

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2019.19.2.187>

IIBC 2019-2-26

비상전원 기능을 갖는 하이브리드 에너지저장시스템 표준화 기술

Hybrid Energy Storage System with Emergency Power Function of Standardization Technology

홍경진*

Kyungjin Hong*

요약 수요관리와 정전에 대한 비상전원 기능을 갖춘 하이브리드 전력저장시스템으로 비상발전설비가 필요한 빌딩 및 공장건축 시에 투자비를 최소화하고, 상시 전력비를 절감함으로써 경제성을 확보할 수 있는 기술을 개발함으로써 새로운 비즈니스 모델을 제시한다. 정상시에 STS(Static Transfer Switch)를 통해 부하에 계통 전력을 공급하고 PCS는 계통에 병렬로 연계되어 수요관리를 수행한다. EMS는 수요예측을 통한 전력의 효율적 운용을 위해 ESS에 충전/방전 지령을 PMS(Power Management System)로 하달하고 PMS는 다시 PCS 제어기로 지령을 전달하여 시스템을 운용한다. 정전시에는 STS가 계통으로부터 빠르게 이탈되면서 PCS는 독립 전원이 되어 부하 측에 정전압/정주파수의 전력을 공급할수 있는 구조이다. 따라서 하이브리드 ESS에 대한 실 계통 연계 및 독립 운전 성능 검증을 통한 신뢰성을 확보할수 있고, 저탄소 녹색성장 기술의 효율적 전력망과 연계 운영이 가능하게 함으로써 ESS 연계를 통한 신재생에너지 발전에 의한 불규칙한 전력 품질개선, 피크 부하 기여도 제고가 가능하다. 또한 현재 석탄 화력이 담당하고 있는 주파수추종 예비력을 ESS로 대체함에 따라 연료비가 높은 LNG 발전기 가동비용을 절감할 수 있는 기대효과가 있다.

Abstract Hybrid power storage system with emergency power function for demand management and power outage minimizes the investment cost in the building of buildings and factories requiring emergency power generation facilities. We propose a new business model by developing technology that can secure economical efficiency by reducing power cost at all times. Normally, system power is supplied to load through STS (Static Transfer Switch), and PCS is connected to system in parallel to perform demand management. In order to efficiently operate the electric power through demand forecasting, the EMS issues a charge / discharge command to the ESS as a PMS (Power Management System), and the PMS transmits the command to the PCS controller to operate the system. During the power outage, the STS is rapidly disengaged from the system, and the PCS becomes an independent power supply and can supply constant voltage / constant frequency power to the load side. Therefore, it is possible to secure reliability through verification of actual system linkage and independent operation performance of hybrid ESS, By enabling low-carbon green growth technology to operate in conjunction with an efficient grid, it is possible to improve irregular power quality and contribute to peak load by generating renewable energy through ESS linkage. In addition, the ESS is replacing the frequency follow-up reserve, which is currently under the charge of coal-fired power generation, and thus it is anticipated that the operation cost of the LNG generator with high fuel cost can be reduced.

Key Words : Hybrid Power Storage System, Emergency Power, ESS, PCS, EMS, Power Generation Facilities

*정희원, 광주대학교 전기전자공학부
접수일자 2019년 3월 6일, 수정완료 2019년 4월 3일
게재확정일자 2019년 4월 5일

Received: 6 March, 2019 / Revised: 3 April, 2019 /

Accepted: 5 April, 2019

*Corresponding Author: tronichkj@gwangju.ac.kr
School of Electrical and Electronic Engineering,
Gwangju University, Gwangju, Korea

I. 서 론

국내 전력수급 상황은 하계 최대수요 피크뿐만 아니라 전기 난방 비율 증가로 인해 동계 피크까지 대비해야 하는 어려운 상황에서, 2011.09.15. 순환 정전 사태뿐만 아니라 최근 원자력 발전소 사고와 같은 계획되지 않은 대형 발전소의 공급 중지 상황까지 발생하는 등, 수급 불안정성이 크게 증가하고 있다. 따라서 미래의 수요자원은 계통(배전계통, 송전계통, 전력계통운용 등) 및 전력 수급과 직접적인 연동이 고려되어야 하며 이로 인한 부족한 발전전력을 고려하여 배전수용가단의 수요관리형 에너지저장시스템의 필요성이 증대되고 있다.

