(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년04월06일
(11) 등록번호 10-1723024
(24) 등록일자 2017년03월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 1/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02J 1/00 (2013.01)
Y04S 20/18 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0022210
(22) 출원일자 2015년02월13일
심사청구일자 2015년02월13일
(65) 공개번호 10-2016-0099914
(43) 공개일자 2016년08월23일
(56) 선행기술조사문헌
JP2006129585 A*
대한전기학회논문지. 사단법인 대한전기학회. 2012.08., 제61권, 제8호(1099 내지 1106)*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
정지훈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 402동 504호(울산과학기술대학교 교수아파트)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 8 항 심사관 : 신희상

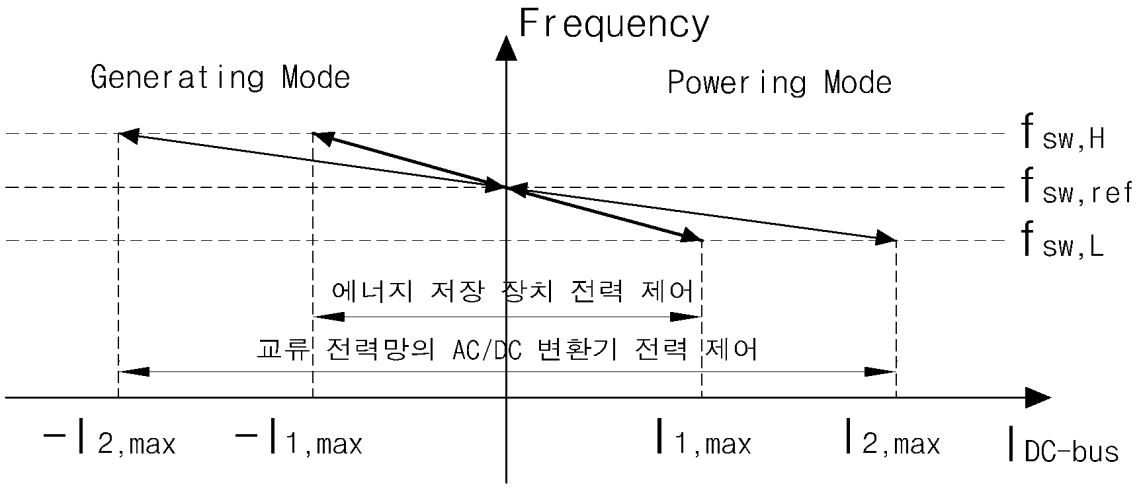
(54) 발명의 명칭 **직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 장치 및 그것을 이용한 전력 제어 방법**

(57) 요 약

본 발명은 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 장치 및 그것을 이용한 전력 제어 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 분산 전원 및 부하의 현재 전력 상태에 기초하여, 에너지 저장 장치 및 교류 전력망이 DC 선로로 공급할 전력 값 또는 DC 선로로부터 공급받을 전력 값을 연산하는

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도3



단계와, 전력 값에 따라 변동하는 스위칭 주파수 값과 스위칭 주파수 값에 대응하는 에너지 저장 장치 및 교류 전력망의 출력 전류 값을 각각 정의한 전력 제어 그래프 정보로부터, 연산한 전력 값에 대응하는 스위칭 주파수 값을 선택하는 단계, 및 선택한 스위칭 주파수 값을 DC 버스 전압에 실은 DC 버스 신호를 DC 선로에 제공하여 에너지 저장 장치 및 교류 전력망의 전력을 제어하는 단계를 포함하는 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 방법을 제공한다.

본 발명에 따르면, 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 사용함에 따라 DC 그리드 시스템 내에서 직류 선로에 연결되어 있는 각 구성 요소의 전력 상태 정보의 전송 및 전력의 흐름을 효과적으로 제어할 수 있으며 별도의 통신 선로 없이도 기존의 DC 전력선을 이용하여 부하의 구성 요소나 동작 환경에 영향을 받지 않고 원활한 정보 교환을 수행할 수 있는 이점이 있다.

명 세 서

청구범위

청구항 1

분산 전원, 부하, 에너지 저장 장치, 교류 전력망을 포함한 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 장치를 이용한 전력 제어 방법에 있어서,

상기 분산 전원 및 상기 부하의 현재 전력 상태에 기초하여, 상기 에너지 저장 장치 및 상기 교류 전력망이 DC 선로로 공급할 전력 값 또는 상기 DC 선로로부터 공급받을 전력 값을 연산하는 단계;

상기 전력 값에 따라 변동하는 스위칭 주파수 값과 상기 스위칭 주파수 값에 대응하는 상기 에너지 저장 장치 및 상기 교류 전력망의 출력 전류 값을 각각 정의한 전력 제어 그래프 정보로부터 상기 연산한 전력 값에 대응하는 스위칭 주파수 값을 선택하는 단계; 및

상기 선택한 스위칭 주파수 값을 DC 버스 전압에 실은 DC 버스 신호를 상기 DC 선로에 제공하여 상기 에너지 저장 장치 및 상기 교류 전력망의 전력을 제어하는 단계를 포함하며,

상기 에너지 저장 장치 및 상기 교류 전력망은,

상기 DC 선로에 제공된 상기 DC 버스 신호로부터 상기 스위칭 주파수 값을 분석하여 상기 분석한 스위칭 주파수 값에 대응하는 출력 전류 값을 각각 추종하도록 구동되는 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 전력 값에 따라 제어되는 상기 에너지 저장 장치 및 상기 교류 전력망 각각의 출력 전류 값과 상기 스위칭 주파수 값 간의 대응 관계를 출력 전류 축과 스위칭 주파수 축 상에서 정의한 상기 전력 제어 그래프 정보를 구축하는 단계를 더 포함하는 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 전력 제어 그래프 정보는,

상기 출력 전류 값의 증가에 따라 상기 스위칭 주파수 값이 감소하는 형태를 가지되, 상기 에너지 저장 장치의 출력 전류 값과 상기 스위칭 주파수 값의 대응 관계를 나타낸 제1 그래프 선과, 상기 교류 전력망의 출력 전류 값과 상기 스위칭 주파수 값의 대응 관계를 나타낸 제2 그래프 선을 포함하며,

상기 제1 및 제2 그래프 선 간의 교점은 상기 스위칭 주파수 축 상에 위치하고, 상기 스위칭 주파수 축을 기준으로 양과 음의 출력 전류 구간으로 구분되는 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 분산 전원, 상기 부하, 상기 에너지 저장 장치는,

상기 현재 전력 상태에 대응하는 스위칭 주파수 값을 DC 버스 전압에 실은 DC 버스 신호를 DC 선로를 통해 전송하되, 상기 전력 상태의 전송에 사용되는 스위칭 주파수 값의 스위칭 주파수 대역이 서로 상이하며,

상기 전력 제어 장치는,

상기 분산 전원, 상기 부하, 상기 에너지 저장 장치로부터 각각 수신한 DC 버스 신호의 스위칭 주파수 값을 분석하여 그에 대응하는 각각의 상기 현재 전력 상태를 추정하는 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 방법.

