



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년11월12일
(11) 등록번호 10-1460442
(24) 등록일자 2014년11월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 3/01 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0061236
(22) 출원일자 2013년05월29일
심사청구일자 2013년05월29일
(56) 선행기술조사문헌
JP2013085435 A*
KR101243896 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌
기술이전 희망 : 기술양도

(73) 특허권자
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93
(72) 발명자
이흥희
울산광역시 울주군 범서읍 구영로 101-7, 504동
1401호 (2차푸르지오)
전태원
부산광역시 금정구 구서중앙로 20, 5동 1101호 (구서동, 선경1차아파트)
(74) 대리인
김중선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 6 항

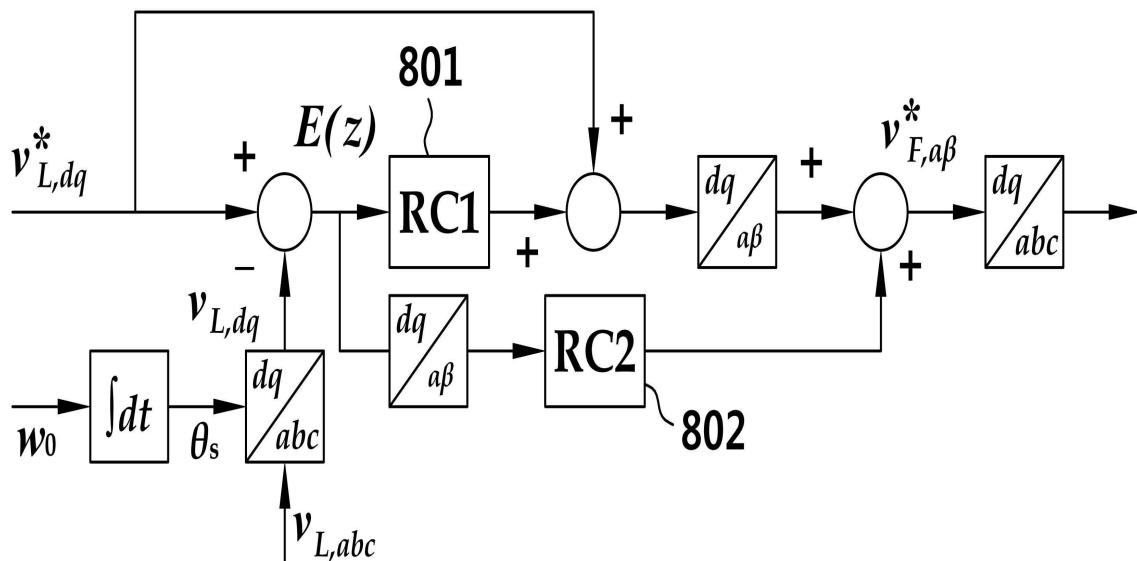
심사관 : 추형석

(54) 발명의 명칭 반복 제어를 이용한 고조파 전압 보상 장치

(57) 요약

본 발명은 전압 보상 장치에 있어서, 공통 단자(Point of Common Coupling)에 포함된 전압 고조파를 제거하는 장치에 대한 것으로, 보다 구체적으로는 두 개의 반복 제어기(Repetitive Controller)를 이용하여 공통 단자(Point of Common Coupling)에 포함된 모든 홀수차 고조파를 제거함에 따라 부하의 종류에 관계없이 정현파를 만들어 주는 전압 보상 장치에 관한 것이다.

대표도 - 도8



특허청구의 범위

청구항 1

공통 단자의 왜곡 전압을 보상하는 고조파 전압 보상 장치에 있어서,

상기 공통 단자로 들어오는 입력 신호를 입력 전원 주파수와 같은 각속도를 갖는 회전 좌표계로 변환하여 제 1 고조파 성분을 제거하는 제 1 반복 제어기; 및

상기 공통 단자로 들어오는 상기 입력 신호를 고정 좌표계로 변환하여 제 2 고조파 성분을 제거하는 제 2 반복 제어기를 포함하고,

상기 제 1 및 상기 제 2 반복 제어기에 의해 홀수차 고조파가 제거된 상기 입력 신호가 부하에 공급되며,

상기 제 1 반복 제어기는,

제 1 입력 신호 대비 제 1 출력 신호 값인 제 1 전달 함수를 가지며, 상기 제 1 전달 함수의 시간 지연 여부를 판단하는 제 1 시간 지연부;

상기 제 1 전달 함수의 위상차를 판단하는 제 1 위상 제어부;

입력 주파수에 따른 상기 제 1 전달함수 게인을 조절하는 제 1 게인 결정부;

및 상기 입력 주파수에 따라 상기 입력 신호를 필터링하는 제 1 신호 필터부;를 포함하는 고조파 전압 보상 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 제 1 고조파는 $6n \pm 1$ (n 은 자연수)인 고조파 성분이고,

상기 제 1 전달함수 게인이 상기 제 1 고조파의 주파수에서 최대값을 가지도록 상기 제 1 전달함수의 계수를 제어하여 상기 입력 신호의 상기 제 1 고조파 성분과 결합되도록 하는 것을 특징으로 하는 고조파 전압 보상 장치.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 제 1 신호 필터부는 상기 제 1 전달 함수의 위상을 변화시키지 않는 저역 통과 필터인 것을 특징으로 하는 고조파 전압 보상 장치.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 제 2 반복 제어기는 제 2 입력 신호 대비 제 2 출력 신호 값인 제 2 전달 함수를 가지며,

상기 제 2 전달 함수의 시간 지연 여부를 판단하는 제 2 시간 지연부;

상기 제 2 전달 함수의 위상차를 판단하는 제 2 위상 제어부;

입력 주파수에 따른 상기 제 2 전달함수 계인을 조절하는 제 2 계인 결정부;

및 상기 입력 주파수에 따라 상기 입력 신호를 필터링하는 제 2 신호 필터부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 고조파 전압 보상 장치.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 제 2 고조파는 $6n \pm 3$ (n 은 자연수)인 고조파 성분이고,

상기 제 2 전달함수의 계인이 상기 제 2 고조파의 주파수에서 최대값을 가지도록 상기 제 2 전달함수의 계수를 제어하여 상기 입력 신호의 제 2 고조파 성분과 결합되도록 하는 것을 특징으로 하는 고조파 전압 보상 장치.

