(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년07월03일
(11) 등록번호 10-2828175
(24) 등록일자 2025년06월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01M 13/025 (2019.01) *G01B 21/24* (2006.01)
G01L 3/02 (2006.01) *G01M 99/00* (2011.01)
G06N 3/08 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G01M 13/025 (2019.01)
G01B 21/24 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0195396
(22) 출원일자 2023년12월28일
심사청구일자 2023년12월28일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020230076283 A

(73) 특허권자
국립창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)
박정희
경상남도 창원시 의창구 죽동길 40 (동읍)
(72) 발명자
고웅
서울특별시 송파구 토성로 37, 307동 602호
고병수
경상남도 창원시 마산회원구 석전동6길 9
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인남촌

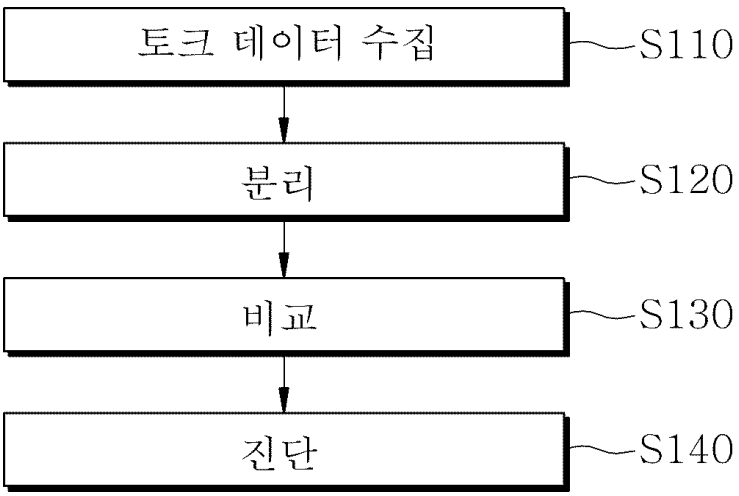
전체 청구항 수 : 총 13 항 심사관 : 선우용진

(54) 발명의 명칭 **모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치 및 방법에 관한 것으로, 본 발명은 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 방법은 모터 다이나모미터에 배치된 토크 센서에서 출력되는 아날로그 토크 신호를 수집하여 디지털 신호인 토크 데이터로 변환시켜 출력하는 단계와, 토크 데이터를 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터로 분리하는 단계와, 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터를 미리 학습되어 저장된 비교용 시간 영역 기반 데이터와 비교용 주파수 영역 기반 데이터와 각각 비교하여 정상 상태인지 확인하는 단계와, 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터가 정상 상태가 아니면 비정상 상태인지를 진단하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
G01L 3/02 (2013.01)
G01M 99/007 (2013.01)
G06N 3/08 (2023.01)

(72) 발명자
이준엽
경상남도 창원시 진해구 풍호로35번길 11 협성DS. 이아이존빌 106동 703호
박정희
경상남도 창원시 의창구 죽동길 40 (동읍)
서정랑
경상남도 창원시 의창구 동읍 죽동길 40

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1425182285
과제번호	S3308887
부처명	중소벤처기업부
과제관리(전문)기관명	중소기업기술정보진흥원
연구사업명	산학연플랫폼협력기술개발(산기대)
연구과제명	Digital Twin 기반 E-Mobility Active-Dynamo System 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	창원대학교산학협력단
연구기간	2022.07.01 ~ 2024.06.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

모터 다이나모미터에 배치되며 시료 모터의 토크를 감지하여 아날로그 토크 신호를 발생하여 출력하는 토크 센서와,

상기 모터 다이나모미터와 간격을 두고 배치되어 토크 신호를 수신받아 디지털 신호로 변환하여 토크 데이터로 출력하는 DAQ(Data Acquisition) 장치와,

상기 DAQ(Data Acquisition) 장치에서 출력되는 토크 데이터를 수신받아 토크 데이터를 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터로 분리한 후 분리된 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터를 각각 축정렬이 정상 상태인 토크 데이터에서 분리되어 축정렬이 정상상태로 학습되어 저장된 비교용 시간 영역 기반 데이터와 비교용 주파수 영역 기반 데이터와 각각 비교해 축정렬 상태를 진단하는 PC(personal computer)를 포함하는 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 모터 다이나모미터는 베이스의 상부의 일측에 배치되며 일측에 제1회전축이 연결되는 부하 모터와,

상기 부하 모터의 간격을 두고 베이스의 상부에 장착되며 타측에 제2회전축이 연결되는 시료 모터와

상기 부하 모터의 제1회전축과 토크 센서를 연결하는 제1커플링과,

상기 토크 센서와 시료 모터의 제2회전축을 연결하는 제2커플링과,

상기 부하 모터와 시료 모터에 각각 연결되어 시료 모터와 부하 모터의 속도를 제어하는 모터 제어기를 포함하며,

상기 제1회전축과 상기 제2회전축 사이의 축정렬 진단은 축정렬이 5%이하인 상태 일 때 발생되는 토크 데이터를 정상 상태로 진단하고,

상기 축정렬 진단은 제1회전축의 직경과 제2회전축의 비틀림 오차의 비율로 나타내며, 상기 제2회전축의 비틀림 오차는 제1회전축의 외주면 경계선에서 제2회전축이 축비틀림이 발생된 상태에서 제2회전축의 외주면 경계선 사이의 간격으로 설정되는 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 토크 센서는 부하 모터와 시료 모터 사이에 배치되고, 일측과 타측으로 각각 돌출되게 토크 회전축이 삽입되어 관통되게 연결되며,

상기 토크 회전축의 일측은 제1커플링에 의해 부하 모터의 제1회전축과 연결되며 타측은 제2커플링에 의해 시료 모터의 제2회전축과 연결되는 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치.

