

2차 전지를 포함한 독립운전형 MCFC 발전시스템의 운전 및 용량 산정

이희서, 민경진, 김동희, 이병국
성균관대학교 정보통신공학부

Operation and Capacity Estimation of Stand-alone MCFC Power Generation System Including Rechargeable Battery

Hee-Seo Lee, Kyung-Jin Min, Dong-Hee Kim, and Byoung-Kuk Lee
School of Information & Communication Engineering, Sungkyunkwan University

ABSTRACT

본 논문에서는 Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC)의 느린 동특성을 Load Leveler와 2차 전지로 구성된 back-up 시스템으로 보완하여 독립운전을 가능하게 한 대용량 연료전지 발전 시스템을 제안한다. 제안한 독립운전 시스템의 발전 용량 및 battery 용량은 실제 전력사용 통계자료를 근거로 최적으로 산정되며, 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 타당성을 검증한다.

다른 출력 변화량을 0.17%/min으로 제한하기 때문에 발전 동특성이 느린 단점이 있다^[4]. 따라서 MCFC의 느린 동특성을 보완하여 독립운전을 가능하게 하고, 발전량을 일정하게 유지해서 효율적으로 발전하기 위하여 그림 1과 같은 발전 시스템을 제안한다. 제안된 발전 시스템은 MCFC의 느린 동특성이 부하의 변동을 추종하지 못하는 단점을 Load leveler를 이용하여 보완하며 발전 용량이 남을 때는 2차전지에 충전을, 부족할 때는 충전된 전력을 이용하여 공급한다.

1. 서론

최근 신재생 에너지를 이용하여 화석 연료를 대체하며 분산 전원으로 활용하는 방안에 대한 관심이 증대되어 여러 분야에서 관련 연구가 진행되고 있다. 이중 태양열, 풍력, 연료전지를 에너지원으로 하는 발전 시스템이 대표적이다. 하지만, 태양열과 풍력 발전 시스템은 발전을 위해 각각 양질의 일조량과 바람이 지속적으로 공급되어야 한다는 지역적인 요건이 만족되어야 하는 문제점이 있다. 또한, 풍력 발전은 발전 시 소음 발생 및 풍량이 존재 하지 않을 경우 태양광과 마찬가지로 발전을 할 수 없는 단점이 존재한다^[1]. 이에 비해 연료전지 발전 시스템은 주변 환경에 영향을 받지 않고 설치장소에 제약이 적으며 발전 시 소음이 거의 없다. 또한, 태양열과 풍력발전보다 발전 효율이 높으며 연료만 공급된다면 발전량이 시간에 무관하게 일정하다는 장점이 있다^[2]. 하지만, 대용량 MCFC의 경우 느린 동특성 때문에 부하 변동을 제대로 추종하지 못하므로 독립운전에는 제약이 따르는 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 MCFC의 느린 동특성을 보완하며 발전량을 일정하게 유지하여 효율적으로 발전하기 위하여 연료전지에 Load leveler^[3]와 2차전지를 연결한 백업 시스템을 제안하며 시뮬레이션을 통하여 타당성을 검증하였다.

2. 독립운전형 MCFC 발전시스템

2.1 시스템 구성도

MCFC 발전시스템은 전해액으로 용융염(molten salt)을 사용하기 때문에 용융 상태를 유지하기 위해서는 고온유지가 필수적이다. 이때 부하변동으로 말미암아 발전량이 급격하게 변하면 스택의 온도변화에 의해 기기의 열 충격 가능성이 있다. 따라서 발전설비의 안전과 발전효율을 유지하기 위해 시간에

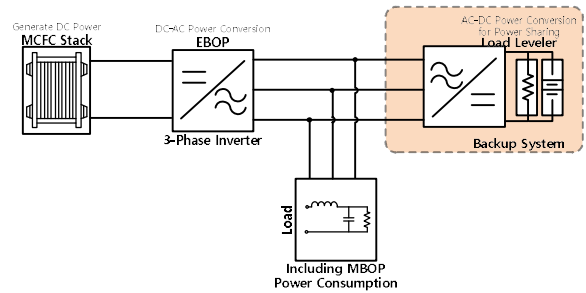


그림 1 2차 전지를 포함한 독립운전형 MCFC 발전 시스템
Fig. 1 Stand-alone MCFC power generation system including rechargeable battery.

