

스마트그리드 환경에서 전기자동차 배터리를 이용한 V2G의 활용방안에 관한 연구

A Study on the V2G Application using the Battery of Electric Vehicles under Smart Grid Environment

최진영* · 박은성*
(Jin-Young Choi · Eun-Sung Park)

Abstract - This study examines the system and process of battery stored energy in vehicles and suggest the effective area for the use of V2G(vehicle-to-grid) from Jeju Smart Grid Demonstration Project. V2G means technology of electric power transmission from the battery of electric-drive vehicles to state grid. As for the increasing of effectiveness for demand-side control, V2G is a very good alternative. In the U.S., the utilization of electric vehicles is under 40% on average. In this case, we can use the battery of electric vehicle as role of frequency regulation or generator of demand-side resource. V2G, which is the element of Smart Transportation, consists of electric vehicle battery, BMS(battery management system), OBC(on-board charger), charging infrastructure, NOC(network operating center) and TOC(total operation center). V2G application has been tested for frequency regulation to secure the economical efficiency in the United States. In this case, the battery cycle life is not verified its disadvantage. On the other hand, Demand Response is required by low c-rate of battery in electric vehicle and It can be small impact on the battery cycle life. This paper concludes business area of demand response is more useful than frequency regulation in V2G application of electric vehicles in Korea. This provides the opportunity to create a new business for power grid administrator with VPP(virtual power plant).

Key Words : BMS, EV, NOC, OBC, Rapid charger, Slow charger, TOC, VPP, V2G

1. 서론

2009년 7월 이탈리아에서 열린 주요 8개국(G8) 확대정상 회의에서 우리나라가 제안한 미래전환기술 중 하나인 스마트그리드가 채택되고 개발 선도국가로 한국과 이탈리아가 선정되었다. 2009년 12월에는 중소기업, 연구기관, 대기업 등 168개 업체가 참여하는 제주 스마트그리드 실증단지사업 5개 분야가 제주도 구좌읍의 6,000여 가구를 대상으로 2013년 5월까지 42개월의 일정으로 시작하였으며 향후 전국단위 충전 인프라 구축과 V2G 및 ICT서비스 구축이라는 국가 주요목표를 수립[1]하게 되었다.

Smart Transportation은 자동차산업에 대한 패러다임이 환경과 에너지 문제로 급격히 변해갈 것으로 예상하고 이를 근거로 국가 에너지 효율향상을 통한 저탄소 녹색성장의 기회를 확보하고 기업은 기술개발을 통한 신성장동력 발굴과 수출산업으로 확대성장을 기대할 수 있는 여건을 조성하는데 있다.

Smart Transportation의 구성은 전기자동차(EV : Electric

Vehicle), 충전인프라(EV Charging Infrastructure)와 통합운영센터(NOC: Network Operation Center), 종합관제센터(TOC: Total Operation Center)로 구성되어 있다.

1단계 사업(2010.12~2011.5) 기간 동안 Smart Transportation 인프라 구축은 전기자동차, 급속충전기, 완속충전기, 양방향 OBC(On-board Charger)개발, NOC통신설비 등 Hardware 기술개발은 성공적으로 완료되었다.

2단계 사업(2011.6~2013.5)의 목적은 Smart Transportation 인프라 운영을 통하여 스마트그리드 시장형성기간을 단축하고 전기자동차 관련사업 모델을 개발하는 것이다. Smart Transportation 추진일정과 주요 실증 현황은 표 1과 같다. 이에 따라 전기자동차 세어링서비스 사업이 진행되고 있으며, 관광회사와 연계한 전기자동차 렌탈서비스 사업 및 전기자동차 택시사업이 계획 중에 있다. 전력판매 연관 사업으로는 전기자동차 충전사업이 분류되어 있으나 현재로서는 경제성 확보가 어려운 실정이다. 여기서 전기자동차의 배터리를 이용한 V2G 실증을 통하여 이를 이용한 전력보조서비스에 대한 기술 및 효율을 고찰하고 우리나라 실정에 알맞은 수요반응(Demand Response)에 대한 적합성을 검증하였다.

