

제어설비 계통의 노이즈장해 사례 및 대책에 관한 연구

(A Study on the Countermeasure and Trouble-Examples by Noise in Control Equipment System)

유상봉 · 김홍주* · 이호성

(Sang-Bong Yoo · Hong-Ju Kim · Ho-Sung Lee)

요 약

최근 제어설비 계통은 전력변환장치와 센서의 사용이 증가하여 많은 노이즈가 발생되고 있다. 이 노이즈로 인해 설비의 오동작과 제어 회로의 메모리 손실이 발생된다. 따라서, 본 논문에서는 제어설비 계통의 노이즈 발생량을 계측·분석하였고, 이에 따라 NCT, 등전위 접지, PNR, 노이즈필터와 같이 노이즈 감소를 위한 효과적인 보호설비를 적용하였고 계측 결과를 제시하였다.

Abstract

Recently an increase of sensor and power transducers in control equipment system has caused many kinds of noise. These kinds of noise came out the mis-operation equipment and damage program memories of control circuits. In this paper, the noise generation of control equipment system has been measured and analyzed. Additionally, the effective protection equipments to reduce noise like as Noise Cut Transformer, Equipotential Bonding, Power Noise Rejector, Noise Filter has been applied and proposed the measured results.

1. 서 론

최근의 제어 분야는 디지털 기술과 반도체 기술의 급속한 발전에 따라 전력전자 소자를 이용한 설비의 보급이 확산되고 있다. 이에 따라, 단위 제어 설비는 소형·경량화 되어 가고 있으며, 제어 시스템은 대형화, 광대역화 되고 있다. 반면 이들 설비는 아주 작은 써지나 노이즈에도 민감하게 반응하여 설비의 오동작, 소자의 소손, 프로그램 손실 등을 발생 시킨다. 이 경우 각종 시스템이 유기적으로 연관되어 있는 설비에서 발생된 문제는 고속으로 전 설비에 전달되어 심각한 결과를 불러일으킬 수 있다. 그러나, 일과성으로 발생하는 현상에 대해 원인을 규명키란 매우 어려운 일이다. 유사한 현상에 대한 원인과 대책의 자료가 축적되어야만 보호 대책을 수립하기가 용이해 질것이다.[1]

따라서 본 논문에서는 제어 설비에서 발생한 각종 노이즈에 대하여 발생시의 현상을 측정하여 원인 분석한 후, 그 대책을 수립. 적용한 사례를 제시하였고, 그 결과를 측정함으로써 노이즈감소량이 어느 정도인지를 검증하였다.

2. 본 론

2.1. 노이즈의 발생 원인과 종류

노이즈의 발생원은 다양하나, 일반적으로 Sags, Transients, Swells, Interruptions, Harmonic distortion, Flicker, Surge, 파형왜곡(Waveshape fault), 전자유도, 정전유도등의 현상에 의해 동시 다발적으로 발생하여 제어 시스템에 영향을 준다.[2]

노이즈가 발생되어 설비에 영향을 주는 주요한 3대 요소는 발생원(Emitter), 전달경로, 피해장치(Susceptor)이다. 이들 요소에 따라 노이즈의 종류가 구분되는데, 발생원에 따라서는 자연 발생 노이즈와 인위적 발생 노이즈로 분류할 수 있다. 또한 전달 경로에 따라 대기중으로 전달되는 방사성 노이즈와 유선의 경로를 따라 전달되는 전도성 노이즈로 구분할 수 있다.[3]

뇌씨지에 의한 노이즈가 자연 발생 노이즈의 대표적인 경우라 할 수 있으며,[4] 그 외의 대부분의 노이즈는 인위적인 노이즈이다. 방사성 노이즈의 대표적인 것은 전자파 노이즈로 우리가 주변에서 흔히 접할 수 있는 가장 일반적인 것이다. 이는 발생 노이즈의 주파수 대역의 폭이 대단히 넓으며, 공기중으로 전달되는 것이기에 다양한 기기에 침투하여 장애를 일으킨다.

