

# MATLAB/SIMULINK를 이용한 전동기 가변속 구동시스템 모델링 및 시뮬레이션

정삼용\*, 최연옥, 한엄용, 오금곤, 정수복, 조금배\*\*  
\* 한전 전력연구원 \*\* 조선대학교

## Modelling and Simulation with a Variable Speed Drive System of a Electric Motor Using MATLAB/SIMULINK

S.Y Jeong \* Y.O Choi, U.Y Han, G.K Oh, S.B Jung, G.B Cho\*\*  
\* Korea Electric Power Research Institute \*\* Chosun University

**Abstract-** The variable speed drive system of a electric motor is popular in industry due to its economical aspect and simplicity of implementation, comparing with a steam turbine or the other engine driven. For a large pumping load like a feedwater pump rated about or more than 20,000kW, a synchronous motor could be primarily considered .

In this paper, we studied the modelling of a variable speed drive system consisted with a load commutated inverter(LCI) and a brushless salient pole rotor synchronous motor(SM) using MATLAB/SIMULINK.

Simulation was performed with a small SM motor parameters.

### 서 론

최근의 산업현장에서는 전동기를 이용한 회전기기의 가변속 구동 시스템의 적용이 두드러지고 있다. 이것은 전동기의 가변속 제어 기법의 발달에 힘입은 것으로 현재까지는 신뢰성 측면에서 적용을 꺼려왔던 원자력 발전소에서도 경제성을 고려하여 고가의 증기터빈 대체로서 대용량 펌프 구동에 전동기를 이용한 가변속 구동 시스템의 적용을 고려하는 단계에 이르렀으며, 한전 전력연구원에서도 자체 개발중인 차세대 원전(Korea New Generation Reactor)의 주급수펌프 구동기로서 부하전류인버터로 구동되는 약 20,000kW의 동기전동기를 이용한 가변속구동시스템의 적용을 검토하고 있다.

본 논문은 원전 특성에 적합한 제어기법 개발을 위하여 수행중인 Matlab/Simulink Package를 이용한 전동기 가변속 구동 시스템의 모델링 및 시뮬레이션 결과를 기술한 것이다.

### 시스템 모델링

Matlab(Mathematical Laboratory)은 일반적으로 수치계산, 제어기법의 개발 및 복잡한 전기-기계적 혼합 시스템의 특성 분석에 유용한 패키지이며, Simulink는 기능적 블록(Functional Block)을 기본으로 Matlab기능을 확장하여 사용하는 동적시스템 시뮬레이션 패키지로 기존의 전력전자분야에서 사용해 오던 시뮬레이션 패키지에서는 불가능한 강력한 기능 및 다양한 분석기법을 포함하고 있다[1].

차세대원전에서 고려하고 있는 전동기 가변속 구동시스템은 약 13.8kV, 20,000kW의 동기전동기와 부하전류인버터로 구성되지만 본 논문에서는 동급 시스템의 정확한 파라미터의 확보 지연으로 저압의 동기전동기를 이용하여 모델링을 실시하였다.

다음의 그림 1과 2는 각각 3상 전원, 정류기, 인버터 및 동기전동기로 구성된 전동기 가변속 구동 시스템의 전기적인 Power Block과 Simulink 패키지에 의한 모델링을 나타낸 것이다.

