

# 전력저장장치(ESS)와 V2G 동향 및 전망

이순정 · 김철환 <성균관대학교 전자전기공학부>

## 1 서 론

2010년 정부에서 발간한 ‘스마트그리드 국가로드맵[1]’에서는 스마트그리드를 “기존의 전력망(Grid)에 정보 통신 기술(ICT, Information & Communication Technology)을 접목하여, 공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 전력 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 최적화 하는 차세대 전력망”으로 정의하고 있다. 따라서 미래의 전력망은 발전-송전-배전-소비자에 이르는 현재의 단방향 구조에서 소비자가 곧 전력의 생산자인 프로슈머(Prosumer: Producer + Consumer)로서 양방향 전력 공급 구조로 변하게 될 것이고 다양한 주체가 전력의 생산과 소비를 담당할 것으로 예상된다. 그러므로 100년 이상 지속되어 온 현재의 집중형 발전 및 송전 방식에서 분산형 발·송전 방식으로 변화할 가능성이 크다고 할 수 있다.

하지만 소규모 분산형 전원, 즉 태양광 및 풍력과 같은 신재생 발전원들은 전력을 생산함에 있어 필연적으로 자연 환경의 영향을 받게 된다. 이는 곧 신재생 발전원의 보급에 장애가 되는 요인이기 때문에 이에 대한 대책으로 다양한 전력저장 장치(ESS, Energy Storage System)가 개발 및 상용화 되고 있다. 전력저장 장치를 이용하게 되면 신재생 에너지원에 대한 활용도를 제고시킬 수 있어 그 중요성이 점

점 더 부각되고 있다.

현재 전력저장 기술은 모바일 기기를 중심으로 시장이 형성되어 있으나, 자동차 산업의 변화에 따른 전기 자동차 보급 확대에 인하여 전기 자동차용 배터리의 수요가 증가할 것으로 예상된다. 이러한 환경 변화에 따라 정부에서도 전력저장 기술을 그린 에너지 분야의 주요 핵심과제로 선정하여 육성 전략을 추진 중이며, 단기적으로는 상용화 제품 개발을 목표로 설정하여 가정용, 전기 자동차용 전력저장 장치 개발을 수행중이고 장기적으로는 한전 및 발전 사업자와 연계하여 대용량 전력저장 장치 개발을 추진할 계획이다.

## 2. 전력저장장치(ESS)

전력저장장치란 생산된 전력을 저장하여 필요할 때 사용함으로써 전력의 이용 효율을 향상시키고 신재생 에너지 활용도를 제고하여 전력 공급 시스템의 안정화를 위한 장치이다[2-3]. 즉 발전소에서 생산한 전력을 가정이나 공장 등에 바로 전달하지 않고 대형 2차 전지에 저장하였다가 전력이 가장 필요한 시기와 장소에 전력을 전달하여 전력 사용 효율을 높이는 장치라고 할 수 있다. 기본적으로 전력저장 장치는 전력 수요가 적을 때 잉여 전력을 저장했다가 과부하 또는

비상시에 전력을 공급함으로써 전력품질 및 전력 사용 효율을 향상시키고 신재생에너지 보급에 따른 불안정한 전력공급을 효율적으로 제어하는 역할을 수행하므로 미래 전력계통의 핵심이라 할 수 있다[4-6]. 우리나라의 경우 에너지 수입 의존도가 97%에 육박하고 탄소 저감의 필요성이 크게 대두되는 상황에서 전력의 이용 효율을 높이는 것은 매우 중요하다고 할 수 있다.

