

빌딩에 적용되는 DC 배전 시스템의 통합 운전

한동우*, 신수철*, 이희준*, 원충연*, 이택기**
성균관대학교*, 한양대학교**

Integrated Operation of DC Distribution System for Building Application

Dong Woo Han*, Soo Cheol Shin*, Hee Jun Lee*, Chung Yuen Won*, Taek Kie Lee**
Sungkyunkwan University*, Hankyong National University**

ABSTRACT

본 논문에서는 빌딩과 같은 건축물에 적용될 DC 배전 시스템의 통합 운전에 대하여 제안 및 분석을 하였다. 제안하는 DC 배전 시스템은 AC/DC 전력 변환 모듈 2개와 하나의 ESS (Energy Storage System) 모듈이 병렬로 연결 되어있으며, ESS와 부하의 상태에 따라 적합한 운전 모드로 동작 하게 된다. ESS와 부하의 상태는 시뮬레이션을 통해 모의하였으며, 제안된 시스템은 각 상황에 대응하는 제어가 원활히 이루어지는 것을 검증하였다.

1. 서론

최근 전력 반도체 소자와 전력전자기술의 발전으로 인해 직류 전력의 변환이 가능해짐에 따라, 기존의 AC 배전 방식의 장점이 상대적으로 저감되고 있다. DC 배전은 증가하는 분산 전원 및 전기자동차와의 연계가 용이하며, 회로해석의 용이, 무정전부하의 대응 편의성, 효율 향상과 같은 많은 장점을 가지고 있어 최근 많은 연구가 이루어지고 있다.^{[1],[2]}

본 논문에서는 3개의 전력 변환 모듈이 병렬로 구성된 DC 배전 시스템을 제안하였다. 각 모듈은 시스템의 부하 및 ESS의 상태에 따라 적합한 운전을 하도록 제어하였고, 이러한 시스템의 통합 운전은 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

2. 본론

2.1 제안하는 DC 배전 시스템

그림 1은 본 논문에서 제안하는 DC 배전 시스템의 전체 회로도이다. 제안하는 DC 배전 시스템은 50[kW] 용량의 AC/DC 모듈 2개와 40[kWh] 용량의 Lithium Polymer 배터리가 연계된 ESS 모듈 하나가 병렬로 구성되어 있다. 2개의 AC/DC 모듈은 3상의 계통 교류전력을 변환하여 부하 및 ESS 모듈에 직류 전력을 공급하고, 한 개의 ESS 모듈은 배터리의 충·방전을 담당한다.

AC/DC 모듈은 초기 기동을 위한 초기 충전 회로가 포함되며, 전력 반도체 소자의 스위칭으로 인해 생기는 입력 전류의 고조파를 저감시키기 위하여 LCL 필터를 사용하였다. 3상의 전력을 제어하기 위하여 좌표변환 이론을 적용하였고, 이를 통하여 변환된 2상의 d q축의 전압 및 전류를 이용하여 AC/DC

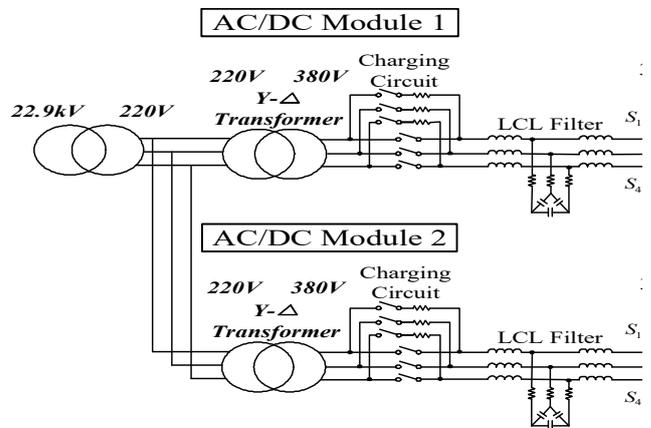


그림 1 DC 배전 시스템 회로도

Fig. 1 Schematic of DC distribution system

컨버터의 전류와 전압을 제어한다. 또한 AC/DC컨버터 출력단에는 승압된 DC 전압을 배전 전압으로 강압하기 위한 양방향 DC/DC 컨버터가 연계되어 전압과 전력을 제어한다.

