

릴레이를 이용한 고효율 가변배터리 충전기 토폴로지

정승태, 황정구, 김진배, 김춘성, 박성준, 남해곤
전남대학교

High-efficiency Variable Battery Charger Topology using Relay

Seung Tae Jung, Jung Goo Hwang, Jin Bae Kim, Chun Sung Kim, Sung Jun Park, Hae Kon Nam
Chonnam National University

ABSTRACT

본 논문에서는 배터리 전압에 관계없이 일정 파워로 충전시키기 위한 변압기와 릴레이를 통한 새로운 토폴로지를 제안하고자 한다. 본 시스템은 기존의 충전기가 전압에 대한 전류를 기준으로 하는 설계방식과 달리 충전기 전압에 대한 일정 전력을 기준으로 하여 충전시스템을 설계할 수 있는 새로운 충전 토폴로지를 구현하였다. 제안된 방식은 PSIM 시뮬레이션과 실험을 통하여 새로운 배터리 충전기 토폴로지의 고효율과 안정성을 검증하였다

1. 서론

현대 배터리 산업이 발전함에 따라 시스템에 맞는 다양한 용량 및 전압 사양을 갖는 배터리가 출시되고 있으며, 이에 적합한 다양한 충전기가 개발되고 있다. 배터리의 충전전력은 단자전압과 충전전류의 곱으로 표현되며, 이 용량을 키우기 위해서 기존의 충전기의 개발 개념은 배터리의 완전 충전 전압에서 최대전류를 형성할 수 있는 충전장치를 개발하고 있다. 이러한 충전기는 전용충전기가 되어 대상 배터리 시스템에서는 효율적이나, 배터리 전압이 상이한 시스템에서는 우수한 성능을 발휘할 수가 없다. 이는 기존의 충전기가 전압에 대한 전류를 기준으로 하여 충전시스템을 설계함으로써 발생하는 문제이다.

특히 친환경 차량 시스템에서 배터리 전압은 차량의 용도 및 크기에 따라 다양한 전압을 사용하고 있으며, 현재 각 시스템에는 시스템에 맞는 충전기를 구축하고 있다. 따라서 다양한 친환경 차량에 충전을 담당하기 위한 충전소를 구축할 경우 다양한 충전시스템 구축의 큰 단점이 있다. 이를 극복할 수 있는 방안으로 하나의 충전시스템으로 다양한 친환경 자동차의 충전기 구성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.^[1]

본 연구에서는 다양한 배터리 전압시스템에서 고성능 충전 기능을 갖도록 충전기 전압에 대한 전력을 기준으로 하여 충전 시스템을 설계할 수 있는 새로운 충전 토폴로지를 제안한다. 제안된 충전 토폴로지는 충전전류 일정 전류분담을 위해서 DC/DC 컨버터에서 여러 개의 고주파 변압기 1차측을 직렬로 구성하고, 다양한 출력전압 발생을 위해서는 변압기 2차 측과 릴레이 회로에 의한 직병렬회로를 사용하였다.

2. 시스템 구성 및 시뮬레이션

일반적인 충전기는 고주파 변압기를 이용한 절연형 DC/DC 컨버터를 사용하고 있으며, 변압기 2차측에 다이오드 정류기를 사용하여 출력을 인출하고 있으며, 여러 개의 전압은 변압기 2차측 권선 및 다이오드 추가로 인해 간단히 구성할 수가 있다. 이러한 몇 개의 전압이 존재할 경우 배터리에 적합한 전압과 전력을 위해서는 적절한 직병렬회로가 필수적이다. 그림 1은 제안된 전압 직병렬회로 기본 구성도를 나타내고 있다.