청구항 4

모터 다이나모미터에 배치된 토크 센서에서 출력되는 아날로그 토크 신호를 수집하여 디지털 신호인 토크 데이터로 변환시켜 출력하는 단계와,

상기 토크 데이터를 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터로 분리하는 단계와,

상기 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터를 미리 학습되어 저장된 비교용 시간 영역 기반 데이터와 비교용 주파수 영역 기반 데이터와 각각 비교하여 정상 상태인지 확인하는 단계와,

상기 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터가 정상 상태가 아니면 비정상 상태인지

를 진단하는 단계를 포함하는 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 아날로그 토크 신호를 수집하여 디지털 신호인 토크 데이터로 변환시켜 출력하는 단계는 DAQ(Data Acquisition) 장치를 이용해 모터 다이나모미터에 배치된 토크 센서에서 출력되는 아날로그 토크 신호를 실시간으로 수집하여 디지털 신호인 토크 데이터로 변환시켜 출력하는 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 토크 데이터를 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터로 분리하는 단계에서 토크 데이터는 측정용 시간 영역 기반 데이터로 설정되는 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 방법.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 토크 데이터를 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터로 분리하는 단계에서 측정용 주파수 영역 기반 데이터는 측정용 시간 영역 기반 데이터를 FFT(Fast Fourier Transform) 변환시켜 분리하는 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 방법.

청구항 8

제4항에 있어서,

상기 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터를 미리 학습되어 저장된 시간 영역 기반 데이터와 주파수 영역 기반 데이터와 각각 와 각각 비교하여 정상 상태인지 확인하는 단계는 측정용 시간 영역 기반 데이터 파형이나 측정용 주파수 영역 기반 데이터의 파형이 미리 학습되어 저장된 축정렬 오차가 5%미만일 때 발생된 토크 신호에 따른 토크 데이터에서 분리된 비교용 시간 영역 기반 데이터의 파형이나 비교용 주파수 영역 기반 데이터의 파형에 포함되는 경우에 정상 상태로 확인하는 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 방법.

청구항 9

제4항에 있어서,

상기 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터를 미리 학습되어 저장된 시간 영역 기반 데이터와 주파수 영역 기반 데이터와 각각 와 각각 비교하여 정상 상태인지 확인하는 단계에서 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터가 정상 상태이면 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터는 각각 비교용 시간 영역 기반 데이터와 비교용 주파수 영역 기반 데이터로 저장하는 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 방법.

청구항 10

제4항에 있어서,

상기 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터가 정상 상태가 아니면 비정상 상태인지를 진단하는 단계는 측정용 시간 영역 기반 데이터 파형이나 측정용 주파수 영역 기반 데이터의 파형이 미리 학습되어 저장된 축정렬 오차가 5%미만일 때 발생된 토크 신호에 따른 토크 데이터에서 분리된 비교용 시간 영역 기반 데이터의 파형이나 비교용 주파수 영역 기반 데이터의 파형에 포함되는 않은 경우에 비정상 상태로 확인하는 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 방법.

청구항 11

제4항에 있어서,

상기 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터가 정상 상태가 아니면 비정상 상태인지를 진단하는 단계는 측정용 시간 영역 기반 데이터 파형이나 측정용 주파수 영역 기반 데이터의 파형이 미리 학습되어 저장된 축정렬 오차가 5%미만일 때 발생된 토크 신호에 따른 토크 데이터가 아닌 경우에 측정용 시간 영역 기반 데이터 파형과 측정용 주파수 영역 기반 데이터의 파형을 이용해 축정렬의 축정렬 오차가 5%이상인지 모터의 회전부품이 비정상 상태인지를 진단하는 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 방법.

청구항 12

제4항에 있어서,

상기 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터가 정상 상태가 아니면 비정상 상태인지를 진단하는 단계에서 측정용 시간 영역 기반 데이터와 학습되어 저장된 비교용 시간 영역 기반 데이터는 각각 특징값으로 산출하며,

상기 특징값은 통계 데이터, 운동 에너지 데이터 및 파형 데이터 중 하나인 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 통계 데이터는 분산(variance), 왜도(skewness) 및 첨도(kurtosis) 중 하나이며, 상기 운동 에너지 데이터는 피크 투 피크(Peak to Peak), 평균(mean) 및 RMS(root mean square) 중 하나이며, 상기 파형 데이터는 크래스트 팩터(crest factor)과 임펄스(impulse) 파형 중 하나가 사용되는 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 부하 모터와 시료 모터 사이에 연결된 토크 센서로부터 출력되는 토크 신호를 DAQ(Data Acquisition)로 처리한 후 시간 영역 데이터와 주파수 영역 데이터로 분리하고, 분리된 시간 영역 데이터와 주파수 영역 데이터의 정상 상태를 학습시킨 후 학습된 정상 상태와 실시간으로 수집되는 토크 데이터에서 분리된 시간 영역 데이터와 주파수 영역 데이터를 비교함으로써 축정렬의 정렬 상태를 쉽게 진단하여 확인할 수 있는 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치 및 방법을 제공함에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 자동차, 항공, 선박 산업 등은 안전, 편의 및 환경 규제 강화에 따라 내연기관에서 전력기반 모터(E-Mobility) 산업으로 재편되고 있다. 전력기반 모터 산업은 보급 중심에서 서비스, 안정성 및 편리성 등의 관점으로 기술 및 산업 환경 변화가 지속적으로 이루어 지고 있다.

