

소형 전기에너지저장장치 운전조건에 따른 방사 및 전도 방해에 관한 연구

A Study on Radiated and Conducted Noise for Small Electrical Energy Storage System due to Its Operating State

정 중 일* · 안 건 현* · 김 용 성†
(Jeong-II Jung · Gun-Hyun Ahn · Young-Sung Kim)

Abstract - When using a secondary battery in energy storage units, if the grid is in light duty the active power is stored so it can be used when the grid is in heavy duty. This makes possible for the load equalize and make the grid optimized. Recently the government is trying to propagate this technology. Depending on its capacity this kind of electric energy storage unit is used in adjusting the frequency, break up the energy peak in summer and winter, stabilize the energy output of renewable energy which can change unstably because of the environment. Which makes it possible to stabilize the grid. It is anticipated that market of 120 trillion won will be developed worldwide in 2030. Currently in Korea a steady supply is in progress. However because of stray electromagnetic waves some other electronics are malfunctioning. This paper covers the research in the method to detect the emission noise in small electric energy storage units using lithium secondary batteries and battery management system, Power conditioning systems with CIPSR standards. And the research of a more efficient method to measure such stray electromagnetic waves.

Key Words : Electrical energy storage system, Power control system, Radiated emission, Conducted emission

1. 서 론

최근 2차전지를 이용한 전기에너지 저장장치는 전력공급 안정화, 신재생에너지 확산 등의 부가가치를 창출하는 에너지 효율화 분야의 중요 기기로 각광 받고 있으며, 국내에서도 수 kW급의 전력변환 장치와 수 kWh 급의 리튬 2차전지를 이용한 배전급용 소형제품부터, 수 MWh급의 전력변환장치와 수MWh급의 리튬 2차전지를 이용한 송전급까지 보급이 이루어 지고 있다[1].

이러한 에너지 저장장치가 송,배전망에 사용될 때 발생하는 방사 및 전도방해는 관련 국제 표준이 현재 IEC TC 120에서 논의되고 있으나, 아직 표준으로 제정되지 않았다. 일반적으로 제작·유통되는 전기·전자기기, 산업용·과학용·의료용기기, 정보기술기기 등으로부터 발생하는 불요전자파 관련 기준은 전자파 장애 및 내성에 대한 통일된 기준의 제정을 목적으로 조직된 국제전기기술위원회(IEC) 산하의 국제무선장해특별위원회(CISPR)에서 표준화를 진행하고 있다. 이는 다시 CISPR A, B, D, F, H, I의 분과위원회(Sub

committee)로 나뉘어 측정기기, 측정시설 및 측정방법에 대한 규격에서부터 산업용·과학용·의료용·자동차·가정용 모터·조명기기·무선기기·정보기술장치(ITE)등 제품군에 따라 각각 불요전자파 방출량을 제한하고 있으며, 또한 각각의 제품에 대한 측정방법을 제안하고 있다[2, 3].

이렇게 CISPR각 위원회에서 발행한 규격들을 참조하여 IEC 61000-6-3 : Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments 및 IEC 61000-6-4 : Emission standard for industrial environments에서는 제품이 설치되는 환경에서 불요전자파 방출량에 대한 한계값을 정하고 있다[4, 5].

또한, 저압 배전망에 사용되는 소형전기에너지 저장장치와 유사한 설치 및 운전 환경을 가지고 있는 무정전전원장치의 경우 IEC 62040-2 Uninterruptible power systems (UPS) - Part 2: Electromagnetic compatibility (EMC) requirements에서 불요전자파의 방출 한계를 정하고 있으며, 설치하여 사용되는 운전 모드 중 가장 노이즈가 많이 나오는 운전 모드에서 불요전자파를 측정하여 한계치 이하로 방출하도록 정하고 있다[6]

본 논문에서는 UPS에 대한 불요전자파 측정관련 규격인 IEC 62040-2의 측정 방법과 제한치를 적용하여, 소형 전기에너지 저장장치의 충전 및 방전 모드에서 그 한계값을 측정하고, 보다 많은 불요전자파를 방출하는 모드에서 다시 운전 조건을 세분하여 불요전자파 발생 값을 측정하였다. 이를 통하여, 실제 한계값을 측정하는데 보다 효율적이며 합리적으로 측정이 가능하도록 하였다.

