



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년06월04일

(11) 등록번호 10-1526100

(24) 등록일자 2015년05월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01R 31/36 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0002959

(22) 출원일자 2014년01월09일

심사청구일자 2014년01월09일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020090120842 A*

KR1020090078075 A

한국차세대컴퓨팅학회 논문지, 제9권 제6호,
pp.24-34. 강명수 외 3명, 2013.12.*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

기술이전 희망 : 기술양도

(73) 특허권자

울산대학교 산학협력단

울산광역시 남구 대학로 93

(72) 발명자

김중면

경상남도 양산시 삼호로 74, 101동 303호 (삼호동, 웅상신도시푸르지오)

강명수

울산광역시 남구 옥현로 92-13, 105동 403호 (무거동, 옥현주공아파트)

(74) 대리인

김중선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 양찬호

(54) 발명의 명칭 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결합 특징 추출 장치 및 방법

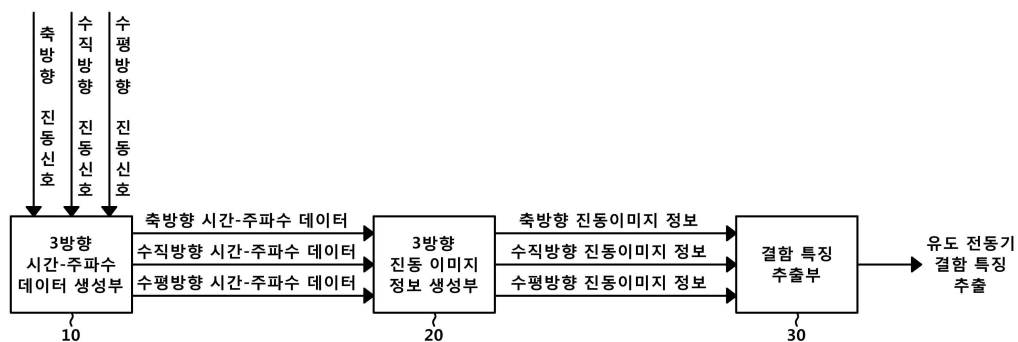
(57) 요약

본 발명은 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결합 특징 추출 장치 및 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따른 유도전동기 결합 특징 추출 장치는 유도전동기로부터 출력되는 3방향 시간영역 진동신호들을 시간-주파수 영역으로 변환하여 3방향 시간-주파수 데이터들을 생성하는 3방향 시간-주파수 데이터 생성부와, 상기 3방향 시간-주파수 데이터들을 RGB 칼라 이미지로 변환하여 시간영역과 주파수영역에서 3차원적으로 표현되는 3방향 진동 이미지 정보들을 생성하는 3방향 진동 이미지 정보 생성부 및 상기 3방향 진동 이미지 정보들로부터 상기 유도전동기의 결합 특징을 추출하는 결합 특징 추출부를 포함하여 구성된다.

본 발명에 따르면, 3방향 진동 신호들을 3차원 칼라 영상으로 변환하고 이를 기반으로 각 결합별 특징을 추출함으로써, 유도전동기의 결합 분류를 신뢰성 있게 수행할 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345205501

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 일반연구자지원(교육부)

연구과제명 회전 기기의 다중 결합 검출 및 분류를 위한 고 신뢰성 자가 진단 및 학습 시스템 개발

기 여 율 1/1

주관기관 울산대학교

연구기간 2012.09.01 ~ 2015.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 장치에 있어서,

유도전동기로부터 출력되는 3방향 시간영역 진동신호들을 시간-주파수 영역으로 변환하여 3방향 시간-주파수 데이터들을 생성하는 3방향 시간-주파수 데이터 생성부;

상기 3방향 시간-주파수 데이터들을 RGB 칼라 이미지로 변환하여 시간영역과 주파수영역에서 3차원적으로 표현되는 3방향 진동 이미지 정보들을 생성하는 3방향 진동 이미지 정보 생성부; 및

상기 3방향 진동 이미지 정보들에 가버 필터(Gabor filter)를 적용하여 상기 유도전동기의 결함 특징을 추출하는 결함 특징 추출부를 포함하는, 유도전동기 결함 특징 추출 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 3방향 시간영역 진동신호들은 상기 유도전동기의 축 방향 진동신호, 상기 축 방향에 수직인 수직 방향 진동신호 및 상기 축 방향과 상기 수직 방향에 수직인 수평 방향 진동신호인 것을 특징으로 하는, 유도전동기 결함 특징 추출 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 3방향 시간-주파수 데이터 생성부는

