



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년08월16일

(11) 등록번호 10-2695989

(24) 등록일자 2024년08월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01R 31/34 (2006.01) G01R 17/20 (2006.01)

G01R 29/12 (2006.01) H02P 25/03 (2016.01)

(52) CPC특허분류

G01R 31/343 (2013.01)

G01R 17/20 (2021.05)

(21) 출원번호 10-2021-0133788

(22) 출원일자 2021년10월08일

심사청구일자 2021년10월08일

(65) 공개번호 10-2023-0050659

(43) 공개일자 2023년04월17일

(56) 선행기술조사문헌

KR101244843 B1*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 7 항

(73) 특허권자

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 갯벌로 27, 인천대학교 이노베이션센터(송도동)

(72) 발명자

허진

경기도 성남시 분당구 정자일로 248, 608동 1102호(정자동, 파크뷰)

김두호

인천광역시 연수구 컨벤시아대로274번길 55, 210 2동 2301호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인충정

심사관 : 이종학

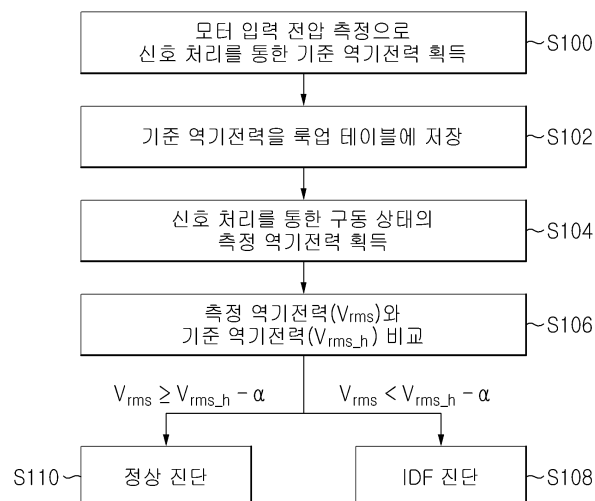
(54) 발명의 명칭 B L D C 전동기의 역기전력을 이용한 모터 고장 탐지 장치 및 방법

(57) 요약

BLDC 전동기의 역기전력을 이용한 모터 고장 탐지 장치 및 방법은 불가역 감자 고장 시 발생하는 역기전력의 변화를 비여자상에서 탐지하여 모터 고장을 진단하고, 간접적으로 자속이나 역기전력을 추정하지 않고, 불가역 감자에 의한 역기전력의 변화된 정도를 직접 추출하여 이용하기 때문에 불가역 감자 고장을 높은 확률로 탐지할 수 있다.

본 발명은 비여자상에 나타나는 역기전력 성분을 이용하여 모터 고장을 탐지하므로 안정성 측면에서 모터 고장의 확산을 방지하기 위해 실시간 고장 진단이 가능하며, 신뢰성 측면에서 정확히 고장을 진단하는 효과가 있다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류

G01R 29/12 (2013.01)

H02P 25/03 (2021.08)

(72) 발명자

임준혁

인천광역시 연수구 인천타워대로132번길 9, A동
2006호(송도동, 롯데몰 캐슬파크)

전민선

인천광역시 연수구 아트센터대로 203, A동 1501호
(송도동)

이열경

인천광역시 부평구 안남로 272, 205동 105호(청천
동, 부평1차 금호타운)

(56) 선행기술조사문헌

KR101521119 B1*

KR101818916 B1*

KR1020180031495 A*

KR100839073 B1

KR100631340 B1

KR102008942 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415169765

과제번호 20010132

부처명 산업통상자원부

과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원

연구사업명 시장자립형3세대xEV산업육성(R&D)

연구과제명 xEV 부품산업 저변 확대를 위한 e파워트레인 핵심부품 개발플랫폼 체계화 기술 개발

기 여 율 1/2

과제수행기관명 한국자동차연구원

연구기간 2020.04.01 ~ 2023.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415169868

과제번호 20011437

부처명 산업통상자원부

과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원

연구사업명 시장자립형3세대xEV산업육성(R&D)

연구과제명 전력기반 교통 수단 다양화를 위한 대형 전기버스용 240kw 저속 고토크모터 및 인버

터 기술개발

기 여 율 1/2

과제수행기관명 (주)브이씨텍

연구기간 2020.04.01 ~ 2022.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

모터 구동 중에 비여자상 구간의 신호 파형을 발생하는 BLDC(Brushless DC) 전동기; 및

상기 BLDC 전동기에 전기적으로 연결되어 상기 비여자상 구간의 신호 파형을 센싱하고, 상기 신호 파형의 크기 변화 또는 역기전력의 변화를 감지하여 모터 고장을 진단하는 제어장치를 포함하고,

상기 제어장치는 1개의 상에 전류가 공급되지 않고, 2개의 상에 전류가 공급되는지 판단하여 상기 비여자상 구간을 판단하고, 상기 비여자상 구간에서의 역기전력의 변화를 분석하여 모터 고장을 진단하는 모터 고장 탐지 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 제어장치는 모터의 각 상에서 발생하는 역기전력을 속도와 쇄교 자속으로 하기의 수학적 식 1에 의해 계산되고, 상기 계산된 역기전력을 일정 구간의 RMS(Root Mean Square) 값으로 계산하여 구동 상태의 측정 역기전력 (V_{rms})을 구하는 모터 고장 탐지 장치.

