

스마트 그리드 주거용 20kW급 에너지저장장치 개발

서영거, 이진희, 이정민
(주) 효성 중공업연구소

Development of Residential 20kW Energy Storage System for Smart Grid

Young Ger Seo, Jin Hee Lee, Jeong Min Lee
Hyosung Corp.

ABSTRACT

본 논문의 주제는 20kW급 에너지저장장치의 개발과 그 구조를 소개하는 것이다. ‘세화 요양원’에 설치하는 20kW급 ESS의 용량 선정에 대한 소개, 스마트 그린 타운의 정의와 그 구조에 대한 내용을 다룰 것이다. 시뮬레이션 결과와 실험 결과를 바탕으로 ESS의 가능성 또한 살핀다.

1. 서론

국내 총 에너지 수요는 지속적으로 증가하는 가운데 정부는 세계 최초로 국가단위의 스마트 그리드 구축을 치진 중에 있다. 스마트 그리드 안에는 다양한 신재생에너지원이 있는데 그로 인한 전력품질 문제점을 해결할 수 있는 기술이 필수적이며 그 대안이 바로 에너지저장 시스템이다.

2. 스마트 그린 타운용 ESS

2.1 ESS의 원리와 구조

ESS는 배터리의 충방전을 이용하여 신재생에너지원의 출력 변동을 감소시키고 상황에 따라 일정한 출력을 유지하여 전력 품질을 개선하는 시스템이다. 그림 1은 스마트 그린 타운과 에너지저장장치의 구조를 나타낸다. TOC(Total Operating Center) 및 EMS와 연계하여 저장된 에너지를 전력거래에 사용한다.

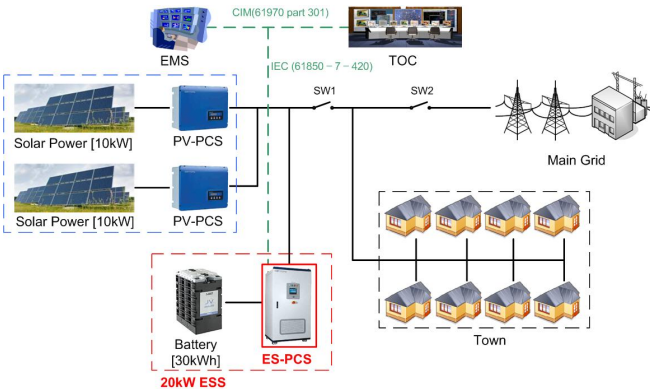


그림 1 ESS와 스마트 그린 타운의 구조
Fig. 1 Configuration of ESS and Smart Green Town

2.2 시뮬레이션

2.2.1 계통연계 모드

ES PCS는 기본적으로 계통 연계형으로 개발하였으며 유무효전력을 독립적으로 제어하였다. 그리고 충전과 방전을 동시에 할 수 있어야 하기 때문에 양방향 토폴로지를 사용하였다. 그림 2는 계통 연계 모드에서 결과파형을 나타내고 있으며 첫 번째 파형은 출력 명령에 대한 결과를 나타내고 있다. 충전 시 출력 명령은 음수이고 마지막 파형에서 알 수 있듯이 전압과 전류의 위상차가 180도이지만 방전 시에는 출력 명령이 양수이고 전압과 전류의 위상은 동상이 됨을 알 수 있다.

