

# 適應磁束 업저버를 이용한 誘導電動機의 制御特性 改善에 관한 연구

(An Improvement of the Control Characteristics of Induction Motors using  
Adaptive Flux Observers)

尹炳道\* · 朴鉉鎬\*\* · 金燦起\*\*\*

(Byung -Do Yoon · Hyun-Ho Park · Chan-Ki Kim)

## 요 약

최근 반도체 기술의 발달과 마이크로프로세서 제어기술의 발달에 따라서 교류전동기 구동을 위한 벡터제어 이론의 적용으로 종래 직류전동기의 응용분야를 점차 교류전동기로 대체해 가고 있다.

이러한 교류 전동기시스템에서 센서는 주위 환경에 민감할 뿐만아니라, 전동기축에 장착하기가 쉽지 않다. 이러한 교류 전동기시스템의 센서를 제거한 센서리스 벡터제어시스템은 시스템에서 필요로 한 파라미터의 변동에 취약할 수 밖에 없다.

본 논문에서는 이러한 센서리스 벡터시스템의 파라미터변동과 속도센서를 직접벡터제어에 의한 적응자속업저버를 부가함으로써 해결될 수 있음을 보여 주고 있다. 본 논문에서는 벡터제어시 연속 과부하 운전시 가장 변하기 쉬운 회전자 저항을 동정하여 정상상태에서는 물론 과도상태에서도 고정밀제어가 가능한 제어 알고리즘 및 속도추정오차를 제거하기 위한 속도추정 업저버를 부가하여 센서리스 제어를 실현하고 시뮬레이션을 통하여 타당성을 검증하였으며 실험을 통하여 그 효용성을 확인하였다.

## Abstract

The field-oriented control method is widely used for induction motor drives. In this application, a speed sensor such as a shaft encoder is usually used.

However, a speed sensor is not easy mounted on the motor shaft in some cases such as high speed motor drives and motor drives in a hostile environment.

Previously several field-oriented induction motor drive methods without encoder have been proposed.

However this method has a disadvantage that the variation of induction motor parameters makes it difficult to accurately compute the unit vector and consequently it causes an error in the estimation of the motor speed. Thus it is necessary to estimate the variation of the induction motor parameters in

\* 正會員：中央大學校 工科大學 電氣工學科 教授 · 工博

\*\* 正會員：中央大學校 工科大學 電氣工學科 博士課程修了

\*\*\* 正會員：中央大學校 工科大學 電氣工學科 博士課程

接受日字：1994年 2月 2日

the estimation of rotor speed.

This paper presents an adaptive flux observer based on the direct vector control which can compensate the variation of induction motor parameters without a speed sensor.

The effectiveness of the proposed method was verified by computer simulation, and it was also demonstrated by an experiment.

## 1. 서 론

유도전동기의 벡터제어에서 토크는 q축 전류성분에 비례하므로 2차 쇄교자속축과 직교하고 있는 q축성분의 전류를 제어하면 유도전동기는 타여자 직류전동기와 같이 제어성능이 좋은 전동기로서 사용할 수 있다. 유도전동기를 2차 쇄교좌표상에서 제어하기 위해서는 그 좌표축의 위상을 검출 또는 추정하여야 한다. 그리고 벡터 제어에서는 직류량인 d-q축 성분을 3상 교류량으로 변환하기 위한 단위벡터가 필수적이다. 이러한 단위벡터의 구성에 따라 “직접벡터제어”와 “간접벡터제어”로 분류할 수 있다.<sup>1)</sup>

직접벡터제어 방식이나 간접벡터제어 방식에서 시스템의 경량화, 단순화, 측정잡음에 대한 문제 때문에 속도 및 위치 센서를 제거한 시스템의 개발이 촉진되고 있다.<sup>2)-7)</sup> 이러한 센서리스 벡터제어에서 속도의 추정은 고정자 전류나 전압을 이용해서 추정하나,<sup>2)-7)</sup> 만약 유도전동기의 파라미터가 변한다면 추정속도의 오차가 발생하여 단위벡터와 피이드백하는 속도정보가 불확실하여 고정밀 제어가 어렵게 된다. 따라서 유도전동기 파라미터 가운데 속도추정시 가장 많이 변하는 파라미터를 동정할 필요가 있다.<sup>8)</sup>

본 논문에서는 고정밀 속도제어를 위하여 센서리스 직접벡터제어를 행하고자 한다. 이를 위해서 유도전동기의 파라미터중에서 가장 변동이 심한 회전자 2차저항을 적응제어하기 위한 회전자 저항에 적응하는 회전자 자속 옵저버를 제안한다. 또한 1차전압과 1차전류만을 이용하여 속도 센서없이 정밀한 속도추정을 하기 위한 속도추정기를 제안하고 이를 이용하여 속도의 추정을하고자 한다.

‘직접벡터제어법’을 기본제어법으로 하여 유도

전동기의 온도상승에 의해 2차 시정수의 변동에 따른 제어특성을 개선하기 위하여 적응자속 옵저버를 추가하였다. 이와 함께 속도추정오차를 제거하기 위한 정상상태에서는 물론 과도상태에서도 고정밀제어가 가능한 제어 알고리즘 및 속도 추정 옵저버로 속도센서가 필요치 않은 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션을 통한 타당성을 검증하고자 하였으며, 실험을 통하여 그 효용성을 확인하고자 한다.

