DBpia

3-Level NPC AC/DC PWM 컨버터를 이용한 ESS용 듀얼 배터리팩 충 방전 시스템

Dual Battery Pack Charge/Discharge System for ESS using 3-Level NPC AC/DC PWM Converter

저자
(Authors)

고영상, 강경민, 강진욱, 이정효, 원충연
Young-Sang Ko, Kyung-Min Kang, Jin-Wook Kang, Jung-Hyo Lee, Chung-Yuen Won

출처
(Source)

조명전기설비학회논문지 32(10), 2018.10, 24-32(9 pages)
Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers 32(10), 2018.10, 24-32(9 pages)

발행처
(Publisher)

한국조명전기설비학회
The Korean Institute of Illuminating and electrical Installation Engineers

URL

http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07548346

APA Style

고영상, 강경민, 강진욱, 이정효, 원충연 (2018). 3-Level NPC AC/DC PWM 컨버터를 이용한 ESS용 듀얼 배터리팩 충 방전 시스템. 조명전기설비학회논문지, 32(10), 24-32

이용정보
(Accessed)

군산대학교
203.234.58.***
2021/01/06 17:14 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s)and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s)for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers (2018) 32(10) : 24～32 논문 32-10-3
http://dx.doi.org/10.5207/JIEIE.2018.32.10.024 ISSN 1229-4691(Print) ISSN 2287-5034(Online)

3-Level NPC AC/DC PWM 컨버터를 이용한 ESS용 듀얼 배터리팩 충·방전 시스템

(Dual Battery Pack Charge/Discharge System for ESS using 3-Level NPC AC/DC PWM Converter)

고영상* · 강경민 · 강진욱 · 이정효 · 원충연**
(Young-Sang Ko · Kyung-Min Kang · Jin-Wook Kang · Jung-Hyo Lee · Chung-Yuen Won)

Abstract

In this paper, we propose a battery charge-discharge system and control algorithm that can improve the overall efficiency of the system by reducing the power conversion step. The battery charge-discharge system is composed to charge-discharge the dual battery packs by using a neutral point of the 3-Level NPC(Neutral Point Clamped) topology. We designed the 3-Level NPC AC/DC converter of 20kW class for connection with the dual battery packs. In addition, we proposed a system control algorithm to charge-discharge the battery by varying the DC-Link voltage. The proposed system and algorithm are verified through simulation and experiment.

Key Words : Dual Battery Pack Charger, 3-Level NPC AC/DC PWM Converter, Energy Storage System, SVPWM

1. 서 론

최근 에너지 고갈, 지구 온난화를 일으키는 이산화탄소 배출 감소 및 부하에 안정적인 전원 공급 등의 문제점들을 해결하기 위한 방법으로 신재생에너지에 대한 연구가 증가하고 있다. 그러나 신재생에너지는 부하 인가 및 순간적인 정전 현상에 의해 발생하는 전압 변동에 대해 대응 능력이 떨어지며 이로 인해 전력 품질이 일정하지 않은 단점을 가진다. 이에 대한 해결책으로 ESS(Energy Storage System)를 이용하여 분산전원 및 계통의 피크 부하 시 에너지를 공급하는 연구가 활발히 진행 중이다[1-2].

ESS와의 연계 및 배터리 충·방전을 위해서는 계통연계 PCS(Power Conversion System)를 통해 교류전력을 직류전력으로 변환해야한다. 이 때 PCS는 고효율, 고에너지 밀도의 에너지 변환이 가능해야 하며, 정류된 직류 전압은 맥동이 거의 없는 평활한 전압이어야 한다. 또한 전력변환 시 안정성 확보를 위해 보호

* Main author : Young-Sang Ko Ph.D. course in College of Information and Communication Engineering
** Corresponding author : Chung-Yuen Won Professor Department of Electrical and Computer Engineering
Tel : 031-290-7169, Fax : 031-299-4623
E-mail : kys@minmax.co.kr
Received : 2018. 7. 11.
Revised : 2018. 8. 3./2018. 8. 17.
Accepted : 2018. 9. 12.

Copyright ⓒ 2018 KIIEE All right's reserved
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/)which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

군산대학교 | IP:203.234.58.*** | Accessed 2021/01/06 17:14(KST)

회로가 필수적으로 요구된다. 이외에도 배터리의 과충전 및 과방전으로 인한 배터리 수명 단축을 예방하기 위하여 PCS를 안전 운전영역에서 동작하도록 하는 충 · 방전 제어 알고리즘과 대전력 변환에 적합한 3상 AC/DC PWM 컨버터에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

일반적으로 ESS용 PCS는 2-Level AC/DC 컨버터와 양방향 DAB 컨버터를 통한 2-stage 구성을 가진다. 그러나 이러한 기존 ESS용 PCS 의 2-stage 구성은 2단계에 걸친 전력변환에 의해 효율이 비교적 낮고, 사용되는 전력반도체 스위치가 많다는 단점을 가진다[3].

