



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0074059
(43) 공개일자 2010년07월01일

(51) Int. Cl.

G01R 31/12 (2006.01) H02H 3/08 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0128958

(22) 출원일자 2009년12월22일

심사청구일자 없음

(30) 우선권주장

12/341,166 2008년12월22일 미국(US)

(71) 출원인

제너럴 일렉트릭 캄파니

미합중국 뉴욕, 쉐넬레디, 윈 리버 로우드

(72) 발명자

홀 스코트 제프리

미국 켄터키주 40220 루이스빌 아파트먼트 110 파크 로리아트 드라이브 8650

후커 존 케네스

미국 켄터키주 40245 루이스빌 골든 리프 웨이 1905

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김창세, 장성구

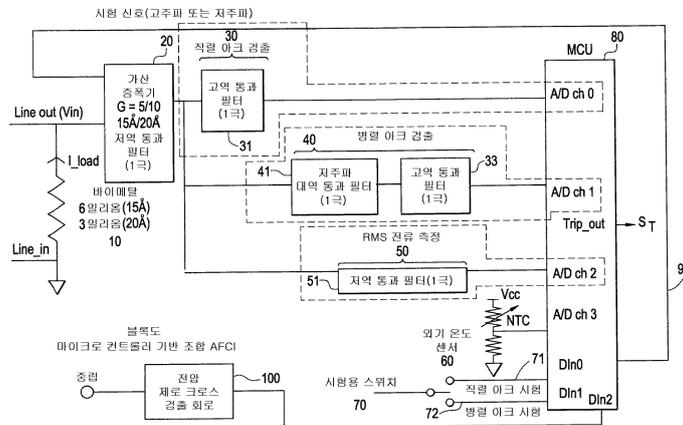
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 이산 웨이브렛 변환으로부터의 상세 계수 및 근사 계수를 사용한 아크 검출

(57) 요약

전기 회로에서 전류의 차단을 용이하게 하는 장치가 제공되고, 이 장치는, 전기 회로에서 전기 부하를 사용할 수 있게 하고, 그곳을 통과하는 부하 전류를 나타내는 출력 신호를 생성하는 전류 감지 장치(10)와, 전류 감지 장치(10)와의 신호 통신에 있어서 출력 신호를 수신하고, 출력 신호에 근거하여 2차 신호를 출력하도록 구성되고 배치된 검출 유닛(30)과, 2차 신호를 수신하여 상세 계수 및 근사 계수로 분해하고, 감지된 부하의 전류가 미리 정해진 임계값보다 크고 또한 상세 계수 및 근사 계수가 트립 신호 생성을 위한 임계값 조건이 만족된 것을 함께 표시할 때 전기 회로의 동작을 차단하는데 사용하는 트립 신호를 생성하는 마이크로 컨트롤러를 포함한다.

대표도



(72) 발명자

그리고리안 콘스탄틴 블라디미르

미국 켄터키주 40229 루이스빌 퀸즈 캐슬 로드
5131

찬갈리 스리람

인도 케랄라 코친 682030 카카나드 바자칼라 파팔
리 로드 12/218 비 쉬리

특허청구의 범위

청구항 1

전기 회로에서 전류의 차단을 용이하게 하는 장치로서,

상기 전기 회로에 배치되어 전기 부하를 사용할 수 있게 하고, 상기 전기 회로를 통과하는 부하 전류를 나타내는 출력 신호를 생성하는 전류 감지 장치(10)와,

상기 전류 감지 장치(10)와의 신호 통신에 있어서 상기 전류 감지 장치(10)에 의해 생성된 상기 출력 신호를 수신하고, 상기 출력 신호에 근거하여 2차 신호를 출력하도록 구성되고 배치된 검출 유닛(30)과,

상기 검출 유닛(30)과 결합되며, 컴퓨터로 실행할 수 있는 인스트럭션에 응답하는 마이크로 컨트롤러(80)를 포함하고, 상기 인스트럭션은 마이크로 컨트롤러(80)에 의해 실행되었을 때 상기 마이크로 컨트롤러(80)가 상기 2차 신호를 수신하여 상세 계수 및 근사 계수로 분해하게 하고, 상기 감지된 부하의 전류가 미리 정해진 임계값보다 크고 또한 상기 상세 계수 및 상기 근사 계수가 트립 신호 생성을 위한 임계값 조건이 만족된 것을 함께 표시할 때 상기 전기 회로의 동작을 차단하는데 사용하는 트립 신호를 생성하게 하는

장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 출력 신호의 타이밍에 연관되고, 상기 임계값 조건이 만족된다고 표시되는지 여부를 판정할 때 상기 마이크로 컨트롤러(80)에 의해 이용되는 측정 신호를 상기 마이크로 컨트롤러(80)에 출력하도록 구성된 전류 측정 유닛(50)을 더 포함하는 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 마이크로 컨트롤러(80)에 결합된 외기 온도 센서(60)를 더 포함하고,

상기 외기 온도 센서(60)에 의해 상기 마이크로 컨트롤러(80)는 상기 전류 감지 장치(10)의 온도 변화를 보상할지 결정하는

장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 마이크로 컨트롤러(80)와의 신호 통신에 있어서 상기 전류 감지 장치(10)와 상기 검출 유닛(30) 사이에 동작 가능하게 배치된 필터를 포함하는 가산 증폭기(20)를 더 포함하고,

상기 가산 증폭기(20) 및 상기 검출 유닛(30)의 상기 필터는 상기 2차 신호로부터 약 1~250kHz의 범위 밖의 주파수를 갖는 상기 2차 신호의 성분을 함께 필터링하는

장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 상세 계수는 약 75~250kHz의 범위에 있는 주파수를 갖는 상기 2차 신호의 성분으로부터 얻어지고,

상기 근사 계수는 약 1~75kHz의 범위에 있는 주파수를 갖는 상기 2차 신호의 성분으로부터 얻어지는 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 마이크로 컨트롤러(80)는, 상기 마이크로 컨트롤러(80)에 의해 실행되면 상기 마이크로 컨트롤러가 상기 2차 신호의 분해 전에 상기 신호에 데드밴드(deadband)를 도입하게 하는, 컴퓨터로 실행할 수 있는 인스트럭션에 응답하는 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 마이크로 컨트롤러(80)와의 신호 통신에 있어서 배치된 검출 회로(100)를 더 포함하고,

상기 검출 회로(100)는 상기 출력 신호의 제로 크로스 인스턴스(zero cross instance)를 검출하고, 이어서 상기 마이크로 컨트롤러(80)에 상기 2차 신호를 분해하도록 지시하도록 구성되고 배치된

장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 감지된 부하의 전류가 미리 정해진 전류를 초과하고, 상기 상세 계수가 주어진 시간동안 미리 정해진 주파수에서 트립 신호 생성을 위한 임계값 조건이 만족된다는 것을 표시할 때, 상기 마이크로 컨트롤러(80)는 상기 트립 신호를 생성하는 장치.