### 2.1 국내 전력저장 장치 보급 및 개발 동향

현재 국내는 전력저장 장치 시장이 형성되기 시작하는 단계이며, 2013년부터 정부 차원에서 다양한 ESS 보급이 이루어지고 있다. 표 1은 2012년 정부에서 발표한 대용량 전력 저장 장치 보급 촉진 방안으로, 2013년까지는 우선적으로 저압 배전망에 연

계되어 운영되는 소용량 배터리 전력저장 장치(BESS, Battery Energy Storage System)부터 보급이 이루어지고 있으나, 2020년까지 송·배전망에 사용되는 전력저장 장치 및 발전소를 대체할 정도의 대용량 BESS의 보급이 이루어 질 예정이다. 그러므로 향후 전력 소비량 증가 및 신재생에너지 확대에 따라, 전력저장 장치에 대한 수요는 더욱 증가할 것으로 전망된다.

국내에서는 삼성SDI, LG화학 등이 리튬 2차 전지 사업 확장에 주력하고 있으며, 초기 시장 선점을 위하여 실증 사업에 집중하고 있다. LG화학은 미국 SCE社에 3kW급 가정용 전력저장 장치 공급 계약(2010.10)을 이미 체결하였고, 삼성SDI 및 SK이노베이션은 일본에 대용량 리튬 이온 전지를 수출하였다(2012). 또한 효성, 포스코 ICT 등 전력 제어 장치 업계는 2차 전지 업계와 협력하여 국내 실증에 참

표 1. 대용량 전력 저장 장치 보급 촉진 방안 (출처 : 대용량 전력 저장 장치 보급 촉진 방안, 2012)

구분	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
수용가	대구시 100가구 실증 (3kW급)		대형 건물 실증 (300kW급)							
							100kW~200kW급 상업용 보급			
						300kW급 이상 상업 및 산업용 보급				
							10kW급 가정용 보급			
송·배전망 및 발전소	제주도 조천 변전소 4MW급 실증		고창 변전소 50MW급 실증							
						송·배전망용 단계적 보급				
				발전원 연계 100MW급 실증			발전소용 단계적 보급			

여하고 있다. 현재 제주 스마트그리드 실증 단지에는 분산전원과 연계한 2.5MWh급의 리튬 이온 전지 기반의 전력저장 장치가 설치되어 있으며, 대구에는 태양광 발전과 연계된 10kWh급 리튬 이온 전지 기반의 전력저장 장치가 100가구에 설치되어 있다.

## 2.2 전력저장 장치 산업 전망

지난 2011년 9월 15일 발생한 순환 정전 사태로 약 650만 세대에서 정전이 발생하는 등, 매우 큰 피해가 발생하였다. 피해가 커진 주요 요인 중의 하나는 전력 부족 사태 당시, 비상 발전기의 60% 이상이 관리 부재로 가동되지 않았기 때문이다. 이에 따라

9·15 순환 정전 사태 이후 전력망 안정화를 위해 응답성이 좋은 배터리 전력저장 장치를 이용하여 비상시에 무정전 전원공급장치(UPS, Uninterruptible Power Supply)로 이용하는 것이 제안되고 있어, 향후 이러한 목적으로 ESS가 대량으로 보급될 것으로 전망된다.

또한 전력수요의 지속적인 증가와 신재생원의 보급 확대에 따라 ESS에 대한 관심은 날이 갈수록 더욱 높아질 것으로 전망된다. 2012년 기준, 신규 설비 시장은 191MW 규모에서 2022년 14,511MW까지 성장할 것으로 예상된다. 표 2에 나타낸 BIR Research Group의 조사에 따르면, 정부의 보급 정

표 2. 전력 저장 장치 시장규모 및 전망(단위 : MW)

구 분		2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
최대 수용량	신재생 출력안정	332	509	628	702	945	1,173	1,324
	Peak 감소	2,267	2,315	2,357	2,434	2,508	2,560	2,632
	보조서비스 (주파수조정)	810	827	846	882	915	937	953
	합계	3,409	3,651	3,831	4,018	4,368	4,670	4,909
정부 목표량		100	270	740	1,100	1,400	1,700	2,000
세계 시장 전망	신재생 출력안정	3	10	24	45	86	166	283
	Peak 감소	13	42	98	181	316	524	771
	보조서비스 (주파수조정)	11	28	57	90	143	223	321
	합계	27	80	179	316	545	913	1,375
국내 시장 전망	신재생 출력안정	10	60	160	310	560	910	1,350
	Peak 감소	40	110	280	530	820	1,140	1,600
	보조서비스 (주파수조정)	50	100	300	500	600	750	950
	합계	100	270	740	1,340	1,980	2,800	3,900

책과 경제성을 고려한 국내·외 전력 저장 장치의 시장 규모를 전망한 결과, 2020년에는 약 3.9GW 규모의 신규 시장이 형성될 것으로 전망된다[7].

