



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. G01N 29/04 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2007년04월02일 10-0702578 2007년03월27일
---	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자 심사청구일자	10-2005-0067313 2005년07월25일 2005년07월25일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2007-0013007 2007년01월30일
----------------------------------	---	------------------------	--------------------------------

(73) 특허권자 한국전력공사
 서울 강남구 삼성1동 167번지

(72) 발명자 윤병식
 대전광역시 유성구 전민동 삼성푸른아파트 106동 301호

 양승한
 대전광역시 중구 문화동 한밭우성아파트 110동 103호

 이희중
 대전광역시 유성구 전민동 삼성푸른아파트 106동 402호

 조찬희
 대전광역시 유성구 전민동 삼성푸른아파트 110동 903호

 최성남
 대전광역시 중구 오류동 삼성아파트 10동 907호

 김용식
 대전광역시 유성구 전민동 삼성푸른아파트 107동 607호

(74) 대리인 이세진

(56) 선행기술조사문헌 JP03082954 A US4381787 A US4893512 A * 심사관에 의하여 인용된 문헌	KR200197131 Y1 US4492119 A
--	-------------------------------

심사관 : 홍정혜

전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 다관절 로봇을 이용한 발전소의 증기터빈 자동 초음파검사장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 원자력발전소 내지는 화력발전소에 설치된 증기터빈의 건전성 이상 유무를 검사하는 증기터빈의 자동 비파괴 검사장치 및 방법에 관한 것으로, 터빈을 검사할 수 있는 상태로 위치시키고, 외부에서 터빈의 검사대상 부위에 초음파센서를 접촉시키면서 검사하는 장치 및 방법에 있어서, 기존의 직선형 접근 방법을 개선하여 다관절 로봇을 이용함으로써 다양한 검사부위에 대한 검사가 가능할 뿐만 아니라 검사결과에 있어서도 기존의 수직식 접근 방법에 비해 검사 신뢰성이 향상될 수 있는 증기터빈의 자동 비파괴 검사장치 및 방법에 관한 것이다.

이를 위해 본 발명은, 검사대상인 터빈이 설치된 임의의 장소에 다중의 압전소자를 배열한 위상배열형 초음파로 이루어진 초음파 센서(510)와 접촉매질 공급장치(750)가 끝단에 설치된 다관절 로봇(400)을 설치하고, 특정 검사부위에 초음파 센서(510)가 접촉하도록 한 상태에서 다관절 로봇의 관절을 이용하여 검사를 수행하거나, 또는 다관절 로봇이 고정된 상태에서 터빈을 회전시켜 검사를 수행할 수 있도록 구성된다.

대표도

도 7

특허청구의 범위

청구항 1.

6개의 제1 내지 제6축의 구동 및 회전관절(410~460)로 이루어지고, 제6축의 구동 및 회전관절(460)의 끝단에 초음파를 송수신하기 위한 초음파 센서(510)가 부착되어 터빈의 원하는 검사부위를 검사하기 위한 6축 다관절 로봇(400)과,

상기 6축 다관절 로봇(400)의 제1 내지 제6축의 구동 및 회전관절(410~460)을 적절하게 조정하여 상기 6축 다관절 로봇(400)의 제6축의 구동 및 회전관절(460)의 끝단에 부착된 초음파 센서(510)가 원하는 터빈의 검사부위에 위치될 수 있도록 하기 위한 다관절 로봇 제어기(470) 및,

초음파 케이블(740)을 통해 상기 초음파 센서(510)에서 전송된 초음파신호가 초음파 송수신부(730)를 통해 디지털 데이터로 변환되어 랜을 통해 전송되면 그 변환된 데이터를 저장 및 분석하여 검사된 부위의 손상 등을 찾아냄과 더불어, 터빈의 측면에 부착된 엔코더(760)에서 발생된 터빈의 회전위치신호가 엔코더 케이블(770)을 통해 초음파 송수신부(730)로 전송되어 디지털 데이터로 변환된 후, 그 변환된 데이터가 랜을 통해 전송되면 그 취득된 데이터를 분석하여 터빈의 현재 검사부위의 정확한 위치를 파악하기 위한 데이터 취득 및 평가용 PC(710)를 구비하여 구성된 것을 특징으로 하는 다관절 로봇을 이용하여 원자력 또는 화력발전소의 증기터빈을 자동으로 비파괴 초음파 검사하기 위한 장치.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 다관절 로봇(400)의 끝단에 설치된 초음파 센서(510)는 상기 제6축의 구동 및 회전관절(460)에 의해 검사부위의 접촉부위에 대한 2차원 주사가 가능한 것을 특징으로 하는 다관절 로봇을 이용하여 원자력 또는 화력발전소의 증기터빈을 자동으로 비파괴 초음파 검사하기 위한 장치.

청구항 3.

제1항에 있어서, 제4축의 구동 및 회전관절(440)이 180도 회전됨으로써 상기 제6축의 구동 및 회전관절(460)의 끝단에 부착된 상기 초음파 센서(510)를 터빈 검사부위의 반대쪽으로 회전시켜 반대면을 검사하도록 이루어진 것을 특징으로 하는 다관절 로봇을 이용하여 원자력 또는 화력발전소의 증기터빈을 자동으로 비파괴 초음파 검사하기 위한 장치.

