



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0097060
(43) 공개일자 2024년06월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G05B 23/02 (2006.01) G01R 31/34 (2006.01)

G06Q 50/10 (2012.01) G06T 19/20 (2011.01)

(52) CPC특허분류

G05B 23/0272 (2013.01)

G01R 31/343 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0178702

(22) 출원일자 2022년12월19일

심사청구일자 2022년12월19일

(71) 출원인

국립창원대학교 산학협력단

경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)

(72) 발명자

박민원

경상남도 김해시 덕정로12번길 24 (관동동)

김창현

경상남도 창원시 성산구 대암로 64, 6동 501호 (남양동, 상남동성아파트)

황철주

경상남도 창원시 진해구 여명로16번길 13, 3층 (여좌동)

(74) 대리인

김중선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 16 항

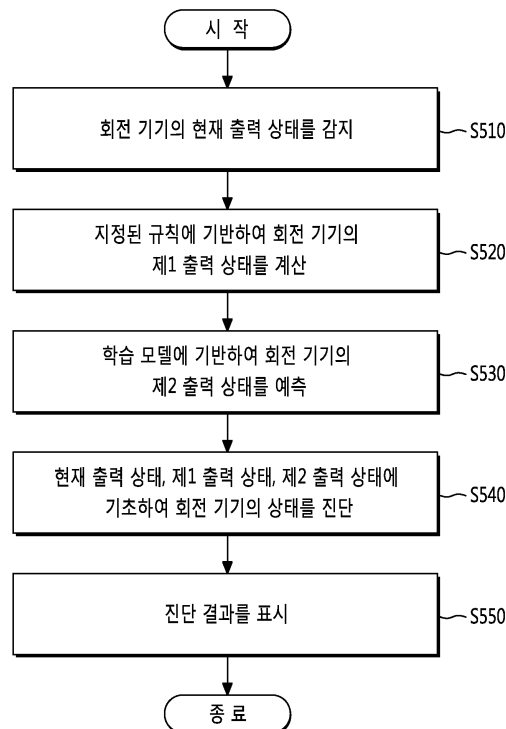
(54) 발명의 명칭 회전 기기의 상태 진단 장치, 방법 및 시스템

(57) 요약

본 발명은 회전 기기의 상태 진단 장치, 방법 및 시스템에 관한 것이다. 상기 진단 장치는 상기 회전 기기의 현재 출력 상태를 감지하는 센서 모듈; 지정된 규칙에 기반하여 상기 회전 기기의 입력 데이터에 따른 제1 출력 상태를 계산하는 제1 예측 모듈; 학습 데이터를 기반으로 기 학습된 학습 모델에 기반하여, 상기 회전 기기의 입력

(뒷면에 계속)

대표도 - 도5



데이터에 따른 제2 출력 상태를 예측하는 제2 예측 모듈; 상기 현재 출력 상태, 상기 제1 출력 상태, 및 상기 제2 출력 상태에 기초하여, 상기 회전 기기의 상태를 진단하는 프로세서; 및 상기 프로세서에 의한 진단 결과를 표시하는 디스플레이를 포함할 수 있다.

이러한 본 발명은 규칙 기반의 이상 진단 및 학습 모델을 통한 이상 진단의 조합을 통해 회전 기기의 상태 진단의 정확성을 향상시킬 수 있다. 본 발명은 진단 결과를 3D 형상의 이미지를 통해 제공하여 사용자가 진단 결과를 편리하게 식별할 수 있다. 또한, 본 발명은 진단 결과를 지정된 사용자 단말로 전송하여 사용자가 회전 기기의 이상 여부를 실시간으로 인식할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G05B 23/0243 (2013.01)

G05B 23/0283 (2013.01)

G06Q 50/10 (2015.01)

G06T 19/20 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415182603
과제번호	20223030020180
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	신재생에너지핵심기술개발(전력)
연구과제명	풍력터빈 수명연장을 위한 내구성 평가 및 잔여 수명예측 기술개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	창원대학교 산학협력단
연구기간	2022.11.01 ~ 2025.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

회전 기기의 상태 진단 장치에 있어서,

상기 회전 기기의 현재 출력 상태를 감지하는 센서 모듈;

지정된 규칙에 기반하여 상기 회전 기기의 입력 데이터에 따른 제1 출력 상태를 계산하는 제1 예측 모듈;

학습 데이터를 기반으로 기 학습된 학습 모델에 기반하여, 상기 회전 기기의 입력 데이터에 따른 제2 출력 상태를 예측하는 제2 예측 모듈;

상기 현재 출력 상태, 상기 제1 출력 상태, 및 상기 제2 출력 상태에 기초하여, 상기 회전 기기의 상태를 진단하는 프로세서; 및

상기 프로세서에 의한 진단 결과를 표시하는 디스플레이를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 디스플레이는

각 구성별로 현재 출력 상태, 제1 출력 상태, 제2 출력 상태 및 진단 결과를 테이블 형태로 표시하고, 상기 회전 기기의 3D 형상을 일측에 도시하고, 상기 3D 형상에 센서의 위치를 표시하고, 상기 회전 기기의 지정된 구성에 대한 전자기장 분포 및 온도 분포를 표시하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 회전 기기의 구성별로 상태를 진단하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 회전 기기의 자체 수명 및 설정된 계수에 기초한 각 구성별 잔여 수명을 고려하여, 잔여 수명을 예측하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 디스플레이는

