

배전용 일체형 에너지저장장치(ESS) 개발

박민준*, 서정원, 황광규, 박주현, 장재훈, 김희중
LS 산전 전력전자연구소

Development of All-In-One Type Energy Storage System(ESS) for Distribution Network

Minjun Park, Jungwon Seo, Kwangkyu Hwang, Juhyun Park, Jeahoon Jang, Heejung Kim
LS Industrial Systems Co. LTD, Korea

ABSTRACT

본 논문에는 250KW급 에너지저장장치(ESS)를 이용한 일체형 배전용 계통연계 전력변환 장치를 제안한다. ESS는 전력 불안정에 따른 전력 손실을 줄이고 여름과 겨울, 낮과 심야시간의 전력수요 차이로 인한 전력수급의 불안정을 조절할 수 있는 최적의 수단이다. 제안된 배전용 일체형 ESS란 수용가 및 분산형 전원이 연계된 배전선로에 연결되어 조화롭고 안정적으로 운전될 수 있는 전력변환 장치이다. 충전된 전력을 효율적으로 계통으로 보내기 위하여 배전선로 전압제어기술(Statcom) 개발과 분산형 전원의 유·무효 전력제어, 역률 보상기(PF) 등의 기능을 적용하여 시뮬레이션, 프로토타입 및 현장 시험을 이용하여 성능을 검증하였다.

1. 서론

배전용 일체형 에너지저장장치(ESS)란 배전설비에 연결되어 과부하 해소를 위한 배전선로 신설과 증설 대체 및 분산형전원 과다로 전압초과 등에 따른 추가연계 불가 지역에 설치하는 전력변환 장치이다. 배전용 ESS는 첫째 기존 수용가 및 분산형전원이 연계된 배전선로에 연결되어 조화롭고 안정적으로 운전될 수 있어야 하며, 배전선로 피크이동, 선로 전압 조정 등의 기능을 수행할 수 있어야 한다. 둘째로 주 전력계통과 분리되는 경우에도 배터리 시스템 단독으로 분리된 계통의 정격전압과 주파수를 유지하여 안정적인 전력을 공급할 수 있어야 한다. 마지막으로 상위 운영시스템인 DAS와 통신으로 연결되어서 배터리 시스템의 상태 정보를 전송할 수 있어야 하며, DAS로부터 받은 제어명령(충전, 방전, 기동, 정지 등)을 수행할 수 있어야 한다. 또한 과전압, 부족전압, 단락 등 보호 기능을 갖추어야 하며, 국가 법규 표준에 상응하는 안정성능을 만족해야 한다.

배전용 ESS	Power	250kVA	
	Rated DC Voltage	Range 550 ~ 850V	
	Temperature	Operating	-20 ~ +40
		Storage	-20 ~ +70
	Efficiency	>96%	
	Power Factor Range	>0.99	
Protection	OVP, UVP, OCP, UFP, OFP, OTP, etc.		

표 1. 개발 사양
<Table 1. Specifications>

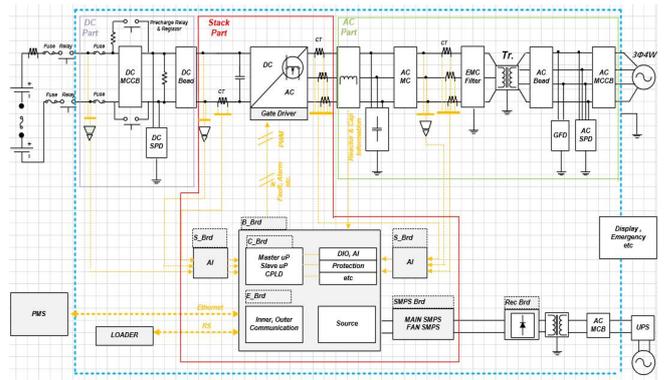


그림 1. 회로도
<Fig. 1 Topology>

이러한 조건을 만족하는 자사 LSIS ESS는 그림 1과 같이 250KW 용량으로 Efficiency 96% 이상, 회로구성 최적화된 Size로 개발 제안한다. 본 개발품은 병렬운전이 가능하여 Mega 단위 용량으로도 운용이 가능하다.