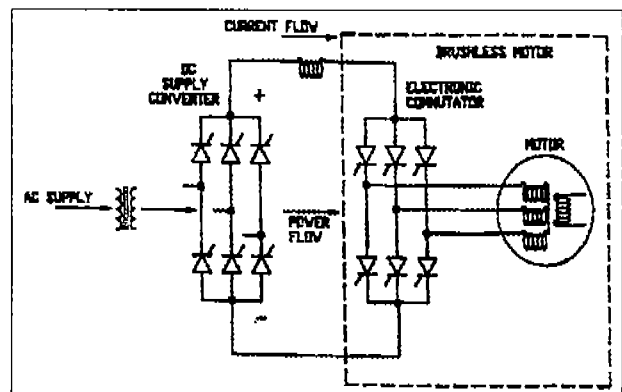


그림 1. 부하전류인버터와 동기전동기 구성

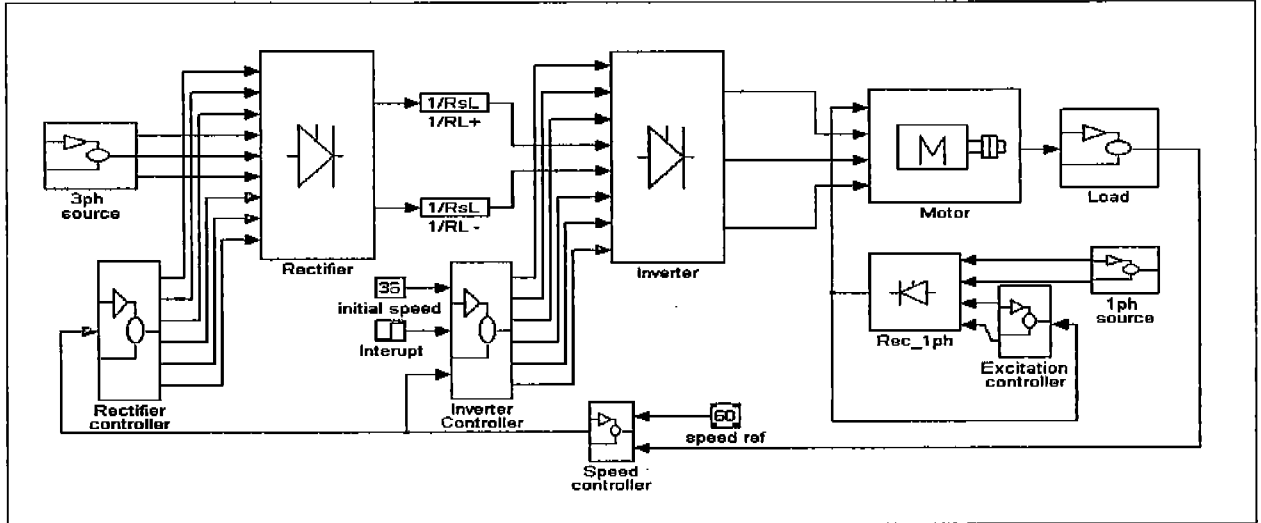


그림 2. Simulink를 LCI 동기전동기 구동시스템

일반적으로 7-8,000kW급 이상의 대용량 시스템의 경우에는 2조 이상의 인버터를 병렬로 결선하여 사용하지만 본 Simulink를 이용한 모델링에서는 회로 구성을 단순화하기 위하여 1조로 구성하였다.

$$\begin{bmatrix} S\Phi_p \\ S\Phi_s \\ S\Phi_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{ph} & M_{ps} & M_{pt} \\ M_{ps} & L_{sh} & M_{st} \\ M_{ps} & M_{st} & L_{th} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Si_p \\ Si_s \\ Si_t \end{bmatrix} \quad (2)$$

3상 전원공급변압기

정류기에 연결되는 전원은 일반적으로 인버터의 구성에 따라 삼상  $\Delta$ -Y 또는  $\Delta$ - $\Delta$ /Y 변압기를 통하여 공급된다. 그림 1은 3권선 변압기의 등가 회로를 나타낸 것이다.

여기서  $L_{ph}, L_{sh}, L_{th}$ : 자기 리액탄스  
 $M_{ps}, M_{st}, M_{pt}$ : 권선 상호 리액탄스  
 $S$ : 라플라스연산자  
 $p$ : 1차권선  
 $s$ : 2차권선  
 $t$ : 3차권선임

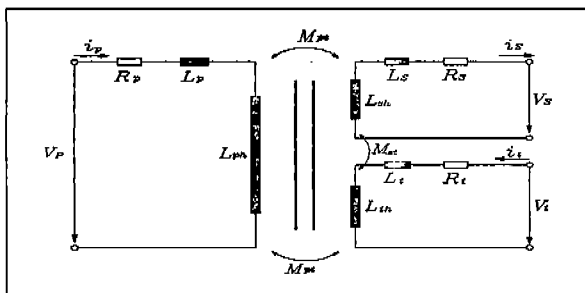


그림 3. 3권선 변압기 등가회로

여기서  $\Delta$ - $\Delta$ /Y 변압기의 1, 2, 3차 권선의 전압 및 자속 증가식을 상태방정식으로 나타내면 각각 식(1) 및 (2)와 같다. 변압기의 모델도 회로 구성의 단순화를 위하여 Simulink 모델링에는 포함하지 않았다.

$$\begin{bmatrix} V_p \\ V_s \\ V_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_p & SL_p \\ R_s & SL_s \\ R_t & SL_t \end{bmatrix} \cdot [i_p \ i_s \ i_t] + \begin{bmatrix} \Phi_{ph} \\ \Phi_{sh} \\ \Phi_{th} \end{bmatrix} \quad (1)$$

부하전류인버터 모델링

부하전류인버터는 앞서 기술한 바와 같이 1조로 구성하였다. 그림 4, 5는 3상 브릿지의 정류기 구성을 나타낸 것이다. 여기서 정류기 및 인버터의 전력용 스위치를 모의하기 위하여 Switch는 순방향 전압강하가 없는 이상적인 스위치로 가정하고 Matlab/Simulink상의 Switch block을 사용하였다. 그림 4는 정류기의 스위치 배열을 나타낸 것으로 그림 중앙의 subsystem은 RS Latch 등으로 구성된 게이트 회로이다.

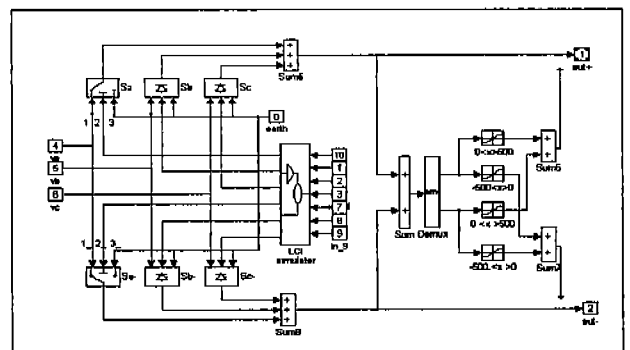


그림 4. 정류기 스위치 배열

그림 4에 나타낸 Switch block은 2번 단자에 Threshold 준위 이상의 신호전압이 나타나면 3번 단자에서 1번 단자로 스위칭되므로 2번 단자를 전력용 스위칭 소자의 게이트로 사용하였다.