청구항 7

제 5항에 있어서,

상기 제 2 신호 필터부는 상기 제 2 전달 함수의 위상을 변화시키지 않는 저역 통과 필터인 것을 특징으로 하는 고조파 전압 보상 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 전압 보상 장치에 있어서, 공통 단자(Point of Common Coupling)에 포함된 전압 고조파를 제거하는 장치에 대한 것으로, 보다 구체적으로는 두 개의 반복 제어기(Repetitive Controller)를 이용하여 공통 단자(Point of Common Coupling)에 포함된 모든 홀수차 고조파를 제거함에 따라 부하의 종류에 관계없이 정현파를 만들어 주는 전압 보상 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 전압 보상 장치는 부하에 공급되는 전압이 부하의 불균형이나 비선형성에 의해 왜곡되는 것을 방지하는 장치로서, 전압이 공급될 때 고조파 성분에 의해 전압이 왜곡되는 현상을 제거하여 왜곡되지 않은 정현파 전압을 부하에 제공할 수 있도록 한다.

[0003] 이와 같은 전압이 왜곡되는 것을 방지하면서 전기를 부하에 공급하는 방법으로는, 전력 회사의 도움을 받아 전기 공급을 조절하는 계통 연계형(grid-connected operation)과 자체적으로 전기를 생산하고 이를 전력 회사들의 도움 없이 부하에 직접 전기를 공급하는 독립형(stand-alone)이 있으며, 전압 보상 장치는 이러한 독립형(stand-alone) 방식의 전기 공급 장치에서 사용된다. 독립형(stand-alone) 방식의 경우 전력 회사의 도움 없이 자체적으로 전기를 생산하여 부하에 제공하기 때문에 전압을 제공하는 과정에서 왜곡된 신호들이 다수 존재할 수 있으며, 자체적인 시스템으로 동작하기 때문에 내부적으로 이러한 왜곡 신호들을 제거하여 부하에 전기를 공급해야 할 필요성 있어 상기와 같은 전압 보상 장치를 이용하게 된다.

[0004] 최근, 재사용 에너지에 대한 사용 증가에 따라, 자가 발전 시스템이 활성화되고 있으며, 전기 공급이 원활하지 않은 도시에서 자체적으로 전기를 생산하여 공급해야 할 필요성이 생김에 따라 상기와 같이 독립형(stand-alone)의 전기 공급 방식에 대한 관심이 증가하고 있으며, 이러한 독립형 시스템에서 왜곡된 전압을 제거하고 원활한 전기 공급을 위해 전압 보상 장치의 필요성이 커지고 있다.

[0005] 보다 구체적으로, 도 1을 참조하면 독립형(stand-alone) 시스템은 분산 전원 장치(Distributed Generation system, DG)(110), 공통 단자(Point of Common Coupling, PCC)(120), 및 부하(Load)(130)로 구성되어 있으며, 상기 분산 전원 장치(110)에서 생성된 정현파가 상기 공통 단자(120)를 통해 공급되게 되는데 이때 상기 부하

(130)가 불균형이거나, 비선형이면 공급되는 정현파는 고조파 성분을 포함되게 되며, 왜곡된 전압이 공급되게 된다.

[0006] 이러한 왜곡된 전압에 대한 보정을 수행하기 위해서 기존에는 다수의 참조 프레임(reference frame)의 PI controller, predictive control, adaptive control, multiple resonant controller 및 repetitive control 등이 이용되었다.

[0007] 그러나, PI controller는 단일 전압 신호에 대해서만 조절 가능하기 때문에 다양하게 조합된 전압 신호가 존재하는 시스템에서 다수의 PI controller가 필요해 시스템이 복잡해질 수 있고, Predictive Control은 우수한 성능 및 빠른 응답을 기대할 수 있으나, 시스템 파라미터에 지나치게 의존적어서 시스템이 변경되면 치명적일수 있으며, Adaptive Control은 부하의 전류를 측정함에 따라 부하의 전압을 조절할 수 있으나 부하가 변경되면 별도의 작업이 필요하다는 불편함이 있으며, Resonant Controller은 하나의 특정 전압 신호에 대한 보상만 가능하여 다수의 Resonant Controller가 필요하다는 단점이 있다.

[0008] 이런 다양한 형태의 보상 방법의 문제점을 해결하기 위한 대안으로 반복 제어기(repetitive controller)를 이용한 전압 보상 방법이 제시되었다. 반복 제어기의 경우 우수한 성능을 제공할 수 있으나, 단지 하나의 지배적인(dominant) 신호 성분에 대한 보상만이 가능하여 다수의 고조파 신호(harmonic voltage controller)가 존재하는 경우 모든 고조파를 제거하는데 한계가 있다는 단점이 존재하였다.

