

# 토크를 물리량으로 가지는 적응제어 구조의 센서리스 벡터제어

## Adaptive Speed Identification for Sensorless Vector Control of Induction Motors with Torque

°김도영\*, 박철우\*, 최병태\*, 이무영\*\*, 권우현\*

\*경북대학교 전자전기공학부(Tel:053-940-8526; Fax : 053-952-3262; E-mail : springle@palgong.knu.ac.kr)

\*\* 두원공과대학 전자과 (Tel : 031-70-7177; E-mail : mylee@doowon.ac.kr)

**Abstract** : This paper describes a model reference adaptive system(MRAS) for speed control of vector-controlled induction motor without a speed sensor. The proposed approach is based on observing the instantaneous torque. The real torque is calculated by sensing stator current and estimated torque is calculated by stator current that is calculated by using estimated rotor speed. The speed estimation error is linearly proportional to error between real torque and estimated torque. The proposed feedback loop has linear component. Furthermore proposed method is robust to parameters variation. The effectiveness is verified by equation and simulation

**Keyword** : 적응제어, 센서리스, 토크, 유도전동기

### 1. 서론

정확한 속도와 토크의 가변을 필요로 하는 전동기의 구동에 있어서 효과적인 벡터제어를 위해서는 자속각의 위치정보를 얻기 위해 센서들을 필요로 한다. 하지만 이러한 센서는 시스템의 신뢰성을 낮게 할 뿐 아니라, 외부 환경에 민감하며 진기적인 잡음을 피한 배선과 위치선정에 어려움이 있고 가격이 증가하는 단점이 있다. 따라서 속도센서를 사용하지 않는 속도제어 방식이 제안되었다. 기준모델과 적응모델사이의 자속의 오차를 제한하는 적응제어 방법[1,5], 역기전력을 이용한 적응제어 방법[2,5], 상태관측기에 의해 회전자 자속을 추정하고 고정자 전류와 회전자 자속을 이용하여 속도정보를 얻는 방법[3], 입출력 잡음의 영향을 최소화하는 칼만필터를 이용하는 방식 등이 있다[4]. 이러한 방법들은 모두 장점과 한계점을 가지고 있으며, 저속영역에서의 안정성, 넓은 속도제어 범위 및 회로변수의 변화에 대한 견실성 등 센서리스 벡터제어에서 요구되는 모든 사항들을 만족시키지는 못하고 있다.

본 논문에서는 기존 적응제어 구조와는 달리 제한 루프에 비선형적인 특징을 가지지 않는 새로운 물리량, 토크를 이용하여 속도추정 입력오차가 토크오차에 일차 비례하는 관계로 나타내며, 빠른 속도추정 특성과 회로변수 변화에 견실한 특징을 보인다. 기존 적응제어의 구조와 성능을 서로 비교하고, 모의실험을 통해 제시된 방법의 타당성을 검증한다.

### 2. 벡터제어

유도전동기는 직류전동기처럼 자속제어 전류와 토크제어 전류가 분리되지 않고 상호작용으로 인해 선형적인 제어가 어렵다.

이렇게 결합된 요소들을 분리하기 위해 타여자 직류전동기처럼 전류성분을 자속성분 전류와 토크성분의 전류로 분리하는 방법이 벡터제어이다. 자속 3상의 성분을 DQ변환에 의해 2상으로 변환하여 d축에 회전자의 자속벡터를 일치시키고 직교하는 q축에 토크성분을 일치시켜 두 전류성분을 독립적으로 제어할 수 있게 한다. 이와 같이 두 전류성분을 완전히 분리하기 위해서는 자속 벡터의 위치를 순시적으로 정확히 알아야 한다. 일반적인 벡터제어에서는 회전자축에 연결된 속도센서로 측정된 속도를 이용하여 자속벡터의 위치를 추정한다. 속도센서가 있는 시스템에서는 정밀한 서보제어가 가능하지만 속도 센서로 인한 기계적인 제작의 어려움, 신뢰성의 문제등을 야기한다. 이러한 방법과는 달리 센서리스 벡터제어는 유도 전동기의 단자 전압, 전류로부터 회전자의 속도를 추정하고, 자속전류와 토크전류를 분리제어하기 위한 회전자의 자속위치 정보를 얻는다. 유도전동기의 벡터제어를 위한 관련수식은 다음과 같다. 식(1)은 일반 좌표계에서의 유도전동기의 d-q전압 방정식이다.

$$\begin{bmatrix} v_d \\ v_q \\ v_{dr} \\ v_{qr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_s + L_s p & \omega L_m & L_m p & \omega L_m \\ -\omega L_s & r_s + L_s p & -\omega L_m & L_m p \\ L_m p & (\omega - \omega_r) L_m & r_r + L_r p & (\omega - \omega_r) L_r \\ -(\omega - \omega_r) L_m & L_m p & -(\omega - \omega_r) L_r & r_r - L_r p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \\ i_{dr} \\ i_{qr} \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서, p는 미분연산자이고,  $\omega_r$ 은 회전자 속도이고,  $\omega$ 는 좌표계의 회전 속도이다.

고정자와 회전자의 쇄교자속은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \lambda_{qs} &= L_s i_{qs} + L_m (i_{qs} + i_{qr}) = L_s i_{qs} + L_m i_{qr} \\ \lambda_{qr} &= L_s i_{qr} + L_m (i_{qr} + i_{qs}) = L_s i_{qr} + L_m i_{qs} \\ \lambda_{ds} &= L_s i_{ds} + L_m (i_{ds} + i_{dr}) = L_s i_{ds} + L_m i_{dr} \\ \lambda_{dr} &= L_s i_{dr} + L_m (i_{dr} + i_{ds}) = L_s i_{dr} + L_m i_{ds} \end{aligned} \quad (2)$$

발생토크는 다음과 같다.