그림 4에서 정류기의 우측회로는 부하전류 (load commutation)시 상간 단락을 방지하도록 매  $\pi/3$  주기로 전원 주파수 1Hz당 6개의 게이트 신호를 발생시켜 각각 괄호안의 스위치 쌍, (Sa,Sc-), (Sb,Sc), (Sb,Sa-), (Sc,Sa-), (Sc,Sb-), (Sa,Sb-)에 공급하였을 때 정류기 출력단 +, -측 Sum block에서 발생하는 벡터 에러의 제거 및 두 개의 입력 벡터에 의한 출력벡터를 합성하기 위한 회로이다.

여기서 정류기의 V+측 출력값과 V-측 출력값은 각각  $V_d/2$  및  $-V_d/2$ 와 같으므로 부하측 출력전압의 중점을 접지한 것과 같다.

$$V_d = 2 \times V_d/2$$

$$= \frac{3}{2\pi} \int_{\pi/6+\alpha}^{\pi/6+\alpha+2\pi/3} \sqrt{2} V \sin(\omega t) d\omega t \quad (3)$$

$$= \frac{3\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \frac{V}{\pi}$$

$$= 0.675 V$$

여기서 V는 전원의 실효 최대값이다.

정류기의 제어는 그림 5와 같이 VCO, 논리회로 및 RS Latch 회로를 이용하여 3상 또는 6상의 Sin reference 신호를 발생시켜 각 상전압간의 교차점(동전위 점)에서 펄스가 발생되도록 하였으며, 출력값 제어는 Open loop V/Hz 제어를 사용하였다.

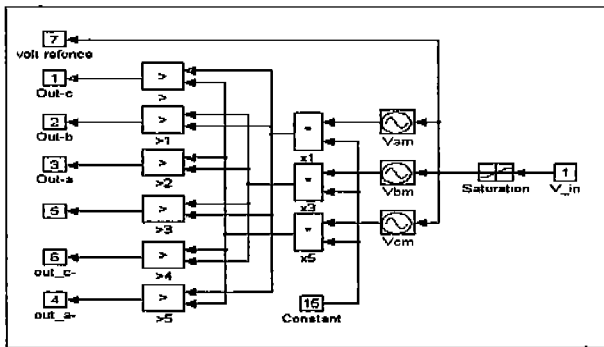


그림 5. VCO를 이용한 정류기 점회로

그림 6은 인덕터 모델링의 예이다. 여기서는 인덕터의 기생(parastic) 효과를 제거하고 제동효과를 주기 위하여 인덕터에 직렬 또는 병렬로 저항성분을 추가하였다. 인덕터의 모델링은 그림과 같이 여러 형태로 모델링할 수 있다. 인덕터의 직, 병렬 모델링을 전달함수 블록을 이용하여 나타내면 각각  $1/[Ls+Rd]$ ,  $Rd \cdot Ls / [Ls+Rd]$ 와 같다.

여기서 제동저항(damping resistance) 값은 시정수  $\tau=L/R=0.1$  이 되도록 선정하였다.

제동저항  $Rd$ 는 RL직렬회로의 경우 이와 병렬로 설치하기도 한다[1].

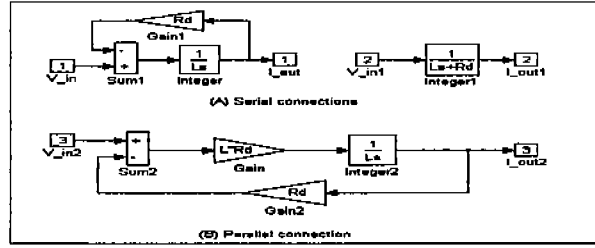


그림 6. 제동저항 Rd와 인덕터 L 모델링

인버터 모델링은 앞서 살펴 본 정류기 모델링과 유사하게 구성하였다.

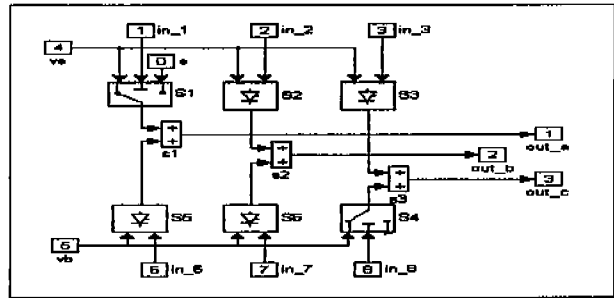


그림 7. 인버터 스위치 배열

그림 8은 인버터의 Load Commutation 원리를 설명하기 위하여 나타낸 것이다.

