



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년07월04일
(11) 등록번호 10-2551009
(24) 등록일자 2023년06월29일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01D 5/20 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G01D 5/2053 (2013.01)
G01D 5/2046 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7022414
- (22) 출원일자(국제) 2016년01월13일
심사청구일자 2020년12월01일
- (85) 번역문제출일자 2017년08월10일
- (65) 공개번호 10-2017-0118723
- (43) 공개일자 2017년10월25일
- (86) 국제출원번호 PCT/FR2016/050053
- (87) 국제공개번호 WO 2016/113499
국제공개일자 2016년07월21일
- (30) 우선권주장
1550230 2015년01월13일 프랑스(FR)
- (56) 선행기술조사문헌
US20080018328 A1*
(뒷면에 계속)

- (73) 특허권자
허친슨 에스.에이.
프랑스 75008 파리 튀 발자끄 2
- (72) 발명자
마니올루 요한
프랑스 49000 영제 96 튀 세브르
허가쉬 파스칼
프랑스 38180 쎬씨네 튀 빠하 동테 9
- (74) 대리인
특허법인(유한)케이비케이

전체 청구항 수 : 총 13 항

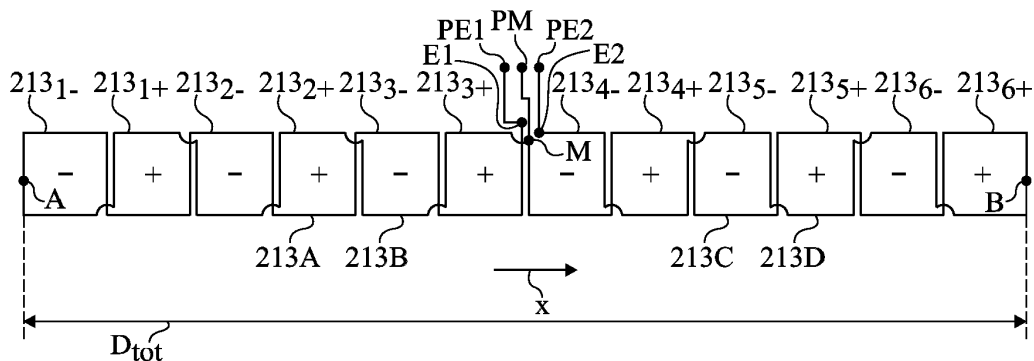
심사관 : 김기환

(54) 발명의 명칭 유도 이동센서

(57) 요약

본 발명은 길이(D_{tot}) 영역으로 뻗어 있는 교번하는 권선방향의 2N개 턴들의 2차권선(213)을 포함한 유도 변위 센서용 트랜스듀서에 관한 것으로, 상기 권선(213)은: 길이(D_{tot})의 중점에 위치한 권선의 제 1 단부(E1)와 길이(D_{tot})의 일단에 위치한 권선의 제 1 중간점(A) 간에 뻗어 있는 N개의 절반-턴을 형성하는 제 1 코일 도전부(213A); 제 1 중간점(A)과 길이(D_{tot})의 중점에 위치한 제 2 중간점(M) 간에 뻗어 있고, N개의 절반-턴을 형성하는 제 2 코일 도전부(213B); 제 2 중간점(M)과 길이(D_{tot})의 제 2 단부에서 위치한 제 3 중간점(B) 간에 뻗어 있는 N개의 절반-턴을 형성하는 제 3 코일 도전부(213C); 및 제 3 중간점(B)과 길이(D_{tot})의 중점에 대략 위치한 권선의 제 2 단부(E2) 간에 뻗어 있고, N개의 절반-턴을 형성하는 제 4 코일 도전부(213D)를 포함한다.

대표도 - 도20d



(56) 선행기술조사문헌

JP2008534977 A*

JP2013064653 A*

US20130082692 A1*

JP2006112815 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

트랜스듀서 및 상기 트랜스듀서에 대한 자유도를 따라 이동하는데 적합한 타겟을 포함한 유도 변위센서용 트랜스듀서로서,

이 트랜스듀서는:

적어도 하나의 1차권선; 및

상기 자유도와 나란한 길이(D_{tot}) 영역으로 뻗어 있고, 상기 길이(D_{tot})를 따라 규칙적으로 분포된, 상기 자유도와 나란한 $D_{tot}/2N$ 과 같은 치수의 에지를 각각 갖는 교번하는 권선방향의 $2N$ 개 턴들(213_{i+} , 213_{i-})을 포함하며, N 은 2 이상의 정수인 적어도 하나의 제1의 2차권선($213;223;233$)을 포함하고,

상기 적어도 하나의 제1의 2차권선($213;223;233$)은:

길이(D_{tot})의 중점에 위치한 권선의 제 1 단부($E1$)와 길이(D_{tot})의 제 1 단부에 위치한 권선의 제 1 중간점(A) 간에 뻗어 있는 N 개의 절반-턴을 형성하는 제 1 코일 도전부($213A;223A$);

제 1 중간점(A)과 길이(D_{tot})의 중점에 위치한 권선의 제 2 중간점(M) 간에 뻗어 있고, 제 1 코일 도전부($213A;223A$)의 N 개 절반-턴들과 상보적인 N 개의 절반-턴을 형성하는 제 2 코일 도전부($213B;223B$);

제 2 중간점(M)과 길이(D_{tot})의 제 2 단부에 있는 권선의 제 3 중간점(B) 간에 뻗어 있는 N 개의 절반-턴을 형성하는 제 3 코일 도전부($213C;223C$); 및

제 3 중간점(B)과 길이(D_{tot})의 중점에 위치한 권선의 제 2 단부($E2$) 간에 뻗어 있고, 제 3 코일 도전부($213C;223C$)의 N 개 절반-턴들과 상보적인 N 개의 절반-턴을 형성하는 제 4 코일 도전부($213D;223D$)를 포함하고,

권선의 제 1 단부($E1$)와 제 2 단부($E2$) 및 권선의 제 2 중간점에 각각 연결된, 2차권선에 대한 제 1 연결단자($PE1$), 제 2 연결단자($PE2$), 및 제 3 연결단자(PM)를 포함하는 트랜스듀서.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

제 2 중간점(M)은 상기 제 3 연결단자(PM)에 의해 차동측정수단의 전위로 참조되는 트랜스듀서.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

전위는 차동측정수단의 전압측정범위에 맞춰진 일정한 전위인 트랜스듀서.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

자유도는 직사각형 방향(x)을 따라 평행이동하는 자유도이고, 길이(D_{tot})는 직사각형 직선길이인 트랜스듀서.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

자유도는 축주위로 회전하는 자유도이고, 길이(D_{tot})는 각(角)길이인 트랜스듀서.

청구항 6

제 5 항에 있어서,
길이(D_{tot})는 360° 인 트랜스듀서.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
2차권선(213;223;233)의 각 절반-턴은 직선 또는 곡선의 U자 형이고, 2차권선(213;223;233)의 각 턴은 별개의 도전부들(213A, 213B, 213C, 213D; 223A, 223B, 223C, 223D)의 2개의 U자형 절반-턴들로 구성되며, 수직 분기들이 반대방향을 따라 지향되는 트랜스듀서.

청구항 8

제 1 항에 있어서,
2차권선(213;223;233)의 각 턴에서, 트랜스듀서에 대한 타겟의 변위방향에 직각인 턴부는 2차권선의 와이어 또는 도전 트랙이 두번씩 횡단되고, 트랜스듀서에 대한 타겟의 변위방향에 평행인 턴부는 2차권선의 와이어 또는 도전 트랙이 한번씩 횡단되는 트랜스듀서.

청구항 9

제 1 항에 있어서,
제1의 2차권선(223;233)과 동일하고, 위에서 보면, 제1의 2차권선에 대해 오프셋된 적어도 하나의 제2의 2차권선(223';233')을 더 구비하고, 제1의 2차권선(223;233)과 제2의 2차권선(223';233')은, 각 2차권선에 대해, 제 1 레벨(M1)에 설비된 도전 트랙의 길이가 제 2 레벨(M2)에 설비된 도전 트랙의 길이와 같게 제 1(M1) 및 제 2(M2)의 증첩된 금속화 레벨에 형성되는 트랜스듀서.

청구항 10

제 8 항에 있어서,
제1의 2차권선(223)과 제 2의 2차권선(233) 각각에서, 도전 트랙의 매 L/2미터마다 금속화 레벨의 변화가 발생하고, L은 권선의 턴의 길이를 나타내는 트랜스듀서.

청구항 11

제 9 항에 있어서,
도전 트랙의 매 L/2미터마다 금속화 레벨의 k개 변화가 발생하고, L은 권선의 턴의 길이를 나타내고 k는 2 이상의 정수인 트랜스듀서.

청구항 12

제 1 항에 있어서,
N은 짝수인 트랜스듀서.

청구항 13

제 1 항에 있어서,
적어도 하나의 2차권선(213;223;233)은 충전 패턴, 즉 요망신호픽업 기능이 전혀 없는 공도 및 트랙을 포함하는 트랜스듀서.

청구항 14

삭제

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 출원은 서로에 대한 한 기계부의 변위에 대한 유도측정 분야에 관한 것이다. 유도측정이라는 용어는 본 명세서에서 전기코일에 의해 교변하는 전자기장의 측정을 말한다. 보다 상세하게 그러나 엄격하지 않게, 본 출원은 와전류센서의 기술적 서브분야에 관한 것으로, 인덕터에 의해 발생된 전자기장이 인덕터 부근에 (상기 인덕터에 대해) 이동가능한 도전부의 유무와 배열에 따라 다르게 확립된다. 이런 전자기현상은 전자기장의 소정의 전기 주파수들이 충분히 큰 값을 채택할 때 계측용으로 이용될 수 있고, 크다는 이런 개념은 도전부의 기하학적 치수, 전자기 속성, 온도 등과 같은 복수의 파라미터들에 의해 결정된다. 변위측정이라는 용어는 본 명세서에서 인덕터 또는 인덕터 기준프레임에 대한 도전부의 위치, 속도, 가속도 또는 임의의 다른 특징적인 변위량에 대한 정보의 추정을 말한다. 변위로서, 아주 동일하게 서로에 대해 또는 별개의 축을 따라 각변위(축에 대한 회전), 선형(축을 따른 평행이동) 변위, 또는 이런 변위들의 임의의 조합이 고려된다. 보다 상세하게 그러나 엄격하지는 않게, 본 출원은 유도 위치센서, 유도 속도센서 및/또는 유도 가속도 센서의 기술적 서브분야에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 유도 변위센서는 일반적으로 (가령, 프레임으로 또한 알려진 측정 기준프레임에 단단히 연결된) 트랜스듀서, 및 (가령, 측정 기준프레임에 대해 이동식 기계부에 단단히 연결된) 타겟을 포함한다. 타겟은 트랜스듀서로부터 멀리 배치되고, (기계적으로나 전기적으로) 트랜스듀서와 접촉하지 않는다. 트랜스듀서는 교변하는 전자기장을 생산하는데 적합한 1차권선, 또는 인덕터, 및 상기 1차권선에 의해 생성된 전자기장이 있는 상태에서, 또한 기전력(EMF)이라고 하는 교류전압이 유도되는 단자에 적어도 하나의 제 2 권선을 포함한다. 타겟은 또한 결합(coupling) 전기자라고 하는 일부 또는 전체 도전소자이며, 트랜스듀서 앞에 도전소자의 유무 및/또는 이동으로 1차권선과 2차권선 간에 결합이 변경된다. 1차권선과 2차권선 간에 결합에 대한 타겟의 효과는 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치에, 그러나 또한 트랜스듀서에 대한 속도에 따르는 것에 유의해야 한다.

[0003] 따라서, 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치 및 상대변위에 따라 공간상으로 전자기장 분포가 형성된다. 기계부의 변위 동안, 전자기장의 공간분포가 변하고, 따라서 2차권선에 유도된 EMF도 또한 변한다. 1차권선에 의해 생성된 전자기장에 의한 2차권선 단자에서 유도된 EMF의 분석으로 트랜스듀서의 2차권선에 대한 타겟의 변위 및/또는 위치가 추정될 수 있다. 보다 상세하게 그러나 엄격하지 않게, 2차권선 단자에서 EMF 진폭의 시간변화로 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치, 속도, 및/또는 가속도가 추정될 수 있다.

[0004] 여기서 그리고 이하 본 출원에서, 2차권선 단자에서 기전력 범위 진폭이라는 용어는 가령 여기주파수(즉, 1차권선의 단자에 가해진 교류전압의 주파수)에 대해 $-\Delta f$ 및 $+\Delta f$ 사이 주파수 대역에서 제한된 주파수 성분신호에 의해 채택된 순시값을 말하며, Δf 는 가령 기계적 변위의 정보 및 특징적인 정보의 일부를 담은 100Hz 내지 100KHz 값을 채택할 수 있다. 이 신호는 기전력에 포함되고, 여기주파수 및/또는 여기주파수의 고조파로 변조된다. 이는 주파수 변환 및 필터링 방법에 의해, 보다 상세하게는 기저대역 변환 및 필터링에 의해 획득될 수 있다. 이런 방법의 바람직한 예는 동기성 여기주파수신호를 이용해 (변조된) 기전력의 동기복조를 실행하는 단계로 구성되고, 전기 위상은 가령 복조 출력시 획득된 신호를 극대화하기 위해 특정 기준을 충족하도록 선택된다. 대안적인 방법은 전기 복조위상을 설정하지 않는 이점 및 단점을 포함한 동기복조 후 신호의 모듈러스를 계산하는 단계로 구성된다. 이는 또한 전자기력의 진폭이 본 발명에 따른 센서로 변위측정을 행하기 위한 바람직한 측정량이나, 유한한 값의 부하가 2차권선의 단자(부하 적용)에 연결된 경우 2차권선에서 위상, 주파수, 또는 전력과 같은 다른 전기측정량들로부터 결코 배제되지 않는 것도 명시된다.

[0005] 유도 변위센서, 및 보다 상세하게 와전류 위치센서의 예들이 특허 EP0182085에 기술되어 있다.

[0006] 그러나, 공지 유도 변위센서는 다양한 결함을 포함한다. 특히, 공지의 센서들은 상대적으로 조립 부정확(오정렬, 경사 및/또는 타겟/트랜스듀서 거리)뿐만 아니라 산업적 사용에 문제를 제기한 측정영역 부근에서 도전부의 유무에 민감하다. 센서의 선형성 결핍과 관련된 문제들도 또한 발생할 수 있다. 더욱이, 공지의 센서에서 타겟의 위치 및/또는 변위의 추정에 대한 정확도와 강건성이 개선될 가치가 있다. 더욱이, 몇몇 타입의 공지의 센서들의 측정범위 영역을 늘리 수 있는 것이 바람직하다. 또한, 공지의 센서의 한가지 결함은 센서들이 상대적으로 약하다는 것으로, 이는 몇몇 타입의 애플리케이션에 특히 산업환경에 문제를 일으킨다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 공지의 센서들 중 일부 또는 모두를 개선할 유도 변위센서들을 갖는 것이 바람직할 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 이와 같이, 일실시예는 트랜스듀서 및 상기 트랜스듀서에 대한 자유도를 따라 이동하는데 적합한 타겟을 포함한 유도 변위센서용 트랜스듀서로서, 이 트랜스듀서는: 적어도 하나의 1차권선; 및 상기 자유도와 나란한 길이(Dopt) 영역으로 뻗어 있고, 상기 길이(Dtot)를 따라 규칙적으로 분포된, 상기 자유도와 나란한 Dtot/2N과 대략 같은 치수의 예지를 각각 갖는 교번하는 권선방향의 2N개 턴들을 포함하며, N은 2 이상의 정수인 적어도 하나의 제1의 2차권선을 포함하고, 상기 적어도 하나의 제1의 2차권선은: 길이(Dtot)의 중점에 대략 위치한 권선의 제 1 단부와 길이(Dtot)의 제 1 단부에 위치한 권선의 제 1 중간점 간에 뻗어 있는 N개의 절반-턴을 형성하는 제 1 코일 도전부; 제 1 중간점과 길이(Dtot)의 중점에 대략 위치한 권선의 제 2 중간점 간에 뻗어 있고, 제 1 코일 도전부의 N개 절반-턴들과 상보적인 N개의 절반-턴을 형성하는 제 2 코일 도전부; 제 2 중간점과 길이(Dtot)의 제 2 단부에 있는 권선의 제 3 중간점 간에 뻗어 있는 N개의 절반-턴을 형성하는 제 3 코일 도전부; 및 제 3 중간점과 길이(Dtot)의 중점에 대략 위치한 권선의 제 2 단부 간에 뻗어 있고, 제 3 코일 도전부의 N개 절반-턴들과 상보적인 N개의 절반-턴을 형성하는 제 4 코일 도전부를 포함하는 트랜스듀서를 고안한다.

[0009] 일실시예에 따르면, 트랜스듀서는 권선의 제 1 단부와 제 2 단부 및 권선의 제 2 중간점에 각각 연결된, 2차권선에 대한 제 1 연결단자, 제 2 연결단자, 및 제 3 연결단자를 포함한다.

[0010] 일실시예에 따르면, 제 2 중간점은 상기 제 3 연결단자에 의해 차동측정수단의 전위로 참조된다.

[0011] 일실시예에 따르면, 전위는 차동측정수단의 전압측정범위에 맞춰진 일정한 전위이다.

[0012] 일실시예에 따르면, 자유도는 직사각형 방향을 따라 평행이동하는 자유도이고, 길이(Dtot)는 직사각형 직선길이이다.

[0013] 일실시예에 따르면, 자유도는 축주위로 회전하는 자유도이고, 길이(Dtot)는 각(角)길이이다.

[0014] 일실시예에 따르면, 길이(Dtot)는 360° 이다.

[0015] 일실시예에 따르면, 2차권선의 각 절반-턴은 직선 또는 곡선의 U자 형이고, 2차권선의 각 턴은 별개의 도전부들의 2개의 U자형 절반-턴들로 구성되며, 수직 분기들이 반대방향을 따라 지향된다.

[0016] 일실시예에 따르면, 2차권선의 각 턴에서, 트랜스듀서에 대한 타겟의 변위방향에 직각인 턴부는 2차권선의 와이어 또는 도전 트랙이 두번씩 횡단되고, 트랜스듀서에 대한 타겟의 변위방향에 평행인 턴부는 2차권선의 와이어 또는 도전 트랙이 한번씩 횡단된다.

[0017] 일실시예에 따르면, 제1의 2차권선과 실질적으로 동일하고, 위에서 보면, 제1의 2차권선에 대해 오프셋된 적어도 하나의 제2의 2차권선을 더 구비하고, 제1의 2차권선과 제2의 2차권선은, 각 2차권선에 대해, 제 1 레벨에 설치된 도전 트랙의 길이가 제 2 레벨에 설치된 도전 트랙의 길이와 대략 같게 제 1 및 제 2의 오버레이드 금속화 레벨에 형성된다.

[0018] 일실시예에 따르면, 제1의 2차권선과 제 2의 2차권선 각각에서, 도전 트랙의 매 L/2미터마다 금속화 레벨의 변화가 발생하고, L은 권선의 턴의 길이를 나타낸다.

[0019] 일실시예에 따르면, 도전 트랙의 매 L/2미터마다 금속화 레벨의 k개 변화가 발생하고, L은 권선의 턴의 길이를 나타내고 k는 2 이상의 정수이다.

[0020] 일실시예에 따르면, N은 짝수이다.

[0021] 일실시예에 따르면, 적어도 하나의 2차권선은 충전 패턴, 즉 요망신호픽업 기능이 전혀 없는 공도 및 트랙을 포함한다.

발명의 효과

[0022] 본 발명의 내용에 포함됨.

도면의 간단한 설명

[0023] 다른 것들과 함께, 이들 특징 및 이점은 첨부도면을 참조로 하기의 특정 실시예들의 설명에 상세히 기술된다.

도 1a 및 1b는 각각 유도성 각변위센서의 예를 개략적으로 나타낸 정면도 및 프로파일도이다.

도 2는 도 1의 센서의 동작을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 3a 및 3b는 유도성 각변위센서의 다른 예의 트랜스듀서와 타겟을 개략 도시한 정면도이다.

도 4는 도 3a 및 3b의 센서의 동작을 개략 도시한 도면이다.

도 5는 유도성 각변위센서의 다른 예의 트랜스듀를 개략 도시한 정면도이다.

도 6은 도 5의 센서의 동작을 개략 도시한 도면이다.

도 7은 유도성 각변위센서의 다른 예의 트랜스듀서를 개략 도시한 정면도이다.

도 8은 도 7의 센서의 동작을 개략 도시한 도면이다.

도 9a는 유도성 각변위센서의 출력신호의 예상된 이론적 진행을 나타내는 도면이다.

도 9b는 유도성 각변위센서의 출력신호의, 일반적으로 실제로 획득된, 실제 진행을 나타내는 도면이다.

도 10은, 복수의 구별되는 타겟-트랜스듀서 거리들에 대해, 유도성 각변위센서의 출력신호의 진행을 나타내는 도면이다.

도 11은 유도성 각변위센서의 출력신호의, 타겟-트랜스듀서 거리에 따른, 선형오차의 진행을 나타내는 도면이다.

도 12a 내지 12d는 유도성 각변위센서의 실시예들의 4가지 예들을 개략 도시한 횡단면도이다.

도 13a는, 도 12a 내지 12d의 4가지 센서예들에 대해, 센서의 출력신호의 선형오차의, 타겟-트랜스듀서에 따른, 진행을 도시한 도면이다.

도 13b는 유도성 각변위센서의 일예의 파라미터에 따른 선형성 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리의 진행을 나타낸 도면이다.

도 13c는 유도성 각변위센서의 다른 예의 파라미터에 따른 선형성 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리의 진행을 나타낸 도면이다.

도 14는 유도성 각변위센서의 실시예의 일예의 파라미터에 따른 장가뭉부의 일예를 도시한 정면도이다.

도 15는 유도성 각변위센서의 실시예의 일예의 장가뭉부의 다른 일예를 도시한 정면도이다.

도 16a 및 16b는 유도성 각변위센서의 타겟의 실시예들 중 2개의 예들을 개략 나타낸 정면도이다.

도 17은, 유도성 각변위센서에서, 타겟의 패턴의 모양 파라미터에 따른 선형성 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서의 진행을 나타낸 도면이다.

도 18a는 유도성 각변위센서의 타겟의 실시예들 중 3개의 예들을 개략 부분적으로 나타낸 정면도이다.

도 18b는 도 18a의 타겟과 협력해 동작하는데 적합한 트랜스듀서의 2차권선의 실시예의 일예를 개략 부분적으로 나타낸 정면도이다.

도 19는, 유도성 각변위센서에서, 타겟의 패턴의 다른 모양 파라미터에 따른, 선형성 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리의 진행을 나타낸 도면이다.

도 20a는 유도성 각변위센서의 트랜스듀서의 일예를 개략 나타낸 정면도이다.

도 20b는 유도성 선형변위센서의 트랜스듀서의 일예를 개략 나타낸 정면도이다.

도 20c는 유도성 선형변위센서의 트랜스듀서의 실시예의 일예를 개략 나타낸 정면도이다.

도 20d는 유도성 선형변위센서의 트랜스듀서의 실시예의 일예를 개략 나타낸 정면도이다.

- 도 20e는 도 20d의 트랜스듀서의 거동의 소신호의 전기적 표현이다.
- 도 21a 및 21b는 유도성 각변위센서의 트랜스듀서의 실시예의 일예를 개략 나타낸 정면도이다.
- 도 22a 및 22b는 유도성 각변위센서의 트랜스듀서의 실시예의 다른 예를 개략 나타낸 정면도이다.
- 도 23은 유도성 각변위센서의 트랜스듀서의 일예의 타겟을 개략 나타낸 정면도이다.
- 도 24는 도 23의 센서의 측정신호의 진행을 개략 나타낸 도면이다.
- 도 25는 유도성 각변위센서의 트랜스듀서의 실시예의 일예의 타겟을 개략 나타낸 정면도이다.
- 도 26은 유도성 각변위센서의 다른 실시예의 타겟을 개략 나타낸 정면도이다.
- 도 27a 내지 27c은 유도성 각변위센서의 다른 대안적인 실시예를 개략 나타낸 정면도이다.
- 도 28은 유도성 각변위센서 타겟의 실시예의 일예를 개략 나타낸 사시도이다.
- 도 29는 유도성 각변위센서 타겟의 실시예의 다른 예를 나타낸 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 명확히 하기 위해, 동일한 요소는 여러 도면에서 동일한 참조부호로 표시했고, 더욱이, 여러 도면은 비율에 따라 표시되어 있지 않다. 게다가, 하기의 명세서에서, 달리 명시되지 않는 한, "대략", "실질적으로", "약", "대략", "실제로", 등이라는 용어는 "20% 이내 및 바람직하게는 5% 이내", 또는 각도 거리와 관련된 경우 "5° 및 바람직하게는 2° 이내"를 말하고, "수직", "수평", "측면", "아래", "위", "상", "하", 등과 같은 방향 기준들은 해당 도면에 도시된 식으로 지향된 장치에 적용된다. 이는 실제로 이들 장치들이 다르게 지향될 수 있음이 이해된다.
- [0025] 특별한 관심은 서로에 대한 한 기계부의 변위에 대한 유도측정에 있다. 유도측정이라는 용어는 본 명세서에서 전기코일에 의한 교변하는 전자기장의 측정을 나타낸다. 보다 상세하게 그러나 엄격하지 않게, 본 출원은 와전류센서의 기술적 서브필드에 관한 것으로, 인덕터에 의해 발생된 전자기장이 인덕터 부근에 (인덕터에 대한) 이동식 도전부의 유무 및 배열에 따라 다르게 확립된다. 이런 전자기현상은 전자기장의 소정의 전류 주파수들이 충분히 큰 값을 채택할 때 계측용으로 이용되며, 이런 크다는 개념은 도전부들의 기하학적 치수, 전기적 및 자기적 변위, 온도 등과 같이 복수의 파라미터들에 의해 정해진다. 변위 측정은 본 명세서에서 인덕터 또는 인덕터 기준프레임에 대한 도전부의 위치, 속도, 가속도 또는 임의의 다른 특정량에 대한 정보의 추정을 나타낸다. 변위로서, 아주 동일하게 서로에 대해 또는 별개의 축을 따라 각변위(축에 대한 회전), 선형(축을 따른 평행이동) 변위, 또는 이런 변위들의 임의의 조합이 고려된다. 보다 상세하게 그러나 엄격하지는 않게, 본 출원은 유도성 위치센서, 유도성 속도센서 및/또는 유도성 가속도 센서의 기술적 서브분야에 관한 것이다.
- [0026] 유도 변위센서는 일반적으로 (가령, 프레임으로 또한 알려진 측정 기준프레임에 단단히 연결된) 트랜스듀서, 및 (가령, 측정 기준프레임에 대해 이동식 기계부에 단단히 연결된) 타겟을 포함한다. 타겟은 트랜스듀서로부터 멀리 배치되고, (기계적으로나 전기적으로) 트랜스듀서와 접촉하지 않는다. 트랜스듀서는 교변하는 전자기장을 생산하는데 적합한 1차권선, 또는 인덕터, 및 상기 1차권선에 의해 생성된 전자기장이 있는 상태에서, 또한 기전력(EMF)이라고 하는 교류전압이 유도되는 단자에 적어도 하나의 제 2 권선을 포함한다. 타겟은 또한 결합 전기자라고 하는 일부 또는 전체 도전소자이며, 트랜스듀서 앞에 도전소자의 유무 및/또는 이동으로 1차권선과 2차권선 간에 결합이 변경된다. 1차권선과 2차권선 간에 결합에 대한 타겟의 효과는 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치에, 그러나 또한 트랜스듀서에 대한 속도에 따르는 것에 유의해야 한다.
- [0027] 따라서, 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치 및 상대변위에 따라 공간상으로 전자기장 분포가 형성된다. 기계부의 변위 동안, 전자기장의 공간분포가 변하고, 따라서 2차권선에 유도된 EMF도 또한 변한다. 1차권선에 의해 생성된 전자기장에 의한 2차권선 단자에서 유도된 EMF의 분석으로 트랜스듀서의 2차권선에 대한 타겟의 변위 및/또는 위치가 추정될 수 있다. 보다 상세하게 그러나 엄격하지 않게, 2차권선 단자에서 EMF 진폭의 시간변화로 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치, 속도, 및/또는 가속도가 추정될 수 있다.
- [0028] 명시된 바와 같이, 여기서 그리고 이하 본 출원에서, 2차권선 단자에서 기전력 범위 진폭이라는 용어는 가령 여기주파수(즉, 1차권선의 단자에 가해진 교류전압의 주파수)에 대해 $-\Delta f$ 및 $+\Delta f$ 사이 주파수 대역에서 제한된 주파수 성분신호에 의해 채택된 순시값을 말하며, Δf 는 가령 기계적 변위의 정보 및 특징적인 정보의 일부를 담은 100Hz 내지 100KHz 값을 채택할 수 있다. 이 신호는 기전력에 포함되고, 여기주파수 및/또는 여기주파수의

고조파로 변조된다. 이는 주파수 변환 및 필터링 방법에 의해, 보다 상세하게는 기저대역 변환 및 필터링에 의해 획득될 수 있다. 이런 방법의 바람직한 예는 동기성 여기주파수 신호를 이용해 (변조된) 기전력의 동기복조를 실행하는 단계로 구성되고, 전기 위상은 가령 복조 출력시 획득된 신호를 극대화하기 위해 특정 기준을 충족하도록 선택된다. 대안적인 방법은 전기 복조위상을 설정하지 않는 이점 및 단점을 포함한 동기복조 후 신호의 모듈러스를 계산하는 단계로 구성된다. 이는 또한 명시된 바와 같이 전자기력의 진폭이 본 발명에 따른 센서로 변위측정을 행하기 위한 바람직한 측정량이나, 유한한 값의 부하가 2차권선의 단자(부하 적용)에 연결된 경우 2차권선에서 위상, 주파수, 또는 전력과 같은 다른 전기측정량들로부터 결코 배제되지 않는것도 명시된다.

