

# 전기·기계 통합해석을 위한 엘리베이터 도어 구동시스템의 모델링

목형수\* 이재현\*, 김창완\*\*, 서용호\*\* 김상훈\*\*\*, 박내춘\*\*\*

\*건국대학교 전기공학과, \*\*건국대학교 기계공학과, \*\*\*강원대학교 전기전자공학부

## A Modeling of Elevator Door Drive System for Co-Simulation of Electric-Mechanical System

Hyung-Soo Mok\*, Jae-Hyun Lee\*, Chang-Wan Kim\*\*, Yong-Ho Seo\*\*, Sang-Hoon Kim\*\*\*, Nae-Chun Park\*\*\*

\*Konkuk Univ. Dept. of Electrical Eng., \*\*Konkuk Univ. Dept. of Mechanical Eng.,

\*\*\*Kangwon Univ. Dept. of Electrical and Electronics Eng.

### ABSTRACT

전동기 구동시스템의 모델링을 위해서는 부하의 부하토크, 관성계수, 마찰계수 등의 정보에 의한 부하 모델링이 반드시 필요하다. 하지만 기본적인 부하모델의 제정수와 단순화된 운동방정식만으로는 기계적 각 부분에서의 발생하는 현상에 대한 해석이 불가능 하다.

본 논문에서는 엘리베이터 도어 구동시스템을 대상으로 기계 해석 분야의 해석 프로그램인 RecurDyn과 전력전자 분야의 시뮬레이션 프로그램인 Simplorer의 Co-Simulation을 통한 부하 모델 및 구동 시스템의 해석 가능성과 해석 범위를 분석하고 실험을 통해 타당성을 검증하고자 한다.

### 1. 서 론

전동기 구동 시스템 분야를 포함한 전력전자 분야에서 컴퓨터를 통한 모의 해석은 필수요소가 되었다. 이러한 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 모의 해석은 설계변수 변화에 따른 결과 분석이 용이할 뿐만 아니라 시간 및 경비 절감의 효과를 기대할 수 있다.

대부분의 부하시스템이 기계시스템으로 구성된 전동기 구동 분야에서 기계 부하의 해석은 시스템 사양 결정 및 설계에 필수 요소이다. 그러나 부하의 Inertia 포함한 기계적 제정수의 정확한 계산 또는 측정을 수행하는 것은 매우 어려운 문제이다. 그러므로 전동기 구동분야의 모델링 및 시뮬레이션을 수행할 경우 간략화된 운동방정식과 증가화된 기계적 제정수를 사용하여 해석하는 것이 일반적이다.

RecurDyn은 CAD 데이터를 바탕으로한 기계적인 형상을 3D로 모델링을 수행하고 기계적 물성 정보를 입력함으로써 정확한 기계적 제정수 및 동적특성 해석이 가능한 동역학 해석 분야의 프로그램이다. 또한 전동기 구동 분야의 해석 프로그램인 Mathworks사의 Matlab/Simulink 및 Ansoft사의 Simplorer와의 연계해석(Co-Simulation)을 수행함으로써 전기적 특성에 의한 기계적 부하의 특성을 해석할 수 있다.

최근 지게차 구동 시스템을 대상으로 RecurDyn과 Matlab/Simulink 연계해석을 이용한 모델링 기법이 소개 되었다. 수행된 모델링은 RecurDyn을 이용하여 지게차와 주행 노면의 모델링을 수행하고 등가 관성계수를 추출하여 제어에 적

용하여 시뮬레이션 함으로써 연계해석의 가능성을 제시하였다.<sup>[1]</sup>

본 논문에서는 엘리베이터 도어 구동 시스템을 대상으로 RecurDyn과 Simplorer의 연계해석을 수행하고 실험을 통해 모델링의 타당성을 분석했다.

### 2. 엘리베이터 도어 구동시스템 구성

그림 1은 엘리베이터 도어 구동 시스템의 블록 다이어그램을 나타내고 있다. 본 논문에서는 전류 모델을 이용한 자속 추정 방법을 이용한 직접벡터제어 기법을 사용하였다. 전류제어는 역기전력을 전향 보상한 동기 좌표계 PI전류제어기를 사용하였고, 전압변조방식으로는 공간전압벡터 PWM기법을 사용하였다.