전도성 노이즈는 도전 물체인 배선을 따라 전달되어 전원선이나 신호선에 중첩하여 발생하는 것으로, 그림 1과 같이 전원선과 접지간을 전달하는 Common mode

noise(비대칭 잡음)와 전원선 간을 왕복하는 Normal mode noise(대칭 잡음)가 있다.[5]

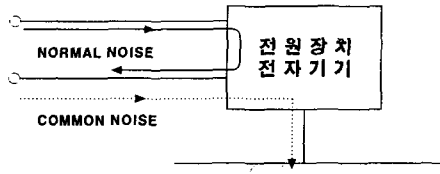


그림 1. 커먼모드 노이즈와 노말모드 노이즈
Fig. 1. Common mode noise and normal mode noise

이들 노이즈의 주파수대에 따른 침입 모드를 보면 10~150kHz는 Switching regulator에 의한 방해파가 대부분으로 노말모드 노이즈인 대칭성분이고, 150~10MHz의 주파수 대역이 되면 비대칭 성분인 커먼모드 노이즈가 된다.[6] 노말모드 노이즈의 경우는 Filter 적용 기술의 발달로 대책 수립이 비교적 용이하나, 커먼모드 노이즈의 경우는 주위 환경에 의한 영향으로 그 대책 수립이 매우 까다롭다.

제어 설비와 같이 부품과 기기가 여러 개 사용된 System을 구성할 때는 이상에서 언급한 다양한 종류의 노이즈 발생 환경에 노출되게 되는 것이다. 따라서, EMI, EMC, EMS를 해결하기 위해서는 설계, 제조, 시공, 운전 등의 과정에서 모든 대책이 마련되어야만 노이즈 피해를 최소화 할 수 있는 것이다.

2.2. 노이즈 대책 기술

노이즈 방지의 기본요소인 차폐,접지,노이즈 방지부품 등을 이용하는 것을 기본으로 하며 그 개념도를 그림 2에 나타내었다.[2]

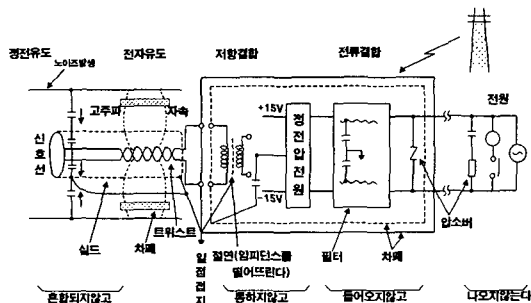


그림 2. 노이즈 장애방지 대책의 개념도
Fig. 2. Example of the noise protecting configuration

주요 대책 기술로는 케이블실드, 바이패스 경로인 접지, 노이즈 컷 트랜스,노이즈 필터등이 있다. 케이블 실드에 있어서는 편조선등에 의한 실드를 케이블과 금속의 접촉점까지 확실하게 씌워지도록 붙인다. 접지의 경우는 접지 저항값을 수 오옴이하로 하고, 접지선은 짧고 굵게, 대지간의 접지루프는 최소화하며 저주파 대역에서는 1점 병렬접지가 바람직하다.[7]

L과C의 조합에 의한 필터를 설치할 경우는 접속부의 차폐도 완벽히 하여야 효과적이다. 노이즈 컷 트랜스는 절연트랜스에서 1,2차간에, 기본파만을 유도시키고 정전 차폐를 실시하여, 노이즈 전달을 방지하는 기기로 노이즈 발생 장치에 부착하여 발생 노이즈의 외부전달을 차단하는것은 물론이고 전원측으로 전달되는 외부노이즈를 차단한다.

