



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0069588
(43) 공개일자 2020년06월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B60G 17/019 (2006.01) B60G 11/02 (2006.01)
B60G 13/14 (2006.01) B60G 17/018 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B60G 17/01941 (2013.01)
B60G 11/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0156809
(22) 출원일자 2018년12월07일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
현대자동차주식회사
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)
기아자동차주식회사
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)
(72) 발명자
손태영
서울특별시 양천구 목동서로 70 목동2단지아파트
219동 1007호
(74) 대리인
한라특허법인(유한)

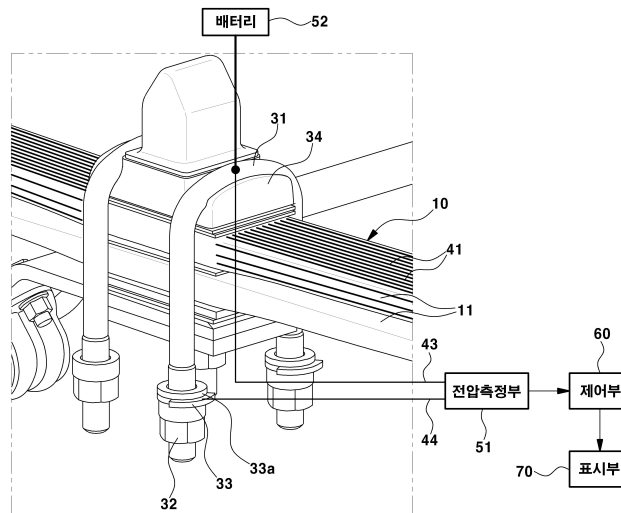
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 차량 현가 장치의 상태 감시 장치

(57) 요약

본 발명은 차량 현가 장치의 상태 감시 장치에 관한 것으로서, 차량의 현가 장치를 구성하고 있는 판스프링의 수명을 예측할 수 있고 판스프링의 현재 상태를 정확히 감시하여 알려줄 수 있는 장치를 제공하는데 주된 목적이 있는 것이다. 상기한 목적을 달성하기 위해, 차량 현가 장치의 판스프링에 대한 상태 감시 장치로서, 상기 판스프링을 구성하는 스프링 판의 표면에 압전물질을 적층 형성하여서 구비되고, 차량 주행 중 진동 또는 충격으로 인해 판스프링의 스프링 판이 변형될 때 전기에너지를 생성하는 상기 압전 하베스트층; 및 상기 압전 하베스트층에 전기적으로 접속되어 압전 하베스트층에서 발생하는 전기 신호를 입력받아 전기 신호로부터 판스프링의 상태를 추정하는 제어부를 포함하는 차량 현가 장치의 상태 감시 장치가 개시된다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

B60G 13/14 (2013.01)

B60G 17/018 (2013.01)

B60G 2202/11 (2013.01)

B60G 2204/43065 (2013.01)

B60G 2600/042 (2013.01)

B60Y 2400/3086 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

차량 현가 장치의 판스프링에 대한 상태 감시 장치로서,

상기 판스프링을 구성하는 스프링 판의 표면에 압전물질을 적층 형성하여서 구비되고, 차량 주행 중 진동 또는 충격으로 인해 판스프링의 스프링 판이 변형될 때 전기에너지를 생성하는 상기 압전 하베스트층; 및

상기 압전 하베스트층에 전기적으로 접속되어 압전 하베스트층에서 발생하는 전기 신호를 입력받아 전기 신호로부터 판스프링의 상태를 추정하는 제어부를 포함하는 차량 현가 장치의 상태 감시 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 스프링 판의 표면에 서로 정해진 간격을 두고 이격 배치되어 전기적으로 분리되는 복수 개의 압전 하베스트층이 구비되고,

상기 복수 개의 압전 하베스트층은 스프링 판에서 길이방향을 따라 길게 배치되는 나란한 라인 형상으로 형성되는 것을 특징으로 하는 차량 현가 장치의 상태 감시 장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 복수 개의 압전 하베스트층은 스프링 판의 상면과 하면, 그리고 양 옆면에 모두 형성되는 것을 특징으로 하는 차량 현가 장치의 상태 감시 장치.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 제어부는

상기 복수 개의 압전 하베스트층이 각각 전기도선을 통해 병렬로 접속되는 AND 논리 게이트 소자;

상기 복수 개의 압전 하베스트층이 각각 전기도선을 통해 병렬로 접속되는 OR 논리 게이트 소자; 및

상기 AND 논리 게이트 소자 및 OR 논리 게이트 소자의 출력으로부터 판스프링의 상태를 판단하는 판단부를 포함하는 것을 특징으로 하는 차량 현가 장치의 상태 감시 장치.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 복수 개의 압전 하베스트층 중 적어도 하나에서 전기도선을 통해 일정 레벨 미만의 전압이 상기 AND 논리 게이트 소자에 인가되면, 상기 AND 논리 게이트 소자는 로우 신호를 출력하고,

상기 복수 개의 압전 하베스트층 중 적어도 하나에서 전기도선을 통해 일정 레벨 이상의 전압이 상기 OR 논리 게이트 소자에 인가되면, 상기 OR 논리 게이트 소자는 하이 신호를 출력하도록 된 것을 특징으로 하는 차량 현가 장치의 상태 감시 장치.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 판단부는

상기 AND 논리 게이트 소자에서 로우 신호가 입력되고, 상기 OR 논리 게이트 소자에서 하이 신호가 입력되면, 상기 판스프링의 상태로서 판스프링에서 크랙 또는 파단이 발생한 것으로 판단하는 것을 특징으로 하는 차량 현가 장치의 상태 감시 장치.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 제어부는

상기 판스프링에서 크랙이 발생한 것으로 판단한 후,

상기 각 압전 하베스트층으로부터 전기도선을 통해 입력되는 전압 신호로부터 판스프링에서의 크랙 발생 정보를 취득하고,

상기 취득된 크랙 발생 정보로부터 미리 정해진 수명 예측식을 이용하여, 상기 판스프링의 상태를 나타내는 판스프링의 예상 수명을 결정하도록 된 것을 특징으로 하는 차량 현가 장치의 상태 감시 장치.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 압전 하베스트층이 전기도선을 통해 배터리에 연결되어, 상기 압전 하베스트층에서 생성된 전기에너지가 배터리에 저장될 수 있도록 된 것을 특징으로 하는 차량 현가 장치의 상태 감시 장치.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 압전 하베스트층이 상기 판스프링과 차량의 액슬을 체결하고 있는 유볼트에 전기도선을 통해 전기적으로 접속되고, 상기 유볼트가 별도의 전기도선을 통해 상기 배터리에 연결되는 것을 특징으로 하는 차량 현가 장치의 상태 감시 장치.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 압전 하베스트층이 상기 판스프링과 차량의 액슬을 체결하고 있는 유볼트의 일단부 위치에 전기도선을 통해 전기적으로 접속되고,

상기 전기도선이 접속된 유볼트의 일단부 위치와, 상기 유볼트에서 상기 일단부 위치로부터 정해진 거리를 두고 떨어진 위치에 각각 별도의 전기도선을 통해 전압측정부가 접속되며,

상기 전압측정부에서 측정된 상기 유볼트의 두 위치 사이의 전압을 제어부가 입력받아 상기 측정된 전압으로부터 판스프링의 상태를 추정하는 것을 특징으로 하는 차량 현가 장치의 상태 감시 장치.

청구항 11

청구항 10에 있어서,
상기 압전 하베스트층이,
상기 유볼트의 일단부 위치로서, 상기 유볼트의 일단부에 결합된 너트 또는 상기 너트와 액슬 사이의 와셔에,
상기 전기도선을 통해 전기적으로 접속되는 것을 특징으로 하는 차량 현가 장치의 상태 감시 장치.

