



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0135795
(43) 공개일자 2014년11월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02H 7/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-7027323

(22) 출원일자(국제) 2013년02월26일

심사청구일자 2014년09월29일

(85) 번역문제출일자 2014년09월29일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2013/053834

(87) 국제공개번호 WO 2013/131782

국제공개일자 2013년09월12일

(30) 우선권주장

1203785.9 2012년03월05일 영국(GB)

(71) 출원인

알스톰 테크놀로지 리미티드

스위스 5400 바덴 브라운 보베리 슈트라세 7

(72) 발명자

화이트하우스 로버트

영국 에스티17 4엔알 스탠포드 하트슨 웨이 5

바커 칼 데이비드

영국 에스티15 0엘엔 스탠포드셔 스톤 윌튼 팍스
우드 클로즈 6

(74) 대리인

유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 12 항

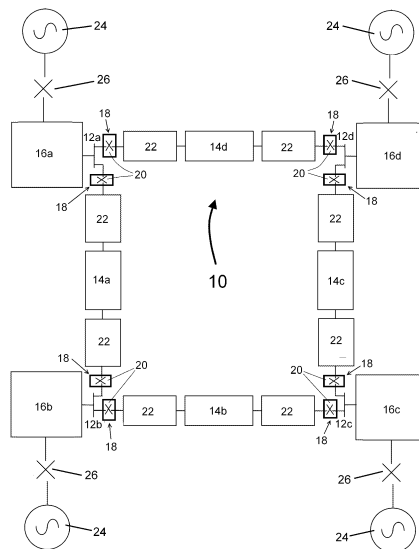
(54) 발명의 명칭 **고장 제거 방법**

(57) 요약

DC 파워 그리드(10)를 위한 고장 제거 방법으로서, DC 파워 그리드(10)가, 복수의 DC 단자(12a, 12b, 12c, 12d), 복수의 DC 단자(12a, 12b, 12c, 12d)들을 상호 연결하기 위한 복수의 DC 송전 매체(14a, 14b, 14c, 14d), 및 복수의 DC 회로 차단 디바이스 스테이션(18)을 포함하며, 각각의 DC 회로 차단 디바이스 스테이션(18)이 복수

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



의 DC 송전 매체의 각자의 송전 매체(14a, 14b, 14c, 14d) 및/또는 복수의 DC 단자(12a, 12b, 12c, 12d)의 각자의 단자에 연관되며, 각각의 DC 회로 차단 디바이스 스테이션(18)이 연관된 DC 송전 매체(14a, 14b, 14c, 14d)에서의 전류 흐름을 선택적으로 차단하기 위해 DC 회로 차단 디바이스(20)를 포함하는, DC 파워 그리드를 위한 고장 제거 방법은,

- (i) 복수의 DC 송전 매체(14a, 14b, 14c, 14d)에서 발생하는 하나 이상의 고장을 검출하는 단계;
 - (ii) 그 고장 또는 각각의 고장을 검출한 후, 복수의 DC 송전 매체(14a, 14b, 14c, 14d)에서의 전류 흐름을 차단하기 위해 DC 회로 차단 디바이스(20)의 전부를 개방하는 단계;
 - (iii) 각각의 DC 송전 매체(14a, 14b, 14c, 14d)의 전기적 특성을 측정하는 단계;
 - (iv) 복수의 DC 송전 매체(14a, 14b, 14c, 14d)의 측정된 전기적 특성에 기초하여, 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되는, 그 결합성 DC 송전 매체(14a, 14b, 14c, 14d) 또는 각각의 결합성 DC 송전 매체(14a, 14b, 14c, 14d)를 식별하는 단계; 및
 - (v) 그 결합성 DC 송전 매체(14a, 14b, 14c, 14d) 또는 각각의 결합성 DC 송전 매체(14a, 14b, 14c, 14d)를 식별한 후에, 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되는 그 결합성 DC 송전 매체(14a, 14b, 14c, 14d) 또는 각각의 결합성 DC 송전 매체(14a, 14b, 14c, 14d)에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스(20) 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스(20)의 폐쇄를 금지하고, 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되지 않은 그 무결합성 DC 송전 매체(14a, 14b, 14c, 14d) 또는 각각의 무결합성 DC 송전 매체(14a, 14b, 14c, 14d)에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스(20) 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스를 폐쇄하는 단계를 포함한다.
-

특허청구의 범위

청구항 1

DC 파워 그리드(DC power grid)를 위한 고장 제거 방법으로서, 상기 DC 파워 그리드가, 복수의 DC 단자, 상기 복수의 DC 단자들을 상호 연결하기 위한 복수의 DC 송전 매체, 및 복수의 DC 회로 차단 디바이스 스테이션을 포함하며, 각각의 상기 DC 회로 차단 디바이스 스테이션이 상기 복수의 DC 송전 매체의 각자의 송전 매체 및 상기 복수의 DC 단자의 각자의 단자에 연관되며, 각각의 상기 DC 회로 차단 디바이스 스테이션이 연관된 DC 송전 매체에서의 전류 흐름을 선택적으로 차단하기 위해 DC 회로 차단 디바이스를 포함하는, DC 파워 그리드를 위한 고장 제거 방법에 있어서,

(i) 상기 복수의 DC 송전 매체에서 발생하는 하나 이상의 고장을 검출하는 단계;

(ii) 그 고장 또는 각각의 고장을 검출한 후, 상기 복수의 DC 송전 매체에서의 전류 흐름을 차단하기 위해 상기 DC 회로 차단 디바이스의 전부를 개방하는 단계;

(iii) 각각의 DC 송전 매체의 전기적 특성을 측정하는 단계;

(iv) 상기 복수의 DC 송전 매체의 측정된 전기적 특성에 기초하여, 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되는, 그 결함성 DC 송전 매체(faulty DC power transmission medium) 또는 각각의 결함성 DC 송전 매체를 식별하는 단계; 및

(v) 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되는 그 결함성 DC 송전 매체 또는 각각의 결함성 DC 송전 매체를 식별한 후에, 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되는 그 결함성 DC 송전 매체 또는 각각의 결함성 DC 송전 매체에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스의 폐쇄를 금지하고, 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되지 않은 그 무결함성(non-faulty) DC 송전 매체 또는 각각의 무결함성 DC 송전 매체에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스를 폐쇄하는 단계

를 포함하는 DC 파워 그리드를 위한 고장 제거 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 각각의 DC 송전 매체의 전기적 특성을 측정하는 단계는, 각각의 상기 DC 송전 매체의 잔류 DC 전압 레벨을 측정하는 단계를 포함하는, DC 파워 그리드를 위한 고장 제거 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 각각의 DC 송전 매체의 전기적 특성을 측정하는 단계는, 각각의 상기 DC 송전 매체의 전압 발전 주파수를 측정하는 단계를 포함하는, DC 파워 그리드를 위한 고장 제거 방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 복수의 DC 송전 매체에서 발생하는 하나 이상의 고장을 검출하는 단계는, 각각의 상기 DC 송전 매체의 전류 및/또는 전압 특성의 직접적인 또는 파생적인 측정을 수행하는 단계를 포함하는, DC 파워 그리드를 위한 고장 제거 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

각각의 상기 DC 회로 차단 디바이스 스테이션은 연관된 DC 송전 매체에서의 하나 이상의 고장을 검출하기 위한 고장 검출 장비를 포함하며, 각각의 상기 DC 회로 차단 디바이스는 대응하는 DC 회로 차단 디바이스 스테이션의 고장 검출 장비에 의해 상기 복수의 DC 송전 매체에서의 그 고장 또는 각각의 고장의 검출에 응답하여

개방되는, DC 파워 그리드를 위한 고장 제거 방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 각각의 DC 송전 매체의 전기적 특성을 측정하는 단계는, 상기 복수의 DC 송전 매체에서의 하나 이상의 고장 전류(fault current)의 크기 및 방향을 측정하는 단계를 포함하는, DC 파워 그리드를 위한 고장 제거 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 복수의 DC 송전 매체의 측정된 전기적 특성에 기초하여, 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되는, 그 결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 결합성 DC 송전 매체를 식별하는 단계는, 상이한 DC 회로 차단 디바이스 스테이션들 간에 정보를 통신하는 단계를 포함하며, 상기 정보가 상기 복수의 DC 송전 매체에서의 그 고장 전류 또는 각각의 고장 전류의 크기 및 방향을 포함하는, DC 파워 그리드를 위한 고장 제거 방법.

