(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0108168
(43) 공개일자 2021년09월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F04D 15/00 (2006.01) *F04D 15/02* (2006.01)
G01M 99/00 (2011.01)
(52) CPC특허분류
F04D 15/0088 (2013.01)
F04D 15/0245 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0023036
(22) 출원일자 2020년02월25일
심사청구일자 2020년02월25일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
박상혁
세종특별자치시 나리로 38 첫마을7단지 702동 603호
김강휘
전라북도 익산시 궁동로 129, 902동 102호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김창범

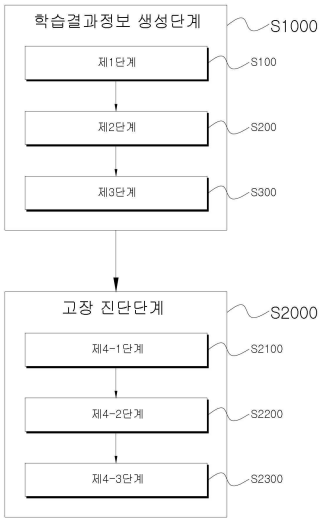
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **머신러닝 기반의 펌프 고장 진단 모니터링 방법**

(57) 요 약

본 발명은 펌프의 정상, 비정상을 판단할 수 있는 고장 진단용 학습결과 정보를 생성한 후 생성된 학습결과 정보를 이용하여 진단 대상 펌프의 고장을 진단하되, 다양한 센서들을 이용하여 진단 대상 펌프를 정밀하게 진단하는 것을 통해 진단 대상 펌프의 특정 고장 부위까지 정확하게 진단하는 발명에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G01M 99/008 (2013.01)
G06N 20/00 (2021.08)
F05D 2260/83 (2013.01)
(72) 발명자
김대연
경기도 용인시 기흥구 동백중앙로 312 백현마을동 일하이빌아파트 2105동 1901호
양성모
서울특별시 용산구 한강대로100길 13, 201호
박승환
세종특별자치시 대평로 80 해들마을6단지 604동 1003호

명 세 서

청구범위

청구항 1

펌프의 이상 진단을 위한 머신러닝 기반의 펌프 고장 진단 모니터링 방법에 있어서,

펌프 데모 시스템을 이용해 펌프의 정상, 비정상을 판단할 수 있는 고장 진단용 학습결과 정보를 생성하는 학습결과정보 생성단계(S1000)와;

생성된 고장 진단용 학습결과 정보를 이용하여 고장 진단을 하고자 하는 대상 펌프의 고장을 진단하는 고장 진단단계(S2000)를 포함하는 것을 특징으로 하는 머신러닝 기반의 펌프 고장 진단 모니터링 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 학습결과정보 생성단계(S1000)는,

정상적인 펌프 데모 시스템을 구축한 후, 정상적인 펌프의 센서별 정상 원시 데이터를 획득하는 제1단계(S100)와,

비정상적인 펌프 데모 시스템을 구축한 후, 비정상적인 펌프의 센서별 비정상 원시 데이터를 고장 부위별로 획득하는 제2단계(S200)와,

획득된 센서별 정상 원시 데이터와 고장 부위별로 획득된 센서별 비정상 원시 데이터를 이용하여 펌프의 정상, 비정상을 판단할 수 있는 펌프 고장 진단용 학습결과 정보를 생성하는 제3단계(S300)를 포함하는 것을 특징으로 하는 머신러닝 기반의 펌프 고장 진단 모니터링 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 제1단계(S100)는,

정상적인 펌프 데모 시스템의 각 위치에 센서들을 설치하는 제1-1단계(S110)와,

센서 설치 후, 펌프 데모 시스템을 동작시켜 센서별 정상 원시 데이터를 획득하는 제1-2단계(S120)를 포함하되,

상기 제1-1단계(S110)에서 설치되는 센서들은 가속도센서, 유량센서, 압력센서, 전류센서를 포함하고,

상기 제1-2단계(S120)에서의 센서별 정상 원시 데이터 획득은 설정된 횟수만큼 반복하여 획득하고,

상기 가속도센서는 펌프의 진동을 측정하기 위해 임펠러 케이스에 설치되고, 상기 유량센서는 작동 유량을 측정하기 위해 토출구로부터 충분히 이격된 상부 배관에 설치되고, 상기 압력센서는 차압 측정을 위해 흡입구와 토출구에 설치되고, 상기 전류센서는 펌프가 소모하는 전력을 측정하기 위해 전선의 핫라인에 설치되는 것을 특징으로 하는 머신러닝 기반의 펌프 고장 진단 모니터링 방법.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 제2단계(S200)는,

정상적인 펌프 데모 시스템을 구성하는 펌프의 특정 부위를 인위적으로 고장 시켜 비정상적인 펌프 데모 시스템

을 구축하는 제2-1단계(S210)와,

구축된 비정상적인 펌프 데모 시스템을 동작시켜 센서별 비정상 원시 데이터를 획득하는 제2-2단계(S220)를 포함하되,

상기 제2-1단계(S210)와 제2-2단계(S220)는 고장 시킬 펌프의 특정 부위를 달리하여 반복 수행되고, 상기 제2-2단계(S220)는 고장 부위별로 설정된 횟수만큼 반복 수행되는 것을 특징으로 하는 머신러닝 기반의 펌프 고장 진단 모니터링 방법.

청구항 5

청구항 2에 있어서,

상기 제3단계(S300)는,

획득된 센서별 정상 원시 데이터로부터 정상 센서별 특성값을 추출하는 제3-1단계(S310)와,

고장 부위별로 획득된 센서별 비정상 원시 데이터로부터 고장 부위별로 비정상 센서별 특성값을 추출하는 제3-2단계(S320)와,

추출된 정상 센서별 특성값과 고장 부위별로 추출된 비정상 센서별 특성값을 이용하여, 센서별 정상 특성값 범위를 결정하고, 고장 부위별로 센서별 비정상 특성값 범위를 결정하는 제3-3단계(S330)와,

결정된 센서별 특성값 범위들을 이용해 고장 진단용 학습결과 정보를 생성하는 제3-4단계(S340)를 포함하되,

상기 특성값은 설정된 시간 구간별 표준편차인 것을 특징으로 하는 머신러닝 기반의 펌프 고장 진단 모니터링 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 고장 진단단계(S2000)는,

고장 진단 펌프 시스템을 구축하고, 구축된 시스템의 각 위치에 센서들을 설치하는 제4-1단계(S2100)와,

고장 진단 펌프 시스템을 동작시켜 센서별 고장 진단용 데이터를 획득하는 제4-2단계(S2200)와,

획득된 센서별 고장 진단용 데이터와 고장 진단용 학습결과 정보를 이용하여 고장 진단 대상인 펌프의 고장을 진단하는 제4-3단계(S2300)를 포함하되,

상기 제4-1단계(S2100)에서 설치되는 센서들은 가속도센서, 유량센서, 압력센서, 전류센서를 포함하고,

상기 가속도센서는 펌프의 진동을 측정하기 위해 임펠러 케이스에 설치되고, 상기 유량센서는 작동 유량을 측정하기 위해 토출구로부터 충분히 이격된 상부 배관에 설치되고, 상기 압력센서는 차압 측정을 위해 흡입구와 토출구에 설치되고, 상기 전류센서는 펌프가 소모하는 전력을 측정하기 위해 전선의 핫라인에 설치되는 것을 특징으로 하는 머신러닝 기반의 펌프 고장 진단 모니터링 방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 제4-3단계(S2300)는,