기술적인 측면에서 전기자동차의 배터리를 이용한 V2G를 수행하기 위해서는 전력망 운영자로부터 수많은 전기자동차와 운전자에게 제어신호를 전송할 수 있는 인프라가 구축되어야 하며 여기에는 유선 및 무선통신, 인터넷, 전력선 통신 등이 필요하다.[2] 미국의 출퇴근용 차량에 있어서 운행거리의 평균 50km운행거리에 소요시간은 52분이 소요된다고

* 비회원 : SK이노베이션 부장

† 교신저자, 정회원 : SK이노베이션 부장

E-mail : specialist@sk.com

접수일자 : 2013년 10월 29일

수정일자 : 2013년 11월 28일

최종완료 : 2014년 1월 9일

표 1 Smart Transportation 추진일정

Table 1 Smart Transportation milestone

기 간	1단계 사업 ('10.12 ~ '12.5)	2단계 사업 ('12.6~'13.5)
전기자동차	- 31대 제작 (리튬배터리)	- 25대 추가제작 - EV사용자 분석
전기차충전기	- 56기 제작	- 33기 추가제작 - 충전기 운영분석
전기차 배터리 및 양방향OBC	- 16kWh 배터리/ BMS개발 및 검증	- 양방향OBC 개발 및 성능검증
NOC 구축/운영	- NOC 데이터서버 - 보안서버 도입	- NOC-EV통신연계 - V2G 연동실증

보고되었으며 이를 전기자동차의 배터리로 환산하면 배터리 용량의 40% 이하를 쓰고 있다.[3] 여기서 배터리의 열화를 모사하기 위한 OVEM(Oxford Vehicle Model) outputs의 결과를 보면 배터리의 80% 잔여수명까지 사용하기 위해서는 약 33만km의 주행거리가 나온다.[4] 전력 시스템에 있어서 보조서비스의 역할은 전력망의 안정도 유지, 수요 및 공급의 균형, 전력의 판매자로부터 구매자에 이르기까지의 송전 지원 등이 있다.[5] 미국의 경우 보조서비스 중 주파수 추종 서비스의 경우 평균 40USD/kWh의 수익을 기대할 수 있으므로 이는 전기자동차 배터리 비용의 2배를 상회하는 금액이다.[6] 우리나라의 주파수 추종 수익은 미국의 10%이하 수준이므로 V2G 적용 분야에 대해서는 우리나라 실정에 맞는 적용분야를 개발하는 것이 국가 정책상 필요하다고 하겠다. 미국은 2007년 5월 주파수 추종 V2G 실증을 추진하여 델라웨어대학교, Pepco Holdings Inc.(PHI), MAGICC (Mid-Atlantic Grid Interactive Car Consortium) 컨소시엄을 구성하고 델라웨어 그린에너지 펀드 (200,000USD), PHI(250,000USD), Google(150,000USD)의 지원으로 2007년 10월 AC변환기 "eBox"와 PJM 전력거래소의 제어신호를 연계하여 실증을 완료하였다.

여기서 주파수 추종 실증의 한계를 살펴보면 전기자동차의 배터리 가용 용량의 한계에 따라 Regulation Up(방전) 보다 Regulation Down(충전) 신호가 많을 경우 배터리가 거의 완충 되었고, 그 이후 Regulation Down(충전) 신호에 대해 완전히 반응하지 못하였다. 아래 그림은 주파수 추종 4분 후 전기자동차 배터리가 연속적인 Regulation Down(충전) 신호에 반응하지 못하고 배터리의 SOC 96% 에서 주파수 추종 역할을 완전히 멈춘 결과를 나타내고 있다. 또한 방전의 경우에 있어서도 지나치게 발생하면 전기자동차의 배터리 용량을 고려하면 신호를 추종하지 못하는 결과를 얻을 수 있다.

여기서 주파수 추종을 제한적으로 수행하는 방법으로는 1. 전기자동차 배터리의 충방전 상하한 한계 설정 2. 전기자동차의 배터리 SOC를 감지하고 주파수 추종 신호를 준수하기 위해 차량의 배치 3. 운영 가능 시기(Preferred Operating Point) 설정 후 제어 신호를 전달하고 전기자동차 배터리에 대해 반응시간에 따라 신속한 제어 신호 응답을 수행함으로써 주파수 추종에 활용 가능하게 할 수 있지만 운영범위의 제약이 많은 것을 알 수 있다.[7] 또 다른 제약으로 주파수 추종시 상시 충방전에 따른 배터리의 수명 소

진에 대한 검증도 명확하게 규명되지 못하였다. 현재 우리나라는 전력거래소 주관으로 발전소에 설치하기 위한 주파수 추종용 대용량 에너지저장장치 과제를 수행[8] 중에 있으므로 본 논문에서는 제주 실증사업에서 실증한 V2G 기술에 대하여 적합한 활용영역을 TOC와 연계한 스마트그리드 기술을 이용하여 전기자동차 배터리의 운영 제약이 없이 주간 피크 시간대에 집중 활용함으로써 향후 전력 예비력 확보효과를 극대화 할 수 있는 수요반응(Demand Response)에 대하여 연구하고자 한다.