청구항 8

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 DC 파워 그리드는 상기 복수의 DC 회로 차단 디바이스 스테이션과 통신하기 위해 제어 스테이션을 더 포함하며, 상기 복수의 DC 송전 매체의 측정된 전기적 특성에 기초하여, 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되는, 그 결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 결합성 DC 송전 매체를 식별하는 단계는, 각각의 상기 DC 회로 차단 디바이스 스테이션과 상기 제어 스테이션 간에 정보를 통신하는 단계를 포함하며, 상기 정보가 상기 복수의 DC 송전 매체에서의 그 고장 전류 또는 각각의 고장 전류의 크기 및 방향을 포함하는, DC 파워 그리드를 위한 고장 제거 방법.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 복수의 DC 송전 매체의 측정된 전기적 특성에 기초하여, 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되는, 그 결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 결합성 DC 송전 매체를 식별하는 단계는, 그 결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 결합성 DC 송전 매체 내에서의 그 고장 또는 각각의 고장의 위치를 결정하는 단계를 포함하는, DC 파워 그리드를 위한 고장 제거 방법.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 DC 파워 그리드는 상기 복수의 DC 회로 차단 디바이스 스테이션과 통신하기 위해 제어 스테이션을 더 포함하며, 상기 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되지 않은 그 무결함성 DC 송전 매체 또는 각각의 무결함성 DC 송전 매체에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스를 폐쇄하는 단계는, 대응하는 DC 회로 차단 디바이스의 폐쇄를 개시하기 위해 제어 신호를 상기 제어 스테이션으로부터 그 무결함성 DC 송전 매체 또는 각각의 무결함성 DC 송전 매체에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스 스테이션 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스 스테이션에 보내는 단계를 포함하는, DC 파워 그리드를 위한 고장 제거 방법.

청구항 11

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되지 않은 그 무결함성 DC 송전 매체 또는 각각의 무결함성 DC 송전 매체에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스를 폐쇄하는 단계는, 상기 DC 회로 차단 디바이스 전부의 개방 후의 사전에 정해진 시간 지연 후에 그 무결함성 DC 송전 매체 또는 각각의 무결함성 DC 송전 매체에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스를 폐쇄하는 단계를 포함하는, DC 파워 그리드를 위한 고장 제거 방법.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 DC 파워 그리드는 상기 복수의 DC 회로 차단 디바이스 스테이션과 통신하기 위해 제어 스테이션을 더 포함하며, 상기 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되는 그 결함성 DC 송전 매체 또는 각각의 결함성 DC 송전 매체에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스의 폐쇄를 금지하는 것은, 대응하는 DC 회로 차단 디바이스의 폐쇄를 금지하기 위해 제어 신호를 상기 제어 스테이션으로부터 그 결함성 DC 송전 매체 또는 각각의 결함성 DC 송전 매체에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스 스테이션 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스 스테이션에 보내는 것을 포함하는, DC 파워 그리드를 위한 고장 제거 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 DC 파워 그리드(DC power grid)를 위한 고장 제거 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 지리적으로 분산된 재생 가능한 형태의 발전에 의해 요구되는 바와 같이, 그리고 현대의 전기 거래 조건을 지원할 수 있는 스마트그리드 지능(smartgrid intelligence) 및 특징을 갖는 AC 송전 네트워크의 기존의 용량을 증가시키기 위해, 장거리에 걸쳐 다량의 전력을 이동시키기 위해 새로운 부류의 고압 직류(high voltage direct current, HVDC) 송전 네트워크가 고려되고 있다. 이러한 네트워크는 DC 파워 그리드로 지칭되기도 한다.

[0003] DC 파워 그리드는 HVDC 컨버터의 복수-단자 상호 연결을 필요로 하며, 이에 의해 전력이 병렬로 작동하는 3개 이상의 HVDC 컨버터를 이용하여 DC측 상에서 교환될 수 있다. 각각의 HVDC 컨버터는 전력을 요구된 바대로 교환하고 있는 동안 네트워크의 전체적인 입력 대 출력 전력 균형을 유지하기 위해 소스 또는 싱크 중의 하나로서 동작한다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0004] 본 발명의 양태에 따라, DC 파워 그리드를 위한 고장 제거 방법으로서, 상기 DC 파워 그리드가, 복수의 DC 단자, 상기 복수의 DC 단자들을 상호 연결하기 위한 복수의 DC 송전 매체, 및 복수의 DC 회로 차단 디바이스 스테이션(DC circuit interruption device station)을 포함하며, 각각의 상기 DC 회로 차단 디바이스 스테이션이 상기 복수의 DC 송전 매체의 각각의 송전 매체 및 상기 복수의 DC 단자의 각각의 단자에 연관되며, 상기 각각의 DC 회로 차단 디바이스 스테이션이 연관된 DC 송전 매체에서의 전류 흐름을 선택적으로 차단하기 위해 DC 회로 차단 디바이스를 포함하는, DC 파워 그리드를 위한 고장 제거 방법에 있어서,

[0005] (i) 상기 복수의 DC 송전 매체에서 발생하는 하나 이상의 고장을 검출하는 단계;

[0006] (ii) 그 고장 또는 각각의 고장을 검출한 후, 상기 복수의 DC 송전 매체에서의 전류 흐름을 차단하기 위해 상기 DC 회로 차단 디바이스의 전부를 개방하는 단계;

[0007] (iii) 각각의 DC 송전 매체의 전기적 특성을 측정하는 단계;

[0008] (iv) 상기 복수의 DC 송전 매체의 측정된 전기적 특성에 기초하여, 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되는, 그 결함성 DC 송전 매체(faulty DC power transmission medium) 또는 각각의 결함성 DC 송전 매체를 식별하는 단계; 및

[0009] (v) 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되는 그 결함성 DC 송전 매체 또는 각각의 결함성 DC 송전 매체를 식별한 후에, 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되는 그 결함성 DC 송전 매체 또는 각각의 결함성 DC 송전 매체에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스의 폐쇄를 금지하고, 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되지 않은 그 무결함성(non-faulty) DC 송전 매체 또는 각각의 무결함성 DC 송전 매체에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스를 폐쇄하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 DC 파워 그리드를 위한 고장 제거 방법이 제공된다.

[0010] 본 명세서의 설명을 위해, 회로 차단 디바이스를 개방한다는 것은 회로에서의 전류 흐름을 차단하기 위해 폐쇄 회로를 개방하도록 회로 차단 디바이스를 이용하는 것을 지칭하는 한편, 회로 차단 디바이스를 폐쇄한다는 것은

회로에서의 전류 흐름을 허용하기 위해 개방 회로를 완전한 상태로 만들기 위해 회로 차단 디바이스를 이용하는 것을 지칭한다.

