



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학전문석사학위 연구보고서

**저압 ESS를 활용한
저압부하 관리 시스템 설계 및 실증**

**Design and Application of Managing the load
with low-voltage ESS**

2018 년 2 월

서울대학교 대학원

응용공학과

김 혜 선

저압 ESS를 활용한
저압부하 관리 시스템 설계 및 실증
Design and Application of Managing the
load with low-voltage ESS

지도교수 정 현 교

이 리포트를 공학전문석사 학위 연구보고서로 제출함
2018 년 2 월

서울대학교 대학원
응용공학과
김 혜 선

김혜선의 공학전문석사 연구보고서를 인준함
2018 년 2 월

위 원 장 _____ 윤 용 태 (인)

부위원장 _____ 정 현 교 (인)

위 원 _____ 진 영 규 (인)

국문초록

전력품질의 요구 수준은 나날이 높아지고 전력기기의 발달로 가정용 기저부하가 증가하고 있다. 또한, EV사업 본격 시행 등으로 향후 지속적인 전력수요 증가가 예상되고 있으며, 최근 전력설비 기피 심화와 환경규제 강화, 탈원전 추진 등의 사유로 발전소나 송전선로 등 전력설비를 신설하는 여건이 점점 어려워지고 있다. 특히, 배전설비는 시설시 수용가 인근에 설치되는 특성으로 신설시 많은 민원을 수반하게 되며, 미관에 대한 관심이 높아지고 전력설비가 혐오시설로 인식되면서 점차 반발이 거세지고 있다.

전력설비의 증설 여부를 판단하는 기준으로는 전체적인 전력수요도 중요하지만, 특정 시간대, 또는 계절에 따른 최대부하인 Peak 전력이 결정적인 역할을 한다.

공급능력 확충이 점점 어려워지는 여건 속에서 수요관리, 설비투자, 분산형 전원 연계 등의 직접적인 설비확대가 아닌, 생산된 전력을 배터리에 저장하였다가 전력이 가장 필요한 시기에 공급하는 ESS를 활용하여 배전선로의 단시간 과부하를 제어하여 안정적 수요 곡선을 운영할 수 있다면 결과적으로 설비확충 시기를 지연시키고 궁극적으로 전력계통 전체의 안정성을 도모할 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문에서는 ESS의 기능을 활용하여 저압 Peak의 관리를 하고

동시에 UPS 역할로 주요 저압부하에 대한 무정전 기능이 추가된
지중 옥외형 저압 ESS를 설계하고 현장에 적용한 사례를 기술한
다.

주요어 : 저압 ESS, 전력저장장치, 부하평준화

학 번 : 2016-22204

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 배경	1
제 2 절 연구의 구성 및 개요	3
제 2 장 ESS 적용 현황	4
제 1 절 ESS 적용 분야	4
제 2 절 국내외 기술 동향 및 수준	6
제 3 절 시장동향	8
제 3 장 배전선로 운영 현황	10
제 1 절 배전선로의 부하특성	10
제 2 절 배전선로의 부하관리	11
제 3 절 배전선로 확대의 한계	12
제 4 장 사례연구	15
제 1 절 옥외형 저압 ESS 모델	15
제 2 절 저압 ESS 구성 및 주요사양	17
제 3 절 시험 및 검증	20
제 5 장 결 론	22
참고문헌	24
Abstract	25

표 목 차

[표 1] 전력산업의 에너지저장장치 활용분야	5
[표 2] 글로벌 ESS 증가전망	6
[표 3] 배전선로 최대부하 실적	10
[표 4] 10MW 초과 배전선로의 평균 부하율	11
[표 5] 설비별 분산형전원 접속제한 용량	13
[표 6] 지상변압기 용량별 설치수량	16
[표 7] 저압ESS 주요 장치 사양	19

그 립 목 차

[그림 1] 배전용 ESS 모델 국외사례	7
[그림 2] 미래 에너지저장장치 가격변동예측	8
[그림 3] 국내 L사의 판매가격 변화추이 및 전망	9
[그림 4] 옥외용 저압 ESS 구성도	9
[그림 5] 저압 ESS 구성도	17
[그림 6] 저압 ESS 현장설치 및 EMS 운영	20
[그림 7] ESS 정격 충/방전 시험	21
[그림 8] Peak 제어 모드	21
[그림 9] Scheduling 모드	21

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 배경

에너지저장장치(ESS)는 생산된 전력을 배터리에 저장했다가 전력이 가장 필요한 시기에 공급하여 에너지의 품질과 효율을 높이는 시스템이다[1]. 전력계통에서의 ESS 주요 적용분야는 발전기 주파수 조정, 신재생 에너지 출력 안정화 외에 하루 중 수분 또는 수시간 동안 발생 하는 피크전력의 저감 등 다양하며, 오프피크(주로 심야)시의 과잉전력을 저장하였다가 피크시의 전력수요에 충당함으로써 전력비용 감소 또는 지역적으로 설비투자 지연을 기대할 수 있다[2]. 이러한 장점에도 불구하고, 저압용 ESS는 정부지원금이나 정책으로 경제성 확보가 가능한 개별 수용가의 소용량 위주로 개발되어 왔으며 선로관리 측면에서의 국·내외 활용 사례는 거의 없는 상태이다.