[0009] 또한, 도 2를 참조하면 기존의 PI controller(203) 및 반복 제어기(204)를 이용한 전압 보상 장치(202)에서는 PI controller(203)가 상기 공통 단자(201) 전압의 기본 주파수 성분에 대한 제어를 수행하고, 상기 반복 제어기(204)는 선로 저항 및 부하의 불균형에 의해 고조파가 포함되어 정현파가 왜곡되는 것을 방지하는 역할을 수행하였다. 하지만 기존의 상기 전압 보상 장치(202)는 하나의 반복 제어기(204)만을 사용하기 때문에 하나의 지배적인(dominant) 신호에 대한 보상만이 가능하여 응답 속도가 느리고 시간 지연이 존재하여 부하가 급격하게 변하는 경우에는 효과적으로 전압을 보상할 수 없다는 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 미국 등록 특허 7,904,495
(특허문헌 0002) 한국 등록 특허 10-1212830

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 두 개의 반복 제어기를 이용하여 공통 단자전압의 모든 홀수 고조파를 제거하도록 함에 따라, 공통 단자 전압을 보상함과 동시에 빠른 응답 속도를 가지는 전압 보상 장치를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명의 일 측면에 따른 고조파 전압 보상 장치는 공통 단자의 왜곡 전압을 보상하는 고조파 전압 보상 장치에 있어서, 상기 공통 단자로 들어오는 입력 신호를 입력 전원 주파수와 같은 각속도를 갖는 회전 좌표계로 변환하여 제 1 고조파 성분을 제거하는 제 1 반복 제어기; 및 상기 공통 단자로 들어오는 상기 입력 신호를 고정 좌표계로 변환하여 제 2 고조파 성분을 제거하는 제 2 반복 제어기를 포함하고, 상기 제 1 및 상기 제 2 반복 제어기에 의해 홀수차 고조파가 제거된 상기 입력 신호가 부하에 공급되는 것을 특징으로 하는 고조파 전압 보상 장치를 제공한다. 이때, 상기 제 1 반복 제어기는 제 1 입력 신호 대비 제 1 출력 신호 값인 제 1 전달 함수를 가지며, 상기 제 1 전달 함수의 시간 지연 여부를 판단하는 제 1 시간 지연부; 상기 제 1 전달 함수의 위상차를 판단하는 제 1 위상 제어부; 입력 주파수에 따른 상기 제 1 전달함수 게인을 조절하는 제 1 게인 결정부; 및 상기 입력 주파수에 따라 상기 입력 신호를 필터링하는 제 1 신호 필터부;를 포함할 수 있으며, 상기 제 1 고

조파는 $6n \pm 1$ (n 은 자연수)인 고조파 성분이고, 상기 제 1 전달함수 계인이 상기 제 1 고조파의 주파수에서 최대값을 가지도록 상기 제 1 전달함수의 계수를 제어하여 상기 입력 신호의 상기 제 1 고조파 성분과 결합되도록 하는 것을 특징으로 하는 고조파 전압 보상 장치를 제공할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 제 1 신호 필터부는 상기 제 1 전달 함수의 위상을 변화시키지 않는 저역 통과 필터인 것을 특징으로 하는 고조파 전압 보상 장치일 수 있다.

[0014] 또한, 상기 제 2 반복 제어기는 제 2 입력 신호 대비 제 2 출력 신호 값인 제 2 전달 함수를 가지며, 상기 제 2 전달 함수의 시간 지연 여부를 판단하는 제 2 시간 지연부; 상기 제 2 전달 함수의 위상차를 판단하는 제 2 위상 제어부; 입력 주파수에 따른 상기 제 2 전달함수 계인을 조절하는 제 2 계인 결정부; 및 상기 입력 주파수에 따라 상기 입력 신호를 필터링하는 제 2 신호 필터부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 고조파 전압 보상 장치를 제공할 수 있다.

[0015] 이때, 상기 제 2 고조파는 $6n \pm 3$ (n 은 자연수)인 고조파 성분이고, 상기 제 2 전달함수의 계인이 상기 제 2 고조파의 주파수에서 최대값을 가지도록 상기 제 2 전달함수의 계수를 제어하여 상기 입력 신호의 제 2 고조파 성분과 결합되도록 하는 것을 특징으로 하는 고조파 전압 보상 장치일 수 있으며, 상기 제 2 신호 필터부는 상기 제 2 전달 함수의 위상을 변화시키지 않는 저역 통과 필터인 것을 특징으로 하는 고조파 전압 보상 장치일 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명은 두 개의 반복 제어기를 이용하여 전압 보상 장치를 설계함에 따라 모든 홀수차 고조파를 제거함과 동시에 지연 시간을 감소시켜 응답 속도를 빠르게 할 수 있다는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 부하에 전압이 공급되는 과정에 대한 개략적인 도면,
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 PI controller 및 반복 제어기가 적용되어 부하에 전압이 공급되는 과정에 대한 개략적인 도면,
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 분산 전원 장치에 다양한 형태의 부하가 연결될 때의 전압 특성을 나타낸 도면,
 도 4는 본 발명의 바람직한 일 실시예로서 분산 전원 장치에 반복 제어기가 적용되는 과정에 대한 개략적인 도면,
 도 5는 본 발명의 바람직한 일 실시예로서 제 1 반복제어기의 구성요소를 나열한 도면,
 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 제 2 반복제어기의 구성요소를 나열한 도면,
 도 7은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따라 반복 제어기의 동작 방법에 대한 개략적인 도면,
 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 두 개의 반복 제어기가 적용된 시스템에 대한 개략적인 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 일 실시예들을 상세히 설명한다.

[0019] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 분산 전원 장치에 다양한 형태의 부하가 연결될 때의 전압 특성을 나타낸 도면이다.

[0020] 도 3을 참조하면, R_L 는 선로의 저항(302), L_L 는 선로의 인덕턴스(303), V_{PCC} 는 공통 단자 전압(304)이며, V_i 는 입력 전압(301)이다. 상기 입력 전압(301)을 기준으로 상기 분산 전원 장치를 통해 상기 공통 단자에 제공되는 전압은 상기 선로의 저항(302) 및 상기 선로의 인덕턴스(303)에 의해 크기 및 위상이 변화되며 식은 아

래와 같다.

