

## V2G 시스템의 계통연계에 대한 국제 표준 동향 분석

이순정\*, 김준혁\*, 김철환\*, 김기현\*\*, 신성수\*\*  
성균관대학교\*, 대한전기협회\*\*

### Analysis of International Trend on the Standard for Power System Connection of V2G System

Soon-Jeong Lee\*, Jun-Hyeok Kim\*, Chul-Hwan Kim\*, Gi-Hyun Kim\*\*, Seong-Su Shin\*\*  
Sungkyunkwan University\*, Korea Electric Association\*\*

**Abstract** - Recently, the interest about Vehicle-to-Grid(V2G) system which can use the electric vehicles as generation sources or storage devices has rapidly increased. However, this technology does not use widely yet, and there is no clear standard or regulation for it. If electric vehicles are connected to the power system indiscreetly, it can cause problem to personnel safety and adverse effect on the power system. Therefore, it is important to analyze the related standards. In this paper, we introduce some international standard related with V2G system.

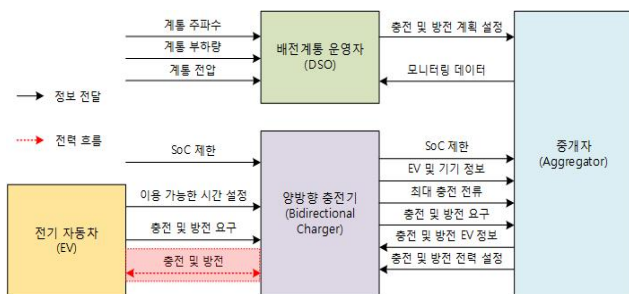
#### 1. 서 론

2005년 교토 의정서 발효 이후, 선진국들의 CO<sub>2</sub> 감축이 의무화 되고, 차량의 연비와 관련된 에너지 규제가 강화되면서 전기 자동차의 보급이 급격히 증가할 것으로 예상되고 있다. 전기 자동차는 배기가스를 발생시키지 않는 무공해 동력 시스템이 장착된 차량이므로, 미래의 자동차 시장은 내연기관 자동차에서 전기 자동차로 점차 변화할 것으로 전망된다. 전기 자동차는 구조에 따라 순수 전기 자동차(PEV, Pure Electric Vehicle), 하이브리드 전기 자동차(HEV, Hybrid Electric Vehicle), 플러그인 하이브리드 전기 자동차(PHEV, Plug-in Hybrid Electric Vehicle) 등으로 구분할 수 있으며 전기를 배터리에 저장해 두었다가 차량 운행에 사용한다. 이때, 저장된 전기 에너지는 계통으로 역송전하여 이용될 수 있는데, 이러한 기능을 Vehicle-to-Grid(V2G) 시스템이라고 한다[1]. 국내에서는 “스마트그리드 국가 로드맵”의 지능형 운송 분야에 V2G와 관련된 방안을 포함하였다. 그러나 국내에서는 아직 V2G 기술이 상용화 단계에 도달하지는 못하였으며, 시험운영 단계에 머물러 있다. 그러므로 V2G 기술의 보급을 위하여, 현재 제정된 V2G 시스템의 표준 동향에 대한 분석이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 우선적으로 V2G 시스템의 다양한 기능을 설명하고 V2G 설비 및 계통연계를 위한 국제 표준 동향을 소개하였다.

#### 2. V2G 시스템

##### 2.1 V2G 시스템의 구성

일반적으로 V2G 시스템은 그림 1에 나타난 것과 같이 계통 및 전기 자동차의 조건을 모두 고려하여 여러 단계를 거쳐 수행되며 크게 배전 계통 운영자(DSO, Distribution System Operator), 중개자(Aggregator), 양방향 충전 장치(Bidirectional Charger), 전기 자동차(EV, Electric Vehicle)로 구성된다. 각각의 구성요소들은 실시간으로 계통 상태(주파수, 부하량 및 전압), 충전 및 방전을 요구하는 전기 자동차의 수 및 전기 자동차 배터리의 충전 상태(SoC, State of Charge) 등의 다양한 정보를 교환한다. 상기의 정보들을 바탕으로 최종적으로 전기 자동차의 충전 또는 방전 동작이 수행된다.