## 2. 유도전동기의 벡터 구동과 자속 옵저버

### 2.1 유도전동기의 제어시스템

회전자 자속에 대하여 정리한 유도전동기의 전압방정식은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} v_{1d} \\ v_{1q} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 + \sigma L_1 & -\omega_s L_1 & P \frac{M}{L_2} & -\omega_2 \frac{M}{L_2} \\ \omega_s L_1 & R_1 + \sigma L_1 & \frac{M}{\omega_s L_2} & P \frac{M}{L_2} \\ -M \frac{R_2}{L_2} & 0 & \frac{R_2}{L_2} + P & -(\omega_1 - \omega_2) \\ 0 & -M \frac{R_2}{L_2} & (\omega_1 - \omega_2) & \frac{R_2}{L_2} + P \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{1d} \\ i_{1q} \\ \phi_{2d} \\ \phi_{2q} \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서,  $v_{1d}$ ,  $v_{1q}$ ,  $i_{1d}$ ,  $i_{1q}$ : d, q축 1차전압, 1차전류,  $L_{11}$ ,  $L_{22}$ 는 고정자와 회전자 누설 인덕턴스,  $R_1$ ,  $R_2$ 는 고정자와 회전자의 저항  $L_1 = L_{11} - M$ ,  $L_2 = L_{22} - M$ ,  $M$ 은 자화 인덕턴스

$$P = \frac{d}{dt} \quad \sigma : \text{누설계수}, \sigma = 1 - \frac{M^2}{L_1 L_2} \text{이다.}$$

식 (1)에서 유도전동기의 정지기준좌표계에 있어서 다음과 같이 상태방정식을 쓸 수 있다.

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_1 \\ \phi_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ \phi_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_1 \\ 0 \end{bmatrix} U = AX + BU \quad (2)$$

여기서,  $i_1 = [i_{1d} \ i_{1q}]^T$ : 고정자 전류

$\phi_2 = [\phi_{2d} \ \phi_{2q}]^T$  : 회전자 자속

$U = [v_{1d} \ v_{1q}]^T$  : 고정자 전압

$$A_{11} = -\left\{ \frac{R_1}{\sigma L_1} - \frac{1-\sigma}{\sigma \tau_2} \right\} I = a_{11}I$$

$$A_{12} = \frac{M}{\sigma L_1 L_2} \left\{ -\frac{1}{\tau_2} I - \omega_2 J \right\} = a_{12}I + a_{12}J$$

$$A_{21} = \frac{M}{\tau_2} I = a_{21}I$$

$$A_{22} = -\frac{1}{\tau_2} I + \omega_2 J = a_{22}I + a_{22}J$$

$$B_1 = \frac{1}{\sigma L_1} I = b_1I$$

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad J = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \tau_2 : \text{회전자 시}$$

$$\text{정수, } \tau_2 = \frac{L_2}{R_2}$$

$\omega_2$  : 전동기 각속도

## 2.2. 속도 추정

유도전동기의 모델에 기초해서 단자로 부터 측정 한 전압, 전류를 이용하여 유도전동기의 속도를 검출하는 형태를 고려할 수 있다. 정지기준좌 표계에서 유도전동기의 전압과 전류가 측정되어 지므로 식(1)의 3,4행을 다음과 같이 표현할 수 있다.<sup>5)</sup>

$$P \begin{bmatrix} \phi_{2d} \\ \phi_{2q} \end{bmatrix} = \frac{L_2}{M} \left[ \begin{bmatrix} v_{1d} \\ v_{1q} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} (R_1 + \sigma L_1 P) \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{1d} \\ i_{1q} \end{bmatrix} \right] \quad (3)$$

우선, 회전자 자속벡터의 각  $\theta$ 의 그 미분을 다음과 같이 나타낼 수 있다.<sup>5)</sup>

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{\phi_{2q}}{\phi_{2d}} \right) \quad (4)$$

$$P\theta = \frac{\phi_{2d}(P\phi_{2q}) - \phi_{2q}(P\phi_{2d})}{\phi_{2d}^2 + \phi_{2q}^2} \quad (5)$$

이 식의  $P\phi_{2d}$ 와  $P\phi_{2q}$ 를 식 (3)으로 부터 구하여 식 (5)에 대입하면 다음 식을 얻을 수 있다.

$$P\theta = \omega_2 + \frac{M}{\tau_2} \left( \frac{\phi_{2d}i_{1q} - \phi_{2q}i_{1d}}{\phi_{2d}^2 + \phi_{2q}^2} \right) \quad (6)$$

$$\omega_2 = P\theta - \frac{M}{\tau_2} \left( \frac{\phi_{2d}i_{1q} - \phi_{2q}i_{1d}}{\phi_{2d}^2 + \phi_{2q}^2} \right) \quad (7)$$

$$\omega_{s1} = \frac{M}{\tau_2} \left( \frac{\phi_{2d}i_{1q} - \phi_{2q}i_{1d}}{\phi_{2d}^2 + \phi_{2q}^2} \right) \quad (8)$$

이와 같이 하여 속도를 추정하면 속도센서가 필요하지 않은 제어시스템이 될 수 있다. 이때의 속도추정 업저버를 다음 그림 1에 나타내었다.