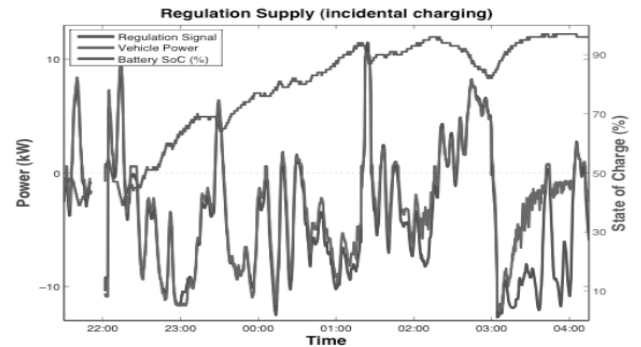


그림 1 V2G 주파수 추종 실증
Fig. 1 Demonstration of frequency regulation in V2G

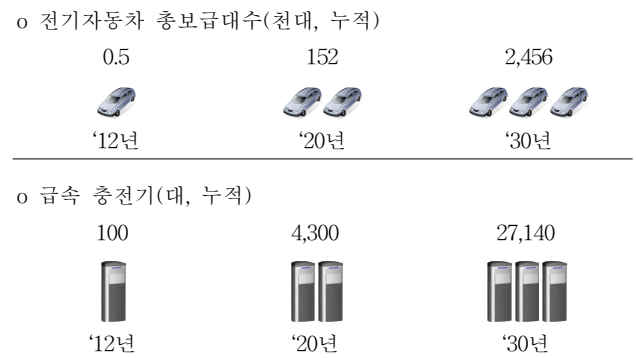
2. 본 론

2.1 전기자동차 국내보급계획

친환경 전기자동차에 대한 관심이 증대됨에 따라 충전 인프라 구축확산, 인버터, 컨버터 등 전기자동차 부품에 대한 양산기술 개발, 배터리 기술향상 및 시장 가격하락 등이 가속화 되고 있다. 표 2는 국가 로드맵에 따른 전기자동차 및 인프라 보급계획을 나타낸다.

표 2 전기자동차 보급목표 수준

Table 2 Target level of electric vehicle deployment



2.2 전기자동차와 충전인프라 보급

전기자동차의 등장으로 인하여 현재 자동차 업체(OEM), 부품업체들의 주요 관심사는 그린 테크놀로지, 친환경 전기자동차로 집중되고 있으며 자체 양산라인을 통하여 생산된 Renault사의 전기자동차는 구매가격은 배터리 및 세금을 포

함해서도 타사 대비 약 500유로 이상 저렴하게 공급하고 있다. 이는 향후 전기자동차의 보급 확산 정책에 따라 차량 가격은 경쟁적으로 떨어질 것으로 예상된다. 국내에서 2012년 국내 최초 양산 전기자동차인 레이가 출시되었으며 국내 최초의 준중형급 전기자동차인 '라세티 프리미어' 전기자동차의 개발 성공과 함께 SM3 전기자동차의 생산준비가 완료되어 올해 12월부터 양산 예정에 있다. 또한 준중형급인 쏘울 후속모델에 대한 전기자동차의 개발이 완료되어 내년 4월 출시를 기다리고 있어 국내는 세계 자동차 업체의 경연장이 되고 있다.

표 3은 국내 전기자동차 생산동향으로 전기자동차 배터리의 용량은 1회 충전 운행거리의 연장을 기대하는 고객의 요구에 따라 점차 커지는 양상을 나타내고 있다. 또한 르노삼성 자동차는 급속 및 완속 충전방식과 병행하여 배터리 교환방식을 채택하여 다양한 고객의 요구사항을 만족시키면서 배터리 리스방식을 통하여 전기자동차의 가격을 낮출 수 있으므로 전기자동차 확산모델을 운영하기에 적합하다.[9][10]

표 3 국내 전기자동차 생산동향

Table 3 Status of EV domestic production

전기자동차	배터리 용량	현황
	16.4kWh	KIA Motors, Ray 2012년 3월 출시, 민간보급 중
	20kWh	GM Daewoo, Spark 2013년 12월 출시, 민간보급 중
	24kWh	Renault Samsung, SM3 2013년 12월 출시, 민간보급 중
	27kWh	KIA Motors, Ray 2013년 6월 출시예정

