(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년03월19일
(11) 등록번호 10-1503669
(24) 등록일자 2015년03월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F01D 21/00 (2006.01) *F01K 13/00* (2006.01)
F02C 9/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-7012896
(22) 출원일자(국제) 2011년10월03일
심사청구일자 2013년05월20일
(85) 번역문제출일자 2013년05월20일
(65) 공개번호 10-2013-0084673
(43) 공개일자 2013년07월25일
(86) 국제출원번호 PCT/US2011/054541
(87) 국제공개번호 WO 2012/078239
국제공개일자 2012년06월14일
(30) 우선권주장
12/909,194 2010년10월21일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20080177485 A1
US7561200 A
US20100117859 A1
EP2211139 A
전체 청구항 수 : 총 24 항

(73) 특허권자
지멘스 에너지, 인코포레이티드
미국 플로리다주 올랜도 알라파야 트레일 4400 (우: 32826-2399)
(72) 발명자
미첼, 데이비드 제이.
미국 32765 플로리다 오비에도 레이크 클레어 코트 616
서브라마니안, 라메시
미국 32765 플로리다 오비에도 베이헤드 런 2936
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이시용, 정현주

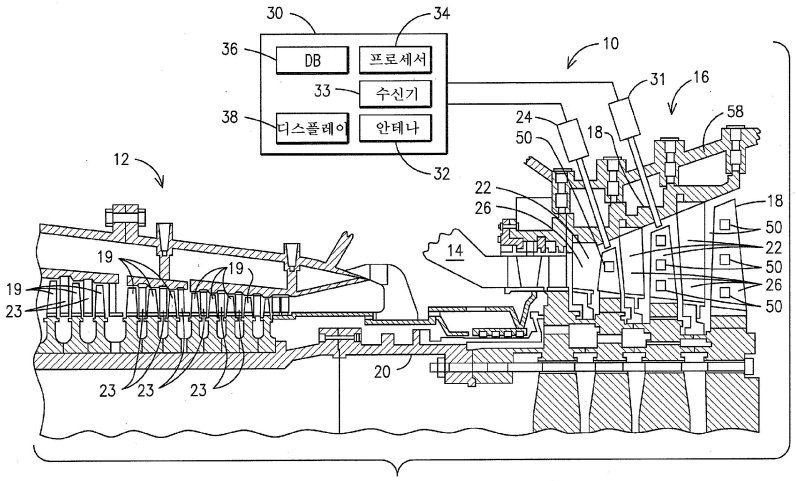
심사관 : 이정혜

(54) 발명의 명칭 **터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 시스템 및 방법**

(57) 요 약

터빈 기계 부품(18, 19, 22, 23)들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 시스템 및 방법으로서, 이는 상기 부품의 한정된 구역 위의 터빈 부품(18, 19, 22, 23)의 작동 상태를 검출하는 하나 또는 둘 이상의 비-접촉 센서(24, 31)들을 포함한다. 또한, 한정된 구역 내의 동일한 작동 상태를 검출하여 모니터링하는 포인트 센서(50)들이 제공된다. 포인트 센서(50)로부터 발생된 데이터는 비-접촉 센서(24, 31) 및 비-접촉 센서(24, 31)에 의해 발생된 데이터를 교정하기 위해 사용된다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자
우레리치, 낸시 에이치.
미국 32779 플로리다 롱우드 이베르네스 코트 1708
좀보, 폴 제이.
미국 32926 플로리다 코코아 콕스 로드 2585

특허청구의 범위

청구항 1

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 시스템으로서,

상기 터빈 기계의 부품에 대해 이격되어 상기 터빈 기계에 대해 위치되고, 상기 부품의 작동 상태를 검출하는 비-접촉 영역 센서로서, 상기 비-접촉 영역 센서는 상기 센서의 시계(field of view)에 의해 결정된 상기 부품의 한정된 구역을 모니터링하고, 상기 작동 상태를 나타내는 데이터 신호들을 발생시키는, 비-접촉 영역 센서;

상기 부품 상에 장착되고, 상기 부품에 대해 미리 결정된 좌표들에서 상기 부품 상에 위치되는 하나 이상의 무선 포인트 센서로서, 상기 포인트 센서는 상기 비-접촉 영역 센서와 동일한 작동 상태를 모니터링하고 상기 작동 상태를 나타내는 데이터 또는 데이터 신호들을 발생시키고, 상기 비-접촉 영역 센서는 제 1의 추정된 범위의 정확도 내에서 작동 상태를 검출하고, 상기 포인트 센서는 상기 제 1의 추정된 범위의 정확도보다 높은 제 2의 추정된 범위의 정확도 내에서 상기 작동 상태를 검출하는, 하나 이상의 무선 포인트 센서; 및

상기 비-접촉 영역 센서 및 상기 무선 포인트 센서와 데이터 통신하게 링크된 데이터 수집 및 프로세싱 제어기로서, 상기 제어기는 상기 무선 포인트 센서로부터의 상기 작동 상태의 데이터를 이용하여 상기 비-접촉 영역 센서 또는 상기 비-접촉 영역 센서로부터 수신된 데이터를 교정하도록 구성되는, 데이터 수집 및 프로세싱 제어기를 포함하는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 무선 포인트 센서는 상기 비-접촉 영역 센서의 시계 및 상기 비-접촉 영역 센서에 의해 모니터링되는 상기 부품의 한정된 구역 내에서 상기 부품 상에 위치설정되는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 무선 포인트 센서들 중 하나 이상이 상기 비-접촉 영역 센서의 시계 및 상기 비-접촉 영역 센서에 의해 모니터링되는 상기 부품의 한정된 구역 내에서 상기 부품 상에 위치설정되는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 터빈의 작동 동안, 상기 부품이 상기 비-접촉 영역 센서에 대해 그리고 상기 비-접촉 영역 센서의 시계 내부 또는 외부로 이동하는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 시스템.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 부품은 상기 터빈 기계의 회전 축선을 중심으로 회전하는 터빈 스테이지 내에 있는 복수의 터빈 블레이드들을 포함하는 상기 터빈 기계의 회전 블레이드인,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 작동 상태는 상기 부품의 표면 온도, 진동 모드 및/또는 스트레인(strain)인,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 시스템.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 작동 상태는 상기 부품 상의 스트레인, 상기 부품 상에서 상기 부품을 가로지르는 가스 유동의 화학적 조성, 상기 부품을 가로지르는 가스 속도, 상기 부품을 가로지르는 가스 압력 및/또는 상기 부품의 마모나 균열인,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 시스템.

청구항 8

제 2 항에 있어서,

상기 비-접촉 영역 센서는 상기 한정된 구역에 걸친 상기 작동 상태의 복수의 측정들에 대한 데이터를 전송하고, 상기 측정들 중 하나 또는 둘 이상의 좌표들이 확인되고, 상기 포인트 센서의 좌표들과 같거나 상기 포인트 센서의 좌표들의 미리 결정된 범위 내에 있는 좌표들을 확인한 하나 이상의 이러한 측정에 대한 데이터가 상기 포인트 센서의 데이터를 기초로 하여 교정되는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 시스템.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 포인트 센서의 좌표들의 미리 결정된 범위 내의 좌표들 또는 동일한 좌표들을 가지는 비-접촉 영역 센서로부터의 하나 또는 둘 이상의 측정들의 교정된 데이터의 교정을 기초로 하여 복수의 비-접촉 영역 센서의 측정들의 데이터가 교정되는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 시스템.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 데이터 수집 및 프로세싱 제어기가 온라인으로 실시간 측정들 및 데이터 교정을 제공하도록 구성되며 및/또는 상기 데이터 습득 및 프로세싱 제어기가 오프라인으로 사후(post) 프로세싱 측정들 및 데이터 교정을 제공하도록 구성되는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 시스템.