† Corresponding Author : Smart Grid Testing Department,
Korea Electrotechnology Research Institute

E-mail : sungkim@keri.re.kr

* Smart Grid Testing Department , Korea Electrotechnology
Research Institute

접수일자 : 2014년 11월 24일

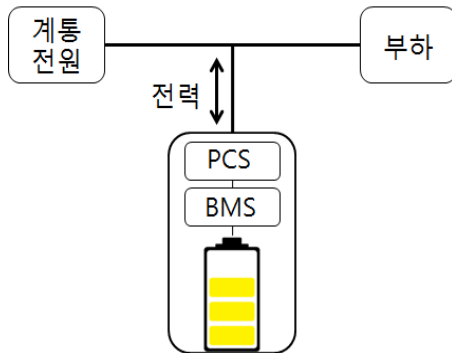
수정일자 : 2015년 1월 30일

최종완료 : 2015년 2월 9일

2. 본 론

2.1 소형 전기에너지 저장장치 구성

전기에너지 저장장치는 그림 1과 같이 구성되어 있다.



PCS : Power conditioning system
BMS : Battery management system

그림 1 에너지저장장치 구성

Fig. 1 Configuration of EES.

2차전지와 2차전지의 충방전 및 상태를 관리하는 전지관리시스템(Battery Management System, 이하 BMS)과 전원계통과 연계운전을 담당하는 전력변환시스템(Power Conditioning System, 이하 PCS)으로 구성된다. 그림 1에서 보듯이 전력변환시스템과 전지관리시스템은 계통에서 발생하는 전기적 노이즈의 영향을 쉽게 받으며, 또한 계통으로 전기적 노이즈를 쉽게 전달할 수 있다. 전력변환장치는 전력계통의 전압 및 주파수 등을 모니터링 하여 전력계통으로부터 전력을 전달 받을 것인지 아니면 공급할 것인지를 결정하여, 전지관리시스템으로 그정보를 전달하고, 전력을 충전 혹은 방전한다. 이때, 전력변환장치는 양방향으로 AC-DC 전력을 변환하는 과정에서 많은 양의 스위칭 노이즈를 발생시키며, 따라서, 필터와 서지보호장치 등의 기술이 필요하게 된다[7].

일반적으로 전력계통에 사용되는 전기에너지 저장장치의 경우PCS의 정격용량에 따라 수 kW에서 수 MW까지 다양하다. 본 연구에서는 계통으로 방전 및 계통에서 배터리로 충전하기위한 PCS 용량 10 kW 등의 소형 전기에너지 저장장치를 이용하였으며, 이를 통하여 향후 개발되어 적용되는 초대형 전기에너지 저장장치의 경우도 유추하여 그 불요 전자파가 많이 발생하는 영역을 유추하여 측정 가능하도록 하였다.

2.2 복사성 방출 및 전도성 방출 측정

기기로부터 발생하는 노이즈 혹은 불요전자파의 측정은, 국제전기기술위원회(IEC)산하 국제무선장해특별위원회(CISPR) 및 기술위원회(TC) 77에서 제정하고 있는 표준에는 30 MHz 이상에서는 복사성 방출(Radiated Emission, RE)을 측정하고, 30 MHz 이하에서는 전도성 방출을 측정하여 그 방출값을 규제하고 있다[8].

그림 2는 CISPR 22(Radio disturbance characteristics

- Limits and methods of measurement)에서 전도성 방출 측정방법으로 제시하고 있는 측정장치 구성이며, 이번 연구에 사용된 소형전기에너지 저장장치는 바닥 설치형으로 LISN(Line Impedance Stabilization Network) 및 주파수분석기는 다음과 같다.

