

에스컬레이터용 인버터 제어장치

장철호*, 이근호, 허재영, 강동우, 윤길문, 신정기, 이제필

LG산전 빌딩시스템 연구소

Inverter Controller for Escalator System

C.H. Jang*, G.H. Lee, J.Y Hur, D.W Gang, G.M.Yoon, J.G. Shin, J.P. Lee

LGIS Building System R & D Dept.

Abstract

Line starting using contactors is a conventional method for escalator system. Recently, consumer's requirements for energy saving and variable functions are increasing. To satisfy this demands, LG Industrial Systems Co., Ltd. has developed an escalator which is driven by inverter system.

In this paper, technical schemes of the developed escalator are introduced and the performance of the proposed system is proved by experiment.

율은 대략 50% 이하이다. 따라서 직입기동방식에 의한 컨택터 절체방식이 주로 사용되고 있다.

최근 에너지 절약이 사회적인 문제로 대두되고, 소비자의 욕구가 다양해짐에 따라 우수한 성능과 다양한 기능의 에스컬레이터를 선호하는 추세이다. 당사는 이러한 특징들을 고려하여 국내 최초로 인버터 에스컬레이터를 1998년 개발완료하여 현재 영종도 신공항청사에 설치 중에 있다.

본 연구는 이러한 특징들을 구현하기 위한 인버터 시스템의 기술적 구성을 소개하고, 각종 실험을 통해 그 우수성을 입증하고자 한다.

1. 서 론

에스컬레이터는 일정방향의 많은 승객을 연속적으로 수송할 수 있는 상하교통수단으로서 엘리베이터보다 수십 배의 수송능력이 있어 백화점, 지하철, 터미널, office 빌딩 등 보다 큰 수송능력이 요구되는 곳에 적합하다. 또한 최근의 백화점에서는 고객수송의 80%를 에스컬레이터가 분담하도록 계획되고 배치되어 있다.[1] 특히 매장, 레스토랑 등이 에스컬레이터를 중심으로 lay-out되기 때문에 건물의 이용율과 매출액 증대에도 크게 기여하고 있다.

엘리베이터의 운전특성은 빈번한 기동과 정지, 심한 부하변동 등의 특징 때문에 인버터 장치의 사용이 일반적이다. 반면에 에스컬레이터는 연속적인 운전특성을 가지면서 건물의 특성에 따라 집중적인 부하가 간헐적으로 걸릴 뿐 일일 평균 부하

2. 인버터장치의 구성

그림1은 에스컬레이터용 인버터장치의 기술적 구성을 나타낸다. 전동기를 구동하기 위한 인버터와, 인버터의 입력전압을 생성하고 전원단의 역률과 전류를 정현파로 제어하기 위한 PWM컨버터, 인버터와 컨버터를 제어하기 위한 제어회로 등으로 구성되어 있다.

2.1 컨버터

전압형 PWM컨버터는 상용교류 전압을 일정한 직류전압으로 변환시키는 장치로서 인버터에서 필요로 하는 유효전력을 공급하면서 전원단의 역률을 1로 제어하고 전원단에 흐르는 전류를 정현파로 제어하는 역할을 한다. 또한 에스컬레이터가 회생 영역에서 운전하게 될 때 회생되는 에너지를 건물 측 전원단으로 환원시킴에 따라 다이오드 방식에 비해 최대 63%까지 소비전력 절감효과가 있다.[2]