에너지저장시스템(ESS, Energy Storage System)은 생산된 전력을 전력계통(Grid)에 저장했다가 필요한 시기에 공급하여 에너지 효율을 높이는 시스템으로 발전, 송배전, 수용가 단계별로 저장이 가능하다. 현재까지 여러 가지 용도의 ESS가 개발되었고, 실증과 시뮬레이션을 통한 경제성 분석이 이루어지고 있으나 경제성 확보가 어려운 상황이며, 새로운 비즈니스 모델개발이 절실한 지점이다. 또한 2011. 9. 15일 정전사태의 경우 소규모 소비자의 비상발전기의 60% 이상이 관리 부재로 인해 가동이 되지 않은 것으로 밝혀짐으로써 신뢰성이 높은 비상발전설비의 필요성이 요구되고 있다^[1].

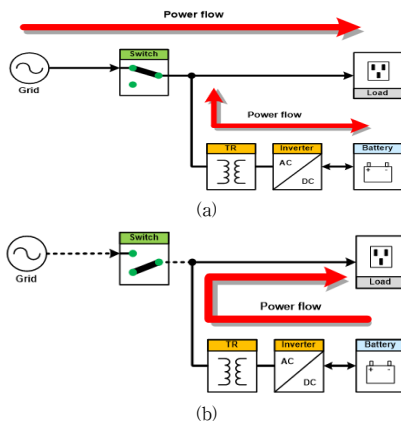


그림 1. 계통상황에 따른 에너지저장장치 운전 동작

(a) : 계통 On 시, (b) : 계통 Off 시
Fig. 1. Energy storage system operation according to system condition

비상전원 시스템이 설치되는 건물 및 공장 부하는 피크저감 등의 수요관리가 필요한 경우가 대부분이며, 따

라서 본 논문에서는 수요관리와 정전에 대한 비상전원 기능을 갖춘 하이브리드 전력저장시스템으로 비상발전 설비가 필요한 빌딩 및 공장 건축 시에 투자비를 최소화 하고, 상시 전력비를 절감함으로써 경제성을 확보할 수 있는 새로운 비즈니스 모델을 제시하고자 한다.

하이브리드 전력저장시스템은 그림 1의 (a)와 같이 전력 수요가 적은 심야 시간대에 에너지저장장치를 이용해 상용전력을 저장해 두었다가, 그림 1의 (b)와 같이수요가 최대에 이르는 첨두 시간대에 저장된 전력을 사용하여 소비자는 전력요금을 절감하고 발전소와 변전소는 설비 투자비용을 절감할 수 있다. 또한, 순간 정전 등과 같은 전력 사고에도 배터리에 저장된 에너지를 이용하여 부하 측에 지속적인 전원을 공급할 수 있는 무정전전원장치(UPS, Uninterruptible Power System) 기능으로도 대응할 수 있어 정전으로 인한 경제적 손실을 줄이고, 전력수요상황을 모니터링 하여 디젤발전기 기동을 최소화 하여 에너지 효율을 향상시킬 수 있는 장점을 가지고 있다.

II. 비상전원 기능을 갖는 에너지저장장치의 필요성^[2-4]

2011. 9. 15일 정전사태의 경우 소규모 소비자의 비상발전기의 60% 이상이 관리부재로 인해 가동이 안 된 것으로 판명됨에 따라 신뢰성 있고 효율적인 비상전원의 필요성이 대두되고 있다. 이에 대한 결과로 기존의 비상발전기에 비해 정비요소가 현저히 작아서 유지 및 관리가 쉬우며 설치장소에 제약이 적어 좁은 공간에서 활용이 유리한 장점을 가지고 있는 에너지저장장치(ESS)의 필요성이 증가되고 있다. 또한 에너지저장시스템(ESS)은 전력계통에 상시 연계되어 있으므로 유사시 빠른 대응능력이 가능하며 비상전원으로 에너지저장시스템(ESS)의 활용은 시장 진입초기에 들어와 있는 상황이다.

