



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0045603
(43) 공개일자 2011년05월04일

(51) Int. Cl.

G06F 11/34 (2006.01) G06F 3/048 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0102244

(22) 출원일자 2009년10월27일

심사청구일자 2009년10월27일

(71) 출원인

부경대학교 산학협력단

부산 남구 용당동 산 100번지 부경대학교내

(72) 발명자

양보석

부산광역시 남구 용호2동 41/3 동일아파트 4동 507호

손종덕

부산광역시 남구 대연5동 1473-14번지 다솜빌라 101호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김경화

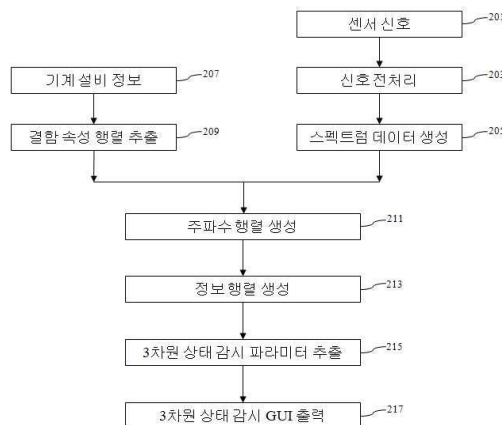
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 3차원 상태 감시 방법 및 시스템

(57) 요약

본 발명은 3차원 상태 감시 방법 및 시스템에 관한 것이다. 본 발명에 따른 3차원 상태 감시 방법은 적어도 하나의 상태 감시용 센서로부터 입력되는 센서 신호를 바탕으로 스펙트럼 데이터를 생성하는 단계, 기계 설비에 상응하는 기계 설비 정보를 바탕으로 결함 속성 행렬을 추출하는 단계, 스펙트럼 데이터와 결함 속성 행렬의 결함 속성을 비교하여 주파수 행렬을 생성하는 단계, 주파수 행렬을 바탕으로 정보 행렬을 생성하는 단계, 정보 행렬을 바탕으로 3차원 상태 감시 파라미터를 추출하는 단계 및 3차원 상태 감시 파라미터를 바탕으로 3차원 상태 감시 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 생성하여 출력하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

심민찬

부산광역시 남구 용당동 한신아파트 102동 1107호

오준석

부산광역시 사하구 하단2동 남영아파트 7동 401호

양승욱

부산광역시 남구 용호2동 41/3 동일아파트 4동 507호

특허청구의 범위

청구항 1

상태 감시의 대상인 기계 설비에 상응하도록 설치되는 적어도 하나의 상태 감시용 센서에 결합하는 3차원 상태 감시 시스템에서 수행하는 3차원 상태 감시 방법에 있어서,

상기 적어도 하나의 상태 감시용 센서로부터 입력되는 센서 신호를 바탕으로 스펙트럼 데이터를 생성하는 단계;

상기 기계 설비에 상응하는 기계 설비 정보를 바탕으로 결합 속성 행렬을 추출하는 단계;

상기 스펙트럼 데이터와 상기 결합 속성 행렬의 결합 속성을 비교하여 주파수 행렬을 생성하는 단계;

상기 주파수 행렬을 바탕으로 정보 행렬을 생성하는 단계;

상기 정보 행렬을 바탕으로 3차원 상태 감시 파라미터를 추출하는 단계; 및

상기 3차원 상태 감시 파라미터를 바탕으로 3차원 상태 감시 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 생성하여 출력하는 단계

를 포함하는 3차원 상태 감시 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 상태 감시용 센서는 적어도 하나의 전류 센서 및 가속도 센서를 포함하며, 상기 3차원 상태 감시 시스템은 상기 상태 감시용 센서로부터 오프라인으로, 또는 통신망을 통한 온라인상으로 실시간으로 상기 센서 신호를 입력받는 것을 특징으로 하는 3차원 상태 감시 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 스펙트럼 데이터는 상기 센서 신호에 대한 FFT(Fast Fourier Transform) 처리를 통하여 생성되는 것을 특징으로 하는 3차원 상태 감시 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 주파수 행렬을 구성하는 각 주파수는 상기 3차원 상태 감시 파라미터의 추출을 위한 경계 조건인 것을 특징으로 하는 3차원 상태 감시 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

정보 이론을 기반으로, 상기 정보 행렬을 바탕으로 결합에 대한 공유도가 높은 고유치 및 고유 벡터를 산출함으로써 상기 3차원 상태 감시 파라미터가 추출되는 것을 특징으로 하는 3차원 상태 감시 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 3차원 상태 감시 그래픽 사용자 인터페이스에는 3차원 상태 감시 알람 레벨이 표시되며, 상기 3차원 상태 감시 알람 레벨 내부에 정상 상태가 표시되며, 상기 3차원 상태 감시 알람 레벨 외부에 결함 상태가 표시되며, 상기 3차원 상태 감시 알람 레벨은 정상 상태의 3차원 상태 감시 파라미터에 대한 통계값인 것을 특징으로 하는 3차원 상태 감시 방법.