전기자동차의 충전 인프라 구축방안은 크게 가정용 충전기, 옥외 충전기(급속, 완속), 무선 충전방식, 배터리 교환소 등을 들 수 있다.[11] 이 중 저비용으로 전력을 공급받을 수 있는 방안이 가정 및 옥외 충전 방식이다. 단독주택 및 공동주택이나 충전스탠드가 설치된 주유소 및 주차장에서 전기케이블을 차에 직접 꽂아 충전하는 방식으로 전력회사로부터 충전용량에 따른 과금체계와 결제수단이 필요하며 멤버십 가입을 통한 지역별 충전망을 갖추기 위해서는 정부와 지자체로부터의 충전인프라 구축에 대한 지원이 확대되고 있다.

현재 제주실증단지에서는 9종의 완속 충전기(slow charger)와 7종의 급속 충전기(rapid charger)가 개발되어 운영 중에 있고 현재 국내의 급속충전 방식은 기존 규격인 일본방식의 '차데모(CHAdEMO)'와 르노의 '교류 3상' 이외에 '콤보(TYPE1)' 방식을 추가로 채택하였으며 콤보 방식이 국내 단체표준으로 채택하기에 가장 유리한 조건이다. 표 4는 제주실증단지에 설치된 완속충전기의 형태이며, 표 5는 급속충전기의 종류이다.

표 4 제주실증단지 완속충전기

Table 4 Slow Charger on Jeju

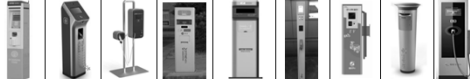
구분	KEPCO 컨소시엄				SK 컨소시엄		GS칼텍스 컨소시엄			
	제작사	PNE	효성	LS산전	KODIS	일진전기	ULVAC	Nexco	LGCNS	ABB
주요 사양	입력전압	AC 1φ 220V			AC 1φ 220V		AC 1φ 220V			
	출력전압	AC 1φ 220V			AC 1φ 220V		AC 1φ 220V			
	출력전류	AC 35A			AC 15A		AC 30A			
	출력전력	AC 7.7kW			AC 3.3kW		AC 6.6kW			
	충전시간	5~6시간			5~6시간		5~6시간			
	요금결제	스마트카드/전기요금합산				회원제		회원제		
	커넥터	KEPCO규격(KS제정중)				SAE J1772		AC 220V 콘센트 형태		
통신방식	CDMA, Wibro, PLC				CDMA, PLC		유선인터넷			
형식										

표 5 제주실증단지 급속충전기

Table 5 Rapid Charger on Jeju

구분	KEPCO 컨소시엄			SK 컨소시엄		GS칼텍스 컨소시엄			
	제작사	PNE	효성	LS산전	현대중공업	이엔티르놀로지	ULVAC Nexco		
주요 사양	입력전압	AC 3φ 380V			AC 3φ 380V		AC 3φ 380V		
	출력전압	DC 450V			DC 420V		DC 440V		
	출력전류	DC 110A			DC 135A		DC 110A		
	출력전력	DC 50kW			DC 50kW		DC 50kW		
	충전시간	30분 이내			30분 이내		30분 이내		
	요금결제	스마트카드/전기요금합산				회원제		회원제	
	커넥터	KEPCO규격(KS제정중)			KEPCO 규격		KEPCO규격, 차데모		
통신방식	CDMA, Wibro, PLC			CDMA, PLC		유선인터넷			
형식									

2.3 Smart Transportation 구성

세계적으로 다양한 모델의 전기자동차와 고객의 요구에 적합한 충전인프라가 출시되면서 각 설비마다 통신기능을 부가하여 통합운영센터(NOC)와 연계된 시스템을 구축하고 이들을 통합관리 함으로써 부품업체, 하드웨어 개발업체와 전기자동차 사업자간 협력을 통해 전기자동차의 새로운 비즈니스 모델을 창출할 수 있다.

