

# 부하의 세그멘테이션이 고려된 공진형인버터

이동수\*, 정구호\*, 전성준\*, 조동호\*

\*: 부경대학교 전자공학과, \*: 한국과학기술원 온라인전기자동차사업단

## Resonant Converter with Load Segmentation Capability

Dong-Soo Lee\*, Gu-Ho Jung\*, Seong-Jeub Jeon\*, Dong Ho Cho\*

\*:Pukyong National University, \*:Korea Advanced Institute of Science and Technology

### ABSTRACT

In a system with load segmentation, mechanical switches can be used for segmentation of loads. A mechanical switch suffers from fatigue, therefore heavy maintenance is required. In this paper, a multi-leg inverter is proposed for load segmentation.

### 1. 서론

카이스트를 중심으로 연구되고 있는 온라인 전기자동차는 전기자동차가 가지는 배터리 문제를 해결하는 수단으로 연구되고 있다.<sup>[1]</sup> 전기자동차에서 배터리는 매우 큰 비중을 차지하고 있다. 배터리는 아직까지 그 무게, 가격, 충전시간 문제가 남아 있고 실용화에 걸림돌이 되고 있다. 온라인 전기자동차에서는 배터리의 비중을 줄이고 운행 중에 충전함으로써 배터리 문제를 해결하고자 한다. 온라인 전기자동차에서는 많은 인버터가 소요되므로 가능한 하나의 인버터로 다수의 세그먼트를 담당하는 것이 바람직하다. 하나의 인버터로 다수의 세그먼트중 하나에 전력을 보내기 위하여 절체 스위치가 필요하고 그 역할을 기계적 스위치가 맡았다. 기계적 스위치는 동작 시간이 길고 동작 회수(수명)의 제한이 있다. 기계적 스위치가 가지고 있는 문제점은 반도체 스위치를 사용하여 해결할 수 있다. 기계적 스위치 하나를 양방향 반도체 스위치 하나로 교체 할 수 있으나 이를 다중 레그(multi-leg) 인버터로 해결할 수 있다.<sup>[2]</sup>

본 연구에서는 다중 레그 인버터를 제안하고 그 동작을 살펴본다.

### 2. 다중 레그 인버터

#### 2.1 기존의 인버터에서의 세그멘테이션

기존의 시스템에서는 그림 1(a)와 같이 세그멘테이션을 구현하였다. 4개의 세그먼트를 2대의 인버터와 각 인버터에 2조의 스위치를 장착하여 제어할 수 있다. 또는 그림 1(b)와 같이 한대의 인버터에 4조의 스위치를 장착하여 제어할 수 있다. 세그먼트 수가 늘어나면 그에 따라 스위치를 추가하면 된다. 이들 기계적 스위치를 사용하는 경우에는 동작 시간이 늦고 제어가 까다로운 단점 뿐만 아니라 수명이 짧은 단점을 가진다.

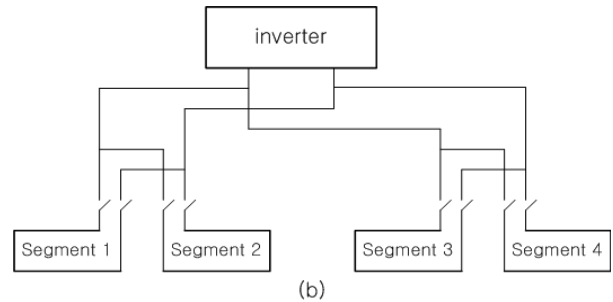
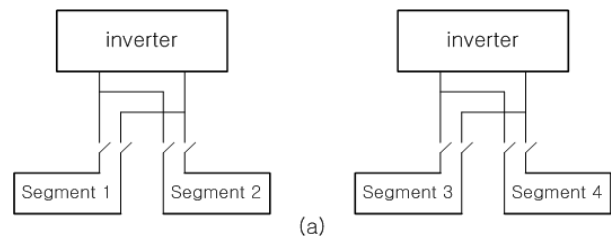


그림 1. 기존의 세그멘테이션: (a) 2 인버터 4-세그먼트, (b) 1인버터 4-세그먼트.

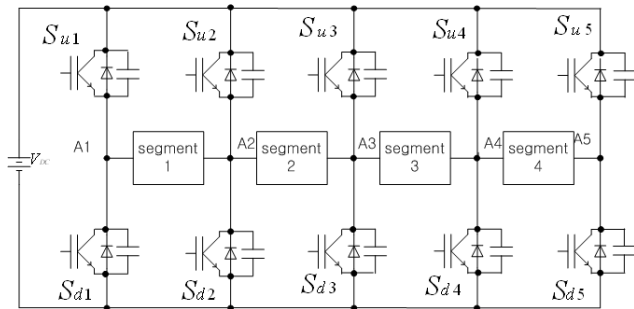
#### 2.2 세그멘테이션이 고려된 인버터

2.1에서 언급한 방식에서 기계적 스위치를 제거하고 반도체 스위치를 사용한 다중 레그 인버터를 세그멘테이션에 사용할 수 있다. 다중 레그 인버터에서 세그먼트들을 연결하는 방법은 그림 2에서와 같이 두 가지가 있다. 그림 2의 회로서는 세그먼트 1 개당 한조의 레그가 추가되므로 기계적 스위치를 1조의 반도체 스위치로 바꾸는 경우보다도 소요되는 반도체 스위치의 개수가 많지 않다. 제안된 방식에서는 레그 수는 세그먼트 수보다 항상 하나 많다.

