



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0002224
(43) 공개일자 2018년01월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/34 (2006.01) G01R 27/08 (2006.01)
H02K 11/20 (2016.01)
(52) CPC특허분류
G01R 31/343 (2013.01)
G01R 27/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0081435
(22) 출원일자 2016년06월29일
심사청구일자 2016년06월29일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이상빈
서울특별시 강남구 언주로146길 18 동현아파트 2동 208호
정명
경기도 양주시 고덕로 159 현진에버빌2단지아파트 102동 2001호
박용현
서울특별시 성동구 무학로 33 텐즈힐아파트 102동 2001호
(74) 대리인
특허법인주원

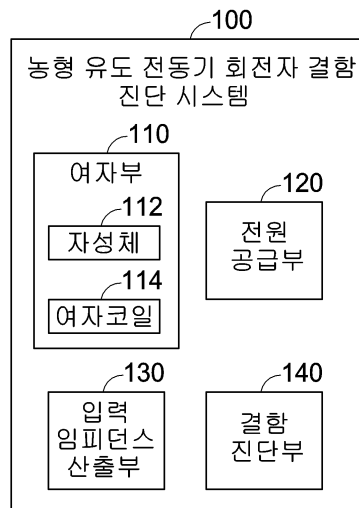
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 농형 유도 전동기 회전자 결함 진단 시스템, 및 방법

(57) 요약

농형 유도 전동기 회전자 결함 진단 시스템은, 여자부, 전원 공급부, 입력 임피던스 산출부, 및 결함 진단부를 포함한다. 여자부는 자속을 발생하여 농형 유도 전동기의 회전자 원통면 외측에서 농형 유도 전동기의 회전자에 인가하고, 전원 공급부는 여자부에 교류 전원을 공급하고, 입력 임피던스 산출부는 여자부로 입력되는 전압과 전류를 이용하여 여자부의 입력 임피던스를 산출하며, 결함 진단부는 입력 임피던스를 미리 설정된 임피던스 기준값과 비교하여 농형 유도 전동기의 회전자 결함을 진단한다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

H02K 11/20 (2016.01)

명세서

청구범위

청구항 1

자속을 발생하여 농형 유도 전동기의 회전자 원통면 외측에서 상기 농형 유도 전동기의 회전자에 인가하는 여자부;

상기 여자부에 교류 전원을 공급하는 전원 공급부;

상기 여자부로 입력되는 전압과 전류를 이용하여 상기 여자부의 입력 임피던스를 산출하는 입력 임피던스 산출부; 및

상기 입력 임피던스를 미리 설정된 기준 임피던스값과 비교하여 상기 농형 유도 전동기의 회전자 결함을 진단하는 결함 진단부를 포함하는 것을 특징으로 하는 농형 유도 전동기의 회전자 결함 진단 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 결함 진단부는 상기 입력 임피던스의 실수값인 입력 저항의 크기가 미리 설정된 기준 저항값보다 큰 경우 상기 회전자의 바(bar)에 결함이 있다고 진단하는 것을 특징으로 하는 농형 유도 전동기의 회전자 결함 진단 시스템.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 결함 진단부는 상기 입력 저항의 크기에 대응하여 상기 회전자 바의 결함 정도를 진단하는 것을 특징으로 하는 농형 유도 전동기의 회전자 결함 진단 시스템.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 결함 진단부는 상기 입력 임피던스의 허수값인 입력 리액턴스의 크기에 대응하여 상기 회전자의 공극의 크기를 진단하는 것을 특징으로 하는 농형 유도 전동기의 회전자 결함 진단 시스템.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 전원 공급부는 상기 진단용 교류 전원보다 주파수가 높은 보상용 교류 전원을 더 공급하고,

상기 입력 임피던스 산출부는 상기 보상용 교류 전원에 대해 산출된 상기 여자용 코일의 입력 임피던스를 이용하여 상기 진단용 교류 전원에 대해 산출된 입력 임피던스를 보상하는 것을 특징으로 하는 농형 유도 전동기의 회전자 결함 진단 시스템.

청구항 6

입력된 전원에 따라 자속을 발생하는 여자부에 교류 전원을 공급하는 진단용 교류 전원 공급 단계;

상기 여자부에 의해 생성된 자속을 농형 유도 전동기의 회전자 원통면 외측에서 상기 농형 유도 전동기의 회전자에 인가하는 단계;

상기 여자부로 입력되는 전압과 전류를 이용하여 상기 여자부의 입력 임피던스를 산출하는 단계; 및

상기 입력 임피던스를 미리 설정된 기준 임피던스값과 비교하여 상기 농형 유도 전동기의 회전자 결함을 진단하는 결함 진단 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 농형 유도 전동기의 회전자 결함 진단 방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 결함 진단 단계는 상기 입력 임피던스의 실수값인 입력 저항의 크기가 미리 설정된 기준 저항값보다 큰 경우 상기 회전자의 바(bar)에 결함이 있다고 판단하는 것을 특징으로 하는 농형 유도 전동기의 회전자 결함 진단 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 결함 진단 단계는 상기 입력 저항의 크기에 대응하여 상기 회전자 바의 결함 정도를 진단하는 것을 특징으로 하는 농형 유도 전동기의 회전자 결함 진단 방법.

