

엘리베이터 도어제어용 인버터의 설계기법 및 속도제어방법에 대한 연구

함년근*^o, 최성호*, 안규복**, 최기수**, 김용주***, 한경희*
*명지대학교, **인텍FA, ***동양공업전문대학

A Study on Design and Velocity pattern Generation for The Inverter of The Elevator Door.

Nyon-kun Hahm*^o, Sung-ho Choi*, Gyu-bok Ahn**,
Ki-su Choi**, Yong-joo Kim**, Kyung-hee Han*

*Myongji University, **Intech-FA, ***Dong-Yang Technical College.

ABSTRACT

Recently, A Elevator system is specially important in human life. Also, a elevator door is important to a elevator system. Normally, a elevator door was moved by arm, chain or belt.

In this paper, velocity pattern generation method was proposed for elevator door. and reopen method which need to elevator door system was proposed. and describe the inverter system design method for the elevator door.

Key Words : Elevator door, Velocity pattern

1. 서론

최근 엘리베이터의 성능 향상과 더불어 도어 기능의 중요성이 새롭게 인식되고 있다. 도어는 승객과 직접적으로 접하는 부분으로서 엘리베이터 전체의 성능을 평가하는 데 높은 비중을 차지한다. 그러므로 고품질의 엘리베이터를 실현하기 위해서는 도어의 개폐성능이 가장 중요한 관건이 되고 있다. 따라서 도어 운전시 빠른 개폐 성능과 진동과 소음을 최소화할 수 있는 속도 패턴에 의한 운전이 이루어 질 수 있도록 하여야 한다.^{[1][2][3]}

본 논문에서는 개폐시 안정되고 쾌적한 도어 속도 패턴과 사고 방지를 위한 도어 close시 필수적인 reopen 운전모드에서의 속도 패턴 방법에 대하여 제시하였다. 또한 엘리베이터 도어용 인버터의 설계기법에 대하여 제안하였다.

2. 엘리베이터 도어용 인버터 시스템

2.1 기존 속도패턴 발생 방식

엘리베이터 도어용 인버터의 속도 패턴은 그림 1과 같다.

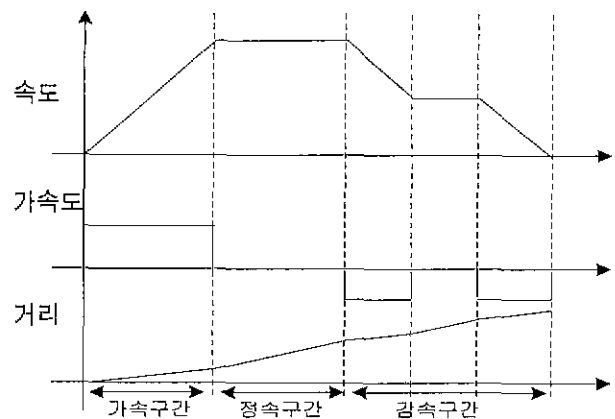


그림 1 기존방식에 의한 도어의 속도 패턴
Fig. 1 Velocity pattern of elevator door

일반적인 엘리베이터 도어 개폐시 속도패턴은 구간에 따라 속도 지령을 발생 시키고 limit switch를 통해 구간을 판단하여 속도를 변화시키는 것이 일반적이다. 일반적으로 범용 인버터에서 그림 1의 방법으로 도어를 운전할 경우, 가속도의 급격한 변화에 의하여 도어의 진동 및 소음을 가져온다. 그러므로 매끄러운 운전과 위치제어를 위해서는 반복적으로 속도패턴을 입력하여 시험적으로 도어의 속도패턴을 수정하여야 하며 가속도의 변화가 급격한 곳에서는 모터축 전류가 증가하는 단점을 가지고 있다.

2.2 제안된 속도패턴방법

그림 2는 S자 가·감속 패턴을 이용한 엘리베이터의 운전 방법을 나타낸다. 그림 1의 직선 가속도와 비교하여 속도 및 가속도에서 급격한 변화가 없으므로 매끄러운 도어의 운전이 가능하다.

