

태양광 발전이 연계된 DC 마이크로 그리드의 시뮬레이션

Simulation of DC Microgrid with PV Generation

박철원*
(Chul-Won Park)

Abstract - In recent years, there is an increasing demand for DC microgrid because the digital load due to DC increases and the efficiency of the distribution system increases due to loss of conversion losses and conversion stages due to reactive power compared to AC distribution. Currently, with the support of the KEPRI, the development of an electronic large-capacity circuit breaker for DC distribution protection, which has been underway since 2016, is proceeding. In this paper, as a part of this project, we modeled the DC microgrid connected with PV using PSCAD. The converter station, AC/DC converter control, PV and MPPT controller are designed. In order to evaluate the performance of the modeled DC microgrid, it is examined whether the voltage is adjusted according to the load variation.

Key Words : Circuit breaker, Converter station, DC microgrid, Load variation, PSCAD, PV, MPPT

1. 서 론

근래 산업부는 “신재생 3020 이행 계획”을 발표하였다. 이는 신규 설치량 중 태양광/풍력 비중이 80%로서 연평균 설치량이 기존 1.7[GW]에서 3.7[GW]로 확대하여 2030년까지 총 53[GW] 신규 재생에너지 설치 계획을 담고 있다. 파리기후 협약 후 국제에너지 정세에 능동적으로 대응하고 정부의 신재생에너지 3020정책을 적극적으로 이행하기 위한 노력이 기대된다[1].

기존 광역 전력시스템으로부터 독립된 분산전원(DER : Distributed Energy Resources)을 중심으로 국소의 전력공급 시스템을 마이크로 그리드(Microgrid)라고 한다. 이는 양방향 송배전을 바탕으로 다수의 프로슈머가 전력생산에 참여하기 때문에 안정적인 전기공급 및 신재생에너지의 효율적인 이용도 기대되기 때문에 종래 전력시스템과 상호 보완적인 운용이 가능해질 수 있다. 한편 DC에 의한 디지털부하가 증가하고 AC 배전망에 비해 변환단의 손실과 무효전력에 의한 손실이 감소하여 배전시스템의 운용 효율성이 증가하기 때문에, DC 마이크로 그리드의 필요성이 증대하고 있다. 이에 도서형 마이크로 그리드를 중심으로 DC 배전망 보급이 추진되고 있다[2]. 특히 한전은 2023년까지 LVDC 배전망(Low Voltage Direct Current Distribution Grid)을 상용화할 목적으로, 저전압 공급전압을 $\pm 750\text{Vdc}$ 로 선택하고 비접지 LVDC 그리드의 표준 모델을 제안하였다. 현재 고장실증단계에 LVDC 배전망 또는 DC 마이크로 그리드에 관한 다양한 시뮬레이션을 위해 인공고장장치를 포함한 $\pm 750\text{Vdc}$ 테스트 베드를 구축하고 있다. 한편 2017년 7월 2

분기 마이크로그리드 시장 분석 및 예측(Microgrid Deployment Tracker 2017)에 의하면, 이 분야의 전망은 매우 밝다[2~5].

관련된 연구로 2014년 10월 DC 배전망을 위한 K-MEG 개방형 테스트 베드 구축에 관한 연구가 이루어졌으며 RTDS(Real-time Dynamic Simulator)와 하드웨어 시뮬레이터를 이용한 독립형 마이크로 그리드의 실시간 동작 분석이 수행되었다[6, 7]. 마이크로 그리드 및 DC 배전의 단락 회로 및 고장 특성에 대한 기준 및 연구가 제시되었고 2016년부터 직류배전망 보호용 전자식 대용량 DC 차단기 개발이 진행되고 있다[8]. 저압직류 배전망의 고장위치에 따른 적용 가능한 보호방식 검토 및 저압직류 배전계통에 대한 ETO 기반 직류차단기의 적용 가능성 검토 논문이 발표되었다[9]. 2017년 교류측 보호기기 동작에 기인한 저압직류 배전망의 과도특성에 관한 연구와 저압 직류차단기 설계 기술에 관한 연구에서 소호원리와 구조 별 기능에 따른 설계요소가 제시되었다[10]. 최근 LVDC 마이크로 그리드 고장특성 분석 및 보호 방안 연구에서는 사고 발생 시 고장전류 특성을 분석하고 기기 및 계통을 보호하기 위한 보호기법이 제시되었고 PSCAD를 활용하여 유효성이 검증되었다[11-18]. 장래 DC 차단기의 개발 및 운영을 위해 분산 전원의 과도 시뮬레이션, 고장 분석 및 보호 협조에 대한 세부적인 모델이 수행되어야 할 것이다[19, 20].

본 논문은 전력연구원의 지원을 받아 2016년부터 진행하고 있는 직류배전망 보호용 전자식 대용량 차단기 개발의 결과로서, PSCAD를 이용하여 태양광(PV : Photovoltaic) 발전이 연계된 DC 마이크로 그리드를 모델링하고자 한다. 또한 DC 마이크로 그리드를 모델링하기 위해 사용된 컨버터의 제어기법을 다룬다. 특히 부하 변동에 따른 모델링의 성능 평가를 위하여 부하가 가변되더라도 DC 마이크로 그리드가 정상적으로 전압을 잘 조정하는 지 여부를 시뮬레이션을 통해 검토하고자 한다.

* Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Gangneung-Wonju National University, Korea

E-mail : cwpark1@gwnu.ac.kr

접수일자 : 2017년 11월 14일

최종완료 : 2017년 11월 29일

2. DC 마이크로 그리드 모델링과 시뮬레이션

2.1 DC 마이크로 그리드의 개요

DC 마이크로 그리드는 3상 AC/DC 컨버터를 기반으로 하는 AC/DC 변환소(Converter Station), 배전선로, PV, WT, CHP, ESS, EV, AC 및 DC 부하 등으로 구성될 수 있다. 그림 1은 본 연구에서 고려된 DC 마이크로 그리드를 나타낸다.

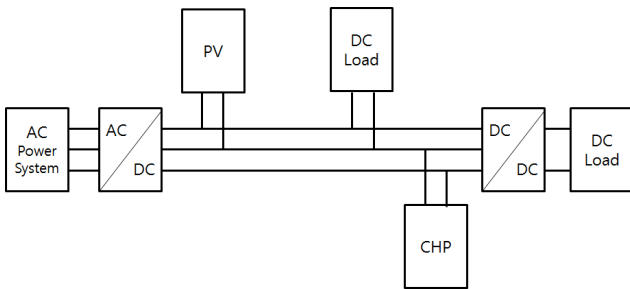


그림 1 DC 마이크로 그리드
Fig. 1 DC microgrid

2.2 DC 마이크로 그리드의 모델링

신재생이 연계된 DC 마이크로 그리드를 PSCAD를 이용하여 모델링을 수행하였다.

그림 2는 고창 KEPRI 시험센터의 DC 마이크로 그리드를 간략화한 모델을 나타낸다. 그림 2와 같이 전력계통으로부터 AC 22.9[kV] 전압을 공급 받아 AC/DC 변환소의 정류기를 거쳐 Bipolar 형식의 DC 1500[V](±750[V])로 변환된 후 DC 마이크로 그리드에 공급된다. 본 논문의 대상 DC 마이크로 그리드는 AC 계통과 연계된 변환소(500[kVA]급)와 50[kW] 출력의 PV 2기, 100[kW] 출력의 CHP 1기,

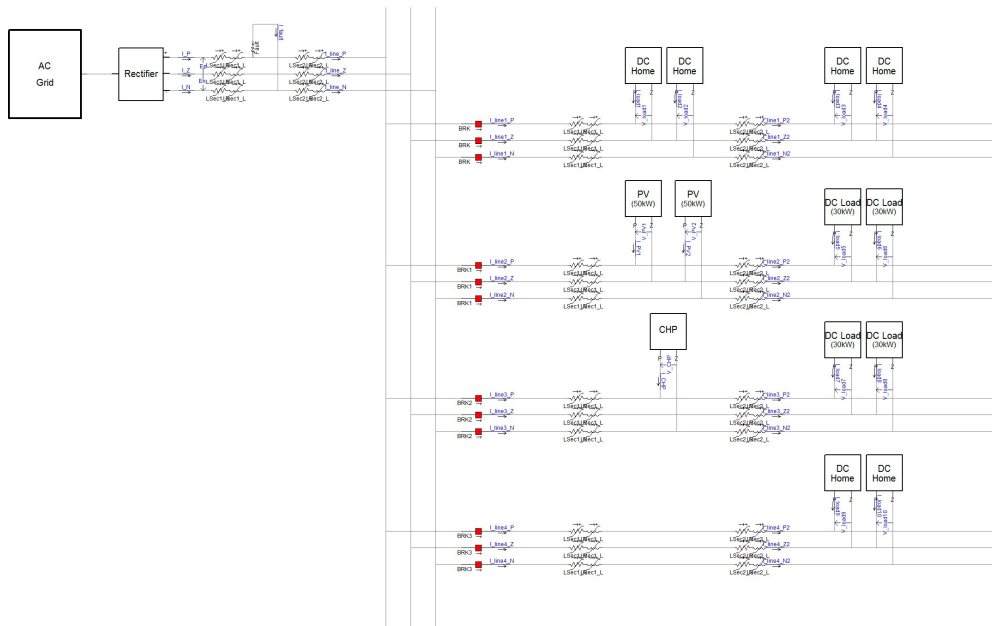


그림 2 DC 마이크로 그리드 모델링
Fig. 2 Modeling of DC microgrid

420[kW]의 DC 부하로 구성하였다.

2.2.1 변환소 모델링

그림 3은 DC 마이크로 그리드의 구성요소 중에서 계통과 연계된 변환소 모델링을 나타낸다. 그림 3과 같이 변환소는 AC 계통으로부터 22.9[kV]의 전압을 공급 받아 변압기를 거쳐 전압을 380[V]로 강압한 후 정류기를 거쳐서 직류 1500[V]로 변환되는 것을 알 수 있다. 변환된 직류전압은 사용전압 ±750[V] Bipolar 형식으로 변환되어 DC 마이크로 그리드와 연계가 된다.

