

# 능동전력필터 기능을 갖는 다기능 준급속 충전기의 병렬운전 기법

배성훈\*, 최성촌\*, 신민호\*, 송상훈\*\*, 원충연\*  
성균관대학교\*, 산업기술시험원\*\*

## Parallel Operation Method of Multi Function Rapid-Charger with an Active Power Filter

Sung Hoon Bae\*, Seong Chon Choi\*, Min Ho Shin\*, Sang Hoon Song\*\*, Chung Yuen Won\*  
Sungkyunkwan University\*, Korea Testing Laboratory\*\*

### ABSTRACT

This paper proposes parallel operation of multi function rapid charger with an active power filter. Rapid charger can be installed in public institutions or mart parking lot. But conventional charger has disadvantage that it can not be used as the active power filter in charging mode with only one charger. So using 3 parallel operation, effective mode transfer between battery charging and APF function can obtain effect of harmonic compensation and improving the utilization of the charger.

### 1. 서론

전기자동차 보급의 확산과 더불어 배터리 충전장치에 대한 관심이 높아지고 있다.<sup>[1]</sup> 충전장치는 크게 2가지로 완속충전기와 급속충전기가 있다. 완속충전기는 용량이 제한적이고 충전시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 반면 급속충전기는 충전시간이 짧지만, 대전류를 주입해야 하므로 대용량 수전 설비가 요구되는 단점이 있다. 이로 인해 용량 및 충전 시간 측면에서 완속충전기와 급속충전기의 중간 형태를 갖는 준급속 충전기가 필요하다. 준급속 충전기는 대형 마트나 공공 기관 주차장에 설치될 수 있으나, 충전만 수행할 경우 이용률 감소 측면 때문에 능동전력필터(APF) 기능을 추가하였다. 그러나 능동전력필터 기능과 충전 기능을 각각 수행하는 10kW급 준급속 충전기는 단일로 사용할 경우 충전 시에 APF 기능을 사용하지 못하는 단점이 발생된다.

본 논문은 3대의 다기능 준급속 충전기를 병렬 운전하는 기법을 제안한다. 다기능 충전기의 병렬 운전 알고리즘을 이용하여 배터리 충전 기능과 APF 기능의 효과적인 모드 전환을 통해 충전기의 이용률을 향상시키고 계통의 고조파를 보상하는 효과를 얻을 수 있다.

### 2. 본 문

#### 2.1 3-병렬 다기능 준급속 충전기

본 논문의 3 병렬 운전 준급속 충전기의 전체적인 시스템 구성도는 그림 1과 같다. 본 시스템은 3대의 충전기와 비선형 부하로 구성 되어있으며, 충전기는 입력 LCL 필터, AC DC PWM converter, Isolated DC DC converter로 이루어졌다. 본 시스템은 각 모드 선택과 제어 방식은 차량용 배터리의 정보를 이용하여 판단되어 각 모드에 따른 제어 방식이 수행된다.

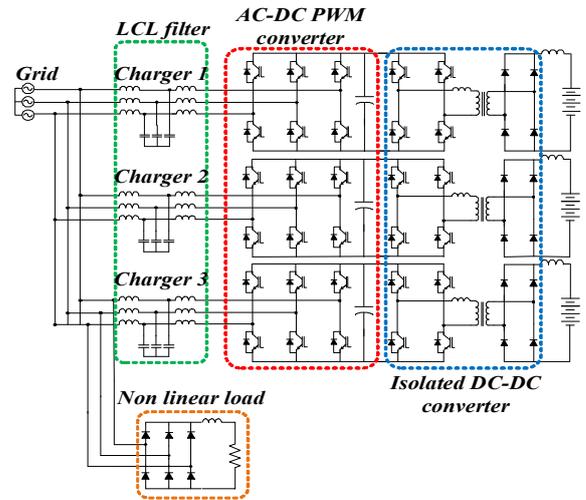


그림 1 3-병렬 시스템 구성도  
Fig. 1 3-Parallel system configuration

#### 2.2 시스템 운전 모드

제안된 충전기는 충전기와 연결되는 배터리의 유무와 자동차 배터리 SOC(State of Charge)정보 그리고 사용자의 요구에 따라 두 가지 운전 모드를 갖는다. 첫 번째 운전 모드는 충전 기능을 수행하며, 두 번째 운전 모드는 APF 기능을 수행한다. 각 모드는 표 1에 의거하여 결정된다.

