(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년06월14일
(11) 등록번호 10-2265354
(24) 등록일자 2021년06월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/90 (2021.01)
(52) CPC특허분류
G01N 27/9006 (2021.01)
G01N 27/9046 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0178158
(22) 출원일자 2019년12월30일
심사청구일자 2019년12월30일
(56) 선행기술조사문헌
JP2002228700 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)
(72) 발명자
이진이
광주광역시 광산구 북문대로 575-19 윤슬의아침 203동 110호
(74) 대리인
특허법인지원

전체 청구항 수 : 총 3 항 심사관 : 인치현

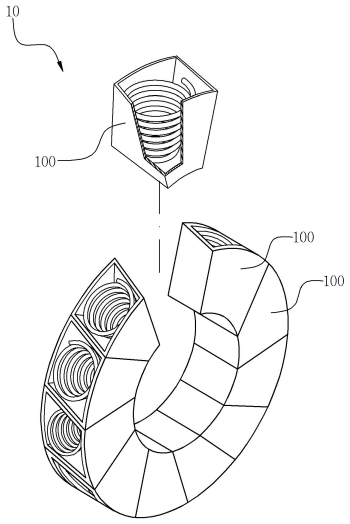
(54) 발명의 명칭 **자기렌즈를 구비한 환형 배열 와전류프로브 비파괴검사 장치**

(57) 요 약

본 발명은 사다리꼴 형태의 단면을 가지는 강자성체 재질의 케이스에 코일을 매립하여 배열함으로서 자속을 집속하고, 이를 지나는 결함에 의한 임피던스와 위상차를 측정함으로서 축방향 및 원주방향의 결함을 검출하고, 정량평가할 수 있는 자기렌즈를 구비한 환형 배열 와전류프로브 비파괴검사 장치에 관한 것이다.

본 발명에 따른 자기렌즈를 구비한 환형 배열 와전류프로브 비파괴검사 장치는 상호 결합되어 도넛 형상의 장치 본체를 형성할 수 있는 단위프로브모듈을 포함하며, 상기 단위프로브모듈은 상면에서 하방으로 연장될수록 폭이 점점 작아지도록 테이퍼져 있고, 소정의 내부공간을 갖는 케이스와, 상기 케이스의 내부에 설치되며, 교류전류가 인가되어 교류자기장을 형성함으로써 검사대상체에 유도전류를 형성하는 매립형코일을 구비한다.

대 표 도 - 도1



(56) 선행기술조사문헌
KR1020180125709 A*
KR1020180112007 A
JP2018163022 A
JP2013061329 A
KR101450842 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 20171520101610
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국에너지기술평가원
연구사업명 에너지기술개발사업
연구과제명 원전 전열관의 손상 평가를 위한 제4세대 와전류검사법의 성능 고도화 및 신뢰성 확보
기 여 율 1/1
과제수행기관명 조선대학교 산학협력단
연구기간 2019.01.01 ~ 2019.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

상호 결합되어 도넛 형상의 장치본체를 형성할 수 있는 단위프로브모듈을 포함하며,

상기 단위프로브모듈은 상면에서 하방으로 연장될수록 폭이 점점 작아지도록 테이퍼져 있고, 소정의 내부공간을 갖는 케이스와,

상기 케이스의 내부에 설치되며, 교류전류가 인가되어 교류자기장을 형성함으로써 검사대상체에 유도전류를 형성하는 매립형코일을 구비하고,

상기 케이스는 인접하는 다른 단위프로브모듈에 대한 자기차폐가 가능하도록 강자성체로 형성되고,

인접하는 단위프로브모듈의 케이스와 접촉하는 접촉면에는 금속코팅이 형성된 것을 특징으로 하는

자기렌즈를 구비한 환형 배열 와전류프로브 비파괴검사 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 케이스는 상면과 하면이 평행사변형 형태로 형성되는 것을 특징으로 하는

자기렌즈를 구비한 환형 배열 와전류프로브 비파괴검사 장치.

청구항 3

제 1항에 있어서.

상기 매립형코일은

상기 케이스에 매립되며, 상기 케이스의 상부에서 하부로 연장될수록 상기 케이스의 폭에 대응하도록 외경이 점점 작아지게 테이퍼진 형태인 것을 특징으로 하는

자기렌즈를 구비한 환형 배열 와전류프로브 비파괴검사 장치.