전력의 효율적인 사용을 위하여 전기요금이 저렴한 심야 저부하 시간대를 선택하여 주로 충전을 할 수 있는 Smart Charging이 있으며, 요금이 비싼 피크 시간대에 전력을 방전하여 재판매할 수 있는 V2G(Vehicle to Grid) 시스템을 구축하여 전기차(배터리) - BMS(Battery Management System) - 양방향OBC(On-board Charger) - 충전기 - 통합운영센터(NOC) - 종합관제센터(TOC: Total Operating Center)를 연결함으로써 가상발전소(VPP: Virtual Power Plant)를 통하여 Smart Transportation이 완성된다. 이러한 Smart Transportation의 개념도(12)를 그림 2로 나타내었다.

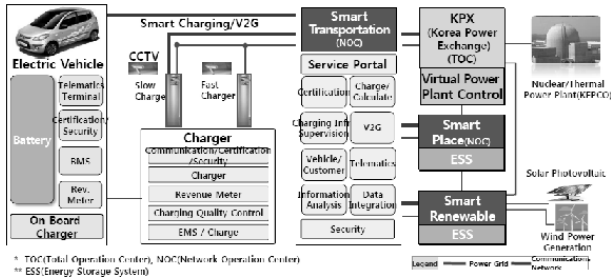


그림 2 Smart Transportation 개념도
Fig. 2 Concept of Smart Transportation

2.4 V2G(Vehicle to Grid) 인프라 구축

전기자동차가 운행되지 않을 때 전기자동차 충전시스템과의 연계를 통한 전기자동차 배터리에서 전력망으로 역송전하는 V2G 개념이 정립됨에 따라 TOC - NOC - 충전기 - BMS - 배터리와 통신을 할 수 있는 시스템 구축이 필수적이다.

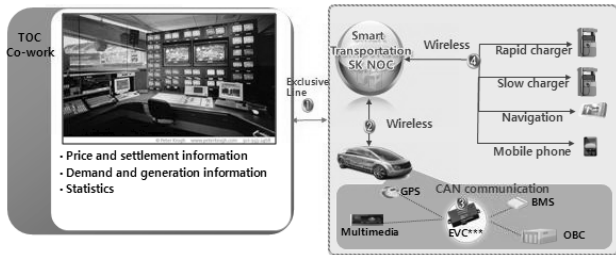


그림 3 제주실증단지 V2G 통신 시스템
Fig. 3 V2G communication system on Jeju

또한 V2G 시스템 요구사항은 전기자동차의 운행 특성상, 상온 및 고온뿐만 아니라, 저온에서의 주행성능 확보도 매우 중요하며 V2G용 평균 20kWh대용량 배터리의 부피 및 중량이 제한적이며 배터리의 크기를 고려하여 차량 하부 장착하고 배터리 팩의 부피와 높이를 차량 기준에 맞춘 최적 설계가 되어야 한다.[13] 또한 차량과의 정확한 정보 교환 및 진단 관리를 하기 위한 BMS(Battery Management System) 기술이 확보되어야 하며 전기자동차는 고용량의 배터리를 사용함으로써, 이에 대한 배터리 충전 상태(SOC, State Of Charge), 배터리의 열화 상태(SOH, State Of Health)에 대한 정보도 실시간 모니터링이 필요하다,

고용량 배터리로 연결된 팩의 셀 전압 균일성 확보를 위해서는 기존의 저전류용 밸런싱으로는 균일성 확보가 시간 및 회로 신뢰성을 위한 고전류 급의 밸런싱 회로 기술과 차

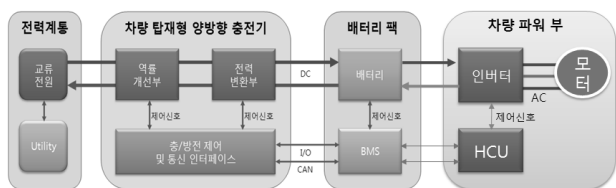


그림 4 V2G 시스템 구성도
Fig. 4 Diagram of V2G system

량 뿐 아니라, 그리드에 전력을 송전해야함으로써, 양방향 OBC(On-board Charger) 와의 통신 및 제어 기술이 필요하며 차량 및 그리드 내 충전 또는 방전되는 전력량 계산과 통제 능력을 BMS가 제어하여 그리드로 송전되는 전력은 계산 및 통제 외에도 송전 부에 대한 안전기술이 확보되어야 한다.[14]