배전선로는 부하 및 분산형전원 연계 증가로 인한 한계치 도달, 설비 신설 여건 악화로 인하여 배전설비 증설 대체기술 확보가 시급한 실정이며, 이와 맞물려 전기품질에 대한 요구수준이 점점 높아지고 있는 추세이다. 특히, 저압선로의 경우 Peak해소가 아닌 과부하 선로에 대하여 설비투자를 통하여 공급용량을 확대하고 있으며, 고객측의 자발적 대책마련 이외에는 사실상 무정전 공급 방안이 전무하다.

이러한 문제점들을 개선하기 위한 방법중 하나로 선로운영상 저압ESS 활용을 고려해 볼수 있다. 본 논문에서는 저압 Peak 관리가 가능하고,

비상시 UPS 기능이 추가된 저압용 ESS를 실제 전력공급 현장에 설치하고 운영할 수 있는 모델로 설계하고 구현한다.

전력수급 측면에서 저압단위의 Peak 관리는 선로전체의 Peak 감소로 이어지고, 변압기 단위의 과부하 해소는 궁극적으로 변전소 이후단의 배전선로 설비보강을 지연시키는 효과가 있으므로 ESS를 활용한 저압부하 관리는 계통안정에 기여한다고 볼 수 있으며, 배전선로 손실의 대부분은 변압기 손실임을 감안할 때 적정부하 유지에 따른 배전손실 감소도 기대할 수 있다.

제 2 절 연구의 구성 및 개요

본 논문에서는 배전선로의 적정부하 유지를 위한 저압부하 Peak제어용 ESS Modeling을 제안할 것이다.

제 1장에서는 본 논문의 연구 배경 및 목적, 그리고 논문의 구성 및 개요에 대해 살펴보았다.

제 2장에서는 일반적인 ESS의 적용분야 및 시장동향 등을 살펴볼 것이다.

제 3장에서는 배전선로 부하특성, 배전선로의 부하관리 현황 및 배전선로 확대의 한계를 살펴본다.

제 4장에서는 저압 ESS Modeling을 위한 적용범위 및 용량산정, 시뮬레이션을 위한 적용개소 선정 등을 설명한다.

제 5장에서는 상기 논의사항들을 정리하며, 향후 연구 방향에 대해 기술하였다.

제 2 장 ESS 적용 현황

제 1 절 ESS 적용분야

생산과 수요의 동시 특성을 가지는 전력분야의 특성과 관련하여 기존 양수발전과 같은 효율성 및 경제성이 떨어지는 저장기술을 극복하고 ‘Anytime & Anywhere’의 관점에서 경제성을 확보할 수 있는 에너지저장기술로 인하여 전력분야는 새로운 패러다임에 직면하고 있으며, 이러한 이유로 최근 전력분야의 에너지저장장치 활용 사례는 증가 추세에 있다. 에너지저장장치는 전력분야 적용을 통해 신재생에너지 연계 확대, 수요제어, 주파수조정 등 전력품질 개선 및 수급위기 대응이 가능한 기술로, 전력계통내에서 ESS는 계통구성 및 운전방향에 따라 다양한 분야에서 활용이 가능하며 각 분야별 ESS의 적용방안은 표 1과 같이 다양하게 제시되고 있다[3].

표 1 전력산업의 에너지저장장치 활용분야

부문	응용분야
Bulk Energy Service	전력부하 이동(Energy Time shift)
	전력공급용량 자원(Supply Capacity)
Ancillary Service	예비력 서비스(Reserve)
	전압안정(voltage Support)
	Black Start
	부하추종/신재생에너지 출력변동 완화(Load Following/Renewable Capacity Firming)
	주파수 조정(Frequency Regulation)
Transmission Infrastructure Service	송전설비지연(Transmission Upgrade Deferral)
	송전혼잡(Congestion)
	송전안정도 향상(Transmission Support)
Distribution Infrastructure Service	배전설비지연(Distribution Upgrade Deferral)
	전압안정 (voltage Support)
Customer Energy Management	전력품질향상(quality)
	전력신뢰성 향상(Reliability)
	계시별 요금반응(Retail Energy Time Shift)
	전력요금관리(Demand Charge Management)

에너지저장장치는 다양한 분야에 폭넓은 활용으로 지속적인 증가 추세를 보이고 있으며[4], 증가전망을 용도별로 살펴보면 중장기적으로 피크수요용 ESS가 활발히 활용될 것으로 예상되는데, 그 외에도 신재생 출력안정 및 주파수조정 용도로 활용되며 이러한 증가 추세는 기술개발과 가격안정에 따라 지속적으로 지속될 전망이다.

표 2 글로벌 ESS 증가전망(단위 : MW)

용도	'16	'18	'20
신재생 출력안정	554	1,926	5,979
주파수조정	1,299	3,190	6,764
피크수요 저감	2,247	7,080	16,273
합계	4,100	12,196	29,016

제 2 절 국내외 기술 동향 및 수준

새로운 전력저장기술에는 전지전력저장, 초전도전력저장, 압축공기저장, 플라이휠 저장 등 많은 저장 시스템들이 있으나, 높은 에너지밀도, 기동정지 및 부하추종 등의 우수한 운전특성, 모듈구조로 분산배치 가능, 저진동/저소음의 우수한 환경 유해성, 효율 및 입지 제약성을 고려시 전지전력저장이 실용화 가능 기술로 평가되고 있다. 현재 일본, 미국 등 주요 선진국들은 연구개발 및 실증을 활발하게 추진 중이며, 일부 상용화에 성공하는 등 사업화 단계에 진입하고 있다.