LISN :

- 주파수 범위 : 150 kHz ~ 30 MHz
- 임피던스 : 50 Ω/ 50 μH ± 20 % (CISPR 16-1-2의 산업용 측정용 임피던스)

주파수분석기 :

- 주파수 범위 : 3 Hz ~ 26.5 GHz
- 입력임피던스 : 50 Ω
- VSWR : 2 dB 이하
- Noise Figure : 8 dB 이하
- Phase noise : -130 dBm/Hz 이하 @ 100 kHz ~ 26.5 GHz (RBW 1 kHz, VBW 10 Hz)

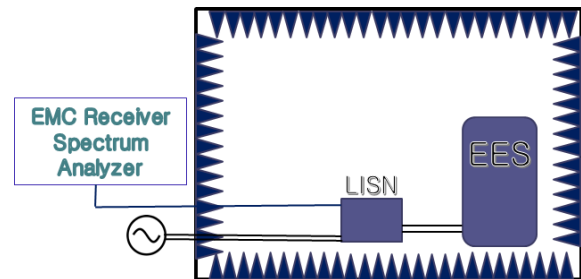


그림 2 전도성 방출 측정 구성

Fig. 2 Conducted Emission test setup

그림 3은 CISPR 22(Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement)에서 복사성 방출 측정방법으로 제시하고 있는 측정장치 구성이며, 이는 Semi anechoic 챔버내에 구성되어 있으며, 이번 연구에 사용된 소형전기에너지 저장장치는 바닥 설치형으로 측정용 안테나 및 주파수 분석기는 다음과 같다.

안테나:

- 주파수 범위 : 30 MHz ~ 1 GHz
- 안테나 이득 : 8 dB(700 MHz ~ 1 GHz)
- VSWR : 2:1

주파수분석기 :

- 주파수 범위 : 3 Hz ~ 26.5 GHz
- 입력임피던스 : 50 Ω
- VSWR : 2 dB 이하
- Noise Figure : 8 dB 이하
- Phase noise : -130 dBm/Hz 이하 @ 100 kHz ~ 26.5 GHz (RBW 1 kHz, VBW 10 Hz)

Semi anechoic 챔버 :

- 내부 크기 : 9.0 (L) x 6.0 (W) 5.5 (H) m
- Shielding effectiveness : 100 dB 이상 @ 100 kHz ~ 18 GHz
- NSA : ±4 dB 이하 @ 수직 및 수평편파 (측정주파수 : 30 MHz ~ GHz)

2.3 배터리 충전 및 계통으로 방전 모드에서 CE 측정

전기에너지 저장장치가 계통에 연결되어 충전 및 계통으로 방전할 경우 일반적으로 PCS 용량의 20 % ~ 100 % 로 충전 혹은 방전 운전하게 된다. 위의 운전 조건을 CISPR 22의 측정방법에 따라 150 kHz ~ 30 MHz 주파수 범위에서 전도성 방출을 측정하였다. 각 측정 시 10개의 최대 피크를 검출한 후 각 피크에서 Q-peak 및 Average를 측정하였으며, Q-peak 값이 큰 세 개를 표로 정리하였다. (표 1 및 표 2 참조) 각각의 최대 피크는 PCS 정격의 20 %로 계통으로 방전할 때 및 PCS 정격의 20 %로 계통에서 충전할 때이며, 그림 4 및 그림 5는 이 조건으로 운전할 때 최대 피크를 나타내는 주파수에서 Q-peak 및 Average 측정 값을 보여준다. 규격에서 정한 한계치를 넘는 주파수는 0.15 MHz 근처 및 2 MHz ~ 4 MHz에서 나타난다. 하지만, 측정 그래프를 관찰해보면 전대역에서 한계치를 넘지는 않지만 다소 높은 측정값을 보인다.