청구항 11

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 시스템으로서,

상기 터빈 기계의 부품에 대해 이격되어 상기 터빈 기계에 대해 위치되고, 상기 부품의 작동 상태를 검출하는 비-접촉 센서로서, 상기 비-접촉 센서는 상기 비-접촉 센서의 시계에 의해 결정된 상기 부품의 한정된 구역을 모니터링하고, 상기 작동 상태를 나타내는 데이터 신호들을 발생시키는, 비-접촉 센서;

상기 부품 상에 장착되고, 상기 부품에 대해 미리 결정된 좌표들에서 그리고 상기 비-접촉 센서에 의해 모니터링되는 상기 한정된 구역 내에서 상기 터빈 상에 위치설정되는 하나 이상의 무선 포인트 센서로서, 상기 포인트 센서는 상기 비-접촉 센서와 동일한 작동 상태를 모니터링하고 상기 작동 상태를 나타내는 데이터 신호들을 발생시키고, 상기 비-접촉 센서는 상기 무선 포인트 센서에 의해 발생된 데이터 또는 데이터 신호들에 대한 저 충실도(fidelity) 데이터 또는 데이터 신호들을 제공하며, 상기 무선 포인트 센서는 상기 비-접촉 센서에 의해 발생된 데이터 또는 데이터 신호들에 대한 고 충실도 신호들을 제공하는, 하나 이상의 무선 포인트 센서; 및

상기 비-접촉 센서 및 상기 무선 포인트 센서와 데이터 통신하게 링크된 데이터 수집 및 프로세싱 제어기로서, 상기 제어기는 상기 비-접촉 센서에 의해 발생된 상기 저 충실도 데이터 또는 데이터 신호들을 상기 포인트 센서에 의해 발생된 상기 고 충실도 데이터 또는 데이터 신호들에 대해 교정하도록 구성된, 데이터 수집 및 프로세싱 제어기를 포함하는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 시스템.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 데이터 수집 및 프로세싱 제어기는 상기 부품 상의 상기 포인트 센서의 좌표 데이터 및 상기 부품의 표면 프로파일의 좌표들을 포함하는 터빈 부품 프로파일에 대한 데이터를 포함하며,

상기 제어기는 상기 비-접촉 센서에 의해 수신된 저 충실도 데이터 또는 데이터 신호들의 교정을 위한 상기 포인트 센서의 좌표 데이터와 동일하거나 상기 포인트 센서의 좌표 데이터의 미리 결정된 범위 내에 있는 상기 비-접촉 센서로부터 수신된 상기 작동 상태의 데이터의 좌표들을 확인하도록 구성되는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 시스템.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 비-접촉 센서로부터 수신된 상기 작동 상태의 데이터는 상기 한정된 구역 위의 검출된 상기 작동 상태의 복수의 측정들을 포함하며, 상기 복수의 측정들과 관련된 데이터와 관련된 데이터가 상기 포인트 센서의 미리 결정된 범위 내의 좌표들 또는 동일한 좌표들을 가지는 상기 작동 상태의 교정을 기초로 교정되는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 시스템.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 부품들은 상기 터빈의 단일 스테이지 내의 복수의 부품들을 포함하며, 상기 비-접촉 센서는 상기 터빈 스테이지 내의 부품들의 각각에 대해 상기 검출된 작동 상태를 나타낼 때 상기 터빈 스테이지 내의 동일한 하나의 부품 또는 동일한 복수의 부품들의 작동 상태를 검출하는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 시스템.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 부품들은 터빈이나 압축기 베인들 및/또는 터빈이나 압축기 회전 블레이드들인,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 시스템.

청구항 16

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 방법으로서,

터빈 기계를 위한 부품의 한정된 구역 위에서, 하나 이상의 비-접촉 영역 센서를 이용하여 상기 부품에 대해 이격되어 고정된 위치로부터 상기 부품에 대한 작동 상태를 검출하는 단계;

하나 이상의 무선 포인트 센서를 이용하여 상기 한정된 구역 내의 상기 부품 상의 미리 결정된 좌표들을 가지는 상기 부품 상의 하나 이상의 위치로부터 상기 부품에 대해 동일한 작동 상태를 검출하는 단계;

상기 비-접촉 영역 센서로부터 상기 작동 상태를 표시하는 저 충실도 데이터 또는 데이터 신호들을 발생시키는 단계;

상기 무선 포인트 센서로부터 동일한 작동 상태를 표시하는 고 충실도 데이터 또는 데이터 신호들을 발생시키는 단계; 및

상기 고 충실도 데이터 및 데이터 신호들에 대해 상기 저 충실도 데이터 및 데이터 신호들을 교정하도록 상기 저 충실도 데이터 또는 데이터 신호들 및 고 충실도 데이터 및 데이터 신호들을 데이터 수집 및 프로세싱 제어기에서 프로세싱하는 단계를 포함하는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 터빈 기계는 복수의 스테이지들을 포함하고 각각의 스테이지에서 상기 터빈 기계의 작동을 위해 원하는 기능을 수행하도록 동시에 작동하는 복수의 동일한 부품들을 포함하며,

상기 방법은:

각각의 부품에 대해 이격되고 상기 부품들에 대해 고정된 하나 또는 둘 이상의 고정된 위치들로부터 각각의 이같은 부품의 한정된 구역에 걸친 상기 복수의 동일한 부품들 상의 작동 상태를 하나 또는 둘 이상의 비-접촉 영역 센서를 이용하여 검출하는 단계; 및

상기 한정된 구역 내의 상기 복수의 부품들 중 하나 또는 둘 이상 상에 미리 결정된 좌표들을 가지는 개개의 위치로부터 상기 하나 또는 둘 이상의 부품들에 대한 동일한 작동 상태를 각각의 무선 포인트 센서를 이용하여 검출하는 단계를 더 포함하는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

하나 또는 복수의 동일한 부품들 상의 한정된 구역에서 작동 상태를 검출하는 단계는 단지 하나의 부품 상의 작동 상태를 하나 또는 둘 이상의 비-접촉 영역 센서를 이용하여 검출하는 단계를 포함하는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 방법.

청구항 19

제 17 항에 있어서,

상기 동일한 부품들은 상기 작동 상태가 검출되는 상기 고정된 위치에 대해 이동하는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 방법.

청구항 20

제 17 항에 있어서,

상기 동일한 부품들은 상기 작동 상태가 검출되는 상기 고정된 위치에 대해 고정되는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 방법.

청구항 21

제 17 항에 있어서,

상기 부품 상의 한정된 구역에서 상기 작동 상태를 검출하는 단계는 하나 이상의 부품이지만 모든 부품은 아닌, 부품 상의 작동 상태를 하나 또는 둘 이상의 비-접촉 영역 센서를 이용하여 검출하는 단계를 포함하는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 방법.

청구항 22

제 16 항에 있어서,

상기 데이터 및 데이터 신호들을 데이터 수집 및 프로세싱 제어기에서 프로세싱하는 단계는 상기 동일한 부품들 중 하나의 작동 상태를 표시하는 저 충실도 데이터 및 상기 동일한 부품들 중 다른 부품의 동일한 작동 상태를 표시하는 고 충실도 데이터를 프로세싱하여 상기 고 충실도 데이터에 대해 상기 저 충실도 데이터를 교정하는 단계를 포함하는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 방법.

청구항 23

제 16 항에 있어서,

상기 작동 상태가 상기 고 충실도 데이터를 발생시키기 위해 검출되는 위치의 동일한 좌표들 또는 상기 고 충실도 데이터를 발생시키기 위해 검출되는 위치의 좌표들의 미리 결정된 범위 내의 좌표들을 가지는 상기 작동 상태의 측정을 나타내는 저 충실도 데이터의 좌표들을 데이터 수집 및 프로세싱 제어기에서 확인하는 단계; 및

확인된 상기 좌표들에서 상기 고 충실도 데이터에 대해 상기 저 충실도 데이터를 데이터 수집 및 프로세싱 제어기에서 교정하는 단계를 더 포함하는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 방법.

청구항 24

제 23 항에 있어서,

상기 작동 상태를 나타내는 저 충실도의 데이터를 발생시키는 단계는 상기 작동 상태의 복수의 측정들을 발생시키는 단계를 포함하며,

상기 저 충실도 데이터의 좌표들을 확인하는 단계는 상기 작동 상태의 측정들 중 하나 이상의 좌표들을 확인하는 단계를 포함하며,

상기 저 충실도 데이터를 교정하는 단계는 상기 작동 상태의 복수의 측정들을 나타내는 데이터를 교정하는 단계를 포함하는,

터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 진단 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 일반적으로 터빈의 작동 환경들을 모니터링, 그리고 특히 개별 부품들의 상태에 대한 데이터를 전송할 수 있는 부품들의 작동 상태들을 모니터링하는 것에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 터빈 기계의 부품들의 작동 상태들을 모니터링하기 위한 비-관입(non-intrusive) 측정 시스템들의 용도에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 가스 연소 터빈들은 발전소에서 발전기를 구동하거나 선박 또는 항공기를 추진하는 것과 같은 다양한 적용들에 사용된다. 현대의 가스 터빈 엔진들에서의 점화 온도들은 더 높은 효율의 엔진들에 대한 수요에 따라 계속 증가한다. 가스 터빈 엔진 내에 존재하는 부식성 고온 환경을 견디도록 초합금 재료들이 개발되었다. 그러나 초합금 재료들조차 몇몇의 형태의 냉각 및/또는 단열 없이는 현 발생 가스 터빈 엔진의 고온 연소 가스에 대한 연장된 노출을 견딜 수 없다.