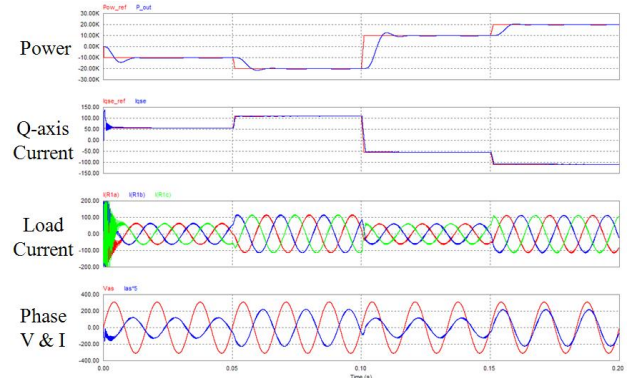
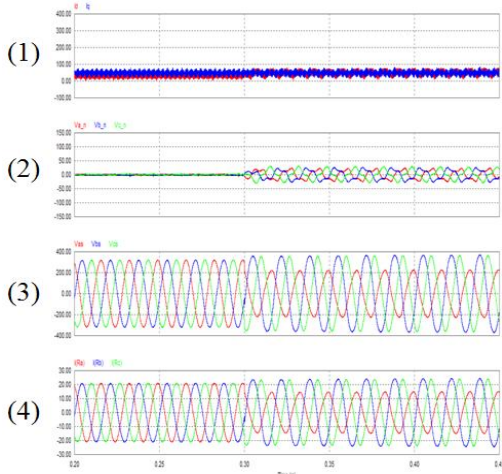


그림 2 계통연계 모드의 결과파형
Fig. 2 Results of grid connected mode

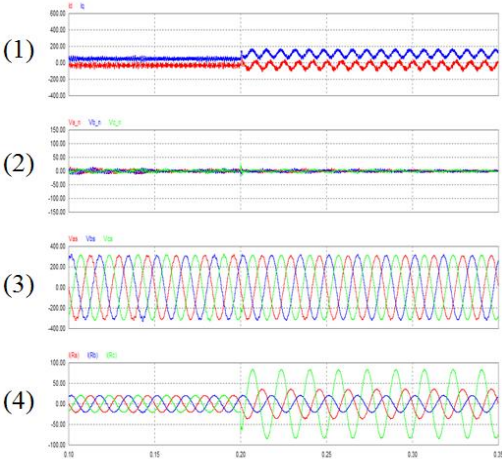
2.2.2 독립운전 모드

일반적인 계통 연계형 PCS는 기본적으로 Anti Islanding 기능을 포함함으로써 계통의 정전 시 계통과 분리되어 동작이 멈추게 되어있다. 하지만 개발한 PCS는 수용가의 요구에 따라 Anti Islanding 기능을 포함하면서 정전 시에도 발전 상태를 유지할 수 있는 Stand Alone 기능까지 포함하였다. 독립운전 시 비선형 또는 불평형 부하를 구동할 경우에 전압이 왜곡되는데 이러한 전압왜곡을 보상하기 위하여 다양한 전압제어기가 있지만 그 중 동기 좌표계 전압제어기를 채택하였다.

그림3은 불평형 부하 보상결과를 나타내는 것으로 (a)는 보상 전, (b)는 보상 후를 나타낸다. (2)를 비교하면 보상 전의 경우 부하의 불평형에 대해 역상분이 검출되는 것을 알 수 있고 왜곡에 의한 전압의 불평형 또한 확인할 수 있다. 하지만 보상 후의 경우를 보면 불평형이 발생하여도 역상분은 검출되지 않으며 보상은 역상분을 상쇄시키기 위한 전류를 발생한다. 부하에 인가되는 전압이 3상 평형을 유지함을 알 수 있다.



(a) 보상 전



(b) 보상 후

(1) DQ axis Current (2) Negative Sequence Components of Phase Voltage (3) Voltage Response (4) Load Current

그림 3 독립운전 모드의 결과파형

Fig. 3 Results of stand-alone mode

2.3 실험 결과

2.3.1 계통연계 모드

그림 4는 계통연계 모드의 실험 결과파형을 나타내는 것으로 방전 시 계통 상전압, 상전류, 배터리 전압과 전류를 확인할 수 있다.

