



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0021251  
(43) 공개일자 2012년03월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G01R 31/34* (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2011-0086903  
(22) 출원일자 2011년08월30일  
심사청구일자 없음  
(30) 우선권주장  
12/870,865 2010년08월30일 미국(US)

(71) 출원인  
제너럴 일렉트릭 컴파니  
미합중국 뉴욕, 쇼네티디, 원 리버 로우드  
(72) 발명자  
앤파라위스 이매드 앤파라위스  
미국 뉴욕주 12309 니스카유나 케이1-3에이59 원  
리서치 서클 글로벌 리서치 제너럴 일렉트릭 컴파  
니  
허쉐이 존 에릭  
미국 뉴욕주 12019 볼스턴 레이크 바인스 로드 4  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
제일특허법인

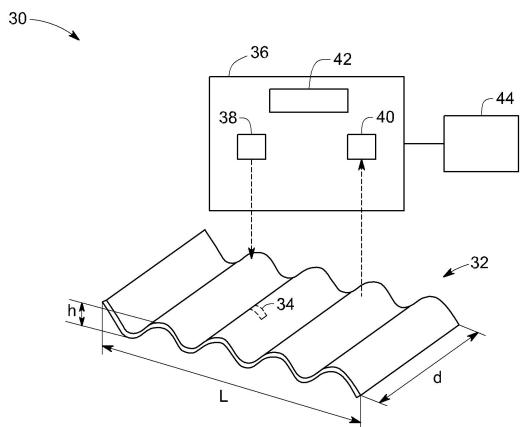
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 전기 머신의 건강을 감시하기 위한 시스템 및 방법

### (57) 요약

전기 머신의 건강을 감시하기 위한 시스템이 제공된다. 상기 시스템은 고정자 코어(10) 내에 위치된 적어도 하나의 기판 엘리먼트에 매립된 적어도 하나의 센서 엘리먼트(34, 48)를 포함한다. 상기 시스템은 적어도 하나의 센서 엘리먼트(34, 48)에 결합되고, 기판 엘리먼트 상에 작용하는 힘 또는 기판 엘리먼트의 압축에서의 변화에 기인한 센서 엘리먼트(34, 48)의 전자기 특성에서의 변화에 기초하여 건강을 감시하도록 구성된 측정 서브시스템(36, 49)을 더 포함한다.

### 대 표 도 - 도2



(72) 발명자

**버크캔 에르투그를**

미국 뉴욕주 12309 니스카유나 케이1-3에이59 원  
리서치 서클 글로벌 리서치 제너럴 일렉트릭 캄파  
니

**래이프 브록 매튜**

미국 뉴욕주 12309 니스카유나 케이1-3에이59 원  
리서치 서클 글로벌 리서치 제너럴 일렉트릭 캄파  
니

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

전기 머신의 건강을 감시하기 위한 시스템으로서,

고정자 코어(stator core)(10) 내에 위치된 적어도 하나의 기판 엘리먼트 상에 배치되거나 이에 매립된 적어도 하나의 센서 엘리먼트(34, 48)와,

상기 적어도 하나의 센서 엘리먼트(34, 48)에 결합되고, 상기 기판 엘리먼트 상에 작용하는 힘 또는 상기 기판 엘리먼트의 압축에서의 변화로 인한 상기 센서 엘리먼트(34, 48)의 전자기 특성에서의 변화에 기초하여 상기 건강을 감시하도록 구성된 측정 서브시스템(36, 49)을 포함하는

감시 시스템.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 기판 엘리먼트는 평판(flat plate)(15), 스프링, 리플 스프링(ripple spring)(20) 및 힘-변위 변환기(force-to-displacement transducer)를 포함하고, 상기 기판 엘리먼트는 상기 고정자 코어(10)의 고정자 권선들(16) 사이에 위치되고, 상기 기판 엘리먼트는 금속 또는 비금속 평판(15)을 포함하는

감시 시스템.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 기판 엘리먼트 상에 배치되거나 이에 매립된 상기 센서 엘리먼트(34, 48)의 상기 전자기 특성은, 상기 기판 엘리먼트의 압축 또는 상기 전기 머신의 동작 또는 중지 동안에 상기 기판 상에 작용하는 시변력(time varying force)에 따라 변동하는

감시 시스템.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 전자기 특성은 저항, 응력(strain), 컨덕턴스, 투자율(magnetic permeability) 및 유전율(magnetic permittivity)을 포함하는

감시 시스템.

### 청구항 5

전기 머신에서 고정자 웨지 견고성(stator wedge tightness)을 감시하기 위한 시스템으로서,

고정자 코어(10)의 고정자 웨지(21)에 근접하게 위치된 적어도 하나의 기판 엘리먼트 상에 배치되거나 이에 매립된 적어도 하나의 센서 엘리먼트(34, 48)와,

상기 기판 엘리먼트에서 압축의 상태를 나타내기 위한 적어도 하나의 스위치(66)와,

상기 적어도 하나의 센서 엘리먼트(34, 48)에 결합되고, 상기 기판 엘리먼트의 압축에서의 변화로 인한 상기 센

서 엘리먼트(34, 48)의 전자기 특성에서의 변화에 기초하여 상기 고정자 웨지 견고성을 감시하도록 구성된 측정 서브시스템(36)을 포함하는  
감시 시스템.

## 청구항 6

제 5 항에 있어서,  
상기 시스템은 상기 기판 엘리먼트 내에 매립된 상기 적어도 하나의 센서 엘리먼트(34, 48)와 직렬로 결합된 상기 적어도 하나의 스위치(66)의 어셈블리를 포함하는  
감시 시스템.

## 청구항 7

제 6 항에 있어서,  
상기 시스템은 상기 시스템의 단일 포트 전기 인터페이스(64)에 걸쳐 복수의 상기 어셈블리들의 병렬 배열을 포함하는  
감시 시스템.

## 청구항 8

제 5 항에 있어서,  
상기 시스템은 등가 전기 회로(200) 내의 상기 기판 엘리먼트의 상기 센서 엘리먼트(34, 48) 및 상기 스위치(66, 260)와 직렬로 결합된 다이오드(210)의 어셈블리를 포함하는  
감시 시스템.

## 청구항 9

제 5 항에 있어서,  
상기 시스템은 상기 고정자 코어 내의 복수의 고정자 웨지들에 근접하게 배열된 복수의 기판 엘리먼트들을 포함하고, 상기 기판 엘리먼트들은 상기 단일-포트 전기 인터페이스(64)를 통해 모듈에 결합되고, 상기 모듈은 상기 단일-포트 전기 인터페이스(64)를 통해 상기 기판 엘리먼트에서 전기적 측정을 순차적으로 또는 동시에 수행하도록 구성된 디바이스인  
감시 시스템.