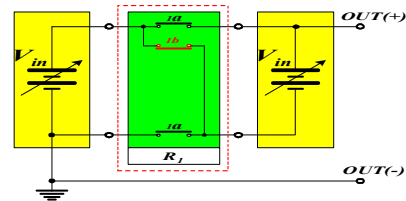


그림 1 전압 직병렬을 위한 기본 릴레이 구조
FIG.1 Basic relay structure for voltage serial-parallel

그림 1은 a접점 2개와 b접점 1개를 갖는 1개의 릴레이를 사용한 두 전압을 직병렬 회로를 나타내고 있다. 기본적으로 b접점에 의해 두 전압 직렬회로로 구성하고 a접점 2개를 이용하여 병렬회로로 구성하게 하였다. 따라서 릴레이 R1의 온, 오프에 따라 2개의 전압을 형성할 수 있다. 이 방식은 다른 방식에 비하여 확장성이 용이하며 그 구성이 간단한 장점이 있다.

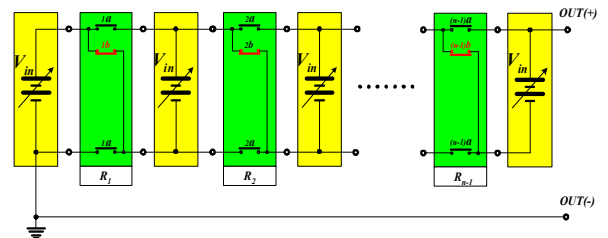
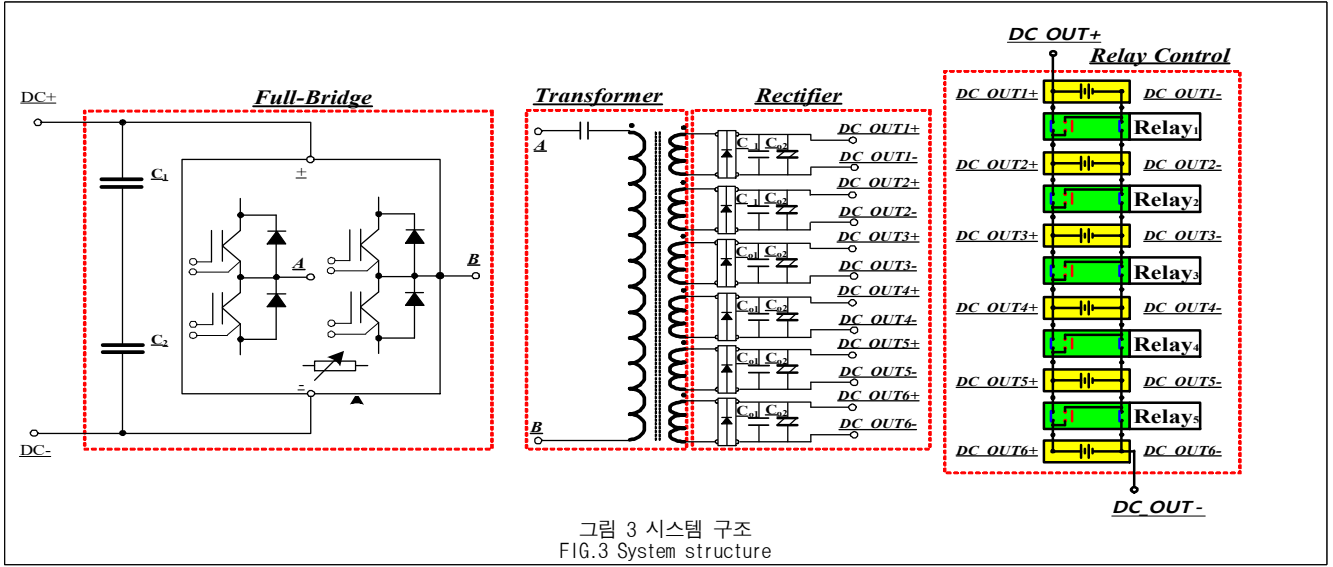


그림 2 전압 직병렬을 위한 릴레이 구조
FIG.2 Relay structure for voltage serial-parallel

그림 2는 크기가 같은 N개의 전압원 (N-1)개의 릴레이로 직병렬 변환을 통해 N개의 출력 전압 값을 바꾸는 릴레이 구조를 나타내고 있다. 따라서 릴레이 조합에 의한 최대전압은 모든 전압이 직렬로 구성된 경우로 그 크기는 식 (1)과 같다.