상기 회전 기기의 3D 형상에 고장 부위, 잔여 수명이 기준치 이하인 부위, 및 정상 부위를 서로 다른 색상으로 표시하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
상기 회전 기기는
모터를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
상기 프로세서는
상기 현재 출력 상태, 상기 제1 출력 상태, 및 상기 제2 출력 상태의 편차 값에 기반하여 상기 현재 출력 상태의 이상 여부를 진단하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,
상기 진단 결과를 지정된 외부 장치로 전송하는 통신 모듈을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 9

회전 기기의 상태 진단 방법에 있어서,
센서 모듈에 의해, 상기 회전 기기의 현재 출력 상태를 감지하는 단계;
제1 예측 모듈에 의해, 지정된 규칙에 기반하여 상기 회전 기기의 입력 데이터에 따른 제1 출력 상태를 계산하는 단계;
제2 예측 모듈에 의해, 학습 데이터를 기반으로 기 학습된 학습 모델에 기반하여, 상기 회전 기기의 입력 데이터에 따른 제2 출력 상태를 예측하는 단계;
프로세서에 의해, 상기 현재 출력 상태, 상기 제1 출력 상태, 및 상기 제2 출력 상태에 기초하여 상기 회전 기기의 상태를 진단하는 단계; 및
디스플레이 상에 상기 프로세서에 의해 진단된 진단 결과를 표시하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,
상기 회전 기기의 상태를 진단하는 단계는
상기 회전 기기의 구성별로 상태를 진단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 11

제 9 항에 있어서,
상기 회전 기기의 상태를 진단하는 단계는

상기 현재 출력 상태, 상기 제1 출력 상태, 및 상기 제2 출력 상태의 편차 값에 기반하여 상기 현재 출력 상태의 이상 여부를 진단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 진단 결과를 표시하는 단계는

각 구성별로 현재 출력 상태, 제1 출력 상태, 제2 출력 상태 및 진단 결과를 테이블 형태로 표시하는 단계;

상기 회전 기기의 3D 형상을 일측에 도시하고, 상기 3D 형상에 센서의 위치를 표시하는 단계; 및

상기 회전 기기의 지정된 구성에 대한 전자기장 분포 및 온도 분포를 표시하는 단계 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 13

제 9 항에 있어서,

상기 회전 기기의 자체 수명 및 설정된 계수에 기초한 각 구성별 잔여 수명을 고려하여, 잔여 수명을 예측하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 진단 결과를 표시하는 단계는

상기 회전 기기의 3D 형상에 고장 부위, 잔여 수명이 기준치 이하인 부위, 및 정상 부위를 서로 다른 색상으로 표시하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 15

제 9 항에 있어서,

통신 모듈을 통해 상기 진단 결과를 지정된 외부 장치로 전송하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 16

회전 기기의 상태 진단 시스템에 있어서,

상기 회전 기기의 적어도 하나의 구성에 각각 부착되어 각 구성의 현재 출력 상태를 센싱하는 센싱 장치;

상기 센싱 장치로부터 수신되는 현재 출력 상태, 지정된 규칙에 기반하여 계산되는 상기 회전 기기의 입력 데이터에 따른 제1 출력 상태, 및 학습 데이터를 기반으로 기 학습된 학습 모델에 기반하여 계산되는 상기 회전 기기의 입력 데이터에 따른 제2 출력 상태에 기초하여 상기 회전 기기의 상태를 진단하는 진단 기기; 및

상기 진단 기기로부터 진단 결과를 수신하여 표시하는 사용자 단말을 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 회전 기기의 상태 진단 장치, 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이상 감지는 정상(Normal) 샘플(sample)과 비정상(Abnormal) 샘플을 구별해 내는 것으로, 제조업 뿐만 아니라 CCTV, 의료 영상, SNS 등 다양한 분야에서 응용될 수 있다. 예를 들면, 보안 분야에서의 사이버 침입 탐지, 금융 분야에서의 사기 탐지, 의료 분야에서의 이상치 탐지, SNS 상에서의 이상치 탐지, 산업 분야에서의 장비 이상 감지 등에서 응용되고 있다.

[0003] 한편, 산업 장비는, 일반적으로, 다수의 회전 기기(예: 모터)가 구동 장치로서 사용되고 있다. 하지만, 상기 회전 기기는 소모성 제품으로 장기간 사용으로 인한 노후 또는 다양한 원인으로 사용도중 이상이 발생할 수 있다. 예를 들어, 발전소에서 회전 기기의 고장은 발전 효율 저하 및 회전 기기의 고장에 따른 다운 타임으로 인한 비용 손실을 초래할 수 있다. 또한, 전기차에서 회전 기기의 오작동은 출력 저하 또는 운행 불가를 초래할 수 있다. 이에 회전 기기의 동작 상태를 지속적으로 모니터링하여 이상 여부를 실시간으로 감지할 필요가 있다. 종래에는 통계적 기법이나 규칙 기반 기법을 통해 회전 기기의 이상을 감지(Anomaly detection)하는 기술이 사용되고 있다. 예를 들어, 종래에는 규칙 기반 알고리즘을 이용하여, 회전 기기의 동작과 관련한 여러 값들이 상한 또는 하한 내에 있는지 여부를 판단하여 이상 여부를 감지하였다.

