



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0026554
(43) 공개일자 2019년03월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/34 (2006.01) G01R 23/16 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01R 31/34 (2013.01)
G01R 23/16 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0071438
(22) 출원일자 2018년06월21일
심사청구일자 2018년06월21일
(30) 우선권주장
1020170113245 2017년09월05일 대한민국(KR)

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
김종면
울산광역시 남구 옥현로60번길 8, 내집처럼 301호
(무거동)
김재영
부산광역시 수영구 과정로73번길 30, 2층 (망미동)
(74) 대리인
김종선, 이형석

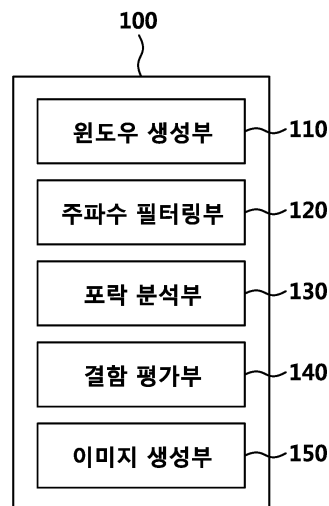
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 결함 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 결함 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 장치 및 방법에 관한 것으로서, 본 발명의 실시 예에 따른 기계 상태 모니터링 장치는, 각 결함 상태의 기계로부터 결함 신호를 미리 획득하고 상기 획득된 결함 신호를 정렬하여 대표 포락 스펙트럼을 추출하는 결함별 가중치 윈도우를 생성하는 윈도우 생성부; 모니터링 대상이 되는 기계로부터 획득된 모니터링 신호를 후보 주파수 대역으로 필터링하는 주파수 필터링부; 상기 필터링된 모니터링 신호를 포락 분석하여 포락 스펙트럼을 생성하는 포락 분석부; 각 후보 주파수 대역들에 대해 상기 결함별 가중치 윈도우와 상기 생성된 포락 스펙트럼을 이용하여 상기 모니터링 대상이 되는 기계의 결함 성분을 추출하고, 상기 추출된 결함 성분을 이용하여 결함 평가 지표를 산출하는 결함 평가부; 및 상기 산출된 결함 평가 지표를 이용하여 결함 이미지를 생성하는 이미지 생성부;를 포함한다.

대표도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415151173
 부처명 산업통상자원부
 연구관리전문기관 한국에너지기술평가원
 연구사업명 에너지안전기술개발
 연구과제명 산업설비 압력용기/탱크 음향방출 진단장비 및 모니터링 시스템 개발
 기 여 율 1/5
 주관기관 울산대학교산학협력단
 연구기간 2017.01.01 ~ 2017.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415150552
 부처명 산업통상자원부
 연구관리전문기관 한국에너지기술평가원
 연구사업명 청정화력핵심기술개발
 연구과제명 순환유동층 보일러 furnace 고장예측 진단시스템
 기 여 율 1/5
 주관기관 영진(주)
 연구기간 2016.11.01 ~ 2017.09.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415151846
 부처명 산업통상자원부
 연구관리전문기관 한국에너지기술평가원
 연구사업명 자원개발기술개발
 연구과제명 IoT 기반 유·가스 수송/처리시스템 진단 및 통합운영기술 개발
 기 여 율 1/5
 주관기관 (주)지티씨
 연구기간 2017.05.01 ~ 2017.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711040740
 부처명 미래창조과학부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 이공계전문기술·연구인력양성(한국연구재단)
 연구과제명 인공지능기반 화학용 펌프 베어링 모니터링 및 3D프린팅 시스템 개발
 기 여 율 1/5
 주관기관 울산대학교
 연구기간 2016.06.01 ~ 2017.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345256264
 부처명 교육부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 이공학개인기초연구지원
 연구과제명 음향방출 및 진동 기술을 이용한 상수도관 상태 모니터링 및 결함 진단 시스템 개발
 기 여 율 1/5
 주관기관 울산대학교
 연구기간 2016.11.01 ~ 2017.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

각 결함 상태의 기계로부터 결함 신호를 미리 획득하고 상기 획득된 결함 신호를 정렬하여 대표 포락 스펙트럼을 추출하는 결함별 가중치 윈도우를 생성하는 윈도우 생성부;

모니터링 대상이 되는 기계로부터 획득된 모니터링 신호를 후보 주파수 대역으로 필터링하는 주파수 필터링부;

상기 필터링된 모니터링 신호를 포락 분석하여 포락 스펙트럼을 생성하는 포락 분석부;

각 후보 주파수 대역들에 대해 상기 결함별 가중치 윈도우와 상기 생성된 포락 스펙트럼을 이용하여 상기 모니터링 대상이 되는 기계의 결함 성분을 추출하고, 상기 추출된 결함 성분을 이용하여 결함 평가 지표를 산출하는 결함 평가부; 및

상기 산출된 결함 평가 지표를 이용하여 결함 이미지를 생성하는 이미지 생성부;

를 포함하는 결함 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 윈도우 생성부는,

상기 기계로부터 상기 결함 신호를 미리 획득하여 상기 포락 스펙트럼을 생성하는 포락 스펙트럼 생성부;

상기 포락 스펙트럼을 기설정된 방법으로 정렬하는 포락 스펙트럼 정렬부;

정렬된 상기 포락 스펙트럼으로부터 중간값을 추출하여 대표 포락 스펙트럼으로 설정하는 대표 포락 스펙트럼 설정부; 및

상기 대표 포락 스펙트럼을 기설정된 범위로 정규화하여 상기 결함별 가중치 윈도우를 생성하는 가중치 윈도우 생성부;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 대표 포락 스펙트럼 설정부는,

상기 포락 스펙트럼의 수가 홀수인 경우에는 각 스펙트럼 값의 가운데 값을 상기 대표 포락 스펙트럼으로 추출하고,

상기 포락 스펙트럼의 수가 짝수인 경우에는 가운데 값 전후의 포락 스펙트럼 값의 평균을 추출하여 상기 대표 포락 스펙트럼으로 설정하는 것을 특징으로 하는 결함 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 포락 스펙트럼 생성부는,

상기 결함 신호로부터 기설정된 결함 주파수를 기준으로 관심 주파수 대역의 크기만큼의 포락 스펙트럼을 추출하는 것을 특징으로 하는 결함 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 결함 평가부는,

상기 생성된 결함별 가중치 윈도우와 상기 포락 스펙트럼을 곱하여 상기 모니터링 대상이 되는 기계의 결함 성분을 추출하는 결함 성분 추출부; 및

상기 결함 성분의 합을 이용하여 상기 결함 평가 지표를 계산하는 평가 지표 계산부;

를 포함하는 결함 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 이미지 생성부는,

주파수 분해 레벨 및 노드 인덱스에 대응되는 상기 결함 평가 지표를 이용하여 각 행과 각 열에 따른 이미지를 생성하는 것을 특징으로 하는 결함 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 장치.

