

속도검출기없는 유도전동기의 벡터제어에 관한 연구

황락훈, 장병곤, 김종래, 장진혁

세명대학교 전기공학과

A Study on the vector control of the Induction motor using sensorless

Lak-Hoon, Hwang Byung-Gon, Jang Jong-Lae, Kim Jin-hyuk, Jar Semyung University

Abstract - In this paper, the vector of induction motor using a s sensorless is described. Controlling through the estimation of input fr by slip, the speed controller wit control loops of torque control constant speed operation by the p feedback of slip is composed.

으로 제어하였으며 슬립의 피드백을 이용 함으로써 정속도 및 가변속 제어를 할 수 있었다. 전동기 구동, 전압가변을 하기 위해 PWM방법을 이용함으로써 벡터제어의 우수한 특성을 얻을 수 있었다.

1. 서론

최근에는 반도체기술의 발달과 벡터 제어 이론으로 인해 유도전동기가 직류전동기와 같은 속응성과 제어성을 가지게 되었으며 유도전동기는 직류전동기에 비해 구조가 간단하고 유지보수가 용이하지만 벡터제어를 통한 유도전동기의 고성능 운전 을 위해서는 자속 정보뿐만 아니라 속도 정보 역시 필수적인 것이다. 일반적으로 속도 정보를 얻기 위해서는 리졸버, 펄스 엔코더와 같은 센서를 이용하지만 이들 속도 센서들은 전동기와 커플링이 어렵고, 시설이 환경에 민감하여 신뢰성을 떨어뜨 리며, 경제적인 면에서 가격이 올라가는 원인이 된다. 본 논문은 전압형 전력변환 기에 의한 속도 검출기없는 유도전동기의 속도제어에 관해 논하였다. 토크제어와 정속도 운전 및 가변속 운전을 할 수 있는 두 개의 제어 루프를 구성하고 속도 제어 기계에 토오크 및 슬립, 입력주파수의 추정

2. 유도전동기 전압방정식

2-1 제어를 위한 기본식

회전 쇠교자속에 의한 유도전동기의 전압 방정식은 동기속도로 회전하는 회전자표 계에 대하여 다음식으로 표현된다.

$$\begin{bmatrix} v_{qr} \\ v_{dr} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 + \sigma L_1 & \omega \sigma L_1 & \frac{PM}{L_2} & \frac{\omega M}{L_2} \\ -\omega \sigma L_1 & R_1 + \sigma L_1 & -\frac{\omega M}{L_2} & \frac{PM}{L_2} \\ -MR_2/L_2 & 0 & R_2/L_2 + P & \omega_s \\ 0 & -MR_2/L_2 & -\omega_s & r_2/l_2 + P \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{qr} \\ i_{dr} \\ \Phi_{qr} \\ \Phi_{dr} \end{bmatrix} \quad (2-1)$$

(여기서 $\sigma = 1 - M^2/L_1L_2$ 이다.)

식(2-1)에서 회전자 자속축을 d축과 일치시키면 $\Phi_{qr} = 0$, $\Phi_{dr} = \Phi_r$ 이 되고, 일정 자속상태에서 임의의 부하에 대한 정상상태의 고정자 전압방정식은

$$\omega \frac{M}{L_2} \Phi_r i_{qs} = (v_{qs} i_{qs} + v_{ds} i_{ds}) - R_1 (i_{qs}^2 + i_{ds}^2) \quad (2-2)$$

의 관계를 가진다. 식(2-2)의 좌변은 회전자 입력에 관한 식이며 우변 제1항은 전동기입력전력, 제2항은 고정자저항손이다.

이때 설정된 토오크를 발생시키기 위해서 v_{qs} , v_{ds} 을 제어하게 되면 전동기는 짧은

시간에 설정된 토크를 발생하고, 정토크운전을 하게 된다.

