



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0059918
(43) 공개일자 2017년05월31일

- | | |
|---|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02H 7/26 (2006.01) H02H 3/087 (2006.01)
H02H 3/093 (2006.01) H02H 7/28 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
H02H 7/268 (2013.01)
H02H 3/087 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2016-7029531</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2015년03월19일
심사청구일자 2016년10월24일</p> <p>(85) 번역문제출일자 2016년10월21일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/US2015/021565</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2015/143215
국제공개일자 2015년09월24일</p> <p>(30) 우선권주장
61/968,559 2014년03월21일 미국(US)
14/255,674 2014년04월17일 미국(US)</p> | <p>(71) 출원인
에이비비 슈바이쯔 아게
스위스 체하-5400 바덴 브라운 보베리 슈트라쎄 6</p> <p>(72) 발명자
치, 리
미국 27518 노스캐롤라이나 캐리 벤트베리 웨이 917
판, 주평
미국 27606 노스캐롤라이나 롤리 서던 크로스 애비뉴 5401</p> <p>(74) 대리인
장훈</p> |
|---|--|

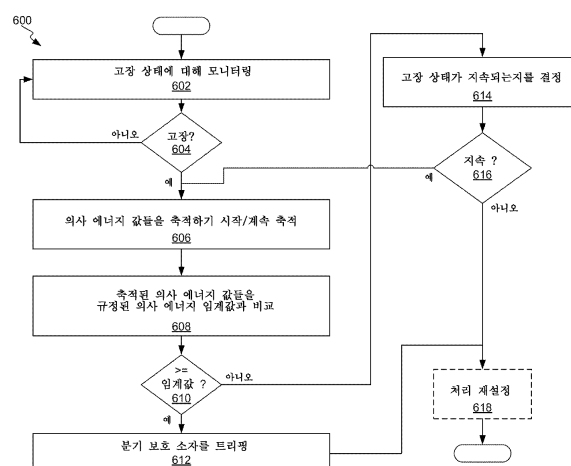
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 DC 배전 시스템들의 보호를 위한 방법 및 장치

(57) 요약

DC 배전 시스템 내의 상이한 위치들에서의 과도 전류 크기들 자체가 고장 위치의 신뢰할 만한 지표는 아니지만, 본원에서는 에너지 또는 의사 에너지 값들(pseudo energy values)을 축적하는 것이 고장 위치에서 보호 소자를 트리핑하기 위한 신뢰할 만한 기초를 제공하는 것으로 인식된다. 따라서, 본원의 개시내용들의 일 양태에서, 의사 에너지 값들은 하나 이상의 보호된 분기 회로들의 각각에 대해 고장 상태 동안 독립적으로 축적되고, 각각의 이러한 분기 회로에 대한 보호 소자는 축적된 의사 에너지 값들이 규정된 의사 에너지 임계값에 도달하는 것에 응답하여 트리핑된다. 의사 에너지 임계값들은 고장이 발견되는 분기 회로의 보호 소자가 먼저 트리핑하도록 규정된다.

대표도



(52) CPC특허분류

H02H 3/0935 (2013.01)

H02H 7/28 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

제어 장치에서 직류(DC) 배전 시스템에서의 분기 회로를 보호하는 방법에 있어서:

고장 상태가 상기 DC 배전 시스템에 존재한다고 결정하는 단계;

상기 분기 회로에 대한 전류를 반복적으로 샘플링하는 것에 기초하여, 상기 고장 상태가 지속되는 동안 의사 에너지 값들(pseudo energy values)을 축적하는 단계; 및

상기 축적된 의사 에너지 값들이 규정된 의사 에너지 임계값에 도달하는 것에 응답하여 상기 분기 회로에 대한 보호 소자를 트리핑(tripping)하는 단계를 포함하는, 직류 배전 시스템에서의 분기 회로 보호 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 의사 에너지 값들을 축적하는 단계는:

n 거듭제곱될 때, 현재 계산 간격에 대한 분기 전류 측정치 또는 추정치와 상기 n 거듭제곱될 때, 이전 계산 간격에 대한 분기 전류 측정치 또는 추정치 사이의 차를 결정하고;

상기 현재 계산 간격에 대한 상기 의사 에너지 값을 획득하기 위해, 상기 현재 계산 간격과 상기 이전 계산 간격 사이의 경과된 시간과 상기 차를 곱하고;

상기 현재 계산 간격에 대한 상기 의사 에너지 값을 실행 합계에 가산하는 것에 기초하여,

연속하는 계산 간격들에 걸쳐 상기 의사 에너지 값들을 축적하는 단계를 포함하는, 직류 배전 시스템에서의 분기 회로 보호 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 의사 에너지 값들이 축적되는 적어도 일부의 계산 간격들에서 상기 의사 에너지 값의 계산을 위해 분기 전류 측정치보다는 분기 전류 추정치를 이용하는 것에 기초하여, 상기 분기 전류를 샘플링하는데 이용되는 샘플링 레이트를 감소시키는 단계를 더 포함하는, 직류 배전 시스템에서의 분기 회로 보호 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 규정된 의사 에너지 임계값은 상기 DC 배전 시스템의 전기 구조 내의 상기 분기 회로의 위치에 따라 설정되는, 직류 배전 시스템에서의 분기 회로 보호 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 규정된 의사 에너지 임계값은 상이한 부하 값들에 대응하는 복수의 규정된 의사 에너지 임계값들 중 하나이고, 상기 방법은 상기 분기 회로의 사전-고장 부하 상태(pre-fault load condition)와 최상으로 매칭하는 상기 규정된 의사 에너지 임계값을 선택하는 것에 기초하여, 상기 복수의 규정된 의사 에너지 임계값들 중에서, 상기 보호 소자를 트리핑하기 위해 어떤 규정된 의사 에너지 임계값을 이용할지를 선택하는 단계를 더 포함하는, 직류 배전 시스템에서의 분기 회로 보호 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 고장 상태가 존재한다고 결정하는 단계는 분기 회로 전압 또는 전류로부터 또는 상기 분기 회로 전압 또는 전류의 유도체(derivative)로부터 상기 고장 상태를 검출하는 단계를 포함하는, 직류 배전 시스템에서의 분기 회로 보호 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 고장 상태를 지속할지를 결정하는 단계를 더 포함하고,

상기 고장 상태를 지속할지를 결정하는 단계는:

분기 전류가 고장 검출에 이용되는 전류 임계값보다 높은지의 여부; 및

분기 전압이 고장 검출에 이용되는 전압 임계값보다 낮은지의 여부; 중 적어도 하나를 반복적으로 결정하는 단계를 포함하는, 직류 배전 시스템에서의 분기 회로 보호 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 제어 장치에서 제어 입력을 수신하는 것, 상기 고장 상태가 더 이상 존재하지 않는다고 결정하는 것, 및 상기 보호 소자를 트리핑한 이후 규정된 시간 기간이 만료되었다는 결정과 조합하여 상기 고장 상태가 더 이상 존재하지 않는다고 결정하는 것, 중 적어도 하나에 응답하여 상기 보호 소자를 재설정하는 단계를 더 포함하는, 직류 배전 시스템에서의 분기 회로 보호 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 고장 상태가 지속되는 동안 상기 의사 에너지 값들을 추적하는 단계는 2 이상인 n 지수 거듭제곱된 분기 전류 측정치들 또는 추정치들에 기초하여 각각의 의사 에너지 값을 계산하는 단계를 포함하고, 상기 방법은, 상기 고장 상태가 존재한다는 상기 결정 후의 초기 시간 기간 동안 더 높은 지수 거듭제곱을 이용하고 후속 시간 기간 동안 더 낮은 지수 거듭제곱을 이용하는 것에 기초하여, 상기 지수 거듭제곱을 시간의 함수로서 변화시키는 단계를 더 포함하는, 직류 배전 시스템에서의 분기 회로 보호 방법.