청구항 7

기계 상태 모니터링 장치에 의해 수행되는 결함 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 방법에 있어서,

각 결함 상태의 기계로부터 결함 신호를 미리 획득하고 상기 획득된 결함 신호를 정렬하여 대표 포락 스펙트럼을 추출하는 결함별 가중치 윈도우를 생성하는 단계;

모니터링 대상이 되는 기계로부터 획득된 모니터링 신호를 후보 주파수 대역으로 필터링하는 단계;

상기 필터링된 모니터링 신호를 포락 분석하여 포락 스펙트럼을 생성하는 단계;

각 후보 주파수 대역들에 대해 상기 결함별 가중치 윈도우와 상기 생성된 포락 스펙트럼을 이용하여 상기 모니터링 대상이 되는 기계의 결함 성분을 추출하고, 결함 평가 지표를 산출하는 단계; 및

상기 산출된 결함 평가 지표를 이용하여 결함 이미지를 생성하는 단계;

를 포함하는 결함 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 결함별 가중치 윈도우를 생성하는 단계는,

상기 각 결함 상태의 기계로부터 상기 결함 신호를 미리 획득하여 포락 스펙트럼을 생성하는 단계;

상기 포락 스펙트럼을 기설정된 방법으로 정렬하고, 가운데 값을 추출하여 대표 포락 스펙트럼으로 설정하는 단계; 및

상기 대표 포락 스펙트럼을 기설정된 범위로 정규화하여 상기 결함별 가중치 윈도우를 생성하는 단계;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 대표 포락 스펙트럼으로 설정하는 단계는,

상기 포락 스펙트럼의 수가 홀수인 경우에는 각 스펙트럼 값의 가운데 값을 상기 대표 포락 스펙트럼으로 추출하고,

상기 포락 스펙트럼의 수가 짝수인 경우에는 가운데 값 전후의 포락 스펙트럼 값의 평균을 추출하여 상기 대표 포락 스펙트럼으로 설정하는 것을 특징으로 하는 결함 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 결합 포락 스펙트럼을 생성하는 단계는,

상기 포락 스펙트럼으로부터 기설정된 결합 주파수를 기준으로 관심 주파수 대역의 크기만큼의 상기 결합 포락 스펙트럼을 추출하는 것을 특징으로 하는 결합 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 방법.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 결합 평가 지표를 산출하는 단계는,

상기 결합별 가중치 윈도우와 상기 포락 스펙트럼을 곱하여 상기 모니터링 대상이 되는 기계의 결합 성분을 추출하는 단계; 및

상기 결합 성분의 합을 이용하여 상기 결합 평가 지표를 계산하는 단계;

를 포함하는 결합 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 방법.

청구항 12

제7항에 있어서,

상기 결합 이미지를 생성하는 단계는,

주파수 분해 레벨 및 노드 인덱스에 대응되는 상기 결합 평가 지표를 이용하여 각 행과 각 열에 따른 이미지를 생성하는 것을 특징으로 하는 결합 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 결합 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 결합별 가중치 윈도우와 포락 스펙트럼을 이용하여 모니터링 대상이 되는 기계의 결합 성분을 추출하고, 그 추출된 결합 성분을 이용하여 결합 평가 지표를 산출하고, 산출된 결합 평가 지표를 이용하여 결합 이미지를 생성함으로써, 기계 상태를 정확하게 모니터링할 수 있는, 결합 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 전기설비는 부하에 공급되는 전원을 전환, 차단, 변환 등을 수행하는 기기로서, 절연상태가 불량하거나 경년 열화에 의하여 절연성이 약화되면 재해발생의 원인이 된다. 종래에는 전기소자에 의한 재해가 발생된 후, 그 재해원인을 치유하거나 간단한 점검작업에 의존하는 것이 통상적이었다. 즉, 일정 주기로 전기설비에 대해 고장점검을 실시하고 있으나, 다수의 점검인력으로 경험에 의존하여 점검이 이루어져 왔으므로 비능률적이었다. 더욱이, 각각의 전기설비에 대해 일일이 고장점검을 수행해야 했으므로 번거롭고 불편한 단점이 있었다.

[0003] 이를 해결하기 위하여, 대한민국 공개특허공보 제10-1998-069423호에는 전기설비의 고장으로 인한 재해를 미연에 방지하기 위해 전기설비에서 스위칭이나 고장시의 주파수 특성을 사전에 데이터베이스로 구축해 두고 전기설비로부터 측정된 감지신호와 비교함으로써 전기설비의 고장을 실시간으로 검출할 수 있도록 한 주파수 특성을 이용한 전기설비 고장진단장치 및 그 방법이 개시되었다.

[0004] 도 1은 종래기술에 따른 고장 상태 모니터링 방법의 기본 원리를 설명하기 위한 도면이다.

[0005] 도 1의 (a)는 베어링 외륜 결함을, (b)는 축 불균형 결함을 나타낸 것으로, 이와 같이 고장이 발생할 수 있는 기계의 위치에 센서를 부착하여 신호를 취득하고, (c)에 도시된 바와 같이 취득된 신호를 주파수 영역에서 분석하여 고장을 진단할 수 있다.

[0006] 한편, 신뢰성 있는 기계 상태 모니터링을 위해서는 입력 신호(진동, 전류, 전압, 음향 방출 등)로부터 포락 분석 이외에 결합 증상을 가장 잘 드러내는 주파수 대역을 선택하는 것이 중요하다.

[0007] 도 2는 주파수 대역 선택에 따른 결과를 나타내는 그래프로서, (a)는 결합 증상이 포함되지 않은 주파수 대역을

선택 한 경우의 그래프이고, (b)는 결함 증상이 포함된 주파수 대역을 선택한 경우의 그래프를 나타낸 것이다.

[0008] 결함 증상이 포함되어 있는 주파수 대역은 고정되어 있지 않으며, 결함 종류에 따라 그 대역은 각기 다르다. 특히, 베어링 결함은 중 주파수 대역에, 기어박스 결함은 고 주파수 대역에 결함 정보를 많이 포함하고 있다.

[0009] 그러나 이와 같은 종래기술에 따른 고장 상태 모니터링 방법은 입력 신호로부터 포락 분석 이외에 결함 증상을 가장 잘 드러내는 주파수 대역을 선택할 수 없기 때문에 정확한 기계 상태를 모니터링하지 못하여 신뢰성이 낮아지는 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-1998-069423호(1998년10월26일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명의 실시 예들은 결함별 가중치 윈도우와 포락 스펙트럼을 이용하여 모니터링 대상이 되는 기계의 결함 성분을 추출하고, 그 추출된 결함 성분을 이용하여 결함 평가 지표를 산출하고, 산출된 결함 평가 지표를 이용하여 결함 이미지를 생성함으로써, 기계 상태를 정확하게 모니터링할 수 있는, 결함 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 장치 및 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 실시 예에 따르면, 각 결함 상태의 기계로부터 결함 신호를 미리 획득하고 상기 획득된 결함 신호를 정렬하여 대표 포락 스펙트럼을 추출하는 결함별 가중치 윈도우를 생성하는 윈도우 생성부; 모니터링 대상이 되는 기계로부터 획득된 모니터링 신호를 후보 주파수 대역으로 필터링하는 주파수 필터링부; 상기 필터링된 모니터링 신호를 포락 분석하여 포락 스펙트럼을 생성하는 포락 분석부; 각 후보 주파수 대역들에 대해 상기 결함별 가중치 윈도우와 상기 생성된 포락 스펙트럼을 이용하여 상기 모니터링 대상이 되는 기계의 결함 성분을 추출하고, 상기 추출된 결함 성분을 이용하여 결함 평가 지표를 산출하는 결함 평가부; 및 상기 산출된 결함 평가 지표를 이용하여 결함 이미지를 생성하는 이미지 생성부;를 포함하는 결함 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 장치가 제공될 수 있다.

