



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0045990
(43) 공개일자 2017년04월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01M 13/00 (2006.01) G01H 17/00 (2006.01)
G01M 13/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01M 13/00 (2013.01)
G01H 17/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0146222
(22) 출원일자 2015년10월20일
심사청구일자 2015년10월20일
기술이전 희망 : 기술양도

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
김종면
경상남도 양산시 삼호로 74, 101동 303호(삼호동,
웅상신도시푸르지오아파트)
김재영
부산광역시 수영구 과정로73번길 30, 2층 (망미동)
(74) 대리인
김종선, 이형석

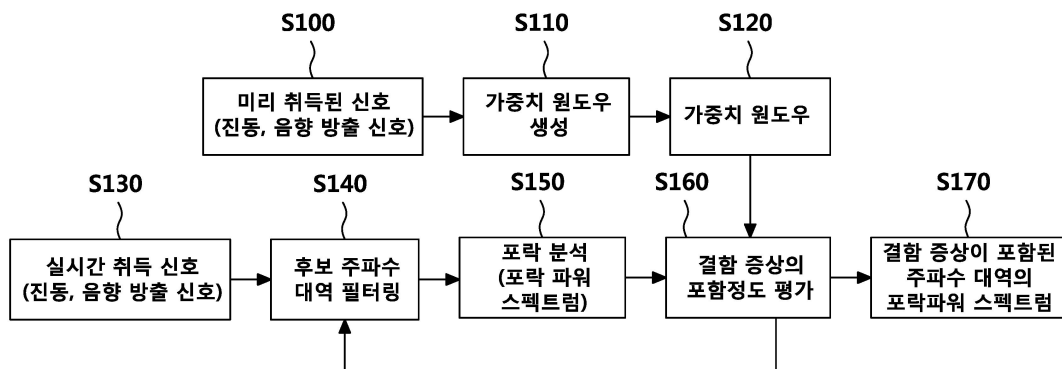
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 기계 상태 모니터링 방법

(57) 요약

본 발명은 입력 신호로부터 포락분석 이외에 결함 증상을 가장 잘 드러내는 주파수 대역을 선택하여 기계 상태 모니터링의 신뢰성을 높이도록 한 기계 상태 모니터링 방법을 제공하는 것으로, 기계의 각 결함 상태로부터 진동 신호 및 음향방출 신호를 사전에 취득하여 가중치 윈도우를 생성하는 1단계; 기계로부터 실시간으로 취득된 신호를 후보 주파수 대역으로 필터링하는 2단계; 상기 필터링된 신호를 포락 분석하여 포락 파워 스펙트럼을 구하는 3단계; 상기 포락 파워 스펙트럼에 각 결함에 대한 가중치 윈도우를 적용하여 결함 증상의 포함 정도를 평가하는 4단계; 각 후보 주파수 대역들에 대해 상기 2~4단계를 반복수행하여 각 결함 증상이 기준 주파수 대역중 가장 많이 포함되어 있다고 판단되는 주파수 대역에서 필터링하여 상태 모니터링에 사용될 최종 포락 파워 스펙트럼을 구하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류

G01M 13/045 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711022714

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원

연구과제명 모바일 멀티미디어 신호처리를 위한 최적의 매니코어-CPU 이기종 시스템 개발(3)

기 여 율 1/1

주관기관 울산대학교

연구기간 2015.05.01 ~ 2016.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

기계의 각 결함 상태로부터 진동 신호 및 음향방출 신호를 사전에 취득하여 가중치 윈도우를 생성하는 1단계;

기계로부터 실시간으로 취득된 신호를 후보 주파수 대역으로 필터링하는 2단계;

상기 필터링된 신호를 포락 분석하여 포락 파워 스펙트럼을 구하는 3단계;

상기 포락 파워 스펙트럼에 각 결함에 대한 가중치 윈도우를 적용하여 결함 증상의 포함 정도를 평가하는 4단계; 및

각 후보 주파수 대역들에 대해 상기 2~4단계를 반복수행하여 각 결함 증상이 기준 주파수 대역중 가장 많이 포함되어 있다고 판단되는 주파수 대역에서 필터링하여 상태 모니터링에 사용될 최종 포락 파워 스펙트럼을 구하는 5단계를 포함하는 기계 상태 모니터링 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 1단계는,

