

순시전원품질 측정 및 변화에 따른 승강기 설비의 성능평가에 관한 연구

(The Study of Measurement and Performance Evaluation for Elevator Equipment by Instantaneous Power Quality)

김기현* · 김재철** · 방선배 · 이주환

(Gi-Hyun Kim · Jae-Chul Kim · Sun-Bae Bang · Joo-Hwan-Lee)

요 약

승강기 갇힘 사고 절대 건수가 매년 증가하고 있다. 또한 갇힘, 급상승, 급정지, 층 표시 오류 등 승객의 불안감을 유발시킬 수 있고, 인명 사고와 연결될 수 있는 오동작 사고가 많이 발생을 하고 있다. 따라서 본 논문에서는 이런 갇힘 및 오동작을 발생시킬 수 있는 순시전원품질(Sag, Swell, Interruption) 현상이 승강기가 설치되어 있는 현장에서 어느 정도의 크기와 지속시간으로 측정이 되는지를 실시간 측정 장비를 통하여 측정·분석 하였다. 또한 승강기 설비 두 세트에 대하여 유럽에서 승강기 내성시험(susceptibility)규정으로 적용하는 EN12016(2004) 규격으로 시험하여 순시전원품질 변화에 따른 승강기 설비의 멈춤 및 구동에 대한 성능 평가를 하였다. 분석 결과는 최종적으로 승강기 설비의 전원품질과 오동작의 상호 연관성 분석 및 승강설비의 전기적 장애에 대한 대책을 제시하는데 자료로 이용될 것이다.

Abstract

The number of confine-disease of elevator increases every year and then sudden rise, sudden stop, error of level indication, stand; those can bring to uneasiness of elevator passenger and malfunction accidents related life accident are increasing. For confirmation those malfunction accident, we are measuring and analyzing power quality(Sag, Swell, Interruption) of the actual site and evaluated the performance for stop and stating by testing the two imitation test equipment with EN12016(2004) standard level. This paper will be used data of the analysis for mutual relation between Power Quality and malfunction and fault of elevator.

Key Words : Elevator, Malfunction, Power Quality, Sag, Swell, Interruption

* 주저자 : 전기안전연구원 연구원
** 교신저자 : 숭실대학교 전기공학부 교수
Tel : 031-580-3078, Fax : 031-580-3111
E-mail : ghkim7151@kesco.or.kr
접수일자 : 2006년 1월 25일
1차심사 : 2006년 2월 1일
심사완료 : 2006년 2월 13일

1. 서 론

2005년 행정자치부 통계 자료에 의하면 2004년 승강기 갇힘 사건 구조를 위해 119구조대가 출동 한 건수가 5,511건으로 조사 되었다. 그중 5,500건 설문

대해 회신된 것(479건) 중 공동주택용에(452건) 대한 분석 결과를 보면 단순 전원 리셋으로 재가동된 경우가 전체 24[%]를 차지하고, 간헐 원인별 분류로 판별하면 단순 정전이 8.2[%], 확인 불가가 7.9[%]를 차지하는 것으로 조사되었다[1]. 또한 멈춤, 급상승, 급정지, 층 표시 오류 등 승객의 불안감을 유발시키고 인명 사고와 연결될 수 있는 잠재적 사고가 대 당년 6회 정도 발생을 하고 있다고 조사되었다[2]. 따라서 본 논문에서는 인명피해 사고와 연결될 수 있는 승강기 진행 중 멈춤, 인명 간헐 등에 원인을 줄 수 있는 순시전원품질에 대한 현장 측정 및 분석을 위해 승강기 기계실에 있는 분전반 2차에 실시간 측정 장비를 설치하여 승강기 입력 전원에 대한 자료 분석을 하였다. 또한 국내에 적용하지 않는(특수용 승강기 제외) 승강기 설비의 내성에 대한 시험으로 인하여 순시전원품질 변화에 따른 승강기 설비의 성능에 대하여 평가 하였다. 분석된 자료는 추후 진행 될 다른 규정시험 분석과 함께 승강기 설비의 전원 품질과 오동작의 상호 연관성 분석 및 승강설비의 전기적 장애에 대한 대책을 제시하는데 자료로 이용 될 것이다.