청구항 10

직류(DC) 배전 시스템에서의 분기 회로를 보호하도록 구성된 제어 장치에 있어서:

상기 분기 회로에 대한 국부 측정치들을 획득하도록 구성된 인터페이스 회로; 및

처리 회로로서:

고장 상태가 상기 DC 배전 시스템에 존재한다고 결정하고;

상기 분기 회로에 대한 전류를 반복적으로 샘플링하는 것에 기초하여, 상기 고장 상태가 지속되는 동안 의사 에너지 값들을 추적하고;

상기 추적된 의사 에너지 값들이 규정된 의사 에너지 임계값에 도달하는 것에 응답하여 상기 분기 회로에 대한 보호 소자를 트리핑하도록 구성된 상기 처리 회로를 포함하는, 제어 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 제어 장치는 상기 DC 배전 시스템에서 둘 이상의 분기 회로들을 보호하도록 구성되고, 각각의 분기 회로는 각각의 보호 소자를 구비하고 각각 규정된 의사 에너지 임계값과 연관되고, 대응적으로, 상기 인터페이스 회로는 상기 둘 이상의 분기 회로들의 각각에 대한 측정치들을 획득하도록 구성되고 상기 처리 회로는 상기 둘 이상의 분기 회로들의 각각에 대한 의사 에너지 값들을 독립적으로 추적하고, 상기 주어진 분기 회로에 대한 상기 추적된 의사 에너지 값들이 상기 주어진 분기 회로의 상기 규정된 의사 에너지 임계값에 도달하는 것에 응답하여, 상기 둘 이상의 분기 회로들 중 임의의 주어진 하나의 상기 각각의 보호 소자를 독립적으로 트리핑하도록

구성되는, 제어 장치.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 처리 회로는:

n 거듭제곱될 때, 현재 계산 간격에 대한 분기 전류 측정치 또는 추정치와 상기 n 거듭제곱될 때, 이전 계산 간격에 대한 분기 전류 측정치 또는 추정치 사이의 차를 결정하고;

상기 현재 계산 간격에 대한 의사 에너지 값을 획득하기 위해, 상기 현재 계산 간격과 상기 이전 계산 간격 사이의 경과된 시간과 상기 차를 곱하고;

상기 현재 계산 간격에 대한 상기 의사 에너지 값을 실행 합계에 가산하도록; 구성되는 것을 포함하여, 연속하는 계산 간격들에 걸쳐 상기 의사 에너지 값들을 축적하도록 구성되는 것에 기초하여 상기 의사 에너지 값들을 축적하도록 구성되는, 제어 장치.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 처리 회로는, 상기 의사 에너지 값들이 축적되는 적어도 일부의 계산 간격들에서 상기 의사 에너지 값의 계산을 위해 분기 전류 측정치보다는 분기 전류 추정치를 이용하는 것에 기초하여, 상기 분기 전류를 샘플링하는데 이용되는 샘플링 레이트를 감소시키도록 구성되는, 제어 장치.

청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 규정된 의사 에너지 임계값은 상기 DC 배전 시스템의 전기 구조 내의 상기 분기 회로의 위치에 따라 설정되는, 제어 장치.

청구항 15

제 10 항에 있어서,

상기 규정된 의사 에너지 임계값은 상이한 부하 값들에 대응하는 복수의 규정된 의사 에너지 임계값들 중 하나이고, 상기 처리 회로는, 상기 분기 회로의 사전-고장 부하 상태와 최상으로 매칭하는 상기 규정된 의사 에너지 임계값을 선택하는 것에 기초하여, 상기 복수의 규정된 의사 에너지 임계값들 중에서, 상기 보호 소자를 트리pping 하기 위해 어떤 규정된 의사 에너지 임계값을 이용할지를 선택하도록 구성되는, 제어 장치.

청구항 16

제 10 항에 있어서,

상기 처리 회로는 분기 회로 전압 또는 전류로부터 또는 상기 분기 회로 전압 또는 전류의 유도체로부터 상기 고장 상태를 검출하도록 구성되는 것에 기초하여, 상기 고장 상태가 존재한다고 결정하도록 구성되는, 제어 장치.

청구항 17

제 10 항에 있어서,

상기 처리 회로는:

분기 전류가 고장 검출에 이용되는 전류 임계값보다 높은지의 여부; 및

분기 전압이 고장 검출에 이용되는 전압 임계값보다 낮은지의 여부; 중 적어도 하나를 반복적으로 결정하도록 구성되는 것에 기초하여, 상기 고장 상태를 지속할지를 결정하도록 구성되는, 제어 장치.

청구항 18

제 10 항에 있어서,

상기 처리 회로는 상기 제어 장치에서 수신된 제어 입력, 상기 고장 상태가 더 이상 존재하지 않는다는 결정, 및 상기 보호 소자를 트리핑한 이후 규정된 시간 기간이 만료되었다는 결정과 조합하여 상기 고장 상태가 더 이상 존재하지 않는다는 결정, 중 적어도 하나에 응답하여 상기 보호 소자를 재설정하도록 구성되는, 제어 장치.

청구항 19

제 10 항에 있어서,

상기 제어 장치 및 상기 보호 소자는 보호 디바이스로서 함께 일체화되는, 제어 장치.

청구항 20

제 10 항에 있어서,

상기 고장 상태가 지속되는 동안 상기 의사 에너지 값들을 추적하기 위해, 상기 처리 회로는:

2 이상인 n 지수 거듭제곱된 분기 전류 측정치들 또는 추정치들에 기초하여 각각의 의사 에너지 값을 계산하고;

상기 고장 상태가 존재한다는 상기 결정 후의 초기 시간 기간 동안 더 높은 지수 거듭제곱을 이용하고, 후속 시간 기간 동안 더 낮은 지수 거듭제곱을 이용하는 것에 기초하여, 상기 지수 거듭제곱을 시간의 함수로서 변화시키도록 구성되는, 제어 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 직류(DC) 배전 시스템들에 관한 것이고 특히 DC 배전 시스템 내의 분기(branch)들을 보호하는 것에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전력 전자 스위치들의 에너지 및 전력 밀도들에서의 최근 개선들은 DC 전력 시스템들의 배치 및 동작을 용이하게 하는 개발들 중에 있다. DC 배전 시스템들은 특정 응용들에서 - 특정 형태들의 산업 플랜트들에서와 같이 - 오래 이용되어 왔지만, 선상 전력 시스템들, 태양광 및 다른 종류의 재생 가능한 에너지 발전 시스템들을 포함하여, 다양한 분야에서 새롭고 확장된 사용을 찾고 있다.

[0003] DC 배전 시스템들이 이러한 맥락들에서 전력 생성 및/또는 변환과 증가된 효율성에 필요한 기기의 양 또는 종류들의 감소들을 포함한 다수의 이점들을 제공하지만, 이들은 또한 다수의 도전과제들을 제공한다. 예를 들면, 본원에서는 DC 배전 시스템에서 고장들의 위치를 결정하는 것에 대하여 도전과제들이 발생하는 것으로 인식된다. 이들 도전과제들의 일 양태에서, 방사상 DC 배전 시스템들 내의 상이한 분기들에서의 및 상이한 버스들 상에서의 정상-상태 고장 전류들은 낮은 회로 임피던스들의 결과로서 상당히 유사할 수 있다. 또한, 전류 유도체들에 의존하는 고장 위치확인 기술들은 DC 배전 시스템들에서 신뢰할 수 없는데, 예를 들면, 분기들 사이의 RLC 차들 및 시스템에서의 다양한 위치들에 에너지 저장 디바이스들 또는 다른 에너지 리소스들이 존재하는 결과로서, 상이한 분기들이 상이한 과도 전류 파형들을 경험하기 때문이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 직류(DC) 배전 시스템 내의 상이한 위치들에서의 과도 전류 크기들 자체가 고장 위치의 신뢰할 만한 지표는 아니지만, 본원에서는 에너지 또는 의사 에너지 값들을 추적하는 것이 고장 위치에서 보호 소자를 트리핑하기 위한 신뢰할 만한 기초를 제공하는 것으로 인식된다. 따라서, 본원의 개시내용들의 일 양태에서, 의사 에너지 값들은 하나 이상의 보호된 분기 회로들의 각각에 대해 고장 상태 동안 독립적으로 추적되고, 각각의 이러한 분기 회로에 대한 보호 소자는 추적된 의사 에너지 값들이 규정된 의사 에너지 임계값에 도달하는 것에 응답하여 트리핑된다. 의사 에너지 임계값들은 고장이 발견되는 분기 회로의 보호 소자가 먼저 트리핑하도록 규정된다.