청구항 4

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 자기렌즈를 구비한 환형 배열 와전류프로브 비파괴검사 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 사다리꼴 형태의 단면을 가지는 강자성체 재질의 케이스에 코일을 매립하여 배열함으로서 자속을 집속하고, 이를 지나는 결함에 의한 임피던스와 위상차를 측정함으로서 축방향 및 원주방향의 결함을 검출하고, 정량 평가할 수 있는 자기렌즈를 구비한 환형 배열 와전류프로브 비파괴검사 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 와전류 비파괴검사는 전자기적 현상을 이용하여 피측정체에 내재된 결함을 검출하는 방법이다. 피측정체에 인접한 코일에 교류전류를 인가하면, 피측정체에 유도전류가 발생한다. 유도전류의 경로에 결함이 존재하면, 유도전

류의 흐름이 왜곡되고 이에 따라 결함 주변에서 시변 자속밀도의 분포가 변화한다. 이를 코일에 의하여 측정하면 결함의 유무, 위치 및 크기를 검사할 수 있다. 이러한 와전류 비파괴검사는 산업 전반에 걸쳐 금속 재질의 기기 구조물의 건전성 확인에 활용되고 있다.

[0003] 한 예로, 열교환기는 유체의 열을 전열관 튜브의 전열면을 통해 열전달을 일으켜 가열, 냉각, 응축 등의 기능을 수행한다. 고온, 고압, 진동, 수화학 환경 하에서 장시간 활용한 열교환기 전열관 튜브는 부식, 점식, 침식, 공식, 마모, 감육, 피로균열, SCC, IASCC 등의 손상을 입을 수 있다. 이러한 손상에 기인하여 열교환기 본연의 기능을 수행하지 못할 경우, 발전소 정상운전에 지장을 초래할 수 있다. 따라서, 열교환기 전열관의 건전성 확인을 위한 비파괴검사가 발전소 계획예방정비기간 동안 주기적으로 수행되고 있다.

[0004] 열교환기 전열관의 건전성 확인을 위한 보빈형 와전류 비파괴검사는 발전소 계획예방정비기간 동안 주기적으로 수행하고 있다. 그중에서도 소구경 전열관 내벽을 따라 능동형 코일센서를 환형으로 배열하여 축방향으로 스캔하여 보다 빠른 속도로 결함 유무 판별 및 정량 평가에 활용할 수 있는 환형배열 탐촉자가 개발된 바 있다. 하지만, 능동형 코일센서의 경우, 환형으로 배열된 모든 센서를 동시에 구동할 때 상호 간섭이 발생하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 센서 간의 간격을 넓히거나, 센서와 센서의 간격이 간섭을 회피할 수 있을 정도의 거리를 유지한 채로 교차로 구동해야 한다. 또한, 코일의 중심부와 가장자리에서 와전류의 차이가 발생하여 360도 커버리지 퍼포먼스가 저하된다. 그리고, 균열성 결함의 방향에 따라 결함 검출 성능이 서로 다르게 된다.

[0005] 이러한 균열성 결함의 방향에 따라 결함 검출 성능이 서로 다른 현상은 열교환기 전열관과 같은 소구경 튜브의 비파괴검사에서만 발생하는 것이 아니다. 즉, 시험편의 형상이 평면형이거나 곡면형일 때에도 센서의 배열방향과 수직인 방향의 균열성 결함은 검사하기 곤란하다는 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국 공개특허 제10-2019-0010293호 (2019.01.30)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 코일센서를 감싸는 사다리꼴 단면을 가지는 강자성체 케이스에 자속이 집속하게 하고, 결함이 케이스의 일부분을 지날 때 매립된 코일의 임피던스 및 위상차가 변화하는 것을 측정하여 고속으로 결함을 검출하고, 정량 평가할 수 있는 자기렌즈를 구비한 환형 배열 와전류프로브 비파괴검사 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명에 따른 자기렌즈를 구비한 환형 배열 와전류프로브 비파괴검사 장치는 상호 결합되어 도넛 형상의 장치 본체를 형성할 수 있는 단위프로브모듈을 포함하며, 상기 단위프로브모듈은 상면에서 하방으로 연장될수록 폭이 점점 작아지도록 테이퍼져 있고, 소정의 내부공간을 갖는 케이스와, 상기 케이스의 내부에 설치되며, 교류전류가 인가되어 교류자기장을 형성함으로써 검사대상체에 유도전류를 형성하는 매립형코일을 구비한다.