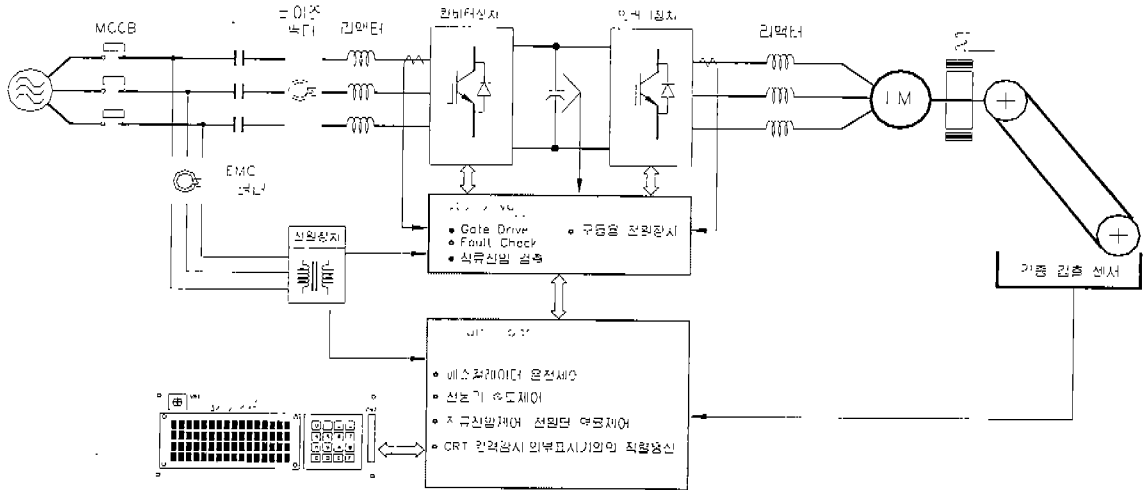


그림 1 인버터 제어장치의 기술적 구성도

2.2 인버터

인버터는 전동기의 속도와 부하에 상응하는 토크를 제어하기 위하여 가변전압, 가변주파수의 교류전력을 전동기에 공급한다.[2] 또한 종래 직입 기동방식의 문제점인 기동 시에 급격한 전류가 흘러 전원계통에 장애를 일으키거나 기동 shock에 의해 에스컬레이터를 구성하는 기계적 장치의 수명저하 현상을 제거하도록 제어된다.

에스컬레이터의 일일 평균부하율은 건물의 용도에 따라 다소 차이는 있지만 대개 50%이하이다. 에스컬레이터가 경부하로 운행하는 경우에는 동손보다 절손에 의한 손실이 높기 때문에 여자전류가 토크전류보다 손실에 기여하는 바가 크다. 따라서 에스컬레이터가 경부하로 운전하는 경우에는 전동기의 전체효율이 최대가 되도록 여자전류의 크기를 제어하면 7.5kW 전동기의 경우 무부하상태에서 연속운전을 실시할 때 약 32%의 에너지 절감효과를 가져온다.[3]

2.3 운전제어부

운전제어부는 에스컬레이터의 이용객에게 최상의 서비스를 제공하기 위해 에스컬레이터의 상태를 유지,보수원에게 신속하고 정확하게 전달하여 효과적인 유지관리가 되도록 하고, 자동운전을 포함한 다양한 운전기능과 제어시스템의 상태를 쉽게 monitoring할 수 있도록 한 annunciator회로, 건물 중앙통제실에서 에스컬레이터의 운행상태를 감시하거나 통제할 수 있도록 하는 CRT감시회로,

에스컬레이터 보수센터에서 에스컬레이터의 상태를 감시할 수 있는 원격감시회로와 에스컬레이터 탑승구에 위치한 외부표시 장치회로 등과 상호 통신을 위한 제어회로 등으로 구성되어 있다.

2.4 전동기 보호 회로

인버터 장치를 구성하는 전력반도체 소자인 IGBT를 스위칭 할 때 스위칭에 의한 반복적인 surge전압이 전동기의 권선에 인가되면 전동기의 절연은 arc방전에 의해 열화되고 마침내 소손된다. Surge전압의 크기는 스위칭 파형의 상승시간과 제어반과 전동기까지의 배선길이에 따라 그 크기가 달리 나타난다. 이 surge전압의 크기는 NEMA MG1-1993, Part30에서 규정하는 규격을 만족하기 위해 전동기 입력단에 surge전압 억제 필터를 설치하고 컨버터와 인버터의 스위칭을 동기화하여 해결하였다.[4]

2.5 EMI 대책

인버터 제어 시스템의 또 다른 문제점이 노이즈다. 전력반도체 소자를 스위칭 할 때 발생하는 노이즈의 크기는 스위칭 특성과 직류링크 전압의 크기, 전력회로의 구성 등에 따라 여러 가지 다른 양상으로 나타난다.[5] 국제무선장해 CISPR Pub. 22 Class A에서 규정하는 기준치를 만족하기 위하여 제어장치 입력단에 노이즈 필터를 설치하여 전로전달 노이즈를 해결하였고, 방사노이즈에 대한 제어반 설계를 병행하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

제안된 인버터 장치의 제품화를 검증하기 위해서 실험을 행하였다. 실험을 위한 PWM 컨버터/인버터의 전력용 반도체로서 1200V, 75A급 IPM을 사용하였고, 7.5kW 전동기를 사용한 에스컬레이터 시험탑에서 실험을 행하였다.

