



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0057971
(43) 공개일자 2022년05월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 3/40 (2006.01) G01R 19/00 (2021.01)
H02J 3/18 (2019.01) H02J 3/38 (2022.01)
H02M 7/5395 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02J 3/40 (2013.01)
G01R 19/0084 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0143156
(22) 출원일자 2020년10월30일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
한국전력공사
전라남도 나주시 전력로 55(빛가람동)
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
이흥희
울산시 울주군 범서읍 대동길 21 문수애시앙
202-301
호양 반 투언
대전시 유성구 송강로 42번길 청솔아파트
103-1304
(74) 대리인
특허법인아주

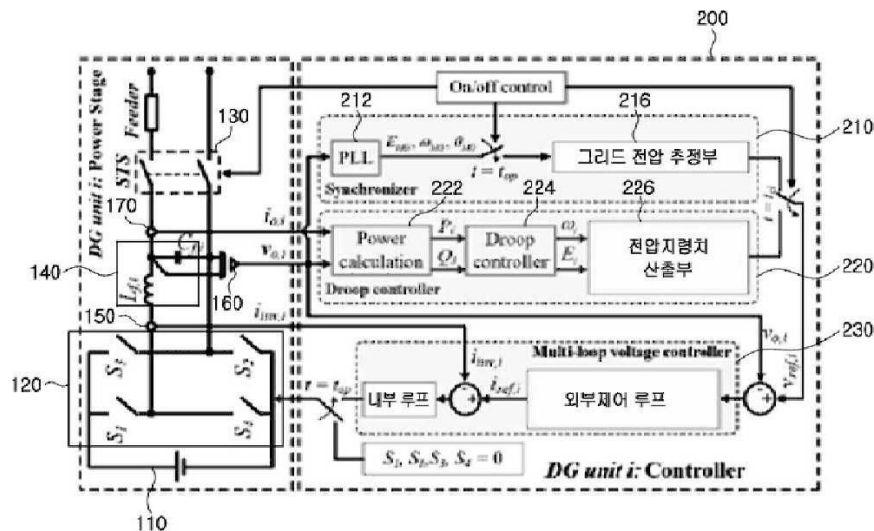
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템 및 방법

(57) 요약

마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템 및 방법이 개시된다. 본 발명의 일 측면에 따른 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템은, 분산전원의 양단에 연결되어 상기 분산전원으로부터의 직류 전압을 교류 형태의 펄스전압으로 변환하는 인버터, 상기 인버터와 마이크로그리드 사이에 설치되어, 상기 분산전원을 마이크로그리드와 연결 또는 분리시키는 정지형 스위치, 및 상기 정지형 스위치가 턴 온(turn on)되어 상기 분산전원이 상기 마이크로그리드에 연결되는 시점의 마이크로그리드 전압을 추정하여 상기 분산전원의 출력전압과 마이크로그리드 전압을 동기화시키는 제어기를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

G01R 19/0092 (2013.01)

H02J 3/18 (2019.02)

H02J 3/381 (2013.01)

H02M 7/5395 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

분산전원의 양단에 연결되어 상기 분산전원으로부터의 직류 전압을 교류 형태의 펄스전압으로 변환하는 인버터;
상기 인버터와 마이크로그리드 사이에 설치되어, 상기 분산전원을 마이크로그리드와 연결 또는 분리시키는 정지형 스위치; 및

상기 정지형 스위치가 턴 온(turn on)되어 상기 분산전원이 상기 마이크로그리드에 연결되는 시점의 마이크로그리드 전압을 추정하여 상기 분산전원의 출력전압과 마이크로그리드 전압을 동기화시키는 제어기

를 포함하는 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제어기는,

상기 정지형 스위치가 턴온된 상태에서 상기 인버터 출력단의 전압센서를 통해 측정된 마이크로그리드 전압에 기초하여 상기 마이크로그리드 전압의 크기, 주파수, 및 위상을 측정하고, 상기 측정된 마이크로그리드 전압의 크기, 주파수 및 위상을 이용하여 상기 분산전원을 상기 마이크로그리드에 연결할 시점의 마이크로그리드 전압을 추정하는 동기화 제어기;

상기 정지형 스위치를 턴온시켜 상기 분산전원을 상기 마이크로그리드에 연결하고, 상기 분산전원의 무효전력 및 유효전력에 기초하여 상기 분산전원의 출력전압 및 출력주파수를 산출하며, 상기 분산전원의 전압 및 주파수에 기초하여 전압 지령치를 산출하는 드롭 제어기; 및

상기 드롭 제어기에서 산출된 전압지령치에 상응하는 분산전원 출력전압을 생성하는 멀티루프 전압 제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 동기화 제어기는,

상기 정지형 스위치를 턴오프하는 순간의 마이크로그리드 전압의 위상각, 상기 측정된 마이크로그리드 전압의 크기, 주파수 및 위상을 이용하여 상기 마이크로그리드 전압을 추정하는 것을 특징으로 하는 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 드롭 제어기는,

마이크로그리드 정격전압 및 상기 분산전원의 무효전력을 이용하여 상기 분산전원의 출력전압을 산출하고, 마이크로그리드 정격주파수 및 상기 분산전원의 유효전력을 이용하여 상기 분산전원의 출력주파수를 산출하는 것을 특징으로 하는 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 드롭 제어기는,

