

직접토크제어 유도전동기 구동장치를 위한 퍼지이득조정 자속관측기

Fuzzy Gain Scheduling Flux Observer for Direct Torque Controlled Induction Motor Drives

°금원일*, 류지수*, 박태건**, 이기상*

* 단국대학교 전기공학과(Tel : 81-02-709-2581; Fax : 81-02-795-8771 ; E-mail:keesang@dankook.ac.kr)
 ** 충북과학대학 전자정보과(Tel : 81-043-730-6373; Fax : 81-043-243-9078 ; E-mail:taegeon@ctech.ac.kr)

Abstract : A direct torque control(DTC) based sensorless speed control system which employs a new closed loop flux observer is proposed. The flux observer takes an adaptive scheduling gains where motor speed is used as the scheduling variable. Adaptive nature comes from the fact that the estimated values of stator resistance and speed are included as observer parameters. The parameters of the PI controllers adopted in the adaptive law for the estimation of stator resistance and motor speed are determined by simple genetic algorithm. Simulation results in low speed region are given for comparison between proposed and conventional flux estimate scheme.

Keywords : DTC, fuzzy, genetic algorithm, induction motor, observer

1. 서 론

직접토크제어(DTC)는 벡터제어와 같이 자속과 토크를 분리제어 하더라도 비교적 낮은 스위칭 주파수로 운전되기 때문에 중대형 유도전동기의 제어기법으로 많은 주목을 받고 있다. DTC는 복잡한 좌표변환 과정 및 내부전류제어 루프를 필요로 하지 않고 구조가 간단하며 빠른 토크제어를 수행할 수 있는 장점을 지닌다[4]. 직접 토크제어의 구현을 위해서는 고정자 자속에 대한 정보가 필요로 하는데, 전통적인 직접토크제어 기법에서는 직접적분에 의한 개루프 방법에 의하여 고정자 자속을 추정한다. 그러나 이 방법은 적분 초기치 선정의 문제와 파라미터변화에 의한 추정성능 감퇴의 문제가 있다. 이러한 저속영역에서의 자속추정문제를 해결하기 위해 적응관측기[1,2] 및 칼만필터[3] 등을 이용한 연구들이 진행중이다. 본 논문에서는 직접토크제어 유도전동기 구동장치를 위한 새로운 자속관측기를 제안한다. 제안된 자속관측기는 전동기 속도의 변화에도 불구하고 극점이 항상 할당된 위치에 존재하도록 전동기 속도를 조정변수로 사용하는 이득조정기법과 고정자 저항과 전동기 속도를 추정하기 위한 적응규칙을 포함한다. 적응규칙의 성능을 좌우하는 PI제어기의 파라미터들은 유전알고리즘에 의해 결정되었다. 제안된 자속관측기와 이를 포함한 유도전동기 제어시스템의 성능을 입증하기 위하여 기존의 자속추정기법 및 제안된 자속추정기법을 포함한 DTC제어계의 제어성능을 비교하였으며 속도센서 없는 DTC제어계의 적용 가능성을 검토하였다.

2. 유도전동기의 모델 및 DTC의 개념

2.1. 유도전동기의 모델

일반적으로 3상 유도전동기는 고정자 기준 2상 α - β 좌표계로 변환하여 표현하는 것이 편리하다. 임의의 3상 변수 f_a, f_b, f_c 는 다음 식에 의하여 고정자 기준 α - β 좌표계로 변환 할 수 있다.

$$f = f_\alpha + jf_\beta = \frac{2}{3}(f_a + f_b e^{\frac{2\pi}{3}} + f_c e^{\frac{4\pi}{3}}) \quad (1)$$

식(1)을 이용하여 고정자 기준 α - β 좌표계에서 유도 전동기를 표현하면 다음과 같이 된다.

$$v_s = R_s i_s + \frac{d\lambda_s}{dt} \quad (2)$$

$$0 = R_r i_r + \frac{d\lambda_r}{dt} - j\omega_r \lambda_r \quad (3)$$

$$\lambda_s = L_s i_s + L_m i_r \quad (4)$$

$$\lambda_r = L_r i_r + L_m i_s \quad (5)$$

여기서, 아래첨자 s와 r은 고정자와 회전자를 표시하며, L_s, L_r, L_m 은 각각 권선의 자기 인덕턴스와 상호 인덕턴스이다. 또 R_s, R_r 은 권선 저항이며, ω_r 은 회전자의 전기 각속도 이다. 유도전동기의 토크 방정식은 다음과 같다.

$$T_e = \frac{3}{2} \frac{p}{2} (\lambda_s \times i_s) \quad (6)$$

여기서 p 는 극수 이다. 식(2)는 다음의 식(7)과 같이 쓸 수 있다.

$$\lambda_s = \int (v_s - R_s i_s) dt \quad (7)$$

직접토크 제어는 이식에 근거하여 인버터로부터 인가되는 고정자 전압에 의해 직접제어 한다. 또한 이 식은 고정자 자속의 추정에 사용된다. 이때 고정자 자속의 크기 및 각 위치는 다음과 같다.

$$|\lambda_s| = \sqrt{\lambda_\alpha^2 + \lambda_\beta^2} \quad (8)$$

$$\theta_s = \tan^{-1} \left(\frac{\lambda_\beta}{\lambda_\alpha} \right) \quad (9)$$

2.2. 직접토크제어 기법

직접 토크제어에서 스위칭 테이블 기법은 그림 1과 같이 전압벡터를 적절히 선택함으로써 토크와 자속의 크기를 원하는 방향으로 제어하는 기법이다. 일반적으로 자속이 k 섹터에 위치한 경우, 전압벡터의 영향은 표 1과 같으며 제어시 사용된 전압벡터 선택표는 표 2와 같다[4].

표 1. 전압벡터에 의한 고정자 자속과 토크의 영향.

	u_k	u_{k+1}	u_{k+2}	u_{k+3}	u_{k+4}	u_{k+5}	u_{k+7}
λ_s	↑↑	↑	↓	↓↓	↓	↑	↓
T_e ($\omega_m > 0$)	↓	↑	↑	↓	↓↓	↓↓	↓
T_e ($\omega_m < 0$)	↑	↑↑	↑↑	↑	↓	↓	↑