전 세계적으로 ESS 설치장소는 2016년 3월 현재 총 840개소이고 이중 184개소가 주파수조정용 ESS, 401개소가 신재생에너지용 ESS, 211개소가 부하평준화용 ESS이며 총 용량이 2,293 MW이다. 미국 캘리포니아 주에서는 2010년 9월에 ESS 의무화 법안을 제정하여 2014년부터 전력회사 공급전력의 2.25%, 2020년부터 5% 수준을 강제화하여, PG&E에서 주파수조정용 ESS를 총 60MW 설치하여 운영하고 있으며, 일본에서는 2011년 대지진 이후 원전의 대안으로 신재생에너지원이 급부상 하면서

불규칙한 출력을 보완해 줄 수 있는 ESS도 지원 정책에 포함되면서 북해도 Rokkasho 풍력발전소에 34MW와 Wakkanai 태양광 발전소에 1.5MW가 건설되었다. 우리나라에서는 전 세계 최대규모의 주파수조정용 ESS를 2014년 12월에 서안성 변전소에 28MW, 신용인 변전소에 24MW를 설치하여 운영하고 있다. 이후 한전에 서는 주파수조정용 ESS를 2016년 3월까지 236MW를 구축하였고 2017년까지 단계적으로 500MW급 주파수조정용 ESS설비를 설치 운영할 계획을 가지고 있다[5].

배전용 ESS모델 적용 사례를 살펴보면 그림 1과 같이 지중선로용, 소용량 등 다양한 형태로 시도되고 있다.



[Tesla – Powerpack System]
 - 단위용량 50kW/100kWh
 - ESS모듈 5대당 PCS 1대 구조



[eCAMION – CES Unit]
 - 단위용량 125kW/250kWh
 - 지중 배전선로 작업 필요



[AEP – CES with NAS Battery]
 - 단위용량 150kW/1MWh
 - 무정전 전환운전 기능 없음



[AEP – CES Unit with Li Battery]
 - 단위용량 25kW/50kWh
 - 지중설치로 인한 유지보수 어려움

그림 1. 배전용 ESS 모델 국외사례

또한, 한전에서는 「배전계통 연계 에너지저장장치 운영기술 개발」 연구개발사업을 통하여 배전용 ESS 운영전략을 수립하고, 통합운영시스템 설계, 경제성 평가에 대한 연구가 진행 중이다.

제 3 절 시장동향

에너지저장장치의 다양한 장점에도 불구하고 현장적용에 가장 큰 걸림돌 중의 하나는 에너지저장장치의 초기투자비용이다. 현재 에너지저장장치가 고가의 투자설비인 이유는 현재 그 수요가 제한적인 상황으로 인한 것으로 지속적으로 수요가 증가하는 추세에서 향후 전망은 다음 그림 1과 같다[6].

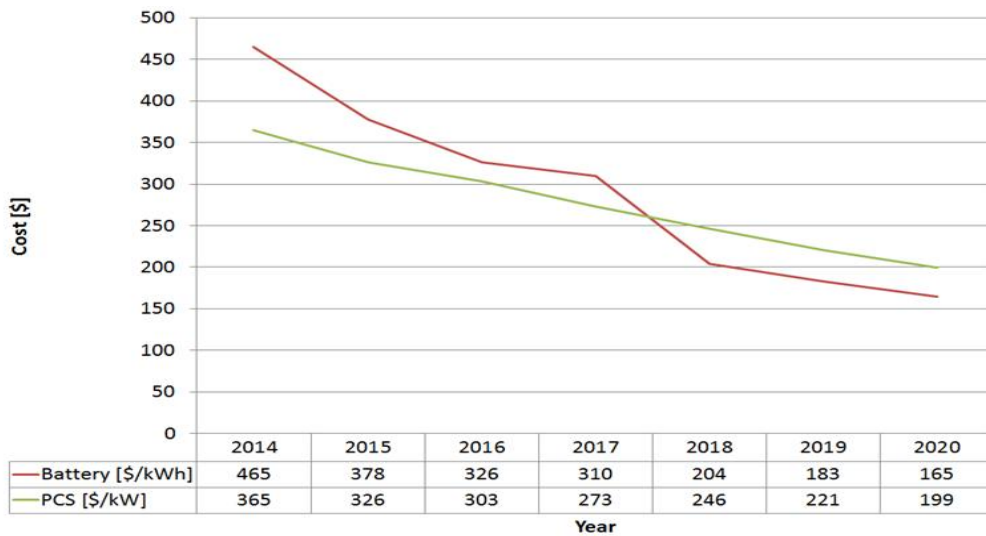


그림 2. 미래 에너지저장장치 가격변동예측(400kW이상급)

국내 대기업인 L사에서 제공받은 에너지저장장치 판매가격 변동추이를 살펴보았을 때 2014년도 가격을 기준(100%)으로 연차별 가격하향세가 현저함을 알 수 있으며, 이러한 에너지저장장치 시장은 에너지저장장

치의 다양한 전력분야 활용이 급속한 성장을 예상할 수 있다.