이에 따라 본 논문은 기존의 2-stage로 구성된 PCS가 아닌 단일 3-Level NPC AC/DC PWM 컨버터로 구성된 ESS용 전력변환장치를 제안한다. 또한 두 개의 배터리팩을 동시에 충전하기 위한 DC-Link 전압 변동에 따른 충 · 방전 알고리즘을 제안하였다. 제안한 배터리 충 · 방전 알고리즘은 3-Level NPC 토폴로지의 중성점 제어를 통해 듀얼 배터리 팩의 충 · 방전을 수행한다. 제안하는 알고리즘은 PSIM 9.1.4를 이용한 시뮬레이션과 20kW급 3-Level NPC AC/DC PWM 컨버터를 이용한 시뮬레이션과 실험을 통해 타당성과 유효성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 3-Level NPC AC/DC PWM 컨버터

그림 1은 제안하는 듀얼 배터리팩과 연계된 3-Level NPC AC/DC PWM 컨버터 토폴로지이다. NPC 토폴로지는 12개의 IGBT 소자와 6개의 Clamping Diode로 구성되어 있으며 다이오드는 DC-Link 중성점과 연결된다. 이러한 3-Level NPC 토폴로지는 독립된 DC 전원 없이 Clamping Diode를 이용하여 3-Level의 출력전압을 생성할 수 있다. 따라서 modular 컨버터와 같은 다른 멀티레벨 PWM 컨버터에 비하여 하드웨어 구성 및 전체 시스템 부피 감소 측면에서 유리하다. 또한 중성점이 존재하므로 양극성 배전망 그리고 듀얼 배터리팩과 같은 어플리케이션에 적용 시 기존의 2-Level 시스템보다 제어적인 측면에서 장점을 가진다[4-5].

2.2 3-Level NPC AC/DC PWM 컨버터의 SVPWM

SVPWM(Space Vector Pulse Width Modulation)은 3상 AC/DC PCS를 제어하기 위한 PWM 기법 중 하나로써 기준 전압 벡터를 생성하기 위해 각각의 스위칭 시간을 계산하여 스위칭하는 방식이다. SVPWM 방식은 선형 변조 영역이 다른 PWM 방식에 비해 넓어 직류 링크 전압 이용률이 높고 전류의 THD 가 매우 낮다는 장점이 있다.

그림 2는 3-Level NPC AC/DC PWM 컨버터의 공간벡터 다이어그램을 나타낸다. 전압공간벡터는 전압 크기에 따라 Large, Medium, Small, Zero 총 4가지로 나눌 수 있다. 이 때, Zero Vector와 Large Vector의 경우 컨버터 출력이 DC-Link 중성점과 연결되지 않아 상하단 커패시터 충 · 방전

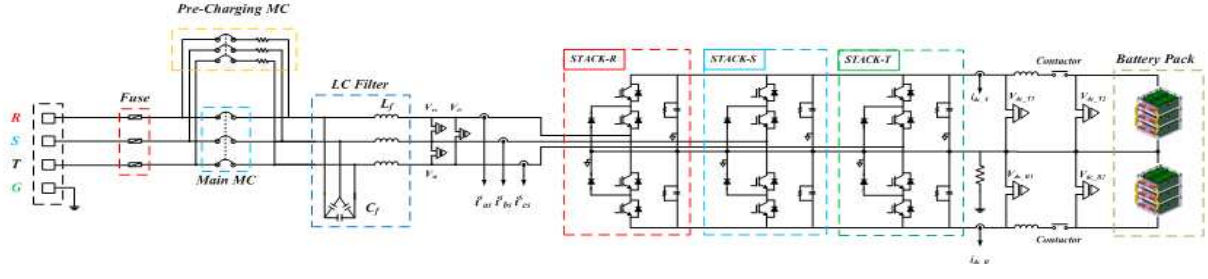

Fig. 1. 3-Level NPC dual battery pack charging/discharging system topology

군산대학교 | IP:203.234.58.*** | Accessed 2021/01/06 17:14(KST)

이 이루어지지 않는다. Small Vector와 Medium Vector는 각각 $V_{DC}/3$, $V_{DC}/\sqrt{3}$ 의 크기를 가지고 전류 흐름에 따라 커패시터의 충·방전이 이루어진다.

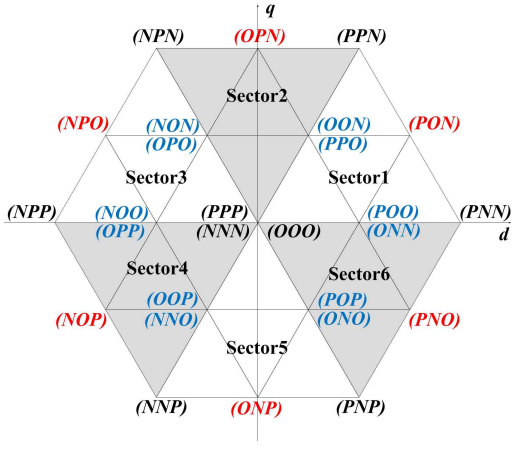

Fig. 2. Space vector of 3-level NPC converter

SVPWM으로 기준 전압 벡터를 만들기 위해 기준 전압 벡터 위치 및 근접 섹터의 유효 전압을 합성한다. 즉 스위칭 사이클 동안 가장 가까운 위치의 유효 전압 3개를 결합하고 동일한 전압을 기준 전압 (V*)과 동일하게 만든다. 그림 3의 섹터 A-1에서 표시된 유효 전압 벡터의 인가 시간은 식 (1)에서 식 (3) 순으로 정리된다[6].