청구항 6

분산 전원, 부하, 에너지 저장 장치, 교류 전력망을 포함한 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 장치에 있어서,

상기 분산 전원 및 상기 부하의 현재 전력 상태에 기초하여, 상기 에너지 저장 장치 및 상기 교류 전력망이 DC 선로로 공급할 전력 값 또는 상기 DC 선로로부터 공급받을 전력 값을 연산하는 제어 전력 연산부;

상기 전력 값에 따라 변동하는 스위칭 주파수 값과 상기 스위칭 주파수 값에 대응하는 상기 에너지 저장 장치 및 상기 교류 전력망의 출력 전류 값을 각각 정의한 전력 제어 그래프 정보로부터 상기 연산한 전력 값에 대응하는 스위칭 주파수 값을 선택하는 스위칭 주파수 선택부; 및

상기 선택한 스위칭 주파수 값을 DC 버스 전압에 실은 DC 버스 신호를 상기 DC 선로에 제공하여 상기 에너지 저장 장치 및 상기 교류 전력망의 전력을 제어하는 전력 제어부를 포함하며,

상기 에너지 저장 장치 및 상기 교류 전력망은,

상기 DC 선로에 제공된 상기 DC 버스 신호로부터 상기 스위칭 주파수 값을 분석하여 상기 분석한 스위칭 주파수 값에 대응하는 출력 전류 값을 각각 추종하도록 구동되는 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 장치.

청구항 7

삭제

청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 전력 값에 따라 제어되는 상기 에너지 저장 장치 및 상기 교류 전력망 각각의 출력 전류 값과 상기 스위칭 주파수 값 간의 대응 관계를 출력 전류 축과 스위칭 주파수 축 상에서 정의한 상기 전력 제어 그래프 정보를 구축하는 제어 정보 구축부를 더 포함하는 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 장치.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 전력 제어 그래프 정보는,

상기 출력 전류 값의 증가에 따라 상기 스위칭 주파수 값이 감소하는 형태를 가지되, 상기 에너지 저장 장치의 출력 전류 값과 상기 스위칭 주파수 값의 대응 관계를 나타낸 제1 그래프 선과, 상기 교류 전력망의 출력 전류 값과 상기 스위칭 주파수 값의 대응 관계를 나타낸 제2 그래프 선을 포함하며,

상기 제1 및 제2 그래프 선 간의 교점은 상기 스위칭 주파수 축 상에 위치하고, 상기 스위칭 주파수 축을 기준으로 양과 음의 출력 전류 구간으로 구분되는 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 장치.

청구항 10

청구항 6에 있어서,

상기 분산 전원, 상기 부하, 상기 에너지 저장 장치는,

상기 현재 전력 상태에 대응하는 스위칭 주파수 값을 DC 버스 전압에 실은 DC 버스 신호를 DC 선로를 통해 전송하되, 상기 전력 상태의 전송에 사용되는 스위칭 주파수 값의 스위칭 주파수 대역이 서로 상이하며,

상기 전력 제어 장치는,

상기 분산 전원, 상기 부하, 상기 에너지 저장 장치로부터 각각 수신한 DC 버스 신호의 스위칭 주파수 값을 분석하여 그에 대응하는 각각의 상기 현재 전력 상태를 추정하는 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 장치 및 그것을 이용한 전력 제어 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 DC 마이크로 그리드 또는 DC 나노 그리드와 같은 직류 그리드 시스템의 제어 효율성을 높일 수 있는 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 장치 및 그것을 이용한 전력 제어 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 인구 증가에 따른 내연기관의 사용량 증가와 전세계적인 공업화로 인하여 화석연료의 수요증가 문제가 대두되고 있다. 화석 연료는 지구 온난화, 미세 먼지 등의 심각한 환경 오염을 유발하는 요인이 된다. 이러한 이유로 친환경 에너지에 대한 관심이 점차 증가하고 있으며 특히 스마트 그리드(Smart Grids) 분야에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

[0003] 스마트 그리드는 전력망의 고도화를 의미하며 친환경적인 요소와 지역 발전의 통합을 통한 전력 공급을 가능하게 한다. 스마트 그리드에 의하면 실시간 수집되는 전력 정보를 이용하여 전력 생산자와 전력 소비자 간의 효율적인 전력 생산 및 소비가 가능하게 하며 지능형 전력 인터페이스 장비들을 이용하여 전력망의 안정화 및 고효율화를 추구할 수 있도록 한다.

[0004] 스마트 그리드를 구현하는 방법으로는 마이크로/나노 그리드의 고도화를 통한 상향식 접근 방식이 효과적이며 이와 관련된 많은 연구가 진행되고 있다. 이러한 고도화된 마이크로/나노 그리드 중에서도 기존의 교류 전력이 아닌 직류 전력을 사용하는 직류 그리드(DC Grid)에 관한 연구가 현재 활발히 진행되고 있다.

[0005] 교류 전력이 아닌 직류 전력을 사용할 경우 배전에 필요한 전선의 사용량을 줄일 수 있으며 안정적인 전력 공급이 가능하며 신재생 에너지원과 같은 직류 분산 전원의 연결이 용이한 이점이 있다. 또한 대부분의 전자 기기들이 내부적으로는 직류 전원을 사용한다는 점을 고려하여 볼 때 직류 전력을 사용할 경우 전력 변환 횟수를 줄일 수 있어 시스템의 고효율화를 달성할 수 있고 전력 변환에 필요한 추가 부품의 불필요한 사용을 줄일 수 있어 자원 소비를 절감하고 제품의 가격 경쟁력을 높일 수 있다.

[0006] 직류 그리드에 해당하는 DC 마이크로/나노 그리드 시스템은 일반적으로 분산 전원(신재생 발전기; 풍력, 태양광 등), 에너지 저장 장치(배터리), 부하(직류 부하)가 직류 선로에 결합되어 기존의 교류 전력망과 연계된 소규모 전력망 형태를 가진다.

[0007] DC 마이크로/나노 그리드의 효율적인 운용을 위해서는 DC 선로에 연결되어 있는 분산 전원, 에너지 저장 장치, 직류 부하, 교류 전력망 사이의 전력 흐름이 효과적으로 관리되어야 한다. 다시 말해서, 직류 전력 시스템 내의 부하의 소모량, 에너지 저장 장치의 전력 저장 상태, 분산 전원의 전력 생산량에 따라 직류 전력 시스템을 구성하는 각 구성 요소 간에 적절한 동작점 설정 및 긴밀한 전력 배분이 이루어져야 한다. 이를 위해 각 구성 요소는 그리드의 직류 전압을 제어하는 전력 변환 장치로부터 DC 그리드 시스템의 전력 상태 정보를 필요로 한다.

[0008] 이와 같은 DC 그리드 시스템에서는 각 구성 요소의 전력 상태 정보를 바탕으로 전력 흐름을 관리해야 한다. 이때, 부가적인 통신 장치를 사용하여 각 요소 장치 간의 정보 전달을 수행할 수도 있으나 DC 전력망 이외에 추가적인 통신망을 필요로 하기 때문에 비효율적인 단점이 있다.

[0009] 최근 추가적인 통신망을 사용하지 않고 직류 전압을 변동시켜서 전력망의 구성 요소 간에 기본적인 전력 정보를 공유하는 DC-bus 신호 기법인 드룹(Droop) 제어 방식이 제안되고 있다. 이러한 드룹 제어 방식은 부하 및 분산 전원의 전력 상태 정보 즉, 부하가 필요로 하는 전력량과 분산 전원이 생산하는 출력 전력량을 바탕으로 하여 DC 선로에 제공되는 직류 전압의 크기를 변동시켜서 시스템 내의 각 구성 요소가 적절한 동작점에 수렴할 수 있도록 전력을 제어한다.

[0010] 그런데 이와 같은 직류 전압 변동에 바탕한 드룹 제어 방법은 전력 제어 성능이 우수하고 안정적인 장점은 있으

나, 각 구성 요소에서 직류 전압의 측정 시 오차가 발생하면 동작 효율성이 저하되는 단점이 있다. 또한 전력망의 전체 길이와 부하량에 따라 직류 전압의 감소가 발생할 수 있으며 현재로서는 이에 대한 대책을 마련하기가 어려운 실정이다. 이와 같이 전압 측정의 오차 및 전압 감소 등으로 인한 요소 장치 간의 정보 오차는 필연적으로 전체 DC 그리드의 비효율적인 동작과 안정성 훼손을 야기하는 요인이 된다.