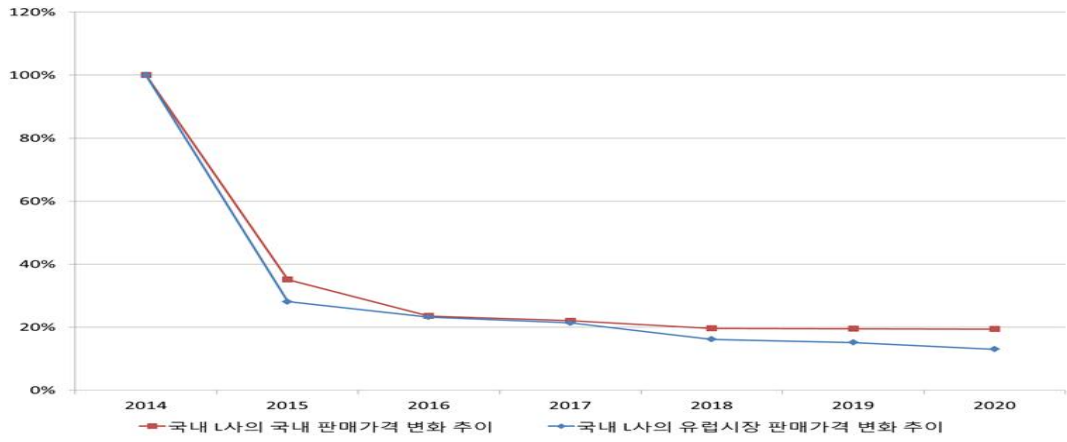


그림 3. 국내 L사의 판매가격 변화추이 및 전망

제 3 장 배전선로 운영 현황

우리나라의 전력사용량은 뚜렷한 사계절의 특성을 반영하여, 계절 및 시간별 사용량에 큰 차이를 보이며 이러한 이유로 에너지 소비 평준화 해결의 문제점에 직면해 있다. 배전선로의 평균적인 부하율은 설비규모를 결정하는 기준이 되는 최대부하에 크게 못미치는 경우가 많은데, 아래 세부 절을 통해 이러한 배전선로의 부하특성을 자세히 살펴본다.

제 1 절 배전선로의 부하 특성

배전선로 최대부하 실적을 살펴보면 표 3과 같으며, 2015년 기준으로 상시 운전용량 기준인 10MW를 초과하는 선로는 전체의 약 12%를 차지하고 있다[7].

표 3 배전선로 최대부하 실적

구 분	4MW이하	8MW이하	10MW이하	10MW초과	합 계
선로수	661	4,244	3,699	1,126	9,730
점유율	7%	43%	38%	12%	100%

※ 고객 소유선로 444개, 대용량(15MW) 배전선로 157개 제외

Peak전력이 상시용량을 초과하는 1,126개 선로의 평균부하율을 살펴보면 부하율이 50% 이하인 선로는 162개로 전체 과부하 선로의 15%에 달한다. 또한, 162개 선로 중 83%가 Peak 지속시간 2시간 이내로 평균 초과용량은 0.8MW를 기록하고 있다.

표 4 10MW 초과 배전선로의 평균 부하율

구 분	30%이하	50%이하	50%초과	합 계
선로수	42	120	964	1,126
점유율	4%	11%	85%	100%

이렇듯, 배전선로의 부하율을 분석해보면 평균적인 선로의 부하율은 낮으나 일시적인 과부하가 발생하는 배전선로가 다수 운전 중임을 알 수 있다. 이러한 한시적인 최대부하실적에 의해 배전선로의 선로용량이 결정되고 있다. 상대적으로 단시간내 나타나는 침두부하에 의해 용량증설을 위한 설비투자가로 직결된다.

제 2 절 배전선로의 부하 관리

배전선로의 적정 부하율 유지를 위해 최대수요에 대한 자발적 관리를 유도하는 정책이 시행되고 있으며, 이는 전기요금에도 반영되어 있다. 상업용과 산업용의 경우 역률에 의한 incentive와 함께 최대수요(kW)와 전력사용량(kWh)에 과금되는 방식으로 매월 기본요금은 직전월과 일년 전까지의 7,8,9(여름), 12,1,2(겨울) 중 가장 큰 최대수요에 의해 결정되도록 되어 있다. 이러한 요금체제로 인해 최대수요관리 여부에 따라 향후 1년간의 기본요금이 부과된다.

Peak부하 해소를 위해 연계되어 있는 선로간에는 적정 부하를 배치하여 최대한 운영한다. 그러나 계절성 과부하 등 단시간내 다발적으로 발생하는 과부하를 해소하기 위해서는 선로증설이 불가피하며, 공단이나

도시를 기반으로 밀집되어 있는 부하의 특성으로 배전선로의 증설은 결국 송전단 설비와 발전단 설비의 증설로 이어진다.

이렇게 최대수요를 목표치 이하로 관리하기 위한 정책 이외에도 ESS 활용 등 다양한 보완책을 도입하여 효율적으로 최대 전력을 관리 하려는 시도를 하고 있다.

한전에서는 최근 하계 부하 관리를 위해 최근 냉방부하를 고려하여 주택용 고객의 수용률을 1.0으로 적용하여 과부하 변압기 교체 판정기준에 반영하도록 하였다. 이는 기존 상가 및 변화가 0.65, 기타지역 0.5를 적용하고 냉·온방기기 등의 계절성부하에만 제한적으로 1.0을 적용해오던 기준 주택용부하 전체를 계절성 부하로 일괄 관리하도록 기준이 상향된 것이다. 또한, '15년 이후 저압고객을 정책적 확대하여 기존 500kW의 두배인 1,000kW 까지 한전 변압기에서 공급하면서 저압부하가 증가할 것으로 예상된다.