청구항 9

청구항 6에 있어서,

상기 결함 진단 단계는 상기 입력 임피던스의 허수값인 입력 리액턴스의 크기에 대응하여 상기 회전자의 공극의 크기를 진단하는 것을 특징으로 하는 농형 유도 전동기의 회전자 결함 진단 방법.

청구항 10

청구항 6에 있어서,

상기 진단용 교류 전원보다 주파수가 높은 교류 전원을 더 공급하는 보상용 교류 전원 공급 단계; 및

상기 보상용 교류 전원에 대해 산출된 상기 여자용 코일의 입력 임피던스를 이용하여 상기 진단용 교류 전원에 대해 산출된 입력 임피던스를 보상하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 농형 유도 전동기의 회전자 결함 진단 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전동기 진단 시스템 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 농형 유도 전동기의 회전자 결함 상태를 진단하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 도 1은 농형유도전동기의 구조를 개략적으로 도시한 단면도이다. 도 1에 도시된 고정자(1)의 3상 권선(3)에 120° 위상차를 갖는 3상 전압 또는 전류를 인가하면 고정자 자속 Φ_s 은 입력되는 전원의 주파수에 따라 일정한 속

도로 회전하게 되는데, 이를 회전자계라고 한다.

- [0004] 고정자(1)와 회전자(2)의 코어에 발생하는 회전자계는 농형 회전자(2)의 도체바(4)에 전류를 발생시켜 이로 인해 회전자의 자속 Φ_r 을 발생시킨다. 이러한 고정자(1) 및 회전자(2)에서 발생하는 자속의 상관관계에 따라 유도되는 토크 τ 에 의해 농형 유도전동기는 동작하게 된다.
- [0005] 이때 유도전동기를 회전하게 만드는 토크 τ 는 자속 Φ_s 와 자속 Φ_r 의 벡터 외적에 비례한다. 이와 같이, 회전하는 유도전동기의 회전자는 전동기의 성능과 효율을 크게 좌우하는 중요한 구성요소이다.
- [0007] 유도전동기의 회전자를 제작 방식으로는, 저압 전동기에 많이 적용하는 주조(die cast) 방식과 중고압 전동기에 많이 사용되는 fabricated 방식이 있으며, 권선 재료는 구리와 알루미늄을 주로 사용한다.
- [0008] 도 2는 유도전동기의 회전자 구조를 도시한 도면이다. 주조(die cast) 방식은 도 2에 도시된 바와 같이 금형에 금속재료를 녹여서 부어 넣어 회전자 바(6)와 엔드링(7)을 제작하는 방식이며, fabricated 방식은 회전자 바(6)와 엔드링(7)을 별도로 가공한 후에 회전자 코어에 삽입한 후 brazing 또는 welding (용접)으로 연결하여 제작하는 방식이다.
- [0010] 그런데, 주조 방식의 전동기에서는 녹은 알루미늄을 냉각시키면 부피가 약 6% 감소하기 때문에 제조 단계에서 공기 기포(기공, porosity)가 회전자의 바와 엔드링에 포함되게 된다. 또한, Fabricated 회전자에서는 바와 엔드링의 접합부가 brazing 또는 welding 불량으로 접촉 저항이 높아질 수 있다.
- [0011] 또한, 두 가지 종류 회전자 모두에서 바는 운전 중 열적, 전기적, 기계적, 환경적 스트레스로 인해 크랙이 생기거나 부러져서 개방이 될 수 있다. 기공, crack, 개방, 접촉 불량 등은 전동기의 저항을 높이고, 회전자 임피던스를 불균일하게 만들어 전동기의 성능과 신뢰성을 크게 감소시키는 원인이 된다.
- [0012] 일반적으로 주조 방식은 저압 저용량 전동기에 사용되기 때문에 기공은 큰 문제로 인식되지 않았지만, 최근 들어 사용되는 전동기가 대용량화되면서 그 문제점이 부각되고 있다.
- [0014] 회전자의 바나 엔드링의 결함을 검사하는 방법으로는 크게 전동기 정지 중에 검사하는 오프라인(off-line) 방식과 전동기 운전 중에 검사하는 온라인(on-line) 방식이 있다.
- [0015] 오프라인 방식은 주로 전동기를 분해하여 회전자를 검사하며, 육안 검사 (visual inspection), rated rotor flux test, growler test, 저항 시험 (Ohmmeter test), fluorescent dye penetration test, tap test 등이 있다.
- [0016] 그러나, 이러한 시험들은 완전히 개방된 회전자 바들이 국부적으로 집중되어 있는 경우에는 정확한 진단이 가능하나, 회전자 기공, 부분적인 크랙, 접촉 불량에 대해서는 정확도가 떨어지고 회전자의 상태를 정량적으로 나타낼 수 없다는 단점이 있어, 회전자 결함의 정확한 진단이 어렵다.
- [0018] 회전자를 분해하지 않는 오프라인 시험은 도 3에 보인 단상 회전 시험이 있다. 도 3은 단상회전 시험을 수행하기 위한 사용 상태를 개략적으로 도시한 도면이다. 이 시험은 전동기를 분해하지 않고서도 완전히 개방된 회전자 바들이 국부적으로 집중되어 있는 경우에는 정량적으로 진단할 수 있지만, 기공, 크랙, 접촉 불량에 대한 진단 정확도는 많이 떨어진다.
- [0019] 마찬가지로, 온라인 고정자 전류 스펙트럼 분석 시험인 MCSA (motor current signature analysis)도 운전 중에 완전히 개방된 회전자 바들이 국부적으로 집중되어 있는 경우에는 정량적으로 진단할 수 있지만, 마찬가지로 기공에 대한 진단 정확도가 떨어지는 문제가 있다. 또한, 이 시험은 회전자 구조나 부하의 영향을 받기 때문에 다른 회전자 시험들에 비해 오진단율이 높다.
- [0020] 즉, 현장에서 가장 많이 사용되는 단상회전 시험과 MCSA는 회전자 고장 또는 기공이 많으면서 골고루 분포된 경우 불평형을 상쇄시키는 경우에 회전자 결함의 진단이 어렵다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0022] 본 발명은 상술한 종래의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 농형 유도 전동기의 회전자의 다양한 결함에 대해 보다 용이하고 정확하게 진단할 수 있는 시스템, 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0024] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명에 따른 농형 유도 전동기 회전자 결함 진단 시스템은, 여자부, 전원 공급부, 입력 임피던스 산출부, 및 결함 진단부를 포함한다.

