



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년08월04일
(11) 등록번호 10-0973772
(24) 등록일자 2010년07월28일

(51) Int. Cl.

G01F 1/84 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-7009504

(22) 출원일자(국제출원일자) 2004년09월27일

심사청구일자 2008년02월28일

(85) 번역문제출일자 2007년04월26일

(65) 공개번호 10-2007-0049253

(43) 공개일자 2007년05월10일

(86) 국제출원번호 PCT/US2004/031549

(87) 국제공개번호 WO 2006/036139

국제공개일자 2006년04월06일

(56) 선행기술조사문헌

US6427127 A

(73) 특허권자

마이크로 모우션, 인코포레이티드

미국 콜로라도 80301 보울더 원체스터 서클 7070

(72) 발명자

샤프, 토마스, 딘

미국 45174 오하이오 테라스 파크 스텐튼 파크 209

노멘, 데이비드, 프레데릭

미국 80027 콜로라도 루이스빌 타일러 애브뉴 1818

셸리, 스튜어트, 제이.

미국 45227 오하이오 신시내티 센터 스트리트 3716

(74) 대리인

남상선

전체 청구항 수 : 총 10 항

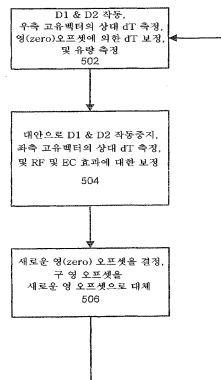
심사관 : 김대환

(54) 코리올리 유량계의 좌우 고유벡터의 인-플로우 결정

(57) 요약

진동하는 도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상의 주기적 계산을 가능하게 하는 방법 및 장치가 개시된다. 정상적으로 작동하는 동안, 도관의 주요 굽힘 모드를 가진시키기 위해 2개의 구동기를 직렬로 사용한다(202). 주기적으로, 이들 2개의 구동기의 제1 구동기(204), 그리고 나서 제2 구동기가 사용불가능하며(206), 진동하는 도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상의 결정(208)을 가능하게 하는 측정을 허용한다.

대표도 - 도5



특허청구의 범위

청구항 1

도관의 진동 모드를 가진시키는 동안 상기 도관을 통해 물질을 유동시키는 단계;
상기 진동하는 도관의 운동을 측정하는 단계; 그리고
상기 도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 주기적으로 결정하는 단계(208)를 포함하는,
도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 도관에 대한 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 단계(302); 그리고
상기 좌측 고유벡터의 상대 위상 및 상기 우측 고유벡터의 상대 위상을 사용하여 상기 도관을 통한 상기 물질의 실제 유동을 결정하는 단계를 더 포함하는,
도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 방법.

청구항 3

청구항 3은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.
제 2 항에 있어서,
상기 우측 고유벡터의 상대 위상을 사용하여 상기 도관을 통한 상기 물질의 보정되지 않은 유동을 결정하는 단계; 그리고
상기 실제 유동과 상기 보정되지 않은 유동을 비교함으로써 상기 도관을 통한 상기 물질의 유동에 대한 영 오프셋을 결정하는 단계(506)를 더 포함하는,
도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 방법.

청구항 4

청구항 4은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.
제 3 항에 있어서,
상기 영 오프셋에 의해 보정되는 상기 우측 고유벡터의 상대 위상을 사용하여 상기 도관을 통한 물질 유동을 결정하는 단계(502)를 더 포함하는,
도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 단계; 그리고
상기 좌측 고유벡터의 상대 위상과 상기 우측 고유벡터의 상대 위상을 평균냄으로써 상기 도관을 통한 상기 물질의 유동에 대한 영 오프셋을 결정하는 단계를 더 포함하는,
도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,
상기 영 오프셋에 의해 보정되는 상기 우측 고유벡터의 상대 위상을 사용하여 상기 도관을 통한 물질 유동을 결정하는 단계를 더 포함하는,

도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 방법.

청구항 7

청구항 7은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제 1 항에 있어서,

상기 좌측 고유벡터의 상대 위상이 잔류 유연성 응답 및 전자기적 크로스토크에 대해 보정되는,

도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 방법.

청구항 8

청구항 8은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제 7 항에 있어서,

제1 구동기, 및 상기 제1 구동기와 이격되어 배치되는 제2 구동기 모두를 사용하여 상기 도관의 진동 모드를 가진시키는 동안 상기 진동하는 도관 상의 이격되어 배치되는 2개의 위치 사이의 제1 상대 위상을 측정하는 단계(304);

상기 제2 구동기만을 사용하여 상기 도관의 진동 모드를 가진시키는 동안 상기 진동하는 도관 상의 이격되어 배치되는 2개의 위치 사이의 제2 상대 위상을 측정하는 단계(304);

상기 제1 상대 위상에서 상기 제2 상대 위상을 차감함으로써 상기 제1 구동기와 연관된 잔류 유연성 응답 및 전자기적 크로스토크를 계산하는 단계(308);

상기 제1 구동기만을 사용하여 상기 도관의 상기 진동 모드를 가진시키는 동안 상기 진동하는 도관 상의 이격되어 배치되는 2개의 위치 사이의 제3 상대 위상을 측정하는 단계(306); 그리고

상기 제1 상대 위상에서 상기 제3 상대 위상을 차감함으로써 상기 제2 구동기와 연관된 잔류 유연성 응답 및 전자기적 크로스토크를 계산하는 단계를 더 포함하는,

도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 방법.

청구항 9

이격되어 배치되는 구성의 2개 이상의 구동기를 사용하여 도관의 진동 모드를 가진시키는 동안 상기 도관을 통해 물질을 유동시키는 단계;

상기 진동하는 도관의 운동을 측정하는 단계;

상기 구동기들 중 제1 구동기만을 사용하여 상기 도관의 진동 모드를 구동시키는 동안 상기 도관 상의 제1 위치와 상기 제1 구동기 사이의 제1 위치 관계를 결정하는 단계(204);

상기 구동기들 중 제2 구동기만을 사용하여 상기 도관의 진동 모드를 구동시키는 동안 상기 도관 상의 제1 위치와 상기 제2 구동기 사이의 제2 위치 관계를 결정하는 단계(206); 그리고

상기 제1 위치 관계 및 상기 제2 위치 관계를 사용하여 좌측 고유벡터를 결정하는 단계(208)를 포함하는,

도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 방법.

청구항 10

청구항 10은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제 9 항에 있어서,

상기 도관의 이동이 상기 제1 구동기와 공통-위치되는 제1 센서와 상기 제2 구동기와 공통-위치되는 제2 센서에 의해 측정되는,

도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 방법.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 제1 및 제2 구동기 모두를 사용하여 상기 도관의 진동 모드를 가진시키는 동안 상기 도관에 대한 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 단계; 그리고

상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상에서 상기 좌측 고유벡터의 상기 상대 위상을 차감함으로써 상기 도관을 통한 상기 물질의 실제 유동을 결정하는 단계를 더 포함하는,

도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 방법.

청구항 12

청구항 12은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제 11 항에 있어서,

상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상을 사용하여 상기 도관을 통한 상기 물질의 보정되지 않은 유동을 결정하는 단계;

상기 실제 유동과 상기 보정되지 않은 유동을 비교함으로써 상기 도관을 통한 상기 물질의 유동에 대한 영 오프셋을 결정하는 단계; 그리고

상기 영 오프셋에 의해 보정되는 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상을 사용하여 상기 도관을 통한 물질 유동을 결정하는 단계를 더 포함하는,

도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 방법.

청구항 13

청구항 13은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제 9 항에 있어서,

상기 제1 및 제2 구동기 모두를 사용하여 상기 도관의 상기 진동 모드를 가진시키는 동안 상기 도관에 대한 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 단계;

상기 좌측 고유벡터의 상대 위상과 상기 우측 고유벡터의 상대 위상을 평균냄으로써 상기 도관을 통한 상기 물질의 유동에 대한 영 오프셋을 결정하는 단계; 그리고

상기 영 오프셋에 의해 보정되는 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상을 사용하여 상기 도관을 통한 물질 유동을 결정하는 단계를 더 포함하는,

도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 방법.

