

정 연 태 명 지 대 학교
서 영 수 명 지 대 학교
권 용 혁 명 지 대 학교

1. 서 론

유도전동기의 속도 제어는 지금까지 주로 Vector Control 에 의한 것으로 모오코 발생기구를 직류기와 유사시켜 자속과 2차기 자력과의 공간적 직교성을 기본으로 하고 있다. 그러나 이 방법에서는 과도현상에 대하여 명확히 하지 않았고, 정상운전을 가정하여 최고 목표법에 의하여 직류기와와의 유사성을 정성적으로 설명하여 실제적인 제어에서 양적인 오차가 있을 것으로 추정된다. 또한 3상 2상 변환과정은 필요 이상의 제어회로가 복잡하게 된 원인이다. 이에 대하여 자계가속법은 유도기의 전기적 과도현상을 해석하여 그의 시정수가 상당히 큰 값인 것을 알아냈고, 그에 따라 과도현상의 발생을 억제하고 응답을 빠르게 하기 위한 3상 등가회로에 있어서 여자전류의 연속성을 유지하는 것을 기본으로 하는 제어법으로 과도현상 발생이 방지되면 종래의 등가회로가 성립되어 제어를 위해 필요한 1차 전류, 전압등이 산출된다. 이것은 전류형 제어 뿐만 아니라 전압형제어도 가능하며, 3상 2상 변환과정이 없으므로 제어회로가 간단하며, 속도 제어가 가능하므로 동특성이 요구되는 부하나, AC Servo 등에 충분한 실용성을 가지고 응용 될리라 기대 된다. 본 논문에서는 Yamamura 씨에 의해 제안된 자계 가속법 제어를 (1-4) 전압형 인버터에 적용하여 실험하였으며, 제어연산은 T-II 형 등가회로에 의하여 실험결과를 제시하였고, 그에 따른 특징 및 문제점을 고찰하였다.

2. 본 론

가) 비대칭 T-II 형 등가회로

계자가속법은 등가회로에서 여자전류를 일정하게 유지하는 것이 기본이나, 어떤 등가

회로에 의해서 제어연산을 하는가에 따라 제어 특성이 다르다. 그림 1)은 대칭 T 형 등가회로이다.

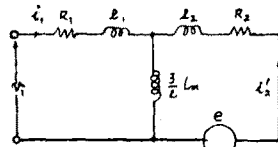


그림 1) 대칭 T 형 등가회로

이에 대한 회로 방정식은 아래와 같다.

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 + \frac{1}{2}L_1 p + \frac{k}{2}L_m p & \frac{k}{2}L_m \alpha p \\ \frac{k}{2}L_m \alpha (p - j\omega_m) & R_2 + \alpha^2(L_2 + \frac{1}{2}L_m)(p - j\omega_m) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

전류를 다음식으로 변환한다.

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1' \\ i_2' \end{bmatrix} = C \begin{bmatrix} i_1' \\ i_2' \end{bmatrix} \quad (2)$$

α 은 임의의 정수이며 C 는 변환행렬이다. (1) 식의 임피던스 행렬 [Z]를 $Ct[Z]$ 에 의해 변환하면

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 + \frac{1}{2}L_1 p + \frac{k}{2}L_m p & \frac{k}{2}L_m \alpha p \\ \frac{k}{2}L_m \alpha (p - j\omega_m) & R_2 + \alpha^2(L_2 + \frac{1}{2}L_m)(p - j\omega_m) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1' \\ i_2' \end{bmatrix} \quad (3)$$

이 식에 대응하는 등가회로는 그림 2)의 일반과도등가회로가 되며, 임의정수 α 를

$$\alpha = \frac{L_1 + \frac{k}{2}L_m}{\frac{k}{2}L_m} \quad (4)$$

로 정하면 그림 3)의 비대칭 T-II 형 과도 등가회로가 된다.

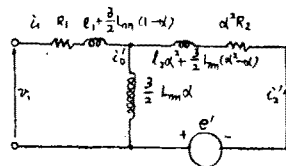


그림 2) 일반 과도 등가회로

나) 회로구성 및 제어연산

그림 4)는 주회로이며, 그림 5)는 제어회로 계통도이다.