[0025] 여자부는 자속을 발생하여 농형 유도 전동기의 회전자 원통면 외측에서 농형 유도 전동기의 회전자에 인가하고, 전원 공급부는 여자부에 교류 전원을 공급하고, 입력 임피던스 산출부는 여자부로 입력되는 전압과 전류를 이용하여 여자부의 입력 임피던스를 산출하며, 결함 진단부는 입력 임피던스를 미리 설정된 임피던스 기준값과 비교하여 농형 유도 전동기의 회전자 결함을 진단한다.

[0026] 이와 같은 구성에 의하면, 전압과 전류만을 이용하여 산출된 여자부의 입력 임피던스를 분석함으로써, 농형 유도 전동기의 회전자의 다양한 결함에 대해서도 보다 용이하고 정확하게 진단할 수 있게 된다.

[0028] 이때, 결함 진단부는 입력 임피던스의 실수값인 입력 저항의 크기가 미리 설정된 기준 저항값보다 큰 경우 농형 유도 전동기의 회전자 바(bar)에 결함이 있다고 진단할 수 있으며, 특히, 입력 저항의 크기에 따라 회전자 바의 결함 정도를 진단할 수 있다. 이와 같은 구성에 의하면, 여자부의 입력 저항을 이용하여 회전자 바의 결함 여부는 물론 결함의 정도까지 정량적으로 분석할 수 있게 된다.

[0030] 또한, 결함 진단부는 입력 임피던스의 허수값인 입력 리액턴스의 크기에 따라 회전자의 공극의 크기를 진단할 수 있다. 이와 같은 구성에 의하면, 회전자의 편심이나 불균일 표면과 같은 회전자 바 이외의 결함을 진단할 수 있게 된다.

[0032] 또한, 전원 공급부는 진단용 교류 전원보다 주파수가 높은 보상용 교류 전원을 더 공급하고, 입력 임피던스 산출부는 보상용 교류 전원에 대해 산출된 여자용 코일의 입력 임피던스를 이용하여 진단용 교류 전원에 대해 산출된 입력 임피던스를 보상할 수 있다. 이와 같은 구성에 의하면, 회전자와 여자부 사이의 간격을 일정하게 하는 별도의 장치를 구비하지 않고서도 공극의 차이로 인한 오차를 배제할 수 있게 된다.

[0034] 아울러, 상기 시스템을 방법의 형태로 구현한 발명이 함께 개시된다.

발명의 효과

[0036] 본 발명에 의하면, 전압과 전류만을 이용하여 산출된 여자부의 입력 임피던스를 분석함으로써, 농형 유도 전동기의 회전자의 다양한 결함에 대해서도 보다 용이하고 정확하게 진단할 수 있게 된다.

[0037] 또한, 여자부의 입력 저항을 이용하여 회전자 바의 결함 여부는 물론 결함의 정도까지 정량적으로 분석할 수 있게 된다.

[0038] 또한, 회전자의 편심이나 불균일 표면과 같은 회전자 바 이외의 결함을 진단할 수 있게 된다.