청구항 9

회로에 대한 아크 결함 전류 차단(AFCI)을 행하는, 컴퓨터로 구현되는 방법으로서,

상기 회로와의 전기 통신에 있어서 전류 감지 장치(10)에서 부하 전류를 감지하는 단계와,

상기 전류 감지 장치(10)와의 신호 통신에 있어서 검출 유닛(30)에서 상기 감지된 부하 전류의 전류를 반영하는 2차 신호를 생성하는 단계와,

상기 검출 유닛(30)에 결합된 마이크로 컨트롤러(80)에서 미리 정해진 제 1 주파수로 상기 2차 신호를 샘플링하는 단계와,

상기 2차 신호의 상기 샘플링이 완료되었다고 판정되고 또한 상기 2차 신호의 제로 크로스가 샘플링되었다고 판정되면, 상기 2차 신호의 제 1 성분으로부터 상세 계수를, 상기 2차 신호의 제 2 성분으로부터 근사 계수를 계산하는 단계와,

상기 제 1 계수에 근거하여 임계값 기준이 만족되었는지 또는 상기 상세 계수 및 상기 근사 계수에 근거하여 상기 감지된 부하 전류가 미리 정해진 임계값보다 작은지 판정하는 단계와,

상기 임계값 기준이 만족되었거나 또는 상기 감지된 부하 전류가 미리 정해진 임계값보다 작다면, 상기 회로의 동작을 차단하기 위해 트립 신호를 발행하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 10

회로에 대한 아크 결함 전류 차단(AFCI)을 행하는 컴퓨터로 구현되는 방법으로서,

전류 감지 장치(10)에 의해 감지된 부하 전류에 근거하여 상기 전류 감지 장치(10)와 신호 통신 중인 검출 유닛(30)에서 생성되는 2차 신호의 제 1 및 제 2 부분을 이산 웨이브렛 변환을 사용하여 상세 계수 및 근사 계수로 각각 분해하는 단계와,

제로 크로스 샘플링되었다고 판정된 상기 2차 신호의 상기 제 1 부분으로, 상기 2차 신호의 제 1 및 제 2 윈도우에 대한 상기 상세 계수의 절대값의 합을 계산하고, 상기 근사 계수의 절대값 및 그 합의 비를 계산하는 단계와,

상기 절대값의 합을 미리 정해진 제 1 임계값과 비교하거나, 또는 상기 감지된 부하의 전류가 미리 선택된 크기보다 작다면 상기 절대값의 합의 곱 및 상기 합의 비를 미리 정해진 제 2 임계값과 비교하는 단계와,

상기 비교의 결과가 미리 정해진 상기 제 1 및 제 2 임계값 중 대응하는 하나가 주어진 시간에 걸쳐 미리 정해진 주파수를 상회하는 것을 표시하면 상기 회로의 동작을 차단하기 위해 트립 신호를 발행하는 단계를 포함하는 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 전기 시스템, 보다 상세하게는, 전기 시스템에서 아크를 검출하기 위한 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 주거적, 상업적, 산업적 응용에 있어서의 전기 시스템은 보통 유틸리티 소스로부터 전력을 수신하는 패널 보드를 포함한다. 수신된 전력은 패널 보드를 통하여, 차단기, 트립 유닛 등을 포함하지만 이에 제한되지는 않는 하나 이상의 전류 차단기에 라우팅된다.

[0003] 각 전류 차단기는 지정된 브랜치에 전력을 분배하고, 각 브랜치는 하나 이상의 부하에 전력을 공급한다. 전류 차단기는 특정한 브랜치의 특정한 전력 상태가 미리 결정된 세트포인트에 도달하면 그 브랜치로의 전력을 차단하도록 구성된다.

[0004] 예컨대, 몇몇 전류 차단기는 그라운드 결함으로 인한 전력을 차단할 수 있고 일반적으로 그라운드 결함 전류 차단기(Ground Fault Current Interruptor; GFCI)로 알려져 있다. 그라운드 결함 상태는 선로 도체와 중성선 사이에 흐르는 전류의 불균형에 의해 생기고 그라운드로의 전류의 누설 또는 아크 결함에 의해 유발될 수 있다.

[0005] 다른 전류 차단기는 아크 결함으로 인한 전력을 차단할 수 있고 일반적으로 아크 결함 전류 차단기(Arc Fault Current Interruptor; AFCI)로 알려져 있다. 아크 결함은 일반적으로 직렬 아크 또는 병렬 아크로서 정의될 수 있다. 직렬 아크는, 예컨대, 전류가 하나의 도체의 간격을 가로질러 지날 때 일어날 수 있다. 한편, 병렬 아크는 전류가 두 도체 사이를 지날 때 일어날 수 있다. 불행히도, 아크 결함의 두 종류 모두는, 다양한 이유로, 종래의 전류 차단기가 트립(trip)하게 하지 않는다. 이것은 특히 직렬 아크가 일어날 때 해당하는데, 전류 차단기의 전류 감지 장치는 직렬 아크와 보통 부하 전류를 구별하지 못하기 때문이다.

발명의 내용

과제 해결수단

[0006] 본 발명의 국면에 따르면, 전기 회로에서 전류의 차단을 용이하게 하는 장치가 제공되고, 이 장치는, 전기 회로에 배치되어 전기 부하를 사용할 수 있게 하고, 그곳을 통과하는 부하 전류의 출력 신호 표본을 생성하는 전류

감지 장치와, 전류 감지 장치와의 신호 통신에 있어서 전류 감지 장치에 의해 생성된 출력 신호를 수신하고, 출력 신호에 근거하여 2차 신호를 출력하도록 구성되어 배치된 검출 유닛과, 검출 유닛과 결합되어, 마이크로 컨트롤러에 의해 실행되었을 때 마이크로 컨트롤러가 2차 신호를 수신하여 상세 계수 및 근사 계수로 분해하게 하고, 감지된 부하의 전류가 미리 정해진 임계값보다 크고 또한 상세 계수 및 근사 계수가 트립 신호 생성을 위한 임계값 조건이 만족된 것을 함께 표시할 때 전기 회로의 동작을 차단하는데 사용하는 트립 신호를 생성하게 하는, 컴퓨터로 실행할 수 있는 명령에 응답하는 마이크로 컨트롤러를 포함한다.

[0007] 본 발명의 다른 국면에 따르면, 회로에 대한 아크 결합 전류 차단(AFCI)을 행하는 컴퓨터로 구현되는 방법이 제공되고, 이 방법은, 회로와의 전기 통신에 있어서 전류 감지 장치에서 부하 전류를 감지하는 단계와, 전류 감지 장치와의 신호 통신에 있어서 감지된 부하 전류의 전류를 반영하는 2차 신호를 검출 유닛에서 생성하는 단계와, 검출 유닛에 결합된 마이크로 컨트롤러에서 미리 정해진 제 1 주파수에서 2차 신호를 샘플링하는 단계와, 2차 신호의 샘플링이 완료되었다고 판정되고 또한 2차 신호의 제로 크로스가 샘플링되었다고 판정되면, 2차 신호의 제 1 성분으로부터 상세 계수를, 2차 신호의 제 2 성분으로부터 근사 계수를 계산하는 단계와, 제 1 계수에 근거하여 임계값 기준이 만족되었는지 또는 상세 계수 및 근사 계수에 근거하여 감지된 부하 전류가 미리 정해진 임계값보다 작은지 판정하는 단계와, 임계값 기준이 만족되었거나 또는 감지된 부하 전류가 미리 정해진 임계값보다 작다면, 회로의 동작을 차단하기 위해 트립 신호를 발행하는 단계를 포함한다.