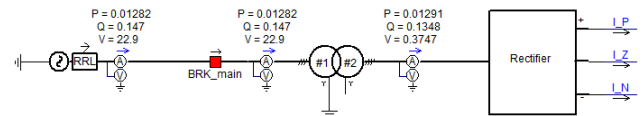


그림 3 변환소 모델링
Fig. 3 Modeling of converter station

(1) 정류기 모델링

정류기는 교류전압을 직류전압으로 변환하기 위해서 교류 계통의 연계변압기(22.9[kV]/0.38[kV])로부터 교류전압을 받아 PWM(Pulse Width Modulation)제어를 거쳐 Bipolar ±750[V]의 직류전압으로 변환한다. IGBT와 역병렬 다이오드가 사용되었는데, 이 소자는 스위칭 손실이 적고 대용량에 적합하다. 3상 AC/DC컨버터의 사양은 정격용량은 500[kVA], 계통전압은 380[Vrms], DC-링크전압은 1500[Vdc], DC-링크 커패시터는 23000[μF], 스위칭 주파수는 2[kHz]이다. 정류기의 용량은 500[kVA]로써 전력공급시 입력전압 교류 380[V]의 전압을 직류 1500[V](±750[V])로 변환하며 전력 회생 시 입력전압 직류 1500[V](±750[V])의 전압을 교류 380[V]로 변환시킨다.

DC-링크 커패시터 값은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P = S \cos \theta = \sqrt{3} V_{LL} I \cos \theta \quad (1)$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} V_{LL}} = \frac{500 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380} = 759.671 [A] \quad (2)$$

$P = P_{dc} \times \eta = V_{dc} I_{dc} \times \eta$ 이기 때문에, 3상 입력 전류를 통하여 DC-링크 커패시터로 흐르는 직류 전류(I_{dc})는 식 (3)을 이용하여 구할 수 있다. 여기서 효율 η 은 95%, 역률은 0.98로 설정하였고 $V_{C_{vsc}}$ 는 DC 축 커패시터 출력전압을 나타낸다.

$$I_{dc} = \frac{P_{dc}}{V_{C_{vsc}}} = \frac{\sqrt{3} V_{LL} I \cos \theta}{V_{C_{vsc}} \times \eta} = 343.859 [A] \quad (3)$$

그림 4는 AC/DC 컨버터 모델링을 나타낸다. AC/DC 컨버터의 전압제어기는 2[kHz] 주기로 동작하도록 설정하였고 배전 전압은 변동이 크면 안 되므로 0.5[%]의 전압 변동률로 설정하였다. 따라서 AC/DC 컨버터의 DC-링크 커패시터의 값은 식 (4)와 같이 구할 수 있다. AC/DC 컨버터의 DC-링크 커패시터(C_{VSC})의 값은 23000[uF]으로 선정하였다.

$$C_{VSC} = I_{dc} \times \frac{\Delta t}{\Delta V_{C_{VSC}}} = 343.859 \times \frac{0.0005}{15000 \times 0.005} = 22923.93 [\mu F] \quad (4)$$

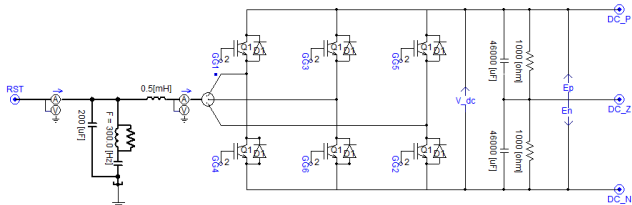


그림 4 AC/DC 컨버터 모델링
Fig. 4 Modeling of AC/DC converter

(2) AC/DC 컨버터 제어기

AC/DC 컨버터의 제어기는 전압제어기와 전류제어기로 구성되어 있는데, 그림 5~그림 7은 PSCAD에 의한 제어기

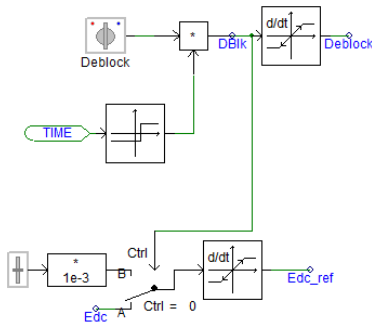


그림 5 AC/DC 컨버터 제어기
Fig. 5 Controller of AC/DC converter

모델링을 나타낸다. 그림 5는 AC/DC 컨버터 동작 제어기인데 이 제어기는 컨버터 동작 시간을 설정할 수 있다.

그림 6은 AC/DC 컨버터의 전압제어기이며 그림 7은 AC/DC 컨버터의 d축 전류제어기 그림 8은 AC/DC 컨버터의 q축 전류제어기를 각각 나타낸다. 이 전압 및 전류 제어기를 통하여 d축, q축 전압 레퍼런스를 생성하며 이를 PWM 제어를 통해 AC/DC 컨버터를 제어하게 된다.