청구항 14

청구항 14은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제 9 항에 있어서,

상기 2개 이상의 구동기를 사용하여 상기 진동 모드를 구동시킬 때 상기 제1 위치와 제2 위치 사이의 제1 델타 시간을 측정하는 단계(302);

상기 구동기들 중 상기 제1 구동기를 제외한 모두를 사용하여 상기 진동 모드를 구동시킬 때 상기 제1 위치와 상기 제2 위치 사이의 제2 델타 시간을 측정하는 단계(304);

상기 구동기들 중 상기 제2 구동기를 제외한 모두를 사용하여 상기 진동 모드를 구동시킬 때 상기 제1 위치와 상기 제2 위치 사이의 제3 델타 시간을 측정하는 단계(306);

상기 제1 델타 시간 및 상기 제2 델타 시간을 사용하여 제1 보정값을 계산하는 단계(308);

상기 제1 델타 시간 및 상기 제3 델타 시간을 사용하여 제2 보정값을 계산하는 단계(308);

상기 좌측 고유벡터를 계산하기 전에, 상기 제1 보정값을 사용하여 상기 제1 위치 관계를 조절하는 단계; 그리고

상기 좌측 고유벡터를 계산하기 전에, 상기 제2 보정값을 사용하여 상기 제2 위치 관계를 조절하는 단계를 더 포함하는,

도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 방법.

청구항 15

도관의 진동 모드를 가진시키는 동안 상기 도관을 통해 물질을 유동시키는 단계;

상기 진동하는 도관의 운동을 측정하는 단계;

상기 도관의 상기 진동 모드를 가진시키는 동안 우측 고유벡터의 상대 위상을 측정하는 단계;

영 오프셋에 의해 보정되는 우측 고유벡터의 상대 위상을 사용하여 상기 도관을 통한 상기 물질 유동을 측정하는 단계(502);

상기 도관을 통한 상기 물질 유동을 중단시키지 않고 새로운 영 오프셋을 결정하는 단계; 그리고

상기 새로운 영 오프셋에 의해 보정되는 우측 고유벡터의 상대 위상을 사용하여 상기 도관을 통한 상기 물질 유동을 결정하는 단계를 포함하는,

도관을 통한 물질 유동을 결정하는 방법.

청구항 16

청구항 16은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제 15 항에 있어서,

상기 새로운 영 오프셋이 상기 도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 사용하여 결정되는,

도관을 통한 물질 유동을 결정하는 방법.

청구항 17

청구항 17은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제 15 항에 있어서,

상기 새로운 영 오프셋이 주기적으로 결정되는,

도관을 통한 물질 유동을 결정하는 방법.

청구항 18

청구항 18은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제 17 항에 있어서,

상기 주기성이 상기 유동을 측정할 때 필요한 정확도의 함수인,

도관을 통한 물질 유동을 결정하는 방법.

청구항 19

청구항 19은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제 15 항에 있어서,

상기 새로운 영 오프셋이 측정된 환경 매개변수의 변화가 발생할 때 결정되는,

도관을 통한 물질 유동을 결정하는 방법.

청구항 20

통과하여 유동하는 물질을 포함하도록 구성되는 도관(102);

상기 도관의 복수의 진동 모드를 가진시키도록 구성된 2개 이상의 구동기(D1, D2);

상기 진동하는 도관의 운동을 측정하도록 구성되는 감지 장치;

상기 진동하는 도관의 상기 운동을 사용하여 상기 도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 주기적으로 결정하도록 구성되는 상대 위상 결정 장치를 포함하며, 그리고

상기 상대 위상 결정 장치가 상기 진동하는 도관의 상기 운동을 사용하여 상기 도관에 대한 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하도록 구성되는,

도관에 대한 좌측 고유벡터 및 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 장치.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 도관을 통한 상기 물질의 실제 유동이 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상에 대한 상기 좌측 고유벡터의 상기 상대 위상의 차를 사용함으로써 결정되는,

도관에 대한 좌측 고유벡터 및 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 장치.

청구항 22

청구항 22은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제 20 항에 있어서,

상기 도관을 통한 상기 물질의 유동이 영 오프셋에 의해 보정되는 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상을 사용하여 결정되는,

도관에 대한 좌측 고유벡터 및 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 장치.

청구항 23

청구항 23은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제 22 항에 있어서,

상기 좌측 고유벡터의 상기 상대 위상과 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상을 평균냄으로써 상기 도관을 통한 상기 물질의 상기 유동에 대한 상기 영 오프셋이 결정되는,

도관에 대한 좌측 고유벡터 및 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 장치.

청구항 24

청구항 24은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제 22 항에 있어서,

상기 도관을 통한 상기 물질의 실제 유동이 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상에서 상기 좌측 고유벡터의 상기 상대 위상을 차감함으로써 결정되며, 그리고

상기 도관을 통한 상기 물질의 상기 유동에 대한 상기 영 오프셋이 상기 실제 유동과 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상을 사용하여 결정된 유동을 비교함으로써 결정되는,

도관에 대한 좌측 고유벡터 및 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 장치.

청구항 25

청구항 25은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제 20 항에 있어서,

상기 좌측 고유벡터의 상기 상대 위상이 잔류 유연성 응답 및 전자기적 크로스토크에 대해 보정되는,

도관에 대한 좌측 고유벡터 및 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 장치.

청구항 26

청구항 26은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제 25 항에 있어서,

상기 진동하는 도판 상의 제1 위치와 상기 진동하는 도판 상의 제2 위치 사이의 제1 상대 위상이 상기 2개 이상의 구동기를 사용하여 상기 도판의 상기 진동 모드를 가진시키는 동안 결정되며,

상기 진동하는 도판 상의 상기 제1 위치와 상기 진동하는 도판 상의 상기 제2 위치 사이의 제2 상대 위상이 상기 2개 이상의 구동기 중 제1 구동기를 제외한 모두를 사용하여 상기 도판의 상기 진동 모드를 가진시키는 동안 결정되고,

상기 진동하는 도판 상의 상기 제1 위치와 상기 진동하는 도판 상의 상기 제2 위치 사이의 제3 상대 위상이 상기 2개 이상의 구동기 중 제2 구동기를 제외한 모두를 사용하여 상기 도판의 상기 진동 모드를 가진시키는 동안 결정되며,

상기 2개 이상의 구동기의 상기 제1 구동기에 대한 잔류 유연성 응답 및 전자기적 크로스토크가 상기 제1 상대 위상에서 상기 제2 상대 위상을 차감함으로써 결정되고, 그리고

상기 2개 이상의 구동기의 상기 제2 구동기에 대한 잔류 유연성 응답 및 전자기적 크로스토크가 상기 제1 상대 위상에서 상기 제3 상대 위상을 차감함으로써 결정되는,

도판에 대한 좌측 고유벡터 및 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 장치.

청구항 27

청구항 27은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제 20 항에 있어서,

상기 감지 장치가 이격되어 배치되는 관계의 2개 이상의 센서를 포함하는,

도판에 대한 좌측 고유벡터 및 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 장치.

청구항 28

청구항 28은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제 20 항에 있어서,

상기 상대 위상 결정 장치가 상기 좌측 및 우측 고유벡터의 상기 상대 위상의 결정을 유발시키는 프로세서 작동 코드인,

도판에 대한 좌측 고유벡터 및 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 장치.

청구항 29

청구항 29은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제 20 항에 있어서,

상기 상대 위상 결정 장치가 상기 좌측 및 우측 고유벡터의 상기 상대 위상의 결정을 유발시키는 회로인,

도판에 대한 좌측 고유벡터 및 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 장치.

청구항 30

통과하여 유동하는 물질을 포함하도록 구성되는 도판(102);

상기 도판의 진동 모드를 가진시키는 가진 수단;

상기 진동하는 도판의 운동을 감지하는 감지 수단;

상기 도판에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 주기적으로 결정하는 상대 위상 결정 수단;

상기 도관에 대한 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 상대 위상 결정 수단;

상기 좌측 고유벡터의 상기 상대 위상과 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상을 평균냄으로써 상기 도관을 통해 유동하는 상기 물질에 대한 영 오프셋을 결정하기 위한 영 오프셋 결정 수단; 그리고

상기 영 오프셋에 의해 보정되는 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상을 사용함으로써 실제 물질 유동을 결정하기 위한 실제 물질 유동 결정 수단을 포함하는,

물질의 유동을 결정하는 장치.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 유량계 특히 코리올리 유량계 분야에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 유체-전달관(들)을 사인 운동으로 진동시키고 유체 전달관 상의 2 이상의 위치에서의 진동 응답 사이의 시간 딜레이(또는 위상각)를 측정함으로써 코리올리 유량계에서 질량 유량이 측정된다. 실제 상황에 대해, 시간 딜레이가 질량 유량을 선형으로 변화시키지만, 이 시간 딜레이는 일반적으로 영(zero) 질량 유량에서 영이 아니다. 비례하지 않는 감쇠, 잔류 유연성 응답, 전자기적 크로스토크, 또는 기구 전자 부품 내의 위상 딜레이와 같은 다수의 인자에 의해 발생하는 영-유동 딜레이 또는 오프셋이 대개 존재한다.

