



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0107277
(43) 공개일자 2017년09월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 3/32 (2006.01) H02M 7/48 (2007.01)
(52) CPC특허분류
H02J 3/32 (2013.01)
H02M 7/48 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0031034
(22) 출원일자 2016년03월15일
심사청구일자 2016년03월15일
기술이전 희망 : 기술양도

(71) 출원인
창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대학교 20(퇴촌동)
(72) 발명자
박민원
경상남도 창원시 의창구 창원대학교 20, 종합교육관 403호 (사림동, 창원대학교)
김창순
경상남도 창원시 의창구 창원대학교 20, 종합교육관 403호 (사림동, 창원대학교)
유인근
경상남도 창원시 의창구 창원대학교 20, 종합교육관 403호 (사림동, 창원대학교)
(74) 대리인
김종선, 이형석

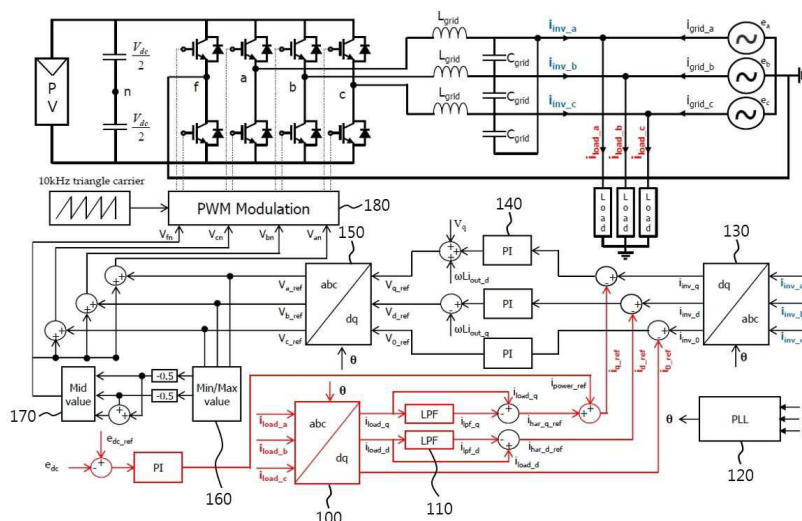
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 3상 시스템의 전류 불평형 보상 기능을 갖는 에너지 저장장치

(57) 요약

본 발명은 에너지 저장장치에 있어서 출력제어를 통하여 계통의 불안정한 주파수와 전압레벨을 일정하게 유지함과 아울러 계통의 전류를 센싱하는 3상 4선식 전압형 인버터 기반의 전력변환장치를 적용하여 불평형 전류를 보상하는 3상 시스템의 전류 불평형 보상 기능을 갖는 에너지 저장장치에 관한 것으로, 3상 4선식 전압형 인버터를 이용하여 4개의 상(R,S,T,N)을 제어하되, R,S,T상은 출력 기능을 갖고, N상은 불평형 전류를 인버터 내에 흐를 수 있도록 루프 역할을 하되, 평균값정리를 이용하여 DQ변환 기반 3상출력을 불평형하게 제어하고, 불평형한 부하 전류로부터 3상의 불평형값을 계산하고, 각상의 크기의 최소값과 최대값을 계산하여 평균값을 구하고, 상기 평균값을 각 상에 빼주어 각 상의 불평형 전류만큼 출력을 개별적으로 결정되고, 이 값으로 N상을 제어하여 불평형 전류 만큼의 값을 인버터 내에 보상하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345222569

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 지역혁신창의인력양성사업

연구과제명 태양광, 소형풍력 및 ESS용 중소형 10 kW급 계통연계전력변환장치 개발

기 여 율 1/1

주관기관 창원대학교

연구기간 2014.10.01 ~ 2016.09.30

명세서

청구범위

청구항 1

3상 4선식 전압형 인버터를 이용하여 4개의 상(R,S,T,N)을 제어하는 3상 시스템의 전류 불평형 보상 기능을 갖는 에너지 저장장치에 있어서,

입력된 부하전류의 크기와 위상값을 참조하여 DQ 변환을 수행하는 제1 abc/dq 부;

위상 동기 루프 제어로써 계통 전압의 위상값을 읽어, 상기 제1 abc/dq 부(100)에 제공하는 PLL부;

상기 DQ 변환된 부하전류값에서 낮은 주파수 대역의 직류 성분만 출력하는 LPF부;

