



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0092328
(43) 공개일자 2016년08월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 1/12 (2006.01) H02J 3/36 (2006.01)
H02M 7/48 (2007.01)
(52) CPC특허분류
H02M 1/12 (2013.01)
H02J 3/36 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0012819
(22) 출원일자 2015년01월27일
심사청구일자 2015년01월27일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
차한주
대전광역시 유성구 어은로 57 한빛아파트 117-803
(74) 대리인
특허법인충정

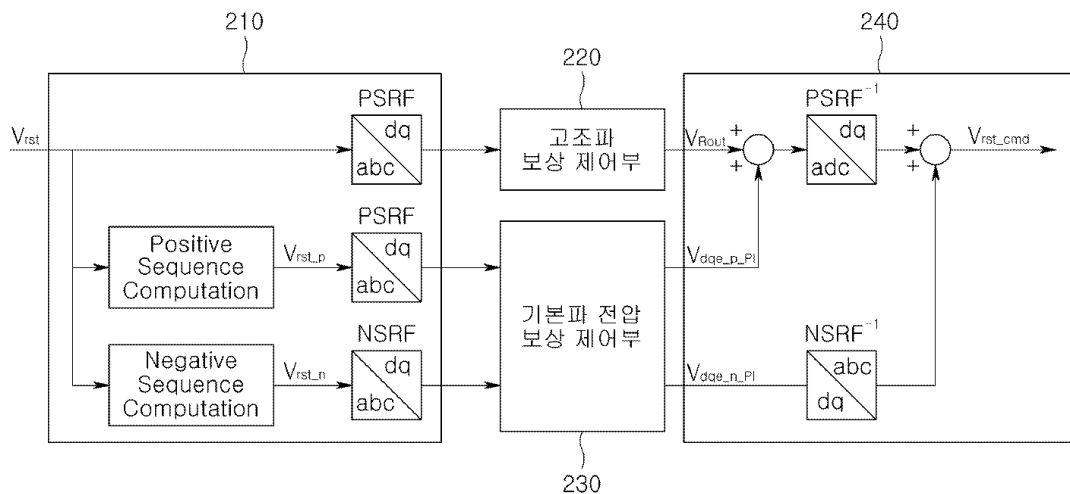
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 독립형 마이크로그리드용 3상 인버터 전압 제어 장치 및 그 방법

(57) 요약

독립형 마이크로그리드용 3상 인버터 전압 제어 장치 및 그 방법이 개시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 3상 인버터 전압 제어 장치는 3상 인버터의 3상 부하 전압을 d-q 축으로 변환하는 변환부; 상기 d-q 축으로 변환된 상기 3상 부하 전압에 대한 짝수배 고조파 성분을 보상하고, 상기 짝수배 고조파 성분이 보상된 제1 신호를 생성하는 고조파 보상 제어부; 상기 d-q 축으로 변환된 상기 3상 부하 전압에 대한 기본파 전압을 보상하고, 상기 기본파 전압이 보상된 제2 신호를 생성하는 기본파 전압 보상 제어부; 및 상기 제1 신호와 상기 제2 신호를 수신하고, 상기 수신된 상기 제1 신호와 상기 제2 신호에 기초하여 상기 3상 인버터의 부하 전압을 제어하는 제어 신호를 생성하는 제어신호 생성부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도



(52) CPC특허분류
H02M 7/48 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

3상 인버터의 3상 부하 전압을 d-q 축으로 변환하는 변환부;

상기 d-q 축으로 변환된 상기 3상 부하 전압에 대한 짝수배 고조파 성분을 보상하고, 상기 짝수배 고조파 성분이 보상된 제1 신호를 생성하는 고조파 보상 제어부;

상기 d-q 축으로 변환된 상기 3상 부하 전압에 대한 기본파 전압을 보상하고, 상기 기본파 전압이 보상된 제2 신호를 생성하는 기본파 전압 보상 제어부; 및

상기 제1 신호와 상기 제2 신호를 수신하고, 상기 수신된 상기 제1 신호와 상기 제2 신호에 기초하여 상기 3상 인버터의 부하 전압을 제어하는 제어 신호를 생성하는 제어신호 생성부

를 포함하는 것을 특징으로 하는 3상 인버터 전압 제어 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 고조파 보상 제어부는

동기좌표계상의 상기 짝수배 고조파 성분 각각에 대해 고조파를 보상하는 복수의 공진제어기를 포함하고, 병렬로 연결된 상기 복수의 공진제어기의 출력 신호를 이용하여 상기 제1 신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 3상 인버터 전압 제어 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 고조파 보상 제어부는

상기 d-q 축으로 변환된 상기 3상 부하 전압에 대한 전압 오차를 수신하고, 상기 복수의 공진제어기 각각의 공진주파수에서 얻은 이득을 이용하여 상기 수신된 전압 오차에 대한 고조파를 보상하는 것을 특징으로 하는 3상 인버터 전압 제어 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 기본파 전압 보상 제어부는

상기 d-q 축으로 변환된 상기 기본파 전압의 정상분에 대한 전압 오차를 수신하고, 비례-적분 제어를 이용하여 상기 수신된 상기 정상분의 전압 오차에 대해 보상하는 제1 비례-적분 제어부; 및

상기 d-q 축으로 변환된 상기 기본파 전압의 역상분에 대한 전압 오차를 수신하고, 비례-적분 제어를 이용하여 상기 수신된 상기 역상분의 전압 오차에 대해 보상하는 제2 비례-적분 제어부

를 포함하는 것을 특징으로 하는 3상 인버터 전압 제어 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제어신호 생성부는

상기 제1 신호와 상기 제1 비례-적분 제어부의 출력 신호를 이용하여 고조파를 보상하기 위한 제1 제어 신호를 생성하고, 상기 제1 제어 신호와 상기 제2 비례-적분 제어부의 출력 신호를 이용하여 상기 제어 신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 3상 인버터 전압 제어 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

미리 결정된 주파수를 이용하여 상기 3상 부하 전압의 위상각을 계산하는 위상각 계산부를 더 포함하고,

상기 변환부는

상기 계산된 상기 3상 부하 전압의 위상각을 이용하여 상기 3상 부하 전압을 d-q 축으로 변환하는 것을 특징으로 하는 3상 인버터 전압 제어 장치.