[0003] 이러한 영-유동 오프셋은 통상적으로, 영-유동 상태에서 영-유동 오프셋을 측정하고 유동 동안 실시되는 후속의 측정들로부터 측정된 오프셋을 차감함으로써 보정된다. 이것은 영-유동 오프셋이 일정하게 유지된다면 영-유동 오프셋 문제에 대해 보정하기에 충분하다. 불행하게도, 영-유동 오프셋은 대기 환경(예컨대, 온도)의 작은 변화, 또는 물질이 통해서 유동하는 배관 시스템의 변화에 의해 영향을 받을 수 있다. 정상적인 작동 동안, 유동이 없는 상태 사이의 시간의 긴 주기가 존재할 수도 있다. 코리올리 유량계는 이들 유동이 없는 상태 동안만 유량계를 제로화함으로써 교정될 수 있다. 시간에 대한 영-오프셋의 변화는 측정된 유동에 심각한 오류를 야기시킬 수 있다.

[0004] 따라서, 유동이 있는 동안 영-유동 오프셋을 교정하기 위한 시스템 및 방법에 대한 필요성이 제기된다.

발명의 상세한 설명

[0005] 진동하는 도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상의 주기적 계산을 가능하게 하는 방법 및 장치가 개시된다. 정상적으로 작동하는 동안, 도관의 주요 굽힘 모드를 가진시키기 위해 2개의 구동기를 직렬로 사용한다. 주기적으로, 이들 2개의 구동기의 제1 구동기, 그리고 나서 제2 구동기가 사용불가능하며, 진동하는 도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상의 결정을 가능하게 하는 측정을 허용한다.

[0006] 실시 양태

[0007] 본 발명의 하나의 양태는:

[0008] 도관의 진동 모드를 가진시키는 동안 상기 도관을 통해 물질을 유동시키는 단계;

[0009] 상기 진동하는 도관의 상대 운동을 측정하는 단계;

[0010] 상기 도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 주기적으로 결정하는 단계를 포함하는 방법을 포함한다.

[0011] 바람직하게, 상기 방법은:

[0012] 상기 도관에 대한 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 단계;

[0013] 상기 좌측 고유벡터의 상대 위상 및 상기 우측 고유벡터의 상대 위상을 사용하여 상기 도관을 통한 상기 물질의 실제 유동을 결정하는 단계를 더 포함한다.

[0014] 바람직하게, 상기 방법은:

[0015] 상기 우측 고유벡터의 상대 위상을 사용하여 상기 도관을 통한 상기 물질의 보정되지 않은 유동을 결정하는 단계;

- [0016] 상기 실제 유동과 상기 보정되지 않은 유동을 비교함으로써 상기 도관을 통한 상기 물질의 유동에 대한 영 오프셋을 결정하는 단계를 더 포함한다.
- [0017] 바람직하게, 상기 방법은:
- [0018] 상기 영 오프셋에 의해 보정되는 상기 우측 고유벡터의 상대 위상을 사용하여 상기 도관을 통한 물질 유동을 결정하는 단계를 더 포함한다.
- [0019] 바람직하게, 상기 방법은:
- [0020] 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 단계;
- [0021] 상기 좌측 고유벡터의 상대 위상과 상기 우측 고유벡터의 상대 위상을 평균냄으로써 상기 도관을 통한 상기 물질의 유동에 대한 영 오프셋을 결정하는 단계를 더 포함한다.
- [0022] 바람직하게, 상기 방법은:
- [0023] 상기 영 오프셋에 의해 보정되는 상기 우측 고유벡터의 상대 위상을 사용하여 상기 도관을 통한 물질 유동을 결정하는 단계를 더 포함한다.
- [0024] 바람직하게, 상기 방법에서:
- [0025] 상기 좌측 고유벡터의 상대 위상이 잔류 유연성 응답 및 전자기적 크로스토크에 대해 보정된다.
- [0026] 바람직하게, 상기 방법은:
- [0027] 제1 구동기, 및 상기 제1 구동기와 이격되어 배치되는 제2 구동기 모두를 사용하여 상기 도관의 진동 모드를 가진시키는 동안 상기 진동하는 도관 상의 이격되어 배치되는 2개의 위치 사이의 제1 상대 위상을 측정하는 단계;
- [0028] 상기 제2 구동기만을 사용하여 상기 도관의 진동 모드를 가진시키는 동안 상기 진동하는 도관 상의 이격되어 배치되는 2개의 위치 사이의 제2 상대 위상을 측정하는 단계;
- [0029] 상기 제1 상대 위상에서 상기 제2 상대 위상을 차감함으로써 상기 제1 구동기와 연관된 잔류 유연성 응답 및 전자기적 크로스토크를 계산하는 단계;
- [0030] 상기 제2 구동기만을 사용하여 상기 도관의 상기 진동 모드를 가진시키는 동안 상기 진동하는 도관 상의 이격되어 배치되는 2개의 위치 사이의 제3 상대 위상을 측정하는 단계;
- [0031] 상기 제1 상대 위상에서 상기 제3 상대 위상을 차감함으로써 상기 제2 구동기와 연관된 잔류 유연성 응답 및 전자기적 크로스토크를 계산하는 단계를 더 포함한다.
- [0032] 본 발명의 다른 양상은:
- [0033] 이격되어 배치되는 구성의 2개 이상의 구동기를 사용하여 도관의 진동 모드를 가진시키는 동안 상기 도관을 통해 물질을 유동시키는 단계;
- [0034] 상기 진동하는 도관의 운동을 측정하는 단계;
- [0035] 상기 구동기들 중 제1 구동기만을 사용하여 상기 도관의 진동 모드를 구동시키는 동안 상기 도관 상의 제1 위치와 상기 제1 구동기 사이의 제1 위치 관계를 결정하는 단계;
- [0036] 상기 구동기들 중 제2 구동기만을 사용하여 상기 도관의 진동 모드를 구동시키는 동안 상기 상기 도관 상의 제1 위치와 상기 제2 구동기 사이의 제2 위치 관계를 결정하는 단계;
- [0037] 상기 제1 위치 관계 및 상기 제2 위치 관계를 사용하여 좌측 고유벡터를 결정하는 단계를 포함한다.
- [0038] 바람직하게, 상기 방법에서:
- [0039] 상기 도관의 이동이 상기 제1 구동기와 공통-위치되는 제1 센서와 상기 제2 구동기와 공통-위치되는 제2 센서에 의해 측정된다.
- [0040] 바람직하게, 상기 방법은:
- [0041] 상기 제1 및 제2 구동기 모두를 사용하여 상기 도관의 진동 모드를 가진시키는 동안 상기 도관에 대한 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 단계;