상기 정지형 스위치를 턴오프하는 순간의 마이크로그리드 전압의 위상각, 상기 산출된 분산전원의 출력전압 및 출력주파수에 기초하여 상기 전압 지령치를 산출하는 것을 특징으로 하는 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 멀티루프 전압 제어기는,

상기 인버터 출력단의 전압센서를 통해 측정된 마이크로그리드 전압과 상기 전압지령치의 차이를 입력받아 전류 지령치를 출력하는 외부 제어 루프; 및

상기 전류지령치와 제1 전류센서를 통해 측정된 인버터 전류간의 차이에 기초하여 상기 분산전원 출력전압을 생성하도록 상기 인버터를 제어하는 내부 루프를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 외부 제어 루프는,

기본 주파수에서 튜닝된 비이상적인 비례 공진 컨트롤러(non-ideal proportional-resonant controller)를 사용하는 것을 특징으로 하는 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 인버터와 상기 정지형 스위치 사이에 설치되는 필터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 인버터와 상기 필터 사이에 배치되어 상기 인버터의 전류를 측정하는 제1 전류센서;

상기 필터와 상기 정지형 스위치 사이에 배치되어 상기 인버터 또는 상기 마이크로그리드의 전압을 측정하는 전압센서; 및

상기 필터와 상기 정지형 스위치 사이에 배치되어 상기 인버터 또는 상기 마이크로그리드의 전류를 측정하는 제2 전류센서를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템.

청구항 10

제어기가 정지형 스위치가 턴온된 상태에서 인버터 출력단의 전압센서를 통해 측정된 마이크로그리드 전압에 기

초하여 상기 마이크로그리드 전압의 크기, 주파수, 및 위상을 측정하는 단계;

상기 제어기가 상기 정지형 스위치를 턴오프시키고, 상기 마이크로그리드 전압의 크기, 주파수 및 위상을 이용하여 분산전원을 마이크로그리드에 연결할 시점의 마이크로그리드 전압을 추정하는 단계;

상기 제어기가 상기 정지형 스위치를 턴온시켜 상기 분산전원을 상기 마이크로그리드에 연결하고, 상기 분산전원의 전압 및 주파수에 기초하여 전압 지령치를 산출하는 단계; 및

상기 제어기가 전압지령치에 상응하는 분산전원 출력전압을 생성하도록 상기 인버터를 제어하는 단계를 포함하는 마이크로그리드 분산전원의 동기화 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 분산전원을 마이크로그리드에 연결할 시점의 마이크로그리드 전압을 추정하는 단계에서,

상기 제어기는 상기 정지형 스위치를 턴오프하는 순간의 마이크로그리드 전압의 위상각, 상기 측정된 마이크로그리드 전압의 크기, 주파수 및 위상을 이용하여 상기 마이크로그리드 전압을 추정하는 것을 특징으로 하는 마이크로그리드 분산전원의 동기화 방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 전압 지령치를 산출하는 단계에서,

상기 제어기는, 상기 인버터 출력단의 전압센서 및 제2 전류센서를 통해 측정된 분산전원의 전압 및 전류에 기초하여 상기 분산전원의 무효전력 및 유효전력을 산출하고, 상기 분산전원의 무효전력 및 유효전력에 기초하여 상기 분산전원의 출력전압 및 출력주파수를 산출하며, 상기 정지형 스위치를 턴오프하는 순간의 마이크로그리드 전압의 위상각, 상기 산출된 분산전원의 출력전압 및 출력주파수에 기초하여 상기 전압 지령치를 산출하는 것을 특징으로 하는 마이크로그리드 분산전원의 동기화 방법.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 분산전원 출력전압을 생성하도록 상기 인버터를 제어하는 단계에서,

상기 제어기는 상기 인버터 출력단의 전압센서를 통해 측정된 마이크로그리드 전압과 상기 전압지령치의 차이를 입력받아 전류지령치를 산출하고, 상기 전류지령치와 제1 전류센서를 통해 측정된 인버터 전류간의 차이에 기초하여 상기 분산전원 출력전압을 생성하는 것을 특징으로 하는 마이크로그리드 분산전원의 동기화 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템 및 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 다수의 분산전원이 존재하는 마이크로그리드에서 분산전원의 출력전압과 마이크로그리드 전압을 동기화시키는 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근의 전력공급망은 복수 개의 신재생 에너지원(태양열, 풍력, 연료전지 등)과 배터리 등 에너지 저장장치 등으로 구성된 소규모 전력공급시스템인 마이크로그리드(Micro-grid)의 구성을 포함하는 형태이다.

[0003] 물론, 이러한 마이크로그리드는 신재생 에너지를 이용한 분산 발전 시스템이 배전계통의 일정 지역의 민감 부하를 감당할 만큼 충분히 보급된 상태를 전제로 하고 있지만, 석유 등 이산화탄소를 배출하는 에너지원의 사용을 감소시키고, 전력 최대 수요에 대한 유연성을 확보할 수 있으며, 에너지의 안전성 및 전력품질을 향상시킬 수 있다. 더욱이 계통 연계된 전력공급시스템에서, 전력계통에 사고나 고장이 발생하면 해당 전력계통과 분리되고 마이크로그리드를 구성하는 신재생 에너지원으로부터 발생하는 전력을 부하에 공급할 수 있어, 전력을 소모하는 부하 측에 고품질의 전력을 안정되게 공급할 수 있는 특징이 있다.