제2차 에너지기본계획에서 정부는 '35년 까지 전력수요의 15% 이상을 수요관리를 통해 해결하겠다는 목표를 세웠고 이러한 목표 달성을 위해 에너지저장장치(ESS)를 이용한 수요관리 시장의 창출은 가장 핵심적인 역할을 하게 될 것으로 사료된다. 또한 국내 뿐 아니라 미국, 일본, 독일 등 선진국 위주로 에너지저장시스템(ESS)을 이용한 수요관리 기술 선점을 위해 정부 차원의 지원제도를 만들고, 법적지위 보완 및 보급 활성화 방안을 계획

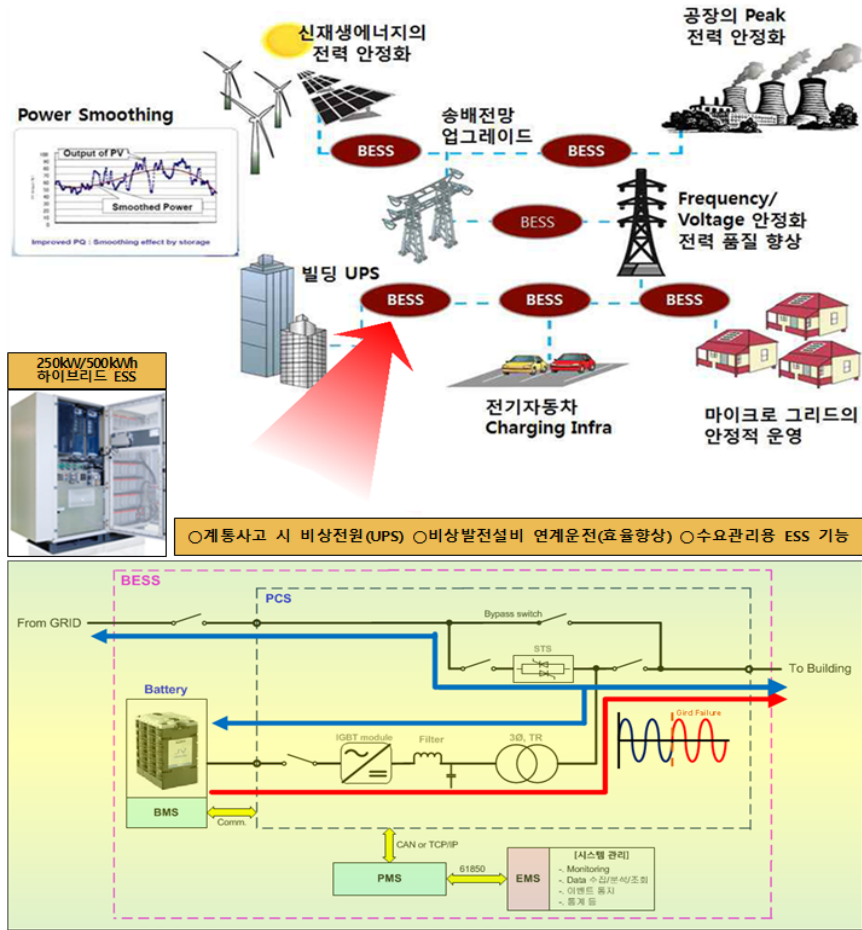


그림 2. 에너지저장장치의 역할 및 계통사고 시 비상전원 운전
 Fig. 2. Necessity of energy storage system and emergency power supply operation in case of a grid accident

하고 있는 상황으로 수요관리 중심의 에너지정책 전환에 맞게 비상전원을 갖는 에너지저장장치(ESS)의 필요성이 정부 및 시장에 크게 대두되고 있는 실정이다.

