

## 벡터제어를 적용한 엘리베이터 도어용 유도전동기 구동 시스템 개발

### Development of Induction Motor Drive system for the Elevator door using Vector control

김 상 훈\*      박 내 춘\*\*  
Kim, Sang-Hoon      Park, Nae-Chun

#### Abstract

Recently, a Elevator system is specially important in human life. Also a elevator door is important to a elevator system.

In this paper, induction motor drive system using vector control was developed with high performance for elevator door system. For this, velocity pattern generation method was proposed. The proposed system is verified by experimental result with 400[w] induction motor drive system for the elevator door.

키워드 : 엘리베이터 도어, 벡터 제어, 속도 패턴

Keywords : *elevator door, vector control, velocity pattern*

#### 1. 서론

최근 엘리베이터의 성능 향상과 더불어 도어 기능의 중요성이 새롭게 인식되고 있다. 엘리베이터 도어는 승객과 직접적으로 접하는 부분으로서 엘리베이터 전체의 성능을 평가하는데 높은 비중을 차지한다. 그러므로 고품질의 엘리베이터를 실현하기 위해서는 도어의 개폐성능이 가장 중요한 관건이 되고 있다.[1]

엘리베이터 도어는 소음이 없어야 하고, 동작회수가 엘리베이터의 가동회수의 2배 이상이 되므로

견고하고 보수가 용의해야 하고, 가능한 기구설비 비용이 저렴해야 한다.

엘리베이터 구동용 전동기는 직류 및 교류전동기가 사용되고 있다. 직류 전동기는 제어가 용이하나 브러쉬 교체등 정기적인 유지 관리가 필요하므로, 최근에는 인버터제어방식의 유도 전동기의 사용이 점차 증가하고 있다. 현재 국내의 엘리베이터 도어 제어시스템은 유도전동기의 스칼라 제어방식인 V/F 일정 제어 방식이 사용되고 있다. 하지만 V/F 일정 제어 방식은 순시적인 토크 제어가 불가능하여 도어 시스템의 고성능 제어가 어렵다.

벡터제어는 유도전동기의 고정자 전류를 공간상에서 90°의 위상차를 갖는 자속 성분과 토크 성분 전류의 2개의 성분으로 분리하여, 이들을 각각 원하는 크기로 독립적으로 제어 하고, 순시적인 토크 제어가 가능하여 유도 전동기의 고성능 제어가 가능하다.

엘리베이터 도어 시스템에 벡터제어를 적용하면

\* 강원대학교 전기전자공학부 교수, 공학박사, 교신 저자

\*\* 강원대학교 전기전자공학부 대학원, 공학석사

유도 전동기의 순시 토크 제어가 가능하여 정상상태뿐만 아니라 과도상태 응답까지도 결정할 수 있다.

본 논문에서는 유도전동기의 벡터제어기법을 엘리베이터 도어 구동 시스템에 적용하고, 실험을 통하여 그 성능을 확인 하였다.

## 2. 엘리베이터 도어 구동 시스템

엘리베이터 도어는 전동기의 회전을 감속하고 벨트 또는 체인을 구동하여 도어를 개폐시키는 장치이다. 감속장치로는 원감속기가 주류를 이루고 있으나 최근에는 풀리(pulley)로 감속하는 방법이 쓰이고 있다.

그림 1은 엘리베이터 도어 시스템을 나타내고 있다. 그림 1에 보이는 것과 같이 전동기에 의해 전달된 토크는 타이밍 풀리의 커플 토크로 작용하여 엘리베이터 도어를 이동시킨다. 즉, 가해진 타이밍 풀리의 토크를 입력으로 타이밍 풀리의 회전운동이 풀리에 연결되어진 타이밍 벨트를 통해 병진운동으로 전환된다.