청구항 4.

제1항에 있어서, 상기 초음파 센서(510)는 다수개의 압전소자가 배열된 위상배열형 초음파 센서로 상기 다관절 로봇(400)의 상기 제6축의 구동 및 회전관절(460)의 끝단에 부착된 것을 특징으로 하는 다관절 로봇을 이용하여 원자력 또는 화력발전소의 증기터빈을 자동으로 비파괴 초음파 검사하기 위한 장치.

청구항 5.

제1항에 있어서, 상기 초음파 센서(510)와 검사대상과의 사이에 작용하는 접촉력을 일정하게 유지하기 위해 상기 초음파 센서(510)의 후단에 부착된 인장스프링의 후면에 압력감지센서가 내장된 압력감지형 구동모터를 설치한 것을 특징으로 하는 다관절 로봇을 이용하여 원자력 또는 화력발전소의 증기터빈을 자동으로 비파괴 초음파 검사하기 위한 장치.

청구항 6.

다관절 로봇(400)을 검사대상인 터빈(100)의 전방에 설치하고, 다관절 로봇의 끝단에 초음파 센서(510)를 부착한 상태에서 터빈 디스크(120), 터빈 테논(140), 터빈 날개 뿌리부분(130) 및 날개(110) 등과 같은 검사대상에 접근이 가능한 검사 장치에 의해, 상기 다관절 로봇(400)의 관절이 검사영역을 이동하면서 검사를 수행하거나, 또는 상기 다관절 로봇(400)이 특정위치에 고정된 상태에서 터빈이 안착된 롤러(240)를 모터에 의해 회전시켜 검사대상인 터빈을 회전시키면서 검사를 수행할 수 있도록 이루어진 것을 특징으로 하는 다관절 로봇을 이용하여 원자력 또는 화력발전소의 증기터빈을 자동으로 비파괴 초음파 검사하기 위한 방법.

청구항 7.

제6항에 있어서, 상기 다관절 로봇(400)에 의해 터빈의 검사를 수행할 경우에, 초음파 송수신부(730)에서 발생된 펄스를 초음파 케이블(740)을 통해 상기 다관절 로봇(400)의 제6축 구동 및 회전관절(460)의 끝단에 장착되면서 검사대상에 접촉되는 초음파 센서(510)로 전송하여 초음파를 터빈의 검사대상 부위로 발사하고, 검사대상 부위에 대한 초음파 신호를 상기 초음파 센서(510)가 다시 수신하여 상기 초음파 케이블(740)을 통해 초음파 송수신부(730)로 전송하여 디지털 데이터로 변환시킨 후, 상기 변환된 데이터를 랜(LAN)을 통해 데이터 취득 및 평가용 PC(710)로 전송하여 저장시키고, 상기 데이터 취득 및 평가용 PC(710)가 그 취득된 데이터를 분석하여 검사된 부위의 손상 등을 찾아내도록 이루어진 것을 특징으로 하는 다관절 로봇을 이용하여 원자력 또는 화력발전소의 증기터빈을 자동으로 비파괴 초음파 검사하기 위한 방법.

청구항 8.

제6항 또는 제7항에 있어서, 터빈의 측면에 부착된 엔코더(760)에서 발생된 터빈의 회전위치신호가 엔코더 케이블(770)을 통해 초음파 송수신부(730)로 전송되어 디지털 데이터로 변환된 후, 상기 변환된 데이터가 랜을 통해 상기 데이터 취득 및 평가용 PC(710)로 전송되어 상기 취득된 데이터를 분석하여 터빈의 현재 검사부위의 정확한 위치를 파악할 수 있도록 이루어진 것을 특징으로 하는 다관절 로봇을 이용하여 원자력 또는 화력발전소의 증기터빈을 자동으로 비파괴 초음파 검사하기 위한 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 발전소의 증기터빈의 비파괴 검사장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 원자력 또는 화력발전소의 핵연료 또는 고체, 액체 및 가스연료로부터 생성된 연소열을 이용하여 발생된 증기에너지로 기계적인 회전에너지로 변환시키는 증기터빈을 자동으로 검사할 경우 검사시간을 단축함과 더불어 검사결과에 대한 신뢰성을 향상시킬 수 있는 다관절 로봇을 이용한 발전소의 증기터빈 자동 초음파 검사장치 및 방법에 관한 것이다.

통상적으로, 원자력발전소 또는 화력발전소에 설치된 증기터빈은 고온/고압의 증기를 축의 원주방향으로 배열된 날개에 부딪히게 하여 기계적인 회전에너지로 변환시키는 장치로서, 정상출력을 내는 경우 1초에 30회 또는 60회의 고속회전을 하도록 되어 있다.

그러나, 빈번하지는 않지만 발전중 증기터빈의 날개가 손상되면, 발전의 중단과 함께 설비의 손상을 야기하여 막대한 비용 손실은 물론 장시간에 걸친 보수가 이루어져야 한다는 문제가 발생된다.

