

2상 유도전동기 벡터제어 기법을 적용한 엘리베이터 도어 컨트롤러

장형민, 김동기, 윤덕용
공주대학교 대학원 전기전자제어공학과

The Elevator Door Controller using Vector-Controlled Inverter of 2-Phase Induction Motor

Hyeong Min Jang, Dong Ki Kim, Duck Yong Yoon
Kongju National University

ABSTRACT

본 논문에서는 2상 유도전동기용 벡터제어 인버터를 적용한 엘리베이터 도어 컨트롤 시스템을 제안하였다. 현재까지 엘리베이터 도어 컨트롤러에는 속도제어가 용이한 3상 유도전동기를 주로 사용해 왔으나, 최근에는 2상 유도전동기도 벡터제어를 사용한 속도제어가 가능하게 되어 저전력 응용분야에서는 3상 유도전동기에 비하여 경쟁력을 갖게 되었다. 본 논문에서는 360[W]급의 2상 유도전동기용 벡터제어 인버터를 엘리베이터 도어 컨트롤러에 적용하여 충분한 제어 성능을 가지면서 종래의 제품에 비하여 원가를 낮추어 시스템을 구현하였다.

1. 서론

엘리베이터(elevator)의 성능 향상과 더불어 도어의 개폐 기능은 전체 시스템의 성능을 평가하는데 높은 비중을 차지하고 있다. 특히, 엘리베이터 도어는 개폐 동작에서 가능한 운전 소음이 작아야 하고, 동작 회수가 엘리베이터의 가동 회수에 비하여 2배 이상이 되므로 기계적으로 견고하고 유지 보수가 용이해야 하며, 가능한 전체 시스템의 비용이 저가인 것이 바람직하다^[1]. 종래의 엘리베이터 도어 컨트롤러에는 속도제어가 용이한 3상 유도전동기(3PIM ; 3 Phase Induction Motor)가 주로 사용되어 왔으나, 최근에는 2상 유도전동기(2PIM ; 2 Phase Induction Motor)도 벡터제어를 사용한 속도제어가 가능하게 되어 수 백[W] 급 이하의 저전력 응용분야에서는 3PIM에 비하여 경쟁력을 갖추게 되었다^[2]. 본 논문에서는 360[W]급의 2PIM용 벡터제어 인버터를 엘리베이터 도어 컨트롤러에 적용하고, 실험을 통하여 도어의 운전 성능을 확인한다.

2. 2PIM을 사용한 엘리베이터 도어 컨트롤러

2.1 엘리베이터 도어 시스템

엘리베이터 도어는 그림 1과 같이 전동기의 회전속도를 풀리(pulley)를 통하여 감속하고, 벨트 또는 체인을 구동하여 전동기의 회전 방향에 따라 도어를 개폐시킨다. 도어의 동작 모드는 크게 open 모드, close 모드, re open 모드의 3가지로 구분하며, 측정된 이동거리로부터 속도 패턴을 계산하여 정확하게 운전하는 것이 필요하다. 여기서, 이동거리는 도어에 설치된 2개의 리미트 스위치 CLS(Close Limit Switch)와 OLS(Open Limit Switch) 사이의 거리를 나타낸다.

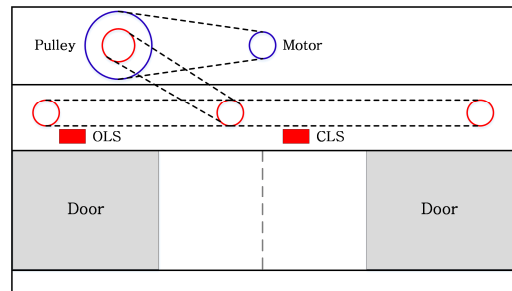


그림 1 엘리베이터 도어 시스템의 구조
Fig. 1 Structure of elevator door system

본 논문에서는 엘리베이터 도어의 구동에 필요한 2PIM용 벡터제어 인버터를 그림 2와 같이 구성하였다. 전력 회로는 IPM(Intelligent Power Module)을 사용하여 3레그형 2상 인버터로 구성하였고, 제어기로는 ARM Cortex M4형 마이크로컨트롤러인 STM32F407VET6를 사용하였다.