인버터의 출력전류값을 DQ변환하여 출력하되, DQ변환된 인버터 출력전류값과 상기 불평형 요소의 차를 이용하여 제어하는 제2 abc/dq 부;

DQ변환된 인버터 출력전류값과 상기 불평형 요소의 차를 줄이는 비례적분 제어하는 PI부;

제어기의 최종값을 DQ역변환을 통하여 A,B,C 전압으로 변환하는 dq/abc 부;

각 상의 최대값과 최소값을 출력하는 최대최소값 추출부;

각 상의 최대값과 최소값의 중간값을 계산하여 출력하는 중간값 출력부;

S-PWM 방식으로 10 kHz 트라이앵글 캐리어(Triangle Carrier) 전압과 레퍼런스 전압을 비교하여 스위칭 전압을 만들고, 이 스위칭 전압으로 4개의 IGBT 모듈을 제어하는 PWM 변환부를 포함하는 3상 시스템의 전류 불평형 보상 기능을 갖는 에너지 저장장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 R,S,T상은 출력 기능을 갖고, 상기 N상은 불평형 전류를 인버터 내에 흐를 수 있도록 루프 역할을 하되, 평균값정리를 이용하여 DQ변환 기반 3상출력을 불평형하게 제어하는 것을 특징으로 하는 3상 시스템의 전류 불평형 보상 기능을 갖는 에너지 저장장치.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 불평형한 부하 전류로부터 3상의 불평형값을 계산하고, 각상의 크기의 최소값과 최대값을 계산하여 평균값을 구하고, 상기 평균값을 각 상에 빼주어 각 상의 불평형 전류만큼 출력을 개별적으로 결정되고, 이 값으로 N 상을 제어하여 불평형 전류만큼의 값을 인버터 내에 보상하는 것을 특징으로 하는 3상 시스템의 전류 불평형 보상 기능을 갖는 에너지 저장장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 에너지 저장장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 3상 계통의 불평형 전류를 보상하기 위한 3상 시스템의 전류 불평형 보상 기능을 갖는 에너지 저장장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 국내외 에너지 수요의 급증으로 인하여 공급설비의 한계 및 지구온난화, 원전사고 등의 환경적 요인들로 인하여 이전의 화석연료 또는 원자력 기반의 에너지원에 대한 경각심이 커지고 있다.

- [0004] 이에 따라 국내외 에너지 시장은 신재생에너지원에 대한 요구가 커지고 있으며 국내외적으로 신재생 에너지를 미래의 에너지원으로 바라보고 있다.
- [0005] 이로 인하여 계통은 이전의 집중발전방식이 아닌 분산전원발전방식으로 변하는 추세이며 분산전원발전방식을 효율적으로 관리하기 위하여 마이크로 그리드와 같은 소규모 계통의 개념이 등장하였다.
- [0006] 특히, 전력 공급이 어려운 도서지역이나 산간지역에서는 이러한 분산전원발전방식의 이점을 극대화할 수 있다.
- [0007] 그러나 이러한 소규모 계통은 대부분의 부하가 단상으로 구성되어 있어 3상 계통의 불평형을 발생시키는 문제점이 있다.
- [0008] 따라서, 이러한 불평형을 보상하기 위한 별도의 보상장치가 필요하게 되고 이에 따라 추가적인 비용이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-0459000호 (2004년 11월 19일)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 상술한 종래기술의 3상 계통 시스템의 부하 불평형으로 발생하는 전류 불평형 문제점을 극복하기 위한 것으로서, 에너지 저장장치에 있어서 출력제어를 통하여 계통의 불안정한 주파수와 전압레벨을 일정하게 유지함과 아울러 계통의 전류를 센싱하는 3상 4선식 전압형 인버터 기반의 전력변환장치를 적용하여 불평형 전류를 보상하는 3상 시스템의 전류 불평형 보상 기능을 갖는 에너지 저장장치를 제공하는 데에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0013] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 3상 4선식 전압형 인버터를 이용하여 4개의 상(R,S,T,N)을 제어하는 3상 시스템의 전류 불평형 보상 기능을 갖는 에너지 저장장치에 있어서, 입력된 부하전류의 크기와 위상값을 참조하여 DQ 변환을 수행하는 제1 abc/dq 부; 위상 동기 루프 제어로써 계통 전압의 위상값을 읽어, 상기 제1 abc/dq 부(100)에 제공하는 PLL부; 상기 DQ 변환된 부하전류값에서 낮은 주파수 대역의 직류 성분만 출력하는 LPF부; 인버터의 출력전류값을 DQ변환하여 출력하되, DQ변환된 인버터 출력전류값과 상기 불평형 요소의 차를 이용하여 제어하는 제2 abc/dq 부; DQ변환된 인버터 출력전류값과 상기 불평형 요소의 차를 줄이는 비례적분 제어하는 PI 부; 제어기의 최종값을 DQ역변환을 통하여 A,B,C 전압으로 변환하는 dq/abc 부; 각 상의 최대값과 최소값을 출력하는 최대최소값 추출부; 각 상의 최대값과 최소값의 중간값을 계산하여 출력하는 중간값 출력부; S-PWM 방식으로 10kHz 트라이앵글 캐리어 전압과 레퍼런스 전압을 비교하여 스위칭 전압을 만들고, 이 스위칭 전압으로 4개의 IGBT 모듈을 제어하는 PWM 변환부를 포함하는 3상 시스템의 전류 불평형 보상 기능을 갖는 에너지 저장장치를 제공한다.
- [0014] 상기 R,S,T상은 출력 기능을 갖고, 상기 N상은 불평형 전류를 인버터 내에 흐를 수 있도록 루프 역할을 하되, 평균값정리를 이용하여 DQ변환 기반 3상출력을 불평형하게 제어하는 것이 바람직하다.
- [0015] 상기 불평형한 부하 전류로부터 3상의 불평형값을 계산하고, 각상의 크기의 최소값과 최대값을 계산하여 평균값을 구하고, 상기 평균값을 각 상에 빼주어 각 상의 불평형 전류만큼 출력을 개별적으로 결정되고, 이 값으로 N상을 제어하여 불평형 전류 만큼의 값을 인버터 내에 보상하는 것이 더욱 바람직하다.

