

## LC 공진 회로를 이용한 유도전동기 구동용 사이크로콘버터에 관한 연구

### A Study on the Cycloconverter with a LC Resonant Circuit for a Induction Motor Drive

김 영 석            인하대학교 전기공학과  
조 규 민\*            인하대학교 전기공학과

#### Abstract

This paper presents a cycloconverter with a LC resonant circuit for a induction motor drive. The cycloconverter can provide variable voltage and frequency three phase output while keeping the input displacement factor at 1.0. The input current wave forms are sinusoidal, and the wide output frequency range is appropriate for variable speed AC motor drives.

#### 1. 서론

최근 전력용 반도체 소자와 그 응용 회로 기술 LSI, Microprocessor 등을 이용한 주변 제어 회로 기술과 Software 기술의 진보에 의하여 고정도 제어 시스템의 실현이 가능하게 되고 이에 따라 전력 변환 기술이 눈부신 발전을 이룩하게 되었다. 한편으로는 에너지 절약 및 전기 에너지 사용 합리화의 면에서 전력 변환 기기의 수요가 날로 급증하고 있는 추세이다. 이러한 전력 변

환 기기의 급증은 전원 계통에 무효 전력의 증대 및 고조파 발생을 초래하여 전원 설비 용량의 증대, 부하 기기 및 선로 손실의 증가, Flicker 발생, 수전 변압기와 진상 콘덴서의 공진에 의한 계통 기기 소용 등의 심각한 문제점을 야기시키고 있다.

한편, L. Gyugyi씨는 2대의 사이크로콘버터를 고주파 Tank 회로로 연결하여 일정 주파수의 교류로부터 다른 주파수의 교류로 변환하는 새로운 전력 계통의 연계 시스템을 제안하고 있으며, P. M. Espelage씨는 유사한 시스템을 제안하고 무효 전력과 유효 전력을 독립적으로 제어할 수 있음을 이론적으로 검토하고 있다. (1) (2)

본 연구에서는 고주파 LC 공진 회로를 전류 (commutation)용 전원으로 하여 입력 기본파 역율을 1로 제어하고, 입력 전류 파형도 거의 정현파로 하여 무효 전력 및 고조파 발생이 거의 없는 유도 전동기 구동용 사이크로콘버터에 대한 검토를 행하고 있다.

종래의 자연 전류형 사이크로콘버터의 경우 출력 주파수가 전원 주파수의 1/3 (즉, 20Hz 정도) 이하로 제한되어 저속 대용량 기기에만 적용되어 왔으나 본 사이크로콘버터는 고주파 LC 공진 회로를 전류용 전원으로 함으로써 출력 주파수를

수백Hz 정도까지 출력 할 수 있으므로 범용 전동기는 물론 고속 대응량 기기 구동에도 적용할 수 있다.

본 연구에서는 전력 제어 및 주변 제어 알고리즘을 개발, 시작점을 제작하여 직류발전기를 부하로하는 유도전동기의 V/F 일정 운전 실험을 행하여 부하에 관계 없이 입력 기본파 역율이 1로 제어됨을 확인 하였고 입,출력 전류 파형도 거의 정현파로 됨을 확인 하였다.

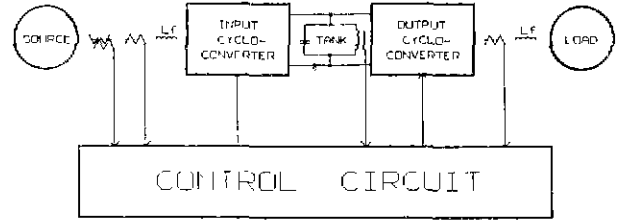


그림 1. 시스템 개략도

## 2. 회로 구성과 작동 및 제어 원리

그림1은 본 제안 시스템의 개략도이며 이는 입력 역율을 1로 제어 가능하고 양호한 전류 파형을 얻을 수 있으며 따라서 무효 전력 및 고조파 발생을 억제할 수 있다. 뿐만아니라 대응량화가 용이하고 유도 전동기의 광범위한 가변속 제어가 가능하다.