[0008] 본 발명의 다른 국면에 따르면, 회로에 대한 아크 결합 전류 차단(AFCI)을 행하는 컴퓨터로 구현되는 방법이 제공되고, 이 방법은, 전류 감지 장치에 의해 감지된 부하 전류에 근거하여, 전류 감지 장치와 신호 통신 중인 검출 유닛에서 생성되는 2차 신호의 제 1 및 제 2 부분을 이산 웨이브렛 변환을 사용하여 상세 계수 및 근사 계수 각각으로 분해하는 단계와, 제로 크로스 샘플링되었다고 판정된 2차 신호의 제 1 부분으로, 2차 신호의 제 1 및 제 2 윈도우에 대한 상세 계수의 절대값의 합을 계산하고, 근사 계수의 절대값 및 그 합의 비를 계산하는 단계와, 절대값의 합을 미리 정해진 제 1 임계값과 비교하거나, 또는 감지된 부하의 전류가 미리 선택된 크기보다 작다면 절대값의 합의 곱 및 합의 비를 미리 정해진 제 2 임계값과 비교하는 단계와, 비교의 결과가 미리 정해진 제 1 및 제 2 임계값 중 대응하는 하나가 주어진 시간에 걸쳐 미리 정해진 주파수를 상회하는 것을 나타내면 회로의 동작을 차단하기 위해 트립 신호를 발행하는 단계를 포함한다.

[0009] 추가적인 특징 및 이점이 본 발명의 기술을 통해 실현된다. 본 발명의 다른 실시예 및 국면은 여기에 상세하게 기술되고 주장된 발명의 일부로 여겨진다. 본 발명의 이점 및 특징을 보다 잘 이해하기 위해, 상세한 설명 및 도면을 참조한다.

효 과

[0010] 본 발명으로 간주되는 대상은 명세서의 결말에서 청구항에 특별히 지적되고 명백하게 주장된다. 앞서 말한 또는 다른 본 발명의 국면, 특징, 이점은 첨부한 도면과 함께 이루어진 이하의 상세한 설명으로부터 명백하다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0011] 도 1을 참조하면, 아크 결합 전류 차단(AFCI)을 행함으로써 전기 회로에서 전류의 차단을 용이하게 하는 장치가 제공되고, 이 장치는, 전류 신호가 생성되는 부하를 감지하도록 구성되는 바이메탈, 홀 효과 센서, MEM, CT 등의 전류 감지 장치(10)를 포함한다. 전류 감지 장치(10)는 실온에서 6밀리움(15A에서) 또는 3밀리움(20A에서)의 특성 저항을 갖는 저항 물질로 형성될 수 있다. 전류 감지 장치(10)는 저역 통과 필터를 포함하는 가산 증폭기(20)가 배치된 곳을 따라 신호선에 전기적으로 결합된다. 따라서, 전류 신호는 마이크로 컨트롤러(80)에 의해 출력될 수 있는 테스트 신호(90)와 함께 전류 감지 장치(10)로부터 가산 증폭기(20)로 흐른다.

[0012] 본 발명의 실시예가 전류 감지 장치(10)의 예로서 바이메탈을 갖는다고 기술되었지만, 본 발명의 범위는 거기에 제한되지 않고 여기에 기술된 목적에 적합한 다른 저항 소자, 예컨대, 황동, 청동, 구리 합금, 강철, 스테인리스강, 인코넬강 및/또는 탄소강 합금을 포함하는 것이 이해될 것이다.

[0013] 신호선은 직렬 아크 검출 유닛(30) 등의 제 1 아크 검출 유닛(30), 제곱 평균 전류 측정 유닛, p-p 전류 측정 유닛, 홀 효과 전류 센서 또는 다른 모든 적합한 장치 등의 전류 측정 유닛(50)에 결합되고, 병렬 아크 검출 유닛(40) 등의 제 2 아크 검출 유닛(40)에는 선택적으로 결합된다. 제 1 아크 검출 유닛(30)은 감지된 부하 전류

의 아크 상태(예컨대, 직렬 아크)를 검출하는데 사용하기 위해 2차 신호를 마이크로 컨트롤러(80)에 출력하도록 구성된다. 마찬가지로 제 2 아크 검출 유닛(40)은 감지된 부하 전류의 아크 상태(예컨대, 병렬 아크)를 검출하는데 사용하기 위해 추가적인 2차 신호를 마이크로 컨트롤러(80)에 출력하도록 구성된다. 전류 측정 유닛(50)은 감지된 부하 전류의 전류를 검출하고, 검출된 전류에 근거하고, 예컨대, 전류에 따른 오프셋 계산, RMS 전류 측정, 아크 검출 샘플링 타이밍의 실행에 이용하는 또 다른 2차 신호를 마이크로 컨트롤러(80)에 출력하도록 구성된다.

[0014] 본 문맥에서, 직렬 및 병렬 아크는, 스파크 등의 빛을 내는 방전이 생기게 하는 공기 등의 보통의 비도전 매체의 절연 파괴를 말하는데, 보통의 비도전 매체를 통한 전류의 흐름에 기인한다. 직렬 아크는, 예컨대, 전류 통과선이 단선된 경우에 부하 전류와 직렬로 일어난다. 그래서, 직렬 아크 전류는 부하 전류보다 높을 수 없다. 반대로, 병렬 아크는 회로와 접지된 소자와 같이 역대전된 도체들 사이에서 일어나고, 전류 스파이크가 높고 부하 임피던스가 낮거나 없다는 특징이 있을 수 있다.

[0015] 제 1 아크 검출 유닛(30)은 300kHz의 샘플링 레이트로 작동하고, 전류 신호로부터의 약 1kHz~250kHz의 주파수를 갖는 신호를 제외한 모두를 필터링한다. 이 목적을 달성하기 위해, 제 1 아크 검출 유닛(30)은 가산 증폭기(20)의 저역 통과 필터와 함께 작동하는 고역 통과 필터(31)를 포함한다. 제 2 아크 검출 유닛(40)이 채용되면, 제 2 아크 검출 유닛(40)은 10kHz의 샘플링 레이트로 작동하고, 전류 신호로부터의 약 150~900Hz의 주파수를 갖는 서브신호를 제외한 모두를 필터링한다. 이 목적을 달성하기 위해, 제 2 아크 검출 유닛(40)은 저역 통과 필터(41) 및 고역 통과 필터(42)를 포함한다. 전류 측정 유닛(50)은 10kHz의 샘플링 레이트로 작동하고 저역 통과 필터(51)를 포함한다.

[0016] 마이크로 컨트롤러(80)는 적어도 제 1 아크 검출 유닛(30)으로부터 수신된 2차 신호를 분해하도록 구성된다. 분해는 마더 웨이브렛 등의 이산 웨이브렛 변환(DWT)을 통해 이루어지는데, 이산 웨이브렛 변환은 외부의 계산으로부터 획득되기도 하고, 적어도 일부가 전류 측정 유닛(50)으로부터 수신된 신호 내에 포함되는 정보로부터 획득되기도 한다.

[0017] 분해의 결과, 제 1 아크 검출 유닛(30)으로부터 수신된 2차 신호가 제 1 및 제 2 주파수 성분으로 더 필터링되는데, 본 발명의 실시예에서는 제 1 주파수는 제 2 주파수보다 높다. 즉, 2차 신호는, 제 1 계수(이하, “상세 계수”라고 함)가 획득되는 약 75~250kHz의 주파수를 갖는 부분을 포함하는 제 1 또는 고주파 성분과, 제 2 계수(이하, “근사 계수”라고 함)의 제 1 및 제 2 세트가 획득되는 약 1~75kHz의 주파수를 갖는 부분을 포함하는 제 2 또는 저주파 성분으로 분해된다.