2.3. 제어 설비에서의 노이즈 장애 특성

현재의 공장,빌딩,항만,수로,중계소등 모든 주요 설비는 기기에 의한 자동 제어를 실시하고 있으며, 인간은 이 제어 상태를 원격으로 감시,관리하고 있는 실정이다. 이러한 제어 설비에서 노이즈에 의해 발생하는 문제는 제품 생산 차질, 설비의 손상, 안전사고 발생등의 극지적인 문제로부터 공장 정지, 사회 간접시설 정지, 기간통신망 마비등의 사회 혼란을 초래할 수 있는등 파급되는 영향이 매우 크다.

제어 설비의 노이즈 장애 특성을 살펴보면

- 강전,약전의 다양한 기기를 사용하므로 예측키 어려운 노이즈 발생 원인이 있는 경우가 많다.
- 노이즈 발생시 발생원을 규명하기가 까다로워 대책의 적용을 구체화 하기가 어렵다.

2.4. 노이즈 장애 사례 및 대책

사례 1

(1) 현상

'가'회사는 Coil Marker 설비의 가동중 감시 화면의 정지와 통신 Error가 수시로 발생하고 있었다. Error 발생시마다 설비를 Reset하여 재가동을 하여야 하므로 작업자가 항상 설비를 감시하여야 함은 물론이고, 해당 설비의 잦은 정지,기동으로 주요 소모품의 잦은 교체와 제품 생산의 차질을 초래하고 있다.

(2) 계측 및 분석

Coil Marker 감시 제어 장비에 유입되는 노말모드 노이즈와 커먼모드 노이즈의 파형을 계측하였더니 그림 3, 그림 4와 같이 Vector 파형이 주변기기가 작동시에 유입되는 것으로 분석되었다.