## 청구항 10

전기 머신에서 고정자 웨지 견고성을 감시하기 위한 방법으로서,  
고정자 코어 내에 위치된 적어도 하나의 기판 엘리먼트 상에 배치되거나 이에 매립된 적어도 하나의 센서 엘리먼트(34, 48)를 제공하는 단계와,  
상기 기판 엘리먼트의 압축에서의 변화에 대응하는 상기 센서 엘리먼트의 전자기 특성에서의 변화에 기초한 신호들을 생성하는 단계와,  
상기 신호들을 분석하고 압축 범위를 부가적으로 감시 및 추정함으로써 상기 고정자 웨지 견고성을 결정하는 단계를 포함하는

감시 방법.

## 명세서

### 기술 분야

[0001]

본 발명은 일반적으로 전기 머신에 관한 것이며, 특히, 전기 머신의 건강을 감시하는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002]

일반적으로, 전력 발전기 또는 모터와 같은 전기 머신은 동작 동안 적절한 유지 보수 및 고효율에 대해 일상적으로 감시된다. 전기 머신의 건강을 감시하는 몇몇의 양상을 중 하나는 권선이 동작 동안에 움직이지 않는 것을 보장하기 위해 고정자 바 권선(stator bar windings)을 조사하는 것이다. 통상적으로, 전기 머신은 고정자 슬롯 내의 고정자 바 권선의 움직임을 감소시키는 것을 촉진하기 위해 방사형 유지력(radial retaining force)을 고정자에 유도하는 웨지 시스템(wedge system)을 포함한다. 그러한 웨지 시스템은 또한 고정자 권선 어셈블리 내에 매립된 리플 스프링(ripple spring)을 포함할 수 있다. 리플 스프링은 일반적으로 움직임으로부터 권선을 고정하기 위해 압축의 상태에 있다. 그러나, 웨지 시스템이 느슨해지면, 유지력의 양이 감소되어, 고정자 바 권선은 동작 동안 움직일 수 있다. 시간에 걸쳐, 고정자 바 권선의 상대적인 움직임은 고정자 바 웨지를 둘러싸는 절연에 손상을 유발하고, 잠재적인 고정자 바 권선 실패가 발생할 수 있다. 이것은 접지에 대한 전기적 단락을 유발할 수 있고, 이로써 머신의 효율을 감소시키고, 또한 전기 머신의 실패들 간의 평균 시간을 감소시킨다. 따라서, 전기 머신의 건강을 감시하는 것은, 고정자 슬롯 내의 임의의 고정자 바 권선 움직임이 미리 결정된 허용 오차를 초과하는지를 결정하기 위해 주기적으로 수행된다.

[0003]

현재, 고정자 웨지 견고성과 같은 전기 머신의 건강을 감시하기 위해 몇몇의 방법 및 시스템이 사용되고 있다. 이들은 꾸준하거나 충동적인 물리력을 고정자 웨지 권선 어셈블리에 인가하고, 편향(deflection)을 분석하고, 여기 신호를 인가하고, 진동 응답을 분석하고, 압축된 리플 스프링의 프로파일을 원 위치에서 측정하고, 압축의 상태를 추론하거나, 스프링의 압축 상태에 상관될 수 있는 신호를 생성하는 리플 스프링을 따라 다양한 센서를 설치하는 것을 포함한다. 그러나, 웨지의 견고성을 결정하기 위한 상술된 방법은, 발전기가 동작하지 않고 느슨한 웨지의 시작을 예측하지 않고서 오프라인 측정을 요구한다. 또한, 이러한 현재 방법은 개별적인 고정자 웨지 어셈블리의 견고성을 판정하기 위해 과도하게 힘들거나 시간이 소요되는 노력을 요구하거나, 이 방법들은 리플 스프링의 통합된 부분이 아닌 리플 스프링에 근접한 센서의 조정을 필요로 한다. 동작 환경이 -20°C 내지 150°C 범위의 연속적인 온도에 도달할 수 있기 때문에, 동작 온도 변동형(the operating temperature regime)에 걸쳐 안정을 유지할 센서를 제공할 필요성이 또한 존재한다. 또한, 감시를 위해 종종 사용되는 센서는 시간에 따라 드리프트(drift)하는 경향을 갖고, 따라서 시간의 일정 기간에 걸쳐 불안정적이고, 전기 머신의 건강의 부정확한 감시를 유발한다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0004]

따라서, 전기 머신의 상태를 평가하기 위해, 전기 머신의 건강을 용이하고 빠르게 감시하는 효율적인 감시 시스템에 대한 필요성이 존재한다.

#### 과제의 해결 수단

[0005]

하나의 실시예에서는, 전기 머신의 건강을 감시하기 위한 시스템이 된다. 상기 시스템은 고정자 코어 내에 위치된 적어도 하나의 기판 엘리먼트에 매립된 적어도 하나의 센서 엘리먼트를 포함한다. 상기 시스템은, 적어도 하나의 센서 엘리먼트에 결합되고, 기판 엘리먼트 상에 작용하는 힘 또는 기판 엘리먼트의 압축에서의 변화로 인한 센서 엘리먼트의 전자기 특성에서의 변화에 기초하여 건강을 감시하도록 구성된 측정 서브시스템을 더 포함

한다.

[0006] 하나의 실시예에서는, 전기 머신 내의 고정자 웨지 견고성을 감시하기 위한 시스템이 제공된다. 상기 시스템은 고정자 코어의 고정자 웨지에 근접하게 위치된 적어도 하나의 기판 엘리먼트 상에 배치되거나 이에 매립된 적어도 하나의 센서 엘리먼트를 포함한다. 상기 시스템은 또한 기판 엘리먼트 내의 압축의 상태를 나타내는 적어도 하나의 스위치를 포함한다. 또한, 상기 시스템은 적어도 하나의 센서 엘리먼트에 결합되고, 기판 엘리먼트의 압축의 변화에 기인한 센서 엘리먼트의 전자기 특성의 변화에 기초하여 고정자 웨지 견고성을 감시하도록 구성된 적어도 하나의 센서 엘리먼트를 포함한다.

[0007] 하나의 실시예에서는, 전기 머신 내의 고정자 웨지 견고성을 감시하기 위한 방법이 제공된다. 상기 방법은 고정자 내에 위치된 적어도 하나의 기판 엘리먼트 상에 배치되거나 이에 매립된 적어도 하나의 센서 엘리먼트를 제공하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한 기판 엘리먼트의 압축 변화에 대응하는 센서 엘리먼트의 전자기 특성의 변화에 기초하여 신호를 생성하는 단계를 포함한다. 또한, 상기 방법은 상기 신호를 분석함으로써 고정자 웨지 견고성을 결정하는 단계를 포함한다.

