

속도 연산기를 이용한 유도전동기의 속도제어

서영수¹, 차광훈², 이상훈², 임영배²
¹명지대학교, ²충남전문대

Control of Induction Motor with Speed Estimator

Young-Soo Seo¹, Kwang-Hun Cha², Sang-Hun Lee², Young-Bae Lim²
¹Myong-Ji Univ., ²Chung-Nam Junior College.

Abstract - A sensorless controller of induction motor has several advantage: availability in a harsh environment. In this paper, the speed information is driving from the currents and the estimated stator flux. To obtain the estimated stator flux, this study is using The Estimator. The simulation results show that the proposed scheme has activity over a wide speed range and good response to load variations

안한 방법이 넓은 속도 영역에서 속도응답 특성이 우수하고 부하의 변동에도 좋은 응답특성을 확인하였다.

2. 속도 연산기

속도검출기가 없는 유도전동기를 제어하기 위하여 고정 좌표계에서의 유도전동기의 전압방정식은 다음과 같다.[3-4]

1. 서 론

최근 전력용 반도체 분야에서 전력변환 기술의 발달과 마이크로 프로세서의 고성능화에 의한 제어기의 발달로 인하여 유도전동기가 가변속 전동기의 응용분야에 많이 사용되고 있다. 유도전동기는 구조가 간단하고 보수가 용이하며 가격이 저렴할 뿐만 아니라 정속도 운전으로서 성능이 매우 양호하다.

유도전동기의 벡터 제어를 위해서는 정밀한 회전속도의 측정이 필수적으로 요구되고 있다. 그러나 산업응용분야에서는 설치환경, 가격 등의 제약과 검출기 자체가 전동기에 직결되어야 하고 제어기와 멀리 떨어져 있으므로 제어에 있어서 여러 가지 문제를 야기시키는 경우가 많으므로 센서없는 속도제어에 대한 관심이 고조되고 있다.

본 연구에서는 이러한 센서리스제어를 실현하기 위해 단자전압과 저항강하의 차로 구한 유도 기전력을 적분하여 얻은 자속성분과 유도전동기의 입력 전류를 이용하는 속도연산기를 사용하여 회전자속도를 추정하였다.[1-2] 그러므로써 검출기를 이용할 경우에 발생할 수 있는 여러 가지 문제점을 감소시킬 수 있다. 한편, 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제

$$\begin{aligned} v_{ds}^s &= R_s i_{ds}^s + p \lambda_{ds}^s \\ v_{qs}^s &= R_s i_{qs}^s + p \lambda_{qs}^s \\ 0 &= R_r i_{dr}^s + p \lambda_{dr}^s + \omega_r \lambda_{qr}^s \\ 0 &= R_r i_{qr}^s + p \lambda_{qr}^s - \omega_r \lambda_{dr}^s \end{aligned} \quad (1)$$

단, 여기서 각각의 쇄교자속은

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

이고, 회전자 전류는 식(1), 식(2)을 이용하여 고정자 쇄교자속과 고정자 전류로 표현하면 식(3)과 같다.

$$\begin{aligned} i_{dr}^s &= \frac{1}{pL_m} (v_{ds}^s - R_s i_{ds}^s) - \frac{L_s}{L_m} i_{ds}^s \\ &= \frac{1}{L_m} (\lambda_{ds}^s - L_s i_{ds}^s) \\ i_{qr}^s &= \frac{1}{pL_m} (v_{qs}^s - R_s i_{qs}^s) - \frac{L_s}{L_m} i_{qs}^s \\ &= \frac{1}{L_m} (\lambda_{qs}^s - L_s i_{qs}^s) \end{aligned} \quad (3)$$

식(1)에서 회전자 저항 R_r 을 제거하면 다음과 같은 회전자 속도 ω_r 을 얻을 수 있다.

$$\omega_r = \frac{(\lambda_{ds}^* - L_s i_{ds}^*) \dot{\lambda}_{qr}^* - (\lambda_{qs}^* - L_s i_{qs}^*) \dot{\lambda}_{dr}^*}{(\lambda_{ds}^* - L_s i_{ds}^*) \lambda_{dr}^* + (\lambda_{qs}^* - L_s i_{qs}^*) \lambda_{qr}^*}$$

그림 1은 회전자 속도를 구하기 위한 블록도를 나타낸 것이다. 식(1)과 식(3)으로부터 구한 고정자 자속성분과 고정자 전류성분을 입력값으로하여 회전자 자속성분을 구하고 이를 이용하면 회전자 속도 ω_r 를 구할 수 있음을 알 수 있다.