[0039] 또한, 회전자와 여자부 사이의 간격을 일정하게 하는 별도의 장치를 구비하지 않고서도 공극의 차이로 인한 오차를 배제할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0041] 도 1은 농형 유도전동기의 구조를 개략적으로 도시한 단면도.
- 도 2는 유도전동기의 회전자 구조를 도시한 도면.
- 도 3은 단상회전 시험을 수행하기 위한 사용 상태를 개략적으로 도시한 도면.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 농형 유도 전동기 회전자 결합 진단 시스템의 개략적인 블록도.
- 도 5는 도 4의 여자부의 사용상태의 예를 도시한 개략적인 도면.
- 도 6은 도 5의 회전자와 여자부의 단면을 도시한 개략적인 도면.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 농형 유도 전동기 회전자 결합 진단 방법을 실시하기 위한 개략적인 흐름도.
- 도 8은 정상 상태의 회전자와 결합이 있는 회전자의 임피던스 특성을 비교한 그래프.
- 도 9는 회전자를 회전시키면서 서로 다른 회전자 바에 대해 측정된 전압/전류 값으로부터 산출된 저항(Resistance)을 나타낸 그래프의 예.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0042] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명한다.
- [0043] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 농형 유도 전동기 회전자 결합 진단 시스템의 개략적인 블록도이다. 도 4에서 농형 유도 전동기 회전자 결합 진단 시스템(100)은, 여자부(110), 전원 공급부(120), 입력 임피던스 산출부(130), 및 결합 진단부(140)를 포함한다. 도 4에서 농형 유도 전동기 회전자 결합 진단 시스템(100)의 각 구성 요소들은 하드웨어로만 구현될 수 있겠으나, 하드웨어 및 하드웨어상에서 동작하는 소프트웨어로 함께 구현되는 것이 일반적일 것이다.
- [0045] 여자부(110)는 자속을 발생하여 농형 유도 전동기의 회전자 원통면 외측에서 농형 유도 전동기의 회전자에 인가한다. 이때, 여자부(110)는 자성체(112)에 여자 코일(114)을 감은 형태로 구현될 수 있다. 도 5는 도 4의 여자부의 사용상태의 예를 도시한 개략적인 도면이다.
- [0046] 이때, 여자부 자성체(112)의 형상 및 크기는 여자부(110)에서 방출된 자속이 회전자 바 하나 또는 둘을 둘러싸는 경로를 거쳐 다시 여자부(110)로 회귀할 수 있도록 형성된다. 도 6은 도 5의 회전자와 여자부의 단면을 도시한 개략적인 도면이다. 도 6에서와 같이 여자부(110)를 설계하여 자성체(112)에 코일(114)을 감아 전류원을 연결할 수 있다.
- [0048] 전원 공급부(120)는 여자부(110)에 교류 전원을 공급한다. 보다 상세하게는 여자부(110)의 여자 코일(114)에 교류 전원을 공급하는 것으로 전원 공급의 형태는 전압과 전류 모두 가능하다. 입력 임피던스 산출부(130)는 여자부(110)로 입력되는 전압과 전류를 이용하여 여자부(110)의 입력 임피던스를 산출한다. 이를 위해 여자부(110)로 전압이 공급되는 경우에는 전류가, 전류가 공급되는 경우에는 전압이 각각 측정될 수 있다.
- [0049] 이때, 전원 공급부(120)는 진단용 교류 전원보다 주파수가 높은 보상용 교류 전원을 더 공급하고, 입력 임피던스 산출부(130)는 보상용 교류 전원에 대해 산출된 여자용 코일의 입력 임피던스를 이용하여 진단용 교류 전원에 대해 산출된 입력 임피던스를 보상할 수 있다. 또한, 이를 위해 전원 공급부(120)는 서로 다른 주파수의 교류 전원을 각각 여자부(110)로 공급하기 인버터(inverter; 미도시)를 이용할 수 있다. 이와 같은 구성에 의하면, 회전자와 여자부 사이의 간격을 일정하게 유지하는 별도의 장치를 구비하지 않고서도 공극의 차이로 인한 오차를 배제할 수 있게 된다.
- [0051] 결합 진단부(140)는 입력 임피던스를 미리 설정된 임피던스 기준값과 비교하여 농형 유도 전동기의 회전자 결합

을 진단한다. 이때, 미리 설정된 임피던스 기준값은 농형 유도 전동기 진단 시스템(100)의 제조자나 관리자에 의해 미리 설정될 수 있지만, 동일한 회전자의 다른 측정 영역에 대해 측정된 임피던스 값이 자동으로 설정될 수도 있다.

[0052] 또한, 임피던스 기준값으로는 평균값과 같이, 동일한 회전자 내의 다른 측정 영역에서 측정된 복수의 임피던스 값들로부터 다시 산출된 값이 설정되도록 구현될 수도 있다. 이 경우 복수의 측정 영역을 각각 측정하기 위해 회전자를 회전자 축을 중심으로 회전시킬 수 있으며, 농형 유도 전동기 회전자 결합 진단 시스템(100)은 회전자를 회전시키기 위한 별도의 회전자 회전부(미도시)를 더 포함할 수도 있을 것이다.

[0053] 이와 같은 구성에 의하면, 전압과 전류만을 이용하여 산출된 여자부로의 입력 임피던스를 분석함으로써, 농형 유도 전동기의 회전자의 다양한 결합에 대해서도 보다 용이하고 정확하게 진단할 수 있게 된다.