수학식 1

$$V_{PCC} = V_i - R_f i_L - L_f \frac{di_L}{dt}$$

[0021]

[0022]

상기 식 1을 살펴 보면 상기 공통 단자 전압(304)은 선로에 흐르는 전류인 i_L 과 상기 선로의 저항(302) 및 상기 선로의 인덕턴스(303)에 의해 생기는 손실 값을 상기 입력 전압(301)에서 뺀 값이 되며, 상기 선로의 인덕턴스(303)에 의해서는 위상 변화가 생길 수 있다. 또한, 선로에 흐르는 상기 전류 i_L 은 상기 부하의 종류에 따라 변화되는데 불균형 부하(305)에서 상기 전류 i_L 은 크기 및 위상이 모두 변하게 된다. 이러한 변화에 의해 상기 공통 단자 전압(304)에서 상기 고조파 성분이 포함될 수 있으며, 이러한 상기 고조파 성분이 포함된 전압이 상기 공통 단자 전압(304)에 걸리게 되면 결과적으로 상기 부하에 왜곡된 전압이 생기게 된다.

[0023]

본 발명의 바람직한 일 실시예에 있어서, 상기 부하가 3상 다이오드 정류기인 경우를 살펴보면, 상기 3상 부하의 경우에는 기본 주파수

[0024]

에 대해서 $6n \pm 1$ (n 은 자연수)의 고조파를 시스템에 포함되게 된다. 이는 상기 부하가 3상으로 구성되어 있는바, 서로 다른 3개의 위상 값이 존재하기 때문인 것으로 일반적으로 알려진 사실이다. 이러한 값을 상기 공통 단자 전압을 구하는 식에 적용하면 하기와 같이 된다.

수학식 2

$$V_{PCC} = (V_{i1} - R_f i_{L1} - L_f \frac{di_{L1}}{dt}) - (R_f \sum_{h=6n \pm 1} i_{Lh} + L_f \sum_{h=6n \pm 1} \frac{di_{Lh}}{dt})$$

[0025]

[0026]

상기의 식에서 V_{i1} 및 i_{L1} 은 기본 주파수만이 포함되었을 경우의 전압 및 전류를 의미하며 i_{Lh} 은 고조파 성분 i_{Lh} 에 대한 부하 전류를 의미하는 것으로, 상기 식2에서 입력 전압인 V_{i1} 이 순수한 정현파의 경우라도 결과 값인 상기 공통 단자 전압은 고조파 성분이 포함된 왜곡된 값인 것을 볼 수 있다. 따라서 실제로 필요로 하는 값인 상기 공통 단자 전압이 순수한 정현파가 되기 위해서는 상기 고조파 성분을 보상하여 원상태로 만들기 위한 장치가 필요하며, 이러한 장치로서 상기 반복 제어를 이용하게 된다.

[0027]

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 분산 전원 장치에 PI controller 및 반복 제어가 적용된 도면으로, 도 4를 참조하면, 상기 분산 전원 장치에 상기 PI controller(401) 및 상기 반복 제어기(402)가 적용되어 고조파를 제거하게 된다. 이때 상기 반복 제어기(402)는 상기 분산 전원 장치(110) 및 상기 공통 단자(120) 사이에 포함되어 상기 고조파를 제거하여 상기 공통 단자 전압에 고조파가 제거되어 상기 입력 전압과 동일하게 왜곡되지 않은 전압을 공급할 수 있도록 한다. 이러한 상기 반복 제어기(402)는 상기 식 2에서 상기 고조파 요소와 동일한 형태로서 서로 상반되는 값을 가짐으로서, 상기 식2의 상기 고조파 요소를 상쇄하게 제거함에 따라 기본 주파수만이 존재하여 상기 입력 전원 전압과 동일한 형태의 전압을 상기 부하(130)에 제공하게 된다.

[0028]

보다 구체적으로는, 도 5 및 도 6은 본 발명의 바람직한 일 실시예로서 반복제어기의 구성요소를 나열한 도면으로, 도 5 및 도 6을 참조하면, 상기 반복 제어기는 시간 지연부(501, 601), 위상 제어부(502, 602), 게인 결정부(503, 603) 및 신호 필터부(504, 604)를 포함하며, 상기 구성 요소를 이용하여 상기 반복 제어기의 제 1 및 제 2 전달 함수를 조절함에 따라 상기 식 2에서의 고조파 성분을 제거하게 된다. 상기 구성 요소 중 상기 시간

지연부(501, 601)는 z^{-N} 값을 가지며, 이때 N은 기본 주파수 동안의 샘플링 되는 수로서 상기 제 1 및 제 2 전달 함수의 전체 시간 지연 여부를 결정하게 되고, 상기 위상 제어부(502, 602)는 z^k 값을 가지면서 상기 제 1 및 제 2 전달 함수의 위상을 조절하게 되며, 상기 게인 결정부(503, 603)는 K_r 값을 가지면서 상기 제 1 및 제 2 전달 함수의 게인 값을 조절함에 따라 특정 고조파에 대해서 상쇄할 수 있도록 한다. 또한, 상기 신호 필터부(504, 604)는 $Q(z)$ 값으로 위상을 변화시키지 않으면서 특정 주파수만을 통과시키는 필터 역할을 함으로서, 특정 고조파 성분을 제거할 수 있다.

[0029] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 있어서 상기 신호 필터부(504, 604)는 저역 통과 필터 일 수 있으며, 하기와 같은 값을 갖는다.