- [0011] DC 회로 차단 디바이스는 DC 회로에서의 직접적인 전류 흐름을 차단할 수 있는 어떠한 디바이스이어도 된다. 이러한 DC 회로 차단 디바이스는 DC 회로 차단기이어도 되지만, 이것으로 한정되지는 않는다.
- [0012] DC 송전 매체는 2개 이상의 DC 단자들 사이에서 전기 전력을 송전할 수 있는 어떠한 매체이어도 된다. 이러한 매체는 해저 DC 송전 케이블, 가공 DC 송전선 또는 송전 케이블(overhead DC power transmission line or cable), 및 지중 DC 송전 케이블이어도 되지만, 이러한 것으로 한정되지 않는다.
- [0013] 복수의 DC 송전 매체에서 발생하는 하나 이상의 고장의 발생은 DC 파워 그리드를 통해 흐르는 하나 이상의 고장 전류(fault current)를 야기할 수 있다. 고장은 예컨대 DC 송전 케이블에 걸쳐 낮은 임피던스를 갖는 단락 회로의 형태일 수도 있다. 이것은 절연체의 손상 또는 장애(breakdown), 뇌해(lightning strike), 도체의 이동, 또는 외부 물체에 의한 도체들 간의 기타 우연한 브리징으로 인해 발생할 수 있다.
- [0014] 그 고장 또는 각각의 고장의 검출은 연관된 DC 송전 매체에서의 고장의 신속한 검출을 가능하게 하기 위해 각각의 DC 회로 차단 디바이스에서 국부적으로 수행될 수 있다. 이러한 신속한 검출은 예컨대, 복수의 DC 송전 매체에서 발생하는 고장을 검출하는 단계가, 연관된 DC 송전 매체의 전류 및/또는 전압 특성의 직접적인 또는 파생적인 측정을 수행하는 단계를 포함하는 본 발명의 실시예를 이용하여 달성될 수 있다.
- [0015] 바람직하게는, 각각의 DC 전류 차단 디바이스 스테이션은 연관된 DC 송전 매체에서의 하나 이상의 고장을 검출하기 위한 고장 검출 장비를 포함하며, 각각의 상기 DC 회로 차단 디바이스는 대응하는 DC 회로 차단 디바이스 스테이션의 고장 검출 장비에 의해 복수의 DC 송전 매체에서의 그 고장 또는 각각의 고장의 검출에 응답하여 개방된다.
- [0016] DC 회로 차단 디바이스는 통상적으로 DC 회로 차단 디바이스에 직접 연결된 회로에서의 고장의 검출 시에 명령을 통해 개방, 즉 트립(trip)하도록 설계된다.
- [0017] DC 파워 그리드의 낮은 임피던스 성질은 DC 파워 그리드의 모든 DC 단자가 복수의 DC 송전 매체에서 발생하는 그 고장 또는 각각의 고장에 의해 영향을 받게 한다. 이것은 그 고장 또는 각각의 고장이 각각의 DC 회로 차단 디바이스 스테이션에서 국부적으로 검출되게 한다. 본 발명에 따른 방법에서, 이것은 자동으로 각각의 DC 회로 차단 디바이스가 트립하게 할 것이다.
- [0018] 복수의 DC 송전 매체에서 발생하는 그 고장 또는 각각의 고장의 검출 시에 DC 회로 차단 디바이스의 전부를 개방하는 것은 DC 파워 그리드에서의 그 고장 전류 또는 각각의 고장 전류의 신속한 차단을 가능하는 한편, 그 고장 전류 또는 각각의 고장 전류가 여전히 각각의 DC 회로 차단 디바이스의 전류 차단 용량 내에 있다. 이것은 고장 전류가 각각의 DC 회로 차단 디바이스의 전류 차단 용량을 초과할 때까지 그 고장 전류 또는 각각의 고장 전류의 레벨의 상승을 방지한다. 고장 전류가 DC 회로 차단 디바이스의 전류 차단 용량을 초과하는 경우, DC 회로 차단 디바이스를 개방하는 것은 가능하지 않다.
- [0019] 도 1은 DC 파워 그리드에서의 전류의 상대적인 크기를 예시하고 있다. DC 파워 그리드에서의 고장 동안, 단위 전류당 1.0의 정상적인 작동값을 갖는 DC 송전 매체 전류는 5 ms 내에서는 단위 전류당 6.0의 정격을 갖는 전형적인 DC 회로 차단기의 전류 차단 용량을 초과할 수 있으며, 10 ms 내에서는 단위 전류당 10.0의 DC 컨버터 고장 전류 및 50 ms 내에서는 DC 컨버터 고장 전류의 수 배의 DC 파워 그리드 고장 전류에 도달할 수 있다는 것을 알 수 있다. 따라서, DC 파워 그리드에서의 전류 흐름의 성공적인 차단을 보장하기 위해 그 고장 또는 각각의 고장이 검출된 직후에 DC 회로 차단 디바이스의 전부를 개방시키는 것이 필수적이다.
- [0020] 그 고장 또는 각각의 고장의 검출 후에 DC 회로 차단 디바이스의 전부를 개방시키는 단계는, 이 단계가, DC 파워 그리드를 통한 완전한 송전 용량의 듀레이션(duration)에 부정적으로 영향을 주는, DC 파워 그리드에서의 전류 흐름을 차단하기 위해 AC 회로 차단기를 작동할 필요성을 제거한다는 점에서 더욱 이롭다. 이것은, 다수의 종래의 컨버터 토폴로지에서, 전력 전자 스위치에 사용하기 위한 전력 트랜지스터의 일부를 형성하는 다이오드의 사용이 컨버터를 통한 고유의 도전 경로를 발생하기 때문이다. 그러므로, DC 파워 그리드에서의 고장의 상황에서, 방전 전류가 AC 파워 그리드로부터 전도 경로를 통해 DC 파워 그리드를 경유하여 고장 지점으로 흐를 수도 있다. 방전 전류의 흐름은, 방전 전류의 크기가 회로 격리 스위치(circuit isolating switch)의 전류 차단 용량 아래로 떨어질 때까지 DC 파워 그리드의 결합성 부분을 격리하기 위해 회로 격리 스위치가 개방될 수 없다는 것을 의미한다. 따라서, 회로 격리 스위치를 이용하여 DC 파워 그리드의 결합성 부분을 연결 해제하고, 그리고 나서 DC 파워 그리드의 나머지 부분에 다시 에너지 공급하기 전에, 컨버터를 연관된 AC 네트워크로부터

격리하기 위해 DC 파워 그리드의 모든 컨버터에 연결된 모든 AC 회로 차단기를 먼저 트립하는 것이 필요하다. 그러나, 컨버터를 그 컨버터의 연관된 AC 네트워크로부터 격리하고, 그리고 나서 컨버터를 다시 연결하기 위해 AC 회로 차단기를 다시 폐쇄하는 것은, 한정된 기간의 시간을 소요할 것이다. 통상적으로, AC 회로 차단기는 신속하게 트립할 수 있지만, 다시 폐쇄하기 위해서는 3배 또는 4배 이상의 시간을 소요할 수 있다.