[0054] 이때, 결합 진단부(140)는 입력 임피던스의 실수값인 입력 저항의 크기가 미리 설정된 기준 저항값보다 큰 경우 농형 유도 전동기의 회전자 바(bar)에 결합이 있다고 진단할 수 있으며, 특히, 입력 저항의 크기에 따라 회전자 바의 결합 정도를 진단할 수 있다. 이와 같은 구성에 의하면, 여자부로의 입력 저항을 이용하여 회전자 바의 결합 여부는 물론 결합의 정도까지 정량적으로 분석할 수 있게 된다.

[0056] 회전자 바가 정상인 경우에는 여자부(110)에 의해 생성된 자속에 의해 회전자 바에 많은 전류가 유가되고, 회전자 바가 부러진 경우에는 전류가 유가되지 않는다. 본원 발명은 이와 같은 현상이 여자부(110)의 입력 임피던스에 반영되는 원리를 이용하는 것이다.

[0057] 또한, 회전자 바에 크랙이 있거나 기공이 있는 경우에는 저항 증가로 전류가 줄어들게 된다. 따라서 정량적으로 회전자 바의 크랙이나 기공과 같은 작은 결합들도 진단할 수 있게 된다. 이에 따라, 회전자 바의 정상, 고장(개방), 고장(기공/크랙)에 대한 판별을 정확하게 할 수 있게 된다.

[0058] 회전자 바에 유가되는 전류를 이용하는 방법으로, 여자부(110)의 입력 임피던스를 이용하는 방법 이외에, 회전자 바에 의해 생성되는 자속의 크기를 측정하는 방법도 고려할 수는 있으나, 이 방법은 여자부와 별도의 자속 측정부가 필요하여 시스템이 복잡해지고 고가로 구현될 뿐만 아니라, 여자부와 자속 측정부가 정확히 정렬되어야 하고, 민감도가 자속 측정부의 위치에 따라 크게 좌우되는 문제점이 있다.

[0060] 또한, 결합 진단부(140)는 입력 임피던스의 허수값인 입력 리액턴스의 크기에 따라 회전자의 공극의 크기를 진단할 수 있다. 이와 같은 구성에 의하면, 회전자 바의 결합뿐만 아니라 회전자의 편심이나 불균일 표면과 같은 회전자 바 이외의 결합도 진단할 수 있게 된다.

[0062] 이하, 보다 구체적인 예와 함께 본 발명을 더욱 상세히 설명한다.

[0063] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 농형 유도 전동기 회전자 결합 진단 방법을 실시하기 위한 개략적인 흐름도이다.

[0064] 먼저, 입력된 전원에 따라 자속을 발생하는 여자부에 교류 전원을 공급하여(S110) 여자부에 의해 생성된 자속을 농형 유도 전동기의 회전자 원통면 외측에서 농형 유도 전동기의 회전자에 인가하며(S120), 여자부로 입력되는 전압과 전류를 이용하여 여자부의 입력 임피던스를 산출한다(S130).

[0065] 즉, 전류원을 통해 일정 전류를 공급하고, 전류원에서 측정되는 전압값을 측정한 뒤 크기와 위상차까지 고려하여($Z = \frac{V}{I} = R + jX$) 회전자의 저항(resistance)과 리액턴스(reactance) 값을 산출한다. 이때, 전류원 대신 전압원을 인가하여 전압원에 측정되는 전류 값을 측정하여서 구할 수도 있다.

[0067] 이어서, 입력 임피던스를 미리 설정된 기준 임피던스값과 비교하여 농형 유도 전동기의 회전자 결합을 진단한다(S140). 여자부 상에 위치하는 회전자 슬롯 바의 개방으로 전류가 유가되지 않는 경우 여자부 코일의 유효 임피던스가 크게 바뀌며 이는 여자 전압과 전류로부터 민감하게 감지할 수 있기 때문이다. 개방뿐만 아니라 기공, 크랙, 접촉불량 등의 작은 결합에 대해서도 바 저항 증가로 여자 코일의 유효 임피던스가 바뀌어 측정된 전압

전류로부터 결함의 감지가 가능하다.

