

전지를 이용한 에너지저장시스템 개발

고 요* · 엄영창** · 김운호***

*한국전기연구소

**한국전력공사 기술연구원

***중앙대 공대 전기공학과

The Development of Bettery Energy Storage System

Yo Ko*, Young Chang Eom** and Yun Ho Kim***

*KERI

**KEPCO KRC

***Department of Electric Engineering, Chung-Ang University

요 약

전력수요의 지속적인 증가와 부하율이 점차 낮아짐에 따라 전력사용을 합리적이고 경제적으로 운용할 필요가 있다. 이를 위하여는 고속응성과 분산배치가 가능한 전력저장 시스템의 전력계통에의 적용 필요성이 대두되고 있다. 본 논문에서는 이와 같은 배경에서 전력저장 전지시스템의 전력계통에의 적용 가능성을 확인하기 위하여 시뮬레이터 형태의 20 kVA 전력저장 전지시스템의 설계, 제작 및 그 특성시험을 수행한 결과를 기술하였다. 전력저장 전지시스템은 전력을 직류로 저장하는 전지부와 전력을 직·교류 변화하고 계통과 연계하는 직·교변환부 그리고 이를 제어하는 제어부로 구성되어 있다. 전지부에서는 전력저장용의 새로운 연속전지 시스템을 설계·제작하였으며, 직·교변환부에서는 양방향 인버터 시스템을 적용하여 전지에의 충전과 방전을 단일 시스템으로 하여 충전기와 인버터 기능을 동시에 수행하도록 하였다. 또한 4상한 운전을 가능하게 하여 무효전력보상 기능도 수행하도록 하였다. 이 시스템은 MW 시스템의 시뮬레이터 형태로 제작된 것으로 이 연구로부터 얻은 특성 시험 결과를 바탕으로 MW 시스템의 개념설계가 가능하다. 앞으로 전력저장 전지시스템은 수십 MW 시스템까지 구축될 전망이어서 본 연구는 이를 위한 준비 단계라고 할 수 있다.

Abstract—Due to steady increase of electric power demand and decrease of load factor, the economic and reasonable operation of electric power system is necessary. Because of this reason, dispersed battery energy storage system(BESS) with fast response is receiving attractive attention. With these considerations, 20 kVA BESS is designed and tested to investigate the possibility of BESS application to power system. This paper describes the design specifications of simulator and test results. BESS is composed of batteries, conversion equipments, interconnecting equipments to power system, and control parts of the system. The inverter of BESS can carry out two functions as charger and discharger. Also, it can operate as a VAR compensator by four quadrant operation. Since this system is designed as a simulator of MW system, the conceptual design of MW system is possible by using the test result of test system. The study of BESS is preliminary stage for the future MW class BESS.

1. 서 론

산업화와 문화수준의 향상에 따른 전력수요의 증가와 그리고 운전비 절감을 위한 원자력 발전소등 대용량

발전소의 계통병입으로 전력의 경제적이고 합리적인 운용을 위한 보조 수단으로 전력저장 시스템의 도입이 필요하게 되었다. 현재 대규모 전력저장장치로 실용화되고 있는 양수발전은 효율이 70% 내외인 반면에

Table 1. Countermeasures and technical problems of battery energy storage system

Sort	Technical problem	Countermeasures
Battery	Reliability, Long life	anti-corrosion of electrode, development of corrosion detection method
	Low cost	use of low cost material, standard
	High efficiency	low internal resistance, low power of extra system
	Compact	high current density, enhancement of active material use
PCS	High efficiency	enhancement of element characteristics, high performance of main circuit
	Low cost	standard, mass production, simplification of equipments

*1 PCS : Power Conditioning System

수요처에서 원격지에 건설되어 송전손실 및 선로비용이 추가 부담되고 대용량인 관계로 건설기간이 길다는 단점이 있으며, 압축공기 및 플라이-휠 저장 등은 입지 조건의 제약과 소용량이라는 단점을 안고 있다. 또한 최근 연구가 활발한 초전도 저장시스템은 저장 효율이 높은 반면 입지적 제한과 기술적 난이도가 커 현재로서는 실용화가 어렵고 차세대 저장시스템으로 전망되고 있다. 반면에 전력저장 전지시스템은 이러한 어려움을 극복하고 현재 개별적인 목적으로 상용화되고 있으며 앞으로 가까운 장래의 본격적으로 활용될 전망이다. 전력저장 전지시스템의 역사는⁽¹⁾ 1940년대 독일에서 전지비상용으로 시작하여 이후 비상용전원으로 운용되어 오다 최근에 이르러 기간 전력계통에까지 그 적용이 확대되고 있다. 이러한 상황에서 가장 문제가 되고 있는 것은 에너지 저장 밀도가 높고 수명이 길며 값싼 전지의 개발이며 현재 미국, 일본, 유럽 등이 중심이 되어 활발히 연구되고 있다.^{(2),(3),(4)} 표 1은 전력저장 전지시스템의 기술적 과제와 대책을 나타낸 것이다. 이러한 문제점을 안고 있는 전력저장 전지시스템을 도입하는데 있어서 주요 관점은 대규모 시스템으로 가기 전에 소규모 축약시스템을 통한 기능 실현이 급선무이다. 따라서 본 논문에서는 축약시스템인 시뮬레이터를 통하여 전체시스템 구성 및 기본 조건, 2차전지부의 설계 및 제작, 전력변환장치부 설계 및 제작, 감시제어반 및 기타설비 설계 및 제작 등 시스템의 설계 및 제작에