- [0021] 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되는 그 결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 결합성 DC 송전 매체의 식별은, DC 회로 차단 디바이스의 전부가 개방된 후에 수행된다. 이것은 각각의 결합성 DC 송전 매체가 낮은 임피던스에 놓이게 될 것이고 통상적으로는 평균적으로 제로의 잔류 DC 전압 레벨을 가질 것이기 때문에 가능하다. 한편, 각각의 무결합성 DC 송전 매체는 포획된 전하(trapped charge)의 존재로 인해 비-제로 잔류 DC 전압 레벨(non-zero residual DC voltage level)을 가질 것이다. 결합성 DC 송전 매체와 무결합성 DC 송전 매체의 전기적 특성에서의 이러한 차이는 그 결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 결합성 DC 송전 매체를 식별하는 것을 용이하게 하는 정보를 제공하기 위해 손쉽게 측정된다.
- [0022] 각각의 DC 송전 매체의 전기적 특성의 측정은 상이한 DC 회로 차단 디바이스 스테이션들 간의 통신의 필요성 없이 또는 중앙 제어 스테이션을 이용하여 각각의 DC 회로 차단 디바이스 스테이션에서 국부적으로 행해질 수 있으며, 그러므로 그 결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 결합성 DC 송전 매체의 용이하고 신속한 식별을 발생한다. 이것은 DC 파워 그리드에서의 제로 송전(zero power transmission)의 시간의 양을 최소화하는 이점을 가지며, 이것은 DC 파워 그리드의 최종 사용자에게 대한 불편을 최소화한다.
- [0023] 각각의 DC 파워 송전 매체의 전기적 특성을 측정하는 단계는 DC 회로 차단 디바이스의 전부가 개방된 후에 다수의 상이한 방식으로 수행될 수 있다.
- [0024] 본 발명의 실시예에서, 각각의 DC 송전 매체의 전기적 특성을 측정하는 단계는, 각각의 DC 송전 매체의 잔류 DC 전압 레벨을 측정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 다른 실시예에서, 각각의 DC 송전 매체의 전기적 특성을 측정하는 단계는, 각각의 DC 송전 매체의 전압 발진 주파수(voltage oscillation frequency)를 측정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0026] 이러한 방식에서의 각각의 DC 송전 매체의 전압 특성의 측정은 그 결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 결합성 DC 송전 매체가 식별되도록 한다.
- [0027] 본 발명의 또 다른 실시예에서, 각각의 DC 송전 매체의 전기적 특성을 측정하는 단계는, 복수의 DC 송전 매체에서의 하나 이상의 고장 전류의 크기 및 방향을 측정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0028] 이러한 실시예에서, 복수의 DC 송전 매체의 측정된 전기적 특성에 기초하여, 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되는, 그 결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 결합성 DC 송전 매체를 식별하는 단계는, 상이한 DC 회로 차단 디바이스 스테이션들 간에 정보를 통신하는 단계를 포함하며, 이 정보가 복수의 DC 송전 매체에서의 그 고장 전류 또는 각각의 고장 전류의 크기 및 방향을 포함한다.
- [0029] 기타 이러한 실시예에서 그리고 DC 파워 그리드가 복수의 DC 회로 차단 디바이스 스테이션과 통신하기 위해 제어 스테이션을 더 포함하는 경우, 복수의 DC 송전 매체의 측정된 전기적 특성에 기초하여, 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되는, 그 결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 결합성 DC 송전 매체를 식별하는 단계는, 각각의 DC 회로 차단 디바이스 스테이션과 제어 스테이션 간에 정보를 통신하는 단계를 포함하며, 이 정보가 복수의 DC 송전 매체에서의 그 고장 전류 또는 각각의 고장 전류의 크기 및 방향을 포함한다.
- [0030] 복수의 DC 송전 매체에서의 하나 이상의 고장 전류의 크기 및 방향의 측정은 또한 그 결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 결합성 DC 송전 매체가 식별되도록 한다.
- [0031] 복수의 DC 송전 매체의 측정된 전기적 특성에 기초하여, 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되는, 그 결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 결합성 DC 송전 매체를 식별하는 단계는, 그 결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 결합성 DC 송전 매체 내에서의 그 고장 또는 각각의 고장의 위치를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0032] 각각의 DC 송전 매체의 전압 특성의 측정은 그 결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 결합성 DC 송전 매체 내에서의 고장의 위치가 식별되도록 할 수 있다.
- [0033] 그 결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 결합성 DC 송전 매체가 식별된 후, 그 결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 결합성 DC 송전 매체에 연관된 그 DC 회로 차단 디바이스 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스는 그 고장 전류 또는 각각의 고장 전류가 DC 파워 그리드 내에서 흐르는 것을 방지하기 위해 폐쇄되는 것이 금지되는 한편, 그

무결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 무결합성 DC 송전 매체의 정상적인 작동이 그 대응하는 DC 회로 차단 디바이스 또는 각각의 대응하는 DC 회로 차단 디바이스를 폐쇄함으로써 재개된다.

[0034] DC 파워 그리드는 그 결함성 DC 송전 매체 또는 각각의 결함성 DC 송전 매체가 식별된 후에 다수의 상이한 방식으로 각각의 DC 회로 차단 디바이스의 개방 및 폐쇄를 금지하는 단계를 수행하도록 작동될 수 있다.

[0035] 본 발명의 실시예에서 그리고 DC 파워 그리드가 복수의 DC 회로 차단 디바이스 스테이션과 통신하기 위해 제어 스테이션을 더 포함하는 경우, 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되지 않은 그 무결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 무결합성 DC 송전 매체에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스를 폐쇄하는 단계는, 그 대응하는 DC 회로 차단 디바이스 또는 각각의 대응하는 DC 회로 차단 디바이스의 폐쇄를 개시하기 위해 제어 신호를 제어 스테이션으로부터 그 무결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 무결합성 DC 송전 매체에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스 스테이션 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스 스테이션에 보내는 단계를 포함할 수 있다.

[0036] 본 발명의 다른 실시예에서, 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되지 않은 그 무결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 무결합성 DC 송전 매체에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스를 폐쇄하는 단계는, DC 회로 차단 디바이스 전부의 개방 후의 사전에 정해진 시간 지연 후에 그 무결합성 DC 송전 매체 또는 각각의 무결합성 DC 송전 매체에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스를 폐쇄하는 단계를 포함한다.

[0037] 각각의 DC 회로 차단 디바이스가 사전에 정해진 시간 지연 후에 자동으로 폐쇄할 때에는, 그 결함성 DC 송전 매체 또는 각각의 결함성 DC 송전 매체에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스를 능동적으로 금지시키는 것이 필요하다.

[0038] 그 결함성 DC 송전 매체 또는 각각의 결함성 DC 송전 매체에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스의 폐쇄의 능동적인 금지(active inhibition)는, 대응하는 DC 회로 차단 디바이스 스테이션에서의 논리 제어를 이용하여 달성될 수 있다. 필요한 경우, DC 파워 그리드가 복수의 DC 회로 차단 디바이스 스테이션과 통신하기 위해 제어 스테이션을 더 포함하는 경우, 그 고장 또는 각각의 고장이 위치되는 그 결함성 DC 송전 매체 또는 각각의 결함성 DC 송전 매체에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스의 폐쇄를 금지시키는 단계는, 그 대응하는 DC 회로 차단 디바이스 또는 각각의 대응하는 DC 회로 차단 디바이스의 폐쇄를 금지하기 위해 제어 신호를 제어 스테이션으로부터 그 결함성 DC 송전 매체 또는 각각의 결함성 DC 송전 매체에 연관되는 그 DC 회로 차단 디바이스 스테이션 또는 각각의 DC 회로 차단 디바이스 스테이션에 보내는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0039] 따라서, 본 발명에 따른 방법에 의해 DC 파워 그리드를 작동하는 것은 최소의 오프-라인 시간을 갖는 신뢰할 수 있고 안정한 DC 파워 그리드를 발생한다. 이것은 본 발명의 방법이 DC 파워 그리드의 나머지가 정상적인 동작을 재개할 수 있도록 DC 파워 그리드에서의 그 고장 또는 각각의 고장이 DC 파워 그리드의 나머지에서 신속하게 격리되고 분리될 수 있도록 하기 때문이다.

도면의 간단한 설명

[0040] 본 발명의 바람직한 실시예를 이하의 첨부 도면을 참조하여 비제한적인 예로서 설명할 것이다.

도 1은 DC 파워 그리드에서의 전류의 상대적인 크기를 예시하는 도면이다.

도 2는 4-DC 단자 DC 파워 그리드의 예를 개략적인 형태로 도시하는 도면이다.

도 3은 도 2의 DC 파워 그리드의 일부를 형성하는 복수의 DC 송전선 중의 하나의 송전선의 중간에서 폴-투-폴 고장(pole-to-pole fault)이 발생할 때의 복수의 DC 송전선에 대한 전압 특성을 예시하는 그래프를 보여주는 도면이다.

도 4는 도 3에 도시된 그래프를 클로즈업한 도면이다.

도 5는 도 2의 DC 파워 그리드의 일부를 형성하는 복수의 DC 송전선 중의 하나의 송전선의 일단에서 폴-투-폴 고장이 발생할 때의 복수의 DC 송전선에 대한 전압 특성을 예시하는 그래프를 보여주는 도면이다.