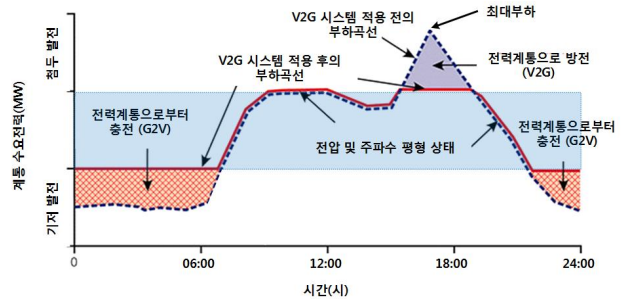
〈그림 1〉 V2G 시스템 구성요소간의 관계

##### 2.2 V2G 시스템의 기능

참고문헌 [2-3]에서는 전기 자동차가 V2G 동작을 수행할 경우, 다음과 같은 4가지 역할을 할 수 있다고 언급하고 있다.

- ① Load Leveling : 부하 평준화
- ② Regulation Service: 주파수 및 전압 조정
- ③ Spinning Reserves : 전력 예비력 공급
- ④ Stabilizing the Intermittency of Renewable Energy : 신재생에너지 출력 안정화

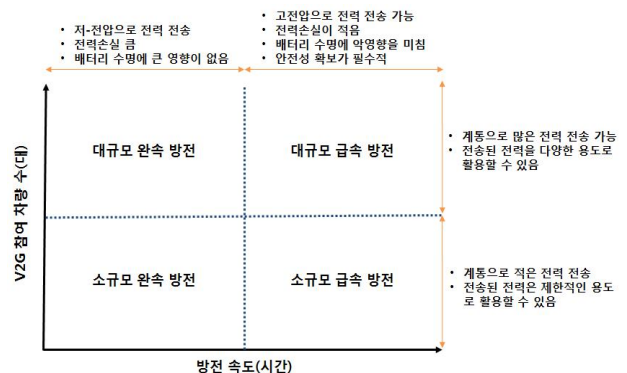
그림 2는 상기 ①, ③항에 대한 예시로써, peak 부하 시간(16시~19시)에 전기 자동차의 방전(V2G) 동작과 off-peak 부하 시간(21시~07시) 동안 충전(G2V, Grid-to-Vehicle) 동작을 통하여 부하를 평준화 할 수 있는 개념을 나타낸 그림이다.



〈그림 2〉 V2G 시스템을 이용한 부하 평준화 개념

##### 2.3 V2G 시스템의 분류

V2G 시스템은 다음 그림 3과 같이 구성 형태에 따라 급속/완속으로 구분할 수 있고, 참여하는 전기 자동차의 대수에 따라 소규모/대규모로 나눌 수 있다. 먼저 완속 시스템은 단상으로 동작하므로, 특정 상(phase)의 전압 상승을 유발할 수 있고, 낮은 전압(220V)에서 동작하므로 전력손실이 크다는 단점이 있다. 반면, 급속 시스템의 경우 다수의 대용량 설비가 요구되고 높은 전압레벨로 인하여 배터리 수명에 악영향을 미칠 수 있다는 단점이 있다.



〈그림 3〉 V2G 시스템 구성 형태에 따른 장·단점

V2G에 참여하는 전기 자동차가 소수인 경우에는 비상 시 전원 공급

용 등의 제한된 목적으로만 사용이 가능하며, 극소수인 경우에는 V2G 시스템의 구현 자체가 불가능할 수도 있다. 이에 반해 대규모의 전기 자동차가 V2G에 참여할 경우, 계통으로 많은 전력 전송이 가능하고 계통에서 부하를 및 주파수 제어 등의 다양한 용도로 활용이 가능하다.

### 3. V2G 시스템의 국제 표준 분석

V2G 시스템은 계통에 연계되어 전력을 공급한다는 측면에서 분산전원과 매우 유사하다고 할 수 있다. 그러나 V2G 시스템은 양방향으로 동작하여야 한다는 점과 분산전원 설비에 비하여 사람이 더욱 빈번하게 접촉한다는 점 때문에 인체 안전에 더욱 유의하여야 하는 특징을 갖는다. 현재, 국내외의 여러 단체 및 기관에서는 이를 고려하여 V2G 시스템 표준을 제정 중이다.

#### 3.1 V2G 시스템의 표준 동향

분산전원의 계통 연계와 관련된 대표적인 국제 표준은 참고문헌 [4]에 나타난 IEEE 1547이 있으며, 이 표준에서는 계통 연계에 대한 일반적인 요구사항, 전력품질 제한사항을 비롯한 다양한 요구사항을 다루고 있다. 상기에서 설명한 것과 같이, V2G 시스템은 양방향으로 동작하여야 하므로, 이에 대한 규정이 반드시 요구된다. UL(Underwriters Laboratories)에서 제정한 표준인 UL 9741은 양방향 전기 자동차 충전 시스템에 요구되는 사항들에 대하여 기술하고 있으며, SAE(Society of Automotive Engineers)의 J2836/3은 V2G 및 V2H(Vehicle-to-Home)에 대한 내용을 포함하고 있다. 또한, 인체 안전과 관련된 표준으로는 UL 2231-1이 있으며 이것은 전기 자동차 설비의 대인 보호 시스템에 대한 일반적인 요구사항과 전기적 충격에 초점을 맞춘 표준이다. 다음 표 1은 V2G 시스템의 계통 연계와 안전에 대한 대표적인 표준들의 내용을 간략히 정리한 것이며, 그림 4는 V2G 관련 주요 국제 표준을 나타낸 것이다.