2.5 V2G(Vehicle to Grid) 실증

제주 스마트그리드 실증단지에서는 KEPCO(한국전력)와 KPX(전력거래소)가 공동으로 운영하는 통합관제센터(TOC : Total Operation Center)에서 종합운영센터(NOC : Network Operation Center)로 전송한 방전 지시에 따라 완속 충전기(slow charger)에 연결되어 충전 중에 있는 전기자동차에서 V2G(Vehicle to Grid) 실증을 수행하였다.이 기능은 제주실증단지에서 운영한 가상전력시장에 수요측 발전자원으로 등록하여 피크시 부하감축을 목적으로 시행하였으며 이의 구현을 위하여 양방향 OBC가 핵심부품이다. 이는 전기자동차에 탑재되며 충전 효율 90% 이상, 과전류 차단시간 1ms, 열해석 시뮬레이션을 이용하여 방열판 구조 개선을 통한 온도상승을 억제한 출력 3kW 양방향OBC 개발을 통하여 TOC - NOC - 완속충전기 - 전기자동차를 연계한 가상전력시장에 참여하여 V2G (Vehicle to Grid) 실증을 완료함으로써 향후 전기자동차 배터리를 활용하는 VPP(가상발전소)의 역할을 기대할 수 있다.탑재용 양방향 OBC 구성은 다음과 같다.① 내부 전력변환단은 AC/DC 컨버터, 양방향 DC/DC 컨버터의 2 Stage② AC/DC 인버터는 양방향으로 동작하며 AC를 DC로 변환, DC를 AC로 변환 가능 ③ 양방향 DC/DC 컨버터는 Buck 컨버터와 Boost 컨버터 동작이 가능

2.5.1 V2G(Vehicle to Grid) 기술실증

V2G 실증을 위하여 제주실증사업에서는 모닝 경차량을 전기자동차로 개조하여 배터리 및 BMS, 양방향OBC를 트렁크 부분에 장착하였다. 16kWh의 배터리를 장착하고 시속 120km/hr의 성능을 가진 실증사업 업무용 차량을 이용하였다. 제주실증단지에서 운용되는 가상전력시장에 수요측 발전자원으로 등록하고 스마트그리드 사업단으로부터 주기적인 수요반응 신호를 받아 충전 도중 방전을 통하여 전력을 방전 하였다. 실적 데이터는 KEPCO와 KPX가 공동 운영하는 TOC의 SERVER에 저장되며 평가 기준은 신호에 신속한 반응을 나타내는 것 보다는 신호에 따라 일정량의 전력을 꾸준히 송전 하는가를 평가 기준으로 삼았다. 이는 현실적으로 전기자동차 배터리가 주파수 추종 보다는 수요반응에 적합할 것이라는 가정아래 월별 신호에 대응하는 확률을 평가에 반영하고 V2G 통신을 포함한 통신 시스템 기술의 안정화에 집중 하였다. V2G는 배터리- BMS - 완속충전기 - NOC - TOC를 거쳐야 하므로 인터페이스에 대한 안정화 기술이 중요하며 단 1개의 Unit에서 오류가 발생하면 성공하지 못하므로 H/W부터 S/W까지 전체적인 안정화가 기술 완성도를 높인다고 볼 수 있다. 여기서는 WCDMA 통신을 이용하여 실증을 수행하였으며, 그림 5는 양방향 OBC의 구

성도를 나타낸 것이다.[15]

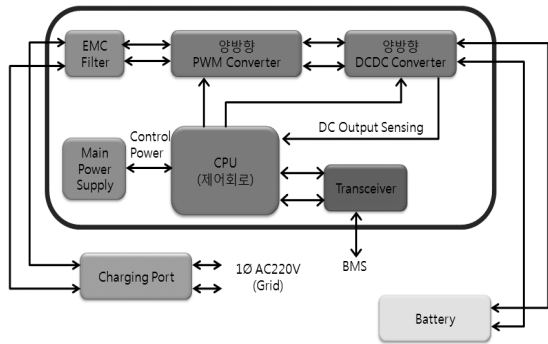


그림 5 양방향OBC 시스템 구성도
Fig. 5 Diagram of 2-way OBC system

그림 6의 시험결과는 제주실증사업에서 가상전력시장에 수요측 발전자원으로 등록하여 역송전 한 트렌드이다. 먼저 TOC-NOC와 연계된 지령에 따라 전기자동차 충전 대기 후 충전을 시작하였으며 방전 개시 신호를 받아 작동함으로써 전기자동차 배터리의 전류와 전압이 동시에 떨어지는 것으로 나타났다. 이후 다시 방전 중지 지시에 따라 충전 대기 상태로 들어가는 로직시험 결과이다. 전류는 0 A 를 중심으로 충전과 방전을 반복적으로 수행하며 방전 후 대기 상태로 전환되었다. 충전 전류는 5A이며 방전 전류는 10A를 나타내고 있고 완속충전기의 용량이 커지면 BMS 명령에 따라 충방전 전류를 높일 수 있다. 전압은 배터리 전압인 314V를 중심으로 상하로 움직이는 것을 볼 수 있다.