[0008] 하나의 실시예에서, 전기 머신의 건강을 감시하기 위한 방법이 제공된다. 상기 방법은 고정자 코어 내에 위치된 적어도 하나의 기판 엘리먼트 상에 배치되거나 이에 매립된 적어도 하나의 센서 엘리먼트를 제공하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한 전기 머신의 동작 또는 정지 동안에 기판 엘리먼트 상에 작용하는 시변력에서의 변화에 대응하는 센서 엘리먼트의 전자기 특성에서의 변화에 기초하여 신호를 생성하는 단계를 포함한다. 또한, 상기 방법은 상기 신호를 분석함으로써 전기 머신의 건강을 결정하는 단계를 포함한다.

### 발명의 효과

[0009] 본 발명은, 전기 머신의 상태를 평가하기 위해 전기 머신의 건강을 용이하고 빠르게 감시하는 효율적인 시스템을 제공한다.

### 도면의 간단한 설명

[0010] 본 발명의 이들 및 다른 특징, 양상, 및 이점은, 첨부한 도면을 참조하여 다음의 상세한 설명을 읽을 때 더 양호하게 이해될 것이고, 도면에서 동일한 부호는 도면 전체에 걸쳐 동일한 부분을 나타낸다.

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 고정자 웨지 배열을 예시하는 전기 머신의 고정자의 부분의 단편 투영도.

도 2는 도 1의 전기 머신 내에서 사용되는 예시적인 리플 스프링에 결합된 측정 시스템을 예시한 도면.

도 3은 도 1의 전기 머신 내에서 사용되는 예시적인 평판에 결합된 측정 시스템을 예시한 도면.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 리플 스프링에 대한 등가 회로를 예시한 도면.

도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 2-상태 디바이스를 갖는 리플 스프링에 대한 등가 회로를 예시한 도면.

도 6은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 다수의 2-상태 디바이스 및 센서 컴포넌트를 갖는 리플 스프링에 대한 등가 회로를 예시한 도면.

도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 다수의 2-상태 디바이스, 센서 컴포넌트 및 다이오드를 갖는 리플 스프링에 대한 등가 회로를 예시한 도면.

도 8은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 다수의 리플 스프링에 대한 고정자 웨지 견고성을 결정하기 위한 시스템을 예시한 도면.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 전기 머신의 고정자 웨지 견고성을 감시하기 위한 예시적인 방법의 흐름도.

도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 전기 머신의 건강을 감시하기 위한 예시적인 방법의 흐름도.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 본 발명의 다양한 실시예의 엘리먼트를 도입할 때, 관사, "한", "하나", "그", 및 "상기"는 하나 이상의 엘리먼

트들이 존재한다는 것을 의미하도록 의도된다. 용어들, "포함", "구비" 및 "갖는"은 나열된 엘리먼트 이외의 부가적인 엘리먼트가 존재할 수 있다는 것을 의미하고 포괄적이 되도록 의도된다. 동작 파라미터의 임의의 예는 개시된 실시예의 다른 파라미터를 배제하지 않는다.

[0012] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 고정자 웨지 메커니즘을 갖는 전기 머신의 고정자 코어(10)의 부분의 단편 투영도를 예시한다. 고정자 코어(10)는 다수의 고정자 톱니(stator teeth)(12)를 포함하고, 고정자 톱니(12)는 고정자 권선(16)(또한 고정자 코일로서 지칭됨)을 수용하도록 구성된 고정자 슬롯(14)을 더 포함한다. 고정자 권선(16)은 평판(flat plates)(15), 끼움쇠(shim)(18), 리플 스프링(20), 및 고정자 톱니(12)의 측벽 내의 대응적으로 성형된 홈(grooves)(24)에 맞물리는 경사진 에지(22)를 갖는 고정자 웨지(21)로 도시된 다수의 평판 엘리먼트에 의해 고정자 슬롯(14) 내에 유지된다. 따라서, 기판 엘리먼트의 비제한적인 예는 평판, 리플 스프링, 및 힘-변위 변환기(force-to-displacement transducer) 및 축 및 방사형 스프링과 같은 스프링 및 벨빌 워셔(Belleville washer)를 포함한다. 하나의 실시예에서, 평판(15)은 금속 평판(도전성)을 포함한다. 또 다른 실시예에서, 평판은 비금속 평판(비도전성)을 포함한다. 리플 스프링(20)은 적소에 고정자 권선(16)을 단단히 고정하는 힘을 생성하기 위해 고정자 웨지(21) 및 끼움쇠(18) 사이에 압축된다. 하나의 실시예에서, 리플 스프링(20)은, 이에 제한되지 않지만, 플라스틱 합판과 같은 비도전성 재료로 제조된다. 고정자 코어(10)는 또한 고정자 코어(10) 내의 고정자 권선(16)의 견고한 맞춤을 유지하기 위해 다수의 측면 리플 스프링들(26)을 포함한다.

[0013] 시간에 걸쳐, 리플 스프링(20) 또는 측면 리플 스프링(26)은 그들의 탄성을 잃게 될 수 있어, 고정자 웨지(21)가 느슨하게 된다. 이것은 고정자 권선(16)이 진동하게 할 수 있고, 이는 고정자 코어(10)에 대한 손상 및 전기 머신의 궁극적인 실패를 유발할 수 있다. 고정자 웨지 메커니즘의 견고성을 감시하기 위해, 리플 스프링(20)은 리플 스프링(20)의 압축 또는 압축 해제에 따라 하나 이상의 전자기 특성들을 변경하는 매립된 센서 엘리먼트를 포함한다. 전자기 특성의 변화를 나타내는 신호는 신호의 부가적인 분석 및 웨지 견고성의 후속 결정을 위한 측정 서브시스템에 의해 리플 스프링의 전기 인터페이스, 예를 들면 단일 포트 전기 인터페이스로부터 획득된다. 따라서, 측정 서브시스템은 리플 스프링(20)에 의해 경험되는 정적 압축력을 효과적으로 측정한다. 하나의 실시예에서, 측면 리플 스프링은 또한 고정자 웨지 메커니즘의 견고성을 측정하기 위한 센서 엘리먼트를 포함한다. 또 다른 실시예에서, 센서 엘리먼트는 리플 스프링(20) 상에 배치된다.

[0014] 또한, 하나의 실시예에서, 고정자 권선(16)들 사이에 위치된 평판(15)은 매립된 센서를 포함한다. 또 다른 실시예에서, 센서는 평판(15) 상에 배치될 수 있고, 센서는 측정 서브시스템에 결합된다. 매립된 센서는 전기 머신의 동작 또는 중지 동안 평판(15) 상에 작용하는 시변력(time varying force)을 측정하기 위한 측정 서브시스템에 결합된다. 평판(15)은 변동하는 자기장으로 인한 시변력을 경험하고, 시변력은 또한 센서 데이터를 조정하는데 효율적으로 사용될 수 있다. 이것은 전기 머신의 건강을 감시하기 위한 정확한 센싱 및 정보의 추정을 유발한다. 또 다른 실시예에서, 적어도 2 개의 센서들은 동작 또는 중지 동안 전기 머신의 건강을 측정하기 위해 다수의 기판 엘리먼트들 상에 배치 또는 이에 매립된다.

