

배터리 충전방식을 고려한 신재생에너지 기반 분산발전시스템의 용량선정

김혜림*, 김동섭**†

*인하대학교 대학원, **인하대학교 기계공학과

Optimal Sizing of Distributed Power Generation System based on Renewable Energy Considering Battery Charging Method

Hye Rim Kim*, Tong Seop Kim**†

*School of Mechanical Engineering, Inha University,

**Department of Mechanical Engineering, Inha University

ABSTRACT : The interest in renewable energy-based distributed power generation systems is increasing due to the recognitions of the breakthrough of existing centralized power generation, energy conversion, and environmental problems. In this study, the optimal capacity was selected by simulating a distributed power generation system based on PV and WT using lead acid batteries as the energy storage system. CHP was adopted as the existing power source, and the optimal capacity of the system was derived through MOGA according to the operating modes(full load/part load) of the existing power source. In addition, it was confirmed that the battery life differs when the battery charging method is changed at the same battery capacity. Therefore, for economical and stable power supply and demand, the capacity selection of the distributed generation system considering the battery charging method should be performed.

초록 : 기존의 중앙집중식 발전의 탈피와 에너지 전환 및 환경문제 인식에 의해 신재생에너지 기반의 분산발전시스템에 대한 관심이 증가하고 있다. 본 연구에서는 에너지저장장치로 납축전지를 사용하는 PV 및 WT 기반의 분산발전시스템을 모사하여 최적용량을 선정하였다. 기존 발전원으로 CHP를 채택하였으며 시스템의 최적용량은 기존발전원의 운전상황(전부하/부분부하)에 따라 MOGA를 통해 도출하였다. 또한 동일한 배터리 용량에서 배터리 충전방식이 달라지면 배터리의 수명이 달라지는 것을 확인하였다. 따라서 경제적이고 안정적인 전력수급을 위해서는 배터리 충전방식을 고려한 분산발전시스템의 용량선정이 수행되어야 한다.

Key words : Distributed Power Generation System(분산발전시스템), Gas Turbine(가스터빈), Renewable Energy (신재생에너지), Energy Storage System(에너지저장장치)

-기호설명-

CCCV : Constnat current-Constnat voltage

CHP : 열병합발전시스템

CPCV : Constnat power-Constnat voltage

LCOE : 발전단가 (won/kWh)

MCCCV : Multistage constnat current-Constnat voltage

MOGA : 다목적 유전알고리즘

PV : 태양광 발전

WT : 풍력터빈

Corresponding Author, kts@inha.ac.kr

배터리 충전방식을 고려한 신재생에너지 기반 분산발전시스템의 용량선정

1. 서론

분산발전은 전력수요처에서 전력을 생산하므로 기존의 중앙집중식 발전에 비해 송전손실이 적다. 더욱이 전 세계적으로 환경에 대한 관심이 고조되면서 신재생에너지 기반의 분산형 발전시스템에 대한 연구가 주목받고 있다. 그러나 신재생에너지는 변동성이 크기 때문에 계통안정성을 유지하기 위해서는 유연자원을 확보해야 한다. 이에 따라 에너지저장장치는 물론 전력 공급 보조원으로서의 기존 발전원 역할이 확대되고 있다. 경제적인 시스템 설계는 물론 전력 수요처에 안정적인 전력을 공급하기 위해서는 에너지저장장치를 포함한 신재생에너지 기반 분산발전시스템의 최적 용량을 선정하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 제주특별자치도 제주시에 속해 있는 일부 행정구역을 전력수요처로 선정하였다. 열병합발전시스템(Combined heat and power system; CHP)을 기존 발전원으로 채택하고 태양광(Photovoltaics; PV)과 풍력터빈(Wind turbine; WT) 발전을 사용하는 분산발전시스템을 구현하였다. 에너지저장장치로는 납축전지를 선정하였다. 배터리의 충전방식을 고려하여 기존 발전원이 전부하(Full load), 부분부하(Part load)로 운전할 때 하루 동안의 전력 수요를 만족시킬 수 있는 분산발전시스템의 용량을 선정하였다.

2. 시스템 모사 및 용량선정 방법

신재생에너지 기반 분산발전시스템의 개요도를 Fig. 1에 나타냈다. 발전시스템은 전력수요처에 전력을 공급하며 잉여전력은 배터리에 충전된다. 충전된 전력은 전력공급이 부족한 시간대에 수요처로 방전된다. 배터리 방전 후, 수요처에서의 부족/잉여 전력은 전력시장과 거래를 통해 해결한다.

CHP는 15MW 가스터빈과 2.6MW 하부사이클로 구성된 다(1). 가스터빈은 입구안냉기와 연료제어를 통해 정격출력의 50%까지 출력을 제어한다.

PV 모듈은 53W 모듈(2), WT는 3MW 모델 (3)을 모사하였다. PV 모듈과 WT는 높은 효율을 얻기 위해 최대전력 추종제어를 수행한다.