과제의 해결 수단

[0005] 일례에서, DC 배전 시스템에서의 분기 회로를 보호하는 방법이 제어 장치에서 구현된다. 상기 방법은 고장 상태가 DC 배전 시스템에 존재한다고 결정하는 단계 및 분기 회로에 대한 전류를 반복적으로 샘플링하는 것에 기초하여, 고장 상태가 지속되는 동안 의사 에너지 값들(pseudo energy values)을 축적하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한, 축적된 의사 에너지 값들이 규정된 의사 에너지 임계값에 도달하는 것에 응답하여 분기 회로에 대한 보호 소자를 트리pping하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 각각의 분기 회로 위치에 대해 의사 에너지가 독립적으로 축적되는 DC 배전 시스템에서의 복수의 분기 회로들에 적용될 수 있다. 이러한 방식들에서, 고장에 직접 관련된 분기 회로에 대한 보호 소자가 일반적으로 먼저 트리pping할 것이며, 이는 소스들이 대부분의 과도 전류들을 고장 위치에 제공(contribute)함에 따라 의사 에너지가 고장 지점에서 더 빠르게 축적될 것이기 때문이다.

[0006] 다른 예로서, 제어 장치가 DC 배전 시스템에서의 분기 회로를 보호하도록 구성된다. 제어 장치는 분기 회로에 대한 국부 측정치들을 획득하도록 구성된 인터페이스 회로, 및 고장 상태가 DC 배전 시스템에 존재하는 것을 결정하도록 구성된 처리 회로를 포함한다. 처리 회로는 또한, 분기 회로에 대한 전류를 반복적으로 샘플링하는 것에 기초하여, 고장 상태가 지속되는 동안 의사 에너지 값들을 축적하고, 축적된 의사 에너지 값들이 규정된 의사 에너지 임계값에 도달하는 것에 응답하여 분기 회로에 대한 보호 소자를 트리pping하도록 구성된다.

[0007] 물론, 본 발명은 상기 특징들 및 이점들에 제한되지 않는다. 본 기술 분야의 통상의 기술자들은 다음의 상세한 기술을 읽고 첨부 도면을 볼 때 부가의 특징들 및 이점들을 인식할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 DC 배전 시스템 내의 하나 이상의 분기 회로들을 보호하기 위해 본원에서 고려되는 제어 장치들의 예시적 배치를 포함하는 DC 배전 시스템의 일 실시예의 블록도.

도 2는 다른 예시적 제어 장치 배치를 포함하는 DC 배전 시스템의 다른 실시예의 블록도.

도 3은 DC 배전 시스템에서의 분기 회로의 보호를 위해 구성된 제어 배치의 다른 실시예의 블록도.

도 4는 DC 배전 시스템 내의 고장에 직접 관련된 제 1 분기 회로 및 고장으로부터 원격에 있는 시스템에서의 제 2 분기 회로에 대한 전류들의 예시도.

도 5는 제어 배치의 일 실시예에서 구현되는 예시적 처리 회로에 대한 블록도.

도 6은 DC 배전 시스템에서의 분기 회로의 보호를 보호하는 방법의 일 실시예의 논리 흐름도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 도 1은 간단히 시스템 또는 그리드(10)로 칭해지는 직류(DC) 배전 시스템(10)을 도시한다. 시스템(10)은 다수의 분기 회로들(12)을 포함하고 다수의 부하들(14)에 전력을 제공한다. 도시된 예에서, 시스템(10)은 다수의 버스들(16)을 포함하며, 다수의 버스들(16)은 업스트림 버스(16)가 분기 회로(12)를 통해 다운스트림 버스(16)에 전력을 공급한다는 점에서 계층적인 것으로 이해될 수 있다. 도시되지 않았지만, 시스템(10)은 전송 시스템에 연결된 서브스테이션을 통해서와 같이, 공급 시스템 또는 네트워크로부터 전력을 수신한다.

[0010] 다양한 분기 회로들(12)은 보호 소자들(20)을 포함하고, 보호 소자들(20)은 비제한적 관점에서 보호 스위치들로서 동작되는 퓨즈들, 기계식 스위치들 또는 전력-전자 디바이스들일 수 있다. 이들 보호 소자들(20) 중 적어도 일부는 제어 장치들(22)과 연관되고 이에 의해 제어되며, 제어 장치들(22)은 본원의 개시내용들에 따라, 본원에 개시된 "의사 에너지(pseudo energy)" 측정치들에 기초하여 보호 소자들(20)을 트리pping하거나 활성화하도록 구성된다. 용어 "의사 에너지"는 제어 장치들(22)이 적어도 에너지형 측정들을 수행한다는 사실을 강조하지만, 이들 측정치들은 엄격한 에너지 계산이 아니도록 단순화될 수 있다.

[0011] 예를 들면, 의사 에너지는 단위, 즉 $R = 1$ 의 고장-전류 저항 값을 가정함으로써 단순화되는 전력 계산들로부터 산출된다. 부가적으로 또는 대안적으로, 의사 에너지 계산들은 전력의 계산과 연관된 제공된 전류 값보다, 측정된 전류의 세제곱 이상의 값들을 이용한다. 중요하게, 본원에 개시된 의사 에너지 측정치들은 시스템(10) 내의 다운스트림 커패시터들로부터 방전 전류들을 캡처하며, 이것은 시스템(10)에서의 상이한 위치들에서의 고장 전류 크기들의 차들이 이들 상이한 위치들에 대해 축적된 의사 에너지 값들에 의해 강조되고(accentuated), 상이한 위치들에서의 시간 상수들의 차들이 매끄러워짐을 의미한다.

[0012] 예를 들면, 제 1 분기 회로(12)는 분기 회로(12-1)로 표시되고, 제 1 제어 장치(22-1)와 연관되는 제 1 보호 소자(20-1)를 포함한다. 제 2 분기 회로(12-2)는 시스템(10)의 전기 구조 또는 토폴로지의 관점에서 제 1 분기 회

로(12-1)로부터 다운스트림이고, 제 2 제어 장치(22-2)와 연관되는 제 2 보호 소자(20-2)를 포함한다. 유사하게, 제 3 분기 회로(12-3)는 제 2 분기 회로(12-2)로부터 다운스트림이고, 제 3 제어 장치(22-3)와 연관되는 제 3 보호 소자(20-3)를 포함한다.

[0013] 명확성을 위해 접미사들이 필요하지 않으면, 참조 번호 "22"는 단수의 임의의 주어진 제어 장치(22)를 또는 복수의 의미의 다중 제어 장치들(22)을 지칭하기 위해 이용된다. 상기 방식은 분기 회로들(12)에 및 보호 소자들(20)에 이용된다.

[0014] 예시적 실시예에서 각각의 제어 장치(22)는 인터페이스 회로(24), 처리 회로(26) 및 저장 디바이스 또는 회로(28)를 포함한다. 저장 디바이스(28)는, 적어도 인스톨을 위한 셋업 후에 구성 데이터(30)를 저장하는 컴퓨터-판독 가능한 매체를 포함한다. 예시적 디바이스들은 FLASH 및/또는 EEPROM을 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 또한, 처리 회로(26)가 컴퓨터 프로그램 명령들의 실행을 통해 프로그래밍으로 구성되는 디지털 처리 회로를 포함하는 실시예들에서, 저장 디바이스(28)는 컴퓨터 프로그램(32)을 저장하고, 그 실행은 본원에 개시된 처리 알고리즘들을 실행하는 처리 회로(26)로서 마이크로프로세서 또는 다른 디지털 처리기를 특별히 구성한다. 그러나, 대체로, 처리 회로(26)는 고정 회로, 프로그래밍된 회로, 또는 둘다의 혼합을 포함할 수 있다.

[0015] 도 2는, 주어진 제어 장치(22)가 하나보다 많은 보호 소자(20)에 연결되고 다중 보호 소자들(20)에 대응하는 개별 분기 회로들(12)에 대해 모니터링을 수행하고 제어하도록 구성된 다른 실시예를 도시한다. 따라서 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 제어 장치(22)는 다중 분기 회로들(12)과 연관되고 이들 분기 회로들(12)의 각각에 보호-소자 제어를 제공한다. 그러한 점에서, 제어 장치(22)의 "중앙 집중식(centralized)" 버전에 의해 수행되는 고장 검출 및 제어 동작들은 여전히 각각 연관된 분기 회로(12)에 대해 독립적으로 수행될 수 있다 - 예를 들면, 제어 장치(22)의 중앙 집중식 버전은 그것이 모니터링하는 각각의 분기 회로(12)에 대해 독립적으로 고장 검출 처리를 수행한다.