[0004] 이러한 종래 기술에 따른 다수의 분산전원이 존재하는 마이크로그리드의 구성을 도 1에 도시하였다. 도 1과 같이 다수의 분산전원이 존재하는 마이크로그리드에서 각각의 분산전원을 마이크로그리드에 접속할 경우, 돌입전류나 전압왜곡을 줄이기 위해서는 접속하고자 하는 분산전원의 출력전압과 마이크로그리드 전압과의 동기화는 필수이다.

[0005] 본 발명의 배경기술은 대한민국 공개특허공보 제10-2014-0048395호(2014.04.24. 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상기와 같은 문제점들을 개선하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 일 측면에 따른 목적은 다수의 분산전원이 존재하는 마이크로그리드에서 분산전원의 출력전압과 마이크로그리드 전압을 동기화시킬 수 있도록 하는 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템 및 방법을 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제(들)로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제(들)는 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 측면에 따른 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템은, 분산전원의 양단에 연결되어 상기 분산전원으로부터의 직류 전압을 교류 형태의 펄스전압으로 변환하는 인버터, 상기 인버터와 마이크로그리드 사이에 설치되어, 상기 분산전원을 마이크로그리드와 연결 또는 분리시키는 정지형 스위치, 및 상기 정지형 스위치가 턴 온(turn on)되어 상기 분산전원이 상기 마이크로그리드에 연결되는 시점의 마이크로그리드 전압을 추정하여 상기 분산전원의 출력전압과 마이크로그리드 전압을 동기화시키는 제어기를 포함한다.

[0009] 본 발명에서 상기 제어기는, 상기 정지형 스위치가 턴온된 상태에서 상기 인버터 출력단의 전압센서를 통해 측정된 마이크로그리드 전압에 기초하여 상기 마이크로그리드 전압의 크기, 주파수, 및 위상을 측정하고, 상기 측정된 마이크로그리드 전압의 크기, 주파수 및 위상을 이용하여 상기 분산전원을 상기 마이크로그리드에 연결할 시점의 마이크로그리드 전압을 추정하는 동기화 제어기, 상기 정지형 스위치를 턴온시켜 상기 분산전원을 상기 마이크로그리드에 연결하고, 상기 분산전원의 무효전력 및 유효전력에 기초하여 상기 분산전원의 출력전압 및 출력주파수를 산출하며, 상기 분산전원의 전압 및 주파수에 기초하여 전압 지령치를 산출하는 드롭 제어기, 및 상기 드롭 제어기에서 산출된 전압지령치에 상응하는 분산전원 출력전압을 생성하는 멀티루프 전압 제어기를 포함할 수 있다.

[0010] 본 발명에서 상기 동기화 제어기는, 상기 정지형 스위치를 턴오프하는 순간의 마이크로그리드 전압의 위상각, 상기 측정된 마이크로그리드 전압의 크기, 주파수 및 위상을 이용하여 상기 마이크로그리드 전압을 추정할 수 있다.

[0011] 본 발명에서 상기 드롭 제어기는, 마이크로그리드 정격전압 및 상기 분산전원의 무효전력을 이용하여 상기 분산전원의 출력전압을 산출하고, 마이크로그리드 정격주파수 및 상기 분산전원의 유효전력을 이용하여 상기 분산전원의 출력주파수를 산출할 수 있다.

[0012] 본 발명에서 상기 드롭 제어기는, 상기 정지형 스위치를 턴오프하는 순간의 마이크로그리드 전압의 위상각, 상기 산출된 분산전원의 출력전압 및 출력주파수에 기초하여 상기 전압 지령치를 산출할 수 있다.

[0013] 본 발명에서 상기 멀티루프 전압 제어기는, 상기 인버터 출력단의 전압센서를 통해 측정된 마이크로그리드 전압과 상기 전압지령치의 차이를 입력받아 전류지령치를 출력하는 외부 제어 루프, 및 상기 전류지령치와 제1 전류센서를 통해 측정된 인버터 전류간의 차이에 기초하여 상기 분산전원 출력전압을 생성하도록 상기 인버터를 제어하는 내부 루프를 포함할 수 있다.