청구항 7

3상 인버터의 3상 부하 전압을 d-q 축으로 변환하는 단계;

상기 d-q 축으로 변환된 상기 3상 부하 전압에 대한 짝수배 고조파 성분을 보상하고, 상기 짝수배 고조파 성분이 보상된 제1 신호를 생성하는 단계;

상기 d-q 축으로 변환된 상기 3상 부하 전압에 대한 기본파 전압을 보상하고, 상기 기본파 전압이 보상된 제2 신호를 생성하는 단계; 및

상기 생성된 상기 제1 신호와 상기 제2 신호에 기초하여 상기 3상 인버터의 부하 전압을 제어하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 3상 인버터 전압 제어 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제1 신호를 생성하는 단계는

동기좌표계상의 상기 짝수배 고조파 성분 각각에 대해 고조파를 보상하고, 상기 짝수배 고조파 성분 각각에 대해 보상된 보상 신호를 이용하여 상기 제1 신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 3상 인버터 전압 제어 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제1 신호를 생성하는 단계는

상기 d-q 축으로 변환된 상기 3상 부하 전압에 대한 전압 오차를 수신하고, 상기 짝수배 고조파 성분 각각의 공진주파수에서 얻은 이득을 이용하여 상기 수신된 전압 오차에 대한 고조파를 보상하는 상기 제1 신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 3상 인버터 전압 제어 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 제2 신호를 생성하는 단계는

상기 d-q 축으로 변환된 상기 기본파 전압의 정상분과 역상분에 대한 전압 오차를 수신하고, 비례-적분 제어를 이용하여 상기 수신된 상기 정상분과 상기 역상분의 전압 오차에 대해 보상하는 상기 제2 신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 3상 인버터 전압 제어 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제어하는 단계는

상기 제1 신호와 상기 정상분의 전압 오차에 대한 보상 신호를 이용하여 제1 제어 신호를 생성하고, 상기 제1 제어 신호와 상기 역상분의 전압 오차에 대한 보상 신호를 이용하여 상기 3상 인버터의 부하 전압을 제어하는

것을 특징으로 하는 3상 인버터 전압 제어 방법.

청구항 12

제7항에 있어서,

미리 결정된 주파수를 이용하여 상기 3상 부하 전압의 위상각을 계산하는 단계

를 더 포함하고,

상기 변환하는 단계는

상기 계산된 상기 3상 전압의 위상각을 이용하여 상기 3상 부하 전압을 d-q 축으로 변환하는 것을 특징으로 하는 3상 인버터 전압 제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 독립형 마이크로그리드용 3상 인버터의 전압 제어에 대한 것으로, 상세하게는 독립형 마이크로그리드용 3상 인버터의 전압을 제어하여 불평형 부하 및 비선형 부하에 대한 보상 기능을 가질 수 있는 3상 인버터 전압 제어 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 마이크로그리드는 다수의 분산전원 및 에너지 저장장치를 이용하여 수요지에 전력을 공급하는 소규모의 에너지 공급 시스템이다. 독립형 마이크로그리드 시스템은 주로 계통이 공급되지 않는 지역에 설치되어 안정적인 전원을 부하에 공급하는 역할을 수행한다.

[0003] 독립형 마이크로그리드 시스템에서, 독립형 인버터는 연료전지, 풍력 발전, 태양광 발전 시스템과 같은 분산전원으로부터 생산된 전력을 부하에 공급하기 위하여 사용되는데, 인버터는 구동하는 부하의 종류에 상관없이 CVCF(Constant Voltage Constant Frequency) 제어를 수행하여 고정 주파수로 동작하는 일정한 전원을 부하에 공급해야 한다. 이를 달성하기 위한 기존의 한 방법으로, 인버터의 전압제어기를 동기좌표계 비례-적분(Proportional and Integral: PI) 전압제어기로 사용하였다.

[0004] 동기좌표계 PI 전압제어기는 구조가 간단하고 구현이 용이하며 평형부하 구동 시 3상 전압의 동기좌표계 변환결과가 직류성분이기 때문에 정상상태 오차 없는 전압제어가 가능하다는 장점이 있다.

[0005] 그러나, 동기좌표계 PI 전압제어기는 불평형 부하와 비선형 부하 조건에서 3상 부하전압의 불평형 및 고조파 성분이 발생하기 때문에 동기좌표계 d-q축 전압에 리플(ripple) 성분이 포함되고, 이로 인해 전압의 정상상태 오차를 제거할 수 없다. 따라서, 제한된 대역폭을 가지는 PI 전압제어기를 사용하는 경우 부하로 공급되는 전압은 왜곡되며 이는 중요부하의 손상 및 오동작을 유발할 수 있는 문제점이 있다.

[0006] 독립형 인버터가 불평형 부하에 대해 구동하는 경우, 3상 부하전압은 불평형 기본과 전압과 불평형의 홀수배 고조파 성분으로 왜곡된다. 기본과 전압의 불평형을 제거하기 위한 방법으로, 두 종류의 동기좌표계를 이용하는 방법이 있다. 이 방법은 부하전압을 대칭분으로 분해하여 정상분과 역상분의 상 회전방향으로 회전하는 두 동기좌표계상에서, PI 전압제어기를 이용하여 부하전압의 기본과 성분을 평형전압으로 제어하는 방법이다.

[0007] 그러나, 해당 방법은 불평형의 홀수배 고조파로 인하여 3상 부하 전압왜곡을 보상할 수 없고, 또한 비선형 부하 시 부하전압에 발생하는 $(6n \pm 1)$ 차 고조파 성분을 제거할 수 없는 문제점이 있다.

[0008] 종래 비선형 부하 보상방법에 대한 일 예로, 동기좌표계상에서 6차 고조파 성분을 보상하여 3상 부하전압에 가장 현저하게 발생하는 5차 및 7차 고조파 성분을 억제하는 방법이 있다.

[0009] 이런 종래 방법은 전압왜곡을 개선할 수 있으나, 비선형 부하에 의해 발생하는 전압왜곡과 불평형 부하에 의해 발생하는 전압 왜곡에 대한 양상이 다르기 때문에 불평형 부하에 의해 발생하는 전압 왜곡에 대한 보상 방법으로는 적합하지 않다.