한편, 증기터빈의 설계와 관련된 문제로서 공진에 의한 날개진동으로 발생하는 피로균열과는 달리 대부분의 날개 파손은 부식에 기인한 균열이 지배적이며, 이러한 균열은 또한 터빈의 날개부분 보다 터빈몸체와 날개가 고정되는 부분인 날개의 뿌리부분에서 가장 빈번하게 발생된다.

상기와 같은 통상적인 발전소의 터빈구조는, 도 1에 도시된 바와 같이 터빈 날개(110)가 360°배열되어 터빈 디스크(120)에 고정되면서 터빈로터(100)의 중심을 대칭으로 약 7개의 단으로 설치되어 있으며, 이 터빈 디스크(120)와 날개(110)는 날개의 뿌리부분(130)을 매개로 서로 연결되어 있다.

현재, 이러한 증기터빈에 대한 검사대상부위는 날개의 뿌리부분(130), 터빈 디스크(120), 터빈 날개(110) 및, 터빈 테는(140) 등이 있으며, 이들 외에도 필요에 따라 검사를 추가적으로 수행할 수도 있다.

이러한 부위를 검사하는 방법으로는 초음파를 이용한 수동 및 자동 비파괴검사방법을 사용하고 있으며, 현재까지 사용중인 자동검사방법에는 두가지로 크게 분류할 수 있는데, 도 2와 같이 터빈을 롤러(240)가 있는 시스템 지지대(220) 위에 올려놓고, 이 터빈 주변에 터빈로터(100)와 평행하도록 레일(230)을 설치하고, 검사장치를 이 레일(230) 위에 탑재시킨 상태에서 이동시키면서 터빈에 접촉되는 검사아암(210)의 이동에 의해 이 검사아암(210)에 부착된 초음파 탐촉자를 검사부위에 접촉시켜 검사를 수행하는 방식과, 도 3에서와 같이 터빈에 자력이 있는 바퀴를 장착한 검사장치(300)가 부착되어 자체적인 회전에 의해 검사를 수행하는 방식이 있다.

그러나, 상기와 같은 종래의 검사방법은 다음과 같은 여러 문제점을 내포하고 있기 때문에, 이를 개선시킬 필요가 있다.

첫번째, 터빈 외부에서 내부로 접근하기 위한 검사아암(210)의 길이가 길어서, 검사시 이 검사아암(210)이 흔들려 초음파 탐촉자가 검사대상에 일정한 압력으로 접촉하지 못하여 초음파 에너지를 검사대상 내로 효과적으로 전달하지 못하기 때문에 검사의 신뢰성이 떨어진다.

두번째, 기존의 검사장치는 터빈 뿌리부분 및 터빈 디스크 검사장치, 터빈 날개 검사장치, 터빈 테는 검사장치 등과 같이 각각의 검사부위에 적합한 장치를 별도로 사용해야만 검사가 가능하다는 것이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기한 점을 감안하여 이루어진 것으로, 접근의 자유도가 양호한 6축 다관절 로봇의 끝단 부분에 검사용 초음파 센서를 장착함으로써 터빈의 어떠한 검사부위에 대해서도 검사가 가능하고, 터빈의 연속적인 회전없이 로봇 끝단을 검사 궤적에 적합하도록 이동하게 함으로써 검사를 수행할 수 있을 뿐만 아니라, 기존의 검사방법에서는 불가능했던 특정 검사부위에 대한 2차원 주사(Raster Scan)도 가능하며, 특히 초음파 센서를 로봇의 끝단에 부착하여 회전하게 함으로써 초음파와 검사시 초음파의 진행방향과 결합이 수직일 경우에도 검출이 용이하게 이루어지도록 하여 터빈의 모든 검사영역에 대해서도 자동 초음파 검사를 가능하게 함으로써 검사의 신뢰도를 향상시킬 수 있는 다관절 로봇을 이용한 발전소의 증기터빈 자동 초음파 검사장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

한편, 상기 다관절 로봇의 주요한 목적은 초음파 센서를 검사하고자 하는 부위에 정확하게 위치시키는 것은 물론 초음파 센서의 위치를 미세하게 조정할 수 있게 하는데 있다.

발명의 구성

상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 발전소의 증기터빈의 비파괴 검사장치는, 6개의 제1 내지 제6축의 구동 및 회전관절로 이루어지고, 제6축의 구동 및 회전관절의 끝단에 초음파를 송수신하기 위한 초음파 센서가 부착되어 터빈의 원하는 검사부위를 검사하기 위한 6축 다관절 로봇과, 6축 다관절 로봇의 제1 내지 제6축의 구동 및 회전관절을 적절하게 조정하여 6축 다관절 로봇의 제6축의 구동 및 회전관절의 끝단에 부착된 초음파 센서가 원하는 터빈의 검사부위에 위치될 수 있도록 하기 위한 다관절 로봇 제어기, 초음파 케이블을 통해 초음파 센서에서 전송된 초음파신호가 송수신부를 통해 디지털 데이터로 변환되어 랜을 통해 전송되면 그 변환된 데이터를 저장 및 분석하여 검사된 부위의 손상 등을 찾아냄과 더불어, 터빈의 측면에 부착된 엔코더에서 발생된 터빈의 회전위치신호가 엔코더 케이블을 통해 초음파 송수신부로 전송되어 디지털 데이터로 변환된 후, 그 변환된 데이터가 랜을 통해 전송되면 그 취득된 데이터를 분석하여 터빈의 현재 검사부위의 정확한 위치를 파악하기 위한 데이터 취득 및 평가용 PC를 구비하여 구성된다.