상기 3방향 시간영역 진동신호들에 대하여 변환 대상이 되는 시간 범위인 윈도우의 길이를 달리하여 STFT(Short-Time Fourier Transform)를 적용함으로써 상기 3방향 시간-주파수 데이터들을 생성하는 것을 특징으로 하는, 유도전동기 결함 특징 추출 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 3방향 진동 이미지 정보 생성부는

상기 윈도우 범위 내에서의 시간의 변화에 따른 3방향 주파수 성분들의 평균값들을 미리 결정된 계조 범위 내의 값들로 정규화하여 RGB 픽셀들의 계조들을 결정함으로써 상기 3방향 진동 이미지 정보들을 생성하는 것을 특징으로 하는, 유도전동기 결함 특징 추출 장치.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 결함 특징 추출부는

가버 웨이블릿 계수(Gabor wavelet coefficient)의 평균과 표준편차를 이용하여 상기 유도전동기의 결함 특징을 추출하는 것을 특징으로 하는, 유도전동기 결함 특징 추출 장치.

청구항 7

3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 방법에 있어서,

유도전동기로부터 출력되는 3방향 시간영역 진동신호들을 시간-주파수 영역으로 변환하여 3방향 시간-주파수 데이터들을 생성하는 3방향 시간-주파수 데이터 생성 단계;

상기 3방향 시간-주파수 데이터들을 RGB 칼라 이미지로 변환하여 시간영역과 주파수영역에서 3차원적으로 표현되는 3방향 진동 이미지 정보들을 생성하는 3방향 진동 이미지 정보 생성 단계; 및

상기 3방향 진동 이미지 정보들에 가버 필터(Gabor filter)를 적용하여 상기 유도전동기의 결함 특징을 추출하는 결함 특징 추출 단계를 포함하는, 유도전동기 결함 특징 추출 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 3방향 시간영역 진동신호들은 상기 유도전동기의 축 방향 진동신호, 상기 축 방향에 수직인 수직 방향 진동신호 및 상기 축 방향과 상기 수직 방향에 수직인 수평 방향 진동신호인 것을 특징으로 하는, 유도전동기 결함 특징 추출 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 3방향 시간-주파수 데이터 생성 단계에서는,

상기 3방향 시간영역 진동신호들에 대하여 변환 대상이 되는 시간 범위인 윈도우의 길이를 달리하여 STFT(Short-Time Fourier Transform)를 적용하여 상기 3방향 시간-주파수 데이터들을 생성하는 것을 특징으로 하는, 유도전동기 결함 특징 추출 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 3방향 진동 이미지 정보 생성 단계에서는,

상기 윈도우 범위 내에서의 시간의 변화에 따른 3방향 주파수 성분들의 평균값들을 미리 결정된 계조 범위 내의 값들로 정규화하여 RGB 픽셀들의 계조들을 결정함으로써 상기 3방향 진동 이미지 정보들을 생성하는 것을 특징으로 하는, 유도전동기 결함 특징 추출 방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

제7항에 있어서,

상기 결함 특징 추출 단계에서는,

가버 웨이블릿 계수(Gabor wavelet coefficient)의 평균과 표준편차를 이용하여 상기 유도전동기의 결함 특징을 추출하는 것을 특징으로 하는, 유도전동기 결함 특징 추출 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 장치 및 방법에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 유도전동기의 결함 분류를 신뢰성 있게 수행할 수 있는 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

유도전동기는 팬, 송풍기, 펌프, 컨베이어 및 압축기 등 대부분의 산업현장에 사용되는 주요한 동력공급원이다.

이러한 대전력 공급에 사용되는 유도전동기의 결함은 생산 설비 성능 저하와 관련되어 막대한 경제적 손실과 모터의 수리 및 보수비용을 초래하기 때문에 결함을 사전에 방지하고 결함 발생시 손실을 최소화하기 위한 상태 모니터링(condition monitoring) 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0003] 일반적으로 유도 전동기의 결함 분류를 위해 3방향 진동 신호 중 가장 결함 특징을 많이 포함하는 하나의 진동 센서가 출력하는 진동신호를 선택하고, 이 진동 신호를 시간 영역 또는 주파수 영역에서 분석하여 고장 유형별 특징을 추출하는 방식이 알려져 있다.