[0010] 따라서 불평형 부하와 비선형 부하 조건에서도 양질의 전압을 공급할 수 있는 인버터 전압 제어 장치의 필요성이 대두된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하고자 도출된 것으로서, 독립형 마이크로그리드 시스템에서 불평형 부하와 비선형 부하 조건에 대한 전압 왜곡을 보상할 수 있는 독립형 마이크로그리드용 3상 인버터 전압 제어 장치 및 그 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 3상 인버터 전압 제어 장치는 3상 인버터의 3상 부하 전압을 d-q 축으로 변환하는 변환부; 상기 d-q 축으로 변환된 상기 3상 부하 전압에 대한 짝수배 고조파 성분을 보상하고, 상기 짝수배 고조파 성분이 보상된 제1 신호를 생성하는 고조파 보상 제어부; 상기 d-q 축으로 변환된 상기 3상 부하 전압에 대한 기본파 전압을 보상하고, 상기 기본파 전압이 보상된 제2 신호를 생성하는 기본파 전압 보상 제어부; 및 상기 제1 신호와 상기 제2 신호를 수신하고, 상기 수신된 상기 제1 신호와 상기 제2 신호에 기초하여 상기 3상 인버터의 부하 전압을 제어하는 제어 신호를 생성하는 제어신호 생성부를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 상기 고조파 보상 제어부는 동기좌표계상의 상기 짝수배 고조파 성분 각각에 대해 고조파를 보상하는 복수의 공진제어기를 포함하고, 병렬로 연결된 상기 복수의 공진제어기의 출력 신호를 이용하여 상기 제1 신호를 생성할 수 있다.
- [0014] 상기 고조파 보상 제어부는 상기 d-q 축으로 변환된 상기 3상 부하 전압에 대한 전압 오차를 수신하고, 상기 복수의 공진제어기 각각의 공진주파수에서 얻은 이득을 이용하여 상기 수신된 전압 오차에 대한 고조파를 보상할 수 있다.
- [0015] 상기 기본파 전압 보상 제어부는 상기 d-q 축으로 변환된 상기 기본파 전압의 정상분에 대한 전압 오차를 수신하고, 비례-적분 제어를 이용하여 상기 수신된 상기 정상분의 전압 오차에 대해 보상하는 제1 비례-적분 제어부; 및 상기 d-q 축으로 변환된 상기 기본파 전압의 역상분에 대한 전압 오차를 수신하고, 비례-적분 제어를 이용하여 상기 수신된 상기 역상분의 전압 오차에 대해 보상하는 제2 비례-적분 제어부를 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 제어신호 생성부는 상기 제1 신호와 상기 제1 비례-적분 제어부의 출력 신호를 이용하여 고조파를 보상하기 위한 제1 제어 신호를 생성하고, 상기 제1 제어 신호와 상기 제2 비례-적분 제어부의 출력 신호를 이용하여 상기 제어 신호를 생성할 수 있다.
- [0017] 본 발명에 따른 장치는 미리 결정된 주파수를 이용하여 상기 3상 부하 전압의 위상각을 계산하는 위상각 계산부를 더 포함하고, 상기 변환부는 상기 계산된 상기 3상 부하 전압의 위상각을 이용하여 상기 3상 전압을 d-q 축으로 변환할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 3상 인버터 전압 제어 방법은 3상 인버터의 3상 부하 전압을 d-q 축으로 변환하는 단계; 상기 d-q 축으로 변환된 상기 3상 부하 전압에 대한 짝수배 고조파 성분을 보상하고, 상기 짝수배 고조파 성분이 보상된 제1 신호를 생성하는 단계; 상기 d-q 축으로 변환된 상기 3상 부하 전압에 대한 기본파 전압을 보상하고, 상기 기본파 전압이 보상된 제2 신호를 생성하는 단계; 및 상기 생성된 상기 제1 신호와 상기 제2 신호에 기초하여 상기 3상 인버터의 전압을 제어하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0019] 본 발명에 따르면, 독립형 마이크로그리드용 3상 인버터의 전압을 제어하여 불평형 부하 및 비선형 부하에 대한 보상 기능을 가질 수 있게 함으로써, 불평형 부하 조건과 비선형 부하 조건에서도 전압 왜곡을 개선할 수 있고, 이를 통해 안정적인 전압을 공급할 수 있다.
- [0020] 또한, 본 발명에 따르면 독립형 마이크로그리드에서 평형 부하, 불평형 부하 및 비선형 부하 조건에서도 안정적인 전원을 공급할 수 있기 때문에 안정적인 전원 공급을 위해 산업에 적용되는 UPS(Uninterruptible Power Supply) 등에도 적용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 독립형 마이크로그리드용 인버터 구조를 설명하기 위한 일 예시도를 나타낸 것이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 독립형 마이크로그리드용 3상 인버터 전압 제어 장치의 구성을 나타낸 것이다.
- 도 3은 도 2에 도시된 위상각 계산부를 설명하기 위한 일 예시도를 나타낸 것이다.
- 도 4는 도 2에 도시된 제어부에 대한 일 실시예의 구성을 나타낸 것이다.
- 도 5는 도 4에 도시된 고조파 보상 제어부에 대한 일 실시예의 구성을 나타낸 것이다.
- 도 6은 도 4에 도시된 기본과 전압 보상 제어부에 대한 일 실시예의 구성을 나타낸 것이다.
- 도 7은 독립형 마이크로그리드용 3상 인버터의 10kW 평형 부하에 대한 실험파형을 나타낸 것이다.
- 도 8은 독립형 마이크로그리드용 3상 인버터의 10kW 불평형 부하에 대한 실험파형을 나타낸 것이다.
- 도 9는 독립형 마이크로그리드용 3상 인버터의 10kW 비선형 부하에 대한 실험파형을 나타낸 것이다.
- 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 독립형 마이크로그리드용 3상 인버터 전압 제어 방법의 동작흐름도를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 상기 목적 외에 본 발명의 다른 목적 및 특징들은 첨부 도면을 참조한 실시 예에 대한 설명을 통하여 명백히 드러나게 될 것이다.
- [0023] 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세히 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0024] 그러나, 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0025] 이하에서는, 본 발명의 일 실시 예에 따른 독립형 마이크로그리드용 3상 인버터 전압 제어 장치 및 그 방법을 첨부된 도 1 내지 도 10을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0026] 본 발명은 독립형 마이크로그리드용 3상 인버터에 대한 것으로, 부하 조건이 평형 부하 뿐만 아니라 불평형 부하와 비선형 부하 조건에서도 안정적인 전압을 공급할 수 있도록 3상 인버터의 전압을 제어하는 것을 그 요지로 한다.
- [0027] 구체적으로, 본 발명은 불평형 부하 시 서로 반대방향으로 회전하는 두 종류의 동기좌표계상에서 3상 불평형 전압의 대칭분을 각각 PI 제어함으로써 기본과 전압을 평형전압으로 제어하고, 3상 부하전압을 왜곡시키는 불평형의 홀수배 고조파 성분에 대해서는 동기좌표계상에서 2n차의 고조파 성분으로 나타나므로 2n차 고조파를 보상하는 다수의 공진제어기를 적용하여 전압왜곡을 보상하며, 비선형 부하 시 3상 부하전압에 가장 현저하게 발생하는 5차 및 7차 고조파 성분에 대해서는 동기좌표계상에서 6차 고조파 성분으로 나타나므로 6차 고조파를 보상하는 공진제어기를 적용하여 전압왜곡 보상한다.
- [0028] 도 1은 독립형 마이크로그리드용 인버터 구조를 설명하기 위한 일 예시도를 나타낸 것으로, 도 1에 도시된 바와 같이 3상 3선식 배전계통에 연결 가능한 독립형 마이크로그리드용 인버터 구조를 적용하고, 비교적 간단한 PWM(Pulse Width Modulation) 스위칭 방식으로 구동될 수 있다.
- [0029] 이런 3상 인버터는 다양한 제어방법이 적용가능하고, 3상 4선식의 계통과 연결하기 위해 Δ -Y 변압기가 필요하다.
- [0030] 본 발명은 이런 독립형 인버터를 기반으로 불평형 부하 및 비선형 부하에서도 낮은 THD(Total Harmonic Distortion) 전압을 확보할 수 있는 전압 제어 장치와 방법을 제공하고자 한다.
- [0031] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 독립형 마이크로그리드용 3상 인버터 전압 제어 장치의 구성을 나타낸 것으로, 도 2에 도시된 바와 같이 3상 독립형 마이크로그리드용 인버터의 구성은 DC 링크 커패시터, DC/AC 전력변환 스위치(DC-AC Inverter), LC 필터 및 부하로 구성되고, 부하조건은 평형 부하(balanced load)와 불평형 부하(unbalanced load), 비선형 부하(non-linear load) 조건을 포함한다.