또한, 본 발명의 다관절 로봇의 끝단에 설치된 초음파 센서는 제6축의 구동 및 회전관절에 의해 검사부위의 접촉부위에 대한 2차원 주사가 가능하도록 구성된다.

또한, 본 발명은 제4축의 구동 및 회전관절(440)이 180도 회전됨으로써 제6축의 구동 및 회전관절의 끝단에 부착된 초음파 센서를 터빈 검사부위의 반대쪽으로 회전시켜 반대면을 검사할 수 있도록 구성된다.

또한, 본 발명의 초음파 센서는 다수개의 압전소자가 배열된 위상배열형 초음파 센서로 다관절 로봇의 제6축의 구동 및 회전관절의 끝단에 부착되도록 구성된다.

또한, 본 발명은 초음파 센서와 검사대상과의 사이에 작용하는 접촉력을 일정하게 유지하기 위해 초음파 센서의 후단에 부착된 인장스프링의 후면에 압력감지센서가 내장된 압력감지형 구동모터가 설치된다.

또한, 본 발명은 다관절 로봇을 검사대상인 터빈의 전방에 설치하고, 다관절 로봇의 끝단에 초음파 센서를 부착한 상태에서 터빈 디스크, 터빈 테논, 터빈 날개 뿌리부분 및 날개 등과 같은 검사대상에 접근이 가능한 검사장치에 의해, 다관절 로봇의 관절이 검사영역을 이동하면서 검사를 수행하거나, 또는 다관절 로봇이 특정위치에 고정된 상태에서 터빈이 안착된 롤러를 모터에 의해 회전시켜 검사대상인 터빈을 회전시키면서 검사를 수행할 수 있도록 이루어진다.

또한, 본 발명은 다관절 로봇에 의해 터빈의 검사를 수행할 경우에, 초음파 송수신부에서 발생된 펄스를 초음파 케이블을 통해 상기 다관절 로봇의 제6축 구동 및 회전관절의 끝단에 장착되면서 검사대상에 접촉되는 초음파 센서로 전송하여 초음파를 터빈의 검사대상 부위로 발사하고, 검사대상 부위에 대한 초음파 신호를 상기 초음파 센서가 다시 수신하여 초음파 케이블을 통해 송수신부로 전송하여 디지털 데이터로 변환시킨 후, 변환된 데이터를 랜을 통해 데이터 취득 및 평가용 PC로 전송하여 저장시키고, 데이터 취득 및 평가용 PC가 그 취득된 데이터를 분석하여 검사된 부위의 손상 등을 찾아내도록 이루어진다.

더욱이, 본 발명은 터빈의 측면에 부착된 엔코더에서 발생된 터빈의 회전위치신호가 엔코더 케이블을 통해 초음파 송수신부로 전송되어 디지털 데이터로 변환된 후, 변환된 데이터가 랜을 통해 상기 데이터 취득 및 평가용 PC로 전송되어 취득된 데이터를 분석하여 터빈의 현재 검사부위의 정확한 위치를 파악할 수 있도록 이루어진다.

(실시예)

이하, 본 발명의 실시예를 도면을 참조하면서 상세히 설명한다.

본 발명에 따른 터빈 검사장치는 검사하고자 하는 터빈에 검사용 초음파 센서(510: 초음파 탐촉자)를 접촉시키기 위해 도 4에 도시된 6축 다관절 로봇(400)을 이용한 것으로, 도 2에 도시된 바와 같은 기존의 대형 직선형 봉을 사용한 검사방법이나, 도 3에 도시된 바와 같은 부착식 로봇을 이용한 방법과는 달리, 도 7에 도시된 바와 같이 다양한 검사부위를 모두 검사할 수 있도록 발명된 검사방법이다.

본 발명은 도 4에 도시된 바와 같이, 최소 6개의 제1 내지 제6축 구동 및 회전관절(410~460)을 갖추고 있으며, 모터에 의해 상기 각 관절에 힘이 가해져 자유롭게 구동 및 회전할 수 있도록 제작된 다관절 로봇이 제공되며, 증기터빈의 검사에 필요한 초음파 센서를 다관절 로봇의 마지막 구동 및 회전관절(460)에 부착하고, 초음파의 진행방향을 임의로 변경할 수 있게 된 마지막 구동 및 회전관절(460)을 구동시키는 모터를 압력 감지형 모터를 사용함으로써 초음파 센서(510)와 검사대상의 접촉력을 일정하게 유지할 수 있도록 구성된다.