[0003] 전력기반 모터(E-Mobility) 산업은 배터리 성능 향상 및 수소 추진 시스템의 발달로 수송장비의 전동화가 진행되는 상황에서 전력기반 모터(E-Mobility) 산업에 사용되는 모터의 보다 높은 성능 측정이 요구되되며, 모터의 성능은 효율에 의해 결정된다. 모터의 효율은 모터의 운전 중 전압, 전류, 유효전력, 온도, 토크, 회전속도 등의 운전 데이터이며, 이러한 모터의 성능 측정을 위해 모터 다이나모미터가 사용된다.

[0004] 모터 다이나모미터는 부하 모터를 이용해 시료 모터를 시험하고, 부하 모터와 시료 모터는 커플링으로 연결되며, 토크 센서를 이용해 시료 모터의 성능을 측정한다. 모터 다이나모미터는 부하 모터에 연결되어 시료 모터의 성능을 측정할 때 고속 회전으로 회전시켜 측정함으로 축정렬 작업이 요구되며, 축정렬 작업은 모터 성능의 보다 높은 측성을 위해 정밀하게 정렬되어야 한다.

[0005] 모터 다이나모미터는 시료 모터의 성능 테스트 시 부하 모터와 시료 모터를 커플링을 이용해 연결하며, 커플링을 이용해 부하 모터와 시료 모터의 연결 시 정밀하게 축정렬을 수행한다. 축정렬 작업은 모터 다이나모미터에서 시료 모터의 성능 시험 시 중요하며, 이를 위해 축정렬작업이 정확하게 정렬되었는지 확인해야 한다.

[0006] 축정렬 상태 확인 방법은 페이스 앤 림(face and rim) 방법과 리버스 인디게이트(reverse indicator) 방법이 사용된다. 리버스 인디게이트(reverse indicator) 방법은 커플링에 인디게이터를 한 개씩 설치하여, 다른 축 중심선에 대한 한 축의 상대적인 중심선 위치를 찾는 측정방법이다.

[0007] 페이스 앤 림(face and rim) 방법은 페이스(face)를 다이얼 게이트(dial indicator)나 내경 마이크로미터로 측정하며, 림(rim)은 다이얼 게이트로 측정하며, 관련 기술이 한국공개특허공보 제10-2003-0083951호(특허문헌 1)에 공개되어 있다.

[0008] 특허문헌 1은 축정렬장치에 관한 것으로, 스텐드(51)에 수직, 수평으로 각각 연결된 수직바(52)와 수평바(53)로 장치하고, 수평바(25)의 끝단에 측정블럭(55)이 장치된 인출수단(5)이 구성되며, 인출수단(5)의 측정블럭(55)은 측정수단(6)의 다이얼게이지(63)에 의하여 측정된다.

[0009] 특허문헌 1과 같은 종래의 축정렬장치는 물리적 측정에 의한 방법이며, 이러한 물리적 측정에 의한 방법은 레이저 센서를 이용해 측정하는 방법이 있다. 레이저 센서를 이용해 측정하는 방법은 다이나모터미터의 커플링 사이에 레이저 센서를 배치하여 각 위치를 측정하여 축정렬 상태를 확인한다.

[0010] 레이저 센서를 이용한 측정 방법이나 특허문헌 1과 같은 종래의 축정렬 방법들은 물리적인측정방법으로 측정하고자 하는 축정렬에 대한 기준을 제공하는 부하모터의 회전축과 같은 기준축이 틀어지거나 베어링과 같은 회전부품의 고장이 발생되는 경우에 이를 확인하기 어려운 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) : 한국공개특허공보 제10-2003-0083951호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명의 목적은 전술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 부하 모터와 시료 모터 사이에 연결된 토크 센서로부터 출력되는 토크 신호를 DAQ(Data Acquisition)로 처리한 후 시간 영역 데이터와 주파수 영역 데이터로 분리하고, 분리된 시간 영역 데이터와 주파수 영역 데이터의 정상 상태를 학습시킨 후 학습된 정상 상태와 실시간으로 수집되는 토크 데이터에서 분리된 시간 영역 데이터와 주파수 영역 데이터를 비교함으로써 축정렬 상태를 쉽게 진단하여 확인할 수 있는 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치 및 방법을 제공함에 있다.

[0013] 본 발명의 다른 목적은 분리된 시간 영역 데이터와 주파수 영역 데이터를 상호 보완적으로 사용함으로써 축정렬 상태 이외에 시료 모터의 베어링과 같은 회전 부품의 고장을 쉽게 진단할 수 있는 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치 및 방법을 제공함에 있다.