[0015] 도 2는, 전기 머신(도 1에 도시됨)의 고정자 웨지의 견고성을 측정하기 위한 예시적인 리플 스프링(32)에 결합된 측정 시스템(30)을 예시한다. 투영도에 도시된 바와 같이, 하나의 실시예에서, 리플 스프링(32)(도 1에서 22로서 도시됨)은 리플 스프링(32) 내에 매립된 적어도 하나의 센서 엘리먼트(34)를 포함한다. 센서 엘리먼트(34)의 비제한적인 예는 유전체, 도전체, 저항기, 커패시터, 인덕터, 반도체, 광 센서, 압전 센서, 압력 센서 또는 응력 센서(strain sensor)를 포함한다. 또한, 측정 시스템(30)은 측정 서브시스템(36)을 포함하다. 예시적인 실시예에서, 측정 서브시스템(36)은 리플 스프링(32)의 센서 엘리먼트(34)에 원격으로 결합된 수신기(40) 및 전송기(38)를 포함한다. 따라서, 전송기(38) 및 수신기(40)는 무선 통신 모드를 포함한다. 또 다른 예시적인 실시예에서, 측정 시스템(30)은 하나의 포트 전기 인터페이스(58)(도 4에 도시됨)를 통해 리플 스프링(32)의 센서 엘리먼트(34)와 직접 물리적으로 통신한다. 측정 시스템(30)은 또한 측정 서브시스템(36)으로부터 정보를 수신하고 센서 엘리먼트(34)로부터 수신된 데이터를 분석하도록 구성된 컴퓨터(44)를 포함한다. 또 다른 실시예에서, 측정 서브시스템(36)은 측정 서브시스템(36) 및 센서 엘리먼트(34)에 전력을 공급하도록 구성된 전원(42)을 포함한다. 본원에서 사용된 바와 같이, 컴퓨터라는 용어는 당분야에서 컴퓨터로서 지정되는 단지 집적회로에만 제한되지 않고, 컴퓨터, 프로세서, 마이크로제어기, 마이크로컴퓨터, 프로그래밍 가능한 논리 제어기, 주문형 집적 회로, 및 다른 프로그래밍 가능한 회로를 광범위하게 지칭한다.

[0016] 또한, 도시된 바와 같은 예시적인 실시예에서, 리플 스프링(32)은 약 2-4 밀리미터의 비압축된 높이 h 및 약 2-4 센티미터의 웨이브 사이클을 갖는다. 리플 스프링 길이 L 및 폭 d는 고정자 슬롯(도 1에서 슬롯(14)으로서 도시됨)의 크기에 의존하여 가변적으로 선택된다는 것을 유의해야 한다. 또 다른 실시예에서, 리플 스프링(32)은 상부층, 중부층 및 반대로 배치된 하부층을 갖는 다중으로 적층된다. 센서 엘리먼트(34)는 하나의 실시예에서

중부층의 표면에 결합될 수 있다.

[0017] 센서 엘리먼트들(34) 각각은 리플 스프링(32)의 압축에 따라 하나 이상의 전자기 특성을 계속해서 변경하고, 전기 머신 내의 고정자 웨지의 견고성의 연속적인 측정을 제공한다. 동작 시에, 측정 서브시스템(36)은 에너지를 센서 엘리먼트(34)에 전달되도록 전원(42)에 의해 에너지를 공급받는다. 측정 서브시스템(36)은 수신기(38)가 센서 엘리먼트(34)로부터 신호를 수신하도록 구성된다. 예시적인 실시예에서, 센서 엘리먼트(34)는 고정자 슬롯 내의 기계적인 조건에서의 변화에 대응하는 전류 흐름의 변화를 나타낸다. 전류 흐름에서의 그러한 변화는 센서 엘리먼트(34)의 전기 임피던스에 비례한다. 수신기(40)는 리플 스프링(32) 내에 매립된 센서 엘리먼트(34)의 전기 임피던스를 측정하도록 구성된다. 전기 임피던스에서의 변화는 권선 견고성의 측정을 나타낸다. 하나의 실시예에서, 리플 스프링(32)의 두께에 대한 전기 임피던스 또는 이완 측정에 관련된 전달 함수는 전기 머신에서 권선 견고성을 결정하는데 사용된다. 권선 견고성에 대한 미리 결정된 값으로부터의 임의의 일탈의 경우에, 고장 신호가 생성될 수 있다. 센서 엘리먼트(34)가 또한 고정자 슬롯 내의 온도를 나타내는 리플 스프링(32)의 열적 특성 및 고정자 슬롯(도 1에서 슬롯(14)으로서 도시됨) 내의 부분적인 방전을 나타내는 리플 스프링(32)의 무선 주파수 특성을 포함하는 고정자 권선의 다수의 양상들을 프로파일링 할 수 있다는 것을 유의해야 한다.

[0018] 도 3은, 고정자 권선에 대한 시변력을 측정하기 위한 도 1의 전기 머신 내에 사용되는 예시적인 금속판(47)에 결합된 측정 시스템(46)을 예시한다. 시변력이 전기 머신에 대한 부하의 함수라는 것을 유의해야 한다. 따라서, 전기 머신의 동작 동안에, 시변력의 측정은 전기 머신의 건강을 측정하기 위한 전기 머신에 대한 부하의 분석 및 정보의 부가적인 추정을 허용한다. 투영도에 도시된 바와 같이, 하나의 실시예에서, 금속판(47)(도 1에서 (15)로서 도시됨)은 금속판(47) 내에 매립된 적어도 하나의 센서 엘리먼트(48)를 포함한다. 센서 엘리먼트(48)의 비제한적인 예는 유전체, 도전체, 저항기, 커패시터, 인덕터, 반도체, 광 센서, 압전 센서, 압력 센서, 응력 센서 또는 부하 센서를 포함한다. 또한, 측정 시스템(46)은 측정 서브시스템(49)을 포함한다. 예시적인 실시예에서, 측정 서브시스템(49)은 금속판(47)의 센서 엘리먼트(48)에 원격으로 결합된 수신기(51) 및 전송기(50)를 포함한다. 따라서, 전송기(50) 및 수신기(51)는 무선 통신 모드를 포함한다. 또 다른 예시적인 실시예에서, 측정 시스템(46)은 하나의 포트 전기 인터페이스를 통해 금속판(47)의 센서 엘리먼트(48)와 직접 물리적으로 통신한다. 측정 시스템(46)은 또한 측정 서브시스템(49)으로부터 정보를 수신하고 센서 엘리먼트(48)로부터 수신된 데이터를 분석하도록 구성된 컴퓨터(54)를 포함한다. 또 다른 실시예에서, 측정 서브시스템(49)은 측정 서브시스템(49) 및 센서 엘리먼트(48)에 전력을 공급하도록 구성된 전원(52)을 포함한다. 이롭게도, 금속판(47) 상에 작용하는 시변력 신호의 측정에 의한 전기 머신에 대한 부하의 분석은 센서 엘리먼트(48)의 조정을 제공한다. 센서가 시간에 따라 드리프트하여 신호의 부정확한 센싱을 유발하기 때문에, 센서 엘리먼트의 조정이 중요하다. 따라서, 센서 엘리먼트의 조정은 특정 환경에서 동작하는 전기 머신에서 안정적인 센서의 사용을 제공한다.