### 3. 전기 자동차(EV, Electric Vehicle)

환경오염의 심화, 온실 배기가스 규제, 화석연료의 고갈, 유가의 상승 등으로 인하여 전기 자동차의 개발 경쟁이 치열해지고 있다. 특히 화력 발전을 제외하고는 자동차 산업이 단일 품목으로는 가장 많은 화석 연료를 사용하기 때문에 새로운 자동차의 개발 및 보급이 더욱 절실하다. 이러한 이유로 전기 자동차는 가솔린 자동차의 대안으로 급부상하고 있다. 전기 자동차는 배기가스를 배출하지 않으며, 가솔린 차량에 비해 에너지 소비도 적어 친환경성과 경제성까지 갖추고 있다는 장점이 있다.

정부는 2009년 10월 제33차 비상 경제대책회의

에서 전기 자동차 산업 활성화 방안을 발표하고, 전기 자동차 보급 지원 방향을 수립하였다. 정부는 2010년 하반기부터 2011년까지 전기 자동차의 실제로 운행 과정에서 발생 가능한 다양한 문제점을 점검하는 실증 사업을 실시하였으며, 실증 사업을 통하여 전기 자동차 및 충전 인프라의 핵심 기술을 확보하고, 상용화 기술을 개발하여 충전소의 운영 및 충전기 판매 등 사업 모델을 개발하고 있다.

#### 3.1 전기 자동차의 V2G 시스템

통계에 따르면 우리나라의 평균 자동차 운행 시간은 약 1시간이다. 따라서 자동차는 하루 평균 약 90% 이상 동안 주차되고 나머지 시간에 운행을 한다고 볼 수 있으므로 전기 자동차가 주차 되어있는 동안 배터리를 발전원 또는 부하와 저장 장치로 이용하여 차량을 최대한 활용할 수 있다. V2G(Vehicle to