일시적 Peak 수요발생에 따른 신규선로 증설은 과도한 투자비를 동반하여 경제성을 고려한 전력망 운영이 불가능하며, 전력설비 신설 여건 악화로 무분별한 용량증설은 현실적으로 어렵다. 따라서 한시적 Peak제어에 대한 기술개발이 필요한 실정이다.

제 3 절 배전선로 확대의 한계

최근 EV사업 확대 등에 따른 전체적인 부하 증가가 예상되며, 전력기기의 다양화로 저압 기저부하가 증가하였지만 탈원전, 미관중시 풍조 등

정책 및 사회적인 인식 변화로 전체적인 전력설비 확대 여건이 악화되었다.

전력설비 증설의 회피 방안중 하나인 분산형 전원 연계도 설비별 분산형 전원 접속제한에 의해 전국 27개 변전소, 375개 배전선로에 분산전원 추가연계 불가능한 상황으로 배전 설비용량 한계 극복을 통한 분산형전원 확산수용이 필요하다.

표 5. 설비별 분산형전원 접속제한 용량

설비명	변전소	주변압기	배전선로	주상변압기
제한 용량	100MW (45/60MVA 기준)	25MW (45/60MVA 기준)	10MW (전압유지 조건)	정격용량의 50%

현재 국제 배전계통이 직면한 문제는 신재생에너지원의 수용확대 및 전력수요 증가에 따른 대응방안의 부재로 배전선로의 수용용량 이상의 신재생에너지원의 도입 시 발생하는 전력품질 문제 및 일시적 Peak 수요발생에 따른 신규선로 증설은 과도한 투자비를 동반하여 경제성을 고려한 전력망 운영이 어려우며, 에너지저장장치의 투자비 하향세 대비 고 투자비용을 요구함으로 경제성을 확보하기가 어려운 실정이다. 경제성 문제 외에도 전력시설물이 혐오시설로 인식되면서 민원발생과 부지 확보의 어려움 등으로 인해 설비용량 증대는 점점 어려워 지는 문제점이 있다.

따라서 배전계통에 에너지저장장치를 활용하여 신규 신재생에너지 연계 확대 및 수요제어를 고려한 운영을 통해 경제적 투자관점을 확보하고

유연한 배전계통 운영전략 수립은 불가피하다고 볼수 있으며, 향후 전력 분야의 새로운 패러다임 변화에 대응하기 위해서는 새로운 배전사업모델을 창출이 필요하다.

제 4 장 사례연구

본 장에서는 배전선로의 저압부하를 분담하기 위한 옥외용 저압 ESS를 설계하여 배전용 지상 변압기의 2차측에 설치하고, 동시에 중요부하의 정전에 대응하기 위한 UPS 기능을 구현하여 실제 운영해본 사례를 통해 저압부하의 피크 관리를 확인할 것이다.

저압 ESS는 실제 현장에 설치가 가능하려면 일반 수용가에 직접적으로 저압을 공급하는 지상 변압기의 공급환경과 동일한 여건으로 개발되어야 할 것이다. 일반적으로 도로상, 공원 및 녹지, 또는 전기공급약관에 의거하여 지상기기 설치를 위한 부지제공에 동의한 고객의 사유지내 설치되는 것을 감안하였을 때, 기본적인 기능구현 외에도 현장설치가 가능하도록 여건을 반영하여 개발하는 것을 목표로 하였다.

제 1 절 옥외형 저압 ESS 모델

옥외용 저압ESS 설계 검토시 부하가 밀집되어 있는 도심지에서 활용되는 점 등을 고려하여, 최대한 고객측면에서 거부감이 없도록 전국에서 운전중인 지상변압기 자료를 토대로 최다 설치용량인 300kVA를 기준으로 외함의 크기를 제한하였다.

표 6 지상변압기 용량별 설치수량(2016.12)

용량(kVA)									합계
30	50	75	100	150	200	300	500	기타	
327	2,221	3,408	2,065	8,264	3,892	21,281	4,054	58	45,570

한전 지상 변압기의 구매규격서[3]에 따르면 300kVA 용량의 지상 변압기 외형 치수는 1,250(D) * 1,500(W) * 1,400(H)로 제한되어 있으며 ± 5%의 오차율을 허용한다.

도심지에 설치 가능한 외함의 크기를 제한 범위내에서 옥외 설치가 가능하도록 구현하기 위해 추가되는 부속품들의 공간을 고려함과 동시에 개발 당시 기술로 구현 가능한 최대 용량을 검토하여 PCS 50kW와 배터리 50kWh의 사양으로 개발을 추진하였으며, 최대한의 용량을 위하여 배터리의 셀 간격을 최소화하고 단열재를 적용하는 적층방식을 도입하여 1,300(D) * 1,575(W) * 1,470(H)의 크기로 제작하였다.

외관 또한 일반 지상기기와 동일한 형태로 제작하여 실제 현장에 설치될 경우 승인된 규격의 기초대를 활용할 수 있고, 거부감을 최소화할 수 있도록 하였다. 또한 도로상에 시설되는 경우 도로점용 허가 및 점용료 부과 등 행정처리에 수반되는 검토사항을 최소화 할수 있도록 모든 요소를 고려하였다.

