

직류 링크 인덕터에 의한 전류형 GTO 인버터의 특성고찰

최상원°, 김진표*, 윤용기**, 이종하*
 °* 충북대학교 전기공학과, ** 한국철도기술연구원

A Study on Current Source GTO Inverter by DC Link Inductance

Sang-Won Choi°, Jin-Pyo Kim*, Yong-Ki Yoon**, Jong-Ha Lee*
 °* Chungbuk National University, ** Korea Railroad Research Institute

Abstract - In order to improved the three phase GTO CSI of high efficiency IM drive with low loss commutation and snubber energy, we studied the energy recovery circuit to recover stored energy in clamping capacitor, dc link inductor and snubber capacitor, used an induction motor as the load of inverter. Specially, we investigated how dc input power is increased or decreased according to size of dc link inductor. The validity of this system is proved through experiment.

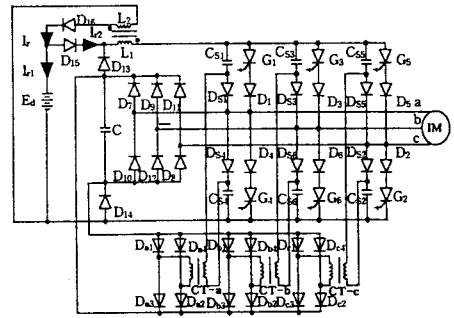


그림 1. GTO CSI의 구성도

1. 서 론

전류형 인버터는 그 특성상 인버터의 입력측에 직렬 접속된 직류 링크 인덕터로 인하여 부하의 단락시에도 소자를 보호할 수 있어 인덕터를 크게 하면 인버터의 특성 면에서 유리한 점이 있으나 이의 크기에 따라 인버터의 효율이 감소하게 된다. 또한, 인버터 부하인 유도전동기에서 전류시에 발생하는 전류에너지 흡수용 커패시터는 이들 에너지를 회생하기 위한 회로[1]를 사용하는 경우 커패시터의 크기에 따라 전류형 인버터의 부하를 병렬 운전이 가능케 한다[2].

본 논문에서는 인버터의 부하 및 직류 링크 인덕터에서 발생하는 전류에너지와 스너버 회로에서 발생하는 손실을 저감시킨 회로를 사용하여 인버터의 효율 개선을 목적[3]으로 직류 링크 인덕터의 크기 변화에 따른 전류형 GTO 인버터에 의한 유도전동기 구동시스템의 특성을 고찰하였다.

2. 시스템의 구성

그림 1은 본 실험에 사용한 3상 GTO CSI 시스템을 나타낸 것이다. 인버터부는 GTO ($G_1 \sim G_6$)로 구성하였으며, 인버터의 전류 동작시 유도전동기의 단자에서 발생하는 과도전압을 흡수하기 위하여 3상 DBR ($D_7 \sim D_{12}$)와 커패시터 C로 구성되어 있는 VCC 및 흡수된 에너지를 부하로 회생하기 위하여 D_{13} 및 D_{14} 의 다이오드를 사용한 ERC로 구성된다 (VCC-1). 또한 직류 인덕터 L_1 에 축적된 에너지를 회생하여 전원 및 부하로 회생시키기 위한 L_2 및 D_{16} 으로 구성하였다 (VCC-2). 그리고 기존의 RCD 스너버 회로에서 커패시터 및 저항을 통하여 손실되는 에너지를 회생하기 위하여 스너버 방전저항을 제거한 후, 스너버 커패시터 ($C_{S1} \sim C_{S6}$)의 충전전압을 권선비가 1:1인 CT ($CT-a \sim CT-c$)를 이용하여 부하 측으로 제환되도록 구성하였다 (VCC-3).

본 회로의 장점은 전류에너지 및 스너버 회로에서 발생하는 손실을 저감시켜 효율을 향상시킨 시스템이다.

본 연구의 실험 목적상 직류 링크 인덕터의 크기 변화에 의한 시스템의 특성을 고찰코자 200mH ($R_d=0.08\Omega$), 150mH ($R_d=0.06\Omega$), 100mH ($R_d=0.04\Omega$) 및 50mH ($R_d=0.02\Omega$)의 인덕터를 사용하였다. 직류 인덕터 L_1 과 L_2 의 권수비는 1:1이다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1의 3상 GTO CSI를 구성하여, 부하로는 정격 전압 220V, 4극, 60Hz, 1750rpm, 5HP의 유도전동기를 V/f 일정제어에 의하여 실험한 결과를 그림 2에서 7까지 나타내었다.