## 2.3 회전자 자속업저버

식 (2)에서 고정자 전류와 회전자 자속을 함께 추정하는 상태 업저버는 다음 식으로 쓸 수 있다.

$$\frac{d}{dt} \hat{X} = \hat{A} \hat{x} + BU + G(\hat{i}_1 - i_1) \quad (9)$$

여기서 “ $\hat{\phantom{x}}$ ”는 추정치를 의미하며  $G$ 는 식 (9)이 안정될 수 있도록 하는 업저버의 이득 행렬이다. 업저버의 극이 유도전동기의 극에 비례 하도록  $G$ 는 다음 식에 의해 계산된다. 이때 비례상수  $k > 0$ 이다.<sup>2), 3), 5)</sup>

$$G = \begin{bmatrix} g_1 & g_2 & g_3 & g_4 \\ -g_2 & g_1 & -g_4 & g_3 \end{bmatrix}^T \quad (10)$$

$$g_1 = (k-1)(a_{r11} + a_{r22}) \quad (11)$$

$$g_2 = (k-1)a_{r22} \quad (12)$$

$$g_3 = (k^2-1)(ca_{r11} + a_{r21}) - c(k-1)(a_{r11} + a_{r22}) \quad (13)$$

$$g_4 = -c(k-1)a_{r22} \quad (14)$$

$$\text{여기서, } c = \frac{\sigma L_1 L_2}{M}$$

이때의 자속 업저버의 구성은 다음 그림과 같다.

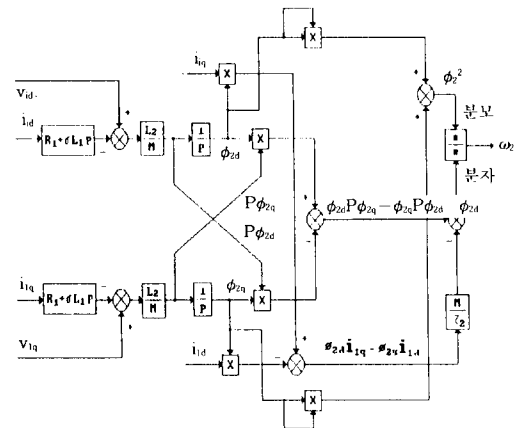


그림 1. 속도추정 업저버  
Fig. 1. Speed estimation observer

### 3. 시스템 구성 및 시뮬레이션

#### 3.1 하드웨어 구성

본 연구에서 실험에 사용된 시스템의 구성도를 그림 3에 나타내었다.

Converter부, Inverter부, 제어회로부로 구성되며 실험용 전동기는 4극 3상 유도전동기이다.

컨버터부는 인버터 구동을 위한 전원으로써 다이오드 모듈과 콘덴서 및 돌입전류 방지회로로 구성되어 있다.

프로그램의 수행은 386 PC에 의해서 에디터가 되고, 386 PC와 i-8096사이의 직렬포트를 의해서 i-8096의 램으로 다운로드 된다. 따라서, 386 PC는 프로그램을 수행하는데 전혀 영향을 미치지 않으며 단지 i-8096프로세서만이 제어 프로그램을 수행하게 된다. i-8096에서는 2차저항의 동정 및 2차자속의 추정, 회전속도의 추정 및 토오크 추정을 행하며, 2/3상변환, 전류센싱등은 하드웨어로 처리하였다.

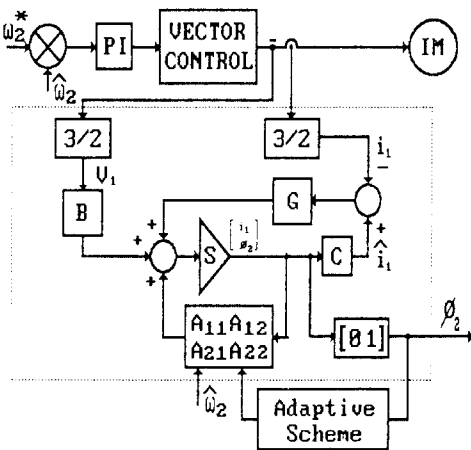


그림 2. 적응 자속 옴저버의 블럭도  
Fig. 2. Block diagram of adaptive flux observer.

인버터부는 FET히스테리시스 인버터로서 전류제어형 PWM전압원 인버터로 구성되어 있다.

#### 3.2 시뮬레이션 결과

식 (7)에서 알 수 있듯이 회전자의 각속도에는 2차회로의 시정수에 의한 계산치가 포함되어 있다. 2차저항의 변동은 장시간의 과부하운전, 또는 위치제어시 유도전동기의 빈번한 가감속운전, 장시간의 저속운전 및 인버터회로에서 고조파가 많이 포함된 전류를 유도전동기에 인가함으로써 발생한다. 따라서 여기서는 부하의 변동에 의한 2차저항의 변동을 추정하고 이에 따라 자속을 추정하고 속도의 추정을 행하고자 한다.

