

#### **특집 : 전력전자에서의 시뮬레이션 툴 활용**

# Matlab을 이용한 유도전동기 제어 시뮬레이션

최종우

(경북대 전자전기공학부 교수)

1. 서론

전동기는 전기 에너지를 이용하여 회전축에서 기계적 회전력(토크)을 얻는 장치이다. 많은 응용분야에서 평균 토크를 제어하는 것만으로도 충분한 제어 성능을 얻을 수 있지만 로봇, 수차제어선반 등과 같은 정밀 제어 분야의 경우 전동기의 순시 토크를 제어하여 속도 및 위치를 제어하여야 한다. 전동기의 순시 토크는 자속의 크기와 자속에 직각인 전류의 성분에 의해 결정되므로 순시 토크를 제어하기 위해서는 자속 및 전류를 크기뿐만 아니라 방향까지 제어할 필요가 있다. 즉 전동기의 전기적 변수를 크기와 방향을 가지는 벡터적인 개념에서 제어하여야 하는데, 이것이 벡터제어의 기본개념이 된다. 전동기 제어에 있어 벡터제어는 공간상에서 자속의 위치에 기준하여 전류의 크기와 방향을 제어하는 개념으로 자속기준제어로도 불린다. 본고에서는 유도전동기의 벡터제어 알고리즘을 Matlab - Simulink를 이용하여 시뮬레이션 하는 방법에 대하여 서술한다.

## 2. Simulink

Simulink는 동적 시스템의 다중 영역 시뮬레이션 및 모델 기반 설계를 위한 플랫폼으로 제어, 신호 처리, 통신 및 기타 시변 시스템을 정확하게 설계, 시뮬레이션, 구현 및 테스트할 수 있는 대화형 그래픽 환경 및 사용자 정의가 가능한 일련의 블록 라이브러리를 제공한다. Simulink는 사전 정의된 블록의 다양한 라이브러리, 블록 다이어그램으로 프로그램 할 수 있는 그래픽 편집기, 시뮬레이션 결과를 검사하고 설계 시 버

그를 진단할 수 있는 그래픽 디버거 등을 갖추고 있어서 전동기 시뮬레이션에 많이 사용되고 있다.

### 3. 전체 시뮬레이션 모델

그림 1은 전체 시뮬레이션 모델을 나타낸다. 전체 시뮬레이션 모델은 자속제어기 블록, 속도제어기 블록, 전류제어기 및 벡터제어기 블록과 유도전동기 블록으로 구성되어 있다.

### 3.1 자속제어기 블록

그림 2는 자속제어기 블록을 나타낸다. 자속제어기 블록은 자속지령과 자속을 입력으로 하여 PI 제어기를 통하여 동기 좌표계  $d$ 축 전류지령을 생성하는 블록이다. 그림 2의 PI 제어