즉, 본 발명에 따른 검사장치인 다관절 로봇(400)이 검사대상인 터빈의 모든 부분에 접근하기 위해서는, 도 4와 같이 6개의 제1 내지 제6축 구동 및 회전관절(410~460)에 의해 터빈이 회전되지 않을 경우에도 로봇 자체의 연산프로그램에 의해 검사궤적을 로봇아암이 이동할 수 있다.

아울러, 상기 검사용 탐촉자가 터빈 뿌리와 같은 부위를 검사하기 위해 초음파 센서(510)를 부착한 로봇아암이 삽입되었을 경우, 제5의 구동 및 회전관절(450)을 회전시킴으로써 반대면을 검사할 수 있어 검사작업시간과 노동력을 절감할 수 있다.

한편, 도 7은 본 발명의 검사장치(탐상장치)인 다관절 로봇(400)을 이용하여 검사를 수행하기 위한 전체적인 개략 구성도로서, 터빈 디스크(120)의 임의의 위치에 다관절 로봇(400)을 설치하고, 도 4에 도시된 다관절 로봇 제어기(470)를 이용하여 다관절 로봇(400)을 원격으로 제어하도록 구성된다.

또한, 본 발명은 도 7에 도시된 바와 같이 초음파 탐촉자인 초음파 센서(510)가 초음파를 송수신하고, 상기 초음파 센서(510)에 의해 수신된 초음파 신호가 초음파 케이블(740)을 통해 초음파 송수신부(730)로 전송되어 디지털 데이터로 변환된 후, 그 변환된 데이터가 랜(LAN)을 통해 데이터 취득 및 평가용 PC(710)에 저장되어 검사결과를 평가(분석)하도록 구성된다. 한편, 상기 데이터 취득 및 평가용 PC(710) 및 초음파 송수신부(730)는 다관절 로봇(400)과는 별도로 초음파 송수신하게 된다.

또한, 초음파 비파괴검사를 수행하기 위해서는 다관절 로봇(400)이 검사대상 부위에 매개체인 접촉매질을 통해 접촉해야만 검사대상에 초음파를 전달할 수 있기 때문에, 접촉매질이 접촉매질 공급부(750)에서 접촉매질 호스(720)를 통해 접촉매질 토출구(480)로 공급되어 지는데, 이 접촉매질 공급부(750)에는 접촉매질을 공급하기 위한 펌프(도시하지 않았음)가 설치되어 있다.

즉, 상기 펌프가 설치된 접촉매질 공급부(750)는 초음파 센서(510)와 검사대상인 터빈 사이에 접촉매질을 공급하기 위해 접촉매질 호스(720)를 매개로 접촉매질 토출구(480)와 연결된다.

여기서, 상기 접촉매질은 일반적으로 구하기 쉽고 검사대상으로부터 제거하기 쉬운 물을 사용하여 일정 압력으로 토출할 수 있는 액체펌프를 사용하였으며, 상기 접촉매질 토출구(480)는 초음파 탐촉자인 초음파 센서(510)와 검사면인 터빈 디스크(120)간 겹의 일정 면적에 접촉매질을 도포할 수 있도록 끝단이 선형으로 가공되어 있다.

또한, 기존의 수직 관절형 검사장치는 터빈 디스크 또는 블레이드 뿌리부분 검사시 검사대상과 검사장치가 수직이 되도록 하기 위해 설치시에 많은 노력과 시간이 소요되나, 본 발명은 다관절 로봇(400)을 사용함으로써 검사도중 검사대상과 초음파 탐촉자간의 간격을 고려할 필요가 전혀 없게 된다.

현재 발전소에 설치된 터빈은 여러개의 단으로 나누어져 있는데, 중심부에서부터 1단(1st Stage)이 시작되어 외부로 2단, 3단의 순으로 단수가 증가하며, 터빈로터(100)의 표면에서부터 검사대상인 터빈의 뿌리부분(130)까지의 거리도 각각 증가한다.

따라서, 높이가 제각기 다른 각 단(Stage)을 검사하기 위해서는 기존의 수직형 검사장치는 각각의 위치로 옮겨갈 때마다 매우 정확한 위치로 이동하여야 하나, 본 발명의 다관절 로봇(400)을 이용하면 임의의 대략적인 위치에 근접할 경우에도 다관절 로봇(400)의 장점을 이용하여 쉽게 초음파 탐촉자를 검사대상에 근접하게 할 수 있다.

이하, 본 발명에 따른 다관절 로봇(400)에 의한 터빈의 검사과정을 보다 구체적으로 설명한다.

도 5에 도시한 바와 같이, 검사하고자 하는 터빈의 단(Stage: 검사부위)의 전방에 다관절 로봇(400)을 위치시킨다. 이 때, 정확한 위치를 잡을 필요는 없으며, 대략적인 위치로 이동한다(이것이 기존의 시스템이 정확한 위치를 잡기 위해 많은 시간이 소요되는 것과 대비되는 것임).

이어서, 다관절 로봇(400)의 끝단에 초음파 센서(510)를 부착함과 더불어 접촉매질 토출구(480)도 끝단에 부착한다.