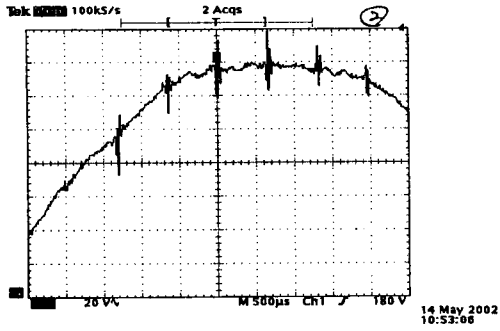


그림 3. 노말모드 노이즈 파형
Fig. 3. Normal mode noise wave

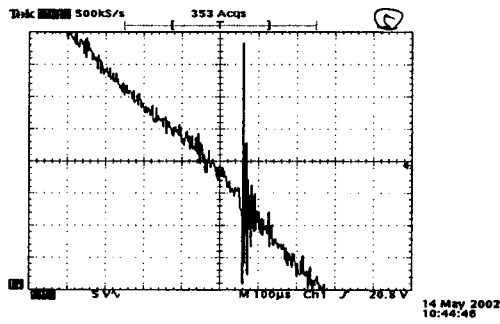


그림 4. 커먼모드 노이즈 파형
Fig. 4. Common mode noise wave

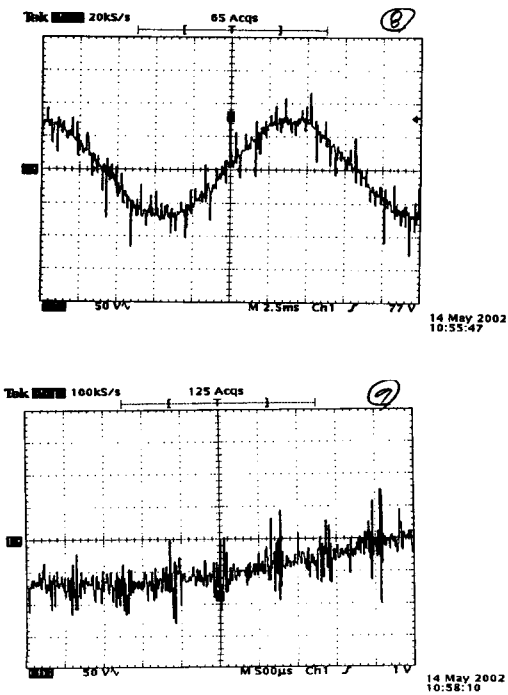


그림 6. 노말모드 파형
Fig. 6. Normal mode wave

(3) 대책

전원 파형에서 Vector 파형과 Impluse를 제거하기 위해 노이즈 컷 트랜스(NCT)에 Power Filter를 설치하고, 제어장비를 비롯한 각종 설비의 접지를 등전위 접지로 그림 5와 같이 개선하였더니, 그림 6, 그림 7과 같이 노말모드와 커먼모드의 파형이 노이즈가 거의 발생치 않는 양호한 파형으로 계측되었고, 통신 Error 발생도 없어졌다.

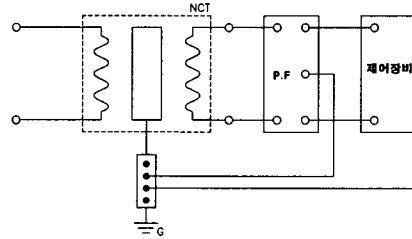


그림 5. 파워 필터와 등전위 접지를 설치한 회로도
Fig. 5. Circuit of control system installed power filter & equipotential

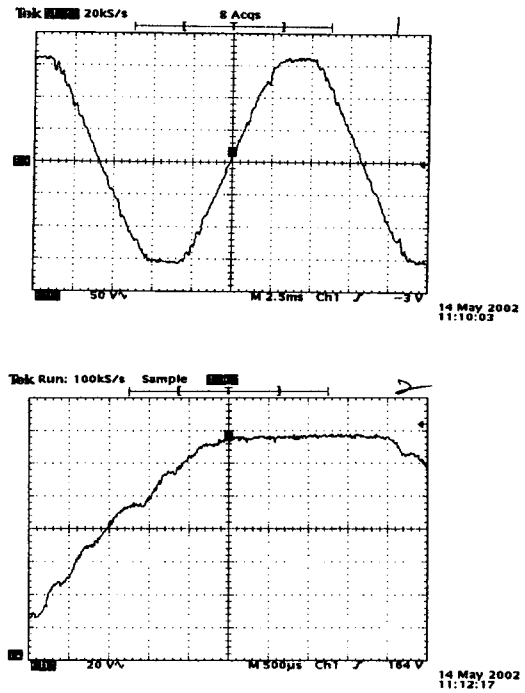


그림 6. 노말모드 파형
Fig. 6. Normal mode wave

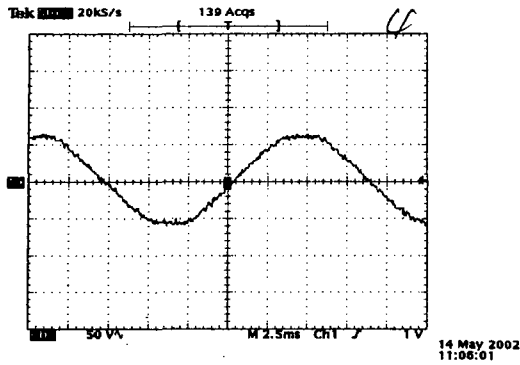


그림 7. 커먼모드 파형
Fig. 7. Common mode wave

사례 2

(1) 현상

'나'회사는 철 Scrap을 들어서 전기로에 자동으로 투입하는 Crane을 사용하고 있다. 이 Crane은 전원으로 고압인 6.6kV를 Trolley bar에서 수전 받아 Crane 내부에 설치된 변압기에서 440V로 강압하여 모터 제어용 Inverter 8대에 공급하고, 같은 저압 전원으로 직류 변환하여 자동화 제어 장비에 전원을 공급하는 조작하는 그림 8의 계통도와 같이 설비되어 운용중이었다.