[0011] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국공개특허 제1431047호(2014.08.21 공고)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 직류 그리드 시스템의 동작 효율을 증대시킬 수 있는 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 장치 및 그것을 이용한 전력 제어 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명은, 분산 전원, 부하, 에너지 저장 장치, 교류 전력망을 포함한 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 장치를 이용한 전력 제어 방법에 있어서, 상기 분산 전원 및 상기 부하의 현재 전력 상태에 기초하여, 상기 에너지 저장 장치 및 상기 교류 전력망이 DC 선로로 공급할 전력 값 또는 상기 DC 선로로부터 공급받을 전력 값을 연산하는 단계와, 상기 전력 값에 따라 변동하는 스위칭 주파수 값과 상기 스위칭 주파수 값에 대응하는 상기 에너지 저장 장치 및 상기 교류 전력망의 출력 전류 값을 각각 정의한 전력 제어 그래프 정보로부터 상기 연산한 전력 값에 대응하는 스위칭 주파수 값을 선택하는 단계, 및 상기 선택한 스위칭 주파수 값을 DC 버스 전압에 실은 DC 버스 신호를 상기 DC 선로에 제공하여 상기 에너지 저장 장치 및 상기 교류 전력망의 전력을 제어하는 단계를 포함하는 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 방법을 제공한다.

[0014] 여기서, 상기 에너지 저장 장치 및 상기 교류 전력망은, 상기 DC 선로에 제공된 상기 DC 버스 신호로부터 상기 스위칭 주파수 값을 분석하여 상기 분석한 스위칭 주파수 값에 대응하는 출력 전류 값을 각각 추종하도록 구동될 수 있다.

[0015] 또한, 상기 전력 제어 방법은, 상기 전력 값에 따라 제어되는 상기 에너지 저장 장치 및 상기 교류 전력망 각각의 출력 전류 값과 상기 스위칭 주파수 값 간의 대응 관계를 출력 전류 축과 스위칭 주파수 축 상에서 정의한 상기 전력 제어 그래프 정보를 구축하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0016] 여기서, 상기 전력 제어 그래프 정보는, 상기 출력 전류 값의 증가에 따라 상기 스위칭 주파수 값이 감소하는 형태를 가지되, 상기 에너지 저장 장치의 출력 전류 값과 상기 스위칭 주파수 값의 대응 관계를 나타낸 제1 그래프 선과, 상기 교류 전력망의 출력 전류 값과 상기 스위칭 주파수 값의 대응 관계를 나타낸 제2 그래프 선을 포함하며, 상기 제1 및 제2 그래프 선 간의 교점은 상기 스위칭 주파수 축 상에 위치하고, 상기 스위칭 주파수 축을 기준으로 양과 음의 출력 전류 구간으로 구분될 수 있다.

[0017] 또한, 상기 분산 전원, 상기 부하, 상기 에너지 저장 장치는, 상기 현재 전력 상태에 대응하는 스위칭 주파수 값을 DC 버스 전압에 실은 DC 버스 신호를 DC 선로를 통해 전송하되, 상기 전력 상태의 전송에 사용되는 스위칭 주파수 값의 스위칭 주파수 대역이 서로 상이하며, 상기 전력 제어 장치는, 상기 분산 전원, 상기 부하, 상기 에너지 저장 장치로부터 각각 수신한 DC 버스 신호의 스위칭 주파수 값을 분석하여 그에 대응하는 각각의 상기 현재 전력 상태를 추정할 수 있다.

[0018] 그리고, 본 발명은, 분산 전원, 부하, 에너지 저장 장치, 교류 전력망을 포함한 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 장치에 있어서, 상기 분산 전원 및 상기 부하의 현재 전력 상태에 기초하여, 상기 에너지 저장 장치 및 상기 교류 전력망이 DC 선로로 공급할 전력 값 또는 상기 DC 선로로부터 공급받을 전력 값을 연산하는 제어 전력 연산부와, 상기 전력 값에 따라 변동하는 스위칭 주파수 값과 상기 스위칭 주파수 값에 대응하는 상기 에너지 저장 장치 및 상기 교류 전력망의 출력 전류 값을 각각 정의한 전력 제어 그래프 정보로부터 상기 연산한 전력 값에 대응하는 스위칭 주파수 값을 선택하는 스위칭 주파수 선택부, 및 상기 선택한 스위칭 주파수 값을 DC 버스 전압에 실은 DC 버스 신호를 상기 DC 선로에 제공하여 상기 에너지 저장 장치 및 상기 교류 전력망의 전력을 제어하는 전력 제어부를 포함하는 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 장치를 제공한다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 따른 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 장치 및 그것을 이용한 전력 제어 방법에 따르면, 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 사용함에 따라 직류 그리드 시스템 내에서 DC 선로에 연결되어 있는 각 구성 요소의 전력 상태 정보의 전송 및 전력의 흐름을 효과적으로 제어할 수 있으며 별도의 통신 선로 없이도 기존의 DC 전력선을 이용하여 부하의 구성 요소나 동작 환경에 영향을 받지 않고 원활한 정보 교환을 수행할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 직류 그리드 시스템을 나타낸 도면이다.

도 2는 기존의 직류 전압 변동형 드룹 제어 방식을 설명하는 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 방법을 설명하는 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 장치의 구성을 나타낸 도면이다.

도 5는 도 4에 도시된 전력 제어 장치를 이용한 전력 제어 방법을 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 시간 영역에서 표현한 도면이다.

도 7은 본 발명의 실시예에서 디지털 제어기를 이용할 경우 주파수 분해능에 따른 DC 버스 신호의 양자화를 예시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0022] 본 발명은 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 장치 및 그것을 이용한 전력 제어 방법에 관한 것으로, DC 그리드 시스템 내에서 직류 선로에 연결되어 있는 각 구성 요소(분산 전원, 에너지 저장 장치, 직류 부하, 교류 전력망)의 전력 방향 및 전력량을 효과적으로 제어할 수 있는 방법을 제안한다.

[0023] 본 발명의 실시예에서 직류 그리드 시스템은 DC 마이크로 그리드, DC 나노 그리드 형태를 의미할 수 있다. 이하에서는 설명의 편의를 위해 DC 마이크로 그리드인 것을 예시로 하여 설명한다.

[0024] 본 발명의 실시예의 경우, 직류 그리드 시스템의 직류 선로(DC 선로)에 유입되는 DC 버스 신호로서 기존의 전압 변동 방식의 DC 버스 신호와는 달리 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 사용한다. 기존에는 DC 선로에 실리는 DC 버스 전압 레벨 자체를 DC 버스 신호로 사용한 반면, 본 발명의 실시예는 DC 버스 전압에 실리는 고주파 스위칭 노이즈를 실질적인 DC 버스 신호로 사용한다.

[0025] 직류 그리드 시스템 내의 각 구성 요소는 DC 버스 전압에 실린 스위칭 주파수 값을 분석하는데, 분석된 스위칭 주파수 값으로부터 현재 그리드 시스템의 전력 상태를 인지하고 그에 대응하는 전력 방향 및 전력량으로 전력 흐름을 제어할 수 있다.

[0026] 이러한 본 발명의 실시예는 별도의 통신망 없이 기존의 DC 전력망인 DC 선로를 활용하여 전력 정보의 상호 교환 및 전력 제어가 가능하다. 또한 기존의 전압 변동형 방식과 달리 단순한 전압 레벨이 아닌 스위칭 주파수 성분을 DC 버스 신호로 사용하기 때문에 실질적으로 각 구성 요소에서는 분석된 주파수에 기반하여 그에 대응하는 약속된 동작을 수행하면 된다. 따라서, 본 실시예의 경우, 기존에 전압 변동형 방식에서 문제가 되었던 전력망 길이와 부하량에 따른 DC 버스 전압의 오차 및 각 구성 요소 간의 거리에 따른 전압 측정 오차의 불리함을 극복할 수 있다.

