

RecurDyn과 Matlab/Simulink를 이용한 전동지게차 시스템의 Co-Simulation

김상훈, 목형수, 윤덕진
강원대학교, 건국대학교, (주)Functionbay

Co-Simulation for Electric Forklift System Using RecurDyn and Matlab with Simulink

Sanghoon Kim, Hyungsoo Mok, Dukjin Yun
Kangwon Univ. Konkuk Univ., Functionbay Co.

ABSTRACT

전동기 구동시스템의 사양 결정과 설계를 위해서는 부하의 부하토크, 관성계수, 마찰계수 등의 정보에 의한 부하 모델링이 반드시 필요하다. 전동지게차 시스템의 모델링을 위해서는 차체의 중량과, 바퀴의 제원 등 제한적인 정보를 기초로 하여 번거로운 계산과정을 거쳐야 하지만 정확한 정보를 얻기에는 어려움이 따른다. RecurDyn은 기계시스템의 모델링과 시뮬레이션을 하는 3차원 해석이 가능한 Functionbay사에서 개발한 시뮬레이션 프로그램으로서 3D의 기계적인 형상을 작성하고, 물성을 입력하면 부하토크, 등가 관성계수, 마찰계수를 출력할 수 있어 전동기구동시스템의 시뮬레이션 프로그램인 Matlab/Simulink와 결합하여 시뮬레이션을 수행 할 경우 부하 모델링 없이 전체 구동시스템의 특성 시뮬레이션이 가능하다. 본 논문에서는 영구자석 동기전동기로 구동하는 전동지게차 시스템을 대상으로 RecurDyn 프로그램의 활용을 소개하고 Matlab/Simulink를 이용한 결합 시뮬레이션의 가능성을 보고자 한다.

1. 서론

전동기 제어분야를 포함한 전력전자 분야에서 Matlab/Simulink, PSIM, Spice, Simpler 등 시뮬레이션 프로그램을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션의 적용이 점차적으로 늘어나 현재는 필수사항이 되었다. 컴퓨터 시뮬레이션의 장점은 제반 설계 변수의 변화에 따른 결과를 손쉽게 확인할 수 있고, 문제 해결에 필요한 시간과 경비 절감뿐 아니라 제작과 운용에 대한 고려를 설계단계부터 고려할 수 있다는 것으로, 설계 시에 컴퓨터 시뮬레이션을 반드시 수행하는 주요한 이유가 된다.

전동기 제어 분야에서 시뮬레이션기법을 적용하기 위해서는 전동기, 전력변환기, 제어계, 부하모델을 필요로 하는데, 전동기, 전력변환기 및 제어기 모델은 비교적 정확한 모델이 알려져 있고, 상기의 시뮬레이션 프로그램에서 미리 작성된 라이브러리로 제공하는 경우가 대부분으로 쉽게 증명된 정확한 모델을 사용할 수 있는 반면 부하모델은 적용 대상에 따라 등가관성계수와 마찰계수, 부하토크 등을 역학의 원리를 이용하여 미리 계산하여 사용하게 된다.

전동지게차의 구동시스템에 대한 시뮬레이션을 수행할 경우 사양 결정과 설계를 위해서는 부하의 부하토크, 관성계수, 마찰계수 등의 정보에 의한 부하 모델링이 반드시 필요하며, 모델링을 수행할 때 차체의 중량과, 바퀴의 제원 등 제한적인 정보

를 기초로 하여 번거로운 계산과정을 거쳐야 할 뿐 아니라 정확한 정보를 얻는 데는 어려움이 따른다.