[0018] 여기서, 도 2를 참조하면, 2차 신호를 저주파 성분 신호로 분해하는 것은 보다 현저한 “어깨” 부분을 초래하는 것을 알 수 있다. 그래서, 아크 상태에 따라 특징지어지는 고-저 신호(high to low signal) 콘텐츠는 상대적으로 쉽게 포착된다. 이것은, 2차 신호의 “아크 소멸” 상태의 반영인 제 1 윈도우와, 2차 신호의 “어깨” 부분의 반영인 제 2 윈도우에 표현된다. 여기서, 제 1 및 제 2 윈도우의 크기와 위치는 최적화된 계산에 의해 획득된다. 신호 콘텐츠는 전류가 증가함에 따라 시프트하는 경향이 있기 때문에, 2차 신호의 제 2 주파수 성분의 실용성은 감지된 부하의 전류가 증가함에 따라 감소한다는 것을 더 알 수 있다.

[0019] 상세 계수 및 근사 계수가 획득되면, 도 4 및 도 5를 참조하면서 이하에 설명하는 바와 같이, 마이크로 컨트롤러(80)는 상세 계수의 절대값의 합(SumCD), 전류 측정 유닛(50)에 의해 검출됨에 따라 감지된 부하의 전류에 의존하는 그 합의 전류 의존 오프셋(SumCD_offset) 및 근사 계수의 절대값의 제 1 및 제 2 합의 비(Ratio)를 계산한다. 근사 계수의 절대값의 제 1 합은 도 2의 제 1 윈도우로부터 획득되는 근사 계수의 제 1 세트로부터 계산되고, 근사 계수의 절대값의 제 2 합은 도 2의 제 2 윈도우로부터 획득되는 근사 계수의 제 2 세트로부터 계산된다.

[0020] 도 1에 나타낸 바와 같이, 주어진 시간 동안, 트립 신호 S_T 생성을 위한 하나 이상의 임계값 조건이 만족되는 SumCD에서 SumCD_offset을 뺀 값과 Ratio의 곱(Product)이 미리 정해진 횟수를 나타내면, 마이크로 컨트롤러(80)는 트립 신호 S_T 를 생성한다. 여기서, 임계값 조건의 일례는 감지된 부하의 아크 상태가 일어나는 것을 나타내는 신호 측정을 참조할 수 있다.

[0021] 상세하게는, 감지된 부하의 전류가 15A보다 낮고, 또한 Product가 300보다 큰 값을 가지면, 트립 신호 S_T 생성을 위한 하나 이상의 임계값 조건이 만족되는 것처럼 표시된다. 여기서, SumCD는 고주파 성분 신호로부터 계산되고, SumCD_offset은 RMS 전류에 20을 곱하여 계산되고, Ratio는 저주파 성분 신호로부터 계산된다. SumCD가

SumCD에서 SumCD_offset을 뺀 것보다 작으면, Product는 제로의 값을 갖는 것처럼 계산되고, 트립 신호 S_T 생성을 위한 하나 이상의 임계값 조건이 만족되지 않는다고 판정된다. 그러나, SumCD가 SumCD에서 SumCD_offset을 뺀 것보다 크면, Product는 SumCD에서 SumCD_offset을 뺀 것과 Ratio의 곱과 같은 것처럼 계산되고, Product가 300보다 큰 값을 가지면 트립 신호 S_T 생성을 위한 하나 이상의 임계값 조건이 만족된다고 판정된다.

[0022] 전류가 15A보다 크면, 신호 콘텐츠는 전류가 증가함에 따라 시프트하는 경향이 있기 때문에, 상술한 바와 같이, 저주파 성분의 실용성은 감소하고, 트립 신호 S_T 생성을 위한 하나 이상의 임계값 조건이 만족되는지 판정하기 위해 SumCD의 값만이 사용된다. 즉, 15~22.5A의 전류에 대해서는, SumCD가 300보다 큰 값을 가지면 트립 신호 S_T 생성을 위한 하나 이상의 임계값 조건이 만족된다. 마찬가지로, 22.5A 위의 전류에 대해서는, SumCD가 400보다 큰 값을 가지면 트립 신호 S_T 생성을 위한 하나 이상의 임계값 조건이 만족된다.

[0023] 전류 조정에 따라, 요구되는 트립 시간은 이하의 표 1과 같다.

표 1

시험 전류, 암페어 ^c	15A AFCI	20A AFCI	30A AFCI
5	1초	1초	1초
10	0.4초	0.4초	0.4초
정격 전류	0.28초	0.2초	0.14초
150% 정격 전류	0.16초 ^a 0.19초 ^b	0.11초 ^a 0.14초 ^b	.1초

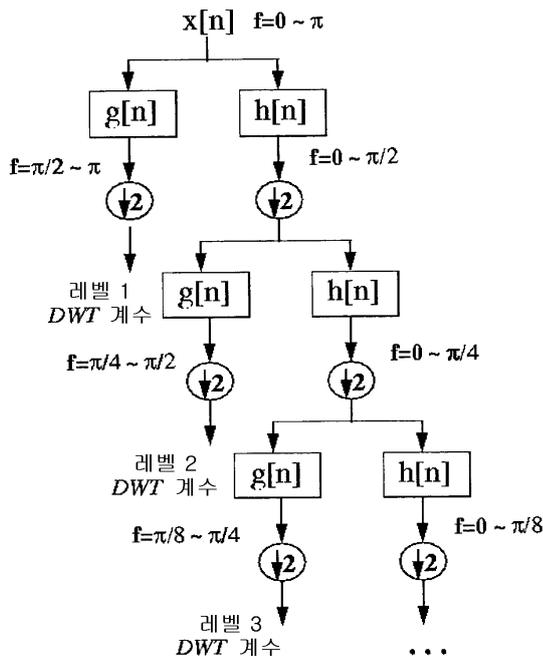
^a AFCI의 부하측에서 스위치가 닫힐 때 요구되는 클리어링 타임
^b 결함에서 AFCI가 닫힐 때 요구되는 클리어링 타임
^c 120V에서의 시험도 정격 전압 120V/240V의 AFCI를 코드하는데 적용할 수 있다

[0024]

[0025] 이 트립 시간을 만족시키기 위해, 할당된 트립 시간에서 사이클의 적어도 40%가 상술한 조건을 만족시킬 것이 요구된다. 예컨대, 5A에서, 1초에 60라인 사이클이 발생하고 $60 \times 0.4 = 24$ 라인 사이클이다. 따라서, 60 중 24 이상의 라인 사이클이 트립 조건을 만족시킬 때, 마이크로 컨트롤러(80)는 트립 신호 S_T 를 생성할 것이다.

[0026] 본 발명의 실시예는 제 1 또는 제 1 및 제 2 계수가 채용된 주어진 전류 부하의 크기가 15A로 설명되지만, 다른 크기가 주어진 전류 부하로서 사용될 수 있음이 이해된다.

[0027] 본 발명의 실시예에 따르면, 각 DWT는 그 존재의 기간에 걸쳐 0으로 수렴되는 유한 길이의 단파이다. 이하와 같이 이산 웨이브렛 상해 계수 및 근사 계수가 각 DWT로부터 얻어진다.



[0028]

[0029] 여기서, $x[n]$ =입력 신호, $g[n]$ =마더 웨이브렛으로부터의 고역 통과 디지털 필터, $h[n]$ =마더 웨이브렛으로부터의 저역 통과 디지털 필터.