다음에, 도 7에 도시한 바와 같이 초음파 송수신부(730)와 데이터 취득 및 평가용 PC(710)를 설치함으로써 검사를 위한 준비를 완료한다.

한편, 전력설비에서 사용중인 터빈은 도 1과 같이 각 단 사이에 폭이 좁으므로 사람이 검사를 수행하는데 한계가 있다.

계속해서, 검사하고자 하는 단으로 본 발명의 다관절 로봇(400)의 관절을 밀어 넣는다.

이 때, 먼저 검사하고자 하는 단에 도 4의 다관절 로봇 제어기(470)를 이용하여 각 관절을 적절하게 조절하여 원하는 검사 위치를 잡고, 일정한 압력으로 초음파 센서를 검사면에 정지시키면 터빈이 일정한 속도로 회전하면서 360도 검사를 수행하게 된다.

만약 여러 곳에 대한 검사를 수행하게 도리 경우에는, 도 4의 제2축의 구동 및 회전관절(420)과 제3축의 구동 및 회전관절(430)을 전/후방으로 이동하여 초음파 센서(510)의 위치를 바꾸게 된다.

그리고, 한 번이 검사가 완료되면, 다관절 로봇(400)을 인출하지 않고 그 위치에서 제4축의 구동 및 회전관절(440)을 180도 회전시킴으로써 반대쪽면의 검사를 수행한다.

또한, 도 5와 같이 터빈에는 검사해야 할 부분이 축방향으로 다양하므로 로봇의 관절 위치를 변경함으로써 모든 검사가 가능하게 된다.

한편, 초음파 탐상검사는 탐촉자가 검사대상 표면에 일정한 압력을 가지면서 접촉하게 되면 검사신호의 질이 일정해져 좀 더 좋은 감도의 신호를 취득할 수 있다.

따라서, 본 발명의 검사장치에서도 초음파 탐촉자와 터빈 디스크 사이에 작용하는 힘을 일정하게 하기 위해 초음파 탐촉자 후단에 인장스프링(도시하지 않았음)을 부착하고, 인장스프링 후단에 압력감지형 구동모터(도시하지 않았음)를 설치함으로써 초음파 탐촉자와 검사대상과의 접촉력을 감지할 수 있도록 구성하였다.

또한, 본 발명의 검사장치는, 일반적으로 하나의 압전소자로 구성된 초음파 센서 뿐만 아니라 다수개의 압전소자가 배열된 위상배열형(Phased Array) 초음파 센서로 다관절 로봇(400)의 제6축의 구동 및 회전관절(460)의 끝단에 부착가능하여 복잡한 형상의 검사에도 사용할 수 있다.

발명의 효과

이상 설명한 바와 같이 본 발명은, 종래의 터빈 자동검사장비를 이용하여 터빈의 검사를 수행할 경우에 발생하는 여러 가지 문제점으로 인해 검사시작 후 검사완료까지 상당한 시간이 소요되어 발전소 가동중 점검기간의 연장을 초래하는 경우가 있어, 발전소 운영에 여러 가지 문제점이 있었으나, 본 발명에 따른 터빈의 뿌리부분을 자동으로 검사할 수 있는 검사장치를 이용함으로써, 검사장비 설치 및 제거에 소요되는 시간이 현저히 감소하고, 검사결과에 대한 신뢰성을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 결함의 발견 및 평가를 용이하게 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 통상적인 발전소의 터빈구조 및 검사대상 부위를 나타낸 도면,

