



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0031891
(43) 공개일자 2024년03월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/34 (2006.01) G01R 19/00 (2021.01)
G01R 19/02 (2006.01) G01R 19/10 (2006.01)
G01R 19/165 (2006.01) G06N 20/00 (2019.01)
G06N 3/08 (2023.01) H02P 29/024 (2016.01)
(52) CPC특허분류
G01R 31/343 (2013.01)
G01R 19/003 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0107365
(22) 출원일자 2023년08월17일
심사청구일자 2023년08월17일
(30) 우선권주장
1020220110810 2022년09월01일 대한민국(KR)

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
홍인기
경기도 성남시 분당구 수내로 181, 313동 301호(분당동, 셋별마을)
방석영
경기도 평택시 우곡길 2-9
이중석
경기도 용인시 수지구 신봉1로 110, 502동 1302호(신봉동, 신봉마을 엘지빌리지5차)
(74) 대리인
김연권

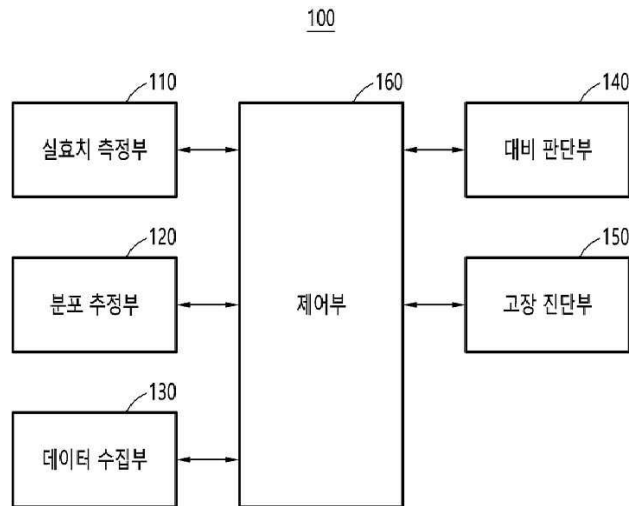
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 입력 전류에 대한 RMS 측정 값을 이용하여 유도전동기의 고장을 진단하는 방법 및 시스템

(57) 요약

본 발명은 유도전동기 입력 전류 RMS 측정 값에 의한 모터 고장 진단 기술에 관한 것으로서, 일실시예에 따른 유도전동기의 고장을 진단하는 방법은 정상상태에서의 유도전동기로부터 입력 전류에 대한 실효치(RMS: Root Mean Square) 값을 측정하는 단계, 상기 측정된 실효치 값에 대한 분포를 추정하여 기록하는 단계, 유도전동기의 운영 도중에 발생하는 입력 전류를 실시간 측정하여 측정데이터를 수집하는 단계, 상기 측정데이터와, 상기 기록된 실효치 값에 대한 분포를 대비하는 단계, 및 상기 대비 결과를 고려하여, 상기 유도전동기에 대한 고장 여부를 판별하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01R 19/02 (2013.01)

G01R 19/10 (2013.01)

G01R 19/16528 (2013.01)

G01R 19/16576 (2013.01)

G06N 20/00 (2021.08)

G06N 3/08 (2023.01)

H02P 29/024 (2021.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711152558
과제번호	2021-0-02046-002
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송혁신인재양성
연구과제명	6H 차세대 이동통신 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	경희대학교 산학협력단
연구기간	2021.07.01 ~ 2028.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

정상상태에서의 유도전동기로부터 입력 전류에 대한 실효치(RMS: Root Mean Square) 값을 측정하는 단계;
상기 측정된 실효치 값에 대한 분포를 추정하여 기록하는 단계;
유도전동기의 운영 도중에 발생하는 입력 전류를 실시간 측정하여 측정데이터를 수집하는 단계;
상기 측정데이터와, 상기 기록된 실효치 값에 대한 분포를 대비하는 단계; 및
상기 대비 결과를 고려하여, 상기 유도전동기에 대한 고장 여부를 판별하는 단계를 포함하는 실효치 값을 기반으로 유도전동기의 고장을 진단하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 측정된 실효치 값에 대한 분포를 추정하여 기록하는 단계는,
상기 실효치 값의 평균과 표준편차 값을 추정하는 단계를 포함하는 실효치 값을 기반으로 유도전동기의 고장을 진단하는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
상기 대비 결과를 고려하여, 상기 유도전동기에 대한 고장 여부를 판별하는 단계는,
상기 측정데이터가 평균에서 표준편차 값 대비 임계값 이상인 경우, 상기 유도전동기에 대한 고장으로 판단하는 단계를 포함하는 실효치 값을 기반으로 유도전동기의 고장을 진단하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 수집된 측정데이터의 실효치 값이 특정 패턴을 나타내는지 판단하는 단계;
상기 실효치 값이 특정 패턴을 나타내는 경우, 상기 특정 패턴을 인공지능을 기반으로 학습 및 예측하는 단계;
상기 학습 및 예측된 특정 패턴에 의한 변화를 상기 수집된 측정데이터로부터 제거하는 단계;
상기 학습 및 예측된 특정 패턴에 의한 변화가 제거된 측정데이터에 대한 평균과 표준편차 값을 추정하는 단계;
를 더 포함하는 실효치 값을 기반으로 유도전동기의 고장을 진단하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,
상기 대비 결과를 고려하여, 상기 유도전동기에 대한 고장 여부를 판별하는 단계는,
상기 측정데이터가 평균에서 표준편차 값 대비 임계값 이상인 경우, 상기 유도전동기에 대한 고장으로 판단하는 단계를 포함하는 실효치 값을 기반으로 유도전동기의 고장을 진단하는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 대비 결과를 고려하여, 상기 유도전동기에 대한 고장 여부를 판별하는 단계는,

딥러닝을 이용하여 모터의 정상 상태에서 수집되는 실효치 값들을 학습시킨 후, 상기 유도전동기를 운영하면서 실측되는 실효치 값과 이전에 측정하여 기록한 실효치 값들에 의한 예측치의 변화가 임계값 이상일 때 고장이라고 판별하는 단계

를 포함하는 실효치 값을 기반으로 유도전동기의 고장을 진단하는 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 대비 결과를 고려하여, 상기 유도전동기에 대한 고장 여부를 판별하는 단계는,

일정 주기 동안에 상기 유도전동기로부터의 측정데이터에 대한 3상 신호에 대한 실효치 값의 크기 차이가 임계값 이상인 경우에 고장으로 판별하는 단계

를 포함하는 실효치 값을 기반으로 유도전동기의 고장을 진단하는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 대비 결과를 고려하여, 상기 유도전동기에 대한 고장 여부를 판별하는 단계는,

상기 유도전동기가 정속 모터인 경우, 상기 실효치 값의 크기 변화만으로 고장 여부를 판별하는 단계

를 포함하는 실효치 값을 기반으로 유도전동기의 고장을 진단하는 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 대비 결과를 고려하여, 상기 유도전동기에 대한 고장 여부를 판별하는 단계는,

상기 유도전동기가 가변 모터인 경우, 상기 실효치 값의 변화 패턴과 크기 두 성분을 이용해 고장 여부를 판별하는 단계

를 포함하는 실효치 값을 기반으로 유도전동기의 고장을 진단하는 방법.

청구항 10

정상상태에서의 유도전동기로부터 입력 전류에 대한 실효치(RMS: Root Mean Square) 값을 측정하는 실효치 측정부;

상기 측정된 실효치 값에 대한 분포를 추정하여 기록하는 분포 추정부;

유도전동기의 운영 도중에 발생하는 입력 전류를 실시간 측정하여 측정데이터를 수집하는 데이터 수집부;

상기 측정데이터와, 상기 기록된 실효치 값에 대한 분포를 대비하는 대비 판단부; 및

상기 대비 결과를 고려하여, 상기 유도전동기에 대한 고장 여부를 판별하는 고장 진단부

를 포함하는 실효치 값을 기반으로 유도전동기의 고장을 진단하는 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 분포 추정부는,

상기 실효치 값의 평균과 표준편차 값을 추정하는 것을 특징으로 하는 실효치 값을 기반으로 유도전동기의 고장

을 진단하는 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 고장 진단부는,

상기 측정데이터가 평균에서 표준편차 값 대비 임계값 이상인 경우, 상기 유도전동기에 대한 고장으로 판단하는 것을 특징으로 하는 실효치 값을 기반으로 유도전동기의 고장을 진단하는 시스템.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 수집된 측정데이터의 실효치 값이 특정 패턴을 나타내는지 판단하는 패턴 인식부;

상기 실효치 값이 특정 패턴을 나타내는 경우, 상기 특정 패턴을 인공지능을 기반으로 학습 및 예측하는 패턴 예측부;

상기 학습 및 예측된 특정 패턴에 의한 변화를 상기 수집된 측정데이터로부터 제거하고, 상기 학습 및 예측된 특정 패턴에 의한 변화가 제거된 측정데이터에 대한 평균과 표준편차 값차 값을 추정하는 추정 처리부

를 더 포함하는 실효치 값을 기반으로 유도전동기의 고장을 진단하는 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 고장 진단부는,

상기 측정데이터가 평균에서 표준편차 값 대비 임계값 이상인 경우, 상기 유도전동기에 대한 고장으로 판단하는 것을 특징으로 하는 실효치 값을 기반으로 유도전동기의 고장을 진단하는 시스템.