식(2-2)에서 3상, P극 전동기의 토크는,

$$T = \frac{3}{2} \frac{P}{2} \frac{M}{L_2} \Phi_r i_{qs} \quad (2-3)$$

이며, 또한 식(2-1)의 회전자방정식에서 슬립은

$$\omega_s = \frac{R_2 M}{L_2 \Phi_r} i_{qs} \quad (2-4)$$

가 된다. 식(2-3)에서 전동기의 토크를 변화시키기 위해서는 토크성분전류의 가변이 요구되는데 이때에 식(2-4)에 의한 슬립이 변화해야 한다. 식(2-2)를 만족하는 정상상태로 운전하고 있는 유도전동기에서 설정토크를 가변하기 위한 슬립의 변화분을 $\Delta\omega_s$ 라 하고 토크성분전류의 변화분을 Δi_{qs} 라 하면 식(2-2)의 좌변에서 입력각수파수는 $\omega + \Delta\omega_s$ 가 되며, 토크성분 전류는 $i_{qs} + \Delta i_{qs}$ 가 되어야 하므로 식(2-2)의 우변이 이를 만족하도록 v_{qs} 및 v_{ds} 를 정하면 전동기는 짧은 시간에 설정된 토크를 발생시킨다. 이와 같이 전압형 인버터로 유도전동기를 구동할 때 전압과 주파수에 의하여 전류를 간접적으로 제어하여야 하며 전동기의 입력 전압을 연산하기 위해서 입력 주파수와 토크성분 전류 및 자속 성분전류의 설정값에 의한 벡터연산이 요구된다.

2-2 벡터제어의 연산

전압형에 의하여 구동되는 유도전동기는 E/ω 의 비로 정상상태의 자속성분전류가 결정되며 자속의 크기도 이 비로 결정할 수 있다. 식(2-1)에 의하여 정상상태에서 자속을 d축으로 했을 때 그림 2-1과 같은 벡터도로 나타내어진다. 전압형 전력변환기에 의하여 구동되는 경우 전류는 부

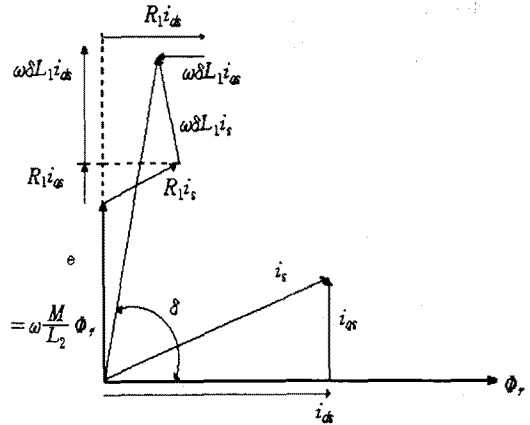


그림 2-1 전압벡터

하에 따라 결정되므로 설정된 자속과 토크를 발생하기 위한 주파수와 전류에 의하여 전압벡터를 연산하여야 한다. 그림 2-1에서와 같이 식(2-2)의 관계에서, 유기전력 e 는 식(2-5)처럼 표현되고,

$$e = \omega \frac{M}{L_2} \Phi_r \quad (2-5)$$

이며 q축 및 d축의 전압은 그림 2-1에서

$$v_{qs} = e + R_1 i_{qs} + \omega \delta L_1 i_{ds} \quad (2-6)$$

$$v_{ds} = R_1 i_{ds} - \omega \delta L_1 i_{qs} \quad (2-7)$$

으로 되고, 전압벡터는 자속축에 대하여

$$\delta = \tan^{-1} \left(\frac{v_{qs}}{v_{ds}} \right) \quad (2-8)$$

$$v_s = v_{qs} \sin \delta + v_{ds} \cos \delta \quad (2-9)$$

이 되는 벡터가 된다. 따라서 주어진 i_{qs} , i_{ds} 및 ω 에 대하여 그림 2-2와 같은 벡터연산을 한다.

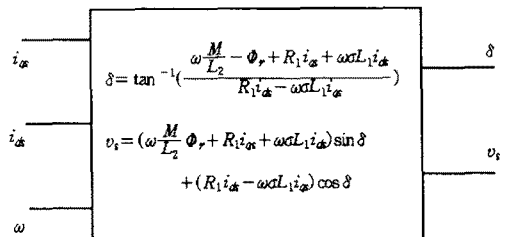


그림 2-2 벡터연산

이와 같은 벡터 알고리즘에 기초하여 그림 2-2와 같이 벡터연산을 통해 토크

제어와 정속도 운전의 기능을 갖는 속도 제어기를 구성하였다.

