(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년01월20일
(11) 등록번호 10-0937806
(24) 등록일자 2010년01월12일

(51) Int. Cl.
G01R 31/26 (2006.01) *G01R 31/12* (2006.01)
H02M 7/48 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0015762
(22) 출원일자 2008년02월21일
심사청구일자 2008년02월21일
(65) 공개번호 10-2008-0094550
(43) 공개일자 2008년10월23일
(30) 우선권주장
JP-P-2007-00111192 2007년04월20일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2007028741 A

전체 청구항 수 : 총 20 항

(73) 특허권자
가부시키가이샤 히다치 산키시스템
일본국 도쿄도 지요다구 간다네리베이쵸 3반치
(72) 발명자
이보리 사또시
일본 도꾜도 지요다꾸 마루노우찌 1쪼메 6-1 가부시키가이샤히타치세이사쿠쇼 지적재산권 본부 내
가메자와 도모야
일본 도꾜도 지요다꾸 마루노우찌 1쪼메 6-1 가부시키가이샤히타치세이사쿠쇼 지적재산권 본부 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
박충범, 이중희, 장수길

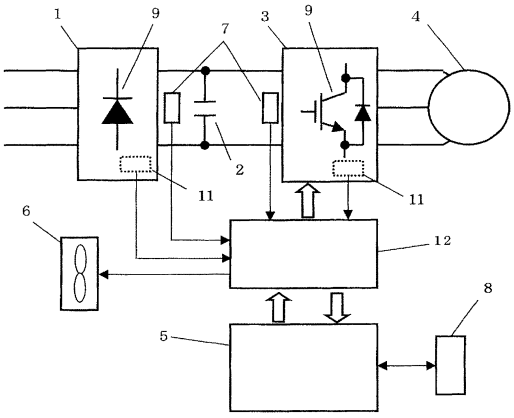
심사관 : 송대종

(54) 전력 변환 장치 및 파워 사이클 수명 예측 방법

(57) 요 약

전력 변환 장치를 이용하여 시동·정지를 빈번하게 반복하는 용도로 이용되는 경우에서, 설비측으로부터의 사용 편의성의 향상을 도모한 전력 변환 장치 및 파워 사이클 수명 예측 방법을 제공한다. 가변 전압 가변 주파수의 교류 전력을 공급하는 전력 변환 회로(1~3)와, 전력 변환 회로 내의 파워 반도체(9)의 온도를 검출하는 검출 회로(11)와, 검출 회로(11)에서의 검출값으로 파워 반도체(9)의 파워 사이클 수명을 진단하는 연산 장치를 구비한 것이며, 연산 장치는, 검출 회로(11)에서 검출되는 최대 온도 상승값에 기초하여 파워 반도체(9)의 파워 사이클 수명을 연산한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

모 고메이

일본 도꾜도 지요다꾸 마루노우찌 1쪼메 6-1 가부시키가이샤히타치세이사쿠쇼 지적재산권 본부 내

히로따 마사유끼

일본 도꾜도 지요다꾸 마루노우찌 1쪼메 6-1 가부시키가이샤히타치세이사쿠쇼 지적재산권 본부 내

히라가 마사히로

일본 도꾜도 지요다꾸 마루노우찌 1쪼메 6-1 가부시키가이샤히타치세이사쿠쇼 지적재산권 본부 내

특허청구의 범위

청구항 1

가변 전압 가변 주파수의 교류 전력을 공급하는 전력 변환 회로와,

상기 전력 변환 회로 내의 파워 반도체의 온도를 검출하는 검출 회로와,

상기 파워 반도체가 갖는 파워 사이클 수명 곡선과, 상기 검출 회로에서의 온도 검출값에 기초하여, 상기 파워 사이클 수명 곡선으로부터, 상기 파워 반도체의 파워 사이클 수명 연수를 연산하는 연산 장치

를 포함하는 전력 변환 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 연산 장치는, 상기 전력 변환 장치의 시동 및 정지의 운전 패턴에서의 최대 온도 상승값에 기초하여 상기 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 연산하는 전력 변환 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 검출 회로가 상기 파워 반도체의 내부에 설치되고, 파워 반도체 모듈 내부에 설치된 온도 검출 소자로부터의 온도 검출 신호를 이용하여 상기 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 연산하는 전력 변환 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 파워 반도체를 탑재한 냉각 핀을 포함하고, 이 냉각 핀에 설치된 온도 검출 소자로부터의 온도 검출 신호를 이용하여 상기 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 연산하는 전력 변환 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 검출 회로가 상기 파워 반도체의 내부에 설치되고, 파워 반도체 모듈 내부에 설치된 온도 검출 소자로부터의 온도 검출 신호를 이용하여 상기 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 연산하고, 상기 온도 검출 회로 내의 온도 검출 소자가 온도에 비례한 저항값을 나타내는 서미스터로 구성되어 있는 전력 변환 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 파워 반도체를 탑재한 냉각 핀을 포함하고, 이 냉각 핀에 설치된 온도 검출 소자로부터의 온도 검출 신호를 이용하여 상기 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 연산하고, 상기 온도 검출 회로 내의 온도 검출 소자가 온도에 비례한 저항값을 나타내는 서미스터로 구성되어 있는 전력 변환 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 검출 회로에 의해 검출된 온도에 의해, 파워 사이클 수명 연수를 표시하는 표시부를 포함한 전력 변환 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 연산 장치는, 상기 전력 변환 장치의 시동 및 정지의 운전 패턴에서의 최대 온도 상승값에 기초하여 상기 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 연산하고, 상기 검출 회로에 의해 검출된 온도에 의해, 파워 사이클 수명 연

수를 표시하는 표시부를 포함한 전력 변환 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 검출 회로가 상기 파워 반도체의 내부에 설치되고, 파워 반도체 모듈 내부에 설치된 온도 검출 소자로부터의 온도 검출 신호를 이용하여 상기 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 연산하고, 상기 검출 회로에 의해 검출된 온도에 의해, 파워 사이클 수명 연수를 표시하는 표시부를 포함한 전력 변환 장치.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 파워 반도체를 탑재한 냉각 핀을 포함하고, 이 냉각 핀에 설치된 온도 검출 소자로부터의 온도 검출 신호를 이용하여 상기 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 연산하고, 상기 검출 회로에 의해 검출된 온도에 의해, 파워 사이클 수명 연수를 표시하는 표시부를 포함한 전력 변환 장치.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 검출 회로가 상기 파워 반도체의 내부에 설치되고, 파워 반도체 모듈 내부에 설치된 온도 검출 소자로부터의 온도 검출 신호를 이용하여 상기 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 연산하고, 상기 온도 검출 회로 내의 온도 검출 소자가 온도에 비례한 저항값을 나타내는 서미스터로 구성되며, 상기 검출 회로에 의해 검출된 온도에 의해, 파워 사이클 수명 연수를 표시하는 표시부를 포함한 전력 변환 장치.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 파워 반도체를 탑재한 냉각 핀을 포함하고, 이 냉각 핀에 설치된 온도 검출 소자로부터의 온도 검출 신호를 이용하여 상기 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 연산하고, 상기 온도 검출 회로 내의 온도 검출 소자가 온도에 비례한 저항값을 나타내는 서미스터로 구성되며, 상기 검출 회로에 의해 검출된 온도에 의해, 파워 사이클 수명 연수를 표시하는 표시부를 포함한 전력 변환 장치.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 검출 회로에 의해 검출된 온도에 의해, 파워 사이클 수명 연수 및 상기 파워 사이클 수명 연수 연산 시의 온도차를 표시하는 표시부를 포함한 전력 변환 장치.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 검출 회로에 의해 검출된 온도에 의해, 파워 사이클 수명 연수 및 상기 전력 변환 장치의 운전 조건을 설정하는 조작 패널을 포함하고, 상기 표시부는 이 조작 패널에 설치되어 있는 전력 변환 장치.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 검출 회로에 의해 검출된 온도에 의해, 파워 사이클 수명 연수 및 상기 파워 사이클 수명 연수 연산 시의 온도차를 표시하는 표시부와 상기 전력 변환 장치의 운전 조건을 설정하는 조작 패널을 포함하고, 상기 표시부는 이 조작 패널에 설치되어 있는 전력 변환 장치.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 검출 회로에 의해 검출된 온도에 의해, 파워 사이클 수명 연수 및 상기 전력 변환 장치의 운전 조건을 설정하는 조작 패널을 포함하고, 상기 표시부는 이 조작 패널에 설치되어 있으며, 상기 조작 패널로부터 상기 전력 변환 장치의 운전 조건으로서 시운전 모드를 선택 가능한 전력 변환 장치.