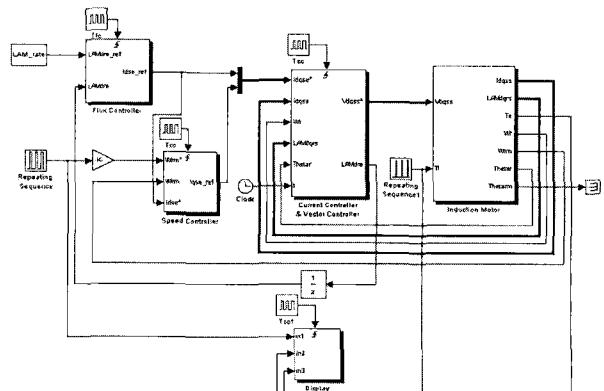


그림 1 전체 시뮬레이션 모델

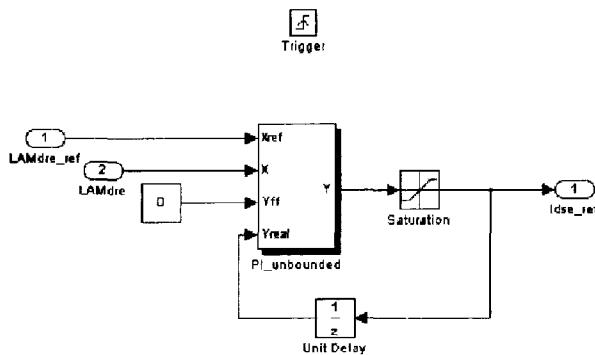


그림 2 자속제어기 블록

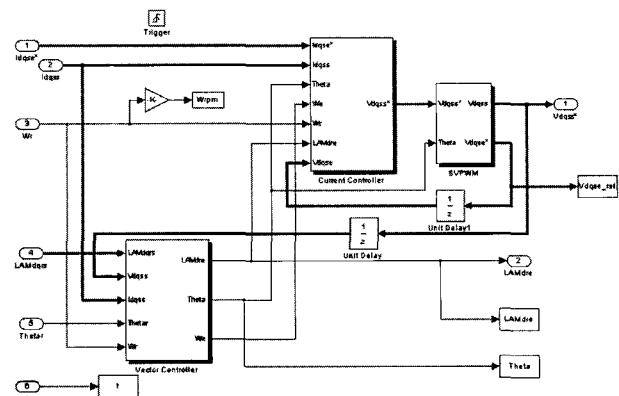


그림 5 전류제어기 및 벡터제어기 블록

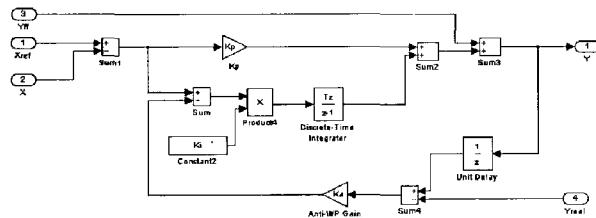


그림 3 앤티와인업 PI 제어기 블록

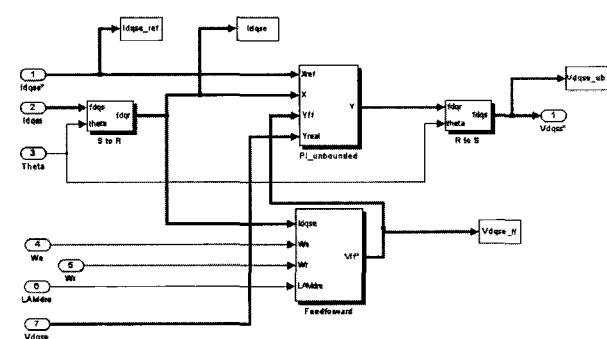


그림 6 전류제어기 블록

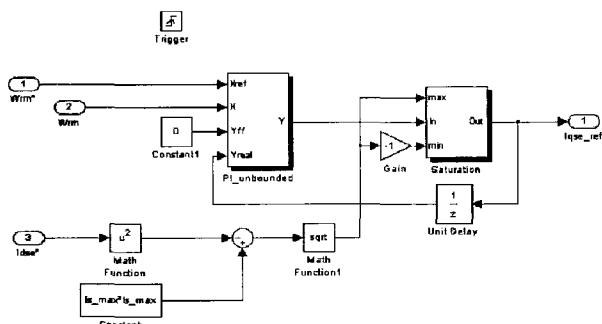


그림 4 속도제어기 블록

기 블록은 그림 3과 같다.

### 3.2 속도제어기 블록

그림 4는 속도제어기 블록을 표현한다. 속도제어기 블록은 속도지령과 속도를 PI 제어하여 동기좌표계 q축 전류지령을 생성하는 블록이다. 또, 고정자 전류의 크기를 제한하기 위하여 자속제어기 출력인 동기좌표계 d축 전류지령을 입력으로 하여 동기좌표계 q축 전류지령의 크기를 제한하였다.