- [0030] 이산 웨이브렛 상세 계수 및 근사 계수를 얻기 위해 DWT를 사용하는 것은 전류 신호 분석에 있어서 푸리에 변환(FT) 및 고속 푸리에 변환(FFT) 등의 다른 분석 툴에 비해 몇 가지 이점을 제공한다. 예컨대, DWT는 마더 웨이브렛과 전류 신호 사이의 상관의 정도를 제공한다. 또한, DWT는 특정한 주파수가 발생한 시간에 관해서 알릴 수 있고, 계산하기 보다 간단하고, 또한 제로 크로스 모멘트에서 특정한 주파수/패턴을 검색하게 함으로써, 병렬 및 직렬 아크의 특징을 나타내는 소멸/리스트라이크(re-strike) 이벤트의 검출을 가능하게 한다.
- [0031] 따라서, 마이크로 컨트롤러(80)가 아크 검출 동작에 DWT를 적용하면, 마이크로 컨트롤러(80)는 아크 방전과 연관될 수 있는 패턴 또는 서명을 식별하는 것, 그 패턴 또는 서명에 상대적으로 가깝게 상관이 있는 미리 정해진 마더 웨이브렛을 선택하는 것, 최적화된 신호 대 잡음비를 제공하는 아크 방전을 분석하기 위해 주파수 범위를 선택하는 것, 포커스 영역으로서의 파형의 부분을 선택하는 것, 파형의 선택된 부분에 대응하여 요구되는 윈도우 크기를 선택하는 것에 의해 작동할 수 있다.
- [0032] 이것을 고려하여, 주파수 범위가 93kHz 또는 그 이상으로 설정되고, 샘플링 주파수가 300kHz로 설정되고, 엔티앨리어싱(anti-aliasing) 필터가 적용되지 않은 경우에 “Daubechies10” 또는 “db10” 마더 웨이브렛이 아크 검출에 매우 적합한 것으로 알려져 있다. 아크 방전의 지표는 전류 신호의 제로 크로스 포인트에 놓이는 것도 알려져 있으므로, 샘플링이 시작되면 제로 크로스 포인트가 결정된다. 따라서, 300kHz의 샘플링 주파수에 대한 윈도우 크기가 25.3도로서 설정되고 아크의 리스트라이크 또는 소멸 이벤트 중 적어도 하나가 윈도우 내에 들어갈 것이다.
- [0033] 도 1을 계속 참조하면, 장치는 마이크로 컨트롤러(80)에 결합된 외기 온도 센서(60)를 더 포함할 수 있다. 외기 온도 센서(60)는 적어도 전류 감지 장치(10)의 외기 온도를 측정하고 측정치를 마이크로 컨트롤러(80)에 출력한다. 그러면 마이크로 컨트롤러(80)는 상술한 계산에서의 전류 감지 장치(10)의 모든 온도 변화를 보상할지 결정한다.
- [0034] 또한, 장치는 직렬 아크 시험 구성(71) 및 병렬 아크 시험 구성(72)을 포함하는 시험용 누름 스위치(70)를 더 포함할 수 있다. 시험용 누름 스위치(70)는 마이크로 컨트롤러(80)에 결합되고 로컬 또는 비로컬 규제에 따른 설치시에 조작자가 장치를 시험할 수 있게 한다.
- [0035] 마이크로 컨트롤러(80)는 그 분해 이전에 신호에 데드밴드(deadband)를 도입하도록 구성될 수 있다. 여기서, 데드밴드에 있는 모든 샘플링된 2차 신호는 0이 되고, 신호가 데드밴드 밖에 있으면, 2차 신호가 음의 값을 갖는지 또는 양의 값을 갖는지에 따라 데드밴드의 값이 빼지거나(subtracted) 더해진다(added). 따라서, 데드밴드는 아날로그-디지털(A/D) 비트 디더링에 대한 마이크로 컨트롤러(80)의 감도를 감소시키도록 구성된다.
- [0036] 장치는 2차 신호의 제로 크로스 인스턴스를 검출하여, 상술한 바와 같이 2차 신호를 이어서 분해하도록 마이크로 컨트롤러(80)에 명령하도록 구성된 검출 회로(100)를 더 포함한다. 이 실시예에서, 검출 회로(100)는 그 한 쪽에서 중립 전원에, 다른 쪽에서 마이크로 컨트롤러(80)의 입력에 결합된다.
- [0037] 도 3~도 6을 참조하여, 아크 결합 전류 차단(AFCI)을 행하는 방법이 설명될 것이다. 도 3에 나타난 바와 같이, 알고리즘이 개시되면(동작 100), 이어서 전류 감지 장치(10)에서 부하 전류의 감지가 일어나는 동안, 전류 감지 장치(10)와의 신호 통신에서 검출 유닛에 의한 감지된 부하 전류에 근거하여 생성된 2차 신호의 고주파 샘플링이 완료되었는지 여부에 대한 판정이 이루어진다(동작 200).
- [0038] 동작 200에서의 2차 신호의 고주파 샘플링이 도 4의 차단 처리 알고리즘에 따라 일어난다. 도시한 바와 같이, 차단 처리 알고리즘은 마이크로 컨트롤러(80)에서 전류 측정 유닛(50)에 의해 출력된 2차 신호에 근거하는 저주파 차단 신호의 수신으로 시작한다(동작 201). 이 단계에서, 2차 신호의 RMS 길이가 샘플링되었는지 판정되고(동작 202), RMS 길이가 샘플링되었다면, RMS의 값이 계산된다(동작 203). RMS의 값이 계산되면, 그 값은 아크 상태가 발생할 때 장치가 얼마나 빨리 트립할 필요가 있는지 판정하기 위해 사용된다. RMS 길이가 아직 샘플링되지 않았다면, 검출 회로(100)로부터의 입력이 수신되어(동작 204), 양의 제로 크로스가 일어났는지 판정된다(동작 205).
- [0039] 양의 제로 크로스가 일어나지 않았다면, 제어는 동작 204로 리턴한다. 그러나, 양의 제로 크로스가 일어났다면, 제로 크로스 샘플링을 위한 양의 제로 크로스에 대한 지연이 설정된다(동작 207). 이후, 동작 200의 고주파 샘플링이 유발된다.
- [0040] 다시 도 3을 참조하여, 2차 신호의 고주파 샘플링이 완료되지 않았다고 판정되면, 저주파에서 2차 신호가 샘플링되고(동작 300), 저주파 샘플링이 완료되었다고 판정되면, 저주파 샘플링된 신호의 이동 평균(rolling

average)이 계산된다(동작 500).