[0004] 하지만, 회전 기기의 종류가 매우 다양해짐에 따라 규칙 기반 알고리즘의 수학적 풀이가 매우 어려워지는 문제가 있다. 또한, 규칙 기반 알고리즘은 회전 기기에 이상이 발생한 것을 감지할 수 있을 뿐, 이상이 발생하게 된 원인을 파악하기 어렵다는 문제를 가지고 있다.

[0005] 한편, 최근에는 기계 학습 기술 중 딥러닝 기술의 발전과 더불어 딥러닝 기술을 이용한 이상 진단 기술에 대한 연구가 증가하고 있다. 하지만, 딥러닝 기술만으로 회전 기기의 상태를 정확하게 진단하는데 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은, 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 실시간으로 회전 기기의 상태를 정확하게 진단(예: 구성별 이상 감지, 고장 예측, 잔여 수명 예측)할 수 있는 회전 기기의 상태 진단 장치, 방법 및 시스템을 제공하는데 있다.

[0007] 또한, 본 발명의 다른 목적은 회전 기기에 대한 진단 결과를 사용자가 용이하게 식별할 수 있도록 제공하는 회전 기기의 상태 진단 장치, 방법 및 시스템을 제공하는데 있다.

[0008] 또한, 본 발명의 다른 목적은 회전 기기에 대한 진단 결과를 사용자 단말로 실시간으로 전송할 수 있는 회전 기기의 상태 진단 장치, 방법 및 시스템을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 이와 같은 목적을 달성하기 위한, 본 발명의 일 실시 예에 따른 회전 기기의 상태 진단 장치는 상기 회전 기기의 현재 출력 상태를 감지하는 센서 모듈; 지정된 규칙에 기반하여 상기 회전 기기의 입력 데이터에 따른 제1 출력 상태를 계산하는 제1 예측 모듈; 학습 데이터를 기반으로 기 학습된 학습 모델에 기반하여, 상기 회전 기기의 입력 데이터에 따른 제2 출력 상태를 예측하는 제2 예측 모듈; 상기 현재 출력 상태, 상기 제1 출력 상태, 및 상기 제2 출력 상태에 기초하여, 상기 회전 기기의 상태를 진단하는 프로세서; 및 상기 프로세서에 의한 진단 결과를 표시하는 디스플레이를 포함할 수 있다.

[0010] 상기 디스플레이는 각 구성별로 현재 출력 상태, 제1 출력 상태, 제2 출력 상태 및 진단 결과를 테이블 형태로 표시하고, 상기 회전 기기의 3D 형상을 일측에 도시하고, 상기 3D 형상에 센서의 위치를 표시하고, 상기 회전 기기의 지정된 구성에 대한 전자기장 분포 및 온도 분포를 표시할 수 있다.

[0011] 상기 프로세서는 상기 회전 기기의 구성별로 상태를 진단할 수 있다.

[0012] 상기 프로세서는 상기 회전 기기의 자체 수명 및 설정된 계수에 기초한 각 구성별 잔여 수명을 고려하여, 잔여 수명을 예측할 수 있다.

[0013] 상기 디스플레이는 상기 회전 기기의 3D 형상에 고장 부위, 잔여 수명이 기준치 이하인 부위, 및 정상 부위를

서로 다른 색상으로 표시할 수 있다.