2. 회로구성 및 운영시스템 개발

2.1 회로구성 및 제어

본 논문에서 그림 2와 같이 불평형 전압으로부터 정상분과 역상분을 계산하는 방법으로 DSOGI는 Adaptive 필터 기반으로 고주파 성분 저감에 좋은 장점으로 적용하였다. v_a 와 v_b 를 입력으로 하여 SOGI-QSG (Quadrature Signal generator)를 통해 va' 와 qv_a' , v_b' 와 qv_b' 의 출력을 생성한다. 4개의 출력을 이용해 입력전압의 정상분과 역상분을 PNSC (Positive Negative Sequence Calculation)를 통해 계산하는 방식이다.

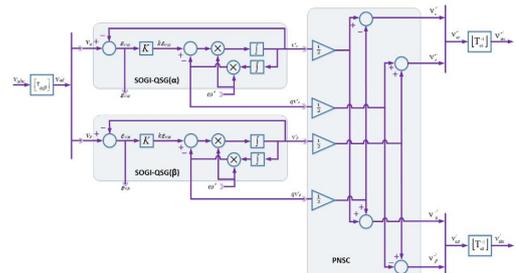


그림 2. PLL 모형
<Fig. 2 PLL Algorithm>

데드타임 설정 시 전압 오차 발생과 계통의 임피던스 성분으로 인해 발생하는 계통전압의 왜곡으로 저차 고조파 발생된다. 그림 3과 같은 방법으로 저차고조파를 저감하며, 그림 4와 같은 방법으로 무효-유효 전력제어를 하였다. 또한 그림 5는 독립운전 방지 기능으로 주파수편차 산출과 무효 전력 주입으로 확인 하였다. 주파수편차 산출은 제어 주기마다 갱신하여 과거주기와 최근 주기 평균치의 차로 계산되고, 무효전력 주입방법은 임의의 작은 변수 지령치를 입력 후 연산변수와 주파수 편차를 곱하여 검출하는 방식이다.

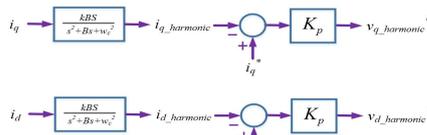


그림 3. 고조파 제어
<Fig. 3 Harmonic Algorithm>

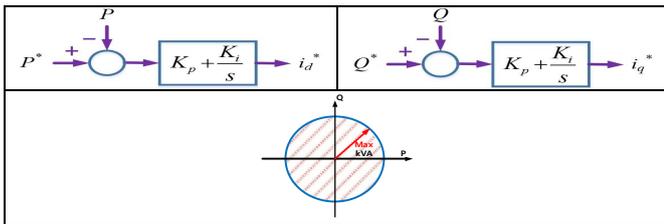


그림 4. 무효-유효 전력제어기
<Fig. 4 Power Control>

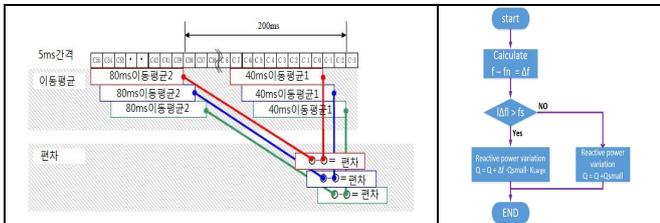


그림 5. 독립운전 방지 기능
<Fig. 5 Anti-Islanding>

2.1 운영시스템 개발

본 논문의 배전계통 연계 에너지저장장치(ESS)는 한국전력 전북지사의 정읍 시험소에 설치하여 운영 중이다. 개발된 운영시스템은 그림6과 같으며, 동작은 상위 시스템(DAS)에서 지령을 받은 PMS(Power Management System)가 PCS로 동작 신호를 전달하는 구조이다. 제안된 배전용 운영시스템은 출력형태에 따라 몇 가지로 구별된다. 유·무효전력으로 이루어진 출력 값을 가지는 PQ 제어 형태를 CP Mode, 전류 값을 그 출력 값으로 가져 제어하는 CC Mode, 전압 값을 가지는 CV Mode, 독립제어인 Stand Alone 형태로 나뉘어 진다. 가장 기본이 되는 CP Mode는 8가지 알고리즘 (Load Leveling Mode, Peak Shift Mode, Peak Shaving Mode, Voltage Control Mode, Power Factor Mode, Manual Mode, Recovery Mode, Black Start)에 따라 결정된다. 각 알고리즘은