청구항 15

제10항에 있어서,

상기 고장 진단부는,

딥러닝을 이용하여 모터의 정상 상태에서 수집되는 실효치 값들을 학습시킨 후, 상기 유도전동기를 운영하면서 실측되는 실효치 값과 이전에 측정하여 기록한 실효치 값들에 의한 예측치의 변화가 임계값 이상일 때 고장이라고 판별하는 것을 특징으로 하는 실효치 값을 기반으로 유도전동기의 고장을 진단하는 시스템.

청구항 16

제10항에 있어서,

상기 고장 진단부는,

일정 주기 동안에 상기 유도전동기로부터의 측정데이터에 대한 3상 신호에 대한 실효치 값의 크기 차이가 임계값 이상인 경우에 고장으로 판별하는 것을 특징으로 하는 실효치 값을 기반으로 유도전동기의 고장을 진단하는 시스템.

청구항 17

제10항에 있어서,

상기 고장 진단부는,

상기 유도전동기가 정속 모터인 경우, 상기 실효치 값의 크기 변화만으로 고장 여부를 판별하고,

상기 유도전동기가 가변 모터인 경우, 상기 실효치 값의 변화 패턴과 크기 두 성분을 이용해 고장 여부를 판별하는 것을 특징으로 하는 실효치 값을 기반으로 유도전동기의 고장을 진단하는 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유도전동기 입력 전류 RMS 측정 값에 의한 모터 고장 진단 기술에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 유도전동기 입력 전류에 대한 실효치 (RMS: Root Mean Square) 값을 측정하고 분석하여 유도전동기의 결함이나 고장을 사전에 예측하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 산업 현장에 사용되고 있는 유도전동기의 예기치 않은 고장 즉, 유도전동기 작동 중, 회전자의 동적 편심, 정적 편심, 회전자 바 단락, 베어링 불량 등과 같은 다양한 결함이 발생할 수 있고, 이런 결함들이 전체 또는 일부 프로세스의 마비로 이어져 치명적인 사고와 경제손실을 초래함과 더불어 안전사고로 이어질 수 있으므로, 유도전동기의 고장을 미리 진단하는 기술이 필요하다.

[0003] 기존에는 유도전동기를 진단하기 위해 유도전동기의 소리를 통해 사람이 유도전동기의 고장을 판단하였다.

[0004] 한편, 근래에는 유도전동기에 들어가는 전류, 진동을 FFT로 확인하여 고장 진단하는 방법이 사용되고 있다.

[0005] 이러한 근래의 방법은 유도전동기에 대한 고장 진단의 정확도와 효율을 높일 수 있지만, 다양한 문제점이 존재한다.

[0006] 예를 들어, FFT 변환을 위한 잦은 샘플링과 전용 키트가 필요하다는 단점이 존재한다.

[0007] 일반적으로 유도전동기 고장 시 먼저 입력전류에서 이상치가 발견되고, 이후 진동, 온도 순으로 이상치가 발견된다.

[0008] 경우에 따라 이와 같은 순서를 따르지 않기도 하지만 고장이 발생할 경우 입력전류, 진동, 온도에서 전체적으로 이상치가 발견된다.

[0009] 이상치(Anomaly)란 가정한 데이터의 분포로 설명되지 않는 값으로, 산업계의 경우 3상 유도전동기의 이상치를 미리 탐지하여 고장을 미리 대비할 필요가 있다.

[0010] 이상치는 정상 데이터보다 크게 발생할 수도 있고 일부는 더 작게 발생할 수도 있다. 따라서 측정한 센싱 값을 시간 영역에서 확인하여 하나라도 이상치를 보이면 고장에 대한 모니터링을 시작하고 이후 다른 센싱 결과에서의 이상치가 복합적으로 보여지면 고장이라고 판단하는 과정이 필요하다.

[0011] 기존에 많이 사용되는 문턱값(threshold) 설정 방식으로는 CFAR(Constant False Alarm Rate)가 있지만 구현이 복잡해 실제 현장에서 사용이 어렵다.

[0012] 고장에 대비하기 위해 수집되는 데이터로는 온도, 전류, 진동 데이터 등이 있다. 일정한 상수로 나타나는 온도 데이터나 sinusoidal 형태를 보이는 전류 데이터와 달리 진동 데이터는 랜덤한 양의 실수 값을 띈다.

[0013] 일반적인 이상치 탐지 방안으로는 측정 값이 일정한 문턱값(threshold)을 넘어서면 이상이 있는 것으로 나타내는 방법이 있다. 일반적으로 이상치 탐지를 위한 문턱값을 낮게 설정하면 오보(false alarm)가 자주 발생하고, 높게 설정하면 이상치를 탐지하기 어렵다는 단점이 있다. 따라서 적절한 문턱값 설정이 필요한데 이때 오보에 의한 이상치 보고를 특정 퍼센트 이하로 조절하는 CFAR(Constant False Alarm Rate) 방식이 사용된다.

[0014] 유도전동기의 진동 값은 유도전동기가 설치된 환경이나 진동 센서의 부착 부위 등에 따라서 다르게 나타나서 상기의 CFAR과 같은 문턱값 설정에 따른 이상치 탐지가 용이하지 않을 뿐 더러 성능이 보장되지 않는다.

[0015] 유도전동기의 고장 진단 방법은 주로 진동기법을 이용해왔지만, 진동기법만으로는 전동기 결함의 조기발견 및 설비의 정확한 분석이 어려움에 따라 전류, 전압 등의 특성 분석을 통한 정밀 진단 필요성이 대두되고 있다.