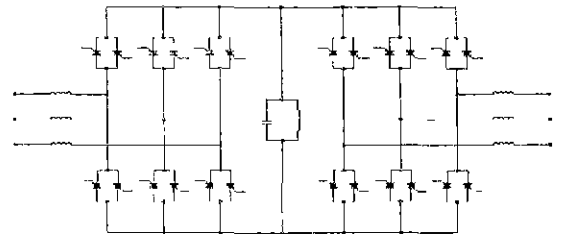
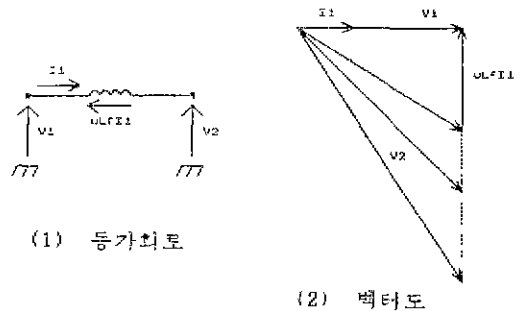


그림 2. 주회로

### 가. 주회로

그림2에 주회로를 나타내었다. 이는 LC 병렬 공진 Tank 회로에 의하여 분리된 입,출력 사이크로콘버터로 구성 되었으며 이들은 각각 12개의 고속 사이리스터로 이루어져 있다. 전류를 평활시키기 위하여 입,출력측에 필터 인덕턴스를 연결하고 있으며, 출력측 인덕턴스는 AC 전동기 구동시에는 생략할 수 있다. 또한, 입력측 인덕턴스의 사이크로콘버터측에 발생하는 사이크로 콘버터 전압의 진폭과 위상을 제어하여 부하에 관계 없이 입력측 기본파 역율을 1.0 으로 한다. Tank 회로의 역할은 입,출력 사이크로콘버터간에 전력을 전달해줌과 동시에 전류용 전원으로 사용된다.



(1) 등가회로

(2) 벡터도

그림 3. 입력측 등가회로 및 벡터도

### 나. 전력제어

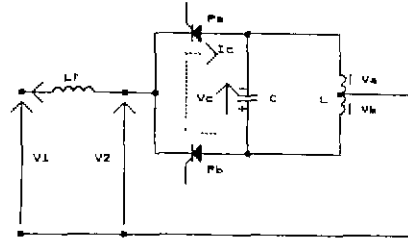
그림3에 입력 사이크로콘버터의 저주파측 등가 회로를 나타내었다. 여기서  $V_1, I_1$ 은 입력 전원의 전압, 전류이고,  $V_2$ 는 입력 사이크로콘버터의 입력단 전압이다 그리고  $L_r$ 는 필터 인덕턴스

이다. 이에 대한 벡터도가 함께 나타나 있다. 본 연구에서는 입력 역률을 1로 제어하기 위하여 벡터도에 나타난 바와 같은  $V_1$ 과  $V_2$ 와의 관계를 유지시켜  $V_2$ 과  $I_1$ 을 동상으로 만들어 주었다. 이때의 전원으로 부터의 입력 전력 관계식은 아래와 같다.