수학식 3

$$Q(z) = \alpha_1 z + \alpha_0 + \alpha_1 z^{-1}, \alpha_0 + 2\alpha_1 = 1 \text{ 및 } \alpha_0, \alpha_1 > 0$$

[0030]

[0031] 상기 식을 살펴보면 상기 신호 필터부(504, 604)는 저역 통과 필터로서 주파수가 작은 신호에서 큰 게인 값을 가지고, 주파수가 높은 신호에서 낮은 게인 값을 가지는데, 이는 입력 신호가 높은 주파수를 가지는 경우 시스템이 불안정해지고 상기 공통 단자 전압(304) 값에 대한 왜곡이 심해질 수 있는바, 상기 시스템을 안정시키기 위해서 높은 주파수에서 낮은 게인을 갖도록 하기 위해 적용 된다.

[0032] 도 7은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따라 반복 제어기의 동작 방법에 대한 개략적인 도면으로, 도 7을 참조하면, 상기와 같이 구성요소를 가지는 상기 반복 제어기는 각각 시간 지연부(701)와 상기 위상 제어부(702) 및 상기 게인 결정부(703) 값이 순차적으로 적용되며, 상기 신호 필터부(704)는 피드백 과정으로 적용되게 되어 전체적인 상기 전달 함수를 구성하게 된다. 상기 반복 제어기의 전달함수를 살펴보면 하기와 같다.

수학식 4

$$C(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{K_r z^{-N+k}}{1 - Q(z) z^{-N}}$$

[0033]

[0034] 상기 식에서 K_r 은 전달함수의 게인, N은 기본 주파수 동안의 샘플링 수, z^k 는 위상 지연값 및 $Q(z)$ 는 신호 필터값이며, 상기와 같은 전달 함수에 의해서 상기 반복 제어기를 통해 고조파 성분에 대한 왜곡을 상쇄시킬 수 있도록 한다.

[0035] 따라서, 상기 반복 제어기는 상기 위상 제어부(702), 상기 게인 결정부(703) 및 상기 신호 필터부(704) 값을 조절함에 따라서 전달함수가 바뀌게 되며, 상기 고조파 성분과 동일한 형태를 가지면서 상반된 값을 가지게 됨에 따라 상기 고조파 성분에 대한 보상을 통해 상기 공통 단자 전압(304)에서 왜곡된 값을 제거하게 된다.

[0036] 그러나 한 개의 상기 반복 제어기를 이용하여 상기 고조파를 제거하는 경우에는 모든 홀수차 고조파를 제거할 수 없으며, 응답 속도 역시 느려 상기 부하(130)가 급변하는 경우에는 파형이 유지되지 않는다. 따라서 상기와 같이 하나의 상기 반복 제어기만으로 구성된 시스템에서는 왜곡된 신호를 효과적으로 제거하면서 우수한 성능을 갖는 상기 공통 단자 전압(304)을 제공할 수 없는바 두 개의 상기 반복 제어기를 사용한 시스템을 구현하여 왜곡 신호를 제거할 필요성이 있다.

[0037] 도 8은 두 개의 반복 제어기가 적용된 시스템에 대한 개략적인 도면으로, 도 8을 참조하면, 두 개의 상기 반복 제어기를 적용하여 모든 홀수차 고조파를 제거할 수 있다. 구형파에서 짝수차 고조파가 서로 상쇄되어 부하를

왜곡 시키지 않기 때문에 상기와 같이 모든 상기 홀수차 고조파를 제거함에 따라 상기 부하가 왜곡되는 것을 방지하는 것과 동시에 응답 속도를 빠르게 할 수 있다.

- [0038] 보다 구체적으로 도 8을 참조하면 제 1 반복 제어기(801)은 부하가 3상 부하일 때 발생하는 제 1 고조파 성분인 $6n \pm 1$ (n 은 자연수)에 대한 고조파를 보상하여 제거하기 위해 적용된다. 상기 3상 부하는 120° 의 위상차가 나는 3개의 부하가 공존하기 때문에 기본 주파수를 기준으로 상기 제 1 고조파인 $6n \pm 1$ (n 은 자연수) 고조파만이 생성 되게 되며, 상기 제 1 반복 제어기(801)는 상기 3상 부하에 의해 생기는 왜곡을 제거할 수 있도록 한다. 이를 위해서 상기 제 1 반복 제어기(801)는 입력 전원 주파수와 동일한 각속도를 갖는 회전 좌표계(d-q)에서 설계된다. 이는, 상기 제 1 고조파는 상기 회전 좌표계에서 $6n$ (n 은 자연수) 고조파처럼 동작하기 때문에 왜곡되는 고조파의 제거가 용이하며, 이때 상기 제 1 반복 제어기(801)의 상기 제 1 전달함수는 하기의 식과 같이 구성 된다.

수학식 5

$$C(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{K_{r1} z^{-N/6+k}}{1 - Q(z) z^{-N/6}}$$

- [0039]
- [0040] 상기 식5에서 식4 마찬가지로 K_r 은 제 1 전달함수의 게인, N 은 기본 주파수 동안의 샘플링 수, z^k 는 위상 지연 값 및 $Q(z)$ 는 신호 필터값이다.

- [0041] 상기 식 5를 살펴보면 상기 제 1 전달함수에서는 $K_r z^{-N+k}$ 값이 $K_r z^{-N/6+k}$ 으로 변경된 것으로, 상기 3상 부하에서는 상기 제 1 고조파인 $6n \pm 1$ (n 은 자연수)에 대한 고조파만이 발생하기 때문에 상기와 같은 제 1 전달함수 만으로도 상기 고조파를 제거할 수 있다. 이와 같이 상기 제 1 전달함수를 조절하기 위해 상기 제 1 위상 제어부(502)에서 위상 지연 값을 제어하며, 상기 제 1 게인 결정부(503)는 상기 제 1 고조파인 $6n \pm 1$ (n 은 자연수)의 주파수에서 최대 게인 값을 가지도록 상기와 같이 상기 제 1 전달함수를 조절하여 시스템에서 상기 제 1 고조파 인 $6n \pm 1$ (n 은 자연수) 고조파를 상쇄하여 제거할 수 있도록 한다.