〈표 1〉 V2G 시스템에 관련된 국제 표준

표준명	내용
IEEE 1547	분산전원과 전력계통의 상호 연계에 대한 요구사항 - 일반 요구사항 - 전력품질(전압, 고조파 등) - 비정상 상태에 대한 응답
UL 9741	양방향 전기 자동차 충전 시스템의 요구사항 - 일반 요구사항 - 의함 - 커넥터 및 플러그 - 전기 충격 제한
SAE J2836/3	전기 자동차의 V2G 및 V2H 동작 시 유의사항
UL 2231-1	전기 자동차 전력 공급 설비에 대한 대인 보호 시스템의 일반적인 요구사항

#### 3.2 V2G 시스템의 표준 제정 단체

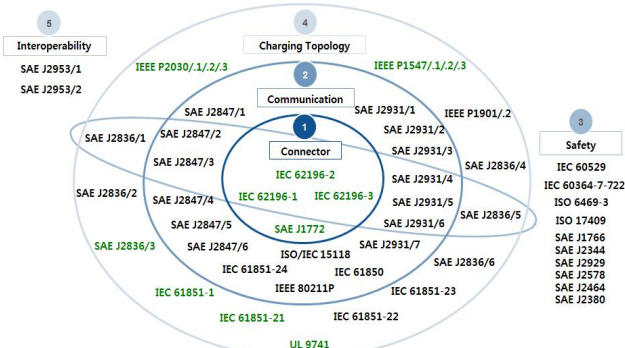
전기 자동차의 충전 인프라에 대한 표준화는 현재 미국, 독일, 일본 등을 중심으로 ISO(International Organization for Standardization), IEC(International Electrotechnical Commission) 등의 국제 표준화 기구와 SAE, JARI(Japan Automobile Research Institute) 등의 기관을 통하여 활발히 진행되고 있다. 이 중에서, ISO에서는 주로 전기 자동차의 성능과 안전성에 관련된 국제 표준을 개발하고 있으며, IEC는 2차전지 및 충전 시스템과 같은 전기적 부품에 대한 표준을 개발하고 있다. 또한 미국에서는 SAE, NFPA(National Fire Protection Association) 및 UL의 3개 기관을 중심으로 표준 개발을 담당하고 있다. SAE는 주로 자동차의 안전에 관한 내용을 담당하고, UL은 전기기기의 시험인증에 관한 표준을 담당하고 있다.

### 4. 결 론

운송 수단으로써 전기 자동차에 대한 관심은 전 세계적으로 증가하고 있으며, 향후 가솔린 자동차를 대체할 것으로 크게 주목받고 있다. 이 뿐만 아니라 전력계통 측면에서도 전기 자동차는 매우 유용한 자원입에 틀림없으며 이를 효과적으로 사용하기 위해서는 가장 먼저 사용자의 안전과 계통 연계를 고려한 표준이 제정되어야 할 것이다. 따라서 본 논문에서는 전기 자동차 방전에 대한 국제 표준 동향을 분석하고 각 표준들이 다루고 있는 내용을 소개하였다. 하지만, 국내에서는 아직 V2G와 관련된 규정은 존재하지 않는 것으로 확인하였다. 이에 따라 V2G 기술의 개발과 더불어, 전력계통 연계를 고려한 V2G 시스템의 운영기준을 마련하는 것이 시급할 것으로 사료된다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Adrene Briones, James Francfort, Paul Heitmann, Michael Schey, Steven Schey, John Smart, "Vehicle-to-Grid (V2G) Power Flow Regulations and Building Codes Review by the AVTA, Idaho National Laboratory, Sep 2012
- [2] National Petroleum Council, "V2G Whitepaper", Aug 2012
- [3] Corey D. White, K. Max Zhang, "Using vehicle-to-grid technology for frequency regulation and peak-load reduction", Journal of Power Sources, 2010
- [4] IEEE Standards Coordinating Committee, "IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems", Apr 2009



〈그림 4〉 V2G 관련 주요 국제 표준