[0003] 열적 배리어 코팅들은 가스 터빈 엔진의 다양한 고온 가스 경로 부품들을 보호하기 위해 널리 사용된다. 이 같은 코팅들의 신뢰성은 상기 기계의 전체 신뢰성에 대해 중요하다. 이 같은 코팅들의 설계 한계들은 주로 실험실 데이터에 의해 결정된다. 그러나 실제 가스 터빈 환경의 온도들 및 응력들 하에 있을 때 열적 배리어 코팅 작용의 확인은 코팅 한계들의 향상된 이해를 위해 필수적이다. 이 같은 실세계의 작동 환경 데이터는 터빈의 회전 블레이드들과 같은, 특히 상기 엔진의 작동 동안 운동하는 부품들에 대해 얻기가 매우 어렵다.

[0004] 전력을 발생하기 위한 가스 터빈들 또는 상업적 및 군사적 이용을 위한 항공기 엔진들과 같은 현대의 터빈 엔진들의 극도의 정교성에도 불구하고, 설계자들 및 조작자들은 작동 동안 터빈 엔진 부품들의 내부 상황에 대한 정보를 거의 가지고 있지 않다. 이는 중요한 엔진 부품들의 신뢰성있는 정보를 수집하기 위한 종래의 센서들의 이용을 방해하는 열악한 작동 상태들 때문이다.

[0005] 개선된 연료 효율 및 성능(증가한 추진력)을 통하여 가스 터빈 효율을 증가시키기 위해 계속 진행되는 탐색은 터빈 엔진들의 증가한 엔진 작동 온도들을 요구한다. 개선된 엔진 설계 및 고온 성능을 구비한 재료의 사용이 연료 효율 및 성능을 위한 해법들을 제공하지만 신뢰성 문제들이 남아 있다. 고온 가스 경로에 노출되는 재료들은 이들의 설계 마진(margin)들에 대해 매우 근접하게 작동되며, 따라서 설계 모델들의 확인 및 재료들 예측의 개선을 필요로 한다.

[0006] 터빈 엔진은 변화된 노출 온도들, 고장 모드들 및 사용을 구비한 넓은 범위의 부품 재료들로 구성된다. 또한, 가스-터빈 환경은 고온들, 회전 부재들 상의 높은 구심 가속도들에 의해 특정되며, 종종 고 전도성 금속 재료들에 의해 둘러싸인다. 이는 회전 디스크들 및 블레이드들과 같은 임계적 부재들을 포함하는, 부품들의 실시간 상태를 모니터링하기 위한 센서들의 도입을 복잡하게 한다. 회전 블레이드들과 같은, 회전하는 부품들로부터

설계 데이터를 얻기 위한 현 기술 상태의 프로세스들은 블레이드들로부터 블레이드보다 낮은 온도 및 원심력 부하들을 가지는 회전자의 단부에 위치된 원격 측정 시스템들 또는 슬립 링들까지 리드 와이어들을 루팅하기 위해 디스크들 및 회전자들을 변경하는 단계를 포함한다. 디스크들 및 회전자들은 고가이고 긴 리드 타임 터빈 부품들이다. 변경들은 종종 10의 몇 승배(several orders of magnitude)의 회전자 수명의 감소들을 초래할 수 있다. 회전자 교체는 수백만 달러가 들고 터빈 엔진이 완전히 분해되는 것을 요구하고 한달 이상 길어질 수 있는 정전이 요구된다. 터빈이 전력을 발생하지 않을 때 전력 회사는 통상적으로 하루에 약 백만 달러를 손실하게 될 것이다. 이러한 이유 때문에, 장기간의 정전은 바람직하지 않다.

[0007] 적외선 및 극초단파 인터로게이션 기술(interrogation technique)들과 같은, 표면 매핑(mapping) 기술들은 디스크들 및 회전자들을 변경할 필요 없이 압축기의 회전 부품들 및 터빈의 터빈 섹션들로부터의 실시간 정보를 얻기 위해 사용될 수 있다. 예를 들면, 적외선 카메라들은 회전 블레이드들 및 고정 베인들을 포함하는 다양한 부품들의 온도 매핑 데이터를 수집하기 위해 사용될 수 있다. 게다가, 또한 블레이드 선단-타이밍 측정으로서 알려진, 비-관입 응력 측정 시스템들은 전자기 방사선, 종종 적외선 또는 극초단파를 이용하여 회전 블레이드들의 편향 또는 진동 모드들을 측정하기 위한 인터로게이션 기술들을 제공한다. 그러나 국부적 교정 없이, 이 같은 표면 측정 기술들의 감도 및 정확도는 충분하지 않다.

발명의 내용

[0008] 터빈 부품상에 직접 장착된 포인트 센서(point sensor)들을 포함하는, 무선 원격 측정 시스템들은 부품 온도 및 진동들의 더욱 정확한 측정을 제공할 수 있다. 그러나 이 같은 시스템들은 단지 이 같은 시스템들이 놓이는 포인트 로케이션(point location)에 대한, 그리고 단지 이 같은 시스템들이 위치되는 부품들에 대한 정보를 제공한다. 본 명세서에서 공개되고 청구된 본 발명의 실시예들은 동일한 부품들과 관련되고 동시에 표면 측정 기술들에 의해 얻어진 넓은 영역 데이터와 포인트 센서들에 의해 얻어진 고 충실도 데이터(high fidelity data)를 조합하는 진단 시스템을 포함할 수 있다. 동일한 부품들 상의 시계(field of view)에 위치된 포인트 센서들을 경유하여 표면 측정 기술들의 교정은 터빈 부품들의 큰 표면 영역으로부터 얻어진 고 충실도 데이터를 초래할 수 있다. 이 같은 무선 포인트 센서들에 의해 터빈 부품들로부터 검색된 데이터는 더욱 정확한 표면 매핑 기술들을 제공하도록 비-관입 진단 장비를 경유하여 얻어진 데이터와 미리 조합되지 않는다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 본 발명의 실시예들과 함께 사용될 수 있는 예시적인 연소 챔버 및 연소 터빈으로부터 부품 데이터를 수집 및 분석하기 위한 예시적인 모니터링 및 제어 시스템의 횡단면도이며,

도 2는 터빈 블레이드들의 작동 상태를 검출하기 위해 위치된 비-접촉 센서들 및 터빈 블레이드 스테이지의 개략도이며,

도 3은 무선 원격 측정 포인트 센서가 위에 창작되는 터빈 블레이드의 개략도이며,

도 4는 상기 부품의 표면 상태를 매핑하는 터빈 부품의 표면 데이터 맵 이미지의 개략도로서, 이 같은 맵은 온도, 스트레인(strain), 진동 주파수, 가스 압력 또는 조성과 같은, 특성의 블레이드 표면에 걸친 변화들을 설명할 수 있으며,

도 5는 터빈 기계의 부품들의 작동 상태들의 모니터링 방법에서의 단계들을 예시하는 공정도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 도 1은 이러한 다양한 부품들의 성능을 진단하기 위해 터빈 기계(10)의 정지 및 운동 부품들의 작동 상태들을 모니터링하도록 다양한 위치들에 배치되는 비-접촉 센서들 및 포인트 센서들이 통합되는, 전기를 발생하기 위해 사용되는 가스 터빈과 같은 예시적인 연소 터빈(10)을 예시한다. 본 발명의 실시예들은 연소 터빈(10)과 함께 또는 당업자에 의해 인정되는 바와 같이 다양한 다른 작동 환경들에서 그리고 다양한 목적을 위해 사용될 수 있다. 예를 들면, 실시예들은 정지 및 운동 부품들의 다양한 작동 상태들을 모니터링하기 위해 항공기 엔진들 및 자동차 산업에서 사용될 수 있다. 아래에서 더 상세하게 설명되는 바와 같이, 센서들은 온도 분포들, 진동 모

드들(벤딩, 트위스팅, 신장, 등), 스트레인, 가속도, 이 같은 부품들을 가로질러 또는 위로 유동하는 유체의 가스 함량 및 다양한 다른 작동 상태들을 모니터링하기 위해 사용될 수 있다. 청구되고 공개된 발명의 실시예들을 설명하기 위해, 부품들의 온도 및 진동 모드들을 모니터링 또는 측정하는 것이 참조될 수 있지만, 본 발명의 실시예들이 다른 작동 상태들을 모니터링하기 위해 사용될 수 있다는 것을 당업자가 인정할 것이다.