- [0029] 유도 변위센서, 및 보다 상세하게 와전류 위치센서의 예들이 특허 EP0182085에 기술되어 있다.
- [0030] 그러나, 공지의 유도 변위센서는 다양한 결함을 포함한다. 특히, 공지의 센서들은 상대적으로 조립 부정확(오정렬, 경사 및/또는 타겟/트랜스듀서 거리)뿐만 아니라 산업적 사용에 문제를 제기한 측정영역 부근에서 도전부의 유무에 민감하다. 센서의 선형성 결함과 관련된 문제들도 또한 발생할 수 있다. 더욱이, 공지의 센서에서 타겟의 위치 및/또는 변위의 추정에 대한 정확도와 강건성이 개선될 가치가 있다. 더욱이, 몇몇 타입의 공지의 센서들의 측정범위 영역을 늘리 수 있는 것이 바람직하다. 또한, 공지의 센서의 한가지 결함은 센서들이 상대적으로 약하다는 것으로, 이는 몇몇 타입의 애플리케이션에 특히 산업환경에 문제를 일으킨다.
- [0031] 공지의 센서들 중 일부 또는 모두를 개선할 유도 변위센서들을 갖는 것이 바람직할 것이다.
- [0032] 매우 특별한 관심은 각변위센서, 및 보다 상세하게는 대략 평평한 통상의 모양을 갖는 각변위센서, 가령, 통상의 디스크 형태를 갖는 센서, 각(角)개구가 360° 이하인 원형의 환형스트립 형태를 갖는 센서에 있다. 그러나, 하기의 내용을 읽으면, 본 출원에 기술된 실시예들의 모든 예들, 실시예, 및 대안적인 실시예들도 다른 타입의 유도 변위센서들, 가령 상술한 특허 EP0182085에 기술된 타입의 유도성 선형변위센서들에 적용될 수 있음을 이해할 것이다. 다른 타입의 유도 변위센서에 대한 본 출원에 기술된 실시예들의 예의 적용은 당업자의 이해범위 내에 있고 따라서 하기에 상세히 설명하지 않는다.
- [0033] 예시적인 그러나 비제한적인 예로써, 본 출원에 기술되고 도면에 예시된 유도성 센서들은 5mm 내지 200mm, 바람직하게는 40mm 내지 50mm의 특정한 치수(각센서에 대해서는 직경 및 선형센서에 대해서는 폭)를 갖는다.
- [0034] 도 1a 및 1b는 각각 통상의 디스크 형태를 갖는 평면 타입의 유도성 각변위센서(100)의 예를 개략적으로 나타낸 정면도 및 프로파일도이다.
- [0035] 센서(100)는 도전 1차권선(101) 및 도전 2차권선(103)을 포함한 트랜스듀서(110)를 구비한다. 도 1b에서, 트랜스듀서(110)의 1차 및 2차 권선은 상세히 설명하지 않았다. 바람직하기로, 1차권선(101)은 권선방향이 반대이고 반경들이 별개인 2개의 대략적으로 원형이고 동심이며 공면(共面)의 도전성 턴(conductive turns) 또는 루프(101a, 101b)를 포함한다. 1차권선(101)의 각 턴(101a, 101b)은 적어도 1회전, 바람직하게는 복수의 회전들을 포함한다. 턴(101a, 101b)은 바람직하게는 연이어 연결되어 세기는 동일하나 흐름방향이 반대인 전류가 가로지르게 되나, 선택적으로 병렬로 연결될 수 있어 단자들에서 (바람직하게는 2개의 턴들에서 전류흐름방향이 반대가 되도록 가해진) 동일한 전압을 보게 된다. 도 1의 1차권선배열의 예에 대한 이점은 2개의 턴들 사이에 위치한 환형스트립에 실질적으로 균일하고, 실질적으로 이 스트립 외부에는 0인 여기장을 발생시킬 수 있다는 것이다. 대안으로, 1차권선(101)은 (하나 또는 복수의 회전으로) 1회 턴을 포함할 수 있다. 보다 일반적으로, 1차권선(101)은 트랜스듀서의 측정영역에서 전자기장을 발생하도록 설비된 (하나 또는 복수의 회전으로 각각) 하나 또는 복수의 동심 턴들을 포함할 수 있다. 기술된 실시예들은 1차권선의 이들 특정 배열에 국한되지 않는다.
- [0036] 나타낸 예에서, 2차권선(103)은 턴들(101a 및 101b) 간에 위치한 원형의 환형스트립 형태로 공간상으로 설비된 도전성 턴 또는 루프로 구성된다. 권선(103)은 가령 대략 턴(101a 및 101b)과 동일면에 또는 실질적으로 나란한 면에 위치된다.
- [0037] 이 예에서, 정면도로, 턴(103)은 실질적으로 턴들(101a 및 101b)에 의해 정의된 환형스트립의 각개구(α)를 갖는 각섹터의 외형을 따른다. 턴(103)은 특히 환형스트립부의 외형의 반경부와 직교-반경부를 포함한다. 이런 권선은 α° 범위에 걸친 각위치측정을 가능하게 한다. 나타낸 예에서, 턴(103)의 각개구(α)는 대략 30°이다. 그러나, 기술된 실시예들은 이 특정한 경우에 국한되지 않는다. 대안으로, 각도(α)는 0 내지 180° 사이의 임의의 값을 채택할 수 있다. 턴(103)은 바람직하게는 1회전을 포함하나 선택적으로 복수의 회전들을 포함할 수 있다. 1차권선(101) 및 2차권선(103)은 가령 두께가 수 마이크로미터에서 수 밀리미터의 웨이퍼 형태로 가령 PCB("인쇄회로기판") 타입 기판의 동일한 유전체 기판(미도시)에 및 기판 상에 설비된다.
- [0038] 센서(100)는 트랜스듀서로부터 0이 아닌 거리에 위치되고 트랜스듀서에 대해 이동하는데 적합한 도전패턴(107)

을 포함한 타겟(111)을 더 포함한다. 도 1a에서, 타겟의 도전부(107)만이 표현되어 있다. 이 예에서, 타겟(111)의 도전패턴(107)은 실질적으로 트랜스듀서의 턴(103)의 패턴에 의해 정의된 환형스트리부와 동일한 모양을 갖는다. 타겟은 턴들(101a 및 101b)의 중심을 지나는 트랜스듀서의 면에 직각인 Z축 주위로 회전가능하게 실장되므로, 타겟이 Z축 주위로 각도(2α)만큼 회전할 경우, (각개구(α)를 갖는) 도전패턴(107)이 트랜스듀서의 2차권선(103)의 턴에 의해 정의된 환형스트리부의 면을 대략 전체적으로 덮고 그후 대략 전체적으로 노출시킨다. 비제한적인 예로써, 타겟은 가령 디스크 형태로 유전체 재료로 제조된 플레이트로 구성될 수 있고, 트랜스듀서를 향해 지향된 일면은 부분적으로 도전성 재료층, 선택적으로, 도전패턴(107)을 이루는 자기성인 가령, 금속층, 예를들어 철층, 스틸층, 알루미늄층, 구리층 등으로 코팅된다. 대안으로, 타겟은 턴들(101a 및 101b)에 의해 정의된 환형스트리부 위로 트랜스듀서에 대해 회전 이동할 수 있도록 임의의 적절한 수단에 의해 실장된 도전패턴(107)의 형태로 커팅된 금속판의 일부만으로 구성될 수 있다.

[0039] 트랜스듀서(110)에 대한 타겟(111)의 각위치(θ)에 따라 센서의 2차권선(103)의 단자에서 기전력(V)의 진폭의 진행을 나타낸 도 2를 참조로 도 1a 및 1b의 센서(100)의 동작을 설명한다.

[0040] 동작에서, 1차권선(101)에 있는 전기수단에 의해 교류전류(I_p)의 흐름이 가해진다. 1차권선(101)에서 교류전류(I_p)의 흐름은 타겟이 없는 상태에서 2차권선(103)이 가로지르는 원형의 환형스트리부에서 회전에 의해 실질적으로 대칭 분포를 갖는 전자기장(B)을 생성한다. 비제한적인 예로써, 1차권선에 인가된 대안적인 여기전류(I_p)의 주파수는 500KHz 내지 50MHz 사이(가령 4MHz)이다. 전류(I_p)의 진폭은 가령 0.1mA 내지 100mA 사이(가령 2mA)이다. 타겟(111)이 없는 상태에서, 또는 더 일반적으로, 타겟의 도전패턴(107)이 2차권선(103)을 커버하지 않을 경우, 2차권선(103)은 주파수가 실질적으로 1차권선의 여기주파수와 같고 원리상 0와 다른 진폭을 갖는 교류 EMF(V)를 양단 간에 공급한다. 타겟(111)의 도전패턴(107)이 2차권선(103)의 전부 또는 일부를 커버할 경우, 턴(103) 부근의 공간 전기장 분포는 턴(103)에 대면해 위치한 도전패턴(107)의 표면부의 변위 및 배열에 따라 변한다. 다른 공식은, 1차권선에서 전류(I_p)의 흐름에 의해 발생된 자기여기의 영향 하에서, 턴(103)에 대면해 위치한 패턴(107)의 표면부의 변위 및 배열에 따라 전자기장의 공간 분포의 변형을 유도하며 와전류가 도전패턴(107)에 나타나는 것을 고려하는 것으로 구성된다. 턴(103)에 대면해 위치한 패턴(107)의 표면부의 변위 및 배열에 따라 전자기장의 공간 분포의 이러한 변경 및 변형은 턴(103)에 대면해 위치한 패턴(107)의 표면부의 변위 및 배열에 따라, 유도에 의해, 2차권선의 단자에서 전압범위의 진폭(V)에서의 변형 또는 변경에 의해 전달된다.

[0041] 비제한적인 예로써, 타겟은 θ=-α° 에서 θ=+α° 까지 각위치 범위내에서 트랜스듀서에 대해 Z축 주위로 회전 이동될 수 있음이 고려된다. 위치 θ=-α° 는 도 1a에 나타낸 배열에 해당하는 것으로 임의로 간주되며, 도전패턴(107)은 턴(103)을 감추지 못하나, 위에서 보면, 턴(103)의 반경방향 예지에 인접한 반경방향 예지를 갖는다. 이와 같이, -α° 에서 0° 에 이르는 각위치(θ)에 대해, 턴(103)에 대면해 위치한 도전패턴(107)의 부분의 표면적은 각위치(θ)가 증가할 때 증가하고, 0° 에서 +α° 에 이르는 각위치(θ)에 대해, 턴(103)에 대면해 위치한 도전패턴(107)의 부분의 표면적은 각위치(θ)가 증가할 때 감소한다. θ=-α° 에서 θ=+α° 에 이르는 각위치 범위 밖이면, 2차권선(103)의 턴에 대면한 도전패턴(107)의 부분의 표면적은 0이고, 트랜스듀서에 대해 타겟(111)의 위치 및/또는 변위를 측정할 수 없다.

[0042] 유도 변위센서의 2차권선의 단자에서 측정된 전압범위의 진폭(V)은 이론상 2차권선에 대면해 위치한 타겟의 도전패턴의 표면적의 일부분의 면적에 비례한다. 이처럼, 도 2에서 알 수 있는 바와 같이, -α° 에서 0° 에 이르는 각위치(θ)에 대해, 신호(V)는 각위치(θ)가 증가할 때 θ=-α° 에 대해 높은 값(V_{max})에서 θ=0° 에 대해 낮은 값(V_{min})까지 변하며 감소하고, 0° 에서 +α° 에 이르는 각위치(θ)에 대해, 신호(V)는 각위치(θ)가 증가할 때 θ=0° 에 대해 낮은 값(V_{min})에서 θ=+α° 에 대해 높은 값(V_{max})까지 변하며 증가한다. 따라서, 신호(V)는 이론상 -α° 에서 +α° 에 이르는 각범위에 걸쳐 V_{min} 내지 V_{max} 사이에 선형적으로 변하는 삼각신호이다. 실제로, 신호(V)는 비선형 영역이 있고 따라서 사인형 형태를 갖는 경향이 있음을 하기에서 보게 된다.

[0043] 이와 같이, θ=-α° 에서 θ=0° 까지 각위치 범위에 있거나, θ=0° 에서 θ=+α° 까지 각위치 범위에 있으면, 2차권선(103)의 단자에서 기전력 범위의 진폭(V)에 대한 측정으로 트랜스듀서에 대해 타겟의 각위치(θ)가 결정될 수 있다. 신호(V) 값이 상술한 2개의 각위치에서 타겟의 각위치(θ)에 따라 변하나, 신호(V)의 측정으로 -α° 에서 0° 까지 범위의 위치값들과 0° 에서 +α° 까지 범위의 위치값들이 식별될 수 있다(비전사 측정). 따라서, 실제로 센서(100)에 의해 측정될 수 있는 각위치 범위의 영역은 각(α)이 180° 를 초과하지 않는다면 대략 α° 와 같다.

- [0044] 도 3a 및 3b는 일반적인 디스크 형태를 갖는 유도성 각위치센서의 다른 예를 개략 도시한 정면도이다. 이 센서는 도 3a에 표현된 트랜스듀서(112)와 도 3b에 표현된 타겟(114)을 포함한다. 도 3b의 타겟(114)은 본질적으로 도전패턴에 의해 도 1a의 타겟(111)과 다르다. 특히, 도 3b의 타겟(114)은 더 이상 하나의 도전패턴(107)을 포함하는 게 아니라 타겟에 단단히 연결되고 트랜스듀서에 대해 이동하기 적절한 N개의 도전패턴(117_i) 세트를 포함하는 점에서 도 1a의 타겟(111)과 다르며, 여기서 N은 2 이상의 정수이고 i는 1에서 N에 이르는 정수이다. 도 3a의 트랜스듀서(112)는 본질적으로 2차권선(113)의 모양에 의해 도 1a의 트랜스듀서(110)와 다르다. 특히, 도 3a의 트랜스듀서(112)의 2차권선(113)은 더 이상 하나의 도전 턴을 포함하는 게 아니라 N개의 도전 턴(113_i) 세트를 포함한다. 도 3b의 타겟(114)은 도 1a 및 1b에 대해 기술된 바와 유사하거나 동일하게 도 3a의 트랜스듀서(112)에 대해 회전가능하게 실장되도록 되어 있다.
- [0045] 이 예에서, 정면도에서, 도전패턴(117_i) 세트와 도전 턴(113_i) 세트는 실질적으로 N개의 동일한 패턴들, 각각 117_i 및 113_i의 회전에 의한 반복으로 구성된다. 이들 패턴들의 회전에 의한 반복은 2a의 공간주파수로 수행된다. 즉, 각개구가 실질적으로 α° 인 각각의 패턴은 실질적으로 α° 인 직교반경범위의 빈 원형의 환형스트립의 일부분에 의해 최근접 이웃으로부터 이격되어 있다.
- [0046] 일반적인 형태가 폐원형의, 즉, 각개구가 360° 인, 환형스트립인 센서들에 대해, 패턴의 각개구(α) 값은 바람직하게는 회전당(360° 에 걸쳐) 정수의 패턴반복을 보장하기 위해 $\alpha=360^\circ / 2N$ 이도록 선택된다. 도 3a 및 3b의 예에서, N=6이고 $\alpha=30^\circ$ 이다.
- [0047] 다시 말하면, 도 3a의 트랜스듀서는 연이어 N개 루프 또는 턴(113_i)을 포함하는 2차권선(113)을 포함한다. 각 턴(113_i)은 도 1a의 턴(103)과 동일한 타입의 원형 밴드스트립 섹터의 형태를 갖고, 각치수는 대략 $\alpha=360^\circ / 2N$ (즉, 이 예에서 $\alpha=30^\circ$)이다. N개의 턴들(113_i)이 1차권선(101)의 턴들(101a 및 101b)에 의해 대략 정의된 원형의 환형스트립의 360° 를 따라 규칙적으로 분포된다. 즉, 2차권선의 2개의 턴들(113_i)은 각도가 대략 α 인 환형스트립부에 의해 이격되어 있다.
- [0048] 도 3b의 타겟은 N개의 도전패턴들(117_i)을 포함한다. 각 패턴(117_i)은 도 1의 도전패턴(107)과 동일한 타입의 원형 밴드스트립 섹터의 형태를 갖고, 각치수는 대략 $\alpha=360^\circ / 2N$ 이다. N개의 패턴들(117_i)이 턴들(113_i)을 포함한 트랜스듀서의 환형스트립에 대면해 위치되도록 되어 있는 타겟의 환형스트립을 따라 규칙적으로 분포된다.
- [0049] 이하 본 출원에서, 멀티-폴 센서라는 용어는 도 3a 및 3b를 참조로 기술된 타입의 센서들을 말하며, N은 센서의 폴들의 개수를 나타낸다. 도 1a의 예에서, α 가 180° 값을 채택하면, 하나의 폴 쌍을 가진 센서를 말한다. 보다 상세하게, 멀티-폴 센서라는 용어는 기본 도전패턴이 트랜스듀서에 대한 타겟의 변위 자유도로 평행방향을 따라(상술한 타입의 각센서에서 직교반경방향을 따라) 타겟 상에 적어도 2회 규칙적으로 반복되는 센서를 뜻한다.
- [0050] 복수의 폴 쌍을 가진 전기모터의 전기주기와 유사하게, 2개의 인접한 패턴들(117_i) 간에 각개구 및 2개의 인접한 패턴들(113_i) 간에 각개구가 센서의 전기주기인 것으로 참조하라. 도 3a 및 3b에서, 도전패턴들이 각개구(α°)를 갖고, 이들 패턴들 간에 중공이 각개구(α°)를 또한 갖는 특정한 센서의 경우, 전기주기는 $2\alpha^\circ$ 이고, 반대로, 도전패턴의 각개구는 센서의 전기 절반주기와 같으며, 이는 바람직하나 유일하지 않은 경우이다. 설계에 의해, 일반적인 모양이 폐원형의 환형스트립인 센서들에 대해, 전기주기는 바람직하게는 360° 의 약수인데, 이는 $\alpha=360^\circ / 2N$ 이기 때문이다. 이런 면에서, 멀티-폴 유도센서는 $2\alpha^\circ$ 의 전기주기의 절반과 같은 α° 의 측정범위를 갖는다. 도 1a의 예에서, α 가 180° 값을 채택하면, 전기주기는 360° 이고, 측정범위는 대략 전기주기의 절반, 즉 180° 이다. $\alpha=30^\circ$ 인 도 3a 및 3b의 예에서, 전기주기는 $2\alpha=60^\circ$ 이고, 측정범위는 대략 전기주기의 절반, 즉 $\alpha=30^\circ$ 이다.
- [0051] 도 4는 트랜스듀서에 대한 타겟의 각위치(θ)에 따라 도 3a 및 3b의 센서의 2차권선(113)의 단자에서 기전력 범위의 진폭(V)의 진행을 나타낸 도면이다.
- [0052] 도 4에 나타난 바와 같이, 트랜스듀서에 대한 타겟의 각위치(θ)가 0° 에서 360° 로 변하면, 신호(V)는 높은 값(V_{max}) 및 낮은 값(V_{min}) 간에 주기적으로 변화하며, 변화의 각주기는 대략 센서의 전기주기(2α)와 같다.
- [0053] 도 3a 및 3b의 센서가 측정하기 적합한 각위치(θ) 범위의 진폭은 대략 전기주기의 절반, 즉, α° 이다.
- [0054] 도 1a 및 1b의 센서에 대한 도 3a 및 3b의 센서의 한가지 이점은 타겟과 트랜스듀서에 분포된 매우 많은 패턴들

이 확장된 측정영역에 분산측정을 가능하게 한다는 것이며, 각 패턴은 국소적으로 그리고 설계에 의해 전체 기전력의 발생에 기여하며, 이 기전력은 도 1a 및 1b의 센서에서보다 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치 오차에 더 영향을 받지 않으며, 행해진 측정은 하나의 패턴세트(107-103)를 이용해 행해진 국소적 측정이다. 측정의 이런 강건성은 센서의 극 쌍들의 개수(N)가 증가함에 따라 특히 커진다.

- [0055] 도 5는 도 3a 및 3b의 센서의 다른 실시예를 도시한 것이다. 도 5에서, 센서의 트랜스듀서만 도시했고, 타겟은 도 3b의 타겟과 동일하다.
- [0056] 도 5의 센서의 트랜스듀서는 도 3a의 트랜스듀서와 동일한 요소들을 포함하고, 연이어 N개 루프 또는 턴들(113_i')을 포함한 2차권선(113')을 더 포함한다. 명확히 하기 위해, 권선(113)의 다른 루프들(113_i) 간에 연결 및 권선(113')의 다른 루프들(113_i') 간에 연결은 도 5에 도시하지 않았다. (대시선으로 표현된) 2차권선(113')은 실질적으로 (실선으로 표현된) 2차권선(113)과 동일하며, 2차권선(113)에 대해 센서의 전기주기의 1/4에 해당하는, 즉, 대략 $\alpha/2$ 인 각도 오프셋으로, 2차권선(113)과 동일한 트랜스듀서의 환형스트립에 설비된다.
- [0057] 도 6은 트랜스듀서에 대한 타겟의 각위치(θ)에 따라 도 5의 센서의 2차권선(113)의 단자에서 기전력의 범위의 (실선으로서) 진폭(V)의 진행, 및 도 5의 센서의 2차권선(113')의 단자에서 기전력의 범위의 (대시선으로서) 진폭(V')의 진행을 표현한 도면이다.
- [0058] 도 6에 나타난 바와 같이, 트랜스듀서에 대한 타겟의 각위치(θ)가 0° 에서 360° 로 변하면, 신호(V 및 V')는 높은 값(V_{max}) 및 낮은 값(V_{min}) 간에 주기적으로 변하며, 변화주기는 센서의 전기주기, 즉, 이 예에서 대략 $2\alpha^\circ$ 이고, 서로에 대한 각도 오프셋은 실질적으로 센서의 전기주기의 1/4, 즉, 이 예에서 대략 $\alpha/2^\circ$ 이다.
- [0059] 도 3a 의 트랜스듀서에 대한 도 5의 트랜스듀서의 한가지 이점은 센서가 측정하기 적합한 각위치(θ) 범위를, 도 3a 및 3b의 예에서 절반주기(즉, α°) 대신에, 대략 전체 전기주기(즉, $2\alpha^\circ$)까지 확장시킬 수 있다는 것이다.
- [0060] 도 7은 도 3a 및 3b의 다른 대안적인 실시예를 도시한 것이다. 도 7에, 센서의 트랜스듀서만 도시했고, 타겟은 도 3b의 타겟과 같다.
- [0061] 도 7의 센서의 트랜스듀서는 본질적으로 2차권선의 형태에 의해 도 3a의 트랜스듀서와 다르다. 도 7에서 센서의 트랜스듀서는 연이어 상호연결된 교번하는 권선방향들의 2N개 루프들 또는 턴들을 포함한 2차권선(123)을 포함한다. 다시 말하면, 2차권선(123)은 2N개 패턴의 전기회로들 또는 턴들을 포함하고, 각각은 반대로 연이어 최근 접 이웃에 연결된다. 보다 상세하게, 권선(123)은 실질적으로 도 3a에서 트랜스듀서의 N개 턴들(113_i)과 같은 동일한 권선방향의 N개 턴들(123_{i+})을 포함하고, 반대 권선방향의 N개 턴들(123_{i-})을 더 포함하며, 각 턴(123_{i-})은 2개 연속 턴들(123_{i+}) 사이에 배열되고, 각 턴(123_{i-})은 턴들(123_{i+})과 동일한 타입의 원형의 환형스트립 섹터의 모양을 갖는다. 명확히 하기 위해, 권선(123)의 턴들(123_{i+} 및 123_{i-}) 간에 연결은 도 7에 도시하지 않았고, 2개의 권선방향들은 턴들(123_{i+})에 대해 +부호로 그리고 턴들(123_{i-})에 대해 -부호 개략 표시했다.
- [0062] 보다 상세하게, 도 7의 예에서, 각 턴(123_{i+} 및 123_{i-})의 각개구(α)는 더 보기 쉬운 그래픽 표현을 할 수 있도록 전기주기의 절반 미만이게 엄격히 선택했다. 실제로, 각 턴(123_{i+} 및 123_{i-})의 각개구(α)는 낮은 값, 정확한 값, 또는 더 큰 값을 이용해 전기주기의 절반에 근사할 수 있다. 각개구가 실시예의 바람직하나 유일하지 않은 예인 전기주기의 정확히 절반인 특정한 경우, N개 턴(123_{i+})의 각개구와 N개 턴(123_{i-})의 각개구의 합은 360° 이거나, 다시 말하면, 2개의 인접한 턴들(123_{i+} 및 123_{i-})의 구성 반경트랙들이 Z축이 가리키고 센서의 중심을 중심으로 갖는 기준프레임{R, θ } (미도시)에서 동일한 공간좌표를 공유한다. 그러나, 이는 명백히, 트랙들이 Z축을 따라 2개의 별개의 면에 위치될 수 있는 한, 이들 트랙들이 병합되고 턴들(123_{i+} 및 123_{i-})이 단락되는 것을 의미하지 않는다.
- [0063] 2개의 인접한 턴들(123_{i+}) 간에 공간반복주기와 2개의 인접한 턴들(123_{i-}) 간에 공간반복주기는 턴들(123_{i+} 및 123_{i-})의 각개구(α)에 무관하게 센서의 한 전기주기와 같게 유지된다. 센서의 전기주기 절반과 다른 각개구를 갖는 이와 같은 턴 세트의 사용의 바람직하나 비제한적인 예는 도 7에 도시된 바와 같이 턴들(123_{i+} 및 123_{i-})을 규칙적으로 직교반경방향으로 분포시키는 것으로 구성된다.