[0013] 상기 상기 윈도우 생성부는, 상기 기계로부터 상기 결함 신호를 미리 획득하여 상기 포락 스펙트럼을 생성하는 포락 스펙트럼 생성부; 상기 포락 스펙트럼을 기설정된 방법으로 정렬하는 포락 스펙트럼 정렬부; 정렬된 상기 포락 스펙트럼으로부터 중간값을 추출하여 대표 포락 스펙트럼으로 설정하는 대표 포락 스펙트럼 설정부; 및 상기 대표 포락 스펙트럼을 기설정된 범위로 정규화하여 상기 결함별 가중치 윈도우를 생성하는 가중치 윈도우 생성부;를 더 포함할 수 있다.

[0014] 상기 대표 포락 스펙트럼 설정부는, 상기 포락 스펙트럼의 수가 홀수인 경우에는 각 스펙트럼 값의 가운데 값을 상기 대표 포락 스펙트럼으로 추출하고, 상기 포락 스펙트럼의 수가 짝수인 경우에는 가운데 값 전후의 포락 스펙트럼 값의 평균을 추출하여 상기 대표 포락 스펙트럼으로 설정할 수 있다.

[0015] 상기 포락 스펙트럼 생성부는, 상기 결함 신호로부터 기설정된 결함 주파수를 기준으로 관심 주파수 대역의 크기만큼의 포락 스펙트럼을 추출할 수 있다.

[0016] 상기 결함 평가부는, 상기 생성된 결함별 가중치 윈도우와 상기 포락 스펙트럼을 곱하여 상기 모니터링 대상이 되는 기계의 결함 성분을 추출하는 결함 성분 추출부; 및 상기 결함 성분의 합을 이용하여 상기 결함 평가 지표를 계산하는 평가 지표 계산부;를 더 포함할 수 있다.

[0017] 상기 이미지 생성부는, 주파수 분해 레벨 및 노드 인덱스에 대응되는 상기 결함 평가 지표를 이용하여 각 행과 각 열에 따른 이미지를 생성할 수 있다.

[0018] 한편, 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 기계 상태 모니터링 장치에 의해 수행되는 결함 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 방법에 있어서, 각 결함 상태의 기계로부터 결함 신호를 미리 획득하고 상기 획득된 결함 신호를

정렬하여 대표 포락 스펙트럼을 추출하는 결합별 가중치 윈도우를 생성하는 단계; 모니터링 대상이 되는 기계로부터 획득된 모니터링 신호를 후보 주파수 대역으로 필터링하는 단계; 상기 필터링된 모니터링 신호를 포락 분석하여 포락 스펙트럼을 생성하는 단계; 각 후보 주파수 대역들에 대해 상기 결합별 가중치 윈도우와 상기 생성된 포락 스펙트럼을 이용하여 상기 모니터링 대상이 되는 기계의 결합 성분을 추출하고, 결합 평가 지표를 산출하는 단계; 및 상기 산출된 결합 평가 지표를 이용하여 결합 이미지를 생성하는 단계;를 포함하는 결합 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 방법이 제공될 수 있다.

[0019] 상기 결합별 가중치 윈도우를 생성하는 단계는, 상기 각 결합 상태의 기계로부터 상기 결합 신호를 미리 획득하여 포락 스펙트럼을 생성하는 단계; 상기 포락 스펙트럼을 기설정된 방법으로 정렬하고, 가운데 값을 추출하여 대표 포락 스펙트럼으로 설정하는 단계; 및 상기 대표 포락 스펙트럼을 기설정된 범위로 정규화하여 상기 결합별 가중치 윈도우를 생성하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0020] 상기 대표 포락 스펙트럼으로 설정하는 단계는, 상기 포락 스펙트럼의 수가 홀수인 경우에는 각 스펙트럼 값의 가운데 값을 상기 대표 포락 스펙트럼으로 추출하고, 상기 포락 스펙트럼의 수가 짝수인 경우에는 가운데 값 전후의 포락 스펙트럼 값의 평균을 추출하여 상기 대표 포락 스펙트럼으로 설정할 수 있다.

[0021] 상기 정규화된 결합 포락 스펙트럼을 생성하는 단계는, 상기 포락 스펙트럼으로부터 기설정된 결합 주파수를 기준으로 관심 주파수 대역의 크기만큼의 상기 결합 포락 스펙트럼을 생성할 수 있다.

[0022] 상기 결합 평가 지표를 산출하는 단계는, 상기 결합별 가중치 윈도우와 상기 포락 스펙트럼을 곱하여 상기 모니터링 대상이 되는 기계의 결합 성분을 추출하는 단계; 및 상기 결합 성분의 합을 이용하여 상기 결합 평가 지표를 계산하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0023] 상기 결합 이미지를 생성하는 단계는, 주파수 분해 레벨 및 노드 인덱스에 대응되는 상기 결합 평가 지표를 이용하여 각 행과 각 열에 따른 이미지를 생성할 수 있다.

발명의 효과

[0024] 본 발명의 실시 예들은 결합별 가중치 윈도우와 포락 스펙트럼을 이용하여 모니터링 대상이 되는 기계의 결합 성분을 추출하고, 그 추출된 결합 성분을 이용하여 결합 평가 지표를 산출하고, 산출된 결합 평가 지표를 이용하여 결합 이미지를 생성함으로써, 기계 상태를 정확하게 모니터링할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 종래기술에 따른 고장 상태 모니터링 방법의 기본 원리를 설명하기 위한 도면이다.
 도 2는 주파수 대역 선택에 따른 결과를 나타내는 그래프이다.
 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 결합 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 장치의 구성도이다.
 도 4는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 기계 상태 모니터링 장치에서의 윈도우 생성부의 구성도이다.
 도 5는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 기계 상태 모니터링 장치에서의 윈도우 생성부의 구성도이다.
 도 6은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 포락 스펙트럼 생성부에 의해 정규화된 결합 포락 스펙트럼을 생성하는 과정을 나타낸 도면이다.
 도 7은 본 발명의 제2 실시 예에 따른 대표 포락 스펙트럼을 설정하는 방법을 나타내는 도면이다.
 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 기계 상태 모니터링 장치에서의 결합 평가부의 구성을 나타낸 도면이다.
 도 9는 본 발명의 실시 예에 따른 결합별 가중치 윈도우 및 포락 스펙트럼을 이용한 결합 성분을 추출 과정을 나타낸 도면이다.
 도 10은 본 발명의 실시 예에 따른 이미지 생성부에서 생성된 결합별 이미지를 나타낸 도면이다.
 도 11은 본 발명의 실시 예에 따른 기계 상태 모니터링 장치에 의해 수행되는 기계 상태 모니터링 방법의 흐름도를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 설명한다. 본 발명에 따른 동작 및 작용을 이해하는 데 필

요한 부분을 중심으로 상세히 설명한다. 본 발명의 실시 예를 설명하면서, 본 발명이 속하는 기술 분야에 익히 알려졌고 본 발명과 직접적으로 관련이 없는 기술 내용에 대해서는 설명을 생략한다. 이는 불필요한 설명을 생략함으로써 본 발명의 요지를 흐리지 않고 더욱 명확히 전달하기 위함이다.