주위 온도에 직접적인 영향을 받는 옥외운전시 외함내에서 ESS 동작 범위내 환경 유지를 위하여 그림 2와 같이 여러 가지 장치를 추가하였다. 자연냉각을 위해 기초대를 활용한 바닥면 및 외함 상부의 통풍구 외에도 운전중 일정한 온도를 유지할 수 있도록 설정온도내 운전되는 팬을

설치하여 시스템의 수명을 최적화하는 동시에 최소한의 전력으로 운전 중 일정 온도를 유지할 수 있게 하였다. 동계운전을 위하여 배터리 보호용 히터를 설치였으며, 온도 파라미터 설정으로 환경별 운영이 가능하며 운전조건내 환경을 유지하도록 하였다. 침수에 대한 대책으로 배터리에 방수벽을 설치하여 안전성을 확보하였다.

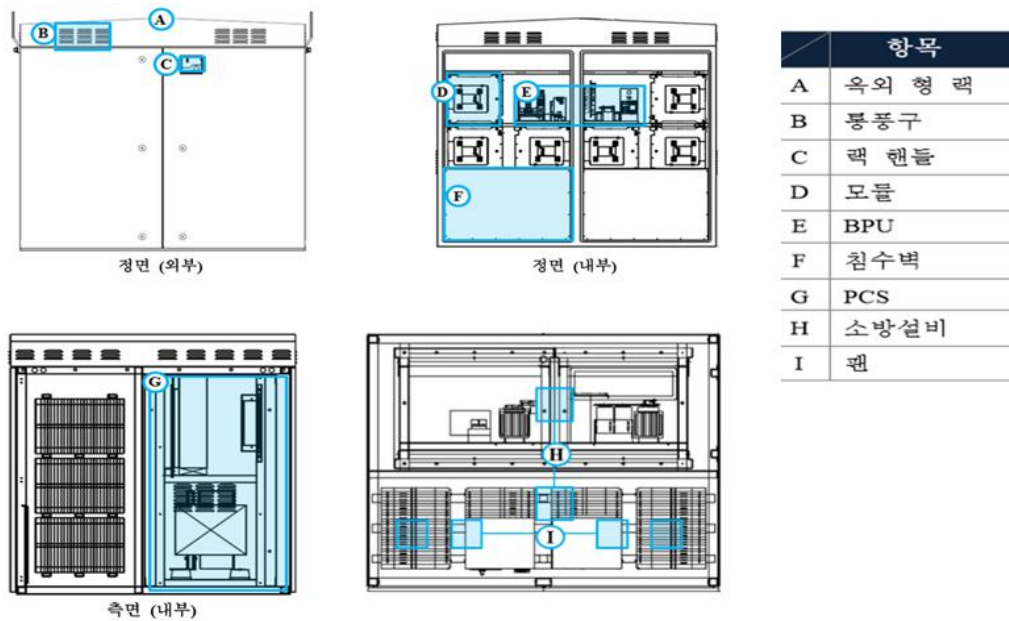


그림 5. 옥외용 저압 ESS 구성도

제 2 절 저압 ESS 구성 및 주요사양

옥외형 저압 ESS의 시스템 구성은 Grid와 ESS 연계를 한 Static Switch MCCB가 사용된 Master Control Panel을 기준으로 50kW PCS 1set, 50Wh Battery로 구성되며, Master Control Panel 후방에 ESS가 공급하는 일반부하와 정전시 부담하게 될 중요부하를 구분하여 연결되는

구조로 구성되어 있다. 그리고 운전 Mode인 Scheduling mode와 Peak제어 모드를 검증하기 하여 부하단에서 사용하는 전력량을 실시간으로 측정 할 수 있는 Meter를 설치하여 부하의 Data를 확인 할 수 있도록 구성되었다. HMI와 PMS간의 통신은 Ethernet TCP/IP로 구성되며, PMS와 PCS, BMS, Meter는 Modbus/TCP 통신으로 구성된다. PMS로부터 Static Switch와 각종 릴레이를 제어하기 한 Digital output과 상태 정보를 받아들이기 한 Digital Input 시그널이 연결 되어 있다. 그림 3은 '옥외형 저압용 ESS' 시스템구성도 이다.