2. 승강기설비의 오동작 분석 및 전원계통 실측 분석

2.1 공동주택 승강기의 오동작 분석

승강기 분류는 승강기 용도에 따라 승객용, 화물용, 에스컬레이터, 덤웨이터, 휠체어리프트로 구분하고 있다. 그중 승객용 승강기 설치 비중이 전체 85[%] 정도를 차지하고 있고, 또한 승객용 승강기 설치가 크게 증가함에 따른 고장 및 사고도 많이 발생을 하고 있다. 따라서 본 연구에서는 승객용 승강기 대부분을 차지하는 공동 주택(APT) 승강기를 주 대상으로 측정 · 분석하였다. 공동주택 관리사무소와 승강기 보수업체에 대한 설문조사 및 119 구조대 출동건수 분석에 따르면 공동주택 관리사무소 및 보수업체의 보수 일지를 토대로 분석한 결과로는 정확히 전원품질에 의해 고장 및 오동작이 발생했다고 단정 하기는 어렵지만, 정전(순시정전), 이상전압 유

입으로 인한 고장 및 오동작이 전체 3.9[%] 정도 차지하는 것으로 조사되었다. 또한 전기설비의 스위치 접점 및 제어반 부품 등에 의한 고장이 18.7[%]로 조사 되었다[1]. 이 외에 승강기 인명 사고 및 오동작 부분이 승강기 설비에 많이 발생을 하는 것으로 조사되고 있다[2-4].

2.2 승강기 전원설비 구성 및 실시간 측정 장비 설치

측정 장비 설치의 지역을 고려하여 서울 두 곳과 천안, 춘천에 표 1과 같은 사양의 승강기 설비에 측정 장비를 설치하였다. 공동주택 승강기 전원 시스템은 그림 1과 같이 대부분 동력용 변압기에서 승강기 전원을 공급하는 시스템을 가지고 있다. 배전반에서 한 개의 Main Circuit Breaker에 보통 한대에 세대 정도의 승강기가 운행되고 있다.

표 1. 측정 장비 설치 장소 및 전동기 용량
Table 1. The place of installation and Motor capacitor

측정장소	제작업체	설치연도	전동기 용량
춘천시 퇴계동	A사	1999. 09	13[kW]
천안시 백석동	B사	2002. 11	9.5[kW]
서울시 관악구	C사	2001. 12	13[kW]
서울시 동대문구	D사	1999. 10	15[kW]

한 예로서 그림 1에서 현장에 설치된 승강기 전원을 보면 전동용 750[kVA] 3대, 동력용 350[kVA] 1대로 운영되는 공동주택 단지이다. 350[kVA] 동력용 변압기로 11대 승강기와 기타 전력설비에 전원을 공급하고 있다. 그림 1에서처럼 본 연구에서 측정하고 있는 승강기실의 전원은 동력용 배전반 MCCM 3P(225AF/150AT)에서 3대의 승강기에 전원을 공급하는 식이다.

일반 산업 현장 등에서 발생하는 전원품질 중에 이상 파형 측정 또는 원하는 파형을 측정 하여 분석하기에는 많은 어려움이 따르게 된다. 그 이유로는 측정하고자 하는 파형이 언제 발생할지를 모르기에

순시전원품질 측정 및 변화에 따른 승강기 설비의 성능평가에 관한 연구

측정 가능성이 적다고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 승강기 전원을 실시간 측정할 수 있는 계측 장비를 그림 2와 같이 설치하여 필요한 파형을 분석하였다. 기간으로는 2005. 10. 1 ~ 2006. 9. 30까지 측정하여 분석하고 있다.