- [0014] 본 발명에서 상기 외부 제어 루프는, 기본 주파수에서 튜닝된 비이상적인 비례 공진 컨트롤러(non-ideal proportional-resonant controller)를 사용할 수 있다.
- [0015] 본 발명은 상기 인버터와 상기 정지형 스위치 사이에 설치되는 필터를 더 포함할 수 있다.
- [0016] 본 발명은 상기 인버터와 상기 필터 사이에 배치되어 상기 인버터의 전류를 측정하는 제1 전류센서, 상기 필터와 상기 정지형 스위치 사이에 배치되어 상기 인버터 또는 상기 마이크로그리드의 전압을 측정하는 전압센서, 및 상기 필터와 상기 정지형 스위치 사이에 배치되어 상기 인버터 또는 상기 마이크로그리드의 전류를 측정하는 제2 전류센서를 더 포함할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 다른 측면에 따른 마이크로그리드 분산전원의 동기화 방법은, 제어기가 정지형 스위치가 턴온된 상태에서 인버터 출력단의 전압센서를 통해 측정된 마이크로그리드 전압에 기초하여 상기 마이크로그리드 전압의 크기, 주파수, 및 위상을 측정하는 단계, 상기 제어기가 상기 정지형 스위치를 턴오프시키고, 상기 마이크로그리드 전압의 크기, 주파수 및 위상을 이용하여 분산전원을 마이크로그리드에 연결할 시점의 마이크로그리드 전압을 추정하는 단계, 상기 제어기가 상기 정지형 스위치를 턴온시켜 상기 분산전원을 상기 마이크로그리드에 연결하고, 상기 분산전원의 전압 및 주파수에 기초하여 전압 지령치를 산출하는 단계, 및 상기 제어기가 전압지령치에 상응하는 분산전원 출력전압을 생성하도록 상기 인버터를 제어하는 단계를 포함한다.
- [0018] 본 발명은 상기 분산전원을 마이크로그리드에 연결할 시점의 마이크로그리드 전압을 추정하는 단계에서, 상기 제어기는 상기 정지형 스위치를 턴오프하는 순간의 마이크로그리드 전압의 위상각, 상기 측정된 마이크로그리드 전압의 크기, 주파수 및 위상을 이용하여 상기 마이크로그리드 전압을 추정할 수 있다.
- [0019] 본 발명은 상기 전압 지령치를 산출하는 단계에서, 상기 제어기는, 상기 인버터 출력단의 전압센서 및 제2 전류센서를 통해 측정된 분산전원의 전압 및 전류에 기초하여 상기 분산전원의 무효전력 및 유효전력을 산출하고, 상기 분산전원의 무효전력 및 유효전력에 기초하여 상기 분산전원의 출력전압 및 출력주파수를 산출하며, 상기 정지형 스위치를 턴오프하는 순간의 마이크로그리드 전압의 위상각, 상기 산출된 분산전원의 출력전압 및 출력주파수에 기초하여 상기 전압 지령치를 산출할 수 있다.
- [0020] 본 발명은 상기 분산전원 출력전압을 생성하도록 상기 인버터를 제어하는 단계에서, 상기 제어기는 상기 인버터 출력단의 전압센서를 통해 측정된 마이크로그리드 전압과 상기 전압지령치의 차이를 입력받아 전류지령치를 산출하고, 상기 전류지령치와 제1 전류센서를 통해 측정된 인버터 전류간의 차이에 기초하여 상기 분산전원 출력전압을 생성할 수 있다.