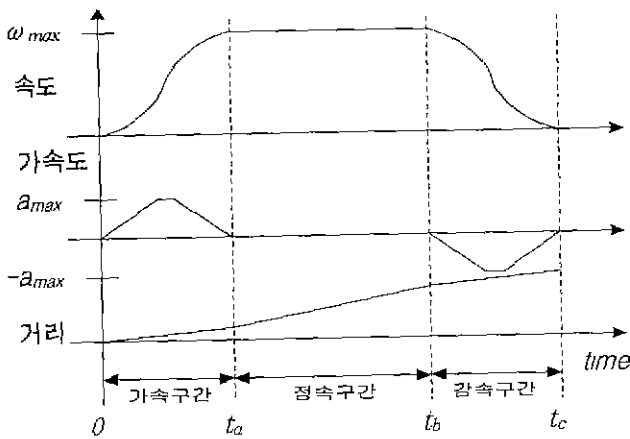


그림 2 제안한 엘리베이터 도어의 속도 패턴
Fig. 2 The proposed velocity pattern of elevator door

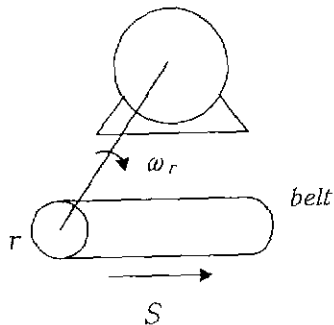


그림 3 모터회전과 이동거리와의 관계
fig. 3 Concern of a motor rotation and moving distance

그림 3에서 정속 운전일 경우, 도어의 운전시간 t , 모터의 최대 운전속도 ω_{max} , 모터의 회전수 n 사이의 관계는 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$n = \omega_{max} \times t \quad (1)$$

또한 도어의 이동 거리를 S 라 할때 belt를 구동하는 축의 반지름 r 과의 관계는 식 (2)로 표현된다.

$$n = \frac{S}{2\pi r} \quad (2)$$

따라서 식 (1)과 식 (2)에 의하여 식 (3)을 유도할 수 있다.

$$t = \frac{S}{2\pi \times r \times \omega_{max}} \quad (3)$$

정속운전인 경우를 가정하였으므로 그림 2와 같이 S-자가 감속인 경우는 $t = t_b$ 가 된다.

또한 그림 4의 S-자 가속시 $0-t_1$ 과 t_2-t_3 시간이 같을 경우, 가속도의 최대값인 a_{max} 는 사다리꼴 공식에 의하여 다음과 같이 유도할 수 있다.

$$\omega_{max} = \frac{1}{2} \times a_{max} (t_3 + (t_3 - 2 \cdot t_1)) \quad (4)$$

$$a_{max} = \omega_{max} \times (t_3 - t_1) \quad (5)$$

따라서 상승시간과 이동거리 및 목표주파수를 결정한 경우, 가·감속 시간 및 가속도 최대값을 구하고 제어주기 T_{samp} 로 나누면 식 (6)를 구할 수 있으며

$$\Delta a = a_{max} / T_{samp} \quad (6)$$

매 제어주기 마다 Δa 를 적분하여 가속도를 구하고 다시 적분하면 지령 속도를 구할 수 있다.

또한 그림 2에서 가속 시간과 감속시간이 같을 경우 도어가 완전히 열릴 때까지의 운전시간은 식 (7)과 같이 예측할 수 있다.

$$t_c = t_b + t_a \quad (7)$$

따라서 운전예상 시간이 지나도 도어가 완전히 닫히지 않는 경우에 있어서는 reopen지령을 발생하도록 한다.