청구항 17

제1항에 있어서,

상기 검출 회로에 의해 검출된 온도에 의해, 파워 사이클 수명 연수 및 상기 파워 사이클 수명 연수 연산 시의 온도차를 표시하는 표시부와 상기 전력 변환 장치의 운전 조건을 설정하는 조작 패널을 포함하고, 상기 표시부는 이 조작 패널에 설치되어 있으며, 상기 조작 패널로부터 상기 전력 변환 장치의 운전 조건으로서 시운전 모드를 선택 가능한 전력 변환 장치.

청구항 18

제1항에 있어서,

상기 검출 회로에 의해 검출된 온도에 의해, 파워 사이클 수명 연수 및 상기 전력 변환 장치의 운전 조건을 설정하는 조작 패널을 포함하고, 상기 표시부는 이 조작 패널에 설치되어 있으며, 상기 조작 패널로부터 상기 전력 변환 장치의 운전 조건으로서 시운전 모드를 선택 가능함과 함께, 상기 시운전 모드를 선택하였을 때, 상기 전력 변환 장치의 운전 조건으로서, 단위 시간당의 반복되는 시동·정지의 반복 횟수와 하루의 가동 시간과 연간의 가동 일수를 상기 조작 패널로부터 설정 가능한 전력 변환 장치.

청구항 19

제1항에 있어서,

상기 검출 회로에 의해 검출된 온도에 의해, 파워 사이클 수명 연수 및 상기 파워 사이클 수명 연수 연산 시의 온도차를 표시하는 표시부와 상기 전력 변환 장치의 운전 조건을 설정하는 조작 패널을 포함하고, 상기 표시부는 이 조작 패널에 설치되어 있으며, 상기 조작 패널로부터 상기 전력 변환 장치의 운전 조건으로서 시운전 모드를 선택 가능함과 함께, 상기 시운전 모드를 선택하였을 때, 상기 전력 변환 장치의 운전 조건으로서, 단위 시간당의 반복되는 시동·정지의 반복 횟수와 하루의 가동 시간과 연간의 가동 일수를 상기 조작 패널로부터 설정 가능한 전력 변환 장치.

청구항 20

가변 전압 가변 주파수의 교류 전력을 공급하는 전력 변환 회로에 설치되는 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 진단하는 파워 사이클 수명 예측 방법으로서,

상기 파워 반도체의 온도를 검출하고,

상기 파워 반도체가 갖는 파워 사이클 수명 곡선과, 단위 시간당의 반복되는 시동·정지의 반복 횟수와, 하루의 가동 시간과, 연간의 가동 일수와, 상기 검출된 상기 파워 반도체의 온도의 최대 온도 상승값에 기초하여, 상기 파워 사이클 수명 곡선으로부터, 상기 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 연산하는 파워 사이클 수명 예측 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은, 전력 변환 장치 및 파워 사이클 수명 예측 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 전력 변환 장치인 인버터는, 산업계를 비롯하여 가전 제품에도 전동기의 속도 제어 장치로서 많이 채용되어 있다. 전력 변환 장치 내의 파워 반도체는 큰 손실이 발생하기 때문에, 이 손실에 의한 발열을 냉각하는 구조가 채용되어 있다. 즉, 냉각 핀과 냉각 팬을 구비하고, 발열체인 파워 반도체로부터의 열을 냉각 핀에 열전도시키

고, 냉각 팬에 의해 냉각 핀에 공기를 보내어 열교환시켜, 공냉 방식에 의해 방열시키고 있다.

<3> 엘리베이터 및 업무용 세탁기(코인 런드리) 등 시동·정지를 빈번하게 반복하는 용도에서는, 큰 손실을 발생하는 파워 반도체 내부의 칩의 정션 온도 Tj는, 고온 상태(장치 운전 시에는 실리콘 칩의 정션 온도가 상승)→중온 상태(장치 정지 시에는 실리콘 칩의 정션 온도가 저하)→고온 상태(장치 운전 시에는 실리콘 칩의 정션 온도가 상승)로 되는 소위 파워 사이클이 반복시켜지게 되어, 잘 알려져진 파워 사이클 수명에 의해 상기 파워 반도체가 열피로 파괴된다고 하는 현상이 발생한다.

<4> 파워 반도체는, 열팽창 계수가 서로 다른 재료(실리콘 칩, 구리 열확산판, 플라스틱 케이스, 실리콘 겔 등)로 구성되어 있기 때문에, 열팽창, 열수축의 반복에 의한 열응력에 의해 알루미늄 본딩 와이어의 박리나 땜납 크랙이 발생하고, 최종적으로 파워 반도체가 파괴된다. 이 현상을 파워 사이클이라고 한다.

<5> 일본 특개평 3-261877호 공보에는, 전류 및 냉각 핀의 온도에 의해 파워 반도체의 정션 온도를 추정하고, 이 추정값과 파워 반도체의 운전 이력 연산 수단에 의해 파워 반도체의 피로의 정도를 추정하고, 그 피로 추정값이 소정의 값을 초과하였을 때 수명을 표시하는 것이 개시되어 있다.

<6> 일본 특개평 7-135731호 공보에는, 전류, 전압 및 냉각 핀의 온도에 의해 파워 반도체의 정션 온도를 추정하고, 이 추정값에 의해 파워 반도체의 피로의 정도를 추정하고, 그 피로 추정값이 소정의 값을 초과하였을 때 파워 반도체를 오프하는 것이 개시되어 있다.

<7> 일본 특개평 8-51768호 공보에는, 인버터 장치의 운전 시와 정지 시의 파워 소자의 정션 온도차를 입력 설정하고, 파워 사이클 수명 곡선으로부터 파워 반도체의 피로의 정도를 추정하고, 그 피로 추정값이 소정의 값을 초과하였을 때 파워 반도체를 오프하는 것이 개시되어 있다.

<8> 일본 특개 2006-254574호 공보에는, 출력 주파수 명령값과 출력 전류값에 의해 파워 반도체의 정션 온도차를 추정하고, 파워 사이클 수명 곡선으로부터 파워 반도체의 파워 사이클 수명의 잔존율을 표시하는 것이 개시되어 있다.

<9> 이와 같이 파워 반도체의 정션 온도를 추정함으로써, 파워 반도체의 피로의 정도를 추측하고, 파워 반도체 부품의 수명 추정이 도모되고 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<10> 엘리베이터 및 업무용 세탁기(코인 런드리) 등 시동·정지를 빈번하게 반복하는 용도에서는, 큰 손실을 발생하는 파워 반도체 내부의 칩의 정션 온도 Tj는, 고온 상태(장치 운전 시에는 실리콘 칩의 정션 온도가 상승)→중온 상태(장치 정지 시에는 실리콘 칩의 정션 온도가 저하)→고온 상태(장치 운전 시에는 실리콘 칩의 정션 온도가 상승)로 되는 소위 파워 사이클이 반복시켜지게 되어, 잘 알려진 파워 사이클 수명에 의해 상기 파워 반도체가 열피로 파괴된다고 하는 현상이 발생한다.