[0019] 도 4는, 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 리플 스프링(57)에 대한 등가 회로(56)를 예시한다. 회로(56) 내의 컴포넌트(59)는 리플 스프링(57) 내에 매립된 센서 엘리먼트를 나타낸다. 회로(56)에서, 컴포넌트(59)는 단일 포트 전기 인터페이스(58)에 걸쳐 배치되고, 센싱된 정보는 단일 포트 전기 인터페이스(58)를 통해 측정 서브시스템(30)(도 2에 도시됨)에 연속적으로 전송된다. 센싱된 정보의 비제한적인 예는 저항, 커넥터스, 투자율(magnetic permeability) 또는 유전율(magnetic permittivity)을 포함한다. 측정 서브시스템은 리플 스프링(57)의 압축을 부가적으로 결정하고, 이로써 전기 머신의 고정자 웨지의 견고성을 결정하기 위해 센싱된 정보를 분석한다.

[0020] 또 다른 실시예에서, 리플 스프링에 대한 등가 회로(60)가 도 5에 예시된다. 이러한 실시예에서, 리플 스프링은 등가 회로(60) 내의 컴포넌트(66)로서 도시된 기계적 스위치와 같은 2-상태 디바이스를 포함한다. 하나의 실시예에서, 기계적 스위치(66)는 리플 스프링의 웨이브 높이  $h$ (도 2에 도시됨)가 웨이브 높이의 문턱값과 동등하거나 이를 초과할 때 폐쇄된다. 문턱값 아래에서, 기계적 스위치(66)는 개방 상태이다. 도시된 바와 같이, 기계적 스위치(66)는 등가 회로(60) 내의 센서 컴포넌트(62)와 전기적으로 직렬 접속된다. 하나의 실시예에서, 센서 컴포넌트(62)는 단일 포트 전기 인터페이스(64)에 걸쳐 배치된 고정 파라미터 1-포트 전기 디바이스를 나타낸다. 센서 컴포넌트(62)의 비제한적인 예는 저항기, 커패시터 또는 인덕터를 포함한다. 기계적 스위치(66) 및 센서 컴포넌트(62) 양자는 리플 스프링 내에 매립되고, 단일 포트 전기 인터페이스(64)에 걸쳐 서로 전기적으로 직렬 접속되고, 단일 포트 전기 인터페이스(64)는 도 2의 측정 서브시스템(30)에 대해 외부 접속을 제공한다. 이로써, 이러한 실시예는 문턱값 또는 최고값 이상 또는 이하의 리플 스프링의 웨이브 높이  $h$ (도 2에 도시됨)를 추정하기 위해 전자기 특성의 이산 측정을 제공하고, 문턱값 또는 최고값은 전기 머신의 고정자 웨지의 견고성을 나타낸다.

[0021]

도 6은, 다수의 2-상태 디바이스들(또한 스위치로서 지칭됨)(110<sub>1</sub>, 110<sub>2</sub> 및 110<sub>N</sub>) 및 센서 엘리먼트들(120<sub>1</sub>, 120<sub>2</sub> 및 120<sub>N</sub>)을 갖는 등가 회로(100)를 예시하는 본 발명의 예시적인 실시예이다. 회로(100)에서 'N'으로 표시된 임의의 수의 스위치들 또는 센서 엘리먼트들이 존재할 수 있고, 도 6에 도시된 스위치들 또는 센서 엘리먼트들의 수로 제한될 수 없다는 것을 유의해야 한다. 하나의 실시예에서, 등가 회로(100)는 리플 스프링 내에 매립된 적어도 하나의 센서 엘리먼트(120<sub>1</sub>)와 전기적으로 직렬 결합된 적어도 하나의 스위치(110<sub>1</sub>)의 어셈블리를 포함한다. 예시된 바와 같은 또 다른 실시예에서, 등가 회로(100)는 단일 포트 전기 인터페이스(102)에 걸쳐 다수의 어셈블리들의 병렬 배열을 포함한다. 스위치(110<sub>k</sub>)(도시되지 않음)는, 웨이브 높이 h(도 2에 도시됨)가 문턱값(130<sub>k</sub>)을 넘을 때 스위치(110<sub>k</sub>)가 상태를 변경하도록 설정된다. 도시된 바와 같이, 2-상태 디바이스들(스위치들 110<sub>1</sub>, 110<sub>2</sub> 및 110<sub>N</sub>) 및 센서 엘리먼트들(120<sub>1</sub>, 120<sub>2</sub> 및 120<sub>N</sub>)의 배열은 하나의 포트 전기 인터페이스(102)를 통한 실질적인 전기적 측정을 허용한다. 센서 엘리먼트들(120<sub>1</sub>, 120<sub>2</sub> 및 120<sub>N</sub>)은, 'N' 개의 스위치들에 의해 선택된 센서 엘리먼트들의 임의의 전기적 병렬 결합이 고유한 값의 결정을 허용하고 'N' 스위치들의 상태를 드러내도록 선택된다. 이로써, 이러한 실시예는 'N' 스위치들의 상태들에 의해 식별된 압축 범위 내의 리플 스프링의 웨이브 높이 h(도 2에 도시됨)를 추정하기 위해 하나의 포트 전기 인터페이스(102)를 통한 전자기 특성의 이산 측정을 제공한다.