- [0041] 2차 신호의 고주파 샘플링이 완료되었고, 검출 회로(100)의 출력에 따라 제로 크로스가 샘플링되었다고 판정되면, 제로 크로스 이산 웨이브렛 상세 계수 및 근사 계수가 이동 평균으로부터 독립하여 계산된다(각각, 동작 410, 411). 반대로, 2차 신호의 고주파 샘플링이 완료되고, 제로 크로스가 샘플링되지 않았다고 판정되면, 제어는 동작 200으로 리턴한다.
- [0042] 여기서, 도 5를 참조하면, 도시된 이산 웨이브렛 알고리즘이 동작 410에서 채용된다. 도시한 바와 같이, 샘플링된 신호는 초기에, 각각 0으로 설정되는, 컨벌루션된 신호에 대한 인덱스를 말하는 OuterIndex, 상세 계수의 합의 절대값인 SumCD, 사용 중인 필터의 인덱스인 InnerIndex를 갖는 신호로서 정의된다.
- [0043] 우선, OuterIndex가 컨벌루션된 신호의 길이보다 작은지 판정된다. OuterIndex가 컨벌루션된 신호의 길이보다 작지 않다면, SumCD의 값은 0으로 리턴된다. 반대로, OuterIndex가 컨벌루션된 신호의 길이보다 작다면, 개별 상세 계수인 CD의 값은 0으로 설정되고, JumpIndex의 값은 컨벌루션된 신호에 2를 곱한 값으로 설정된다.
- [0044] 그 후, InnerIndex가 필터의 길이보다 작은지 판정된다. InnerIndex가 필터의 길이보다 작다면, CD의 값은 신호의 값에 CD의 값을 더한 값으로 설정된다. 여기서, 신호의 값은 필터의 값을 곱한 InnerIndex의 값에 JumpIndex를 더한 값이다. 이 처리는 InnerIndex가 필터의 길이보다 작지 않다고 판정될 때까지 반복된다. 이후, CD의 값은 CD의 절대값으로 설정되고 SumCD의 값은 CD의 값에 SumCD를 더한 값의 절대값으로 설정된다.
- [0045] 도 6을 참조하면, 다른 실시예에 따른 도시된 이산 웨이브렛 알고리즘이 동작 411에서 채용된다. 도시한 바와 같이, 우선 샘플링된 신호의 길이가 미리 정해진 길이에서 45를 뺀 것과 같은지 판정된다. 같다면, 컨벌루션된 신호에 대한 인덱스를 말하는 OuterIndex의 값, 근사 계수의 합의 절대값인 SumCA, 각각 근사 계수의 절대값의 제 1 및 제 2 세트의 합의 값인 FirstWindowSum 및 SecondWindowSum이 0으로 설정된다.
- [0046] 이후, OuterIndex의 값이 미리 정해진 신호 길이에서 45를 뺀 것보다 작은지 판정된다. 작지 않다면, Ratio의 값은 FirstWindowSum을 SecondWindowSum으로 나눈 값으로 설정된다. OuterIndex의 값이 미리 정해진 신호 길이에서 45를 뺀 것보다 작다면, CA의 값은 0으로 설정되고 JumpIndex의 값은 OuterIndex에 2를 곱한 값으로 설정된다.
- [0047] 그 후 InnerIndex의 값이 근사 필터의 길이보다 작은지 판정된다. 작다면, 신호의 값이 JumpIndex와 InnerIndex의 합과 곱해지는 경우와, 근사 필터의 값이 InnerIndex의 값과 곱해지는 경우, CA의 값은 근사 필터의 값을 곱한 신호의 값에 CA를 더한 값으로 설정된다. InnerIndex의 값이 근사 필터의 길이보다 작지 않다면, OuterIndex의 값이 제 1 윈도우의 종단(end)의 값보다 작은지 판정된다.
- [0048] OuterIndex의 값이 제 1 윈도우 종단의 값보다 작다면, FirstWindowSum의 값은 CA의 절대값에 FirstWindowSum을 더한 값으로 설정되고, OuterIndex의 값이 미리 정해진 신호 길이에서 45를 뺀 것보다 작은지 다시 판정된다. OuterIndex의 값이 제 1 윈도우 종단의 값보다 작지 않다면, OuterIndex의 값이 제 2 윈도우 종단의 값보다 작은지 판정된다. 여기서, OuterIndex의 값이 제 2 윈도우의 종단의 값보다 작지 않다면, OuterIndex의 값이 미리 정해진 신호 길이에서 45를 뺀 것보다 작은지 다시 판정된다. OuterIndex의 값이 제 2 윈도우의 종단의 값보다 작다면, SecondWindowSum의 값은 CA의 절대값에 SecondWindowSum을 더한 값으로 설정되고, OuterIndex의 값이 미리 정해진 신호 길이에서 45를 뺀 것보다 작은지 다시 판정된다.
- [0049] 다시 도 3을 참조하여, 상세 계수 및 근사 계수가 계산되면, 상술한 바와 같이, 모든 임계값 기준이 만족되었는지 판정된다(동작 600). 모든 임계값 기준이 만족되지 않았다면, 제어는 동작 200으로 리턴한다. 그러나, 모든 임계값 기준이 만족되었다면, 트립 신호 S_T 가 발행된다(동작 700).
- [0050] 본 발명의 실시예는 이들 처리를 실시하기 위해 컴퓨터로 실행되는 처리 및 장치의 형태로 구현될 수 있다. 본 발명은, 예컨대, 플로피디스크, CD-ROM, 하드드라이브, USB(범용 직렬 버스) 드라이버와 같은 유형적 표현 매체, 또는 랜덤 액세스 메모리(RAM), 리드 온리 메모리(RAM), 또는 소거 프로그램 가능 리드 온리 메모리(EPROM)와 같은 컴퓨터로 판독할 수 있는 다른 모든 기억 매체에 구현된 인스트럭션을 포함하는 컴퓨터 프로그램 코드를 갖는 컴퓨터 프로그램 제품의 형태로 구현될 수도 있으며, 컴퓨터 프로그램 코드가 컴퓨터에 의해 로딩되어 실행되면 컴퓨터는 본 발명을 실시하는 장치가 된다. 본 발명은, 예컨대, 기억 매체에 저장되고, 컴퓨터에 의해 로딩 및/또는 실행되고, 또는 광 파이버를 통하여 전기 배선 또는 케이블과 같은 몇몇 송신 매체를 거쳐서 또는 전자(電磁) 방사를 통해 송신되는 컴퓨터 프로그램 코드의 형태로 구현될 수도 있으며, 컴퓨터 프로그램 코드가 컴퓨터에 의해 로딩되어 실행되면 컴퓨터는 본 발명을 실시하는 장치가 된다. 범용 마이크로프로

로세서에서 실행되면, 컴퓨터 프로그램 코드 세그먼트는 마이크로프로세서가 특정한 논리 회로를 생성하도록 설정한다. 실행할 수 있는 인스트럭션의 기술적인 효과는 2차 신호를 수신하여 제 1 및 제 2 계수로 분해시키는 것과, 감지된 부하의 전류가 미리 정해진 임계값 아래이고 제 1 및 제 2 계수가 함께 트립 신호 생성에 대한 임계값 조건이 만족되는 것을 나타낼 때 또는 감지된 부하의 전류가 미리 정해진 임계값보다 높고 제 1 계수만이 임계값 조건이 만족되는 것을 나타낼 때 트립 신호를 생성하는 것이다.

