

# 병렬공진형 직류 링크 인버터의 특성 개선에 관한 연구

<sup>0</sup>백 주 원\* 유 동 욱\* 김 종 수\* 임 근 회\*

\* 한국전기연구소 전력전자연구부 전력변환연구팀

## A Study on Improving Characteristics in the Parallel Resonant DC Link Inverter

J. W. Beak\* D. W. Yoo\* J. S. Kim\* G. H. Lim\*

\* Korea Electro-Technology Research Institute

Abstract - A parallel resonant dc link inverter, one of the many resonant inverters, has some superior characteristics in comparison with other resonant inverters. But loss of the resonant oscillation and occurrence of high peak voltage in the resonant capacitor of these inverters are serious problems.

In this paper, we investigate a control method for resonant dc link inverters which can overcome these problems. Experimental results are presented to show superior operation of the resonant dc link inverter using the proposed control method.

### 1. 서 론

최근, 전력변환기기의 고주파화가 이뤄지고 있는 추세에 따라 많은 고속의 스위칭 소자들이 개발되어 왔다. 이러한 경향으로 고속의 스위칭 동작을 하는 펄스폭 변조 방식의 직류 링크형 인버터가 주로 상용화되어 쓰이고 있다.

그러나 이러한 기존의 인버터는 심한 스위칭 손실과 소자의 스트레스, 방열등의 문제를 가지고 있다. 따라서 높은 출력에서는 스위칭 주파수가 수 kHz로 제한될 수밖에 없으며 가청소음 역시 문제 된다.

이에 따라 많은 공진형 방식의 인버터에 대한 연구가 있어 왔으며 우수한 특성을 갖는 여러 방식중에서 병렬공진형 직류링크 인버터가 그 한 예이다. 이 방식은 영진압 스위칭을 하는 방식으로 높은 전력밀도, 낮은 손실, 낮은 가청소음, 스너버 회로의 불필요성등 많은 장점이 있다. 그렇지만 병렬공진형 직류링크 인버터는 몇가지 단점을 가지고 있으며 그중에서 공진전압이 입력전압의 수배 이상으로 대단한 고표이 되는 현상이 있다. 이는 부하로 흐르는 인버터의 전류가 급감할 시에 발생된다. 이를 해결하기 위한 방법으로 Passive clamp회로, Active clamp회로

등이 제시되었으나 부가적인 회로가 더해져야 하고 전체 시스템의 특성이 저하되는 단점이 있다.

본 논문에서는 제어방식의 개선을 통해 달리 clamp회로를 첨가하지 않고 공진전압을 일정수준 이하로 제한하여 상기의 문제점을 해결하고자 한다. 그리고 실험을 통해 이의 타당성을 제시한다.

### 2. 본 론

#### 2-1. 기본 동작원리

다음 그림 1은 병렬공진형 직류링크 인버터의 개략적인 회로를 보여준다. 이의 동작은 공진부(L,C) 제어와 출력전압 제어에 따른 세가지의 동작모드를 가진다.

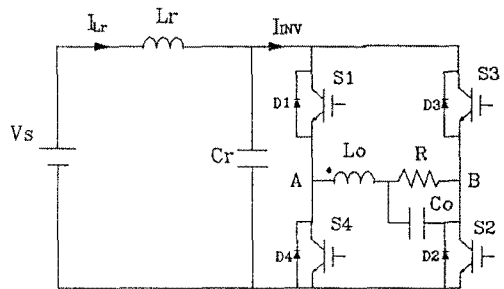
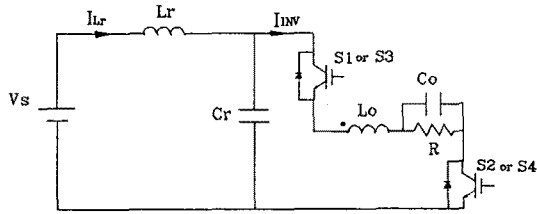


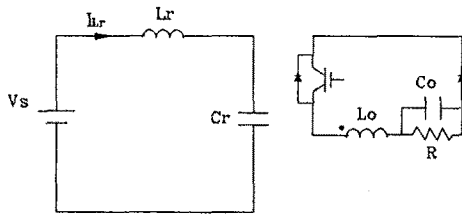
그림 1. 병렬공진형 직류링크 인버터

공진부제어는 공진 시작점의 전류치를 설정, 이를 제어한다. 공진전압이 영인 시점에서 공진부 arm을 단락시킨 뒤 이 기간을 제어하여 전류치를 결정한다. 공진상태를 잃지 않게 하기 위해서는 부하전류가 가장 큰 상태에서 공진을 잃지 않게 공진전류를 설정해야 한다.