본 논문에서는 적응 옴저버를 이용하여 유도전동기의 2차자속 및 회전속도의 추정 및 회전자 저항의 변화에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다. 표 1에 실험용 유도전동기의 파라미터를 나타내었다.

부하 토오크는 전동기의 속도에 반비례한다.

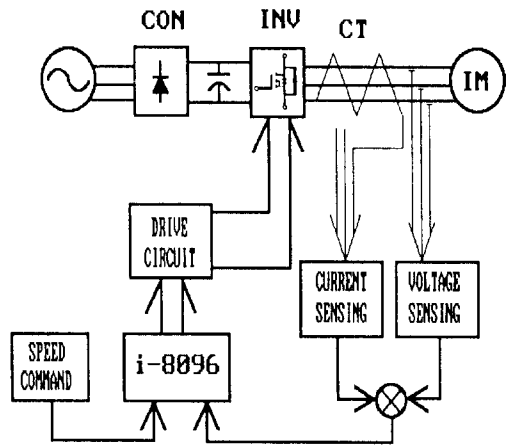


그림 3. 실험 시스템의 구성도  
Fig. 3. Configuration of experimental system.

표 1. 실험용 유도전동기의 파라미터  
Table 1. Rating of tested induction motor

정 격 출 력	1/2[HP]	정 격 부 하 전 류	2.4[A]	온도상승제한	57°C
정 격 속 도	1,750[RPM]	기 동 전 류	14.5[A]	기동토오크(%)	210%
고 정 자 저 항	$R_1 : 20.721[\Omega]$	정 격 전 압	220[V]	최대토오크(%)	270%
회 전 자 저 항	$R_2 : 9.579[\Omega]$	극 수	4극	정 격 토 오크	0.23[kg m]
고 정 자 인덕턴스	$L_1 : 17.755[mH]$	관성모멘트(회전자)	$J : 0.012[kg \cdot M^2]$	역 율	66%
회 전 자 인덕턴스	$L_2 : 17.755[mH]$	관성모멘트(부하)	$J : 1.464[kg \cdot M^2]$	효 율	66%

제어기에 있어서 고정자와 회전자 저항의 초기치는 공칭정격의 1.3배이며 토오크 지령은 1.5 [Nm]의 상수이다.  $K_P=1.8$ ,  $K_I=1200$ 의 PI이득으로 무부하운전시의 시뮬레이션을 행하고 결과를 나타내었다.

### 3.2.1 적응 업저버에 의한 $R_2$ 의 영향에 대한 시뮬레이션 결과

우선 상전압, 상전류, 자속분 전류, 토오크분 전류, d-q자속의 관계, 속도특성 및 회전자속을 나타내었다.

그림 4는 회전자 2차저항에 적응제어하는 회

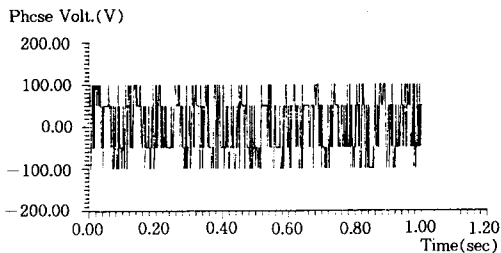
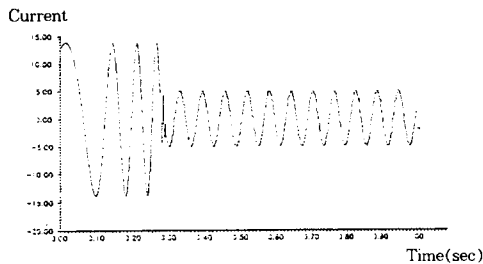
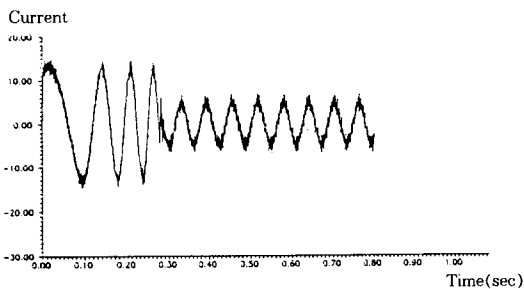


그림 4. 적응 업저버에 의한 상전압 파형 시뮬레이션 결과  
Fig. 4. Simulation result of phase voltage waveform with adaptive observer.



(a) 상전류 기준값



(b) 상전류

그림 5. 적응 업저버에 의한 상전류 파형 시뮬레이션 결과  
Fig. 5. Simulation result of phase current waveform with adaptive observer

전자 자속 업저버에 히스테리시스 방식을 적용한 것으로 직류링크 전압 100[V]시의 시뮬레이션 결과이다.

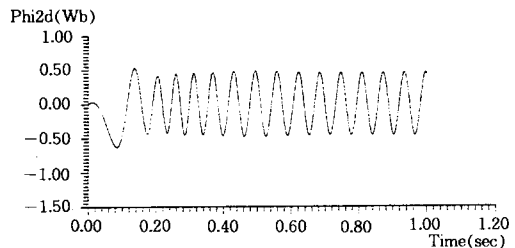
그림 5와 그림 6은 상전류 기준 값과 기준 자속분 전류에 대해 환산되는 상전류와 자속의 피이드 백 값이 잘 일치함을 보이며 0.3초 이내에 정상상태에 도달한다.

