

誘導電動機 驅動을 위한 負荷轉流式 電流型 인버터의 制御

*정언택 **심재명 ***이사영 *소용철 *이재욱
*명지대학교 **대전공업대학 ***충남전문대학

The Control of Load Commutated Current Source Inverter for Induction Motor Drive

*Y. T. Chung **J. M. Sim ***S. Y. Lee *Y. C. Soh *J. W. Lee
*Myong-Ji University **Tae-Jon National University of Technology
***Chung-Nam Junior College

ABSTRACT

The V/F slip frequency constant control methods are used for driving induction motor with load commutated current source inverter, that is, constant V/F and slip frequency driving is used to load commutate the inverter below the critical frequency, while constant voltage and variable frequency and slip frequency driving are used in above the critical region.

In order to applicate the load commutated current source inverter to the general use, speed control range of induction motor is selected to two times at rated frequency. Therefore, economical application is possible because of the maximum reduction of the condenser of the inverter output port.

The use of the proposed force commutated circuit improves the false operation of force commutated circuit and inverter commutation failure which are produced by the influence of the lower-order harmonics of the conventional load commutated current source inverter at starting.

1. 序 論

고전압 대전류의 대용량 유도전동기 구동제어에는 전력변환 소자 특성상 SCR을 이용한 전류형 인버터가 사용되고 있다.

대용량의 산업설비의 대부분은 주로 Pump, Fan, Blower 등의 유체 이송장치의 부하이므로, 이들은 속도의 제곱에 비례하는 토크를 가지며 속도제어 범위가 크지 않은 것이 특징이다.^[1,2] 이러한 설비에

사용되는 유도전동기의 구동 인버터방식에는 인버터 출력측에 캐패시터를 설치하여 부하의 電壓, 電流의 파형 개선과 이에 의한 진상효과로 운전하는 負荷轉流式 電流型 인버터(Load Commutated Current Source Inverter : LCCSI)가 있다.

SCR을 이용한 LCCSI는 대용량화가 가능하고 경제성, 신뢰성, 손실의 측면에서 적합하지만,^[3] 낮은 주파수 영역에서 轉流가 가능하도록 하기 위한 부가 회로가 필요하다는 단점을 가지고 있다.^[3,4]

기존의 負荷轉流式 電流型 인버터를 이용하여 유도전동기를 일정속도 운전하는 경우, 대략 V/f가 일정하므로 병렬로 연결되어 있는 콘덴서의 진상 무효전력은 주파수의 제곱에 비례하게 된다. 이 유도전동기를 LCCSI에 의하여 구동할때 負荷轉流가 가능한 범위는 콘덴서의 용량에 의하여 결정되는 주파수보다 높은 범위가 된다. 따라서, 유도전동기의 적용은 속도 제어 범위가 콘덴서의 용량에 의하여 결정되므로 제어범위 이하에서는 強制轉流方法으로 기동시키고, 제어범위에서는 負荷轉流로써 동작될수 있도록 최적의 캐패시터 용량이 선정되어야 한다.^[4] 또한, 인버터 출력측 캐패시터와 유도전동기의 누설 리액턴스 및 고조파에 의해 발생하는 공진으로 轉流가 불가능한 운전영역이 존재하므로 이때에도 안정하게 轉流 가능한 방법이 요구 된다.^[4]

본 연구에서는 부하전류식 전류형 인버터를 이용한 유도전동기 구동에 있어서, 일정 토크 유지를 위한 일정 슬립주파수 제어에 대해 논의한다.

이러한 목적으로 시스템을 구동하기 위해 페루프 제어로 구성하였고, 대 전력용 구동을 위하여 50Hp 능형 유도전동기 구동실험을 통하여 제반 사항을 검토하고자 한다.

2. 強制轉流와 負荷轉流

負荷轉流式 電流形 인버터를 이용하여 유도전동기를 구동하는 경우 기동시에는 부하가 유도성이므로 強制轉流回路가 필요하다.

본 연구에서는 負荷轉流와 병용하기 위하여 그림 2와 같이 DC 링크측에 強制轉流回路를 구성하였다.

強制轉流 회로는 전동기가 기동되는 동안 낮은 주파수에서 인버터 주 싸이리스터를 전류시킨다. 인버터가 120° 구형파 동작주파수에 대한 강제전류회로의 동작주파수는 인버터 출력주파수의 6배가 된다.