[0016] 현재 유도전동기의 고장 진단을 수행하는 기술은 진동이나 전류의 주파수 성분을 이용한 MCSA(Motor Current Signature Analysis)기법과, 전류와 전압신호를 동시에 사용하는 ESA(Electrical Signature Analysis) 기법 등이 적용되었으나, 유도전동기 입력 신호의 실효치를 이용한 방법에 비하여 복잡하고 진단이 어렵다는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0017] (특허문헌 0001) 한국특허출원 제10-2019-0118339호 "인버터 입력 전류 분석을 이용한 유도전동기 고장 진단 방법 및 시스템"
- (특허문헌 0002) 한국특허출원 제10-2013-0041572호 "고압 유도전동기 종합 온라인 상태 진단 장치 및 방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0018] 본 발명은 유도전동기 입력 전류에 대한 실효치 (RMS: Root Mean Square) 값을 측정하고 분석하여 유도전동기의 결함이나 고장을 사전에 예측할 수 있도록 함으로써, 고장시의 과급 영향을 최소화하는 것을 목적으로 한다.
- [0019] 본 발명은 고장 직전의 모터를 바로 교체함으로써 원활한 프로세스 진행을 가능케 하여 치명적인 사고와 경제손실을 방지하는 것을 목적으로 한다.
- [0020] 본 발명은 RMS 전류 데이터만으로 모터의 고장 원인을 쉽게 파악하는 것을 목적으로 한다.
- [0021] 본 발명은 RMS 전류의 차이를 퍼센트포인트(%)로 표시함으로써 결함의 정도를 구분하여 적절한 교체 시기를 확인하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0022] 일실시예에 따른 유도전동기의 고장을 진단하는 방법은 정상상태에서의 유도전동기로부터 입력 전류에 대한 실효치(RMS: Root Mean Square) 값을 측정하는 단계, 상기 측정된 실효치 값에 대한 분포를 추정하여 기록하는 단계, 유도전동기의 운영 도중에 발생하는 입력 전류를 실시간 측정하여 측정데이터를 수집하는 단계, 상기 측정데이터와, 상기 기록된 실효치 값에 대한 분포를 대비하는 단계, 및 상기 대비 결과를 고려하여, 상기 유도전동기에 대한 고장 여부를 판별하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0023] 일실시예에 따른 상기 측정된 실효치 값에 대한 분포를 추정하여 기록하는 단계는, 상기 실효치 값의 평균과 표준편차 값을 추정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0024] 일실시예에 따른 상기 대비 결과를 고려하여, 상기 유도전동기에 대한 고장 여부를 판별하는 단계는, 상기 측정데이터가 평균에서 표준편차 값 대비 임계값 이상인 경우, 상기 유도전동기에 대한 고장으로 판단하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0025] 일실시예에 따른 실효치 값을 기반으로 유도전동기의 고장을 진단하는 방법은 상기 수집된 측정데이터의 실효치 값이 특정 패턴을 나타내는지 판단하는 단계, 상기 실효치 값이 특정 패턴을 나타내는 경우, 상기 특정 패턴을 인공지능을 기반으로 학습 및 예측하는 단계, 상기 학습 및 예측된 특정 패턴에 의한 변화를 상기 수집된 측정데이터로부터 제거하는 단계, 상기 학습 및 예측된 특정 패턴에 의한 변화가 제거된 측정데이터에 대한 평균과 표준편차 값을 추정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0026] 일실시예에 따른 상기 대비 결과를 고려하여, 상기 유도전동기에 대한 고장 여부를 판별하는 단계는, 상기 측정데이터가 평균에서 표준편차 값 대비 임계값 이상인 경우, 상기 유도전동기에 대한 고장으로 판단하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0027] 일실시예에 따른 상기 대비 결과를 고려하여, 상기 유도전동기에 대한 고장 여부를 판별하는 단계는, 딥러닝을 이용하여 모터의 정상 상태에서 수집되는 실효치 값들을 학습시킨 후, 상기 유도전동기를 운영하면서 실측되는 실효치 값과 이전에 측정하여 기록한 실효치 값들에 의한 예측치의 변화가 임계값 이상일 때 고장이라고 판별하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0028] 일실시예에 따른 상기 대비 결과를 고려하여, 상기 유도전동기에 대한 고장 여부를 판별하는 단계는, 일정 주기 동안에 상기 유도전동기로부터의 측정데이터에 대한 3상 신호에 대한 실효치 값의 크기 차이가 임계값 이상인 경우에 고장으로 판별하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0029] 일실시예에 따른 상기 대비 결과를 고려하여, 상기 유도전동기에 대한 고장 여부를 판별하는 단계는, 상기 유도전동기가 정속 모터인 경우, 상기 실효치 값의 크기 변화만으로 고장 여부를 판별하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0030] 일실시예에 따른 상기 대비 결과를 고려하여, 상기 유도전동기에 대한 고장 여부를 판별하는 단계는, 상기 유도전동기가 가변 모터인 경우, 상기 실효치 값의 변화 패턴과 크기 두 성분을 이용해 고장 여부를 판별하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0031] 일실시예에 따른 유도전동기의 고장을 진단하는 시스템은 정상상태에서의 유도전동기로부터 입력 전류에 대한 실효치(RMS: Root Mean Square) 값을 측정하는 실효치 측정부, 상기 측정된 실효치 값에 대한 분포를 추정하여 기록하는 분포 추정부, 유도전동기의 운영 도중에 발생하는 입력 전류를 실시간 측정하여 측정데이터를 수집하는 데이터 수집부, 상기 측정데이터와, 상기 기록된 실효치 값에 대한 분포를 대비하는 대비 판단부, 및 상기 대비 결과를 고려하여, 상기 유도전동기에 대한 고장 여부를 판별하는 고장 진단부를 포함할 수 있다.
- [0032] 일실시예에 따른 상기 분포 추정부는, 상기 실효치 값의 평균과 표준편차 값을 추정할 수 있다.
- [0033] 일실시예에 따른 상기 고장 진단부는, 상기 측정데이터가 평균에서 표준편차 값 대비 임계값 이상인 경우, 상기 유도전동기에 대한 고장으로 판단할 수 있다.
- [0034] 일실시예에 따른 유도전동기의 고장을 진단하는 시스템은 상기 수집된 측정데이터의 실효치 값이 특정 패턴을 나타내는지 판단하는 패턴 인식부, 상기 실효치 값이 특정 패턴을 나타내는 경우, 상기 특정 패턴을 인공지능을 기반으로 학습 및 예측하는 패턴 예측부, 상기 학습 및 예측된 특정 패턴에 의한 변화를 상기 수집된 측정데이터로부터 제거하고, 상기 학습 및 예측된 특정 패턴에 의한 변화가 제거된 측정데이터에 대한 평균과 표준편차 값차 값을 추정하는 추정 처리부를 더 포함할 수 있다.
- [0035] 일실시예에 따른 유도전동기의 고장을 진단하는 시스템은 상기 고장 진단부는, 상기 측정데이터가 평균에서 표준편차 값 대비 임계값 이상인 경우, 상기 유도전동기에 대한 고장으로 판단할 수 있다.
- [0036] 일실시예에 따른 상기 고장 진단부는, 딥러닝을 이용하여 모터의 정상 상태에서 수집되는 실효치 값들을 학습시킨 후, 상기 유도전동기를 운영하면서 실측되는 실효치 값과 이전에 측정하여 기록한 실효치 값들에 의한 예측치의 변화가 임계값 이상일 때 고장이라고 판별할 수 있다.
- [0037] 일실시예에 따른 상기 고장 진단부는, 일정 주기 동안에 상기 유도전동기로부터의 측정데이터에 대한 3상 신호에 대한 실효치 값의 크기 차이가 임계값 이상인 경우에 고장으로 판별할 수 있다.
- [0038] 일실시예에 따른 상기 고장 진단부는, 상기 유도전동기가 정속 모터인 경우, 상기 실효치 값의 크기 변화만으로 고장 여부를 판별하고, 상기 유도전동기가 가변 모터인 경우, 상기 실효치 값의 변화 패턴과 크기 두 성분을 이용해 고장 여부를 판별할 수 있다.

발명의 효과

- [0039] 일실시예에 따르면, 유도전동기 입력 전류에 대한 실효치 (RMS: Root Mean Square) 값을 측정하고 분석하여 유도전동기의 결함이나 고장을 사전에 예측할 수 있도록 함으로써, 고장시의 파급 영향을 줄일 수 있다.
- [0040] 일실시예에 따르면, 고장 직전의 모터를 바로 교체함으로써 원활한 프로세스 진행을 가능케 하여 치명적인 사고와 경제손실을 방지할 수 있다.
- [0041] 일실시예에 따르면, RMS 전류 데이터만으로 모터의 고장 원인을 쉽게 파악할 수 있다.
- [0042] 일실시예에 따르면, RMS 전류의 차이를 퍼센트포인트(%p)로 표시함으로써 결함의 정도를 구분하여 적절한 교체시기를 확인할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0043] 도 1은 일실시예에 따른 유도전동기의 고장 진단 시스템을 설명하는 도면이다.
- 도 2는 다른 일실시예에 따른 유도전동기의 고장 진단 시스템을 설명하는 도면이다.
- 도 3은 모터의 정상 상태에서 수집되는 RMS 전류 값들의 분포를 추정하기 위한 그래프를 설명하는 도면이다.
- 도 4는 CFAR(Constant False Alarm Rate)를 설명하는 도면이다.

도 5는 RMS 값이 특정 패턴을 보이면서 변하는 경우를 설명하는 도면이다.

도 6a는 정속 모터에 의한 전류 밀도를 나타내는 도면이다.

도 6b는 가변 모터에 의한 전류 밀도를 나타내는 도면이다.

도 7은 일실시예에 따른 유도전동기의 고장 진단 방법을 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0044] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되지 않는다.
- [0045] 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 특정한 개시형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.
- [0046] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만, 예를 들어 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0047] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 표현들, 예를 들어 "~사이에"와 "바로~사이에" 또는 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0048] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예들을 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0049] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0051] 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 특허출원의 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0053] 도 1은 일실시예에 따른 유도전동기의 고장 진단 시스템(100)을 설명하는 도면이다.
- [0054] 일실시예에 따른 유도전동기의 고장 진단 시스템(100)은 유도전동기 입력 전류에 대한 실효치 (RMS: Root Mean Square) 값을 측정하고 분석하여 유도전동기의 결함이나 고장을 사전에 예측할 수 있도록 함으로써, 고장시의 파급 영향을 줄일 수 있다. 또한, 고장 직전의 모터를 바로 교체함으로써 원활한 프로세스 진행을 가능케 하여 치명적인 사고와 경제손실을 방지할 수 있고, RMS 전류 데이터만으로 모터의 고장 원인을 쉽게 파악할 수 있다. 뿐만 아니라, RMS 전류의 차이를 퍼센트포인트(%)로 표시함으로써 결함의 정도를 구분하여 적절한 교체 시기를 확인할 수 있다.
- [0055] 이를 위해, 일실시예에 따른 유도전동기의 고장 진단 시스템(100)은 실효치 측정부(110), 분포 추정부(120), 테

이터 수집부(130), 대비 판단부(140), 고장 진단부(150), 및 제어부(160)를 포함할 수 있다.