[0009] 상기 케이스는 상면과 하면이 평행사변형 형태로 형성되고, 상기 매립형코일은 상기 케이스에 매립되며, 상기 케이스의 상부에서 하부로 연장될수록 상기 케이스의 폭에 대응하도록 외경이 점점 작아지게 테이퍼진 형태인 것이 바람직하다.

[0010] 상기 케이스는 인접하는 다른 단위프로브모듈에 대한 자기차폐가 가능하도록 강자성체로 형성되고, 인접하는 단위프로브모듈의 케이스와 접촉하는 접촉면에는 금속코팅이 형성될 수 있다.

발명의 효과

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기렌즈를 구비한 환형 배열 와전류프로브 비파괴검사 장치에 따르면, 360도 커버리지 성능 개선으로 결함 검출 성능 향상과, 자기차폐에 의한 동시 구동으로 속도 향상과, 자속집속에 의한 에

너지집중 효율 및 배열된 상태에서도 축방향으로 센서폭이 좁기 때문에 곡관부를 검사할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 발명에 따른 자기렌즈를 구비한 환형 배열 와전류프로브 비파괴검사 장치의 일 실시예의 사시도,

도 2는 도 1의 자기렌즈를 구비한 환형 배열 와전류프로브 비파괴검사 장치에서 단위프로브모듈을 발췌 도시한 사시도,

도 3은 자기센서를 동시에 구동할 수 있는 구동회로의 일 실시예의 회로도,

도 4는 단위프로브모듈을 단독 또는 병렬 구동으로 동시에 측정할 수 있는 구동회로의 회로도,

도 5는 단위프로브모듈을 병렬 구동할 수 있고, 신호 입력을 단독 또는 병렬로 수행할 수 있는 구동회로의 회로도,

도 6은 코일을 선택하여 단일 또는 여러개를 동시에 구동하면서 특정센서를 선택하여 단일 또는 동시에 측정할 수 구동회로의 회로도,

도 7은 센서를 선택하여 단일 또는 여러 개를 동시에 구동하면서, 특정 센서의 출력을 참조코일과 비교한 데이터를 출력하기 위한 구동회로의 회로도,

도 8은 센서를 선택하여 단일 또는 여러 개를 동시에 구동하여, 특정 센서 들끼리의 차동 신호를 취득하기 위한 구동회로의 회로도,

도 9는 특정 코일을 선택하여 교류전류를 입력하고, 또 다른 센서로부터의 출력 신호를 취득할 수 있는 구동회로의 회로도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 자기렌즈를 구비한 환형 배열 와전류프로브 비파괴검사 장치에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 대하여, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다.

[0014] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

[0015] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0016] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미가 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미가 있다는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0018] 도 1 내지 도2에는 본 발명에 따른 자기렌즈를 구비한 환형 배열 와전류프로브 비파괴검사 장치(10)의 일 실시예가 도시되어 있다.

[0019] 도면을 참조하면, 자기렌즈를 구비한 환형 배열 와전류프로브 비파괴검사 장치(10)는 상호 조립되어 도넛 형상을 이루게 되는 단위프로브모듈(100)을 구비한다.

[0020] 상기 단위프로브모듈(100)은 케이스(110)와 매립형코일(120)을 구비한다.

[0021] 상기 케이스(110)는 상기 매립형코일(120)이 내주에 장착될 수 있도록 소정의 내부공간을 갖는 강자성체의 부재이며, 상부에서 하부로 연장될수록 점점 폭이 좁아지도록 테이퍼지게 형성되어 있다.

[0022] 상기 케이스(110)는 인접하는 다른 단위프로브모듈(100)과 결합될 때, 하면이 도넛 형태의 검사장치의 내주면을 이루고, 상면이 검사장치의 외주면을 이룰 수 있도록 형성된다.

[0023] 상기 케이스(110)의 상면과 하면은 평행사변형 형태로 형성되어 있다. 따라서 전열관 또는 시험편에 형성된 결함의 방향이 축방향이나 원주방향인 경우 모두 결함은 케이스(110)를 반드시 경유하게 되므로 상기 결함에 의한 임피던스 및 위상차가 발생하게 된다.

[0024] 또한 상기 케이스(110)는 매립되는 매립형코일(120)의 자기차폐가 가능하도록 강자성재질의 소재로 형성되는데, 특히 자기차폐 성능을 높일 수 있도록 인접하는 다른 단위프로브모듈(100)의 케이스(110)와 접촉하게 되는 측면부에는 별도의 금속코팅을 실시하는 것이 바람직하다.