<11> 특히 엘리베이터 등의 용도에서는, 상기 파워 사이클 수명에 의해 상기 파워 반도체가 열피로 파괴되어 전력 변환 장치가 고장나면, 엘리베이터가 동작하지 않게 되는 경우가 있어, 용도에 따라서는 파워 반도체의 파워 사이클 수명의 시기를 진단할 수 있는 것이 요망된다.

<12> 상기 특허 문헌에는, 파워 반도체의 정션 온도를 추정함으로써, 파워 반도체의 피로의 정도를 추측하고, 부품의 수명 추정이 도모되는 것이 개시되어 있다.

<13> 그러나, 파워 반도체의 피로를 설비 가동 2년 후 혹은 3년 후에 경고하는 것이며, 유사 시인 파워 반도체의 피로 파괴의 직전에 아는 방식이다. 즉, 설비 도입의 시운전 시에 실운전 패턴 상황으로부터 파워 반도체의 피로 수명을 추정할 수는 없어, 설비측으로부터의 사용 편의성에 관하여 고려되어 있지 않았다.

<14> 본 발명은 상기 과제를 감안하여 이루어진 것으로, 설비측으로부터의 사용 편의성의 향상을 도모한 전력 변환 장치를 제공하는 것을 목적으로 하고 있다. 또한, 설비측으로부터의 사용 편의성의 향상을 도모한 파워 사이클 수명 예측 방법을 제공하는 것을 목적으로 하고 있다.

과제 해결수단

<15> 상기 목적을 달성하기 위해서, 본 발명의 전력 변환 장치의 구체적 양태는, 가변 전압 가변 주파수의 교류 전력

을 공급하는 전력 변환 회로와, 상기 전력 변환 회로 내의 파워 반도체의 온도를 검출하는 검출 회로와, 상기 검출 회로에서의 검출값으로 상기 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 진단하는 연산 장치를 구비한 것으로 하였다.

<16> 또한, 상기의 전력 변환 장치에서, 보다 바람직한 양태는 하기와 같다.

<17> (1) 상기 연산 장치는, 상기 전력 변환 장치의 시동 및 정지의 운전 패턴에서의 최대 온도 상승값에 기초하여 상기 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 연산하는 것.

<18> (2) 상기 검출 회로가 상기 파워 반도체의 내부에 설치되고, 파워 반도체 모듈 내부에 설치된 온도 검출 소자로부터의 온도 검출 신호를 이용하여 상기 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 연산하는 것.

<19> (3) 상기 파워 반도체를 탑재한 냉각 핀을 구비하고, 이 냉각 핀에 설치된 온도 검출 소자로부터의 온도 검출 신호를 이용하여 상기 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 연산하는 것.

<20> (4) 상기의 (2), (3)의 것에 있어서는, 상기 온도 검출 회로 내의 온도 검출 소자가 온도에 비례한 저항값을 나타내는 서미스터로 구성되어 있는 것.

<21> (5) 상기 검출 회로에 의해 검출된 온도에 의해, 파워 사이클 수명 연수를 표시하는 표시부를 구비한 것.

<22> (6) 표시부를 구비한 것에 있어서는, 이 표시부에 상기 파워 사이클 수명 연수 연산 시의 온도차를 표시하는 것.

<23> (7) 상기 (5), (6)과 같이 표시부를 구비한 것에 있어서는, 또한, 그 전력 변환 장치의 운전 조건을 설정하는 조작 패널을 구비하고, 상기 표시부가 이 조작 패널에 설치되어 있는 것.

<24> (8) 조작 패널을 구비한 것에 있어서는, 상기 조작 패널로부터 그 전력 변환 장치의 운전 조건으로서 시운전 모드를 선택할 수 있는 것.

<25> (9) 시운전 모드가 선택된 경우에, 그 전력 변환 장치의 운전 조건으로서, 「단위 시간당의 반복되는 시동·정지의 반복 횟수」와 「하루의 가동 시간」과 「연간의 가동 일수」를 상기 조작 패널로부터 설정할 수 있는 것.

<26> 또한, 상기 목적을 달성하기 위한, 파워 사이클 수명 예측 방법의 구체적 양태는, 가변 전압 가변 주파수의 교류 전력을 공급하는 전력 변환 회로에 설치되는 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 진단하는 파워 사이클 수명 예측 방법으로서, 상기 파워 반도체의 온도를 검출하고, 검출된 상기 파워 반도체의 온도의 최대 온도 상승값에 기초하여 상기 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 연산하는 것으로 하였다.

효 과

<27> 본 발명에 따르면, 설비측으로부터의 사용 편의성의 향상을 도모한 전력 변환 장치 및 파워 사이클 수명 예측 방법을 제공할 수 있다.

<28> 본원 발명의 상기 목적 및 그 외의 목적, 특징 및 장점은 첨부 도면과 결부하여 후술된 바람직한 실시예의 상세한 설명의 관점에서 더욱 명확해질 것이다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<29> 본 발명에 따른 다양한 실시예는, 다음에 도시되며 기술되고, 이것은 본 발명의 범위를 일탈하지 않고 다양하게 변형 및 수정하는 것이 가능하다. 따라서, 금회 개시된 실시예는 모든 점에서 예시이며 제한적인 것이 아니라고 생각되어야 하고, 본 발명의 변형 및 수정은 특허 청구 범위 내에서 이루어지는 것이 의도된다.

<30> 이하, 본 발명의 실시 형태를 도면을 이용하여 설명한다. 도 1은, 본 발명에 기초하는 실시예에 따른 전력 변환 장치의 주회로 구성도를 도시한다. 본 실시예의 전력 변환 회로는, 교류 전원의 교류 전압을 정류하여 직류 전압으로 변환하는 순변환기(1)와, 이 순변환기(1)의 직류 전압을 평활하는 평활용 컨덴서(2)와, 순변환기(1)의 직류 전압을 교류 전압으로 변환하는 역변환기(3)를 갖고, 가변 전압 가변 주파수의 교류 전력을 교류 전동기(4)에 출력한다.

<31> 본 실시예의 전력 변환 장치의 각종 제어 데이터는 디지털 조작 패널(8)에 의해 설정, 변경이 가능하게 되어 있고, 이 디지털 조작 패널(8)에는 표시부가 설치되어, 이상 표시를 행할 수 있는 구성으로 되어 있다.

<32> 순변환기(1) 및 역변환기(3) 내의 파워 반도체 모듈은, 후술하는 냉각 핀에 탑재되고, 냉각 팬(6)에 의해 공냉 방식으로 냉각된다. 이들의 구체적인 구성에 대해서는 후술한다. 온도 검출기(7)는 냉각 핀 상에 탑재되며, 순변환기(1) 및 역변환기(3) 내의 파워 반도체 모듈의 가열을 검출한다.

<33> 파워 반도체 모듈의 내부에는 온도 검출기(11)가 설치되어 있고, 이 온도 검출기(11)는 실리콘 칩의 근방에 설치되어 있다. 이들 온도 검출기(7, 11)로서는, 온도에 의해 저항값이 변화되는 서미스터가 적합하다. 서미스터는 온도 상승과 함께 저항값이 상승하는 특성의 것이라도, 온도 상승과 함께 저항값이 감소하는 특성의 것이라도 지장은 없다.