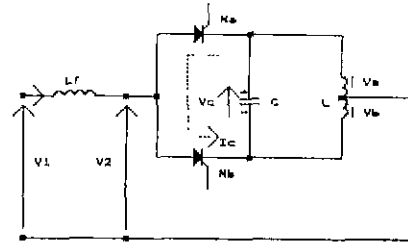
$$P = 3 \frac{V_1 V_2}{\omega L_f} \sin \delta$$

여기서,

- $V_1$  : 전원 전압의 실효치
- $V_2$  : 입력 사이크로콘버터 전압의 실효치
- $L_f$  : 필터 인덕턴스
- $\omega$  : 전원 각주파수
- $\delta$  :  $V_1$ 과  $V_2$ 의 위상차



(1) 모드 I (양의 전류시)



(2) 모드 II (음의 전류시)

그림 4. 전류(Commutation)동작 모드

### 다. 전류(commutation) 동작

전류 모드는 입력 전류가 양인 경우와 음인 경우의 두가지 모드가 있는데, 그림4에 나타난 바와 같이 전류가 양인 경우에 Pa on, Pb off 상태에서 콘덴서에는 그림과 같이 충전되어 있다. 이때 Pb를 on 하게되면 콘덴서의 방전 전류  $i_c$ 가 Pb 쪽에서 Pa 쪽으로 흐르게 되어 Pa가 off 되면서 전류가 이루어진다. 전류가 음일 때에도 이와 같은 원리로 전류가 이루어진다.

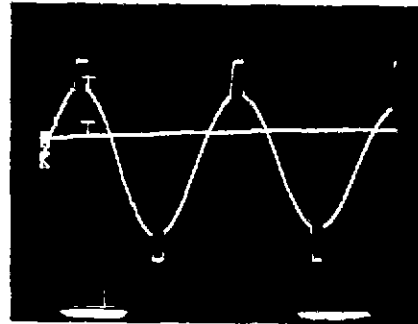


사진 1. 고주파 기준 전압 파형

### 라. 점호 신호 발생 방법

본 연구에서는 Cosine Wave Crossing Control Method를 이용하여 점호각을 결정하고 있는데 이때 고주파 기준 전압은 Tank 전압 파형 보다 90도 앞선 전압 파형을 임.출력 사이크로콘버터에 공히 적용하였고 저주파 기준 전압은 희망하는 위상, 진폭과 주파수의 전압 파형을 만들어서 각각 사용하였다. 특히 기동시 Tank 전압이

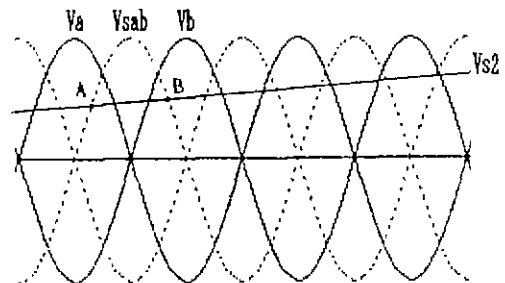


그림 5. 점호각 결정법



### 3. 실험 결과

그림 7은 실험 조건 블럭도이다. 1차 부하는 2.2Kw의 유도전동기 이며, 2차 부하는 직류발전기로 그 정격은 3Kw, 1800 rpm 이다. 실험시 발전기의 계자 전압, 전류는 50V, 0.4A 이며 최종 부하로는 전등을 사용하였다.