표 1 충전시 전도성 방출 측정 결과

PCS 용량대비	최대피크 주파수 (MHz)	Q-peak (dBuV)	Average (dBuV)
20 % 운전	0.15	96.24	90.33
	2.92	78.46	72.71
	4.82	77.88	72.14
50 % 운전	0.15	93.42	88.27
	3.21	74.51	71.16
	5.01	73.81	71.08
100 % 운전	0.15	90.33	86.62
	2.78	72.21	70.78
	4.82	71.18	69.96

표 2 방전시 전도성 방출 측정 결과

PCS 용량대비	최대피크 주파수 (MHz)	Q-peak (dBuV)	Average (dBuV)
20 % 운전	0.15	102.36	96.74
	0.28	95.60	90.05
	0.73	82.47	76.29
50 % 운전	0.15	97.87	92.88
	0.52	89.77	85/37
	3.02	80.15	77.21
100 % 운전	0.15	94.32	90.14
	0.67	86.52	83.42
	3.78	78.92	74.99

2.4 배터리 충전 및 계통으로 방전 모드에서 RE 측정

2-3의 CE 측정 시와 같은 조건으로 CISPR 22의 측정방법에 따라 30 MHz ~ 1 GHz 주파수 범위에서 복사성 방출을 측정하였다. 10개의 최대 피크를 검출한 후 각 피크에서 Q-peak 및 Average를 측정하였다. Q-peak 값이 큰 세 개를 표로 정리하였으며(표 3 및 표 4 참조)다. 각각의 최대

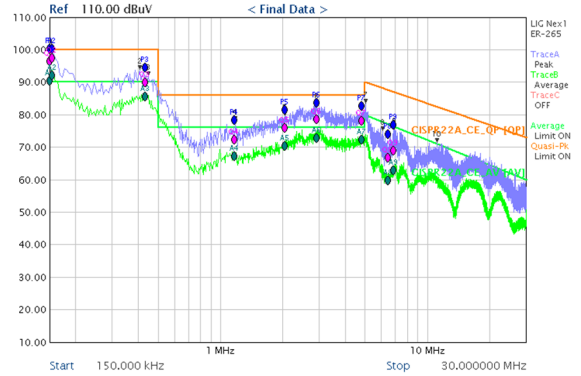


그림 4 전도성 방출 측정 결과, 충전 20 %
Fig. 4 CE test result, charge 20 %

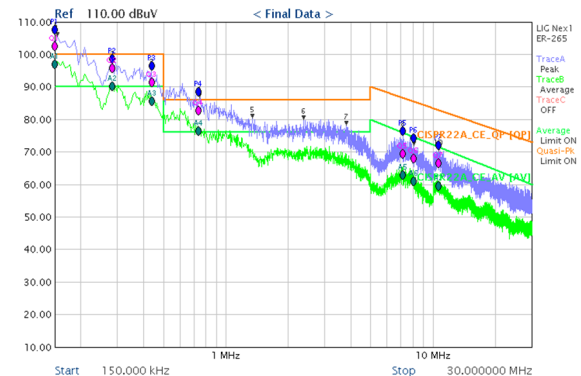


그림 5 전도성 방출 측정 결과, 방전 20 %
Fig. 5 CE test result, discharge 20 %

표 3 충전시 복사성 방출 측정 결과

PCS 용량대비	최대피크 주파수	Q-peak (dBuV)	Average (dBuV)
20 % 운전	30.87	36.63	30.37
	34.32	28.08	28.08
	57.24	36.72	31.17
50 % 운전	30.21	35.57	30.35
	36.72	29.75	28.18
	55.66	35.55	30.78
100 % 운전	30.85	34.61	29.68
	32.11	28.33	28.17
	37.52	34.90	32.49

피크는 PCS 정격의 20 %로 계통으로 방전할 때 및 PCS 정격의 20 %로 계통에서 충전할 때이며, 그림 6 및 그림 7 은 이 조건으로 운전할 때 최대 피크를 나타내는 주파수에서 Q-peak 및 Average 측정 값을 보여준다. 규격에서 정한 한계치를 넘는 주파수는 40 MHz 이하에서 집중적으로 발생한다.