<34> 역변환기(3)에 이용되는 파워 반도체인 스위칭 소자는, 마이크로컴퓨터가 탑재된 제어 회로(5)에 의해 제어되고, 이 제어 회로(5)는 전력 변환 장치 전체의 제어를 담당하는 기능을 한다. 구체적으로는, 디지털 조작 패널(8)로부터 입력되는 각종 제어 데이터에 따라서 필요한 제어 처리를 행할 수 있도록 구성되어 있다. 또한, 부호 12로 나타낸 부분은 역변환기(3)의 스위칭 소자를 구동하는 드라이버 회로이다.

<35> 도 2는 주회로 부품 배치도의 일례이다. 순변환기(1)와 역변환기(3)와 온도 센서(7)가 1개의 모듈 내에 탑재된 집합 파워 반도체인 복합 모듈(13)이 냉각 핀(14)에 탑재되고, 냉각 핀(14)을 냉각하기 위한 냉각 팬(6)(도면 중의 점선 부분)이 냉각 핀의 상면에 부착된 구조이다.

<36> 집합 파워 반도체로서 구성된 복합 모듈(13)은, 큰 손실을 발생시키기 때문에, 이 손실에 의한 발열을 냉각 핀(14)에 열전도시키고, 냉각 팬(6)에 의해 냉각 핀(14)을 냉각한다. 이 냉각 팬(6)에 의해, 집합 파워 반도체인 복합 모듈(13)을 온도 상승의 과열로부터 보호할 수 있다.

<37> 여기서, 전력 변환 장치의 주위 온도가 이상하게 높았던 경우, 이 주위 온도를 흡기하는 냉각 팬의 흡기 온도가 높아지게 되어, 냉각 효과가 떨어져, 온도 검출기(7)에서 검출되는 온도가 미리 설정된 온도 이상으로 되면 전력 변환 장치를 정지하고, 파워 반도체의 온도 과열을 표시할 수도 있다.

<38> 그러나, 엘리베이터 및 업무용 세탁기(코인 런더리) 등, 시동·정지를 빈번하게 반복하는 용도에서는, 큰 손실을 발생하는 파워 반도체 내부의 칩의 정션 온도 Tj는, 고온 상태(장치 운전 시에는 실리콘 칩의 정션 온도가 상승)→중온 상태(장치 정지 시에는 실리콘 칩의 정션 온도가 저하)→고온 상태(장치 운전 시에는 실리콘 칩의 정션 온도가 상승)로 되는 소위 파워 사이클이 반복시켜진다. 이들 반복에 의해, 파워 반도체가 온도 과열에 이를 이유가 없는데도, 파워 사이클 수명에 의해 파워 반도체가 열피로 파괴된다고 하는 현상이 발생한다.

<39> 엘리베이터 등의 용도에서는, 파워 사이클 수명에 의해 파워 반도체가 열피로 파괴되어 전력 변환 장치가 고장난 경우, 엘리베이터가 동작하지 않게 되게 되기 때문에, 용도에 따라서는 파워 반도체의 파워 사이클 수명의 시기를 진단할 수 있는 것이 요망된다.

<40> 특허 문헌에 개시된 내용은, 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 정션 온도로부터 추정하는 방식으로, 운전 사이클에 따라서는 설비 가동 후 거의 1년이 다 되어서 수명 경고가 나오는 것이 생각된다. 즉, 설비 가동 후 몇년 정도에서 수명으로 되는 것인지를 예지할 수 없는 문제를 내재하고 있다. 설비 가동 후 비교적 단기간에 파워 사이클 수명에 의한 열피로 파괴가 발생하는 일이 없는지의 여부를 시운전 시에 예지할 수 없다.

<41> 이 경우에는, 파워 반도체의 수명 경고가 나오기 때문에 설비 정지는 피할 수 있지만, 수명 경고가 나왔다고 하더라도, 가동 후 겨우 1년에서 파워 사이클 수명에 의한 열피로 파괴가 발생하는 것이면, 설비로서 문제이며, 전력 변환 장치의 용량 선정이 잘못되었을 가능성을 설비 시운전 시에 미리 검증할 수 없다고 하는 문제가 있다.

<42> 도 3은, 시동·정지를 빈번하게 반복하는 엘리베이터 용도에서의 운전 패턴의 일례이다. 핀의 검출 온도는, 도 1에서의 냉각 핀 상에 탑재된 온도 검출기(7)의 검출 온도이다. 엘리베이터가, 시동하여 지정의 층에 도착하면 정지로 되지만,이 때, 전력 변환 장치 내에서 큰 손실을 발생하는 파워 반도체(9) 내부의 칩 정션 온도 Tj는, 고온 상태(장치 운전 시에는 실리콘 칩의 정션 온도가 상승)→중온 상태(장치 정지 시에는 실리콘 칩의 정션 온도가 저하)→고온 상태(장치 운전 시에는 실리콘 칩의 정션 온도가 상승)로 된다.

<43> 시동·정지를 빈번하게 반복하는 운전 패턴에서는, 파워 반도체(9)의 내부 칩 온도는, 소위 파워 사이클이 반복시켜지고 있다.

<44> 이 경우, 당연히 발열체인 파워 반도체로부터의 열을 냉각 핀에 열전도시켜 파워 반도체를 냉각하고 있는 냉각 핀의 온도 Tc도 칩 정션 온도 Tj에 임의의 상관을 갖고 오르내리게 된다. 이 운전 패턴에서의 파워 반도체(9)의 근방에 설치된 냉각 핀(14) 상의 온도 검출기(7)의 검출 온도를 감시하면, 그 운전 패턴에서의 파워 사이클

수명 횟수를 예지할 수 있다.

<45> 물론, 상기 냉각 핀 상의 온도 Tc로부터 칩 정션 온도 Tj를 하기 식에 의해 추정하고, 이 정션 온도 Tj로부터 파워 사이클 수명 횟수를 예지하는 것도 가능하여, 본 실시예가 의도하는 바는 전혀 변함이 없다.

<46> Tj=Tc+Rjc*Pl

<47> 여기서, Rjc는, 정션과 케이스 간의 열저항값, Pl은, 전력 변환 장치의 운전 패턴에서의 파워 반도체(9)의 손실이다. 이 손실 Pl은, 하기 식에 의해 일반적으로 표현된다.

<48> Pl=Pon+Poff+Psat

<49> 여기서, Pon은 파워 반도체(9)가 오프 상태로부터 온 상태로 이행할 때의 온 손실, Poff는 파워 반도체(9)가 온 상태로부터 오프 상태로 이행할 때의 오프 손실, Psat는 정상 손실이다.

<50> 상기 파워 반도체(9)의 손실 Pl을 정밀도 좋게 검출 연산하는 것은 상당히 번거롭기 때문에, 여기서는, 상기 냉각 핀의 검출 온도 Tc를 이용하는 방법에 대해서 설명한다.

<51> 도 4는, 파워 반도체(9)의 파워 사이클 수명 곡선이다. 이 수명 곡선은, 파워 반도체 고유의 것으로, 파워 반도체의 주위 온도가 아니라, 파워 반도체의 온도 상승값에 의해 일의적으로 결정되는 것인 점이 중요하다.

<52> 즉, 케이스 온도의 상승값이 결정되면, 상기 파워 사이클 수명 곡선으로부터 사이클 수명 횟수를 간단히 판독할 수 있을 것이다.

<53> 예를 들면, 케이스 온도의 최대 온도 상승값 ΔTc2에서의 사이클 수명 횟수를 구하는 경우, 도 4로부터 ΔTc2와 사이클 수명 곡선의 교점A에 해당하는 사이클 수명 횟수 Nc2가 그 해이다.

<54> 실제로 수치를 대입하여 사이클 수명 횟수 Nc2를 정량적으로 구해 본다.