청구항 12

청구항 11에 있어서,
상기 와셔에서 상기 액슬에 접촉하는 표면에 절연층이 구비되어, 와셔와 액슬 사이가 전기적으로 절연된 상태를 유지하도록 된 것을 특징으로 하는 차량 현가 장치의 상태 감시 장치.

청구항 13

청구항 10 또는 청구항 11에 있어서,
상기 제어부는 전압측정부에서 측정된 전압을 확인하여 상기 유볼트의 크랙 발생 또는 상기 너트의 풀림을 감지하는 것을 특징으로 하는 차량 현가 장치의 상태 감시 장치.

청구항 14

청구항 10에 있어서,
상기 제어부는
상기 전압측정부에 의해 측정된 전압으로부터 판스프링에서 발생하는 응력을 계산하고,
상기 전압측정부에 의해 측정된 전압 중 기설정 값 이상의 전압을 누적 합산하여 판스프링의 누적 손상량을 결정하며,
상기 결정된 누적 손상량에 해당하는 응력 대 수명 곡선(S-N 곡선)을 이용하여 상기 계산된 응력으로부터 판스프링의 예상 수명을 결정하는 것을 특징으로 하는 차량 현가 장치의 상태 감시 장치.

청구항 15

청구항 1에 있어서,
상기 제어부에서 추정된 판스프링의 상태를 표시하는 표시장치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 차량 현가 장치의 상태 감시 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 차량 현가 장치의 상태 감시 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 차량의 현가 장치를 구성하고 있는 판스프링의 상태를 감시하고 상태 정보를 취득하여 제공할 수 있는 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 일반적으로 트럭과 같은 상용차의 현가 장치에서는 차량 주행 동안 노면으로부터 가해지는 진동과 충격을 흡수

하기 위하여 판스프링을 사용하고 있다.

- [0004] 이와 같은 상용차의 현가 장치에서는 판스프링의 양단을 차체 프레임에 결합하고, 판스프링의 중앙부에 유볼트(U-bolt)와 너트를 이용하여 액슬을 고정한 구조로 되어 있다.
- [0005] 이에 따라 상기한 상용차의 현가 장치에서는 차량에 가해지는 진동과 충격을 판스프링의 형상 변화를 통해 흡수하여 상쇄 또는 완화함으로써 승차감을 향상시킨다.
- [0006] 그러나, 상용차의 현가 장치에서 판스프링의 파손이 종종 발생하면서 차량의 안전성과 유지 비용 측면에서 문제가 되고 있다.
- [0007] 따라서, 판스프링의 수명을 예측할 수 있고 판스프링의 상태를 정확히 감시하여 알려줄 수 있는 기술이 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 따라서, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 창출한 것으로서, 차량의 현가 장치를 구성하고 있는 판스프링의 수명을 예측할 수 있고 판스프링의 정확한 상태를 감시하여 알려줄 수 있는 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예에 따르면, 차량 현가 장치의 판스프링에 대한 상태 감시 장치로서, 상기 판스프링을 구성하는 스프링 판의 표면에 압전물질을 적층 형성하여서 구비되고, 차량 주행 중 진동 또는 충격으로 인해 판스프링의 스프링 판이 변형될 때 전기에너지를 생성하는 상기 압전 하베스트층; 및 상기 압전 하베스트층에 전기적으로 접속되어 압전 하베스트층에서 발생하는 전기 신호를 입력받아 전기 신호로부터 판스프링의 상태를 추정하는 제어부를 포함하는 차량 현가 장치의 상태 감시 장치를 제공한다.
- [0012] 바람직한 실시예에서, 상기 스프링 판의 표면에 서로 정해진 간격을 두고 이격 배치되어 전기적으로 분리되는 복수 개의 압전 하베스트층이 구비되고, 상기 복수 개의 압전 하베스트층은 스프링 판에서 길이방향을 따라 길게 배치되는 나란한 라인 형상으로 형성될 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 복수 개의 압전 하베스트층은 스프링 판의 상면과 하면, 그리고 양 옆면에 모두 형성될 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 제어부는, 상기 복수 개의 압전 하베스트층이 각각 전기도선을 통해 병렬로 접속되는 AND 논리 게이트 소자; 상기 복수 개의 압전 하베스트층이 각각 전기도선을 통해 병렬로 접속되는 OR 논리 게이트 소자; 및 상기 AND 논리 게이트 소자 및 OR 논리 게이트 소자의 출력으로부터 판스프링의 상태를 판단하는 판단부를 포함할 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 복수 개의 압전 하베스트층 중 적어도 하나에서 전기도선을 통해 일정 레벨 미만의 전압이 상기 AND 논리 게이트 소자에 인가되면, 상기 AND 논리 게이트 소자는 로우 신호를 출력하고, 상기 복수 개의 압전 하베스트층 중 적어도 하나에서 전기도선을 통해 일정 레벨 이상의 전압이 상기 OR 논리 게이트 소자에 인가되면, 상기 OR 논리 게이트 소자는 하이 신호를 출력하도록 구성될 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 판단부는, 상기 AND 논리 게이트 소자에서 로우 신호가 입력되고, 상기 OR 논리 게이트 소자에서 하이 신호가 입력되면, 상기 판스프링의 상태로서 판스프링에서 크랙 또는 파단이 발생한 것으로 판단할 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 제어부는, 상기 판스프링에서 크랙이 발생한 것으로 판단한 후, 상기 각 압전 하베스트층으로부터 전기도선을 통해 입력되는 전압 신호로부터 판스프링에서의 크랙 발생 정보를 취득하고, 상기 취득된 크랙 발생 정보로부터 미리 정해진 수명 예측식을 이용하여, 상기 판스프링의 상태를 나타내는 판스프링의 예상 수명을 결정하도록 구성될 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 압전 하베스트층이 전기도선을 통해 배터리에 연결되어, 상기 압전 하베스트층에서 생성된 전기에너지가 배터리에 저장될 수 있도록 구성될 수 있다.