도 2는 종래의 수직 접근방식에 의해 터빈의 블레이드 뿌리부분을 검사하는 방법을 개략적으로 도시한 도면,

도 3은 종래의 부착식 스캐너를 이용한 터빈의 블레이드 뿌리부분을 검사하는 방법을 개략적으로 도시한 도면,

도 4는 본 발명에 따른 검사장치에서 다관절 로봇의 각 관절에 대한 자유로운 구동 및 회전 상태를 나타낸 도면,

도 5는 본 발명에 따른 다관절 로봇에 의해 터빈을 검사하기 위한 설치 측면도,

도 6은 본 발명에 의해 탐촉자의 자유로운 회전이 가능한 상태를 설명하기 위한 도면,

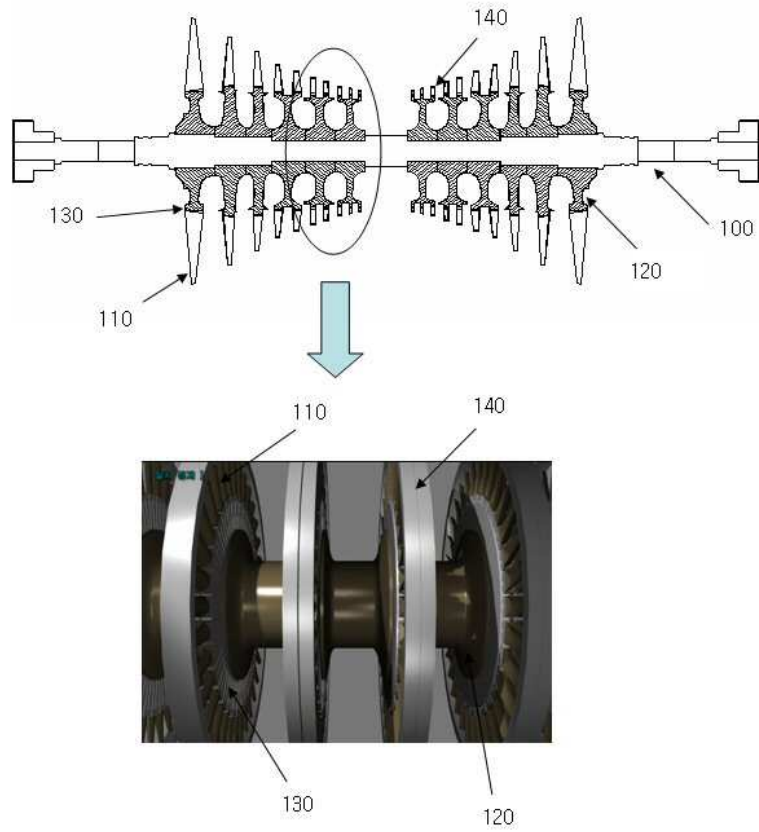
도 7은 본 발명에 따른 다관절 로봇을 이용한 발전소 증기터빈 초음파 검사장치의 전체 구성도이다.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

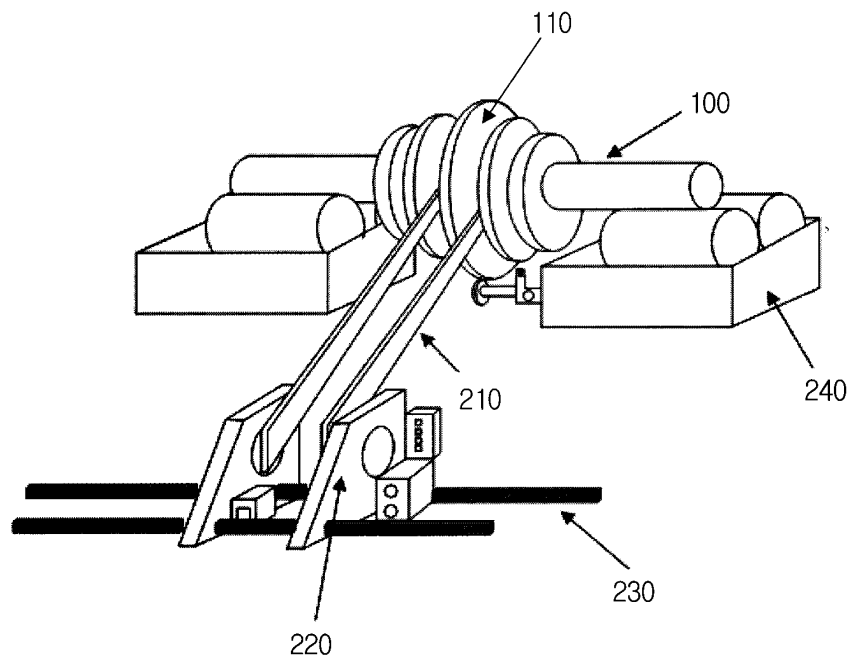
100 --- 터빈로터, 110 --- 날개,
 120 --- 터빈 디스크, 130 --- 날개의 뿌리부분,
 140 --- 터빈 테논, 210 --- 수직아암,
 220 --- 시스템 지지대, 230 --- 레일,
 240 --- 롤러, 300 --- 부착식 검사장치,
 400 --- 다관절 로봇, 410~460 --- 제1 내지 제6축 구동 및 회전관절,
 470 ---다관절 로봇 제어기, 480 --- 접촉매질 토출구,
 510 --- 초음파 센서(초음파 탐촉자),
 600 --- 초음파 진행방향, 710 --- 데이터 취득 및 평가용 PC,
 720 --- 접촉매질 호스, 730 --- 초음파 송수신부,
 740 --- 초음파 케이블, 750 --- 접촉매질 공급부,
 760 --- 엔코더, 770 --- 엔코더 케이블.