<55> 상기 케이스 온도의 최대 온도 상승값 ΔTc2에서의 엘리베이터의 운전 패턴 사이클을 구할 필요가 있다. 여기서, 그 운전 패턴이 15초(도 3에서의 Δt2에 상당)에 1회의 빈도로 반복되고, 하루 10시간 가동하는 운전 조건에서는, 연간의 운전 패턴 사이클 횟수 X는,

<56> X=60/15*60*10*365=876,000회/년

<57> 의 시동·정지를 반복하게 된다.

<58> 여기서,

<59> ·60/15 : 1분간에서의 엘리베이터의 운전·정지 횟수

<60> ·60/15*60 : 1시간에서의 엘리베이터의 운전·정지 횟수

<61> ·60/15*60*10 : 하루에서의 엘리베이터의 운전·정지 횟수

<62> 이 조건 하에서의 케이스 온도의 최대 온도 상승값 ΔTc2에서의 파워 사이클 수명 횟수 Nc2가, 1,000,000회(도 4에서의 교점A)이었던 것으로 하면, 이 운전 패턴 조건에서의 파워 반도체(9)의 파워 사이클 수명 연수 Y는,

<63> Y=1000000/876000=1.1년

<64> 으로 된다.

<65> 즉, 상기 운전 패턴으로 운전하면, 엘리베이터 가동 후 겨우 1년 강에서 파워 반도체(9)가 열피로 파괴되어, 엘리베이터 설비가 정지하게 된다.

<66> 특허 문헌에 개시된 내용은, 파워 반도체의 파워 사이클 수명을 정션 온도로부터 추정하는 방식으로, 운전 사이클에 따라서는 설비 가동 후 거의 1년이 다 되어서 수명 경고가 나오는 것이 생각된다. 즉, 설비 가동 후 몇년 정도에서 수명으로 되는 것인지가 설비 시운전 시에 예지할 수 없는 문제를 내재하고 있다. 설비 가동 후 비교적 단기간에 파워 사이클 수명에 의한 열피로 파괴가 발생하는 일이 없는지의 여부를 시운전 시에 예지할 수 없다.

<67> 이 경우에는, 파워 반도체의 수명 경고가 나오기 때문에 설비 정지는 피할 수 있지만, 수명 경고가 나왔다고 해도, 가동 후 1년 가까이 경과하여 비로소 파워 사이클 수명에 의한 열피로 파괴가 발생하는 것을 수명 경고 신호 등으로 알 수 있기 때문에, 설비로서 문제이며, 전력 변환 장치의 용량 선정이 잘못되었을 가능성을 설비 시

운전 시에 미리 검증할 수 없다고 말하는 문제가 있다.

<68> 도 5는, 상기 문제를 감안하여 이루어진 전력 변환 장치 내의 파워 반도체의 파워 사이클 수명에 의한 열피로의 시기를 설비 시운전 시에 추정 예지 진단하는 방법에 관한 실시예이다.

<69> 상기 파워 사이클 수명 연수를 구하는 데에 필요한 요소는, 구체적으로는 이하의 용건이다.

<70> (1) 설비 운전 패턴의 시동·정지 시로부터 다음 시동 시에서의 파워 반도체의 최대 온도 상승차를 검출하는 온도 검출 회로(17)를 설치하는 것.

<71> (2) 파워 반도체의 파워 사이클 수명 곡선을 기억하는 기억 수단(예를 들면 불휘발성 메모리(16))을 설치하는 것.

<72> (3) 운전 모드 선택 및 설비 운전 패턴에서의 단위 시간당의 반복 횟수 M을 설정할 수 있는 조작 패널을 구비하는 것.

<73> (4) 상기 조작 패널로부터 단위 시간당의 반복 횟수 M을 설정하면, 상기 파워 반도체의 최대 온도 상승차와 상기 기억 파워 사이클 수명 곡선 데이터로부터 파워 사이클 수명 연수 Y를 연산하는 수단(예를 들면 마이크로컴퓨터(15))을 설치하는 것.

<74> (5) 상기 연산 파워 사이클 수명 연수를 표시하는 표시부를 설치한 조작 패널을 구비하는 것.

<75> 도 6은, 상기 용건에 대한 본 실시예의 플로우차트이다.

<76> 시동·정지를 빈번하게 반복하는 엘리베이터 등의 용도에서, 설비 시운전 시에 전력 변환 장치에 탑재된 디지털 조작 패널(8)에서 시운전 모드를 선택하고, 시운전 모드란에 설치된 시운전 단위 시간 내에 반복되는 시동·정지의 횟수 M과 하루의 가동 시간 H 및 연간의 가동 일수 D를 입력한다. 또한, 시운전 모드에서는, 대표적인 운전 패턴을 미리 기억 수단에 복수 기억하고, 이들로부터 적절히 선택해도 되고, 이 대표적인 운전 패턴을 표시한 후에, 설정자가 이 표시된 운전 패턴을 증감하여, M, H, D를 설정해도 된다.

<77> 시운전을 개시하여 시동·정지를 반복한다. 이 때, 파워 반도체 근방에 탑재된 온도 검출기(7)의 신호가 온도 검출 회로(17)를 통하여 마이크로컴퓨터(15)에 전송된다.

<78> 온도 검출기(7)는, 서미스터이다. 이 경우의 서미스터의 온도 특성은, 온도상승과 함께 그 저항값이 감소하는 것의 경우를 예로 들어 설명한다.

<79> 온도 T에서의 서미스터의 저항값 RT는, 하기 수학식으로 표현된다.

수학식 1

<80> $$RT=R25*\exp[B*\{1/(T+273)-1/(T25+273)\}]$$

<81> 여기서,

<82> R25 : 온도 25℃에서의 서미스터의 저항값

<83> T25 : 온도 25℃(T25=25)

<84> B : 상수

<85> 서미스터의 온도가 상승하면, 서미스터의 저항값 RT가 작아져, 온도 검출 회로(17)에 탑재된 분압 저항 R1에 의해 마이크로컴퓨터(15)의 아날로그 포트 단자 AD의 입력 전압이 커진다. 이 전압값에 따라서, 마이크로컴퓨터가 상기 수학식 1로부터 온도 T를 리얼타임으로 연산한다.

<86> 또는, 상기 수학식 1은 연산이 복잡하기 때문에, 서미스터의 저항값에 비례한 아날로그 포트 단자 AD의 입력 전압과 서미스터의 온도의 상관을 나타내는 데이터를 상기 수학식 1로부터 구하고, 이것을 미리 불휘발성의 메모리(16)에 테이블 데이터로서 갖고, 이 테이블 데이터로부터 서미스터의 온도 T를 리얼타임으로 호출해도 된다.

<87> 가장 엄격한 운전 패턴에서의 시운전을 개시하고, 도 2에 도시하는 시동·정지 기간 Δt1에서의 파워 반도체(9)의 온도 상승차 ΔTc1을 연산하고, 다음의 시동·정지 기간 Δt2에서의 파워 반도체(9)의 온도 상승차 ΔTc2를 연산한다.

<88> 순차적으로, 시동·정지 기간 Δtn에서의 파워 반도체(9)의 온도 상승차 ΔTcn을 연산에서 구하고, 이들의 온도 상승차 ΔTcn 중으로부터 가장 높은 온도 상승차ΔTcj를 유지한다.

<89> 여기서, 첫회의 온도 상승차 ΔTc1만, 상기 가장 높은 온도 상승차 ΔTcj로부터 제외해도 된다. 즉, 온도 상승차 ΔTc2 이후의 중으로부터 가장 높은 온도 상승차 ΔTcj를 유지해도 된다고 하는 의미이다.

<90> 여기서 첫회의 온도 상승차 ΔTc1을 제외할 수 있는 점에 대해서 설명한다.