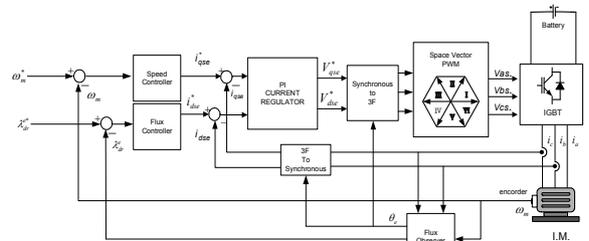


그림 1 엘리베이터 도어 구동 시스템의 블록 다이어그램  
Fig. 1 A Block Diagram of Elevator Door Drive System

시뮬레이션 및 실험에 사용된 유도전동기 제정수는 표 1과 같다.

표 1 400W 유도전동기의 제정수  
Table 1 Parameters of 400W Induction Machine

400[W], 220[V], 4pole, 60[Hz], 1695[rpm]	
$R_s$	6.5606[Ω]
$R_r$	5.0045[Ω]
$L_{ls}$	12.3634[mH]
$L_{lr}$	18.3751[mH]
$L_m$	283.3135[mH]

## 2. RecurDyn을 이용한 엘리베이터 도어 모델링

RecurDyn은 기계적시스템의 모델링과 시뮬레이션을 하는 3차원 해석이 가능한 역학분야의 시뮬레이션 프로그램으로써 3D의 기계적인 형상을 작성하고, 물성을 입력하면 부하토크, 등가관성계수, 마찰계수를 출력할 수 있어 기계시스템 모델의 파라미터를 쉽게 구할 수 있을 뿐만 아니라 부하의 동작 특성을 모의 해석할 수 있는 다물체 동역학 모의 해석 프로그램이다.<sup>[2]</sup>

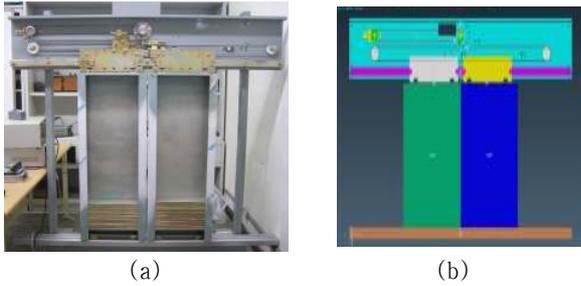


그림 2 엘리베이터 도어 모델 (a) 실제 모델, (b) RecurDyn을 이용한 모델  
Fig. 2 A Model of Elevator Model (a) Real Model, (b) Model using RecurDyn

그림 2에는 실제 실험에 사용된 엘리베이터 사진과 RecurDyn을 이용한 엘리베이터 도어 모델을 나타내었다. 모델은 3차원으로 엘리베이터 도어의 각 부분을 실제 크기로 그린 후 기계적 계수의 추출을 위해 물성적 특성을 입력한다.

그림 2에서 보는 것과 같이 전동기에 의해 전달된 토크는 Timing pulley의 Couple 토크로 작용하여 엘리베이터 도어를 이동시킨다. 즉, 가해진 Timing pulley의 토크를 입력으로 Timing pulley가 회전운동이 pulley에 연결되어진 Timing belt를 통해 병진운동으로 전환된다. 또한 엘리베이터 도어의 좌측은 하단 Wire와 연결되고 엘리베이터 도어의 우측은 상단 Wire와 연결되어 Timing pulley가 정방향으로 회전할 경우 좌측 도어는 좌측으로 이동하고 우측 도어는 우측으로 이동한다. 역방향의 경우 위와 반대 방향의 운동을 한다.

Timing belt의 임의의 점에서 timing belt의 이동거리는 Timing pulley의 반지름과 Timing pulley의 회전각도와의 곱과 같다. 각각의 엘리베이터 도어에는 Translation joint가 연결되어 y축과 z축 방향의 운동은 없으며 문은 오로지 x축 방향으로 병진운동을 하도록 모델링을 수행하였다.