[0027] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 직류 그리드 시스템의 구성을 간단히 설명한다. 직류 그리드 시스템은 일반적으로 도 1과 같은 형태를 가진다. 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 직류 그리드 시스템을 나타낸 도면이다.

[0028] 도 1을 참조하면, 분산 전원(40), 부하(20), 에너지 저장 장치(30)는 DC 선로와 결합되어 교류 전력망(10)과 연

계되어 동작한다. 분산 전원(40)은 전력 생산이 가능한 풍력 발전기, 태양광 발전기 등에 해당될 수 있고, 부하(20)는 직류 부하에 해당될 수 있다. 교류 전력망(10)은 기존의 교류 계통망, 교류 배전 시스템 등에 해당될 수 있다.

[0029] 교류 전력망(10)은 DC 그리드와의 연결을 위해 AC/DC 간 양방향 변환이 가능한 AC/DC 변환기(인버터)가 연결되어 있다. 그리고 분산 전원(40), 부하(20), 에너지 저장 장치(30), 교류 전력망(10)은 DC 선로 사이에서 적절한 전력 변환을 수행하는 양방향 전력 컨버터가 개별적으로 연결되어 있다. 교류 전력망(10)은 실질적으로 AC/DC 변환기가 양방향 전력 컨버터에 연결되어 있다. 각 구성 요소에 연결되는 양방향 전력 컨버터의 구성은 직류 그리드 시스템에서 일반적인 사항이므로 상세한 설명은 생략한다.

[0030] 상기의 양방향 전력 컨버터는 절연형 양방향 전력 DC-DC 컨버터 중 하나인 DAB(Dual Active Bridge) 컨버터로 구현될 수 있다. 이러한 DAB 컨버터는 부하 전류의 방향 전환이 매끄럽고 위상 천이에 의한 전력 방향 제어가 용이한 장점이 있다. 물론 양방향 전력 컨버터는 반드시 이에 한정되지 않으며 기 공지된 다양한 형태로 구현될 수 있다.

[0031] 이러한 각 구성 요소에 연결된 양방향 전력 컨버터를 제어하여 전력 흐름을 제어할 수 있다. 기존에 알려진 전압 변동 방식의 드룹 제어 방식은 구성 요소가 가진 전력 컨버터의 전압을 전력의 흡수 또는 방출 양에 따라 제어한다. 본 발명의 실시예에 따른 전력 제어 방법에서도 각 구성 요소에 연결된 전력 컨버터를 이용하여 각 구성 요소에 대한 DC 그리드의 전력 흐름을 효과적으로 제어할 수 있다.

[0032] 본 발명의 실시예에 따른 전력 제어 장치는 DC 선로에 직접 연결되어 각 구성 요소의 전력 컨버터로 전력 제어에 필요한 DC 버스 신호를 제공할 수 있다. 이외에도 전력 제어 장치는 특정 구성 요소의 전력 컨버터에 내장된 상태에서 각 구성 요소의 전력 컨버터로 전력 제어에 필요한 DC 버스 신호를 제공할 수 있다. 예를 들면 교류 전력망(10)의 양방향 전력 컨버터에 내장되는 상태에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 DC 선로에 제공하여 DC 그리드 내의 전력 방향 및 전력량을 제어할 수 있다. 이와 같이 전력 제어 장치는 DC 선로 상에 직접 연결될 수도 있고 양방향 전력 컨버터 구성 내에 포함될 수도 있으며 그리드 시스템 내에서 다양한 형태로 설치될 수 있다. 전력 제어에 대한 상세한 설명은 후술할 것이다.

[0033] 이러한 전력 제어 장치는 해당 각 구성 요소의 전력 컨버터로부터 각 구성 요소의 전력 상태 정보가 담긴 DC 버스 신호를 수신하여 각 구성 요소의 현재 전력 상태를 판단할 수도 있다. 본 발명의 실시예에 따른 전력 제어 장치는 부하와 분산 전원의 현재 전력 상태를 기초로 DC 선로에 공급할 또는 공급받을 전력량을 연산하고 연산된 전력량에 대응하는 스위칭 주파수 값을 DC 버스 전압에 실은 DC 버스 신호를 DC 선로에 제공하는 방법으로 에너지 저장 장치 및 교류 전력망의 전력 흐름과 전력량을 효과적으로 제어할 수 있다.

[0034] 물론 본 발명의 실시예에서 각각의 양방향 전력 컨버터는 DC 버스 신호에 실린 스위칭 주파수 값에 대응하는 약속된 제어 동작을 수행할 수 있도록 관련 제어 정보를 미리 저장하거나 상호 간에 공유할 수 있다. 본 발명의 실시예에 제어 정보는 전력 제어 그래프 정보로 나타내어 지며 이에 관한 상세한 설명은 후술할 것이다.

[0035] 이하의 설명에서 각 구성 요소의 전력을 제어한다 함은 각 구성 요소에 연결된 전력 컨버터를 제어하는 것과 동등한 의미를 가질 수 있다. 따라서 설명의 편의상 양방향 전력 컨버터의 구성은 생략하여 설명한다. 교류 전력망(10)에 연결된 AC/DC 변환기는 실질적으로 각 구성 요소와 동등한 입장에 위치하며 교류 전력망(10)의 한 구성 요소로 볼 수 있어 이는 설명의 편의상 교류 전력망(10)으로 명명한다.

[0036] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 설명하기에 앞서, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 종래의 전압 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 제어 방식에 관하여 간단히 설명한다.

[0037] 도 2는 기존의 직류 전압 변동형 드룹 제어 방식을 설명하는 도면이다. 이러한 도 2는 전류 축과 전압 축에서 정의되는 기 공지된 형태의 전압 변동형의 드룹 제어 그래프를 나타낸다.

[0038] 만일 분산 전원(40)의 출력 전력이 부하(20)의 소모 전력보다 크면 잉여 전력이 발생한 것이므로 교류 전력망(10)과 에너지 저장 장치(30)가 DC 선로로부터 전력을 흡수(충전)하도록 하고, 그 반대의 경우는 전력이 부족한 것이므로 교류 전력망(10)과 에너지 저장 장치(30)가 DC 선로로 전력을 방출(방전)하도록 제어한다. 두 구성 요소(10,30)는 자신의 전력 용량 한도 내에서 충전과 방전을 감당하도록 설계되는 것이 바람직하다.

[0039] 이와 같이 두 구성 요소(10,30)은 부하(20)가 공급받고자 하는 전력량과 분산 전원(40)이 생산한 전력량의 차이만큼의 에너지를 DC 선로를 통해 충전 또는 방전하는 동작을 상호 분담하게 된다. 그 구체적인 동작은 도 2의 그래프에 따른다.

[0040] 도 2에 도시된 두 가지 그래프 중에서 하나는 에너지 저장 장치(30)를 위한 제어 그래프이고, 나머지 하나는 교류 전력망(10)을 위한 제어 그래프를 나타낸다. 이들 그래프는 DC 선로에 인가된 DC 버스 전압과 그에 대응하는 출력 전류 값의 관계로 도시되어 있다.

[0041] 동일한 동작 전압 범위 내에서 두 그래프의 기울기가 상이한 것은 두 구성 요소(10,30)가 감당하는 전력 용량이 상이한 것과 관계한다. 기울기가 작은 그래프일수록 출력 전류 범위가 큰 것을 알 수 있으며 이는 감당 가능한 전력 용량이 더욱 큰 것을 의미한다. 도 2의 경우는 교류 전력망(10)의 전력 용량이 에너지 저장 장치(30)보다 큰 경우를 예시한 것이다.