같은 결함의 여러 신호들의 포락 파워 스펙트럼들에 PCA(Principal Component analysis)를 적용하여 각 결함 별로 대표 가중치 윈도우를 생성하는 것을 특징을 하는 기계 상태 모니터링 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 PCA는

벡터 값의 변화가 기준값보다 큰 성분(주성분)을 중심으로 벡터의 차원을 줄여 대표 벡터를 추출하는 것을 특징을 하는 기계 상태 모니터링 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 2단계는;

실시간 취득 신호로부터 여러 주파수 대역으로 나누기 위해 이산 웨이블릿 패킷 변환(DWPT)을 사용하여 DWPT 트리를 생성하는 것을 특징을 하는 기계 상태 모니터링 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 DWPT 트리의 각 주파수 대역에 대해 포락 분석을 수행하여 포락 파워 스펙트럼을 구하는 것을 특징을 하는 기계 상태 모니터링 방법.

청구항 6

제 5항에 있어서,

각 결함에 대한 가중치 윈도우를 포락 파워 스펙트럼에 적용하고, 그 에너지의 합을 계산하여 결함 증상의 포함 정도를 평가하는 것을 특징을 하는 기계 상태 모니터링 방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 에너지는

각 주파수 성분 크기의 제곱값인 것을 특징을 하는 기계 상태 모니터링 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 기계 상태 모니터링 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 기계의 고장 또는 결함을 조기에 검출 및 대처하여 기술적 경제적 피해를 최소화하기 위한 기계 상태 모니터링 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 일반적으로, 전기설비는 부하에 공급되는 전원을 전환, 차단, 변환등을 수행하는 기기로서, 절연상태가 불량하거나 경년열화에 의하여 절연성이 약화되면 재해발생의 원인이 된다. 종래에는 전기소자에 의한 재해가 발생된 후에야 그 재해원인을 치유하거나 간단한 점검작업에 의존하는 것이 통상적이 이었다. 즉, 일정 주기로 전기설비에 대해 고장점검을 실시하고 있으나, 다수의 점검인력으로 경험에 의존하여 점 검이 이루어져 왔으므로 비능률적이었다. 더욱이, 각각의 전기설비에 대해 일일이 고장점검을 수행해야 했으므로 번거롭고 불편한 단점이 있었다.

[0004] 이를 해결하기 위하여, 대한민국 공개특허공보 제10-1998-069423호에는 전기설비의 고장으로 인한 재해를 미연에 방지하기 위해 전기설비에서 스위칭이나 고장시의 주파수특성을 사전에 데이터베이스로 구축해 두고 전기설비로부터 측정된 감지신호와 비교함으로써 전기설비의 고장을 실시간적으로 검출할 수 있도록 한 주파수특성을 이용한 전기설비 고장진단장치 및 그 방법이 개시되었다.

[0005] 도 1은 종래기술에 따른 고장 상태 모니터링 방법의 기본 원리를 설명하기 위한 도면이다.

[0006] 도 1의 (a)는 베어링 외륜 결함을, (b)는 축 불균형 결함을 나타낸 으로, 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.

[0007] 한편, 신뢰성 있는 기계 상태 모니터링을 위해서는 입력 신호(진동, 전류, 전압, 음향 방출 등)로부터 포락분석 이외에 결함 증상을 가장 잘 드러내는 주파수 대역을 선택하는 것이 중요하다.

[0008] 도 2는 주파수 대역 선택에 따른 결과를 나타내는 그래프로서, (a)는 결함 증상이 포함되지 않은 주파수 대역을 선택 한 경우의 그래프이고, (b)는 결함 증상이 포함된 주파수 대역을 선택한 경우의 그래프를 나타낸 것이다.

[0009] 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.

