(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0104386
(43) 공개일자 2022년07월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 7/219 (2006.01) *H02M 1/00* (2007.01)
(52) CPC특허분류
H02M 7/219 (2013.01)
H02M 1/0003 (2021.05)
(21) 출원번호 10-2021-0006587
(22) 출원일자 2021년01월18일
심사청구일자 2021년01월18일

(71) 출원인
한발대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
권정민
대전광역시 유성구 동서대로 125, 전기공학과 N3동 209호
(74) 대리인
특허법인 플러스

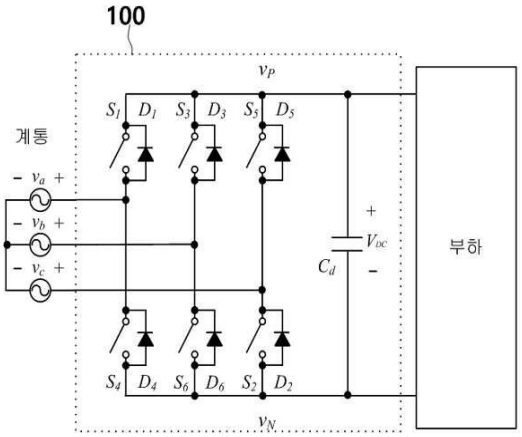
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **고효율 회생형 정류기**

(57) 요 약

본 발명은 고효율 회생형 정류기에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 복수의 스위치, 상기 스위치 각각에 병렬로 연결된 프리휠링 다이오드 및 출력단 커패시터를 포함하고, 교류 전원과 일측이 연결되며, 부하와 타측이 연결된 정류기 모듈, 상기 정류기 모듈을 제어하는 제어부를 포함하고, 상기 제어부는, 상기 출력단 커패시터의 양단 전압인 상기 정류기 모듈의 출력단 전압(Vdc)에 기초하여, 상기 정류기 모듈의 상기 스위치를 제어하는 고효율 회생형 정류기에 관한 것이다.

대 표 도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415170725
과제번호	20012815
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	제조장비시스템스마트제어기기술개발(R&D)
연구과제명	고성능고신뢰성 멀티 공정용 구동기 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국전기연구원
연구기간	2020.07.01 ~ 2021.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

복수의 스위치, 상기 스위치 각각에 병렬로 연결된 프리휠링 다이오드 및 출력단 커패시터를 포함하고, 교류 전원과 입력단이 연결되며, 부하와 출력단이 연결된 정류기 모듈;

상기 정류기 모듈을 제어하는 제어부;를 포함하고,

상기 제어부는,

상기 정류기 모듈의 출력단 전압(V_{DC})에 기초하여, 상기 정류기 모듈의 상기 스위치를 제어하는 것

을 특징으로 하는 고효율 회생형 정류기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 정류기 모듈의 출력단 전압이 소정의 임계 전압에 비해서 작으면, 상기 정류기 모듈의 스위치를 모두 OFF로 제어하는 것

을 특징으로 하는 고효율 회생형 정류기.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 정류기 모듈의 출력단 전압이 소정의 임계 전압에 비해서 같거나 크면, 상기 정류기 모듈의 스위치를 회생 제어하는 것

을 특징으로 하는 고효율 회생형 정류기.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 소정의 임계 전압은

상기 교류 전원의 전압 크기 정보 및 상기 스위치 양단 전압 정보 중 적어도 하나에 기초하여 설정되는 것

을 특징으로 하는 고효율 회생형 정류기.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 소정의 임계 전압은

상기 교류 전원의 전압 크기 정보의 필터링한 정보 및 상기 스위치 양단 전압 정보의 필터링한 정보 중 적어도

하나에 기초하여 설정되는 것

을 특징으로 하는 고효율 회생형 정류기.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 교류 전원의 전압 크기 정보의 필터링한 정보 및 상기 스위치 양단 전압 정보의 필터링한 정보는 교류 전원의 주파수에 정수배 주파수를 통과시키는 대역필터인 것

을 특징으로 하는 고효율 회생형 정류기.

청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 소정의 임계 전압(V_{min})은,

하기 수식 1에 기초하여 설정되는 것

을 특징으로 하는 고효율 회생형 정류기.

[수식 1] $V_{min} = V_{Max_line} + 2V_{ON}$.

청구항 8

제 4 항에 있어서,

상기 정류기 모듈은 인덕터를 더 포함하고,

상기 소정의 임계 전압(V_{min})은 하기 수식 2에 기초하여 설정되는 것

을 특징으로 하는 고효율 회생형 정류기.

[수식 2] $V_{min} = V_{Max_line} + 2V_{ON} + V_L$.

청구항 9

제 3 항 및 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 회생 제어는 6 STEP (120도 conduction mode) 스위칭 방식인 것을 특징으로 하는 고효율 회생형 정류기.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 고효율 회생형 정류기에 관한 것으로, 더욱 구체적으로 인덕터의 구성을 제거하거나 작은 인덕터 값의 인덕터를 사용하면서 효율적으로 양방향 전력 제어를 할 수 있는 고효율 회생형 정류기에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] PWM 정류기란, PWM(Pluse Width Modulation, 펄스폭 변조제어)에 의하여 교류를 직류로 변환하는 전력변환장치이다. 이러한 PWM정류기로는 양방향 전력제어가 가능한데, 양방향 전력제어의 경우 스위칭시 로스에 의한 발열로 인하여 부품 수명이 저하되고, 효율 또한 저하되는 문제가 있었다.