- [0064] 도 8은 트랜스듀서에 대한 타겟의 각위치(θ)에 따라 도 7에서 센서의 2차권선(123)의 단자에서 기전력 범위의 진폭(V)의 진행을 나타낸 도면이다.
- [0065] 도 8에 나타낸 바와 같이, 트랜스듀서에 대한 타겟의 각위치(θ)가 0° 에서 360° 로 변하면, 신호(V)는 높은 값(V_{max}) 및 낮은 값(V_{min}) 간에 주기적으로 변하며, 변화의 각도주기는 대략 1 전기주기와 같다.
- [0066] 도 3a의 트랜스듀서에 대한 도 7의 트랜스듀서의 한가지 이점은 진폭(V)이 대략 0볼트 주위($V_{min} \approx -V_{max}$)에 집중되어 있다는 점이다. 보다 일반적으로, 가령 도 7을 참조로 기술된 바와 같이 공간상 차동 측정을 이용함으로써 값들(V_{min} 및 V_{max})에 대해 평균진폭(V)이 낮아질 수 있다. 이는 변위를 추정하는 목적으로 측정 프로세싱을 간략히 하고, 특히 표류 및 기생 교란(parasitic disturbances)의 영향을 감소시킨다.
- [0067] 실제로, 기생효과와 관련된, 즉, 타겟의 변위로 인해 발생하지 않은, 진폭(V)의 몇몇 변화들은 도 7의 센서의 경우 이득변화로 단지 전해지는 반면, 이들은 도 3a의 센서의 경우 이득변화와 오프셋 변화 모두에 의해 전해진다. 이는 타겟-트랜스듀서 거리의 기생 변화로 인해 가령 1차권선, 타겟, 및 2차권선 간에 결합계수가 변하는 경우이다. 더욱이 이는 여기전류의 진폭이 변하는 경우, 가령 전원 전압이 기생 변동하는 경우 또는 가령 트랜스듀서와 타겟의 온도 및 상대거리에 따라 1차권선의 전기속성들이 표류하는 경우이다.
- [0068] 게다가, 도 7의 예에서, 외부장이 타겟 변위에 대한 정보를 담지 않는 2차권선의 결합은 측정의 공간상 차동특성으로 인해 상당히 감소된다. 이는 특히 EMF 진폭의(타겟 위치에 무관한) 일정한 부분을 유도하는 1차권선에 의해 발생된 전자기장의 일부이나, 또한 2차권선(123) 부근에 실질적으로 균일한 분포를 띠는 임의의 외부 전자기 간섭에 대한 경우이다.
- [0069] 도 7의 다른 실시예는 전기주기의 1/4만큼 각도적으로 오프셋되고 대략 0볼트로 맞춰진 2개의 진폭신호들(V 및 V')을 얻기 위해 도 5의 대안적인 실시예와 조합될 수 있다.
- [0070] EMF 범위의 진폭(V)은 대략 0볼트로 맞춰져있다는 사실이 반드시 변조된 기전력이 주파수 변환 및 필터링 방법의 이행 전에 상기 속성들을 검증한 것을 의미하는 게 아님에 유의해야 한다. 전반적으로, 정의된 전기 전위(가령 전기적 크기)에서 2차권선의 2개 단자들 중 하나의 자발적 참조로 인해 또는 2차권선에서 고임피던스 측정의 경우 주변의 전위(가령 기계적 크기)에 평균전위의 정전용량적 결합에 의한 참조로 인해 (변조된)기전력은 0이 아닌 평균값을 갖는다. 기전력의 평균값에 가해지는 이러한 실례는 또한, 기원에 무관하게, 변조 주파수에 대해 $-\Delta f$ 에서 $+\Delta f$ 의 관심 주파수 대역을 벗어나 있거나, 다시 말하면, 주파수 변환방법에 이어 0 주파수에 대해 $-\Delta f$ 에서 $+\Delta f$ 의 관심 주파수 대역을 벗어나 있는 전기신호의 임의의 주파수 성분에도 적용될 수 있다.
- [0071] **제 1 태안**
- [0072] 도 9a는 (2개의 2차권선들이 전기주기의 1/4만큼 공간상으로 오프셋된) 도 5 및 (각 2차권선이 교번하는 권선 방향들의 2N개 턴들을 포함한) 도 7의 실시예 옵션들과 결합해 상술한 타입의 유도센서에서 각위치(θ)에 따른 진폭신호들(V 및 V')의 예상된 이론적 진행을 표현한 도면이다. 도 9a에 나타낸 바와 같이, 예상된 이론적 진폭신호들(V 및 V')은 각도 오프셋이 서로에 대해 전기주기의 1/4이고 값들(V_{min} 내지 V_{max}) 간에 선형으로 변하며 센서의 전기주기와 같은 주기를 갖는 삼각주기신호들이다. 실제로, 이론상, 상술한 특허 EP0182085(12단, 22째 줄에서 57째줄)에 나타낸 바와 같이, 유도센서의 2차권선의 단자에서 측정된 전압범위의 진폭은 이 2차권선에 대면해 위치한 타겟의 도전패턴들의 표면부 면적에 비례한다. 그러나, 상술한 실시예들의 예에서, 전기회로패턴 또는 턴에 대면해 위치한 타겟의 도전 표면부는 도 7에서 패턴(123₊) 및 패턴(123₋)에 대해 각위치(θ)에 따라 선형으로 변한다. 따라서, 신호(V 및 V')는 위치(θ)에 따라 부분들 만큼 선형으로 변해야 한다.
- [0073] 그러나, 본 발명자는 실제로 위치(θ)에 따른 신호(V 및 V')의 변화가 일반적으로 센서의 전기주기에서 넓은 비선형영역들을 갖는 것을 관찰했다. 보다 상세하게, 실제로, 위치(θ)에 따른 신호(V 및 V')의 변화는 사실상 센서의 전기주기에서 범위가 축소된 실질적으로 2개의 선형영역들을 갖고, 이들 영역들은 진폭(V 및 V')의 제로 크로싱에 대략 맞추어져 있으나, 이들 선형영역들 사이에, 포화된 사실상 적은 선형영역들이 삽입되며, 이들 영역들은 진폭(V 및 V')의 극단에 대략 맞추어져 있다.
- [0074] 위치(θ)에 따른 진폭(V 및 V')의 낮은 선형성은 결합을 수반한다. 특히, 비제한적인 예로써, 선형성이 감소된 범위를 가짐으로써 특허 FR2914126 및 FR2891362에 기술된 신호처리방법에서의 완전한 이점을 가질 수 없게 된다.
- [0075] 도 9b는 상술한 타입의 유도센서에서 각위치(θ)에 따른 신호(V 및 V')의, 대표적으로 실제로 얻은, 실제 진행

을 나타낸 도면이다. 도 9b에 나타낸 바와 같이, 신호(V 및 V')는 선형범위라고 하는 센서의 측정범위의 감소된 각범위(α_L)의 부분들에서만 단지 선형으로 변환다. 예로써, 각각의 선형범위(α_L)는 센서의 전기 절반주기의 20% 내지 90% 범위(도시된 예에서 α°)를 갖는다. 선형범위(α_L)는 실질적으로 진폭(V)에 대한 선형근사(V_L)를 찾을 수 있는 진폭(V)의 평균값에 집중된 가령 최대 각범위로 정의되므로, 선형근사(V_L) 및 진폭(V) 간의 차(E_L)는 임계치(E_{L0})미만이며, 임계치(E_{L0})는 진폭(V)의 극치의 퍼센트로서, 가령, 센서에 대해 추구되는 선형도에 따라 진폭(V)의 극치의 0.01% 내지 10% 사이 값 범위로 정의된다. 다시 말하면, 선형범위(α_L)는, 설정값(E_{L0})의 1 최대 근사 내에서, 진폭(V)이 실질적으로 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치에 따라 선형으로 변하는 최대 각범위이다. 실제로, 이는 일반적으로 반대로 행동하도록, 즉, 가령 주어진 각범위(α_L)에 걸쳐 그러나 엄격하지는 않게 측정을 하도록 추구되는 각범위에 걸쳐 최대 선형오차(E_{LM})를 평가하도록 추구된다. 또한, 센서의 선형성을 평가하는 다른 방식은 주어진 범위(α_L)에 대해 진폭(V)과 선형근사(V_L) 간에 최대 차로써 정의된 선형오차(E_{LM})를 평가하는 것이다. 바람직하기로 그러나 엄격하지는 않게, 2개의 2차권선을 가진 센서에 대해 추구되는 선형 범위는 전기 절반주기의 적어도 50%, 가령, 피측정 변위들이 가파르고 복수의 진폭 샘플들의 관찰이 전기 절반 주기의 50%를 넘어가는 게 필요한 경우 전기 절반주기의 50% 내지 80%이다. 다른 바람직한 예에서, 2차권선을 가진 센서에 대해 추구되는 선형범위는 전기 절반주기의 적어도 33%, 가령, 피측정 변위들이 가파른 경우 전기 절반주기의 33% 내지 50%이다. 이하, 다르게 명시하지 않는 한 그리고 배제적 선택인 것으로 간주되지 않는 한, 설명은 2차권선을 가진 센서를 나타내는데 국한되고, 읽기 용이함을 위해, 설명은 이들 용어들을 명백히 언급하지 않아도 그리고 단지 선형오차(E_L)를 언급함으로써 이들 용어들 하에 정의된 선형오차를 참조로 전기 절반주기의 50% 선형범위에 걸친 추구된 선형오차를 표현하는데 국한된다.

[0076] 본 발명자는 특히, 주어진 타겟-트랜스듀서 거리에 대해(및 주어진 범위(α_L)에 대해), 선형오차(E_L)는 일반적으로 센서의 폴들의 개수(N)가 증가함에 따라 증가하는 것을 관찰했다.

[0077] 그러나, 이 제한은 이런 사용이 상술한 바와 같이 강건한 측정을 보장하기 위해 일반적으로 매우 많은 폴들, 대표적으로 N=6개 폴들을 필요로 하는 한 유도센서의 산업적 사용을 가리키지 않는다.

[0078] 특히 센서에 공급된 진폭의 프로세싱을 용이하게 하기 위해 유도 변위센서들, 및 특히 기존 센서들보다 더 낮은 선형오차(또는 더 넓은 선형범위)를 가진 멀티-폴 센서들을 가질 수 있는 것이 바람직할 수 있다. 비제한적인 예로써, 선형범위를 확장하는 것은 특허 FR2914126 및 FR2891362에 기술된 신호처리방법에 이점적일 수 있다.

[0079] 제 1 태양에 따르면, 유도 변위센서에서 그리고 특히(그러나 유일하지 않은) 멀티-폴 센서, 가령 2개 이상의 폴 쌍들을 갖는 센서 및 바람직하게는 6개 이상의 폴 쌍들을 갖는 센서에서, 소정의 각도범위(α_L)에 걸쳐, 가령 2개의 2차권선들을 가진 센서에 대해 센서의 전기 절반주기의 반에 위로 뻗어 있는 범위(α_L)에 걸쳐, 또는 3개의 2차권선을 갖는 센서에 대해 전기 절반주기의 1/3 위로 뻗어 있는 범위(α_L)에 걸쳐 선형오차(E_L)를 줄이려고 노력한다. 센서의 선형범위의 크기, 즉, 센서의 측정범위에 포함된 위치범위의 크기를 늘리도록 노력하는 것이 또한 고려될 수 있고, 센서의 2차권선의 단자에서 기전력 범위의 진폭은 트랜스듀서에 대한 타겟의 각위치(θ)에 따라 대략 선형으로 변환다.

[0080] 본 발명자가 행한 연구에 따르면 유도센서의 선형범위의 크기는 때로 에어갭이라고 하는 타겟-트랜스듀서 거리(d), 즉, 트랜스듀서의 2차권선(들)의 중앙면과 타겟의 도전패턴 사이 거리에 따르는 것으로 입증되었다. 예로써, 타겟-트랜스듀서 거리(d)는 트랜스듀서의 2차권선(들)의 중앙면과 트랜스듀서를 향해 지향된 타겟의 도전패턴의 표면 사이 거리인 것으로 정의된다.

[0081] 도 10은, 상술한 타입의 (N=6 폴 쌍인, 도 7을 참조로 기술된 타입의) 유도센서에서 복수의 별개 타겟-트랜스듀서 거리들에 대해, 타겟의 각위치(θ)에 따라 트랜스듀서의 2차권선의 단자에서 측정된 기전력 범위의 진폭(V)의 진행을 나타낸 도면이다. 곡선(V1)은 타겟-트랜스듀서 거리(d1)에 대해 진폭(V)의 진행을 나타내고, 곡선(V2)은 d1 미만의 타겟-트랜스듀서 거리(d2)에 대해 진폭(V)의 진행을 나타내며, 곡선(V3)은 d2 미만의 타겟-트랜스듀서 거리(d3)에 대해 진폭(V)의 진행을 나타낸다. 점선 형태의 라인(V11)은 진폭(V1)의 선형근사를 나타내고, 점선 형태의 라인(V12)은 진폭(V2)의 선형근사를 나타내며, 점선 형태의 라인(V13)은 진폭(V3)의 선형근사를 나타낸다. 도 10에 나타낸 바와 같이, 신호(V)는 거리(d2 및 d1)에서 얻은 최대진폭보다 더 큰 최대진폭을, 거리(d3)에서, 갖는다. 다른 한편으로, 거리(d2)에서 진폭(V)의 선형오차(E_{L2})는 각각 거리(d1 및 d3)에서 진폭

(V)의 선형오차(E_{L1} 및 E_{L3})미만이다.

- [0082] 도 11은 유도 변위센서, 가령 도 7을 참조로 기술된 타입의 센서(N=6 폴 쌍들)의 트랜스듀서의 2차권선 단자에서 측정된 기전력 범위의 진폭(V)의 선형오차(E_L)의, 타겟-트랜스듀서 거리에 따른, 진행을 나타낸 도면이다. 이 예에서, 선형오차(E_L)는, 가령 (EMF의 이동부에 걸쳐) 센서의 전기주기 절반에 걸쳐 뻗어 있는 각위치(θ)의 소정 범위에서, 센서의 응답의 선형근사와 측정된 실제 응답 간에 최대차(절대값)와 일치한다. 도 11에 나타낸 바와 같이, 선형오차(E_L)가 최소값을 지나는 최적의 타겟-트랜스듀서 거리(d_{opt})가 있다. 보다 일반적으로, 본 발명자는 최소 선형오차가, 특히 폴 쌍들의 개수에 무관하게, 모든 타입의 유도 변위센서에서 관찰될 수 있음을 알았다. 이 최소값은 센서의 구성(및 특히 폴 쌍들의 개수)에 따른 최적의 타겟-트랜스듀서 거리에 대해 달성된다. 따라서, 이론적으로 유도센서에 무관하게 선형응답을 획득할 수 있다. 용어는, 이론적으로, 폴 쌍들의 개수(N)가 특히 많은 경우, 거리(d_{opt})는 극히 작아져 적절한 측정수단의 사용에 대한 제한된 정확도 및 제약 동안에 실제로 더 이상 측정될 수 없게 된다.
- [0083] 제 1 실시예에 따르면, 타겟-트랜스듀서 거리(d)는 센서가 측정할 진폭의 선형오차가 최소인 거리(d_{opt})의 0.8 내지 1.5배 사이인 유도 변위센서가 고려된다. 이 최적거리는 가령, 도 11에 표현된 타입의 곡선들을 좌표로 표현함으로써 테스트를 이용해 쉽게 결정될 수 있음에 유의해야 한다.
- [0084] 그러나, 본 발명자는, 실제로, 몇몇 센서들에 대해, 그리고 특히 매우 많은 폴 쌍들의 개수(N), 일반적으로 3개 이상이고 보다 상세하게 N이 6개 이상인 센서들에 대해, 선형 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리는 상대적으로 작은, 가령 0.2mm 미만일 수 있고, 이는 특히, 이런 거리가 허용될 수 없는 산업환경에서, 특히, 제조, 조립 및 사용 허용오차로 인해, 어떤 측정 타입에 문제를 제기할 수 있음을 알았다.
- [0085] 더욱이, 본 발명자는 선형 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리가 트랜스듀서 및/또는 타겟의 외직경과 같이 센서의 기하학적 파라미터들을 포함한 복수의 다른 파라미터들에 따르는 것을 알았다. 보다 상세하게, 본 발명자는 센서의 직경이 증가하면, 최적의 타겟-트랜스듀서 거리도 증가하고 상대적으로 큰, 가령 1mm 보다 큰 값을 채택할 수 있으며, 이는 몇몇 타입의 측정들, 특히 다소 컴팩트한 설계를 보장하도록 추구되는 산업환경에서 문제를 제기할 수 있음을 알았다.
- [0086] 선형 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리가 측정환경과 맞지않는(과도하게 크거나 과도하게 작은) 경우, 가능한 최근사 타겟-트랜스듀서 거리를 환경적 구속제한들에서 최적거리로 포지셔닝하고 측정신호의 수학적 처리(후처리)를 적용함으로써 비선형성을 보정하는 것을 고려할 수 있다. 그러나, 본 발명자는, 실제로, 이 방안이 정확도 및 강건성 면에서 한계가 있고, 특히 특히 FR2914126 및 FR2891362에 기술된 신호처리방법의 구현에 만족스럽지 못함을 알았다.
- [0087] 본 발명자가 제안하고 도 12a-12d, 13A-13C, 14 및 15에 도시된 제 1 방안은 선형성 면에서 타겟-트랜스듀서 거리를 충분히 증가시키도록 선택된 트랜스듀서의 1차권선으로부터 특정 거리에 놓인 추가 전자장기 가동부를 센서에 추가하는 것이다.
- [0088] 도 12a-12d는 유도성 각변위센서의 실시예에 대한 4가지 예들을 개략 도시한 횡단면도이다.
- [0089] 도 12a의 예에서, 센서는 타겟-트랜스듀서 거리(d)(이 예에서 d는 트랜스듀서의 2차권선(들)의 중앙면과 트랜스듀서를 향해 지향된 타겟의 도전패턴의 표면의 면 간의 거리)에 설치된 트랜스듀서(201)와 타겟(203)을 포함하고, 추가 장가동부를 포함하지 않는다.
- [0090] 도 12b의 예에서, 센서는 타겟-트랜스듀서 거리(d)에 설치된 트랜스듀서(201)와 타겟(203)을 포함하고, 도전성 재료로 제조된, 가령 타겟의 도전패턴과 동일한 재료로, 또는 철, 스틸, 알루미늄, 구리 등과 같이 선택적으로 자성을 띠는 임의의 다른 도전성 재료로 제조된 추가 장가동부(205)를 더 포함한다. 이 예에서, 장가동부(205)는 트랜스듀서(201) 맞은 편에 타겟(203)의 일측에 설치되고(즉, 타겟(203)은 트랜스듀서(201)와 장가동부(205) 사이에 위치되고), 타겟(203)을 향해 지향된 장가동부(205)의 표면은 바람직하게는 트랜스듀서의 중앙면과 대략 평행하며, 따라서, 또한 (조립이 부정확해지는) 타겟의 중앙면과 대략 평행하다. 장가동부(205)는 바람직하게는 센서의 변위 자유도와 평행한 방향을 따라 주기적이고, 즉, 각위치센서의 경우 (대략 타겟의 대칭축인 축 주위로) 회전에 의해 주기적이고, 가동부의 도전패턴의 공간주기는 바람직하게는 타겟의 도전패턴의 공간주기로부터 떨어져 있다. 예시적이며 비제한적인 예로써, 장가동부(205)는 회전 대칭이다. 장가동부(205)는 가동부-트랜스듀서 거리(1)에 설치되고, 이 예에서는 트랜스듀서의 1차권선(들)의 중앙면과 상기 트랜스듀서를 향해 지향된

부분의 도전패턴(들)의 표면의 면 간에 거리로서 정의된다. 장가둠부(205)는 바람직하게는 타겟에 단단히 연결된다. 즉, 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치가 변할 때 트랜스듀서에 대해 이동될 수 있다.

- [0091] 도 12c의 예에서, 센서는 타겟-트랜스듀서 거리(d)에 설치된 트랜스듀서(201)와 타겟(203)을 포함하고, 가령 도 12b의 장가둠부(205)와 동일 또는 유사한 추가 장가둠부(205')를 더 포함한다. 장가둠부(205')는 바람직하게는 회전에 의해 주기적이며, 가령 대략 트랜스듀서의 1차권선의 대칭축인 대칭축 주위로, 회전에 대칭이다. 이 예에서, 장가둠부(205')는 타겟(203) 맞은 편의 트랜스듀서(201) 측면에 배치된다(즉, 트랜스듀서(201)는 타겟(203)과 장가둠부(205') 사이에 위치된다). 장가둠부(205')는 가둠부-트랜스듀서 거리(1')에 설치된다. 예로써, 거리(1')는 트랜스듀서의 1차권선(들)의 중앙면과 트랜스듀서를 향해 지향된 부분의 도전패턴들의 표면의 면 간의 거리로 정의된다. 장가둠부(205')는 바람직하게는 트랜스듀서에 단단히 연결된다. 즉, 트랜스듀서에 대해 타겟의 위치가 변할 때 트랜스듀서에 대해 고정된다.
- [0092] 도 12d의 예에서, 센서는 타겟-트랜스듀서 거리(d)에 설치된 트랜스듀서(201)와 타겟(203), 트랜스듀서로부터 거리(1)에서 타겟(203) 맞은 편의 트랜스듀서(201) 측면에 설치된 (가령, 도 12b의 가둠부(205)와 동일 또는 유사한) 제 1 장가둠부(205), 및 트랜스듀서로부터 거리(1')에서 트랜스듀서(201) 맞은 편의 타겟(203) 측면에 설치된 (가령, 도 12c의 가둠부(205')와 동일 또는 유사한) 제 2 장가둠부(205')를 포함한다(즉, 트랜스듀서(201)와 타겟(203)은 가둠부(205 및 205') 사이에 위치된다).
- [0093] 가둠부(205 및/또는 205')는 센서의 다른 소자들에, 접촉됨 또는 공간상으로 분포되는 식으로, 전기 연결되거나 연결되지 않는다. 특히, 가둠부(205)는 타겟의 하나 또는 복수의 도전패턴들에 전기연결될 수 있고, 가둠부(205')는 트랜스듀서에 이용될 수 있는 전위로, 가령 2차권선의 한 점에서, 1차권선의 한 점에서, 또는 트랜스듀서의 접지에서, 전기연결될 수 있다.
- [0094] 도 13a는 타겟-트랜스듀서 거리에 따라 센서의 선형오차(E_L)의 진행을 표현한 도 12a-12d의 센서의 4가지 예들에 대해 각각 4개의 곡선(E_{LA} , E_{LB} , E_{LC} 및 E_{LD})을 포함한 도면이다. 각각의 곡선(E_{LA} , E_{LB} , E_{LC} 및 E_{LD})은 도 11의 곡선과 동일한 타입이다. 즉, 소정의 최적 타겟-트랜스듀서 거리(d_{optA} , d_{optB} , d_{optC} 및 d_{optD}) 각각에 대해 선형오차 값을 통과해 지난다. 도 13a에서, 거리(d_{optA})는 거리(d_{optB})보다 적고, 상기 거리(d_{optB})는 차례로 거리(d_{optC})보다 적으며, 상기 거리(d_{optC})는 차례로 거리(d_{optD})보다 적다. 본 발명자가 수행한 테스트는 하나 또는 복수의 추가 장가둠부를 추가함으로써 유도 변위센서의 선형성 면에서 수십 밀리미터에서 수 밀리미터까지 최적의 타겟-트랜스듀서 거리가 늘어날 수 있다.
- [0095] 추가 장가둠부(들)의 Z축을 따른 포지셔닝 및 보다 상세하게 이 또는 이들 가둠부와 트랜스듀서의 1차권선 간의 거리는 이 또는 이들 가둠부를 추가함으로써 발생한 선형성 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리의 증가효과에 영향을 끼친다. 따라서, 1차권선과 추가 장가둠부(들) 간에 (몇몇) 최적거리(들)(l_{opt} 및/또는 l_{opt}')이 있으므로, 최적의 타겟-트랜스듀서 거리(d_{opt})는 센서가 동작하게 추구되는 거리(d)의 0.65배 내지 1.25배의 값을 얻도록 증가되며, 이 추구된 값은 가능하게는 0.5 내지 1.5mm 사이에 있으나 엄격하지는 않으며, 이 값은 다양한 산업적 적용에 부합하는 값 범위이다.
- [0096] 도 13b는, 상술한 타입의 유도성 각변위센서에 대해, 도 12c 또는 12d에 표현된 바와 같이 추가 장가둠부(205')를 추가하는 경우 타겟-1차권선 거리(d_{cpr})에 걸친 장가둠부-1차권선 거리($d_{p_{ipr}'}$)의 비에 따라 선형성 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리(d_{opt})의 진행을 표현한 도면이다. 도 13b에 나타난 바와 같이, 선형성 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리는 ($d_{p_{ipr}'}/d_{cpr}$)비가 감소함에 따라 증가한다.
- [0097] 도 13c는, 상술한 타입의 유도성 각변위센서에 대해, 도 12b 또는 12d에 표현된 바와 같이 추가 장가둠부(205)를 추가하는 경우 타겟-1차권선 거리(d_{cpr})에 걸친 장가둠부-1차권선 거리($d_{p_{ipr}}$)의 비에 따라 선형성 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리(d_{opt})의 진행을 표현한 도면이다. 도 13c에 나타난 바와 같이, 선형성 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리는 ($d_{p_{ipr}}/d_{cpr}$)비가 감소함에 따라 증가한다.
- [0098] 다시 말하면, 트랜스듀서가 구성 층들이 식별되지 않는 어셈블리로 간주되면, 최적의 타겟-트랜스듀서 거리(d_{opt})는 비($1/d$)(각각 $1/d'$)가 감소함에 따라 증가한다고 할 수 있다.
- [0099] 이런 조건 하에서, 도 12d의 추가 장가둠부의 포지셔닝의 예시된 비제한적인 예는:

- [0100] - 1차권선과 타겟의 도전패턴의 표면적을 분리하는 거리의 약 0.5배 내지 2배로 1차권선으로부터 떨어진 상부(205'); 및
- [0101] - 1차권선과 타겟의 도전패턴의 표면적을 분리하는 거리의 약 1.3배 내지 3배로 1차권선으로부터 떨어진 하부(205)를 배치하는 것이다.
- [0102] 이와 같이, 소정의 센서구성에 대해, 비(d_{pir}/d_{cpr}) 및/또는 비($d_{pir'}/d_{cpr}$)는 거리(d_{opt})가 적용 구속조건들에 맞게, 특히 매우 많은 N개(가령 $N \geq 4$ 및 바람직하게는 $N \geq 6$)의 폴 쌍들을 포함한 센서에 대해, 가령 0.3mm 이상, 가령 0.3 내지 10mm, 바람직하게는 0.5 내지 1.5mm로 선택될 수 있다.
- [0103] 장가둠부와 트랜스듀서 간에 거리의 상술한 선택은 일반적으로 트랜스듀서의 2차권선(들)에 의해 제공되는 신호레벨 면에서 최적이지 않음에 유의해야 한다. 실제로, 이 거리에서, 도전부(205/205')는 트랜스듀서에 의해 공급된 신호레벨(V 및 V')에 무시할 수 없는 감소를 야기한다. 특히, 유도성 각변위측정의 종래 기술에서, 1차, 2차, 및 타겟소자들만 있는 상태에서 확립된 전자기장의 공간분포를 가능한 한 많이 변경시키기 쉬운 도전부들을 분리하는 것이 허용됨에 유의해야 한다. 이 치수 기준은 특히 2차권선에서 측정된 원했던 신호레벨을 과도하게 감쇠시키기 않도록, 있다면, 기술된 실시예에서 고려된 거리들보다 훨씬 더 큰 축(Z)를 따른 거리들에 설비되는 정전 스크린들(또는 실딩 스크린들)의 경우에 적용된다.
- [0104] 그러나, 제안된 실시예는 선형성이 중요한 애플리케이션에, 특히 상술한 특허 FR2914126 및 FR2891362에 기술된 타입의 신호처리방법을 구현하도록 추구되는 애플리케이션에 적합할 수 있는 절충안을 정의한다.
- [0105] 도 14 및 도 15는 상술한 타입의 유도 변위센서에 사용될 수 있는 장가둠부(205)의 예들을 나타낸 정면도이다(상술한 센서의 가둠부(205')는 구성이 동일 또는 유사할 수 있다). 도 14의 예에서, 가둠부(205)는 직경이 가령 타겟의 외직경 이상인 도전재료(가령 금속)로 제조된 단순한 디스크이다. 대안으로(미도시), 디스크는 중심에 가령 구멍이 타겟의 도전패턴의 내직경 이하로 천공될 수 있다. 도 15의 예에서, 가둠부(205)는, 트랜스듀서의 2차권선에서 장분포에 가둠부(205)의 영향을 증폭시키는데 적합한 타겟과 함께 모아레 타입(Moire type) 구조효과를 얻는데 적합한, 직경이 동일하나 타겟의 패턴들과 밀접 방사상 줄무늬 또는 슬롯을 갖는 디스크이다. 그러나, 기술된 실시예들은 이들 2가지 특별한 예들에 국한되지 않는다.
- [0106] 추가로 또는 도전적 장가둠부를 추가하는 대안으로서 사용하기 적합한, 선형성 면에서 최적 타겟-트랜스듀서 거리를 변경하기 위한 제 2 방안이 도 16a, 16b 및 17에 도시되어 있다.
- [0107] 도 16a 및 16b는 유도성 각변위센서의 실시예의 2가지 예를 도시한 것이다. 도 16a, 16b에서, 센서의 타겟만 표현했다. 트랜스듀서, 및 특히 1차권선 또는 2차권선의 배열은 타겟의 배열과 일치하고, 상기에서 읽은 타겟의 형태로부터 쉽게 추정될 수 있다. 이 예에서, 도 16a의 센서의 타겟은 도 3b의 타겟과 동일 또는 유사하다. 도 16b의 센서의 타겟은 또한 1 전기주기의 절반(가령 $360^\circ / 2N$)과 대략 같은 각개구(α)의 환형스트립 섹터 형태로 N개의 도전패턴들(137_i)을 포함하고, N개 도전패턴들(137_i)은 타겟에 의해 기술된 환형스트립을 따라 규칙적으로 분포된다. 도 16b의 타겟은 도전패턴들(137_i)이 도 16a의 타겟의 도전패턴들(117_i)의 반경방향 치수와 다른(도시된 예에서 더 작은) 반경방향 치수를 갖는 점에서 도 16a의 타겟과 다르다. 보다 상세하게, 이 예에서, 도전패턴들(137_i)의 형태를 결정하는 환형스트립은 도전패턴들(117_i)의 형태를 결정하는 환형스트립의 외반경과 실질적으로 같은 외반경(R_{ext})을 가지나, 도전패턴들(117_i)의 환형스트립의 내반경보다 작은 내반경(R_{int})을 갖는다.
- [0108] 본 발명자는, 도 17에 예시한 바와 같이, 주어진 개수의 폴 쌍들에 대해, 센서의 응답의 선형성 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리(d_{opt})는 타겟의 도전패턴이 위치되고, 이에 따라 센서의 2차권선(들)의 턴들이 위치한 내반경과 외반경 간에 비(R_{int}/R_{ext})에 따라 변하는 것을 알았다. 타겟의 도전패턴의 내반경(R_{int})을 변경함으로써 비(R_{int}/R_{ext})를 변경하는 것으로 구성된 도 16b의 실시예는 외반경(R_{ext}) 또는 조합한 양 반경들 중 하나를 변경함으로써 비(R_{int}/R_{ext})를 바꾸는데 적합한 다른 실시예들을 결코 배제하지 않음에 유의해야 한다.
- [0109] 도 17은, 상술한 타입의 유도성 각변위센서에 대해, 비(R_{int}/R_{ext})에 따라 선형성 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리(d_{opt})의 진행을 표현한 도면이다. 도 17에 나타낸 바와 같이, 선형성 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리는 비(R_{int}/R_{ext})가 증가함에 따라 증가한다. 이와 같이, 소정의 센서 구성에 대해, 특히 센서가 매우 많은 N개(가령 $N \geq 4$, 및 바람직하게는 $N \geq 6$)의 폴 쌍들을 포함한 센서에 대해, 거리(d_{opt})가 애플리케이션의 구속조건들

에 맞게 가령, 0.3mm 이상, 가령 0.3 내지 10mm, 바람직하게는 0.5 내지 1.5mm이도록 비(R_{int}/R_{ext})가 선택될 수 있다.

[0110] 전자기 면에서, 타겟의 내반경 및/또는 외반경에 대해 행해진 변경들은 도전패턴 형태의 비를 변경하는, 특히 직교반경 에지의 기여에 대한 반경방향 에지의 기여를 변경하는 효과를 갖는 것이 드러나며, 이런 기여 비(比)는 선형성면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리(d_{opt})의 결정요인이다. 타겟의 내반경 및 외반경 간의 비(R_{int}/R_{ext})가 증가하면, 도전패턴을 구성하는 환형스트립부는, 선형성 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리의 증가로 2차권선에 출력신호를 전달한, 2차권선에 의해 측정된 전체 장분포에 대한 반경방향 에지의 기여에 있어 감소를 유도하며 반경방향을 따라 압축된다. 따라서, 기술된 방안은 애플리케이션의 구속조건들에 맞게 선형성면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리(d_{opt})를 조절하기 위해 전자기장의 공간분포, 보다 상세하게 직교-반경방향 기여에 대한 반경방향 기여의 비를 변경하는 것으로 구성된다.

[0111] 도 16b의 센서에서, 타겟의 내반경(R_{int}) 및/또는 외반경(R_{ext})이 변하면, 관련된 트랜스듀서의 내반경과 외반경은 바람직하게는 실질적으로 동일한 비율로 변하므로 2차권선에 의해 수신된 신호레벨을 극대화한다. 보다 상세하게, 2차권선 출력부에 신호레벨을 극대화함으로써, 몇몇 위치들에 대한 신호 극치들에 의해 채택된 값들을 극대화하는 것보다 신호의 기원에서 기울기를 극대화하는 것이 참조된다.

[0112] 타겟 내반경(R_{int}) 및 타겟 외반경(R_{ext})의 주어진 세트에 대해, 관련된 트랜스듀서의 2차권선에 의해 수신된 신호는 타겟의 패턴을 정의하는 환형스트립과 2차권선의 패턴을 정의하는 환형스트립이 실질적으로 겹칠 때, 또는, 다시 말하면, 타겟의 외부와 각각 내부 직교반경방향 에지들 및 2차권선의 외부와 각각 내부 직교반경방향 분기들이 겹칠 때 극대화된다.

[0113] 주어진 센서 크기에 대해 (특히 외반경 상한과 내반경 하한에 대해) 비(R_{int}/R_{ext})를 증가시키는 것은 타겟의 도전패턴들의 표면적을 감소시키는 것과 같고, 이는 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치에 따라 센서 출력신호 레벨의 변화 진폭에 있어 감소를 유도하는 것임에 유의해야 한다. 이와 같이, 유도성 각변위측정의 종래 기술에서, 타겟의 도전패턴들이 있고 이에 따라 센서의 2차권선(들)의 턴들이 있는 환형스트립의 내직경과 외직경은 소정 크기로 이용될 수 있는 최대 표면적을 차지하도록 설계되고, 상기 크기는 전반적으로 기관의 내개구와 외직경 및/또는 센서가 집적되는 케이싱에 의해 또는 센서가 끼워지는 샤프트의 외직경 및 센서가 사이에 수용되는 인터페이스부들의 내직경에 의해 제한된다.

[0114] 그럼에도 불구하고, 비(R_{int}/R_{ext})를 변경하는 것으로 구성된 제안된 방안은 선형성이 중요한 애플리케이션에 적절할 수 있는 절충안을 정의한다.

[0115] 추가로 또는 추가 장가둠부를 추가하기 위한 대안으로서 사용하기 적합한 선형성 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리를 변경하고/하거나 비(R_{int}/R_{ext})를 변경하기 위한 제 3 방안이 도 18a, 18b, 19에 도시되어 있다.

[0116] 이 제 3 방안은 애플리케이션의 구속조건들에 대해 선형면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리를 채택하도록, 타겟의 도전패턴들 및/또는 해당 2차권선의 턴들의 형상계수를 변경하는 것, 및 특히 반경 치수와 타겟의 패턴들 및/또는 2차권선 턴들의 직교반경 치수 간에 비를 변경하는 것으로 구성된 점에서 상술한 방안들과 동일한 로직을 따른다.

[0117] 도 18a는 상술한 타입의 각위치센서의 실시예의 3가지 예들을 도시한 것이다. 도 18a에서, 제 1 예에 대해 참조부호 117_i (실선), 제 2 예에 대해 $117_i'$ (대시선), 및 제 3 예에 대해 $117_i''$ (점선)으로 각각 표시된 타겟의 단지한 도전패턴만 도시하였다. 각 예에서, 타겟은 원형의 환형스트립을 따라 표현된 도전패턴을 규칙적으로 반복해 얻어진다. 패턴(117_i , $117_i'$, 및 $117_i''$)의 내반경 및 외반경은 실질적으로 동일하나, 패턴(117_i , $117_i'$, 및 $117_i''$)은 각(角) 크기 만큼 서로 다르다. 보다 상세하게, 이 예에서, 패턴($117_i'$)의 각개구는 상술한 바와 같이 1 전기 절반주기(가령 $360^\circ/2N$)과 대략 같고, 패턴($117_i''$)의 각개구는 1 전기 절반주기보다 큰 값(Δa_1), 가령 전기 절반주기의 0% 내지 50%의 값이며, 패턴(117_i)의 각개구는 $360^\circ/2N$ 미만의 값(Δa_2), 가령 전기 절반주기의 0% 내지 50%의 값이다.

[0118] 도 16a, 16b 및 17의 방안의 실시예에 대해, 트랜스듀서의 2차권선의 배열은 우선적으로 타겟의 도전패턴들의 배열과 일치한다. 즉, 타겟의 패턴($117_i'$)에 적용된 2차권선 패턴의 각개구는 실질적으로 1 전기 절반주기(가령

360° / 2N)과 같고, 타겟의 패턴(117_i)에 적용된 2차 패턴의 각개구는 360° / 2N보다 큰, 실질적으로 Δ a 1과 같은 값이며, 타겟(117_i)에 적용된 2차 패턴의 각개구는 360° / 2N보다 작은, 실질적으로 Δ a 2과 같은 값이다. 실제로, 2차 패턴의 각개구가 센서의 1 전기 절반주기보다 큰 값을 채택하면, 인접한 턴 트랙들 간에 전기절연을 제공하기 위해, 적어도 하나의 금속화면에 트랙의 모양을 변경하는 것 및/또는 금속화면의 개수를 늘리는 것이 고려될 수 있다. 다른 실시예 옵션은 2차 패턴들의 최대 각개구들을 실질적으로 1 전기 절반주기로 제한하고, 타겟의 패턴들의 각개구들(값 Δ a 1 또는 Δ a 2)만 바꾸는 것으로 구성될 수 있다. 이 경우, 트랜스듀서의 2차권선 패턴들의 각개구는 타겟의 패턴들의 각개구와 엄격하게 일치하지 않는다.

[0119] 본 발명자는 센서 응답의 선형성 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리(d_{opt})는 타겟과 2차권선의 패턴들에 대해 선택된 각개구와 센서의 1 전기 절반주기와 같은 공칭 각개구(α) 간에 각편차(Δ α)에 따라 변하는 것을 알았다.

[0120] 도 19는, 상술한 그리고 도 18a 및 18b에 도시된 타입의 주어진 멀티-폴 각변위센서에 대해, 값(Δ α)에 따라 선형성 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리(d_{opt})의 진행을 나타낸 도면이다. 도 19에 나타낸 바와 같이, 선형성 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리는 Δ α 값이 음의 값에 대해 증가함에 따라 감소하고, 반대로 Δ α 값이 양의 값에 대해 증가함에 따라 증가한다. 이와 같이, 소정의 센서 구성에 대해, 타겟의 도전패턴의 각개구는 (1 전기 절반주기, 가령 360° / 2N과 같이) 공칭 값(α)에 대해 Δ α 값만큼 변경될 수 있고, Δ α 값은 특히 매우 많은 N개(가령 N≥4, 및 바람직하게는 N≥6)의 폴 쌍들을 포함한 센서에 대해, 거리(d_{opt})가 애플리케이션의 구속 조건에 맞게, 가령, 0.3mm 이상, 가령 0.3 내지 10mm, 바람직하게는 0.5 내지 1.5mm이게 선택된다.

[0121] 방안들은 유도 변위센서의 응답에 대한 선형오차를 줄이는 것(또는 선형범위의 크기를 늘리는 것)뿐만 아니라 초기상황에 따라 유도 변위센서가 선형성 면에서 최적의 특성을 갖거나 접근하는 타겟-트랜스듀서 거리를 변경하는 것에 대해 기술하였다.

[0122] 선형오차가 그럼에도 불구하고 지나치게 높은 경우(또는 획득된 선형범위의 크기가 불충분하게 유지되는 경우), 상술한 방안들의 적용과 조합해 타겟의 변위 및/또는 포지셔닝에 대해 정보의 적절한 재구성을 위해 요구되는 최소 선형범위의 크기를 줄이기 위해, (실질적으로 서로 간에 동일한 각도 오프셋만큼) 공간상으로 오프셋된 하나 또는 복수의 추가 2차권선들이 추가될 수 있음에 유의해야 한다. 예시적인 예로써, 도 5의 센서에서, 전기주기의 1/4만큼 공간상으로 오프셋된 2개의 동일한 2차권선들을 제공하는 대신, 센서의 전기주기의 1/6만큼 공간상으로 오프셋된 3개의 동일한 2차권선들을 고려할 수 있다.

[0123] 더욱이, 상술한 방안들은, 가령 상술한 원형 스트립형태의 패턴들을 직사각형 스트립형태의 패턴들로 변환시키기 위해 "언와인딩"함으로써, 유도성 선형 변위센서에 적용될 수 있음에 유의해야 한다.

[0124] 게다가, 상술한 방안들은, 트랜스듀서가 "관통" 어셈블리보다는 회전샤프트 주위로 트랜스듀서의 "측면으로부터" 어셈블리를 가능하게 하도록 360° 미만, 가령 180° 미만의 각개구를 갖는 유도성 각변위센서에 적용될 수 있음에 유의해야 한다. 이 경우, 타겟의 각개구는 트랜스듀서의 각개구에 무관하게 360° 값을 가질 수 있거나, 가령 애플리케이션의 각변위 범위에 따라, 360° 미만의 값을 채택할 수 있다.

[0125] 제 2 태양

[0126] 본 발명자는, 실제로, 선형성 문제에 무관하게, 기존의 유도 변위센서들 및 특히 멀티-폴 센서들이 결합(coupling) 효과에 의해 유도된 다양한 교란들에 민감한 것을 또한 알았다. 이런 교란은 가령 변환영역에, 즉 트랜스듀서의 2차권선에 직접 발생하고, 더욱이, 트랜스듀서의 2차권선과 전자수단의 기능 조건블록 간에 전기 연결영역에 발생한다. 이들 교란들은 특히 센서 외부로부터 (즉, 1차권선에 의해 발생되지 않는) 전자기 교란의 결합, 2차권선과 1차권선의 직접 유도결합(즉, 유도결합의 속성은 타겟의 위치에 무관하게 일정하게 유지됨), 및/또는 1차권선과 2차권선 간에 정전용량 결합을 특징으로 한다. 이들 교란들은 센서 출력신호(들) 및 센서 출력신호 해석 오류의 바람직하지 못한 요동을 초래할 수 있다.

[0127] 유도 변위센서, 및 기생 교란에 덜 민감하고/하거나 기존 센서들보다 기생 결합을 덜 받는 특히 멀티-폴 센서들에 사용할 수 있는 것이 바람직하다.

[0128] 이와 같이, 제 2 태양에 따르면, 멀티-폴 유도 변위센서들, 및 보다 상세하게 도 7을 참조로 상술한 타입의 센서들의 교란 및 기생 결합 효과들에 대한 감도를 줄이도록 노력하며, 2차권선(들)은 각각 교변하는 권선방향들의 2N개 턴들을 포함하고, N은 센서의 폴 쌍들의 개수이다. 이를 위해, 본 발명자는 후술되는 바와 같이 센서의

2차권선(들)의 특정 배열을 제안한다.

[0129] 도 20a 및 20c는 (가령, 도 7을 참조로 기술된 바와 같이) $N=6$ 폴 쌍들로 구성되고 공간상으로 차동측정을 하는 각개구(360°)의 유도성 각변위센서의 실시예의 2가지 예를 개략 도시한 것이다. 도 20a 및 20c에서, 각 센서의 단 하나의 2차권선만(213) 도시하였고, 1차권선, 타겟 및 선택적으로 상기 2차권선(213)에 대해 공간상으로 오프셋된 하나 또는 복수의 2차권선들의 실시예는 본 명세서의 설명을 기초로 당업자의 이해범위 내에 있다. 이 예에서, 도 20a의 센서의 2차권선과 도 20c의 센서의 2차권선은, 턴들 간에 전기연결이 도시되어 있는 것을 제외하고, 도 7의 2차권선과 동일 또는 유사하다. 도 20a의 2차권선은 턴들을 상호연결하기 위한 제 1 방법을 나타낸 것으로, 이로써 2차권선이 뺀어 있는 환형스트립의 전체 각개구는 제 1 시간에 가령 도면에서 삼각함수 방향으로 횡단되고, 전체 환형스트립은 이번에 시계방향으로 제 2 시간에 횡단되어, 전기단자단부(E2)를 전기개시단부(E1)를 향해 접근시키며, 이로써 측정회로를 막는다. 도 20c의 2차권선은 턴들을 상호연결하기 위한 제 2 방법을 도시한 것으로, 이로써 2차권선이 뺀어 있는 환형스트립의 각개구의 제 1 절반이 가령 도면에서 삼각함수 방향으로 먼저 횡단되고, 그런 후 복귀경로가 시계방향으로 횡단되어, 입력 단부(E1)에 접근하게 되고 그런 다음 2차권선이 뺀어 있는 환형스트립의 각개구의 다른 절반이 시계방향 회전을 유지하며 횡단되고, 그런 후 복귀경로가 삼각함수 방향으로 횡단되어 전기단자단부(E2)를 전기개시단부(E1)를 향해 접근시키며 이로써 도 20a의 2차권선에 대한 것과 같이 측정회로를 막는다.

[0130] 도 20b 및 20d는 유도성 선형 변위 트랜스듀서의 트랜스듀서의 실시예의 일예를 개략적으로 나타낸 정면도이다. 도 20b 및 20d의 센서들은 N 개의 도전패턴들을 포함한 타겟(미도시)이 트랜스듀서에 대해 직선방향(x)을 따라 평행하게 이동하는데 적합한 센서들이다. 도 20b의 센서는 가령 도 20a의 센서의 원형 환형스트립들을 "언와인딩"하고 일반적인 직사각형 또는 정사각형 형태를 갖는 도전패턴 및 턴에 의해 도전패턴들과 턴들을 환형스트립 섹터의 형태로 대체하는 것으로 구성된 선형 구성에 맞춰진 도 20a의 센서와 동일한 타입이다. 도 20d의 센서는 가령 선형 구성에 맞춰진 도 20c의 센서와 동일한 타입이다. 도 20b 및 20d에서, 각 센서의 단 하나의 2차권선만을 도시했고, 타겟, 1차권선 및 선택적으로 상기 2차권선(213)에 대해 공간상으로 오프셋된 하나 또는 복수의 2차권선들의 실시예는 본 명세서의 설명을 기초로 당업자의 이해범위 내에 있다. 예로써 그리고 도 20a 및 도 20c의 1차권선과 달리, 가령 도 1a의 센서에 대해 기술된 2개의 동심 턴(101a 및 101b) 세트가 "언와인딩"될 경우에 얻는 1차권선의 일예는 가령 선택적으로 복수의 회전들로 구성된 도 20b 및 20d에 기술된 바와 같은 선형센서에 대한 1회 턴으로 구성된다. 1차권선의 턴은 상술한 바와 같이 타겟의 도전패턴들 및/또는 2차권선의 턴들의 y 를 따른 치수와 유사한 y 를 따른 치수, 및 타겟의 도전패턴들 및/또는 2차권선의 턴들의 x 를 따른 치수보다 큰 x 를 따른 치수로 된 가령 일반적인 직사각형 형태를 가지므로, y 를 따라 지향되고 1차권선의 x 를 따라 양단에 있는 1차 분기들에서 생성된 전체 전자기장 분포에 대한 기여가 y 를 따라 지향되고 2차권선의 x 를 따라 양단에 있는 2차 분기들 부근에서 상대적으로 감소되어 진다. 특히, 단일 2차권선을 갖는 트랜스듀서에 대해, 1차권선의 x 를 따른 범위는 2차권선의 x 를 따른 범위보다 더 크며, 바람직하게는 그러나 유일하지 않게, 센서의 각 단부에서 (전기주기의 1/4에서) 동일하게 분포된 센서의 적어도 한 전기 절반주기보다 더 크다. 대체로, 유도성 선형 변위센서의 1차권선의 실시예에 대한 바람직한 예는 일반적인 직사각형 형태이고 2차권선 세트의 전체 범위보다 더 큰, 예를 들어 그러나 유일하지 않게, 센서의 각 단부에서 (전기주기의 1/4에서) 동일하게 분포된 센서의 적어도 한 전기 절반주기만큼 더 큰 범위를 갖는 턴이다.

[0131] 도 20b 및 20d의 예에서, 센서는 $N=6$ 폴 쌍들을 포함한다. 그러나, 기술된 실시예들은 이 특정 경우에 국한되지 않는다.

[0132] 도 20d의 센서의 일예로, 2차권선(213)은 센서의 자유도와 나란히, 즉, 트랜스듀서에 대한 타겟의 변위 방향(x)에 나란히 치수(D_{tot})를 가진 영역으로 확장된다. 2차권선(213)은 단부들(E1 및 E2) 간에 직렬로 전기연결된 교번하는 권선방향의 $2N$ 개 루프 또는 턴을 포함한다. 보다 상세하게, 2차권선(213)은 동일한 제1 권선 방향을 갖는 N 개 루프 또는 턴(213_{i+}), 및 제1 방향의 반대인 동일한 제2 권선 방향을 갖는 N 개 루프 또는 턴(213_{i-})을 포함하고, 각 턴($213_{i+}, 213_{i-}$)은 센서의 전기 절반주기와 대략 같은 방향(x)을 따르는 치수(즉, 가령 대략 $D_{tot}/2N$)를 가지고, 턴($213_{i+}, 213_{i-}$)은 2차권선의 치수(D_{tot}) 영역을 따라 교번하며 쌍으로 병치된다.