청구항 7

상태 감시의 대상인 기계 설비에 상응하도록 설치되는 적어도 하나의 상태 감시용 센서에 결합하며, 3차원 상태 감시 방법을 수행하는 3차원 상태 감시 시스템에 있어서,

상기 3차원 상태 감시 방법은

상기 적어도 하나의 상태 감시용 센서로부터 입력되는 센서 신호를 바탕으로 스펙트럼 데이터를 생성하는 단계;

상기 기계 설비에 상응하는 기계 설비 정보를 바탕으로 결함 속성 행렬을 추출하는 단계;

상기 스펙트럼 데이터와 상기 결함 속성 행렬의 결함 속성을 비교하여 주파수 행렬을 생성하는 단계;

상기 주파수 행렬을 바탕으로 정보 행렬을 생성하는 단계;

상기 정보 행렬을 바탕으로 3차원 상태 감시 파라미터를 추출하는 단계; 및

상기 3차원 상태 감시 파라미터를 바탕으로 3차원 상태 감시 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 생성하여 출력하는 단계

를 포함하는 하는 것을 특징으로 하는 3차원 상태 감시 시스템.

청구항 8

상태 감시의 대상인 기계 설비에 상응하도록 설치되는 적어도 하나의 상태 감시용 센서에 결합하는 3차원 상태 감시 시스템에서 3차원 상태 감시 방법을 수행하기 위하여 디지털 처리 장치에 의해 실행될 수 있는 명령어들의 프로그램이 유형적으로 구현되어 있으며 디지털 처리 장치에 의해 판독될 수 있는 컴퓨터 프로그램 제품에 있어서,

상기 3차원 상태 감시 방법이

상기 적어도 하나의 상태 감시용 센서로부터 입력되는 센서 신호를 바탕으로 스펙트럼 데이터를 생성하는 단계;

상기 기계 설비에 상응하는 기계 설비 정보를 바탕으로 결함 속성 행렬을 추출하는 단계;

상기 스펙트럼 데이터와 상기 결함 속성 행렬의 결함 속성을 비교하여 주파수 행렬을 생성하는 단계;

상기 주파수 행렬을 바탕으로 정보 행렬을 생성하는 단계;

상기 정보 행렬을 바탕으로 3차원 상태 감시 파라미터를 추출하는 단계; 및

상기 3차원 상태 감시 파라미터를 바탕으로 3차원 상태 감시 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 생성하여 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램 제품.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001]

본 발명은 기계 설비의 상태를 감시하는 방법, 시스템 및 프로그램 제품에 관한 것으로서, 특히 정보 이론을 기반으로 하여 기계 설비 정보 및 전류 신호와 가속도 신호를 포함하는 센서 신호를 바탕으로 정보 행렬의 생성, 3차원 상태 감시 파라미터의 추출을 통하여 기계 설비의 상태를 감시하며, 3차원 상태 감시 상황을 관리자가 시

각적으로 용이하게 인지할 수 있도록 그래픽 사용자 인터페이스(Graphic User Interface, GUI)를 통하여 제공하는 3차원 상태 감시 방법, 시스템 및 프로그램 제품에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 상태 감시의 방법, 특히 기계 설비의 상태 감시의 방법으로서 결합의 특징 요소의 추출 및 추출된 특징 요소를 분석함으로써 상태를 감시하는 PCA(Principal component analysis), KPCA(Kernel Principal component Analysis), ICA(Independent Component Analysis), KICA(Kernel Independent Component Analysis)와 같은 기법이 자주 사용되었다. 종래의 상태 감시 방법으로서, 반도체에 대한 반복적인 생산 공정에 대한 PCA 기반의 상태 감시 시스템에 관한 미국 공개특허 US 2003/0136511호, 철도에 대한 PCA 기반의 상태 감시 시스템에 관한 미국 공개특허 US 2004/0167686호, 생산 자동화 피드백 제어에 PCA 기법을 도입한 결합 탐지에 관한 미국 공개특허 US 2005/0055175호, PCA 기법의 이미지 추출 방법을 이용한 생산 공정에 대한 상태 감시 시스템에 관한 미국 공개특허 US 2004/0197012호, 자동차 좌석이나 의료용 침대에서 심장 박동 신호를 추출하는 상태 감시 시스템에 관한 미국 공개특허 US 2005/0027416호 등이 검색되었다.
- [0003] 상술한 출원 발명들을 포함하는 종래의 상태 감시 방법은 2차원(2D) 기반의 상태 감시 방법에 관한 것으로서, 단순히 상태 감시 파라미터를 효과적으로 줄임으로써 상태 감시 파라미터의 차원을 감소시키는 것을 목적으로 한다. 이러한 종래의 상태 감시 방법은 기계 설비의 상태를 직관적 또는 시각적으로 감시하는 데 한계를 가진다. 즉 종래의 상태 감시 방법은 상태 감시 파라미터의 차원을 감소시킴으로써 원인과 결과 사이의 관계를 명확히 설명할 수 없는 한계를 가진다. 이에 따라서 종래의 상태 감시 방법은 인과 관계의 설명이 필요하지 않은 특정 대상에만 적용될 수 있을 뿐이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0004] 상술한 문제점을 극복하기 위하여 본 발명은 정보 이론을 기반으로 진류 신호와 가속도 신호를 포함하는 센서 신호를 바탕으로 정상 상태와 결합 상태를 명확히 구분할 수 있는 3차원 상태 감시 방법, 시스템 및 프로그램 제품을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0005] 본 발명의 다른 목적은 결합 상태의 경계 조건의 설정, 감도의 설정 및 3차원 알람 레벨의 설정이 가능한 3차원 상태 감시 방법, 시스템 및 프로그램 제품을 제공하는 것이다.
- [0006] 본 발명의 또 다른 목적은 3차원 상태 감시 상황을 관리자가 직관적, 시각적으로 용이하게 인지할 수 있도록 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 통하여 제공함으로써 사용자 편의성을 증대시킬 수 있는 3차원 상태 감시 방법, 시스템 및 프로그램 제품을 제공하는 것이다.
- [0007] 본 발명의 또 다른 목적은 진류 센서, 가속도 센서를 포함하는 다양한 센서를 적용함으로써 보다 효율적이며 구체적인 상태 감시를 수행할 수 있는 3차원 상태 감시 방법, 시스템 및 프로그램 제품을 제공하는 것이다.
- [0008] 본 발명의 또 다른 목적은 실시간으로 오프라인에서 또는 온라인을 통하여 기계 설비의 상태를 감시할 수 있는 3차원 상태 감시 방법, 시스템 및 프로그램 제품을 제공하는 것이다.
- [0009] 본 발명의 또 다른 목적은 기계 설비의 운전 정지 또는 고정에 따른 경제적 손실, 인명 손실을 방지하거나 최소화하며, 정비 비용(maintenance cost)의 절감을 통하여 경제적 이익을 극대화하며, 효율적인 기계 설비의 관리로 에너지 효율을 극대화할 수 있을 뿐만 아니라, 관련 산업 분야에 대한 기술 파급 효과를 증대시킬 수 있는 3차원 상태 감시 방법, 시스템 및 프로그램 제품을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

