

LC 공진 회로를 이용한 사이크로컨버터에 관한 연구

김영석 조규민^o 박성진
 인하대학교 공과대학 전기공학과

A Study on the Cycloconverter with a LC Resonant Circuit

Young Suk Kim Kyu Min Cho^o Sung Jin Park
 Department of Electrical Engineering, In Ha University

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.

템을 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 사이크로컨버터에 대한 검토를 행하고 있다.

종래의 자연 전류형 사이크로컨버터의 경우 출력 주파수가 전원 주파수의 1/3 (즉, 20Hz 정도) 이하로 제한되어 저속 대용량 기기에만 적용되어 왔으나 본 사이크로컨버터는 고주파 LC 공진 회로를 전류용 전원으로 함으로써 출력 주파수를 수백Hz 정도까지 출력할 수 있으므로 범용 전동기는 물론 고속 대용량 기기 구동에도 적용할 수 있다.

본 연구에서는 전력 제어 및 주변 제어 알고리즘을 개발, 시작품을 제작하고 일단 수동 소자인 RL 부하로 실험을 행하여 입력 기본파 역율이 1로 제어됨을 확인 하였고 입,출력 전류 파형도 거의 정현파로 됨을 확인 하였다.

1. 연구 개요

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 이에따라 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 변환 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 소음 등의 심각한 문제점을 야기시키고 있다.

한편, L. Gyugyi씨는 2대의 사이크로컨버터를 고주파 Tank 회로로 연결하여 일정 주파수의 교류로부터 다른 주파수의 교류로 변환하는 새로운 전력 계통의 연계 시스템

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 대용량화가 용이하고 유도 전동기의 광범위한 가변속 제어가 가능하다.

가. 주회로

그림2에 주회로를 나타내었다. 이는 LC 병렬 공진 Tank 회로에 의하여 분리된 입,출력 사이크로콘버터로 구성되었다. 전류불 평활시키기 위하여 입,출력측에 필터 인덕턴스를 연결하고 있으며, 출력측 인덕턴스는 AC 전동기 구동시에는 생략할 수 있다. 또한, 입력측 인덕턴스의 사이크로콘버터측에 발생하는 사이크로콘버터 전압의 진폭과 위상을 제어하여 부하에 관계 없이 입력측 기본파 역율을 1.0으로 한다. Tank 회로의 역할은 입,출력 사이크로콘버터간에 전력을 전달해줌과 동시에 전류용 전원으로 사용된다.

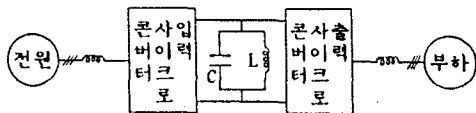


그림 1. 시스템 개략도

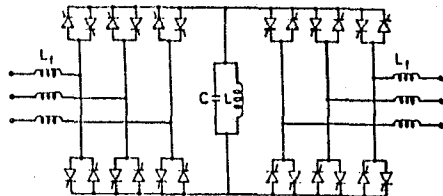


그림 2. 주 회로

나. 전력 제어

그림3에 입력 사이크로콘버터의 저주파속 증가 회로를 나타내었다. 여기서 V_1, I_1 은 입력 전원의 전압, 전류이고, V_2 는 입력사이크로콘버터의 입력단 전압이다. 그리고 L_r 는 필터 인덕턴스이다. 이에 대한 벡터도가 함께 나타나 있다. 본 연구에서는 입력 역율을 1로 제어하기 위하여 벡터도에 나타난 바와 같은 V_1 과 V_2 와의 관계를 유지시켜 V_1 과 I_1 을 동상으로 만들어 주었다. 이때의 전원으로 부터의 입력 전력 관계식은 아래와 같다.

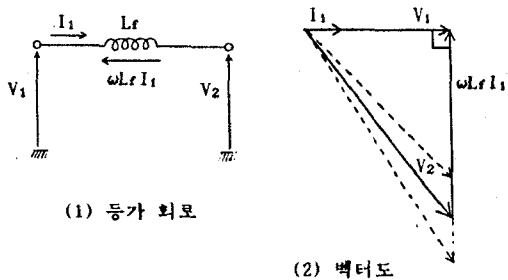
$$P = \frac{V_1 V_2}{\omega L_r} \sin \delta$$

여기서

- V_1 : 전원 전압의 실효치
- V_2 : 입력 사이크로콘버터 전압의 실효치
- L_r : 필터 인덕턴스
- ω : 전원 각주파수
- δ : V_1 과 V_2 의 위상차

다. 전류(Comutation) 동작

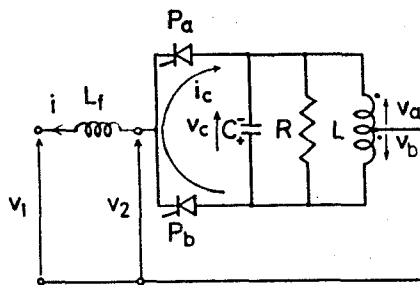
전류 모드는 입력 전류가 양인 경우와 음인 경우의 두 가지 모드가 있는데, 그림4에 나타난 바와 같이 전류가 양인 경우에 P_a on, P_b off 상태에서 콘덴서에는 그림과 같이 충전되어 있다. 이때 P_b 를 on 하게 되면 콘덴서의 방전 전류 i_c 가 P_b 쪽에서 P_a 쪽으로 흐르게 되어 P_a 가 off 되면서 전류가 이루어진다. 전류가 음일 때에도 이와 같은 원리로 전류가 이루어진다.