[0004] 종래의 이러한 방식들 중 시간 영역 분석을 이용한 특징 추출 방식에 따르면 다음과 같은 문제점이 있다. 즉, 시간 영역 분석을 통한 고장 특징으로는 평균, 분산, 첨예도, 제곱 평균(root-mean-square) 등의 통계치 값이 많이 사용되나 진동 신호의 비선형(non-linear), 비정상(non-stationary), 비결정(non-deterministic) 특성으로 인해 임의의 시점에서 취득한 신호에 대한 통계치 값이 달라지는 경우가 발생한다는 문제점이 있다. 또한 잡음(noise) 성분 역시 통계치 값에 영향을 미치게 되어 실제 환경에서 유도 전동기 고장 분류를 위한 특징 추출 방식으로 적용하기에는 어려움이 있다.

[0005] 또한 종래의 주파수 영역 분석을 이용한 특징 추출 방식에 따르면 다음과 같은 문제점이 있다. 즉, 진동 신호의 주파수 분석을 위해 고속 푸리에 변환(fast Fourier transform, FFT)이 주로 이용되며 유도 전동기 고장 신호에 대한 특징 배음(characteristic harmonic) 성분을 각 고장에 대한 특징으로 사용한다. 하지만 베어링 고장의 경우 등 일부 에너지 레벨이 낮은 고장에 대해서는 잡음에 의해 그 특징이 가려지는 문제점이 발생하기도 한다. 또한 앞서 설명한 바와 같이 진동 신호의 비선형(non-linear), 비정상(non-stationary), 비결정(non-deterministic) 특성으로 인해 시간에 따라 특징 배음의 크기가 변하는 등의 문제가 발생하여 고장 분류 성능에 악영향을 미치는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제10-2005-0063441호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 신뢰성 있는 유도전동기의 결함 분류를 위해 3방향 진동 신호들을 3차원 칼라 영상으로 변환하고 이를 기반으로 각 결함별 특징을 추출할 수 있는 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 장치 및 방법을 제공하는 것을 기술적 과제로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명에 따른 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 장치는 유도전동기로부터 출력되는 3방향 시간영역 진동신호들을 시간-주파수 영역으로 변환하여 3방향 시간-주파수 데이터들을 생성하는 3방향 시간-주파수 데이터 생성부와, 상기 3방향 시간-주파수 데이터들을 RGB 칼라 이미지로 변환하여 시간영역과 주파수영역에서 3차원적으로 표현되는 3방향 진동 이미지 정보들을 생성하는 3방향 진동 이미지 정보 생성부 및 상기 3방향 진동 이미지 정보들로부터 상기 유도전동기의 결함 특징을 추출하는 결함 특징 추출부를 포함하여 구성된다.

[0009] 본 발명에 따른 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 장치에 있어서, 상기 3방향 시간영역 진동신호들은 상기 유도전동기의 축 방향 진동신호, 상기 축 방향에 수직인 수직 방향 진동신호 및 상기 축 방향과 상기 수직 방향에 수직인 수평 방향 진동신호인 것을 특징으로 한다.

[0010] 본 발명에 따른 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 장치에 있어서, 상기 3방향 시간-주파수 데이터 생성부는 상기 3방향 시간영역 진동신호들에 대하여 변환 대상이 되는 시간 범위인 윈도우의 길이를 달리하여 STFT(Short-Time Fourier Transform)를 적용함으로써 상기 3방향 시간-주파수 데이터들을 생성하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 본 발명에 따른 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 장치에 있어서, 상기 3방향 진동 이미지 정보 생성부는 상기 윈도우 범위 내에서의 시간의 변화에 따른 3방향 주파수 성분들의 평균값들을 미리 결정된

