(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0038702
(43) 공개일자 2022년03월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01M 1/08 (2006.01) *G01M 1/14* (2006.01)
G01M 1/22 (2006.01) *G01M 1/24* (2006.01)
G01M 13/025 (2019.01)
(52) CPC특허분류
G01M 1/08 (2019.01)
G01M 1/14 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-7004253
(22) 출원일자(국제) 2020년07월24일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2022년02월08일
(86) 국제출원번호 PCT/AT2020/060278
(87) 국제공개번호 WO 2021/011982
국제공개일자 2021년01월28일
(30) 우선권주장
A50674/2019 2019년07월25일 오스트리아(AT)
(뒷면에 계속)

(71) 출원인
아베엘 리스트 게엠베하
오스트리아 아-8020 그라츠 한스-리스트-플라츠 1
피에조크리스트 어드밴스드 센서릭스 게엠베하
오스트리아 그라즈 에이-8020 한스-리스트-플라츠 1
(72) 발명자
슈미트 마틴
독일 63225 랑엔 수들리케 링슈트라쎄 246
큐르크 루카스
독일 64287 다름슈타트 하이든베그 5
모더 제이콥
오스트리아 8800 언즈마르크트 리히텐슈타인슈트라세 9
(74) 대리인
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 17 항

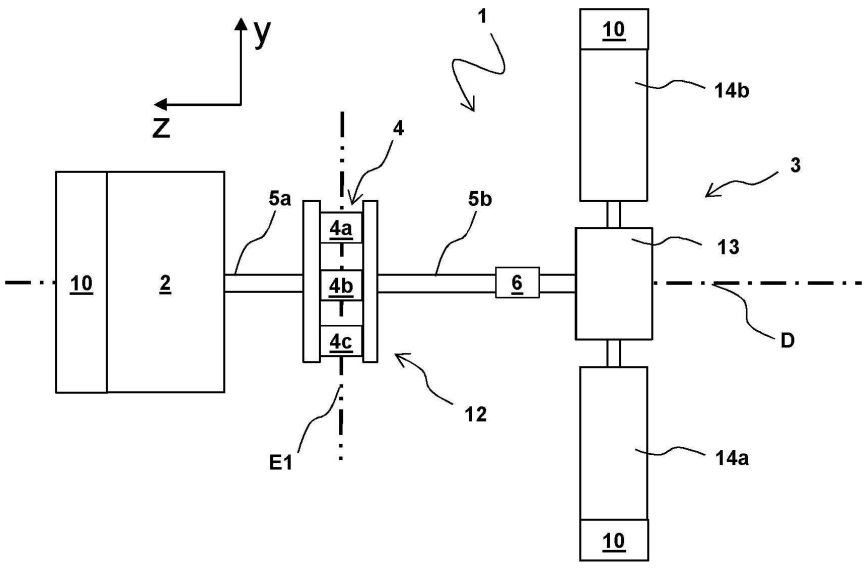
(54) 발명의 명칭 **불균형 및/또는 오정렬을 감지하기 위한 방법 및 드라이브트레인 테스트 벤치**

(57) 요 약

본 발명은 테스트 벤치(1) 상에서 작동 중인 드라이브트레인(3)의 적어도 하나의 샤프트 어셈블리(2; 4a, 4b, 4c)의 불균형 및/또는 오정렬을 감지하기 위한 방법(100) 및 드라이브트레인 테스트 벤치(1)에 관한 것으로, 제1 압전력 센서(4)가 테스트 벤치(1)의 로드 머신(14a, 14b) 및 테스트 벤치(1)의 드라이브트레인(3)의 드라이브 머

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



신(2) 사이의 동력 전달에 의해 생성되고(101) 샤프트 어셈블리(5; 5a, 5b)에 의해 전달되는 힘의 흐름에 배치되어 있고, 샤프트 어셈블리(5; 5a, 5b)의 회전축(D)으로부터 섹션화되고 바람직하게는 회전축(D)에 적어도 실질적으로 수직인 제1 평면(E1)에서 및/또는 제1 평면(E1)에 수직으로 제1 힘 센서(4a, 4b, 4c)에 의해 제1 힘 측정을 수행하고(102-1), 불균형을 감지하기 위해 상기 제1 힘 측정의 적어도 하나의 측정값 추이 및 상기 측정값 추이와 관련된 샤프트 어셈블리(5; 5a, 5b)에 대한 회전각 결정의 값 추이를 분석하고(103a) 및/또는 샤프트 어셈블리(5; 5a, 5b)의 오정렬을 감지하기 위해 상기 제1 힘 측정의 측정값 추이를 분석한다(103b).

(52) CPC특허분류
G01M 1/22 (2019.01)
G01M 1/24 (2013.01)
G01M 13/025 (2019.01)

(30) 우선권주장
A50797/2019 2019년09월12일 오스트리아(AT)
A50813/2019 2019년09월20일 오스트리아(AT)

명 세 서

청구범위

청구항 1

테스트 벤치(1) 상에서 작동 중인 드라이브트레인(3)의 적어도 하나의 샤프트 어셈블리(5, 5a, 5b)의 불균형 및/또는 오정렬을 감지하기 위한 방법(100)으로서,

제1 압전력 센서(4)가 테스트 벤치(1)의 로드 머신(14a, 14b) 및 드라이브트레인(3)의 드라이브 머신(2) 사이의 동력 전달에 의해 생성되고(101) 샤프트 어셈블리(5; 5a, 5b)에 의해 전달되는 힘의 흐름에 배치되어 있고,

샤프트 어셈블리(5; 5a, 5b)의 회전축(D)으로부터 섹션화되고 바람직하게는 회전축(D)에 적어도 실질적으로 수직인 제1 평면(E1)에서 및/또는 제1 평면(E1)에 수직으로 제1 힘 센서(4a, 4b, 4c)에 의해 제1 힘 측정을 수행하고(102-1), 불균형을 감지하기 위해 상기 제1 힘 측정의 적어도 하나의 측정값 추이 및 상기 측정값 추이와 관련된 샤프트 어셈블리(5; 5a, 5b)에 대한 회전각 결정의 값 추이를 분석하고(103a) 및/또는 샤프트 어셈블리(5; 5a, 5b)의 오정렬을 감지하기 위해 상기 제1 힘 측정의 측정값 추이를 분석하는(103b), 방법(100).

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 힘 측정의 측정값 추이를 샤프트 어셈블리(5; 5a, 5b)의 회전축 및/또는 무게중심에 대한 불균형을 감지하기 위해 분석하는, 방법(100).

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 동력 흐름에 있는 제2 압전력 센서(11)에 의해 제1 평면(E1)과 다르지만 드라이브트레인의 샤프트 어셈블리(5; 5a, 5b)의 회전축(D)으로부터 섹션화되고 바람직하게는 회전축(D)에 적어도 실질적으로 수직인 제2 평면(E2)에서 제2 힘 측정을 수행하되(102-2), 상기 제2 힘 측정의 측정값 추이를 기초로 그의 무게중심에 대한 샤프트 어셈블리(5; 5a, 5b)의 불균형을 더 결정하고, 바람직하게는 상기 제1 힘 측정을 제1 평면(E1)에서 수행하는, 방법(100).

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 및/또는 제2 압전력 센서(4, 11)가 다수의 압전 측정 요소(4a, 4b, 4c)를 구비한 다성분 힘 센서인, 방법(100).

청구항 5

제4항에 있어서,

힘 성분 및 토크 성분을 개별 압전 측정 요소(4a, 4b, 4c)로부터의 측정 신호를 기초로 방정식계를 이용하여 결정하는, 방법(100).

청구항 6

제4항 또는 제5항에 있어서,

개별 압전 측정 요소(4a, 4b, 4c)의 측정 신호를 도출될 각각의 힘 성분 및/또는 토크 성분에 기여하는 성분으로 분해하고, 바람직하게는 특히 결정될 각각의 힘 성분 및/또는 토크 성분에 대한 개별 압전 측정 요소(4a, 4b, 4c)의 모든 기여도를 고려하는, 방법(100).

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 힘 측정 및/또는 제2 힘 측정에서 로드 머신(14a, 14b)과 지지 장치(10) 및/또는 드라이브 머신(2)과 지지 장치(10) 사이의 힘의 흐름에 대한 반력을 측정하는, 방법(100).