- [0056] 일실시예에 따른 실효치 측정부(110)는 정상 상태에서 유도전동기의 입력 전류에 대한 실효치(RMS) 값을 측정한다.
- [0057] 실효치 측정부(110)는 유도전동기에 인가되는 전류를 측정할 수 있다. 이는 전류 센서나 전류 변환기 등을 사용하여 수행될 수 있다.
- [0058] 실효치 측정부(110)는 측정된 입력 전류 값으로부터 실효치(RMS)를 계산할 수 있다. 실효치 측정부(110)는 주기적인 전류 변화를 평균화한 값을 기반으로 실효치를 계산할 수 있으며, 진폭과 주파수를 모두 고려하여 정확한 값으로 계산할 수 있다. 일반적으로 진동이나 변동이 있는 전류에서는 평균값보다 높은 RMS 값을 가질 수 있다.
- [0059] 실효치 측정부(110)는 유도전동기가 정상적으로 작동하는 상태일 때 측정을 수행할 수 있고, 정상 상태에서는 유도전동기의 전기적 특성이 안정적이고, 측정 결과가 기준이 될 수 있다.
- [0060] 실효치 측정부(110)는 유도전동기의 전류를 실시간으로 측정하고, 이를 실효치로 계산하여 기록하거나 또는 관리자에게 보고할 수 있다.
- [0061] 일실시예에 따른 분포 추정부(120)는 측정된 실효치 값에 대한 분포를 추정하고 기록한다.
- [0062] 일실시예에 따른 분포 추정부(120)는 측정된 실효치 값에 대한 분포를 추정하고 기록할 수 있다.
- [0063] 분포 추정부(120)는 측정된 실효치 값들을 기반으로 실효치 값의 분포를 추정한다. 실효치 값들이 어떻게 분포하는지를 알아내기 위해 확률 통계적인 방법이 사용될 수 있다. 분포 추정부(120)는 추정을 위해, 실효치 값들의 평균, 분산, 표준 편차 등을 계산하여 분포를 모델링할 수 있다.
- [0064] 또한, 분포 추정부(120)는 추정된 분포 정보를 기록할 수 있다. 기록된 분포 정보는 나중에 유도전동기의 작동 상태를 모니터링하거나, 고장 진단을 수행할 때 유용하게 활용될 수 있다. 분포 기록은 시스템의 데이터베이스나 기록장치에 저장되어 보관될 수 있다.
- [0065] 일실시예에 따른 데이터 수집부(130)는 유도전동기의 운영 도중에 발생하는 입력 전류를 실시간으로 측정하여 측정데이터를 수집한다.
- [0066] 데이터 수집부(130)는 유도전동기의 운영 도중, 즉 작동 중에 입력 전류를 실시간으로 측정할 수 있다. 이를 위해 전류 센서나 전류 변환기 등의 장치를 사용하여 유도전동기에서 흐르는 전류를 감지하고 측정할 수 있다. 이러한 측정은 지속적으로 이루어지며, 짧은 간격으로 반복될 수 있다.
- [0067] 데이터 수집부(130)가 수집하는 측정데이터는 시간에 따라 변화하는 유도전동기의 전류 특성을 나타내게 된다. 이 데이터들은 기록되거나 실시간으로 다른 부분 시스템과 공유되어 모니터링 및 분석에 활용될 수 있다.
- [0068] 실시간으로 측정되는 데이터는 유도전동기의 작동 상태를 실시간으로 파악할 수 있게 한다. 이를 통해 시스템 운영자나 기술자들은 유도전동기의 동작 특성을 파악하고, 예기치 않은 문제나 고장 가능성을 조기에 인지할 수 있다. 또한, 데이터 수집은 유도전동기의 성능 모니터링과 유지보수에 필요한 기초 자료를 제공하며, 이를 통해 시스템의 안정성과 효율성을 향상시킬 수 있다.
- [0069] 일실시예에 따른 대비 판단부(140)는 측정데이터와 기록된 실효치 값에 대한 분포를 대비하여 비교 및 판단할 수 있다.
- [0070] 일실시예에 따른 대비 판단부(140)는 데이터 수집부(130)에서 수집한 실시간 측정데이터와 분포 추정부(120)에서 기록된 실효치 값의 분포를 대비하여 비교할 수 있다. 이를 통해 유도전동기가 정상적인 상태에서 예상되는 전류 패턴과 현재 입력 전류 패턴 사이의 차이를 분석할 수 있다.
- [0071] 분포 추정부(120)에서는 정상 상태에서의 실효치 값들의 분포를 기록할 수 있는데, 이러한 기준 분포를 토대로 대비 판단부(140)는 실시간으로 수집된 측정데이터의 분포를 비교할 수 있다. 예를 들어, 실효치 값들이 일정 범위 내에 모여 있는 경우에는 유도전동기가 정상 상태라고 판단할 수 있다.
- [0072] 분포 추정부(120)는 일정 시간 동안 유도전동기로부터 얻은 실효치 값들을 활용하여 평균과 표준편차를 추정할 수 있다. 실효치 값은 입력 전류의 RMS 값을 나타내며, 전류의 실제 효과적인 크기를 나타내는 값이다.
- [0073] 분포 추정부(120)는 측정된 실효치 값들의 평균을 계산하여 유도전동기의 정상 작동 상태에서 기대되는 평균적인 전류 값을 얻을 수 있고, 측정된 실효치 값들의 표준편차를 계산하여 입력 전류 값들의 변동성을 평가할 수

있다.

- [0074] 분포 추정부(120)는 표준편차를 이용하여 측정된 값들이 평균 주위에 얼마나 퍼져있는지를 나타내는 지표로 활용될 수 있다.
- [0075] 또한, 분포 추정부(120)는 평균과 표준편차를 활용하여 입력 전류 값들의 분포를 추정할 수 있다. 이를 통해 정상 작동 상태에서 유도전동기의 입력 전류 값들이 어떤 범위 안에 있어야 하는지에 대한 기준을 마련할 수 있다.
- [0076] 대비 판단부(140)는 측정데이터와 기록된 분포를 비교하여 특이한 패턴이나 이상적인 데이터들을 감지할 수 있다.
- [0077] 이러한 이상적인 패턴은 예기치 않은 상황이나 유도전동기의 고장 가능성을 나타낼 수 있다. 대비 판단부(140)는 이러한 비정상적인 상태를 식별하고, 관련된 알람을 발생시켜 유지보수나 대응 작업을 진행할 수 있도록 지원할 수 있다.
- [0078] 일실시예에 따른 대비 판단부(140)는 비교 및 판단 결과를 시스템 운영자나 기술자에게 제공할 수 있다. 이러한 결과를 통해 유도전동기의 고장 여부나 작동 상태에 대한 정보를 쉽게 파악할 수 있다.
- [0079] 일실시예에 따른 고장 진단부(150)는 대비 결과를 고려하여 유도전동기의 고장 여부를 판별할 수 있다.
- [0080] 고장 진단부(150)는 대비 판단부(140)에서 수행한 측정데이터와 실효치 값의 대비 결과를 분석할 수 있다. 이를 통해 유도전동기의 입력 전류 패턴이 정상적인 분포와 얼마나 다른지를 확인할 수 있다.
- [0081] 고장 진단부(150)는 상기 측정데이터가 평균에서 표준편차 값 대비로 임계값 이상인 경우, 해당 데이터를 비정상적으로 처리하고 유도전동기에 대한 고장으로 판단할 수 있다. 이때, 임계값은 시스템 설계나 특정 상황에 따라 결정되며, 유도전동기의 정상 작동 범위를 벗어난 정도에 따라 설정될 수 있다.
- [0082] 고장 진단부(150)는 사전에 설정된 기준과 비교하여 측정데이터의 특성을 평가할 수 있다. 이 기준은 유도전동기의 정상 작동 상태와 예상되는 입력 전류 패턴에 대한 정보를 포함할 수 있다. 만약 측정데이터가 이 기준을 벗어나는 경우, 유도전동기에 문제가 발생했을 가능성이 높아진다.
- [0083] 고장 진단부(150)는 고장 여부를 판별할 때, 가능한 고장 원인에 대한 정보도 고려할 수 있다. 예를 들어, 측정데이터가 이상적인 분포와 크게 다르다면, 전선이나 유도전동기 컴포넌트의 손상이나 오작동 등이 원인일 수 있다.
- [0084] 고장 진단부(150)는 분석 결과를 바탕으로 유도전동기의 고장 여부를 판단하는데, 정상 작동 상태라면 적절한 메시지를 출력하거나 알람을 제공하여 시스템이 정상적으로 운영되고 있음을 알려줄 수 있다. 그러나 문제가 발생했다고 판단되면, 이에 대한 경고 메시지나 알람을 생성하여 적절한 대응을 취할 수 있도록 한다.
- [0085] 이를 통해, 유도전동기에 대한 조기에 문제를 인지하고 신속하게 대응하여 시스템의 안정성과 신뢰성을 유지할 수 있다.
- [0086] 일실시예에 따른 제어부(160)는 제어신호를 생성하여 각 구성요소들로 전송하거나, 각 구성요소들 간 데이터를 송수신하기 위한 채널로 사용될 수 있다.
- [0087] 결국, 유도전동기의 고장 진단 시스템(100)은 유도전동기의 입력 전류를 실시간으로 모니터링하고 실효치를 측정하고 기록하여, 이를 분석하여 고장을 진단하는 기능을 수행할 수 있다. 또한, 실효치 측정과 분석을 통해 시스템의 상태를 모니터링하고, 필요에 따라 예방 점검이나 정비를 수행할 수 있다.
- [0088] 도 2는 다른 일실시예에 따른 유도전동기의 고장 진단 시스템(200)을 설명하는 도면이다.
- [0089] 일실시예에 따른 유도전동기의 고장 진단 시스템(200)은 패턴 인식부(160), 패턴 예측부(170), 및 추정 처리부(180)를 포함할 수 있다.
- [0090] 일실시예에 따른 패턴 인식부(160)는 수집된 측정데이터의 실효치 값에 특정 패턴이 나타나는지를 판단할 수 있다. 유도전동기의 고장은 종종 특정한 패턴으로 표현될 수 있으며, 이러한 패턴들을 감지하는 것은 중요한 고장 진단 방법 중 하나이다.
- [0091] 일실시예에 따른 패턴 인식부(160)는 시스템에서 수집된 측정데이터의 실효치 값에 특정 패턴이 나타나는지를 판단할 수 있다.