제조 범위 내의 값들로 정규화하여 RGB 픽셀들의 제조들을 결정함으로써 상기 3방향 진동 이미지 정보들을 생성하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 본 발명에 따른 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 장치에 있어서, 상기 결함 특징 추출부는 상기 3방향 진동 이미지 정보들에 가버 필터(Gabor filter)를 적용하여 상기 유도전동기의 결함 특징을 추출하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 발명에 따른 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 장치에 있어서, 상기 결함 특징 추출부는 가버 웨이블릿 계수(Gabor wavelet coefficient)의 평균과 표준편차를 이용하여 상기 유도전동기의 결함 특징을 추출하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 본 발명에 따른 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 방법은 유도전동기로부터 출력되는 3방향 시간영역 진동신호들을 시간-주파수 영역으로 변환하여 3방향 시간-주파수 데이터들을 생성하는 3방향 시간-주파수 데이터 생성 단계와, 상기 3방향 시간-주파수 데이터들을 RGB 칼라 이미지로 변환하여 시간영역과 주파수 영역에서 3차원적으로 표현되는 3방향 진동 이미지 정보들을 생성하는 3방향 진동 이미지 정보 생성 단계 및 상기 3방향 진동 이미지 정보들로부터 상기 유도전동기의 결함 특징을 추출하는 결함 특징 추출 단계를 포함하여 구성된다.

[0015] 본 발명에 따른 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 방법에 있어서, 상기 3방향 시간영역 진동신호들은 상기 유도전동기의 축 방향 진동신호, 상기 축 방향에 수직인 수직 방향 진동신호 및 상기 축 방향과 상기 수직 방향에 수직인 수평 방향 진동신호인 것을 특징으로 한다.