발명의 효과

- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템 및 방법은, 분산전원이 내장하고 있는 전압센서를 통해 연결하고자 하는 마이크로그리드의 전압의 위상, 주파수 및 크기 정보를 획득하고, 이를 이용하여 분산전원의 출력전압과 마이크로그리드 전압을 동기화시킴으로써, 동기화시 마이크로그리드 전압의 위상, 주파수 및 크기 특성이 저하되지 않는다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템 및 방법은, 마이크로그리드에서 독립제어와 그리드 연결제어를 간단히 연결 스위치(STS)만으로 가능하게 할 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템 및 방법은, 추가적인 그리드 전압센서를 필요치 않으므로 분산전원의 그리드 접속 유연성을 확보할 수 있고, 경제성을 향상시키며, 하드웨어를 간략화할 수 있다.
- [0024] 한편, 본 발명의 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 이하에서 설명할 내용으로부터 통상의 기술자에게 자명한 범위 내에서 다양한 효과들이 포함될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 종래기술에 따른 다수의 분산전원이 존재하는 마이크로그리드의 구성을 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로그리드 분산전원의 동기화 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템 및 방법을 설명한다. 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다. 또한, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0027] 본 명세서에서 설명된 구현은, 예컨대, 방법 또는 프로세스, 장치, 소프트웨어 프로그램, 데이터 스트림 또는 신호로 구현될 수 있다. 단일 형태의 구현의 맥락에서만 논의(예컨대, 방법으로서만 논의)되었더라도, 논의된 특징의 구현은 또한 다른 형태(예컨대, 장치 또는 프로그램)로도 구현될 수 있다. 장치는 적절한 하드웨어, 소프트웨어 및 펌웨어 등으로 구현될 수 있다. 방법은, 예컨대, 컴퓨터, 마이크로프로세서, 집적 회로 또는 프로그래밍가능한 로직 디바이스 등을 포함하는 프로세싱 디바이스를 일반적으로 지칭하는 프로세서 등과 같은 장치에서 구현될 수 있다. 프로세서는 또한 최종-사용자 사이에 정보의 통신을 용이하게 하는 컴퓨터, 셀 폰, 휴대용/개인용 정보 단말기(personal digital assistant: "PDA") 및 다른 디바이스 등과 같은 통신 디바이스를 포함한다.
- [0029] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- [0030] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템은 분산전원(110)과 연결되는 인버터(120), 정지형 스위치(STS:Static Transfer Switch)(130), 필터(140), 제1 전류센서(150), 제2 전류센서(170), 전압센서(160) 및 제어기(200)를 포함할 수 있다.
- [0031] 인버터(120)는 분산전원(110)의 양단에 연결되어 분산전원(110)으로부터의 직류 전압을 교류 형태의 펄스전압으로 변환할 수 있다.
- [0032] 인버터(120)는 직류 전원으로부터의 DC 전압을 입력받아 계통 전력 시스템으로의 연계를 위해 AC 전압으로 변환해주며, 내부의 다수의 반도체 스위치 소자(예를 들면, MOSFET, IGBT 등)의 온/오프 동작에 의해 마이크로그리드와의 전력 동기화를 수행할 수 있다.
- [0033] 정지형 스위치(130)는 인버터(120)와 마이크로그리드 사이에 배치되어 분산전원(110)을 마이크로그리드와 연결 또는 분리시킬 수 있다.
- [0034] 정지형 스위치(130)는 마이크로그리드와 분산전원(110)을 연결 또는 분리하는 스위치로 필터(140)의 출력단과 마이크로그리드 사이에 설치될 수 있고, 마이크로그리드의 상태에 따라서 스위치 온/오프될 수 있다.
- [0035] 정지형 스위치(130)는 분산전원(110)을 마이크로그리드에 접속 또는 분리하기 위해 사용되는 반도체 스위치(Static Switch)일 수 있다.
- [0036] 필터(140)는 인버터(120)와 정지형 스위치(130) 사이에 배치되며, 인버터(120)로부터 출력된 AC 전압에 혼입되어 있는 고조파를 약화시키기 위한 것으로, 인버터(120) 출력단의 라인에 연결되는 인덕터(L1)와 인덕터(L1)와 병렬로 연결되는 커패시터(C)를 구비할 수 있다.
- [0037] 제1 전류센서(150)는 인버터(120)와 필터(140) 사이에 배치되어 인버터(120)의 전류를 측정할 수 있다.
- [0038] 제2 전류센서(170)는 필터(140)와 정지형 스위치(130) 사이에 배치되어, 인버터(120) 또는 마이크로그리드의 전류를 측정할 수 있다.
- [0039] 전압센서(160)는 필터(140)와 정지형 스위치(130) 사이에 배치되어, 인버터(120) 또는 마이크로그리드의 전압을 측정할 수 있다.
- [0040] 제어기(200)는 제1 전류센서(150)로부터 인버터(120)의 전류값을 입력받고, 전압센서(160)로부터 인버터(120) 또는 마이크로그리드의 전압값을 입력받으며, 제2 전류센서(170)로부터 인버터(120) 또는 마이크로그리드의 전류값을 입력받을 수 있다. 아울러, 제어기(200)는 입력된 값들을 이용하여 인버터(120)에 포함된 복수의 스위치들의 온/오프를 제어하는 제어신호를 생성하여 인버터(120)로 출력할 수 있다.
- [0041] 제어기(200)는 정지형 스위치(130)가 턴 온(turn on)되어 분산전원(110)이 마이크로그리드에 연결되는 시점의 마이크로그리드 전압을 추정하여 분산전원(110)의 출력전압과 마이크로그리드 전압을 동기화시킬 수 있다.
- [0042] 이러한 제어기(200)는 분산전원(110)의 출력전압과 마이크로그리드 전압을 동기화시키기 위한 구성으로, 동기화

제어기(Synchronizer)(210), 드롭 제어기(droop controller)(220), 및 멀티루프 전압 제어기(Muti-loop voltage controller)(230)를 포함할 수 있다.

[0043] 동기화 제어기(210)는 정지형 스위치(130)가 턴온된 상태에서 전압센서(160)를 통해 측정된 마이크로그리드 전압에 기초하여 마이크로그리드 전압의 크기, 주파수, 및 위상을 측정하고, 측정된 마이크로그리드 전압의 크기, 주파수 및 위상을 이용하여 분산전원(110)을 마이크로그리드에 연결할 시점의 마이크로그리드 전압을 추정할 수 있다.

[0044] 동기화 제어기(210)는 PLL(Phase - locked loop)(212) 및 그리드 전압 추정부(216)를 포함할 수 있다.

[0045] PLL(212)은 전압센서(160)를 통해 측정된 마이크로그리드 전압의 크기(E_{MG}), 주파수(ω_{MG}) 및 위상(θ_{MG})을 측정할 수 있다.

[0046] 그리드 전압 추정부(216)는 PLL(212)에서 측정한 마이크로그리드 전압의 크기, 주파수 및 위상(E_{MG} , ω_{MG} , θ_{MG})을 이용해 분산전원(110)을 그리드에 접속할 시점에서의 마이크로그리드 전압(V_{MG}^{est})을 추정할 수 있고, 분산전원(110)의 출력전압이 추정전압(V_{MG}^{est})이 되도록 인버터 출력전압을 제어할 수 있다. 이때, 그리드 전압 추정부(216)는 정지형 스위치(130)를 턴오프하는 순간의 마이크로그리드 전압의 위상각, 측정된 마이크로그리드 전압의 크기, 주파수 및 위상을 이용하여 마이크로그리드 전압을 추정할 수 있다. 즉, 그리드 전압 추정부(216)는 아래 수학적 식 1을 이용하여 분산전원(110)을 그리드에 접속할 시점에서의 마이크로그리드 전압(V_{MG}^{est})을 추정할 수 있다.