- [0092] 유도전동기의 고장은 종종 특정한 패턴으로 나타날 수 있으며, 이러한 패턴을 감지하고 식별하는 것은 정확한 고장 진단에 중요한 역할을 하는데, 이러한 패턴은 전류 변동, 노이즈 증가, 비정상적인 진동, 또는 기타 시스템의 비정상적인 동작과 관련된 것일 수 있다.
- [0093] 패턴 인식부(160)는 미리 정의된 기준과 알고리즘을 사용하여 측정된 실효치 데이터를 분석하고, 특정 패턴과 일치하는지를 판단할 수 있다. 예를 들어, 정상 작동 상태에서는 실효치 값이 일정한 범위 내에서 변동할 것으로 예상될 수 있다. 그러나 고장이 발생하면 이러한 실효치 값이 예기치 않게 변동하거나 특정한 주기성을 갖는 패턴으로 나타날 수 있다.
- [0094] 패턴 인식부(160)는 머신러닝 알고리즘, 신경망, 통계적 방법 등을 사용하여 패턴을 감지하고 분류할 수 있다. 이를 통해 시스템은 정상적인 상태와 비정상적인 상태의 실효치 패턴을 구별할 수 있다.
- [0095] 일실시예에 따른 패턴 예측부(170)는 패턴 인식부(160)에서 특정 패턴이 감지되는 경우, 이러한 특정 패턴을 인공지능을 기반으로 학습하고 예측하는 역할을 수행할 수 있다. 패턴 예측부(170)는 미래에 발생할 수 있는 유사한 패턴을 사전에 예측할 수 있으며, 정확한 고장 진단을 위한 기반을 마련할 수 있다.
- [0096] 일실시예에 따른 패턴 예측부(170)는 패턴 인식부(160)에서 감지된 특정 패턴에 대해 인공지능을 활용하여 해당 패턴을 학습하고 예측할 수 있다.
- [0097] 이에, 시스템은 특정 패턴이 감지된 경우, 이러한 패턴을 미리 학습한 인공지능 모델을 사용하여 해당 패턴의 향후 동작을 예측할 수 있다.
- [0098] 일실시예에 따른 패턴 예측부(170)는 기계 학습 알고리즘, 딥 러닝 모델, 또는 기타 인공지능 기술을 사용하여 데이터를 학습하고, 이를 기반으로 향후의 패턴을 예측할 수 있다. 이렇게 학습된 모델은 과거 데이터에서 패턴을 식별하고, 해당 패턴의 특징을 파악하여 미래에 발생할 수 있는 유사한 패턴을 예측하는 데 사용될 수 있다.
- [0099] 예를 들어, 유도전동기의 고장은 특정한 진동 패턴으로 나타날 수 있다. 일실시예에 따른 패턴 예측부(170)는 이러한 진동 패턴을 학습하고, 유도전동기의 입력 전류 패턴에 대한 예측을 수행할 수 있다. 만약 측정된 실효치 데이터가 학습된 패턴과 유사한 패턴을 갖는다면, 시스템은 이를 기반으로 해당 시스템에 잠재적인 고장이 있을 수 있다고 판단할 수 있다.
- [0100] 일실시예에 따른 추정 처리부(180)는 패턴 예측부(170)에서 학습 및 예측된 특정 패턴에 의한 변화를 측정데이터로부터 제거할 수 있다. 즉, 특정 패턴에 의해 영향을 받은 데이터를 정확하게 추정하고, 이를 사용하여 해당 패턴에 의한 변화가 제거된 측정데이터의 평균과 표준편차 값 차이를 추정할 수 있다.
- [0101] 데이터 수집부(130)에서 실시간으로 측정된 입력 전류 데이터를 얻게되면, 분포 추정부(120)에서는 측정된 실효치 값에 대한 분포를 추정하고 기록할 수 있다. 이 과정에서 평균과 표준편차 값을 추정하게 되며, 패턴 인식부(160)에서는 측정된 실효치 값의 특정 패턴을 인식하거나, 패턴 예측부(170)를 통해 학습 및 예측된 특정 패턴이 있는지를 확인할 수 있다.
- [0102] 추정 처리부(180)에서는 학습 및 예측된 특정 패턴에 의해 변화된 측정데이터에서 해당 패턴의 영향을 제거하고, 제거된 데이터에 대해 평균과 표준편차 값을 추정할 수 있다.
- [0103] 대비 판단부(140)에서는 추정된 평균과 표준편차 값에 대한 임계값을 설정할 수 있는데, 이 임계값은 정상적인 동작 범위에서의 예상되는 값들을 기준으로 설정될 수 있다.
- [0104] 고장 진단부(150)에서는 측정된 실효치 값이 추정된 평균에서 표준편차 값 대비 임계값 이상인지 비교하여 판단할 수 있다. 만약 측정된 실효치 값이 임계값 이상이면, 이는 유도전동기의 동작이 정상 범위를 벗어나고 있다는 것을 의미한다. 따라서, 고장 진단부(150)는 유도전동기에 대한 고장으로 판단하고 이에 대한 적절한 조치를 취할 수 있도록 시스템 또는 관리자의 단말기로 알릴 수 있다.
- [0105] 고장 진단부(150)는 딥러닝을 이용하여 유도전동기의 정상 상태에서 수집된 실효치 값들을 학습할 수 있다. 이 학습을 통해 딥러닝 모델은 유도전동기가 정상 작동하는 상태에서 기대되는 실효치 값들을 인식할 수 있다.
- [0106] 유도전동기가 운영되면서 실제로 측정된 실효치 값과 이전에 측정하여 기록한 실효치 값들에 의한 예측치의 변화를 모니터링할 수 있다. 시스템은 이전에 학습된 정보를 바탕으로 실시간으로 예측치를 계산하는데 딥러닝 모델을 활용할 수 있다.
- [0107] 고장 진단부(150)는 이렇게 얻은 실측된 실효치 값과 예측치를 비교하여 변화의 정도를 확인할 수 있고, 이 변

화가 미리 설정한 임계값 이상일 경우, 즉 정상 범위를 벗어날 때, 해당 유도전동기에 고장이 발생했다고 판단할 수 있다.