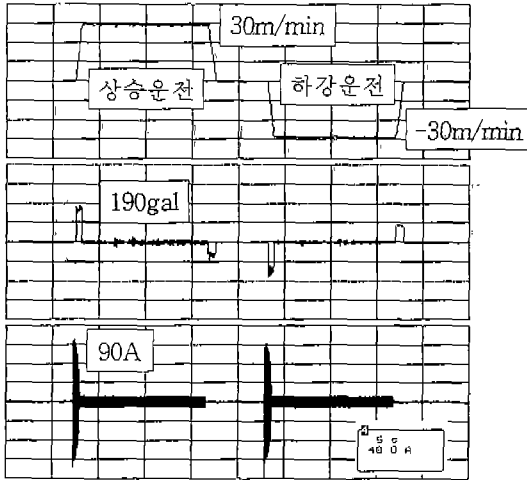


그림 2 직입기동방식의 속도, 진동, 입력전류
(속도:10m/min/div, 진동:200gal/div, 전류:40A/div)

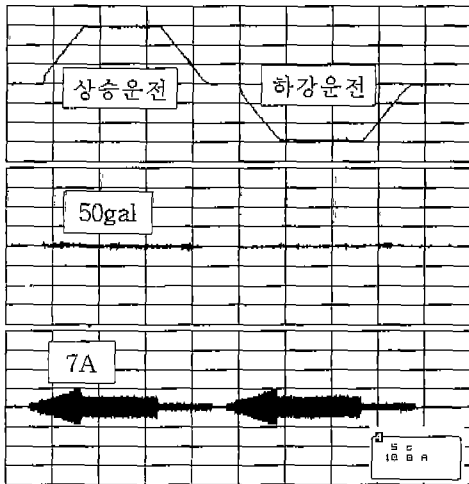


그림 3 인버터방식의 속도, 진동, 입력전류
(속도:10m/min/div, 진동:200gal/div, 전류:10A/div)

그림 2는 종래의 직입기동방식에서의 에스컬레이터 속도, 스텝의 진동, 제어반의 입력전류를 나타낸다. 기동 시 약 190gal 정도의 진동이 발생하여 에스컬레이터의 기계적인 연결부위 등에 심한 충격을 가하게 된다. 또한 기동전류도 90A가 흘러

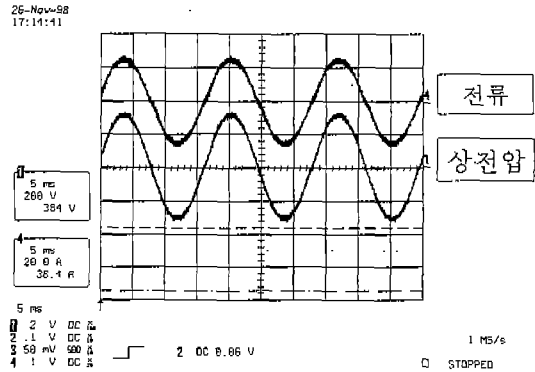


그림 4 전원입력단 역을 특성
(전압:200V/div, 전류:20A/div, Time:2µs/div)

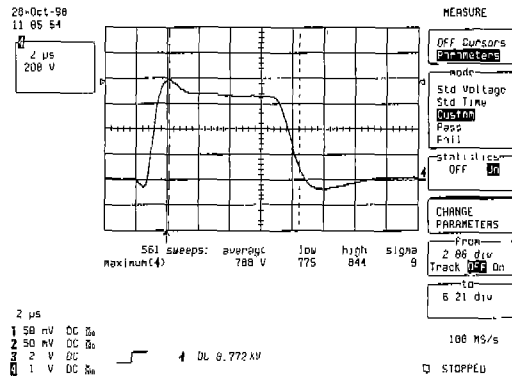


그림 5 전동기 입력 surge전압
(전압 : 200V/div, Time : 2µs/div)