- [0019] 이때, 상기 압전 하베스트층이 상기 판스프링과 차량의 액슬을 체결하고 있는 유볼트에 전기도선을 통해 전기적으로 접속되고, 상기 유볼트가 별도의 전기도선을 통해 상기 배터리에 연결될 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 압전 하베스트층이 상기 판스프링과 차량의 액슬을 체결하고 있는 유볼트의 일단부 위치에 전기도선을 통해 전기적으로 접속되고, 상기 전기도선이 접속된 유볼트의 일단부 위치와, 상기 유볼트에서 상기 일단부 위치로부터 정해진 거리를 두고 떨어진 위치에 각각 별도의 전기도선을 통해 전압측정부가 접속되며, 상기 전압측정부에서 측정된 상기 유볼트의 두 위치 사이의 전압을 제어부가 입력받아 상기 측정된 전압으로부터 판스프링의 상태를 추정하도록 구성될 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 압전 하베스트층이, 상기 유볼트의 일단부 위치로서, 상기 유볼트의 일단부에 결합된 너트 또는 상기 너트와 액슬 사이의 와셔에, 상기 전기도선을 통해 전기적으로 접속될 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 와셔에서 상기 액슬에 접촉하는 표면에 절연층이 구비되어, 와셔와 액슬 사이가 전기적으로 절연된 상태를 유지하도록 구성될 수 있다.
- [0023] 또한, 상기 제어부는 전압측정부에서 측정된 전압을 확인하여 상기 유볼트의 크랙 발생 또는 상기 너트의 풀림을 감지하도록 구비될 수 있다.
- [0024] 또한, 상기 제어부는, 상기 전압측정부에 의해 측정된 전압으로부터 판스프링에서 발생하는 응력을 계산하고, 상기 전압측정부에 의해 측정된 전압 중 기설정 값 이상의 전압을 누적 합산하여 판스프링의 누적 손상량을 결정하며, 상기 결정된 누적 손상량에 해당하는 응력 대 수명 곡선(S-N 곡선)을 이용하여 상기 계산된 응력으로부터 판스프링의 예상 수명을 결정하도록 구성될 수 있다.
- [0025] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 차량 현가 장치의 상태 감시 장치는 상기 제어부에서 추정된 판스프링의 상태를 표시하는 표시장치를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0027] 이로써, 본 발명에 따른 차량 현가 장치의 상태 감시 장치에 의하면, 판스프링의 표면에 압전 하베스트층을 적층하여 형성함으로써, 차량 진동에 의해 발생하는 판스프링 표면의 압축과 인장 현상을 이용하여 압전 하베스트층에서 전기에너지를 생성할 수 있고, 기계에너지를 전기에너지로 변환하는 에너지 재생을 통해 차량의 연비 향상에 기여할 수 있게 된다.
- [0028] 또한, 판스프링을 구성하는 스프링 판에 위치별로 압전 하베스트층을 형성한 뒤 위치별 압전 하베스트층의 전기신호를 이용하여 판스프링의 크랙 발생 여부 및 크랙 발생 위치 등을 감시할 수 있고, 크랙 발생 시점을 활용하여 판스프링의 수명을 예측할 수 있다.
- [0029] 또한, 압전 하베스트층에서 발생한 전압을 합산하여 판스프링에서의 손상 총량을 계산하고, 이를 통해서도 판스프링의 수명을 예측할 수 있다.
- [0030] 또한, 판스프링의 수명을 예측함에 있어서 AND 논리 게이트 및 OR 논리 게이트를 활용한 단순한 회로 구성만으로 판스프링의 크랙 발생을 감지할 수 있고, 판스프링의 상태 및 예상 수명 등의 상태 정보를 표시장치 등을 통해 알려줌으로써 차량의 안전성은 물론 상품성 향상이 가능해진다.
- [0031] 또한, 판스프링에서 그 표면을 압전 하베스트층이 덮고 있으므로 치핑에 의한 크랙 발생이 방지될 수 있다.
- [0032]

도면의 간단한 설명

- [0033] 도 1은 본 발명에 따른 상태 감시 장치에서 수명 예측 및 상태 감시의 대상이 되는 차량의 현가 장치를 도시한 사시도이다.
- 도 2는 도 1에서 'A' 부분을 확대하여 도시한 사시도이다.
- 도 3은 본 발명의 감시 대상인 판스프링의 상태를 예시한 도면이다.
- 도 4는 압전층에 의한 전기 생성의 원리를 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명에서 판스프링의 압전 하베스트층을 유볼트의 일단부에 전기적으로 접속한 상태를 예시한 도면이다.

도 6은 본 발명에서 전압측정부와 배터리를 연결한 상태를 예시한 도면이다.

도 7은 본 발명에서 유볼트에 크랙이 발생한 상태를 예시한 도면이다.

도 8은 본 발명에서 크랙 발생 여부를 감지하기 위한 회로 구성을 예시한 도면이다.

도 9는 본 발명에서 판스프링의 발생 응력과 판스프링의 수명을 나타내는 S-N 곡선의 예를 나타낸 도면이다.

도 10은 본 발명에서 표시장치를 통해 상태 정보가 표시되는 예를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다.
- [0035] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0037] 본 발명은 차량 현가 장치의 상태 감시 장치에 관한 것으로서, 차량에서 현가 장치를 구성하고 있는 판스프링의 상태에 대한 정보를 취득하여 제공하는 장치에 관한 것이다.
- [0038] 또한, 본 발명은 차량의 현가 장치에 포함된 판스프링의 수명을 예측할 수 있고 판스프링의 현재 상태를 감시하여 알려줄 수 있는 상태 감시 장치를 제공하고자 하는 것이다.
- [0039] 도 1은 본 발명에 따른 상태 감시 장치에서 수명 예측 및 상태 감시의 대상이 되는 차량의 현가 장치를 도시한 사시도로서, 판스프링을 포함하는 상용차용 현가 장치를 예시한 것이다.
- [0040] 도시된 바와 같이, 상용차용 현가 장치에서는 판스프링(10)의 양단이 차체 프레임(도 3에서 도면부호 1임)에 지지되도록 결합되고, 액슬(20)이 유볼트(U-bolt)(31)와 너트(32)에 의해 판스프링(10)의 중앙부에 고정된다.
- [0041] 상기와 같은 판스프링(10)은 차량에서 장착위치에 따라 형상이나 세부 구성에 있어서 차이는 있을 수 있지만, 공통적으로는 여러 겹의 스프링 판(11)이 적층된 구성을 가진다.
- [0042] 또한, 상기 판스프링(10)은 차량 전측의 좌측(FL)과 우측(FR)에 모두 설치될 수 있고, 차량 후측에서도 좌측(RL)과 우측(RR)에 모두 설치될 수 있다.
- [0043] 본 발명이 적용되는 차량의 현가 장치에서 하나의 판스프링(10)을 구성하기 위해 적층되어 있는 스프링 판(11)의 수에는 특별한 제한은 없다.
- [0044] 도 2는 도 1에서 'A' 부분을 확대하여 도시한 사시도이고, 도 3은 판스프링의 상태를 예시한 도면이다.
- [0045] 도 2에 나타난 바와 같이, 판스프링(10)의 스프링 판(11) 표면에 압전 물질(piezoelectric material)로 이루어진 층(layer)(41)이 적층되어 형성된다.
- [0046] 이하의 설명에서 압전 물질로 이루어진 층(41)을 '압전 하베스트층(piezoelectric harvest layer)'이라 칭하기로 한다.
- [0047] 상기 압전 하베스트층(41)은 판스프링(10)을 구성하는 각 스프링 판(11)의 표면에 적층되어 형성되고, 이는 스프링 판(11)의 표면에서 원하는 부위에 압전 물질을 코팅 또는 접착 등의 방법으로 적층 및 고정하여서 형성될 수 있다.
- [0048] 바람직한 실시예에서, 압전 하베스트층(41)은 판스프링(10)을 구성하는 모든 스프링 판(11)에 형성될 수 있고, 도 2에서 볼 수 있듯이 각 스프링 판(11)의 길이방향을 따라 길게 배치되는 소정 폭의 라인(line) 형상으로 형성될 수 있다.
- [0049] 또한, 상기와 같이 라인 형상으로 형성된 복수 개의 압전 하베스트층(41)이 스프링 판(11)의 표면에서 정해진 간격을 두고 나란하게 배치되도록 형성될 수 있고, 이때 복수 개의 압전 하베스트층(41) 모두가 서로 이격 및

분리된 상태가 되도록 형성될 수 있다.