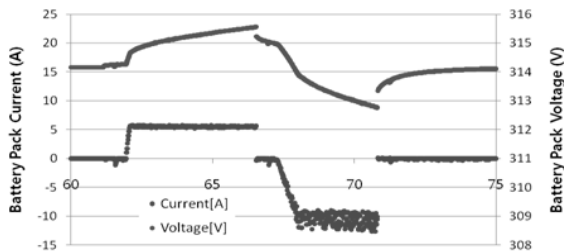


그림 6 양방향OBC 충방전 트렌드
Fig. 6 Trends of charge & discharge by 2-way OBC

2.5.2 V2G(Vehicle to Grid) 운영실증

기술실증이 끝난 8월부터 V2G용 차량으로 본격적인 수요 반응을 실시하여 2012년 8월 ~ 2013년 4월까지 송전한 총 984.58kWh의 월간 송전 결과를 그림 7로 나타냈으며 동절기에 더 많은 송전 결과를 보이고 있다. 이와같이 50,000대의 전기자동차가 배터리용량 50%(10kWh)를 Peak시 1시간 동안 V2G로 역송전을 실시한다고 하면 500MW 석탄화력 발전소에서 1시간 동안 발전하는 전력량에 해당된다.

다음은 운영모델 별 충전패턴을 분석 하였다. V2G를 실행하기 위해서는 차량이 충전기와 결합된 상태에서 모니터링 가능하여야 하며 충전 대기 또는 충전 중 상태를 유지하여야 한다. 따라서 수요반응 사업자는 차량의 충전 패턴에

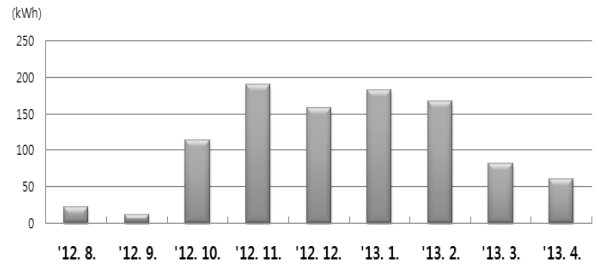


그림 7 전기자동차 송전량 추이
Fig. 7 EV transmission trend for Grid

따라 V2G 대상 차량을 선별하여야 필요시 필요량 만큼 전력 방전이 가능하다. 그림 8은 야간에 충전하고 주간에 업무를 보는 전형적인 렌터카의 충전패턴을 보여주고 있다. 18:30분 이후부터 급격한 충전량을 나타내고 있으며 새벽까지는 연속적인 충전패턴을 보여주고 있다. 주간에는 충전량이 급격히 떨어져 운행이 본격화 되고 있는 것을 알 수 있으며 수요관리자 입장에서는 주간 피크 대응을 위한 V2G의 적용에는 한계가 있다.

(단위: kWh)

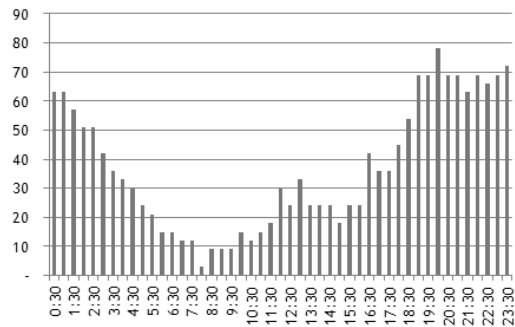


그림 8 전기자동차 렌터카 충전패턴
Fig. 8 Charging pattern of EV rent-a-car

그림 9는 업무용 카셰어링 차량의 충전패턴이다. 주로 업무시간에 전기자동차를 운영하여 단시간의 업무를 완료한 후 차량운행 외 시간에는 항상 충전대기 또는 충전 중이므

(단위: kWh)