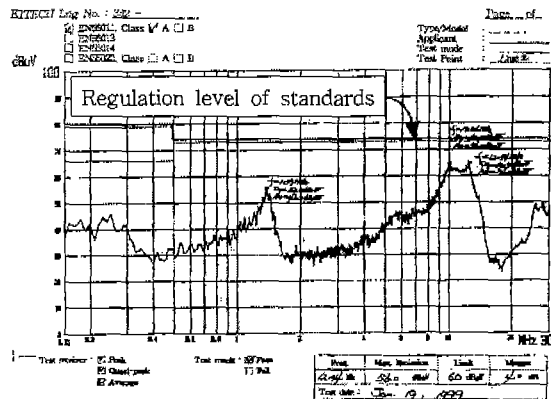


그림 6 전원입력단 EMI 특성

전원계통에 심한 전기적 충격을 가하게 된다. 그림 3은 인버터 방식에서의 에스컬레이터 속도, 스텝의 진동, 제어반의 입력전류를 나타내는데, 종래 방식과 비교하면 기동시의 기계적인 진동은 거의 제거되었으며, 입력전류에 의한 전기적 충격도 제거되

었다.

그림 4는 전원입력단에서 측정한 전원 상전압과 입력전류를 나타낸다. 거의 역율이 1로 아주 우수한 역율 특성을 보여 주고 있다.

그림 5는 전동기의 surge전압을 측정한 것인데, 순간 surge전압은 약 800V/1.3 μ s 정도로 NEMA에서 권장치(1000V/1 μ s)를 만족하고 있다.

그림 6은 제어반 입력단에서 측정한 EMI의 시험 결과로서 CISPR Pub.22에서 규정한 limit를 충분히 만족하고 있다.

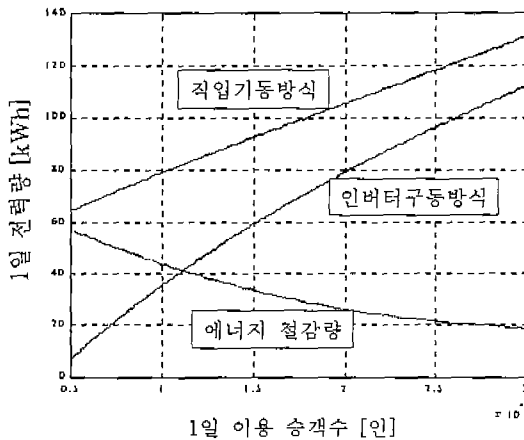


그림 7 전력절감 특성(1일 20시간 운전 시)

그림 7은 인버터에 의한 에너지 절감운전을 하는 경우 지하철에서의 1일 승객 수에 대한 소비 전력량 및 전력 절감량을 나타낸다.

5. 결 론

본 논문에서는 3상 PWM 컨버터/인버터를 채용한 에스컬레이터용 인버터 제어장치를 제안하였다. 또한 에스컬레이터 시험탑에서 제품화의 유용성을 검증하기 위해 속도제어특성, 기동 및 정지 shock, 전원단 역율 제어 특성, 전동기의 surge전압 억제 특성, 제어장치의 EMI 특성 등을 시험하여 종래 방식의 문제점을 해결하였고, 특히 에스컬레이터에 인버터를 채용함으로써 지하철의 경우 약 46%, 백화점의 경우 26%의 에너지 절감효과를 가져 왔다.

당사는 이상과 같은 제어특성과 제품화에 필요한 여러 가지 시험들을 실시하여 각종 특성 및 신뢰성을 에스컬레이터 시험탑 및 당사 복지관에 설치된 에스컬레이터에서 검증하였고 현재 영종도 신공항 청사에 제품을 출시하고 있다.

[참고 문헌]

- [1] 한국 엘리베이터 협회, "승강기 개론", pp. 157~158
- [2] Bose, B.K., "Power electronics - A technology review", Proceedings IEEE, 80, 8, pp. 1303~1334, 1992
- [3] 大沼 直人 et al., "Effects of Energy Saving Control Method on Elevator Drive", 日本電氣學會産業應用部門全國大會, No.188, pp. 285~286, 1997
- [4] 이영민 et al., "컨버터/인버터 시스템의 커먼 모드 노이즈 억제를 고려한 PWM 기법", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 1882~1885, 1998
- [5] 강동우 et al., "엘리베이터용 컨버터의 EMI 대책에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 2159~2161, 1997