

# Matlab/Simulink를 이용한 견인용 유도기의 시뮬레이션

서영수 \*, 송호빈 \*, 김영진 \*, 음두성 \*  
 명지대학교 전기공학부 .

## Modeling of Traction Motor for Using Matlab/Simulink

young-soo Seo \*, ho-bin Song \*, young-jin Kim \*, doo-seong Eum \*  
 \* Myong-Ji Univ

### Abstract

In this paper presents a modeling method for simulation of Traction Motor using Matlab/Simulink. This model is well adopted in the traction motor and speed, torque estimation. this model consist of IM(induction motor) block, Load block and controller blocks. this paper use the indirect vector control. Because improve accuracy speed characters. The result show the better speed and torque characters. And effectiveness of Matlab/Simulink in simulations.

부하단과 속도 연산부 그리고 제어부와 상 변환부를 모델링하였으며 그에 대한 시뮬레이션을 통해 결과가 효과적으로 나타났음을 확인하였고 Matlab/Simulink로 모델들이 효과적으로 구현됨을 알수 있었다.

### 2. 모델링 된 전체 시스템의 구조

그림 2-1은 Matlab/Simulink를 이용하여 모델링한 전체 시스템의 구성도이다. 전체 구성 모델은 PI제어기를 포함한 제어부와 유도전동기부 그리고 부하단으로 이루어져 있다.

### 1. 서론

근래 대전력 변환장치에 사용되는 반도체 소자는 스위칭 속도가 비교적 낮은 GTO가 주로 사용되고 있으며 이러한 전력용 반도체를 이용한 인버터의 경우 낮은 속도와 긴 데드타임에 의해 여러 문제점을 수반하게 된다. 특히 저속영역에 있어서 데드타임의 의한 전압강하는 자속의 감소와 토크의 맥동을 야기시킨다. 데드타임의 영향을 줄이려면 스위칭 주파수를 낮추어야 하며 낮은 스위칭 주파수 속도는 소음을 발생시킨다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 패턴 변조가 이용되어 왔다.

본 논문에서는 이러한 견인용 유도기를 구동하기 위해 그 방법을 Matlab/Simulink를 이용해 시뮬레이션을 하고자 한다. 패턴변조에 관한 자세한 PWM파형은 시뮬레이션 하지 않으나 공급되는 전원의 주파수를 변화시킴으로써 그때의 속도와 토크의 변화를 살펴 볼것이다. 그리고 좀더 정확한 속도추정을 위해 간접 벡터제어 방식을 사용하였으며 오차 보상기는 PI제어기로 그 오차를 줄임으로써 원활한 속도추정을 가능케 하였다.