CE측정에서와 마찬가지로, 각각의 최대 피크는 PCS 정격의 20 %로 계통으로 방전할 때 및 PCS 정격의 20 %로 계통에서 충전할 때이며, 그림 5 및 그림 6는 이 조건으로 운전할 때 최대 피크를 나타내는 주파수에서 Q-peak 및

Average 측정 값을 보여준다. 규격에서 정한 한계를 넘는 주파수는 30 MHz 근처 대역에서 나타난다.

표 4 방전시 복사성 방출 측정 결과

PCS 용량대비	최대피크 주파수	Q-peak (dBuV)	Average (dBuV)
20 % 운전	31.60	78.87	54.50
	33.73	81.38	55.27
	34.22	80.34	54.02
50 % 운전	30.97	80.21	55.01
	31.15	80.14	55.52
	34.77	79.45	53.21
100 % 운전	30.82	75.42	52.15
	32.10	78.23	53.99
	34.92	80.15	53.87

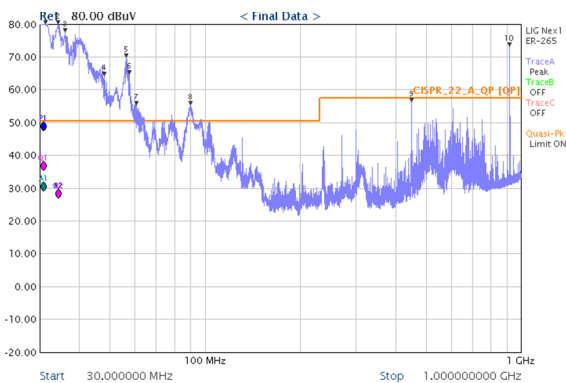


그림 6 복사성 방출 측정 결과, 충전 20 %
Fig. 6 RE test result, charge 20 %

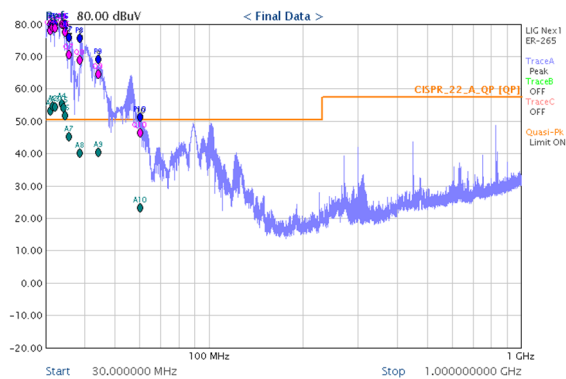


그림 7 복사성 방출 측정 결과, 방전 20 %
Fig. 7 RE test result, discharge 20 %

3. 결론

본 연구에 사용된 전기에너지 저장장치의 PCS는 PWM(pulse width modulation) 제어 방식으로 IGBT의 스위칭을 제어하여 원하는 출력 파형을 만들어 전력계통의 부하쪽으로 2차전지에 저장되어있는 전기에너지를 공급한다.

이때, 스위칭 주기와 pulse의 길이에 따라 정현파 출력을 조정 할 수 있게 된다. 일반적으로, 스위칭소자의 제어기 등은 설계된 정격에서 운전할 때 최적 효율을 갖도록 설계하며, 정격운전에서 정현파에 가장 가까운 출력형상을 만들게 되고, 전체적인 효율 또한 가장 좋으나, 정격 이하로 출력이 줄어들면 줄어들수록, 효율 감소 및 출력파형에 노이즈를 유발하게 된다[9]