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

샤프트 어셈블리(5; 5a, 5b)의 질량을 불균형 및/또는 오정렬의 감지를 기초로 하여 조정하는, 방법(100).

청구항 9

컴퓨터에 의해 실행시 제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 따른 방법의 단계들을 수행하게 하는 명령이 포함된 컴퓨터 프로그램.

청구항 10

제9항에 따른 컴퓨터 프로그램이 저장된 컴퓨터 판독가능 매체.

청구항 11

드라이브트레인 테스트 벤치(1)로서,

테스트할 드라이브트레인(3)과 연결 가능한 로드 머신(14a, 14b);

테스트할 드라이브트레인(3)에 대한 힘의 흐름에 배치되고 드라이브트레인(3)의 샤프트 어셈블리(5; 5a, 5b)의 회전축(D)으로부터 섹션화되고 바람직하게는 회전축(D)에 적어도 실질적으로 수직인 제1 평면(E1)에서 및/또는 제1 평면(E1)에 수직으로 제1 측정이 테스트 벤치 작동 중에 수행되도록 구성된 제1 압전력 센서(4);

샤프트 어셈블리(5; 5a, 5b)에 대한 회전각을 결정하도록 구성된 증분 인코더(6);

제1 힘 측정의 측정값 추이 및 상기 측정값 추이와 관련된 샤프트 어셈블리(5; 5a, 5b)에 대한 회전각 결정의 값 추이를 기초로 샤프트 어셈블리(5; 5a, 5b)의 불균형을 감지하기 위한 수단(8), 및/또는 제1 힘 측정의 측정값 추이를 기초로 샤프트 어셈블리(5; 5a, 5b)의 오정렬을 감지하기 위한 수단(9)을 구비한 신호 처리부(7)

를 포함하는, 드라이브트레인 테스트 벤치(1).

청구항 12

제11항에 있어서,

테스트할 드라이브트레인(3)에 대한 힘의 흐름에 배치되고 제1 평면(E1)과 다르지만 드라이브트레인(3)의 샤프트 어셈블리(5; 5a, 5b)의 회전축(D)으로부터 섹션화되고 바람직하게는 회전축(D)에 적어도 실질적으로 수직인 제2 평면(E2)에서의 제2 힘 측정을 수행하도록 구성된 제2 압전력 센서(11)를 구비하되, 상기 수단(8)이 상기 제1 힘 측정의 측정값 추이를 기초로 하여 그의 무게중심에 대한 샤프트 어셈블리(5; 5a, 5b)의 불균형을 더 결정하는, 드라이브트레인 테스트 벤치(1).

청구항 13

제11항 또는 제12항에 있어서,

로드 머신(14a, 14b) 및/또는 드라이브 머신(2)를 지지하기 위한 지지 장치(10)를 포함하되, 제1 압전력 센서(4) 및/또는 제2 압전력 센서(11)가 로드 머신(14a, 14b)과 지지 장치(10) 및/또는 드라이브 머신(2)과 지지 장치(10) 사이에 반력을 측정하도록 구성 및 배치되어 있는, 드라이브트레인 테스트 벤치(1).

청구항 14

제11항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서,

제1 압전력 센서(4) 및/또는 제2 압전력 센서(11)가 샤프트 어셈블리(5, 5a; 5b)의 회전 질량을 변경하지 않는 드라이브트레인 테스트 벤치(1).

청구항 15

제11항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서,

제1 압전력 센서(4) 및/또는 제2 압전력 센서(11)가 다수의 압전 측정 요소(4a, 4b, 4c)를 가진 다성분 힘 센서인, 드라이브트레인 테스트 벤치(1).

청구항 16

제15항에 있어서,

압전 측정 요소(4a, 4b, 4c)가 샤프트 어셈블리(5a)의 제1 부분과 샤프트 어셈블리(5b)의 제2 부분 사이에 배치되어 압전 측정 요소(4a, 4b, 4c)가 힘, 특히 제1 부분(5a)과 제2 부분(5b) 사이의 전단력 및/또는 압축력을 측정할 수 있는, 드라이브트레인 테스트 벤치(1).

청구항 17

제11항 내지 제16항 중 어느 한 항에 있어서,

감지된 불균형 및/또는 오정렬을 기초로 샤프트 어셈블리(5, 5a, 5b)의 질량을 조정하기 위한 수단을 포함하는, 드라이브트레인 테스트 벤치(1).

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 테스트 벤치 상에서 작동 중인 드라이브트레인의 적어도 하나의 샤프트 어셈블리의 불균형 및/또는 오정렬을 감지하기 위한 방법에 관한 것이다. 본 발명은 또한 상기 방법을 수행할 수 있는 테스트 벤치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 회전축이 관성 주축 중 하나와 일치하지 않는 회전체에서는 불균형이 발생한다. 불균형은 진동과 마모 증가 또는 심각한 기계 손상(예를 들어 샤프트 파손)으로 나타난다. 이에 따라 회전체는 일반적으로 평형체를 위치시켜 균형을 맞춘다.

[0003] 이때 정적 불균형 및 모멘트 불균형이라고도 하는 동적 불균형을 구분해야 한다. 정적 불균형의 경우에 회전체의 관성 주축은 회전축과 평행하게 위치 이동한다. 즉, 회전축은 회전체의 무게중심을 통과하지 않는다. 회전시 이러한 불균형으로 인해 회전축에 수직으로 원심력이 발생한다. 일반적으로 이러한 불균형은 평면에서 평형을 맞춰 해결할 수 있는데, 이때 상기 평형면의 위치는 제한되지 않는다. 상기 정적 불균형을 보상하기 위해서 평형체를 적어도 하나의 평형면에 배치해야 한다.

[0004] 순수한 동적 불균형의 경우에 회전체의 무게중심은 회전축에 놓여 있다. 그러나 회전체의 관성 주축은 회전축에 대해 기울어져 있다. 이를 통해 회전시 회전체의 회전수의 1차 조화 차수(harmonic order)를 가진 반력(reaction force)의 베어링에서 나타나는 불균형 모멘트가 생성된다. 동적 불균형을 보상하기 위해서는 평형체를 적어도 2개의 서로 다른 평형면에 위치시켜야 한다. 이때 상기 평형면은 각각 회전체의 회전축에 수직이다.

[0005] 오정렬은 조립 및 제조의 불확실성, 침하 현상 및 열팽창으로 인해 발생하며, 그 결과 회전체의 위치가 이동한다. 이러한 위치 이동은 회전체의 기능과 수명에 악영향을 미친다. 오정렬은 회전체와 그의 장착부에 변형력, 특히 굽힘 모멘트와 압축력으로 이어진다. 본 발명에 의하면, 작동 중에 발생하는 열팽창으로 인한 오정렬은 작동 중에 감지될 수 있다. 오정렬을 측정하기 위한 공지의 방법들은 일반적으로 작동 중에 이용되지 않기 때문에 동적 열 작동 상태를 파악하지 못한다.

[0006] 정적 및 동적 균형을 위한 방법은 교재 "*Rotordynamik*", Gasch/Nordmann/Pfutzner, Springer Verlag, 2. Auflage, 1975 및 교재 "Auswuchttechnik Band 1: Allgemeine Grundlagen, Messverfahren und Richtlinien" Springer 1977에 공지되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 과제는 드라이브트레인 테스트 벤치의 작동 중에 샤프트 어셈블리의 불균형 및/또는 오정렬을 감지 및/또는 교정하기 위한 방법 및 해당 드라이브트레인 테스트 벤치를 제공하는 것이다.