[0011] 도 1을 참조하면, 연소 터빈 엔진(10)은 압축기(12), 하나 이상의 연소기(14)(절단됨) 및 터빈(16)을 포함한다. 압축기(12), 연소기(14) 및 터빈(16)은 때때로 총괄하여 가스 또는 연소 터빈 엔진 또는 터빈 기계로서 지칭된다. 터빈(16)은 회전가능한 중앙 샤프트(20)에 고정된, 복수의 회전 블레이드(18)들을 포함한다. 복수의 고정 베인(22)들은 블레이드(18)들 사이에 위치되고, 베인(22)들은 블레이드(18)들 위로 공기를 가이드하도록 치수화되고 구성된다. 블레이드(18)들 및 베인(22)들은 통상적으로 니켈-또는 코발트-기재 합금들로 제조될 것이며, 산화이트륨-안정화 지르코니아와 같은, 열적 배리어 코팅(26)으로 코팅될 수 있다. 유사하게, 압축기(12)는 각각의 베인(23)들 사이에 위치된 복수의 회전 블레이드(19)들을 포함한다.

[0012] 사용중, 공기는 압축기(12)를 통하여 취입되고, 여기에서 공기가 압축되어 연소기(14)를 향하여 구동된다. 연소기(14)는 공기와 연료를 혼합하고 이를 점화하여 작업 가스를 형성한다. 이러한 작업 가스는 통상적으로 약 1300 ℃ 초과일 수 있다. 이러한 가스는 터빈(16)을 통하여 팽창하여, 베인(22)들에 의해 블레이드(18)들을 가로질러 안내된다. 가스가 터빈(16)을 관통하기 때문에, 가스는 블레이드(18)들 및 회전자 샤프트(20)를 회전하여, 샤프트(20)를 통하여 사용가능한 기계적 작동을 전달한다. 연소 터빈(10)은 또한 냉각 시스템(도시안됨)을 포함할 수 있고 냉매, 예를 들면, 스팀 또는 압축 공기를 블레이드(18)들 및 베인(22)들에 공급하도록 치수화되고 구성될 수 있다.

[0013] 블레이드(18, 19)들 및 베인(22, 23)들이 작동하는 환경은 높은 작동 온도들 및 부식성 분위기 하에 있어서 특히 열악하여 블레이드(18, 19)들 및 베인(22, 23)들의 심각한 저급화를 초래할 수 있다. 이는 특히 열적 배리어 코팅(26)이 부스러지거나 그렇지 않으면 저급화되어야 하는 경우일 것이다. 또한, 블레이드(18)들과 같은 부품들은 블레이드들에 진동들, 트위스팅, 신장 및 다양한 다른 기계적 응력들이 가해지는 3,600 rpm 만큼 높은 속도로 회전할 수 있다.

[0014] 본 발명의 실시예들은 부품들이 연소 터빈(10)의 작동 동안 부품들의 상태를 나타내는 데이터를 전송하기 위해 구성되는 것을 허용하기 때문에, 본 발명의 실시예들은 유용하다. 블레이드(18, 19)들, 베인(22, 23)들, 및 코팅(26)들은 작동 동안 각각의 부품의 각각의 상태를 결정하고 그리고 예측되는 유지 스케줄들을 개선하기 위해 직접 모니터링될 수 있는 부품 특정 데이터를 전송하기 위해 예를 들면 포인트 센서(50)들을 구비하게 구성될 수 있다. 아래에서 더 상세하게 설명되는 바와 같이, 블레이드(18, 19)들, 베인(22, 23)들 및 코팅(26)들은 부품들의 소정의 작동 상태들을 검출하는 포인트 센서들이 구비될 수 있다. 또한, 터빈 기계(10)는 포인트 센서(50)들에 의해 모니터링된 부품들과 동일한 터빈 기계 부품들의 작동 상태들을 또한 측정 또는 모니터링하는 비-접촉 센서(24 및 31)들을 포함하는 비-관입 측정 시스템이 구비될 수 있다. 아래에서 설명된 바와 같이, 포인트 센서(50)들은 비-접촉 센서(24 및 31)들을 위한 실시간 교정을 제공하기 위해 사용될 수 있다. 본 발명의 실시예들을 설명하기 위해, 터빈 베인들 및 블레이드들의 작동 상태들을 모니터링하는 것이 참조되며: 그러나, 연소 배스킷들, 연소 노즐들, 전이 부품들(덕트들과 같은) 및/또는 링 세그먼트들과 같은 다른 터빈 부품들이 유사하게 모니터링될 수 있다.

[0015] 도 1은 또한 본 발명의 다양한 양태들에 따라 사용될 수 있는 예시적인 모니터링 및 데이터 수집 시스템(30)의 개략도를 예시한다. 시스템(30)은 안테나(32), 수신기(33), 프로세서 또는 CPU(34), 데이터베이스(36) 및 디스플레이(38)를 포함할 수 있다. 프로세서(34), 데이터베이스(36) 및 디스플레이(38)는 종래의 부품들이고 안테나(32) 및 수신기(33)는 본 발명의 다양한 실시예들의 기능인 성능 사양들을 가질 수 있다. 예를 들면, 안테나(32) 및 수신기(33)는 아래에서 더욱 충분히 설명되는 바와 같이 연소 터빈(10) 곳곳의 다양한 위치들에 배치되는 복수의 전송기들로부터 전송된 무선 원격 측정 데이터를 수신하기 위해 선택될 수 있다.

[0016] 본 발명의 실시예들은 복수의 센서들이 연소 터빈(10) 내의 복수의 부품들의 각각의 코팅들 내에 매립되는 것을 허용한다. 대안적인 실시예들은 센서들이 표면 장착되거나 부품들, 특히 부품들이 압축기(12) 내부와 같이, 배리어 코팅을 요구하지 않는 영역들 내에 포함되는 부품들 상에 놓이는 것을 허용한다. 예시적인 센서 실시예들은 연소 터빈 엔진(10)의 작동 매개변수들뿐만 아니라 부품들의 코팅의 특성들 및/또는 부품의 물리적 성능 또는 작동 특징들에 대해 시스템(30)으로 데이터를 통신하기 위해 사용될 수 있다. 본 발명은 또한 상술된 비-접촉 센서(24 및 31)들을 포함하는데, 비-접촉 센서들은 일반적으로 부품들에 대해 이격되어 위치되고 부품의 한정된 구역 또는 표면 영역 위의 작동 상태를 검출 또는 측정한다. 매립된 또는 표면 장착된 센서들(또한 "포인트 센서들"로 지칭됨) 그리고 비-접촉 센서들 모두가 작동 상태 측정들을 표시하는 데이터 또는 데이터 신호들의 전송을 위해 수집 시스템(30)에 링크된다.

[0017] 예를 들면, 예시적인 포인트 센서들 및 비-접촉 센서들은 부품의 표면 온도를 검출하고, 부품들의 코팅을 가로지르는 연소 가스 유동에서의 가스들의 함량 또는 농도를 측정하고, 부품의 영역에 걸쳐 스트레인을 측정하고, 부품의 진동들 또는 편향들(벤딩, 트위스팅, 신장)을 측정하고 또는 부품 또는 코팅 내의 균열 형성을 결정하기 위해 사용될 수 있다. 당업자는 본 발명의 양태들에 따라 측정 및/또는 검출될 수 있는 부품 또는 부품 코팅의 다른 특성들 및/또는 특징들을 인정할 것이다.

[0018] 본 발명의 양태들이 다양한 센서 구성들이 터빈(16)의 베인(22)들 또는 블레이드(18)들의 배리어 코팅(26)과 같은 배리어 코팅 내에 매립되는 것을 허용한다는 것을 인정할 것이다. 특히 본 명세서에서 인용에 의해 포함되는 미국 특허 제 6,838,157호는 본 발명의 양태들에 따라 센서들을 설치(deposit)하기 위해 활용될 수 있는 블레이드(18)들 및 베인(22)들과 같은, 가스 터빈 부품들을 도구화하기 위한 방법들의 다양한 실시예들을 설명한다. 이러한 특허는 배리어 코팅에 트렌치(trench)들을 형성하고, 코팅 내에 센서를 형성하고, 코팅 위의 트렌치 내에 백필 재료(backfill material)를 설치하는 다양한 방법들을 공개한다. 상기 방법들 및 부품들의 실시예들은 본 명세서에서 설명된 바와 같은 깔끔한(smart) 부품들을 형성하기 위해 사용될 수 있다.