획득된 센서별 고장 진단용 데이터로부터 센서별 특성값을 추출하는 제4-3-1단계(S2310)와,

추출된 센서별 특성값을 고장 진단용 학습결과 정보와 비교하여, 고장 진단 대상 펌프의 정상, 비정상을 판단하는 제4-3-2단계(S2320)를 포함하고,

센서별 고장 진단용 데이터로부터 추출되는 상기 센서별 특성값은 설정된 시간 구간별 표준편차이고,

상기 고장 진단용 학습결과 정보는 정상인 펌프의 센서별 특성값 범위에 대한 정보와 고장 부위별 비정상인 펌프의 센서별 특성값 범위에 대한 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 머신러닝 기반의 펌프 고장 진단 모니터링 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 머신러닝 기반의 펌프 고장 진단 모니터링 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 펌프의 정상, 비정상을 판단할 수 있는 고장 진단용 학습결과 정보를 생성한 후 생성된 학습결과 정보를 이용하여 진단 대상 펌프의 고장을 진단하는 머신러닝 기반의 펌프 고장 진단 모니터링 방법에 관한 발명이다.

[0002] 특히, 본 발명은 다양한 센서들을 이용하여 진단 대상 펌프를 정밀하게 진단하는 것을 통해 진단 대상 펌프의 특정 고장 부위까지 정확하게 진단하는 머신러닝 기반의 펌프 고장 진단 모니터링 방법에 관한 발명이다.

배 경 기 술

[0004] 일반적으로 우리가 실생활에서 매일 사용하는 물은 대부분이 상수도 시설에서 공급받는 수돗물이고, 한정된 일부 지역에서 아직도 지하수를 사용하고 있다.

[0005] 우리나라의 산업화가 시작되기 전에는 환경오염이 심하지 않았기 때문에, 자연 상태의 물을 그냥 마셔도 문제가 되지 않았지만, 현재는 환경오염이 심해 상수도 시설은 전부 소독처리를 한 후 공급되고 있는 실정이다.

[0006] 한편, 펌프는 지하에 있는 물을 지상으로 끌어올려서 사용하도록 하거나 물탱크 같은 곳에 저장된 물을 외부로 공급하도록 작동하는 장치로서 양수기라고도 부르며, 생활용 펌프부터 각종 산업용 펌프까지 다양하게 사용되고 있다.

[0007] 이때, 펌프의 종류는 회전력을 이용한 원심펌프와 피스톤 왕복운동을 이용한 용적식 펌프로 크게 구분되며, 용도와 작동방식에 따라 세분하게 구분되고 있으며 그 중에서 원심펌프가 가장 널리 사용되고 있다.

[0008] 하지만, 장기간 원심펌프를 사용하다 보면 주로 베어링 결함, 축 휨, 정렬불량, 누수 등의 고장이 일어날 수 있으며, 고장난 부품을 교체하지 않고 계속 사용하면 원심펌프의 고장뿐만 아니라 연결된 다른 설비의 고장으로 이어질 수 있는 가능성도 발생한다.

[0009] 따라서 원심펌프는 주기적으로 성능검사를 수행하여 고장부위를 진단하고, 고장부위가 발견되면 해당 부품을 교체하는 유지보수정비를 통해 원심펌프의 신뢰성을 유지해야 할 필요성이 있는 것이다.

[0010] 다음은 이와 관련한 종래의 선행기술들이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 1. 대한민국 등록특허공보 제10-1247337호 진공펌프 시험장치

(특허문헌 0002) 2. 대한민국 공개특허공보 제10-2017-0030823호 원전 펌프 신뢰성 평가 시험장치 및 방법

(특허문헌 0003) 3. 대한민국 등록특허공보 제10-1745103호 고압펌프 시험장치

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위한 것으로,

[0014] 본 발명은 펌프의 정상, 비정상을 판단할 수 있는 고장 진단용 학습결과 정보를 생성한 후 생성된 학습결과 정보를 이용하여 진단 대상 펌프의 고장을 진단하는 머신러닝 기반의 펌프 고장 진단 모니터링 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0015] 또한, 본 발명은 다양한 센서들을 이용하여 진단 대상 펌프를 정밀하게 진단하는 것을 통해 진단 대상 펌프의 특정 고장 부위까지 정확하게 진단하는 머신러닝 기반의 펌프 고장 진단 모니터링 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0017] 상기와 같은 목적을 달성하기 위해 본 발명인 머신러닝 기반의 펌프 고장 진단 모니터링 방법은,

[0018] 펌프 데모 시스템을 이용해 펌프의 정상, 비정상을 판단할 수 있는 고장 진단용 학습결과 정보를 생성하는 학습결과정보 생성단계(S1000)와;

[0019] 생성된 고장 진단용 학습결과 정보를 이용하여 고장 진단을 하고자 하는 대상 펌프의 고장을 진단하는 고장 진단단계(S2000)를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0021] 본 발명은 펌프의 정상, 비정상을 판단할 수 있는 고장 진단용 학습결과 정보를 생성한 후 생성된 학습결과 정보를 이용하여 진단 대상 펌프의 고장을 진단하기 때문에, 신속하고 정확하게 진단 대상 펌프의 고장을 파악하여 시기적절하게 유지보수를 진행하도록 한다.

[0022] 또한, 본 발명은 다양한 센서들을 이용하여 진단 대상 펌프를 정밀하게 진단하는 것을 통해 진단 대상 펌프의 특정 고장 부위까지 정확하게 진단하기 때문에, 펌프의 고장 부위를 정확하게 파악하지 못해 필요 이상으로 빈번하게 펌프를 점검하거나, 고장 부위를 몰라 펌프 전체를 교체하는 비용 손실을 방지한다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 순서도

도 2는 본 발명의 학습결과정보 생성단계 순서도

도 3은 본 발명의 정상적인 펌프 데모 시스템 계통도

도 4는 본 발명의 정상적인 펌프 데모 시스템 구성 블록도

도 5는 본 발명의 정상적인 펌프 데모 시스템에 각 센서들이 설치된 상태도

도 6은 본 발명의 비정상적인 펌프 데모 시스템 계통도

도 7은 본 발명의 비정상적인 펌프 데모 시스템 구성 블록도

도 8은 본 발명의 고장 진단단계 순서도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 본 발명의 실시예를 첨부된 도 1 내지 도 8을 참조하여 상세히 설명한다.

[0027] 본 발명의 머신러닝 기반의 펌프 고장 진단 모니터링 방법(이하 방법)은, 펌프(20)의 정상, 비정상을 판단할 수 있는 고장 진단용 학습결과 정보를 생성한 후 생성된 학습결과 정보를 이용하여 고장 진단 대상 펌프(20)의 고장을 진단하는 머신러닝 기반의 펌프(20) 고장 진단 모니터링 방법이기 때문에, 신속하고 정확하게 대상 펌프(20)의 고장을 파악하여 시기적절하게 펌프(20)의 유지보수를 진행하도록 하는 발명이어서 부분별한 유지보수를

방지할 수 있는 발명이다.