- [0050] 바람직한 실시예에서, 복수 개의 압전 하베스트층(41)은 모두 일정 간격을 두고 배치되도록 형성될 수 있고, 스프링 판(11)의 상면과 하면, 그리고 양 옆면에 모두 형성될 수 있다.
- [0051] 상기와 같이 복 수개의 압전 하베스트층(41)이 판스프링(10)을 구성하는 각 스프링 판(11)의 표면에 적층 형성된 상태일 때, 차량 주행 동안 노면의 굴곡된 형상으로 인해 판스프링(10)에 진동 또는 충격의 힘이 계속해서 가해지면, 판스프링(10)의 형상이 변형됨과 동시에 스프링 판(11)의 표면에서는 압축과 인장이 반복적으로 발생한다.
- [0052] 또한, 상기와 같은 압축과 인장의 힘이 압전 하베스트층(41)에 계속해서 반복적으로 작용하면 압전 하베스트층에서는 전기에너지가 생성된다.
- [0053] 본 발명에서는 상기와 같이 스프링 판(11)의 표면에 부위마다 적층된 각 압전 하베스트층(41)에서 발생하는 전기 신호를 이용하여 전체 판스프링(10)의 상태를 판단 및 감시하고, 판스프링(10)의 수명을 예측한다.
- [0054] 도 3을 참조하면, 공차 시에는 판스프링(10)의 변형이 발생하지 않으나, 주행 중의 범프 시에는 노면의 굴곡된 형상으로 인해 판스프링(10)에 진동과 충격이 가해지면서 스프링 판(11)이 다양하게 변형된다.
- [0055] 이때, 각 스프링 판(11)의 표면에서 압축과 인장이 반복적으로 발생하게 되면서 압축과 인장의 힘이 각 압전 하베스트층(도 3에는 미도시)에 작용하게 되고, 결국 각각의 압전 하베스트층에서는 전기에너지가 생성된다.
- [0056] 도 3에 나타난 바와 같이, 판스프링(10)을 구성하는 스프링 판(11) 사이에는 갭(gap)이 존재하므로 각 스프링 판의 노출된 옆면뿐만 아니라 스프링 판의 상면과 하면에도 압전 하베스트층을 구비할 수 있다.
- [0057] 또한, 판스프링(10)의 스프링 판(11)은 금속으로 제작되지만, 각 스프링 판(11)의 금속 표면 위에는 도장에 의해 여러 층의 도막이 형성되어 있고, 상부 도막과 하부 도막 등이 스프링 판의 금속 표면에서 두꺼운 절연층의 역할을 하므로, 각 압전 하베스트층(41)은 서로 전기적으로 절연된 상태를 유지할 수 있게 된다.
- [0058] 결국, 복수 개의 압전 하베스트층(41)이 각 스프링 판(11)의 상면과 하면, 옆면에 모두 설치되고, 이때 스프링 판(11)의 부위마다 형성된 압전 하베스트층(41)들이 모두 이격된 상태로 전기적으로도 서로 분리된 절연 상태를 유지하고 있으므로, 각 압전 하베스트층(41)별 전기 신호를 이용하면 스프링 판(11)의 크랙 등 파손 발생 위치를 파악할 수 있게 된다.
- [0059] 또한, 각 압전 하베스트층(11)을 전기도선을 통해 배터리에 연결하면 압전 하베스트층에서 생성된 전기에너지로 배터리를 충전하는 것이 가능하다.
- [0060] 또한, 이 배터리를 전원으로 이용하면 자체 전원으로 작동하는 상태 감시 장치를 구성하는 것이 가능해진다.
- [0061] 도 4는 전기 생성의 원리를 설명하기 위한 도면으로, 이를 참조하여 설명하면, 변형 가능한 구조물(8)의 표면에 압전층(piezoelectric layer)(9)이 형성되어 있을 때, 상기 구조물(8)이 반복적으로 변형할 경우 구조물의 표면에서 인장과 압축이 반복적으로 발생한다.
- [0062] 그로 인해 구조물(8)의 표면에 적층된 압전층(9)에서는 구조물로부터 인장과 압축의 힘이 반복적으로 작용하여 재료의 변형이 발생하고, 결국 재료의 내부에서 전기적 성질을 갖는 이온의 상대적 위치 변화 및 배열화로 인해 전기에너지가 생성된다.
- [0063] 이러한 원리를 차량의 현가 장치에서 판스프링을 구성하는 각 스프링 판 및 그 표면에 적층된 압전 하베스트층에 적용하면, 차량 주행 중 노면으로부터 진동 및 충격이 판스프링에 가해질 때, 스프링 판이 변형되면서 압전 하베스트층에서는 전기가 발생하고, 이 전기 신호를 이용하면 스프링 판은 물론 유볼트의 상태까지 파악하는 것이 가능하다.
- [0064] 즉, 전기 신호를 이용하여 스프링 판의 크랙이나 파손, 유볼트의 크랙이나 파손 등의 상태를 추정할 수 있고, 스프링 판의 수명 예측이 가능하다.
- [0065] 또한, 크랙 발생 유무 등의 상태와 예상 수명을 차량 내 표시장치를 통해 표시하여 운전자에게 현가 장치의 상태를 나타내는 정보로 제공할 수 있고, 이에 차량의 상품성 및 안전성이 향상될 수 있게 된다
- [0066] 더불어, 전술한 바와 같이 전기에너지를 배터리에 저장한 뒤 활용할 수 있고, 이는 차량의 진동에너지(기계에너지)를 전기에너지로 재생하여 저장 및 활용하는 것이므로 차량의 연비 향상에도 기여할 수 있다.

- [0067] 또한, 판스프링을 구성하는 스프링 판의 표면을 압전 하베스트층이 덮고 있는 구조이므로 칩핑(chipping)에 의한 스프링 판의 손상이나 크랙 발생이 방지될 수 있다.
- [0068] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 상태 감시 장치의 구성에 대해 더욱 상세히 설명하기로 한다.
- [0069] 도 5는 판스프링의 압전 하베스트층을 유볼트의 일단부에 전기적으로 접속한 상태를 예시한 도면이고, 도 6은 전압측정부와 배터리를 연결한 상태를 예시한 도면이다.
- [0070] 도 7은 유볼트에 크랙이 발생한 상태를 예시한 도면이다.
- [0071] 도 5에 나타난 바와 같이, 판스프링(10)에서 스프링 판(11)에 설치되어 있는 각 압전 하베스트층(41)에 전기도선(42)을 연결하고, 이 전기도선(42)을 유볼트(31)의 일단부에 결합된 너트(32) 또는 상기 너트(32)와 액슬(20) 사이의 와셔(33)에 연결한다.
- [0072] 즉, 각 압전 하베스트층(41)을 전기도선(42)을 통해 유볼트(31)의 일단부 위치에 있는 너트(32) 또는 와셔(33)에 전기 접속하는 것이다.
- [0073] 이에 너트(32) 또는 와셔(33)는 일종의 집전체 역할을 하게 되고, 상기 너트(32) 및 와셔(33)가 유볼트(31)의 단부에 결합되어 접촉된 상태이므로, 각 압전 하베스트층(41)은 전기도선(42)을 통해 유볼트(31)의 단부에 전기 접속된 상태가 된다.
- [0074] 아울러, 너트(32)와 액슬(20) 사이에 개재되는 와셔(33)에서 액슬(20)에 접촉하는 표면, 즉 도면상 와셔(33)의 상면에는 도 5 및 도 6에 나타난 바와 같이 절연물질을 도포하여 형성한 절연층(33a)을 구비하여 너트(32) 및 와셔(33)와 액슬(20) 사이가 전기적으로 절연되도록 한다.
- [0075] 이로써, 압전 하베스트층(41)에서 생성된 전기가 액슬(20)로 누설되지 않고 유볼트(31)를 통해서만 흐르게 된다.
- [0076] 또한, 유볼트(31)는 판스프링(10)의 최상측 스프링 판(11)과의 사이에 개재된 절연 재질의 지지체(34)에 의해 최상측 스프링 판(11)의 압전 하베스트층(41)과 전기 절연 상태가 유지된다.
- [0077] 본 발명의 실시예에서, 유볼트(31)의 양단부에 각각 너트(32)가 체결되므로, 전체 압전 하베스트층(41) 중 일부는 두 너트(32)(또는 와셔) 중 한쪽의 너트(또는 와셔)에 전기도선(42)으로 접속할 수 있고, 이때 나머지 일부는 다른 쪽의 너트(또는 와셔)에 전기도선으로 접속할 수 있다.
- [0078] 또한, 유볼트(31)에서 너트(32)가 체결된 위치로부터 정해진 거리를 두고 떨어진 위치에 전기도선(43)을 연결하여 외부로 인출하고, 더불어 너트(32) 또는 와셔(33)에서도 별도의 전기도선(44)을 연결하여 외부로 인출한다.
- [0079] 이어 외부로 인출된 양측의 전기도선(43,44)을 전압측정부(51)에 연결하고, 더불어 배터리(52)에도 연결한다.
- [0080] 또한, 상기 전압측정부(51)에 의해 유볼트(31)의 두 위치 간 전압이 측정될 때, 상기 전압측정부(51)에 의해 측정되는 전압이 제어부(도 6에서 도면부호 60임)에 입력될 수 있도록 한다.
- [0081] 이로써 제어부(60)에서는 유볼트(31)의 두 위치 사이의 전압을 확인하여 판스프링(10)의 상태를 추정할 수 있고, 특히 차량 주행 중 판스프링(10)에서 스프링 판(11)에 결합된 유볼트(31)의 크랙 발생을 감지할 수 있다.
- [0082] 전압이 측정되는 유볼트(31)의 두 위치 사이에 크랙이 발생하면 크랙 발생 부위에서 전류가 흐를 수 있는 단면적의 변화가 발생하여 저항이 증가하고, 그로 인해 전압이 상승한다.
- [0083] 따라서, 제어부(60)에서는 전압측정부(51)에 의해 측정된 전압이 미리 정해진 설정치보다 높아지면 유볼트(31)에서 크랙이 발생한 것으로 판단할 수 있다.
- [0084] 또한, 너트(32)의 풀림이 발생한 경우 너트(32)와 유볼트(31) 사이의 틈새가 증가하므로 전류가 잘 흐르지 않게 되고, 따라서 제어부(60)가 전압측정부(51)에 의해 측정된 전압이 설정치(상기 크랙 발생 판단을 위한 설정치와 같거나 다르게 설정될 수 있음)보다 높아짐을 판단하여 너트 풀림을 감지할 수 있게 된다.
- [0085] 일반적으로 유볼트(31)의 크랙이나 너트(32)의 풀림은 판스프링(10)의 내구에 있어서 매우 중요한 영향을 미치게 되는데, 크랙으로 인해 유볼트(31)의 축력이 떨어지게 되면 판스프링(10)의 센터부에 응력이 집중되어 조기 판단이 발생할 수 있다.
- [0086] 따라서, 판스프링(10)의 수명을 예측함에 있어서 유볼트(31)의 크랙이나 너트(32)의 풀림을 감지할 수 있는 구