그림 2는 생산된 전력에너지를 저장하여, 필요할 때 공급함으로써 에너지 효율향상, 전력공급 시스템 안정화, 마이크로 그리드의 안정적 운영 등 수요관리형 에너지저장시스템(ESS)의 주요 역할과 계통사고 시 비상전원 기능을 갖는 에너지저장시스템(ESS)의 운전 상황도를 보여주고 있다. 비상전원 시스템이 설치되는 건물 및 공장 부하는 피크저감 등의 수요관리가 필요한 경우가 대부분으로 수요 관리와 비상전원 기능을 갖춘 하이브리드 전력저장시스템 개발로 시스템 투자비를 최소화 하면서 경제적으로 비상발전설비 연계운전(효율향상) 및 수요관리용 에너지저장장치(ESS) 기능을 활용할 수 있다.

III. 하이브리드 에너지저장장치 시스템 표준화 기술^[5-6]

1. 비상전원 기능을 갖는 하이브리드 에너지저장장치 기술적 요소

그림 3에서 나타난 하이브리드 에너지저장장치(ESS)에 대한 상세 구성도와 같이 평상시에 정지형 스위치(STS, Static Transfer Switch)를 통해 부하에 계통 전력을 공급하고 태양광인버터(PCS)는 계통에 병렬로 연결되어 수요관리를 수행하는 구조로 되어있다.

에너지관리시스템(EMS, Energy Management System)은 수요예측을 통한 전력의 효율적 운용을 위해 에너지저장장치(ESS)에 증방전 지령을 전력관리시스템

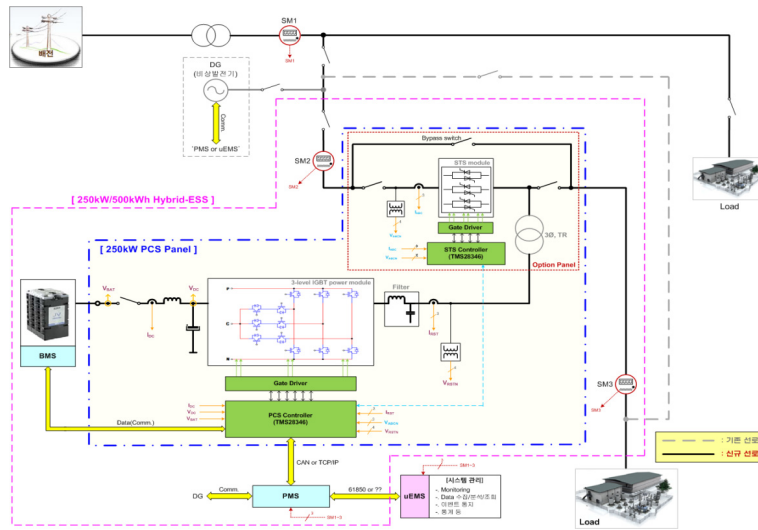


그림 3. 하이브리드 에너지저장장치(ESS)의 상세 구성도
Fig. 3. Detailed configuration of hybrid energy storage system (ESS)

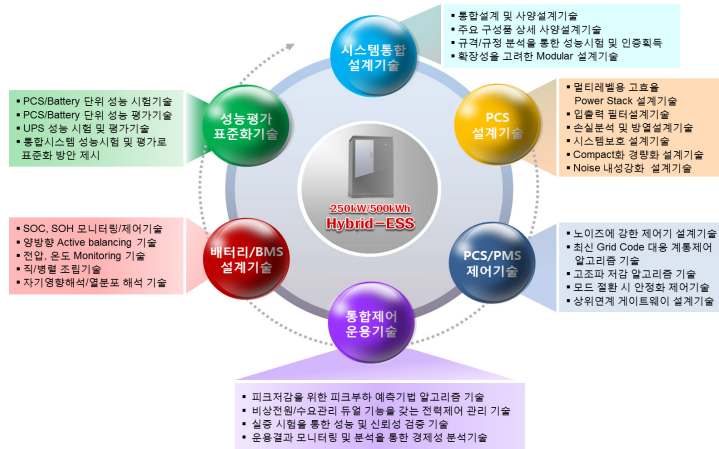


그림 4. 하이브리드 에너지저장장치(ESS)의 기술적 요소
Fig. 4. Technical elements of hybrid energy storage (ESS)

(PMS, Power Management System)으로 전달하고 전력 관리 시스템은 다시 태양광인버터(PCS) 제어기로 지령을 전달하여 시스템을 운용한다. 또한 정전 시에는 정지형 스위치가 계통으로부터 빠르게 이탈되면서 태양광인버터(PCS)는 독립전원이 되어 부하 측에 정전압/정주파수의 전력을 공급하는 구조로 되어있다.