[0014] 본 발명의 또 다른 목적은 실시간으로 축정렬 상태나 베어링 등과 같은 회전 부품의 손상 등의 동작 상태 등을 진단할 수 있어 축 틀어짐이나 베어링과 같은 회전 부품의 손상에 의한 모터 다이나모미터 장비의 손상이나 인명 피해를 방지할 수 있는 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치 및 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0015] 본 발명의 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치는 모터 다이나모미터에 배치되며 시료 모터의 토크를 감지하여 아날로그 토크 신호를 발생하여 출력하는 토크 센서와, 상기 모터 다이나모미터와 간격을 두고 배치되어 토크 신호를 수신받아 디지털 신호로 변환하여 토크 데이터로 출력하는 DAQ(Data Acquisition) 장치와, 상기 DAQ 장치에서 출력되는 토크 데이터를 수신받아 토크 데이터를 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터로 분리한 후 분리된 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터를 각각 축정렬이 정상 상태인 토크 데이터에서 분리되어 축정렬이 정상상태로 학습되어 저장된 비교용 시간 영역 기반 데이터와 비교용 주파수 영역 기반 데이터와 각각 비교해 축정렬 상태를 진단하는 PC(personal computer)를 포함한다.

[0016] 본 발명의 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 방법은 모터 다이나모미터에 배치된 토크 센서

에서 출력되는 아날로그 토크 신호를 수집하여 디지털 신호인 토크 데이터로 변환시켜 출력하는 단계와, 상기 토크 데이터를 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터로 분리하는 단계와, 상기 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터를 미리 학습되어 저장된 비교용 시간 영역 기반 데이터와 비교용 주파수 영역 기반 데이터와 각각 비교하여 정상 상태인지 확인하는 단계와, 상기 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터가 정상 상태가 아니면 비정상 상태인지를 진단하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치 및 방법은 분리된 시간 영역 데이터와 주파수 영역 데이터를 상호 보완적으로 사용함으로써 축정렬의 상태 이외에 시료 모터의 베어링과 같은 회전 부품의 고장을 쉽게 진단할 수 있는 이점이 있다.

[0018] 본 발명의 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치 및 방법은 또한, 실시간으로 축정렬 상태나 베어링 등과 같은 회전 부품의 손상 등의 동작 상태 등을 진단할 수 있어 축 틀어짐이나 베어링과 같은 회전 부품의 손상에 의한 모터 다이나모미터 장비의 손상이나 인명 피해를 방지할 수 있는 이점 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치의 정면도,

도 2는 도 1에 도시된 장치를 이용한 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 방법을 나타낸 흐름도,

도 3은 도 2에 도시된 토크 데이터에서 분리된 정상 상태의 시간 영역 기반 데이터를 나타낸 파형도,

도 4는 도 2에 도시된 토크 데이터에서 분리된 정상 상태의 주파수 영역 기반 데이터를 나타낸 파형도,

도 5는 도 2에 도시된 토크 데이터에서 분리된 비정상 상태의 시간 영역 기반 데이터를 나타낸 파형도,

도 6은 도 2에 도시된 토크 데이터에서 분리된 비정상 상태의 주파수 영역 기반 데이터를 나타낸 파형도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 본 발명의 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치 및 방법의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 설명하면 다음과 같다.

[0021] 도 1에서와 같이 본 발명의 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치는 모터 다이나모미터(100), DAQ(Data Acquisition) 장치(200) 및 PC(personal computer)(300)를 포함하여 구성된다.

[0022] 모터 다이나모미터(100)는 토크 센서(110)를 포함하며, 토크 센서(110)는 모터 다이나모미터(100)에 배치되며 시료 모터(130)의 토크를 감지하여 아날로그 토크 신호를 발생하여 출력한다. DAQ 장치(200)는 모터 다이나모미터(100)와 간격을 두고 배치되어 토크 신호를 수신받아 디지털 신호로 변환하여 토크 데이터로 출력한다.

[0023] PC(300)는 DAQ 장치(200)에서 출력되는 토크 데이터를 수신받아 토크 데이터를 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터로 분리한 후 분린된 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터를 각각 축정렬이 정상 상태인 토크 데이터에서 분리되어 축정렬이 정상상태로 학습되어 저장된 비교용 시간 영역 기반 데이터와 비교용 주파수 영역 기반 데이터와 각각 비교해 축정렬 상태를 진단한다.

[0024] 본 발명의 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치의 구체적인 실시예는 다음과 같다.

[0025] 모터 다이나모미터(100)는 도 1에서와 같이, 베이스(110a), 부하 모터(120), 시료 모터(130), 제1커플링(140), 제2커플링(150) 및 모터 제어기(160)를 포함한다.

[0026] 베이스(110a)는 정반으로 모터 다이나모미터(100)를 전반적으로 지지한다. 토크 센서(110)는 부하 모터와 시료 모터(130) 사이에 배치되고, 일측과 타측으로 각각 돌출되게 토크 회전축(131)이 삽입되어 관통되게 연결된다. 토크 회전축(131)의 일측은 제1커플링(140)에 의해 부하 모터(120)의 제1회전축(121)과 연결되며 타측은 제2커플링(150)에 의해 시료 모터(130)의 제2회전축(131)과 연결된다.