성이 반드시 필요하다.

- [0087] 또한, 판스프링(10)을 구성하는 스프링 판(11)의 부위마다 라인 형상의 압전 하베스트층(41)을 형성해두면, 스프링 판(11)의 임의의 부위에서 크랙이 발생할 때 그 부위에서 압전 하베스트층(41) 또한 끊어지거나, 압전 하베스트층의 전기 변환 작동 불량, 통전 불량 등이 발생할 수 있다.
- [0088] 따라서, 판스프링(10)의 수명을 예측함에 있어서, 라인 형상의 압전 하베스트층(41)을 스프링 판(11)의 부위마다 형성할 경우, 스프링 판(11)의 크랙이 발생한 위치에서는 압전 하베스트층(41)의 끊김 또는 전기 변환 작동 불량, 통전 불량 등으로 인해 전기에너지가 잘 전달되지 않거나 전기에너지의 발생량이 줄어드는 것이다.
- [0089] 또한, 크랙이나 파단이 발생한 스프링 판(11)에서는 인장 또는 압축이 원활히 이루어질 수 없으므로 압전 하베스트층(41)이 정상적인 상태라 하더라도 압전 하베스트층에서 전기에너지가 발생하지 않거나 전기에너지의 발생량이 줄어드는 것이다.
- [0090] 또한, 상기와 같이 크랙 발생 위치의 압전 하베스트층(41)에서 전기에너지가 잘 전달되지 않거나 전기에너지의 발생량이 줄었을 때, 각 압전 하베스트층(41)별 전기 신호를 분석하면 크랙 발생 부위(즉, 압전 하베스트층이 손상된 부위)를 파악할 수 있다.
- [0091] 이를 위해, 도 8에 나타난 바와 같이, 본 발명에서는 판스프링(10)에 형성된 복수 개의 압전 하베스트층(41)에 각각 개별로 전기도선(45)을 연결하고, 이 전기도선을 제어부(60) 내 AND 논리 게이트 소자(46)에 병렬로 연결한다.
- [0092] 이와 동시에, 상기 전기도선(45)을 각각 제어부(60) 내 OR 논리 게이트 소자(47)에도 병렬로 연결한다.
- [0093] 결국, 복수 개의 압전 하베스트층(41) 모두에서 각 전기도선(45)을 통해 일정 레벨 이상의 전압이 AND 논리 게이트 소자(46)에 인가되면 AND 논리 게이트 소자(46)에서는 하이 신호(high signal)인 1이 출력되고, 적어도 하나의 압전 하베스트층(41)에서 일정 레벨 미만의 전압이 AND 논리 게이트 소자(46)에 인가되면 AND 논리 게이트 소자(46)에서는 로우 신호(low signal)인 0이 출력된다.
- [0094] 또한, 복수 개의 압전 하베스트층(41) 중 적어도 하나의 압전 하베스트층에서 전기도선(45)을 통해 일정 레벨 이상의 전압이 OR 논리 게이트 소자(47)에 인가되는 경우 OR 논리 게이트 소자(47)에서는 하이 신호인 1이 출력되고, 그렇지 않은 경우 OR 논리 게이트 소자(47)에서 로우 신호인 0이 출력된다.
- [0095] 이와 같은 AND 논리 게이트 소자(46)와 OR 논리 게이트 소자(47)의 각 출력단을 제어부(60) 내 판단부(61)로 연결하면, 판단부(61)에서는 AND 논리 게이트 소자(46)와 OR 논리 게이트 소자(47)의 출력 값으로부터 판스프링(10)의 상태를 판단할 수 있다.
- [0096] 즉, 하기 표 1과 같이 AND 논리 게이트 소자(46)의 출력 값이 0이면서 OR 논리 게이트 소자(47)의 출력 값이 1인 경우, 제어부(60)의 판단부(61)는 판스프링(10)의 크랙 또는 파단이 발생한 것으로 판단할 수 있다.
- [0097] 여기서, 판스프링(10)의 크랙 또는 파단 상태는 판스프링을 구성하는 스프링 판(31) 중 적어도 하나에서 크랙 또는 파단이 발생한 것을 의미한다.
- [0098] 이 경우 외에, 두 소자(46,47)의 출력 값이 모두 0이거나 모두 1인 경우 정상 상태인 것으로 판단할 수 있다.

표 1

구분	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
AND 논리 게이트 소자 출력 값	0	0	1	1
OR 논리 게이트 소자 출력 값	0	1	0	1
판단	차량 정지상태, 또는 진동의 세기(진폭)가 작은 경우, 정상 조건	판스프링 파단 발생	Case 발생 불가	차량 주행상태, 진동의 세기가 큰 경우, 정상 조건

[0099]

[0100] 한편, 도면상 예시하지는 않았으나, 수명 예측을 위해 크랙 발생을 감지한 제어부(60)가 각 압전 하베스트층(41)으로부터 전기도선(45)을 통해 직접 전압 신호를 입력받을 수 있도록 연결될 수 있고, 이때 제어부(60)가 각 압전 하베스트층(41)으로부터 입력되는 전압 신호를 이용하여 판스프링(10) 및 각 스프링 판(11)에서의 크랙 발생 정보, 즉 크랙 발생 위치, 그리고 크랙 길이 등의 정보를 취득할 수 있다.