[0042] 이러한 도 2의 그래프를 참조로 하여 기존의 전압 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 드룹 제어 방법을 간단히 설명하면 다음과 같다. DC 선로에 유입되는 DC 버스 신호는 동작 전압 범위($V_{ref,L}$~$V_{ref,H}$) 이내의 전압 레벨을 가진다.

[0043] 만일 DC 선로에 임의 레벨의 전압 값을 가지는 DC 버스 신호가 유입되면, 각 구성 요소(10,30)는 자신에 대응하는 그래프에서 해당 전압 값에 대응(매핑)하는 출력 전류 값에 따라 각각 동작을 하게 된다. 이때, 매핑된 해당 출력 전류 값이 양수이면 해당 전압 값과 그에 매핑된 전류 값에 의한 전력량만큼의 에너지를 DC 선로로 방출(방전)하며, 반대로 출력 전류 값이 음수이면 해당 전압 값과 그에 매핑된 전류 값에 의한 전력량만큼의 에너지를 DC 선로로부터 흡수(충전)하게 된다.

[0044] 그 간단한 예로서, DC 선로에 V_{ref}보다 큰 $V_{ref,H}$ 크기의 DC 버스 신호가 유입되면 에너지 저장 장치(30) 및 교류 전력망(10)은 도 2의 각각의 그래프에서 $V_{ref,H}$에 대응하는 $-I_{1,max}$ 및 $-I_{2,max}$에 따라 해당 전력량만큼을 각각 충전하는 동작을 수행하게 된다. 여기서 전압 값은 $V_{ref,H}$로 동일한 반면 매핑되는 출력 전류 값은 $-I_{1,max}$ 및 $-I_{2,max}$로 상이하기 때문에 충전에 감당하는 전력은 교류 전력망(10)이 에너지 저장 장치(20)보다 더 크게 될 것이다. 이러한 충전 동작은 V_{ref}보다 큰 크기의 DC 버스 신호에 대해서 동일한 원리로 수행된다.

[0045] 반대로 V_{ref}보다 작은 크기의 DC 버스 신호의 경우는 매핑되는 전류 값이 양수이므로 앞서와 반대 방향의 전력 흐름이 발생하는 방전 동작을 수행하게 된다. 물론, DC 선로에 V_{ref} 크기의 DC 버스 신호가 유입되면 두 구성 요소(10,30) 모두 V_{ref}에 매핑되는 출력 전류 값이 0이기 때문에 충전과 방전을 수행할 필요가 없게 된다.

[0046] 본 발명의 실시예는 이상과 같은 전압 변동형 제어 방식과는 달리, 고정된 전압 레벨을 사용하는 주파수 변동형의 전력 제어 방식을 이용한다.

[0047] 이하에서 설명하는 본 발명의 실시예 또한 분산 전원(40)의 출력 전력이 부하(20)의 소모 전력보다 크면 교류 전력망(10)과 에너지 저장 장치(30)가 DC 선로로부터 전력을 흡수(충전)하도록 제어하며, 그 반대의 경우는 교류 전력망(10)과 에너지 저장 장치(30)가 DC 선로로 전력을 방출(방전)하도록 제어하는 원리를 기반으로 한다. 또한 교류 전력망(10)과 에너지 저장 장치(30)는 자신의 전력 용량 한도 내에서 충전과 방전을 감당하도록 설계되어 있다.

[0048] 다만, 본 발명의 실시예는 기존의 전압 변동 방식의 DC 버스 신호와 달리, DC 버스 전압의 레벨이 고정되어 있다. 또한 본 발명의 실시예는 DC 버스 전압에 스위칭 주파수 값을 실은 DC 버스 신호를 통해 직류 그리드 시스템의 전력의 흐름 및 분산을 제어하게 된다.

[0049] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 방법에 관하여 도 3을 참조로 설명한다. 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 방법을 설명하는 도면이다.

[0050] 이러한 도 3은 전류 축과 스위칭 주파수 축에서 정의된 새로운 형태의 전력 제어 그래프 정보로서, 현재의 그리드 시스템에서 제어를 필요로 하는 전력 값에 따라 변동하는 스위칭 주파수 값과, 스위칭 주파수 값에 대응하는 각 구성 요소(10,30)의 출력 전류 값의 관계를 정의한 것이다.

[0051] 도 3을 참조하면, 에너지 저장 장치(30)의 출력 전류 값과 스위칭 주파수 값의 대응 관계를 나타낸 제1 그래프 선과, 교류 전력망(10)의 출력 전류 값과 스위칭 주파수 값의 대응 관계를 나타낸 제2 그래프 선을 포함하고 있다. 즉, 두 그래프 중에서 하나는 에너지 저장 장치(30)를 위한 제어 그래프이고, 나머지 하나는 교류 전력망(10)을 위한 제어 그래프를 나타낸다. 이들 그래프는 현재의 전력 상태를 기초로 선택되는 스위칭 주파수 값과 그에 대응하는 출력 전류 값의 관계를 의미한다.

[0052] 여기서 동일한 동작 주파수 범위 내에서 두 그래프의 기울기가 상이한 것은 두 구성 요소(10,30)가 감당하는 전력 용량이 상이한 것과 관계한다. 두 구성 요소(10,30)는 고정된 크기의 DC 버스 전압으로 동작하지만 그 출력 전류 범위는 상이하다. 기울기가 작은 그래프일수록 출력 전류 범위가 큰 것을 알 수 있으며 이는 감당 가능한 전력 용량이 더욱 큰 것을 의미한다. 도 3의 경우는 교류 전력망(10)의 전력 용량이 에너지 저장 장치(30)보다 2배 가량 큰 경우를 예시한 것이다.

[0053] 그리고 스위칭 주파수 값의 범위(대역)는 기준 값인 $f_{sw,ref}$를 기준으로 $f_{sw,L}$과 $f_{sw,H}$ 사이의 값으로 정의된다. 주파수 범위는 해당 그리드 시스템에 영향이 적은 범위의 값으로 선택될 수 있다.

[0054] 도 3의 그래프는 출력 전류 값의 증가에 따라 스위칭 주파수 값이 감소하는 형태를 가진다. 전력의 전송 방향(충전, 방전)에 따라서 스위칭 주파수 값은 기준 주파수($f_{sw,ref}$)를 기준으로 상하 변동한다. 본 실시예에서는 스위칭 주파수 값에 따라 DC 버스 전압에 실리는 리플의 주파수가 변동하게 된다.

[0055] 도 3에서 두 그래프 선 간의 교점은 스위칭 주파수 축 상의 기준 주파수 값($f_{sw,ref}$)에 위치하고 있다. 스위칭 주파수 축을 기준으로 출력 전류 방향은 반대가 되는데, 그래프는 스위칭 주파수 축을 기준으로 좌우의 음과 양의 출력 전류 구간으로 구분되는 것을 알 수 있다.

[0056] 이러한 도 3의 그래프를 참조로 하여 본 발명의 실시예에 따른 전력 제어 방법을 설명하면 다음과 같다. DC 선로에 유입되는 DC 버스 신호는 DC 버스 전압에 스위칭 주파수 값이 스위칭 노이즈로 실린 형태를 가진다. 이 DC 버스 전압은 고정된 레벨의 전압으로서 기 정해진 기준 전압(V_{ref})에 해당될 수 있다.