또한 시뮬레이션을 통해 Matlab/Simulink의 강력한 특징을 알아보고자 한다. 본 논문에서는 유도전동기,

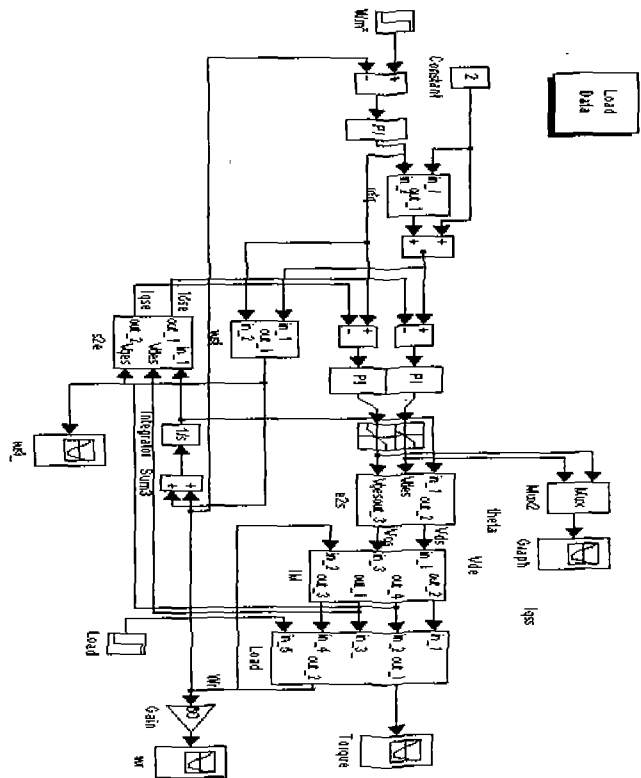


그림 2-1. 전체 블록도

## 2-1. 유도 전동기부

그림 2-2는 유도 전동기의 내부 블록도를 보여주고 있다. 유도기에서 사용되는 각 변수들은 초기에 M-file로 연결이 되어 있으며 각각의 전동기 파라미터와 전동기에서 사용된 변수들은 표 2-1과 변수 A,B,C,D,E는 다음과 같다.

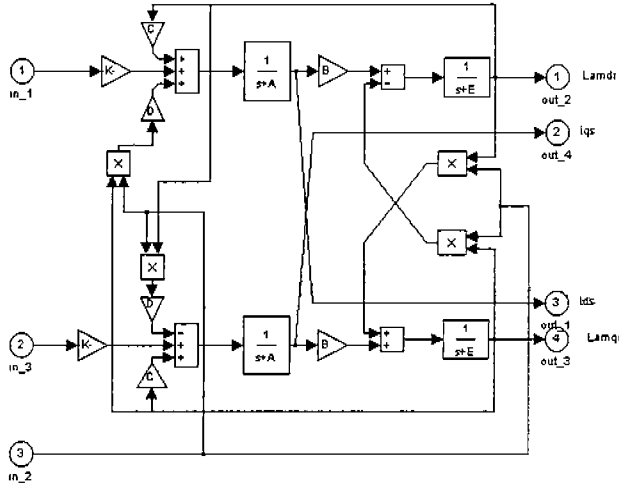


그림 2-2. 유도전동기의 내부 블록

고정자 저항 (Rs)	0.6992
회전자 저항 (Rr)	0.3552
고정자 누설 리액턴스 (Xls)	0.0029
회전자 누설 리액턴스 (Xlr)	0.0029
상호 리액턴스 (Xm)	23.788
극수 (P)	4

표 2-1. 전동기 파라미터

$$A = \frac{R_s}{\sigma L_s} + R_r \frac{(1-\sigma)}{\sigma L_r}$$

$$B = L_m \frac{R_r}{L_r}$$

$$C = L_m \frac{R_r}{\sigma L_s L_r^2}$$

$$D = \frac{L_m}{\sigma L_s L_r}$$

$$E = \frac{R_r}{L_r}$$

$$\text{단, } (\sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_s L_r})$$

## 2-2. 속도 연산부

속도검출부의 내부 블록도는 그림 2-3과 같다. 부하단의 구성은 식 2-1에 의해 구현을 하였다.

$$T = \frac{3}{2} \frac{P}{2} \frac{L_m}{L_r} (\lambda_{dr} i_{qr} - \lambda_{qr} i_{ds}) = \frac{3}{2} \frac{P}{2} \frac{L_m}{L_r} \lambda_{dr} i_{qs} \quad (\text{식 2-1})$$

그리고 속도 검출부는 시스템 역학식 2-2을 사용하여 구현하였다.

$$T = J \frac{d\omega_m}{dt} + B\omega_m + T_L \quad (\text{식 2-2})$$

여기서,  $J = 1 * J_m$  (관성모멘트)

$$\omega_m = \frac{2}{P} \omega_r \text{ (회전자의 기계적 각속도)}$$

$$B = 0 \text{ (전동기 마찰계수)}$$

그리고 속도 추정은 간접 벡터식 2-3을 이용하여 속도추정의 정확성을 높이도록 구성하였다.