이번 연구에서는 정격 출력의 20 %로 계통으로 방전 할 때, 전도성 및 방사성 노이즈가 가장 큰 것을 나타냈다. 현재 CISPR 22 등의 전도성 방출을 측정하기 위한 LISN은 상용으로 시장에 나와 있는 제품의 최대 전류가 백 A 정도 급이며, 국내 대부분의 RE 측정을 위한 EMI 챔버의 전원 공급 용량도 백 A 정도 이다. 그러나, 국내 및 국외에서 보급되고 있는 에너지 저장장치의 PCS용량은 수 MW 이상 이고, 배전선에 설치되고 있는 에너지 저장장치도 수백 kW 급의 PCS를 사용하고 있다. 앞서 기술한 IEC 61000-6-3 등에서는 설치 위치 별로 EMI 기준을 정하고 있어 이러한 대용량의 PCS에서 발생하는 EMI의 측정이 필요하나, 노이즈가 가장 심한 부하조건에서 측정할 것 등의 규정으로는 100 % 부하 및 중간부하와 경부하조건을 모두 확인해 보아야 하는 어려움이 있다. 경우에 따라서 이는 매우 비 효율적이며, 이에 본 논문에서는 PCS의 제어 방식에 따라, 실질적으로 노이즈가 심한 부하조건을 명시하고, 그러한 부하조건에서의 EMI측정을 규격화 한다면, 대다수 측정 설비로 효율적으로 성능평가가 가능할 것으로 판단한다.

감사의 글

본 연구는 2014년도 산업통산자원부 전력기반조성 사업센터의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

References

- [1] The ministry of Knowledge Economy, KETEP, "Green Energy Strategy Road-map-Energy Storage", April 2009
- [2] Jong-Hwa Gwon, Seung-Geun Park, Jun-Gyu Yang, Nam Kim, "Trend of Electromagnetic compatibility measuring equipment and measurement standards-2012 IEC/CISPR SC A meeting", The proceedings of the Korean Electromagnetic Engineering and Science, Vol. 24, No. 1, pp 37~51, January 2013
- [3] Jong-Hwa Gwon, Tae-Heon Jang, Jae-Ick Choi, , "The Trend of 2005 IEC/CISPR Cape Town meeting", The proceedings of the Korean Electromagnetic Engineering and Science, Vol 17, No. 1, pp 5~18, January 2006
- [4] IEC 61000-6-3 : 2011. 07 .01 "ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) - Part 6-3: Generic standards - Emission standard for residential,

commercial and light-industrial environments - Edition 2.1”

[5] IEC 61000-6-4 : 2011. 02. 01 “Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-4: Generic standards - Emission standard for industrial environments - Edition 2.1; Consolidated Reprint”

[6] IEC 62040-2 : 2005. 10 .01 “Uninterruptible power systems (UPS) - Part 2: Electromagnetic compatibility (EMC) requirements - Edition 2”

[7] Tahoura Hosseini Mehr, Mohammad A.S. Masoum, Nasim Jabalameli, “Grid-Connected Lithium-Ion Battery Energy Storage System for Load Leveling and Peak Shaving”, Australasian Universities Power Engineering Conference, AUPEC 2013, Hobart, T AS, Australia, pp 1~6, 29 September - 3 October 2013

[8] Jong-Hwa Gwon, Seung-Geun Park, Tae-Heon Jang, “The Trend of RE limits of Standard under 30 MHz”, The proceedings of the Korean Electromagnetic Engineering and Science, Vol 23, No 5, pp 80~88, September 2012

[9] Ned Mohan, Tore M. Undeland, William P. Robbins, Power Electronics - Converters, Applications, and Design Edition 3, JOHN WILEY & SONS, INC



김 용 성 (金 容 成)

1975년 3월 17일 생. 2004년 8월 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학학사), 2006년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 2015년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 2006년 12월 ~ 현재 한국전기연구원 스마트그리드기기평가실 팀장. IEC TC37A 기술위원회 위원 및 국내간사

E-mail : sungkim@keri.re.kr

저 자 소 개



정 중 일 (鄭 重 一)

1973년 1월 28일생.1996년 2월 인하대학교 전기공학과 졸업.1998년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사).2000년 8월 동 대학원 전기공학과 박사 수료.2001년 5월 한국전기연구원.현재 한국전기연구원 스마트그리드기기평가실 실장

E-mail : jjungil@keri.re.kr



안 건 현 (安 健 鉉)

1979년 1월 1일 생. 2005년 2월 안양대학교 전기공학과 졸업. 2007년 7월 성균관대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 2007년 08월 ~ 현재 한국전기연구원 품질인증2실 팀장

E-mail : gunhyun@keri.re.kr