[수학적 식 1]

$$e = \omega_m \frac{d\lambda_f}{d\theta}$$

여기서, e , ω_m 와 λ_f 는 각 상의 역기전력, 속도와 권선에 쇄교하는 자속임.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 제어장치는 상기 측정 역기전력과 정상 상태의 기준 역기전력(V_{rms_h})과 비교하고, 하기의 수학적 식 2에 의해 상기 측정 역기전력이 상기 기준 역기전력보다 작으면, 모터 고장으로 진단하고, 상기 측정 역기전력이 상기 기준 역기전력과 같거나 크면, 정상 모터로 진단하는 모터 고장 탐지 장치.

[수학적 식 2]

$$V_{rms} < V_{rms_h} - \alpha$$

여기서, V_{rms} 는 모터 구동 중 측정 역기전력이고, V_{rms_h} 는 기준 역기전력이며, α 는 여유분을 나타냄.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 제어장치는 비여자상 구간의 신호 파형을 센싱하고, 상기 신호 파형의 각도 변화를 센싱하여 모터 고장을 진단하는 모터 고장 탐지 장치.

청구항 6

BLDC(Brushless DC) 전동기는 모터 구동 중에 비여자상 구간과 여자상 구간의 신호 파형을 발생하는 단계; 및

상기 BLDC 전동기에 연결된 제어장치는 상기 비여자상 구간의 신호 파형을 센싱하고, 상기 신호 파형의 크기 변화 또는 역기전력의 변화를 감지하여 모터 고장을 진단하는 단계를 포함하고,

상기 제어장치는 1개의 상에 전류가 공급되지 않고, 2개의 상에 전류가 공급되는지 판단하여 상기 비여자상 구간을 판단하고, 상기 비여자상 구간에서의 역기전력의 변화를 분석하여 모터 고장을 진단하는 모터 고장 탐지 방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 모터 고장을 진단하는 단계는,

상기 제어장치는 모터의 각 상에서 발생하는 역기전력을 속도와 쇄교 자속으로 하기의 수학적 식 1에 의해 계산되고, 상기 계산한 역기전력을 일정 구간의 RMS(Root Mean Square) 값으로 계산하여 구동 상태의 측정 역기전력 (V_{rms})을 구하고, 상기 측정 역기전력과 정상 상태의 기준 역기전력(V_{rms_h})과 비교하고, 하기의 수학적 식 2에 의해 상기 측정 역기전력이 상기 기준 역기전력보다 작으면, 모터 고장으로 진단하는 단계를 더 포함하는 모터 고장 탐지 방법.

[수학적 식 1]

$$e = \omega_m \frac{d\lambda_f}{d\theta}$$

여기서, e , ω_m 와 λ_f 는 각 상의 역기전력, 속도와 권선에 쇄교하는 자속임.

[수학적 식 2]

$$V_{rms} < V_{rms_h} - \alpha$$

여기서, V_{rms} 는 모터 구동 중 측정 역기전력이고, V_{rms_h} 는 기준 역기전력이며, α 는 여유분을 나타냄.

청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 모터 고장을 진단하는 단계는,

상기 제어장치는 비여자상 구간의 신호 파형을 센싱하고, 상기 신호 파형의 각도 변화를 센싱하여 모터 고장을 진단하는 단계를 더 포함하는 모터 고장 탐지 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 모터 고장 탐지 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 불가역 감자 고장 시 발생하는 역기전력의 변화를 비여자상에서 탐지하여 모터 고장을 진단하는 BLDC 전동기의 역기전력을 이용한 모터 고장 탐지 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 BLDC 전동기는 높은 토크 밀도, 제어 용이성 및 높은 효율성으로 인해 널리 사용되고 있다.