[0003] 이를 해결하기 위하여 PWM 정류기에는 방열 수단을 구비하는 것이 필수적이다. 종래에는 방열판, 방열 팬 등이

주로 이용되는데, 이로 인하여 정류기 부피 소형화에 제한을 받게 되는 큰 문제가 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제 10-1417669호(“양방향 컨버터 제어 시스템”, 2014.07.02)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하고자 안출된 것으로, 정방향 모드에서는 3상 다이오드 정류기로 동작하고, 역방향 모드에서는 6 STEP (120도 conduction mode) 정류기로 동작할 수 있어 인덕터의 구성을 제거하여도 효율적으로 양방향 전력 제어를 할 수 있는 고효율 회생형 정류기에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 고효율 회생형 정류기는 복수의 스위치, 스위치 각각에 병렬로 연결된 프리휠링 다이오드 및 출력단 커패시터를 포함하고, 교류 전원과 일측이 연결되며, 부하와 타측이 연결된 정류기 모듈, 정류기 모듈을 제어하는 제어부를 포함하고, 제어부는, 출력단 커패시터의 양단 전압인 정류기 모듈의 출력단 전압(V_{DC})에 기초하여, 정류기 모듈의 스위치를 제어하는 것을 특징으로 한다.

[0007] 또한, 제어부는, 부하와 연결되는 정류기 모듈의 출력단 전압이 소정의 임계 전압에 비해서 작으면, 정류기 모듈의 스위치를 모두 OFF로 제어하는 것을 특징으로 한다.

[0008] 또한, 제어부는, 부하와 연결되는 정류기 모듈의 출력단 전압이 소정의 임계 전압에 비해서 같거나 크면, 정류기 모듈의 스위치를 회생 제어하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 또한, 소정의 임계 전압은 교류 전원의 전압 크기 정보 및 스위치 양단 전압 정보 중 적어도 하나에 기초하여 설정되는 것을 특징으로 한다.

[0010] 또한, 소정의 임계 전압은 교류 전원의 전압 크기 정보의 필터링한 정보 및 스위치 양단 전압 정보의 필터링한 정보 중 적어도 하나에 기초하여 설정되는 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 교류 전원의 전압 크기 정보의 필터링한 정보 및 스위치 양단 전압 정보의 필터링한 정보는 교류 전원의 주파수에 정수배 주파수를 통과시키는 대역필터인 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 소정의 임계 전압(V_{min})은, 하기 수식 1에 기초하여 설정되는 것을 특징으로 한다. 여기서, [수식 1] $V_{min} = V_{Max_line} + 2V_{ON}$.

[0013] 또한, 정류기 모듈은 인덕터를 포함하고, 소정의 임계 전압(V_{min})은 하기 수식 2에 기초하여 설정되는 것을 특징으로 한다. 여기서, [수식 2] $V_{min} = V_{Max_line} + 2V_{ON} + V_L$.

[0014] 또한, 회생 제어는 6 STEP (120도 conduction mode) 스위칭 방식인 것을 특징으로 한다.

[0015] 상기 제어부는, 상기 부하와 연결되는 상기 정류기 모듈의 출력단 전압이 소정의 임계 전압에 비해서 작으면, 상기 정류기 모듈의 스위치를 모두 OFF로 제어할 수 있다.

발명의 효과

[0016] 상기한 구성에 따른 본 발명은, 고효율 회생형 정류기의 전력 흐름이 교류 전원으로 부터 상기 부하로 흐르는 정방향 모드에서는 3상 다이오드 정류기로 동작하고, 상기 고효율 회생형 정류기 모듈의 전력 흐름이 상기 부하로 부터 상기 교류 전원으로 흐르는 역방향 모드에서는 6 STEP (120도 conduction mode) 정류기로 동작할 수 있어 양방향 전력제어가 가능하다.

[0017] 또한, 종래의 SVM(Space Vector Modulation) 방식의 PWM 정류기는 피드백 방식에서 전류를 사인파로 만들기 위해 인덕터 값(L)을 크게 써야 하므로, 정류기의 부피가 커지는 문제와, 발열하는 문제가 있었다. 그러나, 본 발명에 의하면, 역방향 모드에서 3상 교류 전원의 크기 순서에 따른 6 STEP제어로 인하여, 인덕터를 아예 사용하지 않거나 또는 인덕터의 값을 줄여도 양방향 전력 제어가 가능하여 전체적인 정류기의 부피가 현저히 줄고, 인덕터로 인한 발열 문제를 해결할 수 있는 큰 효과가 있다.

[0018] 더하여, 본 발명에 따르면 양방향 전력 제어를 위하여 전류를 측정하는 전류 센서가 필요 없어 원가 절감이 가능하다.

[0019] 또한, 종래의 SVM(Space Vector Modulation) 방식의 PWM 정류기 대비 스위칭 알고리즘이 간단하여 제어보드가 간단하며, MCU(Micro Controller Unit) 없이도 구현 가능한 장점 또한 있다.

[0020] 또한, 종래의 SVM 방식의 PWM 정류기의 스위치는 스위칭 회수가 많지만, 본 발명의 경우 교류 한 주기 동안 각 스위치는 단 1회 스위칭하여, 고장 발생 확률이 낮고 신뢰성이 높다.