- [0042] 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상에서 상기 좌측 고유벡터의 상기 상대 위상을 차감함으로써 상기 도관을 통한 상기 물질의 실제 유동을 결정하는 단계를 더 포함한다.
- [0043] 바람직하게, 상기 방법은:
- [0044] 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상을 사용하여 상기 도관을 통한 상기 물질의 보정되지 않은 유동을 결정하는 단계;
- [0045] 상기 실제 유동과 상기 보정되지 않은 유동을 비교함으로써 상기 도관을 통한 상기 물질의 유동에 대한 영 오프셋을 결정하는 단계;
- [0046] 상기 영 오프셋에 의해 보정되는 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상을 사용하여 상기 도관을 통한 물질 유동을 결정하는 단계를 더 포함한다.
- [0047] 바람직하게, 상기 방법은:
- [0048] 상기 제1 및 제2 구동기 모두를 사용하여 상기 도관의 상기 진동 모드를 가진시키는 동안 상기 도관에 대한 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 단계;
- [0049] 상기 좌측 고유벡터의 상대 위상과 상기 우측 고유벡터의 상대 위상을 평균냄으로써 상기 도관을 통한 상기 물질의 유동에 대한 영 오프셋을 결정하는 단계;
- [0050] 상기 영 오프셋에 의해 보정되는 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상을 사용하여 상기 도관을 통한 물질 유동을 결정하는 단계를 더 포함한다.
- [0051] 바람직하게, 상기 방법은:
- [0052] 상기 2개 이상의 구동기를 사용하여 상기 진동 모드를 구동시킬 때 상기 제1 위치와 제2 위치 사이의 제1 델타 시간을 측정하는 단계;
- [0053] 상기 구동기들 중 상기 제1 구동기를 제외한 모두를 사용하여 상기 진동 모드를 구동시킬 때 상기 제1 위치와 상기 제2 위치 사이의 제2 델타 시간을 측정하는 단계;
- [0054] 상기 구동기들 중 상기 제2 구동기를 제외한 모두를 사용하여 상기 진동 모드를 구동시킬 때 상기 제1 위치와 상기 제2 위치 사이의 제3 델타 시간을 측정하는 단계;
- [0055] 상기 제1 델타 시간 및 상기 제2 델타 시간을 사용하여 제1 보정값을 계산하는 단계;
- [0056] 상기 제1 델타 시간 및 상기 제3 델타 시간을 사용하여 제2 보정값을 계산하는 단계;
- [0057] 상기 좌측 고유벡터를 계산하기 전에, 상기 제1 보정값을 사용하여 상기 제1 위치 관계를 조절하는 단계; 및
- [0058] 상기 좌측 고유벡터를 계산하기 전에, 상기 제2 보정값을 사용하여 상기 제2 위치 관계를 조절하는 단계를 더 포함한다.
- [0059] 바람직하게, 상기 방법은:
- [0060] 도관의 진동 모드를 가진시키는 동안 상기 도관을 통해 물질을 유동시키는 단계;
- [0061] 상기 진동하는 도관의 상기 상대 위상을 측정하는 단계;
- [0062] 상기 도관의 상기 진동 모드를 가진시키는 동안 우측 고유벡터의 상대 위상을 측정하는 단계;
- [0063] 영 오프셋에 의해 보정되는 우측 고유벡터의 상대 위상을 사용하여 상기 도관을 통한 상기 물질 유동을 측정하는 단계;
- [0064] 상기 도관을 통한 상기 물질 유동을 중단시키지 않고 새로운 영 오프셋을 결정하는 단계;
- [0065] 상기 새로운 영 오프셋에 의해 보정되는 우측 고유벡터의 상대 위상을 사용하여 상기 도관을 통한 상기 물질 유동을 결정하는 단계를 포함한다.
- [0066] 바람직하게, 상기 방법에서:
- [0067] 상기 새로운 영 오프셋이 상기 도관에 대한 상기 좌측 고유벡터의 상대 위상을 사용하여 결정된다.

- [0068] 바람직하게, 상기 방법에서:
- [0069] 상기 새로운 영 오프셋이 주기적으로 결정된다.
- [0070] 바람직하게, 상기 방법에서:
- [0071] 상기 주기성이 상기 유동을 측정할 때 필요한 정확도의 함수이다.
- [0072] 바람직하게, 상기 방법에서:
- [0073] 상기 새로운 영 오프셋이 측정된 환경 매개변수의 변화가 발생할 때 결정된다.
- [0074] 본 발명의 다른 양태에 따른 장치는:
- [0075] 통과하여 유동하는 물질을 포함하도록 구성되는 도관;
- [0076] 상기 도관의 복수의 진동 모드를 가진시키도록 구성된 2개 이상의 구동기;
- [0077] 상기 진동하는 도관의 상대 이동을 측정하도록 구성되는 감지 장치;
- [0078] 상기 진동하는 도관의 상기 상대 이동을 사용하여 상기 도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 주기적으로 결정하도록 구성되는 상대 위상 결정 장치를 포함하며,
- [0079] 상기 상대 위상 결정 장치가 상기 진동하는 도관의 상기 상대 이동을 사용하여 상기 도관에 대한 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하도록 구성된다.
- [0080] 바람직하게, 상기 장치에서:
- [0081] 상기 도관을 통한 상기 물질의 실제 유동이 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상에 대한 상기 좌측 고유벡터의 상기 상대 위상의 차를 사용함으로써 결정된다.
- [0082] 바람직하게, 상기 장치에서:
- [0083] 상기 도관을 통한 상기 물질의 유동이 영 오프셋에 의해 보정되는 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상을 사용하여 결정된다.
- [0084] 바람직하게, 상기 장치에서:
- [0085] 상기 좌측 고유벡터의 상기 상대 위상과 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상을 평균냄으로써 상기 도관을 통한 상기 물질의 상기 유동에 대한 상기 영 오프셋이 결정된다.
- [0086] 바람직하게, 상기 장치에서:
- [0087] 상기 도관을 통한 상기 물질의 실제 유동이 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상에서 상기 좌측 고유벡터의 상기 상대 위상을 차감함으로써 결정되며,
- [0088] 상기 도관을 통한 상기 물질의 상기 유동에 대한 상기 영 오프셋이 상기 실제 유동과 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상을 사용하여 결정된 유동을 비교함으로써 결정된다.
- [0089] 바람직하게, 상기 장치에서:
- [0090] 상기 좌측 고유벡터의 상기 상대 위상이 잔류 유연성 응답 및 전자기적 크로스토크에 대해 보정된다.
- [0091] 바람직하게, 상기 장치에서:
- [0092] 상기 진동하는 도관 상의 제1 위치와 상기 진동하는 도관 상의 제2 위치 사이의 제1 상대 위상이 상기 2개 이상의 구동기를 사용하여 상기 도관의 상기 진동 모드를 가진시키는 동안 결정되며,
- [0093] 상기 진동하는 도관 상의 상기 제1 위치와 상기 진동하는 도관 상의 상기 제2 위치 사이의 제2 상대 위상이 상기 2개 이상의 구동기 중 제1 구동기를 제외한 모두를 사용하여 상기 도관의 상기 진동 모드를 가진시키는 동안 결정되고,
- [0094] 상기 진동하는 도관 상의 상기 제1 위치와 상기 진동하는 도관 상의 상기 제2 위치 사이의 제3 상대 위상이 상기 2개 이상의 구동기 중 제2 구동기를 제외한 모두를 사용하여 상기 도관의 상기 진동 모드를 가진시키는 동안 결정되며,

- [0095] 상기 2개 이상의 구동기의 상기 제1 구동기에 대한 잔류 유연성 응답 및 전자기적 크로스토크가 상기 제1 상대 위상에서 상기 제2 상대 위상을 차감함으로써 결정되고,
- [0096] 상기 2개 이상의 구동기의 상기 제2 구동기에 대한 잔류 유연성 응답 및 전자기적 크로스토크가 상기 제1 상대 위상에서 상기 제3 상대 위상을 차감함으로써 결정된다.
- [0097] 바람직하게, 상기 장치에서:
- [0098] 상기 감지 장치가 이격되어 배치되는 관계의 2개 이상의 센서를 포함한다.
- [0099] 바람직하게, 상기 장치에서:
- [0100] 상기 상대 위상 결정 장치가 상기 좌측 및 우측 고유벡터의 상기 상대 위상의 결정을 유발시키는 프로세서 작동 코드이다.
- [0101] 바람직하게, 상기 장치에서:
- [0102] 상기 상대 위상 결정 장치가 상기 좌측 및 우측 고유벡터의 상기 상대 위상의 결정을 유발시키는 회로이다.
- [0103] 본 발명의 또 다른 양상에 따른 장치는:
- [0104] 통과하여 유동하는 물질을 포함하도록 구성되는 도관;
- [0105] 상기 도관의 진동 모드를 가진시키는 가진 수단;
- [0106] 상기 진동하는 도관의 상대 운동을 감지하는 감지 수단;
- [0107] 상기 도관에 대한 좌측 고유벡터의 상대 위상을 주기적으로 결정하는 상대 위상 결정 수단;
- [0108] 상기 도관에 대한 우측 고유벡터의 상대 위상을 결정하는 상대 위상 결정 수단;
- [0109] 상기 좌측 고유벡터의 상기 상대 위상과 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상을 평균냄으로써 상기 도관을 통해 유동하는 상기 물질에 대한 영 오프셋을 결정하기 위한 영 오프셋 결정 수단;
- [0110] 상기 영 오프셋에 의해 보정되는 상기 우측 고유벡터의 상기 상대 위상을 사용함으로써 실제 물질 유동을 결정하기 위한 실제 물질 유동 결정 수단을 포함한다.

실시예

- [0118] 도 1 내지 도 5 및 다음의 상세한 설명은 본 발명의 최상의 모드를 만들고 사용하는 방법을 당업자에게 교시하기 위한 특정 실례를 보여 준다. 발명 원리를 교시하기 위해, 일부의 종래 양상들을 단순화시키고 생략하였다. 당업자는 본 발명의 범위에서 벗어나지 않으면서 이들 실례로부터 변형될 수 있음을 이해할 것이다. 당업자는 아래에 설명하는 특성들이 본 발명의 복수의 변형예를 형성하도록 여러 방법으로 결합될 수 있음을 이해할 것이다. 이 결과, 본 발명은 아래에 기술하는 특정 실례에 제한되지 않으며 오로지 청구의 범위 및 그 균등물에 의해 제한된다.