- [0003] BLDC 전동기에 사용되는 영구 자석은 열적, 전기적, 기계적 및 환경적인 스트레스에 의해 영향받기 쉬우며, 이는 모터의 불가역 감자 고장(Irreversible Demagnetization Fault, IDF)으로 이어진다.
- [0004] 이러한 모터 고장 발생 시 공극 자속의 감소로 인해 역기전력의 감소를 이용하여 오프라인 상태에서 개방 회로의 전압을 측정하여 고장을 탐지하는 방법이 사용되고 있으나, 이는 실시간으로 고장 진단이 불가능하고, 고장의 확산을 미리 방지할 수 없는 문제점이 있다.
- [0005] 기존의 불가역 감자 고장은 가우스 미터를 통해 자석의 자기 세기를 측정하는 오프라인 진단을 하거나 입력 전류 신호를 신호 분석을 통해 고장을 진단하는 대표적인 방법이 있다.
- [0006] 이러한 불가역 감자 고장 탐지 방법은 오프라인 진단의 경우, 실시간 고장 진단이 불가능하여 불가역 감자 고장으로 인해 일어날 수 있는 다른 고장으로의 확장을 방지하지 못하는 단점이 있다.
- [0007] 또한, 종래의 불가역 감자 고장 탐지 방법은 모터 전류 신호 분석의 경우, 특정 조건에서 불가역 감자 고장 시 발생하는 특정 고조파에 초점을 맞추고 있어 고장을 진단하는데 알고리즘이 복잡하거나 어려운 문제점이 있다.
- [0008] 따라서, 종래의 불가역 감자 고장 탐지 방법은 실시간 고장 진단이 어렵거나 복잡한 신호 처리 과정이 필요하여 소프트웨어의 연산 처리 속도 및 전동기의 속도 변화에 따라 고장을 판별하기 어려운 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 한국 등록특허번호 제10-2212084호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명은 불가역 감자 고장 시 발생하는 역기전력의 변화를 비여자상에서 탐지하여 모터 고장을 진단하는 BLDC 전동기의 역기전력을 이용한 모터 고장 탐지 장치 및 방법을 제공하는 데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 BLDC 전동기의 역기전력을 이용한 모터 고장 탐지 장치는,
- [0012] 모터 구동 중에 비여자상 구간의 신호 파형을 발생하는 BLDC(Brushless DC) 전동기; 및
- [0013] 상기 BLDC 전동기에 전기적으로 연결되어 상기 비여자상 구간의 신호 파형을 센싱하고, 상기 신호 파형의 크기 변화 또는 역기전력의 변화를 감지하여 모터 고장을 진단하는 제어장치를 포함한다.
- [0014] 제어장치는 1개의 상에 전류가 공급되지 않고, 2개의 상에 전류가 공급되는지 판단하여 상기 비여자상 구간을 판단하고, 상기 비여자상 구간에서의 역기전력의 변화를 분석하여 모터 고장을 진단한다.
- [0016] 제어장치는 모터의 각 상에서 발생하는 역기전력을 속도와 쇄교 자속으로 하기의 수학식 1에 의해 계산되고, 상기 계산된 역기전력을 일정 구간의 RMS(Root Mean Square) 값으로 계산하여 구동 상태의 측정 역기전력 (V_{rms})을 구할 수 있다.

- [0017] [수학식 1]

$$e = \omega_m \frac{d\lambda_f}{d\theta}$$

- [0018]

- [0019] 여기서, e , ω_m 와 λ_f 는 각 상의 역기전력, 속도와 권선에 쇄교하는 자속임.

[0021] 제어장치는 상기 측정 역기전력과 정상 상태의 기준 역기전력(V_{rms_h})과 비교하고, 하기의 수학적 식 2에 의해 상기 측정 역기전력이 상기 기준 역기전력보다 작으면, 모터 고장으로 진단하고, 상기 측정 역기전력이 상기 기준 역기전력과 같거나 크면, 정상 모터로 진단할 수 있다.

[0022] [수학적 식 2]

[0023]
$$V_{rms} < V_{rms_h} - \alpha$$

[0024] 여기서, V_{rms} 는 모터 구동 중 측정 역기전력이고, V_{rms_h} 는 기준 역기전력이며, α 는 여유분을 나타냄.

[0026] 본 발명의 특징에 따른 BLDC 전동기의 역기전력을 이용한 모터 고장 탐지 방법은,

[0027] BLDC(Brushless DC) 전동기는 모터 구동 중에 비여자상 구간과 여자상 구간의 신호 파형을 발생하는 단계; 및

[0028] 상기 BLDC 전동기에 연결된 제어장치는 상기 비여자상 구간의 신호 파형을 센싱하고, 상기 신호 파형의 크기 변화 또는 역기전력의 변화를 감지하여 모터 고장을 진단하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0029] 전술한 구성에 의하여, 본 발명은 비여자상에 나타나는 역기전력 성분을 이용하여 모터 고장을 탐지하며, 간접적으로 자속이나 역기전력을 추정하지 않고, 불가역 감자에 의한 역기전력의 변화된 정도를 직접 추출하여 이용하기 때문에 불가역 감자 고장을 높은 확률로 탐지할 수 있다.