- [0027] 또한, 본 발명의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 동일한 명칭의 구성 요소에 대하여 도면에 따라 다른 참조부호를 부여할 수도 있으며, 서로 다른 도면임에도 동일한 참조부호를 부여할 수도 있다. 그러나 이와 같은 경우라 하더라도 해당 구성 요소가 실시 예에 따라 서로 다른 기능을 갖는다는 것을 의미하거나, 서로 다른 실시 예에서 동일한 기능을 갖는다는 것을 의미하는 것은 아니며, 각각의 구성 요소의 기능은 해당 실시 예에서의 각각의 구성 요소에 대한 설명에 기초하여 판단하여야 할 것이다.
- [0028] 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 결함 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 장치의 구성을 나타낸 도면이다.
- [0029] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시 예에 따른 결함 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 장치(100)는, 윈도우 생성부(110), 주파수 필터링부(120), 포락 분석부(130), 결함 평가부(140) 및 이미지 생성부(150)를 포함할 수 있다.
- [0030] 이하, 도 3의 결함 평가를 이용한 기계 상태 모니터링 장치(100)의 각 구성요소들의 구체적인 구성 및 동작을 설명한다.
- [0031] 윈도우 생성부(110)는 각 결함 상태의 기계로부터 결함 신호를 미리 획득하고 그 획득된 결함 신호를 분석하여 결함별 가중치 윈도우를 생성한다. 예를 들면, 윈도우 생성부(110)는 기계의 각 결함 상태로부터 진동 신호 및 음향방출 신호를 사전에 취득하여 가중치 윈도우를 생성할 수 있다.
- [0032] 주파수 필터링부(120)는 모니터링 대상이 되는 기계로부터 획득된 모니터링 신호를 후보 주파수 대역으로 필터링한다. 여기서, 모니터링 신호는 기계로부터 실시간으로 취득된 신호일 수 있다. 주파수 필터링부(120)는 실시간으로 취득된 모니터링 신호를 후보 주파수 대역으로 필터링할 수 있다.
- [0033] 포락 분석부(130)는 주파수 필터링부(120)에서 필터링된 모니터링 신호를 포락 분석하여 포락 스펙트럼을 생성한다. 즉, 포락 분석부(130)는 필터링된 모니터링 신호를 포락 분석하여 포락 스펙트럼을 구할 수 있다.
- [0034] 결함 평가부(140)는 각 후보 주파수 대역들에 대해, 윈도우 생성부(110)에서 생성된 결함별 가중치 윈도우와 포락 분석부(130)에서 생성된 포락 스펙트럼을 이용하여 모니터링 대상이 되는 기계의 결함 성분을 추출한다. 그리고 결함 평가부(140)는 그 추출된 결함 성분을 이용하여 결함 평가 지표를 산출한다. 여기서, 결함 성분 추출부(141)는 각 결함에 대한 가중치 윈도우를 포락 스펙트럼에 곱하고, 가중치 윈도우가 곱해진 포락 스펙트럼의 합을 계산하여 결함 증상의 포함 정도를 평가할 수 있다.
- [0035] 이미지 생성부(150)는 산출된 결함 평가 지표를 이용하여 결함 이미지를 생성한다. 여기서, 이미지 생성부(150)는 각 부대역별로 평가된 결함증상의 포함정도를 통해 결함 이미지를 생성할 수 있다.
- [0036] 도 4는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 기계 상태 모니터링 장치에서의 윈도우 생성부의 구성을 나타낸 도면이다.
- [0037] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시 예에 따른 윈도우 생성부(110-1)는, 포락 스펙트럼 생성부(111), 스펙트럼 평균 계산부(112), 공분산 행렬 계산부(113), 고유 벡터 계산부(114) 및 가중치 윈도우 생성부(115)를 포함할 수 있다.
- [0038] 이하, 도 4의 윈도우 생성부(110-1)의 각 구성요소들의 구체적인 구성 및 동작을 설명한다.
- [0039] 포락 스펙트럼 생성부(111)는 각 결함 상태의 기계로부터 결함 신호를 미리 획득하고, 그 획득된 결함 신호의 포락 스펙트럼으로부터 정규화된 결함 포락 스펙트럼을 생성할 수 있다.
- [0040] 일례로, 포락 스펙트럼 생성부(111)는 N개의 미리 획득된 기존 신호로부터 결함 포락 스펙트럼을 하기의 [수학식 1]과 같이 계산할 수 있다.

수학식 1

$$P_j(i) = S_j(k), \forall i \in [0, f], \forall j \in [1, N], \forall k \in [f_{fault} - f/2, f_{fault} + f/2]$$

[0042] 여기서,

[0043] 그리고 포락 스펙트럼 생성부(111)는 계산된 결함 포락 스펙트럼으로부터 정규화된 결함 포락 스펙트럼을 하기의 [수학식 2]와 같이 계산할 수 있다.

수학식 2

$$[0044] \quad \bar{P}_j(i) = (P_j(i) - \min(P_j)) / (\max(P_j) - \min(P_j)), \quad 0 \leq \bar{P}_j \leq 1$$

[0045] 여기서, S는 포락 스펙트럼, P는 결함 포락 스펙트럼, $\bar{P}$ 는 정규화된 결함 포락 스펙트럼, f_{fault} 는 결함 주파수, f 는 관심주파수 대역 크기, N은 미리 획득된 기준 데이터의 개수를 나타낸다.

[0046] 스펙트럼 평균 계산부(112)는 포락 스펙트럼 생성부(111)에서 생성된 정규화된 결함 포락 스펙트럼에 대해서 스펙트럼 평균을 계산할 수 있다.

[0047] 일례로, 스펙트럼 평균 계산부(112)는 정규화된 결함 포락 스펙트럼 각각에 대해 평균을 하기의 [수학식 3]과 같이 계산할 수 있다.

수학식 3

$$[0048] \quad P_m(j) = \frac{1}{f} \sum_{i=0}^f \bar{P}_j(i) = \text{mean}(\bar{P}_j)$$

[0049] 공분산 행렬 계산부(113)는 포락 스펙트럼 생성부(111)에서 생성된 정규화된 결함 포락 스펙트럼에 대해서 공분산 행렬을 계산할 수 있다.

[0050] 일례로, 공분산 행렬 계산부(113)는 정규화된 결함 포락 스펙트럼들에 대해 공분산 행렬 C를 하기의 [수학식 4]와 같이 계산할 수 있다.

수학식 4

$$[0051] \quad \sigma_{i,j}^2 = \text{mean}(\bar{P}_i \cdot \bar{P}_j) - P_m(i) \cdot P_m(j),$$

$$C = \begin{bmatrix} \sigma_{1,1}^2 & \cdots & \sigma_{1,N}^2 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{N,1}^2 & \cdots & \sigma_{N,N}^2 \end{bmatrix}$$

[0052] 여기서, $\sigma_{i,j}^2$ 는 공분산, C는 공분산 행렬을 나타낸다.

[0053] 고유 벡터 계산부(114)는 고유치 분해를 통해 공분산 행렬의 고유 벡터들을 계산할 수 있다.

[0054] 일례로, 고유 벡터 계산부(114)는 고유치 분해를 통해 공분산 행렬의 고유 벡터들을 하기의 [수학식 5]와 같이 계산할 수 있다.

수학식 5

[0055]

$$C = [e_1, \dots, e_N] \begin{pmatrix} \lambda_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \lambda_N \end{pmatrix} [e_1, \dots, e_N]^T, \quad e_i = \begin{bmatrix} e_{i,1} \\ \vdots \\ e_{i,N} \end{bmatrix}$$

[0056] 여기서, λ_i 와 e_i 는 각각 서로 대응되는 고유치와 고유벡터를 나타낸다.