[0119] 이론적 배경

- [0120] 코리올리 유량계의 작동은 수학 공식을 사용하여 설명할 수 있다. 선형 시스템의 운동을 기술하는 일반 시스템의 1차 미분 방정식은 다음과 같다:

$$\begin{bmatrix} C & M \\ M & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{x} \\ \ddot{x} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} K & 0 \\ 0 & -M \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x \\ \dot{x} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} f \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (1)$$

- [0122] 식 (1)에서, M 및 K는 시스템의 질량 및 강성도 행렬이며, C는 코리올리력으로 인한 비틀어진 대칭 성분과 감쇠로 인한 대칭 성분을 가질 수 있는 일반적인 감쇠 행렬이다.

$$A\dot{q} + Bq = u \quad (2)$$

[0124] 식 (1)은 식 (2)로 다시 쓸 수 있는데, 여기서 A는 행렬 $\begin{bmatrix} C & M \\ M & 0 \end{bmatrix}$ 이며, B는 행렬 $\begin{bmatrix} K & 0 \\ 0 & -M \end{bmatrix}$ 이고, u는 $\begin{pmatrix} f \\ 0 \end{pmatrix}$ 이다.

[0125] 식 (1) 및 (2)를 검토함으로써 운동 방정식을 통찰할 수 있다. 식 (2)와 관련된 일반화된 고유값 문제는 다음 식의 우측 고유 벡터, $\phi^{(r)}$ 에 대해 해결될 수 있다:

$$[0126] \quad B \phi^{(r)} = -A \phi^{(r)} \lambda \quad (3)$$

[0127] 대칭인 A 및 B에 대해, 운동 방정식을 대각선화 또는 분리하기 위해 고유벡터를 사용할 수 있다. 분리된 방정식은 용이하게 해를 구할 수 있다. 비-대칭 시스템에 대해, 예컨대 C가 코리올리 행렬을 포함한다면, 우측 고유벡터는 운동 방정식을 대각선화하지 않으며, 연결된 방정식이 된다. 연결된 방정식들은 해를 구하기가 보다 어렵고 해결법에 대한 간과력을 방해한다. 좌측 고유벡터는 비-대칭 A 또는 B 행렬을 대각선화하는데 필요하다. 다음의 유도식은 프로세스를 보여준다. 좌측 고유벡터는 다음의 일반화된 고유값 문제를 해결함으로써 얻어진다.

$$[0128] \quad \begin{aligned} \phi^{(l)T} B &= -\phi^{(l)T} A \lambda \\ B^T \phi^{(l)} &= -A^T \phi^{(l)} \lambda \end{aligned} \quad (4)$$

[0129] 코리올리 유량계에 대해 M 및 K는 대체로 대칭이다. 유동이 없을 때 C도 대칭이므로, 시스템 행렬, A 및 B는 대칭이다. 이 경우에, 식(3) 및 식(4)는 동일하며 좌측 및 우측 고유벡터가 동일하다. 유동이 존재하는 경우, C 행렬의 연관된 비-대칭으로 인해 좌측 및 우측 고유벡터가 상이하게 된다.

[0130] j번째 우측 고유벡터를 고려하라:

$$[0131] \quad B \phi_j^{(r)} = -A \phi_j^{(r)} \lambda_j \quad (5)$$

[0132] i번째 좌측 고유벡터를 고려하라;

$$[0133] \quad \phi_i^{(l)T} B = -\phi_i^{(l)T} A \lambda_i \quad (6)$$

[0134] 식 (5) 앞에 $\phi_i^{(l)T}$ 를 곱하고, 식 (6) 뒤에 $\phi_j^{(r)}$ 를 곱한 후, 이렇게 얻은 2개의 값을 빼면 다음과 같다:

$$[0135] \quad \begin{aligned} 0 &= -\phi_i^{(l)T} A \phi_j^{(r)} (\lambda_j - \lambda_i) \\ \Rightarrow \phi_i^{(l)T} A \phi_j^{(r)} &= 0 \text{ for } i \neq j \end{aligned} \quad (7)$$

[0136] 식 (5)에 $\frac{1}{\lambda_j}$ 를 곱하고 식 (6)에 $\frac{1}{\lambda_i}$ 를 곱한 후 동일한 과정을 거치면, 다음과 같이 나타내어 진다.

$$[0137] \quad \Rightarrow \phi_i^{(l)T} B \phi_j^{(r)} = 0 \text{ for } i \neq j \quad (8)$$

[0138] 식 (7) 및 식 (8)은 시스템 행렬들 A 또는 B 중 어느 하나의 행렬에 좌측 고유벡터 $\Phi^{(L)}$ 의 행렬과 우측 고유벡터 $\Phi^{(R)}$ 의 행렬을 전후로 곱함으로써 시스템 행렬이 대각선화된다는 것을 보여준다.

$$\Phi^{(L)T} A \Phi^{(R)} = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & M_A & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix}$$

$$\Phi^{(L)T} B \Phi^{(R)} = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & M_B & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix}$$

(9)

[0139]

[0140]

좌측 및 우측 고유벡터 행렬이 시스템 행렬들을 대각선화시킨다는 사실은 우측 고유벡터의 세트 및 좌측 고유벡터의 세트 모두가 선형적으로 독립적임을 의미한다. 어느 하나의 세트는 응답을 위해 좌표계의 기본으로 사용될 수 있다. 좌측 고유벡터와 우측 고유벡터 사이의 차이가 비대칭적인 코리올리 행렬에 기인한 것임을 인지하는 것이 본 발명의 기본을 이룬다.

[0141]

유량계의 수학적 모델의 측면에서, 비-코리올리 효과를 모델로 하는 질량, 강성도 및 감쇠 행렬은 대칭적이다. 비-유동 시스템에 대해, 좌측 고유벡터 및 우측 고유벡터는 (임의의 스케일 인자 내에서) 동일하다. 그러나, 유동과 연관된 코리올리 힘은 비대칭 감쇠 행렬로서 수학적 모델에서 그 자체를 명확히 나타낸다(전치 행렬은 원래 행렬의 음수이다). 비대칭 코리올리 행렬은 시스템의 좌측 및 우측 고유벡터가 상이하게 한다. 비례하지 않는 감쇠를 갖지 않는 유동 시스템에 대해, 좌측 고유벡터의 상이한 계수들 사이의 상대 위상은 우측 고유벡터 상의 동일한 계수들 사이의 상대 위상과 동일한 크기이면서 상반된다. 비례하지 않는 감쇠를 갖는 시스템에 대해, 이들 위상값은 좌측 및 우측 고유벡터에 대해 동일하게 오프셋되지만, 그 차는 동일하게 유지된다. 따라서, 좌측 및 우측 고유벡터의 위상 특성을 정확하게 측정할 수 있다면, 이러한 위상 특성은 비례하지 않는 감쇠로부터의 영(제로)-오프셋에 기인하는 위상 및 물질 유동에 기인하는 위상이 구별될 수 있게 하며, 연관된 영-오프셋 오차를 제거한다.

[0142]

또한, 잔류 유연성, 전자적 크로스토크 및 전자 측정 시스템 특성이 영-오프셋에 기여한다. 이들 영향의 한 가지 해석은 이들이 우측 고유벡터 위상의 측정에 오차를 야기한다는 것이다. 구동 모드(우측 고유벡터)가 정확하게 측정된다면, 비례하지 않는 감쇠는 영-오프셋을 야기하는 유일한 효과이며, 이러한 오차는 좌측 및 우측 고유벡터(dT) 자료를 사용하는 유동 효과와 용이하게 구별될 것이다.

[0143]

작동

[0144]

도 1은 도관(102)을 통해 유동하는 물질을 포함하도록 구성되는 도관(102)의 평면도를 나타낸다. D1 및 D2는 도관(102)을 따라 이격된 2개의 구동기(액추에이터라고도 함)이다. 바람직한 모드에서, 이들 2개의 구동기는 도관의 축방향 중심 둘레로 대칭으로 이격된다. 이들 구동기는 도관(102) 내의 복수의 진동 모드를 가진시키기 위해 도관(102)에 힘을 부여하도록 구성된다. 이 힘은 실질적으로 응집성을 가질 수 있거나(예컨대, 협소한 주파수에 제한됨) 광대역을 가질 수도 있다. 구동기는 도관에 부착된 자석, 및 기준에 부착되며 발진 전류가 통과되는 코일과 같은 공지된 수단일 수 있다.