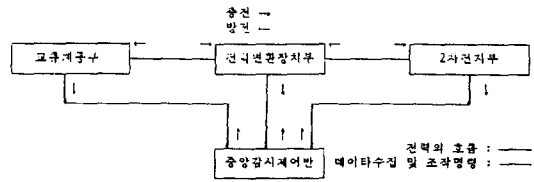


Fig. 1. The conceptual diagram of a battery energy storage system simulator

Table 2. Basic specification of the system

Article	Scale and condition
1. Output capacity	80kWh(20 Kwn×4 hrs)
2. Circuit Voltage	AC 3φ 3 W 380 V, DC 360 V
3. Circuit Current	AC 30 A, DC. 56 A
4. Number of line	AC 1 line, DC 1 line
5. PCS	Self commutated voltage type 20 kVA
6. Linked reactor	% impedance=10
7. Batteries	Lead Acid 500 Ah×180 cells

관한 내역 및 단독운전 특성해석, 계통연계운전 특성 해석, 기본성능시험, 부하평준화시험, 무효전력 보상시험 등 시스템의 특성시험에 대한 내역을 상세히 기술하여 대규모 시스템의 적용 가능성을 도출하였다.

2. 시스템의 설계 및 제작

2-1. 전체시스템의 구성 및 기본조건

전체시스템구성은 그림 1과 같이 2차전지부, 전력변환장치부, 중앙감시제어반, 교류계통부(배전반+모의부하+연계계통)로 이루어진다. 또한 전체시스템이 부하평준화용 전력저장장치로 활용되기 위한 기본조건은 표 2에 나타내었다.

2-2. 2차전지부의 설계 및 제작^{(6),(7)}

전력저장 전지시스템에서 가장 문제가 되는 것은 2차전지의 문제이다. 이는 표 1에 명시한 대로 고신뢰성, 장수명화, 저가격화, 고효율화, 축소화 등이 있다. 여기에서는 이러한 점에 유념하여 설계하고 제작된 2차전지부에 대한 내용을 기술하였다. 표 3은 이러한 점을 고려하여 설계·제작된 2차전지부의 사양이다. 표 4는 여기서 개발된 전지부의 구체적인 개선사항을 정리하여 나타낸 것이다.

2-3. 전력변환장치부 설계 및 제작

Table 3. The specification of advanced batteries

Article	Specification
capacity	20 kW, 4 Hours
rating voltage	360 V
number of cells	180 cells (series)
charging voltage	Max 486 V(2.7 V/cell) min 432 V(2.4 V/cell)
discharge voltage	min 306 V(1.7 V/cell)
battery capacity	500 AH/5 Hours
size	L128×W158×H519 mm
electrode	(+)pole : Tubular (-)pole : Paste
plate alloy	Pb, Sb alloy
separator	P.E. separator
weight	23 kg/cell
specific gravity	1.28 (25°C)
life	1,000-1,200 cycle
efficiency	85 %

Table 4. Improved aspects of developing batteries

article	improved aspects	effect
volume effect	84WH/l→92.4WH/l enhancement	compact low cost
weight effect	35WH/kg→42.2WH/kg enhancement	compact low cost
separator	replace rubber plate with P.E. plate	improved performance and efficiency
positive plate	improved PbO ₂ alloy increase of number of plate use of glass tube use of injection type sealer	life enhancement efficiency enhancement life enhancement protect the short circuit
negative plate	use of paste type Pb	life enhancement

전력저장 전지시스템에서 2차전지에 이어 문제가 되는 것은 전력변환장치의 고효율화와 저가격화 및 각종 기능의 실현 등이다. 전력변환장치가 전력계통의 접속되기 위해서는 계통과의 동기, 인버터 출력전압의 조정, 유효·무효전력의 제어 및 고조파 함유량 저감 등이 필요하다. 여기에서는 이러한 점에 유념하여설계·제작된 전력변환 장치부에 대하여 기술하였다. 표 5는 부하관리용 전력저장 전지시스템의 전력변환장치부 선정을 위한 검토 사항을 MW 급과 시물레이터인 20 KVA 축약시스템에 대하여 나타낸 것이다. 이러한 변환장치부는 앞에서 분석된 바와 같이

- 연속적인 충방전이 가능하다.
- 유효·무효전력제어가 가능하다.
- 교류출력의 고조파성분을 쉽게 감소시킬 수 있다.
- 정류기·인버터가 일체화되어 전력변환장치부의 컴팩트화가 가능하다.
- 고효율, 대용량화가 가능하다.