RecurDyn은 기계시스템의 모델링과 시뮬레이션을 하는 3차원 해석이 가능한 역학분야의 시뮬레이션 프로그램으로서 3D의 기계적인 형상을 작성하고, 물성을 입력하면 부하토크, 등가 관성계수, 마찰계수를 출력할 수 있어 기계시스템 모델의 파라미터를 쉽게 구할 수 있을 뿐 아니라 전동기구동시스템의 시뮬레이션 프로그램인 Matlab/Simulink와 결합하여 시뮬레이션을 수행 할 경우 부하 모델링 없이 전체 구동시스템의 특성 시뮬레이션이 가능하다. 본 논문에서는 영구자석 동기전동기로 구동하는 전동지게차 시스템을 대상으로 RecurDyn 프로그램의 활용을 소개하고 Matlab/Simulink를 이용한 결합 시뮬레이션의 가능성을 보고자 한다.^[1]

2. RecurDyn과 Matlab/Simulink용 전동지게차 시스템 모델

2.1 전동지게차 모델

그림 1에는 RecurDyn을 이용한 전동지게차 모델을 나타내었다. 모델의 작성은 3차원으로 전동지게차의 각 부분을 실크기로 그린 후 그림 2의 예처럼 특성을 입력한다.

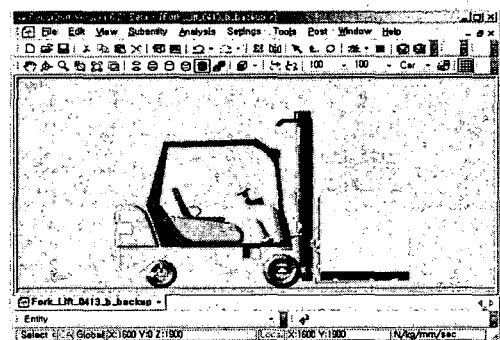


그림 1 전동지게차 모델
Fig. 1 RecurDyn Model of Electric Forklift

그림 2에는 전동지게차가 들어 올린 물체(질량 785kg)에 대한 물성을 입력한 예를 나타내었고, 각 부분에 대한 물성도 같은 방법으로 입력하여 전동지게차의 모델을 완성한다. 또한 노

면의 정보도 바퀴부분의 물성으로 입력하여 주행에 필요한 정보를 입력한다.

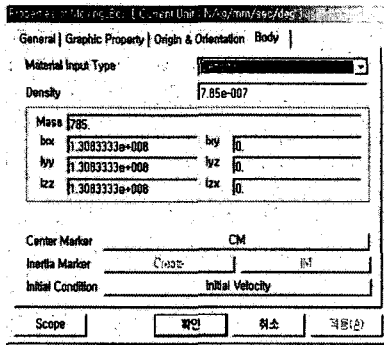


그림 2 이동물의 물성
Fig. 2 Properties of moving object

2.1.1 전동지게차 등가관성계수의 계산

전동지게차의 전체 기구물을 선택 한 후 구동 바퀴에서 본 등가 관성계수를 구하면 그림 3과 같다. 그림 3에서 알 수 있듯이 예제로 사용한 전동지게차의 등가 관성계수는 $J=3.9 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ 이며, 별도의 계산 없이 바로 구할 수 있다.

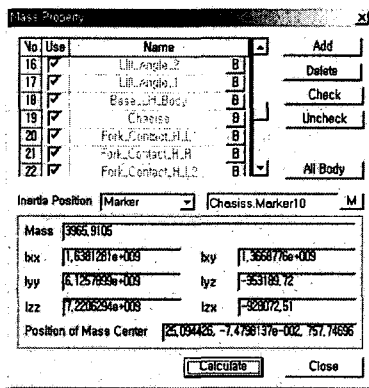


그림 3 RecurDyn으로 계산한 등가관성계수
Fig. 3 Equivalent Moment of Inertia Calculation using RecurDyn

2.1.2 전동지게차 부하토크의 계산

전동지게차가 질량 785kg의 이동물체를 들어 올린 상태에서 평지와 5%의 경사면을 주행할 경우 부하토크를 RecurDyn을 이용하여 계산하면 그림 4와 같다. 그림 4에서는 구동전동기가 21[Nm]의 토크로 구동할 경우 주행조건에 따른 가속 특성파 부하토크 값을 보여준다. 8.2초까지는 평탄한 길을 주행하다가 5% 경사면을 주행했을 경우로 경사면에서는 미끄러지려는 힘의 작용에 의해 부하토크가 증가함을 알 수 있다. 또한, 경사면에 도달했을 때 부하토크가 크게 진동하는 것을 알 수 있는데 이는 바퀴 들림 현상과 재점착의 반복현상에 의해 나타난다. 가속도 부하토크의 값은 시뮬레이션 조건에 따른 부하 패턴으로 다른 시뮬레이션 프로그램에서 사용가능한 유용한 정보로 활용된다.