[0028] 따라서 본 발명의 방법은, 도 1과 같이, 크게 학습결과정보 생성단계(S1000)와 고장 진단단계(S2000)를 포함한다.

[0030] 구체적으로, 본 발명의 머신러닝 기반의 펌프 고장 진단 모니터링 방법은,

[0031] 펌프 데모 시스템을 이용해 펌프의 정상, 비정상을 판단할 수 있는 고장 진단용 학습결과 정보를 생성하는 학습결과정보 생성단계(S1000)와;

[0032] 생성된 고장 진단용 학습결과 정보를 이용하여 고장 진단을 하고자 하는 대상 펌프의 고장을 진단하는 고장 진단단계(S2000)를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0034] 도 1을 참조하면, 상기 학습결과정보 생성단계(S1000)는 펌프 데모 시스템(10)을 이용해 펌프(20)의 정상, 비정상을 판단할 수 있는 고장 진단용 학습결과 정보를 생성하는 단계로서, 생성된 고장 진단용 학습결과 정보는 고장 진단단계(S2000)에서 고장 진단 대상 펌프의 고장을 진단하는데 이용된다.

[0036] 상기 학습결과정보 생성단계(S1000)는 세부적으로 제1단계(S100), 제2단계(S200), 제3단계(S300)를 포함한다.

[0037] 구체적으로, 학습결과정보 생성단계(S1000)는,

[0038] 정상적인 펌프 데모 시스템을 구축한 후, 정상적인 펌프의 센서별 정상 원시 데이터를 획득하는 제1단계(S100)와,

[0039] 비정상적인 펌프 데모 시스템을 구축한 후, 비정상적인 펌프의 센서별 비정상 원시 데이터를 고장 부위별로 획득하는 제2단계(S200)와,

[0040] 획득된 센서별 정상 원시 데이터와 고장 부위별로 획득된 센서별 비정상 원시 데이터를 이용하여 펌프의 정상, 비정상을 판단할 수 있는 펌프 고장 진단용 학습결과 정보를 생성하는 제3단계(S300)를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0042] 도 2를 참조하면, 상기 제1단계(S100)는 정상적인 펌프 데모 시스템을 구축한 후, 정상적인 펌프(20)의 센서별 정상 원시 데이터를 획득하는 단계로서, 제1-1단계(S110)와 제1-2단계(S120)를 포함한다.

[0043] 구체적으로, 상기 제1단계(S100)는,

[0044] 정상적인 펌프 데모 시스템의 각 위치에 센서들을 설치하는 제1-1단계(S110)와,

[0045] 센서 설치 후, 펌프 데모 시스템을 동작시켜 센서별 정상 원시 데이터를 획득하는 제1-2단계(S120)를 포함한다.

[0047] 상기 제1-1단계(S110)는 정상 펌프(20)의 정상 원시 데이터를 획득할 수 있도록 하기 위한 정상적인 펌프 데모 시스템(10)을 구축하는 단계이다.

[0048] 여기서, 상기 정상적인 펌프 데모 시스템(10)은 정상적인 펌프(20) 작동 시, 발생되는 진동, 배관을 통과하는 유량, 정상 펌프(20)의 전단과 후단의 압력차(차압), 모터의 전류를 측정하는 정상인 펌프(20)의 성능과 작동상태를 확인 할 수 있도록 하는 시스템이다.

[0049] 따라서 상기 정상적인 펌프 데모 시스템(10)은, 도 3, 4와 같이, 정상 펌프(20), 가속도센서(100), 유량센서(200), 압력센서(300), 전류센서(400), 수조(500), 데이터 수집부(600), 배관(700)을 포함하도록 구성된다.

[0050] 즉, 정상적인 펌프 데모 시스템(10)은 정상 펌프(20)를 수조(500)에 배관(700)을 이용해 연결하고, 배관 및 정상 펌프의 각 해당 위치에 가속도센서(100), 유량센서(200), 압력센서(300), 전류센서(400)들을 설치한 것이다.

[0051] 구체적으로, 가속도센서(100)는 펌프의 진동을 측정하기 위해 펌프의 임펠러 케이스에 설치되고, 상기 유량센서(200)는 작동 유량을 측정하기 위해 펌프 토출구로부터 충분히 이격된 상부 배관에 설치되고, 상기 압력센서

(300)는 차압 측정을 위해 펌프 흡입구와 토출구 근처의 배관에 설치되고, 상기 전류센서(400)는 펌프가 소모하는 전력을 측정하기 위해 전선의 핫라인에 설치되는 것을 특징으로 한다.

[0052] 센서들의 설치 위치에 대해 좀 더 구체적으로 설명한다.

[0053] 도 5의 1번 그림을 참조하면, 상기 가속도센서(100)는 펌프(20)가 작동하면 발생되는 진동을 측정하기 위한 센서로서, 가속도센서(100)의 설치위치는 3단 임펠러가 위치하여 진동이 크게 발생되는 펌프(20)의 임펠러 케이스의 외부이고, 상기 임펠러 케이스의 외부에 X, Y, Z축 방향으로 총 3개의 가속도센서(100)가 부착된다.

[0054] 이때, 상기 가속도센서(100)는 높은 주파수의 응답을 얻도록 1축 Stud Mount 방식이 적용되었기 때문에, 펌프(20)가 작동하면 복수의 가속도센서(100)에서 측정한 데이터가 데이터 수집부(600)로 전송되고, 상기 데이터 수집부(600)는 펌프(20)의 각 축별 진동 데이터를 용이하게 수집하게 된다.

[0056] 도 5의 2번 그림을 참조하면, 상기 유량센서(200)는 배관을 통과하는 유량을 측정하는 센서로서, 유량센서(200)의 설치위치는 펌프(20)가 작동한 후 유속이 배관내에서 충분히 발현되도록 펌프(20)의 토출구(outlet)에서 일정하게 이격된 거리에 위치한 상부 배관이다.

[0057] 따라서 펌프(20)가 작동하면 상기 유량센서(200)는 배관을 통과하는 유량을 측정한 데이터가 데이터 수집부(600)로 전송된다.

[0059] 도 5의 3번 그림을 참조하면, 상기 압력센서(300)는 펌프(20)가 작동하고 배관에서 발생되는 압력을 측정하기 위한 센서로서, 좀 더 상세하게 설명하면, 펌프(20)의 전단 인입구(inlet)에서 발생되는 흡입압과 펌프(20)의 후단 토출구에서 발생되는 토출압의 차이(이하 '차압')를 측정하도록 압력센서(300)는 펌프(20)의 인입구(inlet)측 배관에 설치되는 제1 압력센서(310)와, 토출구측 배관에 설치되는 제2 압력센서(320)를 포함하여 구성된다.

[0060] 이때, 상기 제1 압력센서(310)와 제2 압력센서(320)는, 도면과 같이, 정확한 측정을 위해 바닥으로부터 수직인 선을 기준으로 45도 각도이하로 배관에 설치된다.

