



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년06월12일
(11) 등록번호 10-1745805
(24) 등록일자 2017년06월02일

(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 10-2015-0186367
(22) 출원일자 2015년12월24일
심사청구일자 2015년12월24일
(56) 선행기술조사문헌
JP2011221015 A*
JP06186136 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌
기술이전 희망 : 기술양도

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

전체 청구항 수 : 총 6 항

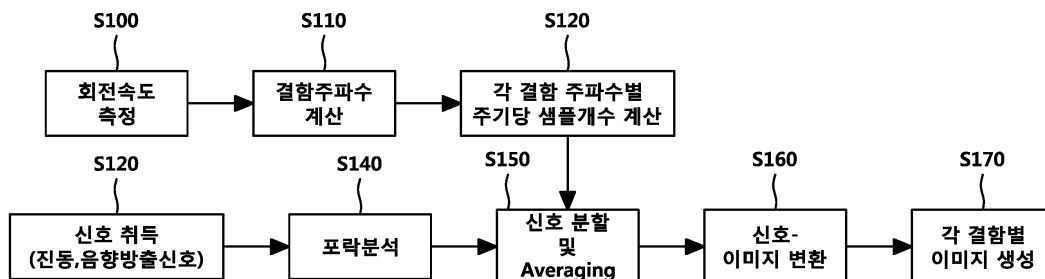
심사관 : 김기환

(54) 발명의 명칭 기계 상태 모니터링 장치 및 방법

(57) 요약

발명의 실시예에 따른 기계 상태 모니터링 방법은 회전속도에 따라 기계의 각 결함 상태에 해당하는 결함 주파수별 주기당 샘플개수를 계산하는 단계; 상기 기계로부터 신호를 취득하여 포락 분석하여 포락 신호를 생성하는 단계; 상기 포락 신호를 분할하여 정규화(Averaging)하는 단계; 및 상기 정규화한 신호를 이미지로 변환하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류
G01M 13/045 (2013.01)

- 이 발명을 지원한 국가연구개발사업
 과제고유번호 1415145673
 부처명 산업통상자원부
 연구관리전문기관 한국에너지기술평가원
 연구사업명 에너지안전기술개발
 연구과제명 산업설비 압력용기/탱크 음향방출 진단장비 및 모니터링 시스템 개발
 기 여 율 3/10
 주관기관 울산대학교 산학협력단
 연구기간 2016.05.01 ~ 2018.12.31
- 이 발명을 지원한 국가연구개발사업
 과제고유번호 NRF-2015K2A1A2070866
 부처명 미래창조과학부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 연구교류지원사업
 연구과제명 지능형 구름요소 베어링 고장 검출 및 진단 시스템 개발
 기 여 율 2/10
 주관기관 울산대학교 산학협력단
 연구기간 2015.12.01 ~ 2016.11.30
- 이 발명을 지원한 국가연구개발사업
 과제고유번호 1415150552
 부처명 산업통상자원부
 연구관리전문기관 한국에너지기술평가원
 연구사업명 청정화력핵심기술개발
 연구과제명 순환유동층 보일러 furnace 고장예측 진단시스템 개발
 기 여 율 2/10
 주관기관 영진(주)
 연구기간 2016.11.01 ~ 2019.09.30
- 이 발명을 지원한 국가연구개발사업
 과제고유번호 1345256264
 부처명 교육부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 이공학개인지초연구지원
 연구과제명 음향방출 및 진동 기술을 이용한 상수도관 상태 모니터링 및 결함 진단 시스템 개발
 기 여 율 1/10
 주관기관 울산대학교 산학협력단
 연구기간 2016.11.01 ~ 2019.10.31
- 이 발명을 지원한 국가연구개발사업
 과제고유번호 1425102809
 부처명 중소기업청
 연구관리전문기관 중소기업기술정보진흥원
 연구사업명 창업성장기술개발
 연구과제명 음향방출 기술을 이용한 발전설비 모니터링 및 진단 시스템 개발
 기 여 율 1/10
 주관기관 주식회사 피에이치엠솔루션즈
 연구기간 2016.07.01 ~ 2017.06.30
- 이 발명을 지원한 국가연구개발사업
 과제고유번호 1711022714
 부처명 미래창조과학부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 중견연구자지원
 연구과제명 모바일 멀티미디어 신호처리를 위한 최적의 매니코어-CPU 이기종 시스템 개발
 기 여 율 1/10
 주관기관 울산대학교
 연구기간 2013.05.01 ~ 2016.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

