

부하전류와 GTO - 일괄전류 방식 인버터를 이용한 유도기 고속구동방식

심재명 대전공업대학 송병문 중남대학교
성세진 중남대학교 정인택 명지대학교

High Speed Induction Machine Drive System Using Thyristor Inverter Utilizing Line and Device Comutation

Jai-Myeong Sim Tae-Jon National university of Technology
Byeong-Moon Song, Se-Jin Seong Chung-Nam National University
Yeon-Taik Chung Hong Ji University

Abstract - For the high speed drive of induction machine, Thyristor inverter utilizing line and device commutation is proposed. By investigating the load commutation conditions, the possible area of commutation is clearly shown. And from the above results, starting method under the constant slip frequency, is suggested.

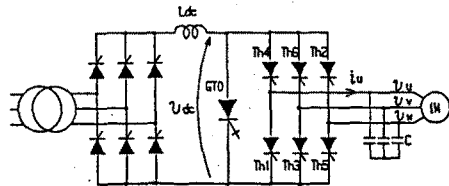


그림1 주회로

1 서론

최근 고속을 요하는 부하의 증가와 아울러 구동원 및 부속장치의 소형, 경량화의 요구로 부터 전동기 고속구동 시스템에 관한 수요가 높아지고 있다. 본질적으로 부하 자체가 고속을 요하는 분야로서는 유라늄 농축이나 바이오 테크놀로지 분야에서 미립자 분비, 정제를 위한 원심력 분리기등을 비롯 생선성 향상을 위한 실유기계, 가공정도를 높이기위한 공작기계등을 예로 들수 있겠다. 소형 경량화를 기하고자 하는 부하로서는 항공기 자동차 선박등의 발전시스템을 비롯 천연가스 파이프라인 수송이나 액타프랜즈등에서 요구되는 컴프렛사, 펌프, 브로워 먼널의 맨등을 들수 있다. 이중 컴프렛사 구동용, 브로워, 보일러 급수 펌프등의 구동용으로서 수십에서 수천KW, 7000rpm에서 2 - 3 만rpm 정도를 요구하는 중용량 고속전동기 구동시스템의 요구가 높아지고 있는데 이러한 구동시스템은 특히 시스템 자체가 콤팩트 해되고 메인테넌스 프리이어야 한다는등의 요구를 만족시켜야만 한다. 이러한 용도로서 및까지 구동방식이 제안되고 있으나 시동법에 문제가 있어 정격토포크로 정격속도까지 가속이 곤란하다는 이러한 문제점을 해결한 방식으로 그림1 과 같은 회로방식을 제안한다.

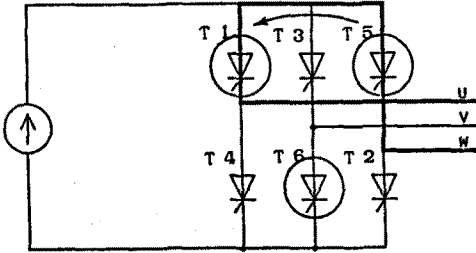
2 동작원리

본 논문에서 제안하는 그림1 의 기본 동작원리는 다음과 같다. 전동기속의 인버터는 시동시 및 저속시에는 GTO 를 ON, OFF 시켜 일괄전류인버터로서 동작시키고 C 의 무효분이 유도기의 여자분보다 큰 고속영역에서는 부하전류인버터로서 동작시키는 것이다. 그렇게 함으로서 시동에서 고속영역까지 가변속 운전이 가능하다. 특히 여기서 C 의 소형화 한다는 관점에서 전동기 구동 주파수를 높게 하는 즉, 고속전동기 구동 장치로서 적합하다고 할수있다. 여기서 부하전류로 바뀌는 주파수에 대한 전동기정수의 C와의 관계, 일괄전류시의 C 용량과 전류동작에 미치는 영향, 시동방법을 명확하게 하고자 한다.

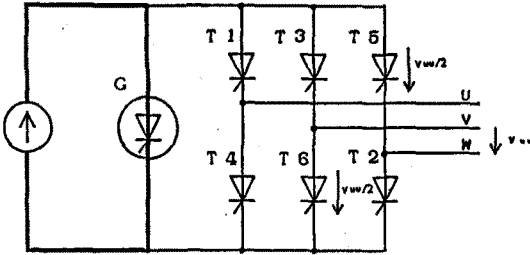
3 전류조건과 전류영역

3.1 전류조건

그림 2는 SCR T5, T6가 ON 상태에서 T6, T1 소모 전류 할경우 부하전류의 GTO 예외인 일괄전류 동작시의 증가회로이다. 그림 2(a)에서 일수 있듯이 이때 부하전류가 되기 위해서는 w 상의 전압이 u 상보다 높아야한다. 즉 $V_w > V_u$ 이어야 된다. 반면 GTO 에 의해 일괄전류가 되기 위해서는 GTO 가 ON되어 T5, T6가 OFF 가 되어야 한다. 그편후 GTO 가 OFF 되고 T6, T1이 ON되므로서 전류가 되어진다. GTO 가 ON되어 T5, T6 가 OFF 되기 위하여 T5, T6 에 걸리는 전압이 역전압이 되어야 하므로 w 상의 전압이 v 상전압보다 높아야 된다. 즉 $V_w > V_v$ 이어야 된다.