[0021] 계통 선간 전압이 220V 일 때, 다이오드 정류기로 정류시 DC 전압은 약 300V인 반면, 종래의 SVM 방식의 PWM 정류기는 정류 회생시 부하의 DC 전압이 약 340V 이상일 때만 회생이 가능하다. 이는, PWM 방식에서의 Dead time으로 제한되는 전압때문에 DC전압이 더 높아야하기 때문이다. 따라서 다이오드 정류 방식으로 정류하고, SVM(Space Vector Modulation) 방식으로 정류 회생시 DC링크가 흔들리는 폭이 크다. 하지만, 본발명에 따르면 6 STEP 방식의 PWM 제어를 함으로써, 약 310V에서 정류 회생이 가능하여 DC 전압 변동량이 작아 DC링크가 안정적으로 회생 가능하다. 왜냐하면, SVM방식에 비해서 6STEP방식의 DC전압의 이용률이 더 높기 때문이다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 교류 전원 및 6 STEP (120도 conduction mode) 제어를 도시한 것이다.

도 2는 본 발명의 바람직한 제 1 실시예의 회로도이다.

도 3은 본 발명의 바람직한 제 1 실시예의 회로도이다.

도 4는 본 발명의 바람직한 제 2 실시예의 회로도이다.

도 5는 본 발명의 바람직한 제 3 실시예의 회로도이다.

도 6a 내지 6f는 본 발명의 바람직한 역방향 모드의 6 STEP을 도시하였다.

도 7은 본 발명의 바람직한 정방향 모드의 회로도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명을 하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0024] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 “연결되어” 있다거나 “접속되어” 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

[0025] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다.

[0026] 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0027] 이하, 본 발명의 기술적 사상을 첨부된 도면을 사용하여 더욱 구체적으로 설명한다.

[0028] 첨부된 도면은 본 발명의 기술적 사상을 더욱 구체적으로 설명하기 위하여 도시한 일예에 불과하므로 본 발명의 기술적 사상이 첨부된 도면의 형태에 한정되는 것은 아니다.

[0029] 본 발명의 바람직한 제 1 실시예에 따르면, 복수의 스위치 및 출력단 커패시터를 포함하고, 교류 전원과 일측이

연결되고, 부하와 타측이 연결된 정류기 모듈(100)과, 상기 정류기 모듈(100)을 제어하는 제어부를 포함하고, 상기 제어부는, 상기 출력단 커패시터의 양단 전압인 상기 정류기 모듈의 출력단 전압(V_{DC})에 기초하여, 상기 정류기 모듈(100)의 스위치를 제어할 수 있다. 상기 부하는 양방향 부하로서, 전력을 소모할 수도 있을 뿐 아니라, 발전하여 에너지를 제공할 수도 있다. 예를 들어, 부하가 엘리베이터용 인버터인 경우, 엘리베이터가 하강할 때 회생전력을 생산할 수 있다.

[0030] 한편, 상기 정류기 모듈(100)의 스위치 및 프리휠링 다이오드는, 도 3에 도시된 바와 같이, IGBT일 수 있다.

[0031] 바람직하게, 제 1 실시예에 따르면, 도 2 및 3에 도시된 바와 같이, 교류 전원은 제 1 내지 3 전원(V_a, V_b, V_c)를 포함할 수 있고, 부하와 연결되는 상기 정류기 모듈(100)의 타측인 출력단의 전압(V_{DC})은 상기 부하와 병렬로 연결된 출력단 커패시터(C_d)의 양단에 걸리는 전압일 수 있다.

[0032] 또한 바람직하게, 도 2 및 3에 도시된 바와 같이, 상기 정류기 모듈(100)은 상기 제 1 내지 제 3 전원과 연결된 제 1 내지 3 입력단자와, 상기 제 1 내지 3 입력 단자와 일측이 연결되고, 상기 정류기 모듈(100)의 출력단의 일측과 타측이 연결된 제 1 다이오드, 제 3 다이오드, 제 5 다이오드를 포함할 수 있으며, 상기 제 1 , 3, 및 5 다이오드와 각각 병렬로 연결된 제 1 스위치, 제 3 스위치, 제 5 스위치를 포함할 수 있다. 또한, 상기 정류기 모듈(100)은 상기 제 1 내지 3 입력 단자와 일측이 연결되고, 상기 정류기 모듈(100)의 출력단의 타측과 타측이 연결된 제 4 다이오드, 제 6 다이오드, 제 2 다이오드를 포함할 수 있으며, 상기 제 4 , 6, 및 2 다이오드와 각각 병렬로 연결된 제 4 스위치, 제 6 스위치, 제 2 스위치를 포함할 수 있다. 이하, 제 1 내지 6 스위치를 정류기 모듈(100)의 스위치로 칭한다.

[0033] 상기 제어부는, 도 7에 도시된 바와 같이, 상기 정류기 모듈(100)의 전력 흐름이 교류 전원으로 부터 상기 부하로 흐르는 정방향 모드의 경우, 상기 정류기 모듈(100)의 스위치를 모두 OFF로 제어할 수 있다. 상기 정류기 모듈(100)의 스위치가 모두 OFF되면, 정방향 모드에서 일반적인 다이오드 정류기로 작동할 수 있다.