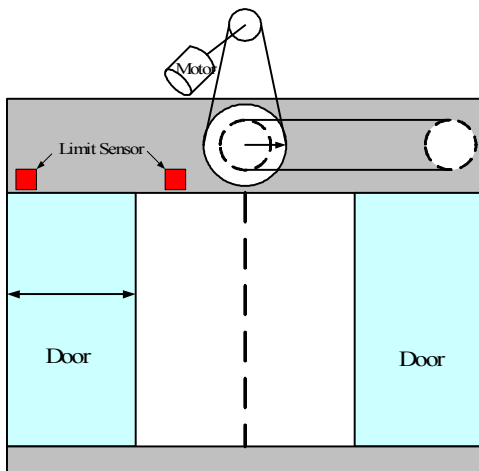


그림 1 엘리베이터 도어 시스템

## 3. 속도 패턴

엘리베이터 도어 구동 시스템은 개폐시 가속 구간, 정속 구간, 감속 구간 세 구간으로 나누어져 속도 지령치를 발생시키고, 리미트 센서를 이용하여 도어의 위치를 파악하여 속도 제어 모드에서 토크 제어 모드로 전환 하게 된다. 본 논문에서는 도어의 부드러운 운전을 위하여 사인파를 합성한 S자 가·감속 패턴을 사용하였다.

### 3.1 가·감속 패턴

그림 2와 같이 사다리꼴 속도 패턴으로 도어를 운전할 경우, 가속도의 급격한 변화에 의하여 도어 개폐시 도어의 진동 및 소음을 가져온다.

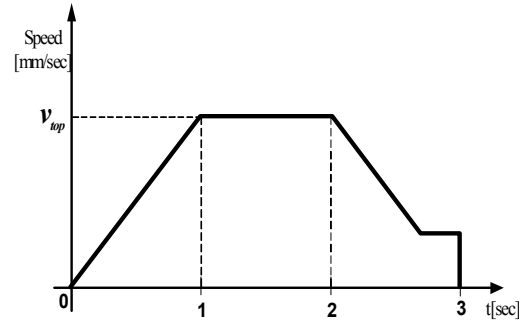


그림 2 사다리꼴 속도 패턴

본 논문에서는 S자 가·감속을 이용한 속도 패턴을 사용 하였다. S자 커브를 사용하면 속도 및 가속도의 급격한 변화가 없으므로 부드러운 엘리베이터 도어의 운전이 가능하다.

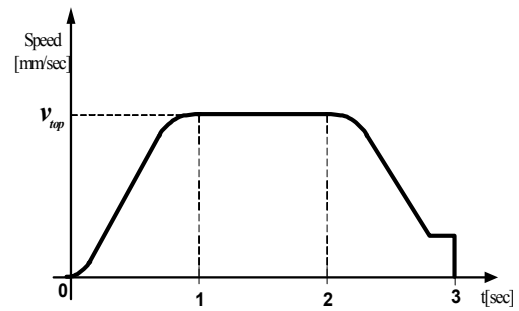


그림 3 S자 커브 패턴

속도 패턴을 만들기 위해서는 다음과 같이 도어의 이동 거리와 이동 시간에 따른 속도 지령을 계산하고 이동 시간을 가속, 정속, 감속 구간으로 분배 하여야 한다.

가·감속 기울기가 일정 할 때 정속에서의 속도  $v_{top}$ 은 식(1)과 같이 구할 수 있다.

$$v_{top} = a \cdot t - \sqrt{(a \cdot t)^2 - 4 \cdot D \cdot t} \quad (1)$$

이 때, t는 시간, D는 도어 이동 거리, a는 가속도 이다

가·감속 구간의 시간은 식 (2)와 같이 구할 수 있다.