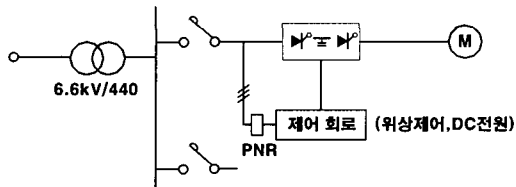


그림 8. 크레인 전원 계통도
Fig. 8. Electrical power diagram of crane

가동중 Inverter 제어설비의 Memory 내용이 없어지거나 Fault, Upset현상이 나타나고 전력용 반도체인 IGBT 소자가 고장나는등의 현상이 하루 5~6회 발생하고 있다.

(2) 계측 및 분석

노이즈 보호설비인 PNR을 설치하기 전에 유입되는 파형을 계측하였더니, 그림 9와 같이 분석되었다.

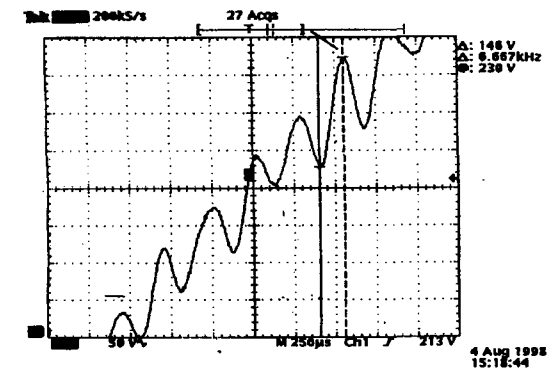
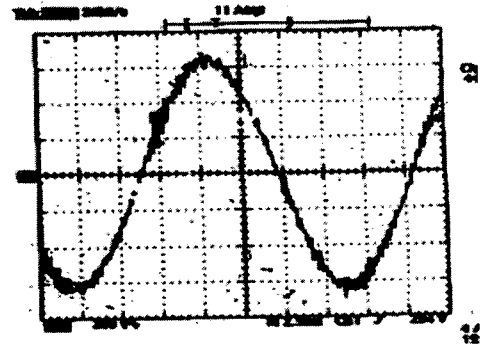


그림 9. PNR 설치전 파형
Fig. 9. Wave by un-installed PNR

(3) 대책

Inverter 제어 설비에 노이즈를 제거하기 위해 그림 10과 같은 PNR(Power Noise Rejector)을 설치하였더니 그림 11과 같은 양호한 파형이 계측되었고 전력 반도체 소자의 고장이나 Fault, Upset현상등의 발생이 없어졌다.

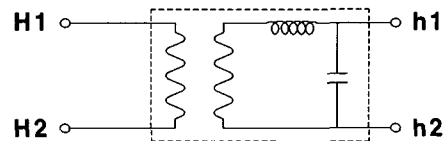


그림 10. PNR의 구성도
Fig. 10. Diagram of PNR

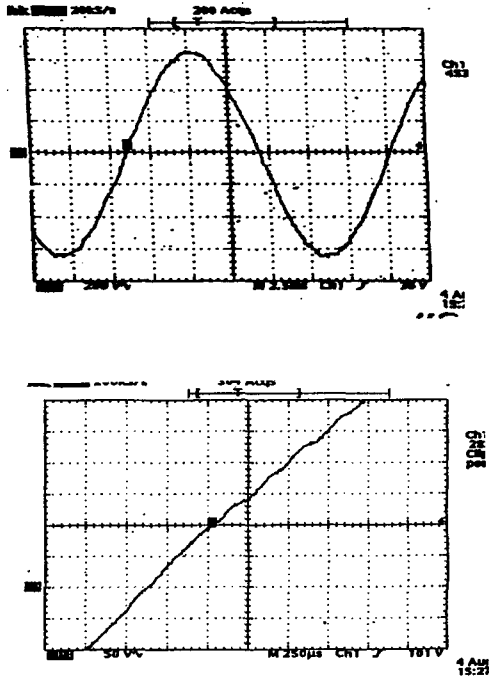


그림 11. PNR 설치후 파형
Fig. 11. Wave by installed PNR

사례 3

(1) 현상

'다'회사는 온도, 압력 유량등을 계측, 제어하기 위하여 4~20mA 센서를 사용하거나, DCS System inverter의 RPM을 제어하기 위하여 4~20mA Signal를 많이 사용한다.