[0010] 그러나, 이와 같은 종래기술에 따른 고장 상태 모니터링 방법은 입력 신호로부터 포락분석 이외에 결함 증상을 가장 잘 드러내는 주파수 대역을 선택할 수 없기 때문에 정확한 기계 상태를 모니터링하지 못하여 신뢰성이 낮아지는 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-1998-069423호(1998년10월26일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 극복하기 위한 것으로서, 입력 신호로부터 포락분석 이외에 결함 증상을 가장 잘 드러내는 주파수 대역을 선택하여 기계 상태 모니터링의 신뢰성을 높이도록 한 기계 상태 모니터링 방법을 제공하는 데에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0015] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 기계의 각 결함 상태로부터 진동 신호 및 음향방출 신호를 사전에 취득하여 가중치 윈도우를 생성하는 1단계; 기계로부터 실시간으로 취득된 신호를 후보 주파수 대역으로 필터링하는 2단계; 상기 필터링된 신호를 포락 분석하여 포락 파워 스펙트럼을 구하는 3단계; 상기 포락 파워 스펙트럼에 각 결함에 대한 가중치 윈도우를 적용하여 결함 증상의 포함 정도를 평가하는 4단계; 각 후보 주파수 대역들에 대해 상기 2~4단계를 반복수행하여 각 결함 증상이 기준 주파수 대역중 가장 많이 포함되어 있다고 판단되는 주파수 대역에서 필터링하여 상태 모니터링에 사용될 최종 포락 파워 스펙트럼을 구하는 5단계를 포함하는 기계 상태 모니터링 방법을 제공한다.
- [0016] 상기 1단계는, 같은 결함의 여러 신호들의 포락 파워 스펙트럼들에 PCA(Principal Component analysis)를 적용하여 각 결함 별로 대표 가중치 윈도우를 생성할 수 있다.
- [0017] 상기 PCA는 벡터 값의 변화가 기준값보다 큰 성분(주성분)을 중심으로 벡터의 차원을 줄여 대표 벡터를 추출할 수 있다.
- [0018] 상기 2단계는, 실시간 취득 신호로부터 여러 주파수 대역으로 나누기 위해 이산 웨이블릿 패킷 변환(DWPT)을 사용하여 DWPT 트리를 생성할 수 있다.
- [0019] 상기 DWPT 트리의 각 주파수 대역에 대해 포락 분석을 수행하여 포락 파워 스펙트럼을 구할 수 있다.
- [0020] 각 결함에 대한 가중치 윈도우를 포락 파워 스펙트럼에 적용하고 그 에너지의 합을 계산하여 결함 증상의 포함 정도를 평가하는 것이 바람직하다.
- [0021] 상기 에너지는 각 주파수 성분 크기의 제곱인 것이 더욱 바람직하다.

발명의 효과

- [0023] 상기와 같이 구성된 본 발명에 따른 기계 상태 모니터링 방법에 의하면, 입력 신호로부터 포락분석 이외에 결함 증상을 가장 잘 드러내는 주파수 대역을 선택하여 기계 상태 모니터링의 신뢰성을 높이고, 기계의 고장 또는 결함을 조기에 검출 및 대처하여 기술적 경제적인 피해를 최소화하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 종래기술에 따른 고장 상태 모니터링 방법의 기본 원리를 설명하기 위한 도면,
 도 2는 주파수 대역 선택에 따른 결과를 나타내는 그래프,
 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 기계 상태 모니터링 방법을 나타낸 제어 흐름도.
 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 PCA를 이용한 가중치 윈도우 생성 방법을 나타낸 제어 흐름도.
 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 PCA를 이용하여 3차원 벡터들을 2차원 벡터로 줄이는 과정을 나타낸 도면,
 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 포락 파워 스펙트럼으로부터 대표 가중치 윈도우를 생성하기 위한 방법을 나타낸 도면,
 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 포락선 분석 방법을 설명하기 위한 도면,
 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 결함증상이 많이 포함된 주파수 대역 선택 방법을 나타낸 제어 흐름도이다.