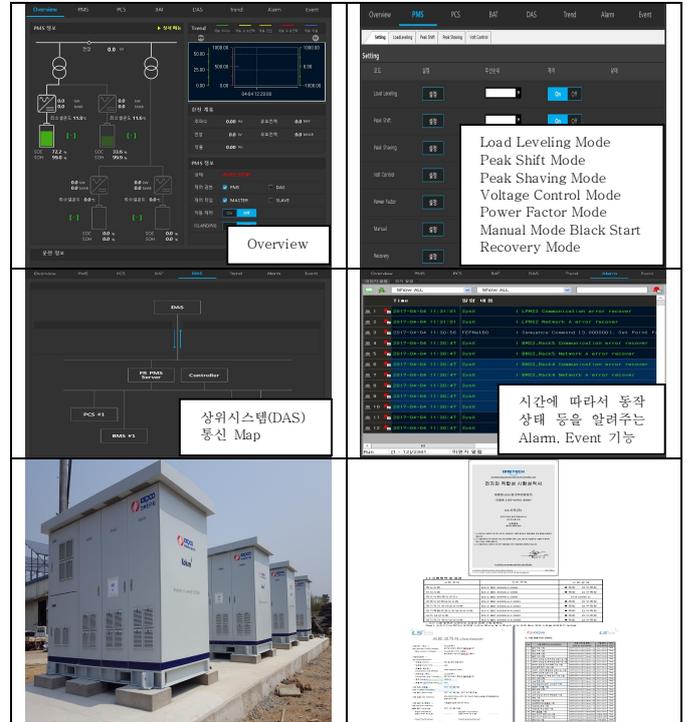


그림 6. 운영시스템 및 제품 사진
<Fig. 6 Operation System & Prototype >

사용자의 입력에 따른 스케줄을 기본으로 설정되게 설계하였다. 현장 운영중인 배전용 ESS는 기능시험과 성능시험 등 다양한 시험을 국내 SGSF 표준에 준하는 인증조건의 시험을 만족한다. 추가로 전자기기 적합성 시험으로 IEC61000을 만족하며 자사(LS) 내부 규격에 준하는 신뢰성 높은 제품이다.

3. 결론

본 논문에서는 배전계통 연계 에너지저장장치(ESS)를 제안 하였다. 상위 시스템과 연계를 이용하여 발전기 출력증감 또는 부하증감에 따른 계통 주파수 변동에 대해 규정범위 유지, 전력수요관리를 통하여 전기요금 절감, 출력변동을 감소시켜 계통유입전력의 안정화, 예비력 서비스 보강을 통한 계통망 강화, 배전계통 신뢰도 향상을 하였다. 본 연구에서 PSCAD Simulation으로 계통 사고에 대한 정합성 검증, Hill Simulation으로 병렬운전 방식에서 통신을 최소화함을 검증, H/W 동작 시험은 PSIM Simulation으로 검증하였다. 각각의 ESS는 Droop 제어를 포함하는 개별 알고리즘으로 동작시켰으며, 본 제어는 한전에서 제공한 Impedance를 적용하여 Simulation 및 설계하였다. 제안된 회로 및 제어를 적용하여 250kW Prototype을 제작하여 동작 확인 및 효율을 확인 하였다.

참고 문헌

- [1] Marco Liserre, Frede Blaabjerg, Steffan Hansen "Design and Control of an LCL-Filter-Based Three-Phase Active Rectifier," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol 41, no. 5, Sep. 2005.
- [2] R.Wu, S. B. Dewan, and G. R. Slemon, "Analysis of an ac-to-dc voltage source converter using PWM with phase and amplitude control," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 27, no. 3, pp. 355-364, Mar./Apr. 1991.