도 6은 제어 스테이션을 포함하는 4-DC 단자 DC 파워 그리드의 또 다른 예를 개략적인 형태로 도시하는 도면이

다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0041] 본 발명의 실시예에 따른 DC 파워 그리드(10)에 대한 고장 제거 방법을 도 2 내지 도 5를 참조하여 이하에 설명한다.
- [0042] DC 파워 그리드(10)는 4개의 DC 단자(12a, 12b, 12c, 12d) 및 4개의 DC 송전선(14a, 14b, 14c, 14d)을 포함한다. 각각의 DC 단자(12a, 12b, 12c, 12d)는 전력 컨버터(16a, 16b, 16c, 16d)에 연결되는 한편, 4개의 DC 송전선(14a, 14b, 14c, 14d)은 아래와 같이 DC 단자들을 상호 연결하도록 배치된다.
- [0043] 제1 DC 송전선(14a)의 제1 단부가 제1 DC 단자(12a)에 연결되는 한편, 제1 DC 송전선(14a)의 제2 단부가 제2 DC 단자(12b)에 연결된다.
- [0044] 제2 DC 송전선(14b)의 제1 단부가 제2 DC 단자(12b)에 연결되는 한편, 제2 DC 송전선(14b)의 제2 단부가 제3 DC 단자(12c)에 연결된다.
- [0045] 제3 DC 송전선(14c)의 제1 단부가 제3 DC 단자(12c)에 연결되는 한편, 제3 DC 송전선(14c)의 제2 단부가 제4 DC 단자(12d)에 연결된다.
- [0046] 제4 DC 송전선(14d)의 제1 단부가 제4 DC 단자(12d)에 연결되는 한편, 제4 DC 송전선(14d)의 제2 단부가 제1 DC 단자(12a)에 연결된다.
- [0047] 4개의 DC 단자(12a, 12b, 12c, 12d)를 상호 연결하기 위해 DC 송전선(14a, 14b, 14c, 14d)을 이용하는 것은 DC 파워 그리드(10)의 상이한 DC 단자(12a, 12b, 12c, 12d)들 간의 전력 전달을 가능하게 한다.
- [0048] DC 파워 그리드(10)는 또한 복수의 DC 회로 차단기 스테이션(18)을 포함한다. 각각의 DC 회로 차단기 스테이션(18)은 DC 단자(12a, 12b, 12c, 12d)의 각자의 DC 단자와 DC 송전선(14a, 14b, 14c, 14d)의 각자의 송전선의 일단부 사이에 연결되는 DC 회로 차단기(20)를 포함하며, 이로써 한 쌍의 DC 회로 차단기(20)가 각각의 DC 송전선(14a, 14b, 14c, 14d)의 상호 반대측 단부에 위치된다.
- [0049] 다른 실시예에서, 각각의 DC 회로 차단기(20)는 다른 타입의 회로 차단 디바이스에 의해 대체될 수도 있다.
- [0050] 이러한 방식의 DC 파워 그리드(10)의 구성은 각각의 DC 회로 차단기(20)가 대응하는 DC 송전선(14a, 14b, 14c, 14d)에서의 전류 흐름을 선택적으로 차단할 수 있게 된다. 즉, 각각의 DC 회로 차단기(20)가 대응하는 DC 송전선(14a, 14b, 14c, 14d)에서의 전류 흐름을 차단하거나 허용하는 중의 하나로 제어된다.
- [0051] DC 파워 그리드(10)는 복수의 DC 리액터(22)를 더 포함한다. 각각의 DC 리액터(22)는 DC 회로 차단기(20)의 각자의 DC 회로 차단기와 DC 송전선(14a, 14b, 14c, 14d)의 각자의 DC 송전선의 일단부 사이에 연결되며, 이로써 한 쌍의 DC 리액터(22)가 각각의 DC 송전선(14a, 14b, 14c, 14d)의 상호 반대측 단부에 위치된다.
- [0052] DC 리액터(22)의 용도는 대응하는 DC 송전선(14a, 14b, 14c, 14d)에서의 직접적인 전류 흐름의 변화율을 제한하기 위한 것이다.
- [0053] DC 파워 그리드(10)의 다른 구성에서는 DC 리액터(22)를 생략할 수도 있다.
- [0054] 각각의 DC 회로 차단기 스테이션(18)은 대응하는 DC 송전선(14a, 14b, 14c, 14d)의 전류 및 전압 특성의 직접적인 또는 파생적인 측정(direct or derivative measurement)을 국부적으로 수행하기 위해 고장 검출 장비(도시하지 않음)를 더 포함한다. 이것은 대응하는 DC 송전선(14a, 14b, 14c, 14d)에서 발생하는 고장이 그 고장이 정상적인 작동 범위에서 벗어나는 측정된 전류 및 전압 특성을 발생하는 때에 신속하게 검출되도록 한다. 각각의 DC 회로 차단기(20)는 대응하는 DC 회로 차단기 스테이션(18)의 고장 검출 장비에 의해 고장이 검출될 때에 트립한다.
- [0055] 각각의 전력 컨버터(16a, 16b, 16c, 16d)는 또한 각자의 AC 회로 차단기(26)를 통해 각자의 AC 네트워크(24)에 연결된다.
- [0056] 폴-투-폴 고장 동안의 DC 파워 그리드(10)의 고장 작동의 시뮬레이션은 PSCAD®/EMTDC™ 시뮬레이션 소프트웨어를 이용하여 수행된다.
- [0057] 제1 시뮬레이션에서, 폴-투-폴 고장은 제4 DC 송전선(14d)의 중간에서 발생하도록 개시된다.