도면

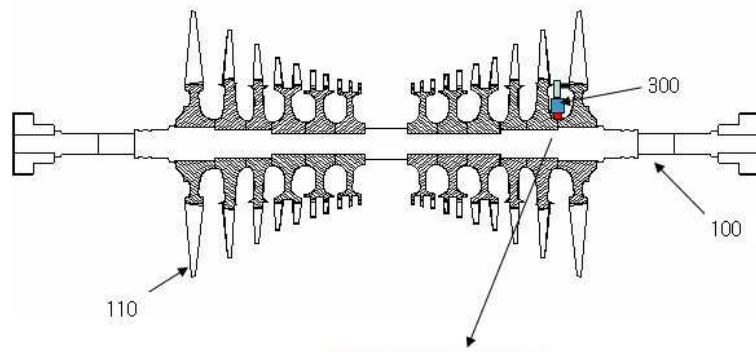
도면1



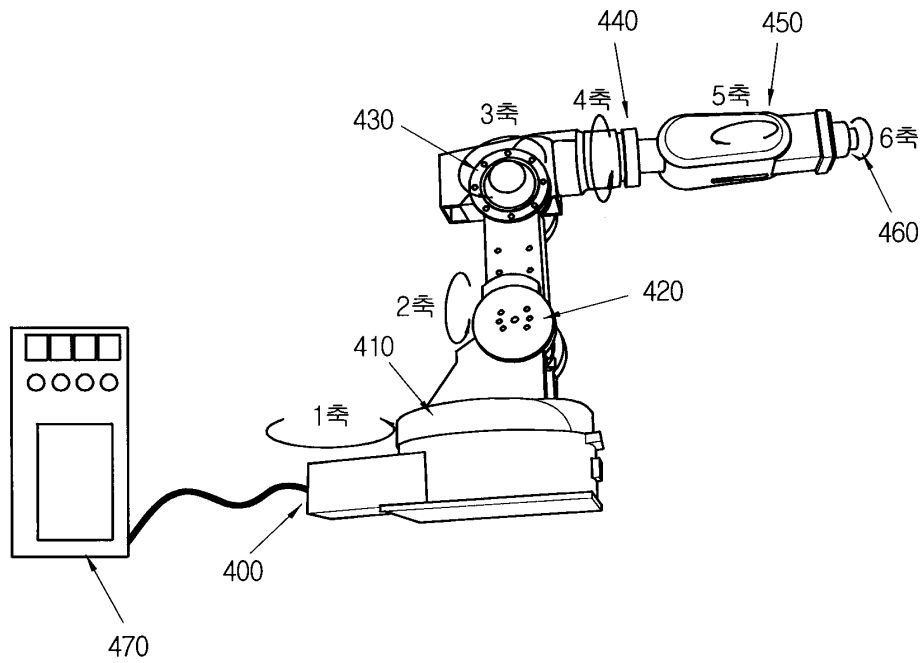
도면2



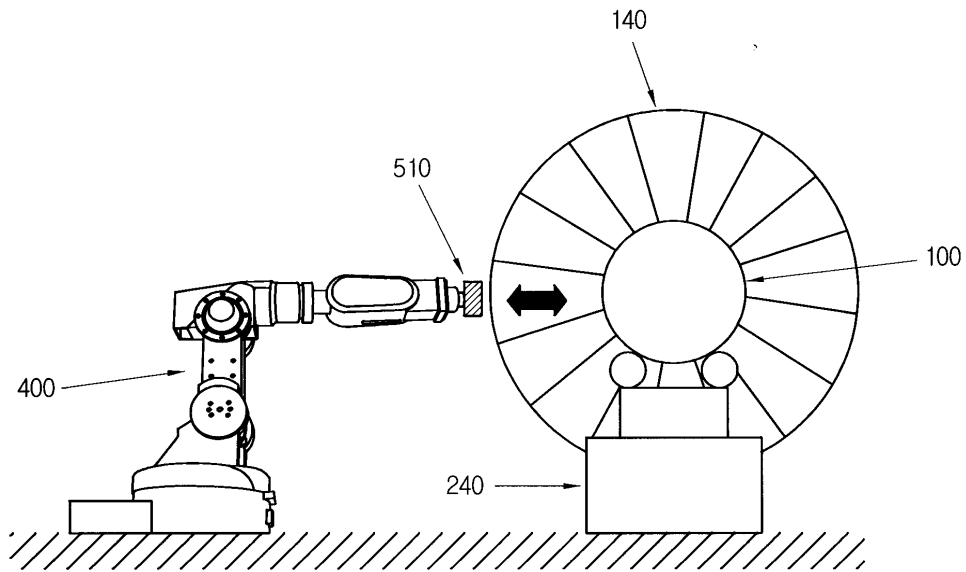
도면3



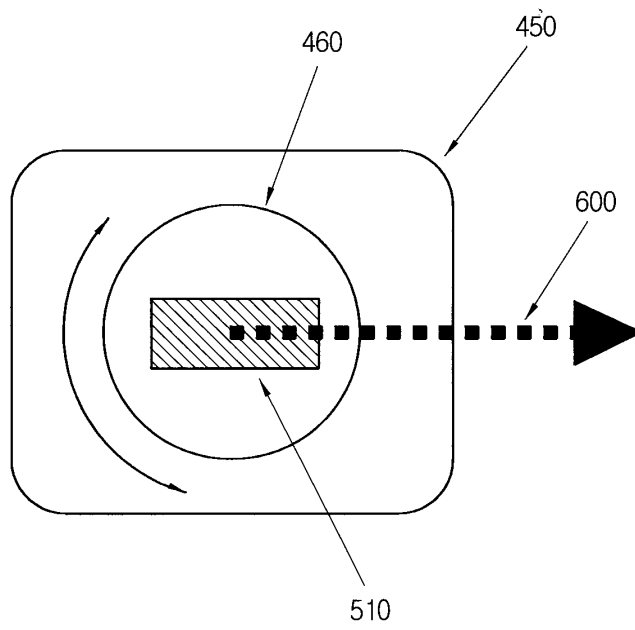
도면4



도면5



도면6



도면7