[0027] 부하 모터(120)는 베이스(110a)의 상부의 일측에 배치되며 일측에 제1회전축(121)이 연결되며, 시료 모터(130)

는 부하 모터(120)의 간격을 두고 베이스(110a)의 상부에 장착되며 타측에 제2회전축(131)이 연결된다.

[0028] 제1커플링(140)은 부하 모터(120)의 제1회전축(121)과 토크 센서(110)를 연결하며, 제2커플링(150)은 토크 센서(110)와 시료 모터(130)의 제2회전축(131)을 연결한다. 모터 제어기(160)는 부하 모터(120)와 시료 모터(130)에 각각 연결되어 시료 모터(130)와 부하 모터(120)의 속도를 제어한다.

[0029] 제1회전축(121)과 제2회전축(131) 사이의 축정렬 진단은 축정렬 오차가 5%미만인 상태 일 때 발생되는 토크 데이터를 정상 상태로 진단한다. 제1회전축(121)과 제2회전축(131)은 이상적으로 정렬되는 경우에 각각의 제1회전축(121)의 중심축(C1)과 제2회전축(131)의 중심축(C2)이 일직선으로 정렬된다.

[0030] 축정렬은 제1회전축(121)이나 제2회전축(131)의 가공 오차나 조립 오차에 의해 발생될 수 있으며, 이러한 축정렬의 오차는 제1커플링(140)이나 제2커플링(150)에 의해 5%미만인 경우에 무시할 수 있다. 축정렬 진단은 제1회전축(121)의 직경(D1)과 제2회전축(131)의 비틀림 오차(D2)의 비율로 나타낸다.

[0031] 제2회전축(131)의 비틀림 오차(D2)는 제1회전축(121)의 외주면 경계선(S1)에서 제2회전축(131)이 축비틀림이 발생된 상태에서 제2회전축(131)의 외주면 경계선(S2) 사이의 간격으로 설정된다. 즉, 축정렬 진단은 제2회전축(131)에서 발생된 축비틀림이 제1회전축(121)의 직경(D1)에 비해 어느 정도 비로 발생되었는지 여부를 진단한다.

[0032] 축정렬 진단의 구체적인 실시예는 축정렬 오차로 나타내며, 축정렬 오차=(제1회전축(121)의 비틀림 오차(D2)/제2회전축(131)의 직경(D1))×100으로 산출한다. 예를 들어, 축정렬 오차는 제1회전축(121)의 비틀림 오차(D2)가 0.5㎜이고, 제2회전축(131)의 직경(D1)이 10㎜인 경우에 (0.5㎜/10㎜)×100=5%로 산출된다.

[0033] 축정렬 진단은 축정렬 오차가 5%미만인 경우에 발생된 토크 신호에 따른 토크 데이터를 축정렬의 정상 상태로 진단하며, 5%이상일 때 발생된 토크 신호에 따른 토크 데이터를 축정렬의 비정상 상태로 진단한다. 즉, 축정렬이 정상 상태일 때의 토크 데이터와 실시간으로 측정된 토크 신호에 따른 토크 데이터를 비교하여 다른 경우에 축정렬의 비정상 상태로 진단한다.

[0034] 축정렬의 정상과 비정상 판단은 보다 구체적으로 축정렬 오차가 5%미만일 때 발생된 토크 신호에 따른 토크 데이터에서 비교용 시간 영역 기반 데이터와 비교용 주파수 영역 기반 데이터로 분리하여 저장한다.

[0035] 축정렬 오차가 5%미만일 때 발생된 토크 데이터에서 분리된 비교용 시간 영역 기반 데이터와 비교용 주파수 영역 기반 데이터는 축정렬이 정상인 데이터로 학습되어 저장된 후 실시간으로 수신된 토크 데이터에서 분리된 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터를 비교해 축정렬 상태를 진단한다.

[0036] 예를 들어, 축정렬 오차가 5%미만일 때 발생된 토크 신호에 따른 토크 데이터에서 분리되어 학습된 비교용 시간 영역 기반 데이터와 비교용 주파수 영역 기반 데이터와 실시간으로 수신된 토크 데이터에서 분리된 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터를 비교해 같으면 축정렬의 정상 상태로 진단하며, 다른 경우에 축정렬이 비정상 상태인 것으로 진단한다.

[0037] 본 발명의 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치를 이용한 인공지능 기반 축정렬 상태진단 방법은 도 1 및 도 2에서와 같이, 먼저, 모터 다이나모미터(100)에 배치된 토크 센서(110)에서 출력되는 아날로그 토크 신호를 수집하여 디지털 신호인 토크 데이터로 변환시켜 출력한다(S110).

[0038] 아날로그 토크 신호를 수집하여 디지털 신호인 토크 데이터로 변환시켜 출력하는 단계는 모터 다이나모미터(100)에 배치된 토크 센서(110)에서 출력되는 아날로그 토크 신호를 DAQ(Data Acquisition) 장치를 이용해 실시간으로 수집하여 디지털 신호인 토크 데이터로 변환시켜 출력한다.

[0039] 토크 신호가 토크 데이터로 변환되면 토크 데이터를 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터로 분리하는 한다(S120).