[0008] 상기 과제는 독립항에 의해 해결된다. 유리한 실시형태들은 종속항에 청구되어 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 제1 측면은 테스트 벤치 상에서 작동 중인 드라이브트레인의 적어도 하나의 샤프트 어셈블리의 불균형 및/또는 오정렬을 감지하기 위한 방법으로서, 제1 압전력 센서가 상기 테스트 벤치의 로드 머신 및 상기 테스트 벤치의 드라이브트레인의 드라이브 머신 사이의 동력 전달에 의해 유발되고 샤프트 어셈블리에 의해 전달되는 힘 흐름에 배치되어 있는 방법에 관한 것이다. 바람직하게는 상기 샤프트 어셈블리의 회전축으로부터 섹션화되고 바람직하게는 상기 회전축에 적어도 실질적으로 수직인 제1 평면에서 및/또는 상기 제1 평면에 수직으로 제1 힘 센서에 의해 제1 힘 측정을 수행한다. 보다 바람직하게는 불균형을 감지하기 위해 상기 제1 힘 측정의 적어도 하나의 측정값 추이 및 상기 측정값 추이와 관련된 샤프트 트레인에 대한 회전각 결정의 값 추이를 분석한다. 선택적으로 또는 추가로, 상기 샤프트 어셈블리의 오정렬을 감지하기 위해 상기 제1 힘 측정부의 측정값 추이를 분석한다.

[0010] 본 발명의 제2 측면은 테스트할 드라이브트레인과 연결 가능한 로드 머신 및 상기 테스트할 드라이브트레인에 대한 힘 흐름에 배치되고 드라이브트레인의 샤프트 어셈블리의 회전축으로부터 섹션화되고 바람직하게는 상기 회전축에 적어도 실질적으로 수직인 제1 평면에서 및/또는 상기 제1 평면에 수직으로 제1 측정이 테스트 벤치 작동 중에 수행되도록 구성되는 제1 압전력 센서를 구비한 드라이브트레인 테스트 벤치에 관한 것이다. 바람직하게는 상기 드라이브트레인 테스트 벤치는 또한 샤프트 어셈블리에 대한 회전각을 결정하도록 구성된 증분 인코더(incremental encoder)을 포함하고, 보다 바람직하게는 제1 힘 측정의 측정값 추이 및 상기 측정값 추이와 관련된 샤프트 어셈블리에 대한 회전각 결정의 값 추이를 토대로 샤프트 어셈블리의 불균형을 감지하기 위한 수단 및/또는 제1 힘 측정의 측정값 추이를 토대로 샤프트 어셈블리의 오정렬을 감지하기 위한 수단을 구비한 신호 처리부를 포함한다.

[0011] 본 발명의 다른 측면은 컴퓨터 프로그램 및 컴퓨터 판독가능 매체에 관한 것이다.

[0012] 본 발명에서 "샤프트 어셈블리"는 하나 이상의 회전 연결 샤프트를 갖는 것을 의미한다.

[0013] 본 발명에서 "연결 가능한"은 바람직하게는 "연결될 수 있는" 또는 "연결되는"을 의미한다.

[0014] 본 발명에서 "힘 흐름"은 바람직하게는 인가 지점, 특히 도입 위치로부터 힘 및/또는 토크가 반력 및/또는 반력 모멘트에 의해 흡수되는 하나 이상의 위치까지 기계 시스템 내 힘 및/또는 토크의 경로를 의미한다. 상기 힘 흐름은 바람직하게는 힘, 특히 샤프트의 회전방향에 대해 횡방향의 힘 및 토크, 특히 회전축 주위의 토크로 구성된다.

[0015] 본 발명에서 "동력 흐름"은 바람직하게는 기계 시스템 내 도입 위치로부터 동력이 제거되는 하나 이상의 위치까지 동력이 전달되는 경로를 의미한다.

[0016] 본 발명에서 "압전 측정 요소"는 바람직하게는 압전 결정 및 전하 접지부 또는 전기 접속부를 포함하는 것을 의미한다.

[0017] 본 발명에서 "머신"은 에너지, 바람직하게는 운동 에너지, 특히 회전을 전기 에너지로 또는 그 반대로 변환하거나 또는 화학 에너지를 운동 에너지로 변환하도록 구성된 것을 의미한다. 본 발명에서 "머신"은 바람직하게는 하우징을 갖는 것을 의미한다.

[0018] 본 발명에서 "지지 장치"는 바람직하게는 어느 한 요소를 상기 요소에 작용하는 힘 및/또는 상기 요소에 작용하는 토크에 대해 지지하기 위한 장치를 의미한다. 지지 장치는 바람직하게는 소위 반력 또는 베어링 반력을 제공하도록 구성된다. 본 발명에서 지지 장치는 바람직하게는 베어링 장치를 지지하는 역할을 하는 것을 의미한다. 상기 지지 장치는 바람직하게는 변속기 커버, 드라이브트레인의 하우징 또는 베이스 플레이트이다.

[0019] 본 발명에서 "감지"는 바람직하게는 검출 및/또는 정량화 및/또는 위치 확인 및/또는 분석을 의미한다.

[0020] 본 발명에서 "수단"은 특히 바람직하게는 메모리- 및/또는 버스 시스템과 데이터 또는 신호 연결된, 특히 디지털 처리부, 특히 마이크로프로세서 유닛(CPU) 및/또는 하나 이상의 프로그램 또는 프로그램 모듈을 포함하도록

하드웨어 및/또는 소프트웨어적으로 구성되는 것을 의미한다. CPU는 메모리 시스템에 저장된 프로그램으로서 구현되는 명령을 처리하고, 데이터 버스로부터 입력 신호를 감지하고/또는 데이터 버스로 출력 신호를 보내도록 구성될 수 있다. 메모리 시스템은 하나 이상, 특히 다양한 저장 매체, 특히 광학, 자기, 고체 및/또는 그 외 다른 비휘발성 매체를 포함할 수 있다. 프로그램은 본 발명에 기재된 방법을 구현 또는 실행할 수 있도록 구성되거나 CPU가 이러한 방법의 단계들을 실시하여 특히 불균형 및/또는 오정렬을 감지할 수 있도록 구성될 수 있다.

[0021] 본 발명에서 "증분 인코더"는 바람직하게는 개별 각도 분할 및/또는 완전한 회전을 확인할 수 있는 것을 의미한다. 특히 상기 증분 인코더는 1회전 당 적어도 하나의 펄스를 제공한다.

[0022] 본 발명에서 "균형"은 샤프트 어셈블리 또는 드라이브트레인의 질량을 적절히 조정하는 것을 의미하는 것으로 이해된다. 이는 예를 들어 나사를 더 안쪽 또는 바깥쪽으로 돌려 질량 분포를 변화시키는 것을 의미할 수도 있다.

[0023] 본 발명은 특히 테스트 벤치 상에서 테스트할 드라이브트레인의 샤프트 어셈블리를 테스트 벤치의 작동 중에 테스트 벤치 상에서 균형을 맞춰 정렬하는 접근 방식을 기반으로 한다. 특히 샤프트 어셈블리는 정지시 또는 균형 또는 정렬 작동시 별도로 외부, 즉 테스트 벤치 상부가 아닌 곳에서 또는 다른 측정 방법에 의해 균형을 맞추거나 정렬할 필요가 없다. 한편, 불균형 및/또는 오정렬의 감지는 테스트 벤치의 로드 머신, 소위 Dyno와 드라이브 머신 사이에 동력이 전달되는 테스트 벤치 작동에 의해 직접 힘 흐름에서 수행한다. 본 발명에 따르면, 균형에 필요한 힘 측정을 위해 특히 신뢰할 수 있는 측정을 가능하게 하고 강성을 기반으로 드라이브트레인의 진동 시스템에 약간의 탄성만 추가하는 압전 측정 요소를 사용한다. 또한 상기 압전 요소는 가속도 센서와 달리 불균형으로 인한 힘과 모멘트를 직접 측정할 수 있으며 질량 가속의 우회를 통해 간접적으로 계산할 필요가 없다.

[0024] 본 발명에 따르면, 드라이브트레인의 개별 요소들의 균형을 미리 맞추지 않고도 예를 들어 불균일한 나사 중량, 오정렬, 피팅 간극 및 편심, 비대칭, 밀도 오류 등의 제조 오류와 같은 모든 조립 불확실성이 있는 조립 상태에서 샤프트 어셈블리의 균형을 맞출 수 있다. 이때 본 방법은 샤프트 어셈블리를 지속적으로 모니터링하기 위해 사용할 수 있으며 특히 테스트 벤치에 포함되지 않는 측정 기기가 추가로 필요하지 않으므로 테스트 진행을 중단하지 않고 작동 중에 수행할 수 있다.

[0025] 직접적인 힘 측정에 의해 테스트 질량 불균형에 의한 초기 불균형과 영향 계수를 결정하기 위해 별도의 측정을 수행할 필요가 없다.