[0057] 가중치 윈도우 생성부(115)는 고유 벡터 계산부(114)에서 계산된 고유 벡터들에서 고유치가 최대인 고유 벡터를 선택할 수 있다.

[0058] 일례로, 가중치 윈도우 생성부(115)는 계산된 고유 벡터들에서 고유치가 최대인 고유 벡터를 하기의 [수학식 6]과 같이 선택할 수 있다.

수학식 6

[0059]

$$\hat{e} = \arg \max_e \{(\lambda_e)\}$$

[0060] 여기서, $\hat{e}$ 은 고유치가 최대인 고유 벡터, λ_e 은 계산된 고유 벡터들에 대한 고유치를 나타낸다.

[0061] 가중치 윈도우 생성부(115)는 그 선택된 고유 벡터와 상기 정규화된 결함 포락 스펙트럼을 내적하여 결함별 가중치 윈도우를 생성한다. 일례로, 결함별 가중치 윈도우는 하기의 [수학식 7]과 같이 생성될 수 있다.

수학식 7

[0062]

$$W = P\hat{e}, P = [\bar{P}_1, \dots, \bar{P}_N]$$

[0063] 여기서, W 는 결함별 가중치 윈도우, P 는 정규화된 결함 포락 스펙트럼을 나타낸다.

[0064] 도 6은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 포락 스펙트럼 생성부에 의해 정규화된 결함 포락 스펙트럼을 생성하는 과정을 나타낸 도면이다.

[0065] 포락 스펙트럼 생성부(111)는 획득된 결함 신호의 포락 스펙트럼으로부터 기설정된 결함 주파수를 기준으로 관심 주파수 대역의 크기만큼의 결함 포락 스펙트럼을 추출할 수 있다.

[0066] 그리고 포락 스펙트럼 생성부(111)는 추출된 결함 포락 스펙트럼에서 최소 및 최대의 결함 포락 스펙트럼을 이용하여 정규화된 결함 포락 스펙트럼을 생성할 수 있다.

[0067] 도 6을 참고하여 살펴보면, 포락 스펙트럼 생성부(111)는 j번째 신호의 포락 스펙트럼(S_j)에서 결함 주파수 f_{fault} 를 기준으로 관심주파수 대역 크기만큼 양쪽의 주파수 대역을 추출하여 j번째 신호의 결함 포락 스펙트럼(P_j)을 추출할 수 있다.

[0068] 그리고 포락 스펙트럼 생성부(111)는 추출된 결함 포락 스펙트럼(P_j)을 이용하여 j번째 신호의 정규화된 결함

포락 스펙트럼($\bar{P}_j$)을 생성할 수 있다. 여기서, 정규화된 결합 포락 스펙트럼($\bar{P}_j$)은 크기가 0에서 1의 범위로 정규화될 수 있다.

- [0069] 도 5는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 기계 상태 모니터링 장치에서의 윈도우 생성부의 구성을 나타낸 도면이다.
- [0070] 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시 예에 따른 윈도우 생성부(110-2)는, 포락 스펙트럼 생성부(116), 포락 스펙트럼 정렬부(117), 대표 포락 스펙트럼 설정부(118), 및 가중치 윈도우 생성부(119)를 포함할 수 있다.
- [0071] 이하, 도 5의 윈도우 생성부(110-2)의 각 구성요소들의 구체적인 구성 및 동작을 설명한다.
- [0072] 포락 스펙트럼 생성부(116)는 각 결합 상태의 기계로부터 결합 신호를 미리 획득하고, 그 획득된 결합 신호의 포락 스펙트럼으로부터 결합 포락 스펙트럼을 생성할 수 있다.
- [0073] 일례로, 포락 스펙트럼 생성부(116)는 상기 도 4의 포락 스펙트럼 생성부(111)와 동일한 구조로 구성될 수 있으나, 결합 상태의 기계로부터 결합 신호를 획득하여 결합 신호의 포락 스펙트럼을 생성할 수 있다면 제한을 두지 않는다.
- [0074] 포락 스펙트럼 정렬부(117)는 포락 스펙트럼 생성부(116)에서 생성된 결합 포락 스펙트럼에 대해서 정렬할 수 있다.
- [0075] 일례로, 포락 스펙트럼 정렬부(117)는 포락 스펙트럼 생성부(116)에서 생성된 각 포락 스펙트럼을 오름차순 또는 내림차순으로 정렬할 수 있다.
- [0076] 대표 포락 스펙트럼 설정부(118)는 포락 스펙트럼 정렬부(117)에서 정렬한 포락 스펙트럼 중 어느하나의 값을 취하여 대표 포락 스펙트럼으로 설정할 수 있다.
- [0077] 일례로, 포락 스펙트럼 설정부(118)에서 오름차순 또는 내림차순으로 정렬한 포락 스펙트럼 값들 중 가운데 값을 선택하여 대표 포락 스펙트럼으로 지정할 수 있다.
- [0078] 가중치 윈도우 생성부(119)는 대표 포락 스펙트럼 설정부(118)에서 설정한 대표 포락 스펙트럼을 정규화하여 결합 별 가중치 윈도우를 생성할 수 있다.
- [0079] 일례로, 가중치 윈도우는 획득한 대표 포락 스펙트럼을 0 내지 1의 값으로 정규화하여 결합 별 가중치 윈도우를 생성할 수 있으며, 상기 0 내지 1의 범위는 기설정된 값으로써 그 범위를 제한하지 않는다.
- [0080] 도 7은 본 발명의 제2 실시 예에 따른 대표 포락 스펙트럼을 설정하는 방법을 나타내는 도면이다.
- [0081] 포락 스펙트럼 생성부(116)는 획득된 결합 신호의 포락 스펙트럼으로부터 기설정된 결합 주파수를 기준으로 관심 주파수 대역의 크기만큼의 결합 포락 스펙트럼을 추출할 수 있다.
- [0082] 상기 결합 포락 스펙트럼은 둘 이상의 복수 개로 구성되며 이러한 결합 포락 스펙트럼은 추출된 순서대로 정렬되기 때문에 무작위 상태로 구성되어 있으며, 이러한 상태에서 종래의 PCA방법을 이용하여 대표 포락 스펙트럼을 추출하는 경우, 노이즈로 인한 잘못 측정된 포락 스펙트럼이 대표 값으로 추출됨으로 인하여 측정 결과에 오류가 발생할 위험이 존재한다.
- [0083] 상기와 같은 오류의 발생을 제거하기 위하여 포락 스펙트럼 정렬부(117)는 획득한 각 결합 신호의 포락 스펙트럼을 정렬할 수 있다.
- [0084] 포락 스펙트럼 정렬부(117)에서 각 결합 신호의 포락 스펙트럼을 정렬하는 방법은 오름차순 또는 내림차순 형태로 정렬할 수 있으며, 본 실시 예에서는 내림차순으로 정렬하는 예시를 이용하였으나, 그 정렬 방법에는 제한을 두지 않는다.
- [0085] 대표 포락 스펙트럼 설정부(118)는 내림차순으로 정렬된 포락 스펙트럼의 중간 값을 대표 포락 스펙트럼으로 설정할 수 있다.
- [0086] 상기 정렬된 포락 스펙트럼의 수가 홀수인 경우에는 도 7의 (a)와 같이 중간에 위치하는 포락 스펙트럼을 대표 포락 스펙트럼으로 설정할 수 있다. 예를 들어, 포락 스펙트럼의 수가 5개라면 중간에 위치하는 3번째의 포락 스펙트럼 값을 대표 값으로 설정할 수 있다.