- [0032] 본 발명에 따른 장치(100)는 이런 부하 조건에서 안정적인 전압을 공급하기 위해, 제어부(200)와 위상각 계산부(300)를 포함한다.
- [0033] 위상각 계산부(300)는 독립형 마이크로그리드용 인버터의 PLL(Phase Locked Loop)을 위한 3상 부하 전압의 위상각을 결정한다.
- [0034] 본 발명에 적용되는 인버터는 독립형 마이크로그리드용으로서 계통과 연결되어 있지 않고 독립적으로 동작하는 인버터로서, 계통 연계형 인버터의 경우 3상 계통전압의 위상을 추출하는 PLL을 사용하지만, 본 발명의 위상각 계산부(300)는 미리 결정된 주파수를 이용하여 3상 부하 전압의 위상각을 계산한다.
- [0035] 예를 들어, 도 3에 도시된 바와 같이, 위상각 계산부(300)는 60[Hz] 고정 주파수로부터 적분기를 통해 위상각(θ)을 계산한다.
- [0036] 제어부(200)는 양질의 전압을 공급할 수 있도록 3상 부하전압 제어를 수행하는 구성으로, 위상각 계산부(300)에 의해 계산된 위상각을 이용하여 3상 전압을 d-q 축으로 변환하고 동기좌표계상에서 전압 제어를 수행한다.
- [0037] 이 때, 제어부(200)는 3상 인버터의 전압 제어를 수행하기 위한 제어 신호를 생성하고, 생성된 제어 신호를 3상 인버터의 구동 드라이버(IGBT Gate Driver)로 출력 함으로써, DC-AC 인버터의 구동을 제어할 수 있다.
- [0038] 제어부(200)는 기본과 전압 보상을 제어하기 위한 비례-적분 제어기와 고조파 보상을 제어하기 위한 다수의 공진제어기로 포함할 수 있으며, 제어대상은 선간 전압으로, 고품질의 3상 평형 전압 공급을 목표로 하며 PWM 방법은 불평형 부하 전압제어를 고려하여 SPWM(Sinusoidal PWM) 방식을 사용할 수 있다.
- [0039] 이런 제어부에 대한 상세 구성을 도 4 내지 도 6을 참조하여 설명하면 다음과 같다.
- [0040] 도 4는 도 2에 도시된 제어부에 대한 일 실시예의 구성을 나타낸 것이다.
- [0041] 도 4를 참조하면, 제어부(200)는 변환부(210), 고조파 보상 제어부(220), 기본과 전압 보상 제어부(230) 및 제어신호 생성부(240)를 포함한다.
- [0042] 변환부(210)는 3상 부하 전압(V_{rst})을 수신하고 수신된 3상 부하 전압을 d-q 축으로 변환하는 d-q 변환(transformation)에 대한 구성이다.
- [0043] 여기서, d-q 변환은 3상 부하 전압의 3상 변수들을 변환하여 d, q, 0 축으로 이루어진 좌표계상의 변수로 변환하는 것을 말하고, 이는 이 기술 분야에 종사하는 당업자에게 자명하기에 이에 대한 상세한 설명을 생략한다.
- [0044] 구체적으로, 변환부(210)는 3상 부하 전압(V_{rst})을 동기좌표계 PSRF(Positive Synchronous Reference Frame)를 이용하여 d-q 축으로 변환된 신호를 고조파 보상 제어부(220)로 출력하는 제1 변환부, 3상 부하 전압(V_{rst})의 정상분을 계산(positive sequence computation)하고 계산된 정상분(V_{rst_p})을 동기좌표계 PSRF(Positive Synchronous Reference Frame)를 이용하여 d-q 축으로 변환하고 변환된 신호를 기본과 전압 보상 제어부(230)로 출력하는 제2 변환부 및 3상 부하 전압(V_{rst})의 역상분을 계산(negative sequence computation)하고 계산된 역상분(V_{rst_n})을 동기좌표계 NSRF(Negative Synchronous Reference Frame)를 이용하여 d-q 축으로 변환하고 변환된 신호를 기본과 전압 보상 제어부(230)로 출력하는 제3 변환부를 포함한다.
- [0045] 3상 PWM 인버터가 동기좌표계 PI 전압 제어를 이용하여 불평형 부하 구동하는 경우 3상 불평형 부하 전압이 야기되며 이런 3상 불평형의 기본과 전압은 정상분과 역상분으로 분해될 수 있다. 정상분의 d-q 축 전압은 직류 성분이지만 역상분의 d-q 축 전압은 2차 고조파 성분으로 나타나므로, 제한된 대역폭을 가지는 PI 전압 제어기는 정상상태 전압 오차를 제거하기 어렵다.
- [0046] 그러나, 두 종류의 동기좌표계 PSRF(Positive Synchronous Reference Frame)와 NSRF(Negative Synchronous Reference Frame)를 이용한 동기좌표계 전압제어기는 기본과 전압을 3상 평형으로 제어할 수 있다.
- [0047] 여기서, PSRF 변환 행렬과 NSRF 변환 행렬은 아래 <수학식 1>과 <수학식 2>와 같이 나타낼 수 있다.
- [0048] [수학식 1]

$$T(\omega t) = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos \omega t & \cos(\omega t - 120^\circ) & \cos(\omega t + 120^\circ) \\ -\sin \omega t & -\sin(\omega t - 120^\circ) & -\sin(\omega t + 120^\circ) \end{bmatrix}$$

[0050] [수학식 2]

$$T(-\omega t) = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos(-\omega t) & \cos(-\omega t - 120^\circ) & \cos(-\omega t + 120^\circ) \\ -\sin(-\omega t) & -\sin(-\omega t - 120^\circ) & -\sin(-\omega t + 120^\circ) \end{bmatrix}$$

[0052] 따라서, 본 발명에서 변환부(210)는 기본과 전압에 대한 보상을 위하여 3상 불평형 전압의 대칭분을 계산하여 정상분과 역상분을 계산하고, 계산된 정상분과 역상분 각각에 대한 d-q 변환을 수행하기 위하여 동기좌표계 PSRF와 NSRF를 각각 이용함으로써, 대칭분이 직류 성분으로 나타나게 되고, 정상분 및 역상분은 기본과 전압 보상 제어부에서 각각의 동기좌표계상에서의 PI 제어를 통해 제한된 대역폭에서도 정상상태 오차를 제거할 수 있다.

[0053] 고조파 보상 제어부(220)는 제1 변환부에 의해 변환된 출력 신호 즉, d-q 축으로 변환된 3상 부하 전압에 대한 짝수배 고조파 성분을 보상하고 짝수배 고조파 성분이 보상된 신호(이하, "제1 신호"라 칭함)를 생성하여 제어 신호 생성부(240)로 출력한다.

[0054] 고조파 보상 제어부(220)는 불평형 부하와 비선형 부하 조건에서 발생하는 고조파 전압왜곡을 제거하기 위한 구성이다.