- [0068] 보다 상세하게는, 결함 부분의 측정 시 높은 저항(resistance)값이 측정되기 때문에, 산출된 저항(Resistance) 성분으로는 기공(porosity), 크랙(crack), 용접 불량 등의 결함을 진단할 수 있다. 또한, 리액턴스(Reactance) 성분은 회전자 바의 결함으로 인하여 변하는 비율이 저항(Resistance) 성분에 비해 미미하고 공극의 변화에 훨씬 민감하게 변화하기 때문에, 산출된 리액턴스(Reactance) 성분으로는 편심, 불균일 표면 등의 공극 변화를 진단할 수 있다.
- [0069] 이와 같이, 여자부에서의 전압과 전류를 측정하여 고장 인자를 계산함으로써, 자속 센서와 같은 별도의 결함 측정 장치를 구비하지 않고서도 회전자 결함의 진단을 위한 데이터를 측정할 수 있게 된다.
- [0071] 일반적으로 단일 주파수의 교류 전압이나 전류를 인가하여 전류나 전압을 측정하고, 저항(Resistance)과 리액턴스(Reactance)를 계산하여 구한 값으로 회전자 고장 진단을 할 수 있다. 하지만, 농형 유도 전동기 결함 진단 시스템의 여자부단에 인버터(Inverter)를 추가하고 인가하는 전원의 주파수를 조정하는 경우 더 정밀한 결과를 얻을 수 있다.
- [0072] 예를 들어, 저주파(10Hz 이하)의 전원을 인가하여 측정값을 구하는 경우, 회전자 바(Rotor bar)의 결함 성분을 조금 더 정밀하게 구할 수 있다. 고주파(60Hz 이상)를 인가하는 경우, 회전자에 유기되는 전압이 커지고 이로 인해 회전자 바에 흐르는 전류도 커지게 된다. 회전자 바에서의 큰 전류는 자계가 통과하는 것을 밀어내므로, 자계는 회전자 바 뒤쪽이 아닌 앞쪽의 코어(core)와 에어갭(Air gap)을 통해서만 측정부로 흐르게 된다.
- [0073] 이때, 전원장치에서 임피던스(Impedance)를 측정하여, 저주파로 측정/계산한 임피던스(Impedance)의 에어갭(Air gap)으로 인해 생기는 부분을 보상할 수 있다. 이러한 구성에 의하면, 에어갭(Airgap)의 크기를 동일하게 유지하기 위해 측정 부에 복잡하고 비싼 높이 보상 장치를 구현하지 않아도 에어갭(Airgap)에 대한 보상을 간단하고 저렴하게 수행할 수 있게 된다.
- [0075] 도 8은 정상 상태의 회전자와 결함이 있는 회전자의 임피던스 특성을 비교한 그래프이다. 도 8의 그래프에서 좌측 실선은 결함이 없는 정상 회전자에 대하여 공극의 크기를 바꿔가면서 측정한 저항(resistance)과 리액턴스(reactance)이며, 우측 점선은 결함이 있는 회전자에 대하여 공극의 크기를 바꾸면서 측정한 값에 대한 선이다. 선 각각의 크기는 공극의 크기와 비례한다.
- [0076] 도 8에서 각각 반지름이 1.5, 2인 두 호와 동일한 저항값인 세로방향 두 직선은, 임피던스(Impedance)의 크기만을 이용하여 결함을 측정할 때 발생할 수 있는 오진단을 줄일 수 있는 장점에 대하여 설명하기 위하여 추가되었다.
- [0077] 도 8에 도시된 바와 같이 단순히 임피던스(Impedance) 크기만을 측정하는 방법 경우, 임피던스(Impedance)의 크기가 1.5에서 2 사이로 동일하게 측정되는 경우 측정기와 회전자 사이의 공극의 크기에 따라 회전자의 정상과 결함 상태를 오진단 할 수 있다. 일반적으로 정상 회전자 바와 결함 회전자 바의 임피던스 값에서 저항값 차이에 비해 리액턴스값 차이가 미미하지만, 공극의 크기가 매우 증가하는 경우에는 절대적인 리액턴스의 값이 저항의 값보다 커질 수 있기 때문이다.
- [0078] 따라서, 저항(Resistance) 성분만을 비교할 경우, 도 8의 세로방향 직선들로부터 확인할 수 있듯이, 겹치는 부분이 없어 공극에 상관없이 결함이 있는 회전자를 정확히 진단할 수 있게 된다.
- [0080] 도 9는 회전자를 회전시키면서 서로 다른 회전자 바에 대해 측정한 전압/전류 값으로부터 산출된 저항(Resistance)을 나타낸 그래프의 예이다. 가로축은 회전자 바를 돌리는 정도의 각도를 나타내며, 세로축은 회전자 바에 대해 측정된 값으로 계산한 저항(Resistance)을 나타낸다. 다른 영역에 비해 비정상적으로 튀어나온 부분은 회전자에 결함이 있음을 측정할 수 있는 부분이다.
- [0081] 전원부에 인버터(Inverter)를 연결하여, 저주파, 고주파 전원으로 각각 1번씩 측정할 경우, 저주파로 측정한 임피던스(Impedance)에는 회전자(Rotor bar) 성분과 에어갭(Air gap) 성분이 포함되며, 고주파로 측정한 임피던스(Impedance)에는 에어갭(Air gap) 성분만 포함된다. 따라서, 고주파로 측정한 값으로 저주파로 측정한 값을 보정해주면, 회전자의 각 바(bar)의 표면이 가공되어 있지 않아 에어갭(Airgap)에 차이가 생기더라도, 회전자 바

(Rotor bar) 성분을 민감하게 측정하여 고장진단을 할 수 있게 된다.

[0083] 본 발명에서는 농형 유도 전동기의 주조 또는 fabricated 회전자에서 발생하는 바 개방, 바 크랙, 기공 문제, 바 엔드링의 접촉 불량 문제를, 민감하고 신뢰성 있게, 그리고 정량적으로 진단할 수 있는 저렴하고 간단한 구조의 측정기 및 측정 방법을 제시한다.

