



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0084775
(43) 공개일자 2013년07월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/34 (2006.01) G01R 27/08 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0005606
(22) 출원일자 2012년01월18일
심사청구일자 2012년01월18일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
이상빈
서울특별시 강남구 논현동 105 동현아파트 2동 208호
현두수
서울특별시 성북구 안암동1가 349번지 102호
(74) 대리인
특허법인주원

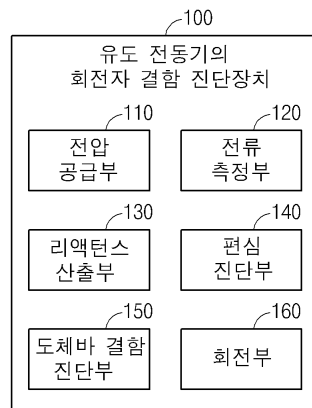
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치, 방법 및 상기 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 매체

(57) 요약

유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치, 방법, 및 상기 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 매체가 개시된다. 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치는 전압 공급부, 전류 측정부, 리액턴스 산출부, 및 편심 진단부를 포함한다. 전압 공급부는 유도 전동기에 단상 전압을 공급하고, 전류 측정부는 공급 전압에 의해 유도 전동기로 공급되는 전류를 측정하고, 리액턴스 산출부는 유도 전동기의 회전자가 회전하는 동안 유도 전동기로 공급된 전압과 측정된 전류를 이용하여 유도 전동기의 리액턴스를 산출하며, 편심 진단부는 유도 전동기의 회전자가 1회전하는 동안 산출된 리액턴스값이 미리 설정된 리액턴스값보다 항상 큰 경우 유도 전동기 공극이 편심이라고 진단한다. 이와 같은 구성에 의해 본 발명에 따른 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치는, 어떠한 형태의 유도 전동기에도 적용 가능하며, 고가의 별도 장비 없이도 유도 전동기의 편심 상태를 용이하게 진단할 수 있게 된다.

대표도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

유도 전동기에 단상 전압을 공급하는 전압 공급부;

상기 공급 전압에 의해 상기 유도 전동기로 공급되는 전류를 측정하는 전류 측정부;

상기 유도 전동기의 회전자가 회전하는 동안 상기 유도 전동기로 공급된 전압과 상기 측정된 전류를 이용하여 상기 유도 전동기의 리액턴스를 산출하는 리액턴스 산출부; 및

상기 유도 전동기의 회전자가 1회전하는 동안 상기 산출된 리액턴스값이 미리 설정된 리액턴스값보다 항상 큰 경우 상기 유도 전동기 공극이 편심이라고 진단하는 편심 진단부를 포함하는 것을 특징으로 하는 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 편심 진단부는 상기 회전자가 1회전하는 동안 상기 산출된 리액턴스값이 일정한 경우 상기 유도 전동기의 공극이 정적 또는 동적 편심이라고 진단하는 것을 특징으로 하는 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 편심 진단부는 상기 회전자가 1회전하는 동안 상기 산출된 리액턴스값이 1주기로 변화하는 경우 상기 유도 전동기의 공극이 복합 편심이라고 진단하는 것을 특징으로 하는 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 회전자가 1회전하는 동안 상기 산출된 리액턴스값이 상기 회전자 극수의 주기로 변화하는 경우 상기 회전자 도체바에 결함이 있는 것으로 진단하는 도체바 결함 진단부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 회전자를 회전시키는 회전부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 회전자 결함 진단 장치.

청구항 6

유도 전동기에 단상 전압을 공급하는 단계;

상기 공급 전압에 의해 상기 유도 전동기로 공급되는 전류를 측정하는 단계;

상기 유도 전동기가 회전하는 동안 상기 공급된 전압과 측정된 전류를 이용하여 상기 유도 전동기의 리액턴스를 산출하는 단계; 및

상기 유도 전동기의 회전자가 1회전하는 동안 상기 산출된 리액턴스값이 미리 설정된 리액턴스값보다 항상 큰 경우 상기 유도 전동기 공극이 편심이라고 진단하는 편심 진단 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 유도 전동기의 회전자 결함 진단 방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 회전자가 1회전하는 동안 상기 산출된 리액턴스값이 일정한 경우 상기 유도 전동기의 공극이 정적 또는 동

적 편심이라고 진단하는 것을 특징으로 하는 유도 전동기의 회전자 결함 진단 방법.