[0133] 제 2 실시예에 따르면, 2차권선은:

[0134] 2차권선(213)이 방향(x)과 나란히 확장된 거리(D_{tot})의 중점에 대략 위치된 권선의 제 1 단부(E1) 및 거리(D_{tot})의 제 1 단부에 위치된 권선의 제 1 중간점(A) 사이에 뺀어 있는 교번방향의 N 개의 절반 턴들을 형성하는 제 1 코일 도전부(213A);

- [0135] 중간점(A)과 대략 거리(D_{tot})의 중점에서 권선의 제 2 중간점(M) 사이에 뻗어 있고, 제 1 코일 도전부(213A)의 N 개 절반 턴들에 상보적인 교번방향의 N개의 절반 턴들을 형성하는 제 2 코일 도전부(213B);
- [0136] 제 2 중간점(M)과 거리(D_{tot})의 제 2 단부에 위치한 권선의 제 3 중간점(B) 사이에 뻗어 있는 교번방향의 N개의 절반 턴들을 형성하는 제 3 코일 도전부(213C); 및
- [0137] 권선의 제 1 단부(E1) 부근에서, 제 3 중간점(B)과 대략 거리(D_{tot})의 중점에 위치한 권선의 제 2 단부(E2) 사이에 뻗어 있고, 제 3 코일 도전부(213C)의 N개의 절반 턴들에 상보적인, 교번방향의 N개의 절반 턴들을 형성하는 제 4 코일 도전부(213D)로 구성된다.
- [0138] 보다 상세하게, 도시된 예에서, (도면 방향으로) 권선의 좌측부에, 도전부(213A)는 N개의 U자형 절반 턴들을 포함하고, 수직 분기들이 방향(x)에 대략 직각인 방향(y)을 따라 반대방향으로 번갈아 지향되고, 도전부(213B)는 수직 분기들이 방향(y)을 따라 반대방향으로 번갈아 지향되는 N개의 U자형 절반 턴들을 포함한다. 도전부(213A)의 각 U자형 절반 턴은 수직 분기들이 도전부(213B)의 반대방향의 U자형 절반 턴들의 수직 분기와 대략 정렬된다. 도전부(213C 및 213D)는 권선의 우측부에서 유사한 배열에 따라 설비된다. 이와 같이, 이 예에서, 변위방향(x)에 직각인 권선(213)의 부분들은 권선의 와이어 또는 트랙에 의해서만 두번씩 횡단되고(이 예에서, 한번 횡단되는 거리(D_{tot})의 양 단에 위치한 권선의 2개의 직각 단부들을 제외한다. 그러나, 이 예외는 360° 각개구의 각센서의 경우에 발생하지 않는다. 1차권선의 모든 반경방향 부분들은 권선의 와이어 또는 트랙에 의해서만 두번씩 횡단될 수 있다), 변위방향(x)과 나란한 권선(213)의 부분들은 권선의 와이어 또는 트랙에 의해서만 한번씩 횡단된다.
- [0139] 2차권선의 패턴의 구성 전기회로에 의해 이동되는 경로 면에서, 도 20d의 방안의 실시예는 도 20b를 참조로 기술된 타입의 방안의 실시예와 일치하고, 선형-각 변환에 의해 도 20a 및 20c의 방안의 실시예와 또한 일치한다. 다른 한편으로, 이 경로가 횡단되는 순서는 도 20d의 트랜스듀서(및 전환에 의한 도 20c의 트랜스듀서)와 도 20b의 트랜스듀서(및 전환에 의한 도 20a의 트랜스듀서) 간에 다르다. 특히, 도 20d 및 20a를 참조로 기술된 배열은 단부들(E1 및 E2) 간에 중간연결점(M)을 보이게 하도록 설계되어 있다.
- [0140] 권선(213)에는, 단부들(E1 및 E2)에서 연결단자(PE1 및 PE2) 이외에, 권선의 중점(M)에 연결된 제 3 액세스 단자(PM)가 제공될 수 있다.
- [0141] 짝수(N)개의 폴 쌍들을 포함한 멀티-폴 센서의 경우에 그리고 도 20d에 표현된 바와 같이, 2차권선은 좌측의 턴들(213_{i+})과 같은 수 만큼의 우측의 (양이라 하는)턴들(213_{i+})(각 측에 N/2개), 및 좌측의 턴들(213_{i-})과 같은 수 만큼의 우측의 (음이라 하는)턴들(213_{i-})(각 측에 N/2개)를 갖는다.
- [0142] 폴 쌍들의 개수가 짝수 값을 채택할 경우 도 20d의 2차권선 배열의 한가지 이점은 3개 연결들(E1, E2, 및 M)이 서로 인접해 위치될 수 있는 동안 유도가 실질적으로 중점의 일측 상의 2부분들(E1-M 및 E2-M)에 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치에 무관하게 최근접 부호와 동일하다는데 있다.
- [0143] 폴 쌍들의 개수를 짝수로 채택한 이 바람직한 실시예는 결코 다른 실시예들을 배척하지 않는다. 대안으로, 폴 쌍들의 개수(N)가 많으면, 점(E1-M)과 부분(E2-M) 간에 신호대칭의 오류가 N의 역함수로서 변하는 한, 홀수(N)의 선택이 완벽하게 허용될 수 있다.
- [0144] 본 발명자는 센서가 제 2 실시예에 따라 구현될 때 권선의 중점(M)이 차동 측정수단의 소정의 전기전위로, 가령 측정수단의 전압측정범위에 맞춰진 일정 전위로 참조되면, 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치 및 정보에 대한 유용한 정보를 담지 않은 다이폴(E1-E2)의 단자에 있는 전기신호에 포함된 공통모드성분은 다이폴(E1-E2)의 단자에 있는 동일한 전기신호에 포함된 차동모드성분에 대해 낮으나, 차동모드성분은 트랜스듀서에 대해 타겟의 유용한 정보 및 변위를 담고 있다. 따라서, 단부(E1 및 E2) 바로 부근에 중점(M)을 위치지정하기 적합한 도 20c 및 20d의 센서의 배열은 가령 중점(M)이 단부(E1 및 E2)로부터 제거된 도 20b의 센서 배열에 대해, 그리고 보다 일반적으로 값(E1-M 및 E2-M)이 트랜스듀서에 대해 타겟의 위치에 따르는 도 20a 및 20b의 센서의 배열에 대해, 또는, 다시 말하면, 2차권선의 단자에서 차동모드성분에 대한 공통모드성분의 비가 낮지 않고 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치에 따라 상당히 변하는 센서배열에 대해 명확한 이점을 갖는다.
- [0145] 특히, 중점(M)이 측정수단에 적절히 연결된 경우 도 20c 및 20d에 기술된 센서의 한가지 이점은 위치에 따라 변하지 않는 전자기여기장(1차)의 성분에 대한 단부(E1 및 E2)에서 2개 전기전위들의 고면역(high immunity)에 있는 반면, 도 7의 센서의 측정에 대한 공간상 차동특성은 단지 단부(E1 및 E2)에서 전위차에 면역을 보장한다.

- [0146] 1차권선(시스템의 내부 소스)에 의해 방출된 "다이렉트"장에 대한 면역 이외에, 도 20c 및 20d의 센서는 또한 공간분포가 상대적으로 균일하고 변환영역에서 외부소스가 방출한 전자기 및/또는 정전 교란에 대한 증가된 면역 또는 보다 일반적으로 도 20a 및 20b에 기술된 바와 같이 센서에 대한 전자기 및/또는 정전 교란의 임의 형태에 대한 증가된 면역을 제공한다.
- [0147] 변환영역에서 외부교란에 대한 증가된 면역의 실례의 예들은 가령 전압서지 보호와 같은 전자측정수단 보호에 대한 구속조건들의 감소 및/또는 차동증폭기의 공통모드 제거비와 같이 전기신호 처리시스템에 대한 설계 구속조건들의 완화이다.
- [0148] 제 2 실시예에 따라 증점을 적용하기 위한 유도센서를 채택함으로써 처리회로의 인터페이스 개수(가령, 집적회로의 탭 개수)가 증가할 수 있음에 유의해야 한다. 특히 유도측정에 대한 종래 기술에 따르면, 전자처리 또는 디지털처리로 대체함으로써 물리적 인터페이스의 개수를 최소화하는 것이 통상적인 경향임에 유의해야 한다. 그러나, 이 제 2 실시예는 공지의 방안들보다 고면역 및 측정 강건도의 상대적으로 간단한 전자방안을 달성할 수 있다.
- [0149] 도 20e는 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치 및/또는 변위에 대한 정보 또는 정보의 일부를 담은 신호들의 유효 유도현상(V_{M1} 및 V_{M2}), 및 트랜스듀서의 단자(E1, E2, 및 M)와 가령 외부전기수단에 연결된 단자(PE1, PE2, 및 PM) 사이 연결와이어에서 기생유도현상(V_p , V_p' , 및 V_p'')의 "소신호" 전기표현이다. 이 도면에서, 그리고 단자(E1, E2, 및 M)으로부터 연결된 와이어가 계속 서로 따르는 것을 고려하면, 공통모드교란(V_p , V_p' , 및 V_p'')은 실질적으로 같고 일측에 (다이폴(PM-PE1)의 단자에서 행해진) 측정(V_{PE1}) 및 (다이폴(PM-PE2)의 단자에서 행해진) 측정(V_{PE2})에서 실질적으로 오프셋되고, 타측에 다이폴(PE1-PE2)의 단자에서 행해진 측정(V_{PE1PE2})에서 오프셋된다. 단자(PM)의 전위가 공지의 값(V_{REF})으로 설정된 후에, 삼극(PE1, PE2, PM)의 단자에서 측정된 신호들은 먼저 전기수단의 입력부에 과전압의 위험을 제한함으로써(신호레벨은 여전히 처리수단의 범위내에 있고, 측정은 절대적으로 유효함), 다음 차동측정(V_{PE1PE2})의 공통모드 제거비에 대한 요건들을 완화시킴으로써 트랜스듀서의 단자(E1, E2, 및 M)와 외부전기수단(PE1, PE2, PM)에 대한 연결단자 간의 연결영역에 외부 전자기 간섭에 대해 극히 보호된다. 예컨대, 컨디셔닝 블록의 기준전압을, 또는 컨디셔닝 블록의 전원범위의 절반을, 또는 전기 접지를 단자(PM)에 인가할 수 있고, 이들 실시예들은 가령 접지와 같은 트랜스듀서의 전위에 단자(PM 또는 M)의 직접 연결과 같은 다른 실시예들을 배제하지 않는다.
- [0150] 이로써, 트랜스듀서와 외부 전기수단 간에 연결영역 또는 변환영역에서 발생하든지 그리고 도 20e의 전기도면에 도시된 바와 같이 사실상 유도성인지 또는 트랜스듀서 및/또는 1차권선의 전기환경 또는 특히 1차권선의 핫스팟(고전압)에 가까운 부분들과 사실상 정전용량적인지 간에, 특히 교란 및/또는 기생 결합 효과에 대해 강건한 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치의 대표 신호가 획득된다.
- [0151] 더욱이, (가령 도 5를 참조로 기술된 바와 같이) 트랜스듀서가 복수의 공간상으로 오프셋된 2차권선들을 포함하는 경우, 다양한 권선들이 하나 또는 복수의 금속화 레벨을 각각 포함하는 다양한 겹쳐진 지지층에 및/또는 지지층 상에 설비될 수 있다. 그러나, 이 구성은, 많은 애플리케이션들에 만족스러우나, 강건성 및 정확도에 대해 문제를 제기할 수 있다. 실제로, 그 결과, 다양한 2차권선의 중앙면들이 1차권선과 타겟으로부터 약간 다른 거리에 위치된다. 이로써, 특히, 먼저 변환이득에 차가 발생하고, 따라서, 다양한 권선들의 출력신호레벨에 차가 발생하며, 둘째, 동일한 트랜스듀서의 복수의 2차권선들 간에 선형특징에 차가 발생한다.
- [0152] 이 문제를 해결하기 위해, 바람직하게는 비제한적인 예로써 도 21A, 21B, 22A 및 22B에 도시된 바와 같이, 각 권선에 대해, 제 1 금속화 레벨에 설비된 권선의 트랙 또는 와이어의 길이가 제 2 금속화 레벨에 설비된 권선의 트랙 또는 와이어의 길이와 대략 같게, 가령 2개의 금속화 레벨들과 동일한 지지층에 트랜스듀서의 다양한 2차 권선들을 2개의 금속화 레벨로 분포시키는 것이 고려된다. 바람직하기로, 금속화 면의 변화들에 대한 지속된 교변이 고려되므로, 2차 트랙은 동일 면 상에, 전기 절반주기보다 더 큰 거리(가령 각센서의 경우 각개구)를 횡단할 수 없다. 바람직한 실시예로, 금속화면 전이영역은 도 21A, 21B, 22A 및 22B에 도시된 바와 같이 제 1 금속화 레벨에 설비된 대부분의 트랙부들과 제 2 금속화 레벨에 설비된 대부분의 트랙부들 간에 대칭 및/또는 반대칭 관계가 있게 위치된다.
- [0153] 이와 같이, 다양한 2차권선의 중앙면들이 병합되고 제 1 및 제 2 금속화 레벨들 사이에 위치한 가상 중간면에 해당한다. 이는 다른 2차권선들의 단자에서 유도된 기전력들의 응답에 대해 진폭 및 선형성 면에서 실질적으로 동일한 타겟의 위치에 따른 응답을 각 2차권선의 단자에서 유도된 각 기전력에 제공한다.

- [0154] 도 21A, 21B, 22A 및 22B에 도시된 실시예의 예들은 각범위 $D_{tot}=360^\circ$ 의 센서에 해당함에 유의해야 한다. 즉, 각 2차권선이 차지한 각범위는 완전한 회전과 실질적으로 같은 각개구를 갖는다. 이들 예들은 가령 도 21A, 21B, 22A 및 22B에 기술된 바와 같이, 각개구(360°)의 경우 상기 샤프트에 대한 센서의 "전체적" 조립이라기 보다는, 로터리 샤프트 주위로 트랜스듀서의 "일측으로부터" 어셈블리할 수 있도록 엄밀히 360° 미만, 가령 180° 미만인 각개구의 센서들을 포함한 대안적인 실시예들을 제외한다. 더욱이, 이런 조건들 하에서, 반복적으로 타겟의 각개구는 번갈아 트랜스듀서의 2차권선/2차권선들이 채택한 각개구에 무관하게 360° 값을 유지할 수 있거나, 360° 미만 및 가령 애플리케이션의 각범위 범위에 채택된 값을 채택할 수 있다.
- [0155] 도 21a 및 21b는 유도성 각변위센서에 대해 전기주기의 1/4만큼 공간상으로 오프셋된 2개의 2차권선들(223(중공선) 및 223'(실선))을 가진 트랜스듀서 실시예의 일예를 개략 나타낸 정면도이다. 도시된 예에서, 센서의 폴쌍들의 개수(N)은 6이며, 각 2차권선들(223 및 223')은 $2N=12$ 개 루프 또는 턴들을 포함한다. 그러나, 기술된 실시예들은 이 특정 경우에 국한되지 않는다. 이 예에서, 2개의 2차권선(223 및 223')은 (원으로 개략적으로 나타낸) 도전공도에 의해 연결된 2개의 금속화 레벨(M1 및 M2)에 그리고 상기 금속화 레벨 상에 형성된다. 각 권선에 대해, 레벨(M1)에 형성된 트랙의 길이는 레벨(M2)에 형성된 트랙의 길이와 대략 같다. 도 21a는 금속화 레벨(M1)의 정면도이고, 도 21b는 금속화 레벨(M2)의 정면도이다. 레벨(M1)의 패턴은 실질적으로 레벨(M1 및 M2)의 중앙면들 사이의 중간면에 대한 비대칭에 의해 레벨(M2)의 패턴을 기초로 발견된다.
- [0156] 2차권선(223 및 223')은 각각, 위에서 보면, 도 20c를 참조로 기술된 타입의 배열을 갖는다(즉, 도 20d를 참조로 기술된 타입의 배열은 환형 구성에 적합하고, 도 20d를 참조로 기술된 코일링 원리도 유사한 방식으로 적용되며, 거리(D_{tot})는 더 이상 선형거리가 아니라 360° 인 각거리가 된다).
- [0157] 이와 같이, 권선(223)은:
- [0158] 대략 거리(D_{tot}) 중점에(가령, 0° 값이 임의로 할당된 각위치 부근에, 즉 5° 내에, 바람직하게는 2° 내에) 위치한 권선(223)의 제 1 단부(E1)와 (가령 각도 180° 부근에서) 거리(D_{tot})의 제 1 단부에 위치한 권선의 중간점(A) 간에 도시된 예에서 제 1 환형 절반-스트립을 따라 뻗어 있는 교번하는 방향의 N개 절반-턴들을 형성하는 제 1 곡선 코일형 도전부(223A);
- [0159] 중간점(A)과 대략 거리(D_{tot}) 중점에(가령, 각도 0° 부근에) 위치한 권선의 제 2 중간점(M) 간에 제 1 환형 절반-스트립을 따라 뻗어 있고, 도전부(223A)의 N개 절반-턴들에 상보적인, 교번하는 방향의 N개 절반-턴들을 형성하는 제 2 곡선 코일형 도전부(223B);
- [0160] 중간점(M)과 거리(D_{tot}) 대향단부에 위치한 (가령, 각도 -180° 부근에 있는) 권선의 제 3 중간점(B) 간에 제 1 환형 절반-스트립과 상보적인 제 2 환형 절반-스트립을 따라 뻗어 있는, 교번하는 방향의 N개 절반-턴들을 형성하는 제 3 곡선 코일형 도전부(223C); 및
- [0161] 중간점(B)과 대략 거리(D_{tot}) 중점에(이 예에서 0° 부근에) 위치한 권선의 제 2 중간점(E2) 간에 제 2 환형 절반-스트립을 따라 뻗어 있고, 도전부(223C)의 N개 절반-턴들에 상보적인, 교번하는 방향의 N개 절반-턴들을 형성하는 제 4 곡선 코일형 도전부(223D)를 포함한다.
- [0162] 도 21a 및 21b에 나타낸 바와 같이, 이(비제한적인) 예에서, 센서에 대한 타겟의 변위방향에 직각인 권선(223)의 부분들, 즉 권선의 반경방향 분기들은 권선의 와이어 또는 트랙에 의해서만 두번씩 횡단되고, 센서에 대한 타겟의 변위방향에 나란한 권선(223)의 부분들, 즉 권선의 직교반경방향 분기들은 권선의 와이어 또는 트랙에 의해서만 한번씩 횡단된다.
- [0163] 보다 상세하게, 이 예에서: 단부(E1)을 특징으로 하는 각도에 대해, 0° 모듈로 전기주기 절반에 의해 오프셋된 각도에 위치한 반경방향부들은 권선(223)의 와이어 또는 트랙에 의해서만 두번씩 횡단되고; 단부(E1)을 특징으로 하는 각도에 대해, 전기주기의 1/4 모듈로 전기주기 절반에 의해 오프셋된 각도에 위치한 반경방향부들은 권선(223')의 와이어 또는 트랙에 의해서만 두번씩, 권선(223)의 와이어 또는 트랙에 의해서만 한번씩 그리고 권선(223')의 와이어 또는 트랙에 의해서만 한번씩 횡단된다.
- [0164] 이 실시예는 상술한 방안들에 기술된 바와 같이, 즉, 각 2차권선의 패턴의 전체 모양에 대해 전혀 양보없이 2개의 2차권선들을 2개의 평면들 및 단지 2개의 금속화 면들 위에 포함할 수 있다. 도 21A, 21B, 22A 및 22B에 도시된 실시예들은 2개의 금속화 면들 위에 설비된 2개의 2차권선들을 구현하나, 가령 3개의 금속화 면들 위에 설

비된 3개의 2차권선들을 구현하는 실시예와 같이 다른 실시예들을 결코 배제하지 않음에 유의해야 한다.

- [0165] 이 예에서, 권선(223)(중공선)의 각각의 도전부들(223A, 223B, 223C 및 223D)의 각각의 U자형 절반-턴들은 금속화 레벨(M1)에서 길이의 대략 절반과 금속화 레벨(M2)에서 길이의 대략 절반을 갖는다. 레벨의 변경은 도전트랙의 대략 매 L/2 미터마다 발생하며, L은 2개의 상보적인 U자형 절반-턴들의 직렬 연결로 구성된 권선의 턴의 길이이다. 도시된 예에서, 권선의 레벨 변경점들은 절반-턴들을 이루는 U자형의 직교반경방향 분기(또는 수평 분기)의 중점에 위치된다. 그러나, 기술된 실시예는 이 특정한 경우에 국한되지 않는다. 도 21a 및 21b에서, c1에서 c28에 이르는 번호들은, 단자들(E1 및 E2) 간에 이동순서로, 권선(223)의 다른 부분들을 나타낸다.
- [0166] 2차권선(223')(실선)은 2차권선(223)의 배열과 실질적으로 동일하나 2차권선(223)에 대해 대략 전기주기의 1/4(즉, 이 예에서 15°)의 각오프셋을 갖는 배열에 따라 레벨(M1 및 M2)에 배열된다.
- [0167] 도 21a 및 21b의 구조에서 2차권선(223)의 단부(E1 및 E2)에 대한 연결트랙들은 가령 금속화 레벨(M1 및 M2)에 각각 위치될 수 있고, 서로 위에 겹칠 수 있음에 유의해야 한다. 이는 임의의 외부 유도소스(1차권선에 대한 연결트랙, 외부 전자기 교란 등)로 이들 분기들 각각에 기생결합 차를 최소화시킬 수 있다. 권선의 중점(M)에 대한 액세스 트랙은 단자(E1 및 E2)에 대한 액세스 트랙들에 대해 약간 오프셋된 금속화 레벨(M1 및 M2) 중 하나에 위치되게 금속화 레벨(M1 및/또는 M2)에 위치된 단자(E1 및 E2)에 대한 액세스 트랙들에 겹치는 제 3 금속화 레벨(미도시)에 위치될 수 있다. 권선의 해당 단자(E1', E2' 및 M')에 액세스 트랙의 유사한 배열이 2차권선(223')에 대해 고려될 수 있다. 보다 일반적으로, 액세스 트랙의 배열에 무관하게, 변환영역(2차권선) 및 신호처리수단에 대한 액세스 및/또는 연결단자 간에 전자기 교란에 대한 면역을 높이기 위해, 바람지하게는 단부(E1 및 E2)로부터 경로를 가능한 한 가까이(가령, PCB 기술에서 중첩되게) 유지하고, 단부(E1 및 E2)로부터 경로에 상대적으로 가까운 중간점(M)으로부터의 경로를 덜한 정도로 위치정하도록 추구된다.
- [0168] 도 21a 및 21b의 예에서, 2차권선(223 및 223')의 금속화 레벨들에서 변화를 만들어내는 공도들 이외에, 및 필드 픽업 목적으로 각 금속화 레벨에서 가로지르는 도전성 트랙들, 필드 픽업 트랙들 간에 전기연결기능이 전혀 없는 공도 또는 도전성 충전 칩들이 2차권선(223 및 223')을 따라 규칙적으로 분포된 것에 또한 유의해야 한다. 이들 도전성 충전패턴들은 필드의 공간분포에 영향을 주기적하게 하도록 트랜스듀서의 도전구조물을 대칭적이게 하고, 보다 상세하게는 위치에 따른 2차권선 출력신호의 변화에 의해 전달되는 필드 분포 특이점들을 최소화하는 역할을 한다. 그러나, 이들 도전성 충전패턴들의 추가는 선택적이다. 특히, 레벨들에서 변화를 만들어내는 공도들이 스킨 두께, 동작 주파수, 구성재료에 대해 작은 치수를 갖는다면, 도전칩들을 추가하지 않고 특히 천공을 수행하지 않는 것을 고려할 수 있으며, 이는 장치의 비용을 줄일 수 있다.
- [0169] 도 22a 및 22b는 도 21a 및 21b를 참조로 기술된 타입의 트랜스듀서의 대안적인 실시예를 개략 나타낸 정면도이다. 이 대안적인 실시예는 가령 도 21a 및 21b의 예와 다른데, 이는 도 22a 및 22b의 예에서 금속화 레벨의 변화가 도 21a 및 21b의 예에서의 보다 더 많다는 점이다. 이와 같이, 2차권선의 도전트랙의 매 L/2 미터(여기서, L은 권선의 턴의 길이)마다 금속화 레벨을 바꾸는 대신 도 22a 및 22b의 예에서, 트랙의 매 L/2 미터(여기서, L은 권선의 턴의 길이)마다 금속화 레벨의 k 변경들(여기서, k는 2 이상의 정수)을 하는 것이 고려된다. k개는 트랜스듀서의 내반경 및 외반경을 고려해 선택될 수 있다. 비제한적인 예로써, 소정의 센서 크기들에 대해 그리고 레벨 변경들이 단지 턴의 직교반경방향부에서만 행해지는 경우, k는 단락된 이들 공도들이 없이 다른 반경방향부들 위에 인접한(가령 동등하게 분포된) 공도를 배치할 수 있게 가능한 한 많이 선택될 수 있다. 간략히 하기 위해, 도 22a 및 22b는 N=2 폴 쌍들을 갖는 센서에 대한 실시예의 예를 도시한 것이며, 트랜스듀서는 센서의 전기주기의 1/4만큼 비스듬히 오프셋된(즉, 이 예에서, 360°/4N=45°) 2개의 2차권선들(223(대시선) 및 223'(실선))을 포함한다. 그러나, 도 22a 및 22b의 대안적인 실시예는 매우 많은 폴 쌍들을 포함한 센서들과도 호환될 수 있다. 도 21a 및 21b의 예에서와 같이, 전기연결기능이 전혀 없는 도전성 충전패턴들이 구조물을 더 대칭적이게 하는 것이 고려될 수 있다.
- [0170] 제 3 태양
- [0171] 상술한 멀티-폴 센서들의 실시예의 예에서, 센서에 대한 타겟의 자유도와 나란한 트랜스듀서의 2차권선의 소정 치수(D_{tot}) 및 폴 쌍들의 소정 개수(N)에 대해, 센서에 감지되기 적절한 위치 범위의 최대 크기는 센서가 하나의 2차권선을 포함한 경우 대략 1 전기 절반주기(가령, D_{tot}/2N, 즉, 각도센서의 경우 360°/2N)이고, 센서가 하나 이상의 2차권선을 포함한 경우, 가령, 전기주기의 1/4(가령, D_{tot}/4N, 즉, 각도센서의 경우 360°/4N)만큼 공간상으로 오프셋된 2개의 동일한 2차권선들을 포함한 경우, 또는 전기주기의 1/6(가령, D_{tot}/6N, 즉, 각도센서의 경우 360°/6N)만큼 공간상으로 오프셋된 3개의 동일한 2차권선들을 포함한 경우, 대략 1 전기주기(가령,

D_{tot}/N , 즉, 각도센서의 경우 $360^\circ / N$ 로 증가할 수 있다. 여하튼, 상술한 타입의 멀티-폴 각변위센서들은 완전한 회전(360°)을 통해, 즉, 변위 로그 메모리제이션 방법 및/또는 센서의 개시 및/또는 동작 동안 위치를 참조하는 방법을 이용하지 않고도, 변위측정을 절대적으로 할 수 있다. 이 언급은 2 이상의 N 개 폴 쌍들에 무관하게 유효하며, 개수(N)가 많은 가령 $N \geq 4$, 및 바람직하게는 $N \geq 6$ 인 경우 더 문제가 될 수 있다. 상술한 유도성 선형 변위센서는 동일한 제한을 가지며 D_{tot} 의 완전한 범위에 대한 측정을 절대적으로 할 수 없다.