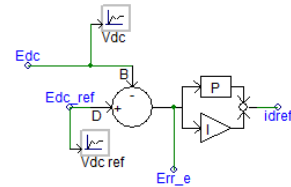


그림 6 AC/DC 컨버터 전압제어기
Fig. 6 Voltage controller of AC/DC converter

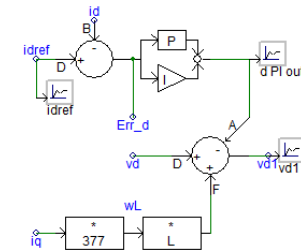


그림 7 AC/DC 컨버터 Id 제어기
Fig. 7 Id controller of AC/DC converter

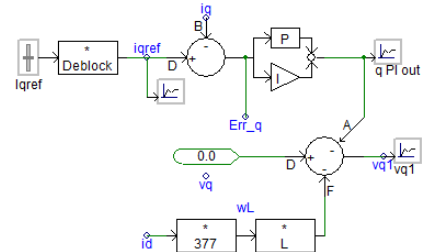


그림 8 AC/DC 컨버터 Iq 제어기
Fig. 8 Iq controller of AC/DC Converter

2.2.2 PV 모델링

PV는 PSCAD 내부 라이브러리를 활용하여 모델링하였다. 이는 직·병렬 모듈과 어레이 등을 가변하여 태양광 모듈을 구성할 수 있다. PV는 일사량과 온도의 설정 값을 조정하여 PV에서 출력되는 전력이 조정된다. 본 모델링에서 일사량은 1200[W/m²], 온도는 28[°C]로 일정하게 입력하여 PV의 출력을 일정하도록 하였다. 또한 PV는 계통이 정상상태가 된 후 가압시키기 위하여 3초에 동작하도록 설정하였다. 그림 9는 PV 모델링을 나타낸다. 그림 9과 같이 PV 모델은 직류전원이 출력되기 때문에 DC/DC 컨버터를 이용한 최대 전력추종(MPPT : Maximum Power Point Tracking) 제어를 통해 직류배전망과 연계가 된다.

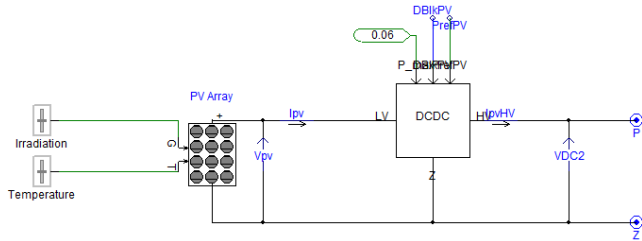


그림 9 DC 마이크로 그리드의 PV 모델링
Fig. 9 PV modeling of DC microgrid

(1) MPPT 제어

MPPT 제어는 일반적으로 P&O(Pertub & Observe) 기법을 사용한다. 본 연구에서는 PSCAD 내부의 라이브러리를 이용하여 MPPT 제어를 수행하였다. 그림 10은 PSCAD 내부의 MPPT 제어 라이브러리를 나타낸다.

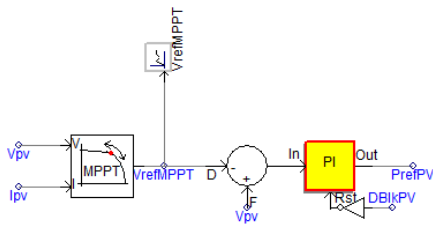


그림 10 PV의 MPPT 제어
Fig. 10 MPPT control of PV

그림 10은 PSCAD를 통한 DC/DC 컨버터의 제어모듈 모델링을 나타낸다. 그림 10과 같이 MPPT 제어를 통해 전력 레퍼런스와 전력을 비교하여 PWM 제어를 통해 전력제어를 하게 된다.

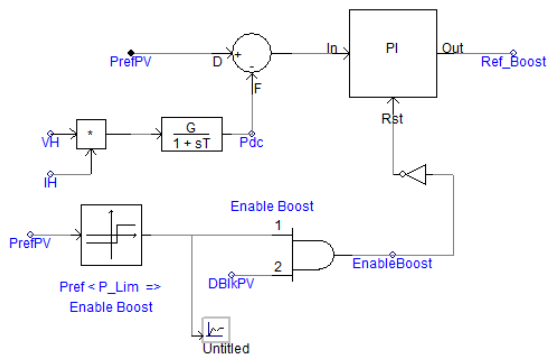
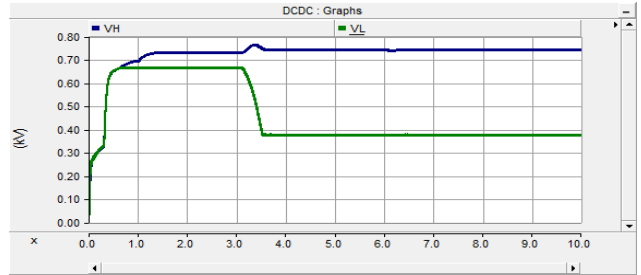