발명의 효과

- [0017] 상기와 같이 구성된 본 발명에 따른 3상 시스템의 전류 불평형 보상 기능을 갖는 에너지 저장장치에 의하면, 에너지 저장장치에 있어서 출력제어, 계통연계 및 단독운전방지 기능을 수행함과 동시에 계통 전류의 불평형을 보상하는 효과가 있다.
- [0018] 또한, 종래의 에너지 저장장치는 계통이 안정적인 때 가용효율이 떨어지는 단점이 있지만 본 발명은 보상기능을 통하여 가용성을 극대화시킬 수 있으며, 전력품질 향상을 위한 비용을 절감할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 종래의 3상 3선식 전압형 인버터와 3상 4선식 전압형 인버터를 비교하여 나타낸 회로도.
- 도 2는 본 발명의 불평형 보상 및 출력 제어의 전류 레퍼런스 정의를 설명하기 위한 블록도.
- 도 3은 본 발명의 불평형 전류 보상을 위한 스위치 제어 기법을 설명하기 위한 블록도.
- 도 4는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 3상 시스템의 전류 불평형 보상 기능을 갖는 에너지 저장장치를 나타낸 블록도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 본 발명은 다양한 변형 및 여러 가지 실시예를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 보다 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0022] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0023] 도 1은 종래의 3상 3선식 전압형 인버터와 3상 4선식 전압형 인버터를 비교하여 나타낸 회로도이다.
- [0024] 도시된 바와 같이, 종래의 3상 에너지 저장장치는 3상 3선식 전압형 인버터 기반의 전력변환장치를 활용한다(도 1의 (a) 참조).
- [0025] 종래의 방식은 DQ 변환 기반의 제어방식으로 3상 출력은 평형하다. 이러한 구조는 각 상의 출력을 다르게 할 수 없기에 불평형 전류를 보상할 수 없다.
- [0026] 따라서, 본 발명에서는 불평형 전류를 보상하기 위하여 도 1의 (b)에 도시된 바와 같은 3상 4선식 전압형 인버터를 적용한다.
- [0027] 도 2는 본 발명의 불평형 보상 및 출력 제어의 전류 레퍼런스 정의를 설명하기 위한 블록도이다.
- [0028] 도시된 바와 같이 계통의 불평형 전류는 부하의 불평형에 의해서 발생하게 된다.
- [0029] 따라서, 이를 보상하기 위해 부하의 전류를 에너지 저장장치 제어의 레퍼런스 값으로 받아 제어를 한다. 레퍼런스 값으로 받아온 값은 크기와 위상을 갖기에 abc/dq 부에서 DQ 변환을 통하여 제어한다.
- [0030] 부하 전류에는 비선형 부하에 의한 고조파 성분이 포함되어 있기에 로우패스필터(LPF)를 통하여 고조파 성분을 제거하여 제어한다.
- [0031] 또한, 일반적인 에너지 저장장치의 기능을 수행하기 위하여 위의 보상을 위한 전류 레퍼런스와 정상운전을 위한 DC 링크 전압제어의 전류 레퍼런스(i_{q-dc})를 더해준다.
- [0032] 이를 수식으로 표현하면, 다음의 수학식 1과 같이 나타낼 수 있다.