### 3.3 전류제어기 및 벡터제어기 블록

그림 5는 전류제어기 및 벡터제어기 블록을 나타낸다. 전류

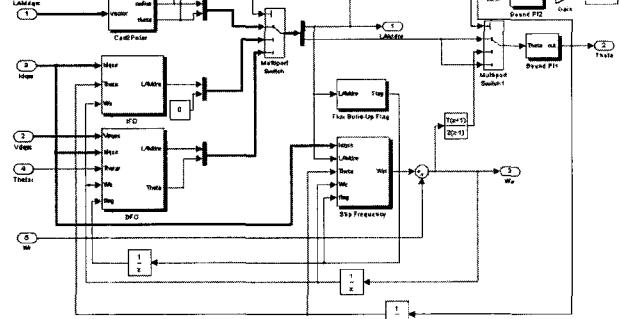


그림 7 벡터제어기 블록

제어기 및 벡터제어기 블록은 전류제어기 블록, 벡터제어기 블록과 SVPWM 블록으로 구성되어 있다.

그림 6은 전류제어기 블록을 나타낸다. 전류제어기 블록은 전류 지령 카운터와 실제전류를 동기좌표계 PI 제어하여 정지좌표계 고정자 전압지령을 생성하는 블록이다. 좌표변환을 위하여 위상(Theta)이 사용되었고, 전향 보상 제어를 위하여