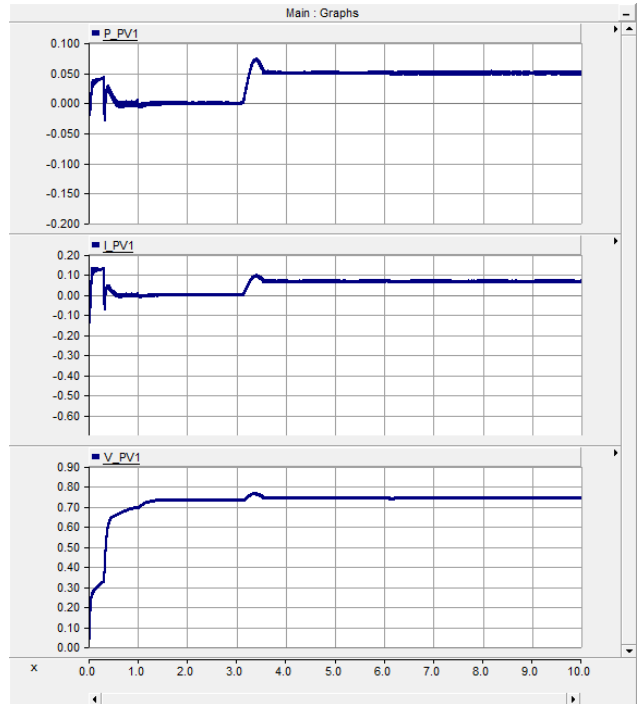
그림 10 PSCAD에 의한 DC/DC 컨버터 제어
Fig. 10 DC/DC converter control using PSCAD

(2) PV 시뮬레이션 결과

그림 11은 PSCAD를 이용한 PV의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 본 시뮬레이션에서 PV는 3초부터 동작하도록 설정하였는데 그림 11(a)와 같이 3초 이후에 계통에 가압되어 출력이 나타나는 것을 알 수 있다. 그림 11(b)와 같이 전력은 3.5초에서 50[kW]를 출력하며 전류는 약 66.7[A], 전압은 750[V]를 출력하고 있는 것을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 11 PSCAD에 의한 PV 시뮬레이션 결과
Fig. 11 Result simulation result of PV using PSCAD

2.2.3 CHP 모델링

CHP는 동기발전기를 기반으로 모델링하였다. 이 발전기의 제어기는 출력전압을 조정하는 여자기와 유효전력출력을 조정하는 조속기, 터빈으로 구성되어 있다. DC 계통과 연계를 위하여 AC/DC 컨버터를 사용하였다. 그림 12는 PSCAD를 이용한 동기발전기 모델을 나타낸다.

2.2.3.1 CHP 시뮬레이션 결과

그림 13은 PSCAD에 의한 동기발전기의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 본 시뮬레이션에서 동기발전기는 1초부터 동작하도록 설정되어있는데 그림 13(a)와 같이 동기발전기에서 출력되는 380[V]의 교류 전압이 직류 1500[V]로 변환되어 출력되는 것을 알 수 있고, 그림 13(b)으로부터 1초 이후에 계통에 가압되어 출력이 나타나는 것을 알 수 있다. 또한 전력은 250[kW]를 출력하고 있고, 전류는 약 166[A], 전압은 1500[V]를 출력하고 있는 것을 알 수 있다.

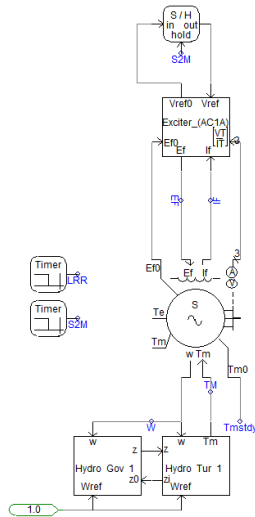
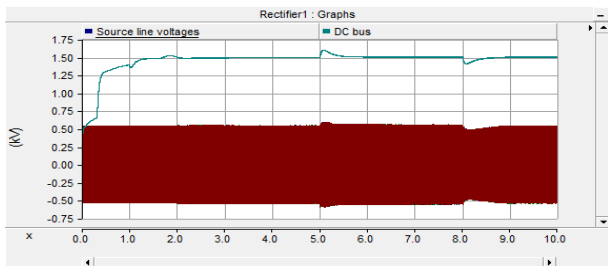
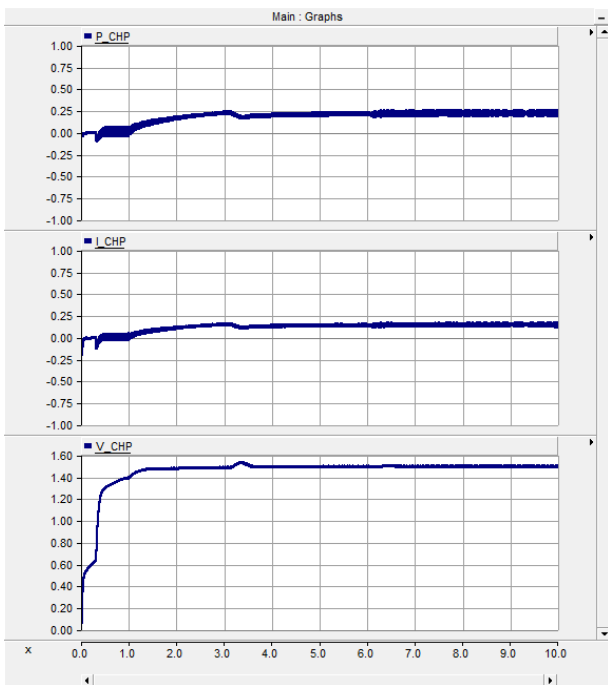