[0034] 상기 제어부는, 상기 부하와 연결되는 상기 정류기 모듈의 출력단 전압이 소정의 임계 전압에 비해서 작으면, 상기 정류기 모듈의 스위치를 모두 OFF로 제어할 수 있다. 이러한 구성으로 인하여, 교류 전원으로부터 출력단 커패시터로 전력이 이동하는 정류 모드에서는 정류기 모듈의 프리휠링 다이오드를 통해서 정류가 이루어 지고, 이로 인하여 스위치에 의한 스위칭 손실을 저감과 스위치의 사용 연한을 증대할 수 있는 효과를 나타낼 수 있다. 또한, 부하로부터 출력단 커패시터로 전력이 이동하는 경우, 출력단 커패시터의 양단 전압이 출력단 전압이 소정 임계치 이하인 경우 상기 교류 전원으로 전력을 전달하지 않음으로써, 상비 부하가 제공하는 전력은 상기 출력단 커패시터에 저장하게 된다. 이러한 구성으로 인하여, 불필요하게 정류 모듈을 통해 전력을 이동시킴으로써 손실을 발생시키는 것을 방지하여 효율을 증대시킬 수 있다. 예를 들어, 부하가 엘리베이터용 인버터인 경우, 엘리베이터 하강시 회생되는 전력을 출력단 커패시터에 저장하였다가, 엘리베이터 승강시 다시 사용할 수 있다. 이때, 엘리베이터 하강시 회생되는 전력을 계통으로 전송했다가, 엘리베이터 승강시 계통으로부터 다시 전력을 정류하여 출력단에 제공하는 종래 기술은 하강시와 승강시 모두 정류모듈을 통해 전력을 이동시키므로 이에따른 손실을 발생시키게 된다. 그러나, 본 발명의 경우에는 엘리베이터 하강시 회생되는 전력을 출력단 전압이 소정 임계치 이하인 경우 계통으로 전송하지 않고 출력단 커패시터에 저장하였다가, 엘리베이터 승강시 계통으로부터 다시 전력을 받지 않고 출력단 커패시터에 저장된 에너지를 이용하여 부하에 필요한 전력을 수급할 수 있으므로, 효율 향상 및 스위칭 수명 연장 등의 효과를 나타낼 수 있다.

[0035] 또한, 상기 부하와 연결되는 상기 정류기 모듈의 출력단 전압이 소정의 임계 전압에 비해서 같거나 크면, 상기 정류기 모듈의 스위치를 회생 제어할 수 있다. 여기서 회생 제어는 상기 정류기 모듈(100)의 스위치를 6 STEP 120도 conduction mode 제어하는 것을 의미할 수 있다.

[0036] 부연 설명하면, 임계치 전압은, 상기 정류기 모듈의 스위치가 모두 OFF 되어 다이오드 정류기로 동작하는 경우의 출력단 전압에 비해서 더 크게 설정되는 것이 바람직하다. 교류 전원으로부터 상기 부하로 전력을 공급하는 정류모드에서는 출력단 전압이 임계치 전압에 비해서 낮아서 스위치가 모두 OFF로 유지되고, 다이오드만을 통해서 전력이 부하에 공급되는 다이오드 정류기로 동작될 수 있다. 그리고, 부하가 에너지를 발생하는 경우에는 프리휠리 다이오드를 통해서 교류 전원으로 전력을 전달할 수 없기 때문에, 출력단 커패시터에 부하가 발생한 에너지가 축적되고, 따라서 출력단 전압이 상승하게되어 임계치 전압에 비해 같거나 커지면 스위치가 동작하여 부하가 발생한 에너지를 교류 전원으로 전달한다.

[0037] 그런데, 소정의 임계 전압이 고정되는 경우, 교류 전원의 전압크기가 가변에 따라 오동작할 수 있는 문제가 있

을 수 있다. 따라서, 본 발명은, 상기 소정의 임계 전압은 상기 교류 전원의 전압 크기 정보에 기초하여 설정될 수 있다.

[0038] 상기 정류기 모듈(100)이 인덕터를 포함하지 않는 제 1 실시예의 경우, 상기 소정의 임계 전압(V_{min})은, 하기 수식 1에 기초하여 설정될 수 있다

[0039] [수식 1] $V_{min} = V_{Max_line} + 2V_{ON}$

[0040] 여기서, V_{min}는 임계 전압, V_{Max_line}는 선간 최대 전압, V_{ON}는 상기 정류기 모듈(100)의 스위치의 ON시 양단 전압이다.

[0041] 상기 정류기 모듈(100)이 인덕터를 포함하는 제 2 내지 3 실시예의 경우, 상기 소정의 임계 전압(V_{min})은, 하기 수식 2에 기초하여 설정될 수 있다

[0042] [수식 2] $V_{min} = V_{Max_line} + 2V_{ON} + V_L$

[0043] 여기서, V_{min}는 임계 전압, V_{Max_line}는 선간 최대 전압, V_{ON}는 상기 정류기 모듈(100)의 스위치의 ON시 양단 전압, V_L은 인덕터 전압이다.

[0044] 여기서, 제 2 실시예는 도 4에 도시된 바와 같이, 상기 정류기 모듈(100)에 상기 출력단 커패시터(C_d)의 일측에 직렬로 연결된 출력단 인덕터(L_d)를 포함하는 것일 수 있다. 여기서, 인덕터 양단 전압이라 함은 실시예2의 경우, 출력단 인덕터(L_d)의 양단 전압일 수 있다. 인덕터 값이 매우 작은 경우 V_L 이 무시할 수 있을 정도로 작을 수 있다(즉, V_L = 0일 수 있다).