[0026] 또한 예를 들어 가속도 센서와 같은 측정 데이터 수집을 위한 별도의 하드웨어가 필요하지 않다. 상기 압전력 센서는 테스트 벤치의 구조에 견고하게 설치되는 것이 바람직하며, 이는 측정 신호를 물리적 왜곡 없이 감지할 수 있음을 의미한다.

[0027] 물리적 변수인 "힘"이 직접 감지되기 때문에 기계 부품의 손상 효과에 대한 결론을 도출할 수 있다. 진동 속도 및 기계적 상태에 대해 표준적으로 정의된 균형 품질 등급을 평가하기 위한 경험적 접근 방식이 원칙적으로 필요하지 않다. 이에 따라 본 발명에 따른 불균형 및 오정렬의 결정을 기반으로 기계적 안전을 위한 새로운 표준을 개발할 수 있다.

[0028] 작동 중에 샤프트 어셈블리의 불균형 상태가 변경되는 경우에, 이는 본 발명을 사용하여 테스트 벤치 작동 중에 조기에 감지될 수 있고 예를 들어 밸런싱 액추에이터 또는 비상 정지 또는 부하 감소를 통해 드라이브트레인 또는 테스트 벤치의 영구적인 손상을 방지하기 위한 대책을 도입할 수 있다.

[0029] 불균형으로 인해 힘과 모멘트가 드라이브트레인의 회전수로 회전하는 동안 오정렬의 경우에 중력에 추가하여 공간적으로 고정된, 즉 회전수로 회전하지 않는 추가 토크가 발생한다. 본 발명에 의하면, 추가 진동 분석 없이도 오정렬을 결정할 수 있다.

[0030] 바람직하게는 불균형 및/또는 오정렬 감지를 토대로 샤프트 어셈블리 또는 드라이브트레인의 균형을 달성함으로써 감지된 불균형 또는 오정렬을 감소 또는 제거할 수 있다.

[0031] 질량 조정은 특히 불균형 및/또는 오정렬의 감지에 따라 결정되는 특히 소정의 질량을 제거 또는 추가하는 형태로 특히 불균형 및/또는 오정렬의 감지에 따라 결정되는 샤프트 어셈블리 또는 드라이브트레인의 소정의 위치에서 실시한다. 특히 상기 샤프트 어셈블리 또는 드라이브트레인은 소정의 방식으로 설치되어 재료 또는 질량을 제거할 수 있는 적어도 하나의 요소를 포함한다. 불균형을 조정하기 위해 재료를 제거하는 것을 음의 균형(negative balancing)이라고 한다. 상기 제거는 특히 밀링, 드릴링, 레이저 등에 의해 수행될 수 있다.

[0032] 본 방법의 유리한 실시형태에서, 상기 제1 힘 측정의 측정값 추이를 샤프트 어셈블리의 회전축 및/또는 무게중

심에 대한 불균형을 감지하기 위해 분석한다. 상기 회전축에 대한 힘 측정을 분석하면 정적 불균형을 확인할 수 있다. 상기 샤프트 어셈블리의 무게축(관성 주축이라고도 함)에 대해 분석하면 순수한 동적 불균형을 결정할 수 있다. 상기 2개의 분석 모두 바람직하게는 동시에 수행될 수도 있다.

[0033] 본 방법의 또 다른 유리한 실시형태에서, 상기 제1 평면과 다르지만 드라이브트레인의 샤프트 어셈블리의 회전축으로부터 섹션화되고 바람직하게는 회전축에 적어도 실질적으로 수직인 제2 평면에서의 제2 힘 측정을 제2 압전력 센서에 의해 수행하되, 상기 제2 힘 측정의 측정값 추이를 토대로 그의 무게축 또는 관성 주축에 대한 샤프트 어셈블리의 불균형을 결정한다.

[0034] 앞서 이미 설명한 바와 같이, 동적 불균형은 샤프트 어셈블리의 무게중심을 중심으로 틸팅 모멘트(tilting moment)를 발생시킨다. 상기 틸팅 모멘트는 다성분(multicomponent) 힘 센서를 사용하여 회전축에 평행한 힘 흐름 내 하나의 지점에서 힘을 측정하여 감지할 수 있다. 이에 따라 상기 측정은 드라이브트레인의 샤프트 어셈블리의 회전축으로부터 섹션화되는 제1 평면에서 수행된다. 또한 상기 틸팅 모멘트는 제1 평면에서 제1 힘 측정을 수행하고 제2 평면에서 제2 힘 측정을, 즉 제2 평면에 있는 힘을 측정하여 결정할 수 있다. 여기서 상기 2개의 평면은 서로 다르지만 적어도 샤프트의 회전축으로부터 섹션화되고 바람직하게는 회전축에 적어도 실질적으로 수직이다.

[0035] 본 방법의 또 다른 유리한 실시형태에서, 상기 제1 및/또는 제2 압전력 센서는 다수의 압전 측정 요소를 가진 다성분 힘 센서이다. 예를 들어 다성분 힘 센서를 사용하여 상기 샤프트 어셈블리에서 굽힘 모멘트를 결정할 수 있다. 또한 예를 들어 상기 드라이브 머신을 장착하기 위해 다수의 압전 요소를 사용할 수 있다. 이를 위해 예를 들어 3개의 압전 요소가 로드 머신 또는 드라이브 머신의 지지 장치 상의 3개의 베어링에 배치될 수 있다.

[0036] 본 방법의 또 다른 유리한 실시형태에서, 힘 성분 및 토크 성분은 상기 압전 측정 요소로부터의 측정 신호를 기초로 방정식계를 이용하여 결정된다. 상기 개별 압전 측정 요소로부터의 측정 신호는 도출될 각각의 힘 성분 및/또는 회전 성분에 기여하는 성분으로 분해하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 특히 결정될 힘 성분 및/또는 회전 성분 각각에 대한 개별 압전 측정 요소의 모든 기여도를 고려한다.

[0037] 결정될 힘 성분 및/또는 회전 성분에 따라 해를 구하는 방정식계를 이용하여 다수의 압전 측정 요소의 측정을 고려할 수 있다. 또한 다성분 힘 센서 또는 그의 압전 측정 요소의 모든 측정은 결정될 힘 성분 및/또는 토크 성분에 일정 비율 기여할 수 있다. 이를 통해 특히 측정에 관련되지 않은 압전 요소를 통한 힘 션트(force shunt)를 피할 수 있다.

[0038] 본 방법의 또 다른 유리한 실시형태에서, 상기 샤프트 어셈블리의 질량은 감지된 불균형 또는 오정렬을 줄이거나 제거하기 위해 불균형 및/또는 오정렬의 감지를 토대로 조정된다. 감지된 불균형 또는 오정렬을 질량 조정을 결정하는 기준으로서 사용함으로써 불균형 또는 오정렬을 보상하기 위해 소정의 질량을 추가하거나 제거해야 하는 위치를 특히 정확하게 결정할 수 있다.

[0039] 본 발명의 제1 측면과 관련하여 후술하는 특징 및 이점들은 본 발명의 추가 측면들에 적절히 적용되며 그 반대 또한 마찬가지이다.

[0040] 유리한 일 실시형태에서, 상기 드라이브트레인 테스트 벤치는 로드 머신 및/또는 드라이브 머신를 지지하기 위한 지지 장치를 포함하되, 상기 압전력 센서는 로드 머신과 지지 장치 및/또는 드라이브 머신과 지지 장치 사이에 반력을 측정하기 위한 방식으로 구성 및 배치된다.

[0041] 본 실시형태에서, 상기 힘 센서는 드라이브 머신과 로드 머신 사이 및/또는 드라이브 머신과 지지 장치 사이에 배치된다. 이에 따라, 본 실시예에서 힘 측정은 공간적으로 고정된 기준 시스템(reference system), 즉 드라이브트레인 테스트 벤치 자체 또는 드라이브트레인 테스트 벤치의 베이스 플레이트에 대해 수행된다. 이때 상기 로드 머신 또는 드라이브 머신이 지지 장치에 설치되는 방식에 따라 횡효과(transversal effect), 종효과(longitudinal effect) 또는 전단 효과(shear effect)가 있는 단 하나의 압전 요소를 구비한 압전력 센서를 사용할 수 있다. 이러한 유형의 힘 센서 배치는 실질적으로 샤프트 어셈블리의 회전 질량을 변경하지 않는다.