<91> 복합 모듈(13) 내에는, 역변환기(3)를 구성하는 IGBT의 칩이 실장되어 있다.

<92> 이 IGBT 칩의 온도 특성은, 정귀환으로, 칩 온도가 상승하면 칩의 콜렉터와 에미터간의 전압 V_{CEsat}는 증가(정귀환)한다.

<93> IGBT 칩의 온도 특성을 부귀환(칩 온도가 상승하면 칩의 콜렉터와 에미터간의 전압 V_{CEsat}는 감소)으로 설계하는 것도 물론 가능하다.

<94> 이 온도 특성은, IGBT 칩 설계 시의 설계 사상이다.

<95> 예를 들면, 정격 전류 600A의 IGBT 모듈을 제작하는 경우, 600A의 칩을 1개 제작하는 것보다도, 200A의 칩을 3개 병렬 접속 또는 300A의 칩을 2개 병렬 접속한 쪽이 칩 수율의 점에서도 유리한 것은 자명하다. 이 때문에, 작은 정격 전류의 칩을 다수 병렬 접속하여 큰 정격 전류의 모듈을 제작하는 것이 일반적이다.

<96> 칩을 다수 병렬 접속하기 위해서, 칩의 온도 특성을 정귀환 특성으로 설계할지 부귀환 특성으로 설계할지를 생각한 경우, 당연히 정귀환 특성으로 설계하는 쪽이 유리하다.

<97> 2개의 칩을 병렬 접속한 경우, 2개의 병렬 칩이 완전히 동일한 특성이면, 흐르는 전류는 2개의 칩에 균등하게 흐른다. 그러나, 실제로는 2개의 칩이 완전히 동일한 특성을 나타내는 일은 없으며, 특성 변동이 반드시 발생한다.

<98> 만약 부귀환 특성으로 설계한 칩을 2개 병렬 접속한 경우를 생각하면, 칩의 콜렉터와 에미터간의 전압 V_{CEsat}가 낮은 쪽의 칩에 전류가 편중되어 흐르지만, 이 전류에 의해 칩 온도가 상승하면, 부귀환 특성으로 설계한 칩 때문에 온도 상승과 함께 더욱 콜렉터와 에미터간의 전압 V_{CEsat}가 낮아져, 이 칩의 전류가 증가하고, 콜렉터와 에미터간의 전압 V_{CEsat}가 높은 쪽의 칩의 분담 전류는 더욱 감소하게 된다.

<99> 이와 같이 되면, 동일한 정격 전류의 칩을 병렬 접속하였음에도 불구하고 2개의 칩에 흐르는 분담 전류는 균등하지 않게 되어, 한쪽의 칩만이 과부하로 되게 된다.

<100> 이 때문에, 칩의 온도 특성을 설계하는 경우, 필연적으로 정귀환 특성으로 설계하는 쪽이 유리하기 때문이다.

<101> 이 칩의 온도 특성을 근거로 하여 생각하면, 칩 자체가 주위 온도와 동일한 시운전 시의 첫회 온도 상승차 ΔTc1이, 온도 상승차 ΔTcn 중에서 가장 높아지는 일은 있을 수 없다.

<102> 당연히 패턴 운전을 실시하는 중에서, 칩의 온도가 상승해 가는 과정에서 칩의 발생 손실이 증대되어, 온도 상승차 ΔTcj가 가장 높아지는 것이 용이하게 상상 가능하다.

<103> 이러한 검토로부터, 첫회의 온도 상승차 ΔTc1을 삭제하고, 상기 가장 높은 온도 상승차 ΔTcj로부터 제외해도 된다.

<104> 이 온도 상승차 ΔTcj에 해당하는 파워 사이클 수명 횟수 Nj를 미리 불휘발성 메모리에 저장해 둔 파워 사이클 수명 곡선 데이터로부터 판독한다.

<105> 파워 사이클 곡선의 온도와의 상관을 나타내는 데이터를 미리 불휘발성의 메모리(16)에 테이블 데이터로서 갖고, 이 테이블 데이터로부터 온도에서의 파워 사이클 수명을 리얼타임으로 호출해도 된다.

<106> 다음으로, 디지털 조작 패널(8)로부터 설정 입력한 1시간 내에 반복되는 시동·정지의 횟수 M과 하루의 가동 시간 H 및 연간의 가동 일수 D의 데이터를 이용하여, 이 운전 패턴 조건에서의 파워 반도체(9)의 파워 사이클 수명 연수 Y를 하기 식에 의해 연산한다.

<107> $Y=\alpha*Nj/(M*H*D)$

<108> α는, 디지털 조작 패널(8)로부터 설정 입력 가능한 안전 계수(α≤1)이다.

<109> 이 연산 수명 연수의 결과를 상기 조작 패널(8)의 표시부에 표시한다.

<110> 또한, 상기 온도 상승차 ΔTcj도 상기 조작 패널(8)의 표시부에 표시하는 것이 가능하다.

<111> 이와 같이 하면, 설비 시운전 시에 설비에 대한 전력 변환 장치의 용량 선정이 올바른지 예지할 수 있다.

<112> 여기서, 상기 시동·정지의 설정 횟수 M은 1시간당이 아니라, 1분당이어도 발명이 의도하는 바는 변함이 없다.

<113> 상기 조작 패널(8)에 표시된 연산 수명 연수의 값을 보고, 미리 목표로 한 수명 연수(예를 들면 10년) 이하이면, 목표 수명 연수를 만족하는 대책을 설비의 시운전 시에 행할 수 있다.

<114> 그 대책으로서는, 이하의 방법이 있다.

<115> (1) 전력 변환 장치의 스위칭 주파수를 내려, 파워 반도체의 발생 손실을 저감한다.

<116> (2) 전력 변환 장치 자체의 용량을 올려, 파워 반도체의 온도 상승차를 저감한다.

<117> (3) 전력 변환 장치 내부의 파워 반도체 자체의 용량을 올려, 파워 반도체의 온도 상승차를 저감한다.

<118> (4) 엘리베이터 장치에의 최대 탑승 인원수를 저감하여, 파워 반도체의 발생 손실을 저감한다.

<119> 상기 대책안 중 어느 하나를 선택하고, 다시 시운전 모드에서 파워 반도체(9)의 파워 사이클 수명 연수 Y를 구하고, 목표 수명 연수를 만족하는 대책을 실시하면 된다.

<120> 상기의 실시예에 따르면, 설비 가동 후 비교적 단기간에 파워 사이클 수명에 의한 열피로 파괴가 발생하는 일이 없는지의 여부를 시운전 시에 예지할 수 있다.

<121> 구체적으로는, 전력 변환 장치 내의 파워 반도체의 온도 검출 회로에 의한 검출 온도와 파워 반도체의 파워 사이클 수명 곡선을 이용하여, 파워 반도체의 파워 사이클 수명의 시기를 설비 시운전 시에 진단할 수 있기 때문에, 설비 가동 후 언제의 시점에서 파워 반도체 혹은 전력 변환 장치 자체를 교환하면 좋을지가 간단히 판단 가능하다.

<122> 또한, 설비 시운전 시에 파워 사이클 수명의 시기를 진단할 수 있기 때문에, 설비 가동 후 비교적 단기간에 파워 사이클 수명에 의한 열피로 파괴가 발생하는 일이 없는지의 여부를 시운전 시에 예지할 수 있다.

<123> 본 실시예에서는, 전력 변환 장치의 운전 조건 혹은 운전 패턴을 조작 패널로부터 입력하고, 그 운전 상태에서의 파워 반도체의 온도 검출 회로의 검출 온도와 파워 반도체의 파워 사이클 수명 곡선을 이용할 수 있다.