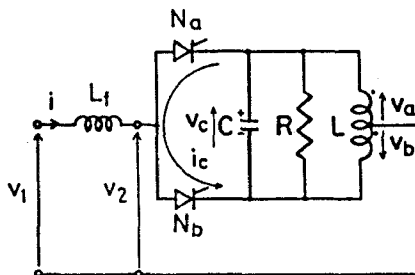
(1) 등가 회로

(2) 벡터도

그림 3. 입력속 증가 회로와 벡터도



(1) 모드 I (양의 전류시)



(2) 모드 II (음의 전류시)

그림 4. 전류(Comutation) 동작 모드

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 입.출력 사이크로컨버터에 공히 적용하였고 저주파 기준 전압은 희망하는 위상, 진폭과 주파수의 전압 파형을 만들어서 각각 사용 하였다. 특히 기동시 Tank 전압이 확립되어 가는 도중에는 교차점이 생기지 않게되는 경우가 발생하므로 이를 방지하기 위하여 본 연구에서는 파형의 Peak치에 뿔을 달아 점호의 실패를 방지 하였다. 전류가 양일 때에는 B점에서, 음 일 때에는 A점에서 점호시키면 저주파 기준 전압에 해당하는 파형(기본파본)을 얻을 수 있다. 그림5에 점호각 결정 방법을 나타 내었다.

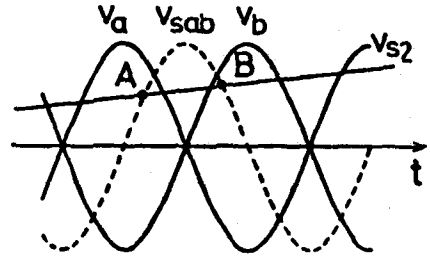


그림 5. 점호각 결정법

압을 검출하여 이를 90도 지연 시키고 이것의 크기를 D-A 검출기에서 Error 신호에 따라 그 크기를 가변시킨다음 다시 원래의 파형과 더함으로써 입력 사이크로컨버터의 저주파 기준 전압으로 사용하였다. 이 때, Error 신호는 Sample Holder를 사용, Tank 전압의 Peak치를 검출하여 Tank 전압 진폭 지령치와 비교한 후 이것을 비례 적분 보상기를 통한 다음 A-D 변환하여 얻어 내었다. A-D 변환을 한 이유는 검출 부분의 오차를 줄이기 위함이며 정확한 연산을 위하여 Digital 부분은 12-bit로 처리 하였다.

마. 제어 회로

그림6은 전체 시스템에 대한 제어 블록도이다. 여기서 점선으로 표시한 부분이 입력 역률을 1로 제어하여주고 안정된 출력을 위한 Tank 전압 조정 부분이다. 입력 전