4~20mA Signal은 전압으로 환산하면 1~5V 정도 P-N 사이에 걸리게 된다. 센서와 DCS간, DCS의 Inverter간에 거리가 있어 CVVS Shield cable을 사용하기도 하고, 주변 케이블의 영향을 감소시키기 위해 배선 정리등을 하였어도, 4~20mA Signal에 노이즈가 들어가 센서를 오동작하여 계측 불가하거나 Error를 일으키기도 한다. 최근의 DCS Program에는 노이즈 Counter가 있어 노이즈 발생시 마다, Counter가 동작하여 담당자에게 주의를 환기시키고 있다.

(2) 계측 및 분석

파형을 계측하였더니 그림12와 같이 분석 되었다. 이는, 먼 거리에 배선되는 4-20mA Signal용 제어선이 Inverter 케이블과 이웃하여 Inverter 케이블에서 발생하는 전자장의 영향을 받기도 하고, 배선의 정리 와 케이블 Shield를 하여도 접지 방법이 잘못되어 있어 노이즈가 발생하는 경우이기도 하다.

또한 그림12의 2번째 그림에서 보면 이는, 4-20mA

Signal(1-5V) 62.2V Peak-peak의 Inverter 노이즈가 들어가는 경우이다. 이때는 설비의 정상운전이 불가능한 경우이다.

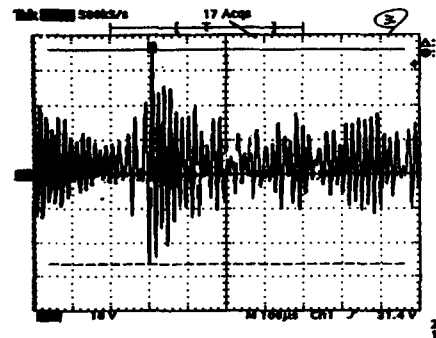
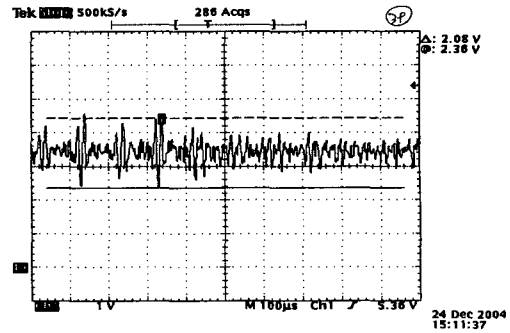


그림 12 노이즈 필터 설치전 파형
Fig. 12. Wave by un-installed noise filter

(3) 대책

DCS System과 센서의 경로와 DCS System과 Inverter의 경로에 각각 4-20mA용 노이즈 필터를 제작, 설치하여 Signal을 Filtering하고 전원 투입단에 I/I Signal isolator를 사용하여 전원도 분리하였다. 그림13에 보호 설비를 설치한 계통도를 제시하였고 개선 후의 파형을 계측하였더니 그림14와 같이 양호한 파형을 볼 수 있었고 계측 불가 현상이나 Error도 개선되었음을 확인케 되었다.