- [0108] 고장 진단부(150)는 일정 주기 동안에 상기 유도전동기로부터 측정된 데이터에 대한 3상 신호에 대한 실효치 값의 크기 차이를 계산할 수 있다. 이때, 실효치 값의 크기 차이가 미리 설정한 임계값 이상일 경우 해당 유도전동기에 고장이 발생했다고 판단할 수 있다.
- [0109] 고장 진단부(150)는 일정 주기마다 3상 신호의 실효치 값을 측정하고, 이전 주기에 측정된 값들과 비교하여 크기 차이를 계산할 수 있는데, 이렇게 크기 차이를 모니터링하여 실효치 값이 정상 범위를 벗어날 경우, 즉 실효치 값의 크기 차이가 임계값 이상일 때, 고장으로 판단할 수 있다.
- [0110] 정속 모터는 고정된 속도로 동작하는 모터로서, 유도전동기가 정속 모터인 경우에는 실효치 값의 크기 변화만으로 고장 여부를 판별할 수 있다. 즉, 일정 주기마다 측정된 실효치 값들을 비교하여 크기 변화를 모니터링하고, 변화가 미리 설정한 임계값 이상일 경우 고장으로 판단할 수 있다.
- [0111] 가변 모터는 속도가 변할 수 있는 모터로서, 고장 진단부(150)는 가변 모터인 경우 실효치 값의 크기 변화 뿐만 아니라 변화 패턴과 크기 두 성분을 함께 이용하여 고장 여부를 판별할 수 있다. 즉, 고장 진단부(150)는 일정 주기마다 측정된 실효치 값들을 분석하여 변화 패턴과 크기 두 성분을 추출하고, 추출된 데이터를 이용하여 고장 여부를 판단할 수 있다.
- [0112] 일실시예에 따른 유도전동기의 고장 진단 시스템(200)은 이렇게 추정된 값을 사용하여 고장 진단의 정확도를 향상시킬 수 있다.
- [0113] 도 3은 모터의 정상 상태에서 수집되는 RMS 전류 값들의 분포를 추정하기 위한 그래프(300)를 설명하는 도면이다.
- [0114] 그래프(300)는 모터의 정상 상태에서 수집되는 RMS 전류 값들로부터 추정된 분포를 나타낸다.
- [0115] 또한, 모터의 운영 동안에 측정되는 데이터가 그래프(300)의 분포에서 임계값 이상으로 벗어날 때 고장이라고 진단할 수 있다.
- [0116] 일실시예에 따르면, 임계값은 CFAR을 통해서 적절하게 추정할 수 있다.
- [0117] 예를 들면, RMS 값의 평균과 표준편차 값 추정, 측정데이터가 평균에서 표준 편차 값의 수배를 넘어서면 고장으로 진단하도록 임계값을 추정할 수 있다.
- [0118] 그래프(300)는 모터의 정상 상태에서 측정된 RMS 전류 값들을 기반으로 추정된 분포를 나타낸다. 이 그래프(300)는 정상 작동 중인 모터에서 측정된 전류값들의 빈도 분포를 나타낸다. RMS 전류 값들을 수집하여 해당 값들의 분포를 추정하고 그래프로 시각화한 것이다.
- [0119] 모터가 운영 중일 때, 측정된 데이터가 그래프(300)에 표시된 분포에서 벗어날 때 고장으로 진단할 수 있다. 고장 진단은 측정된 RMS 전류 값이 그래프 상에서 정상 범위를 벗어난 경우에 이루어질 수 있고, 이러한 고장 진단은 시스템이 측정된 데이터를 그래프의 분포와 비교하여 진행될 수 있다.
- [0120] 도 4는 CFAR(Constant False Alarm Rate)를 설명하는 도면(400)이다.
- [0121] 일실시예에 따르면, 임계값은 CFAR(Constant False Alarm Rate)을 통해 적절하게 추정할 수 있다. CFAR은 주어진 확률적인 환경에서 일정한 거짓 경보율을 유지하는 방식으로 임계값을 설정할 수 있다.
- [0122] 예를 들어, RMS 값의 평균과 표준편차 값을 추정하여 그래프(300)에서 정상 범위를 설정하고, 측정데이터가 이 평균에서 표준 편차 값의 수배를 넘어서면 고장으로 진단하도록 임계값을 추정할 수 있다. 이렇게 설정된 임계값을 기준으로 측정된 데이터를 비교하여 고장을 탐지하고 진단할 수 있다.
- [0123] CFAR(Constant False Alarm Rate)은 일정한 거짓 경보율을 유지하는 방식으로 임계값을 설정하는 기법으로서, 확률적인 환경에서 유도전동기에 대한 민감도와 특이도를 조절하여 적절한 임계값을 추정하는 방법으로 사용될 수 있다.
- [0124] 고장 진단 시스템에서 임계값은 일반적으로 측정된 데이터가 정상 상태에서 벗어나면 고장으로 판단되는 기준으로 사용될 수 있지만, 정확한 임계값을 설정하는 것은 어렵다. 일부 데이터는 노이즈나 간섭으로 인해 정상 범위를 벗어날 수 있기 때문에, 임계값을 지나치게 높게 설정하면 실제 고장을 감지하지 못할 수 있고, 임계값을

지나치게 낮게 설정하면 거짓 경보가 많이 발생할 수 있다.

- [0125] 본 발명에서는 CFAR을 기반으로 주어진 확률적인 환경에서 원하는 거짓 경보율을 설정하고 이를 기준으로 적절한 임계값을 추정할 수 있다. 이를 통해 임계값을 데이터의 통계적 특성에 맞게 조절하여, 원하는 거짓 경보율과 고장 탐지율을 얻을 수 있다.
- [0126] 도 5는 RMS 값이 특정 패턴을 보이면서 변하는 경우를 설명하는 도면(500)이다.
- [0127] 본 발명에서는 모터의 정상 상태에서 수집되는 RMS 전류 값들의 분포를 추정하고 측정데이터가 이 분포(500)에서 많이 벗어날 때 고장이라고 진단할 수 있다.
- [0128] 예를 들어, RMS 값이 특정 패턴을 보이면서 변하는 경우, 특정 패턴을 인공지능으로 학습하여 예측하고, 패턴에 의한 변화를 제거한 값들의 평균과 표준편차를 추정하여, 측정데이터가 평균에서 표준편차 값의 수배를 넘어서면 고장 진단할 수 있다.
- [0129] 일례로, LSTM은 RNN의 장기 의존성 문제를 해결한 모델로서, 긴 시퀀스의 입력을 처리하는데 탁월한 성능을 보이며, 시계열 데이터 예측에 효과적인 모델이다.
- [0130] 본 발명에서는 딥러닝(LSTM)을 이용해 모터의 정상 상태에서 수집되는 RMS 전류 값을 학습시킨 후, 모터 측정값과 이전 측정치들에 의한 예측치의 변화가 클 때 고장 진단할 수 있다. 특히, 적절한 주기 동안의 3개 신호에 대한 RMS 값의 크기의 차가 크게 나타나는 경우 고장으로 진단할 수 있다.
- [0131] 도 6a는 정속 모터에 의한 전류 밀도를 나타내는 도면(610)이고, 도 6b는 가변 모터에 의한 전류 밀도를 나타내는 도면(620)이다.
- [0132] 본 발명에 따르면, 정속 모터는 RMS 전류의 크기 변화로, 가변 모터에 대해서는 RMS 전류 변화 패턴과 크기로 고장을 진단할 수 있다.
- [0133] 도 6a는 정속 모터에 의한 전류 밀도를 나타내는 도면이다. 정속 모터는 일정한 속도로 회전하며, 이러한 모터의 동작 상태에서는 RMS (Root Mean Square) 전류의 크기 변화를 관찰할 수 있다. RMS 전류는 전류의 효과적인 크기를 나타내며, 고장 진단 시스템에서는 이 값의 변화를 측정하여 고장 진단을 수행할 수 있다.
- [0134] 이를 위해, 고장 진단 시스템에서는 정속 모터의 정상 상태에서 측정된 RMS 전류 값들을 학습하여 기준값을 설정하고, 모터를 운영하는 동안 실시간으로 측정되는 RMS 전류 값과 이전에 측정하여 기록한 값들을 비교하여 예측치의 변화를 분석할 수 있다. 만약 RMS 전류 값의 크기 변화가 미리 설정한 임계값을 초과하는 경우, 이는 정속 모터에 고장이 발생했을 가능성이 높다고 판단할 수 있다.
- [0135] 도 6b는 가변 모터에 의한 전류 밀도를 나타내는 도면으로서, 가변 모터는 속도나 토크 등의 출력을 조절할 수 있는 모터로, 이러한 모터의 동작 상태에서는 RMS 전류의 변화 패턴과 크기를 관찰할 수 있다.
- [0136] 가변 모터의 정상 상태에서 측정된 RMS 전류 값들과 해당 값들에 대한 변화 패턴을 학습하여 기준값을 설정하고, 모터를 운영하는 동안 실시간으로 측정되는 RMS 전류 값과 변화 패턴을 비교하여 예측치의 변화를 분석할 수 있다.
- [0137] 만약 RMS 전류 값의 크기 변화와 변화 패턴이 미리 설정한 임계값을 초과하는 경우, 고장 진단 시스템에서는 가변 모터에 고장이 발생했을 가능성이 높다고 판단할 수 있다.
- [0138] 이렇게 정속 모터와 가변 모터에 대해 각각 다른 방식으로 고장 진단을 수행하는 것으로 볼 때, 일실시예에 따른 고장 진단 시스템에서는 다양한 유형의 모터에 대해 고장 진단을 정확하게 수행할 수 있다.
- [0139] 도 7은 일실시예에 따른 유도전동기의 고장 진단 방법을 설명하는 도면이다.
- [0140] 먼저, 일실시예에 따른 유도전동기의 고장 진단 방법은 정상상태에서의 유도전동기로부터 입력 전류에 대한 실효치(RMS) 값을 측정할 수 있다(단계 701).
- [0141] 또한, 일실시예에 따른 유도전동기의 고장 진단 방법은 측정된 실효치 값들을 기반으로 분포를 추정하고 기록할 수 있다(단계 702).
- [0142] 이후, 일실시예에 따른 유도전동기의 고장 진단 방법은 유도전동기의 운영 도중에 발생하는 입력 전류를 실시간으로 측정하여 측정데이터를 수집한다(단계 703).
- [0143] 일실시예에 따른 유도전동기의 고장 진단 방법은 측정데이터와 기록된 실효치 값들을 대비하고(단계 704), 이