그림 2는 클램핑 커패시터의 값을 235 μ F, 직류 링크 인덕터의 값을 150mH와 50mH로 하여 유도전동기를 25Hz로 구동시켰을 때의 인버터 출력전압 및 전류 파형을 나타낸 것이다. 유도전동기의 부하를 동일한 조건으로 하였을 때는 인덕터의 크기에 따라 인버터 출력 파형은 큰 차이점이 없으며, 이는 전류형의 특성을 유지함을 의미한다.

그림 3은 클램핑 커패시터의 값을 235 μ F, 직류 링크 인덕터 값을 200mH와 50mH로 하여 유도전동기를 30Hz로 구동시켰을 때의 직류 링크 인덕터의 2차측 전압 및 전류파형을 나타낸 것이다. 직류 인덕터 L_1 과 L_2 의 권수비는 1:1이며 인덕터에 유기되는 전압은 다음과 같이 인덕터의 값이 클수록 유기되는 전압은 크게 된다.

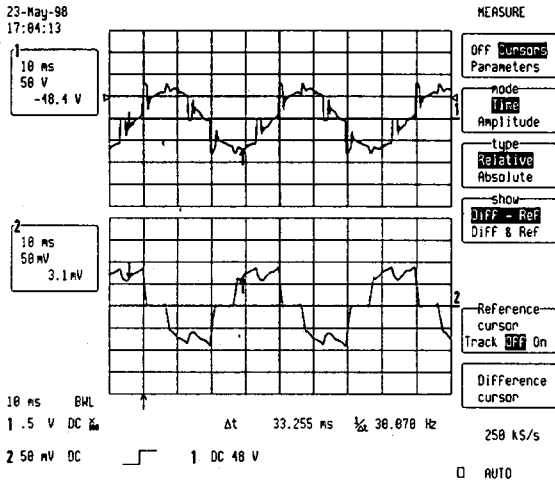
$$e = L_1 \frac{dI_{r2}}{dt} + L_2 \frac{dI_r}{dt} - M_{12} \frac{dI_{r2}}{dt} - M_{21} \frac{dI_r}{dt} \quad (1)$$

그림 4는 직류 링크 인덕터를 50mH, 클램핑 커패시터를 235 μ F로 하여 유도 전동기를 45Hz로 구동하였을 때의 GTO A-K간의 턴-온 및 턴-오프 파형을 나타낸 것이다. 본 시스템의 특성상 턴-온은 영전압에서 이루어지고 있으나 턴-오프는 영전류에서 이루어지지 않고 있다.

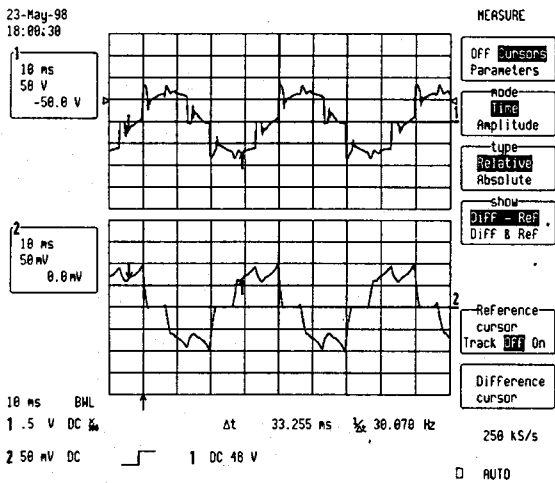
그림 5는 직류 링크 인덕터를 파라미터로 하여 클램핑 커패시터에 흡수된 전압을 측정 한 것이다. 인덕터의 크기에 관계없이 직류 입력 전압과 거의 동등하게 나타나고 있으며, 이는 본 시스템의 특성인 전류 에너지 발생과 동시에 회생되기 때문이다.

그림 6은 직류 링크 인덕터를 파라미터로 하여 직류 입력측의 소비전력을 측정 한 그래프이다. 인덕터의 크기가 작아질수록 입력측의 소비전력은 감소하였으며, 이는 인덕터의 직류저항과 관계된다.

그림 7은 VCC-1, VCC-2 및 VCC-3의 구성에 따라 동일 부하에서 직류 입력측의 소비전력을 측정한 것이다. VCC-3가 가장 소비전력이 적게 되어 경제적임을 알 수 있다.