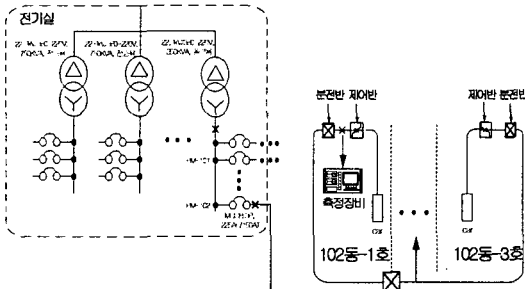


그림 1. 승강기 공급 전원 구성회로
Fig. 1. Schematic diagram on the Incoming power of elevator

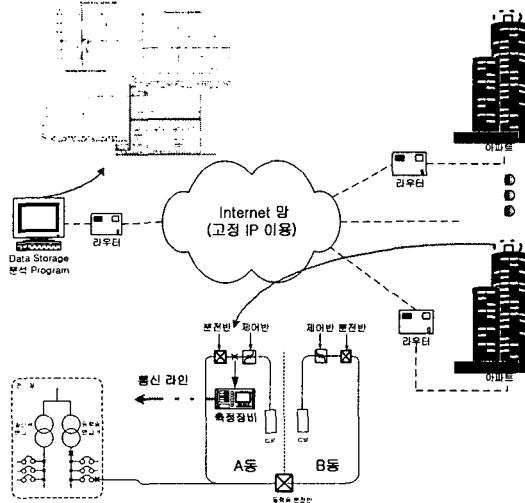
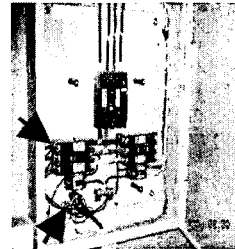


그림 2. 실시간 승강기 전원품질 측정 시스템
Fig. 2. On-Line measurement system of elevator power quality

그림 3은 실시간으로 승강기 전원품질을 측정하기 위해 현장에 설치한 장비들의 그림이다. 그림 3의 (a)는 승강기 전원을 공급하는 공동주택 맨 위층에 설치되어 있는 승강기 기계실 분전반에 실시간 전압을 측정하기 위한 분전반 2차 측에 PT 설치한 그림이다. 3상과 중성선, 접지 측을 연결하여 3[Ø] 4[W]

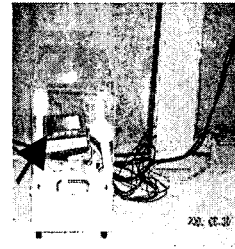
의 전압 및 고조파 변화 등을 측정하였다. 그림 3의 (b)는 분전반 2차 측(승강기 제어반 1차 측)에 전류 및 고조파 변화를 측정하기 위하여 CT를 설치한 그림이다. 그림 3의 (c)는 측정 장비로서 CT, PT에 의해서 측정된 값과 측정된 값을 통신 장비로 연결 시켜주는 역할을 하고 있다. 그림 3의 (d), (e)는 통신 장비로 측정된 파형을 고정 IP를 사용하여 인터넷 망을 통하여 측정 장비와 연구원에 있는 데이터 저장 및 분석 장치와의 연결 기능을 하고 있다. 통신 장비 회선 속도는 고정으로 128[k] 속도로 통신을 하고 있다. 그림 3의 (f)는 측정된 데이터를 저장 및 분석 하는 프로그램을 나타낸 장비이다.



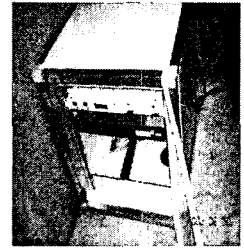
(a) 분전반 2차측 PT연결



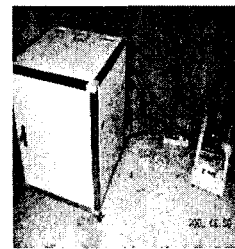
(b) 제어반 1차측CT연결



(c) 장비 UMG510



(d) 통신장비(라우터)



(e) 장비와 통신장비



(f) 데이터 저장 및 분석

그림 3. 실시간 측정 장비 설치
Fig. 3. On-Line measurement equipment installation

2.3 순시전원품질 측정 및 분석

순시 정전, 정전, 전압강하 발생시 승강기 Fault record에 저 전압 에러로 기록이 되고, 정전(순간, 영구)시 운행이 일시 멈춤이 발생을 하면, 공동주택 비