[0016] 본 발명에 따른 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 방법에 있어서, 상기 3방향 시간-주파수 데이터 생성 단계에서는, 상기 3방향 시간영역 진동신호들에 대하여 변환 대상이 되는 시간 범위인 윈도우의 길이를 달리하여 STFT(Short-Time Fourier Transform)를 적용하여 상기 3방향 시간-주파수 데이터들을 생성하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 본 발명에 따른 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 방법에 있어서, 상기 3방향 진동 이미지 정보 생성 단계에서는, 상기 윈도우 범위 내에서의 시간의 변화에 따른 3방향 주파수 성분들의 평균값들을 미리 결정된 제조 범위 내의 값들로 정규화하여 RGB 픽셀들의 제조들을 결정함으로써 상기 3방향 진동 이미지 정보들을 생성하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 본 발명에 따른 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 방법에 있어서, 상기 결함 특징 추출 단계에서는, 상기 3방향 진동 이미지 정보들에 가버 필터(Gabor filter)를 적용하여 상기 유도전동기의 결함 특징을 추출하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 본 발명에 따른 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 방법에 있어서, 상기 결함 특징 추출 단계에서는, 가버 웨이블릿 계수(Gabor wavelet coefficient)의 평균과 표준편차를 이용하여 상기 유도전동기의 결함 특징을 추출하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 따르면, 3방향 진동 신호들을 3차원 칼라 영상으로 변환하고 이를 기반으로 각 결함별 특징을 추출함으로써, 유도전동기의 결함 분류를 신뢰성 있게 수행할 수 있는 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 장치 및 방법이 제공되는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명에 있어서, 3방향 시간영역 진동신호들을 획득하기 위한 시스템 구성을 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 장치를 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 있어서, STFT 계수를 이용하여 3방향 시간영역 진동신호들을 3차원 칼라 영상으로 변환하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 있어서, 3차원 칼라 영상 변환 결과를 결함 정보가 포함된 영상과 정상 영상을 비교하여 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 방법을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 도 1은 본 발명에 있어서, 3방향 시간영역 진동신호들을 획득하기 위한 시스템 구성을 나타낸 도면이다.
- [0023] 도 1을 참조하면, 본 발명은 유도전동기 결함 분류의 신뢰성을 높이기 위해 3방향(수직, 수평, 축)에 부착된 진동 센서로부터 취득한 모든 시간 영역의 진동신호들을 칼라 이미지화하고, 변환된 칼라 이미지로부터 각 결함 유형별 특징을 추출함으로써 유도전동기의 결함 분류 성능을 높일 수 있다.