[0022]

도 7은, 도 2에 도시된 바와 같이 단일 포트 전기 인터페이스(202)를 통해 측정 서브시스템(30)에 접속된 등가 회로(200)를 예시하는 본 발명의 또 다른 예시적인 실시예이다. 하나의 실시예에서, 등가 회로(200)는 컴포넌트(220)로서 표시된 센서 엘리먼트 및 리플 스프링 내에 매립된 스위치(230)와 직렬로 결합된 다이오드(210)의 어셈블리를 포함한다. 다이오드(210)는 회로(200) 내의 전류의 단일 방향성 흐름을 허용하고, 2 배 많은 문턱값들의 예시를 제공한다. 이롭게도, 이것은 스위치들의 상태들에 의해 식별된 문턱값들 사이의 더 좁은 영역들의 분석에 의해 리플 스프링 압축의 정확한 추정을 제공한다. 도시된 바와 같이, 등가 회로(200)는 단일 포트 전기 인터페이스(202)에 걸쳐 다이오드들(210, 240), 센서 컴포넌트들(220, 250) 및 스위치들(230, 260)을 갖는 다수의 어셈블리들의 병렬 배열을 포함한다. 임의의 수의 다이오드들, 스위치들 또는 센서 엘리먼트들이 존재할 수 있고, 도 7에 도시된 스위치들 또는 센서 엘리먼트들의 수에 제한될 수 없다는 것을 유의해야 한다. 다수의 다이오드들(210, 240), 센서 컴포넌트들(220, 250) 및 스위치들(230, 260)의 병렬 배열은 리플 스프링의 웨이브 높이 h(도 2에 도시됨)의 정확한 측정 및 결정을 유발한다. 논의된 바와 같이, 리플 스프링의 압축의 증가된 정확성은, 도 6의 실시예와 비교하여 2 배 많은 문턱값들의 예시로 인한 것이다. 압축력 대 웨이브 높이 그래프에 도시될 때, 예시적인 실시예의 결과는 전류 흐름의 상이한 방향을 허용하는 다이오드들(210 및 240)로 인해 압축-웨이브 높이 곡선의 4 개의 압축 영역들로 분할하여 보여준다.

[0023]

도 8은, 전기 머신의 고정자 웨지 견고성을 결정하기 위한 시스템(300)을 예시하는 본 발명의 실시예이다. 시스템(300)은 고정자 내의 고정자 웨지들에 위치된 'M' 개의 다수의 리플 스프링들(320<sub>1</sub>, 320<sub>2</sub>, 320<sub>M</sub>)을 포함한다. 각각의 리플 스프링들(320<sub>1</sub>, 320<sub>2</sub>, 320<sub>M</sub>)의 하나의 포트 전기 인터페이스는 모듈(310)에 접속되고, 모듈(310)은 각각의 하나의 포트 전기 인터페이스를 통해 'M' 개의 리플 스프링들 각각에 대해 순차적으로 또는 동시에 전기적 측정을 수행하는 디바이스이다. 이롭게도, 따라서 본 발명은 'M' 개의 리플 스프링들의 압축의 중앙화되고 효율적인 테스팅 및 전기 머신 내에 위치된 각각의 리플 스프링에 대한 고정자 웨지 견고성의 평가를 허용한다.

[0024]

도 9는 도 1에 도시된 바와 같은 전기 머신의 고정자 웨지 견고성을 감시하기 위한 예시적인 방법(400)의 흐름도이다. 단계(402)에서, 상기 방법은 적어도 하나의 센서 엘리먼트와 매립되고 고정자 코어의 고정자 웨지에 근접하게 위치된 리플 스프링을 제공하는 단계를 포함한다. 또한, 단계(404)에서, 상기 방법은 리플 스프링의 압축에서의 변화에 대응하는 센서 엘리먼트의 전자기 특성에서의 변화에 기초한 신호를 생성하는 단계를 포함한다. 마지막으로, 단계(406)에서, 상기 방법은 상기 신호를 분석함으로써 고정자 웨지 견고성을 감시하는 단계를 포함한다. 적어도 하나의 센서 엘리먼트에 결합된 측정 서브시스템을 사용함으로써 이것이 성취되고, 측정 시스템은 리플 스프링의 압축 범위를 분석 및 추정하고, 이로써 고정자 웨지 견고성을 결정하기 위한 컴퓨터를 포함한다.

[0025]

도 10은, 도 1에 도시된 바와 같은 전기 머신의 건강을 감시하기 위한 예시적인 방법(500)의 흐름도이다. 단계(502)에서, 상기 방법은 고정자 코어의 고정자 권선들 사이에 위치된 적어도 하나의 금속판에 매립된 적어도 하나의 센서 엘리먼트를 제공하는 단계를 포함한다. 또한, 단계(504)에서, 상기 방법은 전기 머신의 동작 동안에 금속판 상에 작용하는 시변력에서의 변화에 대응하는 센서 엘리먼트의 전자기 특성에서의 변화에 기초한 신호를

생성하는 단계를 포함한다. 하나의 실시예에서, 상기 방법은 또한 생성된 신호를 사용하여 센서 엘리먼트를 조정하는 단계를 포함한다. 마지막으로, 단계(506)에서, 상기 방법은 상기 신호를 분석함으로써 전기 머신의 건강을 결정하는 단계를 포함한다. 적어도 하나의 센서 엘리먼트에 결합된 측정 서브시스템을 사용함으로써 이것이 성취되고, 측정 시스템은 금속판 상에 작용하는 시변력을 분석 및 추정하고, 이로써 전기 머신의 건강을 감시하기 위한 컴퓨터를 포함한다.

[0026] 이롭게도, 하나의 실시예에 따른 본 발명의 방법 및 시스템은 시변력 측정 및 센서 조정의 기술을 채용함으로써 전기 머신의 건강을 효율적으로 감시할 수 있어, 전기 머신의 상태의 정확한 센싱을 유발한다. 부가적으로, 본 발명은 또한 리플 스프링의 압축 범위를 정확히 추정함으로써 고정자 웨지 견고성을 결정을 가능하게 한다. 또한, 또 다른 실시예에서 다이오드 및 스위치의 사용은 리플 스프링의 압축 상태의 정밀한 측정을 가능하게 한다. 그후, 이러한 정보는 웨지가 조일 필요가 있는지를 결정하거나, 웨지가 미래에 조임을 요구할 때를 추정하는데 운영자에 의해 효율적으로 사용될 수 있다. 따라서, 본 발명은 느슨한 웨지의 시작을 예측하고 전기 머신의 동작 동안 웨지의 견고성을 결정하는 것을 가능하게 한다. 본원에 제안된 전기 임피던스 측정은 최소의 전기적 컴포넌트를 요구하여 상대적으로 측정하기 용이하여, 저가 시스템을 초래한다. 센서는 고정자 컴포넌트를 적소에 보유하는 리플 스프링에 포함될 수 있다. 또한, 전자 장치는 리플 스프링에 포함될 수 있을 뿐만 아니라 사람의 인터페이스에서 전기 머신 외부에 배치될 수 있어, 측정 및 진단 시스템에 유연성을 제공한다. 또한, 고정자 웨지 견고성을 감시하기 위한 본 발명의 방법 및 시스템은 발전기, 모니터, 광대역 생성기 등과 같은 다양한 전기 머신에 또한 적용될 수 있다.

