

벡터제어에 있어서 회전자 파라메타 변동영향에 관한 연구  
A STUDY ON EFFECTS OF PARAMETER DEVIATION  
IN A VECTOR CONTROLLED INDUCTION MOTOR DRIVE

이 은 중     한양대  
임 남 역     한양대  
손 영 다\*    한양대

1. 서 론

직류전동기는 자속과 토크를 자유로이 제어할 수 있어 중대 가변속 제어방식에 많이 채택되었으나 값이 비싸고 보수 및 유지비가 많이 드는 단점이 있다. 이에 비해 유도전동기는 견고하고 보수, 유지가 용이하며 가격이 저렴한 잇점이 있으나 토크를 결정하는 자속과 전류가 항상 직교하지 않고 상호간섭 하므로 가변속 제어는 비교적 복잡하다(1). 그러나, 근래에 GTO, Power TR과 같은 새로운 전력용 반도체 소자와 마이컴 및 LSI기술의 진보로 인해 구동 회로 및 제어회로가 간단해져 세분화된 정밀제어가 가능하게 되어 점차 유도전동기가 가변속 제어계에 채택되고 있다(4). 특히, F. Blaschke씨와 K. Hasse씨가 제안한 벡터제어 방식은 최근 주목을 받고 있으며, 이는 유도전동기 고정자 전류의 순시제어에 의해 직류전동기와 등가인 토크 발생 방법을 추구한 것이다(2), (3). 이 방식에는 자속감응형과 슬립주파수형이 있는데, 전자는 공극자속을 직접 감응하여 지표변환을 위해 궤환하는 방식인데 비용이 많이 들고 특수한 전동기를 필요로 하는 결점이 있으며, 후자는 자속을 직접 감응할 필요가 없으며 전류벡터 성분과 전동기 파라메타를 이용하여 슬립각을 구하고 이에 회전자각을 더해 이를 2차자속의 위치로 추정하여 지표변환에 이용하는 방식으로 일반 전동기에 적용할 수 있는 장점이 있지만 온도상승과 포화에 따른 전동기 파라메타의 변화로 인해 오차가 생긴다(5).

따라서, 본 논문은 인버터로 구동되는 유도전동기의 가변속 제어를 위한 슬립주파수형 벡터제어를 영함에 있어 전동기 파라메타의 변화가 시스템에 끼치는 영향을 고찰함과 아울러 이 변화를 보상할 수 있는 제어방법을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2-1. 벡터제어 이론

동기속도로 회전하는 기준축에서 2상 유도전동기의 방정식은 아래와 같다.

$$\vec{V}_{ads} = [R_s + L_s(p + \vec{w}_e X)] \vec{i}_{ads} + L_m(p + \vec{w}_e X) \vec{i}_{adr} \quad (1)$$

$$0 = L_m [p + (\vec{w}_e - \vec{w}_r) X] \vec{i}_{ads} + \{R_r + L_r [p + (\vec{w}_e - \vec{w}_r) X]\} \vec{i}_{adr} \quad (2)$$

$$T_e = (3/2) * (P/2) * L_m * (\vec{i}_{adr} X \vec{i}_{ads}) \quad (3)$$

$$Jp\vec{w}_r = P/2 * (T_e - T_l) \quad (4)$$

회전자 쇄고자속은 다음과 같다.

$$\lambda_{qr} = L_m * i_{qs} + L_r * i_{qr} \quad (5)$$

$$\lambda_{dr} = L_m * i_{ds} + L_r * i_{dr}$$

식(5)를 식(2)에 대입하여 회전자 방정식을 구하면,

$$Rr \cdot i_{qr} + p \lambda_{qr} + (W_e - W_r) \cdot \lambda_{dr} = 0$$

$$Rr \cdot i_{dr} + p \lambda_{dr} - (W_e - W_r) \cdot \lambda_{qr} = 0 \quad (6)$$

이 된다.

$$\text{단, } W_{sl} = W_e - W_r \quad (7)$$

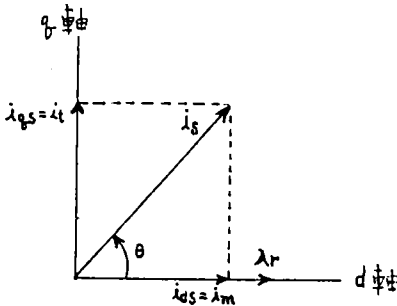
$$p = d/dt, P = \text{극수이다.}$$

여기서 회전자 자속  $\lambda_r$ 가 외전자극축의 d축과 일치한다고 하면 다음과 같이 된다.

$$\lambda_{dr} = \lambda_r \quad (8)$$

$$\lambda_{qr} = 0 = p \lambda_{qr} \quad (9)$$

이때의 Phasor도는 그림(1)과 같다.