[0033] [수학식 1]

$$\begin{aligned} i_{d-ref} &= i_{d-load} - i_{d-lpf} \\ i_{q-ref} &= i_{q-load} - i_{q-lpf} + i_{q-dc} \\ i_{0-ref} &= i_{0-load} \end{aligned}$$

[0034]

[0035] 여기서, 상기 $i_{d.ref}$ 는 d축 레퍼런스 전류이고, 상기 $i_{d.load}$ 는 부하 전류의 d축 값이고, 상기 $i_{d.lpf}$ 는 로우패스필터를 거친 d축 전류이고, 상기 $i_{q.ref}$ 는 q축 레퍼런스 전류이고, 상기 $i_{q.load}$ 는 부하 전류의 q축 값이고, 상기 $i_{q.lpf}$ 는 로우패스필터를 거친 q축 전류이고, 상기 $i_{q.dc}$ 는 q축 offset 전류값이고, 상기 $i_{0.ref}$ 는 zero축 레퍼런스 전류이고, 상기 $i_{0.load}$ 는 부하 전류의 zero축 값이다.

[0036] 도 3은 본 발명의 불평형 전류 보상을 위한 스위치 제어 기법을 설명하기 위한 블록도이다.

[0037] 도시된 바와 같이, 본 발명은 종래의 3상 3선식 전압형 인버터와는 달리 3상 4선식 전압형 인버터를 이용하여 총 4개의 상(R,S,T,N)을 제어하게 된다.

[0038] 여기서, R,S,T상은 출력 기능을 갖고 N상은 불평형 전류를 인버터 내에 흐를 수 있도록 하는 루프 역할을 한다.

[0039] 제어기는 DQ 변환 기반이기에 3상 출력의 크기가 평형하게 제어되고 이를 불평형하게 제어하기 위해 평균값 정리를 이용한다.

[0040] 불평형한 부하 전류로부터 3상의 불평형값을 계산하고 각 상의 크기의 최소값과 최대값을 계산하여 평균값을 구하고 이 평균값을 각 상에서 빼주게 되면 각 상의 불평형 전류 만큼의 출력이 개별적으로 결정된다.

[0041] 이때, 이 값으로 N상을 제어하여 불평형 전류만큼의 값을 인버터 내에 보상하게 된다.

[0042] 이에 대한 수식은 다음의 수학적 식 2와 같다.

[0043] [수학적 식 2]

$$V_n = \begin{cases} -\frac{V_{max}}{2}, & V_{min} > 0 \\ -\frac{V_{min}}{2}, & V_{max} < 0 \\ -\frac{V_{max} + V_{min}}{2}, & Otherwise \end{cases}$$

$$V_n = mid\left(-\frac{V_{max}}{2}, -\frac{V_{min}}{2}, -\frac{V_{max} + V_{min}}{2}\right)$$

[0044] 여기서, 상기 V_n 는 N상의 스위칭 기준전압이고, 상기 V_{max} 는 전압의 최대값이고, 상기 V_{min} 은 전압의 최소값이다.

[0045] 도 4는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 3상 시스템의 전류 불평형 보상 기능을 갖는 에너지 저장장치의 전제 제어 알고리즘과 에너지저장시스템의 회로도이다.

[0046] 도시된 바와 같이, 본 발명의 제1 및 제2 abc/dq 부(100)(150)는 dq 변환식, dq/abc 부(130)는 dq역변환식을 포함한다.

[0047] LPF부(110)는 로우 패스 필터(Low pass filter)로 낮은 주파수 대역만 통과시킨다. PLL부(120)는 위상 동기 루프(Phase loop locked) 제어로써 계통 전압의 위상 값을 읽어 온다.

[0048] PI부(140)는 PI(비례적분) 제어기로서, 기준 레퍼런스값으로 제어가 되도록 출력을 낸다.