[0019] 인용에 의해 본 명세서에 특별히 포함되는 미국 특허 제 6,576,861호는 본 발명의 양태들에 따라 전송기들을 구비한 센서 커넥터들 및 센서의 실시예들을 설치하기 위해 사용될 수 있는 방법 및 장치를 공개한다. 이에 대해, 본 명세서에서 공개된 방법들 및 장치들은 마스크들을 사용할 필요 없이 약 100 미크론 내지 500 미크론의 미세한 센서 및/또는 커넥터 피쳐들의 패턴화를 위해 사용될 수 있다. 전도성 재료들, 저항성 재료들, 유전체 재료들, 절연 재료들 및 다른 적용 특성 재료들을 이용하는 증착 피쳐들은 다중 층 전기 회로들 및 센서들을 형성할 수 있다. 본 발명의 양태들에 따른 다중 층 전기 회로들 및 센서들을 설치하기 위해 다른 방법들이 사용될 수 있다는 것이 인정될 것이다. 예를 들면, 열 용사, 증기 증착, 레이저 소결 및 저온들에서 분사된 재료의 경화 증착이 또한 당업자에 의해 인정된 다른 적절한 기술들로서 사용될 수 있다.

[0020] 본 발명의 실시예들은 복수의 포인트 센서(50)들이 부품-특정 또는 코팅-특정 상태들을 모니터링할 뿐만 아니라 연소 터빈(16)의 작동 또는 성능에 대한 다른 데이터를 수집하기 위해 연소 터빈(10) 내의 다양한 장소들에 배치되는 것을 허용한다. 예를 들면, 도 1 및 도 3은 터빈(16)의 하나 또는 둘 이상의 블레이드(18, 19)들 또는 베인(23)들의 각각의 배리어 코팅(26)들 내에 매립될 수 있다. 센서(50)들이 터빈(10)의 다른 부품들의 배리어 코팅들 내에 매립될 수 있고 이를 위해 부품-특정 및/또는 코팅 특정 데이터가 수집되는 것이 인정될 것이다.

[0021] 도 3은 블레이드와 연결된 예시적인 센서(50) 및 센서(50)와 전송기(54)를 연결하는 커넥터(52)를 가지는 블레이드(18)의 개략적인 평면도를 예시한다. 전송기(54)는 연소 터빈(10)의 작동 동안 터빈(16) 내에서 전자기 방사선, 및 대응하는 변환기들을 이용하여 전력을 유도하거나 열 또는 진동과 같은 소스들로부터 엔진의 천연 에너지를 얻는 것을 경유하여 전력이 공급될 수 있다. 예를 들면, 전송기(54)는 디스크(도시안됨) 내부와 같이 블레이드(18)로부터 원격에 위치될 수 있고, 이 디스크로 복수의 블레이드(18)들이 부착된다. 이에 대해, 전송기(54)는 고온 가스 경로 외부의 더 차가운 로케이션에서 유지될 수 있으며, 이는 무선 전송을 위해 요구된 회

로들의 기능성을 가능하게 한다. 블레이드(18)로부터 원격에 전송기(54)를 위치시키는 것은 배터리 또는 유도를 이용하지 않고 전송기(54)에 전력을 제공하기 위한 외부 전원을 이용하는 것을 허용한다. 전원은 또한 센서(50)에 부착될 수 있어 센서(50)로 부가 기능성을 제공한다. 이러한 부가 기능성은 센서(50)로부터 출력에 반응하는 피드백의 결과로서의 기계적 작동을 포함할 수 있다. 이 같은 통합 시스템은 실시간 갭 제어를 위한 링 세그먼트들과 같은, 부품들에 적용가능할 수 있다.

[0022] 다른 대안적인 실시예들에서 코팅은 베인(23)의 표면상으로 설치될 수 있고, 코팅 내에 트렌치가 형성될 수 있고, 센서(50) 및 커넥터(52)가 트렌치 내에 설치될 수 있다. 보호성 코팅은 센서(50) 및/또는 커넥터(52) 위에 증착될 수 있다. 커넥터(52)는 센서(50)로부터 베인(23)의 주변 에지와 같은 말단 위치까지 연장할 수 있어 커넥터(52)의 말단부(53)가 전송기(54)에 연결을 위해 노출된다. 센서(50) 및 커넥터(52)는 베인(23)의 공기 역학상에 어떠한 역효과도 최소화하도록 베인(23) 상에 위치될 수 있다.

[0023] 예를 들면 스트레인 게이지들 또는 열전 쌍들과 같은 하나 또는 둘 이상의 센서(50)들은 하나 또는 둘 이상의 터빈 또는 압축기 블레이드(18, 19)들 상에 설치될 수 있다.

[0024] 베인(22, 23)들 및 블레이드(18, 19)들과 같은 상술된 계기 부품들은 센서(50)들을 포함하고, 이 같은 계기 부품들의 다양한 실시예들은 본 명세서에서 전체가 인용에 의해 포함되고 동시 계류 중인 미국 출원 제 11/521,175호에서 더욱 상세하게 설명된다.

[0025] 본 발명의 실시예들은 데이터 수집 시스템(30)이 연소 터빈(10)의 다양한 작동 상태들에 대해 히스토리컬 데이터(historical data)를 수집 및 저장하는 것을 허용한다. 이는 터빈(16) 또는 압축기(12) 상태들의 정보를 연속적으로 얻음으로써, 예를 들면 터빈(16) 또는 압축기(12) 내의 다양한 부품들에 의해 경험된 부하 상태들 및 응력들, 진동 주파수 및 온도들을 표시하는 연속 데이터 스트림을 제공하기 위해 구성된 압전 장치들 및/또는 다른 센서(50)들의 설치에 의해 달성될 수 있다. 이러한 데이터는 부품의 마모를 나타내는 데이터와 상관 관계가 있을 수 있고 예측된 유지 또는 다른 정정 액션들을 위해 사용될 수 있다.

[0026] 도 2를 참조하여 도 1을 다시 참조하면, 터빈 기계(10)의 케이싱(58)에 장착되고 블레이드(18, 19) 및 베인(22, 23)들과 같은 작동 부품에 대해 위치되는 비-접촉 센서(24 및 31)들을 포함하는 비-관입 측정 시스템이 도시된다. 이 같은 비-관입 센서(24, 31)들은 부품의 표면 온도를 검출하는 적외선 카메라, 또는 부품의 진동 모드들에 대한 데이터를 제공하는 적외선, 무선 주파수, 또는 극초단파 장치일 수 있으며; 그러나, 다른 작동 상태들이 터빈 기계(10)의 상태를 진단하기 위해 모니터링될 수 있다. 둘다 인용에 의해 본 명세서에 포함되는, 미국 특허 제 6,062,811호 및 제 6,200,088호에서 설명된 바와 같이, 이 같은 비-접촉 센서들이 온라인 모니터링 시스템을 제공하도록 데이터 수집 시스템에 링크될 수 있는 원격 감지 능력들을 위해 제공된다.

[0027] 터빈 기계(10)의 정지 또는 회전 부품들에 대해, 비-접촉 센서(24 및 31)들이 그동안 상태 측정 또는 데이터 검색이 발생하는 주어진 잔류 시간 또는 지속 시간 동안 그리고 타이밍 간격에서 터빈 또는 압축기 스테이지에서 복수의 블레이드(18, 19)들 또는 베인(22, 23)들의 측정들을 얻도록 구성될 수 있다. 진단 시스템은 각각의 스테이지 동안 복수의 상이한 작동 상태들을 모니터링하기 위해 각각의 터빈 또는 압축기 스테이지를 위한 복수의 비-접촉 센서들을 포함할 수 있다. 당업자에게 알려진 바와 같이, 비-접촉 센서들은 통상적으로 터빈 또는 압축기 스테이지에서 회전 블레이드(18, 19)들 또는 고정 베인(23)들에 대해 위치될 수 있어, 센서(24, 31)들이 측정치를 얻을 때 임의의 지속 시간 동안 복수의 블레이드들 또는 베인들이 센서들의 시계 내에 있을 수 있다. 이러한 방식으로, 센서(24 및 31)들은 동시에 주어진 지속 시간 동안 터빈 또는 압축기 스테이지에서 동일한 타입의 부품들의 복수의 측정들을 얻을 수 있다.

[0028] 일 실시예에서, 센서(24, 31)들은 블레이드들 또는 베인들의 전체 스테이지의 작동 상태들의 대표적인 측정 또

는 모니터링으로서 주어진 스테이지에서 미리 결정된 세트의 블레이드(18, 19)들 또는 베인(22, 23)들의 측정들을 얻을 수 있다. 주어진 터빈 스테이지에서, 72개의 블레이드들 또는 베인들이 있을 수 있으며; 그리고 센서(24, 31)들은 터빈 또는 압축기 스테이지에서 하나 또는 둘 이상의 블레이드들의 측정들을 얻도록 구성될 수 있다. 바람직하게는 측정들이 스테이지당 4개 내지 8개의 블레이드(18, 19)들 또는 베인(22, 23)들로부터 얻어지며, 측정이 얻어질 때마다 측정들이 동일한 블레이드들 또는 베인들로부터 얻어진다.