등의 측면에서 12상 다중(6상 다중 2단) 펄스폭제어의 자력식 전압형으로 선정하였다. 여기서 선정되어 설계된 시물레이터용 전력변환장치부의 일선도를 그림 2에 나타내었다. 결국 전력변환장치부의 주회로는 MW 급 전력저장 전지시스템에 사용될 Gate Turn Off thyristor (GTO) 소자와 기능이 유사하고 시물레이터의 용량인 20 KVA 급에 적합한 Power Transistor를 기본 소자로 하여, 단상 브릿지 6조를 조합한 6상 2단 다중방식으로

구성되었다.

이렇게 설계·제작된 시물레이터는 다음 기능을 실현하기 위한 것이다.

- 대용량일 것
- 교류계통과 동기를 이룰 것
- 충방전시 2차전지의 전압변동에 대응할 것
- 효율이 높고, 고조파를 적게 발생시킬 것
- 무효전력의 처리가 쉬울 것
- 경제적인 것
- 컴팩트할 것
- 제어에 융통성이 있을 것

2-4. 감시제어반 및 기타설비 설계 및 제작

2-4-1. 감시제어반^{(11),(12),(13)}

감시제어반은 그림 1에서 중앙감시제어반을 가르키는 것으로 교류계통부, 전력변환장치부 및 2차전지부에서 각종 자료를 수집하는 Data Acquisition 기능과 이들 각 파트를 제어·조작하는 기능을 갖고 있다. 이 시스템은 PC-286 컴퓨터를 사용하여

- 전력 및 설비계통도를 칼라 모니터에 계통도 그래픽과 함께 상태 및 계측치를 일괄로 알기 쉽게, 칼라로 구분 표시하도록 하며,
- 기록장치에는 발생된 경보 및 상태변화, 아날로그 감시

Table 5. Summary of conversion methods for load levelling power conditioner

article	seLECTION point	MW system	20 KW system	Lemarks
commutation type	DC side voltage variation, reactive power compensation, control	self commutation type	self commutation type	
source type	control, power conversion, reactive power compensation	voltage type	voltage type	
Valve Device	efficiency, simplification	GTO	Power Tr.	self commutation
Bridge	high speed switching, efficiency	3 sets of 1φ bridge	3 sets of 1φ bridge	
voltage control	large capacity, efficiency, harmonics	PWM	PWM	
wave form	large capacity, harmonics, efficiency	multiple	multiple	
control	availability, difficulty	PID feed back	PID feed back	
out put transformer	balance, harmonics			balance
ratings	system capacity, circuit	1000 V, 1000 A		
colling	temperature		forced air cooling	

(전류, 전압, 전력, 역율 등)에 대하여 일정 연속기간 동안(원인발생전부터 원인발생후까지) 기록하게 하므로서, 정확한 고장분석 및 사후대책에 임할 수 있도록 하며,

-그래픽 패널(Graphic Panel)에 차단기 운전사항 및 고장발생 표시, 각종 계측기의 디지털 값(4단위) 등을 상시 표시시키므로서, 전체시스템의 일괄적인 감시가 용이하도록 하며,

-차단기의 개폐는 제어탁(Control Desk)에서 키보드로 직접 선택, 확인, 조작하는 3단 조작방식으로 확실하고 정확하게 제어되도록 하므로서 관리인원의 극소화, 사고의 미연방지, 사고원인 분석 및 신속한 대처에 의한 인명 및 재산의 보호, 최적환경 유지 등의 채용 효과를 갖는 시스템으로 구성하도록 하였다. 중앙감시제어반은 여러가지 요소들의 조합으로 구성되어 있고 이를 설명하면 각종 데이터를 수집, 분석하고, 디스플레이 장치와 출력장치에 전송하는 소프트웨어와 하드웨어로 구성된 중앙처리장치와 현장에서 계측된 각종 데이터 및 신호를 중앙처리장치에 통신하거나, 중앙처리장치의 각종 제어정보를 현장에 통신하는 자료수집반(Local Station Panel), 자료수집반에서 수집된 각종 데이터를 일괄적으로 디스플레이시키는 그래픽 패널 등으로 구

성된다.

한편 감시제어 포인트는 수배전반에서 시작하여 모의부하반, 인버터반, 2차전지로 구분하여 각각 제어포인트, 아날로그포인트, 펄스신호 등에 대하여 결정하고, 경보(Alarm)에 대한 포인트도 별도로 선정하였다.

이러한 감시제어반은 380 V 3상 저압배전반, 전력변환장치부, 2차전지부, 모의부하반 등에 대하여 감시 및 제어를 한다.

2-4-2. 배전반, 모의부하 및 실증시험실

2-4-2-1. 배전반 설계

본 연구에서 사용한 배전반은 충방전 일체형으로 1면으로 구성되었으며 구성내역과 기능은 다음과 같다.

-계통연계 및 단독부하운전을 선택할 수 있도록 마그네틱 스위치 2개를 사용하였다.