[0172] 제 3 태양에 따르면, 소정의 N 개 폴 쌍들에 대해, 센서의 자유도와 나란한 트랜스듀서의 2차권선(들)의 소정 치수(D_{tot})에 대해, 센서는 실질적으로 트랜스듀서의 전체 범위(D_{tot})에 걸쳐 트랜스듀서에 대해 타겟의 위치를 감지하기 적합하도록 유도 변위센서를 구현하도록 추구된다. 특히, 각위치센서의 경우, 센서의 N 개 폴 쌍들이 많더라도, 가령 $N \geq 4$, 및 바람직하게는 $N \geq 6$ 이더라도, 완전히 회전하는 내내, 즉, 대략 360° 의 각 범위에 걸쳐 트랜스듀서에 대해 타겟의 위치를 감지하는데 적절한 센서를 구현하도록 추구된다.

[0173] 도 23은 멀티-폴 유도성 각변위센서의 일예를 개략적으로 나타낸 정면도이다. 도 23에서, 센서의 타겟만 도시하였다.

[0174] 도 23에서 센서의 타겟은, 도 3b의 예에서와 같이, 타겟의 제 1 원형의 환형스트립(118)의 360° 를 따라 규칙적으로 분포된 N 개의 도전패턴들(117_i)(이 예에서, $N=6$)을 포함한다. 각 도전패턴(117_i)은 대략 $D_{tot}/2N = 360^\circ / 2N$ 과 같은 각개구(α_N)의, 제 1 환형스트립(118)의 일부 또는 섹터의 모양을 가지며, 2개의 도전패턴들(117_i)은 실질적으로 동일한 각개구(α_N)의 제 1 환형스트립(118)의 섹터만큼 이격되어 있다. 도 23에서 센서의 타겟은 타겟의 제 2 원형의 환형스트립(120)의 360° 를 따라 규칙적으로 분포되고, 제 1 환형스트립(118)과 동심이며 제 1 환형스트립(118)과 겹치지 않는 $N+1$ 도전패턴들(119_j)을 더 포함하며, j 는 1에서 $N+1$ 에 이르는 정수이다. 도시된 예에서, 제 2 환형스트립은 제 1 환형스트립의 외반경보다 더 큰 내반경을 갖는다. 각 도전패턴(119_j)은 대략 $D_{tot}/2(N+1) = 360^\circ / 2(N+1)$ 과 같은 각개구(α_{N+1})의, 제 2 환형스트립(120)의 섹터의 모양을 가지며, 2개의 도전패턴들(119_j)은 실질적으로 동일한 각개구(α_{N+1})를 갖는 제 2 환형스트립(120)의 섹터만큼 이격되어 있다.

[0175] 도 23의 센서의 트랜스듀서(간략히 하기 위해 미도시됨)는 도시된 타겟과 일치한다. 즉:

[0176] 타겟의 제 1 및 제 2 환형스트립(118 및 120)에 각각 대면해 위치되도록 되어 있는, 타겟의 제 1 및 제 2 환형스트립(118 및 120)과 실질적으로 동일한 트랜스듀서의 제 1 및 제 2 원형의 환형스트립에 자기여기를 발생하는데 적합한 하나 또는 복수의 1차권선들;

[0177] 각각이 트랜스듀서의 제 1 환형스트립을 따라 규칙적으로 분포된 트랜스듀서의 제 1 환형스트립의 각개구(α_N)의 섹터의 형태로, 동일 권선방향의 N 개 턴들을 포함하거나, 대안으로, 트랜스듀서의 제 1 환형스트립을 따라 규칙적으로 분포된 트랜스듀서의 제 1 환형스트립의 각개구(α_N)의 섹터의 형태로, 교번하는 권선방향의 $2N$ 개 턴들을 포함한 전기주기(D_{tot}/N)(가령 각센서의 예에서 $360^\circ / N$)의 적어도 제1의 2차권선 및 제2의 2차권선; 및

[0178] 트랜스듀서의 제 2 환형스트립을 따라 규칙적으로 분포된 트랜스듀서의 제 2 환형스트립의 각개구(α_{N+1})의 섹터의 형태로, 동일 권선방향의 $N+1$ 개 턴들을 포함하거나, 대안으로, 트랜스듀서의 제 2 환형스트립을 따라 규칙적으로 분포된 트랜스듀서의 제 2 환형스트립의 각개구(α_{N+1})의 섹터의 형태로, 교번하는 권선방향의 $2(N+1)$ 개 턴들을 포함한 전기주기($D_{tot}/(N+1)$)(가령 $360^\circ / (N+1)$)의 적어도 제3의 2차권선 및 제4의 2차권선을 포함한다.

[0179] 바람직하기로, 제 1 환형스트립에서, 전기주기(D_{tot}/N)의 제2의 2차권선은 실질적으로 제1의 2차권선과 동일하고 제1의 2차권선에 대해 전기주기($D_{tot}/4N$)의 1/4만큼 공간상으로 오프셋되며, 제 2 환형스트립에서, 전기주기($D_{tot}/(N+1)$)의 제4의 2차권선은 실질적으로 제3의 2차권선과 동일하고 제2의 2차권선에 대해 전기주기($D_{tot}/4(N+1)$)의 1/4만큼 공간상으로 오프셋된다. 보다 일반적으로, 트랜스듀서는, 제 1 환형스트립에서, 실질적으로 제1의 2차권선과 동일하고 소정의 전기주기 퍼센트만큼 서로에 대해 공간상으로 오프셋된 전기주기(D_{tot}/N)의 복수의 2차권선들과, 제 2 환형스트립에서, 실질적으로 제3의 2차권선과 동일하고 소정의 전기주기 퍼센트만큼 서로에 대해 공간상으로 오프셋된 전기주기($D_{tot}/(N+1)$)의 복수의 2차권선들을 포함할 수 있다.

[0180] 도 24를 참조로 도 23의 센서의 동작을 설명한다. 센서의 트랜스듀서가, 트랜스듀서의 제 1 환형스트립에서, 전

기주기($360^\circ / 2N$)를 갖고 전기주기의 1/4만큼 공간상으로 오프셋된 제 1 쌍의 동일한 2차권선, 및 전기주기 ($360^\circ / 2(N+1)$)를 갖고 전기주기의 1/4만큼 공간상으로 오프셋된 제 2 쌍의 동일한 2차권선을 포함한 (비제한적인) 경우를 고려한다. 상술한 바와 같이, 이 센서는 2개의 별개의 기전력들의 2개 세트를 공급하는데 적합하고, 이로부터 각각 $360^\circ / 2N$ 과 같은 위치범위 및 $360^\circ / 2(N+1)$ 과 같은 위치범위에 걸쳐 위치의 추정을 구성할 수 있다.

[0181] 도 24는, 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치에 따라, 제 1 쌍의 2차권선들의 단자에서 측정된 기전력을 이용해 얻은 위치의 추정(θ_N)(실선)과, 제 2 쌍의 2차권선들의 단자에서 측정된 기전력을 이용해 얻은 위치의 추정(θ_{N+1})(대시선)의 진행을 나타낸 도면이다.

[0182] 도 24에 나타낸 바와 같이, 트랜스듀서에 대한 타겟의 각위치(θ)가 0° 에서 360° 까지 변하면, 위치추정신호(θ_N)는 제 1 쌍의 2차권선들의 전기주기와 같은, 즉, $N=6$ 에 대해 $360^\circ / N=60^\circ$ 같은 변화주기로 실질적으로 0인 낮은 값 내지 실질적으로 1인 높은 값 간에 주기적으로 변한다(위치추정은 간략히 하기 위해 여기서 표준화되며, 기술된 실시예들은 이런 특별한 경우에 국한되지 않는다). 더욱이, 위치추정신호(θ_{N+1})는 제 2 쌍의 2차권선들의 전기주기와 같은, 즉, $N=6$ 에 대해 $360^\circ / N+1 \sim 51.4^\circ$ 같은 변화주기로 0인 낮은 값 내지 1인 높은 값 간에 주기적으로 변한다.

[0183] 위치추정신호(θ_N 및 θ_{N+1}) 레벨을 조합함으로써, 완전한 센서 회전에 걸쳐 2개의 별개의 측정 스케일들, 즉, 360° 의 동일한 범위의 2개의 다른 스플릿들이 얻어진다. 이들 2개의 각측정 스케일에 적용되는 버니어(vernier)의 원리, 즉, 2개의 위치추정신호 θ_{N+1} 및 θ_N 간에 차($\theta_{N+1}-\theta_N$)의 구성은 전체 거리 $D_{tot}=360^\circ$ 에 걸쳐(즉, 완전한 회전에 걸쳐) 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치 및/또는 변위를 추정하는데 적합하다

[0184] 보다 상세하게, 위치추정신호들 중 하나, 가령 신호(θ_N)는 전기주기 $360^\circ / N$ 로 국한된 N 개의 각범위에서 "정제된" 타겟변위정보를 제공하는데 사용될 수 있고, 다른 위치추정신호(이 예에서 신호(θ_{N+1}))와 이 신호 간의 차($\theta_{N+1}-\theta_N$)는 완전한 회전에 걸쳐 타겟의 위치에 대한 대략적인 절대치 정보를 제공하는데 사용될 수 있다. 이런 조건 하에서, 대략적인 절대치 정보는 정제되거나 각도상 제한된 정보를 적용할 수 있어 360° 에 걸쳐 절대치이며 정제된 변위추정을 수행한다.

[0185] 도 23의 센서의 한가지 이점은 상술한 타입의 멀티-폴 센서들에 대해 확장된 위치범위에 걸쳐 측정을 제공하는데 적합한 한편, 특히 위치지정 오차들에 대한 강건성 면에서, 어느 정도 멀티-폴 센서들의 이점들에 유리할 수 있다는 것이다.

[0186] 대체로, 상술한 실시예는 2개의 신호들(θ_{N1} 및 θ_{N2})에 적용될 수 있고, $N1$ 및 $N2$ 는 다른 정수이며 반드시 통일된 차이를 나타낼 필요가 없음에 유의해야 한다. 이런 조건 하에서, 도 23에서 센서의 배열에 대한 유사한 배열을 나타내는 $N1$ 및 $N2=N1+2$ 로 특징된 센서는 범위 $D_{tot}/N=180^\circ$ 에 걸쳐 절대측정을 연장하는데 적합하다. 대체로, $N1$ 및 $N2=N1+r$ (r 은 엄격히 $N1$ 미만의 양의 정수)로 특징된 센서는, 소정의 조건 하에서, 범위 $D_{tot}/k=360^\circ / r$ 에 걸쳐 절대측정을 확장할 수 있다.

[0187] 이런 일반적인 경우에서, r 은 명백히 엄격하게 양의 정수, 즉 0이 아닌(또는 1 이상인) 정수이므로, $N2$ 는 $N1+1$ 과 같거나 더 크다. r 이 엄격하게 양이 아니면, $N2$ 는 $r=0$ 인 경우 $N1$ 과 같을 수 있고, 2개의 신호들(θ_{N1} 및 θ_{N2})은 같을 수 있고(식별되지 않고) 상술한 바와 같이 2개 표준화 위치추정들 간에 차만큼 절대위치를 추정하는데 적합하지 않을 수 있다.

[0188] 더욱이, r 은 $N1-1$ 이하의 정수이므로, $N2$ 는 $2N1-1$ 이하가 된다. $N2$ 가 $2N1$ 과 같다면, 상술한 바와 같이 2개 표준화 위치추정들 간에 차는 단지 ($N1$ 에 해당하는)제 1 패턴세트에 의해 제공된 정보와 유사한 정보를 제공할 것이고, 2개 표준화 위치추정들에 의한 절대차를 더 잘 추정하기에 적합하지 않을 수 있다. 이와 같이, r 이 $N1-1$ 이하이지만 하면, 본 발명의 실시예와 이점이 적용될 수 있다.

[0189] 특히, r 은 바람직하게 낮은 값을 갖는다. 가령, 상술되고 도 23에 도시된 바와 같이 r 은 1이다. 이는 가장 큰 범위, 360° 에 걸쳐 절대 측정을 하게 할 수 있다. 몇몇 애플리케이션에서, $r=2$ 값($D_{tot}=360^\circ$ 이면 180° 에 걸친 절대측정)을 선택하거나, $r=3$ 값($D_{tot}=360^\circ$ 이면 120° 에 걸친 절대측정)을 선택하거나, $r=4$ 값($D_{tot}=360^\circ$ 이면 90° 에 걸친 절대측정)을 선택하거나, $r=5$ 값($D_{tot}=360^\circ$ 이면 72° 에 걸친 절대측정)을 선택하는 것 등이 바람직할

수 있다.

- [0190] 그러나, 도 23의 센서는 많은 문제들을 제기한다. 특히, 센서의 크기가 상술한 타입의 센서에 대해 증가한다. 실제로, 도 23의 예에서, 측정을 하기 위한 "유효" 트랜스듀스 표면적은 도 3a를 참조로 기술된 타입의 트랜스듀서의 "유효" 환형스트립의 표면적보다 폭이 대략 2배인 원형의 환형스트립 표면적이다. 마찬가지로, 측정을 하기 위한 "유효" 타겟 표면적은 도 3b를 참조로 기술된 타입의 "유효" 환형스트립의 표면적보다 폭이 대략 2배인 환형스트립 표면적이다. 더욱이, 1차권선의 실시예에는 센서의 스케일(N 및 N+1)의 환형스트립들 각각을 상대적으로 균일한 방식으로 여기시키도록 추구될 경우 앞선 실시예들에서보다 더 복잡하다. 실제로, 1차여기권선을 구현하기 위해 3세트의 별개 텀들을 이용하는 것이 필수적일 수 있다.
- [0191] 도 25는 유도 변위센서의 실시예의 일예를 개략적으로 나타낸 정면도이다. 도 25의 센서는 도 23 및 24를 참조로 기술된 바와 같이 버니어 원리에 따라 동작하는 2개의 측정 스케일(N 및 N+1)을 갖는 멀티-폴 센서이다. 도 25에는, 단지 센서의 타겟만 도시하였다.
- [0192] 도 25에서 센서의 타겟은 타겟의 원형의 환형스트립(130)의 360°를 따라 분포된 복수의 별개의 도전패턴들(127_i)을 포함한다. 도 25에 나타낸 바와 같이, 도전패턴들(127_i)에 의해 형성된 패턴세트들은 주기적이지 않다. 다양한 도전패턴들(127_i)은 각섹터, 다른 각개구, 및 타겟의 환형스트립(130) 모양을 가지고, 원칙적으로 환형스트립(130)을 따라 불규칙적으로 분포된다.
- [0193] 타겟의 환형스트립(130) 위에 도전패턴들(127_i)에 의해 형성된 패턴세트들은 각각의 주기 360°/N 및 360°/(N+1)를 갖는 주기적 도전패턴들의 제 1 및 제 2 세트의 (가상) 오버레이에 해당한다. 제 1 패턴세트는 타겟의 환형스트립(130)을 따라 규칙적으로 분포된 N개의 기본 패턴들(129_j)(실선)을 포함하고, 각 기본 패턴(129_j)은 환형스트립(130)의 섹터, 대략 360°/2N인 각개구의 모양을 갖는다. 제 2 패턴세트는 타겟의 환형스트립(130)을 따라 규칙적으로 분포된 N+1개의 기본 패턴들(131_k)(대시선)을 포함하고, 각 기본 패턴(131_k)은 환형스트립(130)의 섹터, 대략 360°/2(N+1)인 각개구의 모양을 갖는다. 다시 말하면, 도 25에서 타겟의 도전패턴의 표면적은 전기주기(360°/N)의 도 3b를 참조로 기술된 타입의 제 1 타겟, 및 제 1 타겟과 동일한 내반경 및 외반경을 가지나 전기주기가 360°/(N+1)인 제 2 유사 타겟의 도전패턴의 표면적들의 총합 또는 조합에 해당한다.
- [0194] 도 25의 센서의 트랜스듀서(간략히 하기 위해 미도시됨)는 가령 도 23의 예를 참조로 기술된 바와 유사한 방식으로 타겟의 도전패턴들에 적합하다. 특히, 이는 가령:
- [0195] 타겟의 환형스트립(130)에 대면해 위치되도록 되어 있는 타겟의 원형의 환형스트립(130)과 실질적으로 동일한 트랜스듀서의 원형의 환형스트립에 대략 균일한 자기여기를 발생하는데 적합한 적어도 하나의 1차권선;
- [0196] 트랜스듀서의 원형의 환형스트립을 따라 뻗어 있고, 전기주기의 비율만큼 공간상으로 오프셋된 360°/N 주기의 적어도 제1의 2차권선 및 제2의 2차권선; 및
- [0197] 트랜스듀서의 동일한 환형스트립을 따라 뻗어 있고, 전기주기의 비율만큼 공간상으로 오프셋된 360°/(N+1) 주기의 적어도 제3의 2차권선 및 제4의 2차권선을 포함한다.
- [0198] 본 발명자는, 타겟의 360°/N 전기주기 및 360°/(N+1) 전기주기의 도전패턴들이 서로 겹치고 단락되며, 이에 따라 타겟이 360°의 완전한 회전에 걸쳐 불규칙하게 분포되고, 트랜스듀서의 2차권선 세트의 패턴들의 주기적 각개구와 다를 수 있는 나머지 각개구를 갖는 도전패턴들(127_i)를 포함하더라도, 도 25의 센서는 도 23 및 24를 참조로 기술된 방법과 동일 또는 유사한 버니어 타입 판독방법을 이용해 전체 거리(D_{tot})(즉, 완전한 회전에 걸쳐), 매우 우수한 성능으로, 변위측정을 하는데 적합한 것을 알았다.
- [0199] 도 25의 센서의 한가지 이점은 각각의 360°/N 전기주기 및 360°/(N+1) 전기주기의 패턴들의 오버레이로 인해, 도 23을 참조로 기술된 타입의 구성에 대해 센서의 크기가 줄어들 수 있다는 것이다. 더욱이, 가령 도 3a를 참조로 기술된 타입의 하나의 1차권선은 센서의 적절한 동작을 위해 충분히 균일한 자기여기를 발생하기에 충분하다.
- [0200] 도 26은 도 25의 센서의 대안적인 실시예를 개략적으로 나타낸 정면도이다. 도 26에서는, 센서의 타겟만 도시하였다.
- [0201] 도 26의 센서의 타겟은 타겟의 제 1 원형의 환형스트립 또는 광폭 스트립의 360°를 따라 분포된 복수의 별개의

도전패턴들(137_i)을 포함한다.

- [0202] 타겟의 환형스트립(138) 상에 도전패턴들(137_i)에 의해 형성된 패턴 세트들은 각각의 360° /N 전기주기 및 360° / (N+1) 전기주기의 제 1 및 제 2 세트의 오버레이에 해당한다. 제 1 패턴세트는 타겟의 제 1 환형스트립(138)을 따라 규칙적으로 분포된 N개의 기본 도전패턴들(139_j)(실선)을 포함하고, 각 기본패턴(139_j)은 타겟의 제 1 환형스트립(138)의 섹터, 대략 1 전기 절반주기(360° /2N)인 각개구의 모양을 갖는다. 제 2 패턴세트는 타겟의 제 2 환형스트립(142) 또는 협폭 스트립을 따라 규칙적으로 분포되고, 환형스트립(138)과 동심이며 환형스트립(138)에 포함된, 즉, 내반경이 제 1 환형스트립의 내반경보다 더 크고 및/또는 외반경이 제 1 환형스트립(138)의 외반경보다 적은 N+1개의 기본 도전패턴들(141_k)(대시선)을 포함한다. 각 기본패턴(141_k)은 타겟의 제 2 환형스트립(142)의 섹터, 대략 360° /2(N+1)인 각개구의 모양을 갖는다. 타겟의 제 2 환형스트립(142)의 폭(반경방향 치수)은 바람직하게는 현저하게 타겟의 제 1 환형스트립(138)의 (반경방향) 폭 미만, 가령 제 1 환형스트립(광폭 스트립)의 폭보다 2배에서 20배 미만이다.
- [0203] 도 26의 센서의 트랜스듀서(간략히 하기 위해 미도시됨)는 가령 도 23 및 도 25의 예를 참조로 기술된 바와 유사한 방식으로 타겟의 도전패턴들에 대해 적합하다. 특히, 이는 가령:
- [0204] 타겟의 제 1 환형스트립에 대면해 위치되도록 되어 있는 타겟의 제 1 환형스트립(138)과 실질적으로 동일한 트랜스듀서의 제 1 원형의 환형스트립(광폭 스트립)에 대략 균일한 자기여기를 발생하는데 적합한 적어도 하나의 1차권선;
- [0205] 트랜스듀서의 제 1 원형의 환형스트립(광폭 스트립)을 따라 뻗어 있고, 360° /N 주기의 적어도 제1의 2차권선 및 제2의 2차권선; 및
- [0206] 타겟의 환형스트립(142)에 대면해 위치되도록 되어 있고 타겟의 제 2 환형스트립(142)과 실질적으로 동일하며, 트랜스듀서의 제 2 원형의 환형스트립(협폭 스트립)을 따라, 전기주기의 비율만큼 공간상으로 오프셋된 360° / (N+1) 주기의 적어도 제3의 2차권선 및 제4의 2차권선을 포함한다.
- [0207] 도 26에서 센서의 동작은 도 25에서 센서의 동작과 유사하다. 바람직하기로, 도 26의 센서에서, 상술한 바와 같이 "정제된" 측정을 하는 2차권선(들)은 턴들이 트랜스듀서의 가장 큰 폭의 환형스트립의 환형섹터의 모양을 갖는 (실질적으로 타겟의 환형스트립(138)과 동일한) 권선들이다. 정제된 측정이라는 개념은, 선택적으로 그리고 어느 정도, 협폭 스트립의 2차권선들에 의해 행해진 특징의 성능 및 강건성을 훼손하며, 광폭 스트립의 2차권선들에 의해 행해진 측정에 성능 및 강건성을 제공하도록 설계 작업에 우선순위가 주어지는 것을 말한다.
- [0208] 도 25의 센서에 대해 도 26의 센서의 추가 이점은 도 25이 센서보다 타겟과 트랜스듀서 간에 위치지정 오차에 더 강건하다는 것이다. 특히, (바람직하게는 정제된 측정과 관련된) 광폭 스트립의 2차권선의 단자에서 얻은 측정은 도 25의 센서보다 타겟과 트랜스듀서 간에 위치지정 오차에 더 강건하다. 실제로, 도 26의 센서에서, 서로에 대해 측정 스케일들 중 하나의 표면적을 줄임으로써 타겟, 특히 타부분에 대한 한 세트의 패턴의 상호 영향은 실질적으로 등가이고 매우 강한 도 25의 타겟에 대해 광폭 스트립의 패턴들 상에 협폭 스트립의 패턴들에 의해 발생된 결합이 어느 정도 감소될 수 있다. 이로써, 위치지정 오차에 대한 2차권선 세트들 중 하나의 강건도를 높일 수 있다.
- [0209] 도시된 예에서, 센서의 제 2 원형의 환형스트립(협폭 스트립)의 평균반경은 대략 타겟의 제 1 원형의 환형스트립(광폭 스트립)의 평균반경과 같음에 유의해야 한다. 이 구성은 도전패턴들의 내부 및 외부 직교-반경부의 영향을 실질적으로 동일한 방식으로 제거할 수 있기 때문에 이점적이다. 그러나 도시된 실시예들은 이 특별한 구성에 국한되지 않는다.
- [0210] 도 27a-27c는 도 25의 센서의 다른 대안적인 실시예를 개략적으로 나타낸 정면도이다. 보다 상세하게, 도 27a는 타겟의 정면도이고, 도 27b는 트랜스듀서의 일부분의 정면도이며, 도 27c는 트랜스듀서의 다른 부분의 정면도이다. 실제로, 예시를 위해 도 27b 및 27c에 각각 표현된 트랜스듀서의 두 부분들은 복수의 금속화 레벨들 위에 특정 분포를 예상하는 이들 2개의 도면들에 상기 트랜스듀서의 구성요소들의 분열 없이 하나의 트랜스듀서에 단단히 연결되고 동심적으로 겹쳐져 있다.
- [0211] 도 27a 내지 27c의 센서의 타겟은 타겟의 제 1 원형의 환형스트립(148) 또는 광폭 스트립의 360° 를 따라 분포된 복수의 별개의 도전패턴들(147_i)을 포함한다.
- [0212] 제 1 환형스트립(148) 상에 도전패턴들(147_i)에 의해 형성된 패턴세트는 360° /N 전기주기의 제 1 주기패턴 세

트의 오버레이에 해당하고, $360^\circ / (N+1)$ 전기주기의 제 2 및 제 3 주기패턴 세트의 오버레이에 해당한다. 제 1 패턴세트는 타겟의 환형스트립(148)(광폭 스트립)을 따라 규칙적으로 분포된 N개의 기본 도전패턴들(149_j)(실선)을 포함하고, 각 기본패턴(149_j)은 스트립(148)의 섹터, 대략 $360^\circ / 2N$ 인 각개구의 모양을 갖는다. 제 2 패턴세트는 타겟의 환형스트립(152)(협폭 스트립)을 따라 규칙적으로 분포되고, 제 1 환형스트립(148)과 동심이며 상기 제 1 환형스트립(148)에 포함된, 즉, 내반경이 제 1 환형스트립(148)의 내반경보다 크고 외반경이 상기 제 1 환형스트립(148)의 외반경보다 적은 N+1개의 기본 도전패턴들(151_k)(대시선)을 포함한다. 이 예에서, 타겟의 환형스트립(152)의 내반경은 제 1 환형스트립(148)의 평균반경보다 더 크다. 이 실시예의 일에는 결코 국한되지 않으며 특히 협폭 스트립(152 및 154)은 협폭 스트립들 중 어느 하나에 대해 통과불가능한 제한을 나타낸 광폭 스트립(148)의 평균 반경없이 광폭 스트립(148)에서 다르게 배열될 수 있다. 각 기본패턴들(151_k)은 타겟의 제 2 환형스트립(152)의 섹터의, 대략 $360^\circ / 2N$ 인 각개구의 모양을 갖는다. 타겟의 환형스트립(152)의 (반경방향) 폭은 바람직하게는 타겟의 환형스트립(148)의 폭에 대해, 예컨대 제 1 스트립의 폭보다 3배에서 20배 적다. 제 3 패턴세트는 타겟의 제 3 환형스트립(154)(협폭 스트립)을 따라 규칙적으로 분포되고, 제 1 환형스트립(148)과 동심이며 상기 제 1 환형스트립(148)에 포함된, N+1개의 기본 도전패턴들(153_k)(대시선)을 포함한다. 이 예에서, 타겟의 환형스트립(154)의 외반경은 환형스트립(148)의 평균반경보다 적다. 제 1 환형스트립(148)의 평균반경과 제 3 환형스트립(154)의 평균반경 간의 차는 가령 제 2 환형스트립(152)의 평균반경과 제 1 환형스트립(148)의 평균반경 간의 차와 대략 같다. 각 기본 도전패턴(153_k)은 타겟의 제 3 환형스트립(154)의 섹터의, 대략 $360^\circ / 2(N+1)$ 인 각개구의 모양을 갖는다. 제 3 환형스트립의 폭은 가령 제 2 환형스트립의 폭과 대략 같다. 대안으로, 제 3 환형스트립(154)의 폭은 상기 제 3 환형스트립(154)의 패턴의 표면적이 제 2 환형스트립(152)의 패턴의 표면적과 대략 같게 된다. 실시예의 이들 2개 예들은 결코 국한되지 않는다.