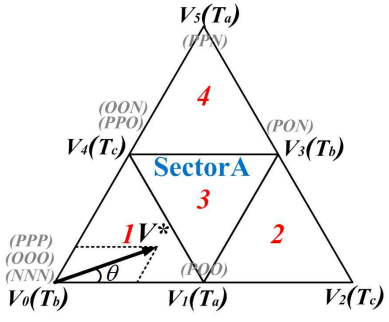

Fig. 3. Space vector of 3-level NPC converter(Sector A)

$$T_a = 2k\sin\left(\frac{\pi}{3}-\theta\right)T_S \tag{1}$$

$$T_b = \left[1-2k\sin\left(\frac{\pi}{3}-\theta\right)\right]T_S \tag{2}$$

$$T_c = 2k\sin\theta T_s \tag{3}$$

3. 제안하는 듀얼 배터리팩 충·방전 시스템 제어 방법

제안하는 듀얼 배터리팩 충전 시스템은 3-Level NPC AC/DC PWM 컨버터의 DC-Link 전압 가변을 통해 배터리 팩 충·방전이 수행된다. 이 때 DC-Link 전압은 배터리 팩 전압에 따라 충·방전 전압이 달라지므로 DC-Link 전압 가변 범위에서 중성점 전류 제어 마진이 충분히 확보되어야 한다.

제안하는 시스템은 배터리팩의 SOC 0~100%에 해당하는 영역을 기준으로 250~350V 범위의 전압 범위에서 동작한다. 즉 듀얼 배터리팩을 동시에 충전 및 방전하기 위해서는 500~700V 범위의 전압을 제어해야 한다. DC-Link에 연결된 AC/DC 컨버터의 가변 범위는 컨버터의 MI(Modulation Index) 값에 의해 결정되며, MI는 DC-Link 전압 및 입력전압의 크기에 대한 비율을 의미한다. MI의 최댓값은 식 (4)와 같이 계산할 수 있다.

$$MI = \frac{2}{\sqrt{3}} \times \frac{V_{peak_line_to_line}}{V_{DC}} \tag{4}$$

식 (4)를 기반으로 3상 220Vrms에 대한 입력 전압을 시스템에 적용하면 SVPWM의 중성점 전류 영역을 최대화하는 DC-Link 값은 식 (5)와 같이 계산할 수 있다.

$$V_{DC} = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{V_{peak_line_to_line}}{MI} \tag{5}$$

MI는 중성점 전류 제어 마진의 최대값이다. 식 (5)를 적용하면 그림 4와 같이 중성점 전류 제어 마진 영역이 SVPWM이 최대가 되며 안정적인 DC-Link 전압제어는 선형 영역의 MI 값을 통해 이중 배터리 팩을 충전하고 방전할 수 있다.

군산대학교 | IP:203.234.58.*** | Accessed 2021/01/06 17:14(KST)

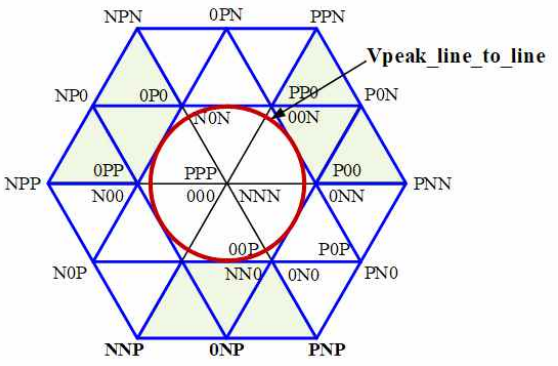

Fig. 4. Neutral point current control maximum area in SVPWM

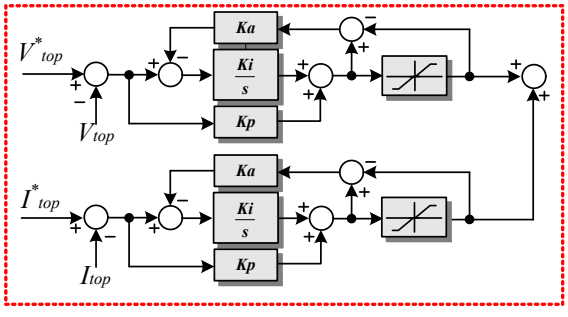

Fig. 5. The proposed control block of parallel CC/CV charging/discharging

그림 5는 본 논문에서 제안하는 배터리 충방전 알고리즘이다. 이처럼 정전류, 정전압 제어기를 병렬로 구성하면 배터리를 정전류 모드에서 일정한 전류로 원하는 SOC 영역까지 빠르게 충방전할 수 있고, 일정 SOC에 도달하면 정전압 모드로 변경되어 충방전 전류가 급속히 줄어들어 일정 전압으로 배터리를 충방전하기 때문에 안정적인 충방전이 가능해진다.

하지만 본 논문에서 제안한 충전기법을 제안한 시스템에 적용 시 상하단 DC-Link 커패시터 전압이 변동하면 중성점이 함께 변동하는 문제가 생긴다. 때문에 신속하게 이를 제어할 수 있는 제어기법이 필요하다. 본 논문에서는 이를 위해 그림 6과 같이 상단과 하단의 CC/CV 제어기 출력을 중성점 제어와 q축 전류제어기의 입력으로 구성하였다.