[0042] 상기 드라이브트레인 테스트 벤치의 또 다른 유리한 실시형태에서, 상기 압전력 센서는 다수의 압전 측정 요소를 구비한 다성분 힘 센서이다. 그 결과, 상기 힘 센서를 사용하면 특히 정확한 측정을 구현할 수 있다.

[0043] 상기 드라이브트레인 테스트 벤치의 또 다른 유리한 실시형태에서, 상기 압전 측정 요소는 샤프트 어셈블리의 제1 부분과 샤프트 어셈블리의 제2 부분 사이에 구성 배치되어 상기 압전 측정 요소가 힘, 특히 상기 제1 부분과 제2 부분 사이의 전단력 및/또는 압축력을 측정할 수 있다. 이때 상기 측정 요소는 바람직하게는 회전축 주

위의 서로 다른 위치에 배치된다. 보다 바람직하게는, 상기 측정 요소는 드라이브트레인 테스트 벤치의 플랜지에 배치된다.

[0044] 상기 측정에 의해 샤프트 어셈블리 내 또는 가까이에서 특히 단순한 측정 배치를 직접 구현할 수 있다.

[0045] 상기 드라이브트레인 테스트 벤치의 다른 유리한 실시형태에서, 감지된 불균형 또는 오정렬을 감소 또는 제거하기 위해서 감지된 불균형 및/또는 오정렬을 토대로 샤프트 어셈블리 또는 드라이브트레인의 질량을 조정하기 위한 수단을 포함한다.

[0046] 이러한 수단은 바람직하게는 연삭기, 질량을 제거하거나 가하는 레이저기 또는 접합기일 수 있다.

[0047] 상기 샤프트의 질량 조정이 질량 분포 변경에 의해 수행되는 경우에, 샤프트 어셈블리의 이동 가능한 요소의 위치를 변경하거나 예를 들어 구부리는 것과 같이 샤프트의 형상을 변경하는 장치에 의해 유리하게 수행될 수 있다.

[0048] 따라서 감지된 불균형 또는 오정렬은 샤프트 어셈블리 또는 드라이브트레인을 제거하고 후처리할 필요 없이 보상될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0049] 추가 이점 및 특징들은 도면을 참조하여 바람직한 실시예의 후술하는 설명으로부터 알 수 있다. 도면에서 적어도 일부는 개략적으로 도시되어 있다.

도 1은 불균형 및/또는 오정렬을 감지하기 위한 방법을 수행할 수 있는 드라이브트레인 테스트 벤치의 제1 실시예를 도시하고 있고;

도 2는 불균형 및/또는 오정렬을 감지하기 위한 방법을 수행할 수 있는 드라이브트레인 테스트 벤치의 제2 실시예를 도시하고 있고;

도 3은 불균형 및/또는 오정렬을 감지하기 위한 방법을 수행할 수 있는 드라이브트레인 테스트 벤치의 제3 실시예를 도시하고 있고;

도 4는 도 1, 2 또는 3에 따른 테스트 벤치의 상세도이고;

도 5는 불균형 및/또는 오정렬을 감지하기 위한 방법의 일 실시예를 도시하고 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0050] 도 1은 보정 또는 적용 테스트 외에도 불균형 및/또는 오정렬을 감지할 수 있는 드라이브트레인 테스트 벤치(1)의 제1 실시예를 도시하고 있다. 특히 상기 테스트 벤치 작동 중에 불균형 및/또는 오정렬을 감지할 수 있다.

[0051] 드라이브트레인 테스트 벤치(1)는 특히 도 1에 도시되어 있는 바와 같이 드라이브트레인의 출력부에 회전 가능하게 연결될 수 있는 로드 머신 또는 Dyno(14a, 14b)를 포함하고 있다.

[0052] 또한 드라이브트레인 테스트 벤치(1)는 샤프트 어셈블리(5a, 5b)의 회전각을 측정하도록 구성된 증분 인코더(6)를 포함하는 것이 바람직하다. 증분 인코더(6)의 기능은 종래 기술에 알려져 있으며, 특히 샤프트 어셈블리(5a, 5b)의 회전각 또는 회전각 변화 및/또는 방향을 광전기적으로, 자기적으로 및/또는 슬라이딩 접촉부를 사용하여 결정할 수 있다.

[0053] 또한 드라이브트레인(1)은 바람직하게는 압전력 센서(4)를 구비하고 있고, 상기 압전력 센서는 구체적으로 바람직하게는 다수의 압전 측정 요소, 도 1에서는 3개의 압전 측정 요소(4a, 4b, 4c)를 포함하고 있다. 도 1에 따른 실시예에서, 상기 압전 측정 요소는 드라이브 테스트 벤치(1) 또는 드라이브트레인(3)의 일부일 수 있는 측정 플랜지(12)에 배치되어 있다.

[0054] 상기 측정 플랜지는 샤프트 어셈블리(3)의 제1 샤프트부(5a)를 제2 샤프트부(5b)와 연결한다. 샤프트 어셈블리(5a, 5b)는 도 1에 파선으로 표시된 회전축(D)을 중심으로 회전한다.

[0055] 드라이브 머신(2)은 드라이브트레인 테스트 벤치(1) 상에서 테스트할 드라이브트레인(3)의 구성요소에 따라 드라이브트레인 테스트 벤치(1) 또는 드라이브트레인(3)을 구성하는 일부일 수 있다.

[0056] 도 1에 도시되어 있는 실시예에서, 드라이브트레인(3)은 드라이브 머신(2), 샤프트 어셈블리(5a, 5b), 차동기

(13) 및 차축부(도면 부호 없음)를 포함하고 있다. 동력 흐름은 제1 샤프트부(5a), 측정 플랜지(12), 제1 압전력 센서, 차동기(13) 및 차축부를 통해 드라이브 머신(2)으로부터 로드 머신(14a, 14b)으로 전달될 수 있다.

[0057] 테스트 벤치(1)는 또한 드라이브 테스트 벤치가 전체로서 또는 드라이브트레인 테스트 벤치(1) 및/또는 드라이브트레인(3)의 개별 요소들이 장착되는 지지 장치(10)를 포함하고 있다. 여기서 지지 장치(10)는 개별 요소를 예를 들어 테스트 벤치 홀의 바닥에 장착하기 위한 기계 구조체를 포함할 수 있다. 보다 바람직하게는 지지 장치(10)는 베이스 플레이트를 포함하거나 포함하도록 구성될 수 있다.

[0058] 도 1에 도시되어 있는 실시예에서, 적어도 드라이브 머신(2) 및 로드 머신(14a, 14b)는 지지 장치(10)에 의해 지지된다.

[0059] 바람직하게는 드라이브 머신(2)에 의해 생성되는 동력 흐름은 도 1에 도시되어 있는 실시예에서 지지 장치(10)로부터 드라이브 머신(2) 및 드라이브트레인(3)을 통해 다시 지지 장치(10)까지 연장되는 힘의 흐름을 발생시킨다. 여기서 지지 장치(10)는 경우에 따라 드라이브 머신(2) 및 로드 머신(14a, 14b)을 지지하기 위한 반력을 제공한다.

[0060] 측정 요소(4a, 4b, 4c)는 바람직하게는 평면(E1), 즉 도시된 기준 시스템의 XY 평면에 평행한 평면에서 힘을 측정하도록 조정 및 구성되어 있다. 제1 힘 센서(4)는 바람직하게는 압전 전단 효과를 이용하는 압전 요소(4a, 4b, 4c)를 포함하고 있다. 도시되어 있는 실시예에서, 측정 플랜지(12)에 가해지는 힘 또는 토크는 측정 요소(4a, 4b, 4c)의 단부면을 통해 압전 요소(4a, 4b, 4c)로 도입된다. 여기에서 압전 소자(4a, 4b, 4c)의 단부면은 바람직하게는 마찰 결합 방식으로 측정 플랜지(12)의 표면에 연결되어 있다.

[0061] 기준 시스템의 X 방향의 힘 및/또는 Y 방향의 힘이 측정 플랜지(12)에 가해지면 압전 측정 요소(4a, 4b, 4c)는 압전 전단 효과에 의해 대응하는 측정 신호를 발생시킨다. Z 방향으로 작용하는 토크가 측정 플랜지(12)에 가해질 때에도 동일하게 적용된다.