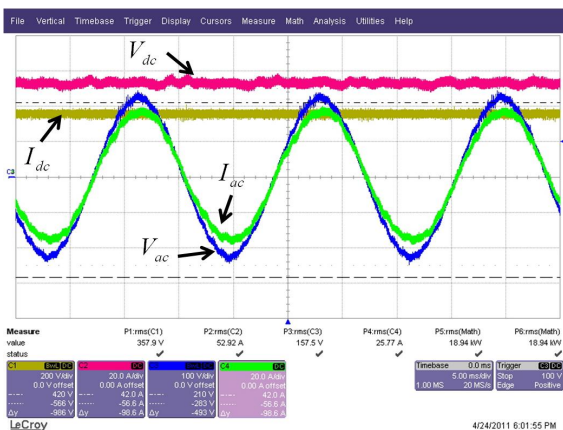


그림 4 계통연계 모드의 결과파형

Fig. 4 Results of grid connected mode

2.3.2 독립운전 모드

그림 5는 독립운전 모드의 실험 결과파형을 나타내는 것으로 불평형 부하 발생 시 발생전압에 왜곡이 없는 것을 확인할 수 있다.

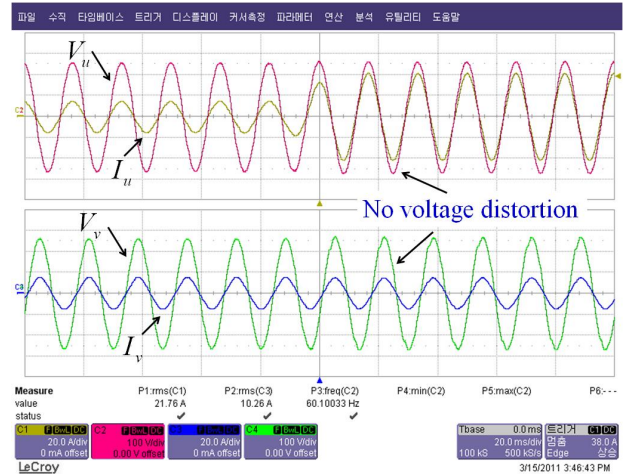


그림 5 독립운전 모드의 결과파형

Fig. 5 Results of stand-alone mode

3. 결론

본 논문에서는 20kW급 ESS 개발에 대해 살펴보았다. 개발한 ESS는 계통 연계 모드뿐만 아니라 독립운전 또한 가능하도록 설계 하였으며 계통 연계의 경우에는 양방향 전력 제어를 구현하여 충전과 방전에 대해서 빠르게 응답하는 것을 확인하였다. 그리고 독립운전의 경우 고성능 동기좌표계 전압제어기 (Advanced Synchronous Reference Frame Voltage Controller) 를 사용하여 불평형 부하 그리고 비선형 부하에 의한 전압왜곡을 동시에 보상 할 수 있도록 하였다.

참고 문헌

- [1] Hsu, P. Behnke, M., "A Three Phase Synchronous Reference Frame Controller for Unbalanced Load," *Power Electronics Specialists Conference, PESC 98*, vol. 2, pp. 1369-1374, May 1998.
- [2] Jacobina C.B., Correa M.B.R., Pinheiro R.F., De Silva E.R.C., Lima A.M.N., "Modeling and Control of Unbalanced Three Phase Systems Containing PWM Converters," *Industry Applications Conference IAS*, vol. 37, pp. 1807-1816, Nov 2001.
- [3] Kyung Hwan Kim, Dong Seok Hyun, "Advanced Synchronous Reference Frame Controller for three Phase UPS Powering Unbalanced and Nonlinear Loads," *Journal of the Korea Institute of Power Electronics*, Vol. 10, No. 5, Oct 2005.
- [4] Mihai Ciobotaru, Remus Teodorescu, Frede Blaabjerg, "A New Single-Phase PLL Structure Based on Second Order Generalized Integrator," *Power Electronics Specialists Conference, 2006. PESC '06. 37th IEEE*, June 2006.
- [5] Hiren Patel, Vivek Agarwal, "Control of a Stand Alone Inverter Based Distributed Generation Source for Voltage Regulation and Harmonic Compensation," *IEEE Transaction on Power Delivery*, vol. 23, No. 2, pp. 1113-1120, April 2008.