청구항 8

제 6항에 있어서,

상기 회전자가 1회전하는 동안 상기 산출된 리액턴스값이 1주기로 변화하는 경우 상기 유도 전동기의 공극이 복합 편심이라고 진단하는 것을 특징으로 하는 유도 전동기의 회전자 결함 진단 방법.

청구항 9

제 6항에 있어서,

상기 회전자가 1회전하는 동안 상기 산출된 리액턴스값이 상기 회전자 극수의 주기로 변화하는 경우 상기 회전자 도체바에 결함이 있는 것으로 진단하는 것을 특징으로 하는 유도 전동기의 회전자 결함 진단 방법.

청구항 10

제 6 내지 9항 중 어느 한 항의 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 매체.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 전력기기에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 전동기 상태의 진단을 수행하는 장치, 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 도 1은 유도 전동기의 구조를 개략적으로 도시한 도면이다. 도 1에서 확인할 수 있는 바와 같이, 유도전동기에서는 고정자의 권선(3)에 전압과 전류를 인가하여 고정자의 코어(1)에 발생하는 자속 Φ_s 가 농형 회전자(2)의 도체바(4)에 전류를 발생시켜 이로 인해 발생하는 자속 Φ_r 을 발생시킨다.

[0003] 이때 고정자의 3상 권선에 120° 위상 차를 갖는 입력 전원이 인가되면, 고정자 자속 Φ_s 는 입력되는 전원에 따라 일정한 속도로 회전하게 되며, 이를 회전자계라고 한다.

[0004] 이러한 고정자 및 회전자에서 발생하는 자속의 상관관계에 따라 유도되는 토크 τ 로 농형 유도전동기는 동작한다. 이때 유도전동기를 회전하게 만드는 토크 τ 는 자속 Φ_s 와 자속 Φ_r 의 벡터 외적에 비례한다.

[0005] 유도전동기의 고정자와 회전자 사이에는 공극(5)이 존재한다. 이 공극(5)이 일정하지 않은 상태를 편심이라 한다. 고정자와 회전자 사이의 공극이 일정하지 않은 공극 편심 고장은 고정자의 중심축과 회전자/회전의 중심축의 상대적인 위치에 따라, 정적(Static), 동적(Dynamic), 복합(Mixed) 편심으로 분류된다.

[0006] 도 2는 전동기 공극의 상태를 개략적으로 도시한 도면이다. 도 2에서 좌측의 도면은 정상 전동기, 중간 도면은 정적 편심 상태의 전동기, 우측 도면은 동적 편심 상태의 전동기를 도시하고 있다.

[0007] 정적 편심은 회전자의 중심축이 고정자의 중심축과 일치하지 않아 회전자가 회전자의 중심축을 기준으로 회전하는 경우로, 공극의 최소가 되는 부분이 전동기가 운전할 때 항상 일정한 것을 말한다.

[0008] 동적 편심은 고정자의 중심축과 회전자의 중심축이 일치하지 않으며 고정자의 중심축을 기준으로 회전하는 경우로, 공극이 최소가 되는 부분이 회전자가 회전함에 따라 달라지는 것을 말한다.

[0009] 정적 편심은 제조상에서 제조 결함으로 인해 고정자가 타원형을 이루는 것과 고정자와 회전자의 위치의 정렬이 제대로 되지 않은 것 등으로 인해 발생한다. 동적 편심은 회전자의 축이 휘어지거나, 베어링의 열화, 전동기와 부하의 정렬이 제대로 이루어지지 않거나, 기계적인 공진으로 인해 발생한다. 복합 편심은 정적 편심과 복합 편심이 동시에 존재하는 경우를 말한다.

[0010] 이러한 원인으로 인하여 전동기에 공극 편심 고장이 발생될 경우, 균일하지 않은 공극으로 인해 회전자와 고정

자 사이의 인력이 한쪽 방향으로만 강한 불평형 상태(Unbalanced magnetic pull)에 이른다.

[0011] 이는 회전자가 휘어지거나 베어링이 손상하는 직접적인 역할을 한다. 또한, 전동기의 토크 맥동과 진동을 증가시켜 전동기의 성능저하를 가져오며 지속될 경우, 고정자와 회전자가 접촉하게 되어 고정자 및 회전자의 코어와 권선 고장을 일으켜 수리가 불가능한 수준에 이르게 된다. 따라서 전동기의 공극 편심을 조기에 진단하는 것이 매우 중요하다.