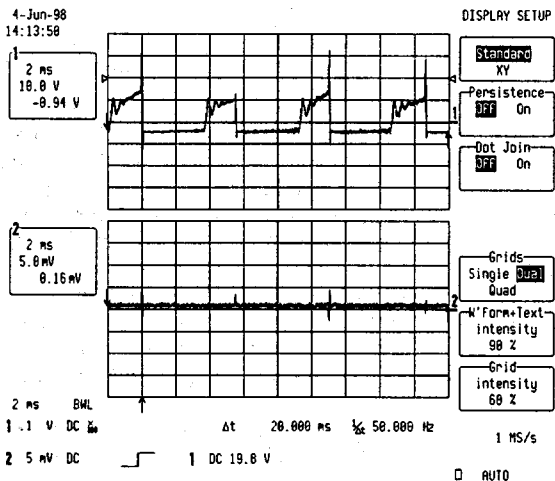


(a) 150mH



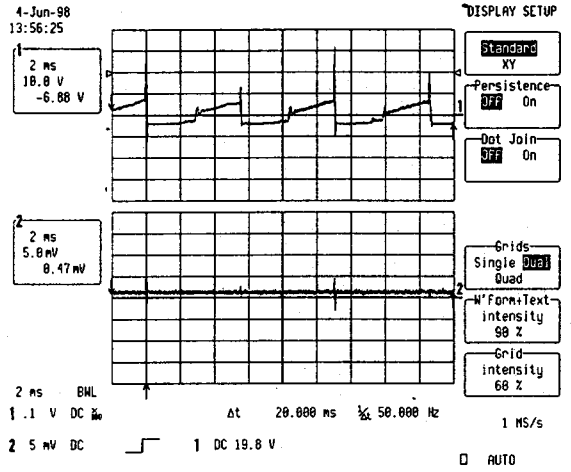
(b) 50mH

그림 2. 인덕터 가변시 인버터 출력전압 및 전류파형



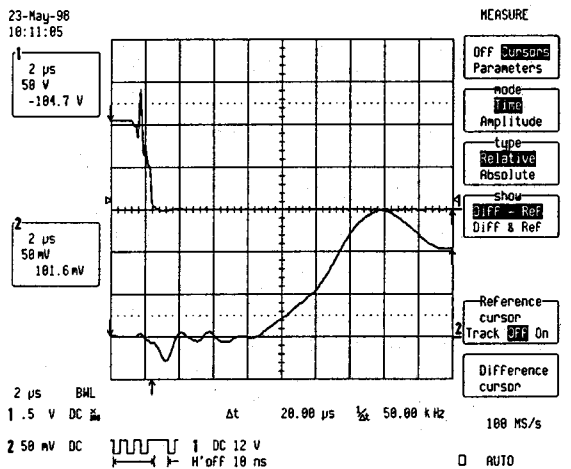
(a) 200mH

또한, VCC-1과 VCC-2의 차이가 L_1 에서 발생한 전류 에너지 손실을 회생시킨 양이며, VCC-2와 VCC-3의 차이가 결국 스너버에서 발생하던 손실을 회생시킨 양이다.