[0045] 더하여, 제 3 실시예는 도 5에 도시된 바와 같이, 상기 정류기 모듈(100)에 상기 제 1 내지 3 전원(V_a, V_b, V_c)과 제 1 내지 3 입력 단자 사이에 각각 직렬로 연결된 제 1 내지 3 인덕터(L_a, L_b, L_c)를 포함하는 것일 수 있다. 여기서, 인덕터 양단 전압이라 함은 실시예3의 경우, 3개의 인덕터(L_a, L_b, L_c) 각각의 인덕터 양단 전압의 평균값 또는 최대값 또는 최소값 또는 각각의 인덕터 전압들의 합 또는 0일 수 있다. 인덕터 값이 매우 작은 경우 V_L 이 무시할 수 있을 정도로 작을 수 있다(즉, V_L = 0일 수 있다).

[0046] 한편, 상기 스위치 제어는 6 STEP (120도 conduction mode) 스위칭인 것일 수 있다.

[0047] 즉, 바람직한 본 발명에 따르면, 도 1 및 도 6a 내지 6-6에 도시된 바와 같이, 역방향 모드의 경우 상기 정류기 모듈(100)의 출력단 전압이 소정의 임계 전압 이상이면 6 STEP (120도 conduction mode) 스위칭하며, 임계 전압 이하이면 제 1 내지 6 스위치를 OFF하여 다이오드 정류기로 작동된다.

[0048] 더욱 자세히 설명하자면, PWM 정류기 회생을 위해서는, 교류 전원(계통 선간압)의 피크치 전압보다 V_{DC}전압이 커지면 회생동작을 한다. 이에 대해서, 종래의 SVM 방식과 본 발명의 제어 방식에 따른 회생시 임계전압에 대해 이하 설명하겠다.

[0049] 먼저, SVM 방식에서는, 부하와 연결된 정류기 모듈의 출력단 전압이 소정의 임계 전압(V_{min_SVM})보다 크거나 같을 때 회생동작을 할 수 있다.

[0050] $V_{DC} \geq V_{Max_line} + V_{Dead} + 2V_{ON} + V_L = V_{min_SVM}$

[0051] 여기서, V_{min_SVM}는 SVM 방식에서 출력단의 임계 전압, V_{Max_line}는 선간 최대 전압, V_{Dead}는 Dead time으로 제한되는 전압, V_{ON}는 정류기 모듈의 스위치의 ON시 양단 전압, V_L은 인덕터 전압이다.

[0052] 이때, V_{Max_line} 및 V_{Dead} 는 다음과 같이 결정된다.

[0053] $V_{Max_line} = \sqrt{2}\, V_{line}$

[0054] $V_{Dead} = 2 \times t_{dead} \times V_{DC} / T_{switching}$

[0055] 여기서, V_{line} 은 선간 전압, t_{dead}는 스위치의 Dead time, V_{DC}는 출력단 전압, $T_{switching}$는 스위치의 스위칭 주기이다.

[0056] $V_{DC} \geq \sqrt{2}\, V_{line} + V_{Dead} + 2V_{ON} + V_L$에 ($V_{Dead} = 2 \times t_{dead} \times V_{DC} / T_{switching}$)을 대입하면,

[0057] $(1- 2\, t_{dead} / T_{switching})V_{DC} \geq \sqrt{2}\, V_{line} + 2V_{ON} + V_L$

[0058] 상기 식을 정리하면, 아래와 같은 식을 얻을 수 있다.

[0059] $V_{DC} \geq (\sqrt{2}\, V_{line} + 2V_{ON} + V_L)/(1- 2\, t_{dead} / T_{switching})$

[0061] 한편, V_{line} = 220V, t_{dead} = 1.5㎲, $T_{switching}$ = 62.5㎲, V_{ON} = 3V, V_L = 2V이라고 가정하면,

[0062] $V_{DC} \geq$ 335V이므로, V_{min_SVM} = 335V이다.

[0063] 반면, 바람직한 본 발명에 따르면, 회생시 6 STEP (120도 conduction mode) 스위칭하므로, 소정의 임계 전압이 상기 수식 1 또는 상기 수식 2로 정해진다.

[0064] 제 1 실시예에서 이를 같은 조건으로 계산해보면, 다음과 같다.

[0065] $V_{min} = V_{Max_line} + 2V_{ON} = \sqrt{2}\, V_{line} + 2V_{ON} = 220\sqrt{2} + 6 = 317V$

[0066] 또한, 제 2 실시예에서 같은 조건으로 계산해보면, 다음과 같다.

[0067] $V_{min} = V_{Max_line} + 2V_{ON} + V_L = \sqrt{2}\, V_{line} + 2V_{ON} + V_L = 220\sqrt{2} + 6 + 2 = 319V$

[0068] 다만, 인덕터 값이 매우 작은 경우 V_L 이 무시할 수 있을 정도로 작을 수 있다(즉, $V_L \simeq 0$일 수 있다).