$$t_{acc} = \frac{v_{top}}{a} \quad (2)$$

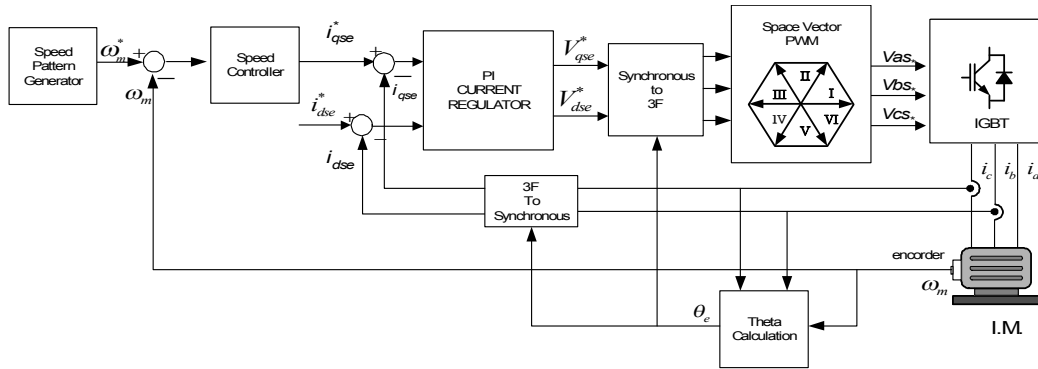


그림 4 제어 시스템 블록도

정속 구간의 시간은 전체 이동 시간에서 가·감속 구간을 뺀 시간이므로 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$t_{om} = t - 2 \cdot t_{acc} \quad (3)$$

S자 가·감속 패턴은 사다리꼴 패턴에 사인파를 합성하여 구현 하였다.

### 3.2 re-open 패턴

승객의 안전을 위하여 도어 개폐시 일어날 수 있는 상해를 최소화하기 위하여 도어 제어에 있어 re-open의 고려는 필수적이다. re-open의 지령은 외부 상황에 의하여 판단하고 도어 open시 이동 거리와 이동 시간을 계산하여 re-open 속도를 계산하게 된다.

## 4. 유도전동기 제어 시스템

기존의 V/F 제어 방식의 엘리베이터 도어 시스템은 순시 토크 제어가 불가능 하고 제어 성능이 나빠기 때문에 본 논문에서는 간접 벡터 제어 방식을 엘리베이터 구동시스템에 적용하였다. 제어 시스템은 그림 4와 같이 속도 패턴 발생기, PI 속도 제어기, 전류 제어기, 제어위상각을 계산하기 위한 블록 그리고 공간 벡터 전압 변조(SVPWM) 블록으로 구성 되어 있다.

## 5. 실험 장치 구성

본 논문에서 제안한 엘리베이터 도어 구동용 유도 전동기 제어 시스템을 실제 엘리베이터 도어에 적용하여 실험 하였다. 실험용 엘리베이터 도어 시

스템은 그림 5와 같다. 도어의 이동 거리는 620[mm]이고 400[w] 유도 전동기를 이용하여 도어를 구동하게 된다.



그림 5 엘리베이터 도어 시스템

제어기는 TI사의 fixed point DSC인 TMS320F2808을 사용하였고, 스위칭 소자는 450[v], 10[A] 정격의 MITSUBISHI사의 IPM 모듈(PS21568-P)을 사용 하였다.

실험 조건은 표 1과 같다.

표 1 실험 조건

|          |            |
|----------|------------|
| 이동 거리    | 620 [mm]   |
| 이동 시간    | 2.5 [sec]  |
| 플 리 비    | 6.84       |
| 3차 플리 반경 | 60.39 [mm] |

엘리베이터 도어 구동 시스템에 사용된 유도전동기의 사양은 표 2와 같다.

표 2 400W 유도전동기의 사양

|                 |            |
|-----------------|------------|
| Power           | 400 [W]    |
| Number of Poles | 4          |
| Frequency       | 60 [Hz]    |
| Rated Speed     | 1695 [rpm] |
| Torque          | 2.22 [Nm]  |
| Voltage         | 220 [V]    |
| Current         | 1.78 [A]   |

실험에 사용한 엘리베이터 도어용 유도 전동기의 제정수는 표 3과 같다.

표 3 400W 유도전동기의 제정수

|          |                     |
|----------|---------------------|
| $R_s$    | 6.5606 [ $\Omega$ ] |
| $R_r$    | 5.0045 [ $\Omega$ ] |
| $L_{ls}$ | 12.3634 [mH]        |
| $L_{lr}$ | 18.3751 [mH]        |
| $L_m$    | 283.3135 [mH]       |

## 6. 실험 결과

그림 6은 엘리베이터 도어 개폐 시 속도 지령치와 실제 속도를 나타내고 있다. 정속 일 때 속도는 640[rpm]이고 이동 시간은 2.5[sec]이다.