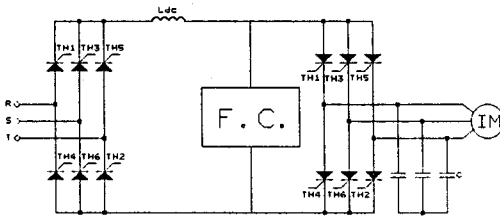


그림 2 주회로 구성

負荷轉流가 가능하기 위해서는 인버터의 부하가 용량성 즉, 부하가 진상역률이어야 한다. 따라서, 유도성인 부하를 용량성으로 전환시켜주기 위하여 그림 2와 같이 인버터 출력측에 병렬로 캐패시터를 접속하였다. 이 출력캐패시터는 유도전동기에서 필요로 하는 여자전류를 공급함과 동시에 인가되는 전압, 전류를 필터링 해 주는 역할도 한다.

강제전류에서 부하전류로 전환 될 수 있는 범위는 인버터 출력전압(v_s)과 전류(i_s)가 동상($i_c = i_s$; $i_s =$ 여자전류)이 되는 주파수 보다 높은 범위가 된다. 전압과 전류가 동상이 되는 조건으로부터 그 임계주파수(f_0)는 다음식으로 구해진다.

$$i_c = i_s = 2\pi \cdot \sqrt{3} \cdot f_0 \cdot C \cdot v_s$$

$$\therefore f_0 = \frac{i_s}{2\pi \sqrt{3} \cdot C \cdot v_s}$$

수식으로부터, $C = 400[\mu F]$ 이고 여자전류가 60[A]인 전동기(50Hp)에 대한 임계주파수를 구하면 약 62[Hz]가 된다. 따라서, 인버터 출력주파수가 이 임계주파수 이상이 될 때 강제전류 동작에서 부하전류 동작으로의 전환이 가능해진다.

3. 誘導電動機 運轉

전동기 발생토크와 전류는 Slip 주파수에 의해서 결정된다. 슬립주파수를 일정하게 제어하면 토크는 일차전류의 자속에 비례하게 된다. 이는 직류 직권 전동기와 유사한 토크 특성인 얻어짐을 의미한다. 일반적으로 높은 과도동작이 있는 드라이브에 대해서는 자속을 정격치로 유지하고, 토크가 토크각과 고정자 전류에 의하여 일정하게 되는 일정 자속 운전이 바람직하다. 일정 토크를 갖는 전동기 동작은 일정 슬립주파수에 의한 운전이 가능하다. 이러한 원리에 기초하여, 그림 3과 같이 CSI에 의한 일정 슬립주파수 운전을 갖는 제어도를 구성하였다.

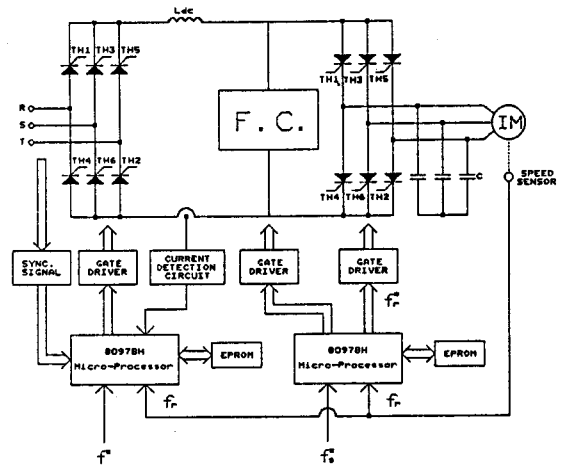


그림 3 제어블럭도

Slip 주파수는 전동기에 인가되는 교류전압 주파수와 실제 전동기 속도의 차에 해당하는 주파수이므로, 전동기에 속도 검출기를 부착하여 그 속도를 얻고, 원하는 토크를 발생하도록 Slip 주파수를 결정하여 인버터 출력 주파수를 결정한다.

속도 지령(f^*)과 검출된 속도 피드백(f_s^*)은 전류 지령을 발생하고, 이 전류 지령은 다시 전류 피드백 PI를 거쳐 최종적인 위상제어전류기 점호각 α 를 결정하여 DC 링크단 전류를 제어하게 된다.

가속시는 속도 피드백 f_s 에 Slip주파수 f_s^* 가 가산되어 인버터 주파수 지령치 f_s^* 에 따라 제어되어 가속 토크를 발생시킨다. 감속시에는 반대로 속도 지령(f^*)를 감소시켜 전류를 제한하고 동시에 인버터 출력주파수가 감소되어 전동기에는 감속 토크가 발생하게 된다.