$$V_{max} = N * V_{in} \quad (1)$$

단, V_{in} : 입력전압의 크기, N: 전원의 개수

그림 2의 릴레이 구조에서 N개 전압을 형성할 수 있으나 N의 공약수가 아닌 경우 병렬로 연결된 전원 수가 동일하지 경우가 발생하며 이 경우를 사용하여 전원을 공급할 경우 일정전력을 공급할 수가 없게 된다. 따라서 일정전력을 공급하기 위해서는 출력레벨이 N의 약수의 경우가 되며, 출력 전압형성은 N의 공약수의 집합이 된다. 이때 각 레벨을 출력하기 위한 각 릴레이의 Logic함수는 식 (2)와 같이 정의 된다.

if(T_1) then

$$T_1 = \prod_{i=1}^{n-1} R_i = R_1 \cdot R_2 \sim R_{n-1}$$

elseif(T_n) then

$$T_n = \prod_{i=1}^{n-1} \overline{R_i} \quad (2)$$

else

$$T_k = \prod_{j=1}^{k-1} \left\{ \prod_{i=\frac{n}{k}(j-1)+1}^{\frac{n}{k}j-1} R_i \right\} \overline{R_{\frac{n}{k}j}} \prod_{i=\frac{n}{k}(k-1)+1}^{n-1} R_i$$

그림 3은 전체 시스템의 구조를 나타내고 있다. 시스템 구조는 크게 고주파 전압을 발생하기 위한 Full Bridge부, 절연 및 전류 부하분담을 절연형 변압기부, 다수의 전압을 형성하기 위한 정류부, 전압레벨을 형성하기 위한 릴레이부로 4개로 구성된다. 특히 절연형 변압기부는 레벨수와 동일한 개수로 구성하여야하며, 부하분담을 동일하게하기 위해 1차측을 직렬로 구성하여야 한다. 구성된 시스템과 같이 전압원이 6개를 사용하는 경우 공약수는 1, 2, 3, 6으로 총 4개의 레벨을 형성할 수 있으며 각 레벨에 따른 Logic함수는 식 (2)로부터 식 (3)과 같이 표현된다.

$$T_1 = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot R_4 \cdot R_5 \quad (3)$$

$$T_2 = R_1 \cdot R_2 \cdot \overline{R_3} \cdot R_4 \cdot R_5$$

$$T_3 = R_1 \cdot \overline{R_2} \cdot R_3 \cdot \overline{R_4} \cdot R_5$$

$$T_6 = \overline{R_1} \cdot \overline{R_2} \cdot \overline{R_3} \cdot \overline{R_4} \cdot \overline{R_5}$$

그림 4은 그림 3의 시스템에서 입력전압 600[V]에 권수비가 1인 변압기를 사용한 경우의 결과로 100[V], 200[V], 300[V], 600[V]가 출력됨을 알 수 있다.

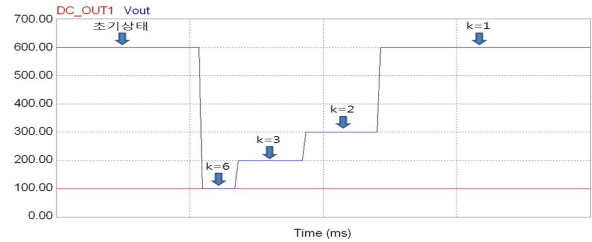


그림 4. k-값 변동시 결과파형
FIG.4 Result waveform for variable k-value

3. 결론

본 논문에서는 다양한 전압의 일정 출력 배터리 충전기 시스템을 위해 변압기 및 릴레이의 구조 및 릴레이 구동함수를 제안하였으며, 시뮬레이션을 통하여 타당성을 검증하였다.

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

참고 문헌

[1] M. M. Morocos, C. R. Mersman, G. G. Sugavanam, and N. G. Dillman, "Battery chargers for electric vehicles", IEEE Power engineering Review, pp. 8 11, 2000, November.1988, April.