

이 운중 안 양 대
정 필선 홍익 공전
이 선재* 안 양 대

1. 서 론

유도전동기는 구조가 간단하고 견고하며 보수·유지비가 적게드는 장점때문에 가변속 운전에 점차 실용화 되고 있다.

또한 전력용 반도체 소자와 마이크로 프로세서와 같은 전자기술의 진보로 인해 고성능 제어특성을 갖는 유도전동기의 운전이 가능하게 되어 최근에 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다.

특히 벡터제어는 Blaschke씨에 의해 제안된 방법으로 유도전동기의 고정자전류 벡터를 회전자 자속진표속에서 두개의 벡터성분 즉, 회전자 자속 벡터와 같은 방향인 자회전류 성분과 수직 방향인 토오크전류 성분으로 분리하여 제어하는 방법으로 직류전동기와 같은 고속응답을 얻을 수 있다. (1)-(3)

따라서 벡터제어는 회전자 자속의 정확한 위치가 검출되어야 하며, 검출방법에 따라 직접 벡터제어 방법과 간접 벡터제어 방법으로 나뉘어진다. 그런데 직접 벡터제어 방법은 자속을 직접 검출하기 위한 센서가 부착됨으로써 비용이 많이 들고 특수한 전동기가 필요한 단점이 있는 반면, 간접 벡터제어 방법은 자속을 직접 검출할 필요가 없고 단지 디지털 및 아날로그 컴퓨터의 연산에 의해 자속의 검출이 이루어지기 때문에 일반적인 유도전동기에 적용이 된다. (4)

본 연구에서는 간접제어 방법을 전압원 인버터로 구동되는 유도전동기의 가변속 제어에 적용하여 본 결과 고속응답 제어가 됨을 알 수 있었다.

2. 본 론

유도전동기의 고정자 전류의 크기와 위상은 2차 자속과 토오크를 결정한다. (5) 따라서 적당한 자표속을 선정하여 고정자 전류를 제어해 준다면 2차 자속 및 토오크의 제어는 가능해진다.

그림 1은 고정자 자속, 상호 자속 및 회전자 자속으로 표시된 유도전동기 등가회로이다.

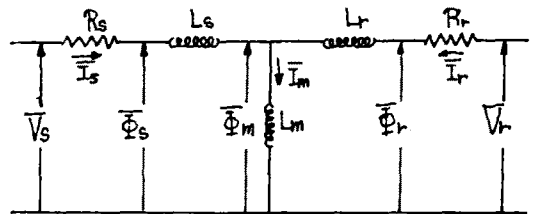


그림 1. 유도전동기의 등가회로

평형 3상 2극 유도전동기의 방정식은 Park의 벡터 기호를 사용하여 식<1>-<3>처럼 쓸 수 있다. (6)

$$\vec{V}_s = R_s \vec{I}_s + p \vec{\Phi}_s \tag{1}$$

$$\vec{V}_r = R_r \vec{I}_r + p \vec{\Phi}_r \tag{2}$$

$$T_e = (3/2) L_m (\vec{I}_s (\vec{I}_r e^{j\theta})^*) \tag{3}$$

여기서, $p = \omega$ (회전자 속도)
 $p = d/dt$

위의 식들을 회전자회로가 단락된 고정자 기준축에 대하여 정리하면 식<4>-<6>과 같이 된다.

$$V_s = R_s I_s + L_s p I_s + L_m p (I_r e^{j\epsilon}) \quad <4>$$

$$0 = R_r I_r + L_r p I_r + L_m p (I_s e^{j\epsilon}) \quad <5>$$

$$JpW = T_e - T_1 = (3/2) L_m (I_s (I_r e^{j\epsilon})^* - T_1) \quad <6>$$

여기서, $L_s = (1 + \sigma_s) L_m$
 $L_r = (1 + \sigma_r) L_m$
 $\sigma = 1 - (1 / ((1 + \sigma_s) (1 + \sigma_r)))$
 $W_r = p\epsilon$
 $T_1 = \text{부하 토크}$

위의 방정식들은 회전하는 기준축표준의 값으로 변환될 수 있다. 이를 위해, 회전자 자속 기준축에서의 자화전류 벡터 $I_{mr}(t)$ 는 아래 식<7>처럼 정의 된다.

$$I_{mr}(t) = I_s(t) + (1 + \sigma_r) I_r(t) e^{-j\epsilon} = I_{mr} e^{j\phi} \quad <7>$$

$$W = p\phi$$

이 기준축에서 $I_s(t)$ 의 I_{ds} 성분은 회전자 자속과 평행이고, I_{qs} 성분은 회전자 자속과 수직으로 그림 2.과 같은 관계를 갖고 있으므로

$$I_s(t) = (I_{sd} + j I_{sq}) e^{j\phi} \quad <8>$$

이고

$$V_s(t) = (V_{sd} + j V_{sq}) e^{j\phi} \quad <9>$$

로 표시될 수 있다.