-교류전압, 전류계측은 PT, CT를 사용하였고 직류전압, 전류계측은 Voltage Divider와 셉트(75A/50mV)를 사용하였다.

-메타기의 종류에는 V, F, A, Var, W, Wh, Varh, DCV, DCA, AH 등이 있다.

-충방전횟수를 카운트한다.

-전력변환장치에서 충방전 모드 신호를 받아 계측시스템이 충전인지 방전인지를 나타낼 수 있도록 Sequence

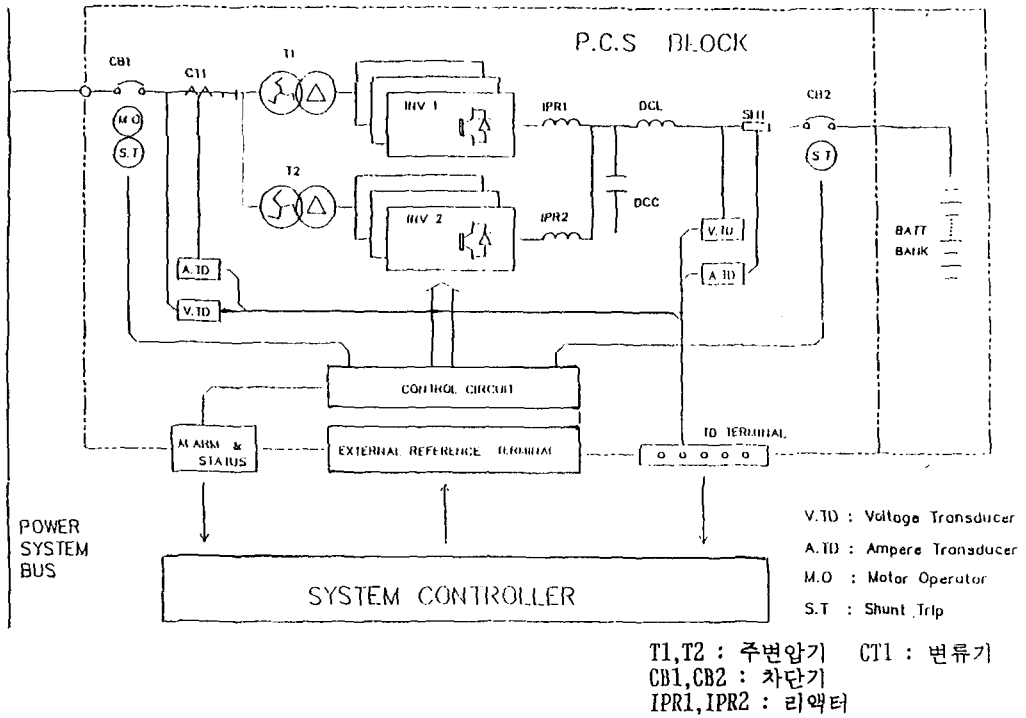


Fig. 2. The one line diagram of power conditioner

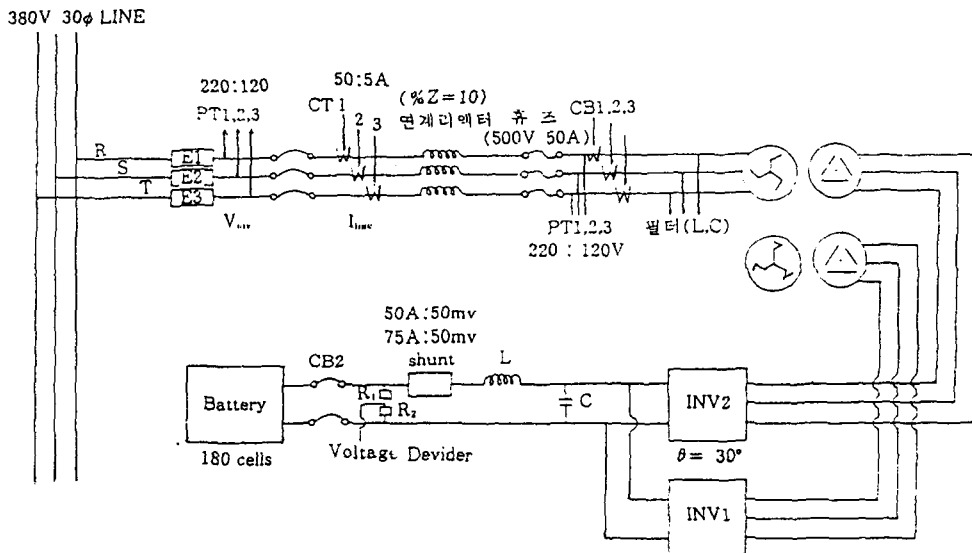


Fig. 3. The system diagram of test system

회로를 구성하였다.

-사고가 상위제동에 공급되지 않도록 단락 차단전류 10 KA의 NFB를 설치하였다.