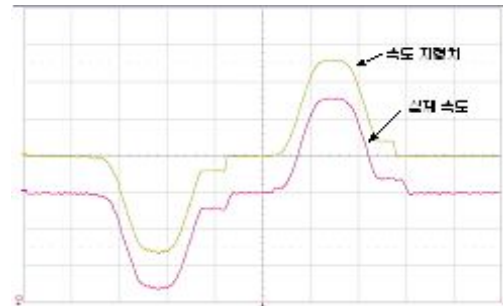


그림 6 속도 지령과 실제 속도 ( 250 [rpm/div] )

그림 7은 도어 개폐 시 q축 전류 지령치와 실제 전류를 나타내고 있다. 일정 토크 제어는 정격의 10%의 토크를 유지하고 강제로 도어를 열 경우 정격토크를 모터에 인가하게 된다.

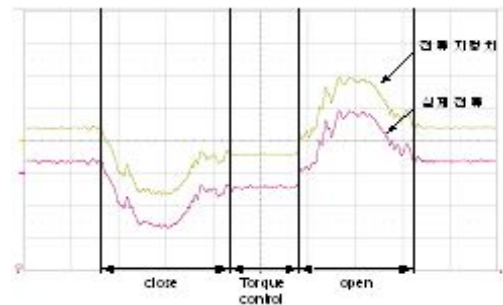


그림 7 q축 전류 지령과 실제 전류 ( 0.5[A/div] )

그림 8은 도어 오픈 시 속도 지령치와 이동거리를 나타내고 있다. 속도 패턴에 따라 2.5초 동안 620[mm]를 이동한 것을 확인할 수 있다.

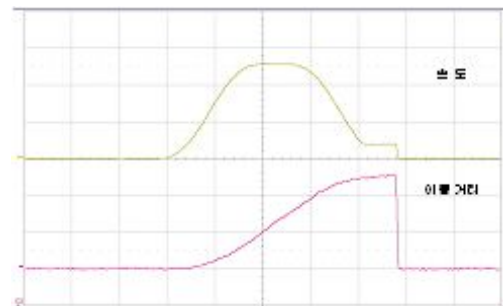


그림 8 속도 ( 250[rpm] )와 이동거리( 250[mm/div] )

그림 9는 reopen시 속도 지령치와 실제 속도를 나타내고 있다.

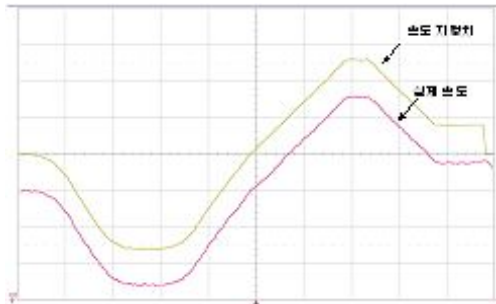


그림 9 리오프 시 속도 지령치 및 속도(250rpm)

## 7. 결론

본 논문에서는 백터제어기법을 적용한 엘리베이터 도어용 유도전동기 구동시스템을 개발하고, 엘리베이터 도어 실험장치에 적용하여 실험하였다. 백터제어기법을 적용함으로써 빠른 응답속도와 가감속 구간에서 정밀한 제어가 구현됨을 확인하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] 함년근, 최성호, 안규복, 최기수, 김용주, 한경희, “엘리베이터 도어제어용 인버터의 설계기법 및 속도제어방법에 대한 연구”, 2000년 전력전자학회 학술대회논문집, pp. 564~567, 2000.
- [2] 김재윤, 김규식, “엘리베이터 도어 구동기의 개발”, 서울시립대학교 산업기술연구소 논문집, 제6집, 2호, pp. 177~122, 1998.
- [3] 김상훈, 배분호, 설승기, “백터제어를 적용한 전동차 구동 시스템 개발”, 전력전자학회 논문지 제6권, 제2호, pp. 125~131, 2001
- [4] 배우리, 이원철, 김이훈, 원충현, 장봉안, 양하영, “드럼 세탁기용 유도전동기 백터제어”, 2004 한국 조명·설비학회 학술대회 논문집, pp. 391~396, 2004.