[0062] 도 5의 4번 그림을 참조하면, 상기 전류센서(400)는 펌프(20)가 작동할 때 발생되는 모터의 전류를 측정하는 센서로서, 전류센서(400)는 펌프(20)(구체적으로는 모터)에 연결된 외부전원의 핫라인(110v, 220V, 380V, 440V 전원선) 일측에 설치된다.

[0063] 도 5의 5번 그림을 참조하면, 상기 데이터 수집부(600)는 각 센서들과 연결되어, 정상 펌프(20)가 작동하면 각 센서들로부터 각종 측정 데이터를 수집 저장하는 일종의 DAQ(Data Acquisition) 장치이다.

[0065] 상기 제1-2단계(S120)는 정상 펌프(20)와 센서들(100, 200, 300, 400)이 설치된 정상적인 펌프 데모 시스템(10)을 작동시켜 정삭적인 펌프(20)가 작동할 때의 센서별 정상 원시 데이터를 획득하는 단계이다.

[0066] 이때, 상기 제1-2단계(S120)에서의 정상 원시 데이터 획득은 획득된 데이터의 측정 오차를 줄여 신뢰도를 높이도록 설정된 횟수만큼 반복하여 수행된다.

[0068] 상기 제2단계(S200)는 비정상적인 펌프 데모 시스템(11)을 구축한 후, 비정상적인 펌프의 센서별 비정상 원시 데이터를 고장 부위별로 획득하는 과정이다.

[0069] 비정상적인 펌프 데모 시스템(11) 구축이란 상술한 정상적인 펌프 데모 시스템(10)에 설치된 정상 펌프(20)의 특정 부위를 고장 시키는 것을 의미한다.

[0070] 예를 들어, 정상 펌프(20)의 특정 부위에 설치된 부품을 비정상 부품으로 교체하여 비정상적인 펌프 데모 시스템(11)을 구축하는 것이다.

[0071] 상기 제2단계(S200)는 도 2에 도시된 바와 같이, 제2-1단계(S210)와 제2-2단계(S220)를 포함한다.

[0072] 구체적으로 상기 제2단계(S200)는,

[0073] 정상적인 펌프 데모 시스템을 구성하는 펌프의 특정 부위를 인위적으로 고장 시켜 비정상적인 펌프 데모 시스템을 구축하는 제2-1단계(S210)와,

[0074] 구축된 비정상적인 펌프 데모 시스템을 동작시켜 센서별 비정상 원시 데이터를 획득하는 제2-2단계(S220)를 포함하되,

[0075] 상기 제2-1단계(S210)와 제2-2단계(S220)는 고장 시킬 펌프의 특정 부위를 달리하여 반복 수행되고, 상기 제2-2단계(S220)는 고장 부위별로 설정된 횟수만큼 반복 수행되는 것을 특징으로 한다.

[0077] 상기 제2-1단계(S210)는 제1단계(S100)를 통해 구축된 정상적인 펌프 데모 시스템에 설치된 정상 펌프(20)의 특정 부위를 인위적으로 고장시켜 비정상 펌프(21)를 만들어 도 6과 같이 비정상적인 펌프 데모 시스템(11)을 구축하는 단계로서, 인위적으로 고장시키는 정상 펌프(20)의 부위는 메카니컬 씰(mechanical seal), 베어링, 임펠러, 축 등과 같이 고장이 빈번히 발생하는 부위일 수 있다.

[0078] 예를 들어, 정상 펌프(20)에 설치된 메카니컬 씰(mechanical seal)을 분리한 후, 마모시켜 파손한 다음 다시 정상 펌프(20)에 설치하여 비정상 펌프(21)를 만드는 것이다.

[0079] 여기서, 상기 비정상적인 펌프 데모 시스템(11)은 비정상 펌프(20) 작동 시, 발생되는 진동, 배관을 통과하는 유량, 비정상 펌프(21)의 전단과 후단의 압력차(차압), 모터의 전류를 측정하는 비정상인 펌프(21)의 성능과 작동 상태를 확인 할 수 있도록 하는 시스템이다.

[0080] 따라서 상기 비정상적인 펌프 데모 시스템(11)은, 도 6, 7과 같이, 비정상 펌프(21), 가속도센서(100), 유량센서(200), 압력센서(300), 전류센서(400), 수조(500), 데이터 수집부(600), 배관(700)을 포함하도록 구성된다.

[0081] 즉, 비정상적인 펌프 데모 시스템(11)은 상술한 정상적인 펌프 데모 시스템(10)을 구성하는 정상 펌프(10)를 비정상 펌프(21)로 대체한 것이어서, 배관 및 비정상 펌프의 각 해당 위치에 설치되는 가속도센서(100), 유량센서(200), 압력센서(300), 전류센서(400)들의 설치 위치는 정상적인 펌프 데모 시스템(10)과 동일하다.

[0083] 상기 제2-2단계(S220)는 제2-1단계(S210)를 통해 구축된 비정상적인 펌프 데모 시스템(11)에 설치된 비정상적인 펌프(21)를 작동시켜 센서별 비정상 원시 데이터를 획득하는 단계이다.

[0085] 특히, 상기 제2-1단계(S210)와 제2-2단계(S220)는 고장 시킬 펌프의 특정 부위를 달리하여 반복 수행되며, 상기 제2-2단계(S220)는 고장 부위별로 설정된 횟수만큼 반복 수행되는 것을 특징으로 한다.

[0086] 예를 들어, A 부위가 고장난 비정상 펌프를 포함하는 비정상적인 펌프 데모 시스템(11)을 구축한 후, A 부위가 고장난 비정상 펌프를 동작시켜 센서별 비정상 원시 데이터를 획득하되, 설정된 횟수만큼 반복해 획득한다. 이때 반복해서 획득되는 센서별 비정상 원시 데이터는 고장 부위 A에 매칭 된 센서별 비정상 원시 데이터가 되는 것이다.

[0087] 이어서, B 부위가 고장난 비정상 펌프를 포함하는 비정상적인 펌프 데모 시스템(11)을 구축한 후, B 부위가 고장난 비정상 펌프를 동작시켜 센서별 비정상 원시 데이터를 획득하되, 설정된 횟수만큼 반복해 획득한다. 이때 반복해서 획득되는 센서별 비정상 원시 데이터는 고장 부위 B에 매칭 된 센서별 비정상 원시 데이터가 되는 것이다.

[0088] 이와 같은 과정을 고장부위 C, 고장부위 D, 고장부위 E 등과 같이 고장 부위를 달리하여 수행하는 것이다.

[0090] 이때, 제2-2단계(S220)를 고장 부위별로 설정된 횟수만큼 반복 수행하는 이유는 획득된 데이터의 측정 오차를 줄여 신뢰도를 높이기 위함이다.

[0091] 상기와 같이 제2-1단계(S210)와 제2-2단계(S220)를 수행하면 고장 부위별로 센서별 비정상 원시 데이터를 획득할 수 있게 된다.

[0093] 정리하면, 상술한 제1단계(S100)의 목적은 정상적인 펌프 데모 시스템을 통해 센서들의 정상 원시 데이터를 획득하는 것이고, 상술한 제2단계(S200)의 목적은 비정상적인 펌프 데모 시스템을 통해 고장 부위별 센서들의 비정상 원시 데이터를 획득하는 것이어서, 후술할 제3단계(S300)에서 센서별 정상 원시 데이터와 비정상 원시 데이터를 통해 펌프 고장 진단용 학습결과 정보를 생성할 수 있게 되는 것이다.