[0145]

S1 및 S2는 구동기(D1 및 D2)와 공통-위치되는 2개의 센서를 나타낸다. 이들 센서는 도관(102)의 위치 및 운동을 나타내는 복수의 신호를 발생시키도록 구성된다. 이들 센서는 코일형 속도 변환기, 광학 또는 초음파 운동 센서, 가속도계, 관성률 센서 등과 같은 다양한 장치를 포함할 수 있다. 본 실시예에는 각각의 센서가 구동기 중 하나와 공통-위치되는 2개의 센서가 존재한다. 다른 실시예에서는 도관(102)의 길이를 따라 도관(102)의 운동 및 위치를 측정하도록 구성되는 오로지 하나의 센서가 존재할 수 있다. 2개 이상의 센서를 갖는 다른 구성들도 가능하다.

[0146]

도 1A는 편향되지 않은 상태의 도관(102)을 도시한다. 동일한 파워를 갖는 액추에이터를 구동시킴으로써, 도관의 주요 굽힘 모드가 가진될 수 있다. 여기에 참조한 미국특허 제 6,092,429호(특허허여일:2000년7월25일, 발명의 명칭:"진동하는 도관을 발진시키기 위한 구동기"는 도관 내에 상이한 모드의 진동을 가진시키도록 구성되는 구동기를 개시한다. 도 1B는 도관의 주요 굽힘 모드에 대응하는 편향된 상태의 도관(102)을 도시한다. 도관을 통한 물질의 유동이 없는 경우의 상태에 이 진동 모드도 대응된다. 명확성을 위해 도 1B 및 도 1C의 도관(102)의 편향을 확대하였다. 도관(102)의 실제 편향은 이 보다 상당히 작다. 진동하는 도관(102)을 통해 물질이 유동하는 경우, 유동하는 물질로 인해 코리올리 힘이 발생된다. 이 코리올리 힘은 도관(102)을 편향시키고 추가의 진동 모드를 가진시킨다. 도 1C는 코리올리 힘에 의해 가진되는 주요 진동 모드를 도시한다. 센서(S

1)와 센서(S2) 사이에서 검출되는 상대 위상 차(difference)는 도관(102)을 통한 물질 유동을 결정하는데 사용될 수 있다. 유동이 없는 상태(도 1B에 도시된 바와 같은 상태)에서는 센서(S1)와 센서(S2) 사이에서 검출되는, 유동으로 인한 위상차가 없다. 영-오프셋(zero-offset) 상태로 인한 위상차가 존재할 수도 있다. 도관(102)을 통해 물질이 일단 유동하면, 유동으로 인해 센서(S1)와 센서(S2) 사이에 위상차가 존재할 것이다. 센서(S1)와 센서(S2) 사이에서 검출되는 측정된 위상차는 시스템의 우측 고유벡터의 상대 위상의 측정값이며 도관을 통한 물질 유동에 비례한다. 우측 고유벡터의 상대 위상을 Θ_R 이라 하고, 센서(S1)에서의 도관의 진동의 측정된 위상을 Θ_{S1} 이라 하며, 센서(S2)에서의 도관의 진동의 측정된 위상을 Θ_{S2} 라 한다면, $\Theta_R = \Theta_{S1} - \Theta_{S2}$ 이다. 이 위상차를 진동 주파수(ω)로 나누면 위상차로부터 시간차(ΔT)를 계산할 수 있다. 즉, $\Delta T = (\Theta_{S1} - \Theta_{S2}) / \omega$ 이다. 시간차(ΔT)는 또한 도관을 통한 물질 유동에 비례하며 질량 유량계에 통상적으로 사용되는 측정값이다. 도관(102)을 통한 물질 유동에 대한 보다 정확한 결정은 영-오프셋 량에 의해 측정된 물질 유동을 보정함으로써 계산될 수 있다($\Delta T_c = \Delta T - \text{영오프셋}$).

[0147] 본 발명의 예시적인 실시예에서, 정상적으로 작동하는 동안, 도관의 주요 굽힘 모드를 가진시키는데 양측의 구동기를 사용한다. 우측 고유벡터의 상대 위상을 측정하고, ΔT 도메인으로 변환시키며, 영-오프셋 보정량에 의해 이 값을 보정함으로써, 도관을 통한 물질 유동을 결정한다. 주기적으로, 오로지 하나의 구동기를 사용하여 도관을 가진시킨 후, 다른 구동기를 사용하여 도관을 가진시킨다. 도관 상의 위치와 구동 신호의 위상 사이에서 측정이 이루어진다. 시스템의 좌측 고유벡터의 상대 위상을 결정하기 위해 이들 측정법을 사용한다.

[0148] 도 2는 본 발명의 예시적인 실시예에서 좌측 고유벡터를 결정하기 위한 흐름도이다. 단계(202)에서, 정상적인 작동 동안, 도관의 진동을 가진시키기 위해 양측의 구동기를 사용한다. 단계(204)에서, 도관의 진동을 가진시키기 위해 오로지 하나의 구동기(D1)를 사용한다. 이 시간 동안, 센서(S1) 및 구동기(D1)에 의해 사용되는 구동 신호 사이의 차이를 측정한다. 이렇게 측정된 위상차를 Θ_1 이라고 부르자. 단계(206)에서, 구동기(D1)는 작동하지 않으며, 도관의 진동을 가진시키기 위해 오로지 구동기(D2)를 사용한다. 이 시간 동안, 센서(S1)와 구동기(D2)에 의해 사용되는 구동 신호 사이의 차이를 측정한다. 이렇게 측정된 위상차를 Θ_2 라 부르자. 단계(208)에서, $\Theta_L = \Theta_1 - \Theta_2$ 에 의해, 시스템에 대한 좌측 고유벡터(Θ_L)의 상대 위상을 계산할 수 있다. 시간 도메인으로 변환함으로써 좌측 고유벡터의 상대 시간차 ΔT_L 을 얻는다: $\Delta T_L = (\Theta_1 - \Theta_2) / \omega$. 단계(210)에서, 정상 작동을 다시 시작하고, 도관의 진동을 가진시키기 위해 양측의 구동기를 사용한다. 구동기가 스위치 온 및 오프되는 순서는 중요하지 않다.

[0149] 단지 하나의 구동기에 의해 도관의 진동을 가진시키는 경우에 좌측 고유벡터에 대한 상대 위상(Θ_1 및 Θ_2)이 결정되기 때문에, 잔류 유연성 응답(RF) 및 전자기적 크로스토크(EC)를 보정해야 한다. 각각의 구동기는 약간의 잔류 유연성 응답 및 전자기적 크로스토크를 야기한다. 구동기가 일시적으로 가동 중지되는 경우 이러한 효과가 거의 영으로 자연 붕괴된다. 간단히 구동기를 가동 중지시킴으로써, 그 구동기와 연관된 잔류 유연성 응답 및 전자기적 크로스토크에 의해 야기되는 각각의 센서에서의 측정된 위상에서의 변화량을 결정할 수 있다. 각각의 구동기가 가동되지 않는 경우에 발생하는 센서들 사이의 차이 내에서의 단계 변화를 측정함으로써 측정된 위상에서의 변화량을 결정할 수 있다. 도 3은 잔류 유연성 응답 및 전자기적 크로스토크를 결정하기 위한 하나의 실시예를 나타내는 흐름도이다.