[0029] 따라서, 적어도 회전 블레이드(18 및 19)들에 대해, 이러한 측정들은 터빈 또는 압축기 블레이드 스테이지의 회전 속도에 따라 조정될 수 있어 센서(24, 31)들이 터빈 또는 압축기 스테이지 내에서 동일한 블레이드(18 또는 19) 또는 동일한 다수의 블레이드(18 또는 19)들의 작동 상태를 검출한다. 당업자에게 알려진 바와 같이, 샤프트(20) 상의 각각의 블레이드(18, 19)의 반경 방향 위치(또는 샤프트 상의 루트 위치(root position)를 지칭함)가 알려지며, 압축기(12) 및 터빈(16)의 작동 동안 임의의 주어진 시간에서 샤프트(20)의 회전 속도(또는 분당 회전들)가 알려지며, 센서(24 및 31)들에 대한 블레이드(18, 19)들의 로케이션을 정확히 예측할 수 있어 측정들이 동일한 블레이드들로부터 얻어진다.

[0030] 블레이드(18, 19)들이 센서(24, 31)들의 시계를 통하여 회전할 때, 센서들은 블레이드(18, 19)들의 압력 측 및 진공 측을 포함하는 부품들의 양 측부들 상의 작동 상태들을 검출한다. 고정 베인(23)들의 작동 상태들을 검출하기 위해 사용된 센서(24 및 31)들에 대해, 다수의 센서들이 이 같은 부품들의 양 측부들을 다루기 위해(address) 사용될 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 센서(24, 31)들의 시야는 블레이드(18, 19) 또는 베인(24, 31)의 표면상의 구역(60, 62)을 한정하고, 상기 구역에 걸쳐 작동 상태가 검출된다. 온도를 검출하기 위해 사용된 적외선 센서들에 대해, 이러한 한정된 구역은 도 2에 도시된 바와 같이 블레이드(18, 19) 또는 베인(23)의 전체 측부를 포함할 수 있고; 그리고 진동 모드들을 검출하기 위한 무선 주파수 또는 극초단파 센서에 대해 상기 한정된 구역은 도 2에 도시된 바와 같이, 블레이드(18, 19) 또는 베인(22, 23)의 선단을 포함할 수 있다.

[0031] 다시 도 1에 대해, 비-접촉 센서(24 및 31)들은 부품 작동 상태 측정들을 표시하는 신호들 및/또는 데이터를 전송하도록 데이터 수집 및 제어 시스템(30)으로 링크된다. 센서(24, 31)들은 전기 리드들을 경유하여 상기 시스템(30)으로 링크될 수 있거나 데이터를 상기 시스템(30)으로 전송하기 위한 무선 원격 측정 능력들을 구비할 수 있다.

[0032] 상기 시스템(30)은 데이터베이스(36)를 포함하며 이 데이터베이스 내에 센서(24, 31 또는 50)들로부터 수신된 데이터가 저장된다. 또한, 상기 시스템은 센서(24, 31, 또는 50)들로부터 수신된 데이터를 분석하도록 프로그래밍된 프로세서(34)를 포함한다. 당업자에게 알려진 바와 같이, 프로세서는 비-접촉 센서들에 의해 모니터링된 한정된 구역(60 또는 62)의 표면 맵을 실시간으로 발생 및 디스플레이하도록 프로그래밍될 수 있으며, 여기에서 상기 표면 맵은 상기 표면 맵을 가로질러 검출된 작동 상태들을 디스플레이한다. 한정된 지속 시간 내에서 복수의 블레이드(18 또는 19)들 또는 복수의 베인(23)들에 대해 작동 상태가 검출된 경우, 프로세서(34)는 터빈 또는 압축기 스테이지 내의 각각의 개별 부품의 상태 및/또는 터빈 또는 압축기 스테이지의 전체 상태를 평가하기 위해 데이터를 분석하도록 구성될 수 있다. 또한, 프로세서(34)는 부품이 기능하는 스테이지의 상태 또는 부품의 상태를 평가하기 위해 시간에 대한 작동 상태들을 나타내는 히스토리컬 데이터를 고려할 수 있다. 예를 들면, 프로세서는 특별한 작동 상태와 관련될 수 있는 고장들의 위험들을 진단할 수 있다.

[0033] 비-접촉 센서(24 및 31)들은 큰 영역 또는 표면으로서 특징화될 수 있는 것, 포인트 센서(50)들에 의해 발생된 고 충실도 신호들에 대한 부품의 작동 상태를 나타내는 저 충실도 신호들을 발생한다. 용어 "큰 영역(large area)" 또는 표면 영역(surface area)"은 포인트 센서(50)에 의해 모니터링되는 동일한 부품상의 영역보다 더 많이 큰 부품의 한정된 구역에 걸친 작동 매개변수를 측정하는 센서를 설명하기 위해 인용되는데, 포인트 센서는 비-접촉 센서(24 또는 31)의 시계 및 한정된 구역 내에 위치된다. 즉, 블레이드(18, 19)들 및 베인(22, 23)들 상의 위치에 주어진 포인트 센서(50)들은 작은 영역인 작동 상태 측정들, 작동 상태의 진정한 측정에 더 근접하거나 더 정확한 고 정밀 데이터를 포함하는 신호들을 발생할 수 있다. 예를 들면, 블레이드(18, 19) 또는

베인(22, 23) 상에 장착된 열전 쌍 센서 또는 스트레인 게이지는 1/4 $inch^2$인 영역을 모니터링하고 비-접촉 센서(24 및 31)들에 의해 발생된 데이터에 대해 온도 및 진동 데이터와 같은 더욱 정확한 상태 측정들을 발생할 수 있다. 적외선 카메라로부터 데이터를 얻을 때, 카메라에 의해 기록된 온도를 교정하기 위해 기준 온도가 요구된다. 교정 없이, 데이터의 정확도가 +/- 20 ℃일 수 있지만, 카메라의 시야 내의 교정 열전 쌍으로, 정밀도가 +/- 6 ℃ 만큼 높을 수 있다. 이는 온도 측정에서의 충분한 개선이 된다. 본 발명의 일 실시예에서, 더욱 상세한 고 정확도의 표면 매핑 분석 또는 진단 기술들을 실시간으로 개선하기 위해, 포인트 센서(50)들에 의해 발생된 이러한 고 충실도 데이터는 비-접촉 센서(24, 31)들 또는 이 센서(24, 31)에 의해 발생된 데이터를 교정하기 위해 사용된다.

[0034] 포인트 센서(50)들로부터 검색된 데이터를 이용하여, 비-접촉 센서(24, 31)들의 교정이 수행될 수 있으며, 여기에서 비-접촉 센서(24, 31)로부터 얻어진 측정이 포인트 센서(50)로부터 얻어진 측정과 비교된다. 일 실시예에서, 이러한 두 개의 측정들은 바람직하게는 계기 부품들의 표면 프로파일에 대해 제공된 것과 같은 동일한 좌표들을 가진다. 대안적으로, 포인트 센서(50)로부터 취득된 측정은 포인트 센서(50) 측정에 대해 거리가 가장 근접한 비-접촉 센서(24, 31)로부터 얻어진 측정에 비교될 수 있다. 어느 한 경우에서, 측정들이 동일하지 않은 경우, 또는 비-접촉 센서(24 또는 31)로부터의 측정이 포인트 센서(50) 측정의 미리 결정된 범위 내에 있지 않은 경우, 비-접촉 센서(24 또는 31)는 포인트 센서(50) 측정에 대해 교정된다.

[0035] 도 4에 도시된 바와 같이, 프로세서(34), 또는 데이터 수집 시스템(30) 내에 저장되고 비-접촉 센서(24 및 31)들로부터 수신된 데이터에 반응하는 데이터에 접근할 수 있는 다른 프로세싱 수단이 모니터링되는 부품의 표면의 맵을 나타내는 데이터를 발생할 수 있다. 열 센서(24)의 경우, 도 4에 도시된 맵은 비-접촉 센서(24)의 시계 내에 한정된 구역(60)의 열적 맵이다. 도시된 바와 같이, 맵은 착색된 코딩 영역(A, B 및 C)들을 포함하며 착색된 코딩 영역들에서 각각의 색상은 부품의 표면상의 대응하는 영역에 대한 불연속 온도 측정 및/또는 온도들의 범위를 나타낸다. 도시된 바와 같이, 도 4는 인접한 바 코드(64)에 제공되는 바와 같이, 상이한 색상들 및 온도 측정들, 또는 온도 측정들의 범위를 나타내는 상이한 마킹들/세이딩(shading)들을 포함한다.

