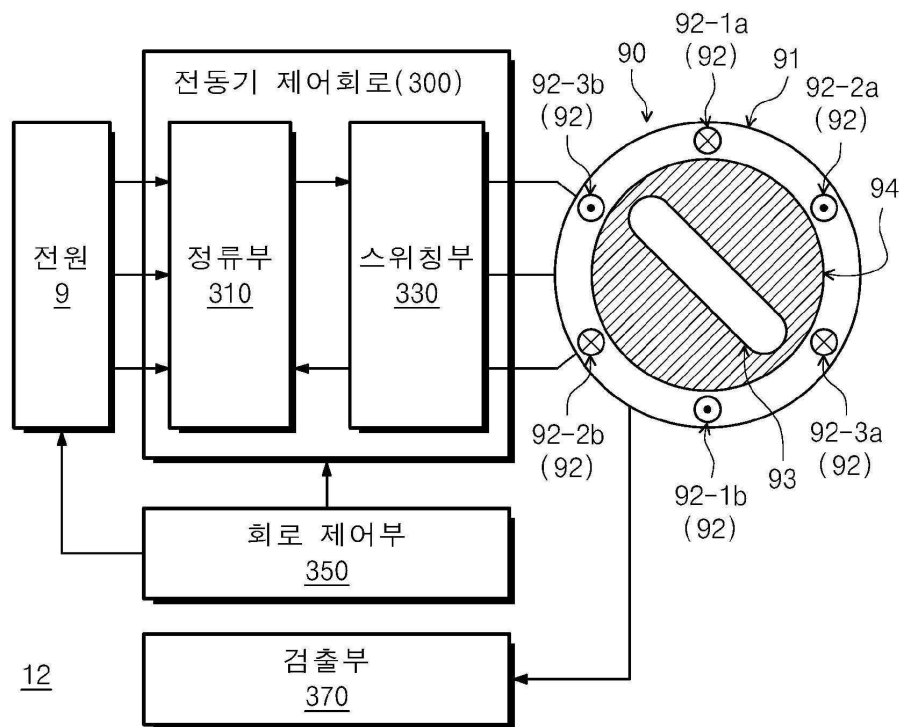
도면6c



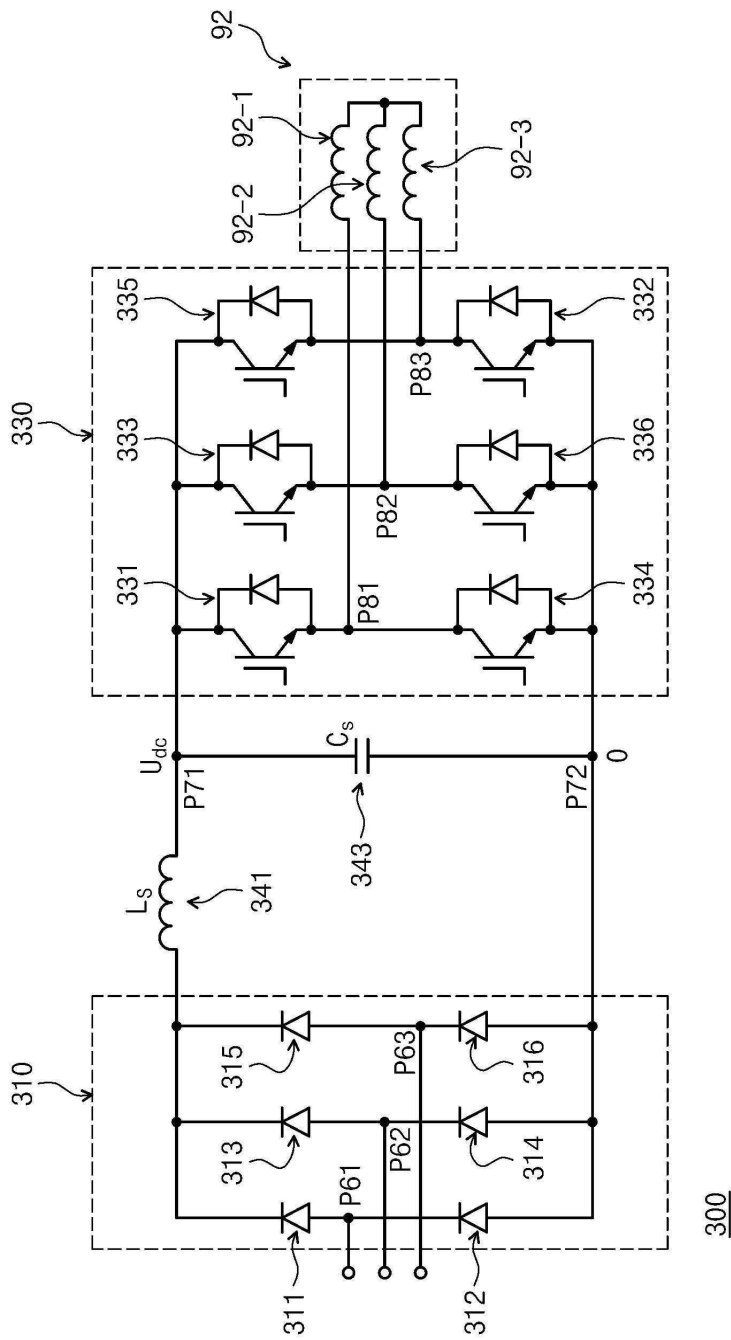
도면7



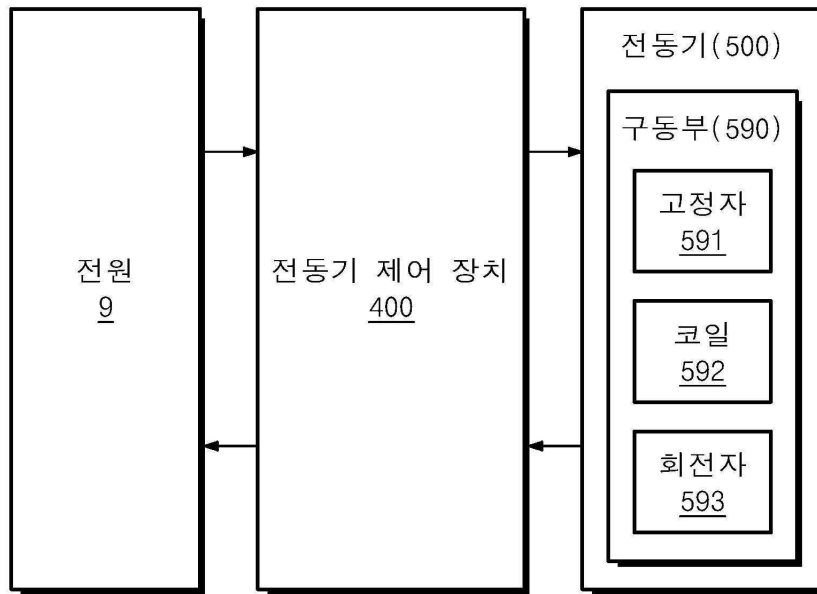
도면8



도면9



도면10



도면11