- [0087] 대표 포락 스펙트럼이 설정되면 가중치 윈도우 생성부(119)는 기설정된 범위로 대표 포락 스펙트럼을 정규화할 수 있다.
- [0088] 그러나, 정렬된 포락 스펙트럼의 수가 짝수인 경우에는 중간 값이 존재하지 않으므로 다른 방법을 이용하여 대표 포락 스펙트럼을 설정해야 한다.
- [0089] 또 다른 실시 예인 도 7의 (b)를 참조하면, 포락 스펙트럼 생성부(116)에서 획득한 결합 포락 스펙트럼의 수를 4개라고 가정한다.
- [0090] 획득한 결합 포락 스펙트럼을 포락 스펙트럼 정렬부(117)에서 내림차순으로 정렬할 수 있다.
- [0091] 대표 포락 스펙트럼 설정부(118)는 내림차순으로 정렬된 결합 포락 스펙트럼에서 중간에 위치하는 중간 값의 상하에 위치하는 2, 3번의 포락 스펙트럼을 획득할 수 있다.
- [0092] 대표 포락 스펙트럼 설정부(118)는 획득한 2, 3번의 결합 포락 스펙트럼을 더한 뒤 절반으로 나눈 값인 2, 3번의 평균 값을 대표 포락 스펙트럼으로 설정할 수 있다.
- [0093] 대표 포락 스펙트럼이 설정되면 가중치 윈도우 생성부(119)는 기설정된 범위로 대표 포락 스펙트럼을 정규화할 수 있다.
- [0094] 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 기계 상태 모니터링 장치에서의 결합 평가부의 구성을 나타낸 도면이다.
- [0095] 도 8에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시 예에 따른 결합 평가부(140)는, 결합 성분 추출부(141) 및 평가 지표 계산부(142)를 포함할 수 있다.
- [0096] 이하, 도 8의 결합 평가부(140)의 각 구성요소들의 구체적인 구성 및 동작을 설명한다.
- [0097] 결합 성분 추출부(141)는 각 후보 주파수 대역들에 대해 생성된 결합별 가중치 윈도우와 생성된 포락 스펙트럼을 곱하여 모니터링 대상이 되는 기계의 결합 성분을 추출한다. 일례로, 결합 성분 추출부(141)는 생성된 가중치 윈도우를 현재 취득된 모니터링 신호의 결합 포락 스펙트럼에 곱하여 하기의 [수학식 8]과 같이 결합 성분을 추출할 수 있다.

수학식 8

$$F = W \cdot P_r$$

- [0098]
- [0099] 여기서, F는 결합 성분, W 는 결합별 가중치 윈도우, P_r 은 현재 취득된 모니터링 신호의 결합 포락 스펙트럼을 나타낸다.
- [0100] 평가 지표 계산부(142)는 결합 성분 추출부(141)에서 추출된 결합 성분의 합을 이용하여 결합 평가 지표를 계산할 수 있다.
- [0101] 일례로, 평가 지표 계산부(142)는 추출된 결합 성분의 합을 결합 평가 지표로써 하기의 [수학식 9]와 같이 계산할 수 있다.

수학식 9

$$E = \sum_{i=0}^f P_r(i)$$

- [0102]
- [0103] 여기서, E는 결합 평가 지표, f 는 관심주파수 대역 크기, P_r 은 현재 취득된 모니터링 신호의 결합 포락 스펙트럼을 나타낸다.

[0104] 도 9는 본 발명의 실시 예에 따른 결함별 가중치 윈도우 및 포락 스펙트럼을 이용한 결함 성분을 추출 과정을 나타낸 도면이다.

[0105] 도 9에 도시된 바와 같이, 결함 성분 추출부(141)는 각 후보 주파수 대역들에 대해 결함별 가중치 윈도우와 포락 스펙트럼을 곱하여 모니터링 대상이 되는 기계의 결함 성분을 추출할 수 있다.

[0106] 도 10은 본 발명의 실시 예에 따른 이미지 생성부에서 생성된 결함별 이미지를 나타낸 도면이다.

[0107] 이미지 생성부(150)는 결함 평가부(140)에서 산출된 결함 평가 지표에서 주파수 분해 레벨 및 노드 인덱스에 대응되는 결함 평가 지표를 이용하여 각 행과 각 열에 따른 결함 이미지를 생성할 수 있다. 일례로, 이미지 생성부(150)는, 각 후보 주파수 대역으로부터 계산한 결함 평가 지표를 바탕으로 결함 이미지를 하기의 [수학식 10]과 같이 생성할 수 있다.

수학식 10

$$\bar{E}_{k,l} = (E_{k,l} - \min(E)) / (\max(E) - \min(E)), 0 \leq \bar{E} \leq 1$$

$$img(i, j) = \bar{E}_{k,l} * 255, l = \frac{j}{N_k}, i, k \in [1 \quad L], j \in [1 \quad N_L], l \in [1 \quad N_k]$$

[0108]

[0109] 여기서, E는 결함 평가 지표, L은 주파수 분해 최대 레벨, N_k는 k번째 분해 레벨의 주파수 대역 개수, i와 j는 이미지의 행과 열, k는 주파수 분해 레벨, l은 노드 인덱스를 나타낸다.

[0110] 도 10에 도시된 바와 같이, 결함 이미지는 k번째 분해 레벨의 주파수 대역 개수인 N₁=1, N₂=2, N₃=3, N₄=4, N₅=5로 구분될 수 있다. 이미지 생성부(150)는 각각의 행 및 열에 따라, E_{1,1}, E_{2,1}, E_{2,2}, E_{3,1}, E_{3,2}, E_{3,3}, E_{4,1}, E_{4,2}, E_{4,3}, E_{4,4}, E_{5,1}, E_{5,2}, E_{5,3}, E_{5,4}, E_{5,5}의 결함 평가 지표를 조합한 결함 이미지가 생성할 수 있다.

[0111] 도 11은 본 발명의 실시 예에 따른 기계 상태 모니터링 장치에 의해 수행되는 기계 상태 모니터링 방법의 흐름도를 나타낸 도면이다.

[0112] S100 단계에서, 기계 상태 모니터링 장치(100)는 각 결함 상태의 기계로부터 결함 신호를 미리 획득할 수 있다.

[0113] S110 단계에서, 결함별 가중치 윈도우를 생성하는 방법으로는 도 4에서와 같이 고유 벡터와 결함 포락 스펙트럼 행렬을 이용하여 결함별 가중치 윈도우를 생성하거나, 도 5에서와 같이 결함 포락 스펙트럼을 정렬하여 결함별 가중치 윈도우를 생성할 수 있다.

[0114] S120 단계에서, 기계 상태 모니터링 장치(100)는 생성된 가중치 윈도우를 획득하고, 결함 증상의 포함정도를 평가하는데 이용할 수 있다.

[0115] 한편, S130 단계에서, 기계 상태 모니터링 장치(100)는 모니터링 대상이 되는 기계로부터 모니터링 신호를 획득할 수 있다.

[0116] S140 단계에서, 기계 상태 모니터링 장치(100)는 획득된 모니터링 신호를 후보 주파수 대역으로 필터링할 수 있다.

[0117] S150 단계에서, 기계 상태 모니터링 장치(100)는 필터링된 모니터링 신호를 포락 분석하여 포락 스펙트럼을 생성할 수 있다.

[0118] S160 단계에서, 기계 상태 모니터링 장치(100)는 결함 증상의 포함 정도를 평가할 수 있다.

