

## 수동소자에 의한 축적에너지 2중 궤환방식 전류형 GTO 인버터의 입·출력 특성

김 진표\*, 최 상원\*, 이 종하\*  
충북대학교 전기공학과

### Current Source GTO Inverter with Double Recovery Path of Commutation Energy by LCD

Jin-Pyo Kim, Sang-Won Choi, Jong-Ha Lee  
Dept. of Electrical Engineering, Chungbuk National University

**Abstract** - In order to develop the three phase GTO CSI with double recovery path of commutation energy by passive devices (LCD), we studied the clamping circuit to protect switching device and energy recovery circuit to recover absorbed energy of capacitor and DC inductor.

In this paper, we investigated how DC input power is increased or decreased according to energy recovery path with or not in the three phase GTO current source inverter. we used a induction motor as inverter load, and controlled a induction motor with v/f constant control.

Experimental results show that dissipated DC power is decreased in 9~14% by double recovery path.

We also confirmed that the characteristics is met as compare simulation results with experimental results according to each frequency.

#### 1. 서 론

전류형 인버터는 입력측의 직류 리액터로 인하여 부하 단락시 퓨즈 없이 장치의 보호가 가능하고, 4상한 동작이 가능하다는 등의 장점을 가지고 있으나, 직류/교류를 변환시키는 스위칭 소자의 구동 주파수가 증가할 수록 인버터의 인덕터에서 발생하는 무효전력과 전류시 유도전동기의 인덕턴스에 의해서 발생하는 무효전력이 증가하게 된다.<sup>(1)(2)(3)</sup>

이러한 무효전력의 증가는 인버터의 효율을 감소시키는 요인으로 작용하며, 그 동안 이 문제점을 개선시키기 위한 연구가 꾸준히 진행되어 왔다.<sup>(4)(5)(6)</sup>

본 논문에서는 그 동안 무효전력을 처리하기 위하여 사용된 능동소자를 수동소자로 대체시켜 경제성을 도모함과 동시에 수동소자의 장점인 견고성을 지향하기 위하여 수동소자 L, C에 축적된 에너지를 2중 궤환하는 전류형 GTO 인버터를 제안하였다.

또한, 본 논문에서는 제안된 회로를 3상 전류형 GTO 인버터에 적용시키고 부하로 유도전동기를 이용하여 인버터의 입·출력 특성을 비교 검토하여 그 타당성을 입증하였다.

#### 2. 2중 궤환방식 3상 전류형 GTO 인버터의 구성

본 연구에서는 축적에너지 2중 궤환방식 3상 전류형 GTO 인버터를 그림 1과 같이 직류전원부, 인버터부, 축적에너지 회생부로 구성하였다. 인버터부는 GTO ( $G_1 \sim G_6$ )로 구성하였으며, 축적에너지 회생부의 구성은 인버터의 전류 동작시 유도전동기의 단자에서 발생하는 과도전압을 흡수하기 위하여 3상 브리지 다이오드 ( $D_1 \sim D_6$ )와 콘덴서 C로 구성되어 있는 클램프 회로 및 흡수된 에너지를 회생하기 위하여  $D_7$  및  $D_8$ 의 다이오드를 사용하였으며, 또한 직류 인덕터  $L_1$ 에 축적된 에너지를 회생하여 부하로 궤환시키기 위한  $L_2$  및  $D_9$ 로 구성하였다.  $L_1$ 과  $L_2$ 는 1:1의 권수 비를 갖는다.

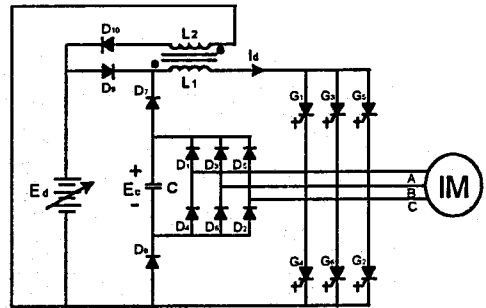


그림 1. 주회로의 구성

#### 3. 실험결과 및 고찰

그림 1의 축적에너지 2중 궤환방식의 3상 전류형 GTO 인버터를 구성하여, 부하로는 정격전압 220 [V], 4극, 60[Hz], 1750 [rpm], 5[HP]의 유도전동기를 v/f 일정제어에 의하여 실험한 결과를 각각 그림 2, 3, 4, 5 및 6에 나타내었다.