[0012] 유도전동기 공극의 편심을 진단하는 방법으로 전동기를 운전하지 않은 상태에서 시험하는 사선시험(Off-line test)과 운전 중에 실시하는 활선시험(On-line monitoring)이 있다.

[0013] 1) 사선시험(Off-line test)

[0014] a. TIR(Total Indicated Reading) 시험

[0015] 제조사가 처음으로 전동기를 제작할 때 결함을 진단하는데 쓰이며, 전동기를 분해하여 다이얼 테스트 인디케이터(dial test indicator)를 통해 회전자를 수동으로 회전해가며 회전자의 등근 정도를 판별하여 동적편심(Dinamic Eccentricity)을 진단하는 시험이다. 하지만, 전동기에서 회전자 분리 및 TIR을 진행하기 위해 특별한 장치를 만들어야 하는 등의 어려움이 있다.

[0016] b. RIC(Rotor Influence Check) 시험

[0017] 전동기를 분해하지 않은 상태에서 TIR 시험과 마찬가지로 회전자를 수동으로 회전해가며, 고정자의 3상 권선에 저전압, 고주파수의 신호를 주입하여 각 상의 권선의 인덕턴스 값을 비교하는 시험이다.

[0018] 유도 전동기에 편심이 존재하면 각 상의 인덕턴스의 값이 다르게 나타나 편심을 진단할 수 있다. 하지만, 이 시험은 저전압, 고주파수의 신호를 사용하기 때문에 고정자 코어의 잔류 자속의 영향을 받아 시험의 결과가 명확하지 않은 단점이 있다.

[0019] c. 서지테스터(Surge Tester)를 이용한 방법

[0020] 서지테스터는 고정자 권선의 절연시험을 위해 정격전압의 보다 매우 높은 전압을 인가하여 유도전동기 절연 상태를 진단하는 장비이다. 이 서지테스터로 편심을 진단하는 방법은, 다른 사선시험과 마찬가지로 회전자를 수동으로 돌려가며, 서지테스터의 계측화면(Output waveform)의 영점을 지나는 점(zero-crossing point)까지의 시간을 재어 편심을 시험하는 것이다. 편심이 있는 전동기에서는 본 시험의 결과는 영점을 지나는 점까지의 시간이 짧아진다.

[0021] 본 진단 시험은 고가의 서지테스터가 필요하며 매우 높은 전압을 고정자 권선에 인가하기 때문에 전동기의 신뢰성에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다. 또한, 시간을 기록해서 결과를 나타내기 때문에 이를 처리하기 위한 다른 장치가 필요하다.

[0022] 2) 활선시험(On-line monitoring)

[0023] a. 커패시터 공극 센서(Capacitive airgap sensors)를 이용한 방법

[0024] 편심을 전동기의 운전 중에 진단할 수 있는 방법으로, 고정자의 공극이 맞는 부분에 커패시터 공극 센서를 달아 공극의 정도를 판별하는 방법이다. 하지만, 이 방법은 유도전동기의 용량 및 크기가 매우 커서 공극의 넓은 전동기에만 적용할 수 있는 방법이다.

[0025] b. 주파수상 분석법

[0026] 전동기의 운전 중에 발생하는 진동, 소음, 자속, 고정자 권선에 흐르는 전류를 측정하여 스펙트럼 분석을 통해 공극 편심 고장이 있을 시에 발생하는 주파수 성분으로 진단하는 시험이다.

[0027] 진동, 소음, 자속의 주파수상 분석법은 이를 측정하기 위한 센서의 가격이 추가로 발생하는 경제성의 문제로, 전동기의 MCC(Motor Control Center)에 부착되어있는 전류센서(CT, Current Transformer)를 통해 전류를 측정하여 스펙트럼 분석을 하는 MCSA(Motor Current Signature Analysis) 분석법이 대표적이다.

[0028] 편심이 있으면, 이는 전동기의 회전자 위치에 따른 공극을 변화시켜 전동기 내 자계의 공간적, 시간적 분포를 왜곡시킨다. 이때 측정된 전류를 스펙트럼 분석하여 발생하는 주파수는 저주파 영역에서 측정되는 성분과 고주파 영역에서 측정되는 성분이 있는데 아래와 같다.