상발전기가 동작하여 승강기에 전원이 공급되어도 일부 인버터 기종에서 도어 센서와 도어 스위치 신호 불일치로 인하여 승강기가 작동 되지 않아 계속 닫힘 상태로 유지하는 경우와 90년 중반 이전에 제작된 제품 중 제어반이 수동 릴레이 타입인 경우 수동으로 릴레이를 on시켜 주지 않으면 계속적으로 전원이 공급이 되더라도 닫힘 상태를 유지한다. 따라서 이런 기종 및 복합적 요인에 의해 닫힘 사고가 발생을 하는데[4-5,7] 이런 부분에 영향을 주는 요인으로 순시 정전(Interruption), 순시전압강하(Sag), 순시전압상승(Swell), 정전을 표 1과 같은 지역을 대상으로 전원품질 상태를 측정하였다. 순시전원품질 지속시간 정의는 IEC61000-4-11과 IEEE 1159의 규정에 따라 0.5cycle에서 30cycle(1분) 미만 지속시간으로 정의 하였다[9-10]. 그림 4는 측정 장소에 측정된 순시전압강하(Sag) 파형으로 전압크기, 지속시간, 발생 시간 등이 기록 된다. 그림 5는 순시정전 발생 파형을 측정한 것이고, 그림 6은 순시전압상승을 측정한 기록파형이다.

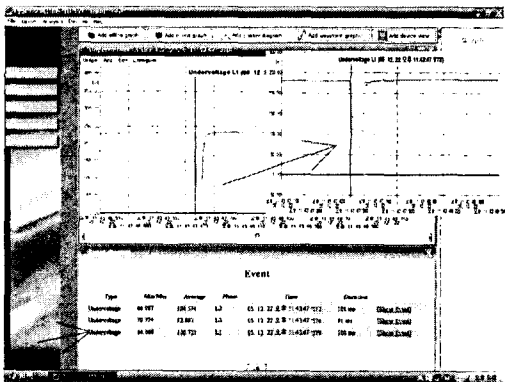


그림 4. 순시전압강하 발생 크기 및 지속 시간
Fig. 4. The level and duration of Sag

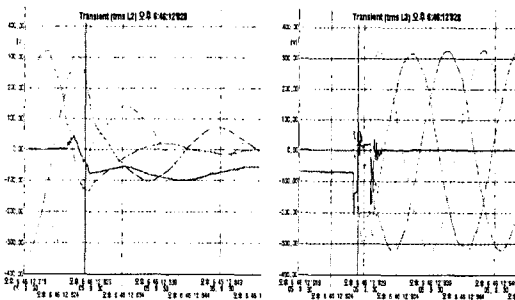


그림 5. 순시 정전(115(ms)) 발생 파형
Fig. 5. The wave of interruption(115(ms))