그림 7은 시뮬레이션 토오크 전류에 비해 기준 토오크분 전류는 히스테리시스 제어기에 의해 약 0.3초까지의 초기 기동 토오크를 보상하기 위한 과도상태를 보인 뒤 정상상태에 도달함을 보이며, 그림 8은 적응 업저버의 속도특성이 양호함을 보이고 있다.

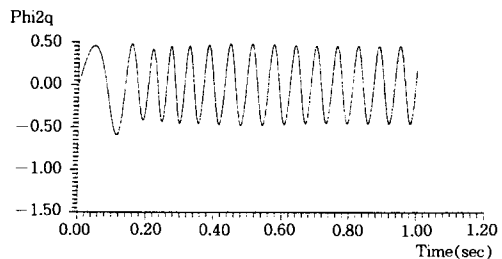
그림 9는 적응 업저버에 의해 나타나는 d축 전류와 q축 전류로서 히스테리시스 제어기에 의해 전류맥동이 나타나고 있다.

회전자 저항이 30% 변동하였을 때의 d, q축 자속의 변화를 그림 10에 나타내었다. 실제자속과 추정자속이 잘 일치하고 있음을 나타내고 있

### 3.2.2 적응 업저버에 의한 속도추정의 시뮬레이션 결과



(a) d축 자속



(b) q축 자속

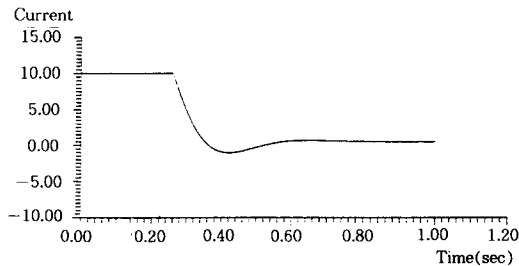
그림 6. 적응 업저버에 의한 자속분 파형 시뮬레이션 결과  
Fig. 6. Simulation result of exciting flux waveform with adaptive observer.

회전자 저항이 30% 변동하였을 때의 속도의 특성을 그림 11에 나타내었다. 속도지령이 100 [rad/sec]일때 속도추정은 약 0.6초 이내에 이루어지고 있으며 속도의 맥동이 없는 좋은 특성을 보여주고 있다.

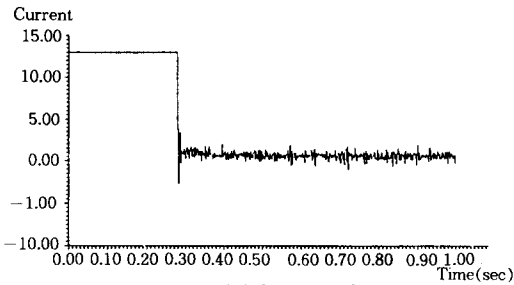
#### 4. 실험 및 결과고찰

##### 4.1 실험

앞에서 서술한 유도전동기를 회전자 자속기준 좌표상에서 정확하게 제어하기 위하여 제안하는 자속 업저버 및 속도 추정기에 기초하여 실험으



(a) 기준 코오트분 전류



(b) 시뮬레이션한 토오크 전류

그림 7. 적응 업저버에 의한 토오크 시뮬레이션 결과  
Fig. 7. Simulation results of troque waveform with adaptive observer.

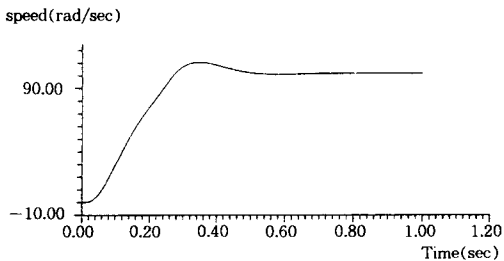
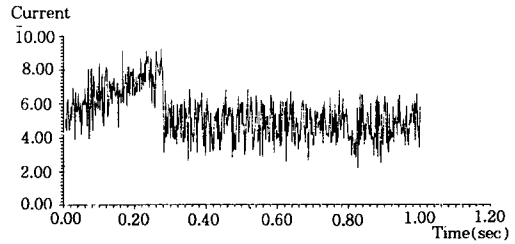
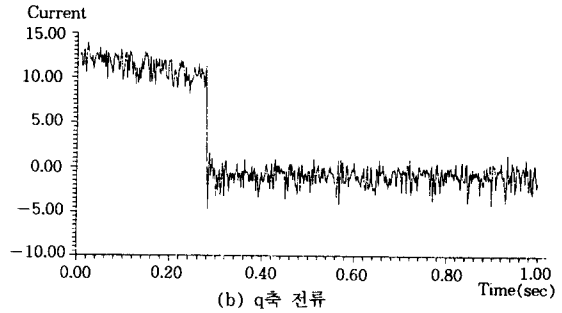


그림 8. 적응 업저버에 의한 속도의 시뮬레이션 결과  
Fig. 8. Simulation results of speed with adaptive observer.