2.2 성균관대학교 모델

그림 2는 성균관대학교 자연과학캠퍼스의 2009년 월별 최대 전력 사용일과 사용량을 나타낸 그래프며, 여름과 겨울이 사용량이 많은 것을 알 수 있다. 발전량과 배터리 용량은 1년 중 전력 사용량이 가장 많았던 12월 17일을 기준으로 산정한다.

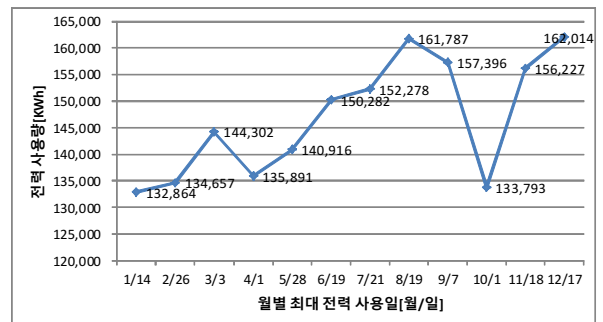


그림 2 성균관대학교자연과학캠퍼스 2009년 월별 전력사용량
Fig. 2 Sungkyunkwan university natural sciences campus monthly maximum power consuming day in 2009.

2.3 용량산정

제안된 MCFC 발전시스템의 독립운전을 위해서는 발전 용량과 배터리 용량산정이 필요하다. 그림 3에서는 발전 용량을 평균 전력 사용량으로 산정한다. 그래서 10시~22시의 부족한 전력량은 다른 시간대의 남는 양으로 배터리를 충전하여 공급할 수 있다. 배터리 용량은 최대 전력 사용일을 기준으로 산정하였으므로 다른 날에도 사용하기에 충분히 크다.

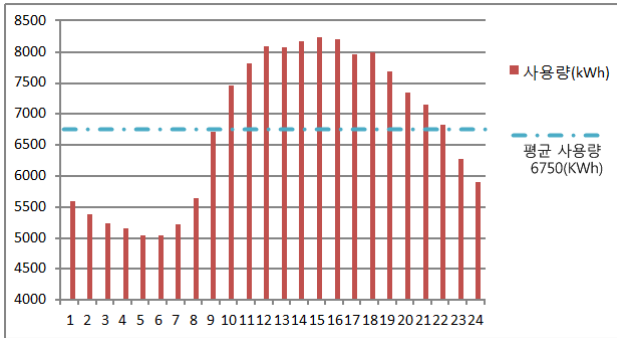


그림 3 평균 전력 사용량을 이용한 발전용량 산정
Fig. 3 Generating capacity estimation using the amount of average power consumption.

$$AH = \int_{t_0}^{t_1} \frac{P_l}{V_{bat}} dt \quad (1)$$

배터리의 용량을 산정하는 데에는 수식 (1)이 사용된다. AH는 [Ah] 단위의 배터리 용량, P_l 은 [W] 단위의 부족 전력량, V_{bat} 는 배터리 공칭전압, t_0 - t_1 은 전력이 부족한 시간이다.

$$BatteryCapacity = \frac{8770}{400} = 21.92[Ah] \quad (2)$$

식 (2)는 그림 3의 전력 사용량을 기준으로 (1)의 수식을 사용하여 산정된 배터리 용량이다.

2.3 운전기법

효율적으로 발전하기 위하여 전력 사용 통계치를 이용할 수도 있다. 표 1을 보면 성균관대학교 모델의 전력 사용량은 전일 사용량, 요일을 기준으로 어느 정도 예측할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들면 평일에는 전력 사용량이 비슷하므로 발전량을 전일사용량 대비 0.9~1.2배 정도를 예상하여 발전하고, 주말에는 0.6~0.9배 정도가 예상된다. 여기에 계절, 전력사용 증감 추세를 고려하면 더욱 최적화된 발전 용량 산정이 가능하다.