[0040] 토크 데이터를 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터로 분리하는 단계(S120)에서 토크 데이터는 측정용 시간 영역 기반 데이터로 설정되며, 측정용 주파수 영역 기반 데이터는 측정용 시간 영역 기반 데이터를 FFT(Fast Fourier Transform) 변환시켜 분리한다.

[0041] 토크 데이터가 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터로 분리되면 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터를 미리 학습되어 저장된 비교용 시간 영역 기반 데이터와 비교용 주파수 영역 기반 데이터와 각각 비교하여 정상 상태인지를 확인한다(S130).

[0042] 정상 상태를 확인하는 단계(S130)는 측정용 시간 영역 기반 데이터 파형이나 측정용 주파수 영역 기반 데이터의 파형이 미리 학습되어 저장된 축정렬 오차가 5%미만일 때 발생된 토크 신호에 따른 토크 데이터에서 분리된 비교용 시간 영역 기반 데이터의 파형이나 비교용 주파수 영역 기반 데이터의 파형에 포함되는 경우에 정상 상태로 확인한다.

[0043] 정상 상태의 측정용 시간 영역 기반 데이터의 파형과 측정용 주파수 영역 기반 데이터의 파형은 각각 도 3 및 도 4에 도시되어 있다.

[0044] 도 3은 정상 상태의 측정용 시간 영역 기반 데이터의 파형이며, 도 4는 정상 상태의 측정용 주파수 영역 기반 데이터의 파형이다. 도 3은 정상 상태일 때 측정용 시간 영역 기반 데이터에 따른 바이브레이션(Vibration) 레벨을 나타내며, 도 4는 측정용 주파수 영역 기반 데이터에 따른 운전 주파수를 나타낸 것으로, 시료 모터(130)의 회전 속도의 증가에 따른 운전 주파수의 변화와 전류의 파형을 나타내고 있다. 도 4에 도시된 전류 파형은 좌우 측면에 측파대 형태의 다른 주파수 성분이 없는 것이 확인되어 정상 상태의 파형인 것을 확인할 수 있다.

[0045] 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터를 미리 학습되어 저장된 비교용 시간 영역 기반 데이터와 비교용 주파수 영역 기반 데이터와 각각 비교하여 정상 상태를 확인하는 단계(S130)에서 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터가 정상 상태이면 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터는 각각 비교용 시간 영역 기반 데이터와 비교용 주파수 영역 기반 데이터로 저장된다.

[0046] 비교용 시간 영역 기반 데이터와 비교용 주파수 영역 기반 데이터는 각각 원천 데이터로 저장되며, 원천 데이터로 저장 시 인공지능학습용 데이터로 변환시켜 저장하며, 인공지능학습용 데이터로 변환 시 머신 러닝 알고리즘을 적용하기 위해 레이블링된 정형 데이터로 변환되어 저장된다.

[0047] 머신 러닝 알고리즘은 새로운 종류의 시료 모터(130)의 성능 진단 시 인공지능 기반 축정렬 상태진단을 적용할 수 있다. 머신러닝 알고리즘은 딥런닝(Deep Learning), 선형회귀(Linear Regression), 가우시안 프로세스(Gaussian Process), SVR(Support Vector Regression) 및 MLP(Multi-layer Perceptron) 중 하나가 사용된다.

[0048] 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터는 실시간으로 수집된 토크 신호에 따른 토크 데이터에서 분리된 데이터이며, 미리 학습되어 저장된 비교용 시간 영역 기반 데이터와 비교용 주파수 영역 기반 데이터는 미리 정상 상태로 학습되어 저장된 토크 신호에 따른 토크 데이터에서 분리된 데이터이다.

[0049] 측정용 주파수 영역 기반 데이터와 학습되어 저장된 비교용 주파수 영역 기반 데이터는 각각 운전 주파수이다. 운전 주파수는 시료 모터(130)의 회전수(RPM)에 비례하며, 회전수(RPM), 극수 및 상수 "120" 등을 이용해 계산한다. 즉, 운전 주파수는 (RPM×120)/극수를 이용해 산출한다.

[0050] 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터를 미리 학습되어 저장된 시간 영역 기반 데이터와 주파수 영역 기반 데이터와 비교가 완료되어 정상 상태가 아니면 비정상 상태인지를 진단한다(S140).

[0051] 측정용 시간 영역 기반 데이터 파형이나 측정용 주파수 영역 기반 데이터의 파형이 미리 학습되어 저장된 축정렬 오차가 5%미만일 때 발생된 토크 신호에 따른 토크 데이터에서 분리된 비교용 시간 영역 기반 데이터의 파형이나 비교용 주파수 영역 기반 데이터의 파형에 포함되는 않은 경우 즉, 다른 경우에 비정상 상태로 진단한다.

[0052] 도 5는 비정상 상태의 측정용 시간 영역 기반 데이터의 파형이며, 도 6은 비정상 상태의 측정용 주파수 영역 기반 데이터의 파형이다. 도 5는 비정상 상태일 때 측정용 시간 영역 기반 데이터에 따른 바이브레이션(Vibration) 레벨을 나타낸다.

[0053] 도 6은 측정용 주파수 영역 기반 데이터에 따른 운전 주파수를 나타낸 것으로, 시료 모터(130)의 회전 속도의 증가에 따른 운전 주파수의 변화와 전류의 파형(f1)을 나타내고 있다. 도 6에 도시된 전류 파형(f1)은 하모닉 파형으로 발생되었으며, 좌우 측면에 측파대 형태의 다른 주파수 성분(f2)이 있는 것이 확인되어 비정상 상태의 파형인 것을 확인할 수 있다.