[0062] 선택적으로 또는 추가로, 측정 요소(4a, 4b, 4c)는 제1 평면(E1)에 수직으로 힘을 측정할 수 있다. 이를 위해, 측정 요소(4a, 4b, 4c)는 바람직하게는 압전 종효과 또는 압전 횡효과를 이용한다. 제1 평면(E1)에서 및 상기 제1 평면에 수직으로 힘을 측정하는 경우, 바람직하게는 Z 방향으로 측정하는 측정 요소 및 X 또는 XY 평면에서 힘을 측정할 수 있는 측정 요소가 모두 제공된다. 보다 바람직하게는 측정 요소(4a, 4b, 4c) 각각은 힘 흐름에 대해 일렬로 연결된 적어도 2개의 압전 요소를 포함하며, 이때 제1 압전 요소는 압전 전단 효과를 이용하고 제2 압전 요소는 압전 횡효과 또는 종효과를 이용한다.

[0063] 도 2는 테스트 벤치의 작동 중에 샤프트 어셈블리의 불균형 및/또는 오정렬을 감지할 수 있는 테스트 벤치(1)의 제2 실시예를 도시하고 있다.

[0064] 도 2의 제2 실시예의 테스트 벤치(1)는 제1 힘 센서(4)가 드라이브 머신(2)과 로드 머신(14a, 14b) 사이의 동력 흐름에 배치되어 있지 않고 지지 장치(10)와 드라이브 머신(2) 사이에 배치되어 있다는 점에서 도 1의 제1 실시예와 실질적으로 서로 다르다.

[0065] 상기 배치에 의해 제1 힘 센서(4)는 샤프트 어셈블리(5)와 드라이브 머신(2) 사이에 토크가 인가될 때 지지 장치(10)를 통해 드라이브 머신(2)에 가해지는 반력을 측정한다.

[0066] 여기서 힘 센서(4)는 도 4에 도시되어 있는 바와 같이 회전축(D)의 축방향으로 바람직하게 장착될 수 있다. 마찬가지로 드라이브 머신(2)은 또한 도 2에 따른 평면도에서 힘 센서(4)를 지나는 측방향 또는 하향 또는 상향으로 장착될 수 있다. 압전 측정 요소(4a, 4b, 4c)가 드라이브 머신(2)에 작용하는 방식에 따라 압전 전단 효과, 압전 종효과 또는 횡효과 또는 도 1에서 이미 설명한 바와 같이 2개의 서로 다른 효과를 가진 요소를 사용할 수 있다.

[0067] 또한 도 2에 따른 실시예에서, 힘은 바람직하게는 평면(E1)에서 및/또는 평면(E1)에 수직으로 측정된다.

[0068] 도 1에 따른 실시예를 도 2에 따른 제2 실시예와 조합할 수도 있다: 예를 들어 제2 실시예는 또한 압전력 센서가 추가로 배치되는 측정 플랜지(12)를 포함할 수 있다. 이때 상기 제2 압전력 센서는 힘 및/또는 모멘트를 측정하기 위한 제2 평면을 규정할 수 있다.

[0069] 또한 로드 머신(14a, 14b)에 가해지는 반력을 측정하기 위한 압전력 센서가 추가로 제공될 수 있고 상기 추가 압전력 센서는 바람직하게는 지지 장치, 특히 베이스 또는 바닥 플레이트에 대향하여 로드 머신(14a, 14b)을 장착하여 로드 머신(14a, 14b)과 지지 장치(10) 사이의 반력을 측정할 수도 있다.

[0070] 도 2에 따른 반력 측정은 개개의 힘 센서(4)가 관성 모멘트 및 샤프트 어셈블리의 균형에 어떠한 영향을 미치지 않는다는 점에서 샤프트 어셈블리(5)에서 직접적인 힘 측정에 비해 장점이 있다.

[0071] 도 3에는 샤프트 어셈블리의 불균형 및/또는 오정렬을 감지할 수 있는 드라이브트레인 테스트 벤치의 제3 실시예가 도시되어 있다.

[0072] 설명을 단순화하기 위해서 드라이브트레인(3)은 단 하나의 샤프트 어셈블리(5) 및 경우에 따라 드라이브 머신(2)을 포함하고 있다. 도 1 및 2에 따른 실시예에서와 같이, 상기 드라이브트레인은 또한 추가 요소, 특히 변속기 또는 차동기, 차축부 등을 포함할 수 있다. 도 1 및 2에 따른 실시예와는 달리, 제3 실시예는 제1 힘 센서(4) 및 제2 힘 센서(11)를 포함하고, 이들의 측정 요소는 각각의 평면(E1 또는 E2)에서만 힘을 측정할 수 있다.

[0073] 도 3을 평면도로서 평가하면, 힘 센서(4, 11)에 의해 측정 평면(E1 또는 E2)에서 수평 방향으로 힘이 측정된다. 도 3을 측면도로서 평가하면, 힘 센서(4, 11)에 의해 수직 방향의 힘이 측정된다.

[0074] 아래에서 더 설명하고 있는 바와 같이, 이러한 배치는 증분 인코더(6)의 각도 측정과 조합하여 정적 및/또는 동적 불균형을 감지할 수 있는데, 이는 상기 불균형이 회전함하고 이에 따라 회전축에 대해 반경 방향으로 진행하는 공간 방향으로 주기적으로 측정될 수 있기 때문이다. 이에 반해, ZX 평면에서, 즉 2개의 힘 센서(4, 11)의 측정 방향에 대해 수직으로 힘/굽힘 모멘트(bending moment)가 발생하는 경우에는 오정렬을 감지할 수 없다.

[0075] 그러나 본 실시예에서, 각각의 힘 센서(4, 11)가 힘의 흐름에 대해 일렬로 연결된 2개의 요소를 포함하도록 제공될 수 있어 2개의 서로 다른 측정 방향, 특히 서로 직교하는 2개의 측정 방향이 가능하다. 특히 이들 측정 방향은 Y 및 X 방향으로 정렬될 수 있다. 힘 센서(4, 11)의 측정 요소에서 제3 압전 요소는 Z 방향으로 힘을 측정할 수도 있다.

[0076] 도 4는 드라이브트레인 테스트 벤치(1)의 상세도이다.

[0077] 여기서 압전력 센서(4)는 신호 라인에 의해 신호 처리부(7)에 연결되어 있다. 도 4에 도시되어 있는 바와 같이, 상기 개개의 압전 소자는 바람직하게는 개개의 신호 라인(15a, 15b, 15c)에 의해 신호 처리부(7)에 연결될 수 있다.

[0078] 또한 신호 처리부(7)는 바람직하게는 샤프트 어셈블리의 불균형을 감지하기 위한 수단(8)을 포함하고 있다. 불균형을 감지하기 위해 제2 압전력 센서(11)에 의한 제1 힘 측정의 측정값 추이 및/또는 제2 힘 측정의 측정값 추이를 이용하는 것이 바람직하다. 나아가 불균형 및/또는 오정렬을 감지하기 위해 증분 인코더(6)에 의해 측정된 샤프트 어셈블리(5)의 회전각의 측정값 추이를 이용하는 것이 바람직하다.

[0079] 보다 바람직하게는, 신호 처리부(7)는 샤프트 어셈블리의 오정렬을 감지하기 위한 수단(9)을 포함하고 있다. 이러한 오정렬은 특히 제1 압전력 센서(4)에 의한 제1 힘 측정의 측정값 추이를 토대로 감지될 수 있다. 기준 시스템에서 샤프트 어셈블리(5)의 회전수로 회전하는 불균형과는 달리, 오정렬로 인해 야기되는 힘 또는 토크는 공간적으로 고정된 기준 시스템에 대해 고정된 위치에 있게 된다.

[0080] 도 5는 도 1 내지 도 4의 드라이브트레인(1)의 상술한 실시예에서 수행될 수 있는 불균형 및/또는 오정렬을 감지하기 위한 방법의 일 실시예를 도시하고 있다. 동력 전달은 드라이브 머신(2)과 로드 머신(14a, 14b) 사이에서 이루어진다. 여기서 드라이브 머신(2)은 샤프트 어셈블리(5)를 통해 로드 머신(14a, 14b)를 구동하거나 그 반대도 마찬가지이다.