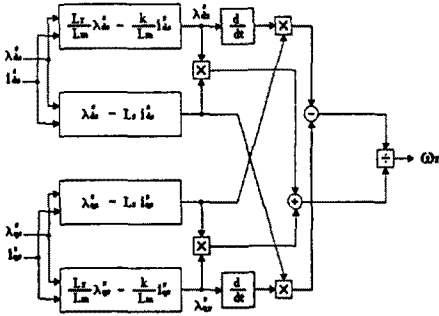


그림 1. 속도 연산기

3. 유도전동기의 속도제어 블록도

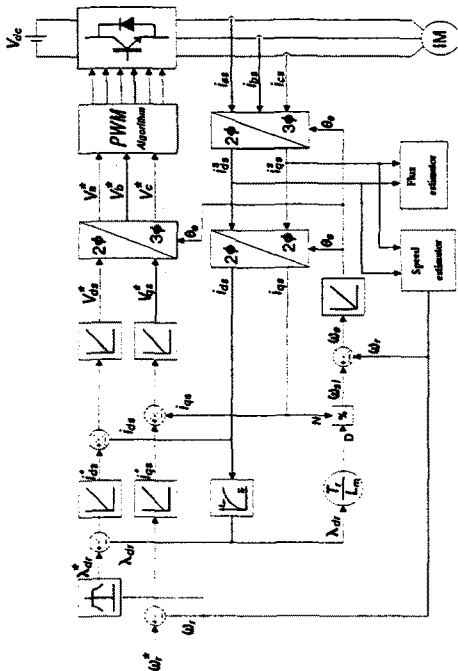


그림 2. 속도제어 블록도

그림 2는 본 연구에 사용한 유도전동기의 속도 제어 블록도를 나타내고 있다. 이 시스템은 속도제어기, 자속제어기, 전류제어기, 자속연산기, 속도연산기, PWM 발생기등으로 구성되어 있다.

먼저 기준지령속도 ω_r^* 이 주어지면 이는 속도 연산기로부터 추정된 실제속도 ω_r 과 비교되어 토크를 발생하기 위한 q축 기준전류 i_{qs}^* 를 발생한다. 이 속도제어기 및 자속제어기, 전류제어기 등 모든 제어기의 오차보상에는 PI 제어방식을 사용한다.

또한 일정한 값으로 주어지는 회전자 기준자속 λ_{dr}^* 은 전동기의 고정자 전류로부터 환산된 실제 회전자 자속 λ_{dr} 과 비교되어 자속을 발생하기 위한 d축 기준전류 i_{ds}^* 를 만든다. 이와같이 발생된 d축과 q축의 기준전류는 각각 전동기의 고정자에서 측정된 실제전류와 비교되어 이를 인버터로 제어하기 위한 기준전압을 얻게된다.

4. 시뮬레이션

본 연구에서 제안한 속도 연산기를 이용한 속도 제어 알고리즘의 타당성을 시뮬레이션을 통하여 알아보았다. 시뮬레이션에 이용된 유도전동기는 5[HP], 220[V], 60[Hz], 4극이며, 정격속도는 1730[rpm]이다. 시뮬레이션에 이용된 전동기의 정수는 표1과 같다.

표 1. 전동기 상수

고정자 저항	R_s	0.567 [Ω]
회전자 저항	R_r	0.335 [Ω]
고정자 인덕턴스	L_s	66.06 [mH]
회전자 인덕턴스	L_r	66.06 [mH]
상호인덕턴스	L_m	63.10 [mH]
관성모우먼트	J	0.041 [$\text{Kg} \cdot \text{m}^2$]

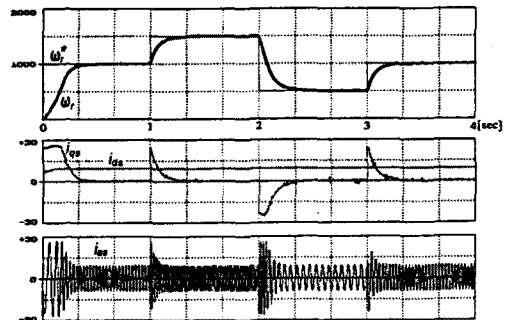


그림 3. 기준 속도 변화에 대한 속도 응답 특성 (무부하, 1000 → 1500 → 500 → 1000[rpm])