- [0058] 전술한 바와 같이, DC 파워 그리드(10)의 낮은 임피던스 성질은 DC 파워 그리드(10)의 DC 단자(12a, 12b, 12c, 12d)의 전부가 제4 DC 송전선(14d)에 적용된 폴-투-폴 고장에 의해 영향을 받게 한다. 이것은 각각의 DC 회로 차단기 스테이션(18)의 고장 검출 장비가 폴-투-폴 고장의 발생을 국부적으로 검출할 수 있도록 하고, 이에 의해 DC 회로 차단기(20)의 전부가 자동으로 트립하게 한다.
- [0059] 전술한 바와 같이, 고장의 검출 후의 DC 회로 차단기(20) 전부를 개방시키는 것은 그 결과의 고장 전류가 각각의 DC 회로 차단기(20)의 전류 차단 용량을 초과하는 레벨까지 상승하는 것을 방지한다. 이것은 DC 파워 그리드(10)가 차단될 수 없는 높은 고장 전류에 노출되는 것을 방지한다.
- [0060] 도 3에 도시된 그래프는, 제1 시뮬레이션에서의 폴-투-폴 고장의 발생 전후에, 각각의 DC 회로 차단기 스테이션(18)의 고장 검출 장비에 의해 측정된 바와 같은, 각각의 DC 송전선(14a, 14b, 14c, 14d)에 대한 전압 특성(V_1 , V_2 , V_3 , V_4)을 예시한다.
- [0061] 폴-투-폴 고장의 발생 후, 제1, 제2 및 제3 DC 송전선(14a, 14b, 14c)에서의 DC 전압 레벨(V_1 , V_2 , V_3)은 이들의 정상적인 작동 전압 레벨에 근접하게 유지되는 것으로 판명되었다. 이것은 각각의 제1, 제2 및 제3 DC 송전선(14a, 14b, 14c)에서의, 포획된 전하에 기인하는, 비-제로 잔류 DC 전압(non-zero residual DC voltage)의 존재로 인한 것이다.
- [0062] 반대로, 폴-투-폴 고장의 발생 후, 제4 DC 송전선(14d)에서의 전압 레벨(V_4)은 실질적인 AC 전압 성분을 갖는 공칭적으로 제로의 DC 전압(nominally zero DC voltage)의 형태의 제로 잔류 DC 전압을 갖는 것으로 판명되었다.
- [0063] 제4 DC 송전선(14d)과 다른 DC 송전선(14a, 14b, 14c) 간의 전압 특성(V_1 , V_2 , V_3 , V_4)에서의 현저한 차이는, 제4 DC 송전선(14d)을 폴-투-폴 고장이 위치되는 고장성(faulty) DC 송전선으로서 식별하는 것이 용이하다는 것을 의미한다. 도 4는 이 차이가 전압 발진 주파수의 1사이클 이내에서 분명하게 된다는 것을 보여주고 있다. 그러므로, 결합성 DC 송전선이 신속하게 식별될 수 있다.
- [0064] 결합성 DC 송전선이 식별된 후, 제4 DC 송전선(14d)에 연결된 DC 회로 차단기(20)는 재폐쇄(re-closing)되는 것이 금지되는 한편, 제1, 제2 및 제3 DC 송전선(14a, 14b, 14c)에 연결되는 DC 회로 차단기(20)는 폐쇄된다. 따라서, 이것은 제1, 제2 및 제3 DC 송전선(14a, 14b, 14c)이 정상적인 동작을 재개하는 것을 가능하게 하는 한편, 제4 DC 송전선(14d)은 폴-투-폴 고장을 수리하거나 제거할 수 있도록 하기 위해 오프-라인으로 유지된다.
- [0065] 제2 시뮬레이션에서, 폴-투-폴 고장은 제4 DC 송전선(14d)의 제1 단부에서 발생하도록 개시된다.
- [0066] 도 5에 도시된 그래프는, 제2 시뮬레이션에서의 폴-투-폴 고장의 발생 전후에, 각각의 DC 회로 차단기 스테이션(18)의 고장 검출 장비에 의해 측정된 바와 같은, 각각의 DC 송전선(14a, 14b, 14c, 14d)에 대한 전압 특성(V_1 , V_2 , V_3 , V_4)을 예시한다.
- [0067] 폴-투-폴 고장의 발생 후, 제1, 제2 및 제3 DC 송전선(14a, 14b, 14c)에서의 DC 전압 레벨(V_1 , V_2 , V_3)은 이들의 정상적인 작동 전압 레벨에 근접하게 유지되는 것으로 판명되었다. 전술한 바와 같이, 이것은 각각의 제1, 제2 및 제3 DC 송전선(14a, 14b, 14c)에서의, 포획된 전하에 기인하는, 비-제로 잔류 DC 전압의 존재로 인한 것이다.
- [0068] 반대로, 폴-투-폴 고장의 발생 후, DC 회로 차단기 스테이션(18)의 고장 검출 장비는 제4 DC 송전선(14d)에서의 실질적인 AC 전압 성분을 갖는 공칭적으로 제로의 DC 전압(nominally zero DC voltage)의 형태의 제로 잔류 DC 전압 V_{42} 이 되는 제4 DC 송전선(14d)의 제2 단부에서의 전압 V_4 를 측정한다. 한편, DC 회로 차단기 스테이션(18)의 고장 검출 장비는 AC 전압 성분이 없는 제로 잔류 DC 전압 V_{41} 이 되는 제4 DC 송전선(14d)의 제1 단부에서의 전압(V_4)을 측정한다.
- [0069] 제4 DC 송전선(14d)과 다른 DC 송전선(14a, 14b, 14c) 간의 전압 특성(V_1 , V_2 , V_3 , V_4)에서의 현저한 차이로부터, 제4 DC 송전선(14d)을 폴-투-폴 고장이 위치되는 결합성 DC 송전선으로서 식별하는 것이 용이하다는 것이 명백하게 된다. 이에 부가하여, 제4 DC 송전선(14d)의 제1 단부와 제2 단부에서의 측정된 전압 V_{41} 과 V_{42} 간의 전압 발진 주파수에서의 차이는, 폴-투-폴 고장의 위치가 제4 DC 송전선(14d)의 제1 단부인 것으로 결

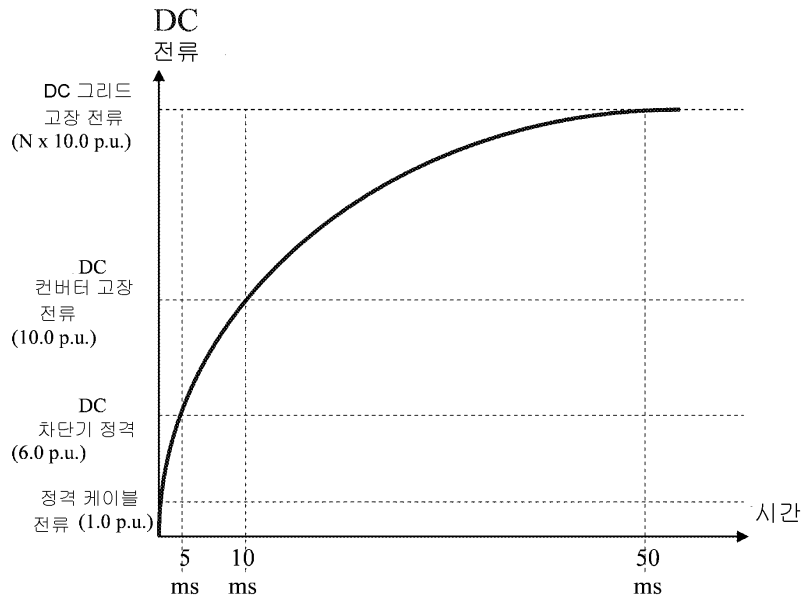
정하는 것을 용이하게 한다는 것을 의미한다.