[0069] 정리하면, SVM방식인 경우, 출력단 전압이 335V 이상에서 교류 전원으로 전력을 전송할 수 있으나, 본 발명의 경우 출력단 전압이 319V 이상에서 교류전원으로 전력을 전송할 수 있는 차이가 있다. 따라서, 종래의 SVM 방식의 PWM 정류기에 비해 본 발명의 6 STEP 방식의 정류기는 현저히 임계전압을 감소시킬 수 있어 출력단의 전압(V_{DC})의 변동 폭을 낮춰 더욱 안정적으로 회생가능하다.

[0070] 또한, 종래의 SVM 방식의 PWM 정류기는 전류를 사인파로 만들기 위해 회생시인덕터값(L)을 크게 써야했으나, 본 발명은 6STEP으로 인해 인덕터의 구성을 제거하여도 안정적으로 회생이 가능하며, 또는, 인덕터의 구성을 포함한 제 2 및 3 실시예의 경우에서도, SVM 방식의 PWM 정류기에 비해 인덕터 값(L)을 작게 하여 안정적으로 회생이 가능하다.

[0071] 이하로는, 6 STEP PWM 제어에 대해 도 1 및 6-1 내지 6-6을 참고하여 구체적으로 설명하겠다.

[0072] 6 STEP (120도 conduction mode) 제어는, 스위칭시 3개의 교류 전원의 크기 순서에 기초하여 6개의 스위치를 제어하는 것으로, 상기 제어부는 다음과 같은 로직에 따라 제 1 내지 6 스위치를 제어할 수 있다.

[0073] $V_a > V_c > V_b$ 인 경우, 도 6a에 도시된 바와 같이, S1 ON, S6 ON, 이외 모든 스위치는 OFF 일 수 있다.

[0074] $V_a > V_b > V_c$ 인 경우, 도 6b에 도시된 바와 같이, S1 ON, S2 ON, 이외 모든 스위치는 OFF 일 수 있다.

[0075] $V_b > V_a > V_c$ 인 경우, 도 6c에 도시된 바와 같이, S2 ON, S3 ON, 이외 모든 스위치는 OFF 일 수 있다.

[0076] $V_b > V_c > V_a$ 인 경우, 도 6d에 도시된 바와 같이, S3 ON, S4 ON, 이외 모든 스위치는 OFF 일 수 있다.

[0077] $V_c > V_b > V_a$ 인 경우,도 6e에 도시된 바와 같이, S4 ON, S5 ON, 이외 모든 스위치는 OFF 일 수 있다.

[0078] $V_c > V_a > V_b$ 인 경우, 도 6f에 도시된 바와 같이, S5 ON, S6 ON, 이외 모든 스위치는 OFF 일 수 있다.

[0079] 구체적으로 설명하자면, 상기 정류기 모듈(100)의 전력 흐름이 상기 부하로 부터 교류 전원으로 흐르는 역방향

모드의 경우, 교류 전원의 3개의 전원 중에서 제일 전압이 높은 전원과 연결된 스위치로 전류가 나가고, 세 개의 전원 중에서 제일 전압이 낮은 전원과 연결된 스위치로 전류가 흘러 들어온다.

[0080] 동시에, 부하와 연결되는 상기 정류기 모듈(100)의 출력단의 전압(V_{DC})이 상기 교류 전원의 피크치보다 높다면, 전류가 반대로 흐르는 회생, 즉 역방향 모드가 가능하다. 따라서, 역방향 모드에서는, 제 1 전원의 전압(V_a)이 제일 큰 시간 동안 제 1 스위치 S_1가 ON 시키면, 교류 전원으로 전류가 흘러 회생할 수 있다.

[0081] 그러한 경우, V_{DC}에 회생되는 에너지가 다이오드 정류 반대방식으로 바로 넘어갈 수 있게 된다.

[0082] 이러한 구성으로, 고효율 회생형 정류기에 있어서 정류기 모듈(100)의 전력 흐름이 교류 전원으로 부터 상기 부하로 흐르는 정방향 모드에서는 3상 다이오드 정류기로 동작하고, 상기 고효율 회생형 정류기 모듈의 전력 흐름이 상기 부하로 부터 상기 교류 전원으로 흐르는 역방향 모드에서는 회생형 정류기로 동작할 수 있어 양방향 전력제어가 가능하여 역방향 모드에서 3상 교류 전원의 크기 순서에 따른 6 STEP제어로 인하여, 인덕터를 아예 사용하지 않거나 또는 인덕터의 값을 줄여도 양방향 전력 제어가 가능하여 전체적인 정류기의 부피가 현저히 줄고, 인덕터 및 스위칭으로 인한 발열 문제를 해결할 수 있는 큰 효과가 있다. 또한, 전류 정보를 사용하지 않아 전류 센서를 줄일 수 있으며, 제어가 간단하고 스위칭 수가 현저히 적어 신뢰성을 높일 수 있다는 장점이 있다.

[0083] 또한, 소정의 임계전압(Vmin)은 마진(Vm)을 더 포함할 수 있다. 이때 마진인 Vm은 다음과 같은 조건을 만족한다.

[0084] $Vm>0$

[0085] 또한, 소정의 임계전압(Vmin)은 6Step 제어 여부에 따라 복수의 마진(Vm1, Vm2)을 포함할 수 있다. 6Step 제어를 하고 있지 않은 경우의 마진인 Vm1과 6Step 제어를 하고 있지 않은 경우의 마진인 Vm2는 다음과 같은 관계를 갖을 수 있다.