ESS 모듈은 Lithium Polymer 배터리의 전압을 배전 전압과 연계시키기 위한 양방향 DC/DC 컨버터가 포함되고, 이를 통하여 전압, 전류, 전력제어를 수행한다.

3개 모듈의 출력단 DC Link는 시스템의 출력을 증대시키기 위하여 DC BUS에 병렬로 연결이 된다. 따라서 전압원 출력의 전력변환장치의 병렬 연계 시 발생하는 순환전류 저감 및 전력제어를 위한 전력제어가 추가로 수행되고, 이를 통하여 각 모듈의 전력을 원하는 대로 분배할 수 있다.

2.2 DC 배전 시스템의 통합 운전

제안하는 DC 배전 시스템은 3개의 전력 변환 모듈이 병렬로 연결되어 시스템을 이루고 있다. 부하 변화량, 전력 변환 모듈의 상태, 배터리의 상태 등의 전체 시스템의 상태에 따라 배터리의 충·방전 여부 및 각 모듈의 운전을 결정한다. 본 논문에서 제안하는 DC 배전 시스템은 총 6개의 운전 모드를 가지고 있다.

2.2.1 ESS 분리 모드(1. 0~50[kW], 2. 50~100[kW])

ESS 분리 모드는 시스템이 배터리의 충·방전이 필요 없다고 판단하여, ESS 모듈이 DC BUS와 연계되지 않은 상태이다.

부하에서 요구하는 전력이 50[kW]를 넘지 않았을 경우에는 1개의 AC/DC 모듈이 모든 부하를 감당하고, 50~100[kW]의 전력을 부하에서 요구할 경우에는 2개의 AC/DC 모듈이 모든 부하를 감당한다.

2.2.2 ESS 방전 모드(3. 100~140[kW], 4. AC/DC 모듈 분리)

ESS 방전 모드는 DC BUS와 ESS 모듈이 연계되어 배터리를 방전하는 상태이다. 부하가 요구하는 전력이 2개의 AC/DC 모듈들이 감당할 수 있는 전력을 넘었을 때, ESS 모듈이 연계되어 추가되는 부하를 감당한다. 또한 AC/DC 모듈이 수리 및 고장 등의 이유로 DC BUS에서 분리될 때, 부하에서 요구하는 전력은 모두 ESS 모듈에서 감당한다.

2.2.3 ESS 충전 모드(5. 요구전력 50[kW]이하, 6. 요구전력 50[kW] 이상)

ESS 충전 모드는 AC/DC 모듈을 통하여 배터리를 충전하는 상태이다. 부하와 배터리 충전 전력의 합이 50[kW] 이하일 경우에는 AC/DC 모듈 하나가 동작하고, 50[kW] 이상일 경우에는 2개의 AC/DC 모듈이 동작하여 부하 및 배터리 충전에 필요한 전력을 공급한다.

3. 시뮬레이션

표 1 DC 배전 시스템의 파라미터 값
Table 1 Values of the DC distribution system parameters

Parameters	Value	
	AC/DC Module	ESS Module
Capacity	50[kW]	40[kWh]
Input Voltage	380[V _{rms}]/60[Hz]	320[V _{dc}]
Output Bus Voltage	380[V _{dc}]	380[V _{dc}]
Switching Frequency	5[kHz]	5[kHz]

표 1은 시뮬레이션에 적용한 DC 배전 시스템의 파라미터 값이다. Mode1~Mode6의 상황을 모의하여 DC 배전 시스템의 통합 운전을 수행하였다.

그림 2는 제안된 DC 배전 시스템의 각 Mode에 해당하는 운전을 보여준다.