- [0042] 그러나 상기 제 1 반복 제어기(801)는 3상 부하에서 발생하는 상기 제 1 고조파인 $6n \pm 1$ (n 은 자연수) 고조파만을 제거할 수 있을 뿐, 단일 위상을 갖는 불균형 부하에서 발생하는 제 2 고조파인 $6n \pm 3$ (n 은 자연수)의 트리플 렌 고조파(triplen harmonic)를 제거할 수 없다. 따라서, 이러한 상기 트리플 렌 고조파를 제거하기 위해서 제 2 반복 제어기(802)를 고정 좌표계($\alpha-\beta$)에서 설계하여 상기 제 2 고조파인 트리플 렌 고조파를 제거하도록 한다. 상기 제 2 반복 제어기(802)는 단일 위상을 갖는 불균형 부하에서는 상기 제 2 고조파인 $6n \pm 3$ (n 은 자연수) 고조파가 발생하기 때문에 상기 회전 좌표계(d-q)가 아닌 상기 고정 좌표계($\alpha-\beta$)에서 설계되도록 한다. 이를 위해서 상기 제 2 반복 제어기(802)는 제 2 전달함수를 가지며, 상기 제 2 전달함수는 제 2 위상 제어부(602)에서 위상 지연을 제어하며 제 2 게인 결정부(603)에서 상기 제 2 고조파인 $6n \pm 3$ (n 은 자연수)의 주파수에서 최대 게인 값을 가지도록 하여 시스템에 발생하는 상기 제 2 고조파인 $6n \pm 3$ (n 은 자연수) 고조파를 상쇄시킬 수 있도록 한다. 상기 제 2 반복 제어기(802)는 상기 고정 좌표계($\alpha-\beta$)에서 상기 제 2 고조파인 $6n \pm 3$ (n 은 자연수) 고조파를 제거하기 위한 방법으로 하기와 같은 상기 제 2 전달 함수를 갖게 된다.

수학식 6

$$C(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{-K_r z^{-N/6+k}}{1+Q(z)z^{-N/6}}$$

[0043]

[0044]

상기 식 6에서 식 4와 마찬가지로 K_r 은 제 2 전달함수의 게인, N은 기본 주파수 동안의 샘플링 수, z^{-k} 는 위상 지연값 및 Q(z)는 신호 필터값이다. 상기 식 6과 같은 상기 제 2 전달함수를 포함하는 상기 제 2 반복 제어기(802)는 상기 제 2 고조파인 $6n \pm 3$ (n은 자연수) 주파수에서 최대 게인 값을 가지게 되어 시스템에서 상기 제 2 고조파를 상쇄시켜 고조파를 제거하게 된다.

[0045]

따라서, 상기 제 1반복 제어기(801)는 상기 제 1 고조파인 $6n \pm 1$ (n은 자연수)의 고조파를 제거하며, 상기 제 2 반복 제어기(802)는 상기 제 2 고조파인 $6n \pm 3$ (n은 자연수)의 고조파를 제거할 수 있기 때문에 상기 제 1 및 제 2 반복 제어기(801, 802)를 구비한 상기 분산 전원 장치는 모든 상기 홀수차 고조파를 제거할 수 있게 되며, 구형파의 모든 상기 짝수차 고조파는 서로 상쇄되어 없어지게 되는바 상기 공통 단자에서 왜곡되지 않은 정현파를 제공할 수 있게 된다.

[0046]

또한, 상기 제 1, 2 고조파 및 상기 짝수차 고조파를 제거함에 따라 상기 1/6배의 줄어드는 시간을 갖는 상기 전달함수만으로 모든 고조파를 제거할 수 있게 되는바, 응답 속도를 기존의 반복제어기에 비해서 1/6배로 줄일 수 있게 왜곡 신호를 제거함과 동시에 시스템의 성능을 향상 시킬 수 있다.

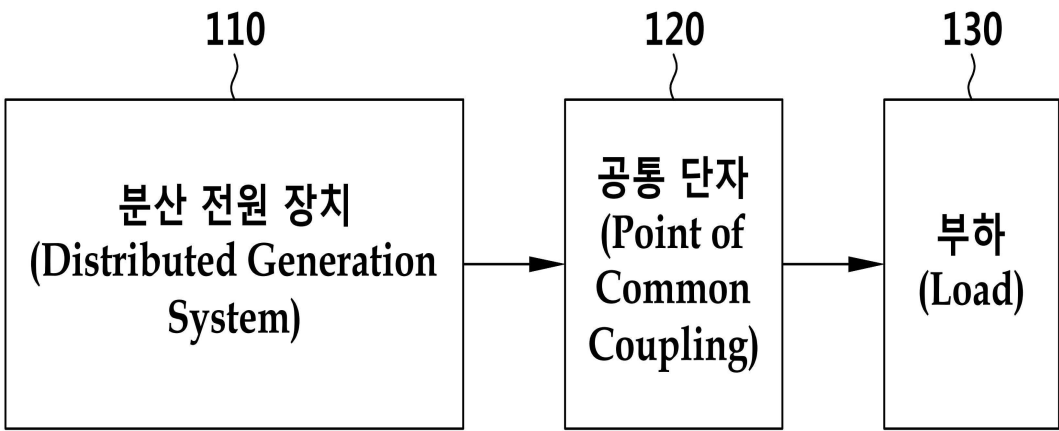
부호의 설명

[0047]