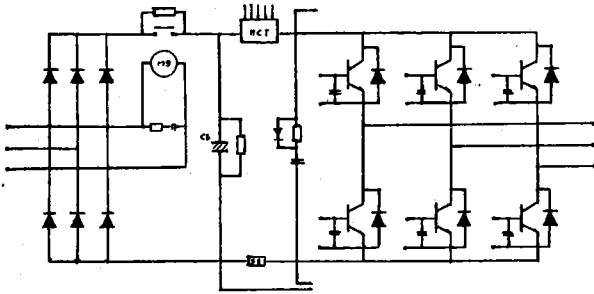


그림 4) 주회로

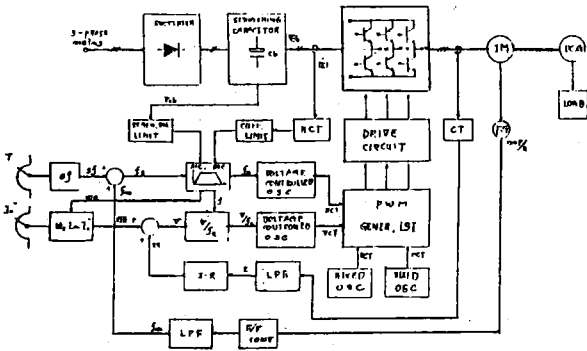


그림 5) 제어회로 계통도

그림 3)의 T-II 형 과도 등가회로에서 e_s^* 는 속도기전력으로 아래식이 된다.

$$e_s^* = -j\omega_m (\frac{3}{2} L_m'' i_o'' + l_2'' i_2'') \quad (5)$$

여차 인덕턴스 전압을 e_1 이라 하면

$$e_1 = \omega L_m'' p i_o'' \quad (6)$$

$$e_1 = -[R_2'' + l_2'' p] i_2'' - e_s^* \quad (6)$$

$$= -[R_2'' + l_2'' (p - j\omega_m)] i_2'' + j\omega_m \frac{3}{2} L_m'' i_o'' \quad (7)$$

$$s i_2'' = R_2 i_2'' + e_1 \quad (7)$$

(7)식의 연산은 아날로그 회로적으로 간단하게 처리되며, 계자전류를 일정한 크기로 유지하는 것은 (6)식에 의하여 제어하는데 (6)식은

p 를 jw 로 치환하여 아래식이 된다.

$$e_1 = j\omega \frac{3}{2} L_m'' i_o'' \quad (8)$$

그림 6)는 T-II 형 정상등가회로로 미분연산자 p 를 jw 로 치환하여 얻어진다. 이의 회로에서 1차전류와 토포크는 다음식이 된다.

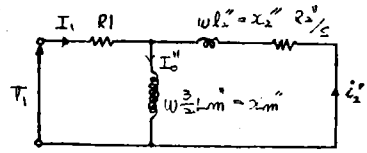


그림 6) T-II 형 정상등가회로

$$I_1 = (1 + \frac{j\omega (\frac{3}{2} L_m'')}{R_2'' + j\omega l_2''}) I_o'' \quad (9)$$

$$T = \frac{p}{s} \frac{R_2'' (s\omega \frac{3}{2} L_m'')}{R_2'' + (s\omega l_2'')} |I_o''|^2 \quad (10)$$

(10)식에서 여자전류 I_o'' 가 일정하다면 적용전동기에 의한 토포크는 슬립주파수 sf 의 함수로 거의 직선에 가까운 비례적인 값이다. 토포크 지령은 실용상 비례적인 슬립주파수값으로 되어지고 전동기 운전주파수 $F_m = (1-s)F_r$ 을 가하면 기준주파수 F_r 이 된다. 이것에 의해 전압 e_1 이 식(8)에 의해 구해지고 검출된 전류에 의하여 식(7)에 의한 연산으로 1차 단자전압 V_1 이 정해져 이것에 의해 3상 PWM 인버터 입력 지령이 된다.

다) 실험결과 및 고찰

아래 표는 적용전동기의 정수이다.