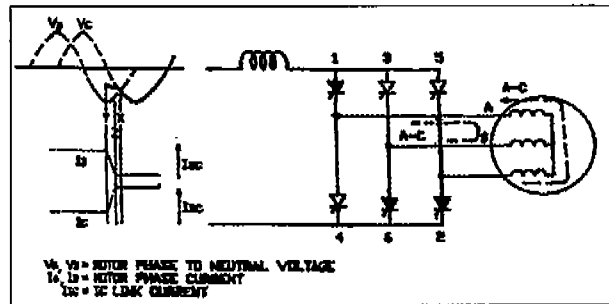


그림 8. Commutation 원리

그림 8은 인버터의 부하전류(load commutation) 현상을 설명하기 위하여 나타낸 것이다. 전류현상은 그림에서 보는 바와 같이, b상의 전류  $I_b$ 의 차단 직전 c상의 전류  $I_c$  전류가 흐르게 되면 그 순간의 역기전력  $V_b$ 와  $V_c$  전압의 차,  $V_c - V_b$ 에 의해 c상으로부터 b상으로 전류 순환전류가 흘러 b상의 스위치가 Off 되는 현상이다. 여기서 전류(Commutation)기간은  $I_c$  전류의 도통시점에서  $I_b$  전류의 차단시점 까지로 나타낸다. 전류 기간중의 전압은  $(V_c - V_b)/2$ 가 이다[3].

인버터의 제어는 부하전류방식의 모델링 미완으로 강제전류방식으로 구성하였다. 여기서 게이트 펄스는  $2\pi/6$  간격으로 발생시켰으며, 연속적인 두 번의 펄스가 동일상에서 나타나도록 구성하였고, 인버터 각 상의 최대 출력 범위는  $2\pi/3$ 로 설정하였다. 인버터의 출력 전류크기는 게이트 신호

의 존속 기간에 선형적으로 비례한다. 따라서 인버터 출력제어는 V/Hz 신호에 크기와 주파수가 각각 선형적으로 비례하는 직류의 기준전압과 사인파 전압을 발생시켜 이들 전압의 준위를 비교하는 방식을 고안하였다. 여기서 직류 전압의 최대값은 사인파 전압의 최대값과 동일하게 설정하였고, 최소값은 사인파 전압의 1/2 즉,  $A_m \sin(\pi/6)$ 가 되도록 설정하였다. 스위치의 게이트 펄스는 사인파 전압이 직류전압보다 큰 경우 발생한다. 식 (3)은 주어진 V/Hz(또는 주파수) 신호에 따라 선형적으로 역비례하는 직류 기준전압의 크기를 결정한다.

$$V_{dc}^* = A_m \sin(\pi/2 - (u[1] * \pi) / (f_{max} * 3)) \quad (3)$$

여기서  $V_{dc}^*$  : V/Hz 신호에 반비례  
 $A_m$  : 사인파 전압의 최대값  
 $u[1]$  : V/Hz 명령신호,  $f_{max}$  : 180Hz

여기서 출력제어는 V/Hz제어를 사용하였다. 즉, 6상 또는 3상 사인파 전압을 발생시켜 이를  $V_{dc}$ 와 비교하여  $\pi/3$  또는  $2\pi/3$  마다 게이트 펄스가 발생되고 스위칭 On기간을 식(3)에 따라 제어하였다.

인버터의 각 상의 출력전류는 구형파가 되므로 이를 입력 직류전류의 중점에 대한 푸리에 급수 형식으로 나타낼 수 있다. 식(4)는 각 상의 출력전류의 크기를 결정한다. 여기서  $AB=1$ 인 경우는 각 스위치의 도통기간이 1Hz 당  $\pi/2$ 이다.

$$\begin{aligned} i_{a0} &= AB \frac{4I}{\pi} \left[ \cos \omega t - \frac{1}{3} \cos 3\omega t - \frac{1}{5} \cos 5\omega t + \dots \right] \\ i_{w0} &= AB \frac{4I}{\pi} \left[ \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} \right) - \frac{1}{3} \cos 3 \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} \right) - \frac{1}{5} \cos 5 \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} \right) + \dots \right] \quad (4) \\ i_{b0} &= AB \frac{4I}{\pi} \left[ \cos \left( \omega t + \frac{2\pi}{3} \right) - \frac{1}{3} \cos 3 \left( \omega t + \frac{2\pi}{3} \right) - \frac{1}{5} \cos 5 \left( \omega t + \frac{2\pi}{3} \right) + \dots \right] \end{aligned}$$

여기서  $I$  :  $0.5 \cdot I_{dc}$   
 $A$  :  $2/3$ (최대 도통각이  $2\pi/3$ 인 경우)  
 $B$  : 주파수 신호/최대주파수(=180)

### 전동기 모델링

전동기 모델링은 돌극형 동기전동기(salient pole synchronous motor)를 사용하였다.