[0029]
$$f_{ecc,LF} = f_s \pm k f_r = f_s (1 \pm k(1-s)/p)$$

[0030]
$$f_{ecc,HF} = f_s [(kR \pm n_d)(1-s)/p \pm v]$$

[0031] 여기에서 f_s 는 전원의 기본 주파수, k 는 임의의 정수, s 는 유도전동기의 슬립, p 는 유도전동기의 극의 쌍(Pole pairs) 수, R 은 회전자 슬롯수, n_d 는 편심 차수, v 는 고정자 하모닉(Stator time harmonic)의 차수이다.

[0032] 그러나 저주파 성분의 경우, 복합편심이 있을 때에만 진단이 가능하고, 고주파 성분은 저주파보다 일반적으로 정적, 동적, 복합편심 고장에 적용할 수 있지만 회전자 슬롯의 개수(R)를 알아야 하고, 특정한 극수-회전자 슬롯 수(p - R relation)에는 결함이 검출이 되지 않는다.

[0033] 그리고 이 주파수 분석법은 많은 데이터를 저장해야 하고, 운전 중에 부하가 변화해 속도 및 슬립(slip)이 변화하면 정확한 고장 주파수를 검출해 내기 어렵다. 또한, 특정 부하의 영향(load torque oscillation)으로 공극 편심 주파수와 중첩될 경우에도 판별해 내기 어려운 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0034] 본 발명은 상술한 종래의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 어떠한 형태의 유도 전동기에도 적용 가능하며, 고가의 별도 장비 없이도 다양한 형태의 편심 상태를 용이하게 진단할 수 있는 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치, 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0035] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명에 따른 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치는 전압 공급부, 전류 측정부, 리액턴스 산출부, 및 편심 진단부를 포함한다.

[0036] 전압 공급부는 유도 전동기에 단상 전압을 공급하고, 전류 측정부는 공급 전압에 의해 유도 전동기로 공급되는 전류를 측정하고, 리액턴스 산출부는 유도 전동기의 회전자가 회전하는 동안 유도 전동기로 공급된 전압과 측정된 전류를 이용하여 유도 전동기의 리액턴스를 산출하며, 편심 진단부는 유도 전동기의 회전자가 1회전하는 동안 산출된 리액턴스값이 미리 설정된 리액턴스값보다 항상 큰 경우 유도 전동기 공극이 편심이라고 진단한다.

[0037] 이와 같은 구성에 의해 본 발명에 따른 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치는, 어떠한 형태의 유도 전동기에도 적용 가능하며, 고가의 별도 장비 없이도 유도 전동기의 편심 상태를 용이하게 진단할 수 있게 된다.

[0038] 편심 진단부는 상기 회전자가 1회전하는 동안 상기 산출된 리액턴스값이 일정한 경우 유도 전동기의 공극이 정적 또는 동적 편심이라고 진단할 수 있고, 또한, 편심 진단부는 상기 회전자가 1회전하는 동안 산출된 리액턴스값이 1주기로 변화하는 경우 유도 전동기의 공극이 복합 편심이라고 진단할 수 있다. 이러한 구성에 의해, 본 발명에 따른 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치는 다양한 형태의 편심 상태를 용이하게 진단할 수 있게 된다.

[0039] 또한, 본 발명에 따른 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치는 유도 전동기의 회전자가 1회전하는 동안 산출된 리액턴스값이 회전자 극수의 주기로 변화하는 경우 회전자 도체바에 결함이 있는 것으로 진단하는 도체바 결함 진단부를 더 포함할 수 있다. 이러한 구성은 본 발명에 따른 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치를 이용하여, 유도 전동기의 공극 편심뿐만 아니라, 회전자 도체바의 결함까지 진단할 수 있도록 해준다.

[0040] 또한, 회전자를 회전시키는 회전부를 더 포함할 수 있다. 이러한 구성은 유도 전동기의 회전자 결함 진단 과정을 완전히 자동화할 수 있도록 해준다.

[0041] 아울러, 상기 장치를 방법의 형태로 구현한 발명과 상기 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 매체가 개시된다.

