

유도전동기 벡터제어 시스템의 시간지연 보상

Time Delay Compensation of Induction Motor Vector Control System

¹박철우*, ²최연호*, ³임성운**, ⁴윤경섭***, ⁵권우현*

* 경북대학교 전자공학과(Tel: 81-053-940-8526; Fax: 81-053-952-3262; E-mail: true@palgong.knu.ac.kr)

** 경일대학교 제어계측공학과, *** 거창전문대학교 컴퓨터응용전자과

Abstract : It is proposed that a novel method which can compensate the time delay occurs in overall system, when voltage and current is measured, owing to LPF, hysteresis control inverter and microprocessor program computation time. The proposed scheme estimates the time delay using the difference between Q-axis stator current command and time delayed Q-axis stator current in synchronous reference frame, and compensates the time delay of voltage and current using angular displacement of DQ transformation. The proposed scheme compensates accurately the time delay occurs in overall system. Therefore performance of vector control system is improved highly and it is verified by simulation and experiment.

Keywords : induction motor, vector control, time delay, LPF

1. 서론

벡터제어는 유도전동기를 타여자식 직류전동기처럼 자속과 토크를 분리하여 제어하는 방법으로 최근 벡터제어에 대한 꾸준한 연구결과와 고성능 DSP칩과 전력용 반도체 소자의 등장으로 벡터제어 방법이 실용화되어 각종 로봇 및 NC 선반 등의 정밀한 제어 성능이 요구되는 시스템에서도 유도전동기의 사용이 증가되어 가고 있다. 그리고, 전동기 동작 중 변화하는 회로변수의 온라인 보상, 속도센서를 제거하기 위한 회전자 속도 추정 등을 통한 벡터제어 시스템의 성능 향상을 위한 연구가 활발하게 진행되어 오고 있다[2-7].

회로변수 보상과 속도 추정을 하기 위해 제안된 많은 방법들에 있어서 전압과 전류의 정확한 측정은 필수적이다. 그러나, 유도전동기의 단자 전압, 전류는 PWM된 파형이므로 기본파 성분의 측정을 위해서는 LPF를 통과시켜야 한다. LPF를 사용할 경우 전압, 전류에 시간지연이 발생하게 되고, 이 시간지연은 유도전동기가 고속에서 동작할수록 커지게 된다. 또한 PWM 인버터, 마이크로 프로세서의 프로그램 연산시간 등으로 인하여 시스템 전체에서 시간지연이 발생한다[1,2]. 시간지연을 보상하지 않은 전압과 전류를 회로변수 보상, 속도 추정 등에 이용할 경우에는 정확한 회로변수 보상과 속도 추정을 할 수 없으므로 벡터제어 시스템의 성능이 떨어지게 된다[6,7]. 시스템에서 발생하는 시간지연 중 LPF에 의한 영향은 주파수에 따른 LPF의 특성을 미리 확인하여 동작하는 속도에 따라 LPF의 영향을 보상하는 방법을 사용할 수도 있으나 [7], 벡터제어 시스템이 넓은 속도 제어 범위를 가질 경우에는 모든 동작 범위에서 LPF에 의한 크기변화와 위상변화를 정확히 알 수 없기 때문에 그 영향을 보상하기에는 어려움이 있다. 그리고, 전압과 전류의 측정시 발생하는 시간지연은 LPF에서만 발생할 뿐만 아니라 시스템 전체에서도 발생하므로 별도의 시간지연 보상방법이 필요하다.

본 논문에서는 측정된 전압, 전류를 동기좌표계로 변환하는 과정에 이용되는 DQ변환 행렬의 변위각을 제어하여 시스템 전체의 시간지연을 보상하는 방법을 제안한다. 동기좌표계의 Q축 고정자 전류 명령치와 측정치의 차이를 이용하여 DQ변환 행렬의 변위각을 제어한다면 전압과 전류 측정시 발생한 시스템 전체의 시간지

연을 보상할 수 있다. 따라서 제안한 방법은 시간지연이 없는 단자 전압과 전류의 측정이 가능하게 하므로 벡터제어의 성능을 향상시킬 수 있다. 그리고, 제안한 알고리즘의 타당성을 모의실험과 실험을 통하여 확인한다.

2. 본론

2.1 전압과 전류 측정시 발생한 시간지연의 영향

시스템의 시간 지연에 의한 영향을 동기 좌표계로 변환하여 비교해보면 다음과 같다. 식(1)에 CRPWM 인버터에 인가되는 3상 전류명령치를, 식(2)에는 동기좌표계로 DQ변환할때 이용되는 행렬을 나타내었다.

$$\begin{aligned} i_a &= I_s \cos(\theta_{ef}) \\ i_b &= I_s \cos\left(\theta_{ef} - \frac{2}{3}\pi\right) \\ i_c &= I_s \cos\left(\theta_{ef} + \frac{2}{3}\pi\right) \end{aligned} \quad (1)$$

여기서, $\theta_{ef} = \int_0^t \omega_e(\xi) d\xi + \theta_{ef}(0)$ 이고, 인가되는 전원의 변위각을 나타낸다.

$$Ks = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos \theta_e & \cos\left(\theta_e - \frac{2}{3}\pi\right) & \cos\left(\theta_e + \frac{2}{3}\pi\right) \\ \sin \theta_e & \sin\left(\theta_e - \frac{2}{3}\pi\right) & \sin\left(\theta_e + \frac{2}{3}\pi\right) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서, $\theta_e = \int_0^t \omega_e(\xi) d\xi + \theta_e(0)$ 이고, 동기좌표계의 변위각이다.

3상 전류명령치인 식(1)을 DQ변환 행렬인 식(2)를 이용하여 동기좌표계로 변환하면 식(3), (4)와 같고, 이때 Q축과 D축 전류는 상호간섭이 없어진 상수로 나타낸다.

$$i_m^e = I_s \cos[\theta_e(0) - \theta_{ef}(0)] \quad (3)$$

$$i_d^e = I_s \sin[\theta_e(0) - \theta_{ef}(0)] \quad (4)$$

식(5)는 크기와 위상에 변화가 발생한 측정 전류로 I_d 은 측정