그림(1). 폐이저도 ( $T_r^* = T_r$ )

식(7), (8), (9)를 식(6)에 대입하면

$$Rr \cdot i_{qr} + W_{sl} \cdot \lambda_r = 0 \quad (10)$$

$$Rr \cdot i_{dr} + p \lambda_r = 0 \quad (11)$$

이다.

식(5)로부터  $i_{dr}$ 과  $i_{qr}$ 을 구하여 식(10), (11)에 대입하면

$$W_{sl} = (L_m / T_r) \cdot (i_{qs} / \lambda_r) \quad (12)$$

$$p \lambda_r = (-\lambda_r + L_m \cdot i_{ds}) / T_r \quad (13)$$

또오크는

$$T_e = K_t \cdot i_{qs} \cdot \lambda_r \quad (14)$$

$$\text{단, } K_t = (3/2) \cdot (P/2) \cdot (L_m / L_r)$$

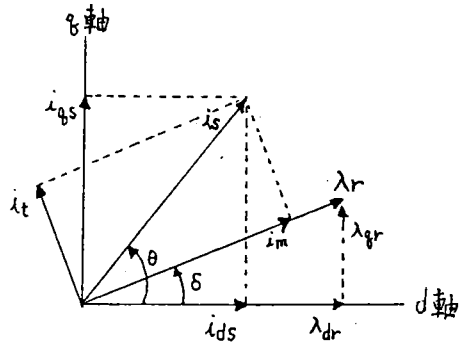
$$T_r = L_r / R_r$$

가 된다.

위의 세 식으로부터 자속 전류성분과 토오크 전류성분 및 슬립을 유도할 수 있다.

## 2-2. 전동기 파라메타의 변화

온도 변화등의 요인으로 전동기 파라메타가 변화할 때 식(8), (9)는 적용되지 못하며 2차 자속과 d축간에 위상차가 생기는데 이 때의 phasor diagram은 그림(2)와 같다.



그림(2). 폐이저도 ( $T_r^* > T_r$ )

또한, 전류성분 및 토오크는 아래와 같다.

$$i_m = i_{ds} \cdot (\cos \delta + i_{qs} \cdot \sin \delta / i_{ds})$$

$$i_t = i_{qs} \cdot (\cos \delta - i_{ds} \cdot \sin \delta / i_{qs})$$

$$\lambda_r = L_m \cdot i_m$$

$$T_e = p \frac{L_m}{L_r} i_{ds} i_{qs} \left[ \cos^2 \delta - \sin^2 \delta - \sin \delta \cdot \cos \delta \left( \frac{i_{qs}}{i_{ds}} - \frac{i_{ds}}{i_{qs}} \right) \right]$$

이때,  $W_{sl} = (1 / T_r^*) \cdot i_{qs} / i_{ds}$  이다.

결국, 회전자 파라메타의 변화로 인해 슬립각속도의 최저값과 실제값간에 편차가 생기는데 이때의 편차는 다음과 같다.

$$\Delta W_{sl} = (1 / T_r - 1 / T_r^*) \cdot i_{qs} / i_{ds} = (T_r^* / T_r - 1) \cdot W_{sl}$$

그러므로 파라메타 변동영향은 슬립오차  $\Delta W_{sl}$ 을 고정함으로써 보상할 수 있다.

### 3. 결 론

유도 전동기의 슬립주파수형 벡터제어를 행함에 있어 온도변화에 따른 회전자 파라미터의 변화는 자속과 토크 및 슬립등에 영향을 미치며 회전자 자속속과 회전 좌표축 사이에 위상차를 발생시켜 고정자 전류벡터의 토크 성분과 자속성분의 Decoupling 제어가 어렵게 된다. 따라서, 본 논문은 회전자 파라미터의 변화가 시스템에 미치는 영향을 고찰해 보았으며 또한 이때 생기는 슬립오차를 보상해 줌으로써 파라미터 변동과는 무관하게 제어를 할 수 있는 방법을 제시하였다.

### 4. 참 고 문 헌

- 1) S.Sathikumar and J.Vithayathil, "Digital Simulation of Field-Oriented Control of Induction Motor", IEEE Trans., pp.141-148, May 1984.
- 2) S.Sathikumar, "Microprocessor based field-oriented control of a CSI-fed induction motor drive" Vol. IE-33, No.1, Feb 1986
- 3) Teruolito, "Analysis of field orientation control of current source inverter drive induction motor systems", IA Vol. IA-19 No.2, Mar 1983
- 4) R.Gabriel, W.Leonhard, and C.Nordby, "Field oriented control of a standard AC-Motor using microprocessors", IAS Conf. Proc., 1979, pp.910-916
- 5) M.Kohata and H.Hayashi, "Quick Response Control of Induction Motor using Voltage Source Inverter", IPEC-TOKYO, 1983, pp.708-719