[0025] 상기 매립형코일(120)은 상기 케이스(110)에 매립되며, 테이퍼 형태로 감아서 상기 케이스(110)의 측면과 평행한 형태가 되도록 형성된다. 즉, 도넛 형태가 되는 검사장치의 중심위치에서 반지름방향을 따라 연장되는 중심축을 기준으로 코일이 감기게 되는데, 코일의 외경은 상단에서 하방으로 연장될수록 케이스(110)의 폭에 대응하여 점점 작아지게 된다.

[0026] 상기 매립형코일(120)의 외주면의 경사는 상기 케이스(110)의 측면 경사에 대응하도록 형성되는 것이 바람직하다.

[0027] 이렇게 케이스(110)의 내부에 매립형코일(120)이 매립된 상태에서 매립형코일(120)에 교류전류를 인가하면 상기 케이스(110)에 자속이 집속되고, 상기 케이스(110)의 표면과 인접한 전열관 또는 시험편에는 유도전류가 집속되어 인가된다. 그리고 해당 유도전류가 결함에 의해 왜곡되면 상기 매립형코일(120)의 임피던스와 위상차가 변화하고, 이를 측정하면 결함 유무 및 크기, 위치를 평가할 수 있다.

[0028] 도 3은 배열된 자기센서를 동시에 구동할 수 있는 구동회로의 일 실시예이다. 상기 본 발명의 단위프루브모듈은 자기차폐가 가능하기 때문에 코일과 센서를 병렬형으로 동시에 구동할 수 있다.

[0029] 도면에 표시된 도면부호 200은 교류전원을 인가하기 위한 교류전원인가부이고, 300은 코일, 400은 센서이다.

[0030] 도 4는 단위프로브모듈(100)을 단독 또는 병렬 구동으로 동시에 측정할 수 있는 구동회로의 다른 실시예이다.

[0031] 본 실시예의 구동회로에서는 단위프로브모듈을 단독 또는 병렬구동할 수 있으며, 병렬 신호 입력이 가능하다.

[0032] 도 5에 도시된 구동회로의 또 다른 실시예에서는 단위프로브모듈을 병렬 구동할 수 있고, 신호 입력을 단독 또는 병렬로 수행할 수 있다. 즉, 코일을 동시에 구동하면서, 센서를 선택하여 단일 또는 동시에 측정할 수 있다.

[0033] 구동회로는 도 6에 도시된 것처럼 형성될 수도 있다. 도 6에 도시된 구동회로의 경우 코일을 선택하여 단일 또는 여러개를 동시에 구동하면서 특정센서를 선택하여 단일 또는 동시에 측정할 수 있다.

[0034] 도 7은 센서를 선택하여 단일 또는 여러 개를 동시에 구동하면서, 특정 센서의 출력을 참조코일과 비교한 데이터를 출력하기 위한 구동회로이다.

[0035] 도 8은 센서를 선택하여 단일 또는 여러 개를 동시에 구동하여, 특정 센서 들끼리의 차동 신호를 취득하기 위한 구동회로이다.

[0036] 도 9는 특정 코일을 선택하여 교류전류를 입력하고, 또 다른 센서로부터의 출력 신호를 취득할 수 있다. 즉, 여자코일과 픽업코일을 분리할 수 있는 구동회로이다.

[0037] 이상에서 설명한 본 발명의 자기렌즈를 구비한 환형 배열 와전류프로브 비파괴검사 장치(10)는 자기차폐가 가능한 케이스(110)에 매립 설치되는 매립형코일(120)을 포함하는 단위프로브모듈을 도넛형태가 되도록 결합하여 다수의 프로브에서 결함 측정이 가능하므로 결함의 판정 가능성 및 정확도를 높일 수 있으며, 다양한 회로구성을 통해서 단위프로브모듈(100)을 다양한 형태로 구동할 수 있다.