회전속도에 따라 기계의 각 결함 상태에 해당하는 결함 주파수별 주기당 샘플개수를 계산하는 단계;
 상기 기계로부터 신호를 취득하여 포락 분석하여 포락 신호를 생성하는 단계;
 상기 포락 신호를 분할하여 정규화(Averaging)하는 단계; 및
 상기 정규화한 신호를 이미지로 변환하는 단계를 포함하고,
 상기 정규화하는 단계는, 미리 정해진 정규화 횟수만큼의 주기값을 정규화하여 이미지의 행으로 저장하는 것을 특징으로 하는 기계 상태 모니터링 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 주기당 샘플개수는 결함 주파수 주기 및 샘플링 주파수의 곱으로 산출하는 것을 특징으로 하는 기계 상태 모니터링 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 포락 신호를 분할하는 단계는 상기 포락 신호를 결함 주파수의 한 주기당 샘플 개수로 분할하는 것을 특징으로 하는 기계 상태 모니터링 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 정규화한 신호를 이미지로 변환하는 단계는 상기 기계의 회전속도에 따라 결정된 이미지 해상도로 변환하는 것을 특징으로 하는 기계 상태 모니터링 방법.

청구항 6

회전속도에 따라 기계의 각 결함 상태에 해당하는 결함 주파수별 주기당 샘플개수를 계산하는 샘플개수 계산부;
 상기 기계로부터 취득한 신호를 포락 분석하여 포락 신호를 생성하는 포락 분석부;
 상기 포락 신호를 분할하고, 미리 정해진 정규화 횟수만큼의 주기값을 정규화(Averaging)하는 정규화부; 및
 상기 정규화한 신호를 이미지로 변환하는 신호-이미지 변환부를 포함하는 것을 특징으로 하는 기계 상태 모니터링 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 신호-이미지 변환부는 상기 기계의 회전속도에 따라 결정된 이미지 해상도로 변환하는 것을 특징으로 하는 기계 상태 모니터링 장치.

발명의 설명

기술 분야

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

배경 기술

[0003] 베어링의 결함 검출에 있어, 실제 산업현장에서는 소음과 진동의 특성을 이용하여 비파괴검사에 이용함으로써 베어링부의 수명연장 등 유지 보전에 큰 도움을 주고 있다.

[0004] 베어링 고장원인으로는 불충분한 윤활, 부적절한 윤활제의 사용, 베어링의 잘못된 설치, 축계의 과도한 변형 등이 있다. 과거에는 숙련된 기술자에 의하여 이러한 문제들을 진단하고 고장 여부를 판단하였으나, 대부분 진단 시간이 길고, 주관적이며, 경우에 따라 기기 시스템의 작동을 중단해야 하는 단점을 지니고 있다. 최근에는 기기 시스템의 작동을 유지하면서, 베어링의 고장을 진단할 수 있는 시스템이 요구됨에 따라 지속적으로 베어링 작동 상태를 모니터링하여 고장 전에 미리 이상을 발견할 수 있는 형태의 기술로 발전되고 있다.

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

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

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-1998-069423호(1998년10월26일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 진동 혹은 음향 신호를 2차원 이미지로 변환하여 결함 상태 모니터링의 신뢰성이 개선된 기계 상태 모니터링 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0011] 발명의 실시예에 따른 기계 상태 모니터링 방법은 회전속도에 따라 기계의 각 결함 상태에 해당하는 결함 주파수별 주기당 샘플개수를 계산하는 단계; 상기 기계로부터 신호를 취득하여 포락 분석하여 포락 신호를 생성하는 단계; 상기 포락 신호를 분할하여 정규화(Averaging)하는 단계; 및 상기 정규화한 신호를 이미지로 변환하는 단계를 포함한다.