전동기의 3상 전압 인가에 의한 전압, 토크 및 각속도 변위는 식 (4), (5) 및 (6)와 같다[4].

$$\begin{aligned} \text{전압} \\ V_{abc} &= R_s I_{abc} + p \lambda_{abc} \\ V_{qdr} &= R_r I_{qdr} + p \lambda_{qdr} \end{aligned} \quad (4)$$

전기-기계적 토크

$$\begin{aligned} T_e &= J \left( \frac{P}{2} \right) P w_r + B_m \left( \frac{P}{2} \right) w_r + T_L \\ w_r &= \left( \frac{P}{2} \right) \omega_b \end{aligned} \quad (5)$$

전동기의 회전자 각속도 변위는

$$\begin{aligned} \theta_r &= \int_0^t \omega_r(\xi) d\xi + \theta_r(0) \\ \theta_r &= \left( \frac{p}{2} \right) \theta_b \end{aligned} \quad (6)$$

여기서

$$\begin{aligned} (V_{abc})^T &= [v_{as} \ v_{bs} \ v_{cs}] \\ (V_{qdr})^T &= [0 \ 0 \ v_f] \\ (I_{abc})^T &= [i_{as} \ i_{bs} \ i_{cs}] \\ (I_{qdr})^T &= [i_{kq} \ i_{kd} \ i_{fr}] \\ (\lambda_{abc})^T &= [\lambda_{as} \ \lambda_{bs} \ \lambda_{cs}] \\ (\lambda_{qdr})^T &= [\lambda_{kq} \ \lambda_{kd} \ \lambda_{fr}] \\ R_s &= \text{diag} [r_s \ r_s \ r_s] \\ R_r &= \text{diag} [r_{kq} \ r_{kd} \ r_{fr}] \end{aligned} \quad (7)$$

전동기가 자기적으로 선형시스템이라고 가정하면 전동기 전압 및 쇄교자속은 다음의 식 (8), (9)과 같이 d-q방정식으로 나타낼 수 있다.

전압

$$\begin{aligned} v_{qs} &= r_s i_{qs} + \omega_r / \omega_b \lambda_{ds} + p \lambda_{qs} \\ v_{ds} &= r_s i_{ds} - \omega_r / \omega_b \lambda_{qs} + p \lambda_{ds} \\ v_{0s} &= r_s i_{0s} + p \lambda_{0s} \\ 0 &= r_{kq} i_{kq} + p \lambda_{kq} \\ 0 &= r_{kd} i_{kd} + p \lambda_{kd} \\ v_{fd} &= r_{fd} i_{fd} + p \lambda_{fd} \end{aligned} \quad (8)$$

쇄교자속

$$\begin{aligned} \lambda_{qs} &= L_{is} i_{qs} + L_{mq} \cdot (i_{qs} + i_{kq}) \\ \lambda_{ds} &= L_{is} i_{ds} + L_{md} \cdot (i_{ds} + i_{kd} + i_{fd}) \\ \lambda_{0s} &= L_{is} i_{0s} \\ \lambda_{kq} &= L_{ikq} i_{kq} + L_{mq} \cdot (i_{qr} + i_{kq}) \\ \lambda_{kd} &= L_{ikd} i_{kd} + L_{md} \cdot (i_{ds} + i_{kq} + i_{fd}) \\ \lambda_{fd} &= L_{ifd} i_{fd} + L_{md} \cdot (i_{ds} + i_{kd} + i_{fd}) \end{aligned} \quad (9)$$

발생토크

$$T_e = \left( \frac{3}{2} \right) \left( \frac{p}{2} \right) (\lambda_{ds} i_{qs} - \lambda_{qs} i_{ds}) \quad (10)$$

식 (8)-(10)에서 첨자  $k$ 는 제동권전을 의미한다.

3상 전압의 d-q 방정식으로 변환식은

$$\begin{bmatrix} v_{as} \\ v_{bs} \\ v_{cs} \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos \theta_r & \cos \theta_{r1} & \cos \theta_{r2} \\ \sin \theta_r & \sin \theta_{r1} & \sin \theta_{r2} \\ 1/2 & 1/2 & 1/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{as} \\ v_{bs} \\ v_{cs} \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$\begin{bmatrix} v_{as} \\ v_{bs} \\ v_{cs} \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos \theta_r & \sin \theta_r & 1 \\ \cos \theta_{r1} & \sin \theta_{r1} & 1 \\ \cos \theta_{r2} & \sin \theta_{r2} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{qs} \\ i_{ds} \\ i_{0s} \end{bmatrix} \quad (12)$$

여기서  $\theta_{r1} = \theta_r + 2\pi/3$ ,  $\theta_{r2} = \theta_r - 2\pi/3$

그럼 9와 10은 식 (8)과 (9)의 결과로부터 전동기 d-q 간이 등가모델을 유추한 것이다. 그림 10의 임피던스  $z_f$ ,  $z_d$ ,  $z_q$ 는 입력전류를 전압으로 환산하기 위한 것이다.

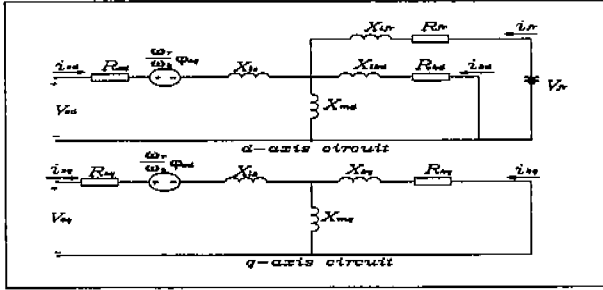


그림 9. 들극형 동기전동기 d-q 모델

그림 10은 시뮬레이션에 사용된 전동기 모델이며, 표 1은 전동기 파라미터를 나타낸 것이다. 표 1에서 리액턴스는 60Hz를 기준한 값이다.