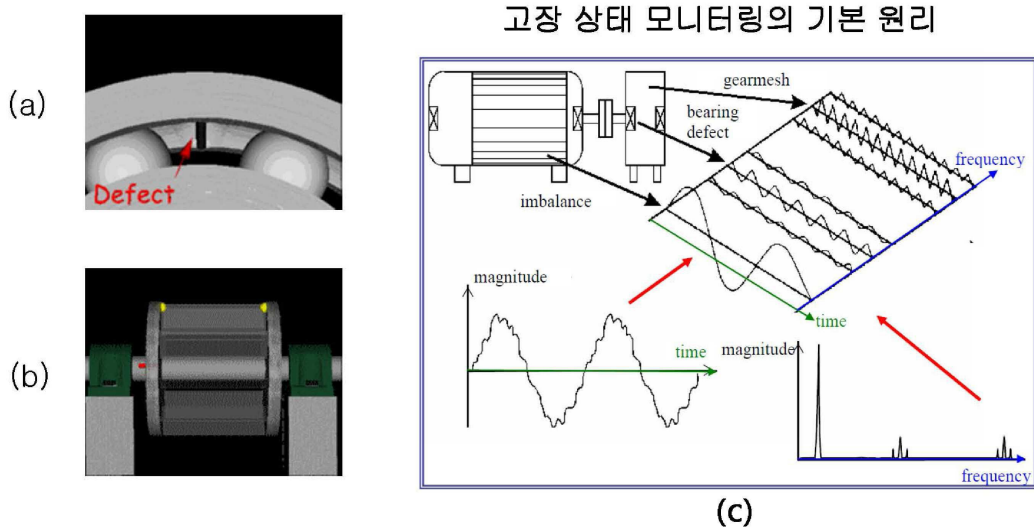
발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 본 발명은 다양한 변형 및 여러 가지 실시예를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 보다 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0027] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0028] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 기계 상태 모니터링 방법을 나타낸 제어 흐름도이다.
- [0029] 도 3에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 기계 상태 모니터링 방법은, 기계의 각 결합 상태에서 진동 신호 및 음향방출 신호를 사전에 취득하여 가중치 윈도우를 생성하는 1단계(S100~S120); 기계로부터 실시간으로 취득된 신호를 후보 주파수 대역으로 필터링하는 2단계(S130~S140); 상기 필터링된 신호를 포락 분석하여 포락 파워 스펙트럼을 구하는 3단계(S150); 상기 포락 파워 스펙트럼에 각 결합에 대한 가중치 윈도우를 적용하여 결합 증상의 포함 정도를 평가하는 4단계(S160); 각 후보 주파수 대역들에 대해 상기 2~4단계(S140~S160)를 반복수행하여 각 결합 증상이 기준 주파수 대역중 가장 많이 포함되어 있다고 판단되는 주파수 대역에서 필터링하여 상태 모니터링에 사용될 최종 포락 파워 스펙트럼을 구하는 5단계(S170)를 포함한다.
- [0030] 상기와 같이 구성된 본 발명의 작용을 더욱 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0031] 먼저, 상기 1단계(S100~S120)에서는 기계의 각 결합 상태에서 진동 신호 및 음향방출 신호를 사전에 취득하여 가중치 윈도우를 생성한다.
- [0032] 특히, 상기 1단계(S100~S120)는 같은 결합의 여러 신호들의 포락 파워 스펙트럼들에 PCA(Principal Component analysis)를 적용하여 각 결합 별로 대표 가중치 윈도우를 생성한다. 여기서, 상기 PCA는 벡터 값의 변화가 기준값보다 큰 성분(주성분)을 중심으로 벡터의 차원을 줄여 대표 벡터를 추출하는 것이다.
- [0033] 다음으로, 상기 2단계(S130~S140)에서는 기계로부터 실시간으로 취득된 신호를 후보 주파수 대역으로 필터링한다.
- [0034] 상기 2단계(S130~S140)는 실시간 취득 신호로부터 여러 주파수 대역으로 나누기 위해 이산 웨이블릿 패킷 변환(DWPT)을 사용하여 DWPT 트리를 생성한다.
- [0035] 상기 DWPT 트리의 각 주파수 대역에 대해 포락 분석을 수행하여 포락 파워 스펙트럼을 구한다.
- [0036] 이때, 각 결합에 대한 가중치 윈도우를 포락 파워 스펙트럼에 적용하고 그 에너지의 합을 계산하여 결합 증상의 포함 정도를 평가하는 것이 바람직하다. 상기 에너지는 각 주파수 성분 크기의 제곱인 것이 더욱 바람직하다.
- [0037] 상기 3단계(S150)에서는 상기 필터링된 신호를 포락 분석하여 포락 파워 스펙트럼을 구한다.
- [0038] 또한, 상기 4단계(S160)에서는 상기 포락 파워 스펙트럼에 각 결합에 대한 가중치 윈도우를 적용하여 결합 증상의 포함 정도를 평가한다.
- [0039] 5단계(S170)에서는 각 후보 주파수 대역들에 대해 상기 2~4단계(S140~S160)를 반복수행하여 각 결합 증상이 기준 주파수 대역중 가장 많이 포함되어 있다고 판단되는 주파수 대역에서 필터링하여 상태 모니터링에 사용될 최종 포락 파워 스펙트럼을 구한다.
- [0040] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 PCA를 이용한 가중치 윈도우 생성 방법을 나타낸 제어 흐름도이다.
- [0041] 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 PCA를 이용한 가중치 윈도우 생성 방법은, 먼저 특정 기계장치의 결합으로부터 미리 취득된 신호로 포락분석을 통해 포락 파워 스펙트럼을 구한다(S100).
- [0042] 이때, 상기 미리 취득된 신호는 도시된 바와 같이, 외륜 결합 신호(결합1), 내륜 결합 신호(결합2), 롤러 결합 신호(결합3)과 같이 구분될 수 있다.
- [0043] 이후, 같은 결합의 여러 신호들의 포락 파워 스펙트럼들에 PCA(Principal Component analysis)를 적용하여 각 결합별로 대표 가중치 윈도우를 생성한다(S110~S120).
- [0044] 이에 따라, 도시된 바와 같이 결합1에 대한 가중치 윈도우, 결합2에 대한 가중치 윈도우, 결합3에 대한 가중치 윈도우가 각각 생성된다.
- [0045] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 PCA를 이용하여 3차원 벡터들을 2차원 벡터로 줄이는 과정을 나타낸 도면이다.