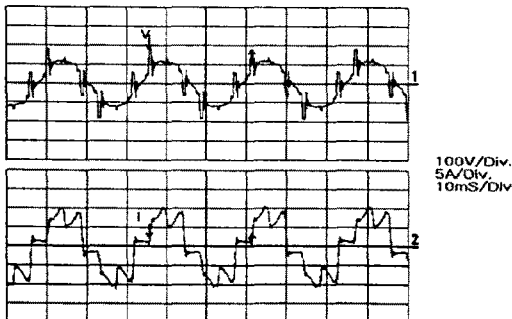
그림 2는 40[Hz]로 유도전동기를 구동하였을 때 인버터 출력 전압·전류 파형을 나타낸 것으로서 2중 궤환회로를 부가하지 않은 경우 (그림 1의 콘덴서 양단에 저항을 병렬접속할 경우를 말함. 이하 동일하다.)와 부가한 경우의 파형이다. 파형에 나타난 바와

같이 2중 궤환회로를 부가한 경우, 전류시 발생하는 스파이크 전압은 110 [V]이며, 궤환회로를 부가하지 않은 경우의 스파이크 전압은 175 [V]로 2중 궤환회로를 부가한 인버터의 경우가 스파이크 전압을 더 효과적으로 억제하고 있기 때문에 이는 스위칭 소자에 가해지는 스트레스를 줄일 수 있다고 판단된다.

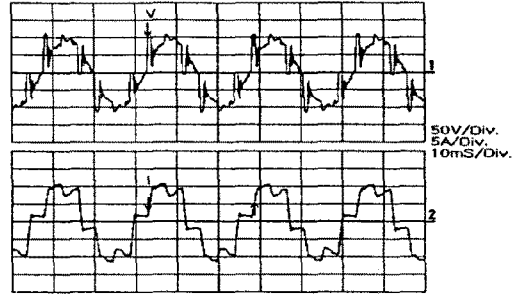
그림 3은 전동기 운전주파수를 40[Hz]에서 콘덴서 C단의 전압파형을 궤환회로를 부가하지 않은 경우와 2중 궤환회로를 부가한 경우의 파형을 비교한 것으로, 전자의 경우는 유도전동기의 인덕턴스에 의해서 발생된 과전압을 RC회로를 통하여 방전시켰으며, 후자의 경우 다이오드 D<sub>7</sub>, D<sub>8</sub>을 통하여 충전전압을 부하로 궤환시킨 파형이다. 그림에서 알 수 있듯이 C에 충전된 전압 E<sub>c</sub>가 직류 입력측 전압보다 높게 되면 D<sub>7</sub>, D<sub>8</sub>을 통하여 부하로 궤환되어 효과적으로 C에 충전된 전압을 억제할 수 있다. 그림 5에 나타난 바와 같이 RC회로를 통하여 방전시켰을 때와 궤환시켰을 때, C에 충전된 전압차는 약 50~70[V] 정도인 것을 알 수 있다. 이 결과로부터 2중 궤환회로를 부가한 경우에 수동소자 C의 내압을 낮출 수 있을 뿐만 아니라 2중 궤환으로 인하여 입력측 소비전력도 줄일 수 있기 때문에 장치의 소형화 및 고 효율화에도 기여할 수 있다.

그림 4는 전동기 운전주파수를 40[Hz]에서 직류 인덕터 L<sub>1</sub>단의 전압·전류 파형을 나타낸 것이다. 1 주기 동안 6번의 전류동작이 반복되며, 이때 L<sub>1</sub>에 축적된 에너지를 L<sub>2</sub>를 통하여 부하로 회생시킨다.