- [0024] 즉, 종래에는 유도전동기의 결함 분류를 위해 유도전동기에 진동 센서를 3방향(수직, 수평, 축)으로 부착하고, 이들로부터 취득한 진동 신호 중에 결함 특징을 가장 많이 포함하는 하나의 방향 (예를 들어, 축 방향)의 진동 센서로부터 취득한 데이터를 이용하여 회전기기의 결함 분류 방법에 사용하였다. 하지만 본 발명에서는 결함 분류의 신뢰성을 높이기 위해 3방향(수직, 수평, 축)에 부착된 진동 센서로부터 취득한 모든 시간 영역의 진동신호들에 대해 윈도우(window)의 길이를 달리하며 STFT(short-time Fourier transform)를 적용하여 주파수 영역으로 변환하고, 각 주파수 성분의 크기(magnitude)에 대한 평균값을 0-255 사이의 값으로 정규화하여 RGB(R:빨강, G:녹색, B:파랑)의 픽셀 값으로 사용함으로써 칼라 이미지화하고, 변환된 칼라 이미지로부터 각 결함 유형별 특징을 추출함으로써 유도전동기의 결함 분류 성능을 높일 수 있다. 이하에서는 이러한 본 발명의 바람직한 실시 예를 상세히 설명한다.
- [0025] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 장치를 나타낸 도면이다.
- [0026] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결함 특징 추출 장치는 3방향 시간-주파수 데이터 생성부(10), 3방향 진동 이미지 정보 생성부(20) 및 결함 특징 추출부(30)를 포함하여 구성된다.
- [0027] 3방향 시간-주파수 데이터 생성부(10)는 유도전동기로부터 출력되는 3방향 시간영역 진동신호들을 시간-주파수 영역으로 변환하여 3방향 시간-주파수 데이터들을 생성하는 기능을 수행한다.
- [0028] 3방향 시간영역 진동신호들은 축 방향 진동신호, 수직 방향 진동신호 및 수평 방향 진동신호로 이루어진다.
- [0029] 이들 진동신호들은 서로 직각을 유지하도록 유도전동기에 설치된 3개의 진동 센서를 통해 획득된다. 즉, 축 방향 진동신호는 유도전동기의 회전축 방향으로 설치된 진동 센서가 획득한 신호이고, 수직 방향 진동신호는 축 방향에 수직 방향으로 설치된 진동 센서가 획득한 신호이고, 수평 방향 진동신호는 축 방향과 수직 방향에 모두 수직인 방향으로 설치된 진동 센서가 획득한 신호이다.
- [0030] 본 실시 예는 종래의 방식과 다르게 3방향 진동 센서로부터 획득한 모든 진동신호들을 3방향 시간-주파수 데이터 생성부(10)가 시간-주파수 영역 분석 기법을 이용하여 시간-주파수 영역으로 변환하고, 변환된 3방향 시간-주파수 데이터들을 RGB칼라 변환하여 각 유형별 결함 특징을 추출하도록 구성된다.
- [0031] 시간-주파수 영역 분석 기법 가운데 하나인 STFT(Short-Time Fourier Transform)는 시간(time)-주파수(frequency) 사이에서 해상도의 제약이 발생한다. 예를 들면, 시간 해상도를 높이면 주파수 해상도가 떨어지고, 주파수 해상도를 높이면 시간 해상도가 떨어진다.
- [0032] 따라서 본 실시 예에서는 신호를 잘라내는 윈도우(window)의 크기를 달리하며 STFT를 적용하여 이미지화함으로써 이를 보완한다. 예를 들면, 윈도우의 길이가 1초인 경우 STFT를 적용하고 시간의 변화에 따른 각 주파수 성분의 평균값을 이미지의 픽셀 값으로 사용하여 이미지의 가로 성분을 생성함. 윈도우의 길이를 달리하고 앞서 언급한 과정을 반복함으로써 이미지의 가로 성분을 연속적으로 생성한다. 이러한 방식은 기존의 STFT가 지닌 단점을 해결할 수 있는 대안이 될 수 있다.
- [0033] 즉, 3방향 시간-주파수 데이터 생성부(10)는 3방향 시간영역 진동신호들에 대하여 변환 대상이 되는 시간 범위인 윈도우(window)의 길이를 달리하여 STFT(Short-Time Fourier Transform)를 적용함으로써 3방향 시간-주파수 데이터들을 생성하도록 구성될 수 있다. 도 3에 3방향 시간영역 진동신호 즉, 축 방향 진동신호, 수직 방향 진동신호 및 수평 방향 진동신호가 개시되어 있으며, 이 3방향 시간영역 진동신호를 STFT 변환하여 생성된 3방향 시간-주파수 데이터들이 개시되어 있다.