$$\omega_{sl} + \omega_r = \omega_e \quad (\text{식 2-3})$$

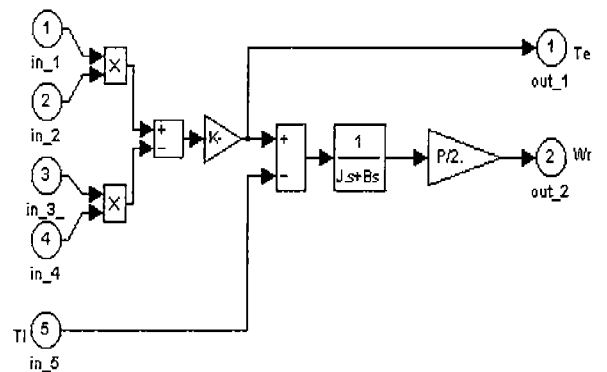


그림 2-3. 속도 연산부

## 2-3. 상 변환부

각각의 상변환부는 고정자좌표계에서 회전자 좌표계로 회전자 좌표계에서 고정자 좌표계로 변환되도록 구성하였고, 그 블록도는 그림 2-4와 2-5와 같다. 각 변환부에는 변환각  $\theta$ 가 입력으로 들어가 상변환에 쓰이게 된다. 각각의 상변환은 고정자에서 회전자로 또한 회전자에서 고정자로 변환하는 2개의 좌표변환계를 만들었다.

### 3. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션에는 Matlab/Simulink가 사용되었고, 시뮬레이션에 사용된 파라미터들은 표 3-1과 같다.

표 3-1. 시뮬레이션 파라미터

Simulation Time	tstop(=2)
Solver	ode 15s(stiff/NDF)
Max step size	0.1 [msec]
Relative tolerance	0.001
Absolute tolerance	0.0001

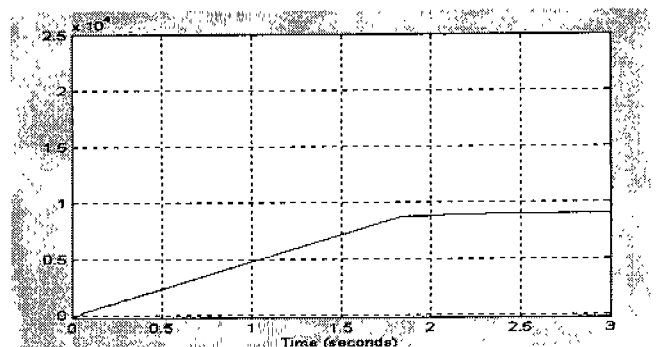
밑에 나오는 시뮬레이션 파형 1은 속도 파형으로 지령을 Simulink상에서 스텝으로 지정했을 때 실제 추정속도를 보여주고 있다. 파형 2는 회전자 좌표계에서의 dq축 전류파형이고, 파형 3은 속도와 토크축으로 나타낸 파형이다.

### 4. 결과

본 논문에서는 Matlab/Simulink를 이용하여 건인 용 유도전동기를 모델링하였다. 정확한 속도 추정을 위해서 간접벡터제어 방식을 사용하여 그 모델을 적용시켰다. 제어기로는 PI제어기를 사용하여 오차를 최소화시켜 정확한 속도추정을 가능케 하였다.

또한 Matlab/Simulink로 확인된 바를 실제 시스템으로 구현하여 시뮬레이션의 결과를 확인하여야 겠다.