[0057] 또한, 본 발명의 실시예에서 DC 버스 신호를 구성할 때에는, 부하(20)와 분산 전원(40)의 현재 전력 상태를 기초로 DC 선로에 공급할 또는 공급받을 전력 값을 연산한 다음, 연산한 전력 값에 대응하는 스위칭 주파수 값을 DC 버스 전압에 실어서 구성하도록 한다.

[0058] 도 3의 그래프에서 각 지점의 전류 값을 DC 버스 전압과 곱하면 각 지점에 대응하는 전력 값이 된다. 동일한 스위칭 주파수 값과 만나는 두 그래프의 지점은 각 구성 요소가 감당하는 전력 값에 대응하는 지점이다. 본 발명의 실시예는 두 구성 요소가 감당하는 전력 값의 합이 상기 연산한 전력 값과 동일하게 되는 스위칭 주파수 값을 도 3에서 선택하면 된다. 도 3의 경우 동일한 스위칭 주파수 값에 대해 교류 전력망(10)이 감당하는 전력 값이 에너지 저장 장치(30)의 그것보다 2배가량 큰 경우이다.

[0059] DC 선로에 상기 스위칭 주파수 성분이 실린 DC 버스 신호가 유입되면, 각 구성 요소(10,30)는 DC 버스 신호에 포함된 해당 스위칭 주파수 값을 분석한 다음, 자신에 대응하는 그래프에서 해당 스위칭 주파수 값에 대응(매핑)하는 출력 전압 값에 따라 각각 동작하게 된다. 이때, 매핑된 해당 출력 전류 값이 양수이면, DC 버스 전압 값과 해당 전류 값에 의한 전력량만큼의 에너지를 DC 선로로 방출(방전)하며, 반대로 출력 전류 값이 음수이면 DC 버스 전압 값과 해당 전류 값에 의한 전력량만큼의 에너지를 DC 선로로부터 흡수(충전)하게 된다.

[0060] 예를 들어, DC 선로에 $f_{sw,ref}$보다 높은 $f_{sw,H}$가 실린 DC 버스 신호가 유입되면 에너지 저장 장치(30) 및 교류 전력망(10)은 도 2의 각각의 그래프에서 $f_{sw,H}$에 대응하는 $-I_{1,max}$ 및 $-I_{2,max}$에 따라 해당 전력량만큼을 각각 충전하는 동작을 수행하게 된다. 여기서 DC 버스 전압 값은 V_{ref}로 동일한 반면 매핑되는 출력 전류 값은 $-I_{1,max}$ 와 $-I_{2,max}$로 상이하기 때문에 감당(충전) 전력은 교류 전력망(10)이 에너지 저장 장치(20)보다 2배로 크게 된다. 이러한 충전 동작은 $f_{sw,ref}$보다 높은 주파수가 실린 DC 버스 신호에 대해서 동일한 원리로 수행된다.

[0061] 반대로 $f_{sw,ref}$보다 낮은 스위칭 주파수가 실린 DC 버스 신호의 경우는 앞서와 반대 방향의 전력 흐름이 발생하는 방전 동작을 수행하게 된다. 물론, DC 선로에 $f_{sw,ref}$가 실린 DC 버스 신호가 유입되면 두 구성 요소(10,30) 모두 $f_{sw,ref}$에 매핑되는 출력 전류 값이 0이기 때문에 충전과 방전을 수행할 필요가 없게 된다.

[0062] 이와 같이, 본 발명의 실시예는 부하(20) 및 분산 전원(40)의 현재 전력 상태를 기초로 연산되는 전력량에 따라 DC 버스 전압에 실리는 스위칭 주파수 값을 달리 결정한다. 에너지 저장 장치(30)와 교류 전력망(10)은 DC 버스 신호에 실린 스위칭 주파수 값을 분석하여 분석된 스위칭 주파수 값에 대응하는 출력 전류 값을 추종하도록 동작된다.

[0063] 이러한 본 발명의 실시예는 DC 버스 신호의 전압 레벨은 변동시키지 않고 DC 버스 전압에 실리는 주파수 성분을 변동시키며, 각 구성 요소는 DC 버스 전압에 실린 주파수 성분을 분석하는 것을 통해 그에 대응하는 에너지만큼

의 전력 흡수 또는 방출 동작을 수행할 수 있다.

[0064] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 직류 그리드 시스템에서 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 방법에 관하여 상세히 설명한다. 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 장치의 구성을 나타낸 도면이고, 도 5는 도 4에 도시된 전력 제어 장치를 이용한 전력 제어 방법을 나타낸 도면이다.

[0065] 본 발명의 실시예에 따른 전력 제어 장치(100)는 전력 상태 수신부(110), 제어 전력 연산부(120), 주파수 선택부(130), 전력 제어부(140), 제어 정보 구축부(150)를 포함한다.

[0066] 우선, DC 그리드에서 현재의 그리드 상태에 대응하는 전력 제어를 수행하기 이전에, 본 발명의 실시예는 제어 정보 구축부(150)를 통해 도 3과 같은 전력 제어 그래프 정보를 사전에 구축하여 둔다. 도 3은 전력 값에 따라 제어되는 에너지 저장 장치(30) 및 교류 전력망(10) 각각의 출력 전류 값과 해당 출력 전류 값을 위한 스위칭 주파수 값 간의 대응 관계를 출력 전류 축과 스위칭 주파수 축 상에서 정의한 것이다. 이러한 도 3의 정보는 현재의 그리드 통신망 환경과 각 구성 요소의 용량 등을 고려하여 구축된다.

[0067] 이하의 본 발명의 실시예는 도 3에 도시된 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 사용하여 각 구성 요소 간의 전력 흐름을 효과적으로 제어한다. 이를 위해 먼저 각 구성 요소로부터 현재 전력 상태를 수집한다.

[0068] 즉, 전력 상태 수신부(110)는 분산 전원(40) 및 부하(20)로부터 각각의 현재 전력 상태를 DC 선로를 통해 수신한다(S510). 이러한 S510 단계에서 분산 전원(40) 및 부하(20)는 현재 전력 상태에 대응하는 스위칭 주파수 값을 DC 버스 전압에 실은 DC 버스 신호를 DC 선로를 통해 전송할 수 있다. 즉, S510 단계에서 전력 상태 수신부(110)는 DC 버스 전압에 각 구성 요소에 대한 전력 상태에 대응하는 스위칭 주파수 값이 실린 형태의 신호를 수신하고 이를 통해 각 구성 요소의 현재 전력 상태를 판단할 수 있다.

[0069] 여기서 분산 전원(40) 및 부하(20)는 전력 상태의 전송에 사용되는 스위칭 주파수 값의 스위칭 주파수 대역이 서로 상이할 수 있다. 부하(20)는 공급받고자 하는 전력량에 대응하는 스위칭 주파수 값을 DC 전압에 실어 보낼 수 있으며, 분산 전원(40)은 생산한 전력량 정보에 대응하는 스위칭 주파수 값을 DC 전압에 실어 보낼 수 있다. 이외에도 본 발명의 실시예는 에너지 저장 장치(30) 또한 자신의 저장된 전력량에 대응하는 스위칭 주파수 값을 DC 전압에 실어 보낼 수 있다.

[0070] 이때, 각 구성 요소가 전력 상태 정보로 전송하는 전압 신호는 앞서와 같이 서로 상이한 주파수 대역을 사용할 수 있다. 더 상세하게는 각 구성 요소는 기 설정된 자신의 주파수 대역 내에서 현재 전력 상태에 대응하는 스위칭 주파수 값을 선택하고 이 선택한 스위칭 주파수 값을 기 설정된 DC 버스 전압에 실어 전송할 수 있다. 스위칭 주파수는 컨버터를 통해 조절할 수 있다.