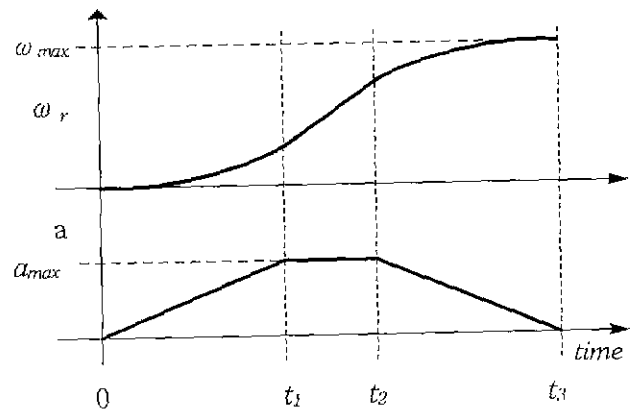


그림 4 가속패턴 및 가속도 패턴
Fig. 4 Acceleration and velocity pattern

2.3 Reopen 속도패턴 발생 방법

승객의 안전을 위하여 도어 개폐시 일어날 수 있는 상해를 최소화 하기 위하여 도어 제어에 있어 reopen의 고려는 필수적이다.

또한, open,close 및 reopen 지령은 외부 상황에 의하여 판단하고 전류 이상 상승의 경우를 감지하여 어떤 원인에 의하여 저지되면 자체적으로 reopen운전에 들어가도록 하여야 한다.

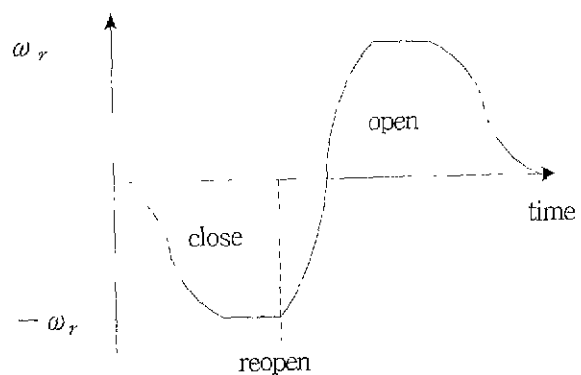


그림 5 Reopen시 속도 패턴
Fig 5. Reopen velocity pattern

그림 5는 reopen시 속도패턴을 나타내며 이동 거리는 속도의 적분이 되므로 정해진 시간 동안 현재 속도의 음수를 취하여 지령속도를 구하고, 그림5와 같이 pattern을 발생하면 속도 곡선의 면적의 평균이 zero가 되는 지점에서 도어가 완전히 열리게 된다.

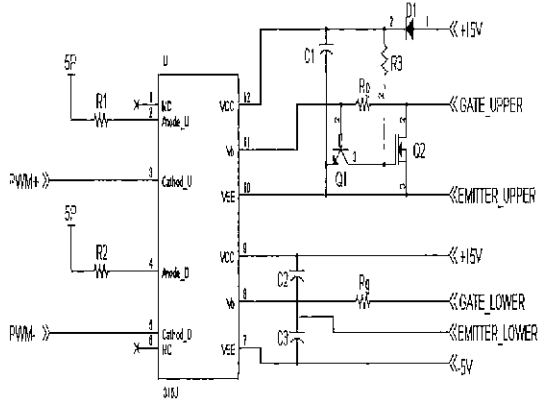


그림 6 Boot-strap방식을 이용한 IGBT드라이브 회로
Fig. 6 IGBT dirve circuit using a bootstrap method.

2.4 엘리베이터 구동용 인버터의 구성

그림 6은 인버터 한 상에 대한 Boot-strap방식을 이용한 IGBT gate drive 회로를 나타낸다. gate drive는 기본적으로 IGBT drive용 photo-coupler인 HP사의 HP315J를 사용하였으며 인버터의 아래쪽 arm이 턴온하면, D1를 통하여 C1에 충전되고 충전된 에너지에 의해 위쪽 arm의 IGBT를 구동하는 구조로 되어있다. 또한 위쪽 arm의 IGBT가 턴오프 된 상태에서 아래arm의 IGBT가 턴온 할 경우, 순간적으로 위쪽 arm의 emitter 전위가 변함에 따라 상대적으로 위쪽 arm의 gate 전위가 상승하는 것을 막기위하여 gate와 emitter사이에 MOS-FET를 병렬로 연결하고 트랜지스터 Q2로 턴온시켜 오동작을 막도록 하였다.