[0101] 또한, 제어부(60)가 크랙 발생 시점을 기반으로 하기 수명 예측식을 이용하여 최종 파단 시점의 사이클을 예측할 수 있다.

$$N_f = \int_{a_i}^{a_f} \frac{da}{C (\Delta K)^m} \quad (1)$$

[0103] 여기서, N_f 는 파단시까지의 수명을 나타내고, a_f 는 최종의 크랙(파단) 길이를 나타내며, a_i 는 초기 크랙 길이를, C 와 m 은 스프링 판(11)의 재질에 따른 상수 값을 나타내고, ΔK 는 응력강도 범위(stress intensity range)를 나타낸다.

[0104] 상기 수명 예측식은 판스프링(10)에서 크랙이 발생하였을 때부터, 즉 제어부(60)의 판단부(61)에서 크랙 발생을 판단하였을 때부터 판스프링(10)의 수명을 예측할 수 있도록 구성된 것으로, 상기 수명 예측식을 이용하는 것과 별개로, 판스프링(10)의 크랙 발생 전에는 판스프링(10)에서 발생한 누적 손상량(Damage)를 계산하여 판스프링의 수명을 예측할 수 있다.

[0105] 즉, 판스프링(10)(스프링 판)의 크랙이 발생하기 전까지는 손상 총량을 통해 판스프링의 수명을 예측하고, 판스프링의 크랙이 발생한 후부터는 수명 예측식을 이용하여 계산된 수명 예측값(예상 수명)을 판스프링의 상태 정보로서 제공하는 것이다.

[0106] 압전 하베스트층(41)에서 발생하는 전압(V)의 크기는 아래의 식에서 알 수 있듯이 스프링 판(11)의 진동의 진폭(amplitude)(A)과 비례하고, 이는 곧 스프링 판(11)에서 발생하는 응력(σ)의 크기와 비례한다.

$$V \propto A \propto \sigma \quad (2)$$

[0108] 따라서, 제어부(60)에서 압전 하베스트층(41)에서 발생하는 전압(V)의 크기로부터 응력(σ)의 크기를 비례적으로 알 수 있고, 일정 레벨 이상의 응력이 지속적으로 발생하면, 그 응력으로부터 스프링 판의 S-N 곡선을 이용하여 스프링 판(11)(판 스프링)의 예상 수명을 확인할 수 있다.

[0109] 식 (2)에서 전압은 도 6의 구성에서 유볼트(31)의 두 위치 사이에서 전압측정부(51)에 의해 측정된 전압이 될 수 있다.

[0110] 도 9는 발생 응력과 수명을 나타내는 S-N 곡선의 예를 나타낸 것으로, S-N 곡선을 이용하여 응력으로부터 스프링 판(11)의 수명을 확인하는 방법에 대해서는 공지 기술 사항이므로 상세한 설명을 생략하기로 한다.

[0111] 그리고, 제어부(60)에서 압전 하베스트층(41)에서 발생하는 차량 초기에서부터의 전압을 누적하여 합산하면 판스프링(10)에 가해지는 손상의 총량, 즉 누적 손상량(Damage)을 하기 식을 이용하여 계산할 수 있다.

[0112] 이때, 판스프링(10)의 내구에 영향을 주는 일정 수준 이상의 전압, 즉 기설정된 값 이상의 전압(V_0)을 누적하여 합산한다.

$$\text{Damage} \propto \int_0^t V_0 dV \quad (3)$$

[0114] 여기서, V_0 는 상기 기설정된 값 이상의 전압을 나타내고, t 는 전압 발생 시간을 나타낸다.

[0115] 식 (3)에서 전압 V_0 는 도 6의 구성에서 유볼트(31)의 두 위치 사이에서 전압측정부(51)에 의해 측정된 전압(상기 기설정된 값 이상의 전압임)이 될 수 있다.

[0116] 결국, 제어부(60)에서 상기와 같은 누적 손상량이 결정되면, 누적 손상량이 속하는 구간을 판단하여 그 판단된 구간에 해당하는 데미지 레벨이 결정될 수 있고, 상기 결정된 데미지 레벨에 해당하는 응력 대 수명 곡선인 S-N 곡선이 결정될 수 있다.

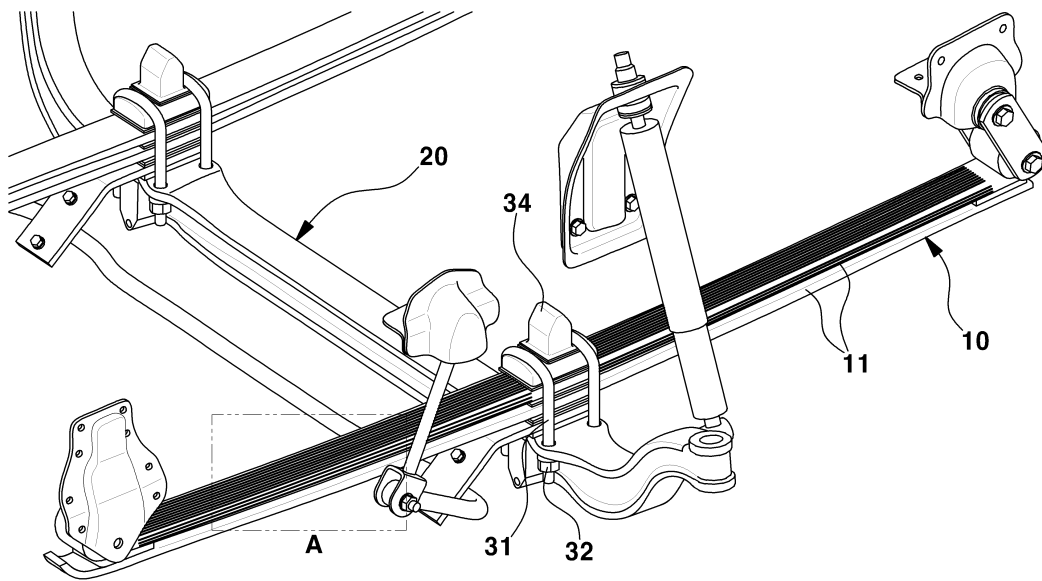
- [0117] 이때, 제어부(60)에는 누적 손상량의 전체 범위를 구간별로 나누어 각 구간별로 데미지 레벨이 미리 설정되고, 상기 데미지 레벨별로 그에 해당하는 S-N 곡선이 미리 설정된다.
- [0118] 이에 해당 데미지 레벨의 S-N 곡선을 이용하면 응력에 상응하는 예상 수명이 구해질 수 있다.
- [0119] 본 발명에서 제어부(60)에 미리 입력 및 저장되어 사용되는 설정 값이나 설정 정보는 선행 시험 및 평가 등을 통해 얻어진 데이터들을 활용하여 설정되는 것들로서, 조건에 따라 적절한 값들이 튜닝 및 설정되어 사용된다.
- [0120] 한편, 본 발명의 상태 감시 장치는 판스프링(10)의 상태 정보, 즉 제어부(60)에서 구해진 예상 수명과 크랙 발생 여부 등의 정보를 표시하는 표시장치(도 6에서 도면부호 70임)를 포함할 수 있고, 이 표시장치(70)는 제어부(60)에 의해 구동이 제어되도록 구비된다.
- [0121] 이로써, 제어부(60)가 판스프링(10)의 구해진 예상 수명과 크랙 발생 여부 등의 상태 정보를 표시하도록 표시장치(70)의 구동을 제어하면, 운전자나 정비사가 표시장치(70)를 통해 제공되는 판스프링의 상태 정보를 확인할 수 있게 된다.
- [0122] 도 10은 표시장치에 표시되는 정보의 예를 나타낸 도면으로, 도시된 바와 같이 제어부(60)에서 구해진 예상 수명과 크랙 발생 여부가 차량 내 각 위치의 판스프링(FL,FR,RL,RR)별로 표시될 수 있다.
- [0123] 이와 같이 하여, 본 발명에서는 판스프링(스프링 판)의 크랙이 발생하기 전까지는 손상 총량을 계산한 후 S-N 곡선을 이용하여 판스프링의 예상 수명을 결정하고, 판스프링의 크랙이 발생한 후부터는 수명 예측식을 이용하여 예상 수명을 결정하며, 상기 결정된 예상 수명과 크랙 발생 여부 등 판스프링에 대한 상태 정보를 표시장치를 통해 표시하여 운전자나 정비사에게 알려준다.
- [0125] 이상으로 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만, 본 발명의 권리범위가 이에 한정되는 것은 아니며, 다음의 특허청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당 업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 포함된다.