그림 12 동기발전기 모델링
Fig. 12 Modeling of synchronous generator



(a)



(b)

그림 13 PSCAD에 의한 동기발전기 시뮬레이션 결과
Fig. 13 Result simulation result signals of synchronous generator using PSCAD

2.2.4 DC 부하 및 선로 모델링

DC 부하는 저항소자로 이루어져 있으며 용량에 따라 저항이 가변되도록 하였는데 50[kW]는 11.25[Ω], 10[kW]는 56.25[Ω]이 된다. D/L 선로는 0.6/1.0[kV] XLPE 절연케이블을 사용하였는데, 각 구간마다 300[m], 400[m]로 선정하였고, 선로의 파라미터 값은 $0.247 + j0.125[\text{ohm/km}]$ 이다.

2.2.5 부하변동 시뮬레이션

본 연구에서는 신재생이 연계된 DC 마이크로 그리드 모델을 통하여 부하가 가변되어도 정상적으로 전압을 조정되는지 알아보기 위하여 부하변동 시뮬레이션을 수행하였다. 이 모델은 500[kVA] 계통측 변환소, 100[kW] PV, 100[kW] 동기발전기, 선로 및 부하로 구성하였다. 시뮬레이션 조건은 0.3초에 AC 계통이 가압되었으며 1초에 동기발전기가 투입되며 3초에는 PV가 투입된다. 또한 부하를 초기 420[kW]에서, 6초에 180[kW]로 가변시킨 후, 다시 9초에 420[kW]로 가변하였다.

(1) 부하변동 시뮬레이션 결과

그림 14는 부하변동 시 계통측 변환소에서의 전력과 전류, 전압을 나타낸다. 그림 14와 같이 출력되는 전력은 6초에 약 20[kW] 정도를 회생하는 것을 알 수 있으며 9초에 다시 DC 계통으로 전력을 약 100[kW]를 공급하는 것을 알 수 있다. 전압은 6초와 9초에 순간적으로 변동이 있었으나 750[V]를 원만하게 추종하는 것을 알 수 있다.

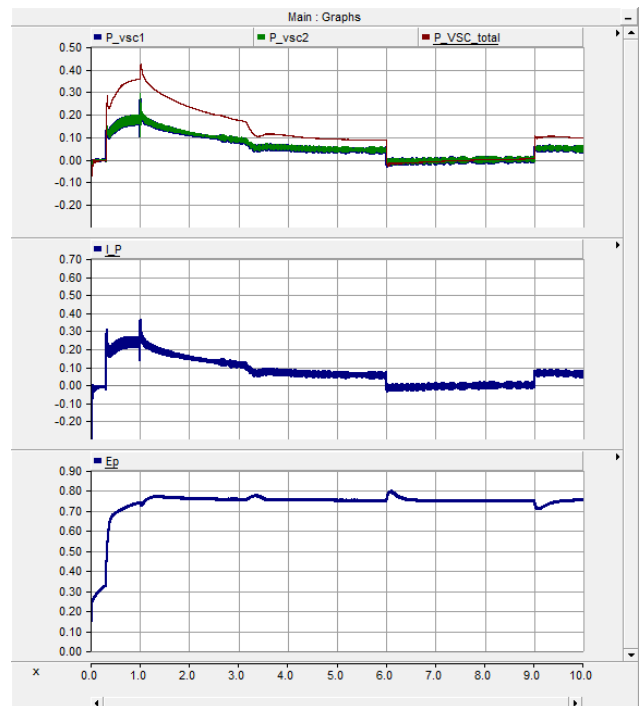


그림 14 계통측 변환소에서의 출력 파형
Fig. 14 Output signals of converter station in power system

그림 15는 부하변동 시 PV에서의 전력과 전류, 전압을 나타낸다. 그림 15로부터 출력되는 전력은 3초에 전력이 50[kW]를 출력하고 있으며 6초에는 순간적으로 약 5[kW]까

지 감소하였다가 50[kW]를 유지하며 9초에는 순간적으로 약 80[kW]까지 상승하였다가 50[kW]의 출력을 유지하는 것을 알 수 있다. 전압의 경우 3초에 가동되었을 때 순간 전압이 15[V]정도 상승하며 6초에는 50[V]가 순간적으로 상승하였고 9초에는 -50[V]가 순간적으로 감소하였다가 다시 750[V]로 잘 유지하는 것을 알 수 있다.