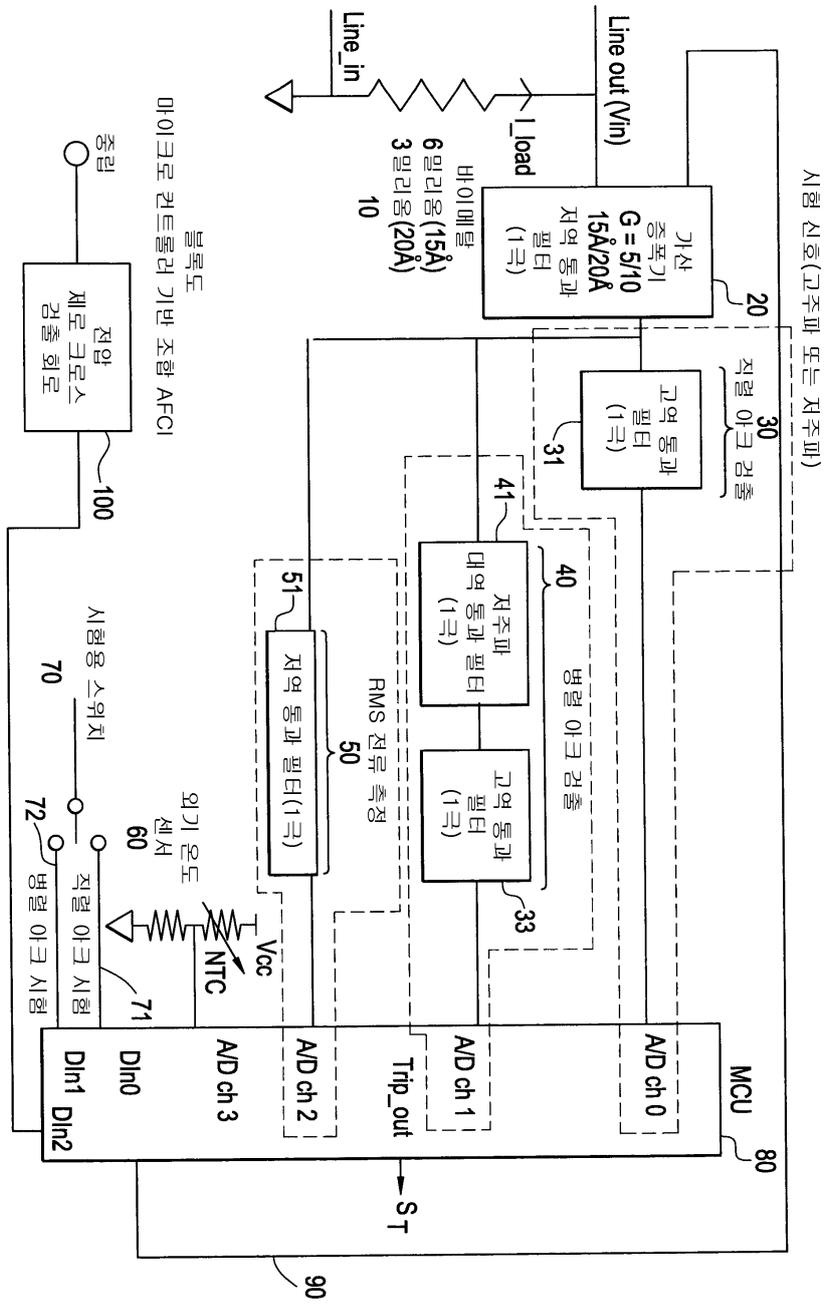
[0051] 본 명세서는 대표적인 실시예를 참조하여 기술되었지만, 본 명세서의 범위를 벗어나지 않고 다양한 변경이 이루어질 수 있고, 등가물이 그 요소와 치환될 수 있음이 당업자에 의해 이해될 것이다. 또한, 그 본질적 범위를 벗어나지 않고 본 명세서의 교시에 특정한 상황 또는 물질을 적용시키기 위해 여러 변형이 이루어질 수 있다. 따라서, 본 명세서는 본 명세서를 수행하기 위하여 고려된 최선의 형태로서 개시된 특정한 대표적인 실시예에 제한되지 않도록 의도되었고, 본 명세서는 첨부된 청구항의 범위에 포함되는 모든 실시예를 포함하도록 의도되었다.

도면의 간단한 설명

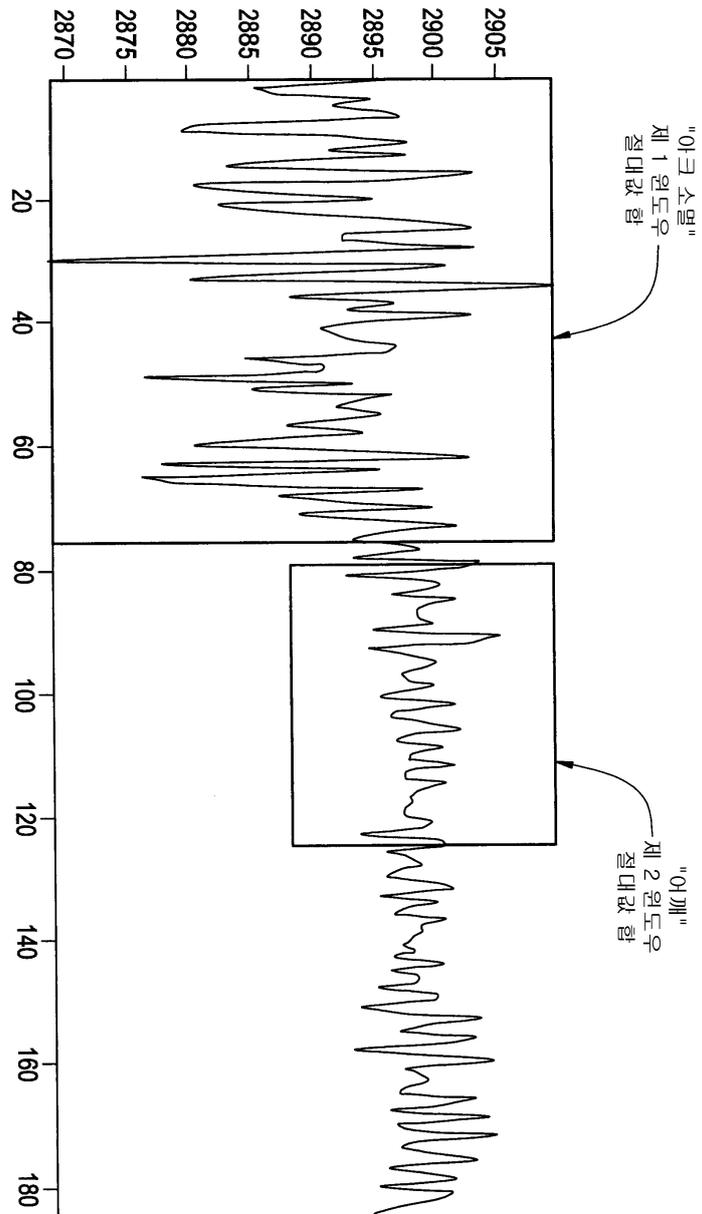
- [0052] 도 1은 마이크로 컨트롤러를 기반으로 한 아크 결합 전류 차단기의 조합의 개략도,
- [0053] 도 2는 도 1의 아크 결합 전류 차단기가 결합된 회로에서 감지된 부하의 전류에 근거한 신호의 그래프,
- [0054] 도 3은 트립 신호 발행 알고리즘의 흐름도,
- [0055] 도 4는 차단 처리 알고리즘을 나타내는 흐름도,
- [0056] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 이산 웨이브렛 계수 계산 알고리즘을 나타내는 흐름도,
- [0057] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 이산 웨이브렛 계수 계산 알고리즘을 나타내는 흐름도이다.