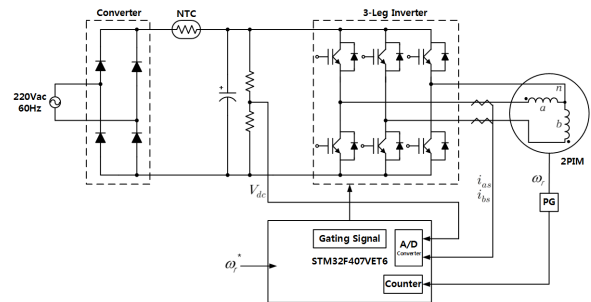


그림 2 3레그형 2상 벡터제어 인버터의 구조
Fig. 2 Vector-controlled 2-phase inverter with 3-leg switches

2.2 엘리베이터 도어의 운전 모드

엘리베이터 도어는 open 모드, close 모드, re open 모드의 3가지 동작으로 운전되어야 하는데, 이러한 동작 모드에서 전동기의 급격한 속도 변화를 요구하게 된다. 그러나, 이 과정에서 엘리베이터 도어는 개폐 소음과 진동을 발생할 수 있기 때문에 이를 최소화하기 위하여 S자 곡선(sigmoid curve)을 사용하여 속도제어를 수행하는 것이 바람직하다. 여기서, S자 곡선은 식 (1)의 S자 함수로부터 얻어낼 수 있다.

$$S(t) = \frac{1}{1 + e^{-t}} \quad (1)$$

open 모드는 그림 3과 같이 open 명령이 들어오면 엘리베이터 도어는 ①구간에서 크립 속도(creep speed)까지 램프 함수(ramp function)로 가속하고, ②구간에서 측정 거리의 1/2까지 S자 곡선으로 가속한다. 그리고, ③구간에서 S자 곡선으로 크립 속도까지 감속하고, ④구간에서 OLS가 검출되면 감속 후 open 모드를 종료한다.

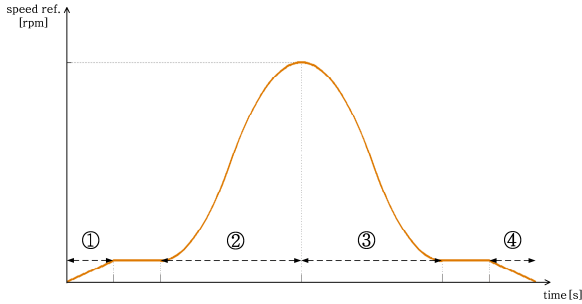


그림 3 엘리베이터 도어의 open 모드
Fig. 3 Open mode of elevator door

close 모드는 그림 4와 같이 close 명령이 들어오면 엘리베이터 도어는 ①구간에서 크립 속도까지 램프 함수로 가속하고, ②구간에서 측정 거리의 1/3까지 S자 곡선으로 가속한다. 그리고, ③구간에서 측정 거리의 1/3부터 2/3까지 정속으로 운전하고, ④구간에서 S자 곡선으로 크립 속도까지 감속하고, ⑤구간에서 CLS가 검출되면 감속 후 close 모드를 종료한다.

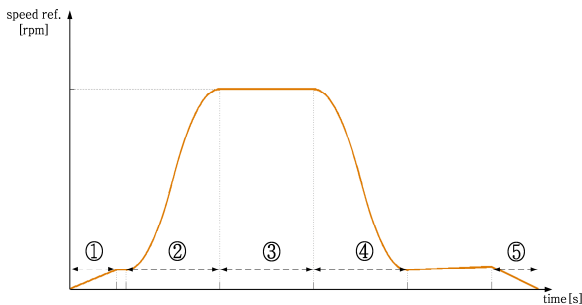


그림 4 엘리베이터 도어의 close 모드
Fig. 4 Close mode of elevator door

re open 모드는 엘리베이터 도어가 close 모드로 운전하고 있을 때, 외부 open 명령에 의하여 open 모드로의 빠른 전환을 요구한다. 이 모드에서 엘리베이터 도어는 그림 5와 같이 급격하게 0[rpm] 속도까지 감속한 후에 re open 동작을 수행한다.