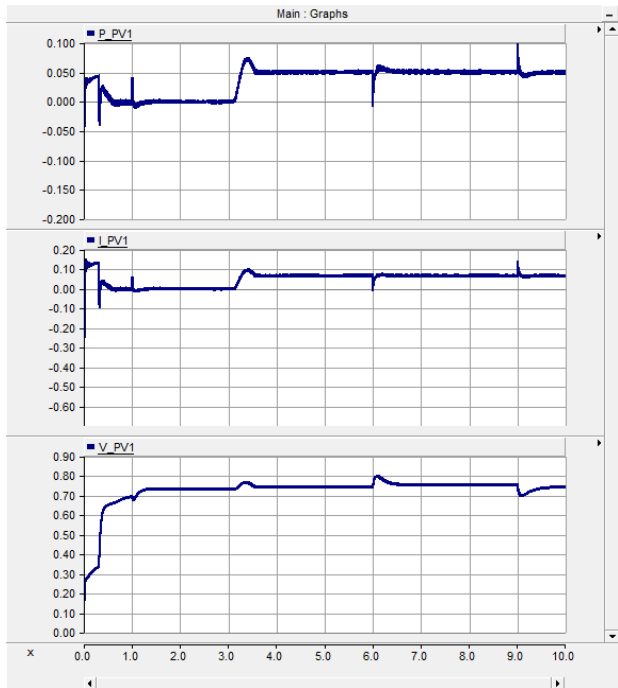


그림 15 PV에서의 출력 파형
Fig. 15 Output signals of PV

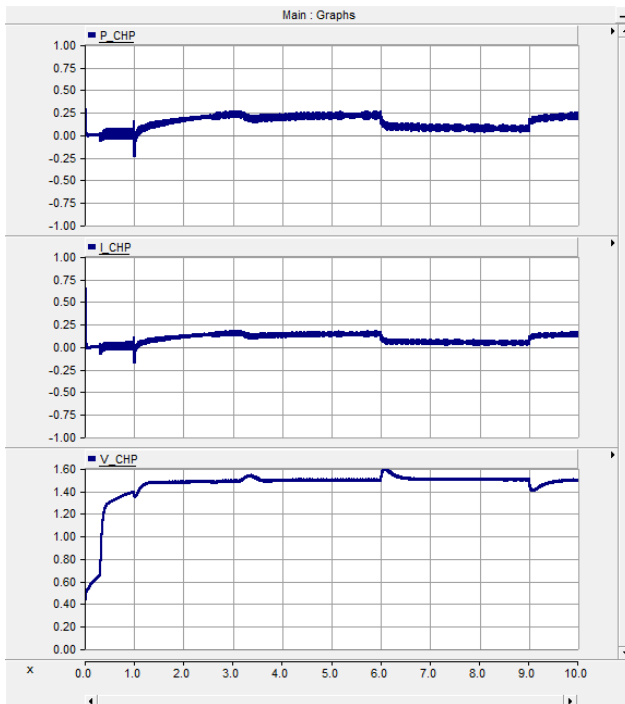


그림 16 동기발전기에서의 출력 파형
Fig. 16 Output signals of synchronous generator

그림 16은 부하변동 시 동기발전기에서의 전력과 전류, 전압을 나타낸다. 그림 16으로부터 출력되는 전력은 6초 이전에는 약 200[kW]를 공급하다가 6초에 100[kW]로 공급전력이 떨어지며 9초에 다시 약 200[kW]를 계통에 공급하는 것을 알 수 있다. 전압은 6초와 9초에 순간적으로 변동이 있었으나 1500[V]를 추종하는 것을 알 수 있다.

3. 결 론

최근 DC 형태의 디지털 부하가 증가하고 AC 배전에 비해 무효 전력에 의한 변환 손실 및 변환단의 손실이 적어서 배전 시스템의 효율이 증가하기 때문에, DC 마이크로 그리드 또는 직류 배전에 대한 관심이 증가하고 있다. 한전은 2023년까지 ±750Vdc 직류 배전 상용화를 위하여 2016년부터 직류배전망 보호용 전자식 대용량 차단기 개발을 진행하고 있다.

본 논문은 이 과제의 일부로서 PV가 연계된 DC 마이크로 그리드를 PSCAD를 이용하여 모델링하였다. 또한 변환소와 AC/DC 컨버터 제어, PV 및 MPPT 제어를 설계하였다. 모델링한 DC 마이크로 그리드의 성능 평가를 위하여 부하 변동에 따른 전압 조정 여부를 검토하였다. PSCAD에 의한 DC 마이크로 그리드의 시뮬레이션 결과, 부하가 가변되더라도 계통측 변환소의 전력과 전류, 전압, PV에서의 전력과 전류, 전압, 동기발전기에서의 전력과 전류, 전압이 잘 조정되는 것을 알 수 있었다.