[0030] 본 발명은 비여자상에 나타나는 역기전력 성분을 이용하여 모터 고장을 탐지하므로 안정성 측면에서 모터 고장의 확산을 방지하기 위해 실시간 고장 진단이 가능하며, 신뢰성 측면에서 정확히 고장을 진단하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 BLDC 전동기의 역기전력을 이용한 모터 고장 탐지 장치의 구성을 간략하게 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 BLDC 전동기의 각 상에서의 입력 전류, 역기전력, 동작소자 및 비여자상을 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 여자 구간(통전 구간), 비여자 구간에서의 상전압 및 역기전력을 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 BLDC 전동기의 역기전력을 이용한 모터 고장 탐지 방법을 나타낸 도면이다.

도 5 및 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 비여자상 구간의 신호 파형의 각도에 따른 모터 고장을 탐지하는 모습을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0033] 불가역 감자 고장(IDF)은 고온, 균일하지 않은 자화, 노화 및 주로 권선 단락으로부터 야기되는 역자계 등의 여러 가지 이유로 발생할 수 있다. 불가역 감자 고장은 역기전력(Back Electromotive Force, BEMF) 공극자속밀도, 고정자 전압, 전류 및 발생된 토크에 변화를 일으킨다. 이는 결과적으로 전동기의 진동 및 소음의 결과로 나타난다.

[0034] 영구자석(Permanent Magnet) 기계(전동기 등)는 고효율, 고회전 밀도, 고속 범위 및 제어 용이성을 갖는 장점에 도 불구하고, 모터 고장으로 이어지는 잠재적인 위험 중 IDF 결함이 있다. IDF는 전기적, 열적, 기계적 스트레스, 단락/개방회로 오류, 열, 습도 등 기타 환경 요인으로 발생하며, 이로 인하여 전체 모터 결함의 심각성을 증가시킨다. 따라서, 본 발명은 더 심각한 모터 고장이 발생하기 전에 최적의 성능과 전체 시스템 안전을 위하여 IDF를 실시간으로 감지해야 한다.

[0035] 본 발명은 비여자상에 나타나는 역기전력 성분을 이용하여 모터 고장을 탐지하며, 간접적으로 자속이나 역기전

력을 추정하지 않고, 불가역 감자에 의한 역기전력의 변화된 정도를 직접 추출하여 이용하기 때문에 불가역 감자 고장을 높은 확률로 탐지할 수 있다.

- [0036] 본 발명은 BLDC(Brushless DC) 전동기의 센서리스(Sensorless) 구동 방법 중 전동기에 공급되는 3상 단자의 역기전력의 영교차점을 이용하여 회전자의 위치를 검출 및 추정하여 전동기를 구동하는 방법을 사용하며, 이때, 얻을 수 있는 역기전력의 파형을 이용하여 불가역 감자 고장 진단을 수행한다.
- [0037] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 BLDC 전동기의 역기전력을 이용한 모터 고장 탐지 장치의 구성을 간략하게 나타낸 도면이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 BLDC 전동기의 각 상에서의 입력 전류, 역기전력, 동작소자 및 비여자상을 나타낸 도면이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 여자 구간(통전 구간), 비여자 구간에서의 상전압 및 역기전력을 나타낸 도면이고, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 BLDC 전동기의 역기전력을 이용한 모터 고장 탐지 방법을 나타낸 도면이다.
- [0038] 본 발명의 실시예에 따른 BLDC 전동기의 역기전력을 이용한 모터 고장 탐지 장치(100)는 BLDC 전동기(110), 인버터(114) 및 제어장치(115)를 포함한다.
- [0039] BLDC 전동기(110)는 입력 직류 전압을 3상 교류 전압으로 변환하여 전력을 공급하는 인버터(114)를 구비한다.
- [0040] BLDC 전동기(110)는 제1 전압센서(111), 제2 전압센서(112), 제3 전압센서(113)를 구비하여 3상의 전압을 측정하며, 이러한 측정된 전압은 전기적으로 연결된 제어장치(115)에서 감지한다.
- [0041] 도 2에 도시된 바와 같이, BLDC 전동기(110)의 각 상에서의 입력 전류, 역기전력, 동작소자 및 비여자상을 보여준다.
- [0042] BLDC 전동기(110)는 모든 구간에서 2개의 상만 여자되고, 나머지 1개의 상이 비여자된다. 이러한 방식을 2상 통전 방식이라 한다.
- [0043] 도 3에 도시된 바와 같이, BLDC 전동기(110)는 여자 구간(통전 구간), 비여자 구간에서의 상전압 및 역기전력을 나타낸 것이다.
- [0044] 제어장치(115)는 각 상에 연결된 제1 전압센서(111), 제2 전압센서(112), 제3 전압센서(113)에 전기적으로 연결되어 있으며, 각 상의 전류를 센싱한다.
- [0045] 제어장치(115)는 1개의 상에 전류가 공급되지 않고, 2개의 상에 전류가 공급되는지 판단하여 비여자상 구간을 판단한다.
- [0046] 즉, 도 2에 도시된 바와 같이, A 영역은 A상에서 전류가 흐르지 않고, B상과 C상에서 전류가 인가되고 있으므로 비여자 구간임을 알 수 있다.
- [0047] 비여자상 구간은 이상적으로 신호가 감지되지 않아야 하지만, 모터가 회전하고 있으므로 역기전력이 발생하고, 전류가 공급되고 있는 2개의 상에서 발생하는 전압이 유도되어 도 3과 같이 PWM 파형이 생성된다.
- [0048] 제어장치(115)는 비여자상 구간의 신호 파형을 센싱하여 크기 변화를 감지하여 모터 고장을 진단하고, 인버터(114)를 제어하여 BLDC 전동기(110)의 전원 공급을 중단시켜 BLDC 전동기(110)를 정지시킨다.
- [0049] 모터 고정자 권선에 채교하는 자속은 영구 자석에서 발생하는 자속에 의해 결정된다.
- [0050] 영구 자석에서 발생하는 자속은 고온, 과전류, 역자계 또는 영구 자석의 흠집, 노화 등에 의해 감소한다. 이러한 영향에 의해 자속이 감소하였을 때, 다시 원래의 자속의 크기로 회복하지 못하는 현상을 불가역 감자(irreversible demagnetization)라고 하며, 모터의 자석에서 불가역 감자 현상이 일어났을 때 이를 불가역 감자 고장(IDF)이라고 한다.
- [0051] 모터의 각 상에서 발생하는 역기전력은 속도와 채교 자속으로 표현되며, 다음의 수학적 식 1과 같다.