[0047] [수학적 식 1]

$$V_{MG}^{est} = E_{MG} \sin \left(\int_{t_{op}}^t \omega_{MG} dt + \theta_{op} \right)$$

[0048]

[0049] 여기서, θ_{op} 는 정지형 스위치(130)를 턴오프(개방)하는 순간 t_{op} 에서의 마이크로그리드 전압위상각을 의미할 수 있다.

[0050] 드롭 제어기(220)는 정지형 스위치(130)를 턴온시켜 분산전원(110)을 마이크로그리드에 연결하고, 분산전원(110)의 전압 및 주파수에 기초하여 전압 지령치를 산출할 수 있다.

[0051] 드롭 제어기(220)는 전력 산출부(power calculation)(222), 드롭 제어부(droop controller)(224) 및 전압 지령치 산출부(226)를 포함할 수 있다.

[0052] 전력 산출부(222)는 제2 전류센서(170) 및 전압센서(160)를 통해 측정된 전류 및 전압을 이용하여 분산전원(110)의 유효 전력(P_i)과 무효 전력(Q_i)을 산출할 수 있다.

[0053] 드롭 제어부(224)는 전력 산출부(222)에서 산출된 유효 전력 및 무효 전력을 이용하여 분산전원(110)의 출력전압과 출력주파수를 산출할 수 있다. 이때, 드롭 제어부(224)는 마이크로그리드 정격전압 및 분산전원(110)의 무효전력을 이용하여 분산전원(110)의 출력전압을 산출할 수 있고, 마이크로그리드 정격주파수 및 분산전원(110)의 유효전력을 이용하여 분산전원(110)의 출력주파수를 산출할 수 있다. 즉, 드롭 제어부(224)는 아래 수학적 식 2를 이용하여 분산전원의 출력전압을 산출할 수 있고, 아래 수학적 식 3을 이용하여 분산전원의 출력주파수를 산출할 수 있다.

[0054] [수학적 식 2]

$$E_i = E_0 - n_i Q_i$$

[0055]

[0056] [수학적 식 3]

$$\omega_i = \omega_0 - m_i P_i$$

[0057]

[0058] 여기서, E_0 , ω_0 는 각각 마이크로그리드 정격전압 및 주파수, E_i , ω_i 는 i 번째 분산전원(110)의 출력전압과 출력주파수를 각각 나타내며 Q_i , P_i 는 i 번째 분산전원(110)의 무효전력 및 유효전력, n_i , m_i 는 droop 제어상수를 나타낼 수 있다.

[0059] 전압 지령치 산출부(226)는 드롭 제어부(224)에서 산출된 분산전원(110)의 출력전압 및 출력 주파수를 이용하여 전압 지령치를 산출할 수 있다. 이때, 전압 지령치 산출부(226)는 아래 수학적 식 4를 이용하여 전압 지령치 ($v_{ref,i}$)를 산출할 수 있다.

[0060] [수학적 식 4]

$$v_{ref,i} = E_i \sin \left(\int_{t_{cl}}^t \omega_i dt + \theta_{cl} \right)$$

[0061]

[0062] 여기서, θ_{cl} 은 정지형 스위치(130)가 닫히는 시점 t_{cl} 에서의 마이크로그리드 전압위상각을 나타낼 수 있다.

[0063] 멀티루프 전압 제어기(230)는 드롭 제어기(220)에서 산출된 전압지령치에 상응하는 분산전원(110) 출력전압을 생성하도록 인버터(120)를 제어할 수 있다.

[0064] 멀티루프 전압 제어기(230)는 외부 제어 루프 및 내부 루프를 포함할 수 있다.

[0065] 외부 제어 루프는 인버터 출력단의 전압센서(160)를 통해 측정된 마이크로그리드 전압과 전압지령치의 차이를 입력받아 전류지령치를 산출할 수 있다.

[0066] 내부 루프는 전류지령치와 제1 전류센서(150)를 통해 측정된 인버터 전류간의 차이에 기초하여 분산전원(110) 출력전압을 생성하도록 인버터(120)를 제어할 수 있다.

[0067] 이러한 멀티루프 전압 제어기(230)는 전압지령치에 따라 분산전원(110) 출력전압을 생성하기 위해 외부 제어 루프가 기본 주파수에서 튜닝된 비이상적인 비례 공진 컨트롤러를 사용할 수 있다. 즉, 외부 제어 루프 ($G_{Outer}(s)$)는 아래 수학적 식 5와 같이 정의될 수 있다.

[0068] [수학적 식 5]

$$G_{Outer}(s) = K_{Outer} + \frac{2R_{Outer}\omega_c s}{s^2 + 2\omega_c s + \omega_i^2}$$

[0069]

[0070] 여기서, K_{Outer} 및 R_{Outer} 는 각각 외부 루프 비례 및 공진 제어 게인이고, ω_c 는 차단 주파수일 수 있다.

[0071] 내부 루프($G_{Inner}(s)$)에는 인덕터 전류 피드백에 대한 비례 제어 이득(K_{Inner})이 있어 필터(140)에 충분한 댐핑을 제공할 수 있다. 내부 루프는 아래 수학적 식 6과 같이 정의될 수 있다.