기존 3-Level NPC AC/DC PWM 컨버터는 컨버터에서 발생하는 상단커패시턴스와 하단커패시턴스의 차이, 라인임피던스의 차이, DC-Link 의 중성점이 각 leg의 중성점과 연결되어 있는 구조적 특징 등의 이유로 생기는 중성점 언밸런싱 현상을 밸런싱 제어를 통하여 중성점 전압을 안정화 시켜준다. 그렇지만 제안하는 듀얼 배터리팩의 제어는 기존 3-Level NPC AC/DC PWM 컨버터의 전압 언밸런싱 현상의 단점을 이용한 것으로, 밸런싱 제어와 q축 전류제어를 위한 제어기에 직렬로 연결된 CC-CV 배터리 충방전 제어기를 통하여 각 배터리 팩의 전압이 다르더라도 하나의 컨버터로 듀얼 배터리 팩 충방전에 따른 상단과 하단의 배터리 전압을 각각 제어함으로 상단 배터리와 하단 배터리의 충방전을 각각 수행할 수 있다. 그림 7은 제안한 시스템의 전체 제어블록도를 보여준다.

4. 시뮬레이션

3-Level NPC AC/DC PWM 컨버터 듀얼 배터리팩 충 · 방전 시스템을 검증하기 위해서 시뮬레이션을 수

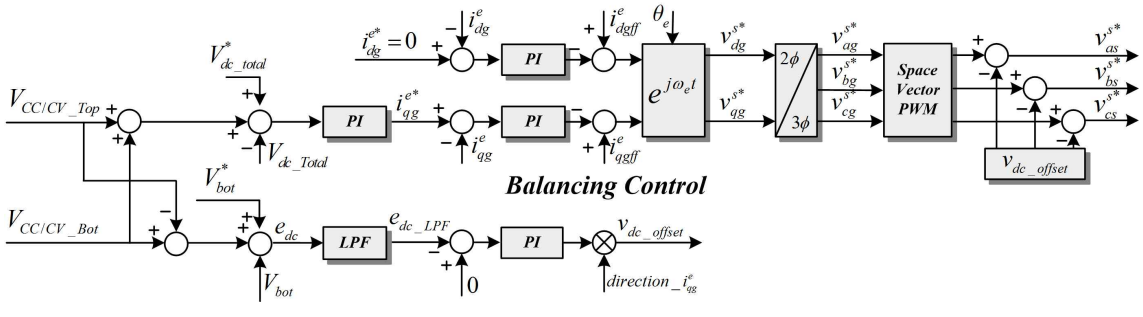

Fig. 6. The proposed neutral point control and q-axis current control block diagram

군산대학교 | IP:203.234.58.*** | Accessed 2021/01/06 17:14(KST)

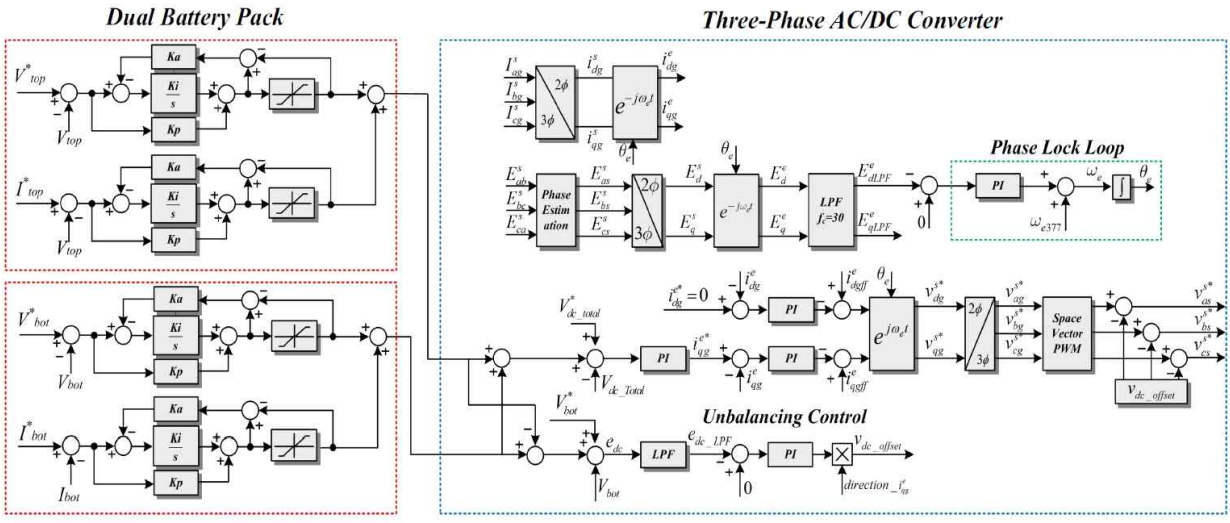

Fig. 7. Total control block of the proposed system

행하였다. 시뮬레이션은 PSIM 을 이용하여 컨버터 측과 부하단에 배터리를 모델링하여 배터리 충전모드에서 밸런싱 및 언밸런싱을 수행하였고, 배터리 방전모드에서도 밸런싱 및 언밸런싱을 시뮬레이션을 통하여 시스템의 타탕성을 검증하였다. 표 1은 시뮬레이션에 적용된 파라미터를 보여준다.