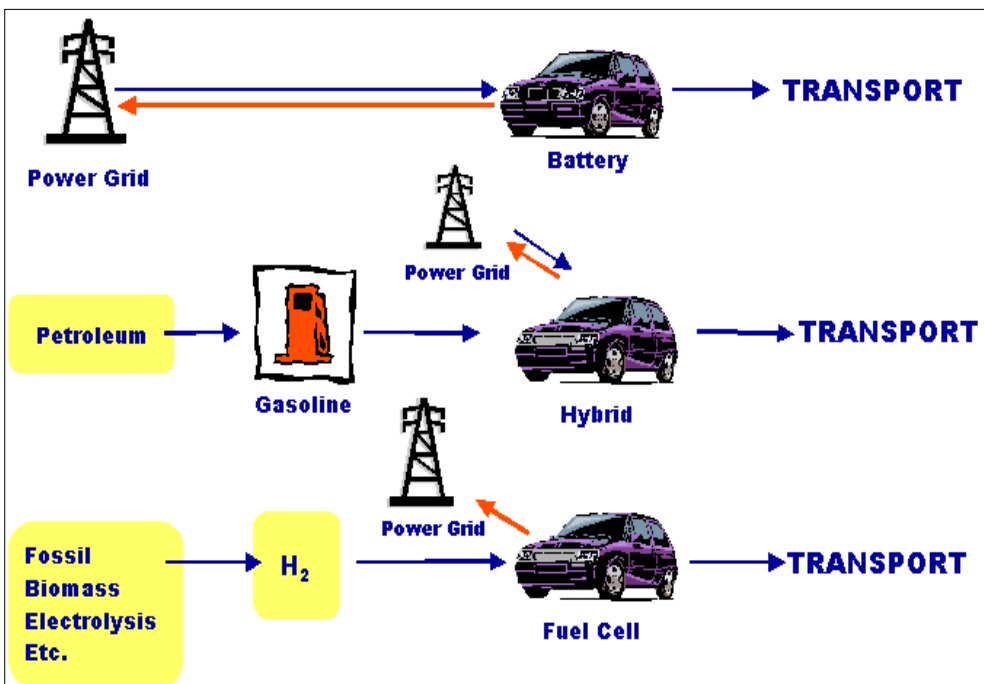


그림 1. V2G 개념(출처 : University of Delaware)

Grid) 또는 역송전 시스템이라 불리는 이 기술은 AC Propulsion, Inc.에서 명명하였으며 1997년 미국 Delaware 대학교의 Willet Kempton 교수가 최초로 이 개념을 정립하였다. 그림 1은 V2G의 개념을 설명한 그림이다. 여기서 붉은색 화살표는 전기 자동차 또는 연료 전기 자동차로부터 계통으로 전달되는 전력의 흐름을 나타내며, 파란색 화살표는 자동차가 계통으로부터 운행에 필요한 전력을 공급받는 과정(계통으로부터의 배터리 충전, 가솔린 및 수소 연료)을 나타낸다. V2G는 전기 자동차를 계통에 연계하여 전력을 역송전 하거나, 충전을 할 경우에는 계통의 최대 부하 시간대를 피하여 충전하는 시스템을 의미한다[8-11]. 따라서 이를 제어하기 위하여 전력계통과 전기 자동차 사이의 통신 기술이 반드시 요구된다. V2G를 구성하기 위한 핵심 요소에는, △전기 자동차(EV, Electric Vehicle), △충전 인프라(Charging Infrastructure), △중개자(Aggregator), △에너지 관리 시스템(EMS, Energy Management System), △정보 통신 기술(ICT, Information and Communication Technology), △전력 거래 기술 및 △정보 보안 기술(IST, Information Security Technology) 등이 있다. 이러한 V2G 기술은 아직 국내·외적으로 기초 연구 단계에 머물러 있으며, 우리나라는 2020년까지 전기 자동차와 계통의 연계 및 운용 기술을 개발하고 2030년까지 차세대 충전 기술을 개발할 예정이다[12].

전기 자동차와 전력계통을 통합하는 대표적인 기술인 V2G 시스템은 1997년 이후 관심을 받기 시작하였으며 자동차들이 주행하지 않을 때 ESS와 유사한 원리로 동작하며, 배터리를 발전원, 부하 및 저장장치로 이용하여 최대한 활용할 수 있다. V2G 기술을 실현하기 위해서는 가장 우선적으로 전기 자동차의 대규모 보급이 이루어져야 한다. 즉 적은 수의 전기 자동차는 이용 가능한 전력량이 작으므로, 전력계통 운영자 입장에서는 큰 도움이 되지 않는다.

### 3.2 전기 자동차 산업 전망

국내에서는 스마트그리드 국가 로드맵의 지능형 운송 분야에 소비자들이 전기요금이 저렴할 때 충전하고 비쌀 때 되팔아 수익을 창출할 수 있는 방안이 포함되어 있다. 산업통상자원부는 자동차 관련법 개정 및 전기 자동차 구매비용 보조, 세제혜택 부여 등 전기 자동차 충전 서비스 사업을 위한 법제도와 인증 체계 구축 계획을 발표하였으며, 2013년부터 배터리와 전력계통을 연계한 V2G 시스템을 새로운 사업 모델로 선정하였다. SK에너지, GS칼텍스, 그리고 삼성 SDI 등과 같은 주유소 및 2차 전지 사업을 영위하고 있는 기존 대기업들이 V2G 사업의 진입을 언급하고 있다. 이들 업체는 특히 전기 자동차 배터리 임대 사업과 수명이 5년 정도인 전기 자동차 배터리 재생 등의 사업에 관심을 갖고 있으며, 제주 스마트그리드 실증단지를 통해 본격적인 연구를 진행할 예정이다.