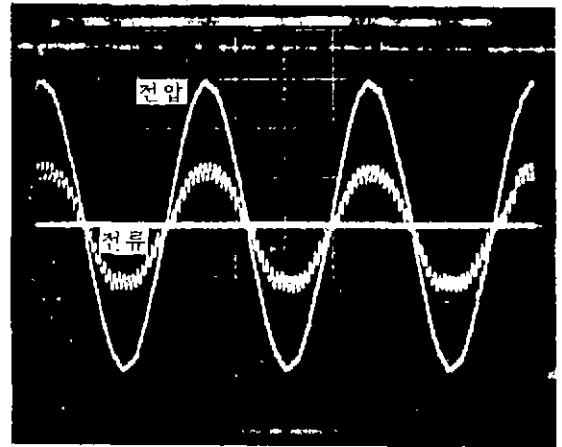
입력 전압 100V, Tank 주파수 1.1KHz, 출력 전압 100V, 출력 주파수 60Hz, 전동기 속도 1750 rpm시의 결과를 검토해 보면, 사진2의 입력 전압, 전류 파형에서 보이는 바와 같이 전압과 전류의 위상이 일치되므로써 입력 역율을 1로 제어할 수 있음을 확증하였고, 전류 파형도 거의 정현파가 됨을 알 수 있다. 사진3은 Tank의 전압, 전류 파형으로 전압의 최대치는 280V로 운전되었다. 끝으로 출력 전압, 전류 파형을 사진4에 나타내었다. 출력 전류 파형도 거의 정현파가 됨을 볼 수 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 고주파 LC 병렬 공진 Tank회로를 전류(commutation)용 전원으로 사용하는 사이클로converter를 제안, 이를 유도전동기 V/F 일정 제어에 적용하였니. 그리고 최고 5500rpm까지의 구동 실험을 통하여 부하에 관계 없이 입력 전압과 전류를 동상으로 유지시켜 입력 기부파 역율을 1로 제어할 수 있음을 확인하였다. 또한 입,출력 전류 파형이 거의 정현파가 되므로써 고조파 발생이 억제될 뿐만 아니라 무효전력 발생 또한 거의 없게 되어 입력 종합 역율이 거의 1이 됨을 알 수 있었다. 따라서 제안하는 시스템은 유도전동기 가변속 운전에 매우 유용하게 응용될 것이다.

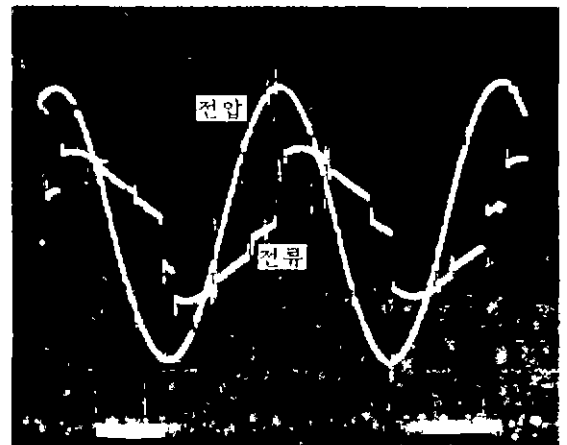


그림 7. 실험 조건 블럭도



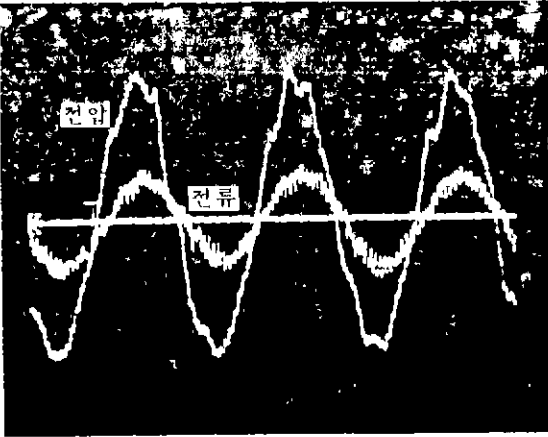
50V/div, 4.4A/div

사진 2. 입력 전압, 전류 파형



100V/div, 7.75A/div

사진 3. Tank 전압, 전류 파형



50V/div, 4.4A/div

사진 4. 출력 전압, 전류 파형

#### 4. 참고 문헌

- <1> Laszlo Gyugyi and Frank Cibulka, "The High-Frequency Base Converter - A New Approach to Static High-Power Conversion", IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. IA-15, No 4, July/August 1979.
- <2> Paul M. Espelage and Bimal K. Bose, "The High-Frequency Link Power Conversion", IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. IA-13, No 5, September/October 1977.
- <3> B. R. Pelly, "Thyristor Phase-Contrlled Converters and Cycloconverters", John Wiley & Sons, Inc., 1977.

\* 이상은 학술진흥재단의 지원으로  
진행중인 연구의 일부임 \*