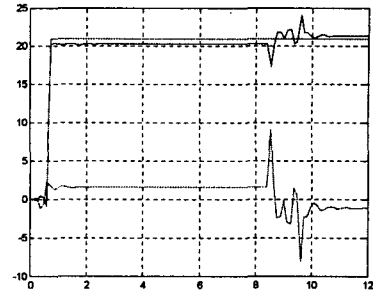


그림 4 RecurDyn으로 계산한 구동토크, 부하토크와 각가속도
Fig. 4 Calculation of driving, load torque and angular acceleration using RecurDyn (X axis: sec, Y-axis: Nm, rad/sec²)

2.2 Matlab/Simulink를 이용한 전동지게차 구동시스템의 시뮬레이션

RecurDyn을 이용하여 계산한 전동지게차의 등가관성계수와 부하토크를 이용하여 Matlab/Simulink에서 시뮬레이션을 수행할 수 있다. 그림 5에는 Matlab/Simulink로 작성한 전동지게차 구동시스템을 나타내었다.

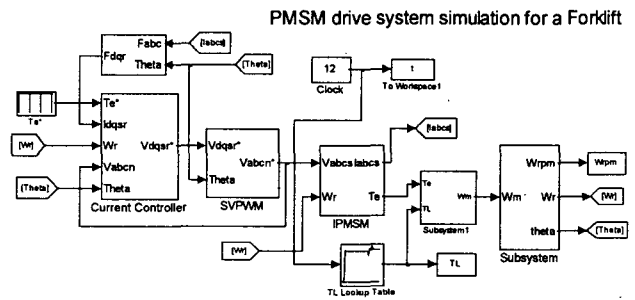


그림 5 Matlab/Simulink로 작성한 전동지게차 구동시스템
Fig. 5 Electric forklift Drive System Using Matlab with Simulink

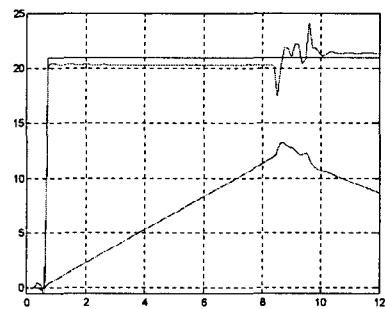


그림 6 Matlab/Simulink 시뮬레이션 결과(토크, 속도)
Fig. 6 Simulation Result Using Matlab with Simulink (Torque, Speed/100, X axis: sec, Y-axis: Nm, rpm)

2.3 ReCurDyn과 Matlab/Simulink를 이용한 결합시뮬레이션

ReCurDyn의 전동지게차 모델을 이용한 전동지게차 구동시스템의 Matlab/Simulink 시뮬레이션을 위한 블록도가 그림 7에 보인다. 견인 전동기로서는 영구자석형 동기전동기를 사용

하였고, 벡터제어기법을 적용하여 토크를 제어하였다.

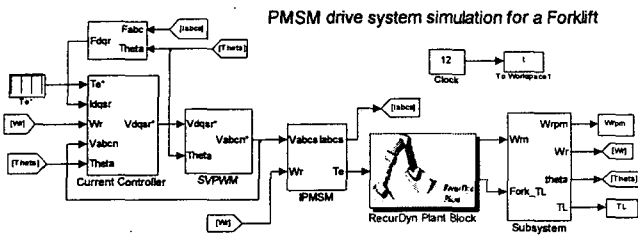


그림 7 ReCurDyn과 Matlab/Simulink를 이용한 결합한 전동지게차 구동시스템

Fig. 7 Electric forklift Drive System Using RecurDyn and Matlab with Simulink

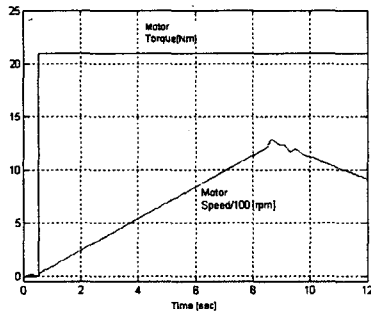


그림 8 결합 시뮬레이션 결과(토크, 속도)