대비 결과를 토대로 상기 유도전동기에 대한 고장 여부를 판별할 수 있다(단계 705).

- [0144] 실시예들을 살펴보면, 실효치 값의 평균과 표준편차 값을 추정하여 정상 범위와 비교하거나, 측정데이터가 평균에서 표준편차 값의 수배를 넘어서는 경우를 고장으로 판단하는 방법도 있다.
- [0145] 일실시예에 따른 유도전동기의 고장 진단 방법은 실효치 값이 특정 패턴을 나타내는지 판단하고, 이를 인공지능을 활용하여 학습하고 예측할 수도 있다. 일실시예에 따른 유도전동기의 고장 진단 방법은 학습된 패턴에 의한 변화를 측정데이터로부터 제거하고, 이렇게 제거된 데이터의 평균과 표준편차 값을 추정하여 고장 여부를 판단할 수 있다.
- [0146] 고장 여부를 판단하는 방법으로는, 딥러닝을 이용한 방법도 있으며, 모터의 정상 상태에서 학습된 모델과 측정데이터 간의 예측치 변화를 분석하여 임계값 이상인 경우 고장으로 판단할 수 있다.
- [0147] 또한, 일실시예에 따른 유도전동기의 고장 진단 방법은 정속 모터와 가변 모터에 따라 진단 방법을 다르게 설정할 수 있다. 정속 모터의 경우에는 RMS 전류의 크기 변화만으로 고장을 진단하지만, 가변 모터의 경우에는 RMS 전류 변화 패턴과 크기 두 성분을 고려하여 고장 여부를 판단할 수 있다.
- [0148] 이렇게 본 발명은 다양한 방식으로 실효치 값을 기반으로 유도전동기의 고장을 진단하는 방법들을 포괄적으로 제시하고 있으며, 이를 통해 정확하고 신뢰성 있는 유도전동기의 고장 진단이 가능해질 수 있다.
- [0149] 결국, 본 발명을 이용하면, 유도전동기 입력 전류에 대한 실효치 (RMS: Root Mean Square) 값을 측정하고 분석하여 유도전동기의 결함이나 고장을 사전에 예측할 수 있도록 함으로써, 고장시의 과급 영향을 줄일 수 있다. 뿐만 아니라, 고장 직전의 모터를 바로 교체함으로써 원활한 프로세스 진행을 가능케 하여 치명적인 사고와 경제손실을 방지할 수 있고, RMS 전류 데이터만으로 모터의 고장 원인을 쉽게 파악할 수 있다. 또한, RMS 전류의 차이를 퍼센트포인트(%)로 표시함으로써 결함의 정도를 구분하여 적절한 교체 시기를 확인할 수 있다.
- [0151] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0152] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0153] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록

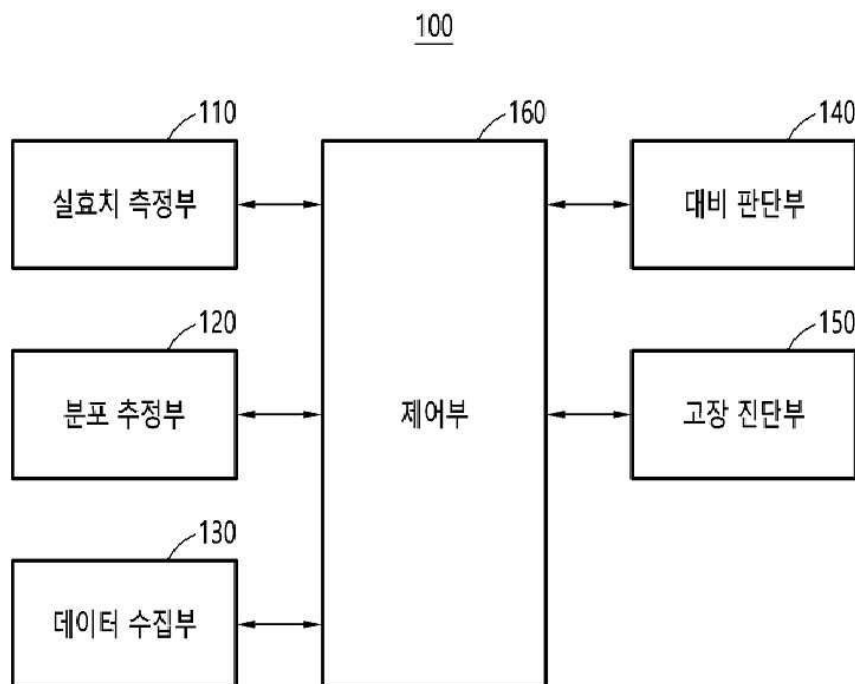
록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0154] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

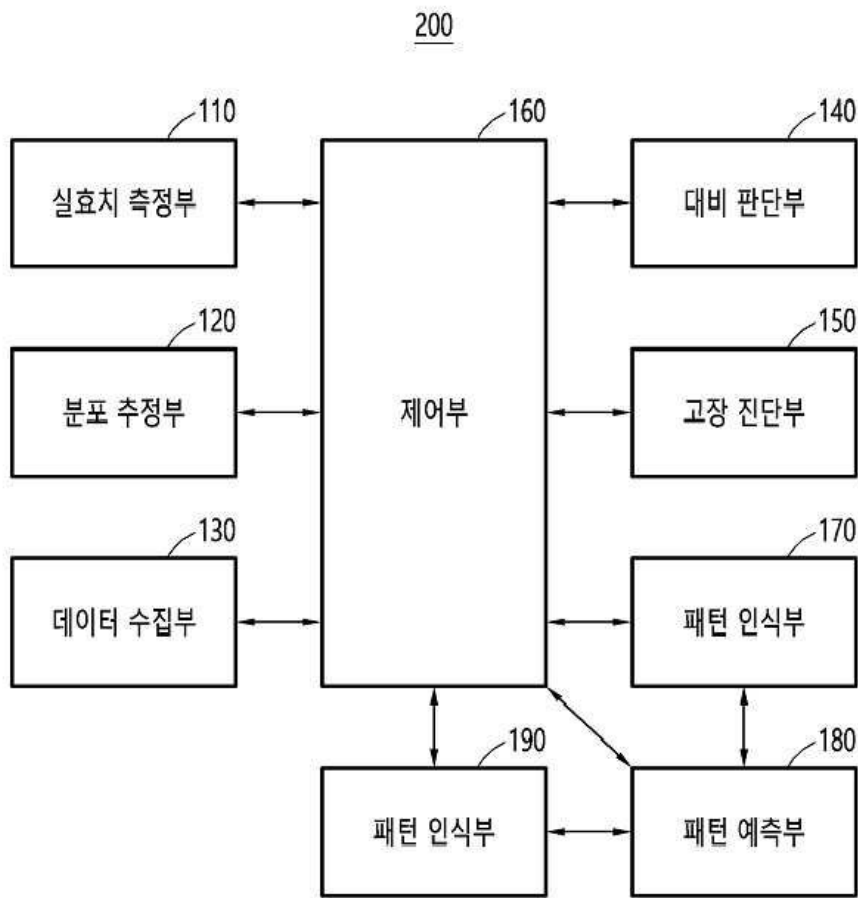
[0155] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