Table 1. Simulation parameter of 3-Level NPC dual battery pack system

Parameter		Value	Unit
정격 용량		20	kW
입력 전압		220	Vrms
계통 주파수		60	Hz
스위칭 주파수		5	kHz
LC필터	필터 커패시턴스	4.7	uF
	필터 인덕턴스	1.0	mH
DC-Link 상단 커패시턴스		6000	uF
DC-Link 하단 커패시턴스		6000	uF
DC-Link 상단 출력전압		250~350	Vdc
DC-Link 하단 출력전압		250~350	Vdc
DC-Link 출력전압		500~700	Vdc

그림 8 (a)는 듀얼 배터리팩 충·방전 시스템이 상단과 하단 출력단의 두 배터리를 충전할 때의 DC-Link 전압 및 배터리 충전 전류 파형이다. 초기 시스템 동작시 DC-Link 커패시터는 초기 충전 회로를 통해 일정량 충전하고 소프트 스타트를 적용한 전압 제어를 수행하면 DC-Link 는 배터리 전압 지령인 300V로 유지된다. 이 때 상, 하단 커패시터 전압의 불평형을 방지하기 위한 밸런싱 제어도 함께 수행된다. 이 후 출력전압이 정상상태를 유지할 때 배터리를 연결하여 배터리를 30A로 충전한다.

그림 8 (b)는 상단과 하단 출력단의 두 배터리를 서로 다른 출력 전류를 이용해 각각 다른 속도로 충전할 때의 DC Link 전압 및 배터리 충전 전류 파형이다. 그림 8 (a)와 달리 상단과 하단을 각각 다르게 충전해야 하기 때문에 의도적으로 상하단 배터리를 충전하는 출력 전류를 언밸런싱하게 만들어야 한다. 따라서 기존에 수행되던 중성점 밸런싱 제어를 이용하여 서로 다른 출력 전류로 배터리를 충전한다. 이러한 언밸런싱한 충전을 사용하면 서로 다른 SOC를 갖는 두 배터리의 충전 속도를 제어해 충전이 거의 동시에 완료되도록 할 수 있다.

그림 9 (a)는 충전된 배터리를 방전해 역방향으로 전력을 회생할 때의 전압 및 전류 파형을 나타낸다. 초기 전압 파형은 충전 시와 동일한 양상을 보이나 이후 배터리 연결 시 배터리에서 계통 방향으로 전력을

군산대학교 | IP:203.234.58.*** | Accessed 2021/01/06 17:14(KST)

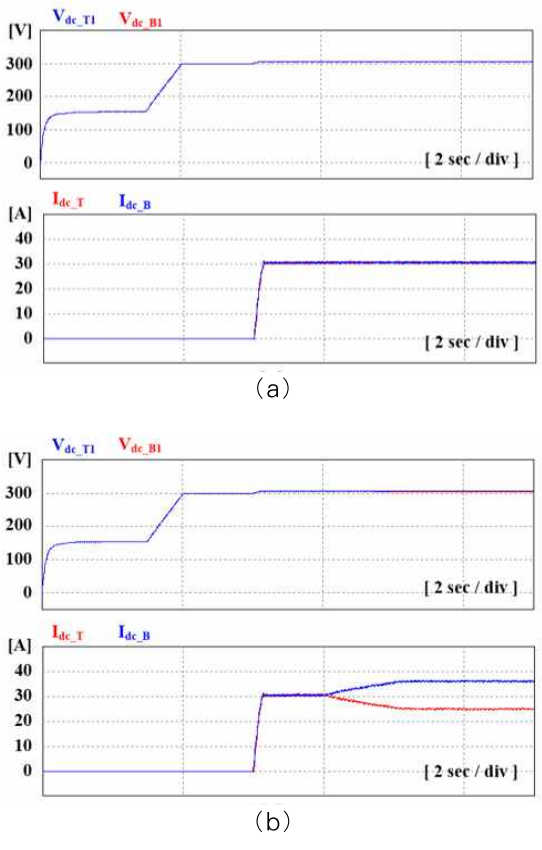

Fig. 8. Simulation waveform of voltage and current at charging condition
(a) balance (b) Unbalance

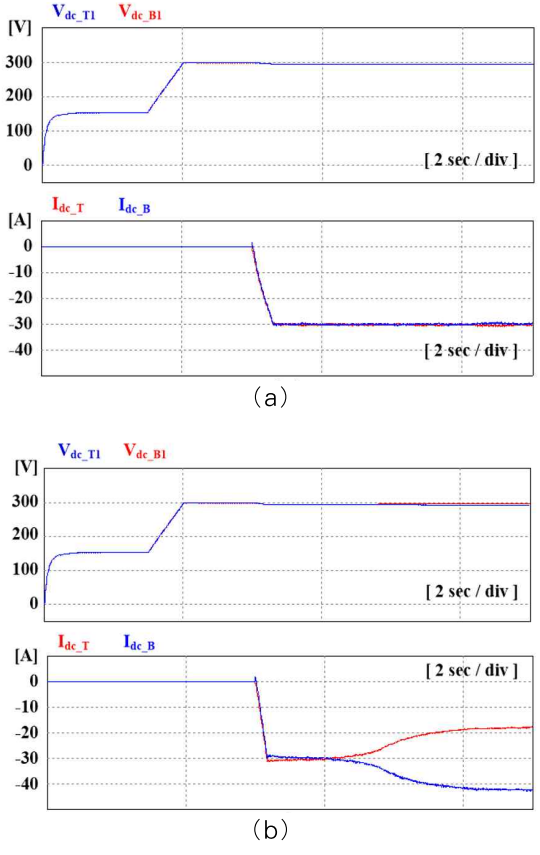

Fig. 9. Simulation waveform of voltage and current at discharging condition
(a) balance (b) Unbalance

회생하도록 제어하였다. 이 때 두 배터리는 동일한 전류를 출력하여 전력을 회생한다.