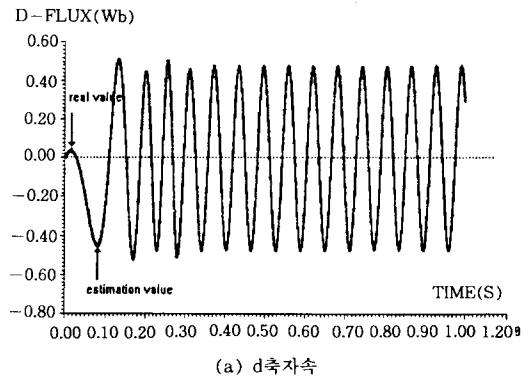


(a) d축 전류

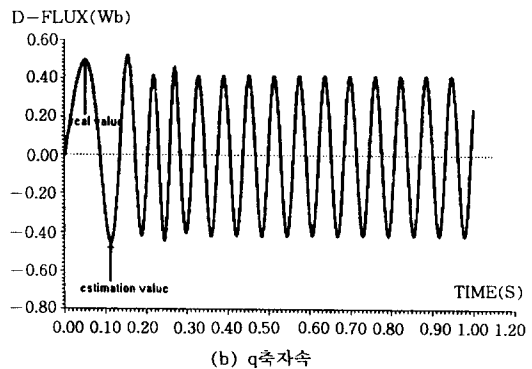


(b) q축 전류

그림 9. 적응 업저버에 의한 d-q축 전류 시뮬레이션 결과  
Fig. 9. Simulation results of d-q current waveform with adaptive observer.



(a) d축자속



(b) q축자속

그림 10. 적응 업저버에 의한  $R_2$ 의 30% 변동시 d-q자속  
Fig. 10. D-Q flux for variation of  $R_2$  (30%) with adaptive observer.

로 그 유용성을 확인하였다. 적응 업저버를 적용하여 히스테리시스 인버터에 의한 유도전동기의 운전을 하였으며,  $R_2$ 의 변화는 실제실험으로 행하기 매우 어려운 문제이다. 따라서 우리가 구한  $R_2$ 값의 30% 정도를 업저버의  $R_2$ 값에 추가함으로써 간접적으로  $R_2$ 변화에 대한 실험을 행하였다. 이때 속도지령을 100[rad/sec], 자속분 전류를 1.4[A]로 하였을 때의 결과이다. 디지털 토오크 미터를 사용하여 토오크 및 속도특성을 측정하였다.

그림 12에 전류제어형 PWM인버터로 구동되는 유도전동기의 상전압 파형을 나타내었다.

그림 13에 상전류의 지령치와 실제결과를 나타내었다. 히스테리시스 전류제어기에 의해 전류가 잘 제어되고 있는 것을 나타내고 있다. 초기의 크기가 다른 것은 과도시의 토오크를 보상하기 위한 것으로 시간이 경과함에 따라 점차 정상상태가 됨을 알 수 있었다.

그림 14에 상전류 파형을 나타내었다.

히스테리시스 인버터로 구동되는 유도전동기

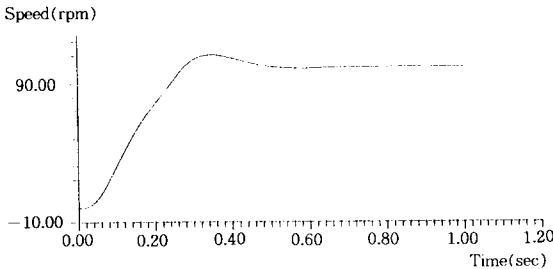


그림 11. 적응 업저버의 속도특성  
Fig. 11. Speed characteristics of adaptive observer.

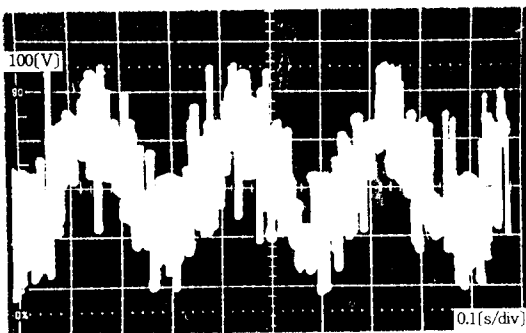


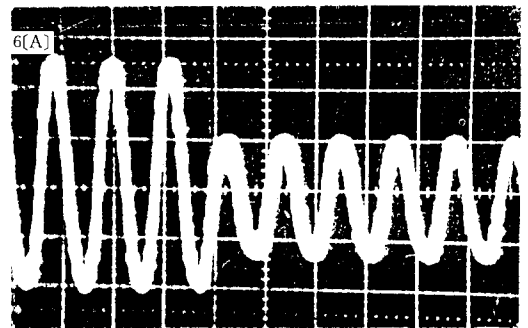
그림 12. 상전압 파형  
Fig. 12. Experimental result of phase voltage waveform.

의 빠르고 정확한 응답을 얻기 위해 각 상에 설치한 전류센서인 ISO211P(Isolation Operational amplifier)에 의해 측정된 상전류를 나타내었다. 히스테리시스가 잘 일어나 전류를 쉽게 제어할 수 있음을 알 수 있다.