[0119] 여기서, 기계 상태 모니터링 장치(100)는 S130 단계의 각 후보 주파수 대역들에 대해 상기 S140 내지 S160 단계를 반복수행하여 각 후보 주파수 대역별로 평가된 결함증상의 포함 정도가 가장 높은 후보 주파수 대역에 대해 포락 스펙트럼을 계산하여 보여줄 수 있다.

[0120] S170 단계에서, 기계 상태 모니터링 장치(100)는 결함 증상이 포함된 주파수 대역의 포락 스펙트럼을 계산할 수 있다. 즉, 기계 상태 모니터링 장치(100)는 각 후보 주파수 대역들에 대해 생성된 결함별 가중치 윈도우와 생성된 포락 스펙트럼을 이용하여 모니터링 대상이 되는 기계의 결함 성분을 추출하고, 그 추출된 결함 성분을 이용

하여 결함 평가 지표를 산출할 수 있다.

[0121] S180 단계에서, 기계 상태 모니터링 장치(100)는 산출된 결함 평가 지표를 이용하여 결함 이미지를 생성할 수 있다.

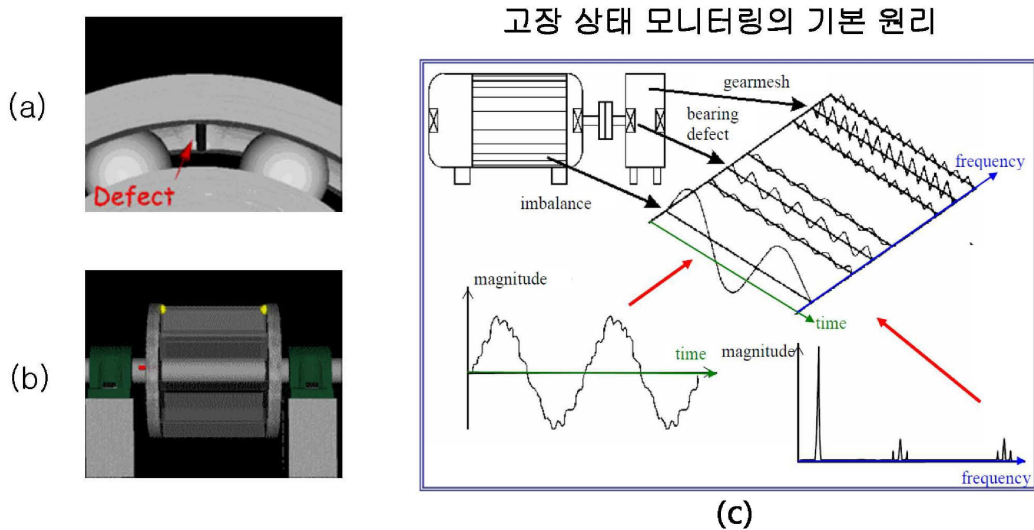
[0122] 이상에서 설명한 실시 예들은 그 일 예로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시 예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시 예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

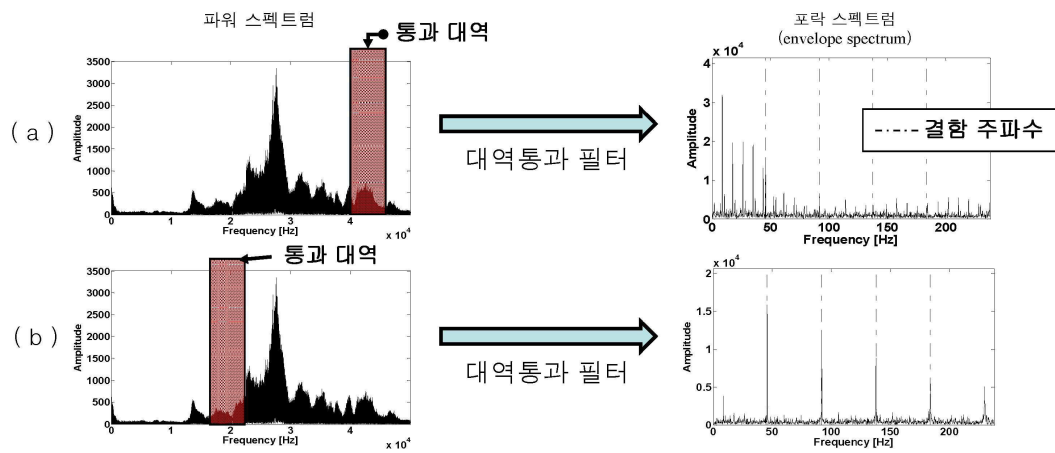
[0123] 100: 기계 상태 모니터링 장치
110: 윈도우 생성부
120: 주파수 필터링부
130: 포락 분석부
140: 결함 평가부
150: 이미지 생성부

