

DC 배전망에서의 전기 자동차 급속 충전 시스템

백요한, 강태환, 오성민, 오정훈, 조형연
(주)효성

Electric Vehicle Quick Charging System on DC Distribution

Yohan Baek, Tae Hwan Kang, Sung Min Oh, Jeong Hun Oh, Hyoung Yeon Cho
Hyosung Corporation

ABSTRACT

DC 배전망에서 전기자동차 급속 충전 시스템은 대용량 전력 변환기를 통해 AC 배전망의 전압을 DC 전압으로 변환하여 DC 입력형 급속 충전기에 배전한다. DC 입력형 급속 충전기는 인버터기능이 제거됨으로 구조를 단순화하고 소형경량화 할 수 있다. 또한 충전소 내에 설치된 다수의 충전기 각각이 수행 하던 전류 고조파 저감, 역률 향상, 양방향 전력 제어와 같은 기능들을 하나의 장치가 일괄 수행함으로써 충전소 인프라 단위의 신뢰성을 높일 수 있다. 본 논문은 DC 배전망에서의 전기 자동차 급속 충전 시스템의 특징에 대해서 설명하고자 한다.

1. 서론

급증하는 신재생 에너지원의 보급과 고신뢰성 및 고효율의 전력망에 대한 고객의 요구와 관심이 높아지면서 DC 배전망에 대한 관심이 높아지고 있는 추세이다.^[1] 가장 먼저 검토된 직류 배전은 IDC(Internet Data Center)이다. 국내에서는 KT가 IDC의 내부 전력망을 DC 전력망으로 구성하여 변환 손실의 저감을 도모하고 있다.^[2] 전기 자동차 충전 인프라 구축에서도 DC 전력망의 도입은 에너지 효율 및 급속 충전 시스템의 효율적인 관리를 가능하게 할 것으로 보고 있다.

전기자동차는 최근 각국의 환경규제 강화와 배터리 저장기술의 발달로 인해 새롭게 경쟁력을 가지기 시작했고 그에 따라 충전인프라 구축 또한 중요한 요소로 등장하기 시작했다.^[3] Smart Transportation 사업으로 추진되고 있는 전기 자동차 충전인프라 구축은 전기 자동차의 배터리를 충전하고 더불어 전력망에 통신 기능을 가진 운영 시스템을 연계하여 고객에게 상호 인터페이스를 제공하는 특징을 가진다.

전기자동차용 급속 충전기는 30분 이내의 충전시간을 필요로 하는데 배전 받는 전력의 형태에 따라서 AC 입력형 급속 충전기와 DC 입력형 급속 충전기로 분류되어지고 있다. 두 종류의 급속 충전 시스템은 Smart Transportation 제주 실증단지 구축사업 (KEPCO Consortium)에 설치되어 운영 될 예정이다. AC 전력 및 DC 전력을 공급하기 위한 전력망의 구성이 서로 다르며 각각의 전력을 입력받는 급속 충전기도 서로 다른 특성을 가진다. 본 논문은 전기 자동차 급속 충전 인프라 시스템에 대해서 설명하고, AC 입력형 급속 충전 시스템과 DC 입력형 급속 충전 시스템에 대해서 소개하고자 한다.



그림 1 충전 인프라 시스템

Fig. 1 Charging infrastructure system

2. DC 배전망에서의 급속 충전 시스템

2.1 전기 자동차 급속 충전 인프라 시스템

전기 자동차 급속 충전 시스템은 충전기, 전력망, 충전소 운영 시스템, 그리고 과금 및 정산 시스템으로 구성되며 그림 1과 같이 볼 수 있다. 급속충전기의 수전은 기존의 전력망 대신 주로 전기 자동차 충전기를 위해서 별도 개설된 전력망을 통해서 이루어진다. 수전을 위한 전력망은 크게 AC 전력망과 DC 전력망으로 분류되어지며 AC는 3상 380V 그리고 DC는 600V를 공급할 수 있다. 일조시간 동안에는 충전소 캐노피(Canopy)에 설치된 태양광 모듈에서 발전한 전기 에너지를 이용 피크(Peak) 부하 억제에 활용할 수 있다. 운영시스템은 고객들에게 충전가격 정보를 실시간으로 제공하고 부하 정보, 차량 정보 등의 전체적인 충전인프라 정보를 관리한다. 그리고 과금 및 정산 시스템과 연계하여 충전 요금을 현장 결제, 혹은 전기 요금에 합산 청구할 수 있게 하며 사용자 정보와 계량정보를 관리하고 운용 한다.