발명의 효과

- [0042] 본 발명에 따른 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치는, 어떠한 형태의 유도 전동기에도 적용 가능하며, 고가의 별도 장비 없이도 유도 전동기의 편심 상태를 용이하게 진단할 수 있다.
- [0043] 또한, 본 발명에 따른 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치는 다양한 형태의 편심 상태를 용이하게 진단할 수 있다.
- [0044] 또한, 유도 전동기의 공극 편심뿐만 아니라, 회전자 도체바의 결함까지 진단할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0045] 도 1은 유도 전동기의 구조를 개략적으로 도시한 도면.
- 도 2는 전동기 공극의 상태를 개략적으로 도시한 도면
- 도 3은 본 발명에 따른 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치의 일 실시예의 개략적인 블록도.
- 도 4는 SPRT를 수행하기 위한 상태를 개략적으로 도시한 도면.
- 도 5는 정지한 유도 전동기에서의 단상 교류 인가시 등가회로를 도시한 도면.
- 도 6은 유도 전동기의 누설 인덕턴스 중 지그재그 누설 인덕턴스의 설명을 위한 도면.
- 도 7은 50% 편심을 가진 전동기의 누설 인덕턴스를 도시한 그래프.
- 도 8은 편심의 증가에 따른 누설 인덕턴스의 변화를 도시한 그래프.
- 도 9는 SPRT로 계산된 리액턴스(X)값의 변화를 정상 전동기, 정적/동적 편심, 복합편심, 회전자 도체바 결함의 경우에 따라 도시한 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0046] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명한다.
- [0047] 도 3은 본 발명에 따른 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치의 일 실시예의 개략적인 블록도이다.
- [0048] 도 3에서 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치(100)는 전압 공급부(110), 전류 측정부(120), 리액턴스 산출부(130), 편심 진단부(140), 도체바 결함 진단부(150), 및 회전부(160)를 포함한다.
- [0049] 이때, 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치(100)의 각 구성 요소는 전적으로 하드웨어적으로만 구현될 수도 있지만, 소프트웨어와 결합한 범용 컴퓨터 장치로 구현될 수도 있다.
- [0050] 전압 공급부(110)는 유도 전동기에 단상 전압을 공급하고, 전류 측정부(120)는 공급 전압에 의해 유도 전동기로 공급되는 전류를 측정한다.
- [0051] 리액턴스 산출부(130)는 유도 전동기의 회전자가 회전하는 동안 유도 전동기로 공급된 전압과 측정된 전류를 이용하여 유도 전동기의 리액턴스를 산출한다. 이때, 회전자의 회전은 인력에 의해 수동으로 수행될 수도 있지만, 회전자의 회전을 위한 별도의 구성에 의해 회전될 수도 있다.
- [0052] 회전부(160)는 회전자를 회전시킨다. 이러한 구성은 리액턴스 산출 과정을 위한 회전자의 회전을 자동화함으로써, 본 발명에 따른 유도 전동기의 회전자 결함 진단 과정을 완전히 자동화할 수 있도록 해준다.
- [0053] 편심 진단부(140)는 유도 전동기의 회전자가 1회전하는 동안 산출된 리액턴스값이 미리 설정된 리액턴스값보다 항상 큰 경우 유도 전동기 공극이 편심이라고 진단한다.
- [0054] 여기서 미리 설정된 리액턴스값은 전동기 관리자 등에 의해 미리 설정된 값으로서, 전동기가 편심 상태가 아닌 정상 상태에 있을 때의 리액턴스값인 것이 일반적인 것이다.
- [0055] 이와 같은 구성에 의해 본 발명에 따른 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치는, 어떠한 형태의 유도 전동기에도 적용 가능하며, 고가의 별도 장비 없이도 유도 전동기의 편심 상태를 용이하게 진단할 수 있게 된다.
- [0056] 이때, 편심 진단부(140)는 상기 회전자가 1회전하는 동안 산출된 리액턴스값이 일정한 경우 유도 전동기의 공극이 정적 또는 동적 편심이라고 진단할 수 있다. 또한, 편심 진단부(140)는 회전자가 1회전하는 동안 산출된 리

액턴스값이 1주기로 변화하는 경우 유도 전동기의 공극이 복합 편심이라고 진단할 수 있다.