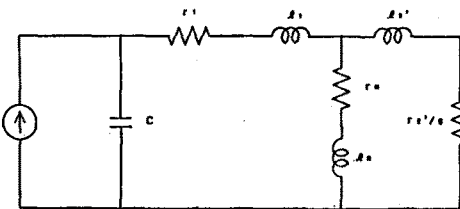
(a) 부하전류동작



(b) GTO에 의한 일괄전류동작
그림 2 전류동작

3.2 轉流가능영역

그림 3 은 교류속 증가회로이다. 직류속 피액터 Ldc가 충분히 크다고 하면 증가 회로에서의 전류원은 방향파 전류로 다음 (1)식과 같이 놓일수 있다. 이때 유도기의 임피던스는 (2)식과 같이 되고 교류속 임피던스는 (3)식과 같이 되어 교류속 전압은 (4)식과 같이 구할수 있다. 이를 이용 T5, T6에서 T6, T1으로 전류시의 각상의 전압 Vu, Vv, Vw를 구해 3.1절에서의 전류조건에 맞는 전류가능 영역을 구할수가 있다. 그림 4은 C = 120 일때 부하전류와 GTO 에 의한 일괄전류영역을 보여주고 있다. 여기서 유도기가 시동에서 정상상태에 이르는 사이에 부하전류 GTO 일괄전류가 모두 불가능한 영역이 생긴다. 이를 영역중 85 Hz는 이주파수의 5, 7차 고조파가 전류편편서와 유도기 누설리액턴스에 의한 공진주파수에 해당하고 95 Hz는 11, 13 고조파의 영향에 의해 생김을 알수있다.



$r_1 = 0.278 \Omega$ $r_2 = 1.715 \Omega$
 $r_3 = 0.302 \Omega$ $L_1 = 5.877 \times 10^{-4} H$
 $L_2 = 5.877 \times 10^{-4} H$
 $L_3 = 0.921 \times 10^{-4} H$

그림 3 교류속 증가회로

$$i_w = \frac{2\sqrt{3}I_a}{\pi} [\sin\omega t + \sum \frac{(-1)^n}{6n \pm 1} \sin \{(6n \pm 1)\omega t\}] \quad (1)$$

$$Z_n = (r_1 + S \cdot l_1) + [(S \cdot l_2' + \frac{r_2'}{S}) // (S \cdot l_3 + r_3)] \quad (2)$$

$$= \frac{S^2 \cdot A + S \cdot B + C}{S \cdot D + E}$$

단 $A = l_1 \cdot l_2' + l_1 \cdot l_3 + l_2' \cdot l_3$
 $B = \frac{r_2'}{S} (l_1 + l_3) + r_1 (l_2' + l_3) + r_3 (l_1 + l_2')$
 $C = \frac{r_2'}{S} (r_1 + r_3) + r_1 \cdot r_3$
 $D = l_2' + l_3$
 $E = \frac{r_2'}{S} + r_3$
 $S = j\omega$
 S : 複素變數 $j\omega$

$$Z_i = Z_n // (\frac{1}{S \cdot C}) = \frac{Z_n}{1 + S \cdot C \cdot Z_n} \quad (3)$$

$$V = \frac{2\sqrt{3}I_a}{\pi} [Z_i(\omega_0)A + \sum B(n) \cdot C(n)] \quad (4)$$

단 $A = \sin(\omega_0 t + \phi(\omega_0)) - \theta(x)$

$$B(n) = \frac{(-1)^n}{6n \pm 1} Z_i[(6n \pm 1)\omega_0]$$

여기서

$$C(n) = \sin[(6n \pm 1)\omega_0 t + \phi[(6n \pm 1)\omega_0]] - (6n \pm 1)\theta(x)$$