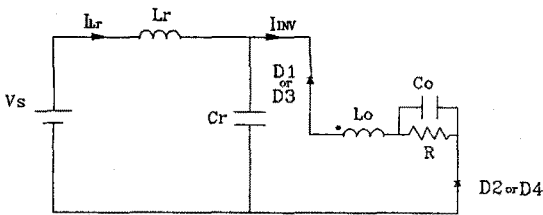
그리고 출력제어는 이렇게 일정하게 공진동작을 하는 공진부의 전압을 인버터의 적절한 스위치 선택으로 부하로 전달하여 제어한다. 다음 그림 2는 각각의 동작모드와 인버터부의 동작파형을 나타낸다.



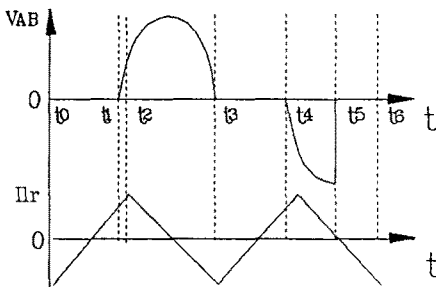
(a) 모드 1 : 정 또는 부의 정류 모드



(b) 모드 2 : 환류 모드



(c) 모드 3 : 회생모드



(d) 공진전류와 인버터 출력파형

그림 2. 동작모드와 인버터 각부파형

모드 1 : 정 또는 부의 정류 모드

t0-t1 : 전체 스위치의 단락으로 공진전류( $i_{Lr}$ )의 증가  
t1-t2 : 한 상의 스위치(S1, S2 또는 S3, S4)가 턴 오프됨. 따라서 L-C의 공진이 일어나고 이 전압이 부하로 전달됨.

모드 2 : 환류 모드

t3-t4 : 전체 스위치의 단락으로 공진전류 증가.

t5-t6 : 한상의 스위치중 하나 만이 턴온되어 부하 전류가 공진부와 관계없이 환류한다.

모드 3 : 회생모드

t4-t5 : 한 상과 결합된 역방향 다이오드를 통해 공진부와 전원쪽으로 부하전류가 회생된다.

## 2-2. 직류 링크전압의 제어방법

먼저, 공진부의 일정한 공진을 위해서는 다음 식이 만족되어야 한다.

$$I_{Lr0} = I_o + I_{Lr(\min)}$$

$I_{Lr0}$  : 공진전류 설정치

$I_o$  : 부하전류

$I_{Lr(\min)}$  : 최소 공진 조건전류

여기서  $I_{Lr(\min)}$ 은 무부하에서도 공진을 지속시키기 위한 최소 전류이다. 위식에서 알 수 있듯이 부하전류가 감소하게 되면 단락구간에서 설정된 공진전류와 공진동작중 필요되는 공진전류 사이에 차이가 생기게 된다.

$$\Delta I = I_{Lr0}^* - I_{Lr0}$$

$I_{Lr0}^*$  : 단락구간에서 설정된 공진전류

$I_{Lr0}$  : 공진동작중 필요되는 공진전류

이 전류차  $\Delta I$ 는 공진 인덕터에 저장된 에너지로 모두 공진 커패시터로 전달된다. 따라서 공진전압이 상승하며 특히, 부하전류가 회생하는 부분에서는 훨씬 높은 공진전압 첨두치가 발생한다.

이의 제어를 위해 다음 그림 3과 같은 제어 알고리즘을 사용하여 공진전압의 첨두치를 제한하였다.