- [0014] 상기 회전 기기는 모터를 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 프로세서는 상기 현재 출력 상태, 상기 제1 출력 상태, 및 상기 제2 출력 상태의 편차 값에 기반하여 상기 현재 출력 상태의 이상 여부를 진단할 수 있다.
- [0016] 상기 장치는 상기 진단 결과를 지정된 외부 장치로 전송하는 통신 모듈을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.
- [0017] 본 발명의 일 실시 예에 따른 회전 기기의 상태 진단 방법은 센서 모듈에 의해, 상기 회전 기기의 현재 출력 상태를 감지하는 단계; 제1 예측 모듈에 의해, 지정된 규칙에 기반하여 상기 회전 기기의 입력 데이터에 따른 제1 출력 상태를 계산하는 단계; 제2 예측 모듈에 의해, 학습 데이터를 기반으로 기 학습된 학습 모델에 기반하여, 상기 회전 기기의 입력 데이터에 따른 제2 출력 상태를 예측하는 단계; 프로세서에 의해, 상기 현재 출력 상태, 상기 제1 출력 상태, 및 상기 제2 출력 상태에 기초하여 상기 회전 기기의 상태를 진단하는 단계; 및 디스플레이 상에 상기 프로세서에 의해 진단된 진단 결과를 표시하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 회전 기기의 상태를 진단하는 단계는 상기 회전 기기의 구성별로 상태를 진단하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 회전 기기의 상태를 진단하는 단계는 상기 현재 출력 상태, 상기 제1 출력 상태, 및 상기 제2 출력 상태의 편차 값에 기반하여 상기 현재 출력 상태의 이상 여부를 진단하는 단계를 포함 할 수 있다.
- [0020] 상기 진단 결과를 표시하는 단계는 각 구성별로 현재 출력 상태, 제1 출력 상태, 제2 출력 상태 및 진단 결과를 테이블 형태로 표시하는 단계; 상기 회전 기기의 3D 형상을 일측에 도시하고, 상기 3D 형상에 센서의 위치를 표시하는 단계; 및 상기 회전 기기의 지정된 구성에 대한 전자기장 분포 및 온도 분포를 표시하는 단계 중 적어도 하나를 포함 할 수 있다.
- [0021] 상기 방법은 상기 회전 기기의 자체 수명 및 설정된 계수에 기초한 각 구성별 잔여 수명을 고려하여, 잔여 수명을 예측하는 단계를 더 포함 할 수 있다.
- [0022] 상기 진단 결과를 표시하는 단계는 상기 회전 기기의 3D 형상에 고장 부위, 잔여 수명이 기준치 이하인 부위, 및 정상 부위를 서로 다른 색상으로 표시하는 단계를 포함 할 수 있다.
- [0023] 상기 방법은 통신 모듈을 통해 상기 진단 결과를 지정된 외부 장치로 전송하는 단계를 더 포함 할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 일 실시 예에 따른 회전 기기의 상태 진단 시스템은 상기 회전 기기의 적어도 하나의 구성에 각각 부착되어 각 구성의 현재 출력 상태를 센싱하는 센싱 장치; 상기 센싱 장치로부터 수신되는 현재 출력 상태, 지정된 규칙에 기반하여 계산되는 상기 회전 기기의 입력 데이터에 따른 제1 출력 상태, 및 학습 데이터를 기반으로 기 학습된 학습 모델에 기반하여 계산되는 상기 회전 기기의 입력 데이터에 따른 제2 출력 상태에 기초하여 상기 회전 기기의 상태를 진단하는 진단 기기; 및 상기 진단 기기로부터 진단 결과를 수신하여 표시하는 사용자 단말을 포함 할 수 있다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명의 다양한 실시 예는 규칙 기반의 이상 진단 및 학습 모델을 통한 이상 진단의 조합을 통해 회전 기기의 상태 진단의 정확성을 향상시킬 수 있다. 또한, 본 발명의 다양한 실시 예는 진단 결과를 3D 형상의 이미지를 통해 제공하여 사용자가 진단 결과를 편리하게 식별할 수 있다. 또한, 본 발명은 진단 결과를 지정된 사용자 단말로 전송하여 사용자가 회전 기기의 이상 여부를 실시간으로 인식할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 회전 기기의 상태 진단 시스템을 도시한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 회전 기기의 상태 진단 시스템의 동작을 설명하기 위한 흐름도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 회전 기기의 상태 진단 결과의 일 예를 도시한 예시도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 회전 기기의 상태 진단 장치의 구성을 도시한 블록도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 회전 기기의 상태 진단 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 이하에서 동일한 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0028] 비록 제1, 제2 등이 다양한구성요소 및/또는 섹션들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소 및/또는 섹션들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소 또는 섹션들을 다른 구성요소 또는 섹션들과 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소 또는 제1 섹션은 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소 또는 제2 섹션일 수도 있음은 물론이다.
- [0029] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "이루어지다(made of)"는 언급된 구성요소, 단계 및/또는 동작은 하나 이상의 다른 구성요소, 단계 및/또는 동작의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0030] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0031] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 회전 기기의 상태 진단 시스템을 도시한 도면이고, 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 회전 기기의 상태 진단 시스템의 동작을 설명하기 위한 흐름도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 회전 기기의 상태 진단 결과의 일 예를 도시한 예시도이다.
- [0032] 도 1 내 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 회전 기기의 상태 진단 시스템(100)은 회전 기기(10)(예: 모터), 센싱 장치(20), 진단 기기(30) 및 외부 장치(40)를 포함할 수 있다. 이러한 구성을 가지는 시스템(100)은 S201 동작에서 센싱 장치(20)를 통해 회전 기기(10)의 현재 출력 상태를 센싱하고, S203 동작에서 센싱된 현재 출력 상태를 진단 기기(30)로 전송할 수 있다. 센싱 장치(20)는 회전 기기(10)의 적어도 하나의 구성에 각각 부착되어 각 구성의 현재 출력 상태를 센싱할 수 있다. 센싱 장치(20)는 적어도 하나의 구성의 현재 출력 상태를 각각 센싱하는 적어도 하나의 센서 모듈을 포함할 수 있다.
- [0033] 회전 기기(10)는 S205 동작에서 입력 데이터를 진단 기기(30)로 전송할 수 있다. 상기 입력 데이터를 전송받은 진단 기기(30)는 S207 동작에서 제1 예측 모듈(31)을 통해 제1 출력 상태를 계산하고, S209 동작에서 제2 예측 모듈(32)을 통해 제2 출력 상태를 예측하며, S211 동작에서 현재 출력 상태, 제1 출력 상태, 및 제2 출력 상태를 기반으로 회전 기기(10)의 이상 여부를 진단할 수 있다.
- [0034] 제1 예측 모듈(31)은 지정된 규칙(또는 수식)에 기반하여 상기 회전 기기(10)의 입력 데이터(예: 전압, 전류, 회전 속도 등)에 따른 제1 출력 상태를 계산할 수 있다. 제1 예측 모듈(31)은 회전 기기(10)의 구조, 형상 및 사양을 고려하여 전압, 전류, 회전 속도 등을 이용하여 모델을 설계하고, 회전 기기(10)의 제작 전에 출력을 예측할 수 있는 수학적 기반 모델 또는 FEM(Finite Elements Method) 모델(예: 3차원(3D) FEM 모델)일 수 있다. 제1 예측 모듈(31)은 회전 기기(10)의 입력 데이터를 기초로 제1 출력 상태를 계산할 수 있다.
- [0035] 제2 예측 모듈(32)은 학습 데이터를 기반으로 기 학습된 학습 모델에 기반하여, 상기 회전 기기(10)의 입력 데이터에 따른 제2 출력 상태를 예측할 수 있다. 제2 예측 모듈(32)은 딥러닝 기반의 인공지능 모델일 수 있다. 인공지능 모델은 회전 기기(10)가 실제 운전되었던 데이터(예: 전류, 전압, 회전 속도, 각 구성(부품)의 온도, 오일, 압력 등)와 회전 기기(10) 자체의 수명을 학습 데이터로 기 학습될 수 있다. 제2 예측 모듈(32)은 회전 기기(10)의 입력 데이터를 기초로 제2 출력 상태를 예측할 수 있다.
- [0036] 진단 기기(30)는 센싱 장치(20)로부터 수신되는 현재 출력 상태, 제1 출력 상태, 및 제2 출력 상태에 기초하여 회전 기기(10)의 이상 여부(예: 정상, 베어링 불량, 회전체 불평형, 축정렬 불량, 벨트 느슨함 등)를 진단할 수 있다. 예를 들어, 진단 기기(30)는 현재 출력 상태, 제1 출력 상태, 및 제2 출력 상태를 비교하고, 현재 출력 상태, 제1 출력 상태, 및 제2 출력 상태의 편차가 지정된 값 이상인 경우 회전 기기(10)에 이상이 있는 것으로