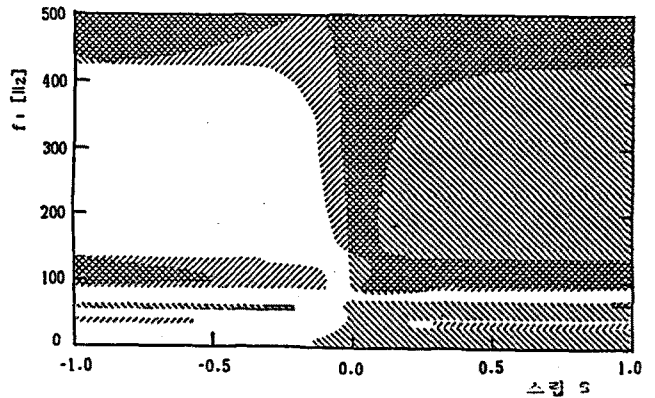
$$x = u, v, w$$

$\phi(u)$ 는 각속도에 있어서 Z_i 의 역율각

$$\theta(u) = 0$$

$$\theta(v) = 2\pi/3$$

$$\theta(w) = 4\pi/3$$



/// 負轉流可能領域
 // GTO-一括轉流可能領域

그림 4 C = 120 일때 전류영역

4. 슬립주파수 일정제어에 의한 시동법

그림5는 $C = 150$ 에서 슬립주파수를 일정하게 하고 시동하였을 경우의 궤적이다. $f_s = 6\text{Hz}$ 일 때는 시동제어가 진동 불가능 영역을 유지하여 부하 진동영역까지 안정하게 가속될 수 있음을 보여주고 있으나 $f_s = 12\text{Hz}$ 의 경우는 진동 불가능 영역을 초과하게 되어 $f_m = 80\text{Hz}$ 부근에서 고이동 가속될 수 없음을 보여주고 있다. 그림6, 그림7은 실제의 $f_s = 6\text{Hz}$, $f_s = 12\text{Hz}$ 일때의 시동시 파형을 보여주고 있으며 위의 같은 사실을 증명하여 주고 있다. $f_s = 6\text{Hz}$ 일 때는 정상상태까지 안정하게 가속하였으나 $f_s = 12\text{Hz}$ 일 경우 중간에 가속되지 않고 진동실패하고 정지하고 있음을 보여주고 있으며 불안정 상태가 생기기 시작한 속도가 대략 4800rpm 부근으로 구동주파수의 50Hz 부근임을 보여 줌으로서 앞에서의 이론적인 검토가 타당함을 보여 주고 있다. 이상의 검토를 이용하여 $C = 150$ 에서의 슬립주파수는 11Hz 이하가 적당하다고 판명되었고 다만 주파수의 관계는 4Hz 보다 이하가 되면 구동로오드가 너무 작아 시동이 이루어지지 않고 있어 실제로는 $4 \leq f_s \leq 11\text{Hz}$ 가 됨을 보여주고 있다.

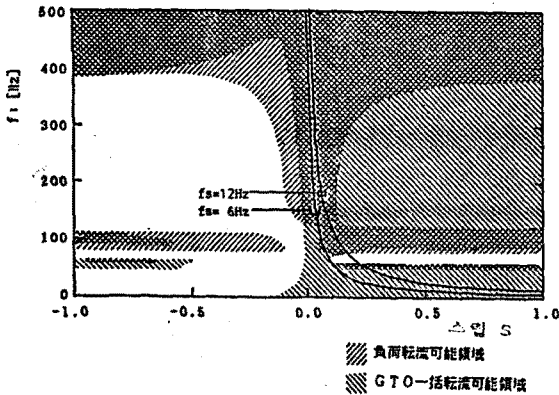


그림5 슬립주파수 일정제어의 궤적

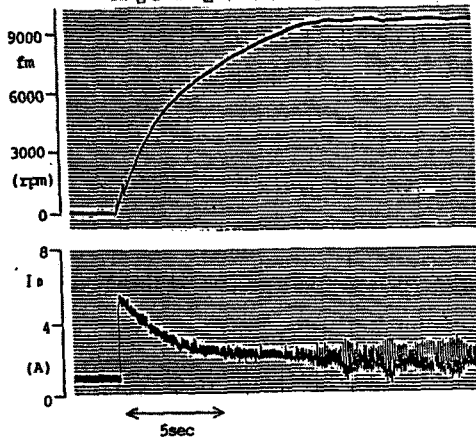


그림6 시동동작시 파형 ($f_s = 6\text{Hz}$)

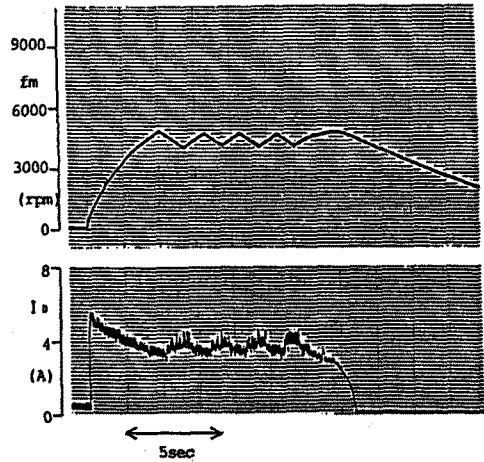


그림7 시동동작시 파형 ($f_s = 12\text{Hz}$)

5. 검토

본 논문에서는 부하전류와 GTO 일괄전류를 경유한 인버터를 제안하고, 부하전류와 GTO 일괄 전류 조건을 명확히 하고, 전류영역을 해석적으로 구하였다. 이 검토에 따른 슬립 일정 주파수 제어에 의해 시동했을 경우 슬립주파수의 관계를 구하는 방법을 제시하였다.

참고문헌

- 1) 原島, 吉田 : 「回転機の超高速化の現状と将来」 電学全大シンポジウム S.9 (1985.4)
- 2) 田中, 他 : 「超高速電動機システム」, 電学誌, Vol.105, No.1, pp. 41-44, (昭60-1)