2-4-2-2. 모의부하 및 실증시험실

모의부하는 전력저장장치시스템의 단독부하운전 특성을 시험하기 위해 설치한 것으로 전체용량은 21KW로 과열방지를 위한 2개의 팬을 사용하였으며, 계측량은 전력(KW)과 전압(V)이다. 모의부하는 100W 1개, 200W

2개, 500W 1개, 1KW 1개, 2KW 2개, 5KW 1개, 10KW 1개로 전체 9개의 부하로 구성되어 있고, 각 부하의 조합에 의하여 0W부터 21KW까지 100W증감분에 의해 단계적으로 변화시킬 수 있도록 하였다.

실증시험실은 중앙컴퓨터시스템과 그래픽판넬 등이 배치된 감시제어실과 전력변환장치, 배전반, 모의부하 등으로 구성된 기기실, 180개의 연속전지셀로 구성된 축전지실로 구성되어 있다.

환풍기 2대(26 lube/분*2)와 창문 3개로 환기시키도록 설계하였는데, 시험한 결과 매일 충방전시에는 환풍기 작동없이도 운전이 지장이 없었고, 균등충전시에는 많은 양의 수소가스가 발생하여 환풍기 작동 및 창문을 통한 환기를 시켰다. 한편 축전지실의 출입구는 기기실을 통하여 출입하는 것으로 하였다.

전기설비는 전력저장 전지시스템을 정상적으로 운전하기 위해서 전력변환장치의 충방전 전력을 전원계통에 연계하여 운전이 가능하도록 하였으며, 감시제어설비 및 주변설비에 소요되는 전력도 공급하도록 하였다.

3. 시스템의 특성시험

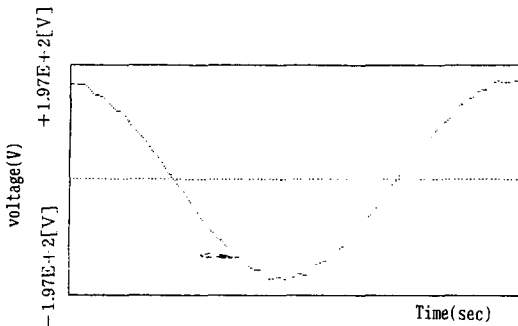


Fig. 4. A wave form and distortion factor at partial load

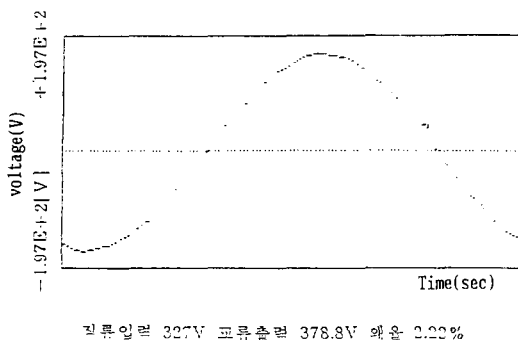


Fig. 5. A wave form and distortion factor at full load

3-1. 시험 시스템의 개요

시험 시스템의 구성은 실제통과의 연계운전을 위해서 6.6KV 모선에 300KVA 6.6KV/380V 변압기가 설치되어 있는 380V 분전반중의 한 라인과 시뮬레이터가 연결되도록 하였다. 또한 단독운전을 위해서 시뮬레이터측 계통의 모의부하 21KW를 MG2 개폐기로서 연결시켜 두었다. 그림 3은 시험시스템의 계통도를 나타낸 것이다.

3-2. 단독운전 특성해석

시뮬레이터의 단독운전시 여러 특성 파악이 목적이며, 주로 출력전압에 포함되는 고조파해석, 부하변동에 따른 과도특성을 시험평가하였다.

3-2-1. 출력전압 고조파해석^{(8),(9),(10)}

시뮬레이터와 모의부하를 연결하여 단독운전시킨 경우 정격용량인 20KVA 미만의 부분부하에서는 고조파 함유율이 2% 이하가 되어 아주 우수한 특성을 나타내었으며, 정격에서도 2%를 약간 넘는 2.22%를 나타내어 시뮬레이터의 설계가 잘 되어 있는 것으로 판명되었다. 참고로 미국의 고조파 규제치는 3-5%, 일본은 2% 정도이다. 그림 4와 그림 5는 부분부하 및 정격에서의 시뮬레이터의 파형과 고조파함유율을 나타낸 것이다.

3-2-2. 과도특성

단독운전시 과도특성으로서는 부하급변시 출력전압 응답성과 순시변동율에 대하여 시험분석하였다. 시험 결과 출력전압응답은 목표치인 60 cycle보다 12-15배 빨랐으며, 순시전압변동율도 목표치인 38V 보다 4-38배 적은 값을 보여 특성이 좋음을 알 수 있었다. 표 6은 이 결과를 요약한 것이다.