[0016] 대안적 실시예에서, 도 3에 의해 제안된 바와 같이, 제어 장치(22)는 단일 분기 회로(12)와 연관되고 그 분기 회로(12)에 대한 보호 소자(20)만을 제어할 수 있다. 적어도 하나의 이러한 실시예에서, 제어 장치(22) 및 보호 소자(20)는 보호 디바이스(34)에 함께 일체화된다. 이러한 보호 디바이스(34)는, 예를 들면, 타겟 분기 회로(12) 내에서 인스톨을 위해 구성되고 타겟 분기 회로(12)에 대한 독립형 보호 스위치로서 동작한다.

[0017] 그러나, 제어 시스템(22)은 도 1의 예시적 시스템(10)에 도시된 전기 구조 또는 토폴로지에 제한되지 않는다. 명확하게 도시되지 않은 다른 예에서, 시스템(10)은 적어도, DC 버스들(16)이 스위치들 또는 변환기들을 통해 상호접속되는 섬형들(islands)인 "링(ring)" 토폴로지를 가진다. 각각의 섬은 부하들(14)에 전력을 공급하거나 다른 DC 버스들(16)에 연결하는 다중 분기 회로들(12)을 가질 수 있다. 이러한 전기 구조의 맥락 내에서, 본원에서 고려되는 제어 장치들(22)은, 예를 들면 링 내에서 DC 버스들(16)을 상호접속하는 스위치들 또는 변환기들을 제어함으로써, 링 내의 DC 섬들을 보호하도록 구성될 수 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 주어진 제어 장치들(22)은 임의의 하나 이상의 버스들(16)로부터 개별 분기 회로들(12)을 보호하기 위해 이용될 수 있다.

[0018] 이들 예들을 염두하여, 본원의 개시내용들에 따른 제어 장치(22)는 DC 배전 시스템에서, 예를 들면 시스템(10)에서, 분기 회로(12)를 보호하도록 구성된다. 예시적 실시예의 제어 장치(22)는 상술된 인터페이스 회로(24) 및 처리 회로(26)를 포함한다. 인터페이스 회로(24)는 분기 회로(12)에 대한 국부 측정치들, 예를 들면, 분기 회로(12)에 대한 분기 전압 및/또는 분기 전류 측정치들 및/또는 분기 전압 또는 전류 유도체들을 획득하도록 구성된다.

[0019] 이들 측정치들은 제어 장치들(22-1, 22-2 및 22-3)과 그들 각각의 분기 회로들(12-1, 12-2 및 12-3) 사이에 도시된 점선들에 의해 제안된다. 이 점에서 인터페이스 회로(24)는 분기 회로(12)에 대한 전압 및/또는 전류 측정치들을 획득하기 위해, 필터들, 버퍼들, 증폭기들 및 디지털라이저들(digitizers), 또는 필요에 따라 다른 회로들을 포함하는 것으로 이해될 것이다.

[0020] 차례로, 처리 회로(26)는 DC 배전 시스템에서 고장 상태가 존재한다고 결정하고, 고장 상태가 지속되는 동안 의사 에너지 값들을 추적하고, 추적된 의사 에너지 값들이 규정된 의사 에너지 임계값에 도달하는 것에 응답하여 분기 회로(12)에 대한 보호 소자(20)를 트리pping하도록 구성된다. 이러한 맥락에서, 의사 에너지 값들은 분기 회로(12)에 대한 전류를 반복적으로 샘플링하도록 구성되는 처리 회로(26)에 기초하여 추적된다.

[0021] "의사 에너지" 의미를 이해하기 위해, 에너지, E는

[0022] $E = \text{전력} \times \text{시간}$

- [0023] 과 같이 고전적으로 표현되고, 실제 전력, P는
- [0024] $P = VI = I^2 R$
- [0025] 로 표현되고, 여기서 V = 전압, I = 전류 및 R = 저항이다. 본원에 개시된 의사 에너지 계산의 일 구현에서, 제어 장치(22)는 R에 대해 단위 값, 즉 R = 1을 가정한다. 이 가정은 단락 회로 고장 지점의 저항이 낮다는 인식을 반영한다. 의사 에너지 계산들은 또한, 전류의 제곱보다 전류의 세제곱(또는 더 높은 거듭제곱 지수들)을 이용할 수 있다. 특히, 이들 더 높은-거듭제곱 전류 값들의 이용은 단락 회로 고장에 직접 관련되는 분기 회로(12)와 고장에 직접 관련되지 않은 분기 회로(12), 즉 고장으로부터 원격인 분기 회로(12) 사이의 고장 전류 크기들의 차를 강조하도록 도울 수 있다.
- [0026] 전류 크기 차를 더욱 강조하기 위해, 의사 에너지의 차수는 일정할 수 있거나 시간 종속 변수일 수 있다. 예를 들면, 초기 과도 기간, 최대 1 내지 2 밀리초, 동안 세제곱 이상을 이용한 다음, 나머지 고장 기간 또는 규정된 시간 기간 동안 제곱을 이용하여 계산될 수 있다. 따라서, 하나 이상의 실시예들에서, 고장 상태가 지속되는 동안 의사 에너지 값들을 축적하기 위해, 처리 회로(26)는 2 이상인 n 지수 거듭제곱된 분기 전류 측정치들 또는 추정치들에 기초하여 각각의 의사 에너지 값을 계산하고, 지수 거듭제곱을 시간의 함수로서 변화시키도록 구성된다. 예를 들면, 처리 회로(26)는 고장 상태가 존재한다는 결정 후의 초기 시간 기간 동안 더 높은 지수 거듭제곱을 이용하고, 후속 시간 기간 동안 더 낮은 지수 거듭제곱을 이용하도록 구성된다.
- [0027] 주어진 분기 회로(12)에 대한 트리핑 제어 동작을 그 분기 회로(12)에 축적된 의사 에너지에 결부함에 의해, 트리핑을 트리거하는데 이용되는 의사 에너지 임계값을 올바르게 설정함으로써, 영향을 받은 분기 회로(12) - 즉, 고장에 직접 관련된 분기 회로(12) - 에서의 보호 소자(20)는 고장에 직접 관련되지 않은 분기 회로들(12) 내의 동일-제어된 보호 소자들(20)에 앞서 트리핑할 것이다. 원하는 동작을 획득하기 위해, 본원의 하나 이상의 실시예들에서, 각각 주어진 분기 회로(12)를 보호하는데 이용되는 규정된 의사 에너지 임계값은 시스템(10)의 전기 구조 내의 그 분기 회로(12)의 위치 또는 장소에 따라 구성된다.
- [0028] 이러한 세부사항들은 시스템(10)에서의 상이한 분기 회로들(12)에서 보여진 고장 전류들의 차가 분기 전류를 변환함으로써 확대되거나, 제공되거나, 그렇지 않으면, 분기 회로(12)가 단위-없는 에너지, $\int i^2 dt$ 로 보호될 수 있다는 본원의 유익한 인식을 반영한다. 이러한 단위없는 에너지 값은 상이한 고장 위치들을 효과적으로 구별하고 따라서 분산된 보호 메커니즘 - 즉, 분산된 보호 소자들(20) 및 대응하는 제어 장치들(22) - 이 고장에 직접 관련되는 분기 회로(12)에서의 보호 소자(20)를 신뢰할 수 있게 트리핑하는 것을 가능하게 한다.
- [0029] 더욱 상세하게, 하나 이상의 실시예들에서, 고장 상태가 존재한다고 결정할 때 및 고장 상태가 지속되는 동안, 주어진 제어 장치(22)의 처리 회로(26)는, (a) 분기 회로에 대한 전류를 반복적으로 샘플링하는 것에 기초하여, 고장 상태가 지속되는 동안 의사 에너지 값들을 축적하고, (b) 축적된 의사 에너지 값들이 규정된 의사 에너지 임계값에 도달하는 것에 응답하여 분기 회로(12)에 대한 보호 소자를 트리핑하도록 구성되는 것에 기초하여, 분기 회로(12)에 대한 의사 에너지 값들을 축적하도록 구성된다.
- [0030] 일 실시예에서, 의사 에너지 값들을 축적하는 단계는 연속 계산 간격들에 걸쳐 의사 에너지 값들을 축적하는 단계를 포함한다. 이러한 축적 처리는, (a) n 거듭제곱될 때, 현재 계산 간격에 대한 분기 전류 측정치 또는 추정치와 n 거듭제곱될 때, 이전 계산 간격에 대한 분기 전류 측정치 또는 추정치 사이의 차를 결정하고, (b) 현재 계산 간격에 대한 의사 에너지 값을 획득하기 위해, 현재 계산 간격과 이전 계산 간격 사이의 경과된 시간과 상기 차를 곱하고, (c) 현재 계산 간격에 대한 의사 에너지 값을 실행 합계에 가산하도록 구성되는 처리 회로(26)에 기초한다.
- [0031] 상기 또는 다른 실시예들에서, 처리 회로(26)는, 의사 에너지 값들이 축적되는 적어도 일부의 계산 간격들에서 의사 에너지 값의 계산을 위해 분기 전류 측정치보다는 분기 전류 추정치를 이용하는 것에 기초하여, 분기 전류를 샘플링하는데 이용되는 샘플링 레이트를 감소시키도록 구성된다. 예를 들면, 하나 거른 계산 간격은 예를 들면 이전의 실제 측정으로부터 추정하는 것과 같이, 분기 회로 전류의 추정치를 이용한다.
- [0032] 적어도 일부의 실시예들에서, 규정된 의사 에너지 임계값은 시스템(10)의 전기 구조 내의 분기 회로(12)의 위치에 따라 - 예를 들면, 시스템(10) 내의 분기 회로(12)와 연관된 RLC 파라미터들의 함수로서 - 설정된다. 또한, 하나 이상의 실시예들에서, 모니터링된 분기 회로(12)에서의 보호 소자(20)의 트리핑을 제어하기 위한 주어진 제어 장치(22)에 의해 이용되는 규정된 의사 에너지 임계값은 상이한 부하 전류 값들에 대응하는 복수의 규정된 의사 에너지 임계값들 중 하나이다.