[0027] 반드시 모두는 아니지만 상술된 그러한 이점들이 임의의 특정 실시예에 따라 성취될 수 있다는 것을 이해해야 한다. 따라서, 예를 들면, 본원에 시사 또는 제안된 것과 다른 목적 또는 이점을 반드시 성취하지는 않지만, 본원에 기재된 시스템 및 방법이 본원에 시사된 하나의 이점 또는 이점들의 그룹을 성취하거나 최적화하는 방식으로 본원에 기재된 시스템 및 방법이 구현 또는 수행될 수 있다는 것을 당업자는 인지할 것이다.

[0028] 본 발명의 특정 특성들이 본원에 예시 및 기재되었지만, 당업자에게 많은 수정 및 변경이 발생할 것이다. 따라서, 첨부된 청구항들이 본 발명의 실제 사상 내에 들어오는 모든 그러한 수정 및 변경을 포함하도록 의도된다는 것을 이해해야 한다.

### 부호의 설명

[0029]	10: 고정자 코어	12: 고정자 톱니
	14: 고정자 슬롯	15: 평판
	16: 고정자 권선	18: 끼움쇠
	20: 리플 스프링	21: 고정자 웨지
	22: 경사진 애지	24: 홈
	26: 측면 리플 스프링	30: 측정 시스템
	32: 리플 스프링	34: 센서 엘리먼트
	36: 측정 서브시스템	38: 전송기
	40: 수신기	42: 전원
	44: 컴퓨터	46: 측정 시스템
	47: 금속판	48: 센서 엘리먼트
	49: 측정 서브시스템	50: 전송기
	51: 수신기	52: 전원
	54: 컴퓨터	56: 등가 회로
	57: 리플 스프링	58: 단일 포트 전기 인터페이스

59: 컴포넌트

60: 등가 회로

62: 센서 컴포넌트

64: 단일 포트 전기 인터페이스

66: 기계적 스위치

100: 등가 회로

102: 단일 포트 전기 인터페이스

110<sub>1</sub>, 110<sub>2</sub>, 110<sub>N</sub>: 2-상태 디바이스120<sub>1</sub>, 120<sub>2</sub>, 120<sub>N</sub>: 센서 엘리먼트