- [0010] 상기 목적들을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 측면에 따르면, 상태 감시의 대상인 기계 설비에 상응하도록 설치되는 적어도 하나의 상태 감시용 센서에 결합하는 3차원 상태 감시 시스템에서 수행하는 3차원 상태 감시 방법에 있어서, 상기 적어도 하나의 상태 감시용 센서로부터 입력되는 센서 신호를 바탕으로 스펙트럼 데이터를

생성하는 단계, 상기 기계 설비에 상응하는 기계 설비 정보를 바탕으로 결합 속성 행렬을 추출하는 단계, 상기 스펙트럼 데이터와 상기 결합 속성 행렬의 결합 속성을 비교하여 주파수 행렬을 생성하는 단계, 상기 주파수 행렬을 바탕으로 정보 행렬을 생성하는 단계, 상기 정보 행렬을 바탕으로 3차원 상태 감시 파라미터를 추출하는 단계 및 상기 3차원 상태 감시 파라미터를 바탕으로 3차원 상태 감시 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 생성하여 출력하는 단계를 포함하는 3차원 상태 감시 방법을 제공할 수 있다.

[0011] 바람직한 실시예에서, 상기 상태 감시용 센서는 적어도 하나의 전류 센서 및 가속도 센서를 포함하며, 상기 3차원 상태 감시 시스템은 상기 상태 감시용 센서로부터 오프라인으로, 또는 통신망을 통한 온라인상으로 실시간으로 상기 센서 신호를 입력받는 것을 특징으로 한다. 또한 상기 스펙트럼 데이터는 상기 센서 신호에 대한 FFT(Fast Fourier Transform) 처리를 통하여 생성되는 것을 특징으로 한다. 또한 상기 주파수 행렬을 구성하는 각 주파수는 상기 3차원 상태 감시 파라미터의 추출을 위한 경계 조건인 것을 특징으로 한다. 또한 정보 이론을 기반으로, 상기 정보 행렬을 바탕으로 결합에 대한 공유도가 높은 고유치 및 고유 벡터를 산출함으로써 상기 3차원 상태 감시 파라미터가 추출되는 것을 특징으로 한다. 또한 상기 3차원 상태 감시 그래픽 사용자 인터페이스에는 3차원 상태 감시 알람 레벨이 표시되며, 상기 3차원 상태 감시 알람 레벨 내부에 정상 상태가 표시되며, 상기 3차원 상태 감시 알람 레벨 외부에 결합 상태가 표시되며, 상기 3차원 상태 감시 알람 레벨은 정상 상태의 3차원 상태 감시 파라미터에 대한 통계값인 것을 특징으로 한다.