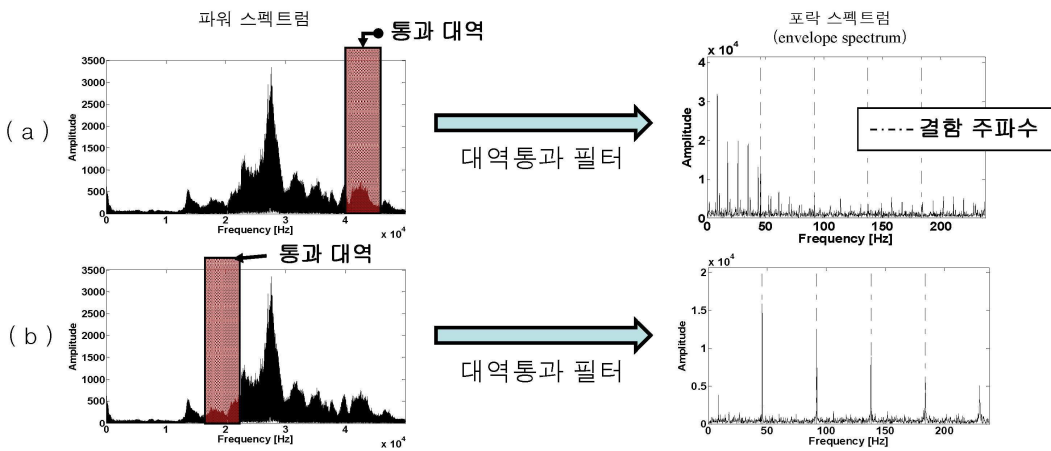
- [0046] 여기서, 상기 PCA는 벡터 값의 변화가 기준값보다 큰 성분(주성분)을 중심으로 벡터의 차원을 줄여 대표 벡터를 추출하는 것이다.
- [0047] 도시된 바와 같이, PCA를 이용하여 3차원 벡터(a)(b)들을 2차원 벡터(c)로 줄이는 과정의 일예를 도식적으로 표시하였다.
- [0048] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 포락 파워 스펙트럼으로부터 대표 가중치 윈도우를 생성하기 위한 방법을 나타낸 도면이다.
- [0049] 도시된 바와 같이, 여러 벡터들에 PCA를 사용하여 대표 벡터를 추출하는 것으로, 포락 파워 스펙트럼으로부터 대표 가중치 윈도우를 생성하기 위해 상기 PCA 방법을 활용할 수 있다.
- [0050] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 포락선 분석 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0051] 도시된 바와 같이, 포락 분석은 변조된 신호의 포락신호를 구하여 변조된 신호에서 저주파 성분을 복조하는 방법이다.
- [0052] 즉, 도 7의 (a)는 기계내부에서 발생하는 신호로서, 저주파 성분(결함 신호)과 고주파 성분(잡음, 기계 자체 진동, 고유주파수 등 예측하기 힘든 신호)이 포함된다.
- [0053] 상기 신호(a)를 변조하여 센서로부터 취득되는 신호(b)를 얻게 된다. 이 신호는 고주파 성분에 저주파 성분이 포함된 신호이다.
- [0054] 이후, 상기 신호를 복조(포락분석)하여 즉, 변조된 신호에서 포락분석을 통해 복조된 신호(결함신호)(c)를 구할 수 있다.
- [0055] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 결함증상이 많이 포함된 주파수 대역 선택 방법을 나타낸 제어 흐름도이다.
- [0056] 도시된 바와 같이, 상기 2단계(S130~S140)는 실시간 취득 신호로부터 여러 주파수 대역으로 나누기 위해 이산 웨이블릿 패킷 변환(DWPT)을 사용하여 DWPT 트리를 생성한다(S141).
- [0057] 이후, 상기 DWPT 트리의 각 주파수 대역에 대해 포락 분석을 수행하여 포락 파워 스펙트럼을 구한다(S150~S170).
- [0058] 이때, 각 결함에 대한 가중치 윈도우를 포락 파워 스펙트럼에 적용하고 그 에너지의 합을 계산하여 결함 증상의 포함 정도를 평가하는 것이 바람직하다. 상기 에너지는 각 주파수 성분 크기의 제곱인 것이 더욱 바람직하다.
- [0059] 상기 단계에서는 결함 증상이 가장 많이 포함된 포락 파워 스펙트럼을 구하고 상태 모니터링을 위해 활용할 수 있다.
- [0060] 본 명세서에 기재된 본 발명의 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 실시예에 관한 것이고, 발명의 기술적 사상을 모두 포괄하는 것은 아니므로, 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다. 따라서 본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 권리범위 내에 있게 된다.