## 3. 시뮬레이션 및 실험 결과

본 논문에서의 전기·기계 연계 시뮬레이션을 위해서 3가지의 프로그램이 사용되었다. 엘리베이터 도어 구동용 400W 유도 전동기를 포함한 구동 시스템은 Ansoft사의 Simplorer로 모델링 하였으며, 기계 시스템 해석을 위해서는 FunctionBay사의 RecurDyn을 이용하였다. 또한 두 가지 상용 프로그램의 연계 해석을 위해서 개발된 Co-Simulation 프로그램을 사용하였다.

그림 3은 Simplorer를 사용하여 작성한 엘리베이터 구동 시스템을 나타낸다.

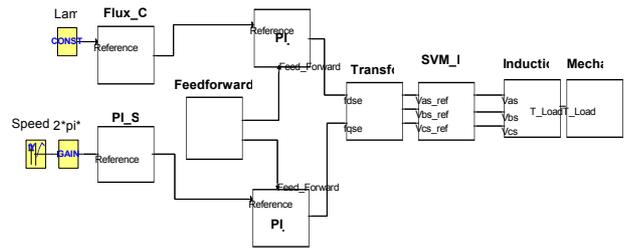


그림 3 Simplorer로 작성한 엘리베이터 도어 구동 시스템  
Fig. 3 Elevator Door Drive System Using Simplorer

그림 4는 그림 3에서 작성된 Simplorer모델과 RecurDyn과의 연계해석 위한 해석 프로세스를 나타낸다. 연계해석 인터페이스를 위한 프로그램은 Visual studio 6.0을 기반으로 작성되었다.

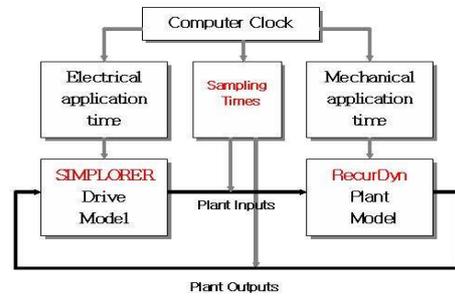


그림 4 Simplorer와 RecurDyn을 사용한 연계해석 프로세스  
Fig. 4 The Process of Co-Simulation using Simplorer and RecurDyn

그림 5는 RecurDyn을 이용한 등가 관성계수를 추출을 나타내었다. 우측 Timing Pulley에서 본 등가 관성계수를 구하면  $J=0.393 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$  이며, 별도의 계산 과정없이 추출 할 수 있다.

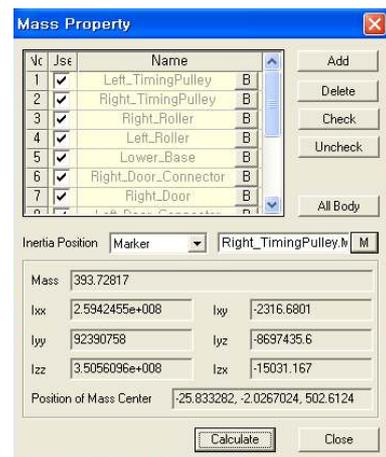


그림 5 RecurDyn을 이용한 등가관성계수 계산  
Fig. 5 Equivalent Moment of inertia Calculation using RecurDyn

그림 6에서는 3가지 프로그램을 이용하여 작성한 연계 해석 시뮬레이션 모델을 나타내었다.