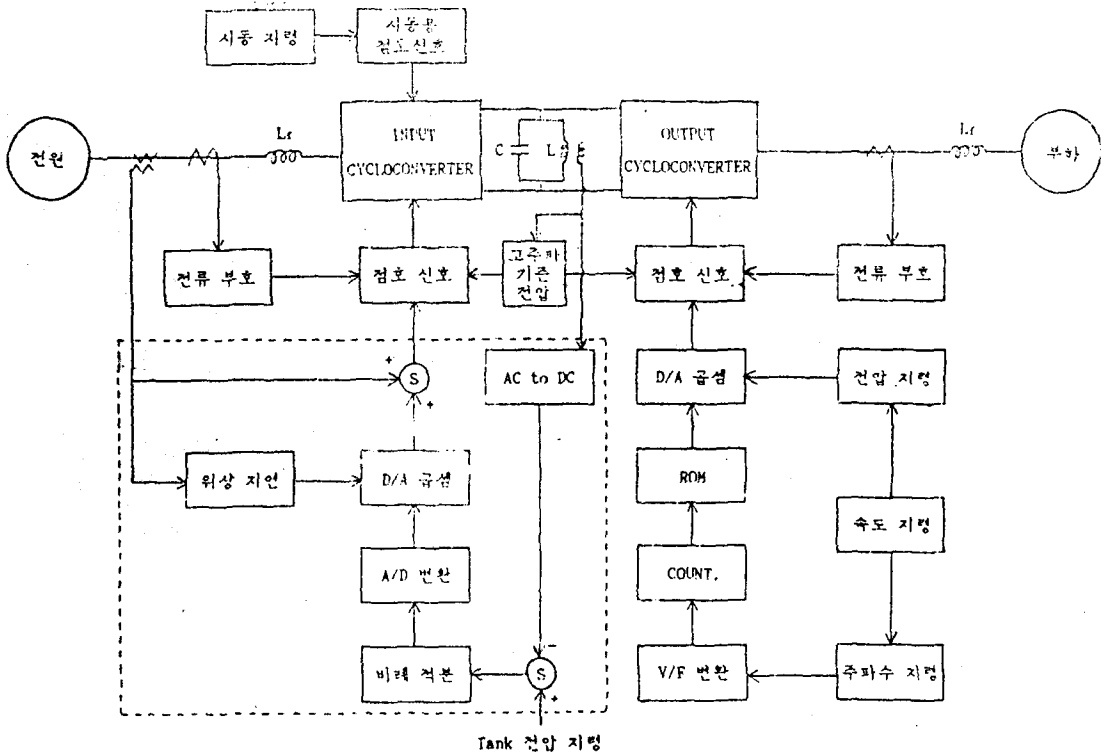


그림 6. 제어 블록도

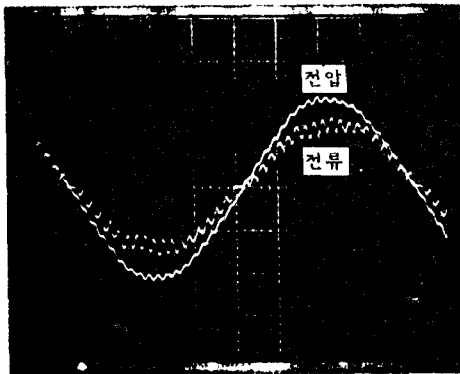
3. 실험 결과

사진1의 입력 전압, 전류 파형에서 보이는 바와 같이 전압과 전류의 위상이 완전히 일치 됨으로써 입력 역율을 1로 제어 할 수 있음을 확증 하였고 전류 파형도 거의 정현파가 된다는 것을 볼 수 있다. 여기서 전압 파형에 왜형이 생긴 것은 전원 임피던스 때문이다.

사진2는 Tank 중성점과 입력 사이크로콘버터의 입력단 사이의 입력측 사이크로콘버터 전압으로 이 전압의 위상과 진폭을 제어하여 입력 기본파 역율을 1로 하여주고 있다.

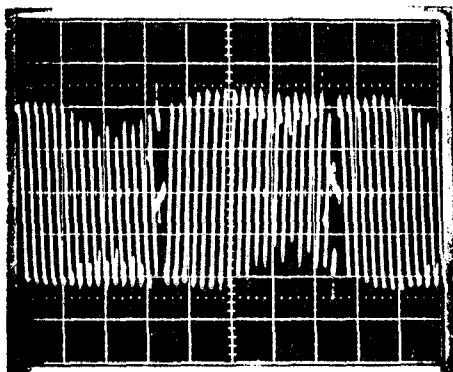
사진3은 Tank 전압, 전류 파형으로 본 연구에서는 Tank 주파수를 1.2KHz로 설계하여 실험을 행한 것이다.

끝으로 출력 전류 파형을 사진4에 나타냈다. 거의 정현파가 됨을 알 수 있다.



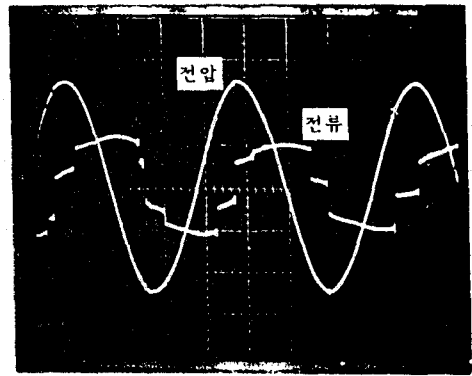
2msec/div, 20V/div, 4.4A/div

사진 1. 입력 전압 전류 파형



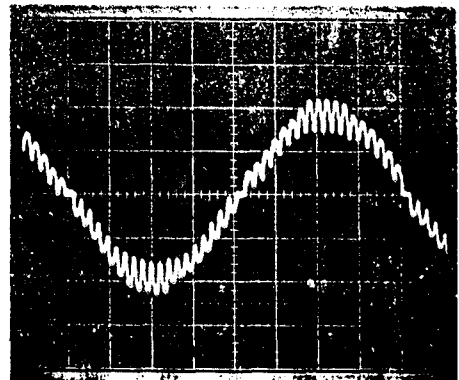
2msec/div, 50V/div

사진 2. 사이크로콘버터 입력 전압 파형



0.2msec/div, 50V/div, 1.76A/div

사진 3. Tank 전압 전류 파형



2msec/div, 0.88A/div

사진 4. 출력 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. *