[0049] 최대최소값(Max/Min) 추출부(160)는 전압의 최대값과 최소값을 추출한다.

[0050] 중간값(Mid value) 출력부(170)는 앞서 언급한 중간값 정리의 계산을 하여 중간값을 출력한다.

[0051] PWM 변환부(modulation)(180)는 S-PWM 방식으로 10 kHz 트라이앵글 캐리어(Triangle Carrier) 전압과 레퍼런스 전압(voltage)을 비교하여 스위칭 전압을 만든다.

[0052] 상기와 같이 구성된 본 발명의 동작 상태를 신호의 처리 순서로 살펴보면 다음과 같다.

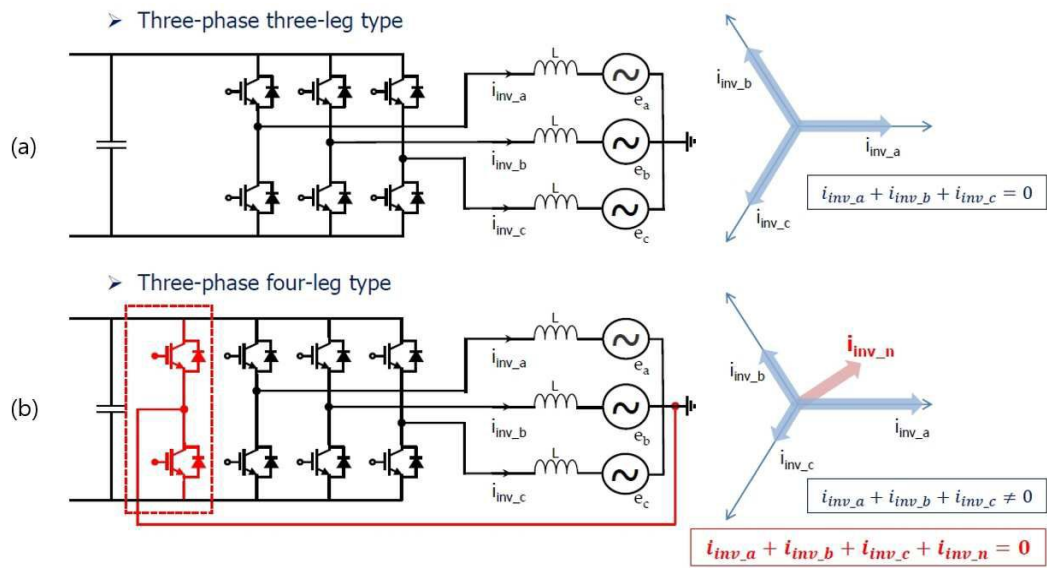
- [0054] 먼저, 제1 abc/dq 부(100)는 입력된 부하전류의 크기와 위상값을 참조하여 DQ 변환을 수행한다.
- [0055] 이때, PLL부(120)는 위상 동기 루프(Phase loop locked) 제어로써 계통 전압의 위상값을 읽어, 상기 제1 abc/dq 부(100)에 제공한다.
- [0056] LPF부(110)는 로우 패스 필터(Low pass filter)로 낮은 주파수 대역만 통과시키는데, 상기 DQ 변환된 부하전류 값에서 직류 성분만 출력하게 된다.
- [0057] DQ 변환된 부하전류값에서 직류 성분은 평형한 값을 의미하고 교류 성분은 불평형한 값을 의미한다. 따라서 전 계에서 직류성분을 빼주게 되면 불평형 요소만 남게 된다. 따라서 이 불평형 요소가 제어의 레퍼런스가 된다.
- [0058] 제2 abc/dq 부(130)는 인버터의 출력전류값을 DQ변환하여 출력한다.
- [0059] DQ변환된 인버터 출력전류값과 상기 불평형 요소의 차를 이용하여 제어를 하게된다.
- [0060] PI부(140)는 DQ변환된 인버터 출력전류값과 상기 불평형 요소의 차를 줄이는 비례적분 제어를 한다.
- [0061] dq/abc 부(150)는 제어기의 최종값을 DQ역변환을 통하여 A,B,C 전압으로 변환한다.
- [0062] 최대최소값(Max/Min) 추출 부(160)는 각 상의 최대값과 최소값을 출력하고, 중간값(Mid value) 출력부(170)는 각 상의 최대값과 최소값의 중간값을 계산하여 출력한다.
- [0063] PWM 변환부(modulation)(180)는 S-PWM 방식으로 10 kHz 트라이앵글 캐리어(Triangle Carrier) 전압과 레퍼런스 전압을 비교하여 스위칭 전압을 만들고, 이 스위칭 전압으로 4개의 IGBT 모듈을 제어 한다.
- [0064] 본 발명은 상기와 같은 작용에 의하여, 출력제어, 계통연계 및 단독운전방지 기능을 수행함과 동시에 계통 전류의 불평형을 보상하고, 종래의 에너지 저장장치는 계통이 안정적인 때 가용효율이 떨어지는 단점이 있지만 본 발명은 보상기능을 통하여 가용성을 극대화시킬 수 있으며, 전력품질 향상을 위한 비용을 절감할 수 있다.
- [0065] 본 명세서에 기재된 본 발명의 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 실시예에 관한 것이고, 발명의 기술적 사상을 모두 포괄하는 것은 아니므로, 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다. 따라서 본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 권리범위 내에 있게 된다.