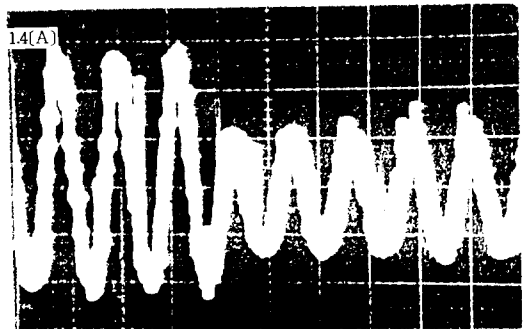
그림 15는 실제 토오크분 전류를 나타낸 것으로서, 고조파과도현상은 실제 전류가 지령전류를 추종하기 위해서 히스테리시스 전류제어 방법을 사용했기 때문에 생기는 것이고, 0.2초정도에 임펄스파형이 생기는 것은 데드타임의 영향으로 사료된다. 그리고 초기의 전류가 큰 것은 기동시의 보상을 위한 것으로 시간이 지남에 따라서 일정한 값이 되었다.

그림 16에 2차저항의 변화에 잘 동정되지 않은 속도특성을 나타내었다.

그림 17에 속도 토오크 특성을 나타내었다. 초기의 조건인  $R_2$ 가 1.3배라 하였을 때 잘 보상되고 있음을 알 수 있었다.



(a) 상전류 기준값 0.1[s/div]



(b) 실제 상전류 0.1[s/div]

그림 13. 적응 업저버에 의한 상전류  
Fig. 13. Experimental result of phase current with adaptive observer

4.2 결과 고찰

일반적으로 속도 센서가 있는 시스템에서도 외란이 발생하면 속도의 피드백에 의한 오차분이 존재하므로 운전시 속도와 토크에 맥동이 존재하여 그 운전특성이 악화된다. 특히 저속운전시에는 그 영향이 대단히 크다.

본 논문에서 제안한 제어방법에 의한 유도전동기의 운전시 저속영역에서도 그 특성이 악화되지 않고 속도센서가 없어도 그 속도의 추정이 원만하게 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

특히 회전자 저항이 30%의 변화를 가지고 있다고 하여도 저속운전에서의 속도의 추정이 이루어졌다.

히스테리시스 전류제어형 PWM 인버터 구동에 의한 상전압 실험파형을 보였으며, 제안된 적용 업저버에서 파라미터 변화로 인한 과도상태에서 정상상태로 전환하는 상전류 기준값에 따른

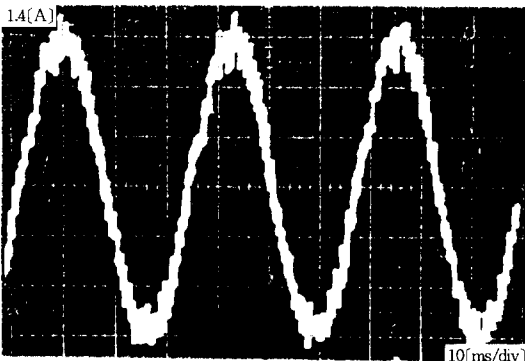


그림 14. 히스테리시스 인버터에 의한 상전류  
Fig. 14. Phase current with hysteresis inverter.

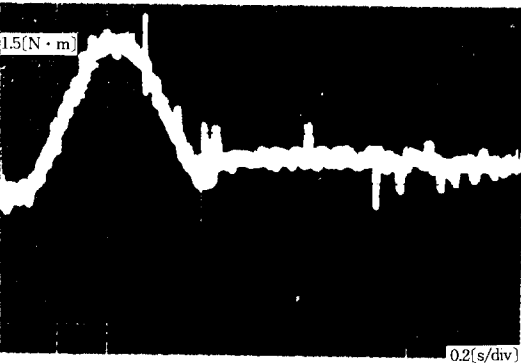


그림 15. 토크코브 전류  
Fig. 15. Experimental result of torque current

상전류와 히스테리시스 인버터에 의한 실험 상전압 파형이 시뮬레이션 파형과 잘 일치함을 보였고 히스테리시스 인버터에 의해 상전류가 용이하게 제어될 수 있음과 정상상태 d, q자속분 전류의 관계 및 제안된 방식에 따른 속도특성이 기존의 벡터제어 및 슬라이딩 업저버에 비하여 매우 양호함을 실험에서 입증하였다.

5. 결 론

유도전동기의 벡터제어시 외란이 존재하면 운전특성이 악화된다.

본 논문에서는 벡터제어법에 의해 속도센서가 필요없는 2차쇄교 자속추상에서 정확하게 제어를 하기 위한 적용 자속 업저버를 제안하고 그 영향을 검토하였다.