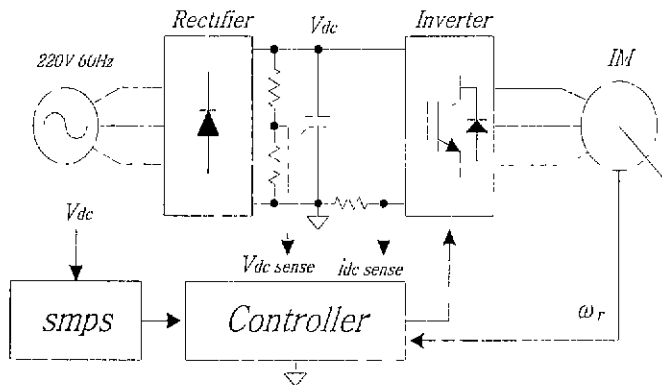


그림 7 도어용 인버터 의 전체 시스템
Fig. 7 The Inverter system block for elevator door

본 논문에서 사용한 엘리베이터 도어용 인버터 시스템은 그림 7과 같다. 컨트롤러의 전원측 ground와 DC 링크의 ground를 연결하여 전위를 일치시킴으로서 DC 링크의 전압 및 인버터로 흐르는 전류를 절연 없이 검출하였으며 부트스트랩 방식을 사용함으로써 전원부를 간소화하였다. 따라서 PCB구성시, 주회로와 제어부사이의 절연거리를 확보하기 위한 부분이 줄어드는 효과가 있다.

또한 도어의 위치 판별을 위하여 200pulse/rev의 pulse-encoder를 사용하였으며 모터제어가 용이한 One-chip DSP인 TMS320F240를 사용함으로써 제어소자 감소에 의한 신뢰성을 높였다. 제어변수의 입력의 경우에는 7-segment와 키패드를 사용하였으며 photo-coupler를 통해 외부 Digital 입·출력과 절연하였다.

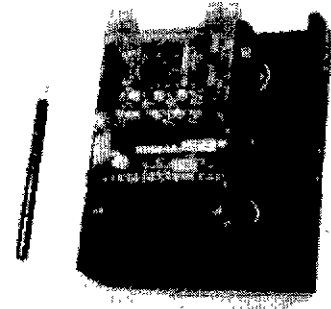


그림 8 논문에서 사용한 엘리베이터 도어용 인버터
Fig. 8 Inverter for elevator door

3. 결과

본 논문의 시스템 사양은 표 1과 같다.

표1. 시스템 사양

입력 전압	220[V], 3phase, 60[Hz]
전동기 정격	80[V], 0.95[A], 20[Hz]
전동기 극수	4[Poles]
Encoder	200[pulse/rev]

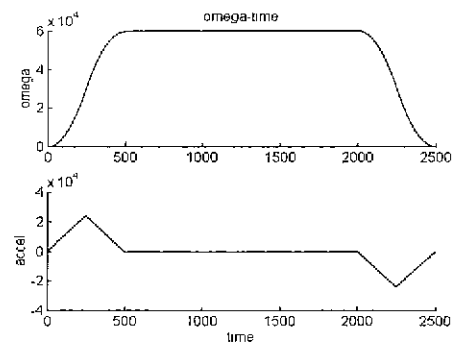


그림 9 Matlab을 이용한 속도패턴 시뮬레이션
Fig. 9 Velocity pattern simulation using on Matlab

그림 9는 matlab을 이용한 가·감속시 속도 패턴시물레이션이다. 실제 구현시 32-bit fixed-point용 CPU를 사용할 것을 가정하여 가속도, 속도 및 시간 계산이 가능하도록 scaling factor를 곱하여 연산하였다. 시간 scaling factor는 200으로 하였고 속도 및 가속도 scaling factor는 3000으로 하였다.