[0055] 불평형 부하 시 기본과 전압 보상 제어부(230)를 통해 3상 불평형의 기본과 전압을 평형전압으로 유지할 수 있으나 불평형 부하와 함께 인버터의 비선형적인 특성은 3상 부하전압에 불평형의 홀수배 고조파 성분을 발생시킨다.

[0056] 3상 부하 전압의 고조파를 PSRF 동기좌표계 변환하면 3차 고조파의 정상분은 동기좌표계상에서 2차 고조파 성분으로, 역상분은 4차 고조파 성분으로 변환되고, 마찬가지로 5차 고조파의 정상분과 역상분은 각각 4차 고조파 성분과 6차 고조파 성분으로 변환되며, 7차 고조파의 정상분과 역상분은 각각 6차 고조파 성분과 8차 고조파 성분으로 변환된다. 즉 불평형 부하 시 d-q 축 전압은 2n차 고조파 성분으로 왜곡된다.

[0057] 또한 비선형 부하 시 3상 부하전압에 발생하는 고조파는 $(6n \pm 1)$ 차 고조파 성분으로 동기좌표계상에서 6n차 고조파 성분으로 나타난다.

[0058] 따라서, 고조파 보상 제어부(220)는 불평형 부하와 비선형 부하 조건에서 발생하는 고조파를 함께 억제하기 위해, 도 5에 도시된 바와 같이 동기좌표계상의 2n차 고조파 각각을 보상하는 복수의 공진제어기를 포함하고, 복수의 공진제어기는 병렬로 연결되며 고조파 보상 제어부는 복수의 공진제어기의 출력 신호($V_{\text{Rout}}^{2\text{nd}}$, $V_{\text{Rout}}^{4\text{nd}}$, $V_{\text{Rout}}^{6\text{nd}}$ 등)를 이용하여 제1 신호(V_{Rout})를 생성한다.

[0059] 이 때, 복수의 공진제어기 각각은 d-q 축으로 변환된 3상 부하 전압의 전압 오차($V_{\text{dqe_ref}} - V_{\text{dqe}}$)를 입력으로 하여 각각의 공진주파수에서 얻는 이득을 통해 해당 고조파를 보상하는 출력을 얻을 수 있다.

[0060] 물론, 고조파 보상 제어부(220)를 구성하는 공진제어기의 수는 THD 전압특성을 고려하여 결정될 수 있으며, 그 수는 얻고자 하는 THD에 따라 확장되거나 축소될 수 있다.

[0061] 기본과 전압 보상 제어부(230)는 변환부(210)에 의해 d-q 축으로 변환된 3상 부하 전압에 대한 기본과 전압을 보상하고, 기본과 전압이 보상된 신호(이하, "제2 신호"라 칭함)를 생성한다.

[0062] 이 때, 기본과 전압 보상 제어부(230)는 도 6에 도시된 일 예와 같이, 제2 변환부의 출력 신호($V_{\text{dqe_p}}$)와 제3 변환부의 출력 신호($V_{\text{dqe_n}}$)를 수신하고, d-q 축으로 변환된 3상 부하 전압 또는 기본과 전압의 정상분에 대한 전압 오차($V_{\text{dqe_p_ref}} - V_{\text{dqe_p}}$)를 PI 제어를 이용하여 보상하고 보상된 신호($V_{\text{dqe_p_PI}}$)(이하, "제3 신호"라 칭함)를 출력하는 제1 PI 제어부(PI control)와 d-q 축으로 변환된 3상 부하 전압 또는 기본과 전압의 역상분에 대한 전압 오차($V_{\text{dqe_n_ref}} - V_{\text{dqe_n}}$)를 PI 제어를 이용하여 보상하고 보상된 신호($V_{\text{dqe_n_PI}}$) (이하, "제4 신호"라 칭함)를 출력하는 제2 PI 제어부(PI control)를 포함할 수 있다. 기본과 전압 보상 제어부(230)에서 생성되는 제2 신호는 제1 PI 제어부와 제2 PI 제어부로부터 출력되는 출력 신호들을 포함한다.

[0063] 도 4에 도시된 바와 같이, 고조파 보상 제어부(220)와 기본과 전압 보상 제어부(230)는 병렬로 연결된 구조를 가진다.

[0064] 제어신호 생성부(240)는 고조파 보상 제어부(220)로부터 출력되는 제1 신호와 기본과 전압 보상 제어부(230)로

부터 출력되는 제2 신호 즉, 제3 신호, 제4 신호를 수신하고, 수신된 제1 신호와 제2 신호에 기초하여 3상 인버터의 부하 전압을 제어하기 위한 제어 신호를 생성한다.

[0065] 이 때, 제어신호 생성부(240)에 의해 생성되는 제어 신호는 도 2에 도시된 IGBT gate driver를 제어하기 위한 제어신호일 수 있다.

[0066] 제어신호 생성부(240)는 제1 신호와 제3 신호를 더하고, 제1 신호와 제3 신호가 더해진 신호를 $PSRF^{-1}$ 변환 행렬을 통해 d-q 축에서 3상 변수들로 변환하여 고조파를 보상하기 위한 제1 제어 신호를 생성하고, 제4 신호를 $NSRF^{-1}$ 변환 행렬을 통해 d-q 축에서 3상 변수들로 변환하여 기본파 전압을 보상하기 위한 제2 제어 신호를 생성하며, 생성된 제1 제어 신호와 제2 제어 신호를 이용하여 3상 인버터의 부하 전압을 제어하기 위한 제어 신호를 생성한다.

[0067] 여기서, $PSRF^{-1}$ 변환 행렬과 $NSRF^{-1}$ 변환 행렬은 아래 <수학식 3>과 <수학식 4>와 같이 나타낼 수 있다.

[0068] [수학식 3]

$$T^{-1}(\omega t) = \begin{bmatrix} \cos \omega t & -\sin \omega t \\ \frac{1}{2} \cos \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \omega t & -\frac{1}{2} \sin \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega t \\ -\frac{1}{2} \cos \omega t - \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \omega t & \frac{1}{2} \sin \omega t - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega t \end{bmatrix}$$

[0069]

[0070] [수학식 4]

$$T^{-1}(-\omega t) = \begin{bmatrix} \cos(-\omega t) & -\sin(-\omega t) \\ \frac{1}{2} \cos(-\omega t) + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin(-\omega t) & -\frac{1}{2} \sin(-\omega t) + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos(-\omega t) \\ -\frac{1}{2} \cos(-\omega t) - \frac{\sqrt{3}}{2} \sin(-\omega t) & \frac{1}{2} \sin(-\omega t) - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos(-\omega t) \end{bmatrix}$$

[0071]

[0072] 이와 같이, 본 발명에 따른 장치는 불평형 부하 및 비선형 부하 조건에서 고품질 전원공급을 위해, 고조파 보상 제어부와 기본파 전압 보상 제어부를 병렬로 연결된 구조로 구성하고, 3상 기본파 전압에 대해 동기좌표계 PI 제어기로 제어하며 불평형 부하를 구동하는 경우를 고려하여 PSRF와 NSRF에서 정상분과 역상분을 각각 제어한다. 또한, 고조파를 보상하기 위한 2n차 공진제어기의 출력이 정상분 PI 제어기의 출력에 더해지며 $PSRF^{-1}$, $NSRF^{-1}$ 변환 행렬을 통해 동기좌표계 값에서 3상 전압커맨드로 변환되도록 구성함으로써, 불평형 및 비선형 부하 조건에서 발생하는 전압왜곡을 보상할 수 있다.