부호의 설명

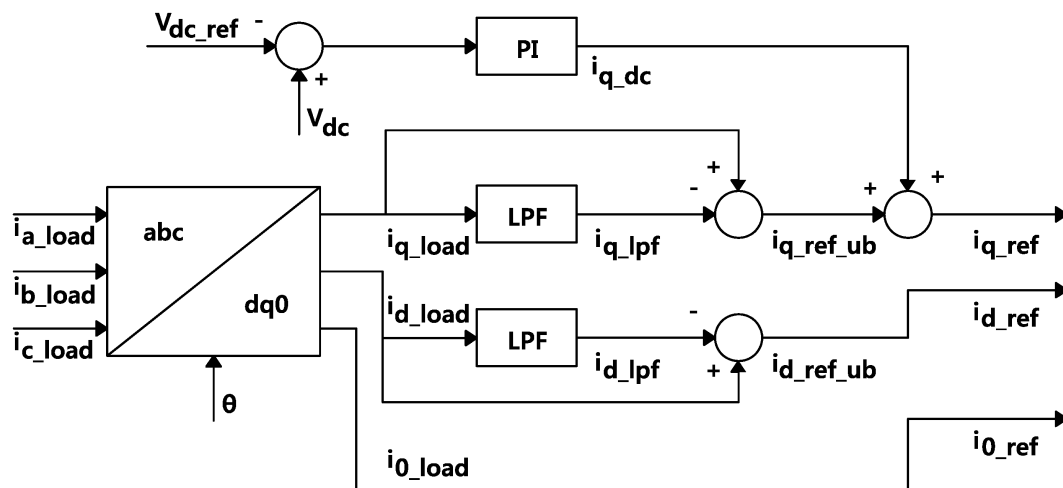
- [0067] 100 : 제1 abc/dq부 110 : LPF부
120 : PLL부 130 : 제2 abc/dq부
140 : PI부 150 : dq/abc부
160 : 최대최소값 추출부 170 : 중간값 출력부
180 : PWM 변환부

도면

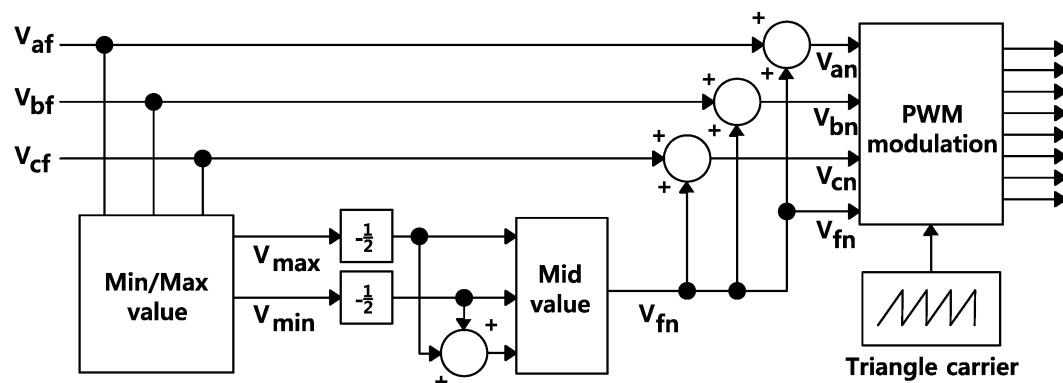
도면1



도면2



도면3



도면4