표 1. 동기전동기 파라미터

파라미터		
고정자	Xls=0.17	Xlm=0.043
	Rsd=0.0031	Xmd=0.64
	Rsq=0.0031	Xmq=0.64
	Rkd=0.047	Xkd=0.016
회전자	Rkq=0.0024	Xkq=0.0094
	Rfd=0.00087	Xfr=0.021

Pumping 부하 모델링

Pumping 부하로는 원심 펌프로 가정하였으며, 원심펌프의 토크는 속도의 3승에 비례하므로 식 (13)과 같이 간략히 나타낼 수 있다[5].

$$T_p = k * \omega^3 \quad (13)$$

여기서  $T_p$ : 펌프 토크

$k$ : 비례상수,  $\omega$ : 회전수

그림 11은 전동기와 펌프의 부하 모델링이다.

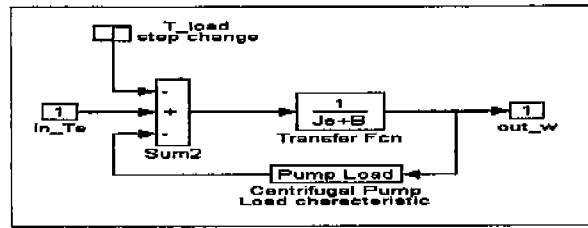
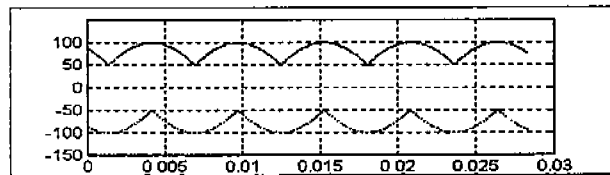


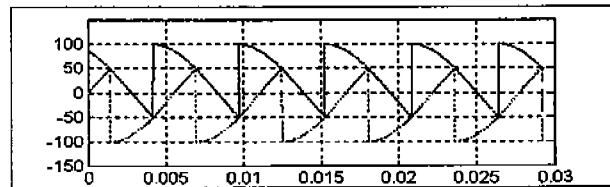
그림 11. 부하 모델링

시뮬레이션 및 결과 고찰

정류기 시뮬레이션 파형을 그림 12, 13 및 14에 나타내었다. 정류기의 공급전압은 3상 100V이다.



(a) 지연각을 0° 으로 한 경우



(b) 지연각을  $\pi/3$ 으로 한 경우

그림 12. 게이트 1펄스의 존속 기간을  $2\pi/3$ 로 한 경우의 정류기(Rectifier) 출력파형

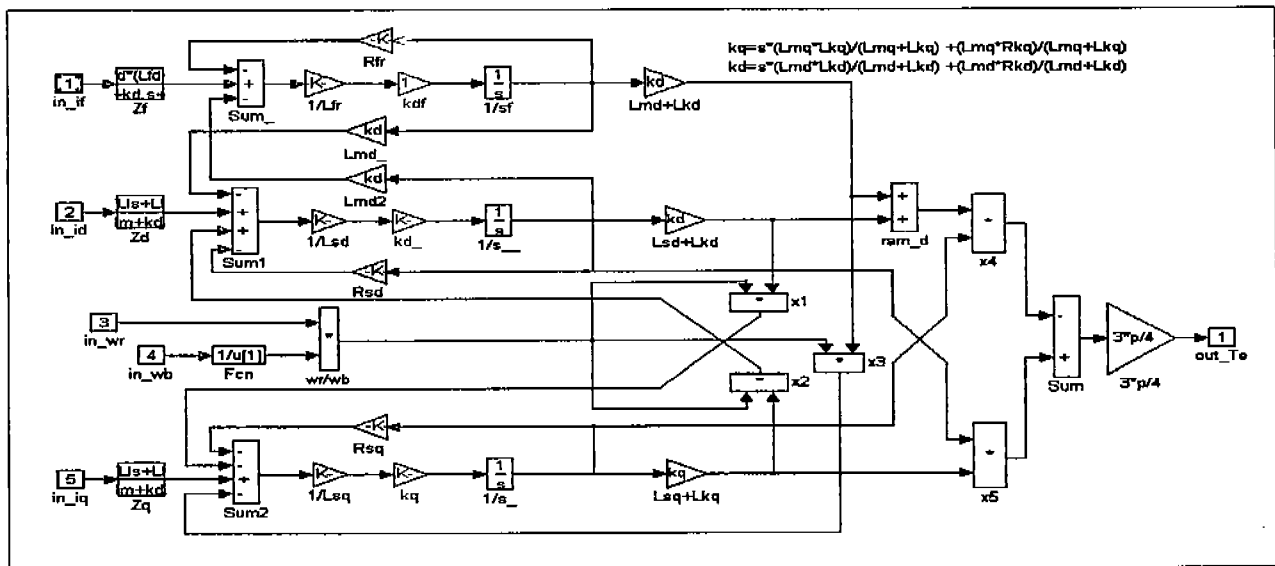
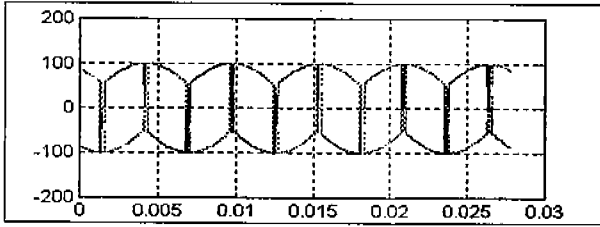
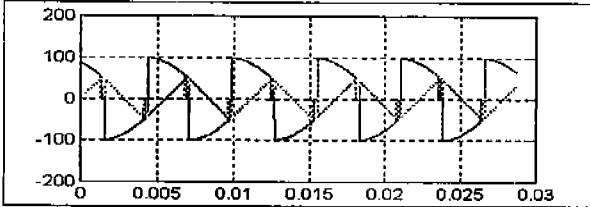