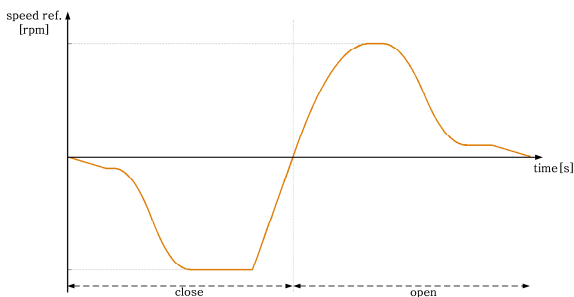


그림 5 엘리베이터 도어의 re-open 모드
Fig. 5 Re-open mode of elevator door

3. 실험 결과

본 논문에서는 제안한 엘리베이터 도어 컨트롤러의 유효성을 실험으로 확인하였다. 그림 6은 도어의 open 모드와 close 모드로, 그림 7은 re open 모드의 실험 결과 파형을 나타낸다. 전동기의 회전속도가 S자 곡선의 기준속도를 잘 추종하여 제어되는 것을 볼 수 있다.

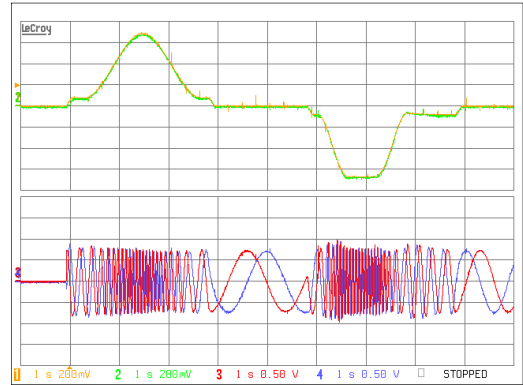


그림 6 open 모드 및 close 모드의 실험 결과
Fig. 6 Experimental results of open mode and close mode

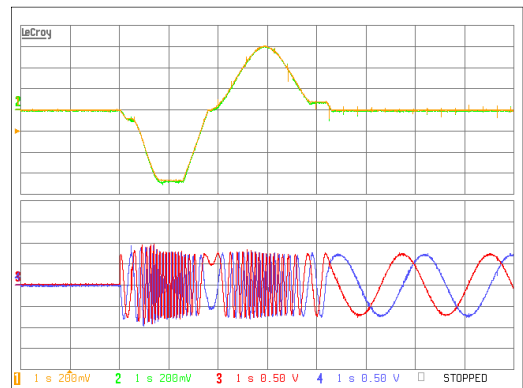


그림 7 re-open 모드의 실험 결과
Fig. 7 Experimental results of re-open mode

4. 결론

본 논문에서는 2PIM용 벡터제어 인버터를 적용한 저가형 엘리베이터 도어 컨트롤러를 제안하였다. 실제 컨트롤러를 제작하여 실험한 결과 3가지 운전 모드에서 기존의 3PIM용 벡터제어 인버터를 사용한 경우처럼 우수한 운전 성능을 나타내는 것을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] 박내춘, 조영훈, 이용규, 목형수, 김상훈, “벡터제어를 적용한 엘리베이터 도어용 유도전동기 구동 시스템 개발”, 전력전자학회 학술대회 논문집, pp. 171~173, 2008.
- [2] Do Hyun Jang, “Problems incurred in a vector controlled single phase induction motor, and a proposal for a vector controlled two phase induction motor as a replacement”, *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 28, no. 1, pp 526~536, Jan. 2013.