표 3 및 그림 2~4에 나타난 2020년 세계 V2G 시장 규모 전망에 의하면, 2020년에 우리나라에 보급될 V2G용 전기 자동차는 약 3만대이며, V2G 서비스로 발생하는 수익은 지속적으로 증가하여 약 580억원에 이르는 수준이 될 것으로 전망하였다.

현재 국내에서 생산 중인 전기 자동차는 △기아 자동차 ‘레이EV’ 및 ‘쏘울EV’, △한국GM ‘쉐보레 스파크EV’, △르노삼성 ‘SM3 Z.E’ 모델이다. 그러나 생산량은 미미한 수준이며 아직까지 국내 완성차 업체들은 전기 자동차를 대부분 실증 사업과 공공기관용으로 공급하고 있는 실정이다. 국내 자동차 업체는 2012년 636대의 전기 자동차를 공급했으며, 2013년 1월~10월에 1,022대에 달하였고, 이 중 150대가 판매되었다. 또한 2014년에는 실증 평가용으로 100대의 플러그-인 하이브리드 자동차를 공급할 계획이다. 하지만 전기 자동차는 △비용, △주행거리, △충전 방식에 대한 문제점을 갖고 있는 것이 현실이다. 그러나 △신규 모델 출시, △가격 인하를

표 3. 2020년 세계 V2G 시장 규모(출처 : Zpryme[13])

국가	차량(천대)	시장(10억\$)	인프라(10억\$)	기술(10억\$)	매출(10억\$)
미국	296	8.1	1.8	2.8	0.654
중국	294	6.5	1.8	2.8	0.521
일본	188	4.4	1.2	1.8	0.587
독일	62	1.6	0.377	0.587	0.587
영국	45	1.3	0.277	0.432	0.323
대한민국	30	0.72	0.175	0.283	0.053
덴마크	13	0.038	0.81	0.126	0.093
합계	1,056	26.6	6.7	10.5	2.9

통한 소비자의 관심 증가, △정부의 보조금 지급 및 환경 규제 강화, △배터리 성능 개선을 통한 주행거리 향상을 통하여 이러한 문제들은 해결이 될 것으로 기대되고, 전기 자동차의 보급이 점차적으로 증가될 것으로 예상된다.

세계 자동차 시장에서는 점차 강화되는 환경규제로

인하여 하이브리드 자동차, 플러그인 하이브리드 자동차, 연료전지 자동차, 전기 자동차 등 다양한 종류의 그린카를 개발 중이다. 이러한 추세에 의하면 전기 자동차를 포함한 그린카는 2015년에 400만대 이상 보급되고, 2035년경에는 신규 차량을 모두 대체할 것으로 예상된다.

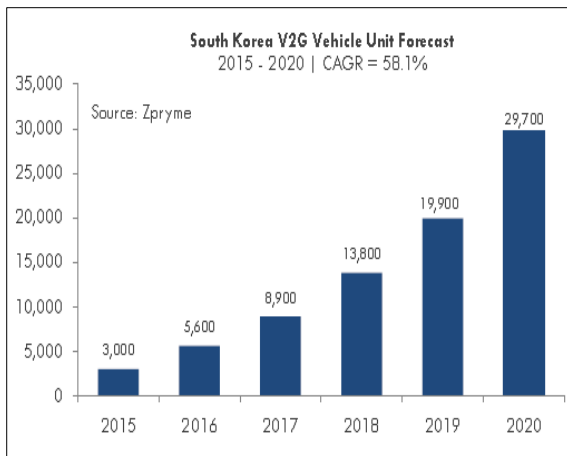


그림 2. 국내 V2G 자동차 대수 예측  
(출처 : Zpryme[13])