도면

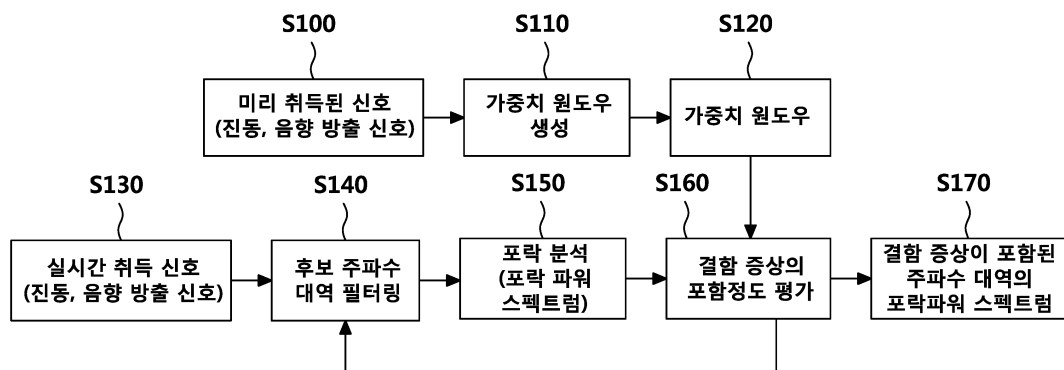
도면1



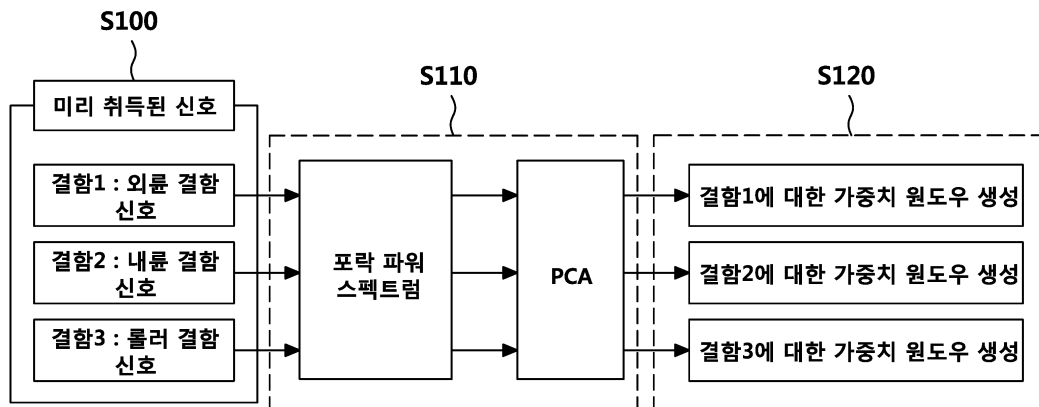
도면2



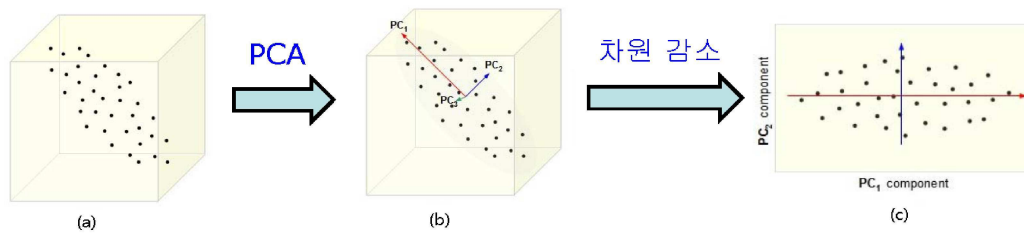