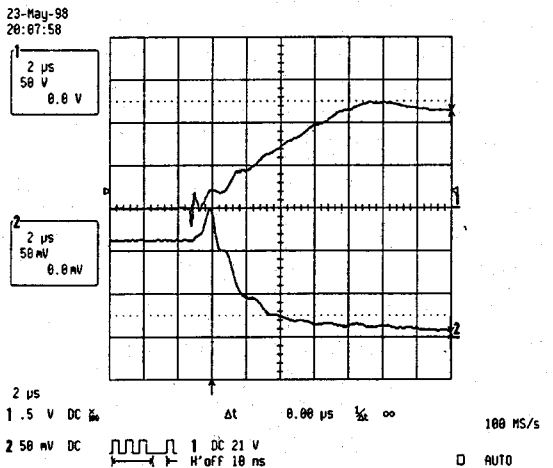


(b) 50mH

그림 3. 직류 링크 인덕터 2차측의 전압 및 전류파형



(a) 턴-온



(c) 턴-오프

그림 4. 턴-온 및 턴-오프시의 전압 및 전류파형

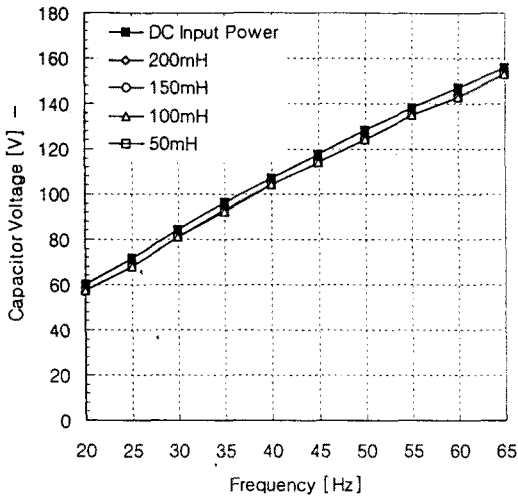


그림 5. 직류 입력 전압과 클램핑 커패시터의 전압비교

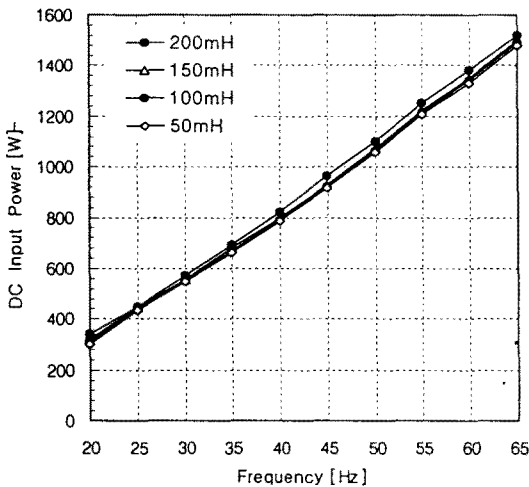


그림 6. 직류링크 인덕터에 의한 소비전력 비교

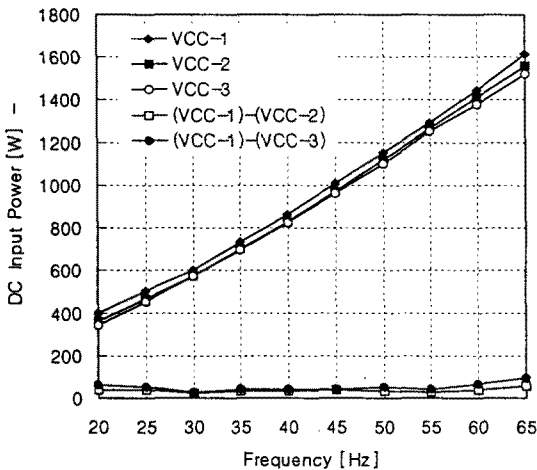


그림 7. VCC-1, VCC-2 및 VCC-3의 소비전력 비교

4. 결 론

본 논문에서는 전동기 및 직류 링크 인덕터에서 발생
하는 전류 에너지와 스너버 회로에서 발생하는 손실을

저감시킨 GTO CSI를 구성하였다. 유도전동기를 본 인
버터의 부하로 하여 직류 링크 인덕터의 크기에 따른 시
스템의 특성을 실험적으로 고찰한 결과 다음과 같은 결
론을 얻었다.

- (1) 수동소자를 사용하여 간단하게 무효전력을 부하 및
전원으로 동시 회생시킬 수 있었다.
- (2) VCC-3를 적용한 GTO CSI가 시스템 효율상 가장
좋은 특성을 가지고 있다.
- (3) 직류 링크 인덕터 L_1 에서 발생하는 전류에너지 손
실 및 스너버 회로에서 발생하는 손실을 정량적으로
비교할 수 있었다.
- (4) 본 시스템의 특성상 턴-온은 영전압에서 동작되나
턴-오프는 영전류에서 동작되지 않는다. 즉 턴-온
손실은 발생하지 않는다.
- (5) 직류 링크 인덕턴스가 작을수록 입력측의 소비전력
은 적어지게 되어 효율적이나 특성을 유지하는 그
값은 $5L_1 < L_1 < 10L_1$ 의 관계임을 확인하였다.
여기서 L_1 은 전동기 누설 인덕턴스이다.

향후 본 시스템에서 턴-오프 손실을 저감시키기 위한
연구가 필요하다.

(참 고 문 헌)

- [1] 김진표, 최상원, 이종하, "轉流에너지 2중 개환방식의 새
로운 전류형 GTO 인버터", 대한전기학회 논문지, 제47
권, 제4호, pp. 478~483, 1998. 4.
- [2] Bin Wu, S. B. Dewan and Paresh C. Sen, "A
modified current-source inverter (MSCI) for a
multiple induction motor drive system", IEE
Trans. Power Electronics, Vol. 3, No. 1, pp. 11~
16, Jan. 1988
- [3] 최상원, 김진표, 이종하, "轉流 및 Snubber 에너지 손실
을 저감시킨 전류형 GTO 인버터에 의한 유도전동기의
고효율 운전", 한국조명·전기설비학회, 第12卷 第11號,
pp. 117~125, 1998년 2월
- [4] B. Wu, G. R. Slemmon and S. B. Dewan,
"Analysis and Design of GTO CSI Induction
Machine Drive System", IEEE IAS, pp. 602-612,
1993.
- [5] Hisao Kubota, Kouki Matsuse and 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.
- [6] Kouki Matsuse and 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.
- [7] Kouki Matsuse and 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, March/April 1990.
- [8] K. P. Phillips, "Current Source Converter for ac
Motor Driver", IEEE Trans. Ind. Appl. Vol. IA-6,
pp. 679-683, Nov/Dec. 1972.