Fig. 8 Cosimulation Results (Torque, Speed, X axis: sec, Y-axis: Nm, rpm)

그림 8은 그림 9와 같은 도로 패턴 하에서 전동지게차를 일정 토크로 구동하였을 때의 Matlab/Simulink 시뮬레이션 결과를 보인다. 평지에서 계속 가속되다가 경사면에서 감속되는데, 이 결과를 사용하여 RecurDyn 프로그램으로 전동지게차의 구동상황을 애니메이션으로 볼 수 있는데, 그림 9의 (a), (b) 및 (c) 지점에서의 상황이 그림 10에 보인다.

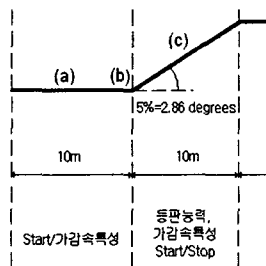
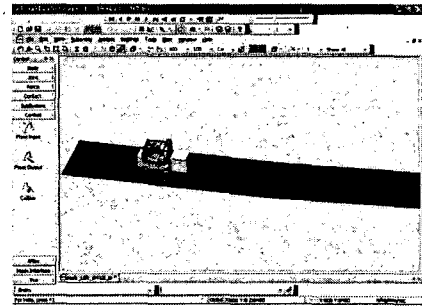


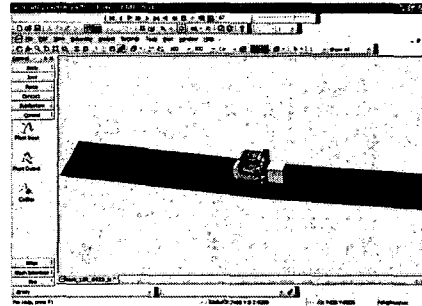
그림 9 도로 패턴
Fig. 9 Road Pattern

3. 결론

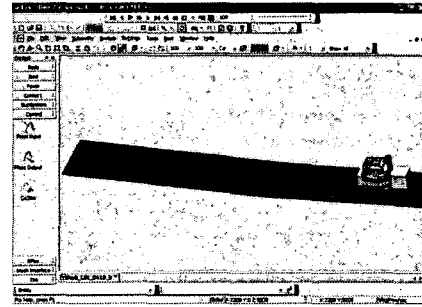
RecurDyn 프로그램을 이용하여 해석하면 복잡한 부하시스템의 부하 모델링이 가능하여 복잡한 모델링 과정과 계산 없이도 부하 파라미터를 추출할 수 있어 부하모델을 포함한 시스템 해석과 제어기 설계에 정확도를 기할 수 있어 전동기제어분야의 시뮬레이션 프로그램의 보조 도구로 활용할 수 있다.



(a) 4 초



(b) 8 초



(c) 12 초

그림 10. 시뮬레이션 결과의 애니메이션

Fig. 10. Animation of Simulation Results

또한 Matlab/Simulink와 결합하여 활용할 경우 다양한 조건에서의 시뮬레이션과 3차원의 Dynamics에 대한 애니메이션이 가능하여 설계자에게 보다 다양한 정보의 제공이 가능하여 시뮬레이션기반의 설계시스템의 수준을 향상시키는 역할을 할 수 있다. 본 논문에서는 영구자석 동기전동기로 구동하는 전동지게차 시스템을 대상으로 RecurDyn 프로그램의 활용을 소개하고 Matlab/ Simulink를 이용한 결합 시뮬레이션의 활용 가능성을 확인하였다.

이 논문은 산업자원부의 에너지자원기술개발사업 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

- [1] 김형우, 김홍섭, 최종수, "RecurDyn과 TRACSIM을 이용한 해저 연약 지반 주행차량의 모델링" 2003 RecurDyn User Conference, 2003.
- [2] Functionbay, "RecurDyn v6.21 Solver Theoretical Manual", 2005.
- [3] Functionbay, "RecurDyn v6.21 Basic Training Gyide", 2005.