### 5. 시뮬레이션 파형



시뮬레이션 파형 1. 실제 속도파형

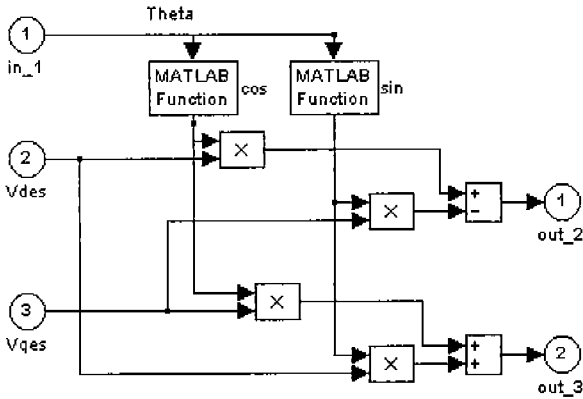


그림 2-4. e2s 블록도

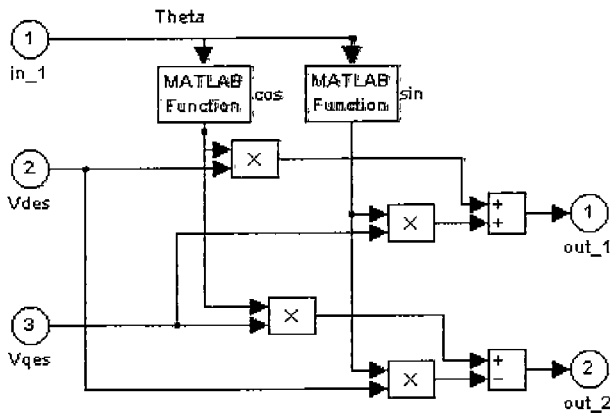


그림 2-5. s2e 블록도

### 2-4. 입력 전원부

입력 전원부는 Simulink상에서 구현하지 않고 M-file상에서 수식으로 처리해 주었다. 또한 자세한 스위칭 파형은 시뮬레이션하지 않고 M-file상에서 table값으로 넣어주었다. 전원부와 스위칭 주파수는 다음과 같이 넣어 주었다.

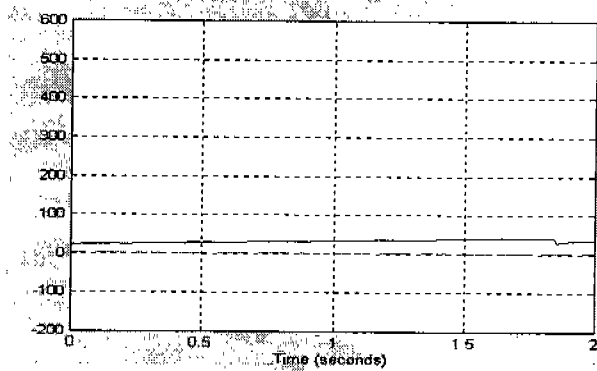
$$V_p = 220[V]$$

$$Amp = \frac{\sqrt{2} V_p}{\sqrt{3}}$$

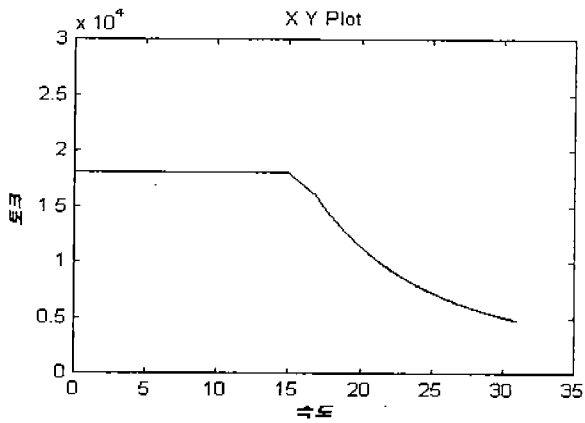
스위칭 주파수는 시간에 대해 그때의 주파수가 들어 가도록 테이블을 맞추어 주었다.

$$V_{p \text{ time}} = [0 \ 0.01 \ 0.02 \ 0.03 \ 0.15 \ 0.2]$$

$$V_{p \text{ value}} = [30 \ 38 \ 41 \ 50 \ 60 \ 66]$$



시뮬레이션 파형 2. 회전자 좌표계에서 d,q축 전류 파형



시뮬레이션 파형 3. 속도 Vs 토크파형

### [참고 문헌]

- [1] 지하철 건인전동기용 전력변환장치 기술개발에 관한 연구, 한국전력공사, 1995. 12
- [2] Chee Mun Ong, "Dynamic Simulation of Electric Machinery," Prentice Hall, 1998
- [3] 정슬, "제어시스템의 분석과 MATLAB의 활용 -분석적인 제어기 설계방법," 청문각 1997
- [4] "SIMULINK-Dynamic System Simulation MATLAB," math work 1997