그림 10. 동기전동기 d-q 모델링



(a) 지연각을 0° 으로 한 경우



(b) 지연각을  $\pi/3$ 으로 한 경우

그림 13. 게이트 1펄스의 존속 기간을  $\pi/3$ 로 한 경우의 정류기 출력파형

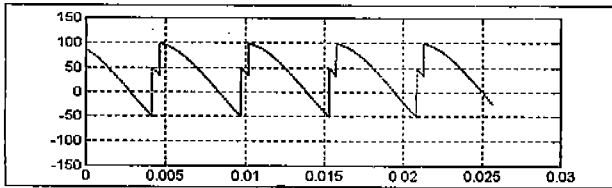


그림 14. 전류중첩효과 모의시의 출력파형

그림 12는 각 Leg의 스위치 한 주기당 도통기간을  $2\pi/3$ 로 설정한 경우의 +측 정류기 출력전압이다. 그림 13은 라인전류에 의한 상간 단락을 방지하기 위하여 전류중첩기간 만큼 스위칭 Off 한 경우의 출력파형이다. 그림 14는 전류 중첩효과를 나타내기 위하여 스위치 도통기간을 중첩시킨 경우의 출력파형이다.

다음의 그림 15는 정류기 출력단에 설치된 인덕터 L의 출력파형이다. 여기서 인덕터 L과 제동 저항 Rd는 각각 10H, 0.1Ω으로 설정하였다.

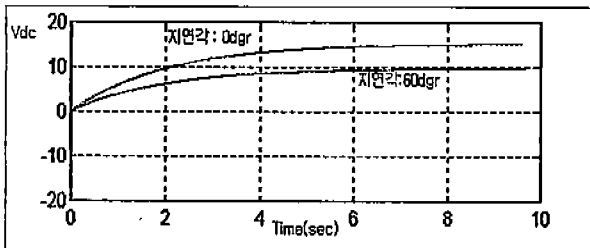


그림 15. 인덕터 L의 출력파형

그림 16은 전동기의 입력이 되는 인버터의 출력 전류파형을 나타낸 것이다.

V/Hz 제어하에서의 인버터의 출력 전류의 진폭은 일정한 반면 각 상의 반주기당 도통 폭은 V/Hz 신호에 비례한다. 여기서 각 스위치의 한 주기당 최대 도통각은  $2\pi/3$ 으로 하였다.

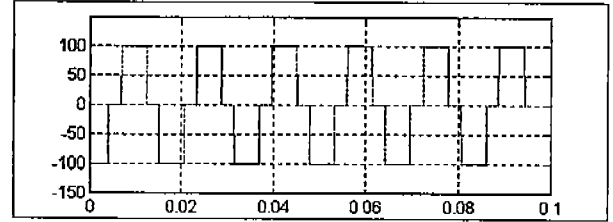


그림 16. 인버터(Inverter) 출력파형( $f=180\text{Hz}$ )

전동기 모델링을 포함한 전 시스템의 시뮬레이션은 Simulink 패키지의 연산 속도를 향상시키기 위하여 다음의 조건에서 수행하였다.

- 전동기 속도제어는 개루프 V/f 제어법을 사용하였으며, 전동기 전원전압의 크기 및 주파수는 모두 인버터에서 제어되는 것으로 가정하고 정류기를 이상적인 정전류원으로 대체하였다.
- 전동기 계자권선에 공급되는 전류 If 단상 SCR 정류기를 통해 제어되는 직류전원으로 가정하였다.

그림 17은 V/Hz 신호를 고정하여 전전압 기동 방식으로 기동한 경우의 전동기 속도의 변화를 보여준다. 그림 17에서 보는 바와 같이 전동기의 속도는 V/Hz의 신호가 큰 경우 속도 증가량이 둔화되어 있다.