[0081] 이러한 동력 전달이 계속되는 동안, 제1 힘 측정은 제1 평면(E1)에서 또는 제1 평면(E1)에 수직으로 제1 힘 센서에 의해 수행된다(102-1). 힘 측정이 수행되는 방향은 측정할 힘과 모멘트에 따라 다르다. 그러나 힘 측정이 수행되거나 힘 측정과 관련이 있는 모든 평면이 회전축(D)에 수직일 필요는 없다. 이 경우, 회전축(D)에 평행하게 또는 회전축(D)에 직교하여 정렬되는 힘 측정의 일부만을 다양한 계산을 위해 고려한다.

[0082] 동적 불균형이 감지되면, 드라이브트레인 테스트 벤치(1)의 제3 실시예와 관련하여 예를 들어 도 3에 도시되어 있는 바와 같이 제1 평면(E1)과 다른 제2 평면(E2)에서 측정하는 것이 바람직하다(102-2).

[0083] 이후, 제1 힘 측정 및/또는 제2 힘 측정의 측정값 추이 및 바람직하게는 샤프트 어셈블리에 대한 회전각 측정 중 하나를 분석하여 정적 불균형 및/또는 동적 불균형을 감지할 수 있다(103a). 추가로 또는 선택적으로, 상기 측정값 추이를 분석하여 샤프트의 오정렬을 감지할 수 있다(103b).

[0084] 추가 처리 단계에서, 평형체를 바람직하게는 드라이브트레인(3), 특히 샤프트 어셈블리(5, 5a, 5b)에 직접 위치시켜 드라이브트레인(3)의 관성 주축이 회전축(D)과 정렬되도록 하고 회전축(D)에 대한 드라이브트레인(3)의 무

게중심의 위치를 이동시키고/또는 회전축(D)에 평행하게, 특히 동축으로 정렬되도록 한다.

[0085] 정적 불균형은 처리 단계(103a)에서 다음과 같이 감지될 수 있다:

[0086] 다음과 같은 방정식의 반경 방향 힘 성분 $F_r(t)$는 샤프트 어셈블리(5, 5a, 5b)의 베어링에서 또는 샤프트 어셈블리(5, 5a, 5b), 특히 구동부, 출구부 또는 중간 베어링에 가장 가까이에서 2차원 힘 측정에 의해 결정될 수 있다:

[0087] $$F_r(t) = \sqrt{F_x(t) + F_y(t)}$$

[0088] $F_r(t)$의 제1 고조파 성분까지 감소함으로써, 예를 들어 중심 주파수 $f_0 = f_{회전}$를 가진 전달 함수 H(s)와 함께 좁은 대역의 주파수 폭에 의해 상기 반경 방향 힘 성분이 다음과 같이 분리된다:

[0089] $$F_U(t) = H(s) \cdot F_r(t)$$

[0090] 회전하는 반경 방향 힘 성분은 회전 불균형 힘(F_u)에 해당하고 드라이브트레인(1)의 기계적 손상과 원하지 않는 위치 하중을 야기할 수 있는 진동의 조화 가진(harmonic excitation)에 대한 정보를 제공한다. 바람직하게는 충분히 많은 시간 단계(t_n)에 걸쳐 평균화하면 다음과 같이 불균형의 일정한 절대값이 얻어진다:

[0091] $$\overline{F_U} = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n} F_U(t_i)$$

[0092] 정적 불균형은 힘 측정의 평면(E1, E2) 내에 또는 가까이에 평형체를 위치시켜 보상될 수 있다. 평형체(m_a)는 불균형 힘(F_u), 평형체(m_a)가 배치될 반경 위치(r_A) 및 샤프트 어셈블리(5, 5a, 5b)의 각 진동 속도(ω_{mess})로부터 계산된다. 평형력(F_A)에 대해 다음과 같이 적용된다:

[0093] $$F_A = \overline{F_U} = m_A \cdot r_A \cdot \omega_{mess}^2$$

[0094] 평형체(m_a)를 배치함으로써 샤프트 어셈블리의 무게중심은 회전축과 일치하고 모든 반력의 합은 0이 된다.

[0095] 평형체(m_a) 배치에 대해 선택적으로 또는 추가로, 드라이브트레인(3) 또는 샤프트 어셈블리(5, 5a, 5b)에서 질량을 제거함으로써 불균형을 조정할 수도 있다.

[0096] 동적 불균형과 관련하여 상기 평형체는 정적 불균형을 결정하기 위한 방법에 따라 결정된다. 그러나 평형체는 적어도 2개의 서로 다른 평면에 위치되어야 한다. 이때 상기 평형체는 특히 평형 측정 평면(E1, E2)의 축방향 거리로부터 알 수 있다. 제1 힘 센서(4)가 평면(E1)에서의 힘과 평면(E1)에 수직인 힘을 동시에 감지할 수 있다면, 단일 측정 평면(E1)이라도 동적 불균형을 감지하기에 충분하다.

[0097] 불균형을 결정하기 위한 힘 성분($F_x(t)$ 및 $F_y(t)$)과 동적 불균형 및 오정렬을 결정하기 위한 힘 성분($F_z(t)$) 및 모멘트 성분($M_x(t)$, $M_y(t)$)은 공지된 방식으로 개별 측정 요소(4a, 4b, 4c) 또는 이들의 압전 요소를 의도한 대로 배치하여 얻을 수 있다.

[0098] 이들 파라미터를 결정하기 위한 다른 방법들, 예를 들어 개별 측정 요소(4a, 4b, 4c)의 측정 신호 또는 상기 측정 신호로부터 유도된, 즉 측정된 힘(F_1, ..., F_i)의 분해, 특히 직교 분해를 이용할 수도 있다.

[0099] 이때 결정할 파라미터(M_z, F_x, F_y)는 방정식계의 해로서, 각각의 측정 신호에 대해 다음과 같이 방정식이 적용된다:

[0100] $S1 = a_{11} \cdot M_z + a_{12} \cdot Fx + a_{13} \cdot Fy$

[0101] $S2 = a_{21} \cdot M_z + a_{22} \cdot Fx + a_{23} \cdot Fy$

[0102] $S3 = a_{31} \cdot M_z + a_{32} \cdot Fx + a_{33} \cdot Fy$

[0103] ⋮

[0104] $SN = a_{N1} \cdot M_z \ldots$

[0105] 여기서 S1, S2, ...Si, ..., SN은 개별 측정 요소(4a, 4b, 4c, ...2, N)의 측정 신호이다. 각각의 계수(a)는 측정 요소(4a, 4b, 4c, ...4i, 4N)의 위치 및 기준 시스템에서 우선 방향(preferential direction) 각각의 배향과 같은 다수의 인자, 측정 요소(4a, 4b, 4c,..., 4i, ..., N) 각각의 감도 및 체결 수단에 대한 힘 션트에 의해 일어날 수 있는 신호 손실에 따라 달라진다.

[0106] 토크(M_z), 제1 횡방향 힘 성분(F_x) 및 제2 횡방향 힘 성분(F_y)에 대한 이러한 방정식계를 풀기 위해서 우선 방향이 단일 평면에 있도록 구성되는 적어도 3개의 측정 요소(4a, 4b, 4c)의 측정 신호가 필요하다. 또한 우선 방향 중 적어도 2개는 평행 또는 역평행하지 않게 정렬되어야 한다.

[0107] N=3, 즉 3개의 측정 요소(4a, 4b, 4c)를 사용하는 일반적인 경우에, 위에서 설명한 방정식계의 해는 명확하다. 측정 시스템(1)에 측정 요소가 추가되면 결정할 3개의 파라미터(Mz, F_x, F_y)를 가진 방정식계가 과도하게 정의되지만 측정 정확도는 더욱 향상될 수 있다.

[0108] N=4인 경우 4개의 서로 다른 방정식계(F(S1, S2, S3), F(S1, S2, S4), F(S1, S3, S4), F(S2, S3, S4))가 설정된다. 다음, 결정할 개별 파라미터(Mz, F_x, F_y)에 대해 결정된 값이 추가되고 평균화될 수 있는바, 즉 4개의 측정 요소(4a, 4b, 4c, ..., 4i, ..., 4N)의 경우에 4로 나눌 수 있다. 유사한 방식으로, 과도하게 정의된 방정식계(F(S1, S2 ..., SN))가 설정될 수 있으며, 이는 최소화 문제(minimization problem)를 통해 해를 구한다.