[0012] 발명의 실시예에 따른 기계 상태 모니터링 장치는 회전속도에 따라 기계의 각 결함 상태에 해당하는 결함 주파수별 주기당 샘플개수를 계산하는 샘플개수 계산부; 상기 기계로부터 취득한 신호를 포락 분석하여 포락 신호를 생성하는 포락 분석부; 상기 포락 신호를 분할하여 정규화하는 정규화부; 및 상기 정규화한 신호를 이미지로 변

환하는 신호-이미지 변환부를 포함한다.

발명의 효과

- [0014] 상기와 같이 구성된 본 발명의 실시예에 따른 기계 상태 모니터링 장치 및 방법에 따르면 각 결함별(내륜, 외륜, 롤러, 케이지) 이미지 해상도를 회전속도에 따라 적응적으로 결정함으로써 각 결함에 대한 일관적인 이미지를 생성할 수 있는 효과가 있다.
- [0015] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 기계 상태 모니터링 장치 및 방법에 따르면 포락 분석을 통해 측정된 결함신호에 내재된 노이즈나 고유주파수를 제거한 후 회전속도에 따라 결정된 이미지 해상도로 신호를 변환함으로써 이미지를 통해 결함을 확인할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 종래기술에 따른 고장 상태 모니터링 방법의 기본 원리를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 발명의 일실시예에 따른 기계 상태 모니터링 장치의 구성을 나타내는 도면이다.
- 도 3은 발명의 일실시예에 따른 기계 상태 모니터링 방법을 나타낸 제어 흐름도이다.
- 도 4는 발명의 일실시예에 따른 포락선 분석 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 발명의 일실시예에 따른 정규화(averaging) 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 발명의 일실시예에 따른 이미지 변환과정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 7은 발명의 일실시예에 따른 수도 코드(pseudo code)를 나타내는 도면이다.
- 도 8은 발명의 일실시예에 따라 신호를 변환하여 형성된 이미지의 결함을 나타내는 도면이다.
- 도 9는 발명의 일실시예에 따라 측정된 신호를 종류별로 구분하여 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 본 발명에서 사용되는 기술적 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아님을 유의해야 한다. 또한, 본 발명에서 사용되는 기술적 용어는 본 발명에서 특별히 다른 의미로 정의되지 않는 한, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 의미로 해석되어야 하며, 과도하게 포괄적인 의미로 해석되거나, 과도하게 축소된 의미로 해석되지 않아야 한다. 또한, 본 발명에서 사용되는 기술적인 용어가 본 발명의 사상을 정확하게 표현하지 못하는 잘못된 기술적 용어일 때에는, 당업자가 올바르게 이해할 수 있는 기술적 용어로 대체되어 이해되어야 할 것이다. 또한, 본 발명에서 사용되는 일반적인 용어는 사전에 정의되어 있는 바에 따라, 또는 전후 문맥상에 따라 해석되어야 하며, 과도하게 축소된 의미로 해석되지 않아야 한다.
- [0019] 또한, 본 발명에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다. 본 발명에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 발명에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계를 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다.
- [0020] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성 요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0021] 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 발명의 사상을 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 발명의 사상이 제한되는 것으로 해석되어서는 아니 됨을 유의해야 한다.
- [0023] 도 2는 발명의 일실시예에 따른 기계 상태 모니터링 장치의 구성을 나타내는 도면이고, 도 3은 발명의 일실시예에 따른 기계 상태 모니터링 방법을 나타낸 제어 흐름도이다.
- [0024] 도시된 바와 같이, 발명의 일실시예에 따른 기계 상태 모니터링 장치는 회전속도 측정부(100), 결함 주파수 계산부(200), 샘플 개수 계산부(250), 신호취득부(300), 포락 분석부(400), 정규화부(500), 신호-이미지 변환부(600) 및 표시부(700)를 포함한다.

[0025] 회전속도 측정부(100)는 베어링의 회전속도를 측정한다. 회전속도는 예를 들어, 베어링의 분당 회전수를 의미할 수 있으며 예를 들어, 회전 속도계(타코미터:Tachometer)를 통해 베어링의 회전속도를 측정할 수 있다.

[0026] 결함 주파수 계산부(200)는 회전속도 측정부(100)에서 측정한 신호를 분석하여 외륜, 내륜, 롤러 및 케이지 등 각각의 결함에 대한 결함 주파수를 계산한다.