[0038] 제시된 실시예들에 대한 설명은 임의의 본 발명의 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 이용하거나 또는 실시할 수 있도록 제공된다. 이러한 실시예들에 대한 다양한 변형들은 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이며, 여기에 정의된 일반적인 원리들은 본 발명의 범위를 벗어남이 없이 다른 실시

예들에 적용될 수 있다. 그리하여, 본 발명은 여기에 제시된 실시예들로 한정되는 것이 아니라, 여기에 제시된 원리들 및 신규한 특징들과 일관되는 최광의의 범위에서 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0039] 10: 자기렌즈를 구비한 환형 배열 와전류프로브 비파괴검사 장치

100: 단위프로브모듈

110: 케이스

120: 매립형코일

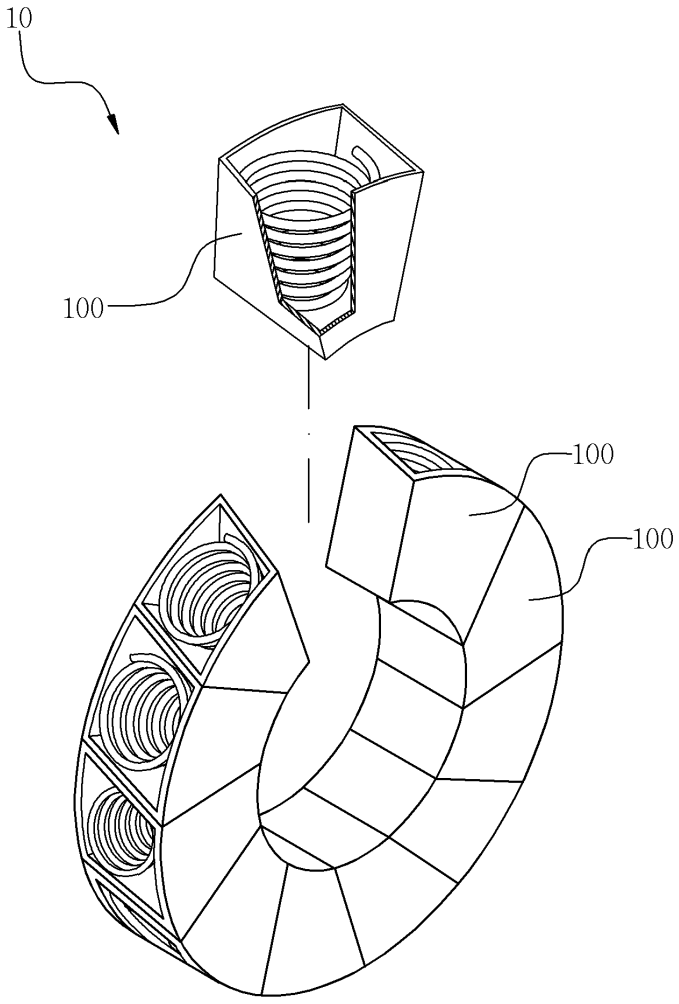
200: 교류전원인가부

300: 코일

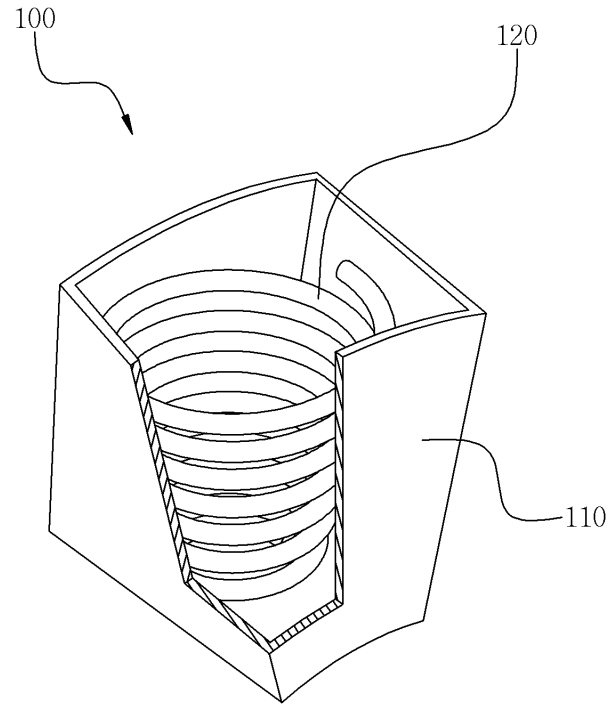
400: 센서

도면

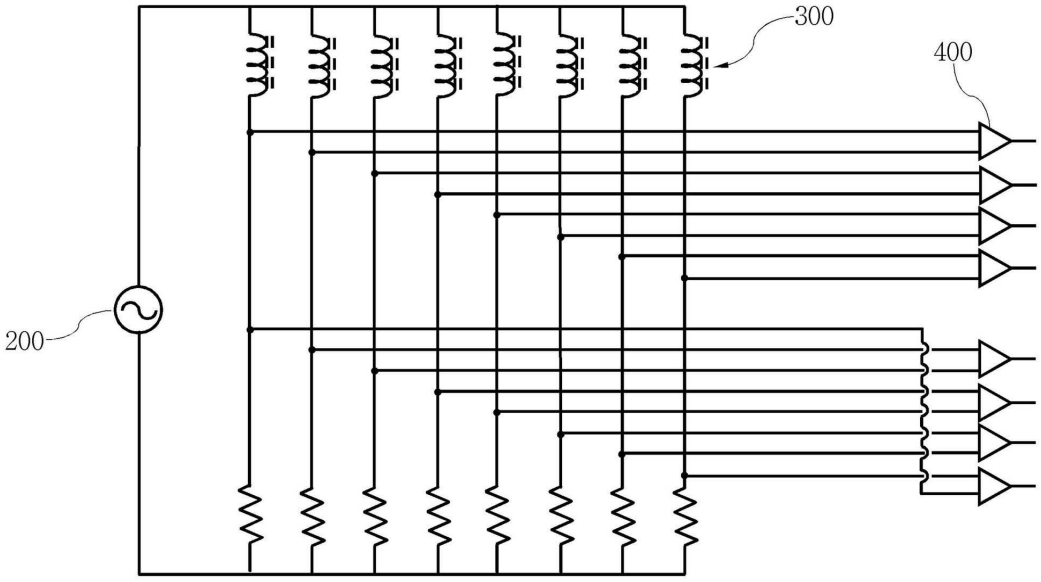
도면1



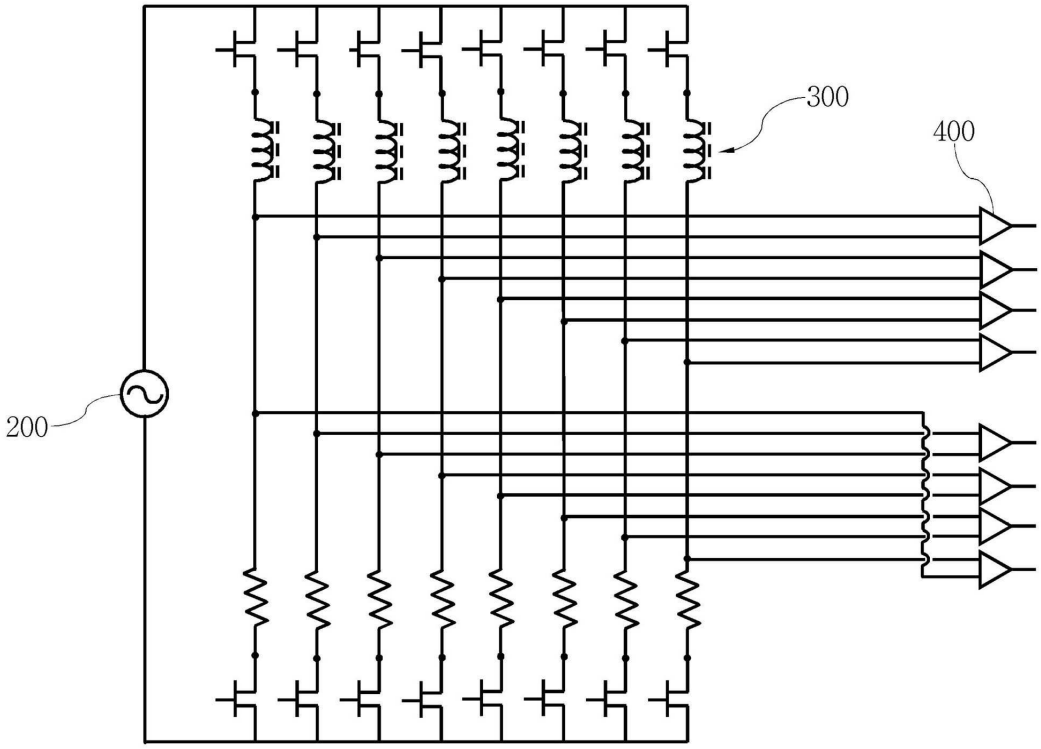
도면2