- [0033] 이러한 실시예들에서, 주어진 제어 장치(22)의 처리 회로(26)는, 분기 회로(12)의 사전-고장 부하 상태와 최상으로 매칭하는 규정된 의사 에너지 임계값을 선택하는 것에 기초하여, 복수의 규정된 의사 에너지 임계값들 중 으로부터, 보호 소자(20)를 트리pping하기 위해 어떤 규정된 의사 에너지 임계값을 이용할지를 선택하도록 구성된다. 즉, 분기 회로(12)의 과도 고장 전류의 크기 및/또는 다른 파라미터들이 분기 회로(12)의 사전-고장 전류의 함수이기 때문에, 제어 장치(22)는 분기 회로(12)의 사전-고장 부하 상태들의 함수로서, 트리pping 제어에 이용되는 규정된 의사 에너지 임계값을 조정한다.
- [0034] 또한, 주지된 바와 같이, 처리 회로(26)는 고장 상태가 존재하는 것을 검출할 때까지 의사 에너지를 축적하는 것을 시작하지 않는다. 대응적으로, 하나 이상의 실시예들에서, 처리 회로(26)는, 분기 회로 전압 또는 전류로부터 또는 분기 회로 전압 또는 전류의 유도체로부터 고장 상태를 검출하도록 구성되는 것에 기초하여, 고장 상태가 존재한다고 결정하도록 구성된다. 또한, 하나 이상의 실시예들에서, 처리 회로(26)는, 분기 전류가 고장 검출에 이용되는 전류 임계값보다 높은지의 여부; 및 분기 전압이 고장 검출에 이용되는 전압 임계값보다 낮은지의 여부 중 적어도 하나를 반복적으로 결정하도록 구성되는 것에 기초하여, 고장 상태가 지속하는지를 결정하도록 구성된다. 임의의 또는 모든 이러한 측정치들은 보호 동작을 위해 필터링될 수 있거나 또는 응답 시간 제한들에 따라 제어 안정성에 적격이 될 수 있다.
- [0035] 상기 또는 다른 실시예들에서, 처리 회로(26)는, 제어 장치(22)에서 수신된 제어 입력, 고장 상태가 더 이상 존재하지 않는다는 결정, 및 보호 소자(20)를 트리pping한 이후 규정된 시간 기간이 만료되었다는 결정과 조합하여 고장 상태가 더 이상 존재하지 않는다는 결정 중 적어도 하나에 응답하여 보호 소자(20)를 재설정하도록 구성된다. 여기서, 제어 입력은 제어 장치(22)와의 시그널링 링크를 갖는 높은-수준의 관리 제어기로부터, 예를 들면 인터페이스 회로(24)에 포함되는 시그널링 회로를 통해, 나올 수 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 제어 입력은 자격 있는 사용자, 예를 들면 시스템(10)의 소유주와 연관된 유지 보수인으로부터 수동 입력될 수 있다.
- [0036] 또한, 이전에 주지한 바와 같이, 일부 실시예들에서, 주어진 제어 장치(22) 및 주어진 보호 소자(20)는 예를 들면 도 3에 도시된 것과 같은 통합 보호 디바이스(34)를 형성하기 위해 함께 일체화될 수 있다. 이러한 실시예들에서 제어 장치(22)에 의해 이용되는 규정된 의사 에너지 임계값(들)은 상술된 구성 데이터(30)의 일부를 포함하는 미리 규정된 값들로서 제어 장치(22)에 로딩될 수 있거나 또는 제어 장치(22)에 구성될 수 있음을 이해할 것이다. 이러한 값들은 이슈가 있는 특정 분기 회로(12)에 대해 또는 적어도 시스템(10)의 전체 전기 구조내의 분기 회로(12)의 일반적인 위치에 대해 시스템(10)의 전기 특성들의 관점에서 계산되거나 설정될 수 있다.
- [0037] 또한, 적어도 일부의 실시예들에서, 제어 장치(22)는 필드 구성 공정 또는 다른 사후-제조 공정을 지원하고, 여기서 보호 제어를 위해 제어 장치(22)에 의해 이용되는 규정된 의사 에너지 임계값(들)은 랩탑 또는 다른 프로그래밍 디바이스를 통해 제어 장치(22)에 로딩된다. 이러한 동작들은 잠금들 또는 다른 변경-방지 물리적 특징들에 의해 제한될 수 있고 및/또는 암호화, 독점적 시그널링 프로토콜들, 또는 통신 보안을 위한 알려진 다른 메커니즘들을 이용하여 제한될 수 있다.
- [0038] 어떠한 경우이든, 주어진 분기 회로(12)에 대한 보호-소자 트리pping을 제어하기 위해 이용되는 미리 규정된 의사 에너지 임계값(들)의 값은 분기 회로(12)의 알려진 또는 예상된 부하, 분기 회로(12) 상의 부하(들)(14)의 타입들, 및 분기 회로(12)의 내외에서 찾은 임피던스들의 함수로서 설정될 수 있다. 시스템(10) 내의 각각의 분기 회로들(12)에서 개별 인스턴트를 위해 구성되는 복수의 제어 장치들(22)에 대해, 각각의 이러한 제어 장치(22)는 각각의 분기 회로(12)와 연관된 전기 특성들에 적합한 규정된 의사 에너지 임계값을 이용한다.
- [0039] 또한, 각각의 이러한 제어 장치(22)는 검출된 고장의 존재하에서만 의사 에너지를 축적하고, 그렇지 않으면 의사 에너지를 클리어하거나 축적하지 않도록 구성된다. 그 동작은, 위치-맞춤형 의사 에너지 임계값들의 이용과 조합하여, 고장이 발견되는 분기 회로(12)에서의 보호 소자(20)가 고장에 직접 관련되지 않는 분기 회로들(12)에서의 보호 소자들(20)에 앞서 트리pping될 것임을 의미한다.
- [0040] 도 4는 단락 회로 고장에 직접 관련되는 제 1 분기(12)("BRANCH 1") 및 고장에 직접 관련되지 않는 제 2 분기(12)("BRANCH 2")와 연관된 과도 전류들의 예시적 도면을 제공한다. 각각의 전류 도면에서의 제 1 피크는 급속한 커패시터 방전과 연관되고, 제 2의 더 넓은 피크는 시스템(10)에서 분산된 에너지원들에 주로 기인한다. 따라서 전류 유도체들 및/또는 피크 검출기들이 고장 위치의 신뢰할 만한 지표들은 아니지만, 본원에 개시된 의사 에너지 축적은 이러한 문제들을 제거할 수 있음을 알 수 있다.
- [0041] 즉, BRANCH 1이 고장에 직접 관련되고 BRANCH 2가 고장에 직접 관련되지 않는다고 - 즉 고장 위치로부터 어떤 전기적 "거리(distance)"만큼 분리된다고 - 가정하고 규정된 의사 에너지 임계값들이 BRANCH 1 및 BRANCH 2에