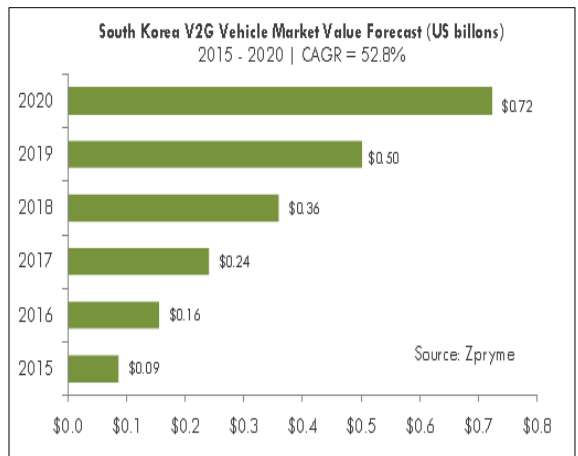


그림 3. 국내 V2G 자동차 시장 예측  
(출처 : Zpryme[13])

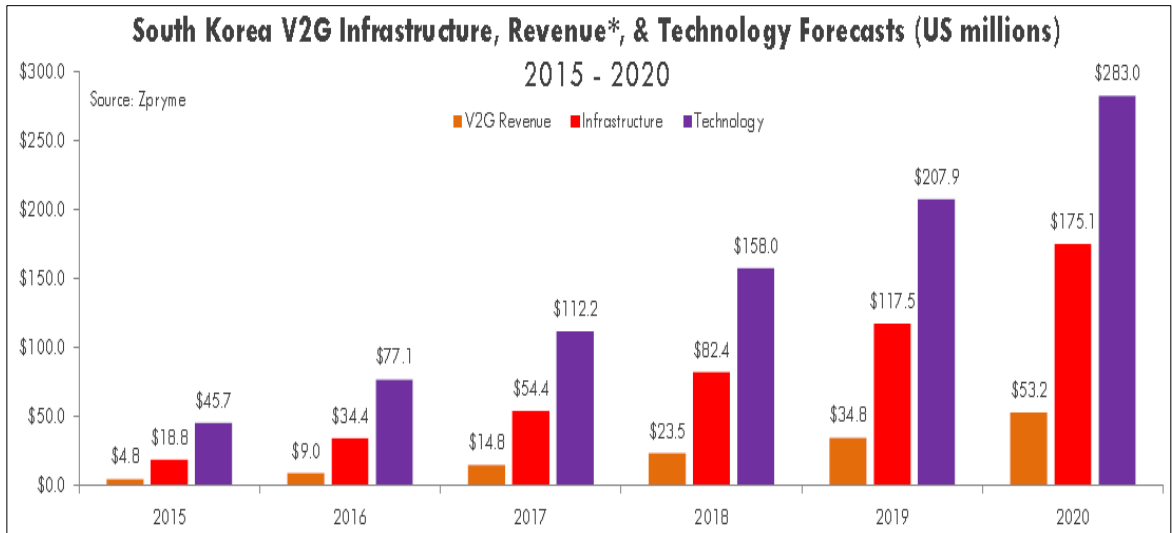


그림 4. 국내 V2G 인프라, 수익 및 기술 예측(출처 : Zpryme[13])

#### 4. 결 론

화석 연료 자원의 고갈과 온실가스로 인한 지구 온난화에 대한 문제가 완벽히 해결되지 않고 있음에도 불구하고 전 세계적으로 1인당 에너지 수효는 지속적으로 증가하고 있는 시점에서, 전력 사용의 효율성을 극대화하기 위한 새로운 변화는 반드시 필요하다고 할 수 있다. 따라서 신재생에너지와 전력저장 장치, 그리고 전기 자동차는 향후 스마트그리드 시대에 반드시 요구되는 기술임이 틀림없다.