수학식 1

$$e = \omega_m \frac{d\lambda_f}{d\theta}$$

[0052]

[0053] 여기서, e , ω_m 와 λ_f 는 각 상의 역기전력, 속도와 권선에 채교하는 자속을 나타낸다.

[0054] IDF에 의한 모터 회전자의 영구 자석의 자속 감소는 고정자의 채교 자속 감소로 이어지며, 이는 역기전력의 감소로 이어진다.

[0055] 또한, 역기전력은 IDF 정도가 증가할수록 감소한다.

[0056] 제어장치(115)는 여자구간에서 펄스폭 변조(Pulse Width Modulation, PWM) 파형의 상전압을 계산하면, 역기전력(e)과 입력 DC 전압(V_{DC})을 이용하여 다음의 수학식 2와 같이 표현한다.

수학식 2

$$V = \frac{3}{2}e + \frac{1}{2}V_{DC}$$

[0057]

[0058] 상전압은 BLDC 구동 PWM 방식 및 온 구간과 오프 구간에 의해 변할 수 있다.

[0059] 제어장치(115)는 비여자상 구간이 상부의 PWM 온 구간과 하부의 PWM 오프 구간으로 이루어지고, 비여자상 구간의 상전압은 역기전력(e)과 같다.

[0060] PWM 온 구간은 비여자상 구간의 PWM 파형에서 상부 끝단면들이 이어지는 구간을 나타내고, PWM 오프 구간은 비여자상 구간의 PWM 파형에서 하부 끝단면들이 이어지는 구간을 나타낸다.

[0061] 제어장치(115)는 역기전력(e)을 일정 구간에서 RMS(Root Mean Square) 값으로 계산하면 V_{rms} 를 얻을 수 있다.

[0062] 제어장치(115)는 모터의 입력 DC 전압을 측정하여 신호 처리를 통한 역기전력을 획득한다.

[0063] 제어장치(115)는 정상 모터 상태, 비여자 구간에서 신호 처리를 통하여 기준 역기전력(V_{rms_h})을 획득한다(S100).[0064] 제어장치(115)는 역기전력이 모터 속도에 따라 달라지기 때문에 모터 속도에 따른 정상 모터의 기준 역기전력(V_{rms_h})을 모터 제어 컨트롤러에 룩업 테이블(Look Up Table, LUT)에 저장한다(S102).[0065] 제어장치(115)는 비여자 구간에서 신호 처리를 통하여 구동 상태의 측정 역기전력(V_{rms})을 획득한다(S104).[0066] 제어장치(115)는 룩업 테이블에 저장된 기준 역기전력(V_{rms_h})과, 모터 구동 상태에서 측정된 측정 역기전력(V_{rms})을 비교하고(S106), 측정 역기전력이 기준 역기전력(여유분 α)보다 작으면, 모터 고장으로 진단하고(S108), 측정 역기전력이 기준 역기전력(여유분 α)과 같거나 크면, 정상 모터로 진단한다(S110).[0067] 제어장치(115)는 측정 역기전력이 기준 역기전력(여유분 α)보다 작으면, 모터 고장으로 진단하고, 인버터(114)를 제어하여 BLDC 전동기(110)의 전원 공급을 중단시켜 BLDC 전동기(110)를 정지시킨다.