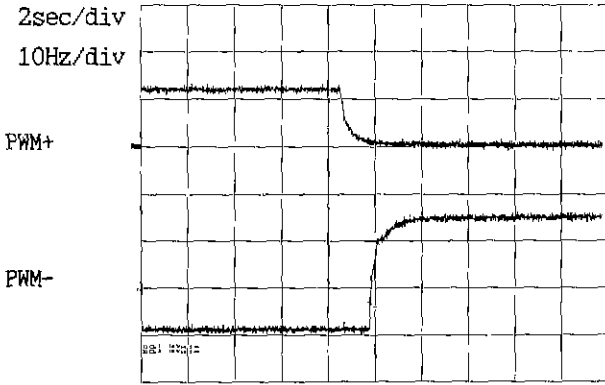


그림 10 boot strap 방식을 이용한 IGBT gate drive파형
Fig. 10 IGBT gate drive a waveform

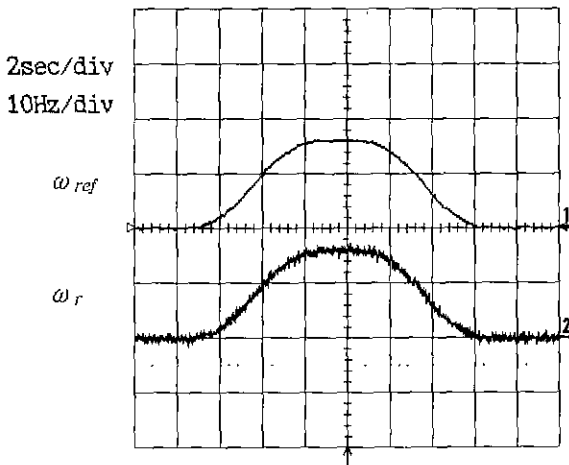


그림 11 지령 속도 및 모터속도
Fig. 11 Velocity reference and moter velocity

그림 10은 Boot-strap 방식을 이용한 IGBT gate 전압을 보여 주고 있다. 아래압은 +15V~-5V, 위쪽 arm은 +12~0[V]으로 drive하도록 하였다. 그림 11은 도어오픈시 속도 지령 및 모터 속도 파형을 보여준다. S-자 가·감속이 원활히 이루어짐을 알 수 있다. 또한 그림12은 도어 reopen시 속도 지령시 모터 속도 파형을 나타낸다. 시간축을 중심으로 동일한 속도패턴으로 운전됨을 알 수 있다.

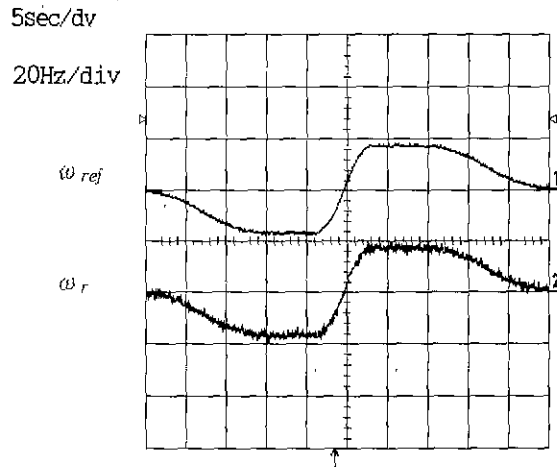


그림 12 도어 reopen시 지령 속도 및 모터속도
Fig. 12 Velocity reference and moter velocity at door reopen

4. 결론

제안된 속도패턴으로 운전시 속도의 완만한 변화를 일으키므로 도어 운전시 안정되고 진동 및 소음을 감소할 수 있으며 운전시간 예측에 의한 사고를 판단가능 할 수 있다.

인버터 구성에 있어 주회로와 제어기의 Ground를 공유하고 IGBT driver 구성시 boot-strap 방식을 이용함으로써, 인버터의 필수적인 보조전원을 최소화 할 수 있었다. 또한, boot-strap구성시 부가회로를 구성하여 오동작을 방지가 가능함을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] A.L. Husson, "Speed pattern Generator for an Elevator car", U.S. Patent NO. 4,470,482, 1984.
- [2] J.A. Gingrich, "Method and Apparatus for Producing a Speed Pattern for an Elevator Car or Similar Vehicle", U.S. Patend No. 4,220,221, 1980.
- [3] "엘리베이터의 도어 시스템", <http://elevator.co.kr.tec/cf22.htm>