표 1 성균관대학교자연과학캠퍼스 전력사용 통계치
Table. 1 Sungkyunkwan university natural sciences campus power consumption statistics.

날짜(2009년)	전력 사용량(KWh)	발전용량(KWh)
11/08(일)	98,167	97,000~130,000
11/09(월)	124,306	108,000~137,000
11/10(화)	127,749	112,000~149,000
11/11(수)	128,323	115,000~153,000
11/12(목)	131,148	115,000~154,000
11/13(금)	129,069	118,000~157,000
11/14(토)	113,187	77,000~116,000

3. 시뮬레이션

시뮬레이션은 PSIM을 이용하였으며 부하의 전력 사용은 성균관대학교의 실제 부하소비패턴을 이용하였다. 전력 사용량은 그림3을 기준으로 하며 평균 사용량으로 발전한다. 시뮬레이션을 위하여 발전 용량과 시간을 4.5[KWh]와 2초로 축소하였다.

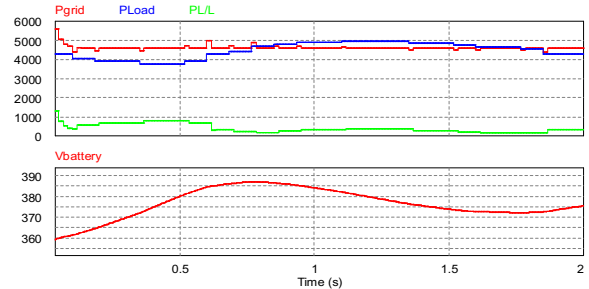


그림 4 제안된 독립운전형 MCFC 발전 시스템의 시뮬레이션 결과
Fig. 4 Simulation results with the proposed stand-alone MCFC power generation system.

그림 4는 제안된 방식에 의한 시뮬레이션 결과를 보여준다. P_{grid} 는 발전량, P_{Load} 는 전력 사용량, $P_{L/L}$ 은 발전량에서 사용량을 빼준 값으로 배터리에 충전되는 전력량, $V_{battery}$ 는 배터리 전압을 나타낸다. 발전량은 4.5[KWh]로 일정하며 전력 사용량은 처음에는 발전량보다 낮으며 배터리는 충전된다. 0.8초 부근에서는 발전량을 넘어서며 배터리는 방전되기 시작한다. 따라서 부하의 전력소비가 변하고 MCFC의 발전량보다 많이 전력을 소비해도 배터리에 저장된 전력을 이용할 수 있으므로 MCFC 발전량을 부하의 전력 소비량보다 적게 하여 발전할 수 있고 배터리를 통한 제어가 가능하므로 효율적인 시스템 운영을 할 수 있음을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 MCFC 발전시스템에 Load leveler와 2차전지를 연결하여 느린 동특성을 보완한 독립운전형 발전 시스템을 제안하였다. 성균관대학교 자연과학캠퍼스를 실제 모델로 배터리 용량을 산정하였으며 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 이에 따라 계통연계운전만 가능하던 기존의 보조적인 위치에서 벗어나서 독립운전이 가능하게 된다. 차후 용량 산정과 운전기법에 대하여 부족한 점을 보완하여 고립된 지역 혹은 소규모 전력망이 구축된 지역에 양질의 전력을 공급하는 데에 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] 윤천석, "신재생에너지," 인피니티북스, 2009
- [2] FuelCell Energy, web site www.fuelcellenergy.com
- [3] 김동희, 김종수, 이병국, 광철훈, 차인호, "대용량 MCFC 발전시스템의 비상부하 전력 공급 장치 설계 및 제어 기법," 전력전자학술대회 논문집, pp. 200~201, 7. 2010.
- [4] Wei He, "Operating Characteristics of a Molten Carbonate Fuel-Cell Power Generation System", Int J.Energy, pp. 1331~1344, April 1999