그림 9 (b)는 두 배터리가 서로 다른 출력으로 방전하여 전력을 회생할 때의 전압 및 전류 파형을 나타낸다. 충전 시와 마찬가지로 의도적으로 언밸런싱한 출력으로 배터리를 방전시키기 위해 중성점 밸런싱 제어가 적용되었다. 두 배터리를 서로 다른 출력으로 방전하게 되면 제조공정이나 환경적인 문제로 발생할 수 있는 배터리 SOC 불균형 문제를 해결할 수 있다.

5. 실 험

그림 10은 본 본문에서 제안하는 알고리즘을 검증하기 위해 사용된 20kW급 3-Level NPC AC/DC PWM 컨버터 듀얼 배터리팩 시스템을 보여준다. 시스템에 적용된 파라미터는 표 1에 나타내었다. 듀얼 배터리팩 방전 시스템 실험에 사용된 배터리는 리튬폴리머 배터리이며, 기본 정격전압이 310.8V이고 각 모듈용량은 10kWh이며 총 용량은 20kwh이다. 동작 범위는 278~350Vdc이며 각 모듈의 셀은 직렬로 연결되어 있고, 과충전 및 과방전을 방지할 수 있는 배터리팩으로 구성되어 있다.

그림 11 (a)는 배터리 충전 모드 밸런싱 동작 시의 DC-Link 전압 및 전류 파형을 보여준다. 초기 전압 제어 시퀀스 이후 정상상태를 유지할 때 상단과 하단 출력단에 각각 배터리를 연결하면 전류가 램프 지령을 통해 점점 증가하도록 제어하였다. 출력 전류가 정상상태에 도달하고 각각의 배터리가 동일한 전류로 충전되는 것을 확인할 수 있다.

군산대학교 | IP:203.234.58.*** | Accessed 2021/01/06 17:14(KST)

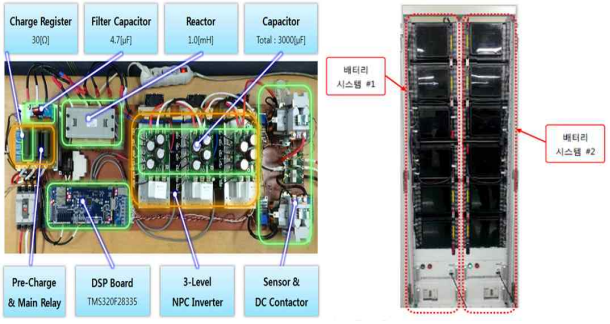

Fig. 10. 20kW class experimental set(NPC)

그림 11 (b)는 상단, 하단에 연결된 두 배터리가 서로 다른 SOC를 가질 때, 서로 다른 크기의 전류로 충전되는 파형이다. 두 배터리의 SOC를 판별하여 더 낮은 SOC를 갖는 배터리에 더 많은 출력 전류를 흘려 충전 속도를 높이게 된다. 한쪽 배터리가 충전이 완료되면 이 배터리로 흐르는 전류가 0에 가까워져 충전을 종료하고, 반대 배터리로 흐르는 전류는 더욱 증가하여 충전 속도를 높이게 된다.

그림 12 (a)는 배터리 방전 동작 시의 DC-Link 전압 및 전류 파형을 나타낸다. 3-Level NPC AC/DC PWM 컨버터는 회생동작을 통해 전력을 계통으로 전달하며, 이는 인버터 동작과 동일하다. 방전 전류의 지령 값 역시 충전 시와 동일하게 램프신호 형태로 생성하여 방전 전류를 제어하였다.

그림 12 (b)는 상/하단 배터리의 방전량을 서로 달리 제어한 파형이다. 위 파형에선 상단 배터리의 출력은 감소, 하단 배터리의 출력은 증가시켜 전체 출력 전류를 일정하게 유지시킨다. 이러한 제어를 통해 방전 전류를 증감시키며 두 배터리의 SOC 를 항상 일정하게 유지 가능하며, 전체 시스템의 안정성을 높일 수 있게 된다.

그림 13은 상/하단 배터리의 전류 지령을 단계적으로 +17A, 0A, -15A와 같이 인가하여 충·방전 모드 전환 시 계통전류 파형과 3-Level NPC AC/DC PWM 컨버터의 출력 전압 출력 전류 파형을 보여준다.