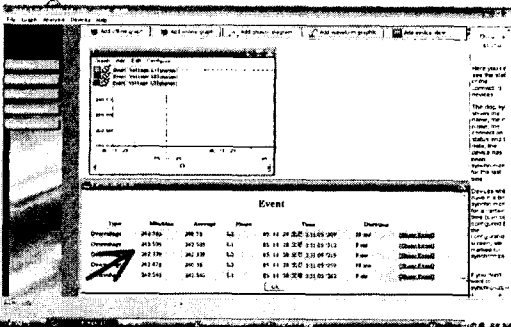


그림 6. 순시전압상승 발생 크기 및 지속시간
Fig. 6. The level and duration of Swell

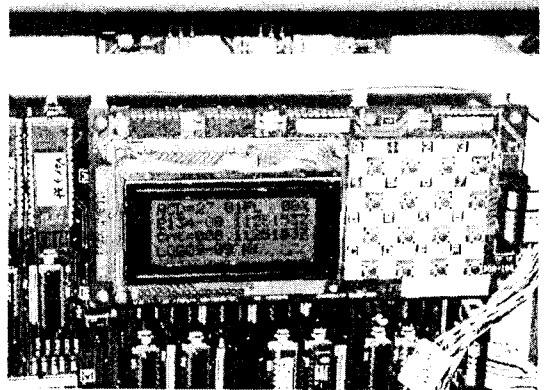


그림 7. 승강기 제어반에서의 Fault Record
Fig. 7. Fault record of elevator control panel

그림 7은 승강기 보수 업체에서 제어반에 기록된 에러 메시지를 확인하기 위한 장비를 나타낸 그림이다. 보통 승강기 제어반에 기록되는 에러는 장소에 따라 다르지만 많게는 한달에 7~8건 정도 발생을 하고 있고 없는 경우도 있다. 에러에 기록된 원인의 대부분이 도어에 관련된 에러이고 한두 건이 급정지, 통신 에러, Undervoltage 관련된 에러가 발생을 하

순시전원품질 측정 및 변화에 따른 승강기 설비의 성능평가에 관한 연구

고 있다. 따라서 실시간으로 파형 측정은 승강기 제어반에 있는 Fault Record에 기록된 시간과 비교하여 여러 발생 원인이 측정된 전원 품질과 어느 정도 연관이 있는지 상호 비교 확인하기 위함이다. 다음 표 2는 10월 1일부터 1월 6일까지 현장에서 조사 분석된 자료이다.

표 2. 장소별 Event와 Fault Record 기록 수
Table 2. The number of event and Fault record by place

측정장소	Event 발생건수	Fault Record 기록건수	비고
춘천시	10	3	Sag, Swell, interruption의 측정 수
천안시	19	7	
관악구	4	28	
동대문구	8	11	

3. 순시전원품질 변화에 따른 승강기 설비 성능 평가

시험원에서 승강기 시험설비의 대표적 모델을 선정하기 위해 우선 제어장식은 VVVF 방식을 택했으며, 현재 국내 시장에 가장 많은 공급을 하고 있는 대기업을 중심으로 2개 모델과 중소기업의 모델 1개를 선정하였다. 90년대 후반 승강기에 사용되면서 대부분의 공동주택에 주종을 이루고 있는 중저속, 8인승에서 15인승을 모델 승강기로 선정하였다. 선정된 3가지 모델 중 두 모델 A형 및 B형 모델을 아래 표 3과 같이 선정하였다. 시험설비 구성 세트는 EN12016의 시험 규정에 따라 설치 시험하였다[8].

표 3. 선정된 승강기 시험설비 모델
Table 3. Selected elevator of testing equipment

회사	용 량	속 도	비 고
A사 모델	550[kg]/8인승	90[m/min]	시험 완료
B사 모델	750[kg]/12인승	90[m/min]	시험 완료
C사 모델	550[kg]/8인승	90[m/min]	추후 시험

시험구성 장비로는 승강기를 실제 운전하는 것과 같은 효과를 얻기 위해 승객의 하중에 해당하는 부하제어기를 추가로 설치하여 전 부하 용량의 효과를 낼 수 있도록 하였다. 아울러 이들 시스템을 움직이고 이에 따른 운전지령 및 조작을 위한 시뮬레이터가 필요하다. EN12016에서 순시전압강하/순시정전 시험(Voltage dips and interruptions, V-dips)관련 규정은 순시전압 강하/순시정전시험은 회로망에서나 설치상의 오류 또는 부하의 급격한 큰 변화에 의한 전압강하나 차단에 대한 시험품의 내성을 평가하기 위한 시험이다. 표 4, 5에서 알 수 있는 것처럼 1994년도에서 2004년 판으로 바뀌면서 일반기능회로에 대한 시험이 추가되었고, 안전회로에서 전압강하기간이 길어졌다. 중요한 점은 기존 판에서는 3상 기기에 대한 시험은 제외가 되어 있어서 대부분이 3상 전원을 쓰는 승강기 제품의 경우에는 면제가 되었는데 2004년 판에서는 그 문구가 없어짐에 따라서 모두 시험을 통한 검증을 필요로 하고 있다.