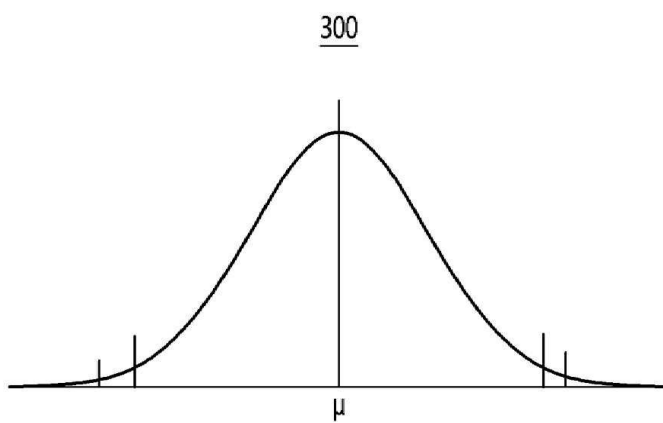
도면1



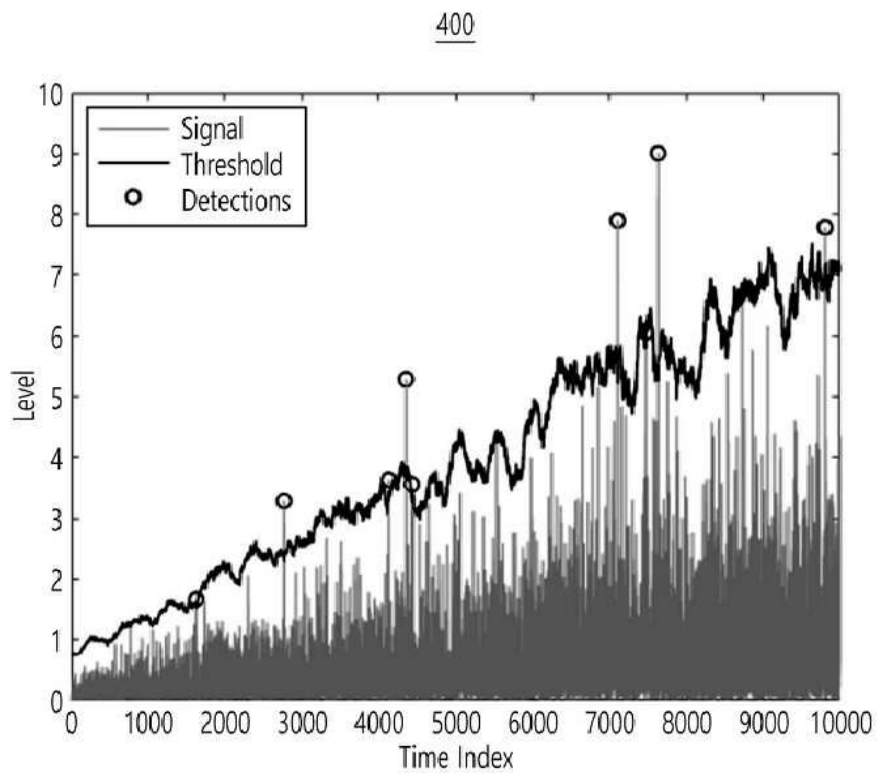
도면2



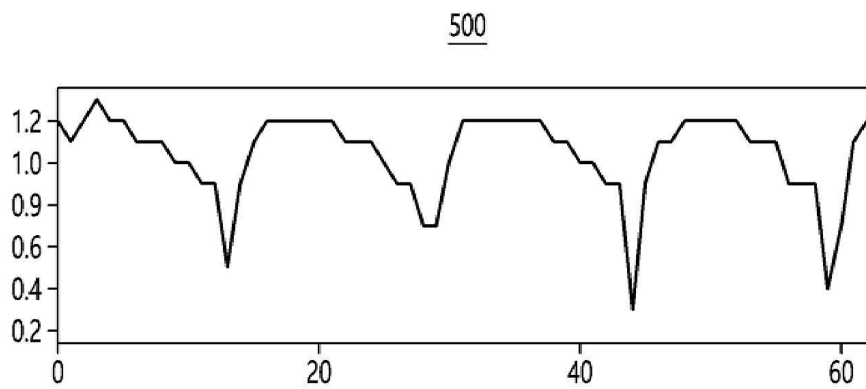
도면3



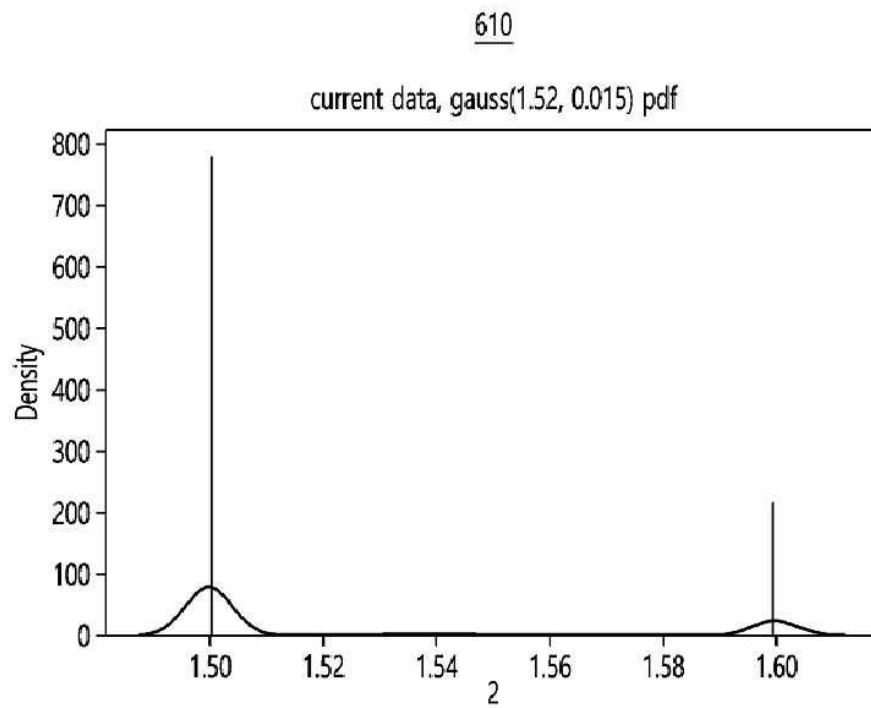
도면4



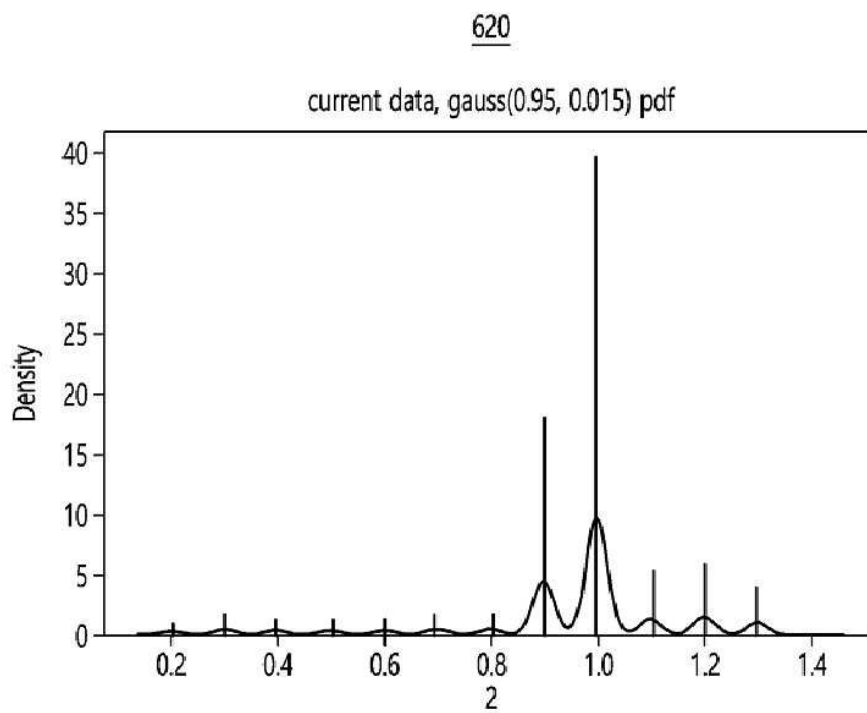
도면5



도면6a



도면6b



도면7