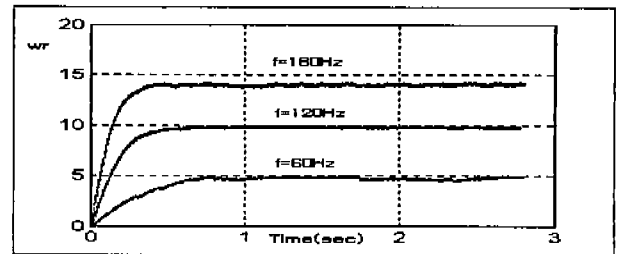
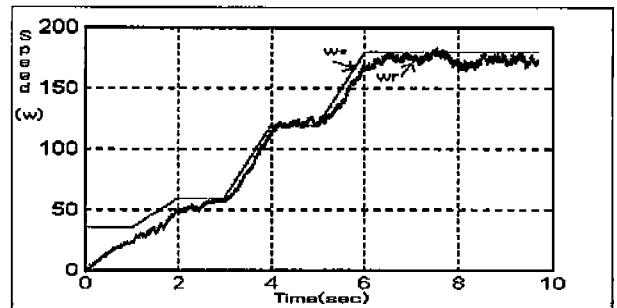
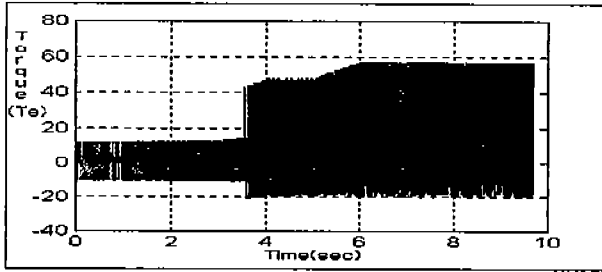


그림 17. 전동기 전전압 기동시 속도변화

그림 18은 전동기의 V/Hz를 시간에 따라 변화시킨 경우의 속도 및 토오크의 변화를 보여준다. 그림 18 (a)는 명령신호인 V/Hz의 변화에 대한 속도 변화 추이를 나타내기 위하여 전동기 속도의 Scale을 12배 하여 V/Hz 명령신호와 동일 그래프 상에 나타내 것이다. 그림 18 (b)는 속도 변화시의 토오크 변화를 나타낸다.



(a) 전동기 속도 기준신호와 각속도 변화



(b) 토오크 변화 추이

그림 18. 전동기 가변속 제어

그림 18에서 전동기 V/Hz 의 초기값(0-1sec)은 36이며, V/Hz의 최대값은 180이다. 여기서 전동기 고정자전류의 평균 최대값( $I_{sm}$ )는 V/Hz 신호(이하 Fref라 함)에 정비례하여 증가( $I_{sm}=Fref*Idc/3[A]$ )하도록 제어하였으며, 계자전류( $I_f$ )도 Fref에 정비례( $I_f=Fref*0.05[A]$ )하여 증가시켰다. 그림 17과 18(a)에서 보는 바와 같이 전동기 속도추이는 Fref를 대체적으로 추종하고 있음을 알 수 있다. 그러나 그림 (b)의 토오크는 회전자 속도가 약 80~90에 도달하였을 때 순간적으로 점프하여 일정 비율 증가후 안정됨을 보이고 있다.

그림 18 (a)와 (b)의 시뮬레이션 결과로부터 전동기 속도 변화추이가 제어신호를 어느 정도 추종하고 있음에도 불구하고 각속도의 지속적인 헌팅(Hunting)과 토오크 변화추이의 비선형성으로부터 모델링 또는 사용된 파라미터의 정확성이 다소 결여된 것으로 판단된다.

## 결 론

AC-DC-AC 인버터에 의한 전동기 가변속 구동 시스템의 모델링 및 시뮬레이션을 실시하여 Matlab/Simulink 패키지를 이용한 전력용반도체 소자 및 인덕턴스 효과를 모의하기 위한 모델링의 예와 인버터-동기전동기로 구성된 가변속 구동 시스템의 V/Hz 제어방법을 제시하였다.

본 연구의 시뮬레이션 결과는 전력 변환 장치의 부하전류(Load Commutation)현상과 속도 가변에 따른 전동기의 과도현상 모의를 위한 모델링의 보완이 필요한 것으로 판단된다. 그러나 전동기 가변속 구동시의 속도변화추이를 나타내는 시뮬레이션 결과로부터 모델링의 보완시 실 시스템의 구동특성에 근접한 모의가 가능한 것으로 판단되므로 모델링을 보완하고 실 시스템의 파라미터의 적용하면 보다 정확한 전동기 동특성 분석이 가능할 것으로 판단된다. 본 연구결과는 보완을 통하여 원전의 운전모드에 따른 전동기 제어알고리즘 개발 및 전동기 보호회로 설계에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

1. F. Flinders, S. Senini, W. Oghanna, "Mixed Electrical and Mechanical simulations Using Dynamic systems Analysis Packages".
2. M. Biechl, W. Lorenzen, R. Lubash, H. Pranner, "Transient Behaviour of a Current-Source Inverter-Fed Synchronous Motor with a Solid Rotor" IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 4, No. 3, Sept. 1989
3. J.N. Poole, W.J.Frey, "Retrofit of a Recovery Boiler I.D. Fan with a Dual Channel High Reliability LCI Drive", IEEE PPIC-88-771, 1988
4. M. Ronkoviski, K. Iwan, R. Szczery, "Simulation of Converter - Synchronous Machine Drive in Normal and Fault Operation" The European Power Electronics Association, 1993
5. J.R. Pottebaum, " Optimal characteristics of a Variable-Frequency Centrifugal Pump Motor Drive" IEEE Trans on Industry App. Vol 1A-20, No. 1 Jan/Feb. 1984.
6. Mathworks Inc. "Simulink Users Guide", March 1992