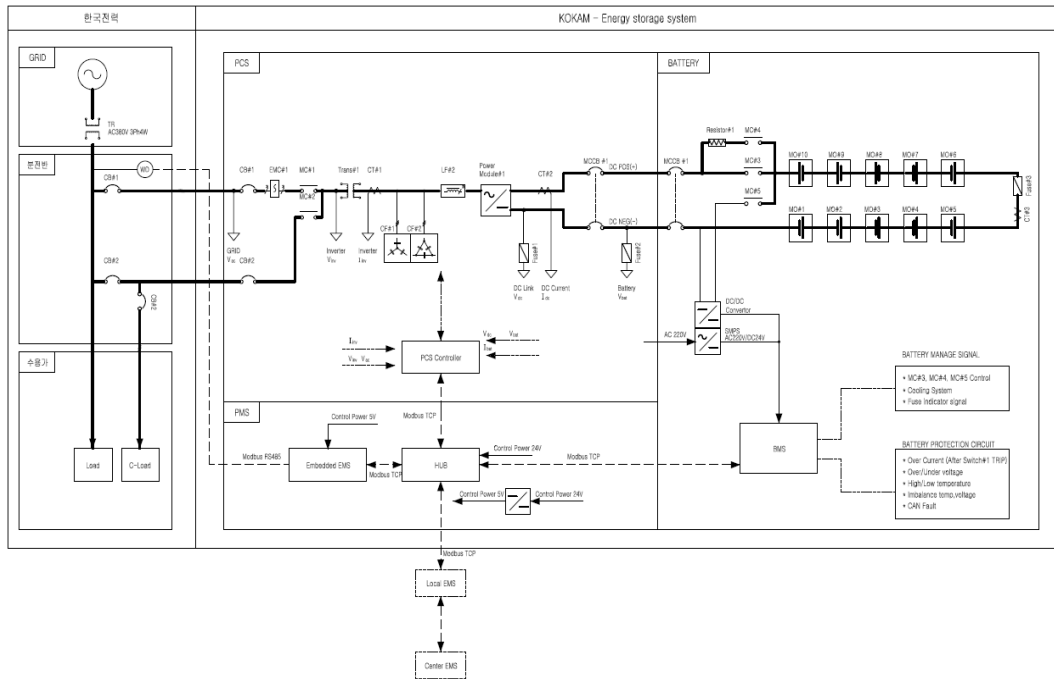


그림 6. 저압 ESS 구성도

본 시스템은 크게 배터리, PMS, PCS로 구성되어 있으며, 각 주요장치 사양은 아래 표 7과 같다.

표 7 저압ESS 주요 장치 사양

구분	항목	사양	비고	
PMS	통신	Modbus TCP/IP 프로토콜		
PCS	용량	50kW		
	DC측	전압범위	640~840 VDC	
	AC측	정격전압	AC 380V	3상4선식
		전압허용범위	정격의 ±10% 이내	
		정격전류	76A	
		정격주파수	60Hz	
		소음	60dB 이하	
	동작 온도 범위	-10℃ ~ +45℃		
보호기능	출력 과/저압 보호 (정격의 +10% ~ -12%) 출력 과/저주파수 보호 (정격의 +0.5Hz ~ -0.7Hz) 출력 과전류, 배터리 과/저전압, 온도이상 보호	30kW이상, 이하는 -3.0Hz		
Battery	공칭용량	55.5kWh		
	정격용량	52.7kWh		
	단일 셀용량	75Ah	UHP셀	

운전방식은 계절별, 시간대별 부하패턴에 따른 ESS 가동을 위하여 충·방전 시간을 설정해서 운영하는 Scheduling 모드와 부하량을 체크하여 설정한 범위 내에서 방전하는 Peak 제어 모드를 사용자가 선택하여 운영할 수 있도록 한다. Scheduling 모드는 부하패턴을 분석하여 적용 시간대에 1시간 단위로 운전시간을 설정하여 배터리 용량내에서 방전을 완료하고 충전모드로 복귀한다. Peak 제어 모드는 운전자가 부하의 패턴을 분석하여 직접 충/방전 범위를 정하고 실시간 부하 감시를 통해 설정값 이 내에서 동작하도록 운전한다.

제 3 절 시험 및 검증

저압 ESS를 시설하기 위해서는 충분한 부지확보가 필요하며 운전중인 변압기에 설치되어 정전이 필수적으로 수반되며, 운영을 위한 EMS 및 통신설비 설치가 필수적이다. 이러한 여러 여건을 만족할수 있는 한국전력 인재개발원(공릉동 소재)에 설치하여 시범운영을 진행하였다.



그림 6. 저압 ESS 현장설치 및 EMS 운영

저압 ESS는 기본적인 ESS기능 시험과 UPS연동시험을 통하여 검증하였고, ESS는 “SGSF-04-2012-07”에 근거하였으며, UPS는 KS표준에 근거하였다.

그림 2는 ESS 정격 충/방전 시험결과이다. Battery 최대출력 190kW 부하에서 안정된 출력을 보여준다.

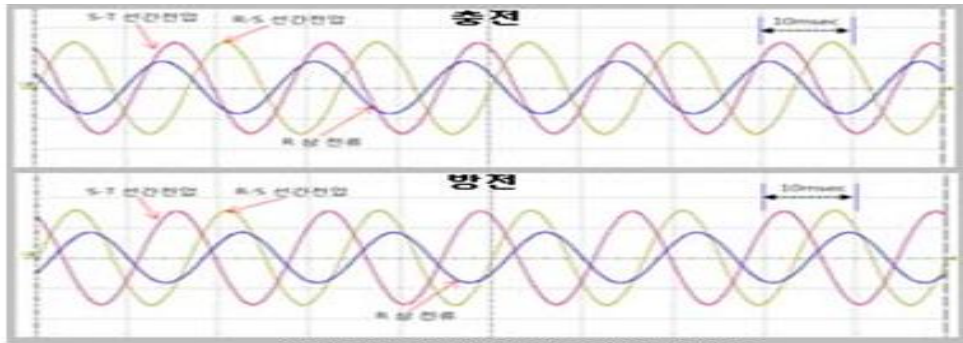


그림 7. ESS 정격 충/방전 시험

저압 ESS가 설치된 보일러동은 일반부하의 펌프운영에 따른 Peak 부하가 발생하는 패턴을 가지고 있으며, 이러한 부하패턴이 ESS운영으로 안정되는 것을 확인할 수 있다.