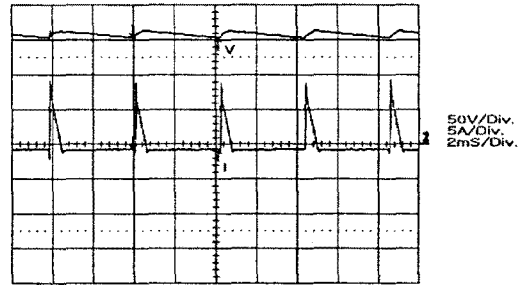
그림 6은 각 주파수에 따라 유도전동기 부하를 일정하게 했을 때, 2중 궤환회로를 부가한 경우와 부가하지 않은 경우의 직류 입력 전력을 측정된 그래프이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 2중 궤환회로를 부가한 인버터의 입력측 소비전력이 부가하지 않은 인버터의 입력측 소비전력보다 9~14% 정도 줄일 수 있으며, 이 결과로부터 입력측의 소비전력의 차가 부하로 회생되는 양임을 알 수 있었다. 또한, 인버터의 운전주파수 및 부하전류가 증가할수록 많은 양의 에너지를 부하로 궤환시킴으로서 장치의 효율을 증대시킬 수 있다.



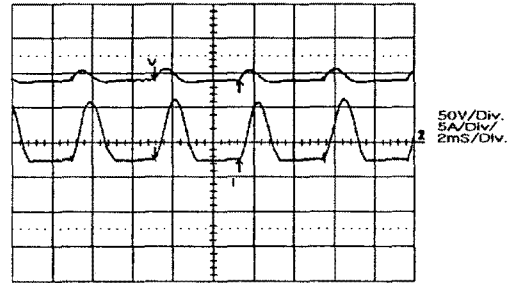
(a) 궤환회로를 부가하지 않은 경우



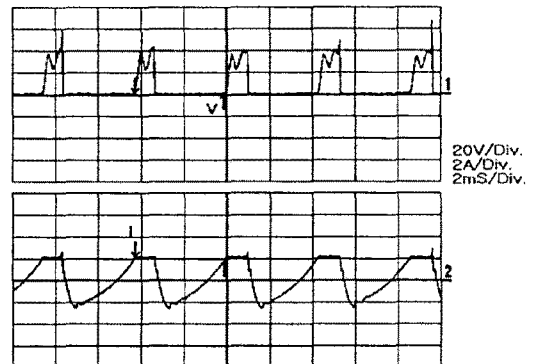
(b) 2중 궤환회로를 부가한 경우  
그림 2. 40[Hz] 운전시 인버터 출력 전압·전류 파형



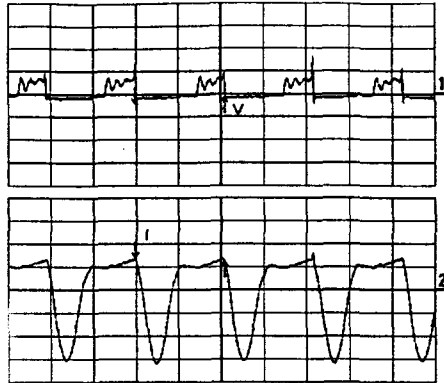
(a) 궤환회로를 부가하지 않은 경우



(b) 2중 궤환회로를 부가한 경우  
그림 3. 40[Hz] 운전시 C단의 전압·전류 파형



(a) 궤환회로를 부가하지 않은 경우



20V/Div.  
2A/Div.  
2ms/Div.