수학식 3

$$V_{rms} < V_{rms_h} - \alpha$$

[0068]

[0069]

여기서, V_{rms} 는 모터 구동 중 측정 역기전력이고, V_{rms_h} 는 기준 역기전력이며, α 는 여유분을 나타낸다.

[0071]

도 5 및 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 비여자상 구간의 신호 파형의 각도에 따른 모터 고장을 탐지하는 모습을 나타낸 도면이다.

[0072]

제어장치(115)는 비여자상 구간에서 PWM 파형의 각도 변화를 센싱하여 모터 고장을 진단할 수 있다.

[0073]

제어장치(115)는 도 5의 (a), (b)와 같이, 비여자상 구간에서 PWM 파형의 PWM 온 구간에 매칭되는 직선(10)을 형성하고, 형성된 직선(10)의 한점과 만나도록 수평선을 형성하면, 직선(10)과 수평선을 이용하여 삼각형을 이루며, 삼각함수를 이용하여 직선과 수평선을 이루는 각도를 계산한다.

[0074]

도 6에 도시된 바와 같이, 제어장치(115)는 비여자상 구간의 PWM 온 구간에서 복수의 임의의 점들을 샘플링하고, 샘플링된 점들을 최소 제곱법을 이용한 근사 직선(10)으로 변환하고, 근사 직선(10)의 한점과 만나도록 수평선을 형성하면, 근사 직선(10)과 수평선을 이용하여 삼각형을 이루며, 삼각함수를 이용하여 근사 직선(10)과 수평선을 이루는 각도를 계산한다.

[0075]

제어장치(115)는 비여자상 구간에서 발생하는 PWM 파형을 감지하여 PWM 파형의 각도를 주기적으로 계산하고, 계산한 각도는 기설정된 기준 각도와 비교하여 계산한 각도가 기준 각도보다 작은 경우, 모터 고장으로 진단하고 (도 5의 (b)), 인버터(114)를 제어하여 BLDC 전동기(110)의 전원 공급을 중단시켜 BLDC 전동기(110)를 정지시킨다.

[0076]

제어장치(115)는 계산한 각도가 기준 각도보다 같거나 큰 경우, 정상 각도로 진단한다(도 5의 (a)).

[0077]

이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

[0078]