판단할 수 있다. 한편, 제2 예측 모듈(32)(예: 인공지능 모델)은 각 구성별로 입력 데이터를 개별적으로 선정하여 학습될 수 있다. 이를 통해, 제2 예측 모듈(32)(예: 인공지능 모델)은 회전 기기(10)의 구성별로 이상 진단을 보다 정확하게 수행할 수 있다. 한편, 진단 기기(30)는 회전 기기(10)의 구성들에 센서 모듈이 각각 부착됨에 따라 회전 기기(10)의 구성별로 이상 여부를 진단할 수 있다. 한편, 진단 기기(30)는 회전 기기(10)의 자체 수명 및 설정된 계수에 기초한 각 구성(부품)별 잔여 수명을 고려하여, 회전 기기(10)의 잔여 수명을 예측할 수 있다.

[0037] 진단 기기(30)는 S213 동작에서 진단 결과를 외부 장치(예: 사용자 단말)(40)로 전송할 수 있다. 외부 장치(40)는 S215 동작에서 상기 수신된 진단 결과를 디스플레이를 통해 제공(예: 표시)할 수 있다. 즉, 외부 장치(40)는 진단 기기(30)로부터 진단 결과를 수신하여 표시할 수 있다. 예를 들어, 외부 장치(40)는, 도 3의 식별부호 310에 도시된 바와 같이, 각 구성별로 현재 출력 상태, 제1 출력 상태, 제2 출력 상태 및 진단 결과를 테이블 형태로 표시할 수 있다. 또한, 외부 장치(40)는, 도 3의 식별부호 320에 도시된 바와 같이, 회전 기기(10)의 3D 형상을 일측에 도시하고, 상기 3D 형상에 센서의 위치를 표시할 수 있다. 또한, 외부 장치(40)는, 도 3의 식별부호 330에 도시된 바와 같이, 회전 기기(10)의 지정된 구성에 대한 전자기장 분포 및 온도 분포를 표시할 수 있다. 또한, 외부 장치(40)는 고장 예측 및 잔여 수명 예측 결과에 기초하여, 회전 기기(10)의 3D 형상에 고장 부위, 잔여 수명이 기준치 이하인 부위, 및 정상 부위를 서로 다른 색상으로 표시할 수 있다.

[0038] 한편, 도 1에서는 진단 기기(30)가 디스플레이를 포함하지 않는 것으로 도시하였지만, 진단 기기(30)는 디스플레이를 포함하거나, 외부 디스플레이와 연결될 수 있다.

[0039] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 회전 기기의 상태 진단 장치의 구성을 도시한 블록도이다.

[0040] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 회전 기기의 상태 진단 장치(400)는 메모리(410), 디스플레이(420), 프로세서(430), 통신 모듈(440), 및 센서 모듈(450)을 포함할 수 있다.