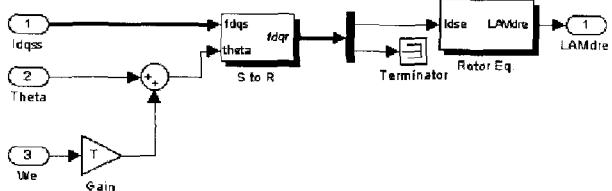


그림 8 간접벡터제어기 블록

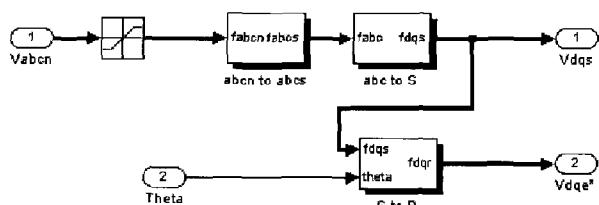


그림 13 과변조 블록

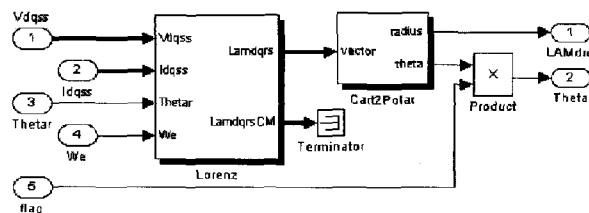


그림 9 직접벡터제어기 블록

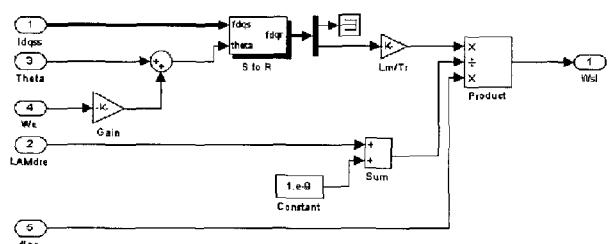


그림 10 슬립주파수 계산기 블록

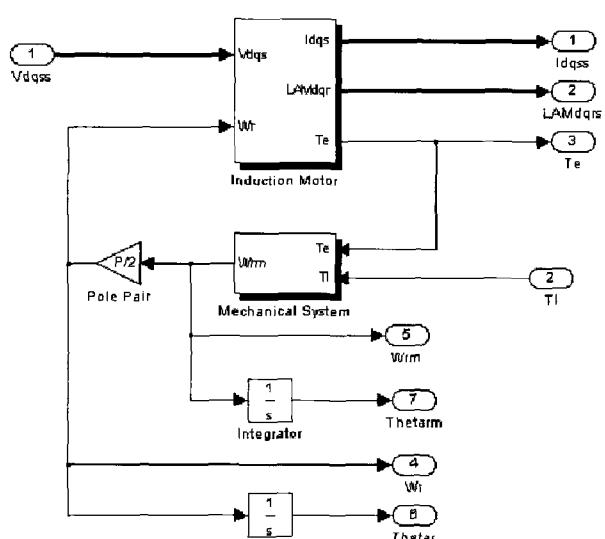


그림 14 유도전동기 블록

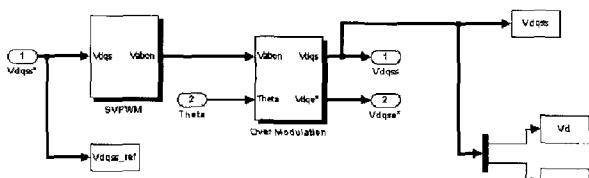


그림 11 SVPWM 블록

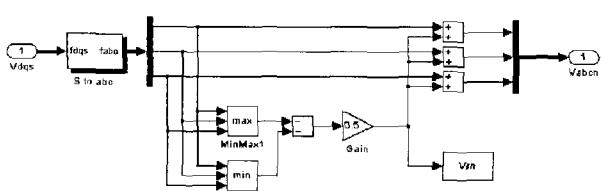


그림 12 SVPWM 내부 블록도

동기주파수, 전동기 속도와 자속이 사용되었고, 앤티 와인더업 제어를 위하여 SVPWM 블록에서 제한된 실제 전압지령이 사용되었다.

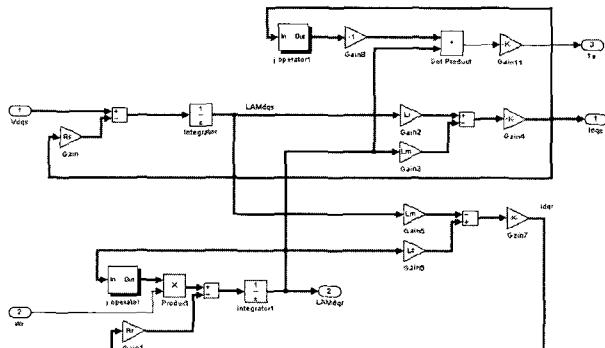


그림 15 유도전동기 내부 블록

그림 7은 벡터제어기 블록을 나타낸다. 벡터제어기 블록은 전압, 전류 등의 정보를 바탕으로 위상을 계산하는 블록이다. 벡터제어기의 주요 블록은 간접벡터제어기 블록, 직접벡터제어기 블록과 슬립주파수 계산기 블록이다. 이 블록은 그림 8~10에 나타나 있다.

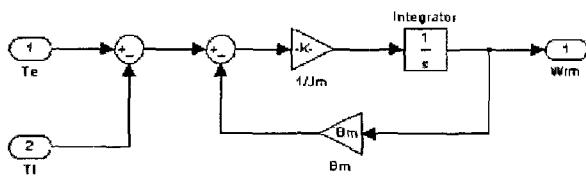


그림 16 기계시스템 블록

그림 11은 SVPWM 블록으로 전류제어기에서 출력된 전압지령을 바탕으로 실제로 지령되는 전압을 계산하는 블록이다. SVPWM의 내부 블록은 그림 12와 같고, 과변조블록은 그림 13과 같다.

### 3.4 유도전동기 블록

그림 14는 제어의 대상이 되는 유도전동기 블록이다. 유도전동기 블록뿐만 아니라 기계시스템에 대한 블록도 함께 포함되어 있다. 그림 15는 유도전동기 내부 블록을 나타내고 그림 16은 기계시스템 블록을 표현한다.

### 4. 시뮬레이션

그림 17~23은 22kW급 유도전동기를 대상으로 한 시뮬레이션 결과이다. 그림 17과 그림 18과 같은 속도지령과 부하 토크가 주어졌을 때의 각 파형들이다.