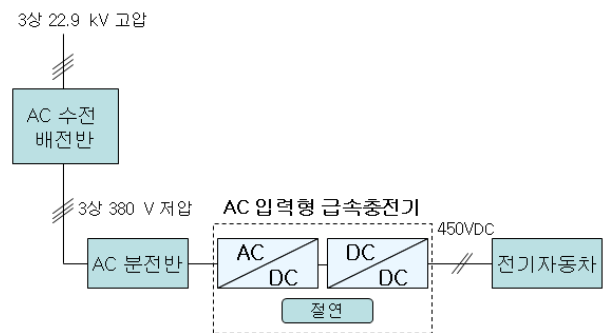


그림 2 AC 배전망에서의 충전 시스템

Fig. 2 Charging system on AC distribution

그림 2는 AC 배전망에서의 급속 충전 시스템의 구성을 보여 준다. 전기 자동차의 배터리에 DC 전력을 공급하기 위해서 각각의 충전기들은 수전 받은 AC 전력을 DC로 변환시킬 수 있는 AC/DC 전력 변환기를 내장한다. AC/DC 전력 변환기는 역률 향상과 총 고조파 왜율 저감을 위한 제어를 수행한다. 급속 충전기 및 전기 자동차에서 발생하는 노이즈의 상호 영향을 저감하기 위해서 입력 측과 출력 측에 노이즈 저감 필터를 장착한다.

2.2 DC 배전망에서의 급속 충전 시스템의 특징

DC 배전망에서의 급속 충전 시스템은 개별 급속 충전기의 구성 및 제어 구조를 단순화시키고 급속 충전 시스템의 운영 효율을 향상시킬 수 있다.

2.2.1 급속 충전기의 소형 경량화

DC 배전망에서의 전기 자동차 급속 충전 시스템은 그림 3과 같다. 그림 2와 달리 급속 충전기가 AC/DC 전력 변환기를 내장하지 않는다. 대신 분전반의 전 단계에 AC/DC 전력 변환기가 위치한다. AC 배전망에서는 각각의 급속 충전기들이 AC/DC 전력 변환기를 내장하여 역률 제어, 총 고조파 왜율 감소를 위한 제어, 그리고 양방향 전력 제어를 개별적으로 수행했다. 그러나 DC 배전망에서는 분전반에 설치된 하나의 AC/DC 전력 변환기가 이러한 제어를 일괄적으로 수행한다. 이렇게 일괄적으로 변환된 DC 전력은 개별 급속 충전기 내에 설치되어 있는 DC/DC 전력 변환기를 통해서 적절한 전압 레벨로 다시 감압되어지고 최종적으로 전기 자동차에 공급된다. 이렇게 개별적으로 수행되었던 제어가 하나의 장치에서 일괄적으로 수행되어지고 급속 충전기들은 DC/DC 전력 변환기의 제어만 수행하면 됨으로 충전소 인프라 단위의 신뢰성 향상을 기대할 수 있다. 또한 DC 입력형 급속 충전기들은 기존의 AC 입력형 급속 충전기에서 AC/DC 전력 변환기를 제거한 것으로 부피와 중량이 감소되어 소형화 및 경량화가 가능하다. 또한 급속 충전기 내부 구조도 단순해 질 수 있다.

2.2.2 급속 충전 시스템 운영 효율성 향상

전기 자동차 충전소에서 하나의 분전반에 다수의 급속 충전기가 설치된 경우 급속 충전기들의 총 전력 용량을 공급할 수 있도록 분전반의 용량을 선정하여 설치해야한다. DC 전력망에서는 이와 같은 용량의 AC/DC 전력 변환기를 추가적으로 설치하여 DC 전력을 공급하는 방법과 이보다 더 작은 용량의 AC/DC 전력 변환기를 설치하여 운영하는 방법이 있다. 그림 4