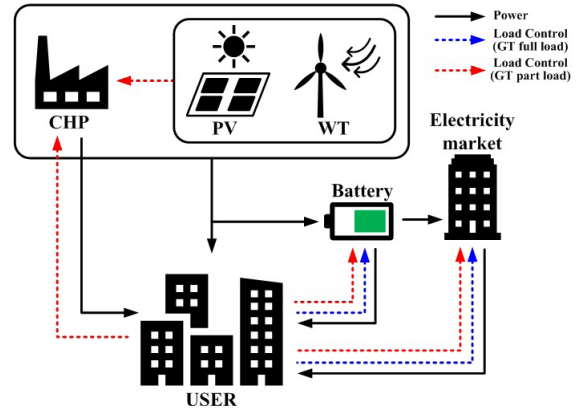


Fig. 1 System configuration

시간당 잉여전력은 모두 납축전지에 저장한다고 가정하였다. 납축전지 셀 전압과 용량은 2V, 1000Ah이며 사이클 수명은 2000회이다. 배터리 충전방식으로는 가장 보편적인 Constant current-Constant voltage(CCCV) 방식 외에 Constant power-Constant voltage(CPCV), Multistage constant current-Constant voltage(MCCCV)을 포함한 총 세 가지 충전방식을 고려하였다.

시스템의 용량을 선정하기 위해서 다목적 유전알고리즘(Multiple objective genetic algorithms; MOGA)을 사용하였다. 시스템의 발전단가(Levelized cost of electricity; LCOE), 탄소 배출비용, 자가소비(Self-consumption) 및 신재생에너지 부하분담율(Load factor)을 MOGA의 목적함수로 설정하였다.

3. 결과

MOGA를 사용하여 배터리가 CCCV 방식으로 충전될 때 하루 동안의 전력수요를 충족시키는 분산발전시스템의 최적 용량을 선정하였다. 발전시스템의 최적 용량 및 MOGA 목적함수 값을 Table 1에 정리하였다. 기존 발전원을 전부하로 운전하면 시스템의 용량은 PV 모듈이 209786개, WT는 1개일 때 최적이다. 시스템의 계통안정성을 유지하기 위해서는 4945.3kWh의 납축전지가 필요하다. 이때 발전단가는 211.0원이며 신재생에너지의 부하분담율은

Table 1 Capacity of the system and MOGA objective value

Parameters	Full load	Part load
Number of PV module	209786	208868
Number of WT	1	9
Battery capacity [kWh]	4945.3	6815.2
LCOE [won/kWh]	211.0	275.9
Carbon emission cost [won/kWh]	2.4	1.8
Self-consumption [%]	99.6	99.3
Load factor [%]	7.3	30.6

7.3%이다. 기존 발전원이 부분부하운전을 하면 PV 모듈은 208868개, WT는 9개일 때 분산발전시스템의 최적용량이 선정된다. 기존 발전원이 전력공급 보조원의 역할을 수행하므로 신재생에너지 부하분담율은 30.6%이다. 그러나 가스터빈 부분부하제어의 한계로 인해 신재생에너지의 발전량이 증가함에 따라 변동성도 증가하였다. 신재생에너지의 변동성 증가는 배터리의 용량 및 시스템의 발전단가의 증가시켰다.

발전시스템의 용량이 동일할 때 배터리 충전방식에 따른 배터리의 사이클 수명을 Table 2에 정리하였다. Table 2에서 배터리의 수명은 정격수명과 비교 나타냈다. 기존 발전원이 전부하로 운전하는 경우, CPCV 충전방식에 의한 배터리 수명은 배터리 정격수명대비 80.8%로 다른 충전방식에 비해 배터리의 성능을 오래 유지하였다. 기존 발전원이 부분부하로 운전하면 신재생에너지의 변동성이 크므로 모든 충전방식에서의 배터리 수명은 전부하 운전에서의 수명보다 낮았다. 부분부하 운전시 MCCCВ 방식으로 배터리를 충전하였을 때 정격수명 대비 배터리 수명은 79.3%로 가장 오래 운전할 수 있었다.

Table 2 Comparison of battery cycle according to charging methods

Parameters		Full load	Part load
Battery Cycle [%]	CCCВ	79.7	78.0
	CPCВ	80.8	78.2
	MCCCВ	80.3	79.3

4. 결론

본 연구에서는 배터리 충전방식에 따른 신재생에너지 기반 분산발전시스템의 용량을 선정하였다. 용량선정을 위해서 MOGA를 사용하였으며 동일 용량에 대해 총 세 가지의 배터리 충전방식(CCCВ, CPCВ, MCCCВ)에 대해 비교하였다. 기존 발전원을 전부하/부분부하로 운전하면 신재생에너지의 용량뿐만 아니라 계통안정성을 유지하기 위한 배터리의 용량에도 차이가 존재하였다. 기존발전원이 전부하 운전할 경우, 신재생에너지의 부하분담율은 작지만 시스템의 발전단가는 낮았다. 기존 발전원을 전력 공급 보조원으로써 부분부하 운전을 하면 신재생에너지의 부하분담율이 증가하여 온실가스가 감축되지만 변동성에 의한 배터리 용량의 증가로 시스템의 발전단가는 증가하였다. 또한 동일한 용량의 발전시스템이라도 배터리의 충전방식에 따라 배터리의 수명이 달라지는 것을 확인하였다. 따라서 경제적이고 안정적인 전력수급을 위해서는 배터리 충전방식을 고려한 신재생에너지 기반 분산발전시스템의 용량선정이 수행되어야 한다.

후기

이 성과는 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2020R1A2B5B01002460)

참고문헌

- (1) Do ATV, 2013, Performance and controls of gas turbine-driven combined cooling heating and power systems for economic dispatch, Irvine: University of California.
- (2) Meenakshi, S., Rajambal, K., Chellamuthu, C., Elangovan, S., 2006, "Intelligent controller for a stand-alone hybrid generation system," 2006 IEEE Power India Conference.
- (3) www.doosanheavy.com (KIPEC)