[0073] 이런 본 발명에 따른 장치를 통해 평형 부하 뿐만 아니라 불평형 부하와 비선형 부하에 대해서도 안정적인 3상 부하 전압을 공급할 수 있으며, 이에 대해 도 7 내지 도 9를 참조하여 설명한다.

[0074] 도 7은 독립형 마이크로그리드용 3상 인버터의 10kW 평형 부하에 대한 실험파형을 나타낸 것으로, 불평형 부하와 비선형 부하를 보상하기 위한 장치지만, 평형부하를 구동하는 인버터에도 적용 가능하다.

[0075] 도 7에 도시된 바와 같이, 3상 선간 전압은 60[Hz]의 주파수를 가지고 220[VLL]의 평형 전압으로 제어되며, 평형 부하 조건에 대한 실험 파형을 통해 알 수 있듯이, 전압의 THD는 1.5%로 낮은 THD의 전압이 부하로 공급되는 것을 알 수 있다.

[0076] 도 8은 독립형 마이크로그리드용 3상 인버터의 10kW 불평형 부하에 대한 실험파형을 나타낸 것이다.

[0077] 도 8에 도시된 바와 같이, 3상 선간 전압은 220[VLL]로 제어되고 불평형율은 1.1%로 계산된다. 따라서, 불평형 부하 시 야기되는 전압 불평형이 억제되어 3상 선간전압이 평형전압으로 제어되고, 불평형 홀수배 고조파가 억제되어 전압의 THD가 1.5%로 유지되며 부하로 양질의 전압이 공급되는 것을 알 수 있다.

[0078] 도 9는 독립형 마이크로그리드용 3상 인버터의 10kW 비선형 부하에 대한 실험파형을 나타낸 것이다.

[0079] 도 9에 도시된 바와 같이, 비선형 부하에 의한 3상 선간 전압은 $(6n \pm 1)$ 차 고조파 성분으로 왜곡되며, 5차 및 7차 고조파 성분이 가장 현저하게 나타나는 것을 알 수 있다. 도 9를 통해 알 수 있듯이, 비선형 부하 조건의 경

우 5차 및 7차 고조파가 억제되어 전압의 THD가 2.6%로 측정되고 3상 평형의 고품질 전압이 부하로 공급되는 것을 알 수 있다.

- [0080] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 독립형 마이크로그리드용 3상 인버터 전압 제어 방법의 동작흐름도를 나타낸 것이다.
- [0081] 도 10을 참조하면, 본 발명에 따른 방법은 3상 인버터의 3상 부하 전압의 위상각을 계산한다(S1010).
- [0082] 이 때, 단계 S1010은 미리 결정된 주파수 예를 들어, 60[Hz] 고정 주파수를 이용하여 3상 부하 전압의 위상각을 계산할 수 있으며, 위상각은 적분기를 통해 계산될 수 있다..
- [0083] 단계 S1010에서 계산된 위상각을 이용하여 3상 부하 전압을 d-q 축으로 변환한다(S1020).
- [0084] 이 때, 단계 S1020은 3상 부하 전압을 동기좌표계 PSRF를 이용하여 변환함으로써, 고조파를 보상하는데 사용할 수 있으며, 3상 부하 전압에 대한 기본과 전압에 대해 정상분과 역상분을 계산한 후 정상분을 동기좌표계 PSRF를 이용하여 변환하고 역상분을 동기좌표계 NSRF를 이용하여 변환함으로써, 기본과 전압을 보상하는데 사용할 수 있다.
- [0085] 단계 S1020에서 d-q 축으로 변환된 3상 부하 전압에 대한 짝수배 고조파 성분을 복수의 공진제어기를 이용하여 불평형 부하와 비선형 부하 조건에서 발생할 수 있는 전압 왜곡을 보상함으로써, 고조파를 보상하기 위한 제어 신호 예를 들어, 고조파 보상 제어 신호를 생성한다(S1030).
- [0086] 3상 부하 전압의 고조파를 PSRF 동기좌표계 변환하면 3차 고조파의 정상분은 동기좌표계상에서 2차 고조파 성분으로, 역상분은 4차 고조파 성분으로 변환되고, 마찬가지로 5차 고조파의 정상분과 역상분은 각각 4차 고조파 성분과 6차 고조파 성분으로 변환되며, 7차 고조파의 정상분과 역상분은 각각 6차 고조파 성분과 8차 고조파 성분으로 변환된다. 즉 불평형 부하 시 d-q 축 전압은 2n차 고조파 성분으로 왜곡된다. 그리고, 비선형 부하 시 3상 부하전압에 발생하는 고조파는 $(6n \pm 1)$ 차 고조파 성분으로 동기좌표계상에서 6n차 고조파 성분으로 나타난다.
- [0087] 따라서, 단계 S1030은 불평형 부하와 비선형 부하 조건에서 발생하는 고조파를 함께 억제하기 위해, 동기좌표계상의 짝수배 고조파 성분 각각에 대해 고조파를 보상하고, 짝수배 고조파 성분 각각에 대해 보상된 보상 신호를 이용하여 고조파 보상 제어 신호를 생성한다. 이 때, 단계 S1030은 d-q 축으로 변환된 3상 부하 전압에 대한 전압 오차를 수신하고, 짝수배 고조파 성분 각각의 공진주파수에서 얻은 이득을 이용하여 전압 오차에 대한 고조파를 보상함으로써, 고조파 보상 제어 신호를 생성할 수 있다.
- [0088] 또한, 단계 S1020에서 d-q 축으로 변환된 3상 부하 전압에 대한 기본과 전압을 PI 제어를 이용하여 보상함으로써, 기본과 전압을 보상하기 위한 제어 신호 예를 들어, 기본과 전압 보상 제어 신호를 생성한다(S1040).
- [0089] 이 때, 단계 S1040은 d-q 축으로 변환된 기본과 전압의 정상분에 대한 전압 오차를 수신하여 정상분을 보상하기 위한 신호를 생성하고, 역상분에 대한 전압 오차를 수신하여 역상분을 보상하기 위한 신호를 생성함으로써, 기본과 전압을 보상하기 위한 기본과 전압 보상 제어 신호를 생성할 수 있다.
- [0090] 상술한 단계 S1030과 S1040이 비록 순차적으로 수행되는 것으로 설명하였지만, 이에 한정되지 않으며 두 단계가 병렬적으로 수행될 수도 있고 그 수행 순서가 반대로 이루어질 수도 있다.
- [0091] 단계 S1030과 S1040에 의해 고조파 보상 제어 신호와 기본과 전압 보상 제어 신호가 생성되면, 고조파 보상 제어 신호와 기본과 전압 보상 제어 신호를 이용하여 3상 인버터의 부하 전압을 제어하기 위한 제어 신호를 생성한다(S1050).
- [0092] 이 때, 단계 S1050은 단계 S1030에 의해 생성된 고조파 보상 제어 신호와 단계 S1040에 의해 생성된 정상분을 보상하기 위한 신호를 이용하여 제1 제어 신호를 생성하고, 제1 제어 신호와 역상분을 보상하기 위한 신호를 이용하여 3상 인버터의 부하 전압을 제어하기 위한 제어 신호를 생성할 수 있다.
- [0093] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0094] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라