[0012] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상태 감시의 대상인 기계 설비에 상응하도록 설치되는 적어도 하나의 상태 감시용 센서에 결합하며, 3차원 상태 감시 방법을 수행하는 3차원 상태 감시 시스템에 있어서, 상기 3차원 상태 감시 방법은 상기 적어도 하나의 상태 감시용 센서로부터 입력되는 센서 신호를 바탕으로 스펙트럼 데이터를 생성하는 단계, 상기 기계 설비에 상응하는 기계 설비 정보를 바탕으로 결합 속성 행렬을 추출하는 단계, 상기 스펙트럼 데이터와 상기 결합 속성 행렬의 결합 속성을 비교하여 주파수 행렬을 생성하는 단계, 상기 주파수 행렬을 바탕으로 정보 행렬을 생성하는 단계, 상기 정보 행렬을 바탕으로 3차원 상태 감시 파라미터를 추출하는 단계 및 상기 3차원 상태 감시 파라미터를 바탕으로 3차원 상태 감시 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 생성하여 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 상태 감시 시스템을 제공할 수 있다.

[0013] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상태 감시의 대상인 기계 설비에 상응하도록 설치되는 적어도 하나의 상태 감시용 센서에 결합하는 3차원 상태 감시 시스템에서 3차원 상태 감시 방법을 수행하기 위하여 디지털 처리 장치에 의해 실행될 수 있는 명령어들의 프로그램이 유형적으로 구현되어 있으며 디지털 처리 장치에 의해 판독될 수 있는 컴퓨터 프로그램 제품에 있어서, 상기 3차원 상태 감시 방법이 상기 적어도 하나의 상태 감시용 센서로부터 입력되는 센서 신호를 바탕으로 스펙트럼 데이터를 생성하는 단계, 상기 기계 설비에 상응하는 기계 설비 정보를 바탕으로 결합 속성 행렬을 추출하는 단계, 상기 스펙트럼 데이터와 상기 결합 속성 행렬의 결합 속성을 비교하여 주파수 행렬을 생성하는 단계, 상기 주파수 행렬을 바탕으로 정보 행렬을 생성하는 단계, 상기 정보 행렬을 바탕으로 3차원 상태 감시 파라미터를 추출하는 단계 및 상기 3차원 상태 감시 파라미터를 바탕으로 3차원 상태 감시 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 생성하여 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램 제품을 제공할 수 있다.

효 과

[0014] 본 발명에 따르면, 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

[0015] 본 발명에 의하여, 정보 이론을 기반으로 전류 신호와 가속도 신호를 포함하는 센서 신호를 바탕으로 정상 상태와 결합 상태를 명확히 구분할 수 있는 3차원 상태 감시 방법, 시스템 및 프로그램 제품을 제공할 수 있다.

[0016] 또한 본 발명에 의하여, 본 발명의 다른 목적은 결합 상태의 경계 조건의 설정, 감도의 설정 및 3차원 알람 레벨의 설정이 가능한 3차원 상태 감시 방법, 시스템 및 프로그램 제품을 제공할 수 있다.

[0017] 또한 본 발명에 의하여, 3차원 상태 감시 상황을 관리자가 직관적, 시각적으로 용이하게 인지할 수 있도록 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 통하여 제공함으로써 사용자 편의성을 증대시킬 수 있는 3차원 상태 감시 방법, 시스템 및 프로그램 제품을 제공할 수 있다.

[0018] 또한 본 발명에 의하여, 전류 센서, 가속도 센서를 포함하는 다양한 센서를 적용함으로써 보다 효율적이며 구체적인 상태 감시를 수행할 수 있는 3차원 상태 감시 방법, 시스템 및 프로그램 제품을 제공할 수 있다.

[0019] 또한 본 발명에 의하여, 실시간으로 오프라인에서 또는 온라인을 통하여 기계 설비의 상태를 감시할 수 있는 3

차원 상태 감시 방법, 시스템 및 프로그램 제품을 제공할 수 있다.

[0020] 또한 본 발명에 의하여, 기계 설비의 운전 정지 또는 고정에 따른 경제적 손실, 인명 손실을 방지하거나 최소화 하며, 정비 비용(maintenance cost)의 절감을 통하여 경제적 이익을 극대화하며, 효율적인 기계 설비의 관리로 에너지 효율을 극대화할 수 있을 뿐만 아니라, 관련 산업 분야에 대한 기술 파급 효과를 증대시킬 수 있는 3차원 상태 감시 방법, 시스템 및 프로그램 제품을 제공할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0021] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세히 설명한다. 우선 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.

[0022] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 3차원 상태 감시 시스템을 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 3차원 상태 감시 시스템(101)은 PC(Personal Computer)로 구현될 수 있으나, 이에 한정되지는 않는다. 본 발명에 따른 3차원 감시 시스템(101)은 상태 감시(condition monitoring)의 대상인 기계 설비(107)에 대한 적어도 하나의 상태 감시용 센서(103, 105)로부터 센서 신호를 오프라인 또는 통신망을 통하여 온라인으로 실시간으로 입력받는다. 상태 감시용 센서로서 적어도 하나의 전류 센서(103) 또는 진동 가속도 센서(105)가 적용될 수 있다. 본 발명의 실시예에서 전류 센서(103)는 기계 설비(107)의 부하 입력단의 3상 전류를 측정하며, 진동 가속도 센서(105)는 기계 설비(107)의 진동 가속도를 측정한다. 설명의 편의상, 본 발명에 따른 상태 감시용 센서가 적어도 하나의 전류 센서(103) 또는 가속도 센서(105)를 포함하는 것으로 하였으나, 이들에 한정되는 것은 아니며, 상태 감시의 대상이 되는 기계 설비(107)의 상태 감시를 위한 센서라면 어떠한 종류의 센서라도 적용될 수 있다. 본 발명에 따른 상태 감시용 센서로서 전류 센서(103), 가속도 센서(105)를 포함하는 다양한 센서를 적용함으로써 보다 효율적이며 구체적인 상태 감시를 수행할 수 있다.