부호의 설명

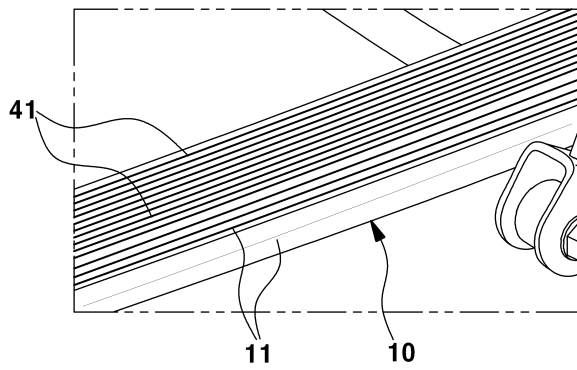
- [0127] 1 : 차체 프레임 10 : 판스프링
11 : 스프링 판 20 : 액슬
31 : 유볼트 32 : 너트
33 : 와셔 33a: 절연층
34 : 지지체 41 : 압전 하베스트층
42 : 전기도선 43 : 전기도선
44 : 전기도선 45 : 전기도선
46 : AND 논리 게이트 소자 47 : OR 논리 게이트 소자
51 : 전압측정부 52 : 배터리
60 : 제어부 70 : 표시장치

도면

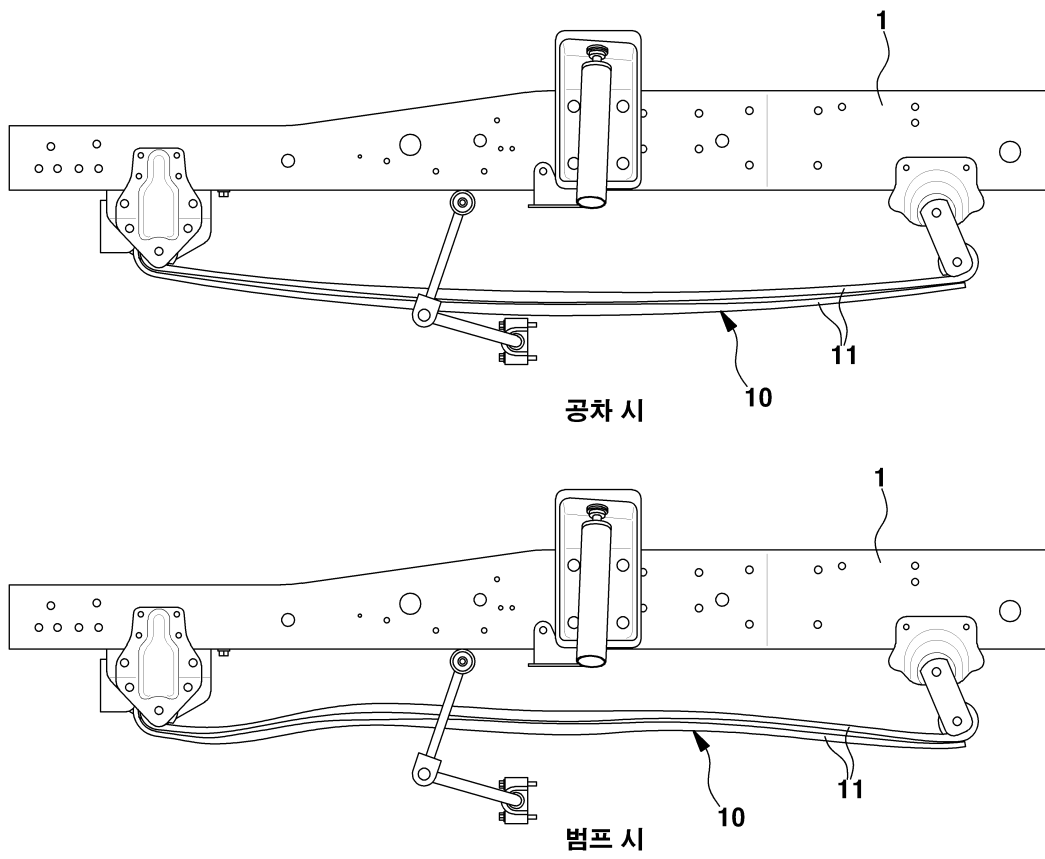