3-3. 계통연계운전 특성해석

해석의 목적은 시뮬레이터와 실전력계통과의 연계운전시 나타나는 특성이 목적에 부합하는가를 파악하는

Table 6. The output voltage response and instant variation rate with load variation

Load variation	DCV variation	ACV response	ACV variation
0→5 kW (25%)	±2 V	4~5 cycles	±1 V
0→10 kW (50%)	4 V	4~5 cycles	4 V
10 kW→20 kW (50%) (100%)	4 V	4~5 cycles	4.4 V
0→20 kW (100%)	8 V	4~5 cycles	8.4 V

Table 7. The analysis of distorted wave of simulator under linked condition

measure pattern			harmonics		
mode	time	(kW)	V(%)	A(%)	harmonics rate
discharge	first	20	0.93	3.10	2(1.72)
	medium	20	1.03	2.93	2(1.53)
	last	20	1.09	2.36	2(1.50)
charge	first	20	1.08	2.94	2(1.43)
	medium	12	1.25	5.29	2(3.77)
	last	9	1.65	6.44	7(3.59)
equi. charge	first	7	1.34	10.17	5(5.92)
	last	6	2.61	11.90	5(8.62)

Table 8. The starting characteristics of simulator

$C \frac{dv}{dt}$	10~12A
after CB2 ON PCS input	336V×3A=1008VA
after CB1 ON PCS input (P=000)	334×4~6A=1336~2004 VA dc 383×1.25×√3 = 1829 VA ac
after CB2 ON auto same period	7 seconds
after CB2 ON response time(0→20 kW)	13~14 seconds
response time(20 kW→0 kW)	14~15 seconds

것이며 이를 위하여 여러가지 시험을 수행하였다.

3-3-1. 고조파 해석

시뮬레이터의 운전패턴에 따라 여러가지 형태의 고조파가 출력파형에 나타날 수 있으며 가능한한 전압왜율이 2-5% 이하여야 한다. 방전 및 충전에 대하여는 초기, 중기, 말기에 대하여, 균등충전에 대하여는 초기 및 말기에 대하여시험을 한 결과 모두 목표치에 들었으며, 특이하게 균등충전 말기의 경우 2%를 넘었다. 표 7은 고조파해석 결과를 나타낸 것이다.

3-3-2. 정상특성

계통연계운전시 약 7초간의 자동동기기간과 약 14초 정도의 추종시간이 지난후 20KW 정격출력(방전 및 충전 거의 동일)을 내어 정상운전에 들어가게 된다. 이때의 출력전압고조파 특성은 앞에서 언급한 바와 같이 3%이내로 양호하였으며, 연계운전시의 출력 전압 및 전류특성, 그리고 그 때의 전지특성 즉, 변환장치 입력 전압 및 전류특성은 정상이었다.

방전시 출력특성에 있어서 거의 20KW 정출력으로 운전되었으나 충전시는 90% 충전에 거의 다다른 시점부터 전지충전특성에 의해 16KW에서 5.49KW로 감소되어 충전시 정출력특성은 전지의 방전상태에 따라 다르겠지만 약 7~8시간 정도 지속되었다. 또한 방전 및 충전시 주파수 60±0.1 HZ, 역률 99%, 전력변환장치의 방전시 순시효율 81~92%, 충전시 순시효율 70~95% 정도의 특성을 보이고 있다.

3-3-3. 과도특성

시뮬레이터의 과도특성으로는 기동정지특성, 유효전력설정상특성, 충방전모드변경특성, 출력변동특성 등이 있다.

-기동정지특성 . . . 시뮬레이터의 기동순서는 직류브레이커(CB2)가 자동 투입되고 나서 직교변환장치가 가동하여 계통과의 전압동기를 맞춰 교류브레이커(CBI)를 투입하게 된다. 표 8은 이 때의 특성을 나타낸 것이다. 측정결과 목표치인 1분이하에서 성능이 양호함을 알 수 있었다.

-유효전력설정에 대한 출력특성 . . . 시뮬레이터의 PCS(Power Conditioning System)는 유효전력설정 P=0→P=999까지 할 수 있게 되어 있다. P 값을 100 간격으로 P=600까지 증가시켰을 때의 출력특성은 표 9와 같다. 급변특성으로서 유효전력설정에 따른 전압 및 출력 응답시간은 약 8~9초 정도이었다. 전압변동 정도는 각 단계(P 100증가마다) 2~3V이었으나 P=000→P=600시는 12V(380V의 3.2%) 정도로 목표치에 비해 양호하였다. 여기서 P는 전체출력을 0부터 999까지 임의로 나눈 것이다.

-충방전 모드변경특성 . . . 충전과 방전을 즉시 변경하였을 때의 응답시간으로 1분 이하가 목표치였으나 13-14초 정도로 매우 양호하였다. 전압변동도 27V 정도로 목표치인 38V보다 아래에서 양호하였다.

-출력변동특성 . . . 출력파형의 변동특성으로 이상전력변환기가 아니므로 발생하게 된다. 직류입력의 경우 53-70A, 교류출력의 경우 25-32.4A로 파형을 개선할 여지가 있다.

3-4. 기본성능시험

시뮬레이터의 기본적인 성능을 시험하기 위하여 전지의 용량시험, 자기방전시험, 충방전특성시험, 효율시험을 수행하고 그 결과를 기술하였다.