[0150] 단계(302)에서, 정상적으로 작동하는 동안, 도관의 진동을 가진시키기 위해 양측의 구동기를 사용한다. 센서(S1)와 센서(S2) 사이에서, 양측의 구동기가 작동하는 델타 T, ΔT_{D1D2} 를 측정한다. 단계(304)에서, 구동기(D2)가 가동 중지되고, 도관을 가진시키기 위해 오로지 구동기(D1)를 사용한다. 이 시간 동안, 센서(S1)와 센서(S2) 사이에서, 오로지 하나의 구동기(D1)가 작동하는 델타 T, ΔT_{D1} 를 측정한다. ΔT_{D1D2} 와 ΔT_{D1} 사이의 차는 구동기(D2)로부터의 잔류 유연성 응답 및 전자기적 크로스토크로 인한 것이다. 단계(306)에서, 구동기(D1)를 가동 중지시키고, 도관을 가진시키기 위해 오로지 구동기(D2)를 사용한다. 이 시간 동안, 센서(S1)와 센서(S2) 사이에서, 오로지 하나의 구동기(D2)가 작동하는 델타 T, ΔT_{D2} 를 측정한다. ΔT_{D1D2} 와 ΔT_{D2} 사이의 차는 구동기(D1)로부터의 잔류 유연성 및 전자기적 크로스토크로 인한 것이다. 양측 구동기로부터의 잔류 유연성 및 전자기적 크로스토크에 대해 측정된 ΔT 를 보정하기 위해, ΔT_{D1D2} 와 ΔT_{D1} 사이의 차 및 ΔT_{D1D2} 와 ΔT_{D2} 사이의 차를 측정된 ΔT 에서 뺀다. 따라서, 보정된 ΔT 는 $\Delta T - (\Delta T_{D1D2} - \Delta T_{D1}) - (\Delta T_{D1D2} - \Delta T_{D2})$ 이다. 이러한 기술을 사용하여, 잔류 유연성 및 전자기적 크로스토크에 대해 좌측 고유벡터의 상대 위상에 대한 델타 T(ΔT_{LC})를 계산할 수 있다. $\Delta T_{LC} = \Delta T_L - (\Delta T_{D2} - \Delta T_{D1})$.

[0151] 도 4는 본 발명의 예시적인 실시예에서 구동기들 사이에서 전환하는 동안 균형적이지 않은 단일관 유량계를 사

용하여 측정된 상대 ΔT 값을 나타내는 차트이다. 이러한 단일관 유량계 상에, 구동기(DR1) 및 구동기(DR2)는 수직으로부터 45도로 배향되며 센서(PR3)와 동일한 축방향 위치에 위치한다. 구동기(DR1) 및 구동기(DR2)를 동일한 신호로 구동시킴으로써, 의사-배열식(pseudo-collocated) 구동기/센서 쌍이 달성된다. 구동기(DL1) 및 구동기(DL2)와 센서(PL3)를 사용하는 의사-배열식 구동기/센서 쌍을 얻기 위해 동일한 관계를 이용하였다. 2개의 구동기 센서 쌍(DR1/DR2/PL3 및 DR1/DR2/PL3)은 유량계의 축방향 중심 둘레로 대칭으로 이격되었다. 0 내지 30 초의 시간에서, 유량계의 진동을 가진시키기 위해 양측의 의사 구동기 쌍을 사용하였다. DL1/DL2 구동기 쌍이 턴오프되는 경우 대략 30초 지점에서 ΔT 값에서 단계 변화가 발생한다. 이러한 ΔT 변화는 DL1/DL2의 잔류 유연성 응답 및 전자기적 크로스토크에 의해 야기된 것이다. 대략 65초의 시간에서 구동기 쌍(DR1/DR2)의 스위치를 끄고 구동기 쌍(DL1/DL2)의 스위치를 켜다. 대략 100초의 시간 지점에서, DR1/DR2 구동기 쌍의 스위치를 다시 켜고, 유량계의 진동을 가진시키기 위해 양측의 의사 구동기 쌍을 사용한다. 시간 100 내지 120 사이에서의 측정된 ΔT 값의 변화는 DR1/DR2 의사 구동기의 잔류 유연성 응답 및 전자기적 크로스토크에 의해 야기된 것이다.

[0152] 구동기 및 센서가 유량계의 축방향 중심 둘레로 대칭으로 위치되는 유량계에 대해, 각각의 구동기와 연관된 잔류 유연성 응답 및 전자적 크로스토크는 크기가 동일하며 상반된다. 정상적으로 작동하는 동안, 도관의 진동을 가진시키기 위해 양측 구동기를 사용하는 경우, 효과가 없어지고 대체로 우측 고유벡터의 델타 T를 정확히 측정하기 위해 보정될 필요가 없다. 전자적 크로스토크 및 잔류 유연성과 좌측 고유벡터에 대한 측정은 각각의 구동기의 스위치를 간단히 오픈하는 때와 동시에 실시될 수 있다.

[0153] 상이한 전자적 측정 채널 사이의 불균일한 위상을 보상하는 것은 널리 공지된 기술이다. 예컨대, 측정된 입력 및 위상 오류에 기지의 신호를 적용할 수 있다. 이러한 절차는 시험이 실시되는 동안 시험 하에서 채널의 측정 기능을 맡는 여분의 측정 채널을 제공함으로써 유동이 있는 동안 실시될 수 있다.

[0154] 잔류 유연성, 전자적 크로스토크 효과 등에 대해 일단 좌측 및 우측 고유벡터에 대한 상대 ΔT 를 측정하고 보정하면, 유동으로부터 그리고 비례하지 않는 감쇠로부터의 기여가 계산된다. 유동 효과(F)는 좌측 및 우측 고유벡터의 상대 ΔT 사이의 차이를 2로 나눈 값이다. $F=(\Delta T_R-\Delta T_L)/2$. 정상적인 작동 동안 ΔT_R 를 측정함으로써 결정된 유동에 의한 유동 효과(F)를 비교함으로써 새로운 영 오프셋을 계산할 수 있다. 영 오프셋= ΔT_R-F . 이러한 새로운 영 오프셋은 좌측 고유벡터에 대한 값을 결정하는 다음 시간까지 정상적인 작동 동안 측정된 유동을 보정하는데 사용될 수 있다.

[0155] 비례하지 않는 감쇠 효과(ND)는 좌측 및 우측 고유벡터의 평균이다. $ND=(\Delta T_R+\Delta T_L)/2$. 이 값은 또한 새로운 영 오프셋 값으로 사용될 수 있다.

[0156] 도 5는 본 발명의 하나의 예시적인 실시예에서 유동 동안 유량계의 영 오프셋을 재교정하기 위한 흐름도이다. 단계(502)에서, 정상 작동 동안, 도관의 진동을 가진시키기 위해 양측 구동기를 사용한다. 우측 고유벡터에 대한 보정되지 않은 상대 ΔT 를 결정한다. 이때, 영 오프셋을 사용하여 우측 고유벡터의 보정되지 않은 상대 ΔT 를 보정한다. 우측 고유벡터의 보정된 상대 ΔT 를 사용하여 유량계를 통과하는 유동을 결정한다. 주기적으로, 단계(504)에서, 구동기(D1 및 D2)를 대안으로 스위치 오프시키고, 잔류 유연성(RF) 및 전자적 크로스토크(EC)와 좌측 고유벡터의 상대 ΔT 를 결정한다. 잔류 유연성 및 전자적 크로스토크 효과에 대해 좌측 고유벡터의 상대 ΔT 를 보정한다. 단계(506)에서, 새로운 영 오프셋을 결정하기 위해 우측 고유벡터의 보정되지 않은 ΔT 및 좌측 고유벡터의 보정되지 않은 ΔT 를 사용한다. 이러한 새로운 영 오프셋은 이전의 영 오프셋을 대체하며, 단계(502)에서 프로세스를 다시 시작한다. 새로운 영 오프셋을 계산하고 유량계에서 대체함으로써, 유량계를 통한 물질 유동 동안 제로 유동 상태에 대해 유량계를 재교정하였다.

[0157] 하나의 예시적인 실시예에서, 교정 사이에 고정된 시간 간격을 사용함으로써, 재교정이 발생하는 때에 대한 결정이 실행될 수 있다. 다른 실시예에서, 환경 또는 배관 시스템 내에 변화가 있는 경우에 재교정이 실시될 수 있다. 예컨대, 온도의 변화가 임계값보다 큰 경우, 재교정이 실행될 수 있다. 재교정이 실행되는 때에 대한 결정은 환경의 변화의 검출과 주기 타이머의 조합일 수 있다. 재교정 사이의 시간 주기는 보다 덜 엄격한 정확도 조건을 갖는 시스템에 비해 보다 높은 정확도를 필요로 하는 시스템이 보다 짧을 수 있다.

[0158] 좌측 고유벡터의 상대 위상을 측정하기 위한 구동기(D1)와 구동기(D2) 사이의 전환은 유량계의 정상 작동이 중단된다는 것을 의미하는 것은 아니다(즉, 우측 고유벡터의 ΔT 를 사용하는 유동 측정). 예컨대, 구동기가 도관의 중심선 둘레로 대칭으로 위치하는 경우, 각각의 구동기는 동일한 양 만큼 구동기 모드를 가진시킨다. 예컨대, D1이 작동되지 않을 때 D2로의 전류를 배가시킴으로써, 구동력의 크기를 유지시킬 수 있다.