[0023] 도 1에 도시된 본 발명에 따른 3차원 상태 감시 시스템(101)은 상태 감시용 센서로부터 입력되는 센서 신호를 전처리함으로써 노이즈를 제거를 제거한 후, FFT(Fast Fourier Transform) 처리를 통하여 스펙트럼 데이터를 생성한다. 또한 본 발명에 따른 3차원 상태 감시 시스템(101)은 상태 감시 대상인 기계 설비(107)의 부품에 대한 정보인 기계 설비 정보를 바탕으로 결함 속성 행렬을 추출한다. 그 후, 본 발명에 따른 3차원 상태 감시 시스템(101)은 스펙트럼 데이터와 결함 속성 행렬의 결함 속성을 비교하여 주파수 행렬을 생성한다. 주파수 행렬을 구성하는 각 주파수는 3차원 특징 추출을 위한 경계 조건이 될 수 있다. 이 후, 본 발명에 따른 3차원 상태 감시 시스템(101)은 주파수 행렬을 바탕으로 정보 행렬을 생성하며, 이 때 정보 행렬로부터 3차원 상태 감시 파라미터를 추출한다. 이 후, 본 발명에 따른 3차원 상태 감시 시스템(101)은 추출한 3차원 상태 감시 파라미터를 바탕으로 3차원 상태 감시 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 생성하여 디스플레이 등의 출력 장치를 통하여 출력한다.

[0024] 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 도 1에 도시된 3차원 상태 감시 시스템에서 수행하는 3차원 상태 감시 방법을 나타내는 순서도이다.

[0025] 도 2를 참조하면, 먼저 3차원 상태 감시 시스템은 상태 감시의 대상인 기계 설비에 상응하는 상태 감시용 센서로부터 센서 신호를 입력받는다(단계 201). 3차원 상태 감시 시스템은 상태 감시용 센서로부터 오프라인으로, 또는 통신망을 통한 온라인상으로 실시간으로 센서 신호를 입력받을 수 있다. 본 발명의 바람직한 실시예에서 3차원 상태 감시 시스템은 상태 감시용 센서인 전류 센서로부터 기계 설비의 부하 입력단의 3상 전류 신호와 또 다른 상태 감시용 센서인 진동 주파수 센서로부터 기계 설비의 진동 가속도 신호를 입력받는다. 이 후 단계 203에서, 본 발명에 따른 3차원 상태 감시 시스템은 저주파수 대역 필터(Low Pass Filter, LPF) 및 고주파수 대역 필터(High Pass Filter, HPF)를 사용하여 상태 감시용 센서로부터 입력받은 센서 신호에서 저주파수 노이즈와 고주파수 노이즈를 제거하는 전처리 과정을 수행한다. 이 후 단계 205에서, 본 발명에 따른 3차원 상태 감시 시스템은 전처리 과정이 수행되어 노이즈가 제거된 센서 신호에 대하여 FFT(Fast Fourier Transform) 처리를 수행한다. 센서 신호에 대한 FFT 처리를 통하여, 스펙트럼 데이터가 생성될 수 있다.

[0026] 단계 207에서, 본 발명에 따른 3차원 상태 감시 시스템은 상태 감시의 대상인 기계 설비에 상응하는 기계 설비 정보를 입력받아 저장한다. 기계 설비 정보는 기계 설비의 부품에 대한 정보이며, 예를 들어 베어링, 전동기, 펌프, 기어 등에 대한 정보를 의미한다. 전동기 정보는 극 수, 고정자 슬롯 수, 회전자 봉 수, 운전 속도, 전원 주파수 등을 포함할 수 있다. 펌프 정보는 펌프의 잇 수를 포함할 수 있다. 기어 정보는 기어의 잇 수를 포함할 수 있다. 관리자는 3차원 상태 감시 시스템이 제공하는 그래픽 사용자 인터페이스(GUI) 중 기계 설비 정보 입력 화면을 통하여 기계 설비 정보를 입력할 수 있다. 본 발명에 따른 기계 설비 정보 입력 화면의 일예는 도 3에 도시되어 있다. 도 3을 참조하면, 관리자는 기계 설비별로 기계 설비 정보를 입력할 수 있다. 예를 들어 베어링 정보는 베어링 정보 입력부(301)를 통하여 입력될 수 있으며, 모터 정보는 모터 정보 입력란(303)을 통하여 입력될 수 있다. 각 기계 설비별로 입력되는 기계 설비 정보는 3차원 상태 감시 시스템의 저장부(미도시)에 저장될 수 있다. 이 후 단계 209에서, 본 발명에 따른 3차원 상태 감시 시스템은 아래 표 1을 참조하여 단계 207에서 입력되어 저장된 기계 설비 정보를 바탕으로 결함 속성을 산출하며, 산출된 결함 속성을 바탕으로 결함 속성 행렬을 추출한다.