<124> 특히, 전력 변환 장치를 이용한 시동·정지를 빈번하게 반복하는 용도에서, 설비 도입의 시운전 시에 파워 반도체의 피로 수명을 추정할 수 있어, 설비 가동 후 비교적 단기간에 파워 사이클 수명에 의한 열피로 파괴가 발생하는 일이 없는지의 여부를 시운전 시에 예지할 수 있다. 이와 같이, 전력 변환 장치의 용량 선정이 적절한지의 추정 판단을 설비 시운전 시에 할 수 있기 때문에, 불안을 갖고 설비 가동에 들어가는 일이 없어지기 때문에, 설비측으로부터의 사용 편의성의 향상 및 설비 불가동 시간을 대폭 단축할 수 있다고 하는 효과가 있다.

<125> 또한, 교류 전동기에 가변 전압 가변 주파수의 교류 전력을 공급할 수 있도록 한 전력 변환 장치의 파워 반도체의 파워 사이클 수명에 의한 열피로의 시기를 설비 시운전 시에 추정 예지 진단할 수 있어, 설비의 불가동 시간을 대폭 단축할 수 있는 파워 사이클 수명 예측에 이용 가능하다.

도면의 간단한 설명

<126> 도 1은 전력 변환 장치의 주회로 구성도.

<127> 도 2는 전력 변환 장치의 주회로 부품 배치도의 일례를 도시하는 도면.

<128> 도 3은 운전 패턴과 온도 검출기의 검출 온도의 일례를 도시하는 도면.

<129> 도 4는 파워 반도체의 파워 사이클 수명 곡선을 도시하는 도면.

<130> 도 5는 파워 사이클 수명에 의한 열피로의 시기 추정 예지 진단의 실시예를 도시하는 도면.

<131> 도 6은 본 발명의 플로우차트의 실시예를 도시하는 도면.