[0071] 이때, 각 구성 요소 별로 전력 상태의 전송에 사용하는 스위칭 주파수 대역이 서로 상이하므로, 전력 상태 수신부(110)는 각 구성 요소로부터 수신한 DC 버스 신호에 포함된 스위칭 주파수 값을 분석하고 분석된 주파수 대역을 통하여 어떤 구성 요소의 상태 정보인지 구분할 수 있으며 분석된 스위칭 주파수 값을 이용하여 해당 구성 요소의 현재 전력 상태를 추정할 수 있다.

[0072] 또한 각 구성 요소는 서로 상이한 주파수 대역을 사용하여 전력 상태를 전송하기 때문에 요소 간의 개별적인 정보 전달은 물론 한꺼번에 복수의 전력 상태 정보를 동시 전송하는 것도 가능하다. 수신 측에서는 여러 주파수 성분이 동시 수신되어도 이를 개별 분석하여 판단할 수 있음은 자명하다. 다만 각 구성 요소가 사용하는 주파수 대역은 주파수 값의 판독이 더욱 용이하도록 사용 주파수 대역 간이 일정 범위(간격)로 이격되어 설정될 수도 있다. 또한 각 구성 요소가 현재 전력 상태의 전송에 사용하는 주파수 대역은 추후 전력 제어 사용되는 주파수 대역과도 구분되는 대역으로 설정될 수도 있다.

[0073] 한편, 제어 전력 연산부(120)는 앞서 S510 단계에서 얻은 각 구성 요소의 현재 전력 상태에 기초하여, 에너지 저장 장치(30) 및 교류 전력망(10)이 DC 선로로 공급할 전력 값 또는 DC 선로로부터 공급받을 전력 값을 연산한다(S520).

[0074] 부하(20)와 분산 전원(40)의 전력 상태에 기초하여 에너지 저장 장치(30)와 교류 전력망(10)의 제어 전력 값을 연산하는 것은 공지된 방법에 해당된다. 예를 들어 분산 전원(40)의 출력전력과 부하(20)의 소모전력의 차이만큼의 전력 용량을 연산한다.

[0075] 다음, 상기 전력 값에 따라 변동하는 스위칭 주파수 값과 스위칭 주파수 값에 대응하는 에너지 저장 장치(30) 및 교류 전력망(10)의 출력 전류 값을 각각 정의한 도 3의 전력 제어 그래프 정보로부터 상기 연산한 전력 값에

대응하는 스위칭 주파수 값을 선택한다(S530). 즉, 전력 제어 그래프 정보를 참조하여 상기 연산된 전력 값에 대응하는 스위칭 주파수 값을 선택한다.

[0076] 그 예로서, S520 단계에서 전력 값의 연산 결과, 에너지 저장 장치(30) 및 교류 전력망(10)가 상기 연산된 전력 값만큼의 에너지를 DC 선로로 공급해야 하는 경우, 연산된 전력값을 충당하기 위한 에너지 저장 장치(30) 및 교류 전력망(10)의 각각의 감당 전력을 확인한다.

[0077] 예를 들어 교류 전력망(10)과 에너지 저장 장치(30)의 총 용량이 각각 2kW 및 1kW이고, 현재 DC 선로로 공급되어야 하는 전력 값이 2kW라면, 두 구성 요소(10,20)는 도 3의 그래프에 따라 자신의 용량에 비례하는 만큼의 용량을 나누어 감당할 수 있다. 즉, 교류 전력망(10)은 2kW 중에서 1.33kW를 감당하고 에너지 저장 장치()는 나머지 0.67kW를 감당할 수 있다. 이는 설계하기에 따라 달라질 수 있으며, 상호 분담하는 용량의 비율은 그래프 선의 기울기 요소에 반영되어 있다. 도 3에서 동일한 스위칭 주파수 값과 만나는 두 그래프의 지점은 각 구성 요소가 감당하는 전력 값에 대응하는 지점임을 앞서 설명한 바 있다. 따라서 각 구성 요소에 분담된 전력 값에 대응하는 스위칭 주파수 값을 그래프에서 선택하면 된다.

[0078] 이후, 전력 제어부(140)는 상기 선택한 스위칭 주파수 값을 DC 버스 전압에 실은 DC 버스 신호를 DC 선로에 제공하여 에너지 저장 장치(30) 및 교류 전력망(10)의 전력을 제어한다(S540). 스위칭 주파수 값에 따른 전력 제어 원리는 앞서 도 3의 그래프를 정의하면서 구체적으로 설명한 바 있다. 본 발명의 실시예에서 DC 버스 전압은 DC 선로의 정격 전압에 해당될 수 있으며 간단하게는 V_{ref}에 해당될 수 있다.

[0079] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 시간 영역에서 표현한 도면이다. DC 버스 신호는 V_{ref}에 현재의 전력망 상태에 대응하는 스위칭 주파수 값을 실어 전송하는 것을 할 수 있다. 구성 요소에 대한 에너지 방출이 필요한 Powering 모드에서는 흡수가 필요한 Generating 모드보다 낮은 스위칭 주파수 값이 사용된 것을 확인할 수 있다. 또한 각각의 구성 요소는 DC 버스 신호에 실린 스위칭 주파수 값만 분석하면 그에 대응하는 전류 값을 추종함으로써 해당 전력만큼의 전력 제어를 수행할 수 있게 된다.

[0080] 이와 같이, 본 발명의 실시예는 DC 선로에 제공되는 DC 버스 신호의 전압 레벨이 아닌 스위칭 주파수 값을 현재의 전력 상태에 적합한 값으로 변동시켜서 그리드 시스템 내의 각 구성 요소가 적절한 동작점에 수렴할 수 있도록 제어할 수 있다.

[0081] 도 7은 본 발명의 실시예에서 디지털 제어기를 이용할 경우 주파수 분해능에 따른 DC 버스 신호의 양자화를 예시한 도면이다. 이러한 도 7은 디지털 제어기를 이용하여 양방향 전력 컨버터를 제어할 경우 발생되는 DC 버스 신호의 양자화를 실시예로 보여준 것이다.

[0082] 아날로그 제어기와 달리, 디지털 제어기는 주파수 분해능(해상도)에 따라 성능이 결정됨은 자명하다. 도 7에서 주파수 분해능은 Δf_{sw}로 표현하고 있다. 이 주파수 분해능에 따라 도 3의 그래프는 도 7과 같은 형태로 양자화 될 수 있다. 즉, 주파수 분해능 Δf_{sw}에 따라 교류 전력망(10)의 AC/DC 변환기의 전류 해상도는 ΔI_{REC}, 에너지 저장 장치(30)의 전류 해상도는 ΔI_{ESS}로 결정된다.

[0083] 이상과 같은 본 발명의 실시예에 따르면, 직류 그리드 시스템에서 각 요소 장비 간에 별도의 통신 선로 없이 컨버터의 스위칭 주파수 변동을 이용하여 각 구성 요소 간의 원활한 전력 정보의 교환 및 전력 흐름의 제어가 가능하며, 기존의 전압 변동형 제어 방식에 비해 왜란이나 동작 환경 변동에 강인한 정보 전달 체계를 구축할 수 있다.

[0084] 즉, 본 발명에 따른 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 이용한 전력 제어 장치 및 그것을 이용한 전력 제어 방법에 따르면, 스위칭 주파수 변동 방식의 DC 버스 신호를 사용함에 따라 직류 그리드 시스템 내에서 직류 선로에 연결되어 있는 각 구성 요소의 전력 상태 정보의 전송 및 전력의 흐름을 효과적으로 제어할 수 있으며 별도의 통신 선로 없이도 기존의 DC 전력선을 이용하여 부하의 구성 요소나 동작 환경에 영향을 받지 않고 원활한 정보 교환을 수행할 수 있는 이점이 있다.