- [0034] 3방향 진동 이미지 정보 생성부(20)는 3방향 시간-주파수 데이터 생성부(10)에 의해 생성된 3방향 시간-주파수 데이터들을 RGB 칼라 이미지로 변환하여 시간영역과 주파수영역에서 3차원적으로 표현되는 3방향 진동 이미지 정보들을 생성하는 기능을 수행한다.
- [0035] 예를 들어, 3방향 진동 이미지 정보 생성부(20)는 윈도우 범위 내에서의 시간의 변화에 따른 3방향 주파수 성분들의 평균값들을 연산하고, 이 평균값들을 미리 결정된 계조 범위 내의 값들로 정규화하여 RGB 픽셀들의 계조들을 결정함으로써, 3방향 진동 이미지 정보들을 생성하도록 구성될 수 있다. 전체 계조는 256 계조일 수 있다. 도 3에 3방향 시간영역 진동신호를 STFT 변환하여 생성된 3방향 시간-주파수 데이터들과 이 데이터들을 RGB 칼라 이미지로 변환한 3방향 진동 이미지 정보가 개시되어 있고, 도 4는 3차원 칼라 영상 변환 결과를 결합 정보가 포함된 영상과 정상 영상을 비교하여 나타내고 있다. 도 3과 도 4에 개시된 바와 같이, 본 실시 예에서는 변환된 시간-주파수 영역의 3방향 1차원 진동신호를 3차원 칼라 영상으로 변환하며, 변환된 칼라 영상은 각 결합 유형별 서로 다른 질감 특징을 가지므로 질감 특징을 추출하여 결합 분류에 활용할 수 있다.
- [0036] 결합 특징 추출부(30)는 3방향 진동 이미지 정보 생성부(20)에 의해 생성된 3방향 진동 이미지 정보들로부터 유도전동기의 결합 특징을 추출하는 기능을 수행한다.
- [0037] 예를 들어, 결합 특징 추출부(30)는 3방향 진동 이미지 정보들에 가버 필터(Gabor filter)를 적용하여 상기 유도전동기의 결합 특징을 추출하도록 구성될 수 있다. 가버 필터는 영상 신호에서 일정한 패턴이나 질감 특징을 추출하는 데에 효과적이다. 보다 구체적으로는, 결합 특징 추출부(30)는 가버 웨이블릿 계수(Gabor wavelet coefficient)의 평균과 표준편차를 이용하여 유도전동기의 결합 특징을 추출하도록 구성될 수 있다.
- [0038] 이하에서는 본 발명의 일 실시 예에 따른 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결합 특징 추출 방법을 나타낸 도 5를 추가적으로 참조하여, 본 발명의 일 실시 예에 따른 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결합 특징 추출 방법 및 장치의 구체적인 동작의 예를 설명한다.
- [0039] 도 5를 추가적으로 참조하면, 먼저 3방향 시간-주파수 데이터 생성 단계(S10)에서는, 3방향 시간-주파수 데이터 생성부(10)가 유도전동기로부터 출력되는 3방향 시간영역 진동신호들을 시간-주파수 영역으로 변환하여 3방향 시간-주파수 데이터들을 생성하는 과정이 수행된다.
- [0040] 예를 들어 3방향 시간-주파수 데이터 생성 단계(S10)에서는, 3방향 시간-주파수 데이터 생성부(10)가 3방향 시간영역 진동신호들에 대하여 변환 대상이 되는 시간 범위인 윈도우의 길이를 달리하여 STFT(Short-Time Fourier Transform)를 적용하여 3방향 시간-주파수 데이터들을 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0041] 다음으로 3방향 진동 이미지 정보 생성 단계(S20)에서는, 3방향 진동 이미지 정보 생성부(20)가 3방향 시간-주파수 데이터들을 RGB 칼라 이미지로 변환하여 시간영역과 주파수영역에서 3차원적으로 표현되는 3방향 진동 이미지 정보들을 생성하는 과정이 수행된다.
- [0042] 예를 들어 3방향 진동 이미지 정보 생성 단계(S20)에서는, 3방향 진동 이미지 정보 생성부(20)가 윈도우 범위 내에서의 시간의 변화에 따른 3방향 주파수 성분들의 평균값들을 미리 결정된 계조 범위 내의 값들로 정규화하여 RGB 픽셀들의 계조들을 결정함으로써 3방향 진동 이미지 정보들을 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0043] 다음으로 결합 특징 추출 단계(S30)에서는, 결합 특징 추출부(30)가 3방향 진동 이미지 정보들로부터 유도전동기의 결합 특징을 추출하는 과정이 수행된다.
- [0044] 예를 들어 결합 특징 추출 단계(S30)에서는, 결합 특징 추출부(30)가 3방향 진동 이미지 정보들에 가버 필터(Gabor filter)를 적용하여 유도전동기의 결합 특징을 추출하도록 구성될 수 있으며, 보다 구체적으로는 가버 웨이블릿 계수(Gabor wavelet coefficient)의 평균과 표준편차를 이용하여 유도전동기의 결합 특징을 추출하도록 구성될 수 있다.
- [0045] 이상에서 상세히 설명한 바와 같이 본 발명에 따르면, 3방향 진동 신호들을 3차원 칼라 영상으로 변환하고 이를 기반으로 각 결합별 특징을 추출함으로써, 유도전동기의 결합 분류를 신뢰성 있게 수행할 수 있는 3차원 칼라 모델을 이용한 유도전동기 결합 특징 추출 장치 및 방법이 제공되는 효과가 있다.
- [0046] 보다 구체적으로, 종래에는 유도전동기의 결합 분류를 위해 유도전동기에 진동 센서를 3방향(수직, 수평, 축)으로 부착하고, 이들로부터 취득한 진동 신호 중에 결합 특징을 가장 많이 포함하는 하나의 방향(예를 들어, 축방향)의 진동 센서로부터 취득한 데이터를 이용하여 회전기기의 결합 분류 방법에 사용하였다. 하지만 본 발명에