[0159] 상술한 설명에서, 단일관 유량계를 사용하여 본 발명을 설명하였다. 본 기술 분야에 널리 이해되듯이, 본 발명은 다른 구성의 유량계, 예컨대 이중관 유량계에 사용될 수도 있다. 본 발명은 또한 곧은 도관을 사용하여 설명되었지만, 유량계의 외형에 대해 다른 구성도 가능한데, 즉 굽은 도관도 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0111] 도 1A는 본 발명의 예시적인 실시예에서 비편향 위치의 도관의 평면도이다.

[0112] 도 1B는 본 발명의 예시적인 실시예에서 주요 굽힘 모드에 대응하는 편향 위치의 도관의 평면도이다.

[0113] 도 1C는 본 발명의 예시적인 실시예에서 코리올리력에 의해 야기된 굽힘 모드에 대응하는 편향 위치의 도관의 평면도이다.

[0114] 도 2는 본 발명의 예시적인 실시예에서 좌측 고유 벡터를 결정하기 위한 플로우 차트이다.

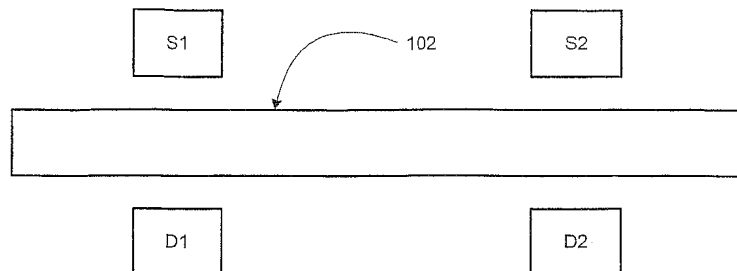
[0115] 도 3은 본 발명의 예시적인 실시예에서 잔류 유연성 및 전자적 크로스토크를 결정하기 위한 플로우 차트이다.

[0116] 도 4는 본 발명의 예시적인 실시예에서 구동기 사이에서 전환하는 동안 균형잡히지 않은 단일관 유량계를 사용하여 상대 ΔTs 를 보여 주는 차트이다.

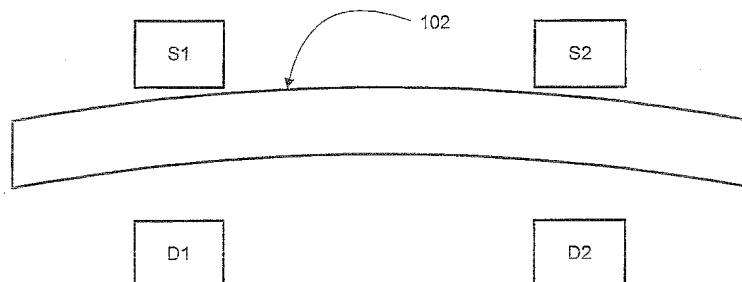
[0117] 도 5는 본 발명의 예시적인 실시예에서 유동하는 동안 유량계의 영(zero) 오프셋을 재교정하기 위한 플로우 차트이다.

도면

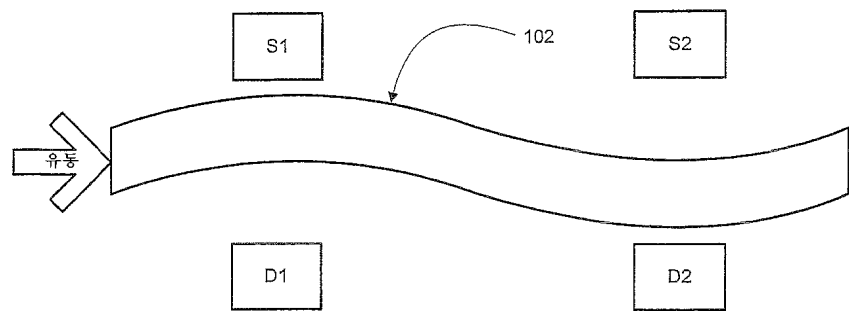
도면1A



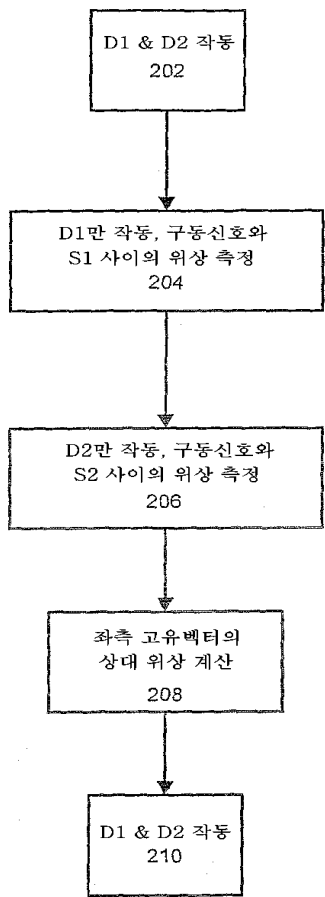
도면1B



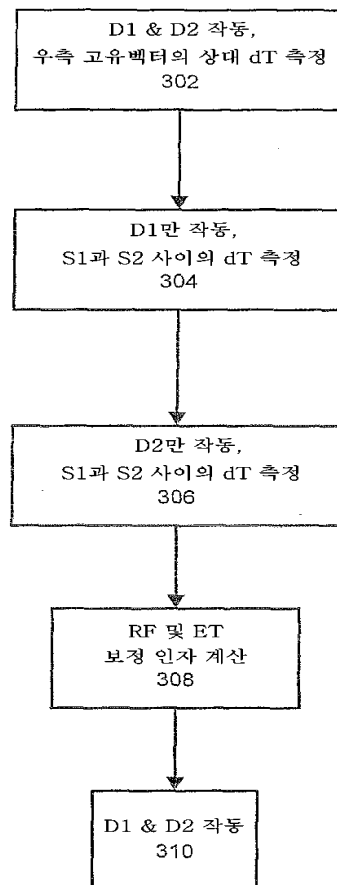
도면1C



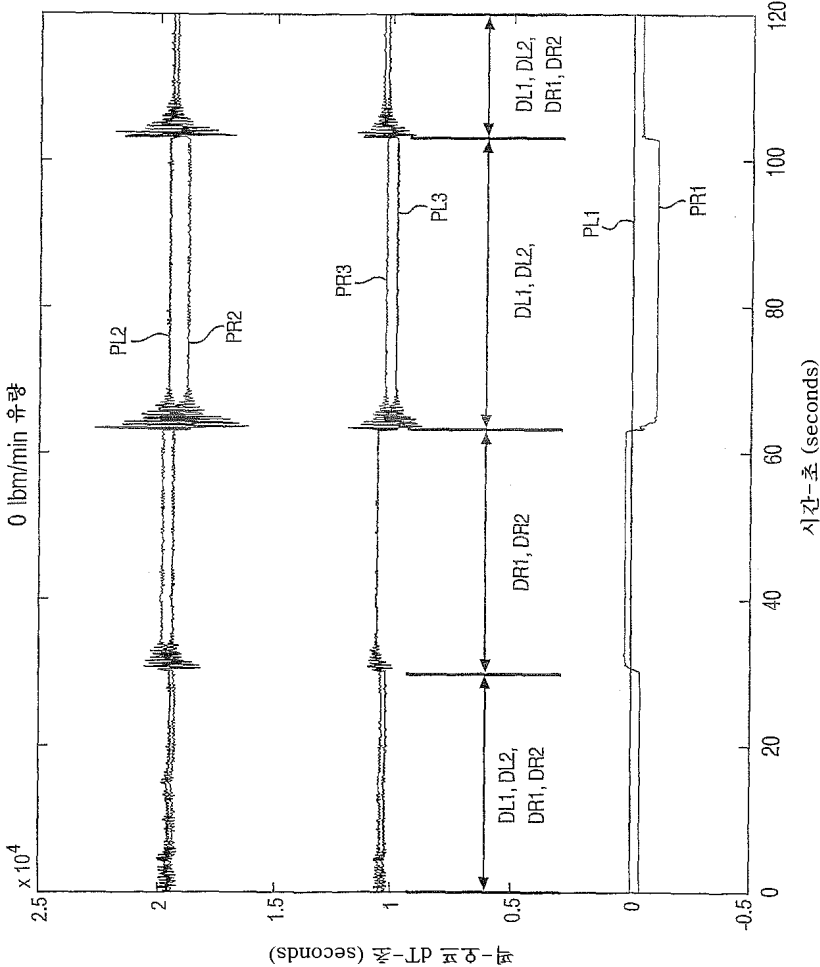
도면2



도면3



도면4



도면5