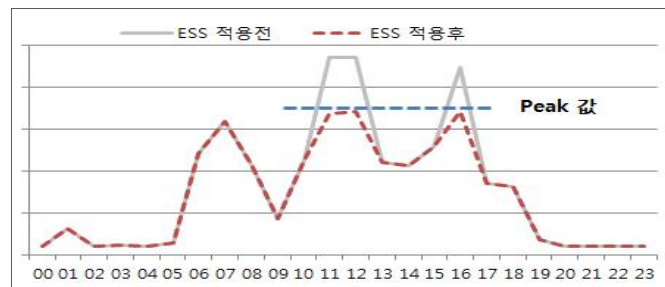


그림 8. Peak 제어 모드

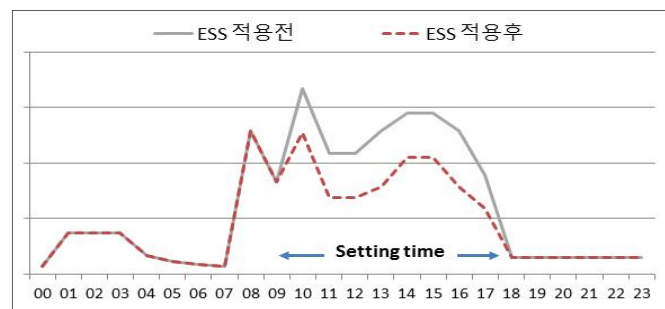


그림 9. Scheduling 모드

제 5 장 결 론

본 논문은 주요 부하에 대한 UPS 기능을 가진 저압 부하관리용 옥외형 Compact 저압 ESS 시스템을 설계하고 실제 부하에 적용한 시험 결과에 대하여 기술 하였다.

저압 ESS는 설비확대와 직결되는 부하의 Peak 제어를 통한 수요의 분산으로 투자비 지연효과가 있으며, 변압기 이용률 향상 및 배전손실의 개선이 기대된다. 또한, UPS기능으로 고객측의 자발적 무정전 대책이 아닌 선로운영 측면에서의 대책 수립이 가능하고 이것은 추후 AMI 확대 보급을 기반으로 경제성 확보를 위한 요금체계에 반영될 수 있을 것으로 기대된다.

배전계통내 ESS를 전략적으로 도입·운영할 경우 분산형전원의 수용률 향상의 효과가 있고, 간헐적 피크해소로 선로 공급용량이 증가하는 등 궁극적인 선로 이용률 개선의 효과가 기대되며, 이를 통해 전력 안전성 확보, 손실감소와 같은 편익을 기대할 수 있다.

관리 측면에서의 운용 인터페이스 구축, ESS에 대한 다양한 각도에서의 기술적, 경제적 분석이 필요하며 배터리, PCS 등 핵심소재의 기술력 향상 및 성능개선을 통한 용량확대와 가격안정이 선행되어야 할 것이다.

전력계통에 ESS 도입하기 위해서는 우선적으로 다양한 각도에서의 기술적, 경제적 분석이 필요하며, 적절한 용량산정, 자가방전을, 응답시간 등 기술적 검토 외에도 비용 및 경제적 규모가 고려되어야 한다. 저압연계 환경에서는 특히 환경제약 이나 안전설비 필요유무에 따른 기술적 보

완과 추가되는 비용도 고려해야 한다.

저압 ESS의 실용화를 위해서는 배터리, PCS 등 핵심소재의 기술력 향상, 성능개선 등을 통한 용량확대와 인터페이스 구축 등을 통한 체계적 운영시스템 개발 등이 선행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] T. Kousksou, P. Bruel, A. Jamil, T.El Rhafiki, Y.Zeraouli, “Energy storage : Application and challenges”, Solar Energy Materials & Solar Cells 120(2014) 59-80
- [2] 金美映, 盧大錫, 黃諛美, 金光鎬, 申成秀, 金在彥. "배전계통에 있어서 최적 손실산정 기법에 관한 연구." 전기학회논문지 A, 53A.6 (2004.6): 340-349.
- [3] DOE/EPRI 2013 Electricity Storage Handbook,2013.7.
- [4] 산업통상자원부, 에너지신산업의 총아-에너지저장장치,2015.8
- [5] 김정훈, 윤석민. (2016). 국가적 관점에서 용도별 ESS 적정용량 산정을 위한 운전수리모델 수립에 대한 연구. 전기학회논문지, 65(6), 969-978.
- [6] Navigant Research, ESS Market, 2014.02
- [7] 한국전력공사 SOMAS 시스템(2015)

Abstract

**Design and Application of
Managing the load with
low-voltage ESS**

Kim Hye Sun

Graduate School of Engineering Practice

Seoul National University

The demand level of power quality is increasing, and the home base load is increasing due to the development of power equipment. Although the annual growth rate of electric power demand has decreased compared to the past, total electric power demand has been steadily increasing every year. Recently, the conditions for the establishment of electric power facilities such as power plants and

transmission lines is getting harder due to deepening of power facilities and strengthening environmental regulations. In particular, the overall power demand for power distribution facilities is also important, but the peak load due to the specific time of day or the season becomes the standard for the expansion of the facilities, and it is accompanied by many complaints due to the characteristics installed near the customers. Under such circumstances, if the short-term overload of the low-voltage stage can be controlled by the ESS to operate the stable demand curve, it is expected that the stability of the entire power system will ultimately be achieved by delaying the facility expansion period. In this paper, we describe the design and application of underground outdoor low voltage ESS with the uninterruptible function for main low voltage load as the role of UPS at the same time as the management of low voltage peak.

keywords : low-voltage ESS, Energy storage system, Managing the load

Student Number : 2016-22204