표 1 시스템 운전 모드  
Tabel 1 System operation mode

Case	충전 모드	Case	APF 모드
1	EV가 충전기와 연결되었을 경우	3	충전모드 중 배터리가 SOC <sub>i</sub> 보다 이상일 경우
2	APF모드 중 배터리가 SOC <sub>i</sub> 보다 낮을 경우	4	EV가 충전기와 분리되었을 경우

#### 2.3 3-병렬 운전 알고리즘

제안된 충전기가 실제 주차장이나 공공장소에 효과적으로 적용되기 위해 병렬 운전 알고리즘이 그림 2와 같이 제안되었다. 제안된 알고리즘을 통해 충전 기능과 APF 기능을 수행함으로써 EV(Electric Vehicle) 사용자와 공급자를 동시에 만족 시킬 수 있다.

병렬 운전 시 고조파의 보상 값은 APF 모드를 수행하는 충

전기 수에 따라 달라진다. LCL 필터에서 생성된 보상된 입력전류 파형이 계통으로 주입되어 고조파를 보상하는데, APF 모드를 수행하는 충전기의 수를  $N$ 이라고 했을 때 각 충전기가 보상해야 될 고조파 전류는 식 (1)로 나타낼 수 있다.

$$i_{LN} = \frac{i_{a,b,cL}}{N} \quad (1)$$

$$P_h = (THD_i)^2 \cdot P_l \quad (2)$$

시스템 용량 및 스위치의 정격전류 등을 고려하여 본 논문에서는 각 컨버터별 보상 가능한 비선형 부하를 10kW이하로 제한하였으며, 이는 식 (2)로 구할 수 있다. 여기서  $P_l$ 는 비선형 부하의 기본파 소비 전력을 나타내고,  $P_h$ 는 비선형 부하의 고조파 소비전력이다.

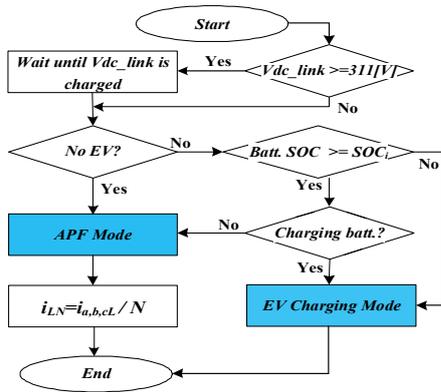


그림 2 병렬 운전 알고리즘 흐름도  
Fig. 2 Parallel operation algorithm

### 2.5 시뮬레이션

제안된 충전기의 고조파 보상을 확인하기 위해 다음과 같이 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 파라미터 값은 표 2에 나타났다. 그림 3은 Charger 1~3이 병렬 운전을 수행했을 때의 배터리 SOC, 전압, 전류를 나타낸다. 그림 4는 Charger 1~3이 각각 다른 시간대에 EV 1~3과 연결되어 병렬 운전을 수행했을 때의 비선형 부하 전류, 컨버터 측 a상 입력 전류 및 계통 a상 입력전류를 나타낸다. EV가 분리되면서 APF 모드 동작을 수행하는데, 계통 측 입력 전류의 파형을 보면 APF 모드를 수행하는 충전기가 늘어날수록 고조파 보상이 잘 이뤄지는 것을 알 수 있다. 또한 고조파 보상에 따른 계통 측 입력 전류의 THD는 표 3에 나타내었다.