대해 올바르게 설정된다고 가정하면, BRANCH 2에 대한 축적된 의사 에너지 값들이 BRANCH 2의 규정된 의사 임계값에 도달하기 전에 BRANCH 1에 대한 축적된 의사 에너지 값들이 BRANCH 1의 규정된 의사 임계값에 도달할 것이다. 따라서, BRANCH 1에 대한 보호 소자(20)는 BRANCH 2에 대한 축적된 의사 에너지 값들이 BRANCH 2의 대응적으로 규정된 의사 임계값에 도달하기 전에 트리핑될 것이다.

[0042] 이러한 동작의 양호한 이해를 위해, 도 5의 예를 고려한다. 주어진 제어 장치(22)의 처리 회로(26)는 고장 검출 회로(40), 의사 에너지 계산 회로(42) 및 트립 제어기 회로(44)를 포함한다. 하나 이상의 실시예들에서의 트립 제어기 회로(44)는 록업 테이블(46) 또는 구성 정보(30)의 일부로서 포함된 다른 데이터 구조로 구성된다.

[0043] 고장 검출 회로(40)는 고장 검출에 이용하기 위한 분기 회로 전압 및/또는 전류 측정치들을 획득하기 위해 필요에 따라 측정 회로들 - 예를 들면, 버퍼들, 필터들, 증폭기들, 디지털라이저들 -, 및 인터페이스 회로(24)에 포함될 수 있는 이러한 회로와의 고장 검출 회로(40) 인터페이스들을 포함한다. 어떠한 경우이든, 고장 검출 회로(40)는 트립 제어기 회로(44)에 고장-검출 신호를 제공한다. 다른 실시예들에서, 고장 검출 회로(40) 또는 의사 에너지 계산 회로(42)는, 고장 상태의 발생/지속을 검출하기 위해 트립 제어기 회로(44)에 의해 처리되는 미가공 값들을 트립 제어기 회로(44)에 제공한다.

[0044] 의사 에너지 계산 회로(42)는 예를 들면, 연관된 분기 회로(12)에 대해, 규정된 샘플링 레이트의 분기 전류 샘플들을 획득하고, 대응하는 의사 에너지 값들을 축적하도록 구성된다. 의사 에너지 값들의 축적을 표현하는 실행 합계는 사전-고장 상태에서 영으로 초기화될 수 있고, 고장 상태가 지속되는 동안 능동적으로 유지된다. 축적된 의사 에너지 값들은 도 5에서 의사 에너지 계산 회로(42)에서 트립 제어기 회로(44)로 출력되는 "E"로 표시된다.

[0045] 일부 실시예들에서, 트립 제어기 회로(44)는 의사 에너지 계산 회로(42)로부터 출력되는 축적된 의사 에너지 값들을 평가하기 위해 단일 규정된 의사 에너지 임계값을 이용한다. 다른 실시예들에서, 규정된 의사 에너지 임계값은 사전-고장 부하 상태들의 함수로서 구성된다. 예를 들면, 록업 테이블(46)은 상이한 사전-고장 부하 상태들에 대응하는 다수의 제 1 엔트리들 i_{pfx} - 예를 들면, 상이한 사전-고장 부하 전류 범위들로서 표현된 - 를 포함한다. 여기서, "x"는 1, 2 등을 표시한다. 각각의 제 1 엔트리는 대응하는 규정된 의사 에너지 임계값, E_x 에 맵핑된다. 따라서, 연관된 분기 회로(12)에서의 보호 소자(20)의 트리핑 제어를 위해 이용되는 특정 E_x 값은 분기 회로(12)에 대해 알려진 또는 측정된 사전-고장 상태들에 의존한다.

[0046] 복수의 또는 세트의 E_x 값들은 제어 장치(22)에 대한 시간 에너지 곡선, TEC 범위를 규정한다. 또한, 제어 장치(22)의 트립 시간이 실제 TEC의 함수로서 결정되는 것을 알 수 있고, 이것은 고장 상태 동안 경험되는 실제 의사 에너지 축적 레이트와 실제 TEC를 따르는 "트립(trip)" 지점의 함수이다. 이 트립 지점은 록업 테이블(46)로부터 선택된 E_x 값에 대응하는 교차 지점에 의해 결정된다.

[0047] 주어진 제어 장치(22)가 DC 배전 시스템에서의 둘 이상의 분기 회로들(12)을 보호하도록 구성되고, 각각의 분기 회로(12)는 각각의 보호 소자(20)를 가지고 각각 규정된 의사 에너지 임계값과 연관된다. 대응적으로, 제어 장치(22)의 이 "중앙 집중식" 버전의 인터페이스 회로(24)는 둘 이상의 분기 회로들(12)의 각각에 대한 측정치들을 획득하도록 구성되고, 처리 회로(26)는 둘 이상의 분기 회로들(12)의 각각에 대한 의사 에너지 값들을 독립적으로 축적하고 둘 이상의 분기 회로들(12) 중 임의의 주어진 하나의 각각의 보호 소자를 독립적으로 트리핑하도록 구성된다. 그 트리핑은 주어진 분기 회로(12)에 대한 축적된 의사 에너지 값들이 주어진 분기 회로(12)의 규정된 의사 에너지 임계값에 도달하는 것에 응답하여 행해진다. 중앙 집중식 제어 장치(22)의 처리 회로(26)는 각각 연관된 분기 회로(12)에 대한 E_x 값들의 상이한 록업 테이블(46)을 이용하도록 구성될 수 있다.

[0048] 도 6은 상술된 바와 같은 제어 장치(22)에 대한 동작의 일 방법(600)을 도시한다. 제어 장치(22)는 도 1에 도시된 컴퓨터 프로그램(32)을 포함하는 프로그램 명령들의 실행에 기초하거나 제어 장치(22) 내의 고정 회로의 구성에 기초하여 방법(600)을 실행하도록 구성될 수 있음을 이해할 것이다. 또한, 방법(600)의 하나 이상의 단계들 또는 동작들은 도 6에 제안된 것 이외의 순서로 수행될 수 있고 및/또는 다른 처리와 함께 수행될 수 있음을 이해할 것이다. 또한, 도 6의 처리는 중앙 집중식 제어 장치(22)와 연관된 각각의 분기 회로(12)에 대한 중앙 집중식 제어 장치(22)에 의해, 또는 개별 분기 회로들(12)과 연관된 개별 제어 장치들(22)에 의해 행해질 수 있다.

[0049] 방법(600)은 고장 상태에 대해 모니터링하는 단계(블록(602))를 포함한다. 일 실시예에서, 고장 모니터링은 전류-기반 모니터링을 포함하며, 여기서 제어 장치(22)는 분기 전류를 반복적으로 측정하고 측정된 전류를 고장 전류 임계값, 예를 들면 전류에 대한 상한과 비교한다. 다른 실시예에서, 고장 모니터링은 전압-기반 모니터링

을 포함하며, 여기서 제어 장치(22)는 분기 전압을 모니터링하고 측정된 전압을 고장 전압 임계값 - 예를 들면 전압에 대한 하한 - 과 비교한다. 일부 실시예들은, 국부 분기 전류 또는 국부 분기 전압 중 어느 것이 규정된 동작 제한들을 벗어나는 것으로 검출되는 경우에 고장이 검출되도록 전압 및 전류 모니터링을 조합한다. 다른 실시예들에서, 두 전압 및 전류는 고장 상태가 제어 장치(22)에 의해 표명되기 전에 규정된 동작 제한들을 벗어나야 한다.