- [0057] 이러한 구성에 의해, 본 발명에 따른 유도 전동기의 회전자 결합 진단 장치는 정적/동적이나 복합 편심과 같은 다양한 형태의 편심 상태를 용이하게 진단할 수 있게 된다.
- [0058] 또한, 도체바 결합 진단부(150)는 유도 전동기의 회전자가 1회전하는 동안 산출된 리액턴스값이 회전자 극수의 주기로 변화하는 경우 회전자 도체바에 결합이 있는 것으로 진단한다.
- [0059] 이러한 구성은 본 발명에 따른 유도 전동기의 회전자 결합 진단 장치를 이용하여, 유도 전동기의 공극 편심뿐만 아니라, 회전자 도체바의 결합까지 진단할 수 있도록 해준다.
- [0060] 이하, 본 발명을 보다 구체적인 예와 함께 상세히 설명한다.
- [0061] 본 발명에서는 유도 전동기의 공극 편심을 진단하기 위해, 유도 전동기의 회전자 고장을 진단하는 단상 회전 테스트(single phase rotation test; SPRT)를 이용한다.
- [0062] 도 4는 SPRT를 수행하기 위한 상태를 개략적으로 도시한 도면이다. SPRT는 원래 유도전동기의 농형 회전자의 도체바(Rotor bars)가 끊어지는 결함을 진단하기 위해 주로 사용되는 기술로, 전동기를 정지한 상태에서 진행하는 사선시험(Off-line test) 방식이다.
- [0063] 고정자 권선에 3상을 인가하는 것이 아니라 단상을 인가하는 것으로, 예를 들면 1상과 2상 사이에 교류 단상 전압을 인가하여 회전자 도체바에 고장이 있을 시 변화하는 전류를 측정하는 진단하는 방법으로, 정격 전압의 1/8 ~ 1/4의 전압을 인가한다. 편심의 사선시험과 마찬가지로 본 시험을 진행할 때 회전자를 회전해가며 상태를 진단한다.
- [0064] 본 발명은 SPRT 시험을 이용하여 유도전동기의 편심을 진단하는 것으로, 고정자 권선에 단상 교류 전압을 전동기의 정격전압의 1/8 ~ 1/4를 인가하여, 이때 인가하는 입력 전압과 권선에 흐르는 전류를 측정하여 계산된 임피던스(Impedence)의 변화를 관측하여 고장 여부를 판별한다.
- [0065] 다만, 유도전동기의 회전자 도체바의 결함을 진단하기 위한 일반적인 SPRT에서는 측정되는 전류의 크기를 회전자 회전시키며 변화를 살펴는데 비하여, 본 방법에서는 인가된 전압과 측정되는 전류로 리액턴스 성분을 계산하여 편심의 정도를 판별한다.
- [0066] 도 5는 정지한 유도 전동기에서의 단상 교류 인가시 등가회로를 도시한 도면이다.
- [0067] 도 5에서 확인할 수 있는 바와 같이, 정지한 전동기에 SPRT로 인한 단상 교류 전압이 인가되었을 때 유도전동기의 등가회로에서 등가 저항 R_s 와 R_r 은 온도에 대해 영향을 받을 뿐 편심에 무관하다.
- [0068] 그리고 자화 리액턴스 X_m 은 전동기가 정지해 있기 때문에 고정자 코어에서 회전자로 침투하는 성분이 거의 없기 때문에 무시할 수 있는 성분이다. 이에 반하여 누설 리액턴스 성분, X_{ls} 과 X_{lr} 은 편심에 따라 변화하게 된다.
- [0069] 농형 유도전동기의 누설 인덕턴스는 슬롯(slot), 엔드 권선(end-winding), 지그재그(zigzag) 성분들이 있는데, 이 중 지그재그 누설 인덕턴스 성분은 공극의 길이가 짧아질수록 그 값이 증가한다.
- [0070] 도 6은 유도 전동기의 누설 인덕턴스 중 지그재그 누설 인덕턴스의 설명을 위한 도면이다.
- [0071] 따라서, SPRT 시험에서 인가된 전압과 측정된 전류로 계산되는 임피던스 성분을 분석하면 공극의 변화에 따른 편심의 정도를 누설 인덕턴스 성분으로 판별이 가능하다.
- [0072] 도 7은 50% 편심을 가진 전동기의 누설 인덕턴스를 도시한 그래프이고, 도 8은 편심의 증가에 따른 누설 인덕턴스의 변화를 도시한 그래프이다.
- [0073] 도 7에서, 유도전동기에 50%의 편심이 존재할 때, 회전자의 위치가 한 바퀴 변화함에 따라 누설 지그재그 인덕턴스, L_{zz} 의 값은 코사인 함수의 형태로 변화하고, 평균값으로 나타내면, 정상 전동기에 비해 그 값이 상승함을 알 수 있다. 또한, 도 8에서, 편심이 10%씩 증가할 때, 누설 인덕턴스의 평균값은 지수함수의 형태로 증가하게 된다.
- [0074] 따라서, 전동기에 정적 혹은 동적편심이 홀로 존재할 경우에는 SPRT를 이용하여, 인가된 전압과 측정된 전류로 계산된 리액턴스값은 회전자 위치가 변화하여도 편심의 양은 변화하지 않으므로, 회전자의 위치에 관련이 없이