[0041] 메모리(410)는 프로세서(430)와 전기적으로 연결될 수 있고, 장치(400)를 동작시키기 위한 다양한 프로그램들, 및 프로세서(430)를 동작시키기 위한 다양한 명령 및/또는 인스트럭션들을 저장할 수 있다. 메모리(410)는 내장 메모리 또는 외장 메모리 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다. 내장 메모리는 휘발성 메모리(예: DRAM, SRAM, 또는 SDRAM 등), 비휘발성 메모리(예: OTPROM(one time programmable ROM), PROM, EPROM, EEPROM, mask ROM, flash ROM, 플래시 메모리, 하드 드라이브, 또는 솔리드 스테이트 드라이브(SSD) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 외장 메모리는 다양한 인터페이스를 통하여 장치(600)와 연결될 수 있는 SD(secure digital), Micro-SD, Mini-SD, 또는 USB(universal serial bus) 메모리 등을 포함할 수 있다.

[0042] 메모리(410)는 회전 기기(10)의 상태를 진단하는 방법을 수행하기 위한 소프트웨어 프로그램을 저장할 수 있다. 이를 위하여, 메모리(410)는 제1 예측 모듈(411) 및 제2 예측 모듈(412)을 포함할 수 있다. 제1 예측 모듈(411)은 지정된 규칙(또는 수식)에 기반하여 출력 상태를 계산하는 수학적 기반 모델 또는 FEM 모델(예: 3D FEM 모델)일 수 있고, 제2 예측 모듈(412)은 딥러닝 기반의 인공지능 모델일 수 있다.

[0043] 디스플레이(420)는 입력 기능 및/또는 출력 기능을 제공할 수 있다. 예를 들어, 디스플레이(420)는 터치 패널 및/또는 표시 패널을 포함할 수 있다. 디스플레이(420)는 진단 결과를 표시할 수 있다. 예를 들어, 디스플레이(420)는, 도 3에 도시된 바와 같은, 진단 결과 화면을 표시할 수 있다.

[0044] 프로세서(430)는 메모리(410)로부터 명령(command) 또는 인스트럭션들(instructions)을 수신하고, 수신된 명령 또는 인스트럭션들에 따라 각 구성 요소들을 제어하여, 다양한 기능들을 수행할 수 있다. 프로세서(430)는 중앙 처리 장치(central processing unit: CPU), 마이크로 컨트롤 유닛(micro control unit: MCU), 마이크로 프로세서 유닛(micro processor unit: MPU) 등으로 형성될 수 있다. 본 발명의 일 실시 예에 따른 프로세서(430)는 회전 기기의 상태를 진단하는 절차를 제어할 수 있다. 이에 대한 상세한 설명은 도 5를 참조하여 설명하기로 한다.

[0045] 통신 모듈(440)은 회전 기기(10) 및/또는 외부 장치(40)와 통신할 수 있다. 통신 모듈(440)은 회전 기기(10)로부터 입력 데이터를 전송받을 수 있다. 또한, 통신 모듈(440)은 외부 장치(40)로 진단 결과를 전송할 수 있다. 이를 통해, 본 발명은 원격지에서도 회전 기기(10)의 이상 여부를 실시간으로 인지할 수 있다.

[0046] 센서 모듈(450)은 회전 기기(10)에 부착되어 회전 기기(10)의 출력 상태를 센싱할 수 있다. 예를 들어, 센서 모듈(450)은 회전 기기(10)의 각 구성의 출력 상태를 센싱하는 적어도 하나 이상의 센서를 포함할 수 있다.

[0047] 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 회전 기기의 상태 진단 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