[0050] 또 다른 실시예들에서, 제어 장치(22)는 분기 전압 측정치들 및/또는 분기 전류 측정치들의 유도체들을 계산하도록 구성된다. 이러한 실시예들에서, 제어 장치(22)는 국부 분기 회로(12)의 전압 및/또는 전류에 대한 규정된 변화율 제한들(defined rate-of-change limits)이 초과되었다고 결정하는 것에 기초하여 시스템(10) 내에서 고장을 검출한다. 고장 표명은 당연히, 더욱 강력한 고장 검출을 보장하기 위해, 필터링될 수 있거나, 또는 응답 시간 제한들에 따라 적격이 될 수 있다.

[0051] 고장이 검출되지 않으면(블록(604)에서 NO), 제어 장치(22)는 고장 상태들에 대한 모니터링을 계속하고 의사 에너지 값을 추적하기 시작하거나 계속 추적하지 않고 대응하는 보호 소자(20)를 트리핑하지 않는다. 당연히, 제어 장치(22)는, 예를 들면 인터페이스 회로(24)에 포함된 통신 회로를 통해, 적어도 외부 디바이스들과의 통신 또는 시그널링을 제공하는 제어 장치(22)의 실시예들에서, 시스템(10) 내의 높은-수준의 제어 엔티티들에 대한 상태를 보고하는 것과 같이, 다른 동작들을 수행할 수도 있다.

[0052] 고장 상태가 검출되면(블록(604)에서 YES), 처리 회로(26)는 의사 에너지 값들을 추적하기 시작한다(블록(606)). 이러한 처리의 일례에서, 처리 회로(26)는 분기 전류를 반복적으로 샘플링하기 시작하고, 대응하는 의사 에너지 값들을 계산하며, 이들은 실행 합계에 가산된다. 예를 들면, 처리 회로(26)는 모든 "x" 밀리초마다 또는 더 고속으로 분기 회로 전류를 샘플링하고, 각각의 측정치를 제공하고, 각각의 제공된 측정치에 기초하여 새로운 의사 에너지를 계산하고, 새로운 의사 에너지 값을 실행 합계에 가산한다. 각각의 이러한 추적시, 또는 모든 제 2, 제 3 또는 기타 수의 추적들 후에, 실행 합계는 규정된 의사 에너지 임계값에 비교된다. 즉, 추적된 의사 에너지 값들은 규정된 의사 에너지 임계값에 비교되고(블록(608)) 보호 소자(20)는 추적된 의사 에너지 값들이 규정된 의사 에너지 임계값을 충족하거나 초과한다는 결정(블록(610)에서 YES)에 응답하여 트리핑된다(블록(612)).

[0053] 블록(610)에서 수행된 비교 검사에서, 처리 회로(26)가 추적된 의사 에너지 값들이 규정된 의사 에너지 임계값보다 낮은 것으로 결정하는 경우(블록(610)에서 NO), 처리 회로(26)는 고장 상태가 여전히 지속되는지를 결정하는(블록(614)) 처리를 계속한다. 이 검사는 예를 들면, 국부 분기 전류의 새로운 또는 가장 최근의 측정치 또는 대응하는 필터링된 값을 고장 전류 임계 값에 비교하는 단계를 포함한다. 처리 회로(26)가 그 평가에 기초하여 고장 상태가 존재하지 않는다고 결정하면(블록(616)에서 NO), "재설정(reset)" 처리로 전환한다(블록(618)). 원하는 응답 시간에 적절한 임의의 간격에 대해 지속/비-지속 고장 상태 평가가 이루어질 수 있음을 유념한다.

[0054] 재설정 처리의 예시적 경우에, 처리 회로(26)는 의사 에너지 추적을 중단하고 일부 실시예들에서 당시의 추적된 의사 에너지 값들을 클리어하고 전체 제어 알고리즘을 "재설정"한다. 그러나, 처리 회로(26)가 고장 상태가 여전히 지속된다고 결정하면(블록(616)에서 YES), 처리는 의사 에너지 추적을 계속하는 블록(606)으로 복귀한다.

[0055] 대체로, 시스템(10)에서의 주어진 분기 회로(12)에 대해, 방법(600)은 고장 상태가 시스템(10)에 존재한다고 결정하고 고장 상태가 지속되는 동안 의사 에너지 값들을 추적하는 것으로 이해될 수 있다. 의사 에너지는 분기 전류를 반복적으로 샘플링하고 대응하는 의사 에너지 값들을 계산함으로써 추적된다. 방법(600)은 추적된 의사 에너지 값들이 규정된 의사 에너지 임계값에 도달하는 것에 응답하여 분기 회로(12)에 대한 보호 소자(20)를 트리핑하는 단계를 더 포함한다.

[0056] 예시적 방법에서, 처리 회로(26)는 각각의 계산 간격에서 새로운 의사 에너지 값을 계산하고 연속하는 계산 간격들에 걸쳐 의사 에너지 값들을 추적하도록 구성된다. 계산 간격 레이트는 분기 전류를 샘플링하는데 이용되는 전류 샘플링 레이트와 같을 수 있거나, 계산 간격들의 적어도 일부에서 추정된 분기 전류를 이용하는 실시예들에서의 전류 샘플링 레이트보다 높을 수 있다.

[0057] t_1 을 이전 계산 간격과 연관된 시간 값으로, t_2 를 현재 계산 간격과 연관된 시간 값으로 한다. 유사하게, i_1^n 을 이전 계산 간격에 대한 추정된 또는 샘플링된 분기 전류로 하며, $n = 2$ 이상 제공거듭된다. 마찬가지로, i_2^n 을 이전 계산 간격에 대한 추정된 또는 샘플링된 분기 전류로 하며, 상기와 동일하게 n 제공거듭된다. 하나 이상의

실시예들에서, 현재 계산 간격에 대한 의사 에너지 값 E_2 는 따라서

$$E_2 = (i_2'' - i_1'') \cdot (t_2 - t_1)$$

으로 계산된다.

t_2 및 t_1 시간들은 어떤 실행 카운트 값, 예를 들면, 몇 분의 1초들로 표현될 수 있음을 유념한다. 따라서, 의사 에너지 값들을 축적하는 단계는, 예를 들면, 이전 계산으로부터 경과된 시간 및 각각의 이러한 간격에서 측정된 또는 추정된 전류에 기초하여, 연속하는 계산 간격들에서 E 값들을 계산 및 축적하는 단계를 포함한다.

이러한 처리는 유리하게 시스템(10) 내의 상이한 분기 회로들(12)에서 발생하는 고장 전류들의 차들을 캡처하거나 확인하며, 차들은 예를 들면 시스템(10)의 다양한 위치들에서의 연관된 공급 그리드 접속들, 국부 발전기들, 분산 커패시터들, 및 에너지 저장 디바이스들에 원인이 있다. 분산 커패시터들은 시스템(10)에서 라인들의 및 예를 들면, 시스템(10)에서 부하들(14)로서 접속된 임의의 변환기들 - 예를 들면 DC-DC 및 DC-AC 변환기들 - 의 커패시턴스들을 포함한다.

시스템(10)에서의 상이한 분기 회로들(12)에서 보여진 고장 전류들은 연관된 저항, 인덕턴스 및 커패시턴스(RLC) 값들에 의존한다. 시스템(10)에서의 임의의 주어진 분기 회로(12)에 대한 과도 고장 전류의 특성들은 시스템(10)의 알려진 전기 구조로부터 각각의 분기 회로(12)에 대해 추정될 수 있고 규정된 에너지 임계값들이 따라서 설정된다.

주지된 바와 같이, DC 고장 전류들이 급속히 발달하기 때문에, 임의의 주어진 제어 장치(22)에서의 처리 회로(26)는 분기 전류 샘플들 및 분기 전류 추정치들 둘다를 이용하도록 구성될 수 있다. 예를 들면, 요구된 샘플링 레이트는 측정된 분기 전류보다 추정된 분기 전류를 이용하여 하나 걸러 의사 에너지 값을 계산함으로써 반으로 줄어 들 수 있다. 다른 부분 감소들이 예상되고 측정된 고장 전류 대 추정된 고장 전류의 혼합이 예를 들면 전류 기울기의 함수로서 동적으로 변경될 수 있다.