[0095] 상기 제3단계(S300)는 제1단계(S100)를 통해 획득한 센서별 정상 원시 데이터와, 제2단계(S200)를 통해 고장 부위별로 획득한 센서별 비정상 원시 데이터를 이용하여 펌프의 정상, 비정상을 판단할 수 있는 펌프 고장 진단용 학습결과 정보를 생성하는 단계로서, 상기 제3단계(S300)를 통해 생성된 펌프 고장 진단용 학습결과 정보를 이용하여 고장 진단단계(S2000)에서 펌프(20)의 고장을 진단하게 된다.

[0096] 특히, 제2단계(S200)를 통해 획득한 센서별 비정상 원시 데이터는 고장 부위별로 생성되는 센서별 비정상 원시 데이터인 것을 특징으로 하며, 센서별 비정상 원시 데이터가 고장 부위별로 생성되는 특징은 제2단계(S200) 설명 부분에서 상세히 설명(제2-1단계(S210)와 제2-2단계(S220)는 고장 시킬 펌프의 특정 부위를 달리하여 반복 수행되고, 제2-2단계(S220)는 고장 부위별로 설정된 횟수만큼 반복 수행됨)된바 구체적 설명은 생략하기로 한다.

[0098] 상기 제3단계(S300)는 도 2를 참조하면, 제3-1단계(S310), 제3-2단계(S320), 제3-3단계(S330), 제3-4단계(S340)를 포함하여 구성된다.

[0099] 구체적으로, 상기 제3단계(S300)는,

[0100] 획득된 센서별 정상 원시 데이터로부터 정상 센서별 특성값을 추출하는 제3-1단계(S310)와,

[0101] 고장 부위별로 획득된 센서별 비정상 원시 데이터로부터 고장 부위별로 비정상 센서별 특성값을 추출하는 제3-2단계(S320)와,

[0102] 추출된 정상 센서별 특성값과 고장 부위별로 추출된 비정상 센서별 특성값을 이용하여, 센서별 정상 특성값 범위를 결정하고, 고장 부위별로 센서별 비정상 특성값 범위를 결정하는 제3-3단계(S330)와,

[0103] 결정된 센서별 특성값 범위들을 이용해 고장 진단용 학습결과 정보를 생성하는 제3-5단계(S340)를를 포함한다.

[0105] 상기 제3-1단계(S310)는 제1단계(S100)를 통해 획득된 센서별 정상 원시 데이터로부터 센서별 특성값을 추출하는 단계이다.

[0106] 즉, 상기 제3-1단계(S310)는 정상 상태의 펌프(20)를 작동시킬 때 가속도센서(100)가 측정한 펌프의 진동(구체적으로는 임펠러 케이스의 진동) 데이터, 유량센서(200)가 측정한 배관의 유량 데이터, 압력센서(300)가 측정한 흡입압과 토출압의 차압 데이터, 전류센서(400)가 측정한 모터의 전류 데이터를 포함한 센서별 정상 원시 데이터로부터 센서별 특성값을 추출하는 단계이다.

[0107] 이때, 정상 원시 데이터로부터 추출되는 특성값은 정상 원시 데이터의 설정된 시간 구간별 첨두-첨두값(Peak-to-Peak), 표준편차(Standard Variation), 평균(Mean), 제곱 평균 제곱(Root Mean Square), 파고율(crest factor), 왜도(skewness), 첨도(kurtosis), 최대 진폭의 주파수(frequency of max amplitude) 중에 어느 하나일 수 있는데, 본 발명은 분류 정확도가 가장 높은 모델인 설정된 시간 구간별 표준편차를 이용한다.

[0108] 시간 구간별 첨두-첨두값(Peak-to-Peak), 표준편차(Standard Variation), 평균(Mean), 제곱 평균 제곱(Root Mean Square), 파고율(crest factor), 왜도(skewness), 첨도(kurtosis), 최대 진폭의 주파수(frequency of max amplitude)를 특성값으로 사용하는 이유는 실시간으로 수신되는 센서별 정상 원시 데이터는 그 데이터량이 방대하기 때문에 모든 데이터를 비교하는 것은 현실적으로 용이치 않다.

[0109] 따라서 실시간으로 수신되는 센서별 정상 원시 데이터를 설정된 시간 구간별로 샘플링하고, 샘플링 된 시간 구간별 데이터의 첨두-첨두값(Peak-to-Peak), 표준편차(Standard Variation), 평균(Mean), 제곱 평균 제곱(Root Mean Square), 파고율(crest factor), 왜도(skewness), 첨도(kurtosis), 최대 진폭의 주파수(frequency of max

amplitude)를 특성값으로 하여 비교하면, 방대한 데이터 비교 시간을 단축시킬 수 있는 효과가 있다.

[0110] 특히, 본 발명에서는 특성값으로 설정된 시간 구간별 표준편차를 이용하게 되는데, 이는 첨두-첨두값(Peak-to-Peak), 평균(Mean), 제곱 평균 제곱(Root Mean Square), 파고율(crest factor), 왜도(skewness), 첨도(kurtosis), 최대 진폭의 주파수(frequency of max amplitude)보다 데이터 비교 시, 비교 정확도가 가장 높아 결국 고장 진단을 위한 고장 진단용 학습결과 정보를 이용해 고장 진단 시, 분류 정확도가 높아져 진단 정확도가 높아지게 된다.

[0112] 상기 제3-2단계(S320)도 제3-1단계(S310)와 동일한 방식으로 제2단계(S200)를 통해 고장 부위별로 획득된 센서별 비정상 원시 데이터로부터 고장 부위별로 비정상 센서별 특성값을 추출하는 과정이다.

[0113] 제3-2단계(S320)에서 고장 부위별로 추출되는 비정상 센서별 특성값 역시 표준편차이며, 이에 대한 구체적 특징은 제3-1단계(S310)에서 설명된 바, 구체적 설명은 생략하기로 한다.

[0115] 상기 제3-3단계(S330)는 추출된 정상 센서별 특성값과 고장 부위별로 추출된 비정상 센서별 특성값을 이용하여 센서별 정상 특성값 범위를 결정하고 고장 부위별로 센서별 비정상 특성값 범위를 결정하는 과정이다.

[0116] 제3-3단계(S330)를 통해 결정되는 센서별 정상 특성값 범위는 예를 들어, 가속도 센서의 정상 특성값 범위 1~5, 유량 센서의 정상 특성값 범위 2~7, 압력 센서의 정상 특성값 범위 10~20, 전류 센서의 정상 특성값 범위 0.5~1 등일 수 있다.

[0117] 또한, 제3-3단계(S330)를 통해 고장 부위별로 결정되는 센서별 비정상 특성값 범위는 예를 들어, 메카니컬 씰(mechanical seal) 고장 시 가속도 센서의 비정상 특성값 범위 6~10, 메카니컬 씰(mechanical seal) 고장 시 유량 센서의 비정상 특성값 범위 8~15, 메카니컬 씰(mechanical seal) 고장 시 압력 센서의 비정상 특성값 범위 20~30, 메카니컬 씰(mechanical seal) 고장 시 전류 센서의 비정상 특성값 범위 1~2, 베이링 고장 시 가속도 센서의 비정상 특성값 범위 8~13, 베어링 고장 시 유량 센서의 비정상 특성값 범위 10~18, 베어링 고장 시 압력 센서의 비정상 특성값 범위 25~33, 베어링 고장 시 전류 센서의 비정상 특성값 범위 1.5~2.7 등일 수 있다.