[0027] 결함 주파수란 베어링에 결함이 발생할 경우 주파수 영역에서 나타날 수 있는 특정 주파수 성분을 뜻한다. 구름 요소 베어링 결함의 종류로는 내륜과 외륜, 롤러, 케이지 결함이 있고, 각 결함 주파수는 다음과 같이 산출할 수 있다.

$$f_o = n/2 \cdot f_r \left(1 - \frac{d}{D} \cos \theta \right)$$

$$f_I = n/2 \cdot f_r \left(1 + \frac{d}{D} \cos \theta \right)$$

$$f_R = D/2d \cdot f_r \left(1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \cos^2 \theta \right)$$

$$f_c = 1/2 \cdot f_r \left(1 - \frac{d}{D} \cos \theta \right)$$

[0028] ...수학식(1)

[0029] 상기 수학식에서 f_o 는 외륜 결함 주파수, f_I 는 내륜 결함 주파수, f_R 는 롤러 결함 주파수 f_c 는 케이지 결함 주파수를 각각 나타낸다. 또한, n 은 롤러의 개수, f_r 은 회전 속도, d 는 롤러의 직경, D 는 피치의 직경, θ 는 접촉 각을 나타낸다. 결함 종류의 조합에 따라 두 가지 이상의 결함 주파수 성분이 동시에 나타날 수도 있다.

[0030] 샘플 개수 계산부(250)는 결함 주파수 계산부(200)에서 계산된 결함주파수를 매개변수로 각 결함주파수별 주기당 샘플 개수를 계산한다.

[0031] 결함 주파수 주기(T)는 $1/f$ 로 표현될 수 있으며, f 는 f_o , f_I , f_R 및 f_c 일 수 있다. 또한, 결함 주파수 주기의 샘플 개수(N)는 $T \times f_s$ 로 표현될 수 있으며, f_s 는 샘플링 주파수이다.

[0032] 신호취득부(300)는 기계로부터 실시간으로 신호를 취득한다. 취득하는 신호는 베어링을 비롯한 회전체 등의 물체에서 방출되는 진동, 전류, 전압, 음향 방출 등의 신호를 포함할 수 있다.

[0033] 그러나, 이에 한정되지 않고, 상기 입력 신호는 특정 주파수를 검출함으로써 대상의 결함 여부를 판단할 수 있는 방식이 적용 가능한 경우라면, 회전체가 아닌 그 밖의 물체로부터 방출되는 진동, 전류, 전압, 음향 방출 등의 신호를 포함할 수도 있다.

[0034] 포락 분석부(400)는 신호취득부(300)로부터 입력받은 진동 신호 또는 음향 신호를 포락 분석하여 포락 신호를 생성한다. 포락 분석은 변조된 신호의 포락신호를 구하여 변조된 신호에서 저주파 성분을 복조하는 방법으로 결함 주파수 성분의 포함 여부는 해당 부대역 신호의 포락 분석을 통해 알 수 있다.

[0035] 참고로, 신호를 힐버트 변환을 하고 포락 신호를 생성한 후, 포락 신호의 파워 스펙트럼을 생성하는 일련의 과정을 포락 분석이라 한다. 포락 분석은 진폭 변조된 신호를 분석할 수 있는 훌륭한 수단이기에, 베어링의(베어링을 포함한 기어 및 회전 기기의) 결함을 조사하는데 일반적으로 사용되는 분석 방법이다.

[0036] 본 발명의 일 실시예에서도 신호의 주파수를 분석하기 위하여 포락 분석을 사용할 수 있다. 또한 포락 분석을 통해 원래의 결함신호에 내재된 노이즈나 고유주파수를 제거할 수 있다.

[0037] 정규화부(500)는 샘플 개수 계산부(250)에서 생성된 각 결함주파수별 주기당 샘플 개수를 계산하여 샘플 개수 단위로 포락신호를 분할한다.

[0038] 신호-이미지 변환부(600)는 정규화부(500)에서 분할된 신호를 이미지로 변환하여 이미지를 생성한다. 예를 들어, 베어링의 외륜, 내륜, 롤러, 케이지 결함 등을 생성할 수 있다.