100: 모터 고장 탐지 장치

110: BLDC 전동기

111: 제1 전압센서

112: 제2 전압센서

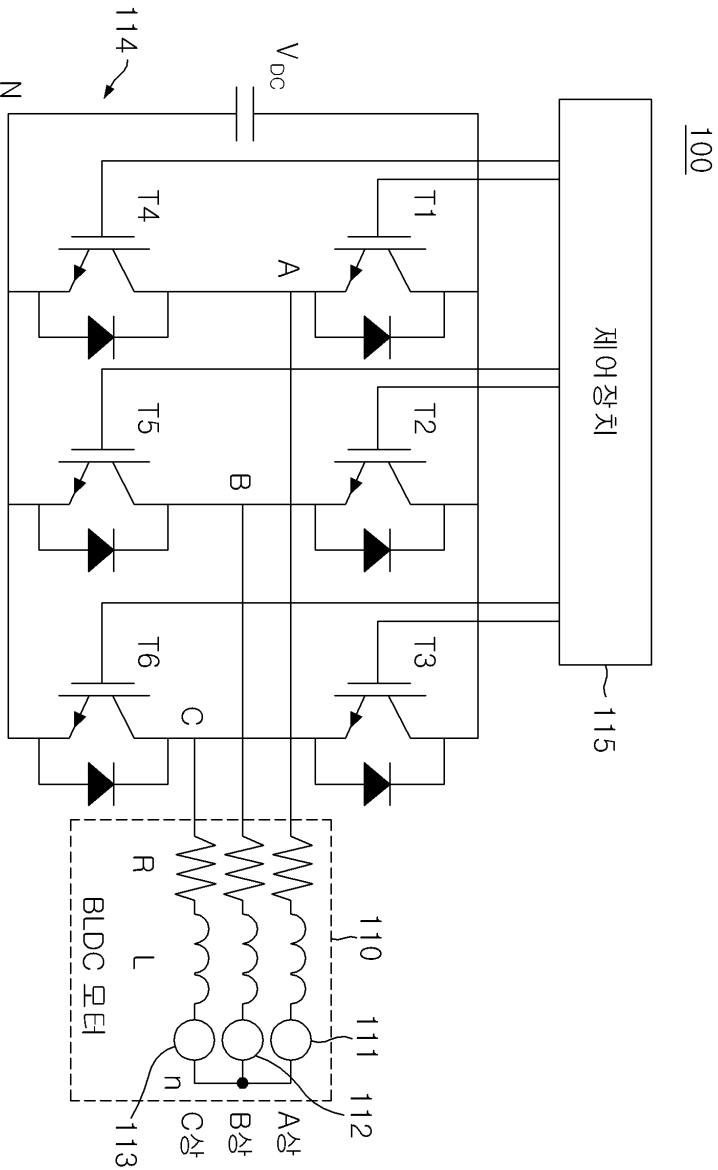
113: 제3 전압센서

114: 인버터

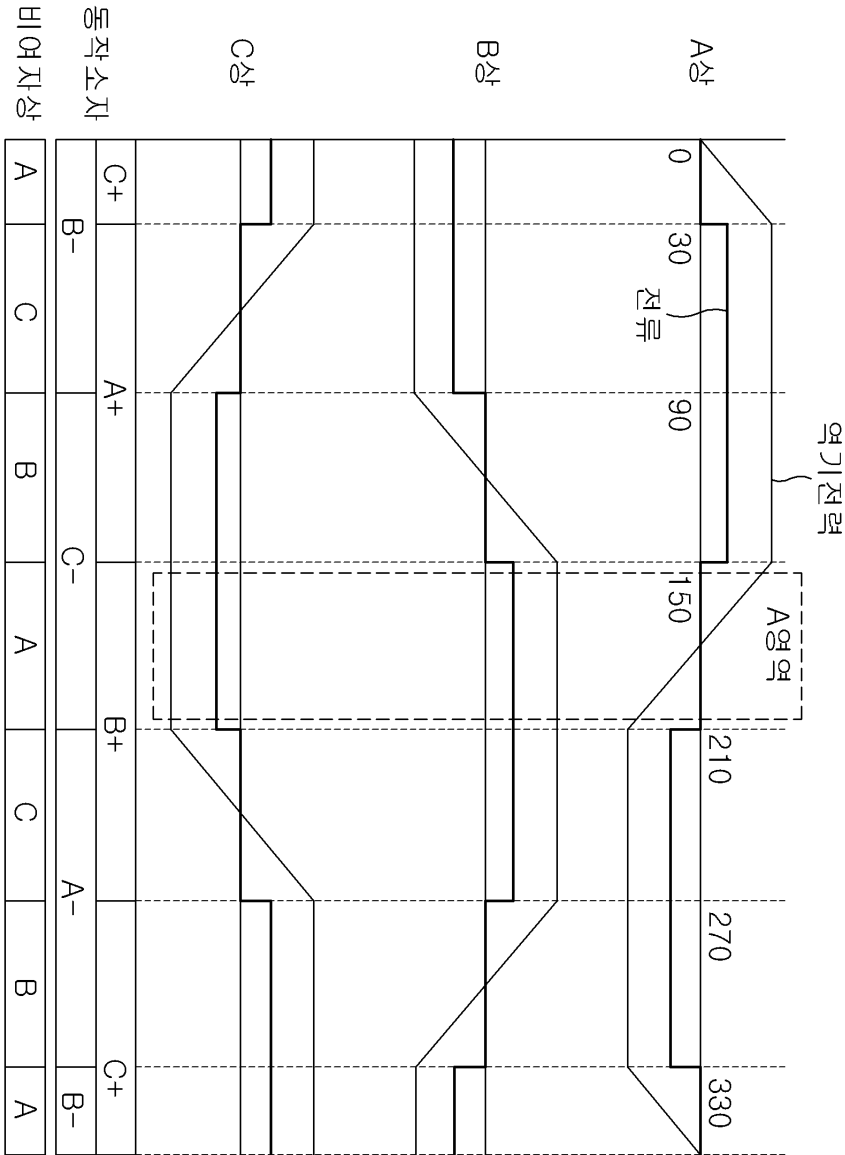
115: 제어장치

도면