[0036] 본 발명을 설명하기 위해, 비-접촉 온도(24) 센서로부터 수신된 데이터로부터 발생된 열적 맵 이미지가 참조되며; 그러나 맵 이미지들은 터빈 부품의 진동 모드들을 검출할 수 있는 센서(31)와 같은 다른 비-접촉 센서들로부터 수신된 데이터로부터 발생될 수 있다.

[0037] 에어포일 프로파일 또는 에어포일 구성에 대한 데이터는 샤프트(20)의 회전 축선에 대한 베인 또는 블레이드의 에어포일 프로파일을 나타내는 데카르트 좌표계의 형태로 제공된다. 따라서, 매핑 표면의 각각의 착색된 영역(A, B 또는 C)에 대해, 한정된 구역 내의 영역 또는 포인트의 로케이션 및 상기 영역에 대한 관련된 온도 측정 또는 온도들의 범위를 나타내는 하나 또는 둘 이상의 X, Y 및 Z 좌표들이 제공된다. 이에 따라, 프로세서(34) 또는 다른 프로세싱 수단은 대응하는 X, Y 및 Z 좌표들을 이용하여 부품에 대해 매핑된 상태 측정들(즉, 온도 측정들) 중 하나 또는 둘 이상과 관련되도록 구성된다.

[0038] 또한, 부품상의 각각의 포인트 센서(50)는 X, Y 및 Z 좌표들의 세트와 관련된다. 이러한 방식으로, 포인트 센서(50) 측정의 좌표들에 대응하는 하나 또는 둘 이상의 비-접촉 센서(24) 측정들이 확인될 수 있다. 포인트 센서(50)로부터 수신된 데이터를 이용하여, 프로세서(34)가 블레이드(18 또는 19)의 더 정확한 표면 매핑을 제공하도록 고정식 비-접촉 센서(24)를 교정하도록 구성된다. 비-접촉 센서(24)의 온도 측정이 포인트 센서(50)에 의해 얻어진 온도 측정과 동일하지 않거나 포인트 센서(50)에 의해 얻어진 온도 측정의 미리 결정된 범위 내에 있지 않은 경우, 비-접촉 센서(24)가 교정되고 관련된 온도들이 이에 따라 조정된다. 바람직한 일 실시예에서, 포인트 센서(50) 온도 데이터와 동일한 X, Y 및 Z 좌표들을 가지는, 비-접촉 센서(24)로부터 수신된 온도 측정 데이터가 조정될 뿐만 아니라 열적 맵을 가로지르는 모든 온도 측정들이 조정될 수 있다.

[0039] 아래의 표 I에 대해 비-접촉 센서(24)들로부터 수신된 데이터 및 포인트 센서(50) 데이터 측정에 따른 비-교정 데이터 측정들이 리스트된다:

표 I

비-교정 데이터

	비-접촉 센서 온도 측정			포인트 센서 온도 측정		
	온도	좌표	날짜/시간	온도	좌표	날짜/시간
A	620°C	29.0742, -30.2361, 0.000	6/9/10; 6:15:47			
B	622°C	58.7062, -55.2870, 19.000	6/9/10; 6:15:47	625°C	58.7062, -55.2870, 19.000	6/9/10; 6:15:47
C	621°C	63.0060, -64.8224, 76.000	6/9/10; 6:15:47			

[0040]

[0041] 도시된 바와 같이, 표 I의 좌측 절반은 열적 맵의 착색 영역(A, B 및 C)들의 각각에 대한 온도 측정들 및 각각의 측정에 대한 대표적인 좌표들을 포함한다. 우측 컬럼은 포인트 센서(50)로부터 수신된 온도 측정 및 대응하는 좌표들을 포함한다. 또한, 측정이 얻어진 날짜 및 시간을 나타내는 데이터가 또한 포인트 센서(50)로부터의 측정들이 비-접촉 센서(24 또는 31)들로부터의 측정들에 비교되도록 제공될 수 있다. 프로세서(34)는 포인트 센서(50) 온도 측정 또는 데이터와 대응하는 X, Y 및 Z 좌표들을 가지는 비-접촉 센서(24) 온도 측정 데이터를 비교하도록 프로그래밍된다.

[0042] 아래의 표 II는 포인트 센서(50) 온도 측정에 따라 교정된 온도 측정 데이터를 보여준다:

표 II

교정 데이터

	비-접촉 센서 온도 측정			포인트 센서 온도 측정		
	온도	좌표	날짜/시간	온도	좌표	날짜/ 시간
1	623°C	29.0742, -30.2361, 0.000	6/9/10; 6:15:47			
2	625°C	58.7062, -55.2870, 19.000	6/9/10; 6:15:47	625°C	58.7062, -55.2870, 19.000	6/9/10; 6:15:47
3	622°C	63.0060, -64.8224, 76.000	6/9/10; 6:15:47			

[0043]

[0044] 위의 표 II에서 나타난 바와 같이, 영역(A, B 및 C)들 각각에 대해 데이터 측정들이 포인트 센서(50)로부터 수신된 온도 측정에 따라 교정된다.

[0045] 부품의 진동 모드들을 검출하기 위한 비-접촉 센서(31)가 유사하게 교정될 수 있다. 즉, 3차원 표면 맵은 부품의 표면을 가로질러 진동 측정들에 대해 측정 데이터를 제공하는 센서(31)로부터 수신된 데이터로부터 발생될 수 있다. 또한, 스트레인 게이지와 같은 포인트 센서가 표면 영역 데이터를 교정하기 위해 사용될 수 있다. 데이터 베이스(36)는 회전의 포인트 또는 축선에 대해 부품 프로파일의 배향을 제공하는 데카르트 좌표계를 포함하여 모니터링되는 부품의 프로파일을 나타내는 데이터를 포함할 수 있다. 예를 들면, 블레이드(18, 19) 또는 베인(22, 23)을 위한 에어포일 프로파일의 X, Y 및 Z 좌표들은 샤프트의 회전 축선에 대해 제공될 수 있다. 정적 또는 비-작동 상태에서 부품의 표면 프로파일을 나타내는 에어포일 프로파일이 제공될 수 있으며 정적 또는 비-작동 상태는 맵의 원점(origin)을 나타내며 이 원점으로부터 부품의 벤딩, 트위스팅 또는 신장을 측정한다.

[0046] 터빈 기계의 작동 동안, 비-접촉 센서(31)로부터 수신된 데이터는 부품의 3차원 맵 또는 프로파일을 발생하기 위해 사용될 수 있다. 이러한 프로파일은 한정된 구역(62)들 내의 소정의 좌표들에 대해 또는 부품의 한정된 구역(62)의 변위의 크기 또는 규모를 결정하기 위해 원래의 프로파일과 비교될 수 있다. 비-접촉 센서(31)로부터 검색된 데이터는 비-접촉 센서 데이터를 교정하기 위해 포인트 센서(50) 데이터에 비교된다.

[0047] 도 5는 터빈 기계의 부품들의 모니터링 작동 상태들의 방법에서 단계들을 포함하는 흐름도 또는 공정도를 예시한다. 단계 70에서, 비-접촉 센서는 터빈 기계의 작동 상태, 예를 들면 압축기 또는 터빈의 베인 또는 블레이드의 작동 상태를 검출하며; 그리고 검출된 표면 영역 측정들을 나타내는 데이터 신호들을 전송한다. 단계 72에서, 비-접촉 센서로부터 얻어진 측정들을 나타내는 데이터가 또한 설명된 바와 같이 데이터 수집 및 제어 시스템으로 전송된다. 단계 74에서, 터빈 또는 압축기 부품상에 장착된 포인트 센서(50)가 비-접촉 센서(24, 31)에 의해 검출된 것과 동일한 작동 상태를 검출하며; 그리고 단계 76에서 포인트 센서(50)에 의해 얻어진 측정을 나타내는 데이터가 데이터 수집 및 제어 시스템으로 전송된다.