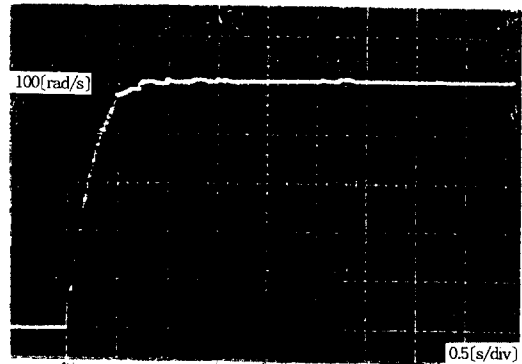


그림 16. 보상이 되지 않은 속도특성  
Fig. 16. Characteristics of speed without compensation

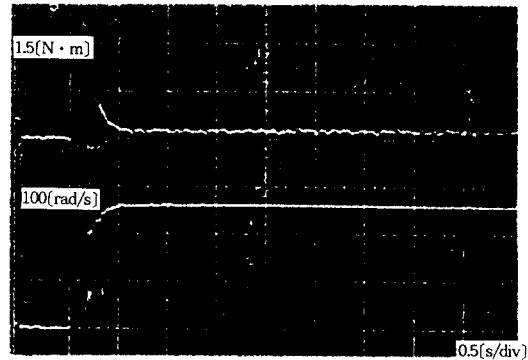


그림 17. 보상시의 속도 및 토크 특성  
Fig. 17. Characteristics of speed and torque with compensation



회전자 저항의 변동이 속도와 토크 특성에 미치는 영향이 대단히 현저함을 알았고 이의 보상을 위해 새로운 업저버를 제안하였다.

시뮬레이션 결과 빠른 시간내에 회전자 저항의 변동에 의한 영향이 감소함을 알았다.

실험을 통하여 저속운전을 행하여도 그 속도특성이 변하지 않고 속도센서가 없어도 속도추정기에 의해 양호한 운전특성을 얻을 수 있었다.

토크도 전류 제어기에 의해 제어되므로 양호한 특성을 얻을 수 있었다.

본 논문의 특징은 다음과 같다.

(1) 회전자 자속 업저버로 부터 회전자 자속  $\phi_r$ 를 추정하여 단위벡터를 만들었다.

(2) 속도를 정밀하게 추정하기 위한 센서리스 속도추정기를 제안하였고 그 유용성을 확인하였다.

(3) 유도전동기의 파라미터중 가장 변동이 심한 2차저항의 30% 변동시 응답하는 적응 업저버의 토크 전류, 자속분 전류, 속도특성 등의 시뮬레이션을 행하였다.

(4) FET히스테리시스 인버터로서 전류제어형 PWM전압원 인버터를 사용하여 실험을 실시하였다.

(5) 그 결과 유도전동기의 파라미터 변화에 따라 변하는 속도 및 토크 특성이 개선됨을 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

- (1) B. K. Bose, "Power Electronics and Ac Drives", pp. 232~291, Prentice-Hall, 1986.
- (2) H. Kubota, K. Matsuse and T. Nakano, "New adaptive flux observer of induction motor for wide speed range motor drives", in Conf. Rec. of IECON '90, pp. 921~926, Nov. 1990.
- (3) H. Kubota, K. Matsuse, and T. Nakano, "DSP-based speed adaptive flux observer of induction motor", in Conf. Rec. of IAS Annual Meeting, pp. 380~384, Sep/Oct. 1991.
- (4) P. K. Nandam, G. F. Cummings, and W. G. Dunford, "Experimental Study of an Observer based Shaft Sensorless Variable Speed Drive", in Conf. Rec. of IAS Tokyo '91, pp. 392~396, Sep/Oct. 1991.

- (5) Toshiyuki Kanmachi and Isao Takahashi, "Sensorless Speed Control of An Induction Motor with No Influence of Secondary Resistance Variation", in Conf. Rec. of IAS '93, pp. 408~413, Oct. 1993.
- (6) Colin Schauder, "Adaptive Speed Identification For Vector Control Of Induction Motors Without Rotational Transducers", in Conf. Rec. of IAS '89, pp. 493~498, Oct. 1989.
- (7) Hisao Kubota and Kouki Matsuse, "Simultaneous Estimation of Speed and Rotor of Field Oriented Induction Motors Without Rotational Transducers", in Conf. Rec. of IAS '93, pp. 473~477, Oct. 1993.
- (8) Ian T. Wallace, Donald w. Novotny, robert D. Lorenz and Deepakaj M. Divan, "Verification of Enhanced Dynamic Torque Per Ampere Capability in Saturated Induction Machines", Conf. Rec. of IAS Annual Meeting IAS '92, pp. 40~47, Oct. 1992.

#### ◇ 著者紹介 ◇



윤 병 도 (尹炳道)

1932년 3월 2日生. 1955년 서울대工大 電氣工學科 卒. 1981년 崇實大 大學院 電氣工學科 卒(碩士). 1985년 崇實大 大學院 電子工學科 卒(博士). 現在 中央大 工大 電氣工學科 教授.



박 현 호 (朴鉉鎬)

1958년 1월 18日生. 1984년 中央大 工大 電氣工學科 卒. 1987년 中央大 大學院 電氣工學科 卒(碩士). 1994년 中央大 大學院 電氣工學科 卒(博士).



김 찬 기 (金燦起)

1968년 12월 17日生. 1991년 서울 産業大 電氣工學科 卒. 1993년 中央大 大學院 電氣工學科 卒(碩士). 現在 中央大 大學院 電氣工學科 博士課程.