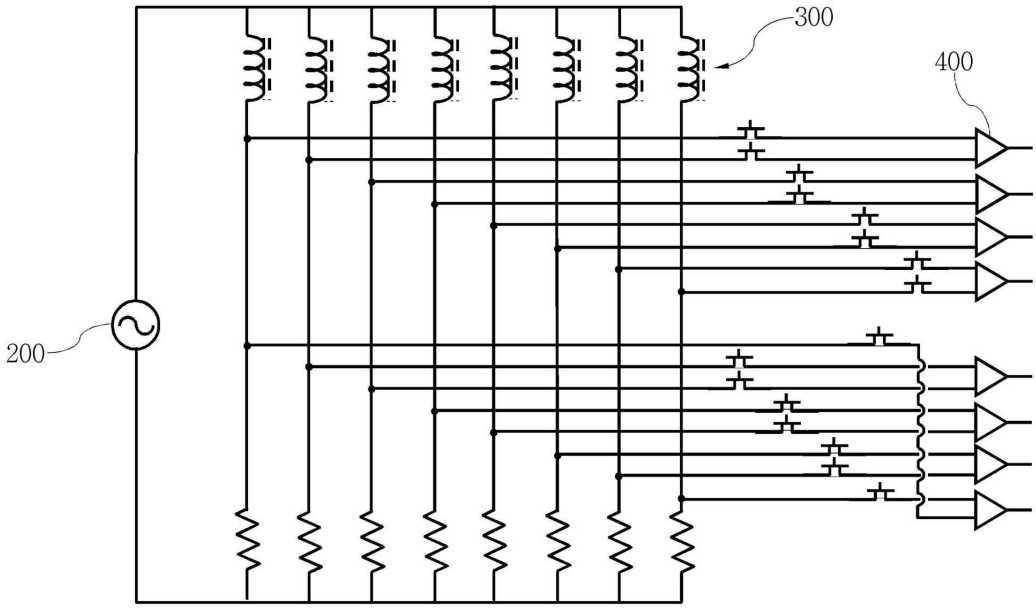
도면3



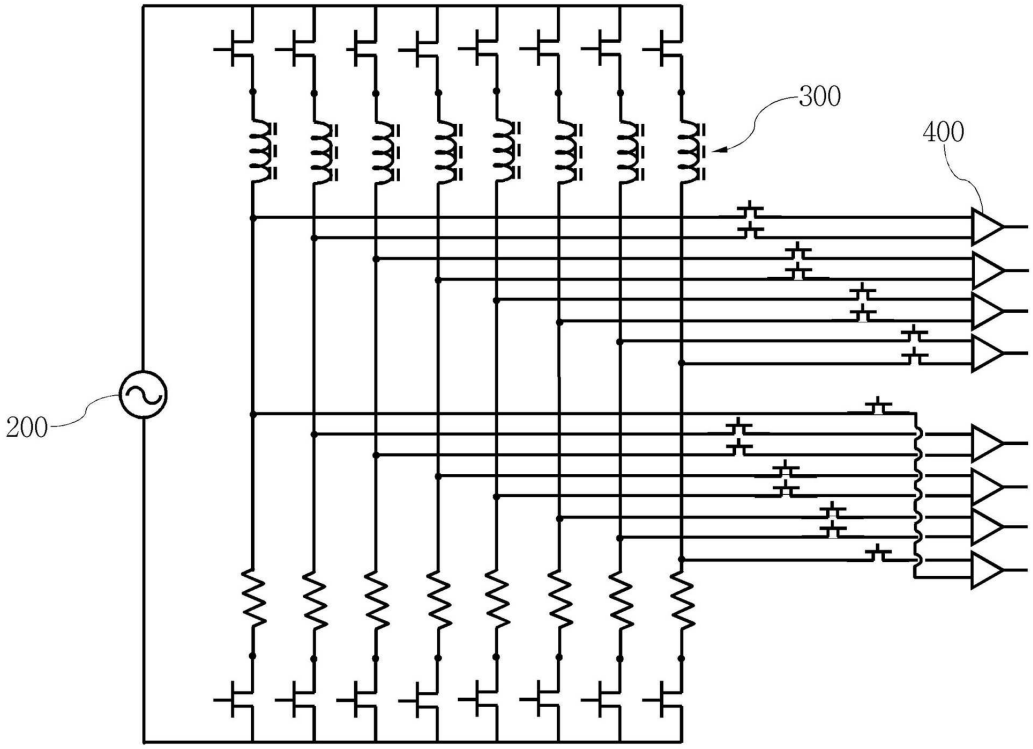
도면4



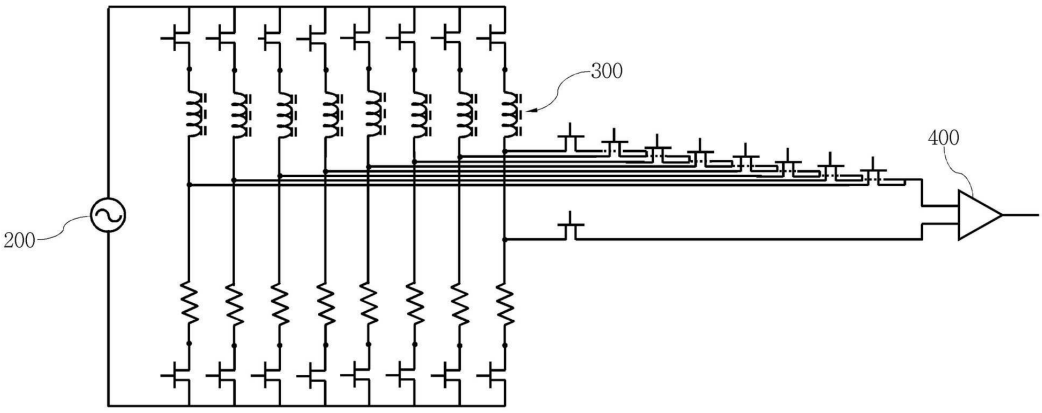
도면5



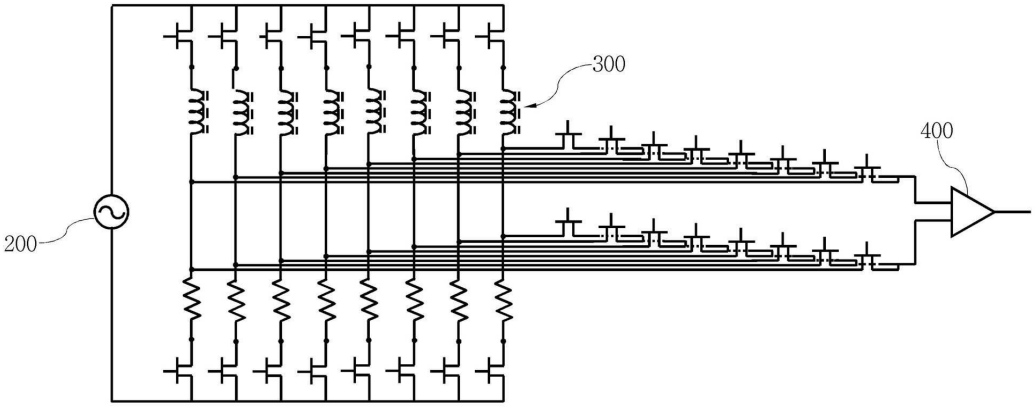
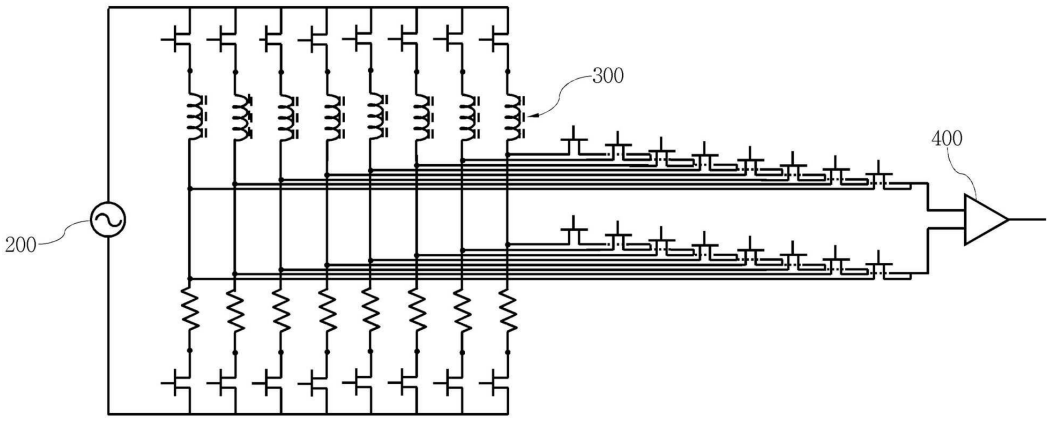
도면6



도면7



도면8



도면9