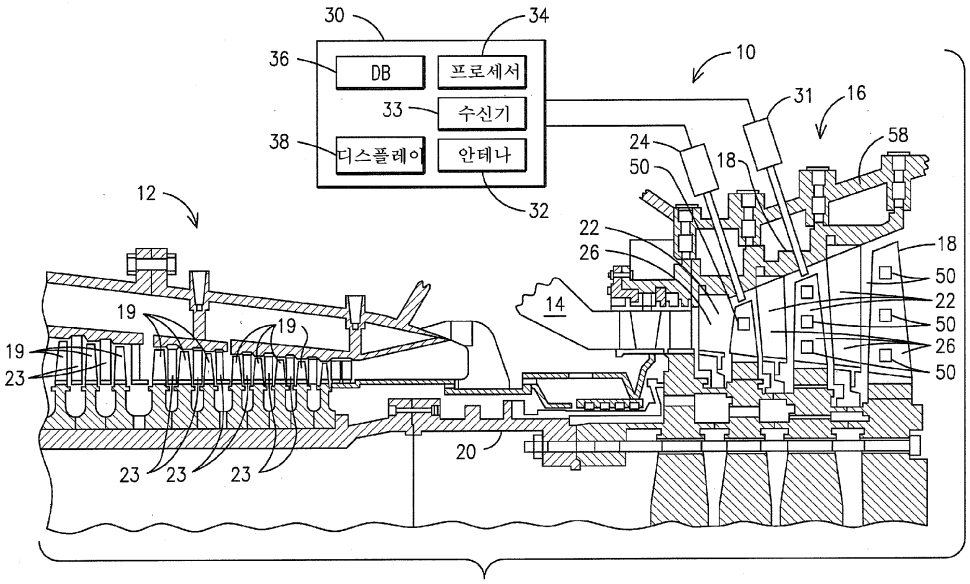
[0048] 바람직한 일 실시예에서, 데이터 수집 및 제어 시스템(30)은 날짜 및/또는 시간에 대한 데이터를 기록하도록 구성되며 측정들이 비-접촉 센서(24, 31)들 및 포인트 센서(50)들로부터 얻어진다. 또한, 데이터 수집 및 제어 시스템들은 비-접촉 센서(24, 31)들에 의해 얻어진 하나 또는 둘 이상의 측정들의 로케이션을 나타내고 포인트 센서(50)에 의해 얻어진 측정을 나타내는 좌표들을 확인하도록 프로그래밍될 수 있다. 따라서, 단계 78에서 비-접촉 센서(24, 31)들에 대한 측정 데이터는 포인트 센서(50) 데이터에 비교되어, 비교 단계(80)에서 비-접촉 센서(24, 31)들의 교정을 위한 날짜, 시간 및 로케이션에 관련된 데이터가 비교된다.

[0049] 이를 위해, 단계 80에서, 상기 데이터 제어 시스템(30)은 비-접촉 센서 측정 데이터를 포인트 센서 측정 데이터에 비교한다. 비-접촉 센서 측정이 포인트 센서 측정 데이터와 동일하지 않거나 포인트 센서 측정 데이터의 미리 결정된 범위 내에 있지 않은 경우, 비-접촉 센서(24 또는 31), 및 대응하는 측정 데이터가 단계 82에서 설명된 바와 같이, 대응하는 포인트 센서(50) 측정 데이터를 기초로 하여 교정된다. 위에서 설명된 바와 같이, 비-접촉 센서(24, 31)들은 한정된 구역 위의 다수의 상태 측정들을 얻을 수 있으며, 각각의 이 같은 측정은 상기 데이터 제어 시스템(30)에 의해 확인된 포인트 센서(50) 측정 데이터 및 대응하는 비-접촉 센서(24, 31) 측정 데이터의 교정을 기초로 할 수 있다. 이러한 방식으로, 모니터링된 작동 상태의 더욱 정밀한 표면 맵이 발생될 수 있다.

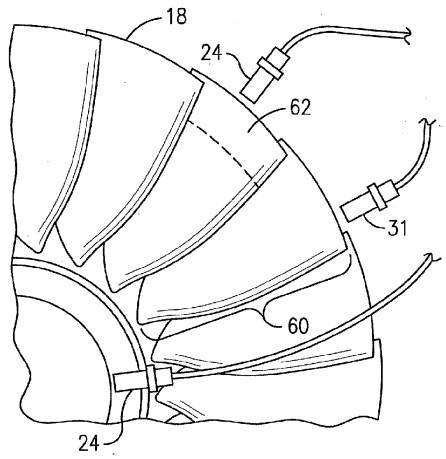
[0050] 본 발명의 바람직한 실시예들이 본 명세서에서 도시되고 설명되었지만, 이 같은 실시예들이 단지 예에 의해 제공된다는 것이 명백할 것이다. 다양한 변경들, 변화들 및 대체들이 여기에서 본 발명으로부터 벗어나지 않으면서 당업자들에게 일어날 것이다. 따라서, 본 발명이 첨부된 청구범위의 사상 및 범주에 의해서만 제한될 것이 의도된다.

도면

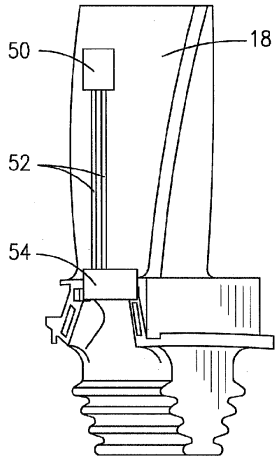
도면1


30
34
36
DB
프로세서
33
수신기
38
디스플레이
안테나
32
10
31
16
58
24
50
18
12
22
26
18
50
22
50
26
50
19
19
19
23
14
23
23
23
20

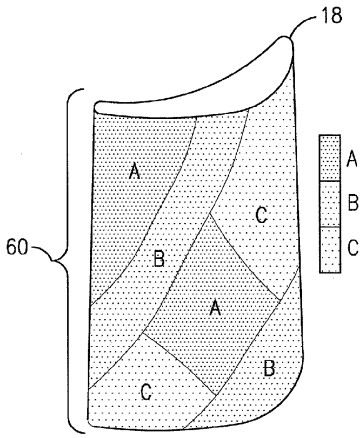
도면2


18
24
62
31
60
24

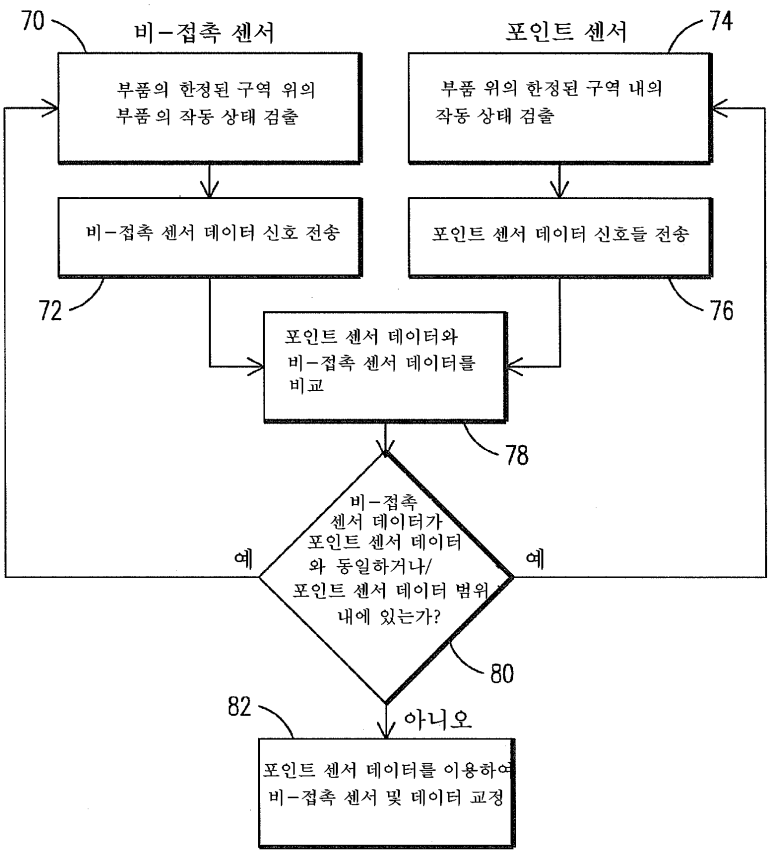
도면3



도면4



도면5


70
비-접촉 센서
부품의 한정된 구역 위의 부품의 작동 상태 검출
74
포인트 센서
부품 위의 한정된 구역 내의 작동 상태 검출
비-접촉 센서 데이터 신호 전송
포인트 센서 데이터 신호들 전송
72
76
포인트 센서 데이터와 비-접촉 센서 데이터를 비교
78
비-접촉 센서 데이터가 포인트 센서 데이터와 동일하거나/ 포인트 센서 데이터 범위 내에 있는가?
예
예
80
82
아니오
포인트 센서 데이터를 이용하여 비-접촉 센서 및 데이터 교정