- [0213] 도 27a에 나타낸 바와 같이, 타겟의 환형스트립(154)의 $360^\circ / (N+1)$ 의 주기 패턴들은 타겟의 환형스트립(152)의 $360^\circ / (N+1)$ 의 주기 패턴들에 대해 $360^\circ / 2(N+1)$ 만큼 공간상으로 오프셋된다. 이와 같이, 기본 패턴(153_k)은 2개의 인접한 기본 도전패턴(151_k)을 분리시키는 각 개구 $360^\circ / (N+1)$ 의 "빈" 각범위로 뻗어 있고, 기본 도전패턴(151_k)은 2개의 인접한 기본 도전패턴(153_k)을 분리시키는 각 개구 $360^\circ / (N+1)$ 의 "빈" 각범위로 뻗어 있다. 다시 말하면, 실질적으로 타겟의 모든 반경방향들이 기본 도전패턴(151_k) 또는 도전패턴(153_k)과 조우한다.
- [0214] 도 27a 내지 27c에서 센서의 트랜스듀서는 도 23, 25 및 26의 예를 참조로 기술된 바와 유사한 방식으로 가령 타겟의 도전패턴에 적합하다. 이는 가령:
- [0215] 타겟의 환형스트립(148)에 대면해 위치되도록 되어 있는 타겟의 제 1 환형스트립(148)과 실질적으로 동일한 트랜스듀서의 제 1 원형의 환형스트립에 대략 균일한 자기여기를 발생하는데 적합한 적어도 하나의 1차권선(211)(도 27b); 및
- [0216] 각각이 동일한 권선방향의 N개 턴들로, 또는 대안으로, 교번하는 권선방향의 2N개 턴들을 포함한, 전기주기 $360^\circ / N$ 의 적어도 제1의 2차권선 및 제2의 2차권선(243)(하나의 2차권선(243)만 도 27b에 도시됨);
- [0217] 각각이 동일한 권선방향의 N+1개 턴들로, 또는 바람직하게는, 교번하는 권선방향의 2(N+1)개 턴들을 포함한, 전기주기 $360^\circ / (N+1)$ 의 적어도 제3의 2차권선 및 제4의 2차권선(253)(하나의 2차권선(253)만 도 27c에 도시됨); 및
- [0218] 각각이 동일한 권선방향의 N+1개 턴들로, 또는 바람직하게는, 교번하는 권선방향의 2(N+1)개 턴들을 포함한, 전기주기 $360^\circ / (N+1)$ 의 적어도 제5의 2차권선 및 제6의 2차권선(255)(하나의 2차권선(255)만 도 27c에 도시됨)을 구비하고,
- [0219] 제1의 2차권선 및 제2의 2차권선의 각 턴은 트랜스듀서의 제 1 환형스트립의 각개구 $360^\circ / 2N$ 의 섹터의 모양을 가지며, 각 권선의 N개 또는 2N개 턴은 트랜스듀서의 제 1 환형스트립의 360° 를 따라 규칙적으로 분포되고,
- [0220] 제3의 2차권선 및 제4의 2차권선의 각 턴은 실질적으로 타겟의 제 2 환형스트립(152)과 동일하고 타겟의 환형스트립(152)에 대면해 위치되도록 되어 있는 트랜스듀서의 제 2 환형스트립의 각개구 $360^\circ / 2(N+1)$ 의 섹터의 모양을 가지며, 각 권선의 N+1개 또는 2(N+1)개 턴은 트랜스듀서의 제 2 환형스트립의 360° 를 따라 규칙적으로 분포되고,
- [0221] 제5의 2차권선 및 제6의 2차권선의 각 턴은 실질적으로 타겟의 제 3 환형스트립(154)과 동일하고 타겟의 환형스

트립(154)에 대면해 위치되도록 되어 있는 트랜스듀서의 제 3 환형스트립의 각개구 $360^\circ / 2(N+1)$ 의 섹터의 모양을 가지며, 각 권선의 N+1개 또는 2(N+1)개 턴은 트랜스듀서의 제 2 환형스트립의 360° 를 따라 규칙적으로 분포된다.

- [0222] 제3 및 제5의 2차권선은 극성이 반대다. 즉, 이들은 도 7에 정의되고 하기의 본 명세서에 채택된 (+ 또는 -부호로 표현된) 극 변환에 따라 $360^\circ / 2(N+1)$ 만큼 공간상으로 오프셋되어 있다. 제4 및 제6의 2차권선은 제3 및 제5의 2차권선 간의 배열과 실질적으로 동일한 배열에 따라 서로에 대해 배열된다.
- [0223] 바람직하기로, 제 1 원형의 환형스트립에서, 제1 및 제2의 2차권선은 서로에 대해 $360^\circ / 2N$ 만큼 공간상으로 오프셋되고, 제 2 원형의 환형스트립에서, 제3 및 제4의 2차권선은 서로에 대해 $360^\circ / 2(N+1)$ 만큼 공간상으로 오프셋되며, 제 3 원형의 환형스트립에서, 제5 및 제6의 2차권선은 서로에 대해 $360^\circ / 2(N+1)$ 만큼 공간상으로 오프셋된다.
- [0224] 보다 일반적으로, 트랜스듀서는, 제 1 환형스트립에서, 실질적으로 제1의 2차권선과 동일하고 전기주기의 비율만큼 서로에 대해 공간상으로 오프셋되어 있는 전기주기 D_{tot}/N 의 복수의 2차권선들; 제 2 환형스트립에서, 실질적으로 제3의 2차권선과 동일하고 전기주기의 비율만큼 서로에 대해 공간상으로 오프셋되어 있는 전기주기 $D_{tot}/(N+1)$ 의 복수의 2차권선들; 및 제 3 환형스트립에서, 실질적으로 제5의 2차권선과 동일하고 전기주기의 비율만큼 서로에 대해 공간상으로 오프셋되어 있는 전기주기 $D_{tot}/(N+1)$ 의 복수의 2차권선들을 포함할 수 있다.
- [0225] 도 27a 내지 27c에서 센서의 동작은 도 25 및 26의 센서의 동작 유사하다.
- [0226] 다양한 관독형태들이 도 27a 내지 27c의 예에 이용될 수 있다. 본 발명자는 특히:
- [0227] 2차권선(243)에 의한 패턴(147_i) 세트의 관독은 전기주기 $360^\circ / 2N$ 의 처리에 적합한 요망신호를 발생하고,
- [0228] 2차권선(253)에 의한 패턴(147_i) 세트의 관독은 전기주기 $360^\circ / 2(N+1)$ 의 처리에 적합한 요망신호를 발생하며,
- [0229] 2차권선(255)에 의한 패턴(147_i) 세트의 관독은 전기주기 $360^\circ / 2(N+1)$ 의 처리에 적합한 요망신호를 발생하고,
- [0230] 가령 양 2차권선들이 (도 27c에 도시된 바와 같이) 극성들이 바뀌고 직렬로 전기연결된 경우 2차권선(253) 및 2차권선(255)에 의한 패턴(147_i) 세트의 동시 관독들의 조합은 전기주기 $360^\circ / 2(N+1)$, 2차권선(253)에 의해 관독된 요망신호의 두배와 대략 같은 진폭의 처리에 적합한 요망신호, 또는 2차권선(255)에 의해 관독된 요망신호를 발생하며,
- [0231] 2차권선(243)에 의한 패턴(147_i) 세트의 관독은 이 2차권선이 감지한 요망신호에 대해 (특히 전기주기 $360^\circ / (N+1)$ 및 360° 의) 상대적으로 약한 기생신호를 발생하고,
- [0232] 가령 두 2차권선들이 (도 27c에 도시된 바와 같이) 극성들이 바뀌고 직렬로 전기연결된 경우 2차권선(253) 및 2차권선(255)에 의한 패턴(147_i) 세트의 동시 관독들의 조합은 이 2차권선이 감지한 요망신호에 대해 (특히 전기주기 $360^\circ / N$ 및 360° 의) 상대적으로 약한 기생신호를 발생한다.
- [0233] 도 27a 내지 27c의 센서에 대한 추가적인 이점은은 도 26의 센서로서 타겟과 트랜스듀서 간에 위치오차에 대해 심지어 더 강건하다는 점이다.
- [0234] 특히, (바람직하게는 정제된 측정과 관련된) 광폭 스트립의 2차권선(243)의 단자에서 얻은 측정은 도 26의 센서에서보다 타겟과 트랜스듀서 간에 위치오차에 대해 더 강건하다. 실제로, 도 27a 내지 27c의 센서에서, 실질적으로 타겟의 모든 반경방향들이 타겟의 2개의 협폭 스트립들 중 어느 하나에 설비된 협폭 스트립의 하나의 기본 도전패턴과 만난다. 더욱이, 타겟의 2개의 협폭 스트립들은 바람직하게는 트랜스듀서의 광폭 스트립의 2차권선들(243)의 2개의 내부 및 외부 직교반경방향 분기들로부터 상당히 떨어져 설비된다. 이런 조건 하에서, 광폭 스트립의 2차권선들(243)의 단자에서 측정에 대한 2개의 협폭 스트립들의 도전패턴들의 결합은 타겟의 협폭 스트립의 도전패턴들의 유도 조합으로부터 발생하고, 이들 2개의 기여는 실질적으로 트랜스듀서에 대해 타겟의 위치에 무관하게 서로 보완한다. 그런 후 기생결합은 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치가 변할 때 상대적으로 안정적인 값을 채택한다. 게다가, 결합은 공간상 차동측정을 하기 위해 가령 도 3의 센서에 대해 기술된 바와 같이 광폭 스트립의 2차권선들이 교번하는 권선방향들의 2N개 턴들을 포함할 경우 실질적으로 0값을 채택한다. 다른 공식은 트랜스듀서의 광폭 스트립의 2차권선들이 2개의 오프셋된 협폭 스트립들을 하나의 협소한 중앙 도전스트립이고 전자기 면에서(그리고 전기적이 아니라) D_{tot} 위에 실질적으로 실선 또는 연속인 것으로서 대략 "간주하

고" 이와 같이 이런 가상 스트립은 상기 2차권선들의 단자에서 실질적으로 위치독립적인 신호를 유도하는 것을 고려해 구성된다.

[0235] 더욱이, 본 발명자는 (협폭 스트립의) 2차권선(253)의 단자에서 얻은 측정이 (다른 협폭 스트립의) 2차권선(255)의 단자에서 얻은 측정 위치에 따른 거동과 유사한 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치에 따른 거동을 나타내는 것을 알았다. 본 발명자는 또한, 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치 결합의 경우에, 2개의 협폭 스트립들 중 하나의 2개 권선들(253 또는 255) 중 하나의 단자에서 측정 위치에 따른 거동이 다른 권선의 단자에서 측정시 얻은 변형들과 상대적으로 상보적인 변형을 나타내는 것을 알았다. 이와 같이, 2개의 협폭 스트립들의 2개 2차권선들의 측정을 조합하고, 권선들이 특히 진폭 및 선형성 면에서 위치에 대해 상대적으로 유사한 거동을 나타내도록 설계된 경우 질렬로 2개의 권선들을 우선적으로 연결함으로써, 위치결합에 대해 상대적으로 강건한 새로운 복합권선의 단자에서 측정을 획득할 수 있다. 실제로, 도 27a 내지 27c의 센서에서, 실질적으로 트랜스듀서의 모든 반경방향들은 극성이 반대이고 트랜스듀서의 2개의 협폭 스트립들 각각에 번갈아 설치된 복합권선의 2개의 기본 턴들과 정확히 만난다. 더욱이, 트랜스듀서의 2개의 협폭 스트립들은 타겟의 광폭 스트립의 도전패턴들의 2개의 내부 및 외부 직교-반경방향 분기들로부터 상당히 떨어져 있다. 이런 조건 하에서, 복합권선의 단자에서 측정시 타겟의 광폭 스트립의 도전패턴들(149_j)의 결합은 2차권선(253)(하나의 협폭 스트립)에 도전패턴들(149_j)의 유도 및 2차권선(255)(다른 협폭 스트립)에 도전패턴들(149_j)의 유도의 조합으로 인해 발생하고, 이들 2개의 기여는 실질적으로 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치에 무관하게 서로를 보상한다. 그런 후 기생결합은 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치가 변할 때 상대적으로 안정적인 값을 채택한다. 더욱이, 결합은 2차권선(253 및 255)(협폭 스트립)이 공간상 차동측정을 하기 위해 가령 도 3의 센서에 대해 기술된 바와 같이 교번하는 권선방향들의 2(N+1)개 턴들을 포함할 때 실질적으로 0값을 채택한다. 다른 공식은 트랜스듀서에 대한 타겟의 위치가 변할 때, 타겟과 관련된 도전패턴 세트에 의해 행해진 관독이 실질적으로 타겟과 관련된 도전패턴 세트의 트랜스듀서의 다른 협폭 스트립의 2차권선에 의해 행해진 관독과 "동위상(同位相)"인 것으로 구성된다. 더욱이 그리고 랜스듀서에 대한 타겟의 위치가 변할 때, 관독은 광폭 스트립의 도전패턴(149_j) 세트의 트랜스듀서의 협폭 스트립의 2차권선에 의해 행해진 관독이 실질적으로 타겟의 광폭 스트립의 동일한 도전패턴 세트의 트랜스듀서의 다른 협폭 스트립의 2차권선에 의해 행해진 관독과 "역위상(逆位相)"인 것으로 구성된다. 이와 같이, 2개의 측정들이 (가령, 직렬 전기연결에 의해) 수학적 또는 전기적 수단에 의해 추가되면, 기생결합은 각 협폭 스트립의 2차권선들이 이 목적으로 설계된 경우 실질적으로 0값을 채택하는 반면, 요망신호는 유지 및/또는 증폭된다.

[0236] 협폭 스트립의 2차권선을 다른 협폭 스트립의 2차권선과 직렬 전기연결하는 경우, 그리고 도 2e를 참조로 기술된 센서들의 특징을 얻기 위해, 가령 복합권선의 중점으로서 2개 기본 권선들의 직렬 연결점을 선택할 수 있음에 유의해야 한다.

[0237] 별개로 조건화된 신호들의 선형조합처럼 협폭 스트립의 2개 권선들의 측정들을 조합하기 위한 다른 방법들, 또는 가령 광폭 스트립 및/또는 협폭 스트립에서 측정의 강건성을 높이는 동일한 목적으로 트랜스듀서에 대해 타겟의 위치결합에 2차권선들을 전기적으로 상호연결시키는 다른 방법들이 고려될 수 있음에 유의해야 한다.

[0238] 도 23, 25, 26 및 27a에 도시된 예에서, 전기주기 360°/(N+1)의 기본패턴들 중 하나는 전기주기 360°/N의 기본패턴들 중 하나와 대략 동일한 각위치에 센터링되는 것에 유의해야 한다. 예컨대, 도 25에서, 패턴(131₁)은 패턴(129₁)과 동일한 각위치에 센터링되고, 도 27a에서, 패턴(151₁)은 패턴(149₁)과 동일한 각위치에 센터링된다. 이 구성은 특히 타겟의 제조 및 시각적 검사를 쉽게할 수 있거나 2차권선 세트의 설계 및 제조를 쉽게할 수 있게 하는 센서의 전반적인 대칭수준을 높이는데 일조하기 때문에 우선적이다. 그러나 기술된 실시예들은 이런 특정한 경우에 국한되지 않는다.

[0239] 대체적로, 상술한 실시예들은 2개의 신호들(θ_{N1} 및 θ_{N2})에 적용될 수 있고, N1 및 N2는 다른 정수이나, 그 차가 반드시 통일될 필요가 없는 것에 유의해야 한다. 이런 조건 하에서, N1 및 N2=N1+2에 의해 특징되고 도 23, 25, 26 및 27a-27c의 센서의 배열과 유사한 배열의 센서는 범위 $D_{tot}/N = 180^\circ$ 범위에 걸쳐 절대측정을 확장할 수 있게 한다. 더 대체적으로, N1 및 N2=N1+r(r은 0이 아닌 양의 정수이고 엄밀히 N1미만, 즉, N1-1이하임)에 의해 특징되는 센서는 소정 조건하에서 범위 $D_{tot}/r = 360^\circ / r$ 범위에 걸쳐 절대측정을 확장할 수 있게 한다.

[0240] 더욱이, 대안으로 도 26 및 27a-27c의 예에서, 주기 360°/N 패턴의 폭에 대해 주기 360°/(N+1) 패턴의 폭을 줄이는 대신, 주기 360°/2(N+1) 패턴의 폭에 대해 주기 360°/N 패턴의 폭을 줄이는 것이 고려될 수 있다.

[0241] 더욱이, 폴 쌍들의 개수는 바람직하게는 광폭 스트립의 패턴에 대해 짝수여서, (특히 트랜스듀서가 제 2 태양에

따라 구현될 경우) 중간점의 일측에 트랜스듀서의 대칭성을 높이는데 유리한 것에 유의해야 한다.

[0242] 더욱이, 도 23-27c를 참조로 기술된 실시예들은 단지 평평한 각변위센서들에만 적용되지 않고 다른 타입의 유도 변위센서들, 특히 평평한 선형 변위센서들 또는 평평하지 않은 각변위센서들, 가령 또한 선형타입의 타겟상에 (가령 실린더에 따라 형성된) 권선된 일부에 대해 그리고 회전식 일부를 바라보는 (가령 실린더에 따라 형성된) 권선된 선형 변위센서들에도 적용될 수 있음에 유의해야 한다. 실시예들의 이들 2가지 예들은 결코 국한되지 않는다.

[0243] 제 4 태양

[0244] 일반적으로, 유도 변위센서의 타겟은, 트랜스듀서의 권선을 바라보며, 가령 상술한 패턴 EP0182085의 도 50에 도시된 바와 같이, 타겟의 도전패턴에 따라 플레이트의 부분들만 보유하도록 전체 두께에 걸쳐 컷팅된 금속 플레이트로 구성된다. 대안으로, 타겟은, 유전체 기판, 가령 플라스틱 기판으로 구성될 수 있고, 트랜스듀서를 향해 지향된 일면은 부분적으로 타겟의 도전패턴(들)을 형성하는 금속층으로 코팅된다.

[0245] 그러나, 상술한 타입의 타겟들은 몇몇 애플리케이션에, 특히 변위를 감지할 수 있도록 추구되는 이동부들이 상당한 충격 또는 진동을 받기 쉬운 애플리케이션에 문제를 제기할 수 있는 약한 지점들이 있다. 이런 약점들 중에, 본 발명자는 특히 도전패턴들이 상대적으로 미세하고/하거나 비스듬한 경우 도전패턴들과, 일반적으로 소프트한 유전체 기판(PCB 에폭시, 플라스틱 등)을 식별했다. 더욱이, 변위를 감지할 수 있도록 추구된 이동부와 타겟 간에 단단히 부착하는 실시예는 문제를 제기할 수 있다. 이 (가령, 본딩, 스크류링, 피팅 등에 의한) 부착은 특히 기계적 약한 지점들을 나타낼 수 있다. 이런 약한 지점들은 이런 타겟들이 설치된 센서의 산업적 적용을 제한하고, 특히 타구봉 및 프레스와 같은 가압공구를 이용해 이들 어셈블리 동작들이 수행될 경우 회전식 기계부의 어셈블리 동작 후 회전 기계부의 운전 또는 단단한 기계적 하우징내에 타겟 및/또는 트랜스듀서의 보호 중 어느 하나를 특히 필요로 한다. 이는 가령 고하중의 프레스 수단에 내재되어 있는 계장 베어링의 경우이다.

[0246] 제 4 태양에 따르면, 특히 세기 면에서, 기존 타겟의 결함들 중 일부 또는 모두를 제거한 유도 변위센서타겟을 이용할 수 있는 것이 바람직하다.

[0247] 이를 위해, 제 4 실시예에 따르면, 트랜스듀서를 향해 지향되도록 되어 있는 타겟의 면이 기저 금속벽으로부터 돌출한 하나 또는 복수의 금속 스테르드를 구비하도록 기계가공된 (예컨대, 강철 피스와 같은) 하나의 도전성 금속피스로 형성된 유도 변위센서 타겟 또는 일체형 타겟을 구현하는 것이 고려된다. 타겟의 스테르드(들)은 도전패턴 또는 타겟의 도전패턴에 해당하고, 스테르드가 씌워지지 않은 기저벽 부분들은 타겟의 무도전패턴지역, 즉, 종래 유도 변위센서 타겟에 대해 비도전적인 지역에 해당한다.

[0248] 도 28은 유도 변위센서용의 이와 같은 일체형 타겟(301)의 실시예의 일예를 나타낸 사시도이다. 타겟(301)은 트랜스듀서를 향해 지향되도록 되어 있는 디스크의 일면이 대략 평평한 기저벽(309)으로부터 돌출한 실질적으로 동일한 높이의 N개(도시된 예에서 N=6)의 도전 스테르드들(307_i)를 포함하도록 기계가공된 전반적인 금속 디스크의 형태를 갖는다. 각 스테르드(307_i)는 정점 또는 벽(309)과 대략 평평하고 나란한 상단면을 갖는다. 더욱이, 이 예에서, 스테르드의 사이드월은 대략 벽(309)에 직각이다. 타겟(301)의 스테르드들(307_i)의 상단면은 타겟의 도전패턴을 정의한다. 이 예에서, 타겟(301)은 도 3b의 타겟의 도전패턴과 실질적으로 동일한, 즉, 디스크의 중앙면에 직각인 방향을 따라 돌출한 도전패턴을 갖고, 스테르드들(307_i)은 실질적으로 형태가 동일하고 실질적으로 도 3b의 타겟의 도전패턴(117_i)과 동일한 방식으로 설치된다.

[0249] 타겟(301)의 동작원리는 상술한 바와 유사하다. 즉, 타겟이 자기여기를 방출하는 트랜스듀서의 전면에 배치되면, 유도현상, 가령 와전류가 트랜스듀서에 대해 스테르드들(307_i)의 위치에 따라 트랜스듀서의 출력신호 레벨의 변화를 유도하며 특히 스테르드들의 상단면에 있는 스테르드(307_i)에 발생한다.

[0250] 타겟(301)에서, 스테르드들(307_i) 사이에 위치한 트랜스듀서에 대면한 타겟 면의 일부분이 도전적인 것에 유의해야 한다. 따라서, 1차권선에 의해 발생된 자기여기의 영향 하에, 유도현상, 가령 와전류가 기저벽(309)에서 타겟의 이들 부분들에서 또한 발생할 수 있음에 유의해야 한다. 대체로, 그리고 가령 스테르드들이 벽(309)에 의해 특징된 타겟의 기판과 균일하게 전기접촉된 도 28의 센서의 경우에, 전기장 분포는 1차권선에 의해 발생된 자기여기와 타겟의 도전구조물의 전반적인 상호작용으로부터 발생한다. 특히, 각 도전스테르드의 구조물이라기보다 타겟의 전체 도전구조물과 관련된 전기현상, 가령 실질적으로 컨택트(307_i)의 표면 또는 스테르드들 간에 포함된 벽(309)의 표면의 일부분에 의해 정의된 로컬 루프를 따르기보다는 타겟의 회전축과 동심인 루프를 따라 유도전

류의 흐름이 있다. 특히 종래 기술에서, 이런 기생유도현상을 막기 위해 가능한 한 기저벽(309)을 제거하고 스테르드들(307_i)을 전기절연시키는 것이 통상적이다.

[0251] 그러나, 트랜스듀서와 기저벽(309) 간에 거리는 트랜스듀서와 스테르드들(307_i) 간의 거리보다 더 크고, 벽(309)에서 발생한 유도현상은 스테르드들(307_i)의 표면에서 발생한 유도현상보다 덜하다. 본 발명자가 행한 테스트는 벽(309)의 유도성 기여가 선택적으로 감소와 같은 변경 또는 스테르드들(307_i)의 높이가 낮은 경우 트랜스듀서의 요망된 출력신호의 선형 특성의 변경을 야기할 수 있으나, 다른 한편으로, 센서에 의해 행해질 수 있는 위치측정의 정확도를 떨어뜨리지 않음을 입증했다.

[0252] 특히 도 12a-12d를 참조로 기술된 제 1 태양에 따르면, 타겟의 기하학적 모양의 조절 및 도 28의 센서에서 스테르드들(307_i)의 높이의 조절로, 선형성 면에서 최적의 타겟-트랜스듀서 거리(d_{opt})를 조절하는 것을 고려할 수 있음에 유의해야 한다. 이와 같이, 스테르드의 높이는 거리(d_{opt})가 다양한 산업적 응용과 호환될 수 있는 값 범위인 가령 0.5 내지 1.5mm 사이로 타겟 애플리케이션과 호환될 수 있게 선택될 수 있다.

[0253] 비제한적인 예로써, 스테르드들(307_i)의 높이는 0.1 내지 30mm, 바람직하게는 1 내지 10mm 사이이다.

[0254] 보다 일반적으로, 하나 또는 복수의 도전패턴들과 임의의 타입의 유도 변위센서 타겟은 도 28을 참조로 기술된 바와 같이 일체형으로, 도 28에서의 패턴과 다르고, 즉, 가령, 각섹터(angular sectors) 또는 직사각형이 다르고, 그리고 예컨대 윤곽들 중 적어도 하나(가령 외부 윤곽)가 실질적으로 타겟 상의 각도에 따라 나선처럼 전개되거나, 윤곽들 중 적어도 하나가 실질적으로 타겟 상의 각도에 따라 사인형으로 전개되는 점에서, 도전성 패턴을 갖는, 가령 유도성 선형변위 타겟들, 또는 평평한 유도성 각변위센서 타겟들로 구현될 수 있다.