정상 전동기의 리액턴스 값에 비하여 증가하는 형태를 띤다.

[0075] 도 9는 SPRT로 계산된 리액턴스(X)값의 변화를 정상 전동기, 정적/동적 편심, 복합편심, 회전자 도체바 결함의 경우에 따라 도시한 그래프이다.

[0076] 그러나 정적 편심과 동적 편심이 동시에 존재하는 복합편심(Mixed eccentricity)의 경우에는, 회전자의 위치가 변화할 때마다 전체 편심의 양이 변화하므로, SPRT를 통해 계산된 리액턴스 값은 기계적으로 360° 회전자가 회전할 때, 1번 반복하는 성분, 즉 정현파 성분을 가지게 된다.

[0077] 유도전동기의 회전자 도체바의 결함을 진단하는 SPRT는 일반적으로 측정되는 전류의 크기를 회전자를 회전시키며 변화를 살펴는데 비하여, 본 방법은 인가된 전압과 측정되는 전류로 리액턴스 성분을 계산하여 편심의 정도를 판별한다.

[0078] 이 리액턴스 값은 회전자 도체바의 결함에도 사용될 수 있으며, 그 성분은 회전자의 위치가 한 바퀴(기계적으로 360°) 변화할 때, 전동기의 극(Pole) 수만큼 변화한다. 따라서 본 방법으로 유도전동기의 편심을 진단할 수 있으며, SPRT의 본 목적인 회전자 도체바의 결함도 동시에 진단 및 구별이 가능하다.

[0079] 본 발명은 유도전동기의 회전자 도체바 결함을 진단하는 기존의 기술인 SPRT시험을 공극 편심 진단에도 이용함으로써 하나의 시험으로 두 가지 결함을 모두 진단 및 구별이 가능하다. 또한, SPRT시험은 매우 간단하고, 경제적으로 비싸지 않으며, 신뢰성이 높은 시험으로 현장에서 응용이 매우 간편하다.

[0080] 기존의 진단 기술과는 달리, 정적, 동적 및 복합 편심을 진단/구별이 가능하고, 사선시험(Off-line test)이기 때문에, 부하에 따른 영향도 받지 않는다. 또한, 특정한 극수-회전자 슬롯 수에도 무관하고, 회전자 슬롯 수 및 속도나 슬립(slip) 등의 정보가 필요치 않다.

[0081] 본 발명에서 사용하는 편심 고장 인자(indicator)인 리액턴스 성분은 SPRT시험의 인가된 전압과 측정된 전류로 쉽게 계산되어지기 때문에 그 알고리즘 구현이 매우 간단하다.