[0119] 상기 제3-4단계(S340)는 결정된 센서별 특성값 범위를 이용해 고장 진단용 학습결과 정보를 생성하는 과정이다.

[0120] 제3-4단계(S340)를 통해 생성되는 고장 진단용 학습결과 정보는 정상인 펌프의 센서별 특성값 범위에 대한 정보와 고장 부위별 비정상인 펌프의 센서별 특성값 범위에 대한 정보를 포함한다.

[0121] 따라서 정상인 펌프의 센서별 특성값 범위에 대한 정보와 고장 부위별 비정상인 펌프의 센서별 특성값 범위에 대한 정보를 포함하는 고장 진단용 학습결과 정보와 진단 대상인 펌프의 센서별 특성값을 비교하여 후술할 고장 진단단계(S2000)를 통해 진단 대상인 펌프의 정상, 비정상을 진단하게 된다.

[0123] 도 1을 참조하면, 본 발명의 고장 진단단계(S2000)는 학습결과정보 생성단계(S1000)를 통해 생성된 고장 진단용 학습결과 정보를 이용하여 고장 진단을 하고자 하는 대상 펌프(20)의 고장을 진단하는 단계로서, 제4-1단계(S2100), 제4-2단계(S2200), 제4-3단계(S2300)를 포함한다.

[0124] 구체적으로, 상기 고장 진단단계(S2000)는 도 8에 도시된 바와 같이,

[0125] 고장 진단 펌프 시스템을 구축하고, 구축된 시스템의 각 위치에 센서들을 설치하는 제4-1단계(S2100)와,

[0126] 고장 진단 펌프 시스템을 동작시켜 센서별 고장 진단용 데이터를 획득하는 제4-2단계(S2200)와,

[0127] 획득된 센서별 고장 진단용 데이터와 고장 진단용 학습결과 정보를 이용하여 고장 진단 대상인 펌프의 고장을 진단하는 제4-3단계(S2300)를 포함한다.

[0128] 특히, 상기 제4-1단계(S2100)에서 설치되는 센서들은 가속도센서, 유량센서, 압력센서, 전류센서를 포함하고, 상기 가속도센서는 펌프의 진동을 측정하기 위해 임펠러 케이스에 설치되고, 상기 유량센서는 작동 유량을 측정하기 위해 토출구로부터 충분히 이격된 상부 배관에 설치되고, 상기 압력센서는 차압 측정을 위해 흡입구와 토출구에 설치되고, 상기 전류센서는 펌프가 소모하는 전력을 측정하기 위해 전선의 핫라인에 설치되는 것을 특징

으로 한다.

[0130] 상기 제4-1단계(S2100)는 고장 진단 펌프 시스템을 구축하고, 구축된 시스템의 각 위치에 센서들을 설치하는 단계이다.

[0131] 즉, 상기 제4-1단계(S2100)를 통해 구축되는 고장 진단 펌프 시스템은 학습결과정보 생성단계(S1000)의 제1단계(S100)에서 구축한 정상적인 펌프 데모 시스템과 동일한 시스템으로서, 단지 차이점은 제1단계(S100)에서 구축한 정상적인 펌프 데모 시스템을 구성하는 정상 펌프(20)가 고장을 진단하고자 하는 진단 대상 펌프로 대체된다는 점이다.

[0132] 즉, 제4-1단계(S2100)를 통해 구축되는 고장 진단 펌프 시스템은 고장 진단 대상 펌프, 가속도센서(100), 유량센서(200), 압력센서(300), 전류센서(400), 수조(500), 데이터 수집부(600), 배관(700)을 포함하도록 구성된다.

[0134] 상기 제4-2단계(S2200)는 제4-1단계(S2100)을 통해 구축된 고장 진단 펌프 시스템을 작동시켜 센서별 고장 진단용 데이터를 획득하는 과정이다.

[0136] 상기 제4-3단계(S2300)는 제4-2단계(S2200)를 통해 획득된 센서별 고장 진단용 데이터와 학습결과정보 생성단계(S1000)에서 생성한 고장 진단용 학습결과 정보를 이용하여 고장 진단 대상 펌프의 고장을 진단하는 단계로서, 제4-3-1단계(S2310), 제4-3-2단계(S2320)를 포함한다.

[0137] 구체적으로, 상기 제4-3단계(S2300)는 도 8에 도시된 바와 같이,

[0138] 획득된 센서별 고장 진단용 데이터로부터 센서별 특성값을 추출하는 제4-3-1단계(S2310)와,

[0139] 추출된 센서별 특성값을 고장 진단용 학습결과 정보와 비교하여, 고장 진단 대상 펌프의 정상, 비정상을 판단하는 제4-3-2단계(S2320)를 포함하고,

[0140] 상기 고장 진단용 학습결과 정보는 정상인 펌프의 센서별 특성값 범위에 대한 정보와 고장 부위별 비정상인 펌프의 센서별 특성값 범위에 대한 정보를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0142] 상기 제4-3-1단계(S2310)는 획득된 센서별 고장 진단용 데이터로부터 센서별 특성값을 추출하는 단계로서, 추출되는 센서별 특성값은 학습결과정보 생성단계(S1000)에서와 마찬가지로 센서별 고장 진단용 데이터의 설정된 시간 구간별 표준편차인 것을 특징으로 한다.

[0143] 표준편차를 특성값으로 하는 이유는 학습결과정보 생성단계(S1000)에서 설명한 바와 동일하다.

[0145] 상기 제4-3-2단계(S2320)는 추출된 센서별 특성값을 고장 진단용 학습결과 정보와 비교하여, 고장 진단 대상 펌프의 정상, 비정상을 판단하는 과정이다.

[0146] 상기 고장 진단용 학습결과 정보는 정상인 펌프의 센서별 특성값 범위에 대한 정보와 고장 부위별 비정상인 펌프의 센서별 특성값 범위에 대한 정보를 포함하고 있기 때문에, 추출된 센서별 특성값을 고장 진단용 학습결과 정보와 비교한다는 것은 추출된 센서별 특성값을 정상인 펌프의 센서별 특성값 범위와 비교하는 것과 추출된 센서별 특성값을 고장 부위별 비정상인 펌프의 센서별 특성값 범위와 비교하는 것을 의미한다.

[0147] 예를 들어, 고장 진단용 학습결과 정보가 가속도 센서의 정상 특성값 범위가 1~5, 메카니컬 씰(mechanical seal) 고장 시의 가속도 센서의 비정상 특성값 범위가 6~10, 베이링 고장 시의 가속도 센서의 비정상 특성값 범위가 8~13이라고 가정하는 경우, 고장 진단 펌프 시스템으로부터 획득한 고장 진단용 데이터로부터 추출한 가속도 센서의 특성값을 상기 가속도 센서의 정상 특성값 범위 1~5, 메카니컬 씰(mechanical seal) 고장 시의 가속도 센서의 비정상 특성값 범위 6~10, 베이링 고장 시의 가속도 센서의 비정상 특성값 범위 8~13과 비교하는 것이다.