도면

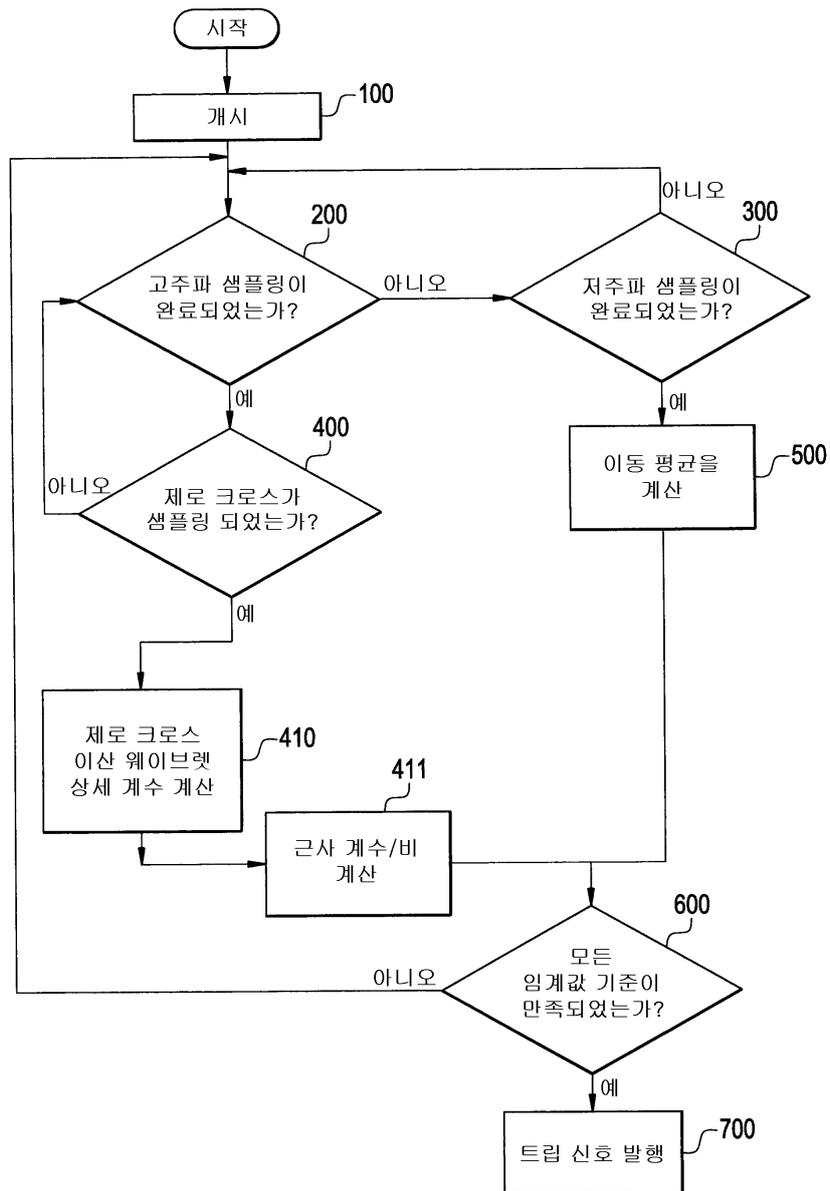
도면1



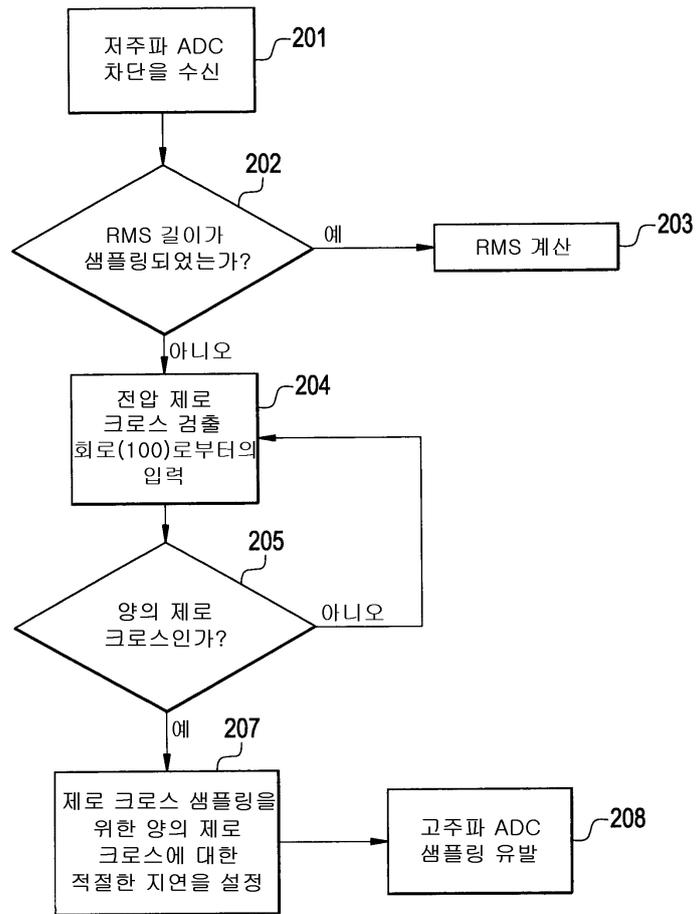
도면2



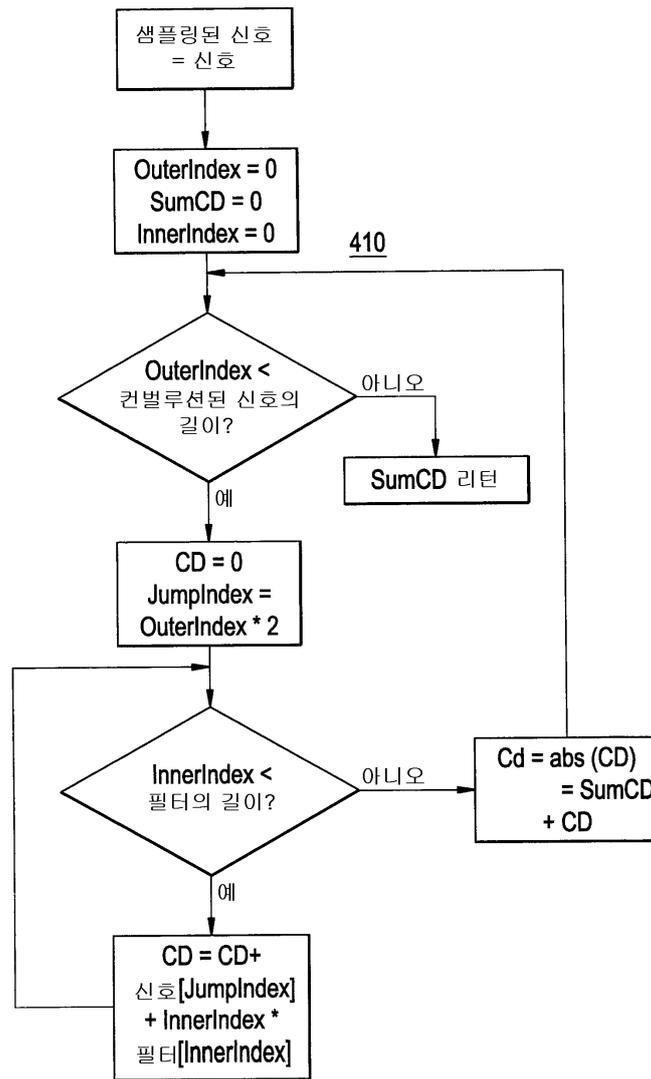
도면3



도면4



도면5



도면6