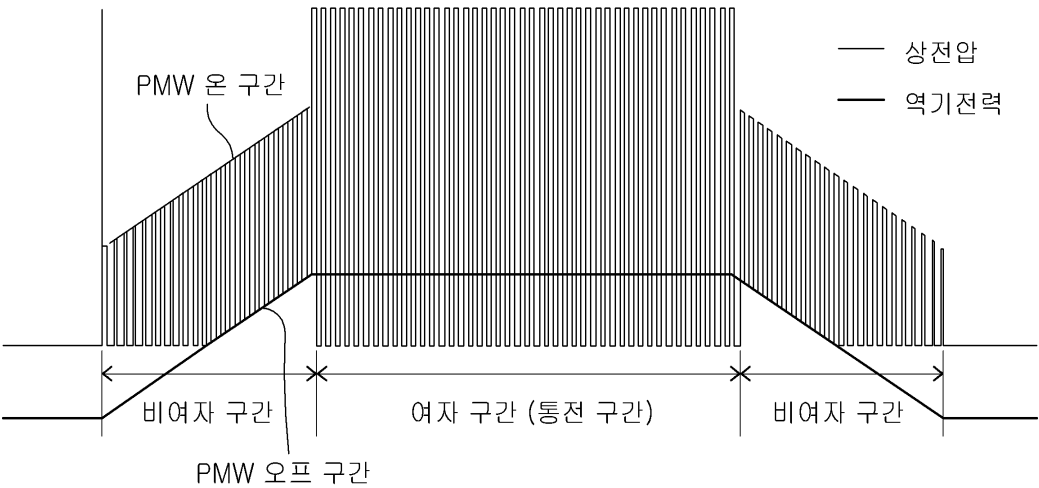
도면1



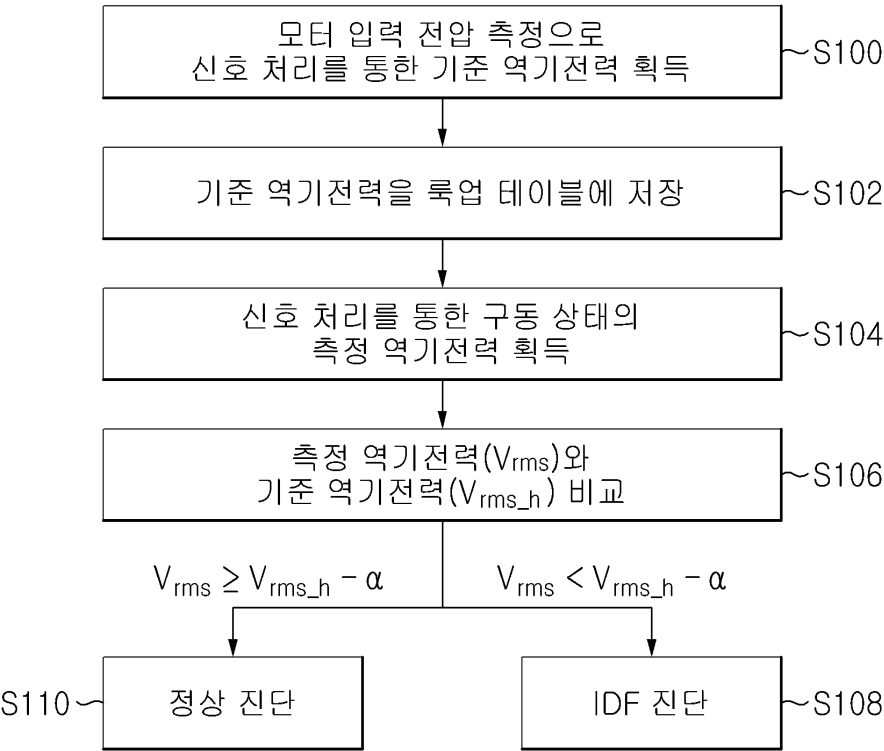
도면2



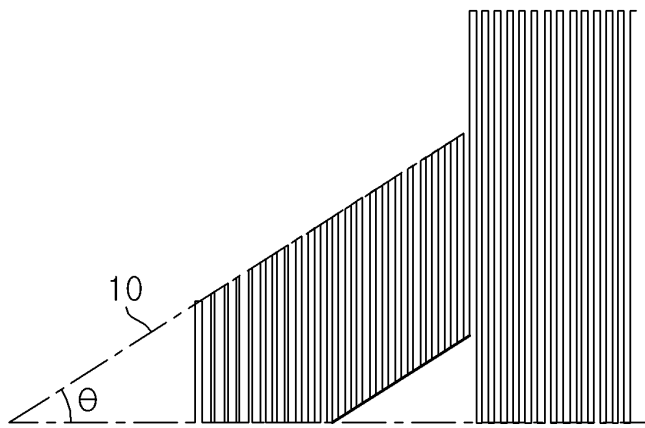
도면3



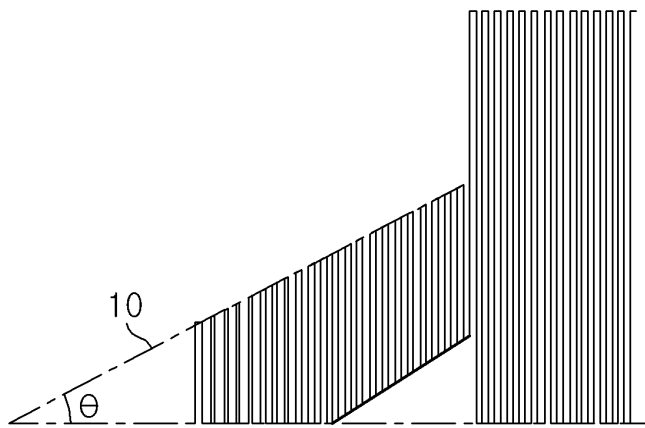
도면4



도면5



(a)



(b)

도면6