[0027] <표 1>

속성번호	센서종류	주파수 정보	측정값
1	가속도	$1 \times f_{op}$	Peak value
2	가속도	$2 \times f_{op}$	Peak value
3	가속도	$3 \times f_{op}$	Peak value
4	가속도	$1/2 \times f_{op}$	Peak value
5	가속도	$f_{op} \times \text{BPFO}$	Peak value
6	가속도	$f_{op} \times \text{BPFI}$	Peak value
7	가속도	$f_{op} \times \text{BSF}$	Peak value
8	가속도	$f_{op} \times \text{FTF}$	Peak value
9	가속도	$f_{op} \times f_p$	Peak value
10	가속도	$f_{op} \times f_s$	Peak value
11	전류	$f_i + \text{BPFO}$	Peak value
12	전류	$f_i + \text{BPFI}$	Peak value
13	전류	$f_i + \text{BSF}$	Peak value
14	전류	$f_i + \text{FTF}$	Peak value
15	전류	$f_i + 2 \times \text{BPFO}$	Peak value
16	전류	$f_i + 2 \times \text{BPFI}$	Peak value
17	전류	$f_i + 2 \times \text{BSF}$	Peak value
18	전류	$f_i + 2 \times \text{FTF}$	Peak value
19	전류	$f_i + 2 \times f_{st}$	Peak value

[0029] 표 1에서 f_{op} 는 기계 설비 정보 중 회전 속도 주파수를 의미하며, BPFO(Bearing Pass Frequency of Outer Race)는 기계 설비 정보 중 베어링 외륜 결함 주파수를 의미하며, BPFI(Bearing Pass Frequency of Inner Race)는 기계 설비 정보 중 베어링 내륜 결함 주파수를 의미하며, BSF(Ball Spin Fault)는 기계 설비 정보 중 베어링 볼 결함 주파수를 의미하며, FTF(Fundamental Train Frequency)는 기계 설비 정보 중 케이지 결함 주파수를 의미하며, f_p 는 기계 설비 정보 중 전동기 극 수를 의미하며, f_s 는 기계 설비 정보 중 슬롯 수를 의미하며, f_i 는 기계 설비 정보 중 전원 입력 주파수를 의미하며, f_{st} 는 기계 설비 정보 중 슬립 주파수를 의미한다. 상기 기계 설비 정보를 바탕으로 표 1과 같이 결함 속성이 계산될 수 있다.

[0030] 단계 211에서, 본 발명에 따른 3차원 상태 감시 시스템은 단계 209에서 계산한 결함 속성과 가속도 신호, 전류 신호와 같은 실제 상태 감시용 센서로부터의 센서 신호를 바탕으로 단계 205에서 생성된 스펙트럼 데이터를 비교하여, 도 4에 예시적으로 도시된 바와 같은 주파수 행렬을 생성한다. 주파수 행렬을 구성하는 각 주파수 F1, F2, F3, F4 등(M1, M2, M3, M4 등은 측정 회수를 의미함)은 결함 속성과 스펙트럼 데이터의 비교를 통하여 구성

되는 것으로서, 3차원 상태 감시 파라미터의 추출을 위한 경계 조건이 된다. 즉 단계 211에서 본 발명에 따른 3차원 상태 감시 시스템은 결합 속성 및 스펙트럼 데이터를 바탕으로 결합의 경계 조건인, 주파수 행렬을 구성하는 각 주파수 F1, F2, F3, F4 등을 설정할 수 있다.

[0031] 단계 213에서, 본 발명에 따른 3차원 상태 감시 시스템은 단계 211에서 주파수 행렬을 구성하도록 설정되는 각 주파수 F1, F2, F3, F4 등의 벡터를 확률 변수로 하여 정방형의 정보 행렬을 생성한다. 정보 이론에 따르면, 2개의 확률 변수의 상호 정보는 두 확률 변수의 상호 의존성을 측정하는 정량적 값을 의미하며, 2개의 확률 변수(예를 들어, X, Y)의 상호 정보는 수학식 1과 같이 정의된다.

수학식 1

$$I(X;Y)=\sum_{y\in Y}\sum_{x\in X}p(x,y)\log\left(\frac{p(x,y)}{p_1(x)p_2(y)}\right)$$

[0032]

[0033] 여기서, p(x,y)는 X, Y의 결합확률분포함수이고, p₁(x)와 p₂(y)는 X, Y의 주변확률분포함수이다. 직관적으로, 상호 정보는 확률 변수 X와 Y의 공유하는 양에 대한 값이다. 예를 들면, 확률 변수 X와 Y의 특징이 독립이라면 X는 Y에게 어떠한 정보도 제공하지 못하며 역으로 Y도 X에게 어떠한 정보도 제공하지 못하기 때문에, 결과적으로 상호 정보는 '0'이 된다. 본 발명에 따른 3차원 상태 감시 방법에서, 확률 변수는 단계 211에서 생성된 주파수 행렬의 F1, F2, F3, F4 등의 벡터가 되며, 도 5에 예시적으로 도시되어 있는 정방형의 정보 행렬이 생성될 수 있다.