표 2 3-병렬 충전기 시뮬레이션 파라미터  
Table 2 3-Parallel charger simulation parameter

시스템 용량	$P_o = 10[\text{kW}]$	
3상 전원 전압	$V_{ac} = 220[\text{V}]$	
EV1	초기 SOC	$SOC_i = 60[\%]$
EV2	초기 SOC	$SOC_i = 80[\%]$
EV3	초기 SOC	$SOC_i = 60[\%]$
배터리 충전 전류	$I_{batt[\text{max}]} = 25[\text{A}]$	
배터리 최대 충전 전압	$V_{batt[\text{max}]} = 369[\text{V}]$	
비선형 부하 저항	$R_L = 2.8333[\Omega]$	
비선형 부하 인덕터	$L_L = 2[\text{mH}]$	
비선형 부하 용량	$P_L = 30[\text{kW}]$	

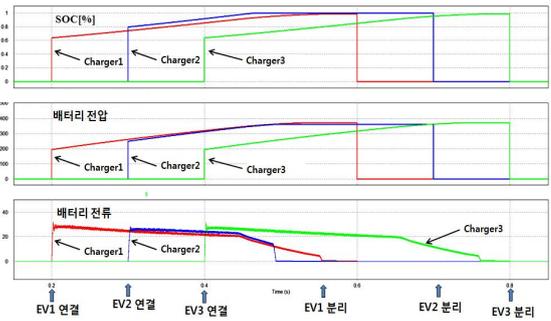


그림 3 3-병렬 운전 시 각각의 배터리 SOC, 전류, 전압 파형  
Fig. 3 Battery SOC, current, voltage wave in 3-parallel operation

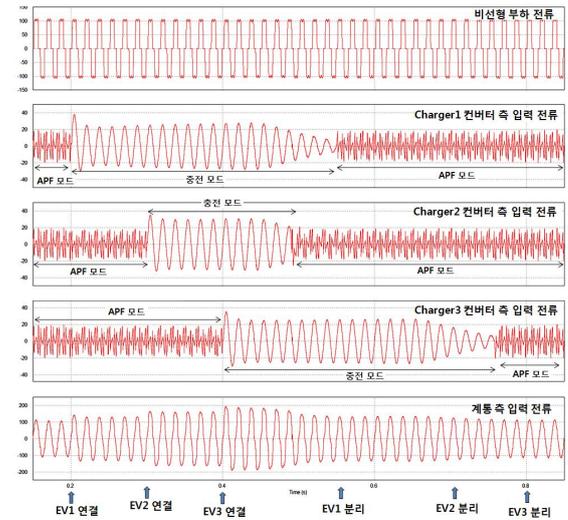


그림 4 3-병렬 운전 시 비선형 부하 전류, 충전기의 컨버터측 및 계통 측 입력 전류 파형  
Fig. 4 Non linear load current, charger and system input current wave in 3 parallel operation

표 3 3-병렬 충전기의 동작 모드에 따른 THD  
Table 3 THD in operation mode of 3-Parallel charger

Case1	APF 모드 : 0 [EA]	$THD_i$	19.3 [%]
Case2	APF 모드 : 1 [EA]	$THD_i$	15.2 [%]
Case3	APF 모드 : 2 [EA]	$THD_i$	9.47 [%]
Case4	APF 모드 : 3 [EA]	$THD_i$	3.7 [%]

### 3. 결론

본 논문은 기존의 준급속 충전기의 효율적인 사용을 위하여 능동전력필터를 갖는 다기능 준급속 충전기의 3 병렬 운전기법을 제안하였다. 시뮬레이션을 통하여 병렬 운전시 APF 모드를 통해 계통에 고조파 보상을 함으로써 계통 측 입력전류의 THD가 좋아지는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술연구원(No. 20124010203300)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.

### 참고 문헌

- [1] T. Yi, L.C. Poh, W. Peng, C. H. Fook, G. Feng, "Generalized Design of High Performance Shunt Active Power Filter with Output LCL filter" IEEE Trans on Power Electron, Vol 59, No.3, pp.1443 1452, 2012, March.