[0255] 예로써, 일체형의 평평한 유도성 각변위 센서 타겟(401)의 다른 비제한적인 예가 도 29에 도시되어 있다.

[0256] 도 28의 예에서와 같이, 타겟(401)은 트랜스듀서를 향해 지향되도록 되어 있는 디스크의 일면이 대략 평평한 기저벽(309)에서 돌출한 실질적으로 동일한 높이의 도전 스테르드들(407)을 포함하도록 기계가공된 전반적인 금속 디스크 형태를 갖는다. 상기와 같이, 각 스테르드(407)는 정점 또는 벽(309)과 대략 평평하고 평행한 상단면을 갖고, 스테르드의 사이드월은 벽(309)에 대략 직각이다. 타겟(401)의 스테르드(407)의 상단면은 타겟의 도전패턴을 정의한다. 이 예에서, 타겟(401)은 도 27a에서 타겟의 패턴과 실질적으로 동일한 도전패턴을 갖는다. 즉, 위에서 보면, 스테르드(407)는 실질적으로 동일한 모양을 갖고 도 27a의 타겟의 도전패턴들(147_i)과 실질적으로 동일한 방식으로 설비된다.

[0257] 상술한 타입의 일체형 타겟의 실시예는 단단한 금속부를 기계가공하기 위한 임의의 공지의 수단들에 의해, 가령 에칭, 소결, 몰딩, 엠보싱 등에 의해 수행될 수 있다.

[0258] 상술한 타입의 일체형 타겟의 한가지 이점은 이들이 특히 기존 타겟에 대해 강건하고, 특별한 사전조치 없이 이와 같이 취급될 수 있다는 것이다. 이 강건성은 특히 이런 타겟들은 단단하고 전혀 약한 지점들이 없다는 사실에서 유래된다. 더욱이, 이들 타겟들은 기존 타겟들보다 이동부들에 단단히 부착하기 더 쉽다. 특히, 임의의 금속 대 금속 강제 끼움 및/또는 금속-금속 용접기술이 사용될 수 있다. 이들 2가지 특징들은 어셈블리 또는 호스트 시스템에 사용 전에 거의 대부분의 회전 금속부들을 사전설비할 수 있게 한다. 시스템의 계장을 완결하기 위해, 조립의 마지막에 또는 호스트 시스템의 수명의 임의의 단계에 조립된 타겟의 맞은편에 트랜스듀서를 간단히 실장하는 것이 필수적이다.

[0259] 한가지 특별히 이점적인 실시예에 따르면, 상술한 타입의 일체형 유도 변위센서 타겟이 위치(및/또는 변위)를 감지할 수 있도록 추구되는 금속부: 가령,

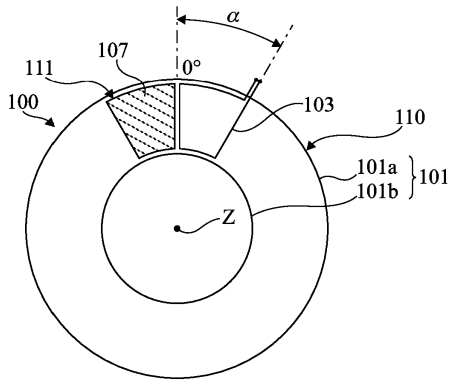
[0260] 각도 측정을 위한, 자동차 스티어링 컬럼, (가령, 샤프트의 단부의 한 디스크형태의 면에) 엔진 샤프트 또는 감소 기어상자, 볼 베어링의 로터리 링(내부 또는 외부), 기어, 등; 또는

[0261] 선형 측정을 위한, 피스톤 로드, 쇼크업소버 바디 등에 직접 기계가공될 수 있다:

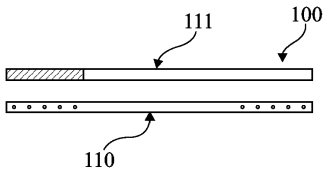
[0262] 다양한 대안적인 실시예에 따른 다양한 예들 및 실시예를 상술하였다. 당업자가 발명의 기술을 훈련하지 않고도 이들 다양한 예들, 실시예들, 및 대안적인 실시예들의 다양한 요소들을 조합할 수 있음에 유의해야 한다. 특히, 상술한 제 1, 2, 3, 및 4 실시예는 서로 무관하게 또는 애플리케이션의 필요에 따라 전체적으로 또는 부분적으로 구현될 수 있음에 유의해야 한다.

도면

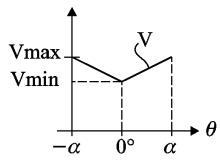
도면1a



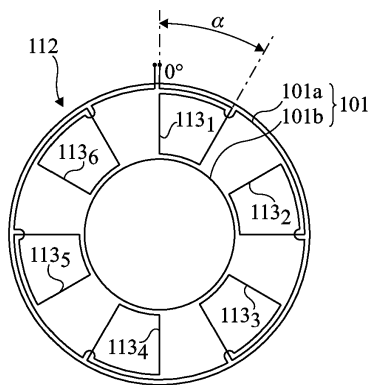
도면1b



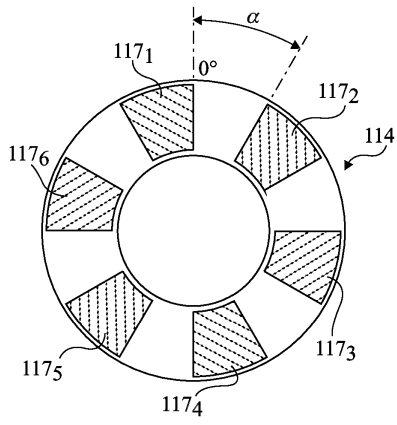
도면2



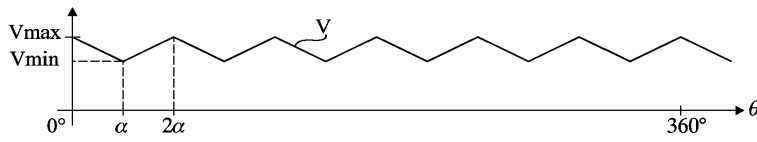
도면3a



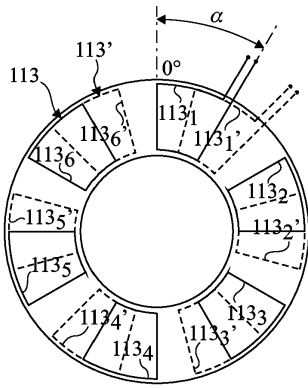
도면3b



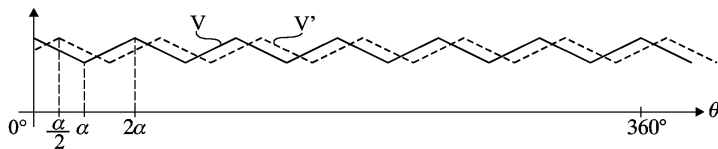
도면4



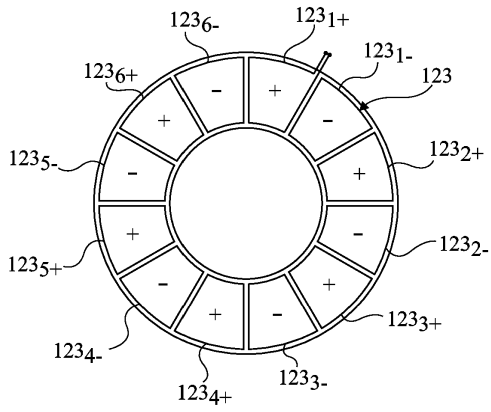
도면5



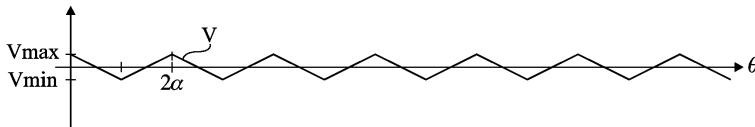
도면6



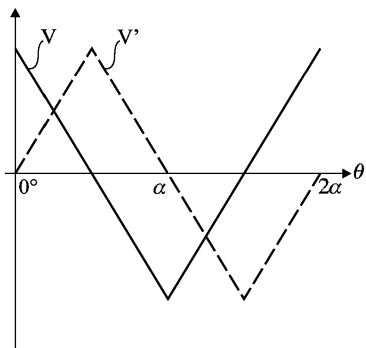
도면7



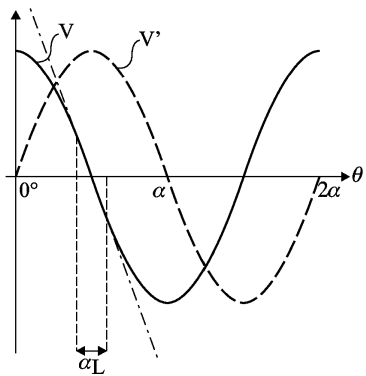
도면8



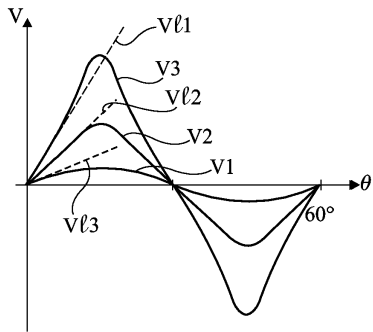
도면9a



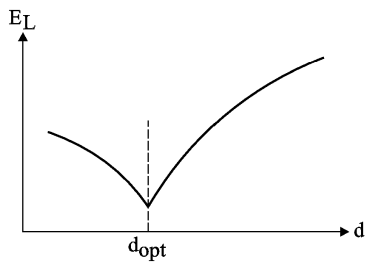
도면9b



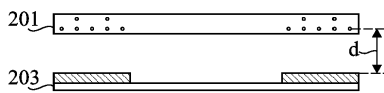
도면10



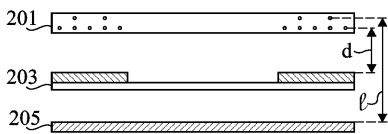
도면11



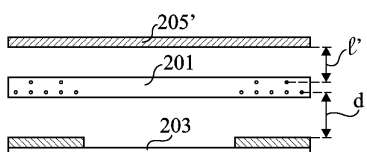
도면12a



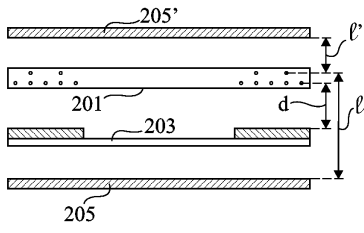
도면12b



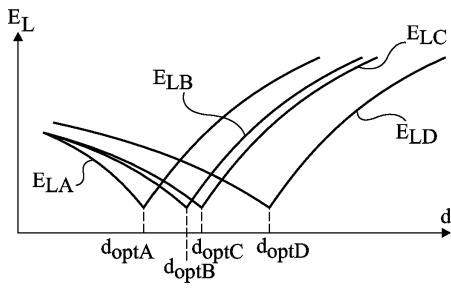
도면12c



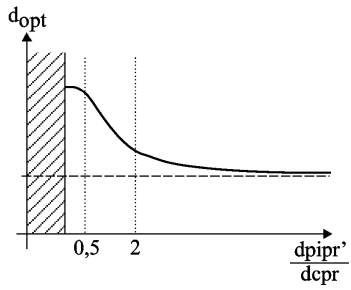
도면12d



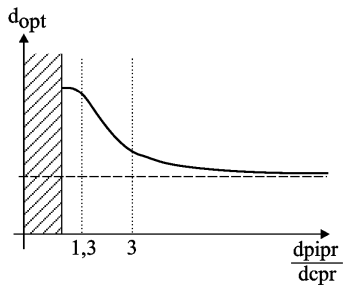
도면13a



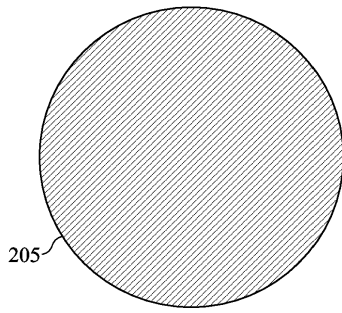
도면13b



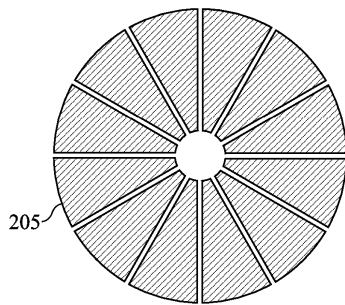
도면13c



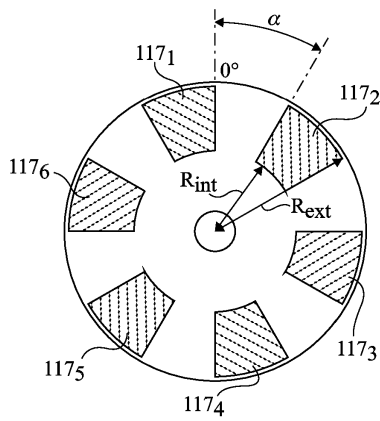
도면14



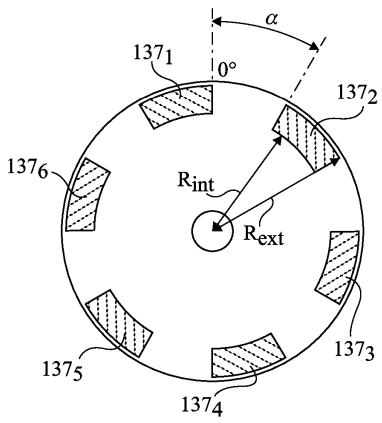
도면15



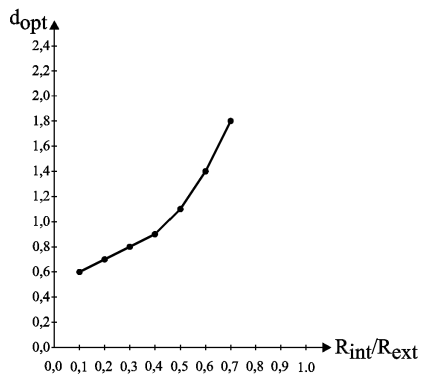
도면16a



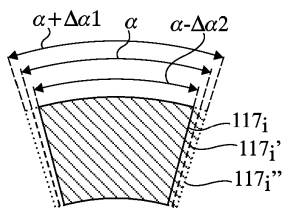
도면16b



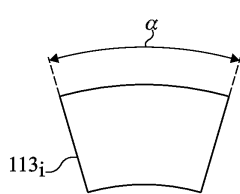
도면17



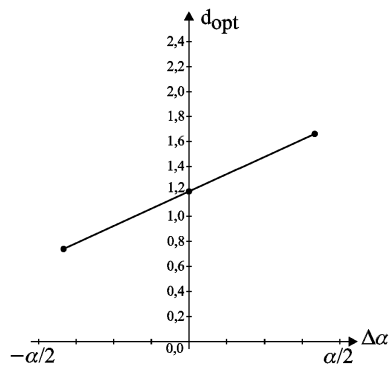
도면18a



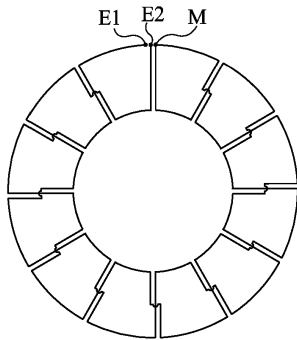
도면18b



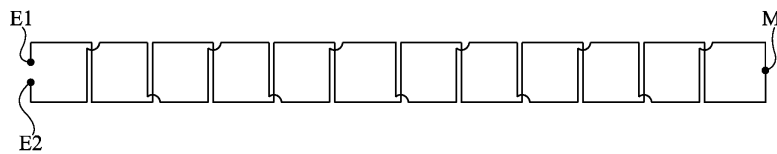
도면19



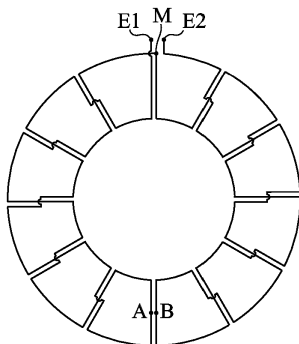
도면20a



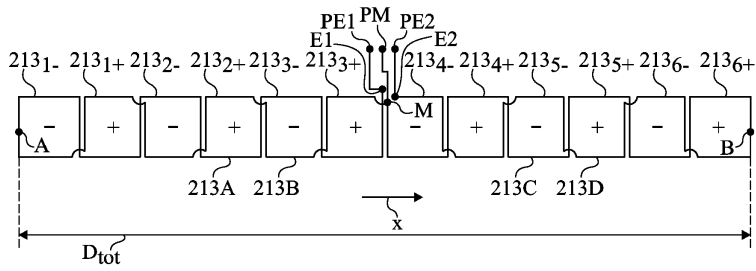
도면20b



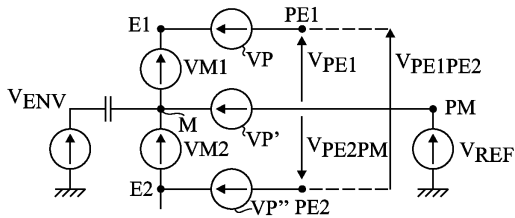
도면20c



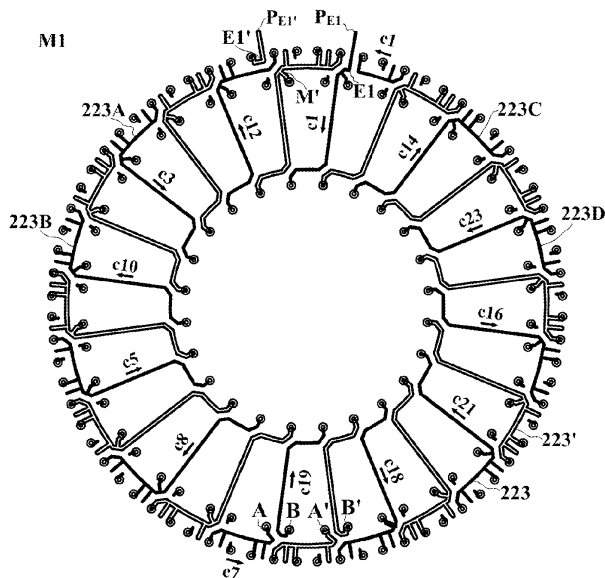
도면20d



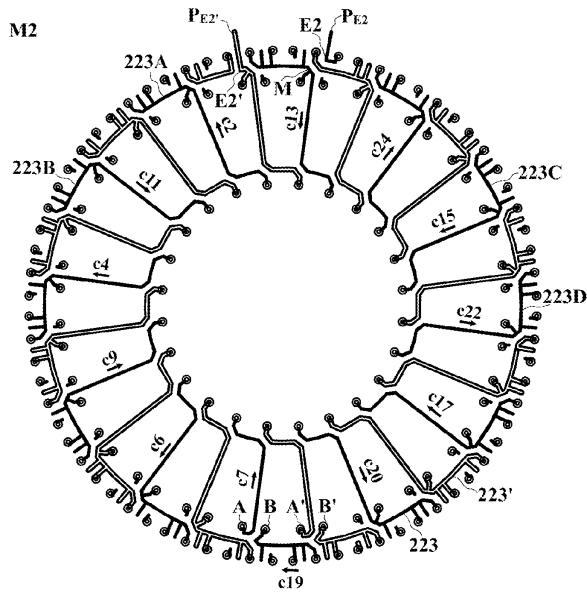
도면20e



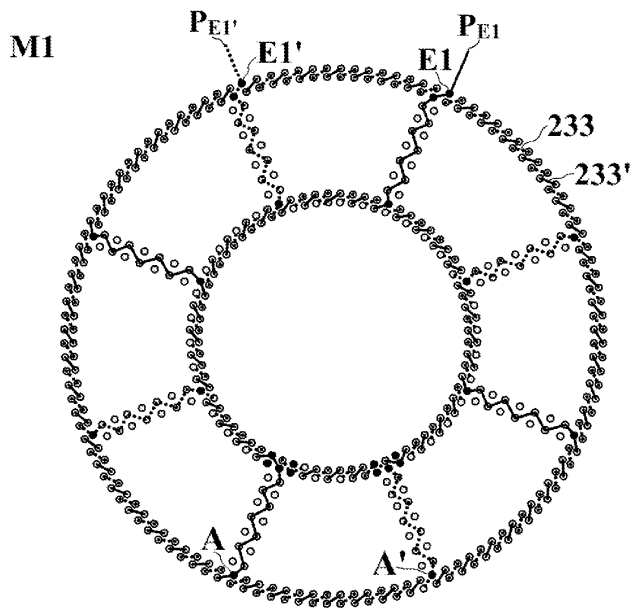
도면21a



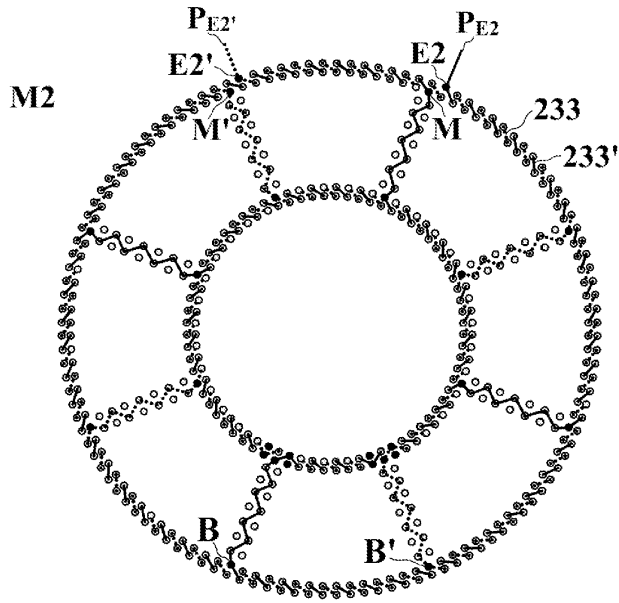
도면21b



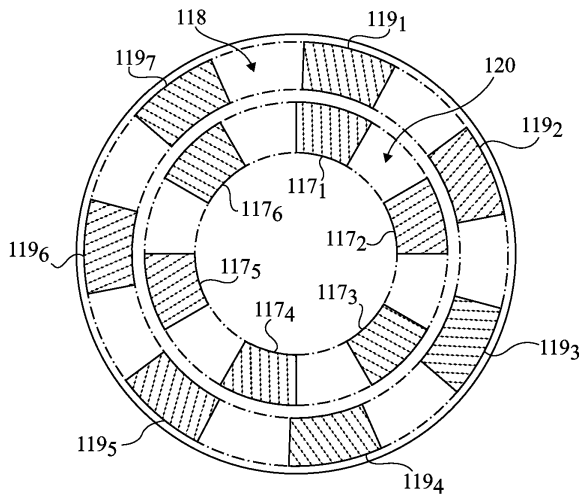
도면22a



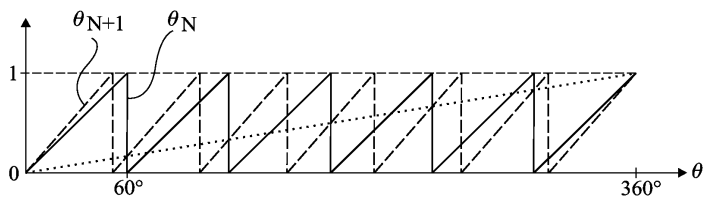
도면22b



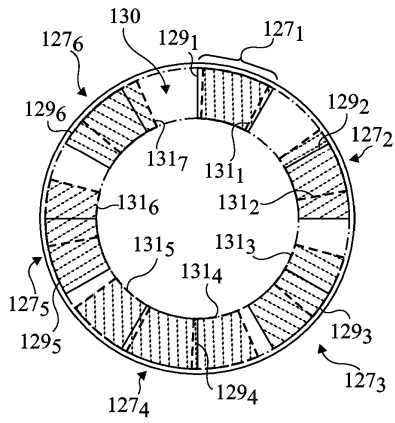
도면23



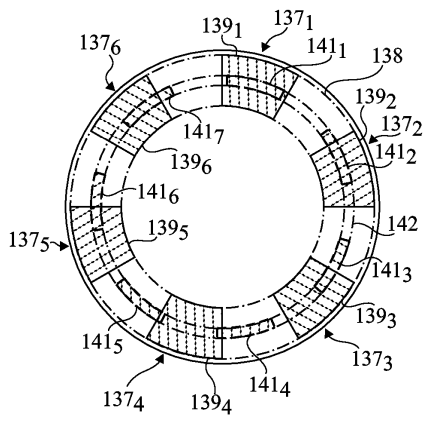
도면24



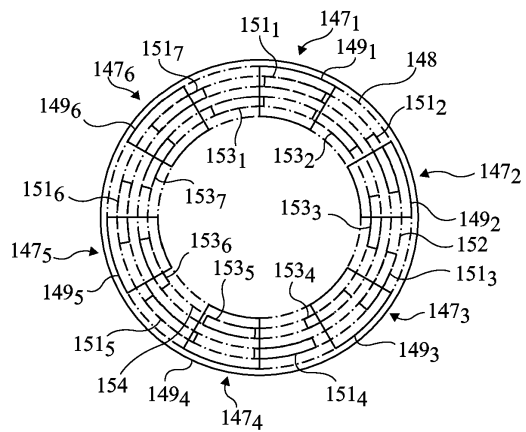
도면25



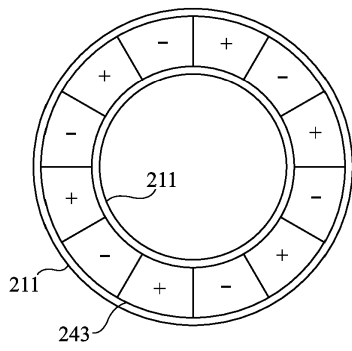
도면26



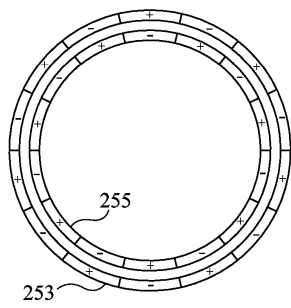
도면27a



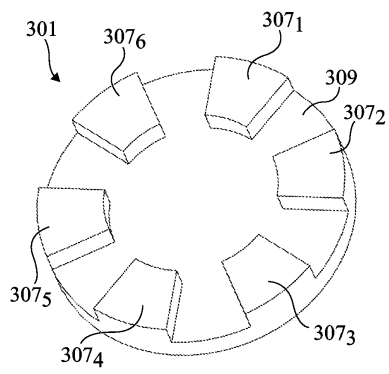
도면27b



도면27c



도면28



도면29