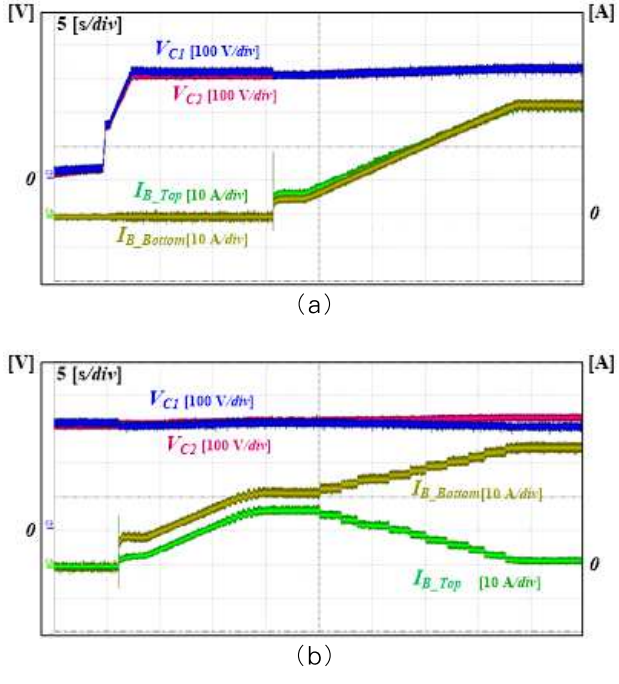

Fig. 11. Waveform of voltage and current at charging condition
(a) balance (b) unbalance

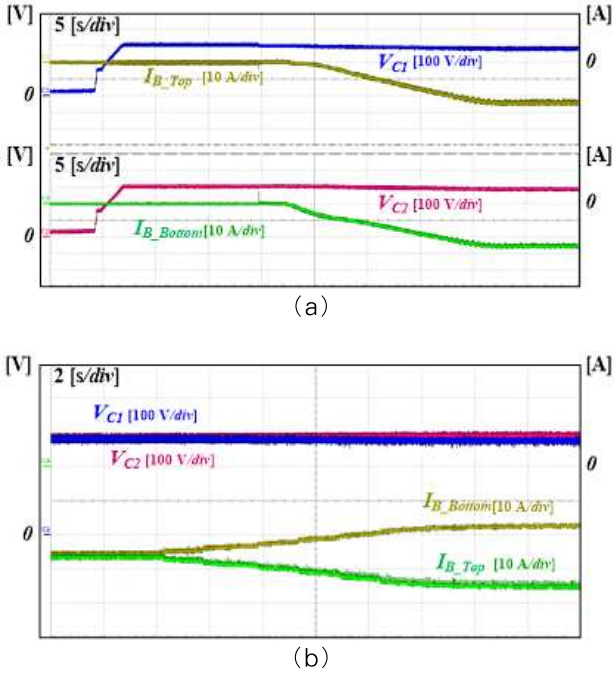

Fig. 12. Waveform of voltage and current at discharging condition
(a) balance (b) unbalance

군산대학교 | IP:203.234.58.*** | Accessed 2021/01/06 17:14(KST)

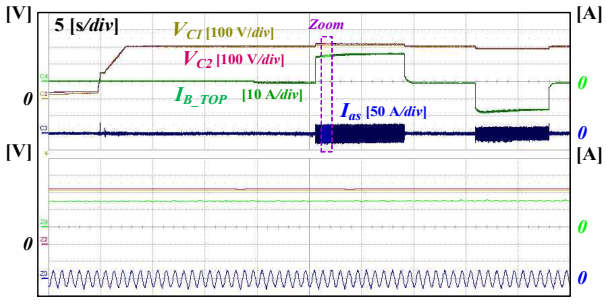

Fig. 13. Output voltage, current and AC grid current during charging and discharging

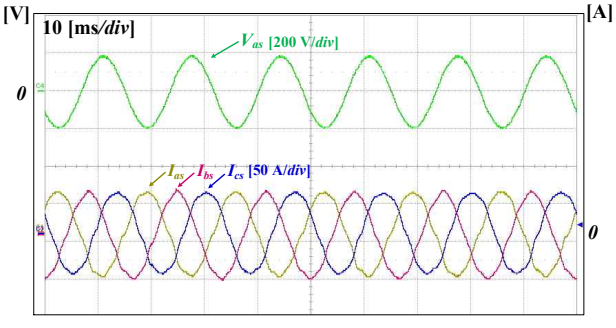

Fig. 14. AC grid voltage and current during discharging

또한 그림 14는 방전 시 3상 계통 전압과 전류 파형을 보여준다. 배터리 방전 총 용량은 18kW이다. 배터리 방전 중 a상 전압과 a상 전류의 위상 차이가 180도인 것을 위의 파형에서 확인할 수 있다.

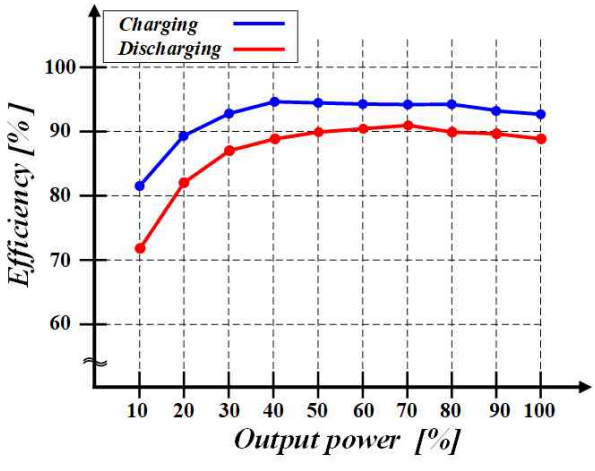

Fig. 15. Charging and discharging efficiency according to output power

그림 15는 제안된 충 · 방전 시스템의 충전 및 방전 실험에 따른 효율그래프를 보여준다. 충전 시 최대효율은 94.2%, 방전 시 최대 효율은 91.3%인 것을 확인할 수 있다.