[0072] [수학적 식 6]

$$G_{Inner}(s) = K_{Inner}$$

[0073]

[0075] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로그리드 분산전원의 동기화 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0076] 도 3을 참조하면, 제어기(200)는 정지형 스위치(130)를 닫기 전에 모든 인버터(120)의 전력용 반도체 스위치(S1~S4)를 차단한다(S310).

[0077] S310 단계가 수행되면, 제어기(200)는 정지형 스위치(130)를 턴온시키고 인버터 출력단의 전압센서(160)를 통해

마이크로그리드 전압을 측정한다(S320).

- [0078] S320 단계가 수행되면, 제어기(200)는 측정된 마이크로그리드 전압에 기초하여 마이크로그리드 전압의 크기, 주파수, 및 위상을 추정한다(S330). 이때 제어기(200)는 PLL을 이용하여 마이크로그리드 전압의 크기, 주파수 및 위상을 추정할 수 있다.
- [0079] S330 단계가 수행되면, 제어기(200)는 정지형 스위치(130)를 턴오프시키고, 분산전원(110)을 마이크로그리드에 연결할 시점의 마이크로그리드 전압을 추정한다(S340). 이때, 제어기(200)는 정지형 스위치(130)를 턴오프하는 순간의 마이크로그리드 전압의 위상각, 상기 측정된 마이크로그리드 전압의 크기, 주파수 및 위상을 이용하여 상기 마이크로그리드 전압을 추정할 수 있다.
- [0080] S340 단계가 수행되면, 제어기(200)는 정지형 스위치(130)를 턴온시켜 분산전원(110)을 상기 마이크로그리드에 연결하고, 분산전원(110)의 전압 및 주파수에 기초하여 전압 지령치를 산출한다(S350). 이때, 제어기(200)는 인버터 출력단의 전압센서(160) 및 제2 전류센서(170)를 통해 측정된 분산전원(110)의 전압 및 전류에 기초하여 분산전원(110)의 무효전력 및 유효전력을 산출하고, 분산전원(110)의 무효전력 및 유효전력에 기초하여 분산전원(110)의 출력전압 및 출력주파수를 산출하며, 정지형 스위치(130)를 턴오프하는 순간의 마이크로그리드 전압의 위상각, 상기 산출된 분산전원(110)의 출력전압 및 출력주파수에 기초하여 전압 지령치를 산출할 수 있다.
- [0081] S350 단계가 수행되면, 제어기(200)는 전압지령치에 상응하는 분산전원 출력전압을 생성하도록 인버터(120)를 제어한다(S360). 이때, 제어기(200)는 인버터 출력단의 전압센서(160)를 통해 측정된 마이크로그리드 전압과 전압지령치의 차이를 입력받아 전류지령치를 산출하고, 전류지령치와 제1 전류센서(150)를 통해 측정된 인버터 전류간의 차이에 기초하여 분산전원 출력전압을 생성할 수 있다.
- [0083] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템 및 방법은, 분산전원이 내장하고 있는 전압센서(160)를 통해 연결하고자 하는 마이크로그리드의 전압의 위상, 주파수 및 크기 정보를 획득하고, 이를 이용하여 분산전원의 출력전압과 마이크로그리드 전압을 동기화시킴으로써, 동기화시 마이크로그리드 전압의 위상, 주파수 및 크기 특성이 저하되지 않는다.
- [0084] 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템 및 방법은, 마이크로그리드에서 독립제어와 그리드 연결제어를 간단히 연결 스위치(STS)만으로 가능하게 할 수 있다.
- [0085] 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로그리드 분산전원의 동기화 시스템 및 방법은, 추가적인 그리드 전압센서를 필요치 않으므로 분산전원의 그리드 접속 유연성을 확보할 수 있고, 경제성을 향상시키며, 하드웨어를 간략화할 수 있다.
- [0086] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 하여 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다.
- [0087] 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위에 의해서 정하여져야 할 것이다.

부호의 설명

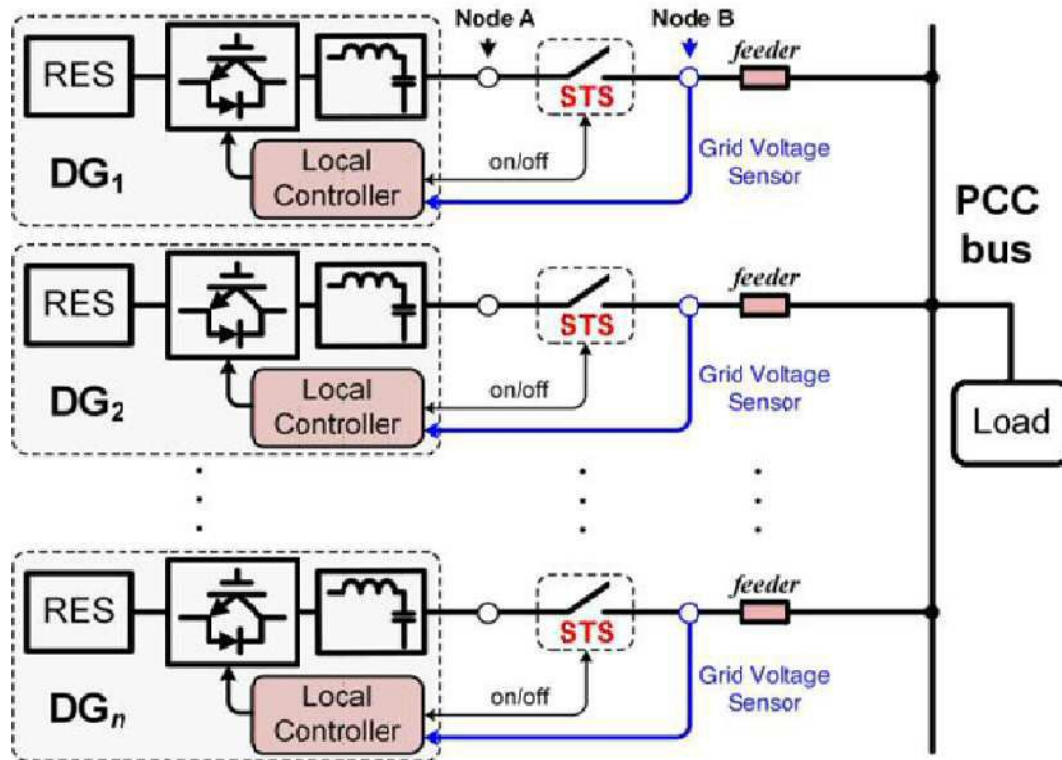
- [0088] 110 : 분산전원
120 : 인버터
130 : 정지형 스위치
140 : 필터
150 : 제1 전류센서
160 : 전압센서
170 : 제2 전류센서
200 : 제어기
210 : 동기화 제어기