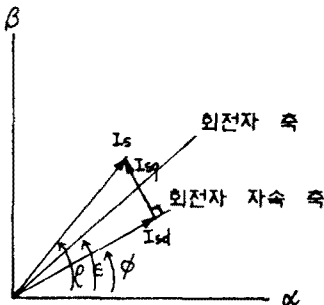


그림 2. 전류와 쇠고자속 벡터와의 관계

식<4>-<6>을 식<7>-<9>에서 정의된 회전하는 기준축으로 변환하여 다시 쓰면 식<10>-<14>와 같다.

$$\sigma T_s p I_{sd} + I_{sd} = V_{sd} / R_s + W \sigma T_s I_{sq} - (1 - \sigma) T_s p I_{mr} \quad <10>$$

$$\sigma T_s p I_{sq} + I_{sq} = V_{sq} / R_s - W \sigma T_s I_{sd} - (1 - \sigma) T_s W I_{mr} \quad <11>$$

$$T_r p I_{mr} + I_{mr} = I_{sd} \quad <12>$$

$$W_s = W - W_r = I_{sq} / (T_r I_{mr}) \quad <13>$$

$$JpW = T_e - T_1 = (3/2) (L_m / (1 + \sigma_r)) I_{mr} I_{sq} - T_1 \quad <14>$$

식<12>-<14>은 전동기 토크 T_e 와 자화전류 벡터 I_{mr} 이 각각 I_{sq} 와 I_{sd} 에 의해 제어될 수 있음을 보여준다.

이 회전하는 기준축에서의 전류값 I_{sd} 와 I_{sq} 는 식<10>-<11>을 사용하여 전압 V_{sd} 와 V_{sq} 로 변환되고 아래와 같은 식<15>를 이용한다면 고정자 기준축 전압값인 $V_s \alpha$, $V_s \beta$ 로 변환될 수 있다. (그림 2. 참조)

$$\begin{bmatrix} V_s \alpha \\ V_s \beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \phi & -\sin \phi \\ \sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{sd} \\ V_{sq} \end{bmatrix} \quad <15>$$

이 고정자 기준축 전압값 $V_s \alpha$ 와 $V_s \beta$ 는 아래 식<16>을 이용하여 3상전압값 V_a , V_b , V_c 로 변환되어 인버터에 입력된다.

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/2 & \sqrt{3}/2 \\ -1/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_s \alpha \\ V_s \beta \end{bmatrix} \quad <16>$$

3. 결 론

1. 유도전동기의 가변속 시스템에 벡터 제어를 적용시켜본 결과 직류전동기와 동등하게 속도 응답이 뛰어난 제어를 행할 수 있었다.
2. 또한 개자악화 제어가 가능하여전동기 전압을 일정하게 하면서 광범위한 속도제어가 가능하였다.
3. 자속감출형 벡터제어를 적용하여 전동기상수의 변화에 적응한 제어를 할 수 있었다.

4. 참고 문헌

- (1). F. Blaschke, "Siemens Zeitschrift", vol. 45, pp. 757-760, 1971
- (2). W. Floter and H. Ripperger, "Siemens Zeitschrift", vol. 45, pp. 761-764, 1971
- (3). A. B. Plunkette, IEEE/IAS Conf. rec., 1975, pp. 591-597
- (4). A. B. Plunkette, "Direct Flux and Torque Regulation in a PWM Inverter Induction Motor Drive", IEEE Transaction on IA, Vol. IA-13, No. 2, March/April 1977
- (5). Takayoshi matsuo, "A Rotor Parameter Identification Scheme for Vector-Controlled Induction Motor Drives", IEEE Transaction on IA, Vol. IA-21, No. 4, May 1985
- (6). Akira nabae, "An Approach to Flux Control of Induction Motors Operated with Variable-Frequency Power Supply", IEEE Transactions on IA, Vol. IA-16, No. 3, May 1980