[0109] 상기 방정식계에 대한 일반 해를 구하면, 결정할 파라미터(Mz, F_x, F_y)의 계산을 행렬 곱셈(matrix multiplication)으로 줄일 수 있다. 이는 3개의 행과 사용 가능한 측정 신호(S1, S2, S3, ... SN)만큼의 열을 가지고 있다. 행렬 요소 또는 계수는 결정할 파라미터(Mz, F_x, F_y)에 개별 센서의 각각의 기여도를 매핑한다.

[0110]
$$\begin{pmatrix} Fx \\ Fy \\ MB \end{pmatrix} = K \begin{pmatrix} c11 & c12 & c13 & \ldots c1N \\ c21 & c22 & c23 & \ldots c2N \\ c31 & c32 & c33 & \ldots c3N \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s1 \\ s2 \\ s3 \\ \ldots sN \end{pmatrix}$$

[0111] 측정 신호(S1, S2, ... Si, ..., SN)를 결정할 각각의 파라미터(Mz, F_x, F_y)에 기여하는 성분으로 분해하기 위해서 측정 요소(4a, 4b, 4c, ... , 4i, ...,4N)의 위치 및 우선 방향의 배향을 알 필요가 있다.

[0112] 상기 기하학적 파라미터는 드라이브트레인 테스트 벤치(1)의 구성도와 측정 요소(4a, 4b, 4c, ..., 2i, ..., 2N)의 우선 방향에 대한 지식으로부터 결정될 수 있다.

[0113] 그러나 측정 요소(4a, 4b, 4c, ..., 4i, ..., 4N)의 우선 방향의 배향은 교정 측정을 이용하여 우선 방향을 측정함으로써 결정될 수도 있다. 이를 위해, 힘 센서(4, 11)는 바람직하게는 2개의 평판 사이에 삽입 고정된다. 후속 단계에서는 기지의 방향으로 외부 횡방향 힘을 인가한다. 측정 요소(4a, 4b, 4c,..., 4i, ...,4N)의 우선 방향에 의해 한정된 평면에서 측정 요소(4a, 4b, 4c,..., 4i, ...,4N)의 우선 방향은 도입된 횡방향 힘의 크기와 방향 대비 개별 측정 신호(S1, S2, ... Si, ..., SN)의 크기로부터 결정될 수 있다.

[0114] 유사한 방식으로, 개별 측정 요소(4a, 4b, 4c, ..., 4i, ..., 4N)의 우선 방향을 알고 있을 때 정의된 토크(M_z)를 인가하고 개별 측정 신호(S1, S2, ... Si, ..., SN)를 측정함으로써 회전축(D)으로부터 측정 요소(4a, 4b, 4c, ..., 4i, ..., 4N)까지의 거리를 결정한다.

[0115] 상술한 실시예들은 보호 범위와 용도 및 구성을 어떤 식으로든 한정하고자 하는 것이 아니라 단지 예시하는 것일 뿐이다. 오히려, 상술한 설명에 의해 적어도 하나의 실시예의 실시에 대한 실마리를 당업자에게 제공하되 이들 및 이들과 동등한 특징부의 조합들을 청구범위로부터 알 수 있는 바와 같이 보호 범위를 벗어나지 않는 한 특히 기재된 구성부의 기능 및 배치를 고려하여 다양한 변경이 이루어질 수 있다. 특히 개개의 실시예들은 서로 조합될 수 있다.

부호의 설명

[0116] 1 드라이브트레인 테스트 벤치

2 드라이브 머신

3 드라이브트레인

4 제1 압전력 센서

4a, 4b, 4c 압전 측정 요소

5, 5a, 5b 샤프트 어셈블리

6 증분 인코더

7 신호 처리부

8 불균형 감지 수단

9 오정렬 감지 수단

10 지지 장치

11 제2 압전력 센서

12 측정 플랜지

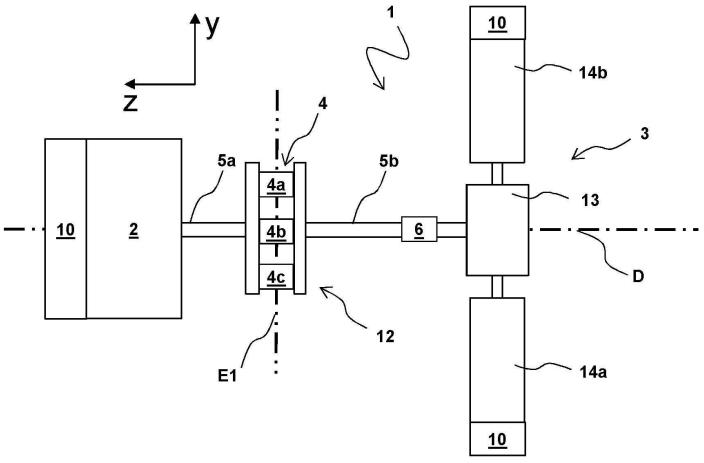
13 차동기/변속기

14a, 14b 로드 머신

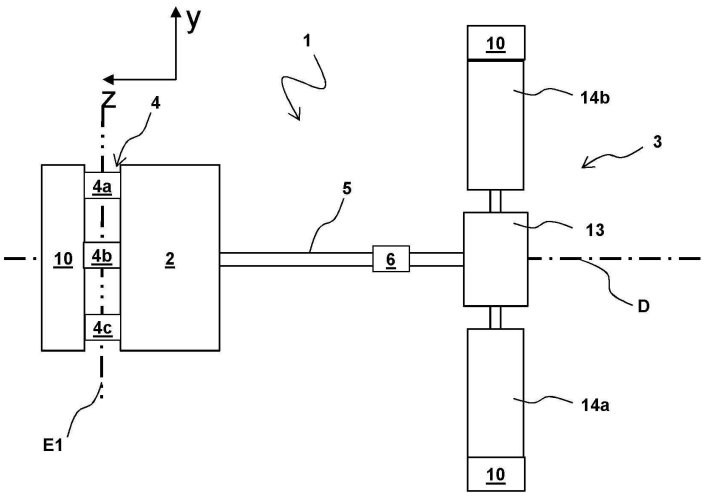
15a, 15b, 15c 신호 라인

도면

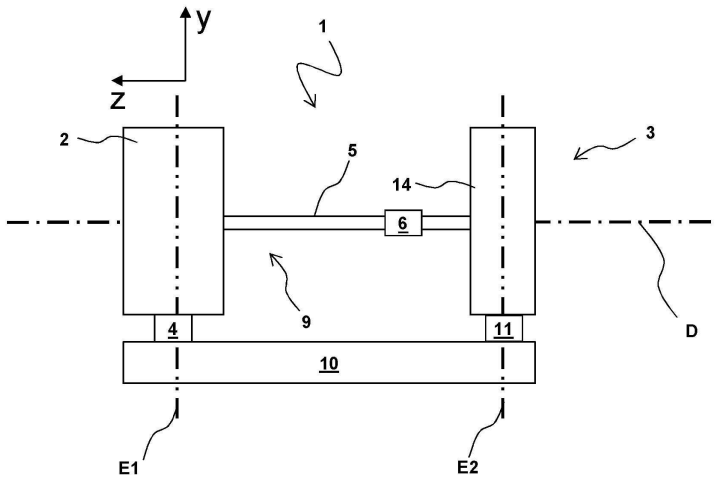
도면1



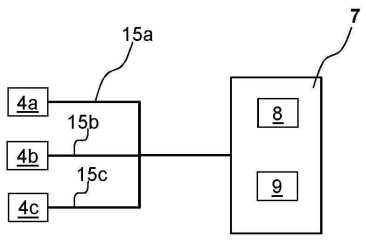
도면2


y
z
1
4
10
14b
3
4a
5
13
10
4b
2
6
D
4c
14a
E1
10

도면3


y
z
1
2
5
14
3
6
9
D
4
11
10
E1
E2

도면4


15a
7
4a
15b
8
4b
15c
9
4c

도면5