Table 9. An transient output characteristics

P set	V inv		V line		I inv.a	V dc	I dc	efficiency (%)
	120 V	380 V	120 V	380 V				
P=0	119	383	119	383	1.25	334	5	48.7
P=100	119	383	119	383	3	333	10	58.6
P=200	120	386	119	384	7.5	331	20	74.2
P=300	121	389	120	386	12.5	328	29	86.8
P=400	121	389	120	386	20	325	46	88.3
P=500	122	392	121	389	25	324	59	87
P=600	123	295	122	392	30	322	70	89.2

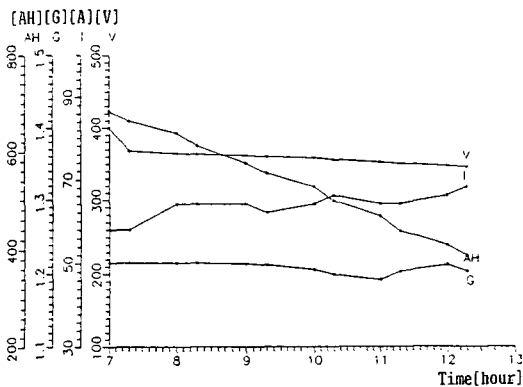


Fig. 6. The discharge characteristics of batteries for simulator

3-4-1. 전지의 용량시험

시뮬레이터에 사용된 전지의 용량시험을 한 결과를 기본용량 500AH의 99%에 해당하는 496.5AH 와 494.1 AH를 기록하여 아주 양호한 상태였다.

3-4-2. 자기방전시험

시뮬레이터에 사용된 전지의 자기방어율이 너무 높으면 전지의 효율이 낮아지게 되고 결국 전체시스템의 효율저하를 유발하게 된다. 여기에서 사용된 전지를 28일간 방치하여 방전전의 용량과 비교한 결과 방치전 용량이 496.5AH이던 것이 방치후 용량이 494.1AH로 감소되어 자기방어율은 28일간 0.48%가 되어 양호한 것으로 판정되었다.

3-4-3. 충방전특성시험

계통연계시 충방전특성시험을 한 결과 전압(V), 전류(I), 용량(AH), 비중(G)의 변화는 그림 6 및 그림 7과 같다.

3-4-4. 효율시험

시뮬레이터의 효율은 PCS와 전지의 충방전효율이 곱으로 표현된다. 이것은 일정시간 동안의 측정치를

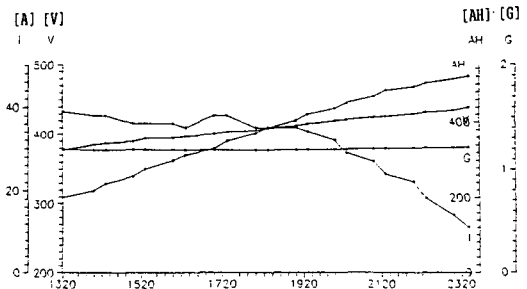


Fig. 7. The charge characteristics of batteries for simulator

누적한 것으로 계산된다. 여기에서는 충방전 1 cycle을 기준으로 하여 산정하였다. 표 10을 감안한 효율은 71.2%로 양수발전효율 70%에 필적함을 알 수 있다.

3-5. 운전시험 종합평가 결과

운전시험 및 평가는 크게 단독운전시험, 계통연계운전시험으로 나누어 수행하였다. 여기서 계통연계운전을 위한 기본성능 시험으로는 용량특성, 충방전특성, 자기방전율 특성, 효율특성 등에 대하여 분석하였고, 계통연계 운전시험 및 단독운전 시험에서의 공통사항으로 판단되는 고조파특성, 정상특성, 과도특성 등에 대하여 분석하였다. 또한 부하평준화용 운전패턴 시험에서는 주간 단위의 운전특성과 시간대별 운전특성등에 대하여 분석하였다.

시뮬레이터의 운전시험후 문제점 및 개선사항을 요약하면 다음과 같다.

3-5-1. 2차 전지부

- 개량형 연전지의 수명 미확인(수명시험요)
- 자동급수장치의 수압계통 최적설계요망
- MW급 개량형 연전지의 보조설비중 자동교반장치(agitator) 추가요망
- 개량형 연전지의 정확한 비중측정 및 액면 감시장치

Table 10. The charge and discharge efficiency of PCS

mode	article time	AC			DC			PCS efficiency (%)
		(V)	(A)	(kW)	(V)	(A)	(kW)	
discharge	first	381.4	31.4	20.7	365	64	23.4	88.4
	medium	385.9	30.8	20.6	355	66	23.4	87.8
	last	384.6	29.0	19.3	347	66	22.9	84.3
charge	first	363.2	28.0	16.1	386	38	14.7	90.0
	medium	373.0	25.0	16.1	413	35	14.4	89.0
	last	373.0	12.0	7.7	435	14	6.1	78.0
equi. charge	first	371.0	8.2	5.2	460	8.5	3.9	75.0
	last	375.0	7.1	4.5	464	7.0	3.2	71.9