표 4. KS B EN12016(2002) 적용 규격
Table 4. KS B EN12016(2002) Standard

시험규격	시험 기준	
	일반기능 회로	안전 회로
KS B EN 1206(2002) (IEC 61000-4-11 (1994))	적용안함	30[%] 강하 10[ms] 60[%] 강하 100[ms] >95[%] 강하 5000[ms]

표 5. EN12016(2004) 적용 규정
Table 5. EN12016(2004) Standard

시험규격	시험 기준	
	일반기능 회로	안전 회로
EN 12016, 2004, (IEC 61000-4-11 (2004))	30[%] 강하 10[ms]	- 30[%] 강하 10~100[ms] - 60[%] 강하 200~1000[ms] - >95[%] 강하 5000[ms]

그림 8은 시험설비 구성, 인가 및 분석을 확인 할 수 있는 구성도로 그림에서 ①은 제어반으로 규정에 따라 시험전압을 인가하고, ②는 시험전압 및 지속 시간에 따라 권상기 입력 전압 및 속도를 분석하고, ③은 조작반(층 버튼)과 제어반의 변화 분석, ④는 제어반에 입력 신호를 주면서 분석, ⑤는 제어반과 도어 개폐장치의 상호 신호 변화 분석, ⑥은 부하 용량을 제어하는 부하제어 장치이다. 부하제어기는 Full Road 제공 상태에서 시험을 하였다.

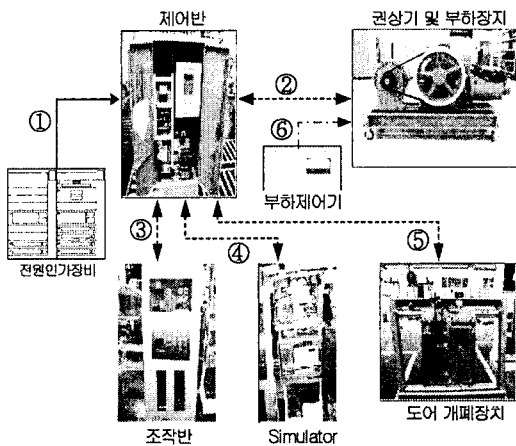


그림 8. 승강기 설비 시험 및 분석 구성도
Fig. 8. Testing and analysis schematic of elevator equipment

순시전압강하, 순시정전에 대한 내성시험은 30[%] 및 60[%]의 전압강하를 KSBEN12016(2002)과 EN12016(2004)의 안전회로 규격에 따라서 30[%] 전압강하는 10[ms]부터 100[ms]까지 10[ms]의 간격으로, 60[%] 전압강하는 100[ms]부터 1000[ms]까지 100[ms]의 간격으로 진행하였고, 순시정전은 5000[ms] 동안 진행하였다. A모델은 30[%] 전압강하 시험에서 70[ms] 이상의 지속시간에 대해 승강설비가 멈추었다가 자동복구 되었으며, 60[%] 전압강하와 순시정전 시험에서는 모두 승강설비가 구동을 멈추었다가 자동복구 되는 결과를 얻었다. B모델은 30[%] 전압강하 시험에서 70[ms] 이상의 지속시간에 대해 설비가 구동을 멈추었다가 자동복구 되었으며, 60[%] 전압강하와 순시정전에 대해서는 설비가 구동을 멈추었다가 시험이 끝나고 전원을 리셋한 이

후에 성능이 복구되었다. 이 결과는 현장에서 순시정전, 순시전압강하 등이 발생을 했을 경우 간헐 및 다른 예러와의 연관성 분석이 필요한 부분이다. 아래 그림 9는 순시전압강하 및 순시정전의 내성을 확인하기 위한 시험장면이다.