도면

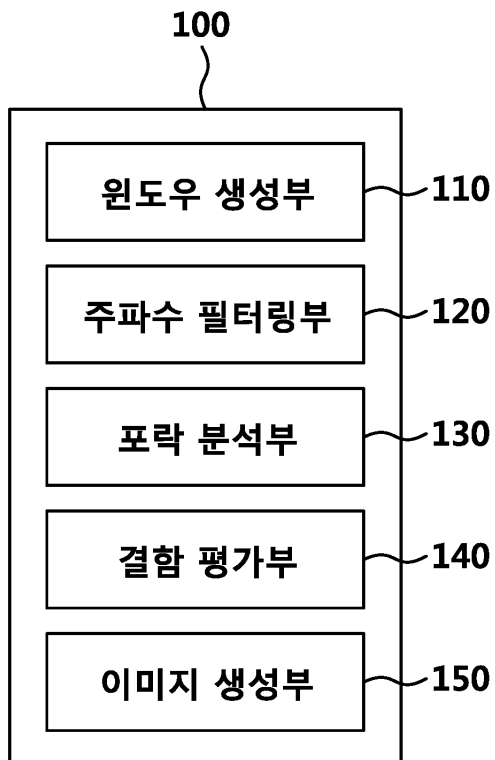
도면1



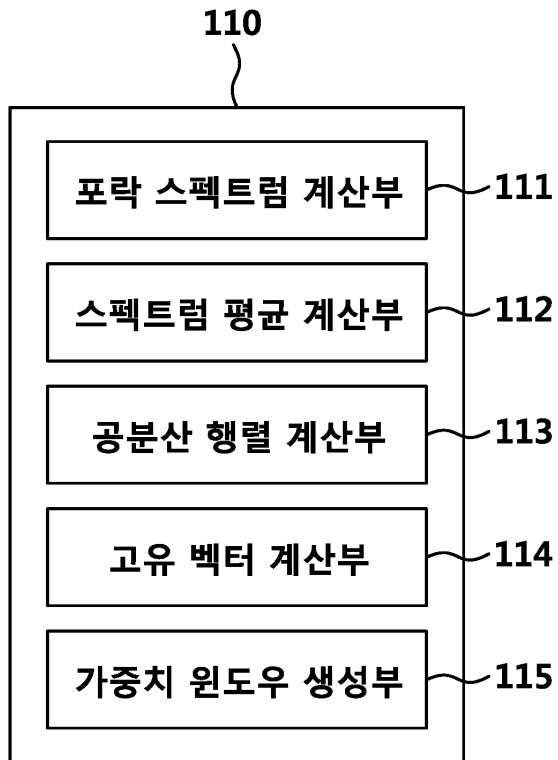
도면2



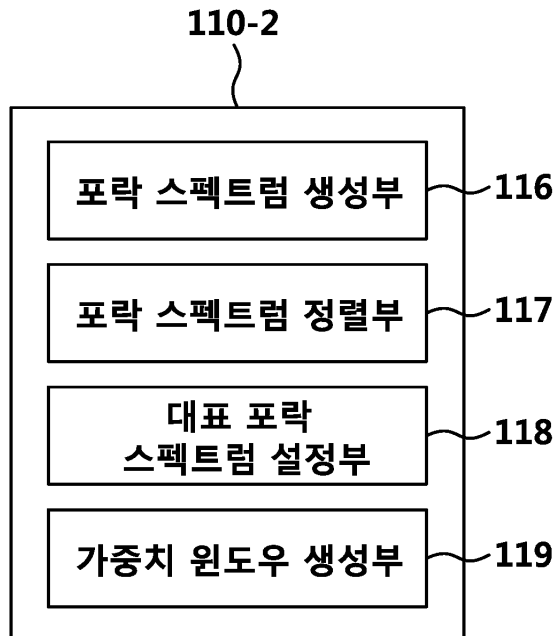
도면3



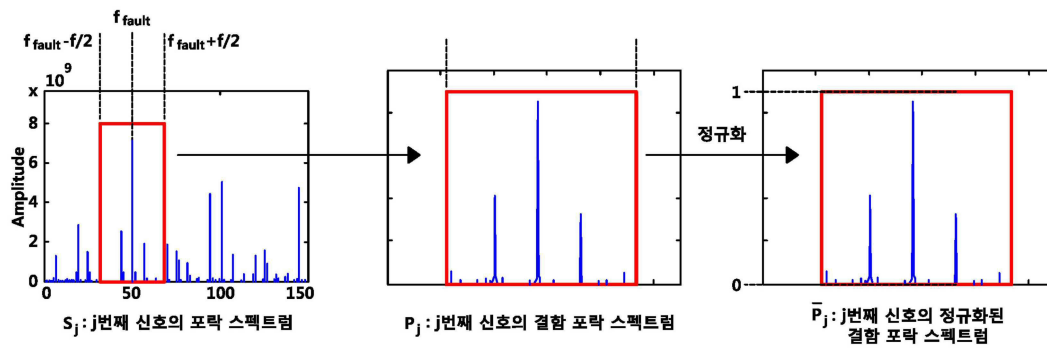
도면4



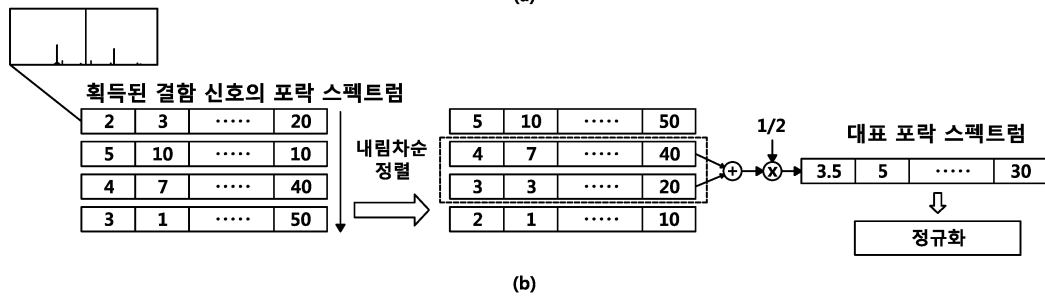
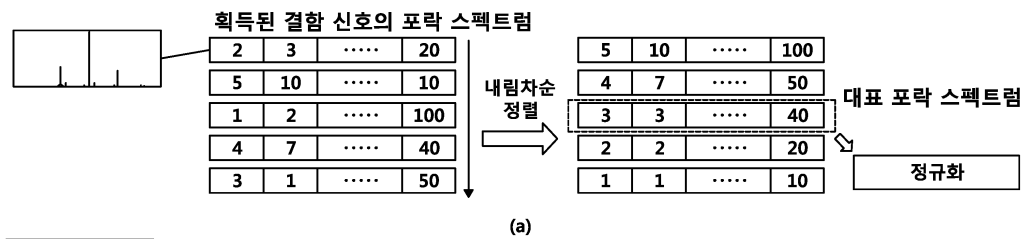
도면5



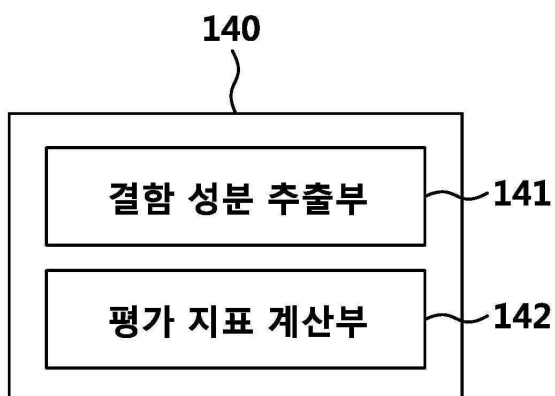
도면6



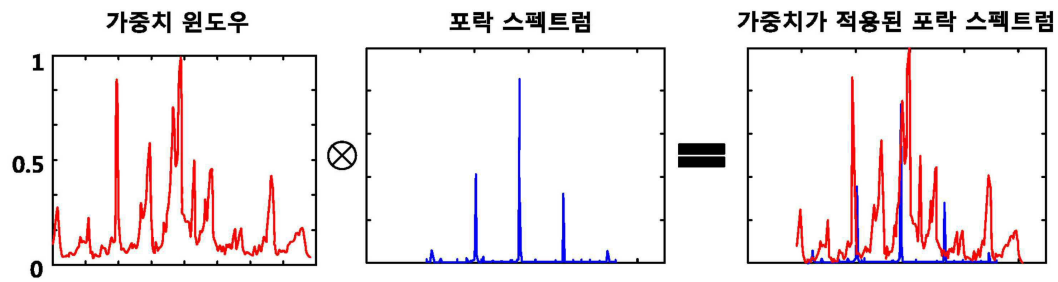
도면7



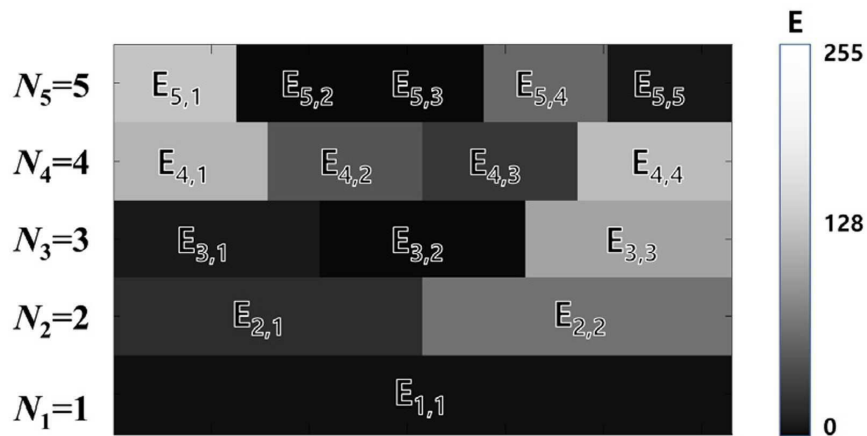
도면8



도면9



도면10



도면11