[0084] 본 발명에 의하면, 유도전동기의 회전자 도체바 결함을 진단하는 기존의 기술들보다 민감하게 회전자 바의 작은 문제들을 정량적으로 진단할 수 있으며, 보다 간단한 장비와 방법으로 회전자의 결함 진단이 가능하다. 따라서, 본 발명은 전동기 수리업체, 생산업체 그리고 산업 현장 등에서 회전자 진단에 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

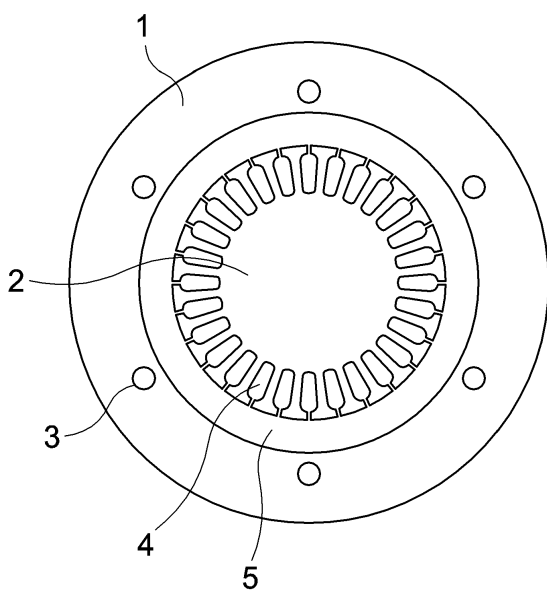
[0086] 본 발명이 비록 일부 바람직한 실시예에 의해 설명되었지만, 본 발명의 범위는 이에 의해 제한되어서는 아니 되고, 특허청구범위에 의해 뒷받침되는 상기 실시예의 변형이나 개량에도 미쳐야 할 것이다.

부호의 설명

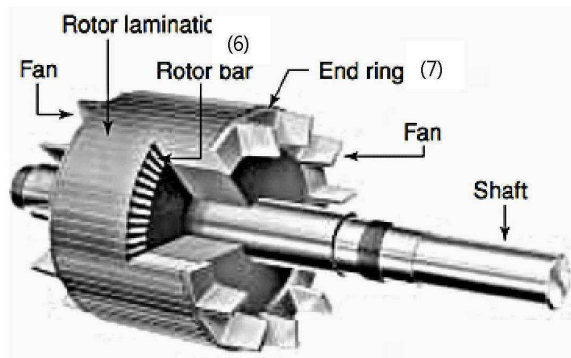
[0088] 100: 농형 유도 전동기 회전자 결함 진단 시스템
110: 여자부
112: 자성체
114: 여자 코일
120: 전원 공급부
130: 입력 임피던스 산출부
140: 결함 진단부