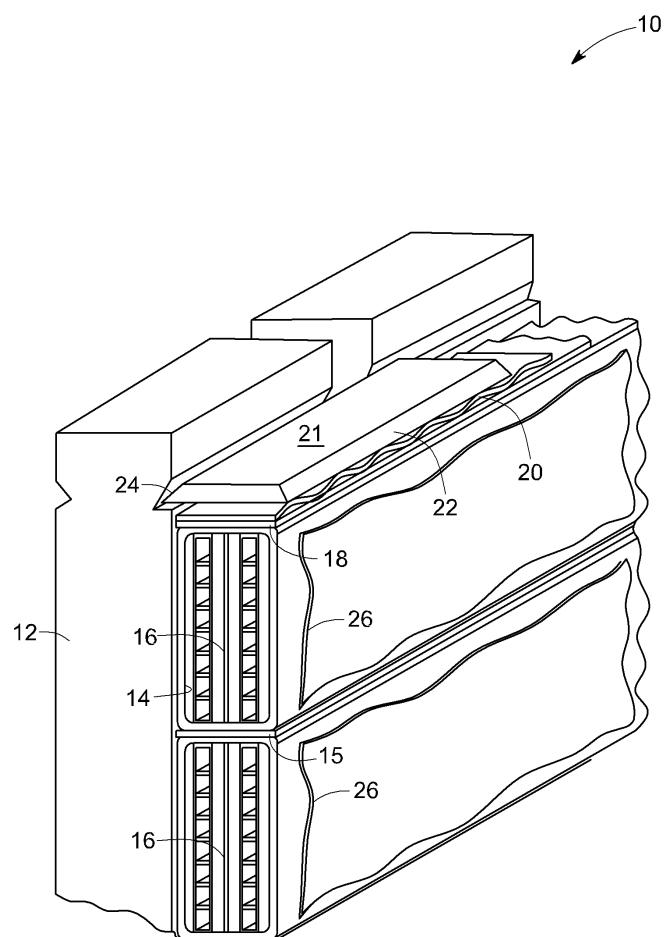
200: 등가 회로

202: 단일 포트 전기 인터페이스

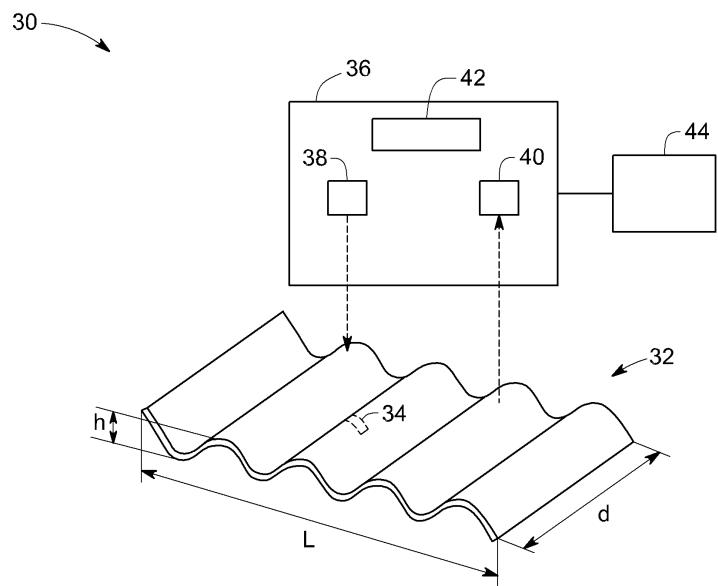
210, 240: 다이오드

220, 250: 센서 엘리먼트

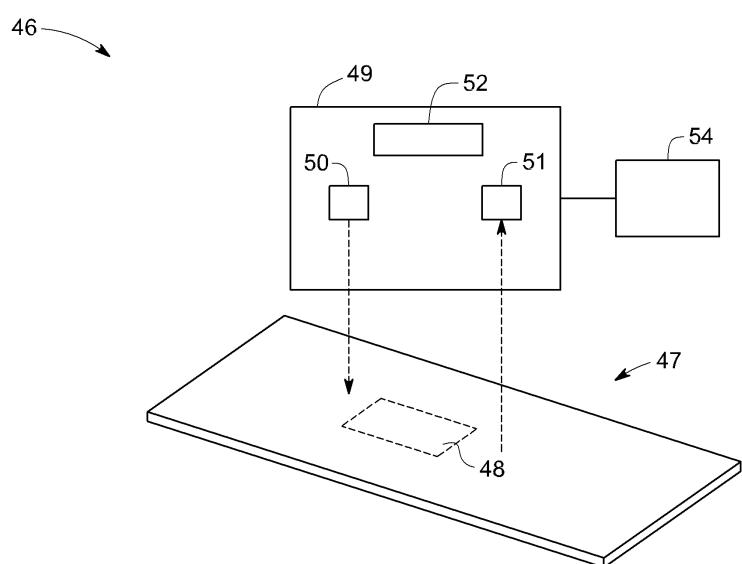
230, 360: 스위치

**도면****도면1**

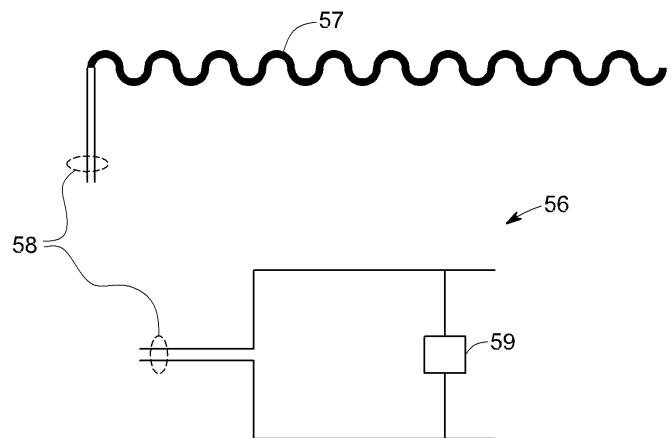
도면2



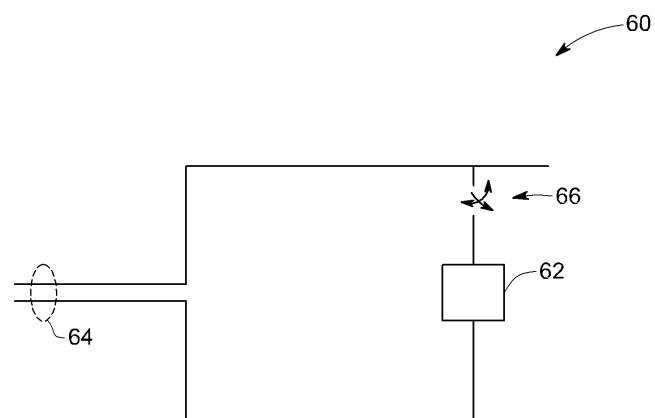
도면3



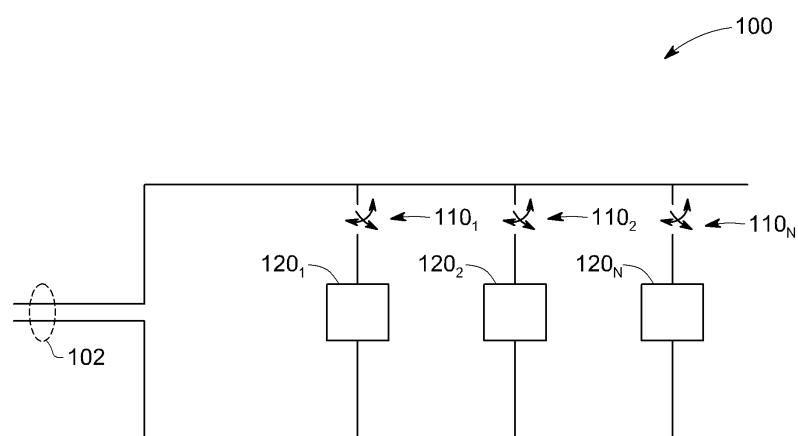
도면4



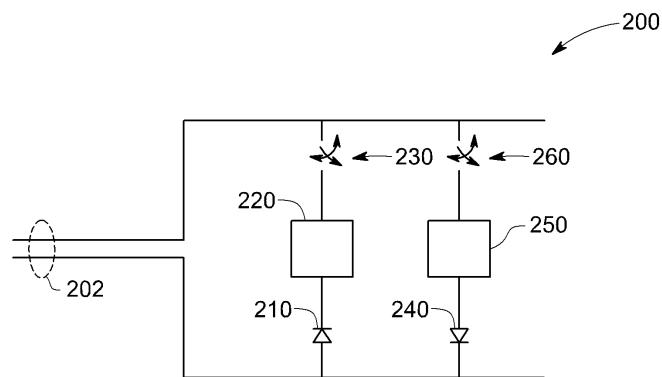
도면5



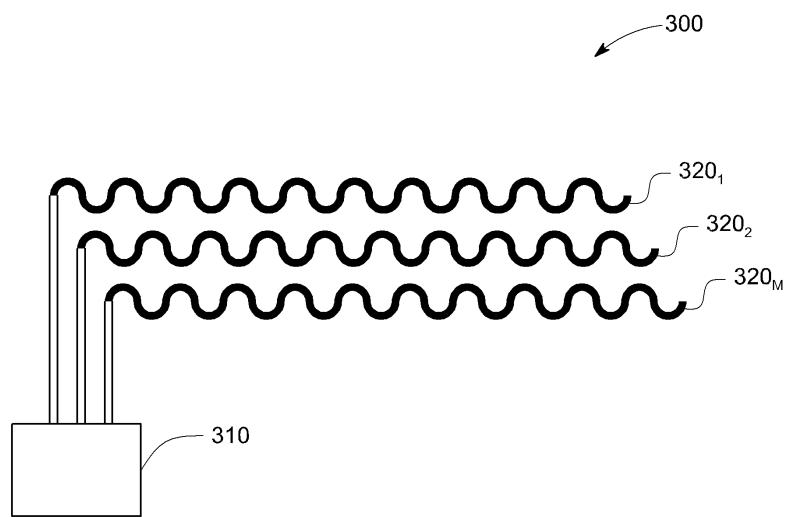
도면6



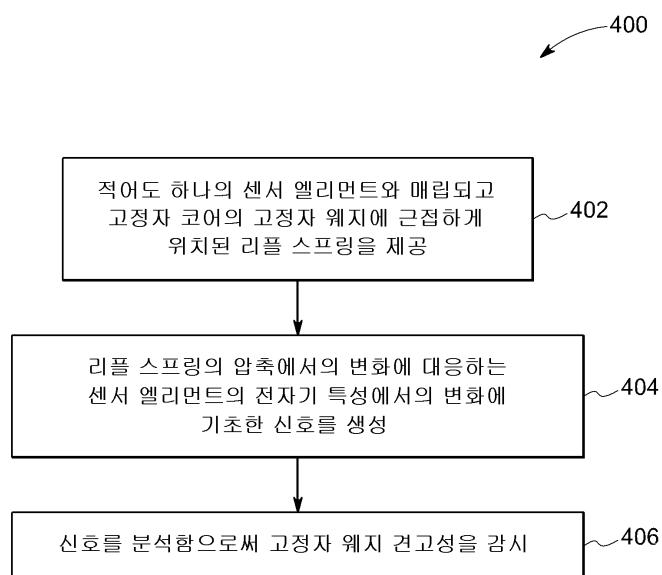
## 도면7



## 도면8



## 도면9



**도면10**