- [0070] 본 발명에 따른 고장 보호의 방법을 이용하는 것은 고장이 위치되는 결합성 DC 송전선의 신속하고 정확한 식별을 가능하게 할뿐만 아니라, 결합성 DC 송전선 내의 고장의 구체적인 위치를 식별할 수 있도록 한다.
- [0071] DC 송전선(14a, 14b, 14c, 14d)의 측정된 전압 특성이 결합성 DC 송전선 내의 임의의 지점에서의 고장의 위치를 결정하기 위해 이용될 수 있을 것으로 예상된다.
- [0072] 이하에서는 본 발명의 제2 실시예에 따른 DC 파워 그리드(110)에 대한 고장 제거의 방법을 도 6을 참조하여 설명한다.
- [0073] 도 6의 DC 파워 그리드(110)는 구조 및 동작이 도 2의 DC 파워 그리드(10)와 유사하며, 동일한 특징부가 동일한 도면부호를 가지고 있다. 도 6의 DC 파워 그리드(110)는 도 6의 DC 파워 그리드(110)가 각각의 DC 회로 차단기 스테이션(18)과 통신하기 위해 제어 스테이션(30)을 더 포함한다는 점에서 도 2의 DC 파워 그리드(10)와 상이하다.
- [0074] 본 발명의 제2 실시예에 따른 방법은 본 발명의 제1 실시예에 따른 방법과 유사하지만, 제2 실시예의 방법에서는 도 6의 DC 파워 그리드(110)에서의 결합성 DC 송전 매체가 각각의 DC 송전선(14a, 14b, 14c, 14d)의 전압 특성을 측정하는 대신 DC 파워 그리드(110)에 흐르는 고장 전류의 크기 및 방향을 측정함으로써 식별된다는 점이 상이하다.
- [0075] 제4 DC 송전선(14a)에서 발생하는 폴-투-폴 고장의 경우, 각각의 DC 회로 차단기 스테이션(18)의 고장 검출 장비가 폴-투-폴 고장을 검출할뿐만 아니라 대응하는 DC 송전선(14a, 14b, 14c, 14d)을 통해 흐르는 고장 전류의 크기 및 방향을 측정한다.
- [0076] 폴-투-폴 고장의 발생 동안, 제4 DC 송전선(14d)의 둘 모두의 단부는 고장 전류가 유입될 것이다. 그 동안, 제1, 제2 및 제3 DC 송전선(14a, 14b, 14c)의 각각의 송전선의 일단부는 고장 전류의 유입을 경험할 것인 반면, 제1, 제2 및 제3 DC 송전선(14a, 14b, 14c)의 각각의 송전선의 타단부는 전류의 인출을 경험할 것이다.
- [0077] DC 회로 차단기(20)의 전부가 폴-투-폴 고장의 검출에 후속하여 개방된 후, 각각의 DC 회로 차단기 스테이션(18)은 제어 스테이션(30)을 통해 다른 DC 회로 차단기 스테이션(18)에 대해 정보를 통신한다. 통신된 정보는 DC 송전선(14a, 14b, 14c, 14d)에 흐르는 고장 전류의 그 이전에 측정된 크기 및 방향을 포함한다.
- [0078] 제4 DC 송전선(14d)과 다른 DC 송전선(14a, 14b, 14c)에서의 고장 전류 크기 및 방향의 차이는 제4 DC 송전선(14d)이 폴-투-폴 고장이 위치되는 결합성 DC 송전선으로서 식별될 수 있도록 한다.
- [0079] 결합성 DC 송전선이 식별된 때, 제4 DC 송전선(14d)에 연결된 DC 회로 차단기(20)는 다시 폐쇄되는 것이 금지되는 한편, 제1, 제2 및 제3 DC 송전선(14a, 14b, 14c)에 연결된 DC 회로 차단기(20)는 폐쇄된다. 따라서, 이것은 제1, 제2 및 제3 DC 송전선(14a, 14b, 14c)이 정상적인 동작을 재개할 수 있도록 하는 한편, 제4 DC 송전선(14d)은 폴-투-폴 고장이 수리되거나 또는 제거되도록 하기 위해 오프 라인으로 유지된다.
- [0080] 본 발명의 다른 실시예에서, DC 파워 그리드(110)는 제어 스테이션(30)을 포함하지 않을 수도 있으며, 각각의 DC 회로 차단기 스테이션(18)은 DC 회로 차단기(20)의 전부가 개방된 후에 다른 DC 회로 차단기 스테이션(18)에 대해 직접 정보를 통신할 수도 있다.
- [0081] 따라서, 본 발명에 따른 제1 및/또는 제2 실시예의 방법을 이용하는 것은 신뢰할 수 있고 안정한 DC 파워 그리드(10, 110)를 발생한다.
- [0082] 다른 실시예에서는, 제1 실시예 및 제2 실시예의 방법이 DC 파워 그리드에서의 하나 이상의 고장을 제거하기 위해 조합하여 이용될 수도 있다.
- [0083] 본 발명에 따른 방법은 상이한 개수의 DC 단자 및 이들 DC 단자들을 상호연결하기 위한 DC 송전선의 상이한 배열을 갖는 DC 파워 그리드에 적용할 수 있다는 것을 이해할 것이다. 이러한 DC 파워 그리드는 메시 연결 구조 DC 파워 그리드(mesh-connected DC power grid) 또는 방사상 연결 구조 DC 파워 그리드(radial-connected DC power grid)이어도 되며, 이러한 것으로 한정되지 않는다.
- [0084] 도 2 및 도 6에 각각 도시된 DC 파워 그리드(10, 110)를 참조하여 설명된 실시예는 DC 송전선(14a, 14b, 14c, 14d)의 사용을 언급하고 있다. 다른 실시예에서, 본 발명의 방법은 예컨대 해저 DC 송전 케이블, 가공 DC 송전선 또는 송전 케이블(overhead DC power transmission line or cable), 및 지중 DC 송전 케이블과 같은 기타

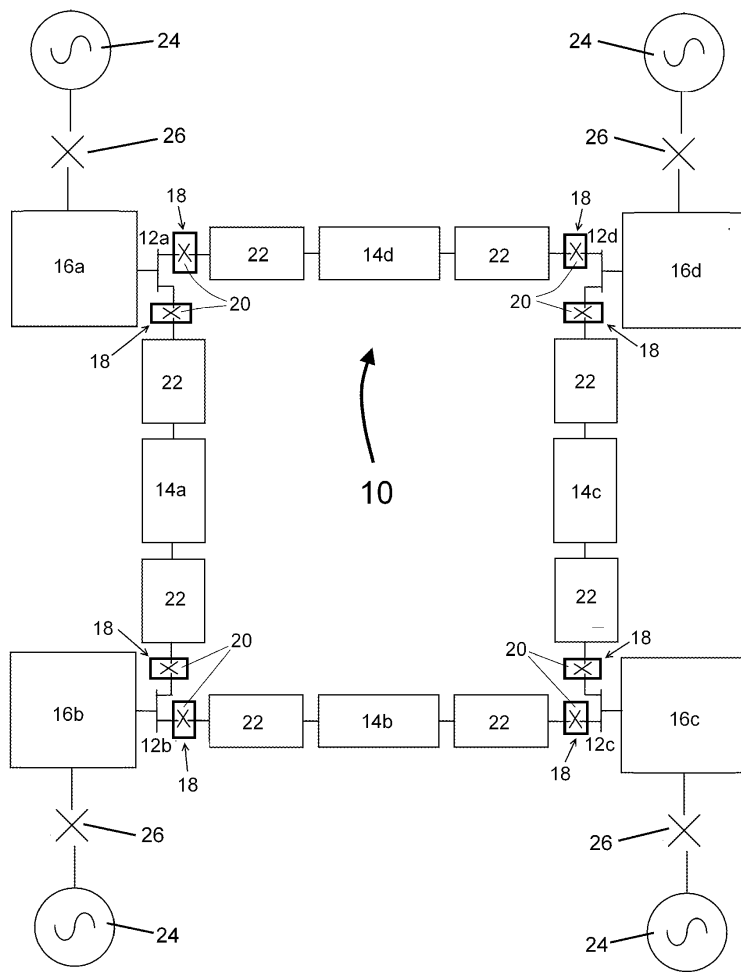
DC 송전 매체를 포함하는 DC 파워 그리드에 이용될 수도 있다.