[0054] 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터가 정상 상태가 아니면 비정상 상태인지를 진단하는 단계(S140)는 측정용 시간 영역 기반 데이터 파형이나 측정용 주파수 영역 기반 데이터의 파형이 미리 학습되어 저장된 축정렬 오차가 5%미만일 때 발생된 토크 신호에 따른 토크 데이터가 아닌 경우에 측정용 시간 영역 기반 데이터 파형과 측정용 주파수 영역 기반 데이터의 파형을 이용해 축정렬의 축정렬 오차가 5%이상인

지 모터의 베어링 등과 같은 회전부품이 비정상 상태인지를 진단한다.

[0055] 비정상 상태는 축정렬의 축정렬 오차가 5%이상인 경우에 발생되거나 시료 모터(130)나 부하 모터(120)의 베어링 등의 손상으로 인해 발생될 수 있다. 축정렬의 정상 상태나 비정상 상태는 축비틀림 5%미만에 발생된 토크 신호에 따른 토크 데이터에서 분리된 비교용 시간 영역 기반 데이터의 파형이나 비교용 주파수 영역 기반 데이터의 파형을 이용해 비교할 수 있다.

[0056] 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터가 정상 상태가 아니면 비정상 상태인지를 진단하는 단계(S140)는 보다 다양한 모터 다이나모미터(100)에 포함된 장비들의 손상 등을 진단하기 위해 측정용 시간 영역 기반 데이터와 학습되어 저장된 비교용 시간 영역 기반 데이터를 각각 특징값으로 산출한다.

[0057] 특징값은 통계 데이터, 운동 에너지 데이터 및 파형 데이터 중 하나이고, 통계 데이터는 분산(variance), 왜도(skewness) 및 첨도(kurtosis) 중 하나이며, 운동 에너지 데이터는 피크 투 피크(Peak to Peak), 평균(mean) 및 RMS(root mean square) 중 하나이며, 파형 데이터는 크래스트 팩터(crest factor)과 임펄스(impulse) 파형 중 하나 사용된다.

[0058] 전술한 것과 같이, 본 발명의 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치 및 방법은 실시간으로 축정렬 상태나 베어링 등과 같은 회전 부품의 손상 등의 진단할 수 있어 축정렬 오차나 베어링과 같은 회전 부품의 손상등으로 인한 모터 다이나모미터 장비의 손상이나 인명 피해를 방지할 수 있는 이점 있다.

산업상 이용가능성

[0059] 본 발명의 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치 및 방법은 전력기반 모터(E-Mobility) 산업 분야에 적용된다.

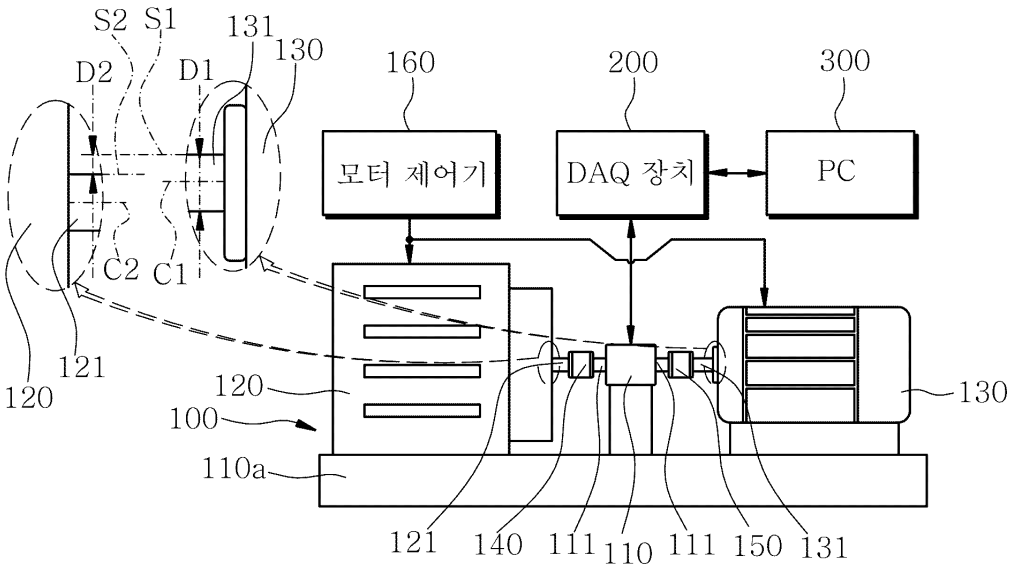
부호의 설명

[0060]

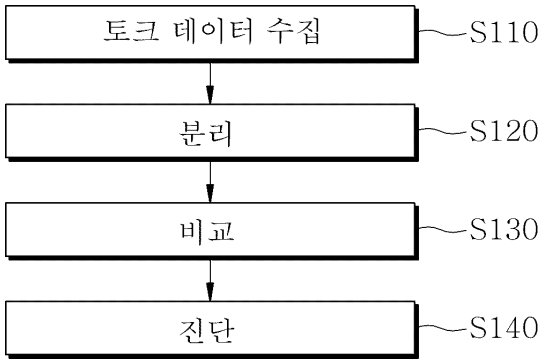
100: 모터 다이나모미터	110a: 베이스
110: 토크 센서	120: 부하 모터
130: 시료 모터	140: 제1커플링
150: 제2커플링	160: 모터 제어기
200: DAQ 장치	300: PC