이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

[0095] 100 : 독립형 마이크로그리드용 3상 인버터 전압 제어 장치

200 : 제어부

300 : 위상각 계산부

210 : 변환부

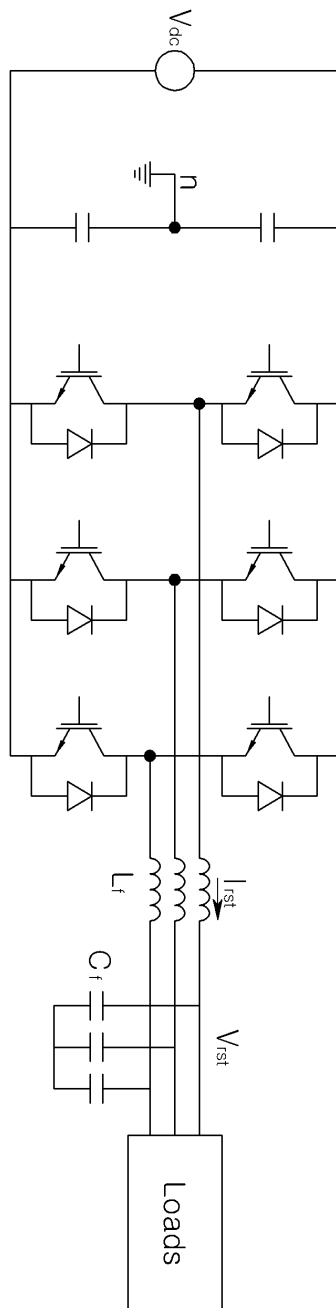
220 : 고조파 보상 제어부

230 : 기본파 전압 보상 제어부

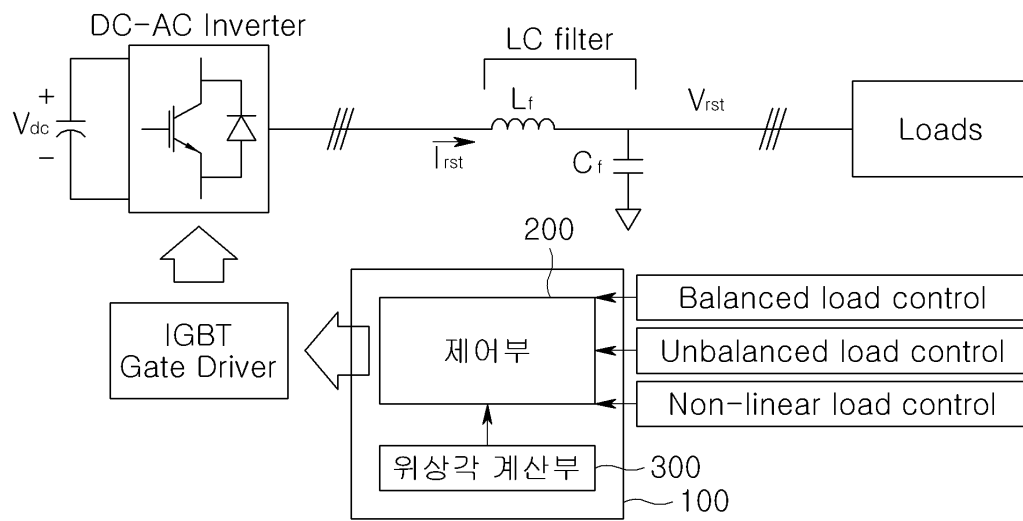
240 : 제어신호 생성부

도면

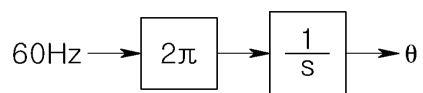