2-3 속도 제어기

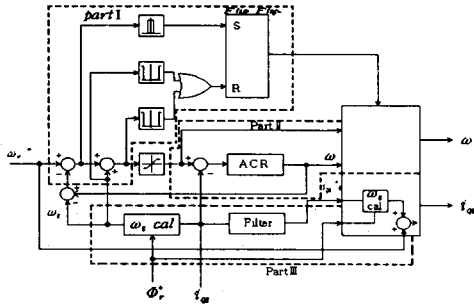


그림 2-3 슬립제한에 의한 속도제어

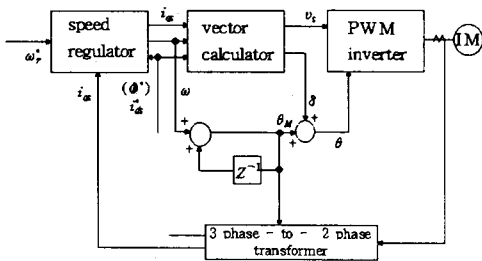
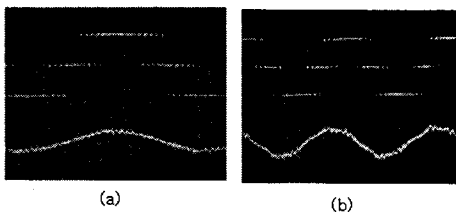


그림 2-4 유도전동기의 속도제어회로

3. 시뮬레이션 및 고찰

제안된 속도제어기에 따라 시뮬레이션을 하였다.



150(V/DIV) 10(A/DIV) 2(m/DIV)
그림 3-1 인버터의 출력전압, 전류

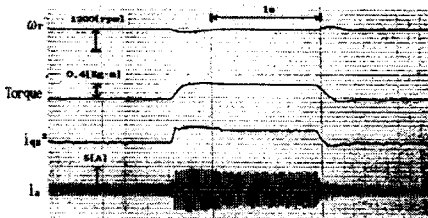


그림 3-2 부하변동에 따른 전동기의 응답
그림 3-1의 파형주파수는 (a), (b) 각각 60(Hz), 120(Hz)가 되고 120(Hz)일 때

기의 최대회전수는 3600(rpm)이 된다. 그림3-2는 부하변동에 따른 전동기의 응답파형으로서 슬립의 전계환으로 입력주파수를 보상하여 정속도 운전을 하고 있음을 알 수 있다.

4. 결론

프로그램을 저장하기 위한 8Kbyte의 ROM A/D, D/A변환기를 연결하기 위한 병렬 터페이스와 펄스폭 변조를 위한 타이머를 사용하여 속도 제어기 기능을 갖도록 프로그램을 하였다. 제안된 속도 제어기는 토오크제어 루우프와 속도제어 루우프로 구성되어 슬립에 의한 입력주파수를 추정하여 토오크 제어를 하였고, 슬립의 정계환에 의한 정속도운전이 수행되었다. 또한 펄스폭 변조에 의한 전압의 가변범위를 확대시키므로 전동기속도의 가변범위가 확대되었다. 본 연구에서 별도의 속도 검출기없이 전동기 회전속도를 추정하여 벡터 제어시스템을 구성하였고 이를 바탕으로 실험을 하여 과도상태 및 정상상태에서도 전동기의 큰 진동없이 양호한 특성을 얻을 수 있었다.

[참고 문헌]

- 1) T. Okuyama et. al.. "A high Performance speed Control scheme of Induction Motor Without speed and Voltage Sensors" IEEE/IAS Annual Meeting, pp.106-111
- 2) N. P. Kazmierkowski et. al.. "Triac Inverter-fed Induction Motor Drive Vector Control System" IEEE/IAS Meeting, pp. 162-168, 1986.
- 3) T. Tamai et. al.. "Speed Sensorless Vector Control of Induction Motor with Reference Adaptive System" IEE Annual Meeting, pp. 189-195, 1987.
- 4) I. Takahashi and Y. Ohmori. "Performance Direct Torque Control Induction Motor" IEEE Trans. Ind. vol. IA-25, PP.257-265, 1989