도면

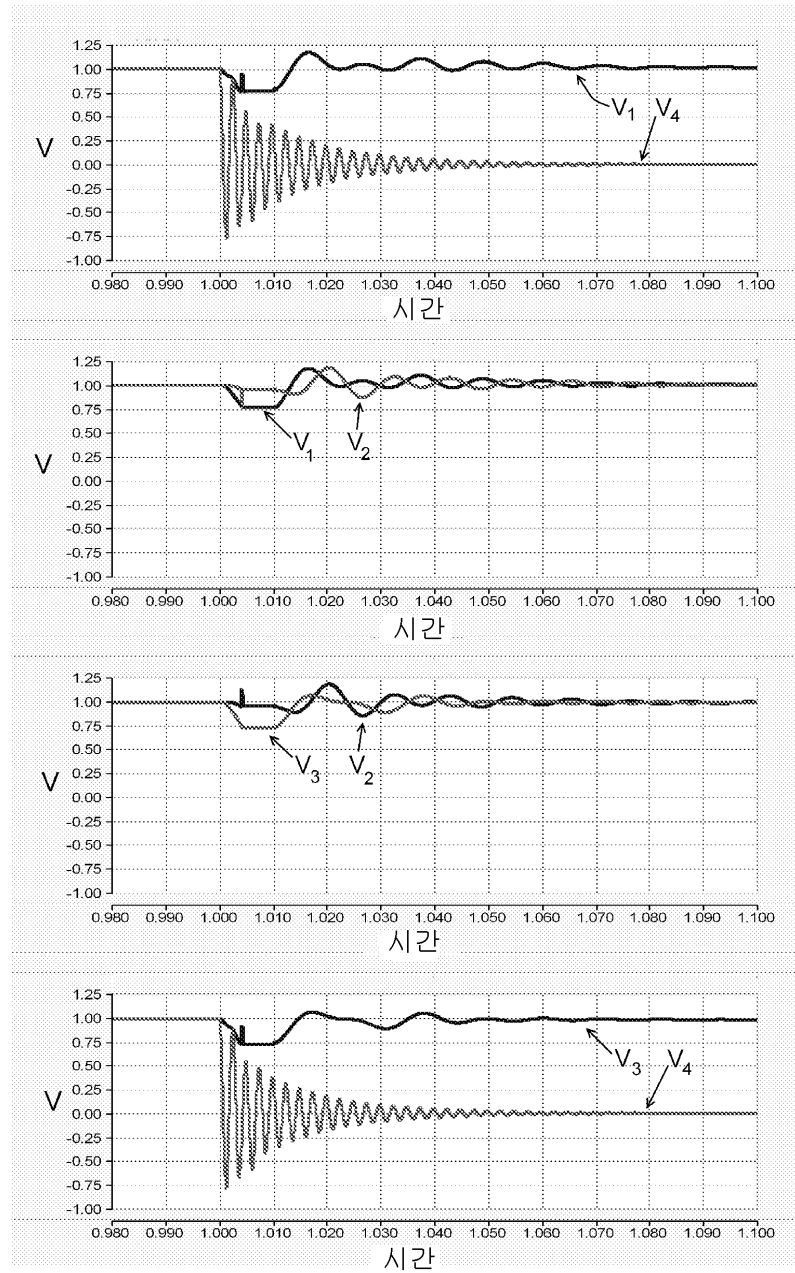
도면1



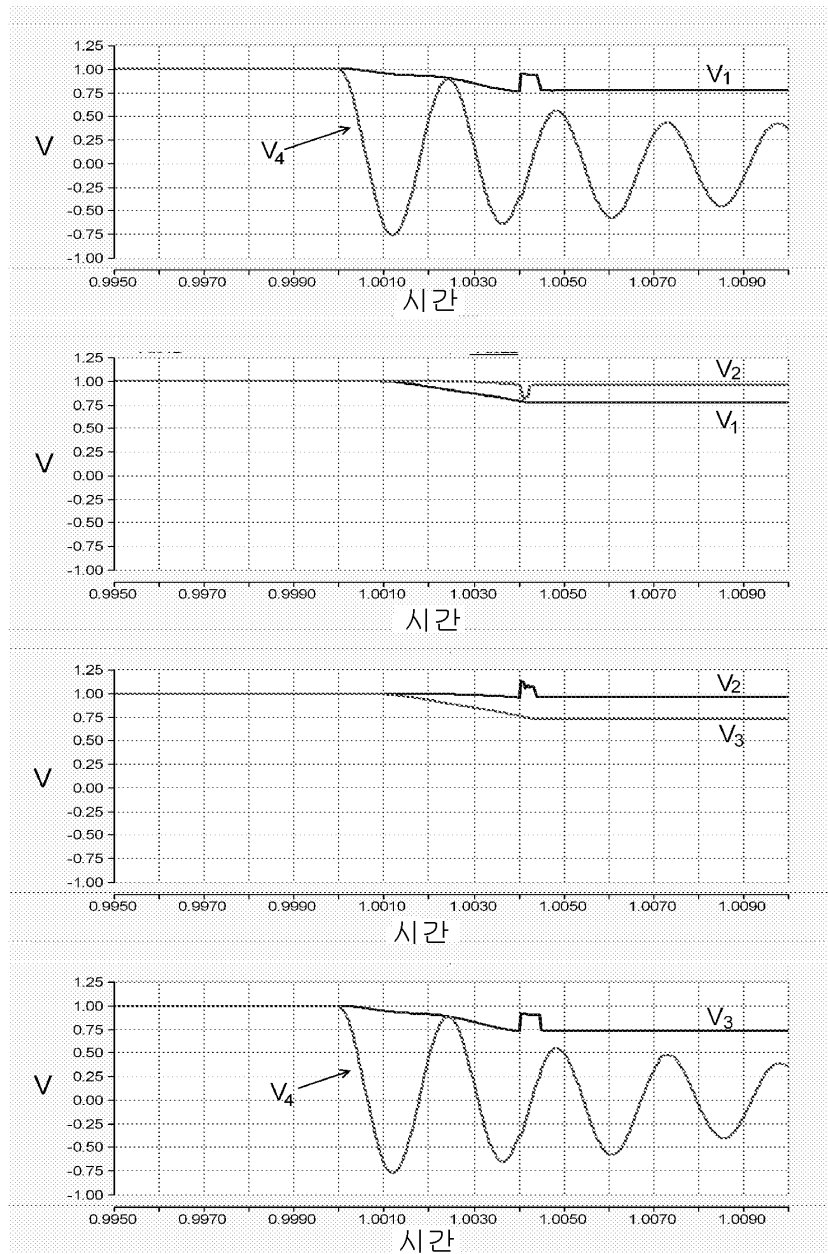
도면2



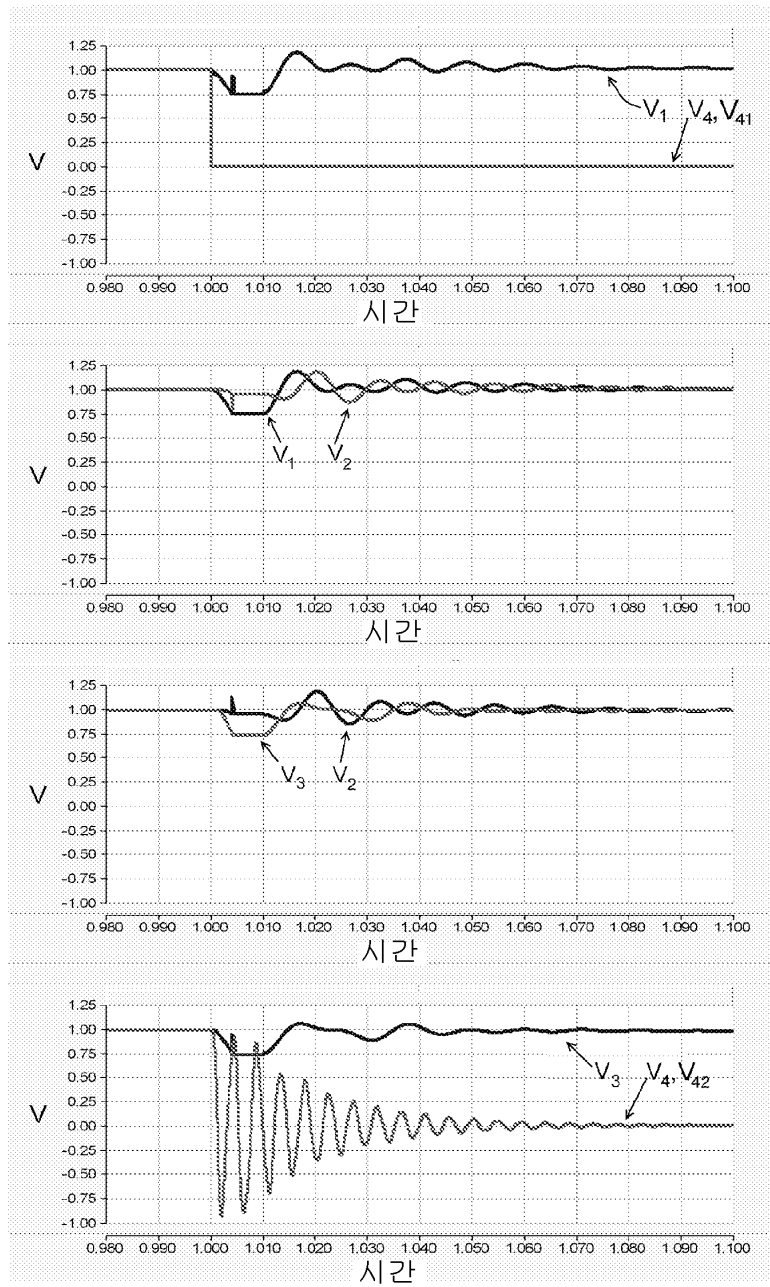
도면3



도면4



도면5



도면6