References

- [1] S. H. Lee, "Present and Future of Energy Industry," *2017 KIEE PES Autumn Conference Special Session*, pp. 55-66, November 2017.
- [2] Sushanta Kumar Mahapatra, Keshab Chandra Ratha, J. Y. Kim, "Current Status and Effective Implementation of Low Voltage Direct Current Distribution Technology," *Journal of International Development*, vol. 29, no. 1, pp. 147-154, Wiley, January 2017.
- [3] C. H. Noh, G. H. Gwon, C. H. Kim, "A Study on Transient Characteristics in Low Voltage DC Distribution System resulted from the Operation of Protective Device in AC Side," *Journal of KIIEE*, vol. 31, no. 4, pp. 21-28, April 2017.
- [4] J. H. Lee, H. D. Jung, et al., "DC distribution development status and plan of KEPCO for introduction of high-efficiency distribution networks in the future," *KIEE Summer Conference*, pp. 313-314, July 2016.
- [5] KEPRI, "Establishment of Distributed Power and Load Linkage System for DC-based Book Area," *Request for Service Proposal*, pp. 1-65, April 2016.
- [6] B. M. Han, J. G. Lee, Y. S. Lee, J. H. Kim, "Operational Characteristic Analysis of Bipolar DC Distribution System using Hardware Simulator,"

- Trans. KIEE*, vol. 63, no. 4, pp. 476-483, April 2014.
- [7] D. J. Won, B. M. Han, Y. S. Lee, H. J. Lee, "Real-time Operation Analysis for Stand-alone Microgrid using RTDS," *Trans. KIEE*, vol. 63, no. 10, pp. 1393-1401, October 2014.
- [8] ENTEC, "Development of High-speed Circuit Breakers for Low Voltage DC Distribution on New and Renewable Energy Interconnection," *Proposal*, pp. 1-160, June 2016.
- [9] J. W. Park, J. I. Song, C. H. Noh, G. H. Gwon, J. Han, C. H. Kim, "A Study on Applicability of Emitter Turn Off Thyristor based on DC Circuit Breaker in Low Voltage DC Distribution System," *2016 KIIEE Autumn Conference*, p. 68, NOV. 2016.
- [10] C. H. Noh, G. H. Gwon, C. H. Kim, "A Study on Transient Characteristics in Low Voltage DC Distribution System Resulted from the Operation of Protective Device in AC Side," *Journal of KIIEE*, vol. 31, no. 4, pp. 21-28, April 2017.
- [11] Jisung Ho, "A Study on the Protection Cooperation of Distributed Power Consumers," *Korea University of Technology Education, PhD. Thesis*, pp. 1-159, August 2014.
- [12] Pasi Salonen, "Protection scheme for an LVDC distribution system," *CIGRE Conference Paper 0891*, pp. 1-4, June 2009.
- [13] ABB, "ABB circuit - breakers for direct current applications," pp. 1-56, SEP. 2007.
- [14] Jin Yang et al., "Multiterminal DC Wind Farm Collection Grid Internet Fault Analysis and Protection Design," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 25, no. 4, pp. 2308-2318, October 2010.
- [15] M. M. Xu et al., "A Prony-based Method of Locating Short-Circuit Fault in DC Distribution System," 2nd IET Renewable Power Generation Conference, pp. 1-4, 2013.
- [16] ABB, "Faults in LVDC microgrids with front-end converters," *ABB technical application papers*, no. 14, pp. 1-65, 2015.
- [17] C. H. Noh, G. H. Gwon, J. I. Song, Joon Han, Y. S. Oh, C. H. Kim, "An Analysis on Fault Response Characteristics in Low Voltage DC Distribution System," *Trans. KIEE*, vol. 65, no. 6, pp. 911-917, June 2016.
- [18] S. H. Kim, G. W. Choi, J. F. Moon, T. H. Kim, J. Y. Kim, "A Study on the Fault Analysis of the LVDC using PSCAD/EMTDCM," *Trans. KIEE*, vol. 65P, no. 3, pp. 219-223, September 2016.
- [19] K. M. Lee, "Modeling and Transient Analysis of Low Voltage Direct Current Grid using PSCAD," *GWN University Master's Thesis*, pp. 1-55, June 2017.
- [20] K. M. Lee, C. W. Park, "Fault Analysis of LVDC

±750V Grid using PSCAD Software," *Journal of KIIEE*, vol. 31, no. 10, pp. 95-101, October 2017.

저 자 소 개



박 철 원(Chul-Won Park)

1961년 8월 13일생. 1988년 성균관대학교 전기공학과 졸업, 1996년 성균관대학교 대학원 전기공학과 졸업(공박), 1989년~1993년 금성산전연구소 주임연구원, 1993년~1996년 프로컴시스템 기술연구소 선임연구원, 1993년~1997년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 강사, 1997년~2007년 국립강릉원주대학교 전기공학과 전임강사, 조교수, 부교수, 2007년~현재 국립강릉원주대학교 전기공학과 정교수, 2011년~현재 대한전기학회 전력기술부문회 이사, 2012년~2014년 대한전기학회 논문지 P권 편집위원장. 현재 한국 조명전기설비학회 평의원, 논문지 편집위원, 대한전기학회 평의원, 전력계통 보호 및 자동화 연구회 위원장.

E-mail : cwpark1@gwnu.ac.kr