(b) 2중 궤환회로를 부가한 경우  
그림 4. 40[Hz] 운전시 L단의 전압·전류파형

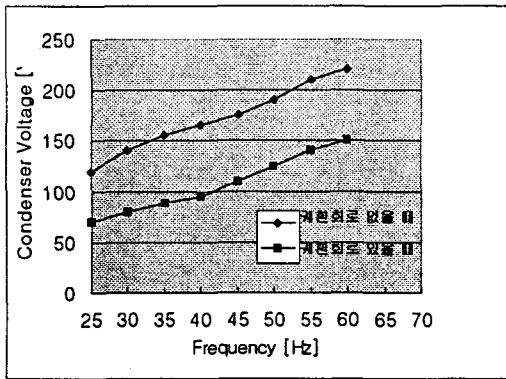


그림 5. 주파수에 따른 전압특성 비교

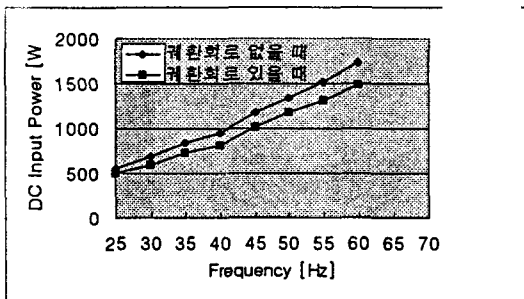


그림 6. 주파수에 따른 소비전력 비교

### 5. 결 론

본 논문에서는 전류시 발생하는 무효전력 및 직류 인덕터에 축적되는 에너지를 부하 및 전원으로 회생하는 2중 궤환방식을 3상 전류형 GTO 인버터에 적용하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- v/f 일정제어에 의하여 유도전동기의 속도를 직선적으로 변화시킬 수 있었으며, 무효전력을 2중 궤환시켰을 경우와 그렇지 않은 경우의 직류 입력전압을 7~20[V] 정도 낮출 수 있었으며, C에 충전된 전압을 50~70[V] 정도 낮출 수 있었다. 또한, 각각의 주파수에 대하여 유도전동기에 동일한

부하를 인가하였을 때 직류 입력측의 소비전력을 비교해 보면 전자의 경우가 인버터의 출력 주파수에 따라 약 9~14% 정도 낮출 수 있었으므로 장치의 효율화를 기할 수 있다.

- 또한, 수동소자인 L, C, D를 사용함으로써 인버터의 경제성 및 견고성을 지향할 수 있다.

전류시 발생하는 무효전력 및 직류 인덕터에 축적되는 에너지의 양은 부하의 증가 및 운전 주파수의 증가에 따라 더욱 증가하게 되므로 본 연구의 결과 대용량 고주파 운전을 하는 인버터 및 유도전동기로의 응용에 적합하다고 할 수 있으며, 향후 스너버 회로에서 소비되는 에너지의 효과적인 회생방법에 대하여 연구하고자 한다.

### (참 고 문 헌)

- [1] B. Wu, G.R. Slemon, S.B.Dewan, "Analysis and Design of GTO CSI Induction machine Drive System", IEEE IAS, pp. 602-612, 1993.
- [2] Hisao Kubota, Kouki Matsuse, Jong-Ha Lee, "Analysis of New Current Source GTO Inverter - Fed induction Motor Drive", IEEE Trans. Power Electronics, Vol. PE-1, NO. 4, pp. 210-214, Oct. 1986.
- [3] Kouki Matsuse, Hisao Kubota, "Improved current Source GTO Inverter-Fed Induction Motor Drives With PWM Controlled Thyristor Converter" IEEE Trans. Ind. Appl. Vol. 25, NO. 2, March/April 1989.
- [4] Kouki Matsuse, Hisao Kubota, "Analysis PWM Current Source GTO Inverter with PWM -controlled Thyristor Rectifier for Induction Motor Drive" IEEE Trans. Ind. Appl. Vol. 25, NO. 2, NO. 2, March / April 1990.
- [5] K. P. Phillips, "Current Source Converter for ac motor driver", IEEE Trans. Ind. Appl. vol. IA-6, pp. 679-683, Nov/Dec. 1972.
- [6] 松田井井, 本部光辛, "交流電動機用PWMインバタのGTOサイリスタの應用", 日立評論, vol. 63, no. 6, 1981. 6.