[0085] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

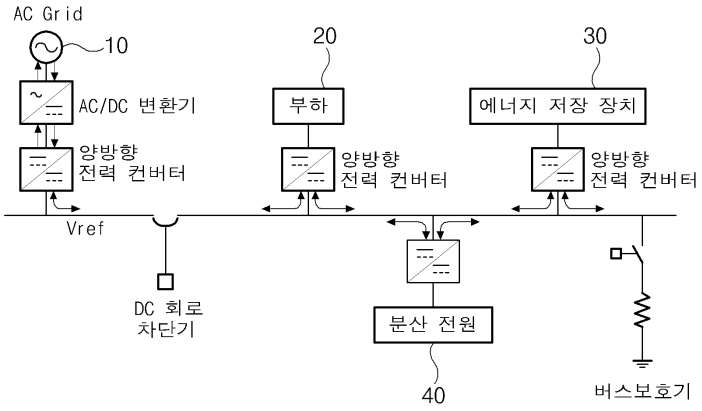
[0086] 100: 전력 제어 장치 110: 전력 상태 수신부

120: 제어 전력 연산부 130: 주파수 선택부

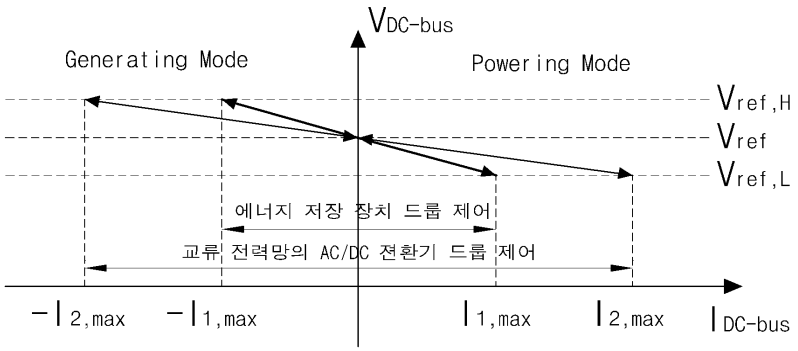
140: 전력 제어부 150: 제어 정보 구축부

도면

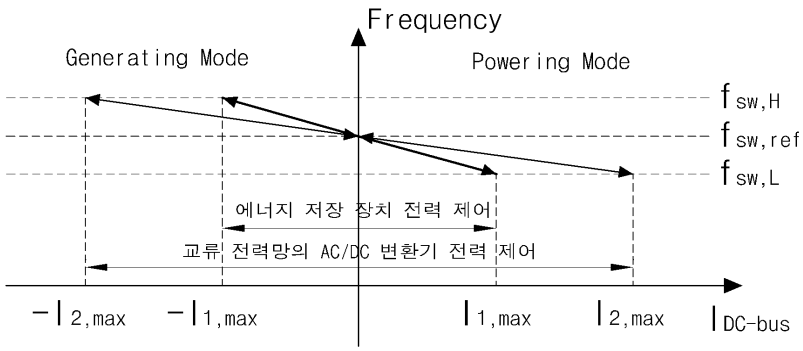
도면1



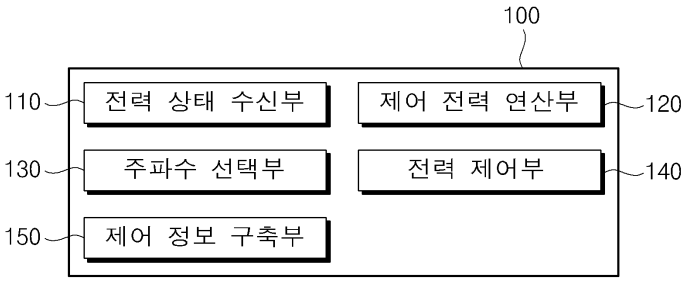
도면2



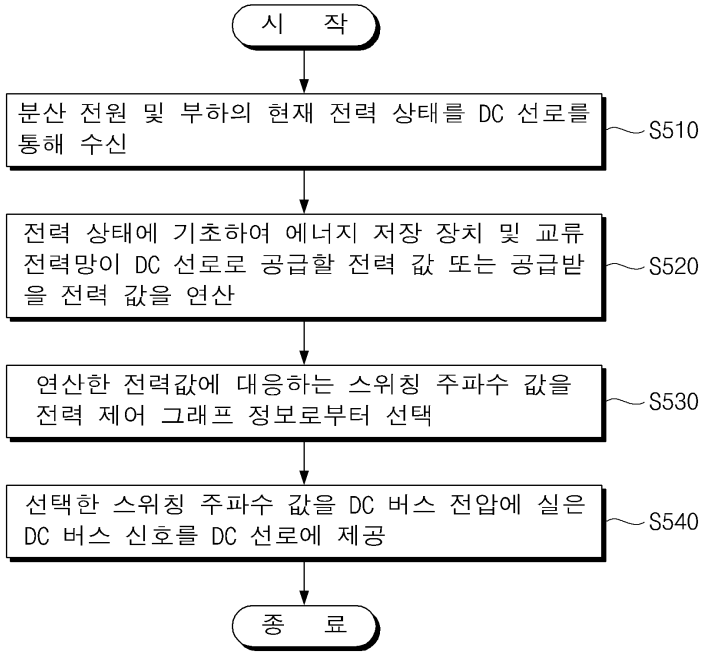
도면3



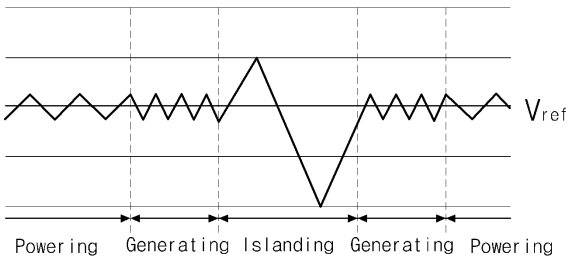
도면4


100
110
전력 상태 수신부
제어 전력 연산부
120
130
주파수 선택부
전력 제어부
140
150
제어 정보 구축부

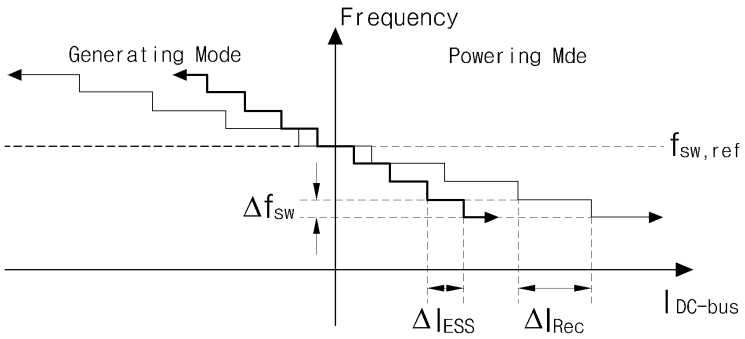
도면5


시 작
분산 전원 및 부하의 현재 전력 상태를 DC 선로를 통해 수신
S510
전력 상태에 기초하여 에너지 저장 장치 및 교류 전력망이 DC 선로로 공급할 전력 값 또는 공급받을 전력 값을 연산
S520
연산한 전력값에 대응하는 스위칭 주파수 값을 전력 제어 그래프 정보로부터 선택
S530
선택한 스위칭 주파수 값을 DC 버스 전압에 실은 DC 버스 신호를 DC 선로에 제공
S540
종 료

도면6


Vref
Powering
Generating
Islanding
Generating
Powering

도면7


Frequency
Generating Mode
Powering Mde
$f_{sw,ref}$
Δf_{sw}
ΔI_{ESS}
ΔI_{Rec}
I_{DC-bus}