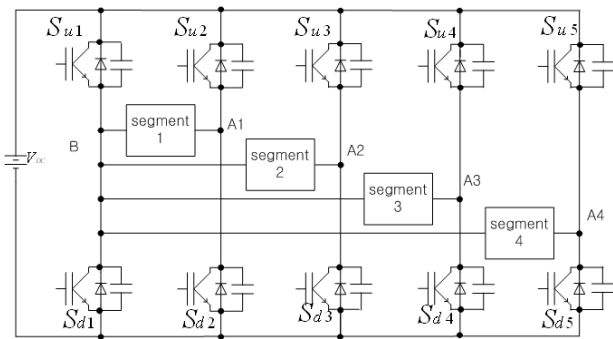
##### 2.2.1 세그멘테이션이 고려된 인버터의 구성

그림 2의 다중 레그 인버터에서 부하인 세그먼트들을 연결하는 방식이 두가지 있는데 (a)의 open delta 형에서는 두 레그 사이에 하나의 세그먼트를 두는 방식으로 최 좌측과 최 우측 레그는 동작 듀티가 내측의 레그들에 비해 절반이다. (b)의 star 형에서는 최 좌측 레그는 항상 동작하고 최 좌측 레그를

제외한 레그는 다수 중 하나만 선택되어 동작하므로 그 레그의 듀티는 (레그 수 -1)의 역수다. 즉 그림 2(b)에서는 0.25가 된다.



(a)



(b)

Fig. 2. 다중 레그 인버터와 세그먼트를 연결하는 방법:  
(a) open delta 형, (b) star 형

### 2.2.2 세그멘테이션이 고려된 인버터의 기본 동작

다중 레그 인버터에서는 선택된 세그먼트에 연결된 두 조의 레그가 공진형 인버터를 구성한다. 즉 open delta 형에서는 세그먼트 1에 차량이 있어 선택되면 A1에 연결된 레그 (Su1, Sd1)와 A2에 연결된 레그 (Su2, Sd2)가 공진형 인버터를 구성하여 세그먼트 1에 전력을 공급한다. 세그먼트 2에 차량이 진행하여 선택되면 A2와 A3에 연결된 레그들이 동작한다. 차량의 진행에 따라 이와 같이 순차적으로 동작 레그가 우측으로 이동한다. (b)의 star 형에서는 B에 연결된 레그(Su1, Sd1)는 어느 세그먼트가 선택되든지 동작하며 세그먼트 1이 선택되면 A1(Su2, Sd2)에 연결된 레그가, 세그먼트 2가 선택되면 A2에 연결된 레그(Su3, Sd3)가 동작 한다.

다중 레그 인버터를 사용하면 다수의 세그먼트를 제어하기에 충분하고 반도체 스위치만을 사용하므로 매우 빠른 세그먼트 절체가 가능하다.

### 2.2.3 세그멘테이션이 고려된 인버터의 변형된 동작

2.2.2에서는 구형과 동작을 염두에 두고 설명하였으나 위상 변위 (Phase-shift) PWM이 가능하다. 그리고 차량이 한 세그먼트에서 다른 세그먼트로 진입할 경우 두 세그먼트를 동시에 활성화시켜 켜질 세그먼트에 전류를 일찍 확립할 수 있다.

### 2.2.4 공진형 인버터의 제어

보상 회로를 포함한 온라인 전기자동차의 급집전부는 그림 3과 같이 표현할 수 있다. 즉 급집전부는 그림의 중심에 있는 변압기 (coupled inductor model)로 볼 수 있고 이 변압기의 전단과 후단에 있는 캐패시터는 보상 (공진) 용이다. 이는 다음과 같은 수학적 모델로 표현할 수 있다.

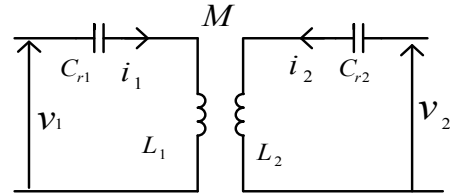


그림 3. 급집전 시스템의 모델

$$v_1 = \frac{1}{C_{r1}} \int i_1 dt + L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt} \quad (1)$$

$$v_2 = M \frac{di_1}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt} + \frac{1}{C_{r2}} \int i_2 dt \quad (2)$$

정현파 동작을 가정하고 2차 측을 완전 보상한다면 즉, 다음과 같이 Cr2를 선정하면

$$\frac{1}{\omega C_{r2}} = \omega L_2 \quad (3)$$

시스템은 다음과 같이 표현된다.

$$\mathbf{V}_1 = j \left( \omega L_1 - \frac{1}{\omega C_{r1}} \right) \mathbf{I}_1 + j \omega M \mathbf{I}_2 \quad (4)$$

$$\mathbf{V}_2 = j \omega M \mathbf{I}_1 \quad (5)$$

2차 전압은 1차 전류에 의하여 결정되고 1 차 전류는 L1-Cr1에 인가하는 전압으로 제어할 수 있다.

## 3. 결론

본 연구에서는 부하가 다수의 세그먼트로 구성된 온라인 전기자동차를 위하여 다중 레그 인버터를 제안하였고 그 제어 방법에 대하여 논하였다. 그 제어 방법은 상황에 따라 다양하게 구성할 수 있다. 제안된 시스템은 온라인전기자동차의 급집 시스템에 적합한 것으로 판단된다.

이 논문은 2009년도 온라인전기자동차 원천기술 개발사업의 연구비 지원으로 연구되었습

## 참고 문헌

- [1] 허진, 박은하, 정구호, 임춘택, "High Efficient inductive power supply system implemented for on line electric vehicles", 2009 전력전자학술대회논문집, pp. 105-110, 2009, .
- [2] 전성준 외, "부하의 세그멘테이션을 고려한 전브릿지 인버터", patent pending.