Table 11. Application strategy of MW class BESS(Battery Energy Storage System) for utilization

적정장소	대상지역	경인지역 A	남서울 전력관리처관할 배전용변전소의 주변압기	94개중 42개
		경인지역 B	서울	59개중 24개
		부산지역 B	부산	87개중 30개
적정용량	정출력 운전, 총방전효율 70%, 최소충전시간 8시간의 제약조건하에서 우리나라 전체체통의 일부하곡선 패턴과 동일하면서 부하율이 낮은 적정 주변압기의 일부하율을 최대로 가져올 수 있는 용량을 적정용량으로 삼았다. 상기 적정장소로 선정된 주변압기들에 대해 산출된 규모는 1~10 MW(주변압기용량의 6~24%)이었다.			
적용방안	당면 및 차후 계속 문제시 되는 하계최대 및 동계최대 부하기간내의 예비율 부족, 악성부하(에어컨), 경인지역 수급불균형 등을 어느 정도 해소할 수 있다는 측면에서 부하밀집지역인 경인지역의 적정배전용 변전소에 설치운영하는 편이 실질적이다. 또한 이에 관한 운용방안으로서는 경인지역의 계절간 부하격차분에 대하여 운전하는 것으로하여(6~9월은 약 6~7시간, 10~12월은 약 2~3시간) 총년운전 가동시간을 약 850시간 정도로 한다. 이렇게 할 경우 주변압기의 월별부하패턴이 일정치 않은 관계로 운전 및 용량선정상의 어려움이 쉽게 해결될 수 있으며, 기존 연전지로서도 비교적 장수명(150사이클 기준시 약 17년전후)을 유지할 수 있으며, 부가기능(부하관리 및 무효전력보상기능)을 활용할 수 있는 기간(춘, 추계)도 갖게되어 유리하다.			

개선요망

3-5-2. 전력변환장치부

- 균등충전전압기 고조파 저감대책
- 변환장치 효율증진(기존 80%→93%이상)
- 출력변동 특성개선(직류 ripple 억제)
- 유효전력 설정에 따른 전압 변동율 개선

3-5-3. 감시제어장치

- 모니터와 그래픽 판넬의 메인 컴퓨터 공유
- 시스템 Down 방지대책 (ups 설치 및 제1종접지)
- 전력변환장치와의 인터페이스 부분에 요구되는 충분한 정보파악이 요망됨
- 다양한 시험분석 및 평가에 필요한 Data Acquisition System 소프트웨어가 요구됨

4. 결 론

본 연구에서 개발된 20KW급 규모의 전력저장장치 에너지공학 제2권 제1호 1993년 4월

시스템은 전력체통의 부하평준화용으로는 아직 경미한 규모에 지나지 않는다. 따라서 실용화를 위한 실체통 규모의 적정한 용량과 효과적인 설치장소 등을 선정하기 위한 알고리즘을 개발하여 적용방안을 표 11과 같이 마련하였다. 이상의 연구결과에서 MW급 시스템의 국내 제작에 확신을 갖게 되었으며 이의 개발 및 실증시험이 필요함을 알게 되었다. 결국 이를 통하여 부하밀집 부근의 배전용변전소에 점진적으로 실용화시켜 여름철 피크등 악화되고 있는 전력공급사정을 다소 완화시킬 수 있도록 하여야겠다.⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾

참고문헌

1. 「International Conference Batteries for Utility Energy Storage», EPRI, BEWAG, NEDO, 1987.
2. 「Second International Conference Batteries for Utility Energy Storage», EPRI, BEWAG, NEDO,

- 1989.
3. 「Third International Conference Batteries for Utility Energy Storage」, EPRI, BEWAG, NEDO, 1991.
 4. Tadao Ishikawa, "Development of a Battery Energy Storage System Simulator", Society of Automotive Engineer Inc., 1985.
 5. 「신형전지 전력저장 시스템」, 일본 관서전력 종합기술연구소, 1989.
 6. 「전력저장용 연축전지의 개발 방향 및 현황」, 과학기술처, 1989.
 7. 「전지전력저장시스템 연구」, 과학기술처, 1988.
 8. 「전력계통의 고조파 대책 연구」, 한전기술연구원, 1989. 6.
 9. 「수용가 PLD 현상분석 및 대책기술 개발연구 I, II」, 과학기술처, 1989-1991.
 10. 「배전계통의 고조파 문제와 대책」, 일본 일신전기 기보, Vol. 28, No. 3, 1989. 9
 11. 「Monitoring and Control System for the Tatsumi Electric Energy Storage System Test Plant」, Batteries for Utility Energy Storage, 1987.
 12. 「KAMS-III Install Manual」, 광명전기, 1989. 7.
 13. 「KMS-III Operating Station Manual」, 광명전기, 1989. 7.
 14. 「전기사업용 전지전력저장설비의 검토」, NEDO, 1985.
 15. 「전지전력저장시스템 구축 및 시뮬레이터 개발」, 과학기술처, 1990. 11.