### 5. 결론

시뮬레이션은 실제 구현에 앞서 제어기가 바르게 구현되어

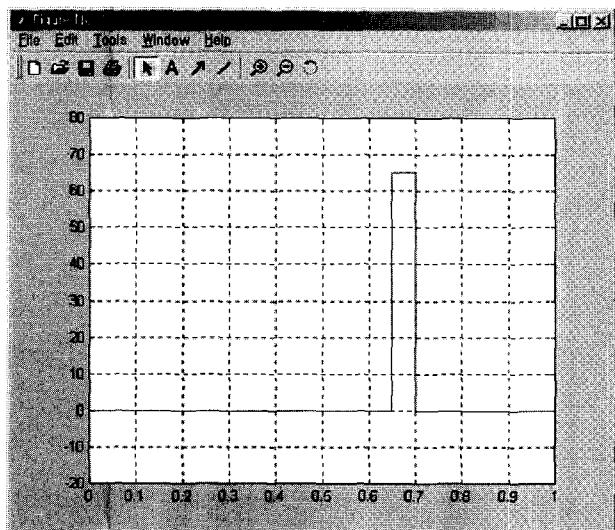


그림 18 부하토크

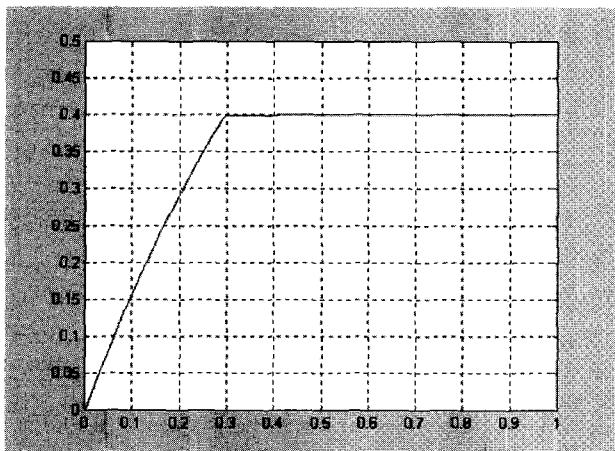


그림 19 실제자속

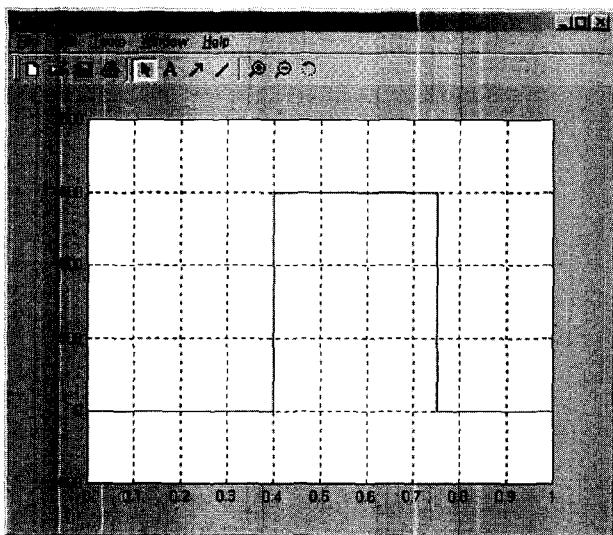


그림 17 속도지령

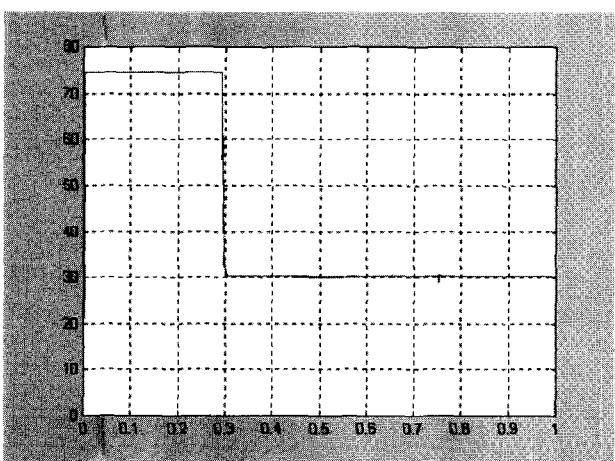


그림 20 동기좌표계 d축 전류지령과 실제전류

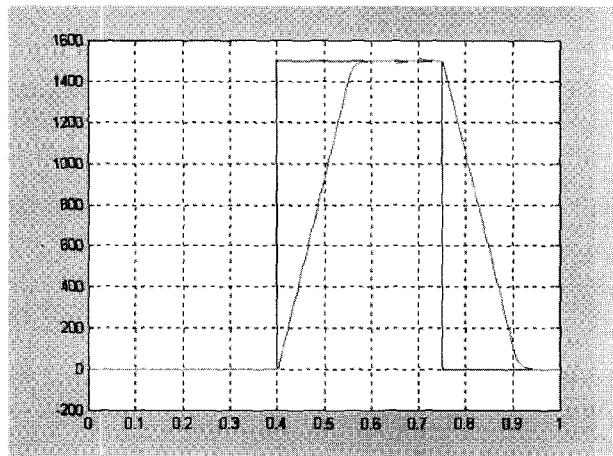


그림 21 속도지령과 실제속도

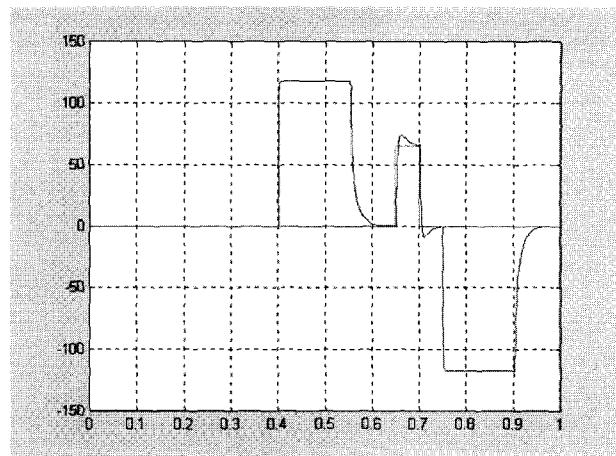