분기 전류 추정의 일례에서, 처리 회로(26)는 최종 실제 샘플과 추정 시간 사이의 시간 차 및 측정된 전류의 기울기의 함수로서 실제 전류 샘플들 사이의 시간 인스턴트에서의 분기 전류에 근사한다. 이러한 추정은 또한, 예를 들면 미래의 분기 전류 값들을 예측하고 예측된 전류 값들에 대한 의사 에너지 값들을 축적함으로써 제어 장치(22)의 응답 시간을 단축시키는데 이용될 수 있다.

주어진 분기 회로(12)에서 이용되는 규정된 의사 에너지 임계값은 또한, 예를 들면 변환기에 대해 또는 다른 전력 반도체 스위치들에 대해, 분기 회로(12)에 접속된 기기의 안전 동작 영역 또는 SOA(Safe Operating Area) 레이팅들을 고려하여 구성될 수 있다. 각각의 보호된 분기 회로(12)는 접속된 기기에 대해 규정된 최소 및 최대 에너지 제한들에 의해 결정된 E_{min} 및 E_{max} 를 포함하는 TEC들의 그룹을 가질 수 있다. 또한, 주어진 분기 회로(12)에서 이용되는 규정된 의사 에너지 임계값(들)은 신뢰성, 안정성, 선택성, 속도 등을 포함하는 임의의 하나 이상의 보호 기준에 기초할 수 있다. 효과적으로, 그 다음에, 주어진 분기 회로(12)를 보호하는데 이용되는 TEC의 형태는 상이한 보호 요건들에 의존하여 다른 분기 회로(12)에 이용되는 것과 상이할 수 있다. 또한, 다중 의사 에너지 임계값들이 예를 들면 상이한 사전-고장 상태들에 대응하여 규정되는 한, 이들에 의해 표현되는 TEC들은 상이한 형태들을 가질 수 있고 그들 사이에 불연속성들 또는 단계적 변화들이 있을 수 있다.

특히, 개시된 발명(들)의 수정들 및 다른 실시예들이 다음의 기술들 및 연관된 도면들에 제공된 개시내용들의 이점을 가진 본 기술분야의 통상의 기술자들에게 떠오를 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명(들)은 개시된 특정 실시예들에 제한되지 않고 수정들 및 다른 실시예들이 이 개시내용의 범위 내에 포함되기 위한 것임을 이해해야 한다. 특정 용어들이 본 명세서에서 이용될 수 있지만, 이들은 제한하려는 것이 아니라 일반적이고 설명적인 의미로만 이용된다.

부호의 설명

10; 직류, DC, 배전 시스템

12; 다수의 분기 회로들

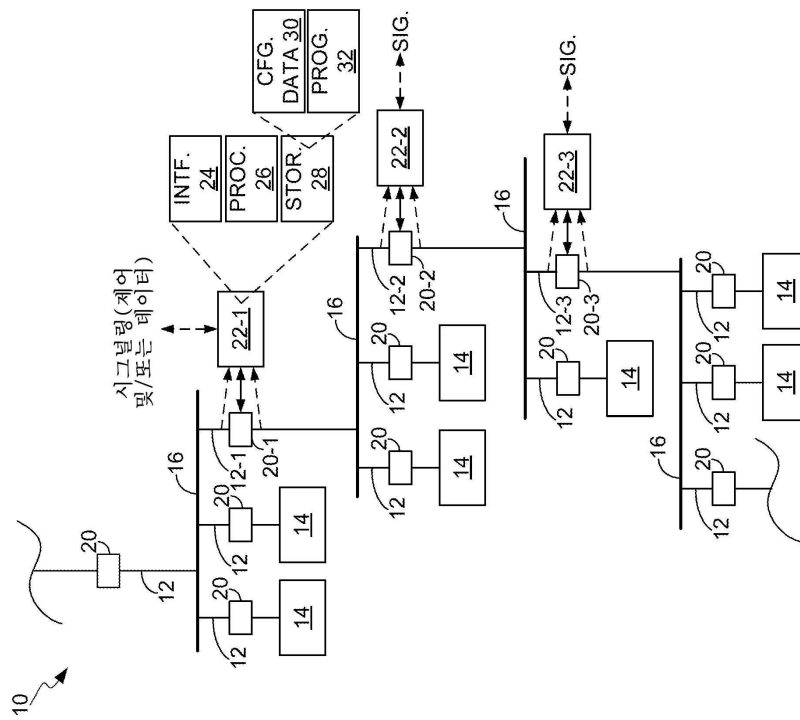
16; 다수의 버스들

20; 보호 소자

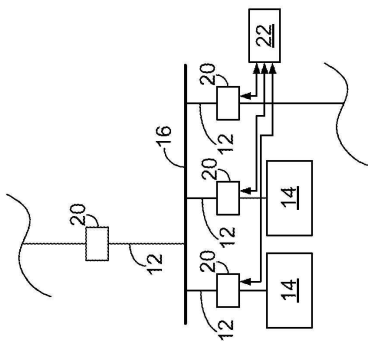
- 22; 제어 장치들
- 26; 처리 회로
- 28; 저장 디바이스들
- 40; 고장 검출 회로
- 42; (의사) 에너지 계산 회로
- 44; 트립 제어기 회로

도면

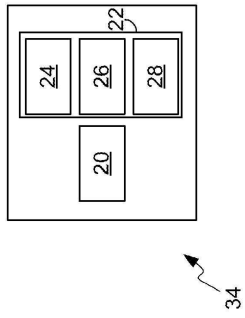
도면1



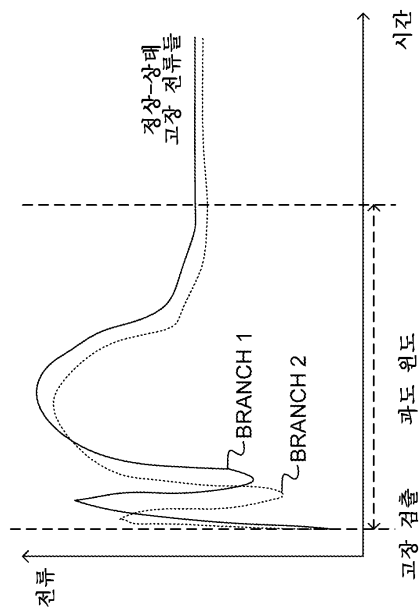
도면2



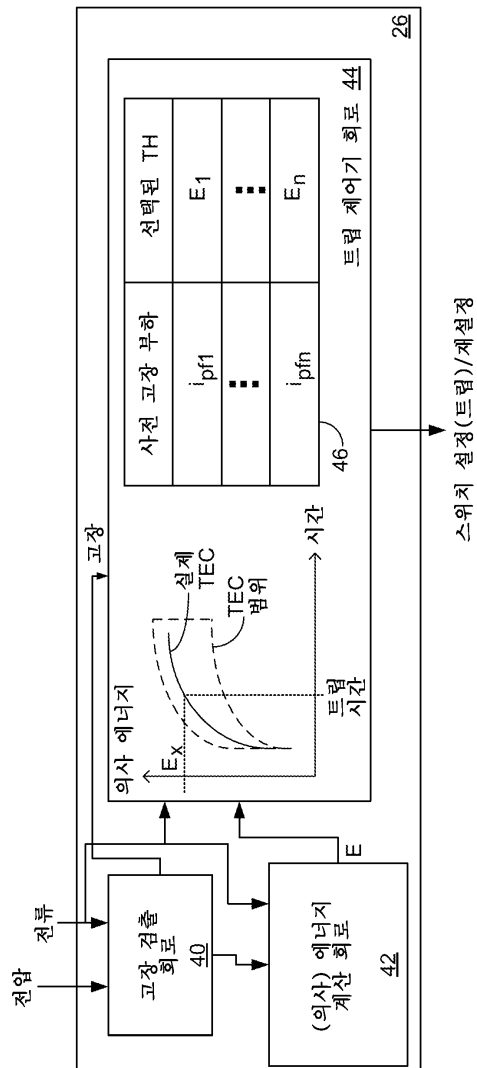
도면3



도면4



도면5



도면6