[0034] 생성되는 정보 행렬은 확률 변수인 F1, F2, F3, F4 등의 벡터들 상호간의 공유도(상호 의존성)를 나타낸다. 따라서 본 발명에 따른 3차원 상태 감시 시스템은 생성된 정보 행렬을 바탕으로 확률 변수 서로 간의 공유도가 높은 고유치(eigen value)와 고유 벡터(eigen vector)를 구함으로써 결합에 대한 공유도가 높은 새로운 파라미터인 3차원 상태 감시 파라미터를 추출할 수 있다(단계 215). 구체적으로 살펴보면, 고유치 및 고유 벡터는 아래 수학식 2로부터 산출될 수 있다.

수학식 2

$$IT_i=\lambda_iT_i$$

[0035]

[0036] 여기서, λ_i는 정보 행렬 I의 i번째 고유치를 의미하며, T_i는 고유 벡터를 의미한다. 따라서 주어진 측정 데이터 벡터의 m개의 상태 감시 파라미터는 정보 행렬 I로부터 산출되는 고유 벡터와 원래의 데이터 X의 곱의 형태가 되는 y 벡터로 표시되며, 아래 수학식 3과 같이 주어진다.

수학식 3

$$y_i=[y_1,y_2,\dots,y_m]=[T_1^TX,T_2^TX,\dots,T_m^TX]=T^TX$$

[0037]

[0038] 수학식 3과 같이 추출되는 y 벡터들이 상술한 3차원 상태 감시 파라미터가 될 수 있다.

[0039] 단계 217에서, 본 발명에 따른 3차원 상태 감시 시스템은 단계 215에서 추출한 3차원 상태 감시 파라미터를 바탕으로 도 6에 예시적으로 도시된 바와 같은 3차원 상태 감시 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 생성하여 디스플레이 등과 같은 출력부(도 1 참조)에 출력할 수 있다. 도 6에서 도면 부호 '603'은 정상 상태를 나타내며, 도면 부호 '605'는 결합 상태를 나타낸다. 또한 도면 부호 '601'은 3차원 상태 감시 알람 레벨을 나타내는 바, 이는 아래 수학식 4와 같이 정상 상태의 파라미터 값 y_i의 표준편차이며, 그 결과는 3차원의 구 형태로 표현된다.

수학식 4

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

[0040]

[0041]

이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0042]

도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 3차원 상태 감시 시스템을 개략적으로 나타낸 도면.

[0043]

도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 도 1에 도시된 3차원 상태 감시 시스템에서 수행하는 3차원 상태 감시 방법을 나타내는 순서도.

[0044]

도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기계 설비 정보 입력 화면의 일예를 나타낸 도면.

[0045]

도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 주파수 행렬의 일예를 나타낸 도면.

[0046]

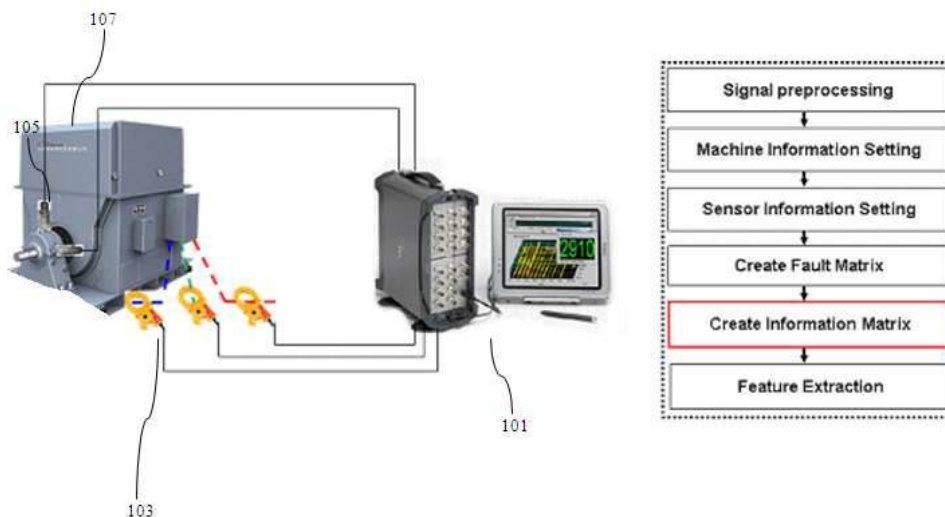
도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 정보 행렬의 일예를 나타낸 도면.