220 : 드롭 제어기

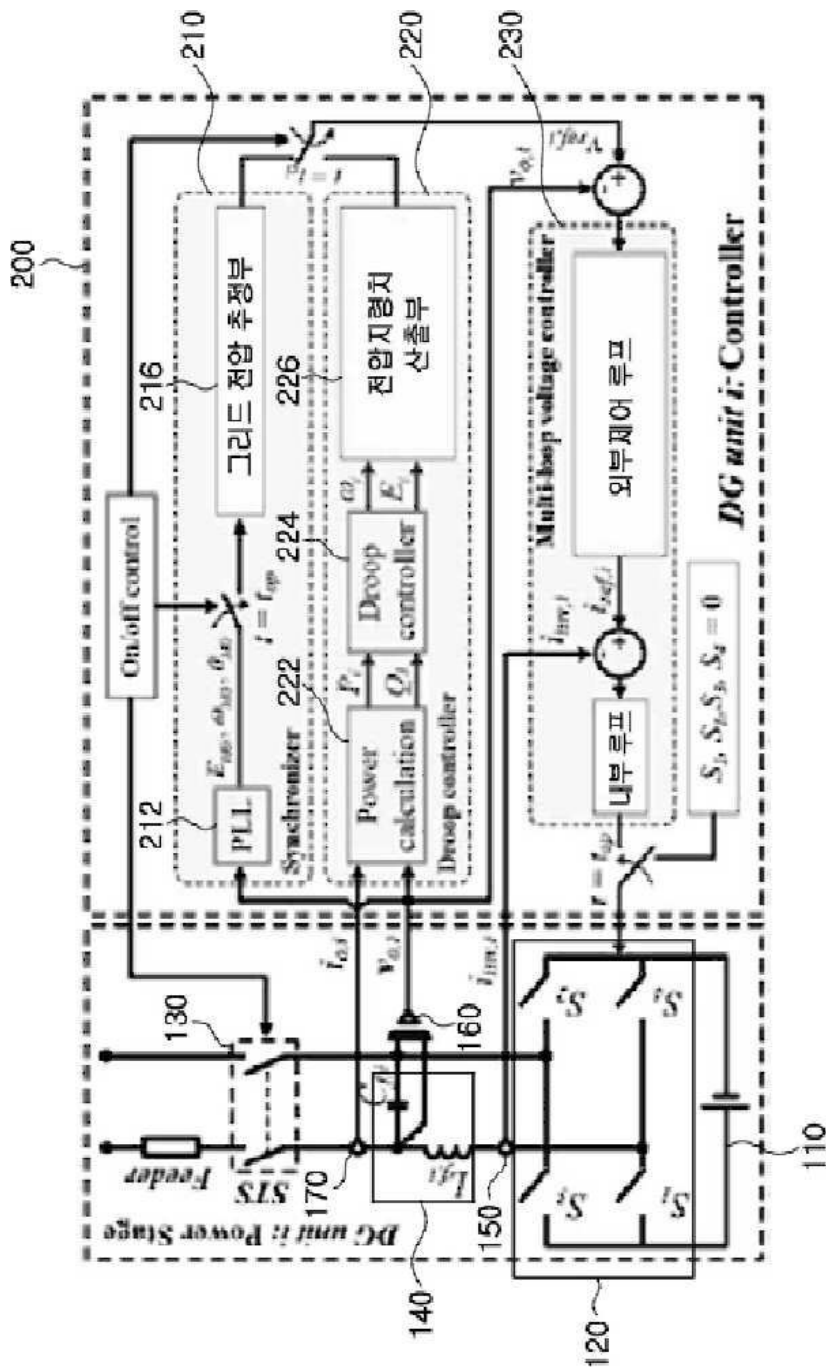
230 : 멀티루프 전압 제어기

도면

도면1



도면2



도면3