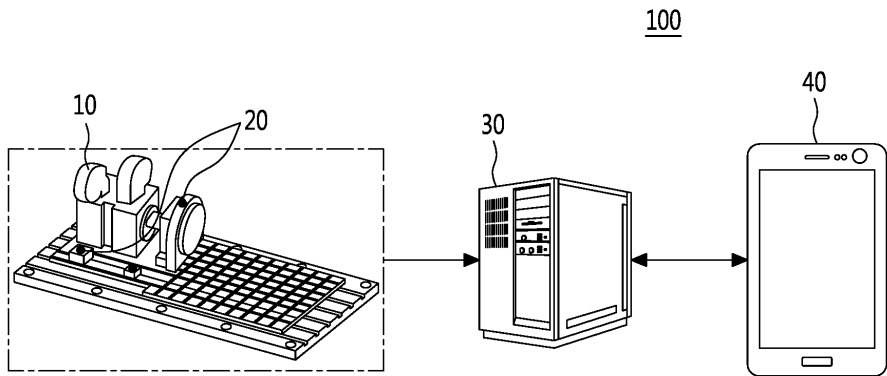
- [0048] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 회전 기기의 상태 진단 방법은 회전 기기의 현재 출력 상태를 감지하는 단계(S510), 지정된 규칙에 기반하여 상기 회전 기기의 제1 출력 상태를 계산하는 단계(S520), 학습 모델에 기반하여, 상기 회전 기기의 제2 출력 상태를 예측하는 단계(S530), 상기 현재 출력 상태, 상기 제1 출력 상태, 및 상기 제2 출력 상태에 기초하여 상기 회전 기기의 상태를 진단하는 단계(S540), 및 진단 결과를 표시하는 단계(S550)를 포함할 수 있다.
- [0049] 상기 S510 단계에서 회전 기기의 현재 출력 상태는 회전 기기에 부착된 적어도 하나의 센서 모듈을 통해 감지될 수 있다. 한편, 각 센서 모듈은 회전 기기의 주요 구성에 각각 부착되어 회전 기기의 각 구성들에 대한 현재 출력 상태가 개별적으로 감지될 수 있다.
- [0050] 상기 S520 단계에서 제1 출력 상태는 지정된 규칙(수식)에 따라 설계된 제1 예측 모듈(예: 수학적 기반 모델 또는 FEM 모델)에 의해 입력 데이터에 기초하여 계산될 수 있다.
- [0051] 상기 S530 단계에서 제2 출력 상태는 학습 데이터를 기반으로 기학습된 제2 예측 모듈(예: 딥러닝 기반의 인공 지능 모델)에 의해 입력 데이터에 기초하여 예측될 수 있다.
- [0052] 상기 S540 단계에서 상기 회전 기기의 상태는 현재 출력 상태, 제1 출력 상태, 및 제2 출력 상태의 편차 값에 기반하여 진단될 수 있다. 또한, 상기 회전 기기의 상태는 구성별로 각각 진단될 수 있다. 한편, 상기 S540 단계에서 상기 회전 기기의 자체 수명 및 설정된 계수에 기초하여, 잔여 수명을 예측하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0053] 상기 S550 단계에서 상기 진단 결과는 회전 기기의 각 구성별로 현재 출력 상태, 제1 출력 상태, 제2 출력 상태 및 진단 결과를 포함하는 테이블 형태로 디스플레이 상에 표시될 수 있다. 한편, 상기 S550 단계는 회전 기기의 3D 형상에 센서의 위치를 표시하는 단계 및/또는 회전 기기의 지정된 구성에 대한 전자기장 분포 및 온도 분포를 표시하는 단계를 더 포함할 수 있다. 한편, 상기 S550 단계는 회전 기기의 3D 형상에 고장 부위, 상기 예측된 잔여 수명이 기준치 이하인 부위, 및 정상 부위를 서로 다른 색상으로 표시하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0054] 한편, 도시하지는 않았지만, 상기 방법은 통신 모듈을 통해 상기 진단 결과를 지정된 외부 장치로 전송하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0055] 이상과 같이 본 발명의 도시된 실시 예를 참고하여 설명하고 있으나, 이는 예시적인 것들에 불과하며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 요지 및 범위에 벗어나지 않으면서도 다양한 변형, 변경 및 균등한 타 실시 예들이 가능하다는 것을 명백하게 알 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적인 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

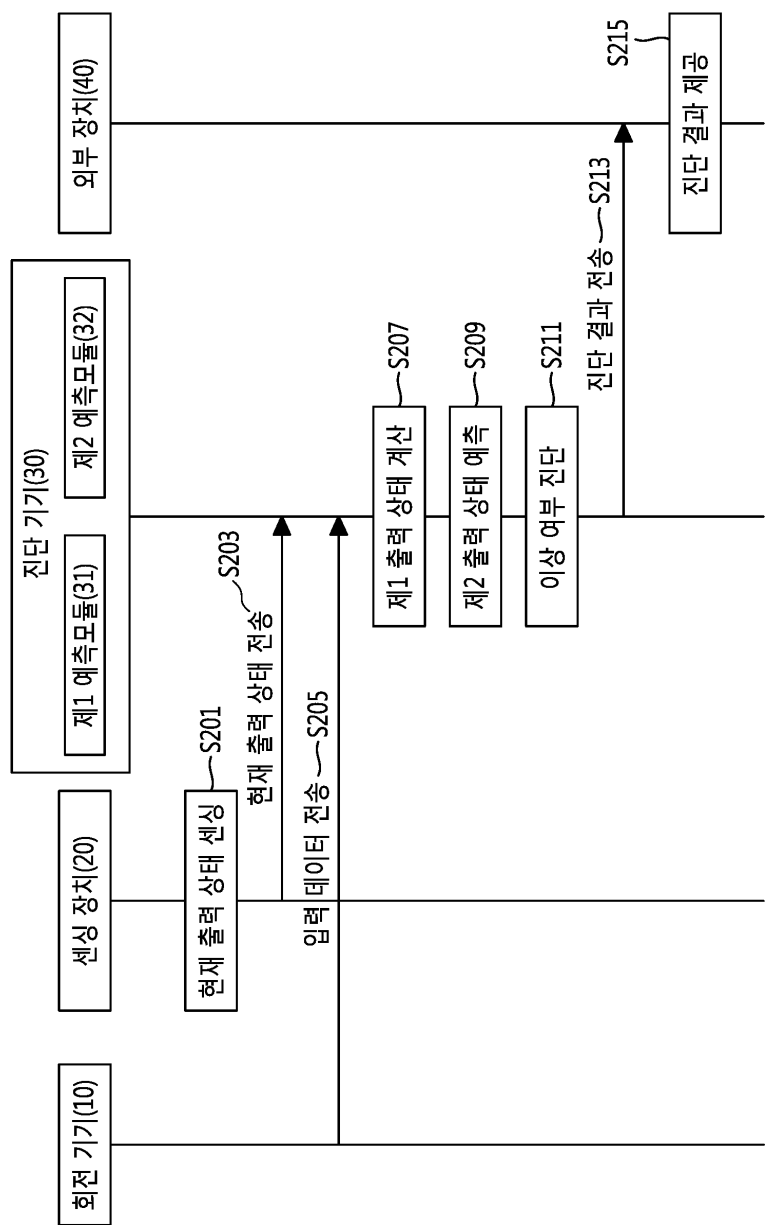
- [0056] 100: 상태 진단 시스템
- | | |
|------------------|-------------------|
| 10: 회전 기기 | 20: 센싱 장치 |
| 30: 진단 기기 | 40: 외부 장치(사용자 단말) |
| 400: 진단 장치 | |
| 410: 메모리 | 420: 디스플레이 |
| 430: 프로세서 | 440: 통신 모듈 |
| 450: 센서 모듈 | 31/411: 제1 예측 모듈 |
| 32/412: 제2 예측 모듈 | |