- [0039] 신호-이미지 변환부(600)에서 이미지를 변환함에 있어서, 각 결합별(내륜, 외륜, 롤러, 케이지) 이미지 해상도를 회전속도에 따라 적응적으로 결정함으로써 각 결합에 대한 일관적인 이미지를 생성할 수 있다.
- [0040] 또한, 원래의 결합신호에 내재된 노이즈나 고유 주파수를 포락 분석을 통해 제거한 후 신호-이미지 변환부(600)에서 회전 속도에 따라 결정된 이미지 해상도에 따라 신호를 이미지로 변환함으로써 결합을 확인할 수 있는 이미지를 생성할 수 있다.
- [0041] 표시부(700)는 신호-이미지 변환부(600)에서 생성된 이미지를 수신하여 이를 나타낸다. 표시부(700)는 디스플레이로 구성될 수 있다.
- [0042] 즉, S100 및 S120의 단계에서 각 결합 주파수별 주기당 샘플 개수를 계산하고, 취득한 신호에 대해(S130), 포락 분석을 실시하고(S140), 이를 분할하여(S140) 이미지로 변환한다(S160).
- [0043] 도 4는 발명의 일실시예에 따른 포락선 분석 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0044] 도시된 바와 같이, 포락 분석은 변조된 신호의 포락신호를 구하여 변조된 신호에서 저주파 성분을 복조하는 방법이다.
- [0045] 즉, 도 4의 (a)는 기계내부에서 발생하는 신호로서, 저주파 성분(결합 신호)과 고주파 성분(잡음, 기계 자체 진동, 고유주파수 등 예측하기 힘든 신호)이 포함된다.
- [0046] 센서로부터 상기 신호(a)가 변조된 신호(b)를 취득하게 된다. 이 신호는 고주파 성분에 저주파 성분이 변조된 신호이다.
- [0047] 이후, 상기 신호를 복조(포락 분석)하여 즉, 변조된 신호에서 포락 분석을 통해 복조된 신호(결합신호)(c)를 구할 수 있다.
- [0048] 도 5는 발명의 일실시예에 따른 정규화(averaging) 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0049] 정해진 회수만큼 주기들을 정규화하여 이미지의 행으로 저장한다. 정규화는 주기별로 각 샘플들의 값들을 더하여 평균을 내는 과정으로, 예를 들어 정규화 횟수가 3이면 이미지의 첫번째 행은 1번~3번 주기를 정규화한 결과가 되고, 두번째 행은 2번~4번 주기를 정규화한 결과가 된다.
- [0050] 예를 들어, 1번 주기의 데이터 값이 1이고 2번 주기의 데이터 값이 5, 3번 주기의 데이터값이 6인 경우 이를 정규화하면 4의 값을 얻게 된다.
- [0051] 도 6은 발명의 일실시예에 따른 이미지 변환과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0052] 도 6에 도시된 바와 같이, 포락 분석을 통해 변조된 신호로부터 결합 신호를 복조하여 포락 신호를 추출하고, 포락 신호를 결합 주파수의 한 주기당 샘플 개수로 분할한다.
- [0053] 다음으로, 분할된 포락신호에 대해 정규화를 수행하여 정규화된 신호를 이미지로 변환한다. 분석된 포락 신호의 분할 및 이미지 변환 과정에서 가로축은 한 주기당 샘플 수를 나타내고, 세로축은 주기의 수를 나타낸다.
- [0054] 도 7은 발명의 일실시예에 따른 수도 코드(pseudo code)를 나타내는 도면이다.
- [0055] 도 7에서 sig는 입력 진동 신호, fs는 샘플링 주파수, speed는 기계(베어링)의 회전속도, slen은 신호 길이, fc는 결합 주파수, Nc는 결합 마찰 주기의 샘플 개수를 나타낸다.
- [0056] 도 8은 발명의 일실시예에 따라 신호를 변환하여 형성된 이미지의 결합을 나타내는 도면이다.
- [0057] 이미지에서 붉은 선이 발견되면 결합으로 판단할 수 있다. 롤러나 내륜 이미지에서는 붉은 선이 발견되지 않았으므로 롤러나 내륜에는 이상이 없다고 판단할 수 있으나, 외륜 이미지에서는 붉은 선이 발견되었으므로 결합이 있는 것으로 판단할 수 있다.
- [0058] 도 9는 발명의 일실시예에 따라 측정된 신호를 종류별로 구분하여 나타내는 도면이다. 도 9(a)는 케이지에 결합이 발생한 경우를 나타내고, 도 9(b)는 외륜에 결합이 발생한 경우를 나타낸다.
- [0059] 도시된 바와 같이, 도 9(a)에서는 케이지 신호를 변환한 이미지에서 가로 선을 확인할 수 있고, 도 9(b)에서는 외륜 신호를 변환한 이미지에서 가로 선을 확인할 수 있으므로, 각각 결합이 발생하였음을 알 수 있다.
- [0060] 상술한 실시예에 설명된 특징, 구조, 효과 등은 본 발명의 적어도 하나의 실시예에 포함되며, 반드시 하나의 실시예에만 한정되는 것은 아니다. 나아가, 각 실시예에서 예시된 특징, 구조, 효과 등은 실시예들이 속하는 분야