도면1



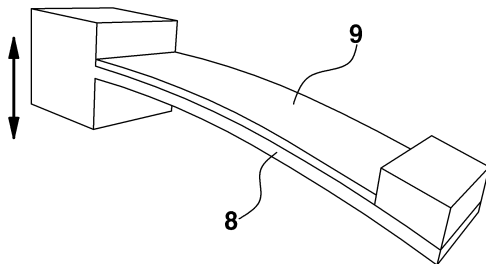
도면2



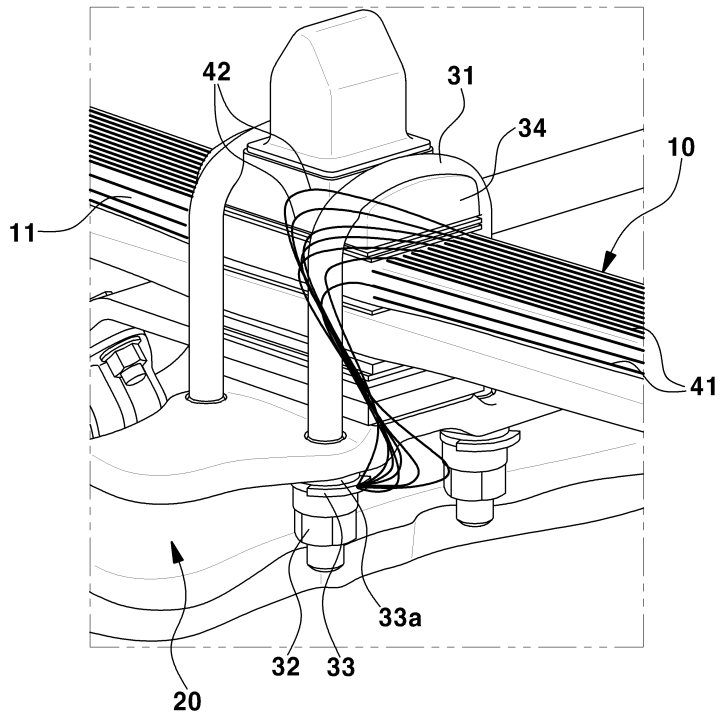
도면3



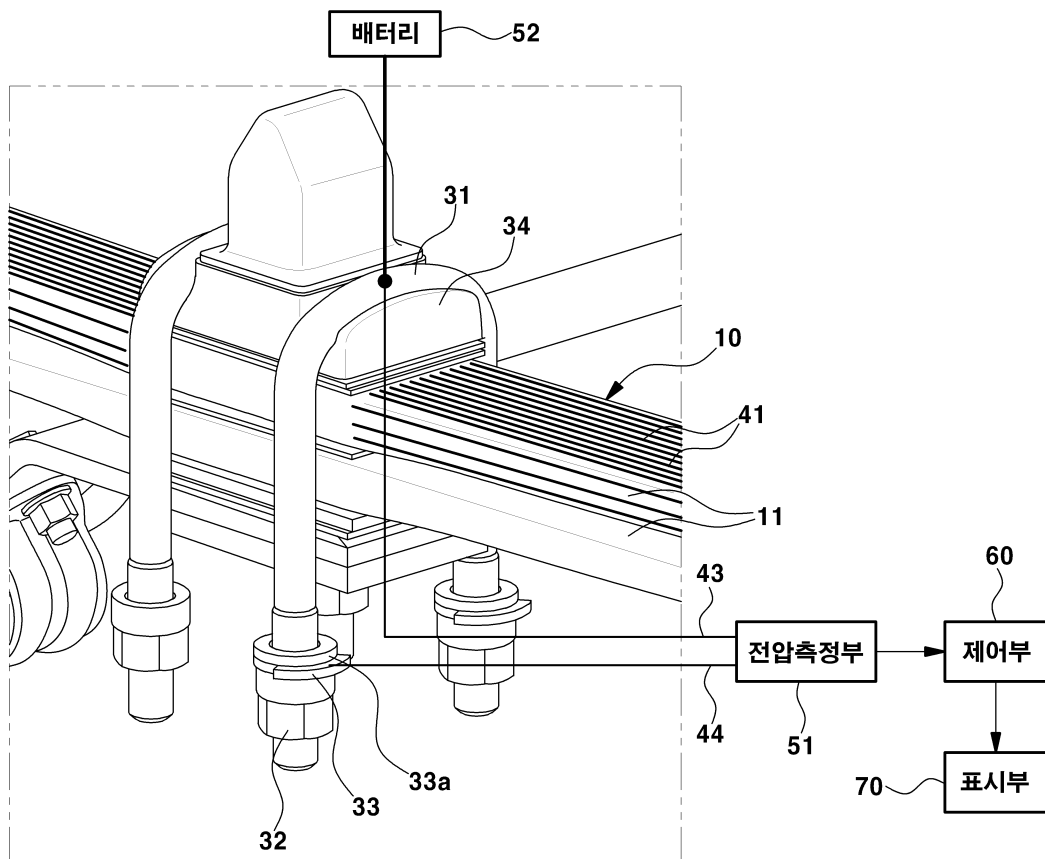
도면4



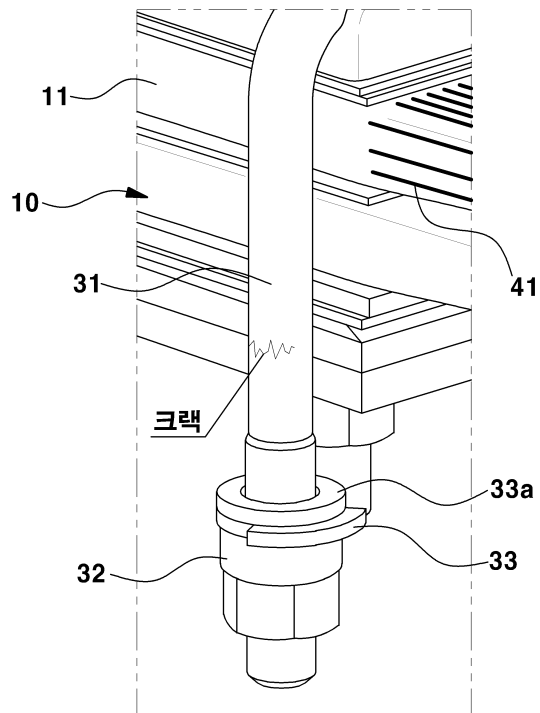
도면5



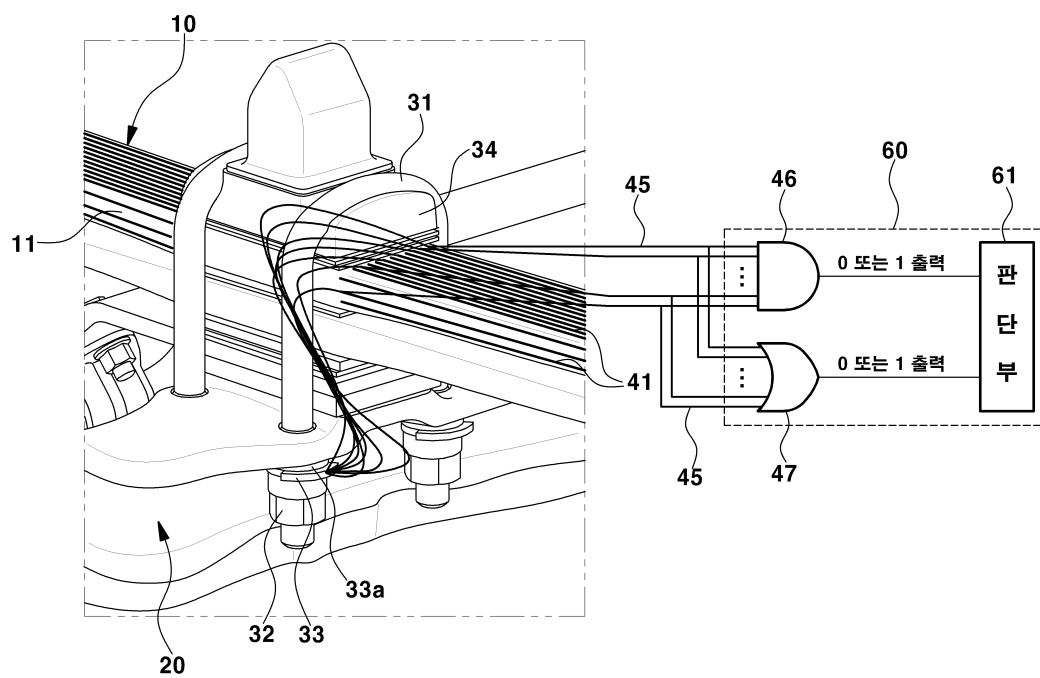
도면6



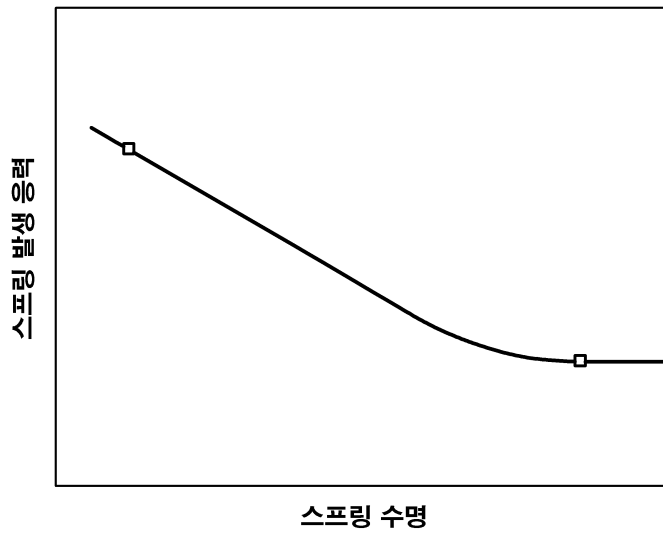
도면7



도면8



도면9



도면10