그림 3은 기준속도 변화에 대한 시스템의 속도 응답특성을 알아보기 위한 시뮬레이션으로, 전동기를 무부하 상태에서 기준속도 1000[rpm]으로 스탠 기동하고, $t=1.0[s]$ 에서 1500[rpm], $t=2.0[s]$ 에서 500[rpm], $t=3.0[s]$ 에서 1000[rpm]으로 기준속도가 변화함에 따라 시스템의 응답특성을 시뮬레이션한 파형이다. 제안한 방법이 우수한 응답특성을 나타냄을 확인할 수 있다.

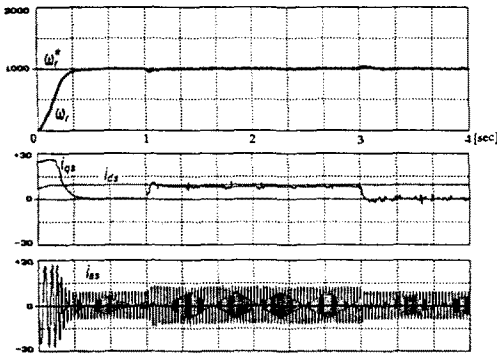


그림 4. 부하토크 변화에 대한 속도 응답 특성

그림 4는 부하 변동에 대한 속도 응답특성을 살펴보기 위한 시뮬레이션으로, 무부하 상태에서 기준속도를 1000[rpm]으로 스탠 기동하고, $t=1.0[s]$ 에서 1/2부하를 인가하고, $t=3.0[s]$ 에서 부하를 제거하였을 경우에 부하 변동에 대한 속도 응답 특성을 나타낸다. 부하 변동에 대한 속도 변동이 적고, 시스템의 동작특성이 우수함을 알 수 있다.

5. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 속도연산기를 실험하기 위해 PWM인버터를 이용하여 농형 유도전동기를 구동하였다.

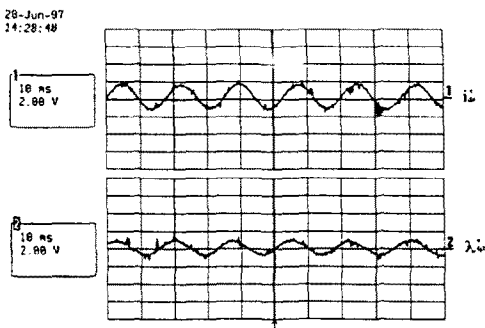


그림 5. 전류와 자속파형

그림 5는 전동기의 고정자 전류와 회전자 자속에 대한 그림이다. 이 그림에서 관찰된 바와 같이 전동기에 입력되는 전류에 대하여 전동기측 내부에서 발생하는 자속을 양호하게 추정하고 있음을 보이고 있다.

5. 결론

본 논문에서는 속도 연산기를 이용한 유도전동기의 센서리스 속도제어에 대한 동작원리와 제어방식을 제안하고, 시뮬레이션을 통하여 제안된 시스템의 동작특성을 알아보고 타당성을 검증하였다. 또한 실험을 통하여 전동기 내부에서 발생하는 자속을 양호하게 추정하고 있음을 확인하였다.

향후과제로는 시뮬레이션을 통해 확인한 속도연산기를 이용한 유도전동기의 센서리스 속도제어의 동작특성을 실험을 통하여 확인하는 것이다.

[참고 문헌]

- [1] Toshiyuki Kanmachi, etc., "Sensor-Less Speed Control of an Induction Motor", IEEE, pp.22-27, 1995
- [2] A.Bettini "Comparison of Different Schemes without Shaft Sensors for Field Oriented Control Drives", IEEE, pp.1579-1588, 1994
- [3] B.K.Bose "POWER ELECTRONICS AND AC DRIVES", pp.271-276, 1987
- [4] Ion Boldea and Syed A.Nasar, "VECTOR CONTROL OF AC DRIVES, pp.33-43, 1992