도면

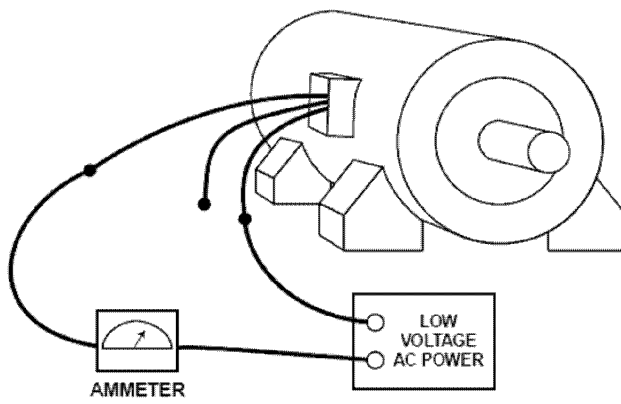
도면1



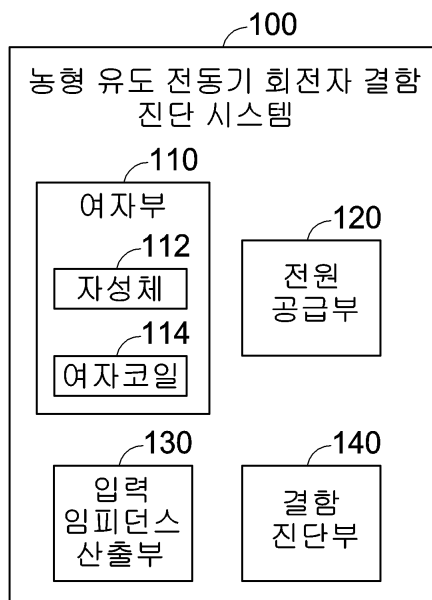
도면2



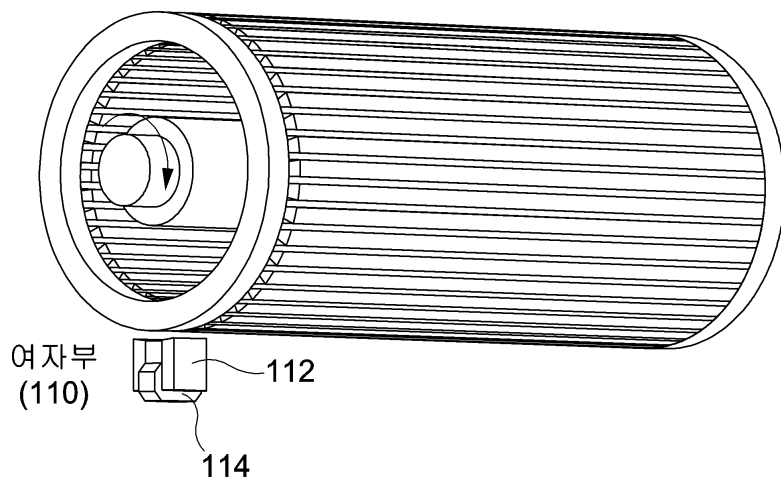
도면3



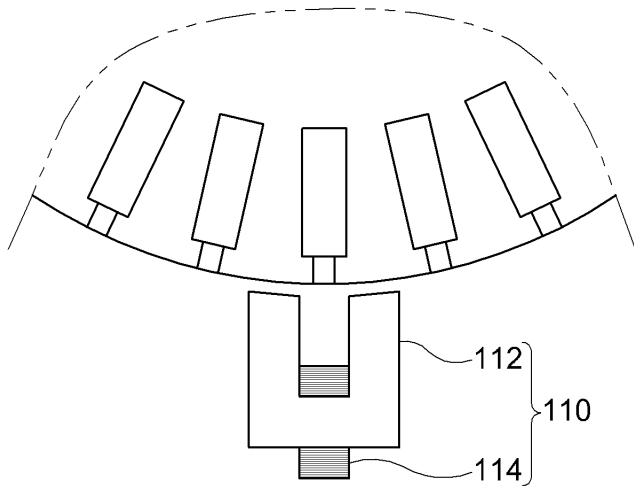
도면4



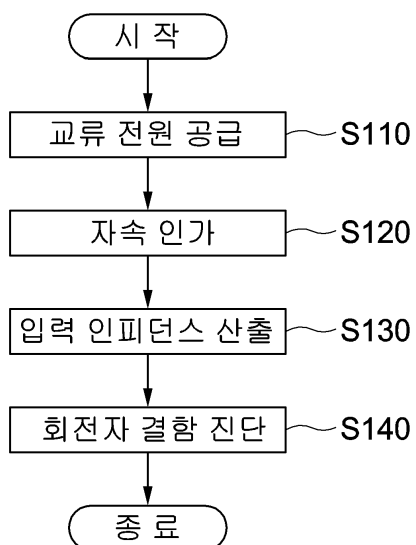
도면5



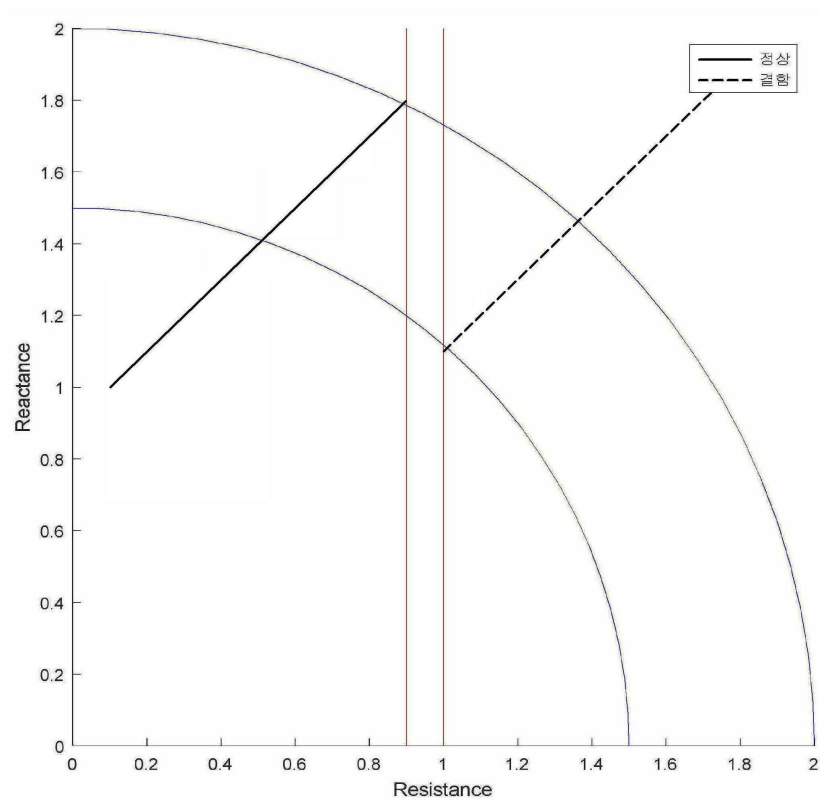
도면6



도면7



도면8



도면9