4. 實驗結果

그림4.1에서 4.4까지는 실험결과 파형이며, 驅動實驗에 使用한 誘導電動機의 定格은 다음과 같다.

유도전동기	상수 : 3상 극수 : 6극 정격출력 : 50Hp 정격슬립 : 3[%] 고정자저항 : 0.0583 [Ω] 회전자저항 : 0.01 [Ω] 고정자누설인덕턴스 : 0.6118 [Ω] 회전자누설인덕턴스 : 0.6118 [Ω]	정격주파수 : 60 [Hz] 정격전압 : 220/380 [V] 정격전류 : 128/74 [A] 출력캐패시터 : 400 [μ F]
최로정수	DC LINK 인덕터 : 49 [mH] 강제전류회로캐패시터 : 40 [μ F] 강제전류회로인덕터 : 79.5[mH]	

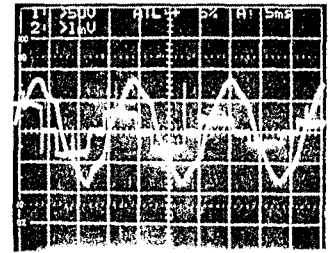


그림 4.4 인버터의 출력 전압 및 전류파형 (부하전류 동작시)

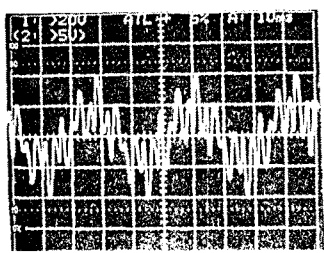


그림 4.1 인버터의 출력 전압 파형(30Hz)

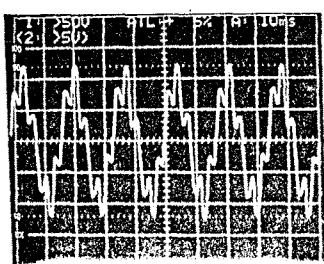


그림 4.2 인버터의 출력 전압 파형(60Hz)

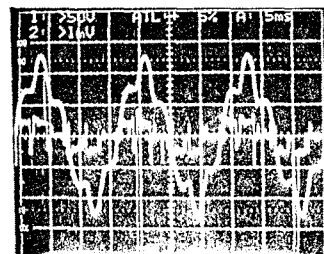


그림 4.3 인버터의 출력전압 및 전류 파형 (강제전류 동작시)

그림 4.4는 인버터 출력주파수가 약 65Hz일때의 부하전류동작을 보여준다.

5. 結 論

負荷轉流式 電流型 인버터를 이용하여 유도전동기 구동실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- * 기존의 고조파등으로 인해 발생하는 전류불가능 영역이 개선 되었다.
 - * 속도제어범위를 정격주파수에서 2배 속도로 선정하여 콘덴서용량을 최대한 줄일수 있었다.
 - * 일정슬립주파수 운전에 의해 전동기 단자전압 상승을 제어할 수 있었다.
- 또한, 50Hp 유도전동기에 적용하여 범용 대응량화가 가능하였다.

參 考 文 獻

- [1] H.L.Hess and D.M.Divan, "A Method to Extend the Low Frequency Operation of Load Commutated Inverters", PESA '90 21th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conf.,Vol.1, pp. 461-468, 1990.
- [2] 정연택, 성세진, 심재명, "GTO 강제전류를 병용한 타어식INVERTER의 PWM 제어", 전기학회지 38권 제8호 pp.610-616, 1989. 8
- [3] S.Martinez and F.Aldana, "Current-Source Double DC-Side Forced Commutated Inverter", IEEETrans. Ind. Appl., IA-14, No. 6, pp. 581-593, Nov. Dec. 1987
- [4] Robert L.Steigerwald and Thomas A.Lipo, "Analysis of a Novel Forcd Commutation Starting Scheme for a Load-Commutated Synchronous Motor Drive", IEEE Trans. Ind. Appl., vol. vol.1A-15, pp.14-24, Jan. /Feb. 1979.
- [5] S.K.Biswas, S.Sathiakumar and J.Vithayathil, "A Direct Torque Angle Controlled CSI Fed Induction Motor Drive with Constant Slip Frequency Operation", IEEE trans. CH2272-3, pp.210-215., 1986.