HP : 5.00	POLE : 4	FREQ : 60
PHASE : 3	VOLT : 220	
R1 : 0.4299	R2 : 0.3282	
X1 : 0.5716	X2 : 0.9092	Xm : 14.62

이에 대한 시정수는 아래와 같이 계산된다.

$$L/R_2'' = 0.4299 / 0.3282 = 1.3128 \text{ S}$$

이 전동기에서 40 Hz로 무부하 운전중에 정격토포크의 2배의 토포크 지령을 주었다면

t = 0 에서 $i_2'' = 0$ 이기 때문에

$$i_2'' = \frac{j\omega (\frac{3}{2} L_m'' \sqrt{2} I_o'') e^{j\omega t + p t} + A e^{-R_2 l_2 / L_m t}}{(R_2 / s) + j\omega l_2} \quad (11)$$

원식에 의해

$$p_1 - p_2 = \frac{R_2}{L_m} - \omega \quad (12)$$

이 된다. 이때의 토포크 응답은 (12)식에 의해 계산된다.

그림 7)은 40 Hz로 무부하 운전중에서 전속(80 Hz) 운전 되도록 토포크 지령을 스텝상으로 주었을 때의 각각의 전동기 속도, 토포크 응답, 전류, 전압을 기록한 결과이다. 이의 결과로 계산치에 비해 다소 응답이 느린 것을 발견했

으며, 이의 원인으로서는 검출회로의 시정수, DC BUS 상의 전압변동 미고령, 전동기 점수 선정의 오차등이 추정된다. 특히 감속시 회생 전력에 의한 전압상승으로 감속시 결과추경에는 문제가 있었다.

3. 결론

자계가속법 제어는 제어 연산이 간편하고 전압형제어로도 가능하므로 주회로가 간략해지는 전압형제어로의 속도 제어로 큰 잇점이 있고, AC Servo 에 뒤지지 않는 응답특성을 얻을 수 있으므로 차후 실험성이 크게 기대된다. 다소 실험에 미비한 사항이 발견되었으나 속도성은 충분히 입증되었고, 제어 연산에 권선의 온도상승에 대한 보정이 요구되며, 제어특성에 합당한 여타의 등가회로를 적용한 실험 결과도 기대된다.

- 참고 문헌 -

- 1) S. Yamamura, Z.X. Hua, S. Nakagawa, "Equivalent of Induction Motor as Servomotor of Quick Response," Trans.B., IEE of Japan Vol. 103-B, P. 133, 1983.
- 2) S. Yamamura, S. Nakagawa, "Equivalent Circuit and Field Acceleration Method of AC Servomotor by Means of Induction Motor" Trans. B., IEE of Japan, Vol.102-B. p.439, 1982
- 3) S. Yamamura, S. Nakagawa, "Transient Phenomena and Control of AC Motor(IM) - Proposal of Field Acceleration Control ." Trans.B., IEE of Japan, Vol.101-B, p.557 1981.
- 4) S. Yamamura, S. Nakagawa, "Analysis of Transient Phenomena and Field Acceleration Control of Induction Motor as AC Servomotor of Quick Response." Trans. B., IEE of Japan, Vol 103-B, p. 491, 1983

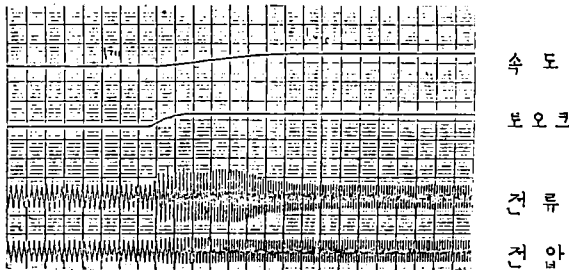


그림 7) 토포크 스텝 제령에 따른 전동기 속도, 토포크 응답, 전류, 전압. (기록시간 10Cm/s , 100ms/div)

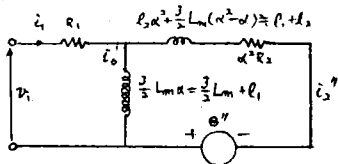


그림 3) 비대칭 T-II 형 과도등가회로