의 통상의 지식을 가지는 자에 의하여 다른 실시예들에 대해서도 조합 또는 변형되어 실시 가능하다.

[0061]

따라서 이러한 조합과 변형에 관계된 내용들은 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다. 또한, 이상에서 실시예들을 중심으로 설명하였으나 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시예의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 실시예들에 구체적으로 나타난 각 구성 요소는 변형하여 실시할 수 있는 것이다. 그리고 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부한 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

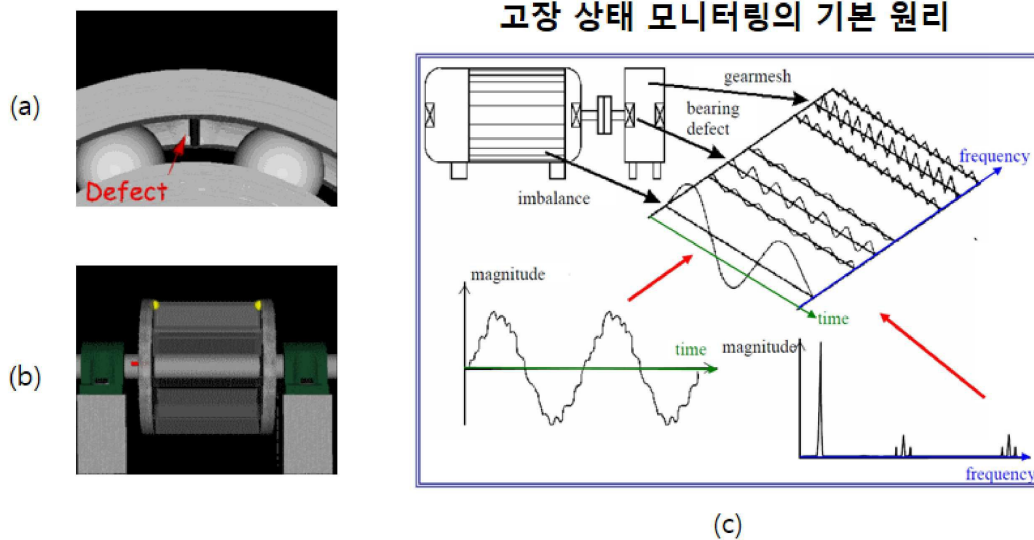
부호의 설명

[0063]