그림 4는 본 논문에서 제안하는 수요관리와 정전에 대한 비상전원 기능을 갖춘 하이브리드 전력저장시스템을 개발하기 위해 필요한 기술적 요소들을 보여주고 있다.

이러한 기술적 요소들로 크게는 시스템통합기술, 태양광인버터(PCS)설계기술, 태양광인버터(PCS)와 전력관리시스템(PMS) 제어기술, 통합제어기술, 배터리와 에너지관리시스템(EMS) 설계기술, 성능평가기술로 구분될 수 있으며 각 영역별 해당기술의 내용들은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 통합시스템 설계
- 녹색기술을 적용한 계통연계형 태양광인버터(PCS)

와 전력관리시스템(PMS) 설계 및 제작

- 태양광인버터(PCS)의 중요제어 알고리즘인 모드 전환시의 기술과 전력관리시스템(PMS)의 핵심기술인 상위통신을 위한 IEC61850기반의 게이트웨이 개발
- 핵심구성품인 Battery System의 에너지관리시스템(BMS)와 Modular Rack 설계 및 제작
- 각 개발요소들의 단위성능 시험과 평가
- 수요관리를 위한 능동형 부하예측제어 알고리즘과 성능과 신뢰성평가를 위한 에너지관리시스템(EMS)을 포함한 실증사이트를 구축하고 운용결과를 토대로 경제성 분석을 수행

2. 태양광인버터(PCS) 설계 및 제작

그림 5와 같이 태양광인버터(PCS) 전장품 용량/사양 설계 및 핵심 단위부품들에 대한 개발을 통해 제품에 대한 통합설계 및 제작 후 'SGSF-04-2012-07 에너지저장 시스템용 전력변환장치의 성능요구사항'의 시험항목에 따른 성능시험이 필요하다.



그림 5. 태양광인버터(PCS) 구조 설계 및 제작
 Fig. 5. Design and manufacture of solar PCS structure

3. 배터리 시스템 설계

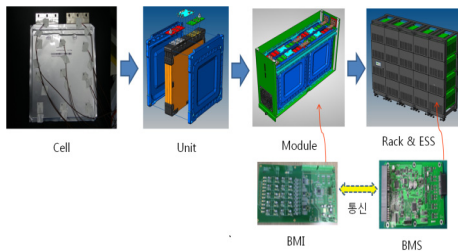


그림 6. Battery Energy Storage System 제품 구성도
 Fig. 6. Battery energy storage system diagram

효율적인 배터리 시스템 module을 개발하기 위해서는 그림 6과 같이 단전지의 Screening 및 조합된 모듈 구성의 직/병렬연결을 위한 bus-bar의 재질, 구조 및 연결 방

법 개발, After Service 및 Noise에 강한 구조 개발, 단전지의 전압 및 온도 모니터링을 위한 리드선 연결방법 개발에 대한 기술이 필요하다.

4. 피크저감을 위한 피크부하 예측기법 개발

시스템 적용대상 건물부하 전력수요 예측기법 설계로 건물부하 특성 모델링 및 표준 기상데이터 연동방안 설계기술이 적용되어야 한다. 그림 7은 순방향 에너지 해석 모델기반 부하예측 알고리즘의 예로 건물부하 요소별 에너지 소요량 분석 방안 수립과 동적모델 프로그램 기반 건물 요소별 시간 단위 전력수요 예측, 실적데이터 연계를 통한 예측기법 고도화 방안 적용 등의 개발기술이 적용되어 한다.