[0082] 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

[0083] 1: 고정자의 코어

2: 농형 회전자

3: 고정자의 권선

4: 도체바

5: 공극

100: 유도 전동기의 회전자 결함 진단 장치

110: 전압 공급부

120: 전류 측정부

130: 리액턴스 산출부

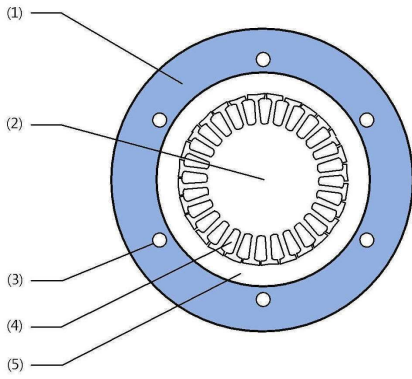
140: 편심 진단부

150: 도체바 결함 진단부

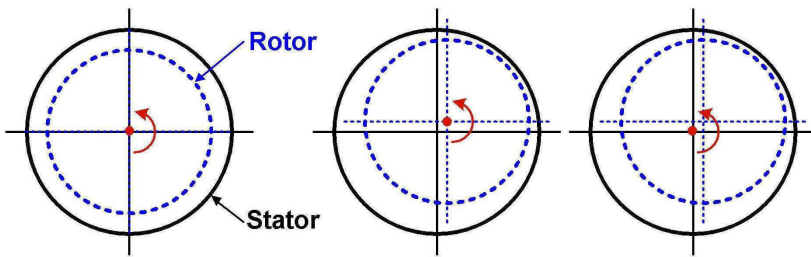
160: 회전부

도면

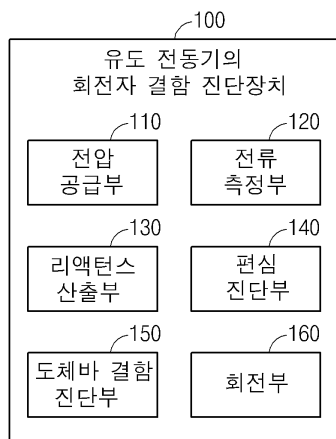
도면1



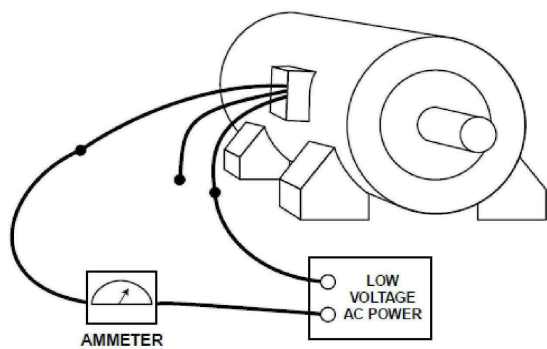
도면2



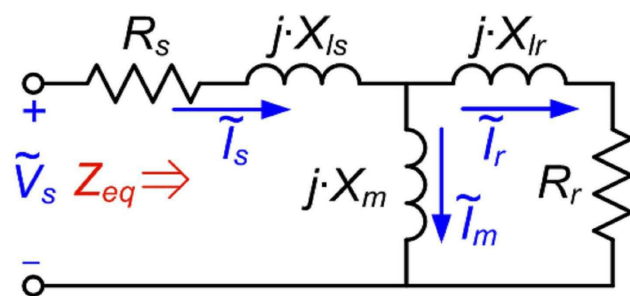
도면3



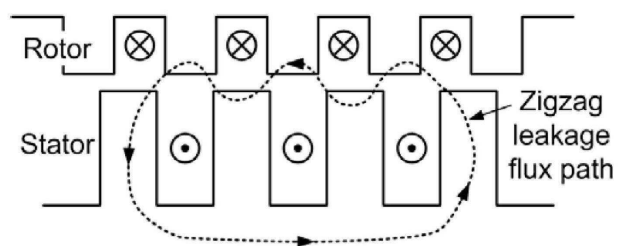
도면4



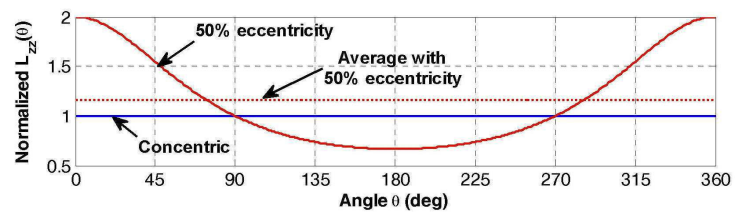
도면5



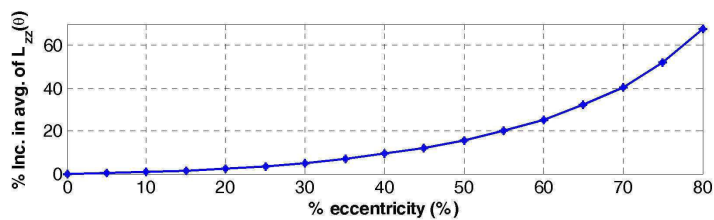
도면6



도면7



도면8



도면9