도면

도면1



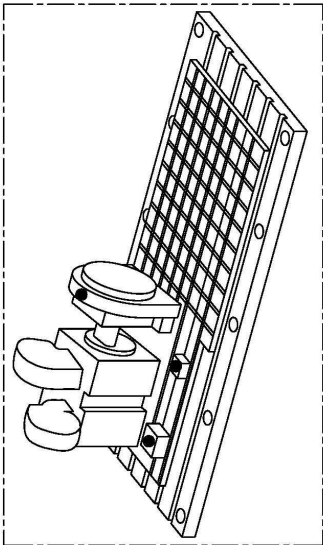
도면2



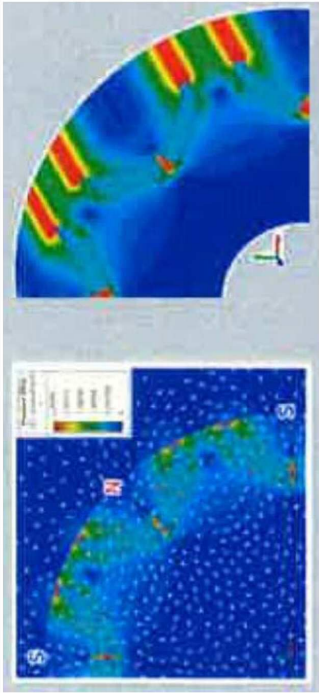
도면3

항목	측정값	예측값 (인공지능)	실제값 (수학적해석)	상태
모터상태	XX_XX	XX_XX	XX_XX	정상
출력전력	XX_XX	XX_XX	XX_XX	정상
회전속도	XX_XX	XX_XX	XX_XX	정상
기어박스 오일 온도	XX_XX	XX_XX	XX_XX	비정상
기어박스 오일 압력	XX_XX	XX_XX	XX_XX	정상
전기자 관선온도	XX_XX	XX_XX	XX_XX	비정상
입력전압	XX_XX	XX_XX	XX_XX	정상
입력전류	XX_XX	XX_XX	XX_XX	비정상
외기온도	XX_XX	XX_XX	XX_XX	-
배전반 IGBT 온도	XX_XX	XX_XX	XX_XX	정상

[320]

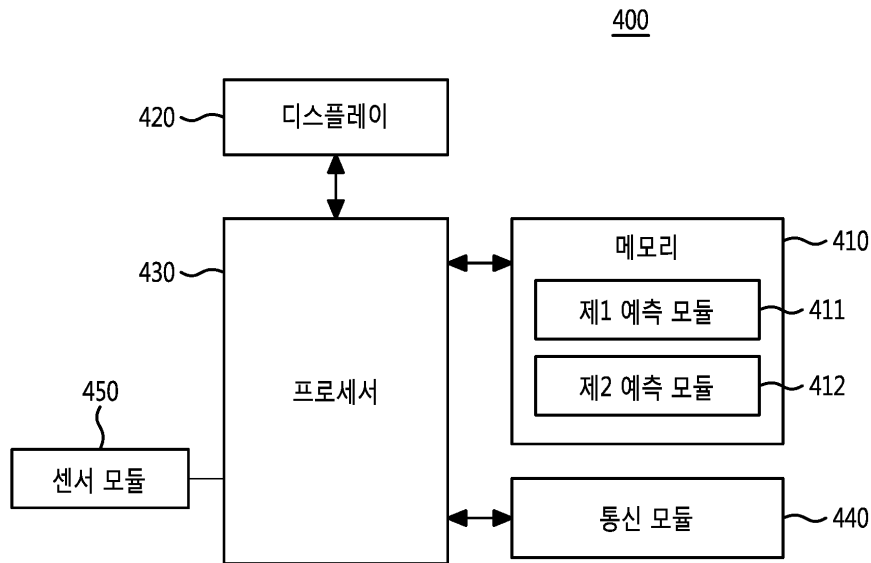


[320]



[330]

도면4



도면5