[0086] $Vmargin1 > Vmargin2 \geq Vm$

[0087] 이러한 구성으로 인하여, 제어 오류 방지 및 시스템의 안정도를 높일 수 있고, 계통 전압 센싱 오차 및 DC 전압 센싱오차 등의 센싱오차에 의한 시스템 안정도 저하를 방지할 수 있다.

[0088] 한편, Vm, Vm1, Vm2는 정류기 모듈의 온도에 따라 가변될 수 있다. 온도가 낮은 경우에 비해서 온도가 높은 경우 마진은 더 커질 수 있다. 이러한 구성으로 인하여, 스위치를 통하여 흐르는 전력량 또는 회생 전력량을 줄임으로써 정류기 모듈의 온도를 낮출 수 있다.

[0089] 그런데, 이 경우 출력단 커패시터에 과전압이 유기될 수 있는 점에서, 마진을 적절하게 가변할 필요가 있으므로, 출력단 커패시터의 전압인 출력단 전압(V_{DC})의 출력단 전압(V_{DC})의 증가속도가 소정 기준 미안인 경우에 비해서, 증가속도가 소정 기준 이상인 경우 상기 마진을 좀 더 작게 설정하는 것이 바람직하다. 이러한 구성으로 인하여, 출력단 커패터에 과전압이 유기될 수 있는 위험도를 낮출 수 있다.

[0090] 또한, 상기 마진(Vm, Vm1, Vm2)은 출력단 커패시터의 온도에 기초하여 보정될 수 있다. 출력단 커패시터의 온도가 낮은 경우에 비해서 높은 경우 상기 마진을 좀 더 작게 설정하는 것이 바람직하다. 왜냐하면, 커패시터의 온도가 높을 수록 수명저하, 과전압을 견딜 수 있는 능력이 저하되기 때문이다.

[0091] 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이다.