도면3



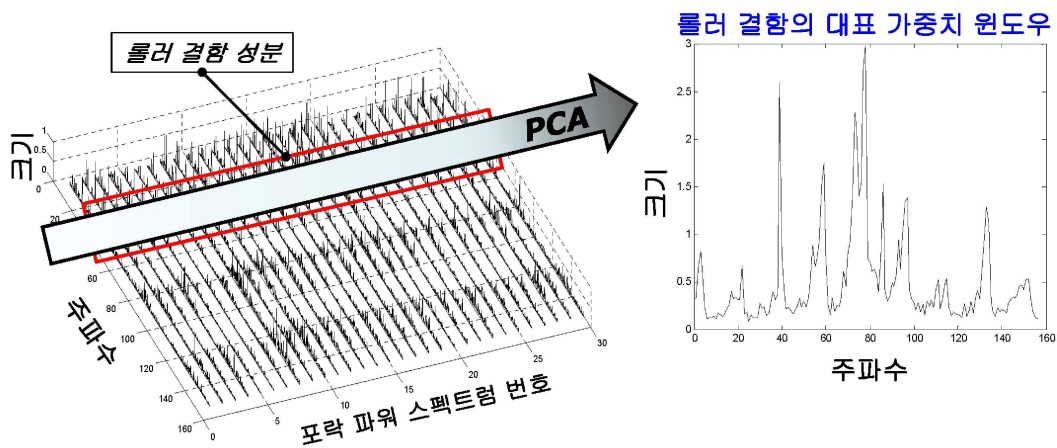
도면4



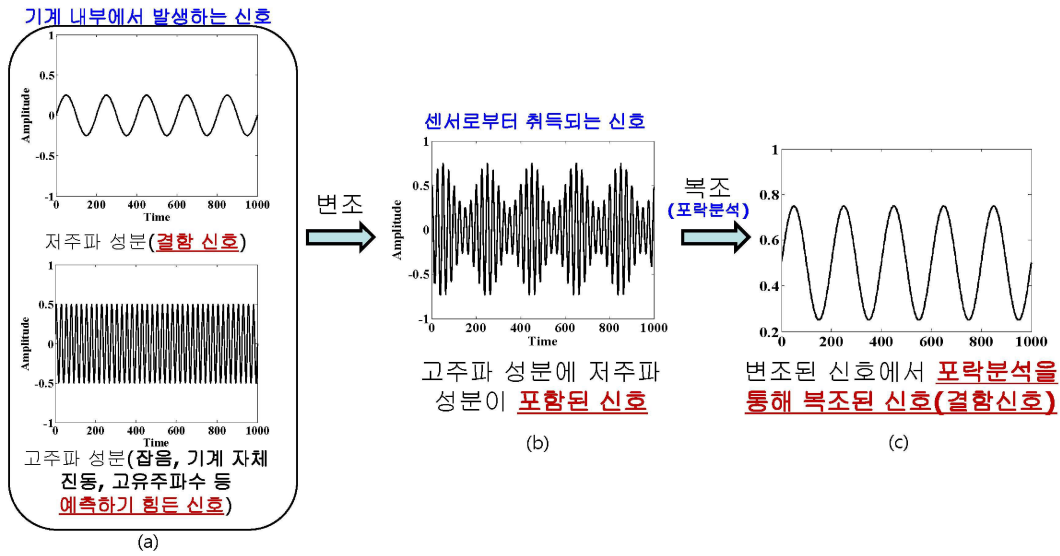
도면5



도면6



도면7



도면8