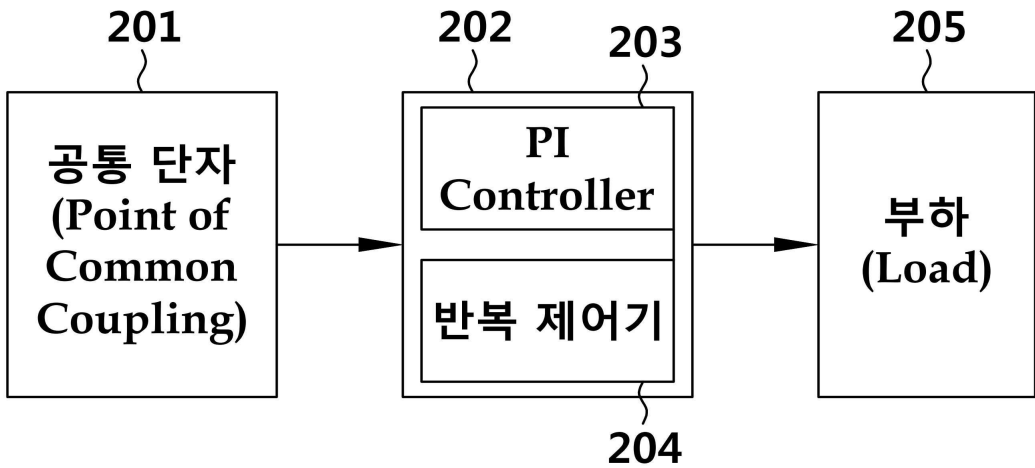
110 : 분산 전원 장치	120 : 공통 단자
130 : 부하	201 : 공통 단자
202 : 전압 보상 장치	203 : PI controller
204 : 반복 제어기	205 : 부하
301 : 입력 전압	302 : 선로 저항
303 : 선로 인덕턴스	304 : 공통 단자 전압
305 : 불균형 부하	401 : PI controller
402 : 반복 제어기	501 : 제 1 시간 지연부
502 : 제 1 위상 제어부	503 : 제 1 게인 결정부
504 : 제 1 신호 필터부	601 : 제 2 시간 지연부
602 : 제 2 위상 제어부	603 : 제 2 게인 결정부
604 : 제 2 신호 필터부	701 : 시간 지연부
702 : 위상 제어부	703 : 게인 결정부
704 : 신호 필터부	801 : 제 1 반복 제어기
802 : 제 2 반복 제어기	