그림 2(a)는 Mode 1, 2, 3에 해당하는 시스템의 운전을 보여준다. 시스템에는 10[kW]의 부하가 차례로 투입되고, 하나의 AC/DC 모듈이 감당할 수 있는 범위 내에서 Mode 1에 해당하는 운전을 수행한다. 총 부하가 50[kW]를 넘어가면 AC/DC 모듈이 하나 더 투입되는 Mode 2로 운전모드가 바뀌고, 100[kW]를 넘어가면 ESS 모듈까지 투입되어 Mode 3에 해당하는 운전을 수행한다.

그림 2(b)는 Mode 1, 4에 해당하는 시스템의 운전을 보여준다. Mode 1에 해당하는 운전을 하던 중, AC/DC 모듈이 수리 및 고장으로 인하여 BUS와 분리된다. 이때 시스템은 ESS 모듈을 BUS에 투입시켜 부하를 감당하는 Mode 4 운전을 수행한다.

그림 2(c)는 Mode 5, 6에 해당하는 시스템의 운전을 보여준다. 부하와 배터리의 충전 전력의 합이 50[kW] 이하일 때에는 하나의 AC/DC 모듈만 사용하는 Mode 5에 해당하는 운전을

수행하고, 50[kW] 이상일 때에는 두 개의 AC/DC 모듈을 사용하는 Mode 6에 해당하는 운전을 수행한다.

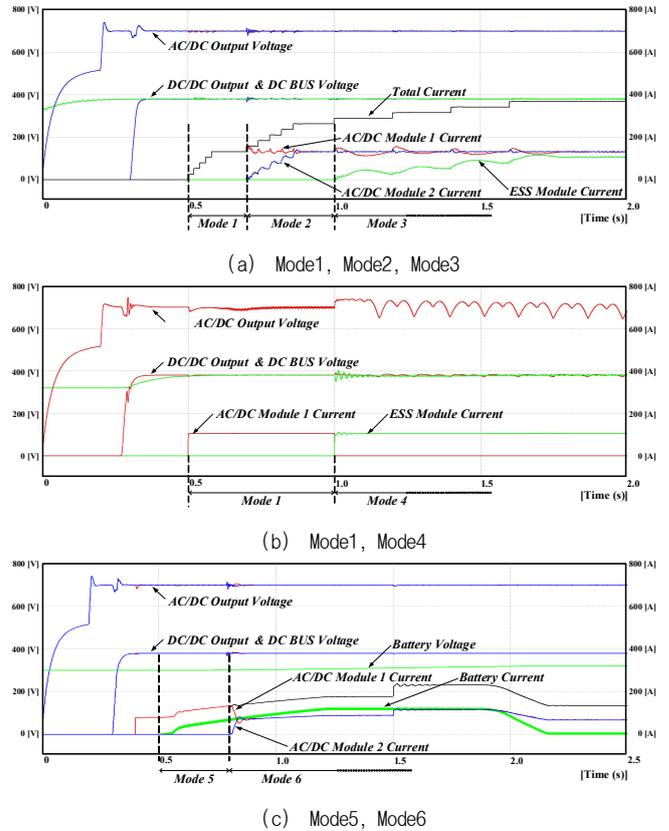


그림 2 DC 배전 시스템 통합 운전
Fig. 2 Integrated Operation of DC Distribution System

4. 결론

본 논문에서는 빌딩에 적용 가능한 다수의 전력 변환 모듈로 구성된 DC 배전 시스템을 제안하였다. 제안된 DC 배전 시스템의 AC/DC 전력 변환 모듈 및 ESS 모듈은 시스템의 상황에 적합하게 배전 계통에 투입 및 해제가 가능하고, 전력 제어를 통하여 원하는 전력만큼 운전이 가능함을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 기술혁신사업(No.2011T100100025)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

참고 문헌

[1] Dong, D, "Grid Interface Bidirectional Converter for Residential DC Distribution Systems", *Power Electronics, IEEE Transactions on*, Vol. 28, No. 4, pp. 1655-1679, 2013.
[2] Soo Cheol Shin, "Transient Response Improvement at Startup of Three Phase AC/DC Converter for DC Distribution System in Building Applications", *The Transactions of KIPE*, Vol. 18, No. 2, pp. 138-144, 2013. April