도면1



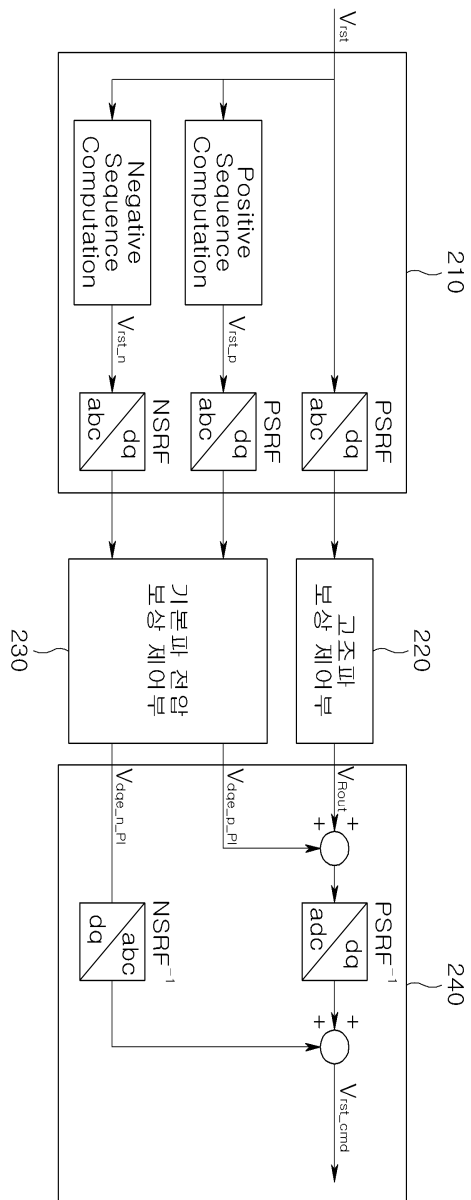
도면2



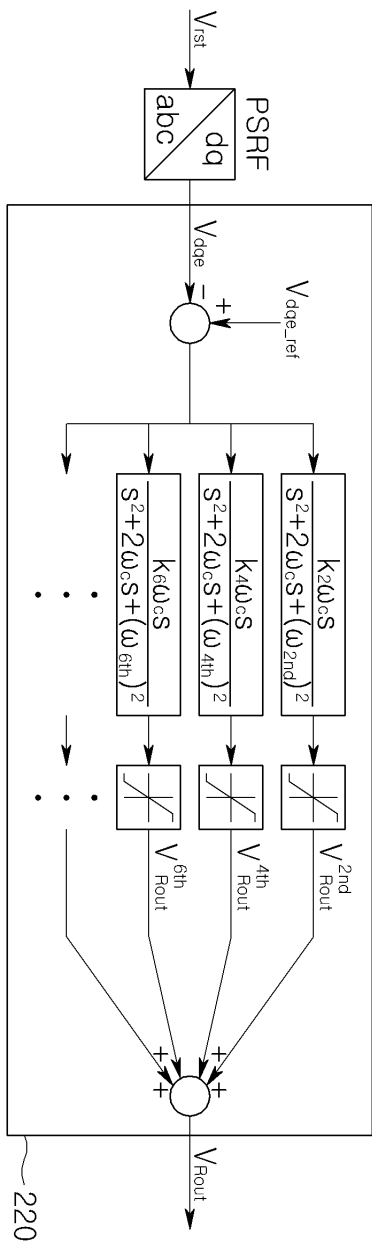
도면3



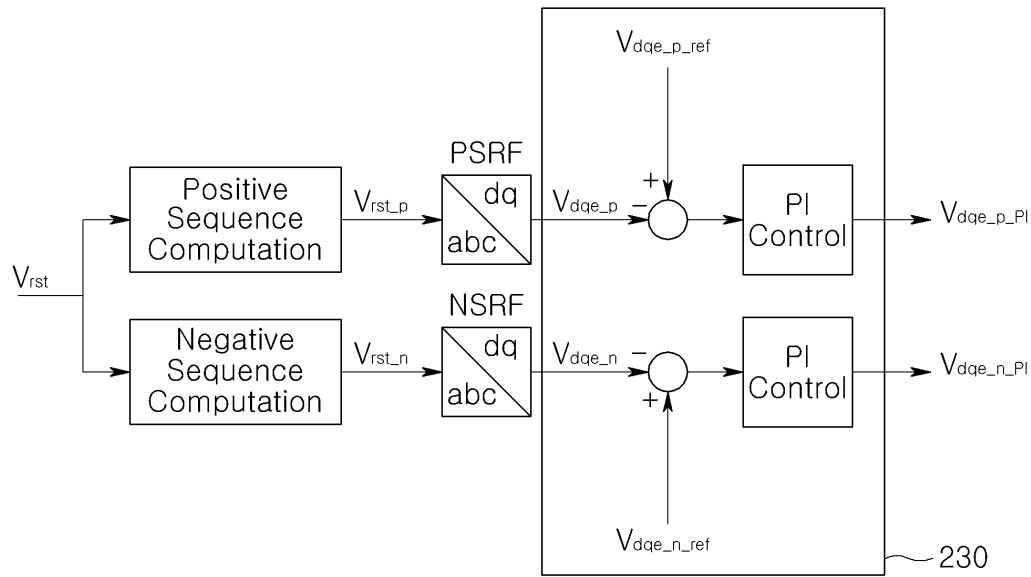
도면4



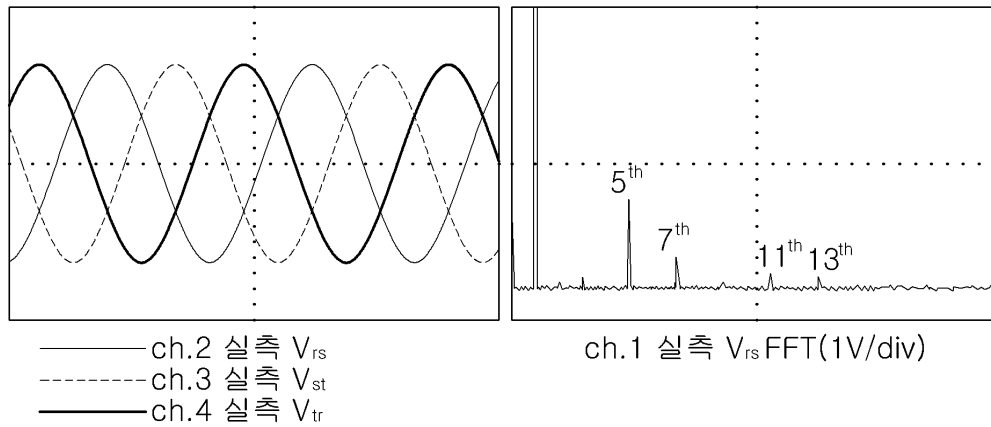
도면5



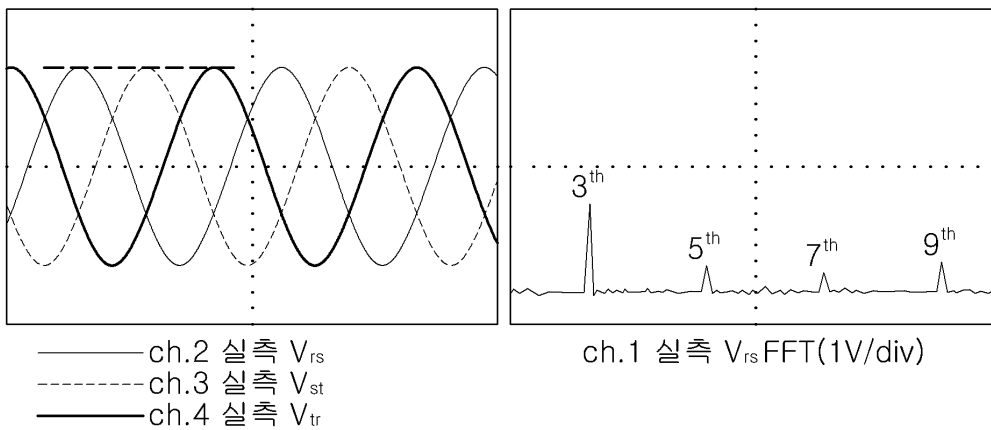
도면6



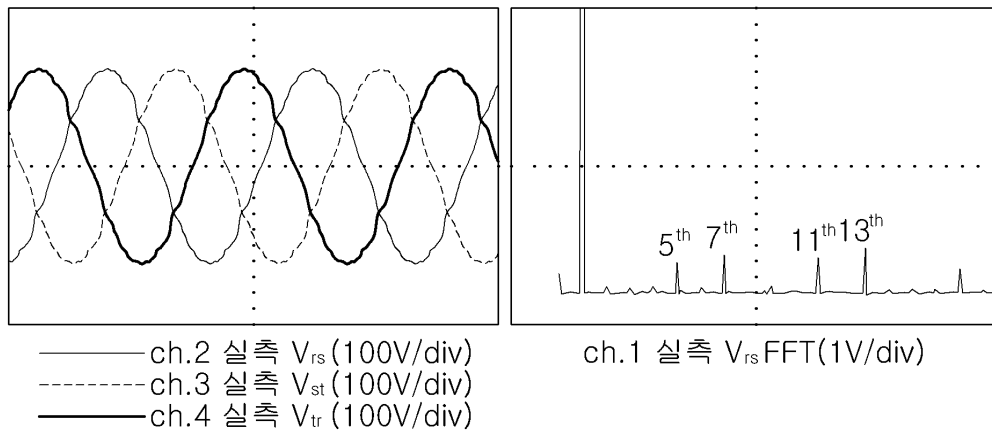
도면7



도면8



도면9



도면10