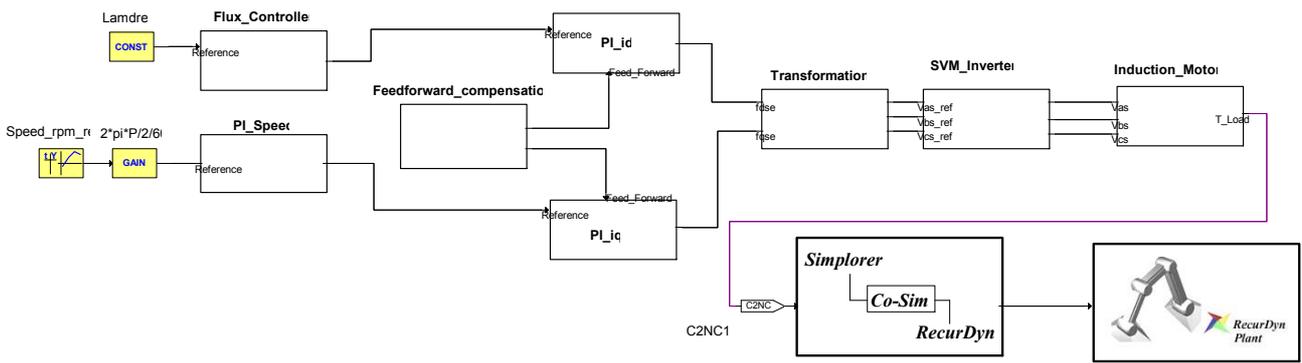


그림 6 Co-Simulation 프로그램 인터페이스를 이용한 Simplorer 와 RecurDyn의 연계 해석 모델  
 Fig. 6 A Model of Co-Simulation with Simplorer and RecurDyn using Co-Simulation Interface Program

그림 7에서는 연계해석의 결과를 나타내었다.

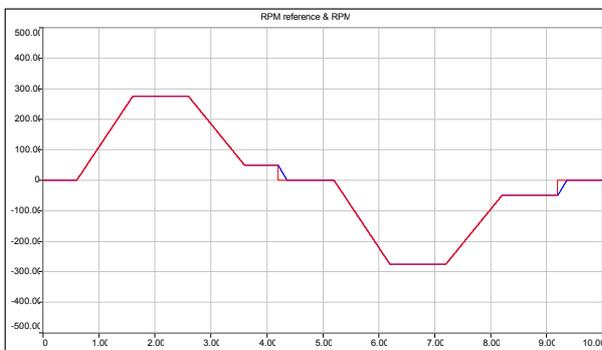


그림 7 연계해석 결과  
 Fig. 7 The Result of Co-Simulation  
 (X-axis: sec, Y-axis: reference rpm, rpm)

또한 시뮬레이션을 바탕으로한 실험결과가 그림 8에 나타내었다.

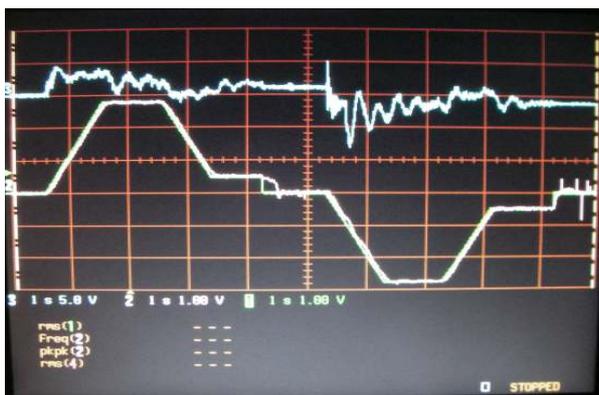


그림 8 기준 속도와 실제 속도 및 q축 전류 실험 결과  
 Fig. 8 The Experimental Results of Reference Speed and Real speed (X-axis: 1sec/div , Y-axis: 100rpm/div, 1A/div)

#### 4. 결론

전동기 구동 분야에 RecurDyn 프로그램을 활용할 경우

정확한 부하 시스템 파라미터를 추출할 수 있어 제어기 설계 시 보조 도구로 사용가능하다. 또한 Simplorer와 연계하여 활용 할 경우 보다 다양한 부하 조건에서의 시뮬레이션과 제어 시스템 변화에 따른 부하의 동작 특성을 3차원 동역학 애니메이션을 통해 보다 다양한 정보를 얻을 수 있다. 이와 같은 해석을 통하여 시뮬레이션 기반의 설계 시스템의 정확도를 향상 시키는 역할을 할 수 있다. 본 논문에서는 400W 유도전동기로 구동하는 엘리베이터 도어 구동 시스템을 대상으로 C 기반의 연계 해석프로그램의 인터페이스를 이용한 RecurDyn 프로그램의 활용을 소개하고 실험을 통해 타당성을 검증하였다.

#### 참고 문헌

- [1] 김상훈, 목형수, 윤덕진, "RecurDyn과 Matlab.Simulink를 이용한 전동기계차 시스템의 Co-Simulation", 전력전자학술대회 논문집, pp. 342 ~ 344, 2006.
- [2] Functionbay, "RecurDyn v7 Solver Theoretical Manual", 2008.
- [3] Functionbay, "RecurDyn v7 Basic Training Guide", 2008