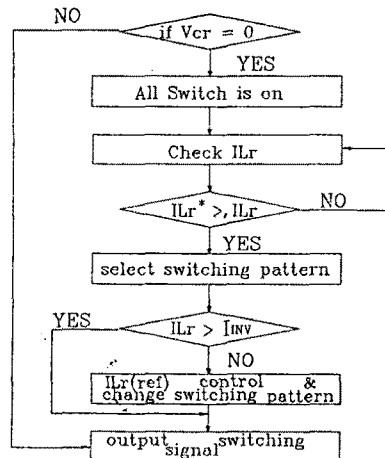


그림 3. 제어 알고리즘

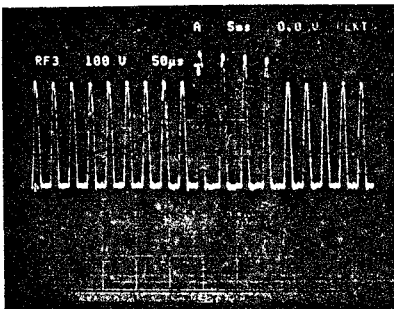
### 3. 실험 결과

이상과 같이 제시한 제어방식을 검토하기 위해 실험 장치를 구성하여 이를 검증하였다. 각 실험의 조건들은 표 1에 표시하였다.

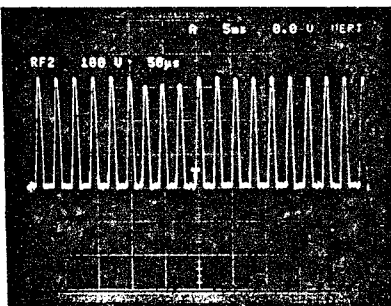
다음 그림 4는 제시한 제어방식에 의한 공진전압 제한을 보여준다. 그림 4(a)는 공진전압이 부하로 흐르는 인버터 전류의 변화에 따라 침두치 전압이 상당히 높은 것을 볼 수 있다. 그림 4(b)는 제시한 제어 방법에 의해 공진 피크 전압이 일정 수준으로 제어됨을 볼 수 있다. 다음 그림 5는 출력전류 파형을 나타내며 양호한 특성을 가짐을 알 수 있다.

표 1. 실험에 사용된 조건들

Cr	0.22 $\mu$ F	f <sub>out</sub>	60Hz
Lr	40 $\mu$ H	f <sub>resonant</sub>	34kHz(ave)
Vs	100V	V <sub>o</sub>	70V
Lo	3mH	Co	10 $\mu$ F



(a) 제시된 제어방식을 이용하지 않은 공진전압파형



(b) 제시된 제어방식을 이용한 공진 전압파형

그림 4. 공진전압의 실험파형 (100V/div, 50 $\mu$ s/div)

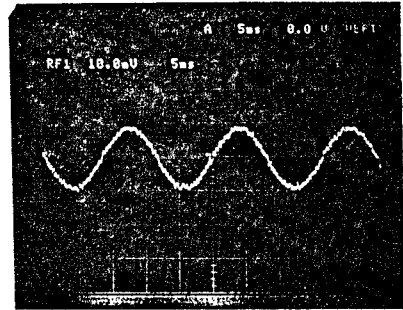


그림 5. 출력 전류파형 (10A/div, 5ms/div)

### 4. 결 론

본 논문에서는 병렬공진형 직류 링크 인버터의 단점의 하나인 과대 공진전압을 제한하기 위한 제어방식을 검토하였다. 앞으로 공진전류와 부하전류에 따른 제어 파라미터들의 명확한 관계 정립이 필요하다고 보며 병렬공진형 직류링크 인버터에서의 몇가지 단점이 보완된다면 이 방식의 회로가 DC motor drive, UPS 등 많은 분야에서 주요 전력변환기기로 이용될 수 있으리라고 본다.

### 5. 참 고 문 헌

- [1] D. M. Divan and G. Skibinski, "Zero Switching Loss Inverters for High Power Applications," in Conf. Rec. IEEE IAS Annual Meeting, pp. 627-634, 1987
- [2] J. S. Lai and B. K. Bose, "An Improved Resonant DC Link Inverter for Induction Motor Drives", ibid, pp742, 1988
- [3] Y. S. Sato and Y. Matsumoto and T. Kataoka, "Analysis and Improved Control Method of Resonant DC Link Inverters", T. IEE Japan, Vol. 111-D, No 7, '91
- [4] 梁承學, 原島文雄, "병렬공진형 직류링크 인버터의 손실평가 및 제어방식의 제안" 전기공학회지, Vol 43, No1, pp.37-47, 1994