[0148] 비교 결과, 고장 진단용 데이터로부터 추출한 가속도 센서의 특성값이 가속도 센서의 정상 특성값 범위인 1~5에

속하면 정상, 메카니컬 씰(mechanical seal) 고장 시의 가속도 센서의 비정상 특성값 범위인 6~10에 속하면 메카니컬 씰(mechanical seal) 고장, 베이링 고장 시의 가속도 센서의 비정상 특성값 범위인 8~13에 속하면 베이링 고장으로 판단한다.

[0149] 상기의 경우라면 고장 진단용 펌프는 메카니컬 씰(mechanical seal)과 베이링 이 고장난 것으로 판단하는 것이다.

[0151] 이를 통해, 본 발명은 사용자가 고장 진단 대상 펌프의 특정 고장 부위를 정확히 파악하여 신속하게 조치하도록 하므로, 종래처럼 이상 여부를 판단하기 위해 불필요 또는 무분별하게 펌프를 점검하거나 특정 고장 부위를 판단할 수 없어 펌프 전체를 교체하는 등의 문제를 해결할 수 있게 된다.

[0153] 이상에서 본 발명에 대한 기술사상을 첨부도면과 함께 서술하였지만, 이는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시적으로 설명한 것이지 본 발명을 한정하는 것은 아니다. 또한, 이 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 누구나 본 발명의 기술사상의 범주를 이탈하지 않는 범위 내에서 다양한 변형 및 모방이 가능함은 명백한 사실이다.