상기에서 설명한 것과 같이 전력저장 장치 및 전기 자동차를 이용하여 에너지 사용 효율의 극대화, 전력 품질 개선 등을 이룰 수 있으며, 발전 시설의 추가 투자비용도 절감, 지구 온난화의 주요 원인인 이산화탄소 등 유해 물질 경감의 장점을 갖는다.

하지만 아직 ESS 시장 형성의 단계인 만큼 해결해야 할 문제도 많다. 특히 우리나라의 경우 ESS 관련 법제도 정비가 선결되어야 한다. 예를 들어 2012년 6월 발표된 ‘스마트그리드 기본계획’에서는 2013년 까지 ESS가 전기 사업법상 전기설비에 포함되는 것

을 목표로 하였지만, 현재 관련 법 개정은 이루어지지 않고 있는 실정이다. ESS가 발전기인지, 수요자인지, 새로운 형태의 시장 참여자 유형인지에 대한 규정이 없다면 시장 진입에 어려움이 있으므로 이에 대한 명확한 규정이 필요하다. 아울러 ESS, V2G의 거래가 활성화되기 위한 보조서비스(주파수 조정 및 전압 제어) 제공 규칙, ESS 제어에 대한 주체 규정 등이 반드시 필요하다.

또한 아직 고도의 안전성과 제조 기술, 높은 초기 투자비용 등, 해결해야 할 문제는 여전히 존재하지만, 우리나라는 뛰어난 IT 기술 경쟁력을 갖고 있으므로 세계 시장 선점과 주도권 확보에 매우 유리하며, 향후 전력저장 장치 및 전기 자동차 시장은 매우 빠른 속도로 성장할 것으로 전망된다.

#### 참고문헌

- [1] 지식경제부, “스마트그리드 국가로드맵”, 2010
- [2] 지능형전력망협회, “스마트그리드 ESS 기술동향보고서”, 2012. 9.
- [3] EPRI, “Electricity Energy Storage Technology Options”, December 2010.



- [4] The Electricity Advisory Committee, "Bottling Electricity: Storage as a Strategic Tool for Managing Variability and Capacity Concerns in the Modern Grid, December 2008.
- [5] Sandia National Laboratories, "DOE/EPR 2013 Electricity Storage Handbook in Collaboration with NERCA, July 2013.
- [6] NERC, "Potential Reliability Impacts of Emerging Flexible Resources", November 2010.
- [7] BIR Research Group, "에너지저장(ESS) 관련 산업동향과 전망", 2012.
- [8] Mehrdad Ehsani, Milad Falahi, Saeed Lotfifard, "Vehicle to Grid Services: Potential and Applications, Energies, May 2012.
- [9] Pedro Miguel Pousada da Rocha Almeida, "Impact of Vehicle to Grid in the Power System Dynamic Behaviour", November 2011.
- [10] Zhenpo Wang, Shuo Wang, "Grid Power Peak Shaving and Valley Filling Using Vehicle-to-Grid Systems, "IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 28, No. 3, July 2013.
- [11] Kristien Clement-Nyns, Edwin Haesen, Johan Driesen, "The impact of vehicle-to-grid on the distribution grid", Electric Power Systems Research, Vol. 81, Issue 1, January 2011.
- [12] 김종욱, 김문겸, "스마트 그리드 개론", 흥릉과학출판사, 2012.
- [13] Zpryme, "Smart Grid Insights", July 2010.

◇ 저 자 소 개 ◇



이순정(李淳正)

1986년 2월 26일생. 2010년 강원대학교 전기전자정보통신공학부 졸업. 2012년 성균관대학교 정보통신대학 졸업(석사). 2012년~현재 성균관대학교

정보통신대학 박사과정.

Tel : (031)299-4630

Fax : (031)299-4137

E-mail: kiraoov@skku.edu



김철환(金喆煥)

1961년 1월 10일생. 1982년 성균관대학교 전기공학과 졸업. 1990년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 성균관대학교 정보통신대학 교수. 전력

IT인력양성센터 센터장.

Tel : (031)290-7124

Fax : (031)299-4137

E-mail: hmwkim@hanmail.net