그림 23 전동기 출력 토크와 부하토크

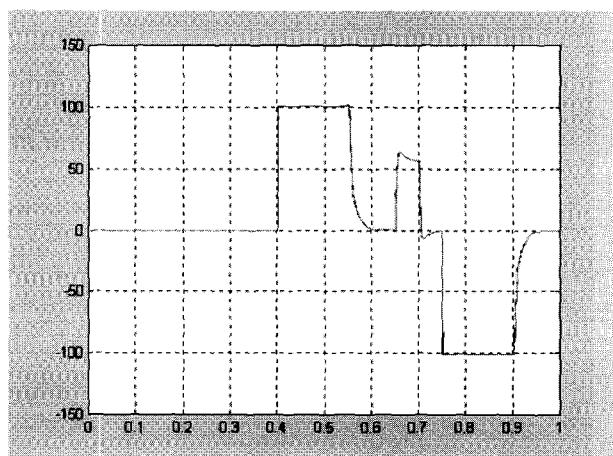


그림 22 동기좌표계 q축 전류지령과 실제전류

있는지를 알아보고 그 제어기의 특성을 여러 가지 상황에서 알아 볼 수 있는 좋은 도구이다. 본고에서는 Simulink를 사용한 유도전동기 벡터제어의 시뮬레이션을 살펴보고 시뮬레이션 결과도 간단하게 살펴보았다. ■

### 〈 저 자 소 개 〉



최종우(崔鍾宇)

1969년 2월 25일생. 1991년 서울대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 경북대 전자전기공학부 조교수. 당 학회 편집위원.