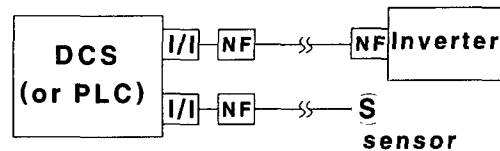


그림 13 노이즈 필터 설치 계통도
Fig. 13. Diagram by installed noise filter

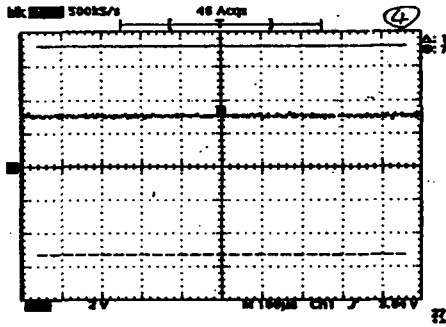


그림 14. 노이즈 필터 설치후 파형
Fig. 14. Wave by installed noise filter

3. 결 론

본 논문에서는 제어설비 계통에서의 노이즈 대책을 보호 설비의 적용을 위주로 적용전 계측, 분석과 적용 후의 결과를 계측하고 확인함으로써 적용 효과의 적합정 여부를 증명하였다. 그 사례가 3가지로 많지는 않으나, 현장에서의 현상 파악과 보호 설비 적용과정에서 노이즈 감소의 기본대책인 차폐, 접지, 노이즈 방지부품 적용의 효과를 수차례에 걸쳐 시행한 결과로, 상기의 효과적 보호 대책을 제시할 수 있었던 것이다. 즉, 노이즈 대책은 그 발생부터가 복잡적이고 다양하므로 대책 수립시도 가장 기본적인 것부터 모두 고려하여야 가장 효과적인 보호 설비를 구성케 되는 것이다. 다양한 현장의 각종 제어 설비에서 노이즈에 의해 발생하는 다양한 사례중 복합성을 갖는 대표적인 경우의 노이즈 장해 사례를 측정, 분석하고 그 대책을 적용한 후 결과를 검증한 본 논문이 노이즈 문제 해결에 조금이나마 보탬이 되길 바란다.

참 고 문 헌

- [1] 유상봉, "자동화설비의 Surge 및 Noise 대책", 조명·전기설비학회지, 제 12권 제4호, 1998.12 p.38
- [2] 유상봉, 정태호 "쓰러 및 노이즈 대책을 고려한 최적접지 설계연구", 용인송담대학 산업기술연구소 연구보고서, 2001. p.8, p.84
- [3] 藤川進, "OA기기에 장애를 주는 노이즈란 무엇인가?", 전기기술, 1996년 3월호, p.53
- [4] 이복희, "정보화기기의 뇌싸-지 보호기술", 전기학회지, 제 45권, 3호, 1999년 3월, p.23
- [5] 김세동, 정수용, "컴퓨터 및 정보통신기기의 전자방해(EMI) 대책기술", 조명·전기설비학회지, 제 13권 제4호, 1999.12 p.15
- [6] 高橋建彦, 전지환경문제에 대한 견해", 전설공업, 제 11권, 1998.11 p.3
- [7] 竹谷是幸, "과전압 보호와 접지방식에 대한 제안", 전설공업, 1998년 10월호, p.89
- [8] John A. Dedad, "Quality Power for Sensitive Electronic Equipment", 1994.5. p.3

저자소개

유상봉(庾相鳳)

1954년 10월 26일생. 1980년 부산대학교 전기공학과 졸업. 1999년 한양대학교 전기공학과(박사). 1993년~1995년 기술사(건축전기설비, 발송배전, 전기응용, 전기안전, 소방설비). 1998년~현재 용인송담대학 조명인테리어과 교수(조명, 전기설비 전공).

김홍주(金泓周)

1960년 9월 14일생. 1983년 연세대학교 전기공학과 졸업. 2005년 수원대학교 전기공학과 박사과정 수료. 1997년 건축전기설비기술사. 1999년~현재 용인송담대 조명인테리어과 겸임 교수, 1998년~현재 연세엔지니어링(주) 대표이사

이호성(李虎誠)

1951년 3월 6일생, 1975년 전남대 전기공학과 졸업, 현재 (주)유진과원시스템 대표이사