<132> <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

<133> 1 : 순변환기

<134> 2 : 평활용 컨덴서

<135> 3 : 역변환기

<136> 4 : 교류 전동기

<137> 5 : 제어 회로

<138> 6 : 냉각 팬

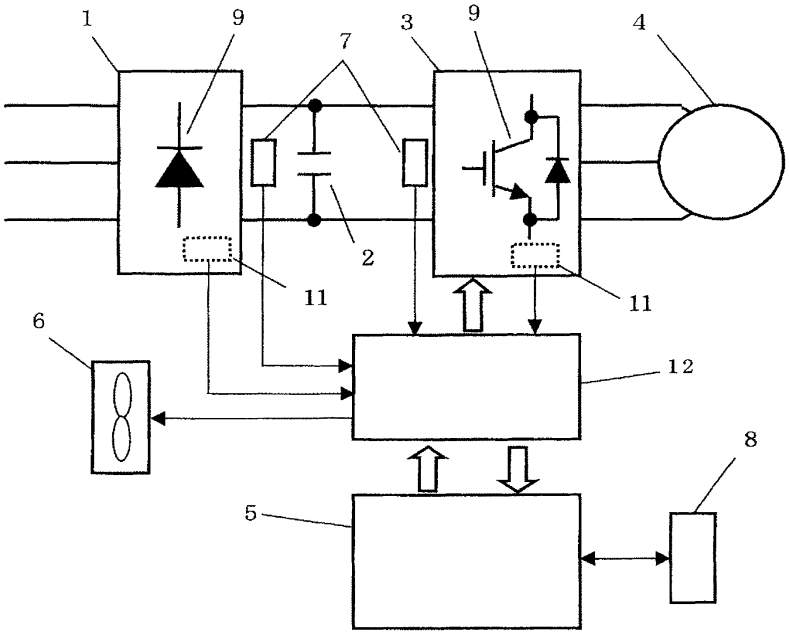
<139> 7, 11 : 온도 검출기

<140> 8 : 디지털 조작 패널

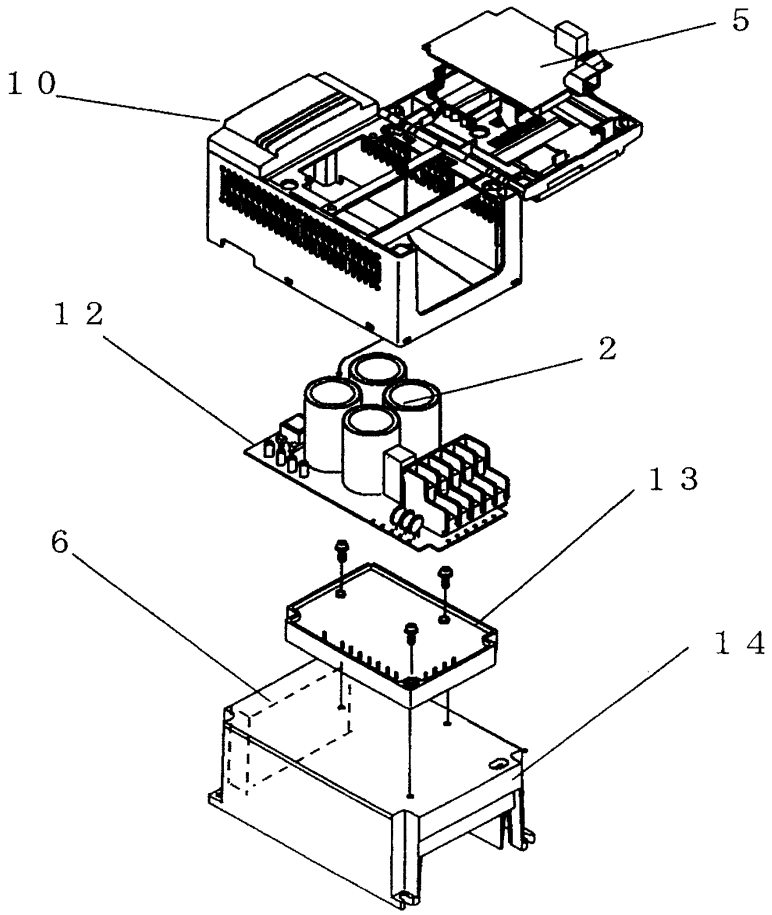
<141> 14 : 냉각 핀

도면

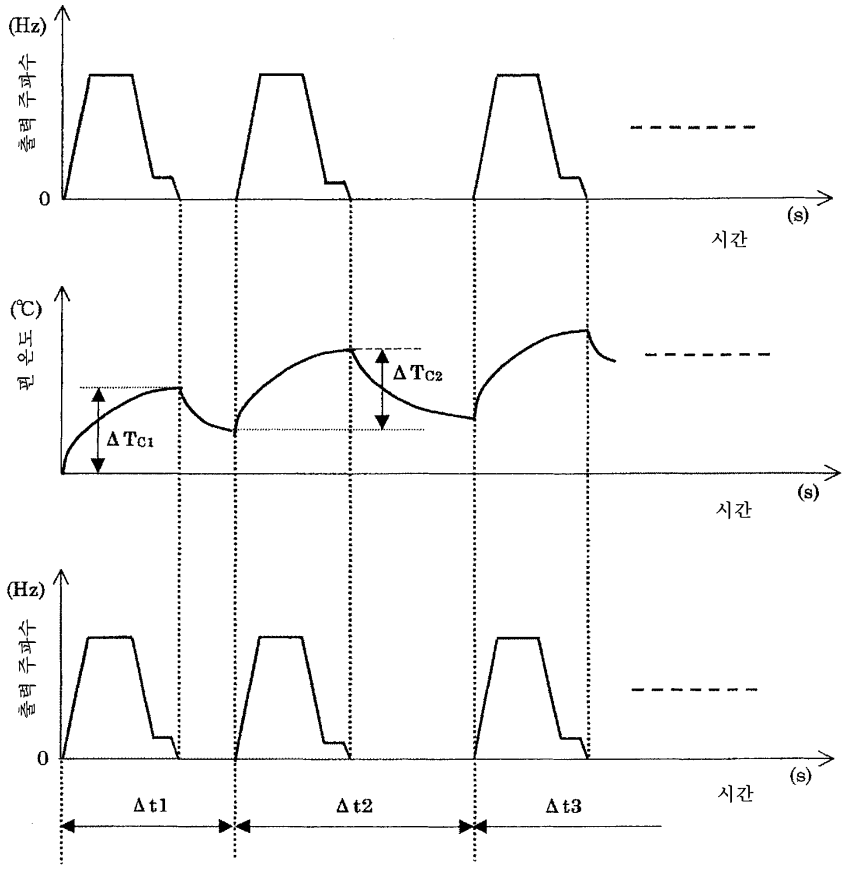
도면1



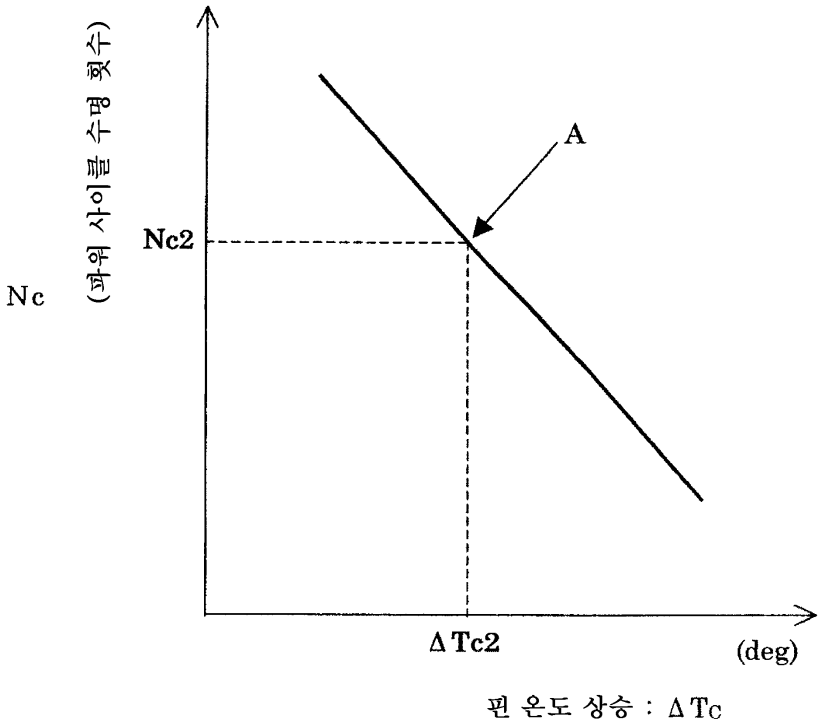
도면2



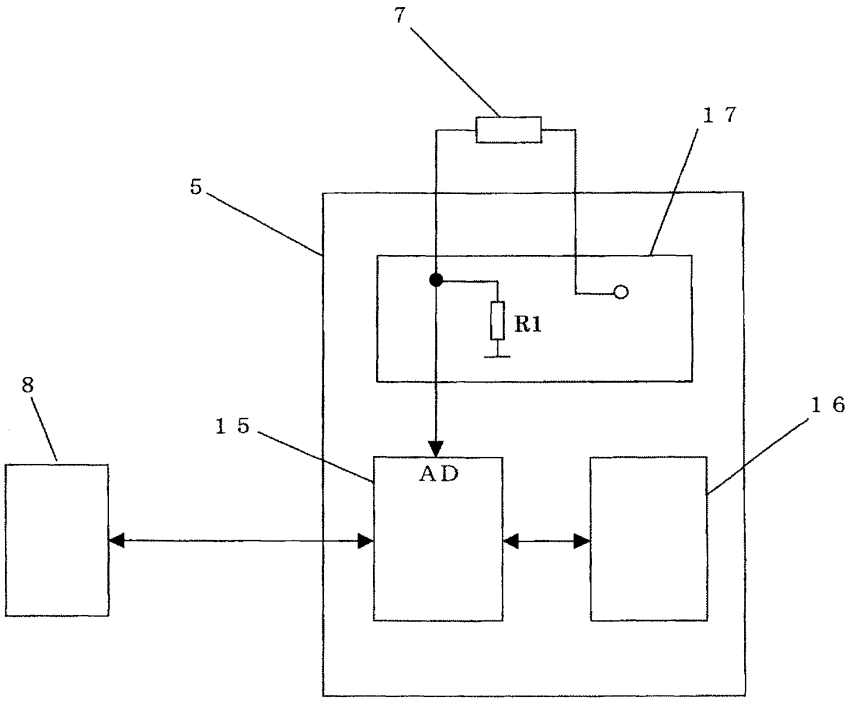
도면3


(Hz)
출력 주파수
0
(s)
시간
(℃)
핀 온도
ΔTc1
ΔTc2
(s)
시간
(Hz)
출력 주파수
0
(s)
시간
Δt1
Δt2
Δt3

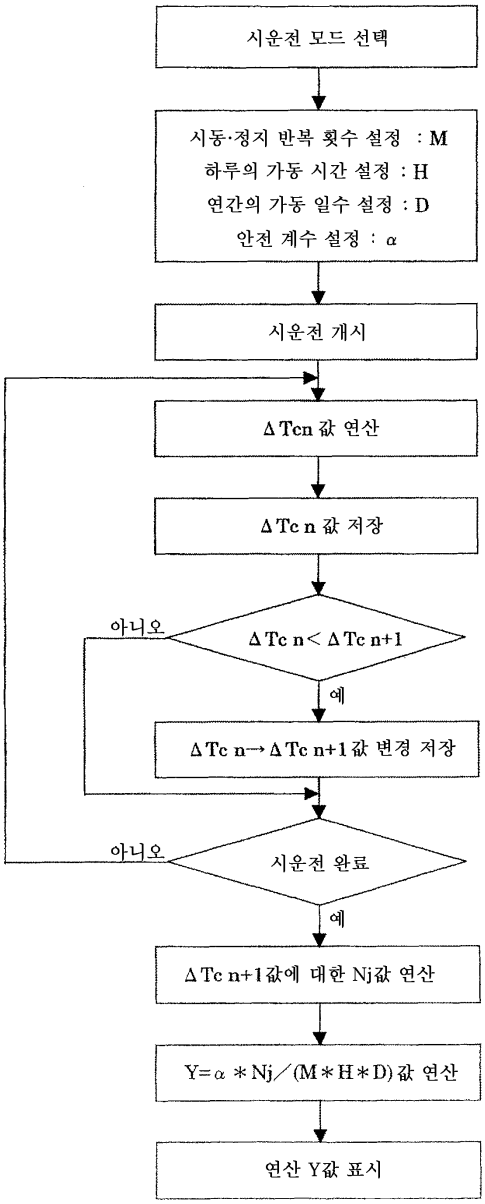
도면4


Nc
(파워 사이클 수명 횟수)
Nc2
A
ΔTc2
(deg)
핀 온도 상승 : ΔTc

도면5



도면6


시운전 모드 선택
시동·정지 반복 횟수 설정 : M
하루의 가동 시간 설정 : H
연간의 가동 일수 설정 : D
안전 계수 설정 : α
시운전 개시
ΔTcn 값 연산
ΔTc n 값 저장
아니오
ΔTc n < ΔTc n+1
예
ΔTc n → ΔTc n+1 값 변경 저장
아니오
시운전 완료
예
ΔTc n+1 값에 대한 Nj값 연산
Y=α * Nj / (M * H * D) 값 연산
연산 Y값 표시