부호의 설명

[0154] 10 : 정상적인 펌프 데모 시스템

11 : 비정상적인 펌프 데모 시스템

20 : 정상 펌프

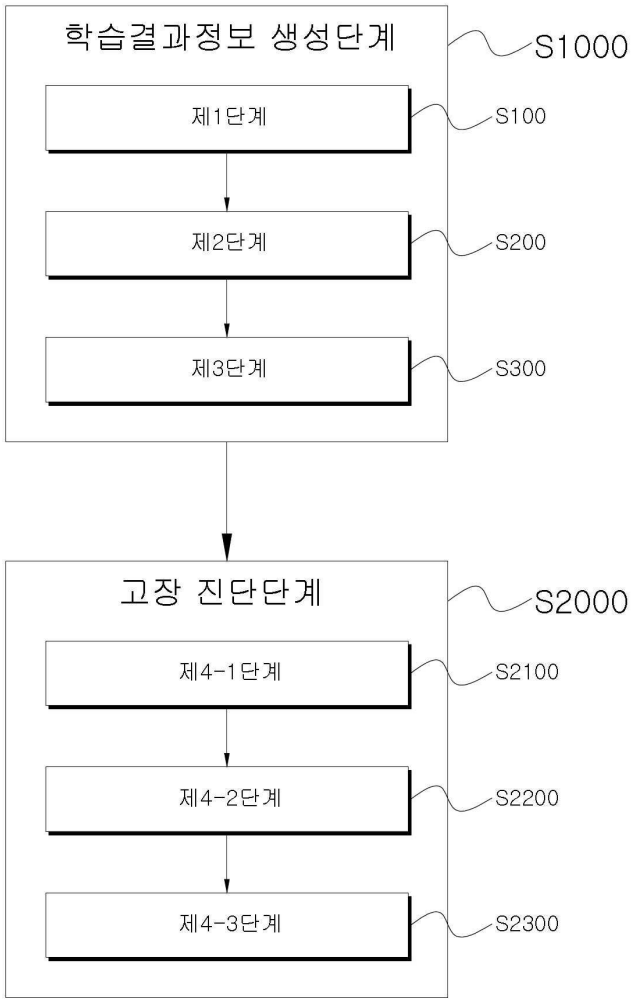
21 : 비정상 펌프

S1000 : 학습결과정보 생성단계

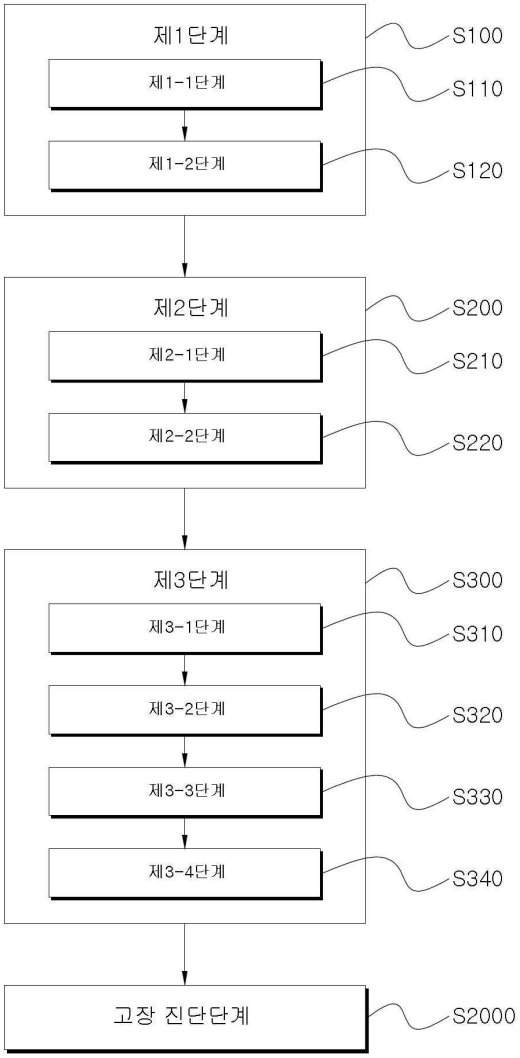
S2000 : 고장 진단단계

도면

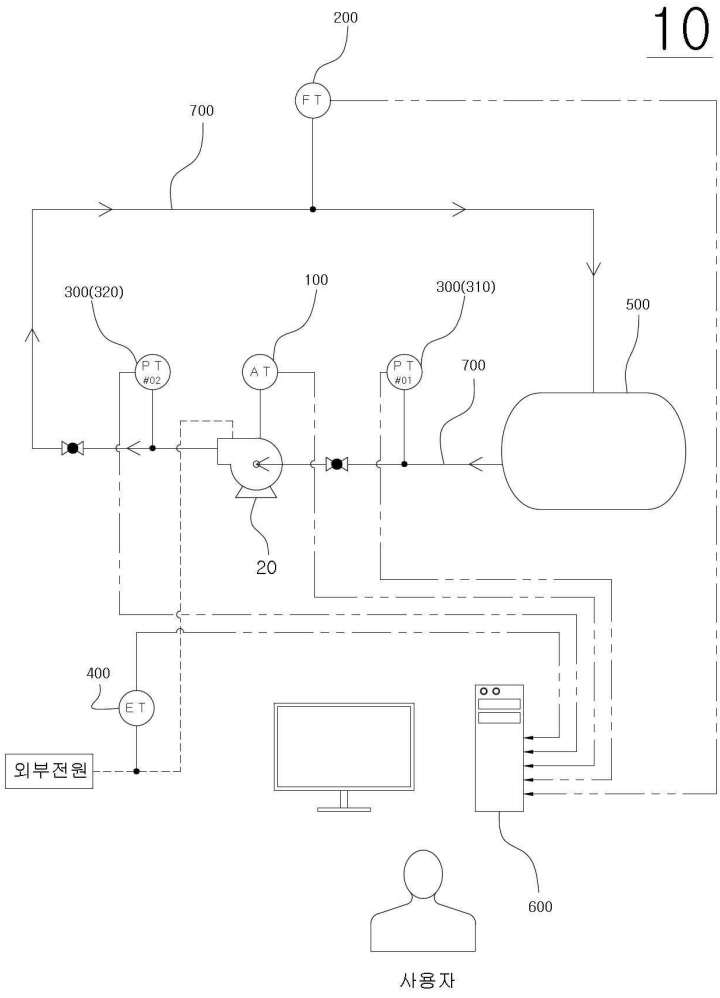
도면1


학습결과정보 생성단계
S1000
제1단계
S100
제2단계
S200
제3단계
S300
고장 진단단계
S2000
제4-1단계
S2100
제4-2단계
S2200
제4-3단계
S2300

도면2


제1단계
S100
제1-1단계
S110
제1-2단계
S120
제2단계
S200
제2-1단계
S210
제2-2단계
S220
제3단계
S300
제3-1단계
S310
제3-2단계
S320
제3-3단계
S330
제3-4단계
S340
고장 진단단계
S2000

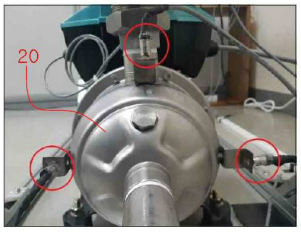
도면3


10
200
FT
700
300(320)
PT
#02
100
AT
300(310)
PT
#01
700
500
20
400
ET
외부전원
600
사용자

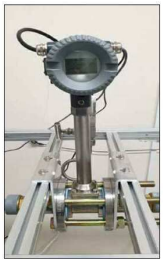
도면4


10
20
정상펌프
100
가속도센서
200
유량센서
300
압력센서
310
제1 압력센서
320
제2 압력센서
400
전류센서
500
수조
600
데이터 수집부
700
배관

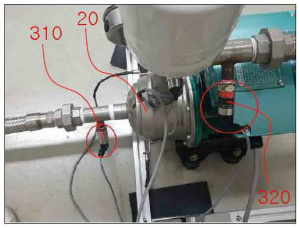
도면5



1.가속도센서가 펌프에 설치된 상태



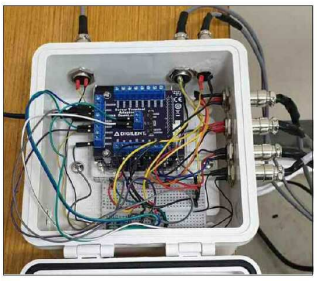
2.유량센서가 배관에 설치된 상태



3.압력센서가 펌프의 전단과 후단에 설치된 상태



4.전류센서가 전원 공급선에 설치된 상태

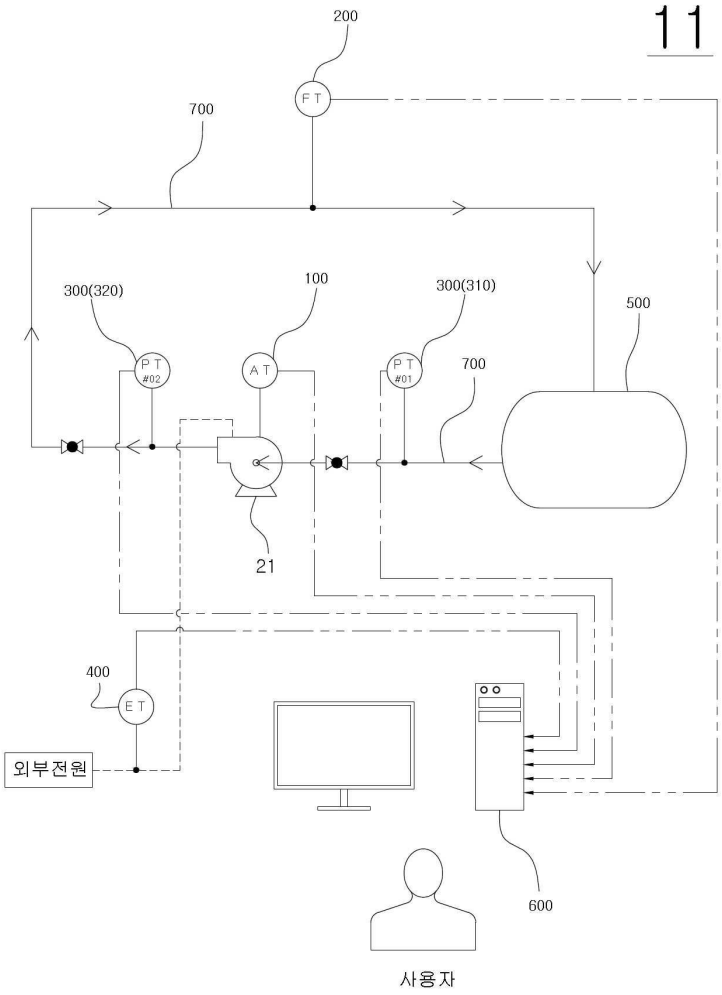


5.데이터 수집부에 센서선들이 연결된 상태



6.전원부의 설치 상태

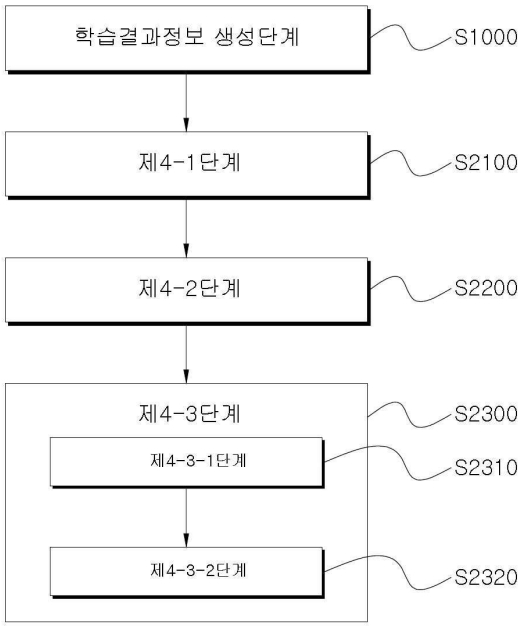
도면6


11
200
FT
700
300(320)
100
300(310)
500
PT #02
AT
PT #01
700
21
400
ET
외부전원
600
사용자

도면7


11
21
비정상펌프
100
가속도센서
200
유량센서
300
압력센서
310
제1 압력센서
320
제2 압력센서
400
전류센서
500
수조
600
데이터 수집부
700
배관

도면8


학습결과정보 생성단계
S1000
제4-1단계
S2100
제4-2단계
S2200
제4-3단계
S2300
제4-3-1단계
S2310
제4-3-2단계
S2320