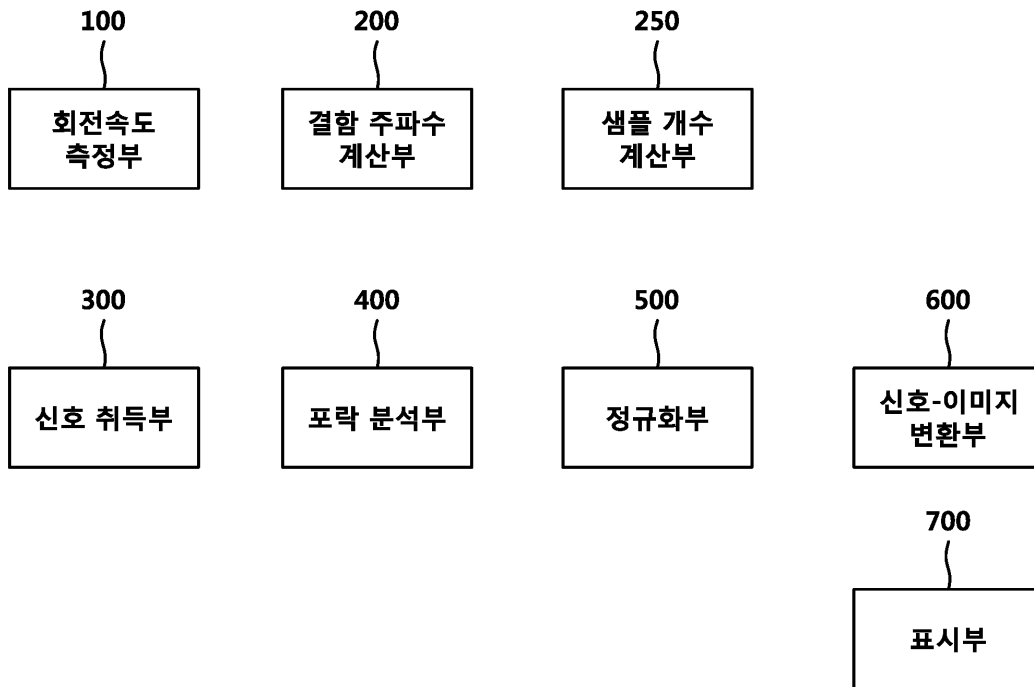
- 100: 회전속도 측정부
- 200: 결함 주파수 계산부
- 250: 샘플 개수 계산부
- 300: 신호취득부
- 400: 포락 분석부
- 500: 정규화부
- 600: 신호-이미지 변환부
- 700: 표시부