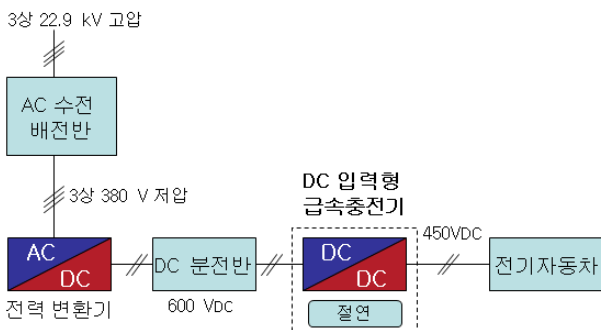


그림 3 DC 배전망에서의 충전 시스템
Fig. 3 Charging system on DC distribution

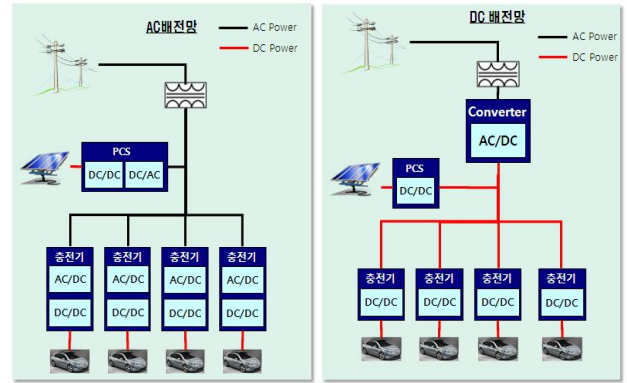


그림 4 AC 및 DC 배전망에서의 충전 시스템
Fig. 4 Charging system on AC and DC distribution

는 AC 배전망 및 DC 배전망에서 50kW 용량의 급속 충전기 4대가 설치된 경우를 보여준다. 동시에 4대의 급속 충전기가 운전되는 경우를 대비하여 총 200kW 용량의 전력망을 설치해야 한다. AC 배전망의 급속 충전 시스템의 경우, 급속 충전기의 이용 대수가 적어질수록 운전하지 않는 개별 급속 충전기 내의 AC/DC 전력 변환기의 수는 증가하게 되어 전력 변환기의 가동률이 낮아지게 된다. DC 배전망에서의 급속 충전 시스템은 급속 충전기들과 AC/DC 전력 변환기가 통신을 통해 충전에 요구되는 용량을 제어한다. 예를 들어 50kW의 DC 입력형 급속 충전기 4대를 위하여 AC/DC 전력 변환기의 용량은 200kW 대신 100kW로 설치하고 전기자동차들이 동시에 충전되는 경우를 고려하여 급속 충전기의 운영 알고리즘을 설계할 수 있다. 아직까지는 전기 자동차 보급률이 낮아 급속 충전기들이 동시에 충전되는 상황이 많지 않을 수 있어서 충전기들의 총 정격보다 낮은 정격의 AC/DC 전력 변환기를 사용하여 운영 효율성을 향상시키는데 큰 어려움이 없어 보이나 동시 충전 차량의 수가 늘어나면 충전 시작 시 배터리의 SOC(State of Charge)에 따라서 필요 전력 용량과 충전모드가 달라진다. 이러한 정보들을 조합하여 AC/DC 전력 변환기의 정격 범위 내에서 급속 충전기들 각각의 지령치를 제어하여 효율적인 동시 충전을 진행할 수 있다.

3. 결론

DC 배전망에서의 급속 충전 시스템의 구성 및 특징에 대해서 알아보았다. 앞서 언급한 바와 같이 DC 배전망에서의 급속 충전 시스템은 운영 효율을 향상시키고 급속 충전기의 소형화 및 경량화를 가능하게 할 것으로 보고 있다.

참고 문헌

- [1] 김효성, “직류(DC)배전과 회로차단기술”, 전력전자학회지 제15권, 제5호, 2010. 10, pp. 40~46.
- [2] 김주용, “전력공급자 측면에서 DC 배전 기술개발 전망”, 전력전자학회지 제15권, 제5호, 2010. 10, pp. 28~31.
- [3] 한승호, 최병운, “국내의 전기자동차 인프라 구축동향”, 전력전자학회지 제5권 제2호, 2000. 4, pp. 38~41.