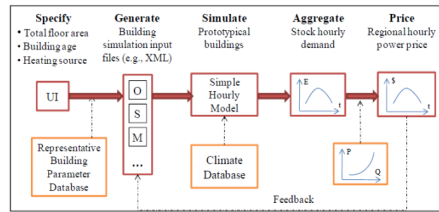


그림 7. 순방향 에너지 해석 모델기반 부하예측 알고리즘의 예
 Fig. 7. An example of a forward energy analysis model-based load prediction algorithm

5. 성능평가 및 환경시험

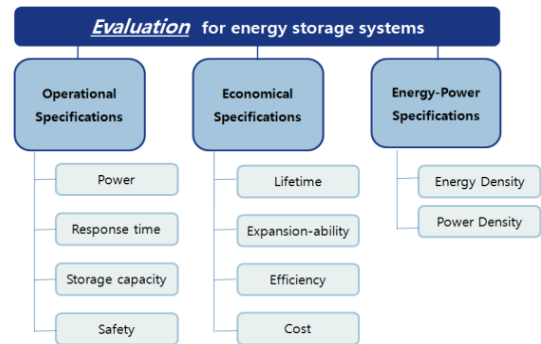


그림 8. 에너지저장시스템(ESS) 평가
 Fig. 8. Evaluation for energy storage system

수요관리용 하이브리드 에너지 저장시스템의 주요 구성품(태양광인버터-전력관리시스템, 에너지관리시스템, 배터리-에너지관리시스템, 등)에 대한 장치별 성능평가 및 환경시험과 요구 성능에 대한 성능 및 환경시험항목 절차에 대한 기술기준이 필요하다. 그림 8은 에너지저장

시스템(ESS)의 영역별 평가항목에 대한 내용으로 단위(장치)별 및 시스템 단위에서 성능을 평가할 수 있는 기술기준과 평가기술이 확립되어야 한다.

IV. 결론

비상전원 시스템이 설치되는 건물 및 공장 부하는 피크저감 등의 수요관리가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 수요관리와 정전에 대한 비상전원 기능을 갖춘 하이브리드 전력저장시스템으로 비상발전설비가 필요한 빌딩 및 공장 건축 시에 투자비를 최소화하고, 상시 전력비를 절감함으로써 경제성을 확보할 수 있는 기술을 개발하고 이와 관련된 비즈니스 모델에 대해 살펴보았다.

신뢰성이 높은 비상발전설비의 필요성이 요구되는 우리나라 계통설비에 설계적 기술요소와 평가 기술요소들을 적용함으로써 에너지 효율향상, 전력공급 시스템 안정화, 마이크로 그리드의 안정적 운영 등 효과적인 전력시스템이 확보될 것으로 사료된다.

References

- [1] KEMRI Journal of Economic Policy REVIEW, Korea Electric Power Corporation, No. 17, 2016.
- [2] Y. J. Song, "A Case Study on the Use of Energy Storage Devices and the Need for System Improvement in Energy Prosumer Market," Korea Economic Research Institute, 2017.
- [3] J. S. Hong, H. S. Chai, J. F. Moon, "Calculation of ESS Capacity of Industrial Customer through Economic Analysis," Trans. KIEE. Vol. 64P, No. 4, pp. 273~276, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5370/KIEEP.2015.64.4.273>
- [4] J. K. Park, Y.S. Baek, K. S. Jeong, J. H. Park, "Optimal Capacity Determination of BESS for Customer using Investment Cost and Electric Cost," Trans. KIEE. Vol. 64, No. 2, pp. 208~213, 2015.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5370/KIEE.2015.64.2.208>

- [5] Y. S. Lee, J. Heo, Y. H. Choi, "A Study for Space-based Energy Management System to Minimizing Power Consumption in the Big Data Environments," The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 13, No. 6, pp. 229~235, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2013.13.6.229>
- [6] S. H Lee, T. I. Seo, S. K. Jung, Y. H. Gwon, "A study about flat mirror type solar thermal generation system to independently supply electricity on water resources management system," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society (JKAIS), Vol. 16, No. 8 pp. 5067~5073, 2015.
<http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.8.5067>

저자 소개

홍 경 진(정회원)



- 전남대학교 전기공학과(공학박사)
- 일본 국립과학기술청 물질연구소
외래연구원
- 현재 : 광주대학교 전기전자공학부
교수
- 주관심분야 : 신재생에너지, 전기재료

※ 이 연구는 2019년도 광주대학교 대학 연구비의 지원을 받아 수행되었음.