[0047]

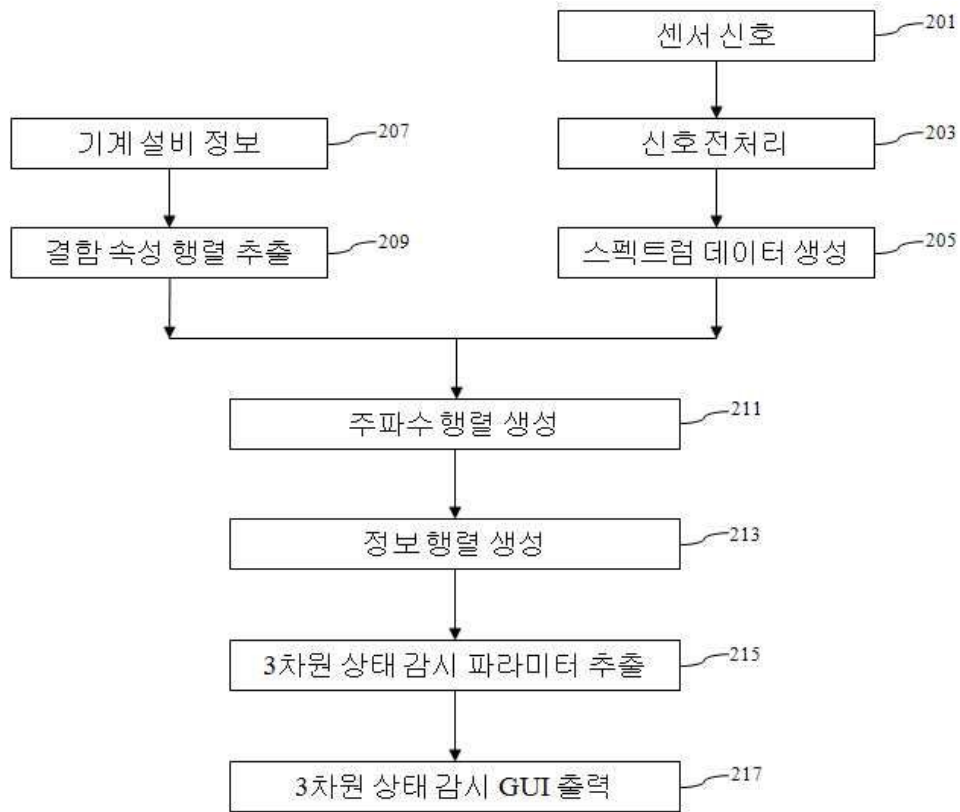
도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 3차원 상태 감시 GUI의 일예를 나타낸 도면.

도면

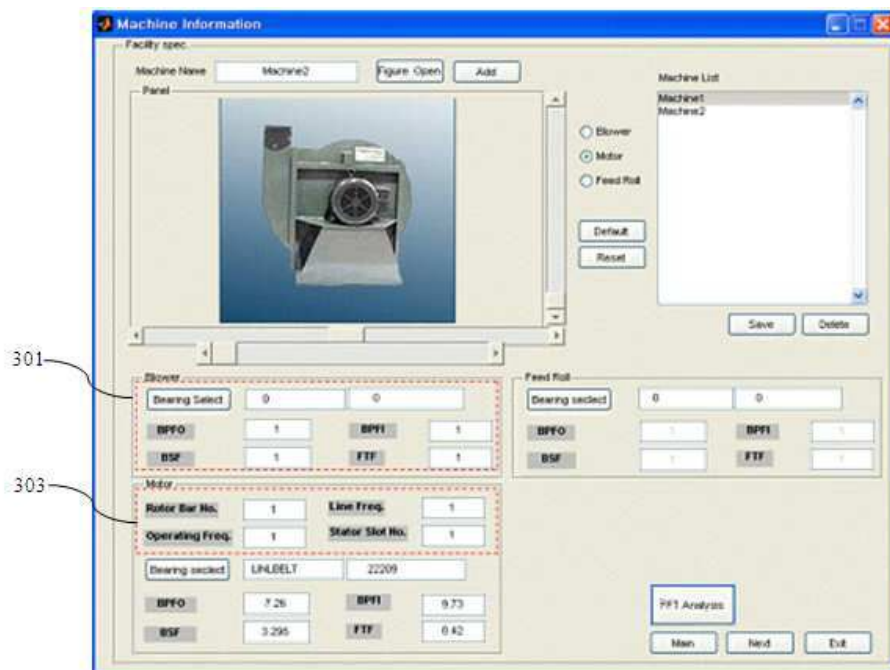
도면1



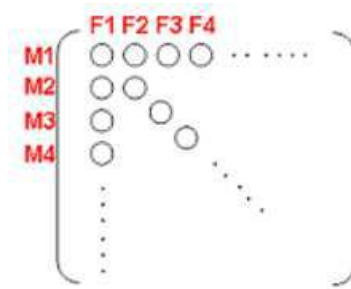
도면2



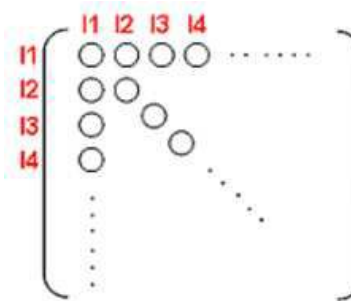
도면3



도면4



도면5



도면6