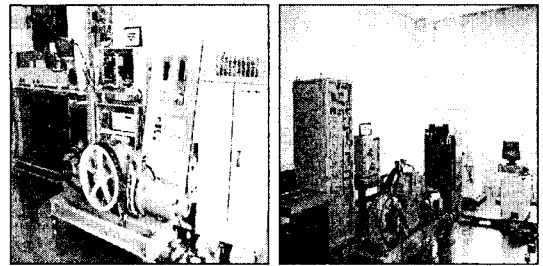


그림 9. 승강기 시험 구성 Set 및 인가 장면
Fig. 9. Testing scene and elevator equipment set

4. 결 론

승강기 설비의 간헐 및 멈춤, 급상승, 급정지, 층 표시 오류 등 오동작의 원인 분석을 위하여 현장에 승강기 전원품질 중 순시전압품질을 일정기간 측정 결과 10~500[ms] 이상으로 순시전압강하, 순시정전, 순시전압상승이 발생을 하고 있고, 그 빈도는 측정 장소에 따라 다르지만 한달에 한 두건 이상은 발생을 하는 것으로 조사되었다. 또한 EN12016(2004)의 안전회로 규격에 따라서 시험한 결과 제품 성능 평가에서 30[%] 전압강하 시험에서 70[ms] 이상 지속시간에 대해 승강설비가 멈추었다가 자동복구 되었으며, 60[%] 전압강하와 순시정전 시험에서는 모두 승강설비가 구동을 멈추었다가 전원복수 후 자동 복구되는 결과를 얻었다. 이는 현장에서 측정되는 순시정전, 순시전압강하 등이 발생을 했을 경우 간헐 및 다른 예러 발생과의 연관성 분석이 필요한 부분으로 사료된다. 본 논문은 추후 계속 진행되는 현장 측정 데이터와 Fault record와의 상호 연관성 분석 및 EN12016에 규정하고 있는 정전기, Surge, Burt(빠른 과도현상), 전자파 전도, 방사 내성시험과 고조파 인가 시험을 통한 승강기 오동작 및 고장 원인을 분석하여 최종적으로 전기적 장애에 대한 대책을 제시하는데 자료로 사용될 것이다.

이 논문은 전력산업 연구개발 사업비의 지원에 의해 수행된 연구결과입니다.

References

- (1) 공동주택의 승강기 설비에 대한 오동작의 원인 조사 및 고찰, 조명전기설비학회지, 2006. 3.
- (2) 한국승강기안전원홈페이지 통계자료.
- (3) 승객용 승강기의 재해예방에 관한 연구, 산업안전학회지, 제 17권 2호, 2002년.
- (4) 2005년 기술직 연구과제 발표집, 2005.4 한국승강기안전센터.
- (5) 승강기 설비의 유지관리, 조명 전기설비학회지, 제 9권 3호, 1995. 6.
- (6) 인버터 제어 승강기의 전력소비 특성과 전원설비 계획에 관한 연구, 조명 전기설비학회지, 제15권2호, 2001.3.
- (7) 인버터 승강기 시스템의 고조파 실태 분석, 조명 전기설비학회지, 제 8권 5호, 1994. 10.
- (8) EN 12016(Electromagnetic Compatability : Product family standard for lifts, escalators and moving walks-Immunity).
- (9) Electromagnetic compatibility(EMC) -Part 4 : Testing and measurement techniques -Section 11 : Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests(2004).
- (10) Recommended practice for monitoring electric power Quality R(1995).

◇ 저자소개 ◇

김기현 (金基鉉)

1971년 5월 1일생. 1997년 숭실대학교 전기공학과. 2000년 8월 석사 졸업. 현재 동 대학원 박사과정. 2000년 6월~2003년 6월 한국전기연구원 재직. 2003년 7월~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 근무.

김재철 (金載哲)

1955년 7월 12일생. 1979년 숭실대 전기공학과 졸업. 1983년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 숭실대 전기공학과 교수.

방선배 (方善培)

1968년 5월 18일생. 1994년 명지대학교 전기공학과 졸업. 2002년 강원대 산업대학원 전기공학과 석사. 1997~2003년 한국전기안전공사. 2003년 전기안전연구원 근무.

이주환 (李周煥)

1963년 4월 16일생. 1985년 광운대학교 전자공학과 졸업. 1994년 광운대학교 산업대학원 전자공학과 석사. 1987년 1월~1988년 4월 한국중공업 근무. 1988년 5월~현재 산업기술시험원 근무.