도면

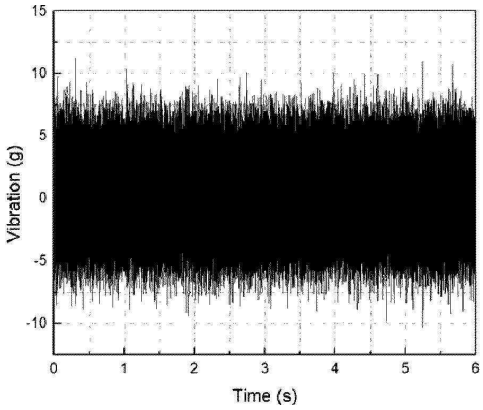
도면1



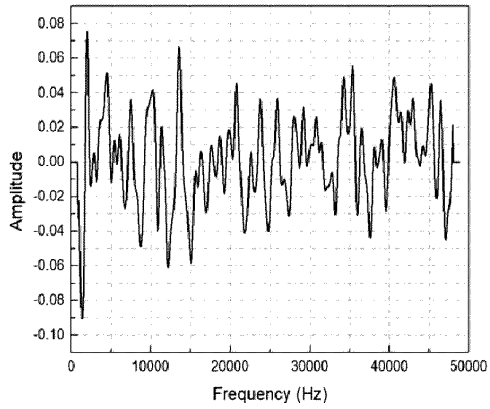
도면2


토크 데이터 수집
S110
분리
S120
비교
S130
진단
S140

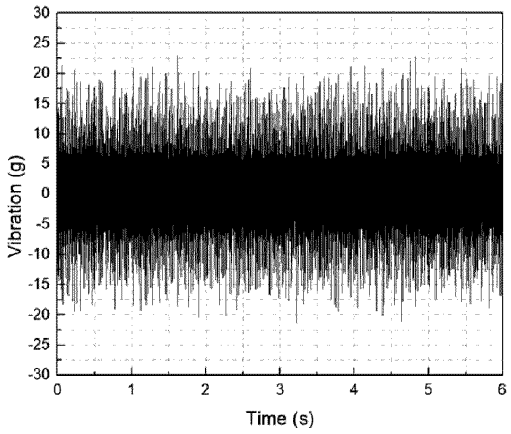
도면3


Vibration (g)
Time (s)

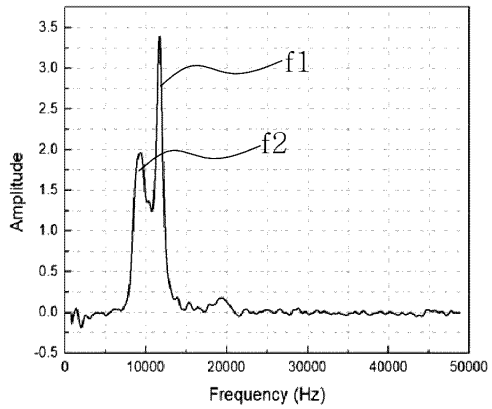
도면4


Amplitude
Frequency (Hz)

도면5



도면6



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

모터 다이나모미터에 배치되며 시료 모터의 토크를 감지하여 아날로그 토크 신호를 발생하여 출력하는 토크 센서와,

상기 모터 다이나모미터와 간격을 두고 배치되어 토크 신호를 수신받아 디지털 신호로 변환하여 토크 데이터로 출력하는 DAQ(Data Acquisition) 장치와,

상기 DAQ 장치에서 출력되는 토크 데이터를 수신받아 토크 데이터를 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터로 분리한 후 분리된 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터를 각각 축정렬이 정상 상태인 토크 데이터에서 분리되어 축정렬이 정상상태로 학습되어 저장된 비교용 시간 영역 기반 데이터와 비교용 주파수 영역 기반 데이터와 각각 비교해 축정렬 상태를 진단하는 PC(personal computer)를 포함하는 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치.

【변경후】

모터 다이나모미터에 배치되며 시료 모터의 토크를 감지하여 아날로그 토크 신호를 발생하여 출력하는 토크 센서와,

상기 모터 다이나모미터와 간격을 두고 배치되어 토크 신호를 수신받아 디지털 신호로 변환하여 토크 데이터로 출력하는 DAQ(Data Acquisition) 장치와,

상기 DAQ(Data Acquisition) 장치에서 출력되는 토크 데이터를 수신받아 토크 데이터를 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터로 분리한 후 분리된 측정용 시간 영역 기반 데이터와 측정용 주파수 영역 기반 데이터를 각각 축정렬이 정상 상태인 토크 데이터에서 분리되어 축정렬이 정상상태로 학습되어 저장된 비교용 시간 영역 기반 데이터와 비교용 주파수 영역 기반 데이터와 각각 비교해 축정렬

상태를 진단하는 PC(personal computer)를 포함하는 모터 다이나모미터의 인공지능 기반 축정렬 상태진단 장치.