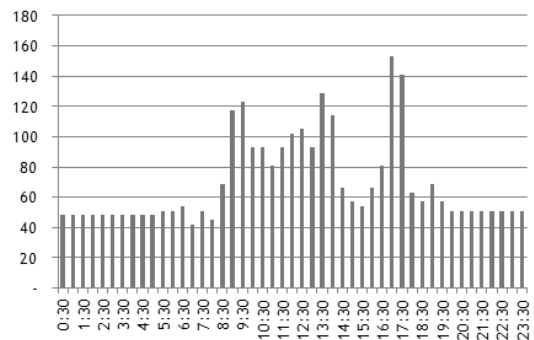


그림 9 전기자동차 카셰어링 충전패턴
Fig. 9 Charging pattern of EV sharing

로 이들 차량을 대상으로 V2G를 수행할 수 있을 것으로 판단된다. V2G 수행을 위해서는 전기자동차에 충전기가 항상 체결 되어 있어야 방전이 가능하므로 충전이 있는 곳에는 항상 방전도 가능하다는 개념으로 접근하면 전기자동차를 소유한 개인을 대상으로 수요반응 사업을 충분히 수행 할 수 있다.

3. 결 론

본 논문은 전기자동차 배터리를 이용한 V2G 기술의 적합한 적용 분야를 찾기 위하여 해외의 V2G 적용사례인 주파수 추종 분야에 대하여 그 한계를 검토하였으며 이에 대비하여 제주 실증사업에서는 수요반응(Demand Response) 분야에 적용하여 기술 및 운영실증을 완료하였다. 기술적으로는 V2G 통신인프라 구축과 함께 양방향 OBC를 개발하여 기술시험을 완료하여 우리나라에 적합한 V2G 운영모델을 개발하여 TOC의 지시에 따라 총 송전량은 984.58kWh를 기록하였다. 전기자동차와 충전기간 통신에 있어서 WCDMA를 이용하였으며 향후 통신규격은 PLC(Power Line Communication)로 변경될 가능성이 매우 크므로 PLC를 이용한 V2G 실증을 추가로 수행할 필요가 있다. 또한 V2G 기술과 더불어 V2H(Vehicle to Home) 기술의 개발도 필요할 것으로 예상된다. V2H기술은 일본에서 개발되어 비상시 전기자동차 배터리에서 전기를 추출하여 가정에서 직접 사용할 수 있는 Power BOX가 출시되기도 했다. 정부는 'ICT 기반 에너지 수요관리 정책'을 통하여 공급중심의 전력수급 정책을 합리적인 수요관리 중심의 정책으로 전환하였으며 V2G 기술은 이에 근본적인 대책 중 하나로 평가할 수 있다. 전기자동차의 민간보급을 통하여 50,000대 이상의 차량을 대상으로 V2G를 수행한다면 500MW 화력발전소 1기에서 1시간 동안 생산하는 전력량과 동등하다. 따라서 앞으로 전기자동차 배터리의 전력을 이용하여 다양한 활용방안이 도출될 것으로 예상된다.

degradation of batteries in PHEV and EV", 2013

[5] Jasna tomic, Willet Kempton, "Using fleets of electric-drive vehicles for grid support", 2007

[6] Sekyung Han, Soohee Han, "Economic Feasibility of V2G Frequency Regulation in Consideration of Battery Wear", 2013

[7] Willet Kempton, Victgor Udo, Ken Huber, Kevin Komara, Steve Letendre, Scott Baker, Doug Brunner, Nat Pearre,, "A Test of Vehicle-to-Grid(V2G) for Energy Storage and Frequency Regulation in the PJM System" 2008

저 자 소 개



최진영 (崔鎭泳)

1987년 2월 부산대 졸업. 2009년 2월 아주대(석사). 1987년 SK이노베이션 입사. 2000년 ESCO사업담당(산업/빌딩 전기/열). 2010년 Smart Grid 팀장. 2012년~현재 SK이노베이션 ESS사업개발팀 부장.



박은성 (朴殷成)

1997년 2월 한양대 졸업(석사). 1997년 SK이노베이션 입사. 2010년 Smart Grid 담당 2012년~현재 SK이노베이션 ESS사업개발팀 부장.

감사의 글

본 연구는 2013년도 완료된 제주스마트그리드 실증 단지사업 중 '스마트트랜스포테이션' 주관컨소시엄의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 컨소시엄 참여사에 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] Ministry of Economy and Knowledge, Smart Grid National Road-map, 2010

[2] Willet Kempton, Jasna tomic, 'Vehicle-to-grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue', 2005

[3] Christophe Guille, George Cross, "A conceptual frame work for the vehicle-to-grid(V2G) implementation", 2009

[4] Evaluating the impact of V2G services on the