도면

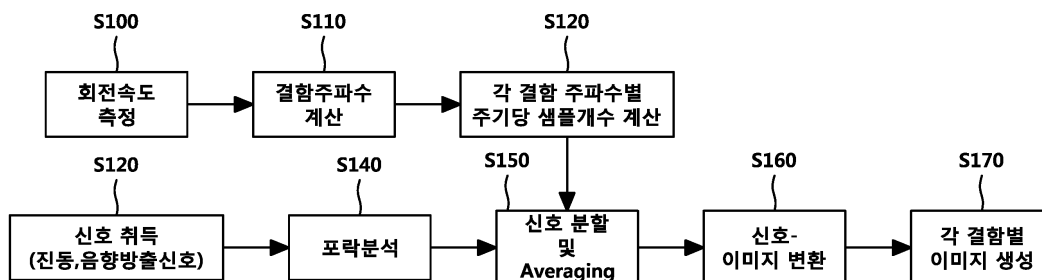
도면1



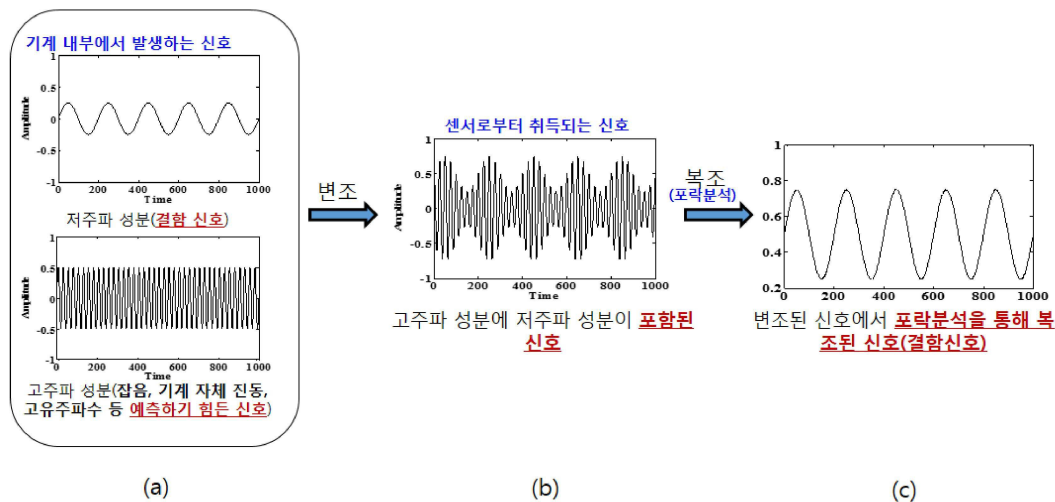
도면2



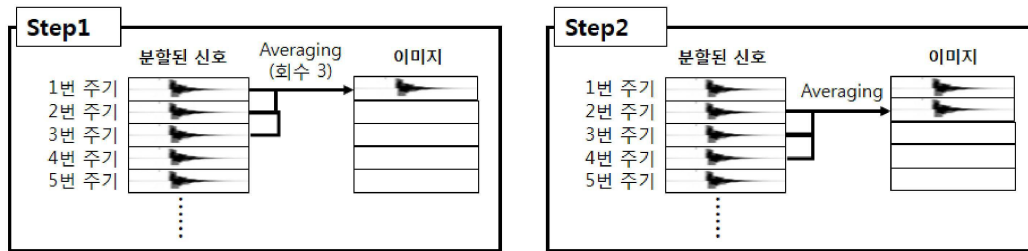
도면3



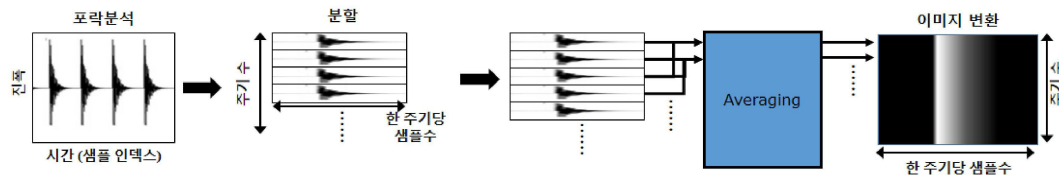
도면4



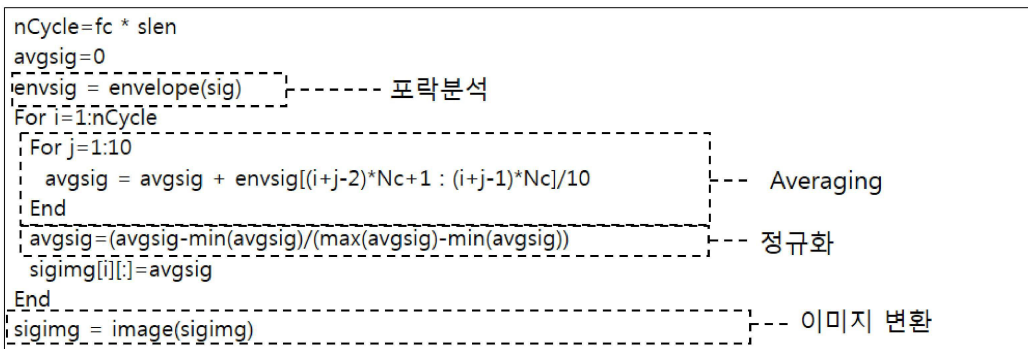
도면5



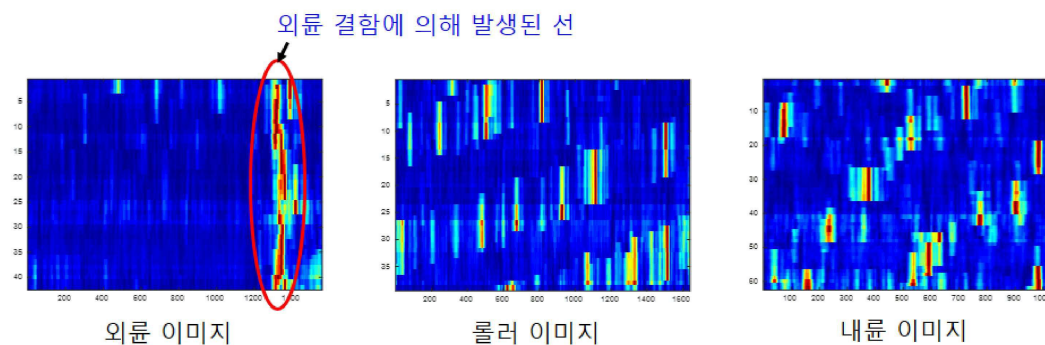
도면6



도면7



도면8



도면9