서는 결함 분류의 신뢰성을 높이기 위해 3방향(수직, 수평, 축)에 부착된 진동센서로부터 취득한 모든 시간 영역의 진동신호들에 대해 윈도우(window)의 길이를 달리하며 STFT(short-time Fourier transform)를 적용 주파수 영역으로 변환하고, 각 주파수 성분의 크기(magnitude)에 대한 평균값을 0-255 사이의 값으로 정규화하여 RGB(R:빨강, G:녹색, B:파랑)의 픽셀 값으로 사용함으로써 칼라 이미지화하고, 변환된 칼라 이미지로부터 각 결함 유형별 특징을 추출함으로써 유도전동기의 결함 분류 성능을 신뢰성 있게 높일 수 있다.

[0047]

이상에서 본 발명에 대한 기술사상을 첨부된 도면과 함께 서술하였지만 이는 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시적으로 설명한 것이지 본 발명을 한정하는 것은 아니다. 또한, 이 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 누구나 본 발명의 기술사상의 범주를 이탈하지 않는 범위 내에서 다양한 변형 및 모방이 가능함은 명백한 사실이다.

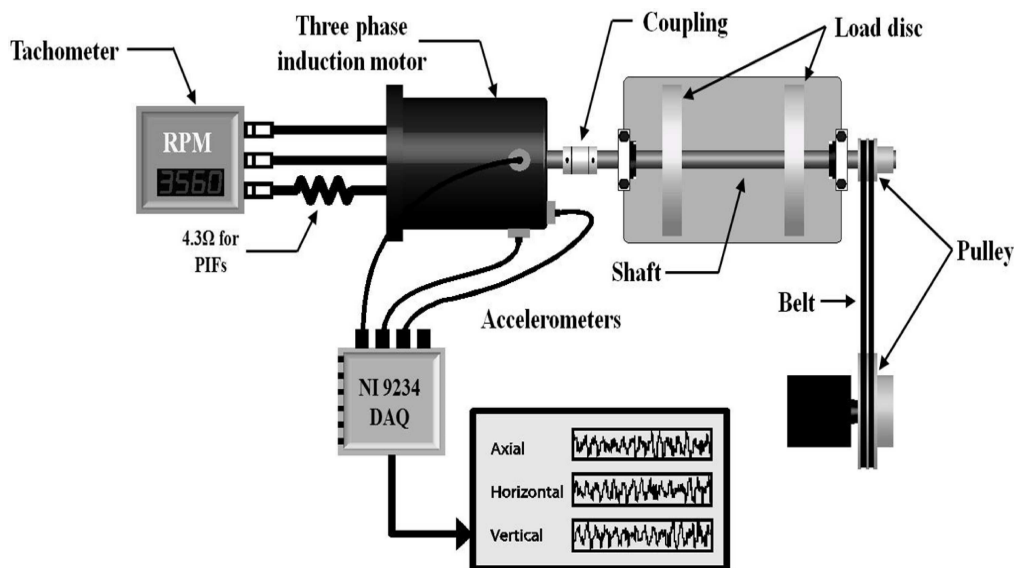
부호의 설명

[0048]

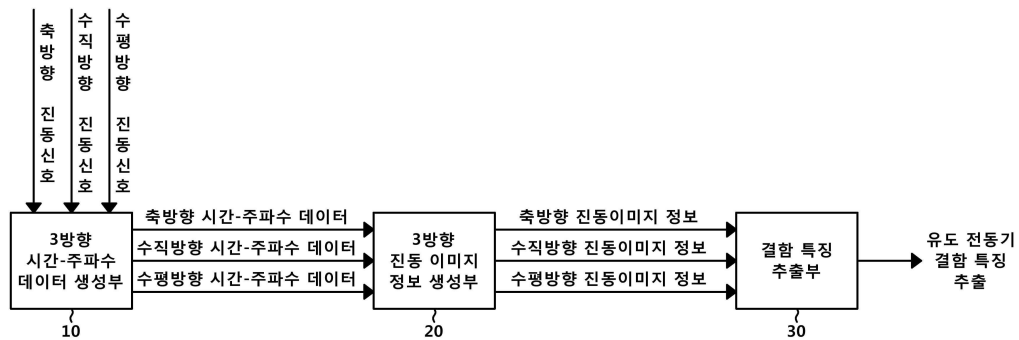
- 10: 3방향 시간-주파수 데이터 생성부
- 20: 3방향 진동 이미지 정보 생성부
- 30: 결함 특징 추출부
- S10: 3방향 시간-주파수 데이터 생성 단계
- S20: 3방향 진동 이미지 정보 생성 단계
- S30: 결함 특징 추출 단계

도면

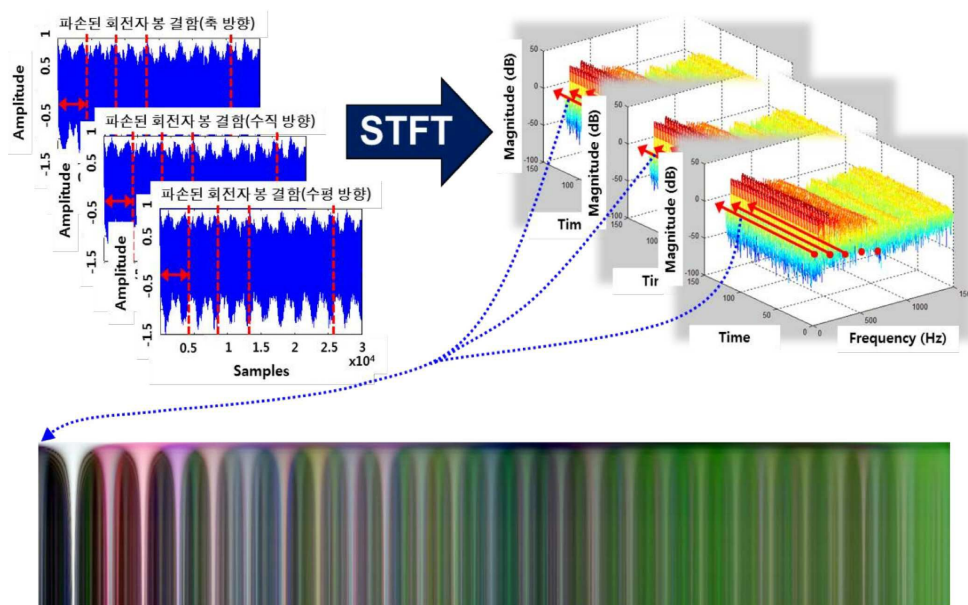
도면1



도면2



도면3



도면4



도면5