부호의 설명

[0092] V_a , V_c , V_b : 제 1 내지 3 전원

S1 내지 S6 : 제 1 내지 6 스위치

D1 내지 D6 : 제 1 내지 6 다이오드

C_d : 출력단 커패시터

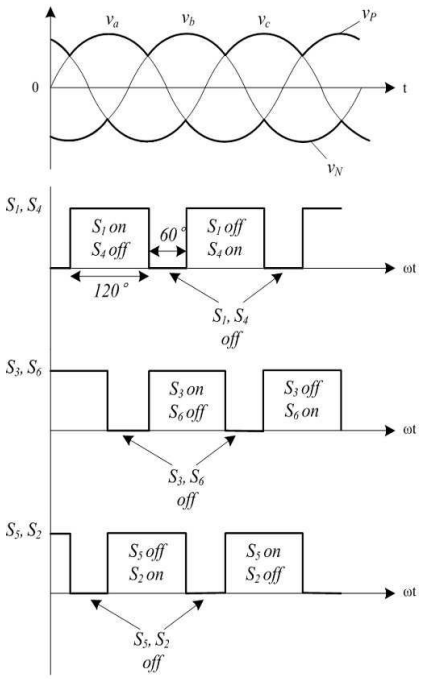
L_d : 출력단 인덕터

L_a, L_b, L_c : 제 1 내지 3 인덕터

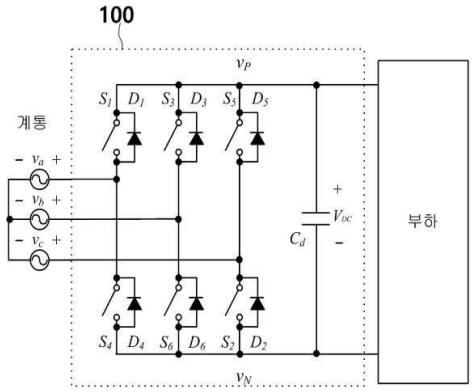
100 : 정류기 모듈

도면

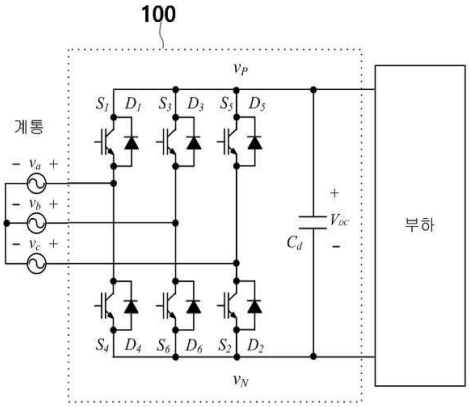
도면1



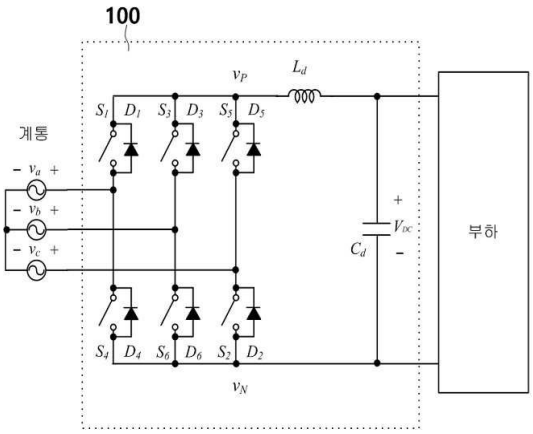
도면2



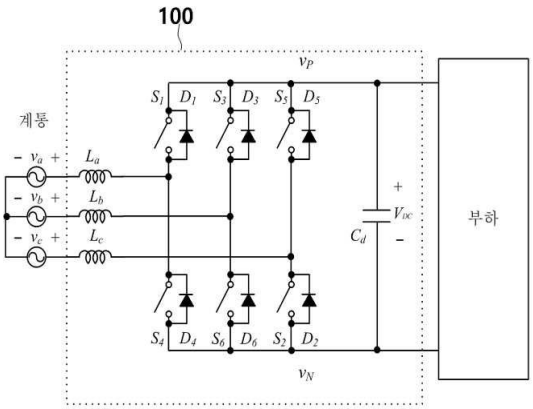
도면3


100
v_P
S_1 D_1 S_3 D_3 S_5 D_5
계통
v_a
v_b
v_c
V_{DC}
C_d
부하
S_4 D_4 S_6 D_6 S_2 D_2
v_N

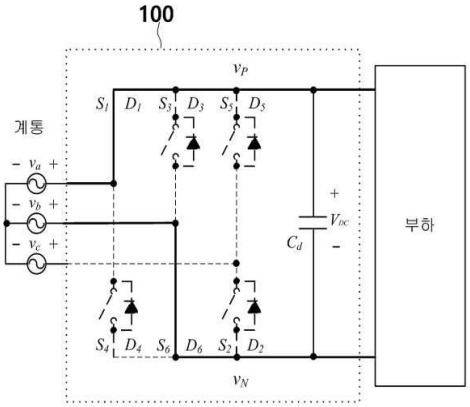
도면4


100
v_P
L_d
S_1 D_1 S_3 D_3 S_5 D_5
계통
v_a
v_b
v_c
V_{DC}
C_d
부하
S_4 D_4 S_6 D_6 S_2 D_2
v_N

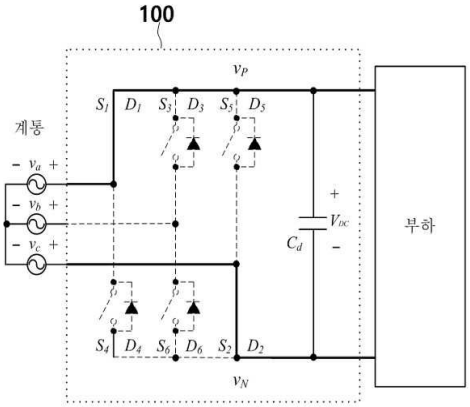
도면5


100
v_P
S_1 D_1 S_3 D_3 S_5 D_5
계통
v_a
L_a
v_b
L_b
v_c
L_c
V_{DC}
C_d
부하
S_4 D_4 S_6 D_6 S_2 D_2
v_N

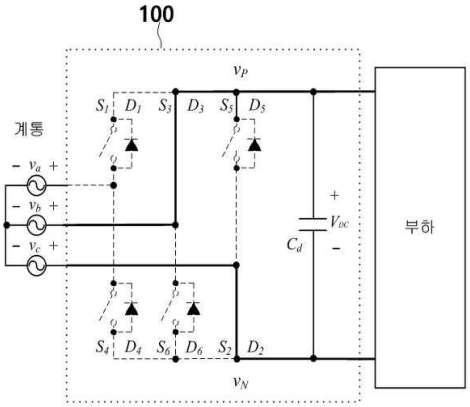
도면6a



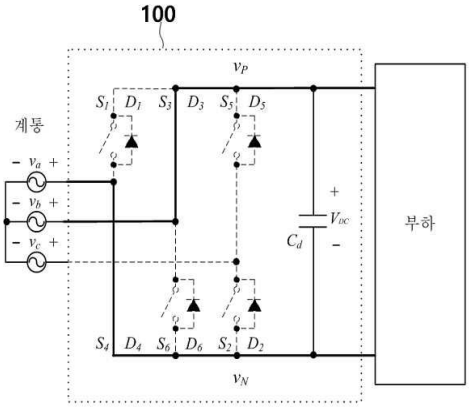
도면6b



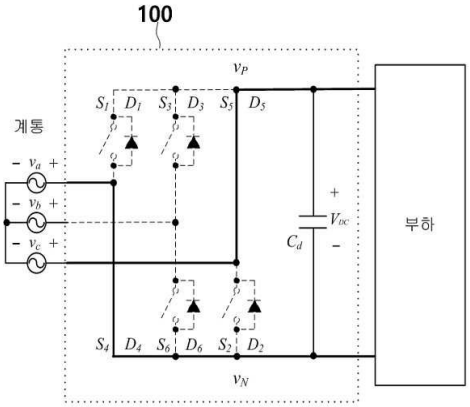
도면6c



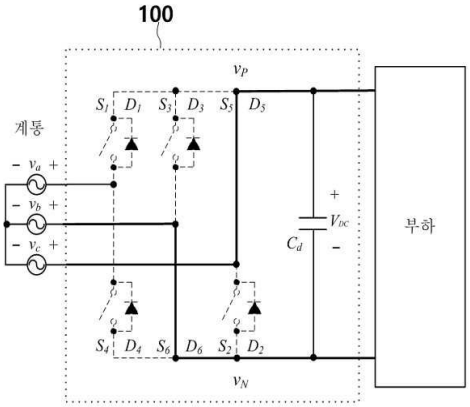
도면6d



도면6e



도면6f



도면7