도면

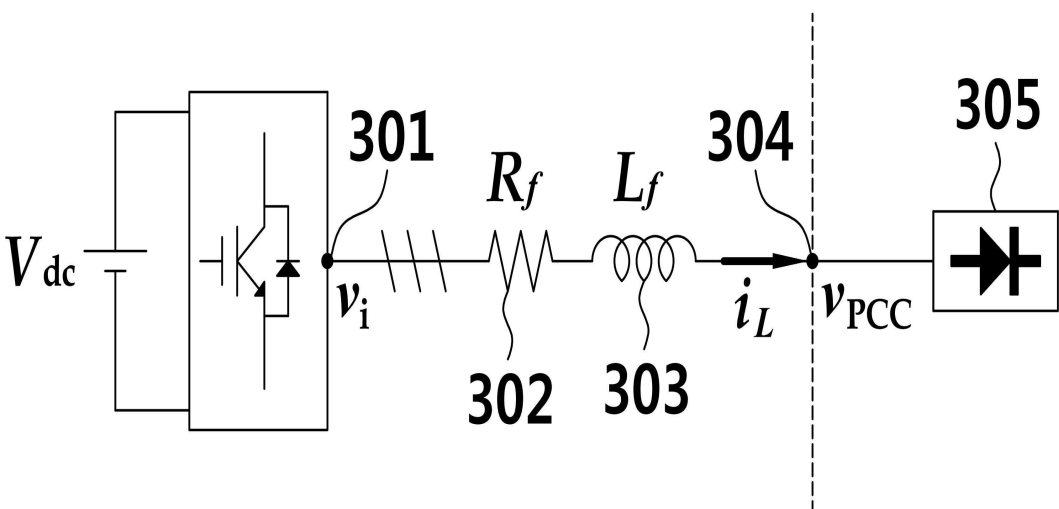
도면1



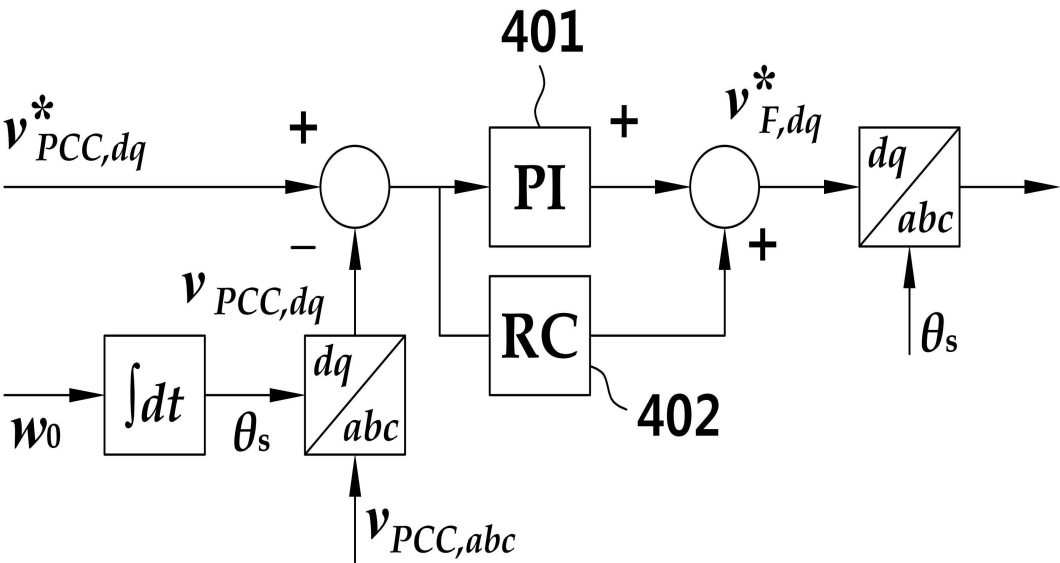
도면2



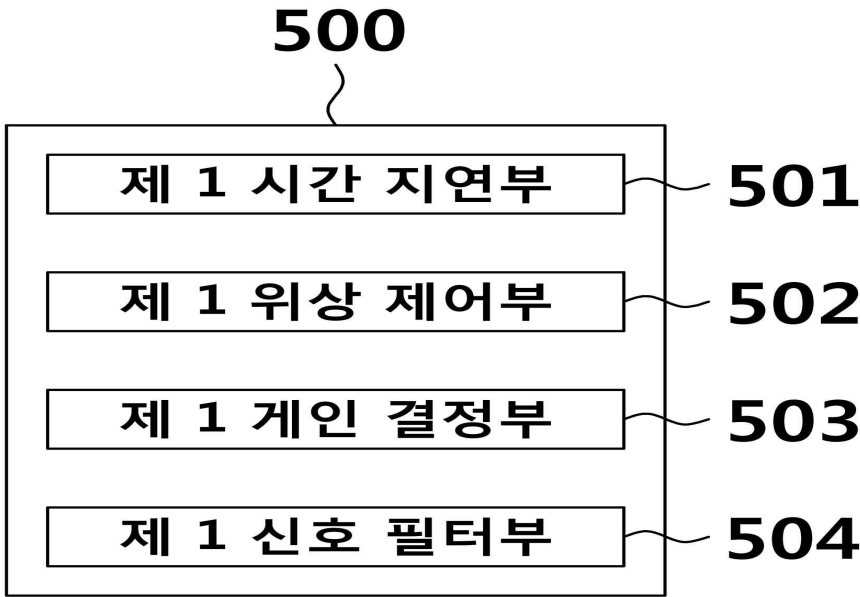
도면3



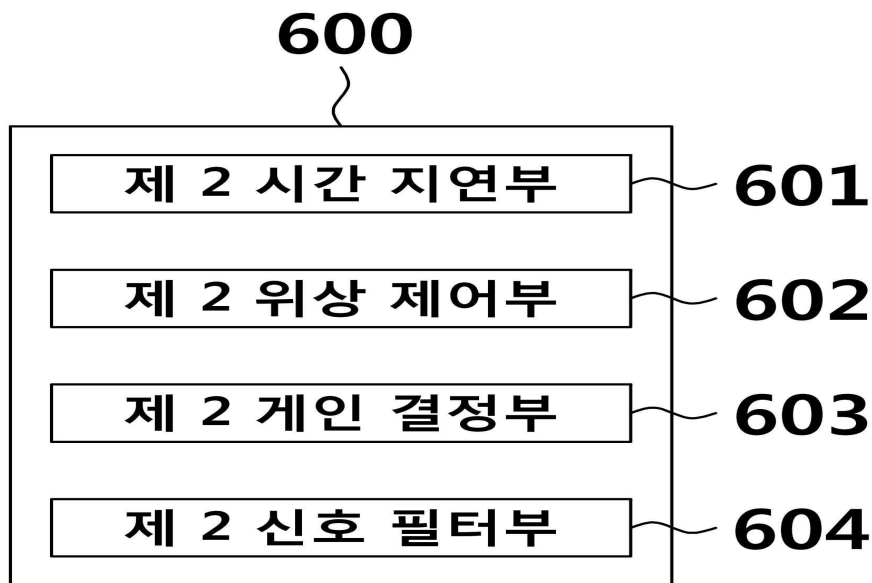
도면4



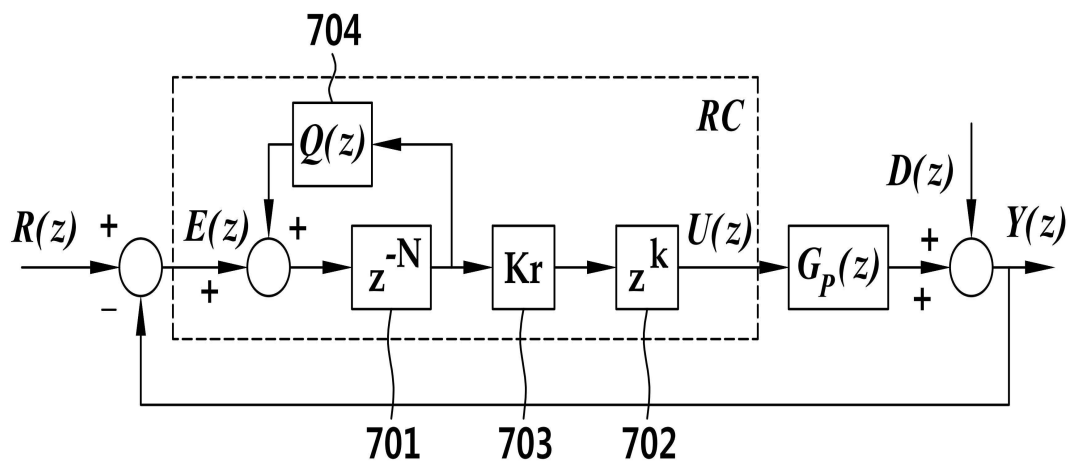
도면5



도면6



도면7



도면8