6. 결 론

본 논문에서는 3-Level NPC AC/DC PWM 컨버터를 이용한 ESS 용 듀얼 배터리 팩의 충전 및 방전 시스템과 이를 이용한 시스템 운영 방법을 제안하였다. 또한 제안한 시스템 및 알고리즘을 적용하기 위해 20kW급 3-Level NPC AC/DC PWM 컨버터를 제작하였다.

제안한 시스템은 NPC 토폴로지의 중성점을 이용하여 단일 스택으로써 듀얼 배터리팩의 충 · 방전 제어가 가능함을 확인하였다. 또한 상하단 커패시터에 연결된 듀얼 배터리팩를 충 · 방전 시 제안한 중성점 밸런싱 제어를 이용하여 SOC 를 일정하게 유지시킴을 확인하였다. 제안한 시스템과 알고리즘은 PSIM 9.1.4 시뮬레이션과 실험을 통해 그 타당성과 유효성을 모두 검증하였다.

References

[1] "Smart Grid ESS Technology Trend Report," Korea Smart Grid Association, 2012. 09.

[2] Jun-Ho Yu, "Status of Energy Storage System," KDB Industry Bank, pp.78-105, 2014. 01.

[3] Y. Zhu, J. Yao, and D. Wu, "Comparative study of two stages and single stage topologies for grid-tie photovoltaic generation by PSCAD/EMTDC," in Advanced Power System Automation and Protection(APAP), 2011 International Conference on, pp. 1304-1309. Oct. 2011.

[4] J. Rodriguez, L. G. Franquelo, S. Kouro, J. I. Leon, R. C. Portillo, m. A. M. Prats, M. A. Perez, "Multilevel converters: an enabling technology for high-power applications," Proceeding of the IEEE, Vol. 97, No. 11, pp. 1786-1817, Nov. 2009.

[5] T. Bruckner, S. Bernet, and H. Guldner, "The active NPC converter and its loss-balancing control," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 52, no. 3, pp. 855-868, Jun. 2005.

[6] K. Qu, X. Jin, Y. Xing, Z. Ding, and W. Chen, "A SVPWM control strategy for NPC three-level inverter," 2011 IEEE Power Engineering and Automation Conference, vol. 1, pp. 256-259, Sept. 2011.

[7] C.Feng, J. Liang, V. G. Agelidis, "A novel voltage

군산대학교 | IP:203.234.58.*** | Accessed 2021/01/06 17:14(KST)

balancing control method for flying capacitor multilevel converters," Industrial Electronics Society Conference, Vol. 2, pp. 1179-1184, November 2003.

Biography

Young-Sang Ko

He received his M.S. degree in Electrical and Computer Engineering from Sungkyunkwan University, Suwon, Korea, in 2015. and He is presently working towards his Ph.D. degree in College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University. From 2017, he has been working as a CEO and researcher at Minmax corporation. His current research interests include ESS, Battery, AC/DC converter, DC/DC converter, DC/AC inverter, Smart gird, Photovoltaics System.

Kyung-Min Kang

He received his B.S. degree in Automatic System Engineering from Dongyang Mirea University, Seoul, Korea, in 2016: and his M.S degree in Energy System Enginnering form Sungkyunkwan University, Suwon, Korea, in 2018. He is presently working towards his Ph.D. degree in College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University. His current research interests include DC distribution system, ac-dc converter, model predictive control.

Jin-Wook Kang

He received his B.S. degree in Automatic System Engineering from Dongyang Mirea University, Seoul, Korea, in 2014. He is presently working towards his M.S. and Ph.D. degree in Sungkyunkwan University. His current research interests include multi level inverters, power converters and battery charging system.

Jung-Hyo Lee

He received the B.S. degree in electrical engineering from Konkuk University, Seoul, Korea, in 2006, and the M.S. and Ph.D. degrees in electrical engineering from Sungkyunkwan University, Suwon, Korea, in 2008 and 2013, respectively. From 2013 to 2016, he was a senior researcher of automotive component R&D Team in LG Innotek. From 2016, he has been an assistant professor in Kunsan National University, Gunsan, Korea. His research interests include converters and inverters for motor drive application.

Chung-Yuen Won

He received B.S. degree in electrical Engineering from Sungkyunkwan University, Suwon, Korea, in 1978, and the M.S. and Ph.D. degrees in Electrical Engineering from Seoul National University, Seoul, Korea, in 1980 and 1987, respectively. From 1990 to 1991, he was with the Department of Electrical Engineering, University of Tennessee, Knoxville, TN, USA as a Visiting Professor. Since 1988, he has been with a member of the faculty of Sungkyunkwan University, where he is a Professor in the College of Information and Communication Engineering; also, in 2008-2013, he was the director of Samsung Energy Power Research Center. He was the President of the Korean Institute of Power Electronics in 2010. Since 2016, he has been a director of the DC distribution research center. His current research interests include the power electronic of electric machines, electric / hybrid vehicle drives, power converters for renewable energy systems. He is a member of the Korea Institute of Power Electronics.

군산대학교 | IP:203.234.58.*** | Accessed 2021/01/06 17:14(KST)