

산업용 EMS를 고려한 누설전류 센싱 컨트롤러의 개발

박성원\*, 노인배\*\*, 김상동\*\*\*, 박지호\*\*\*, 김동완\*\*\*  
 (주)보강하이텍\*, (주)롯데건설\*\*, 동명대학교\*\*\*

Development of Leakage Current Sensing Controller in Consideration of Industrial EMS

Sung-Won Park\*, Inh-Bae Roh\*\*, Sang-Dong Kim\*\*\*, Ji-Ho Park\*\*\*, Dong-Wan Kim\*\*\*  
 BoGang Hi-Tech\*, Lotte E&C\*\*, TongMyong University\*\*\*

**Abstract** - In recent years, a importance of EMS(Electromagnetic Susceptibility) is increased with the spread of a communication device significantly. The compatibility of EMS is evaluated by conduction and radiation of EMI(Electromagnetic Interference). In this paper, a leakage current sensing controller which is considered of industrial EMS is developed. The developed system is consisted of power module, sensing module of leakage current, processor module, display module and communication module. The developed system is evaluated the compatibility of EMS by conduction and radiation of EMI. In evaluation results, the developed system is compatible to the standard of industrial EMS.

1. 서 론

최근 유/무선 통신기기의 급속한 보급에 따라서 가정용이나 산업용 EMS에 대한 관심과 기준이 중요하게 대두되고 있는 실정이다. 특히, 정밀기구나 안전 및 특수한 목적의 산업현장에서 EMS 대책은 인명과 밀접한 관계가 있기 때문에 더욱 그 중요성이 부각되고 있다. 이러한 EMS 적합 시험은 크게 전도시험과 방사시험을 통해 적합도를 측정한다[1].

전도시험은 전도전압 내성시험(Immunity to Induced Voltage)과 전도전류 내성시험(Immunity to RF Voltage(common mode) at Antenna Terminal)으로 수행 되었으며, 전도전압 내성시험은 오디오 입/출력 단자 및 전원선 입력단자와 같은 제품의 단자에 방해 전압이 인가되었을 때의 내성을 평가하는 시험이다. 전도전압 내성시험은 입력 내성시험과 달리 제품의 안테나 단자 외의 오디오 입/출력선 및 전원선에 방해신호(간섭신호)를 인가하는데 제품을 해당 동작 상태에 두고 방해신호를 인가했을 때 신호 대 잡음비가 규정치 이상인지, 또한 영상에 사람이 느낄 수 있을 정도의 불량화면이 나타났는지를 관찰하고 규격의 한계값과 비교하여 적합여부를 판정한다. 전도전류 내성시험은 제품에 접속되는 케이블이 차폐되지 않은 경우 불요전류는 도선을 통해 제품으로 주입되어 제품의 정상 동작을 방해하는 현상을 야기할 수 있는데, 이를 평가하기 위해서 방해신호 전류를 접속되는 케이블에 인가하여 제품의 내성 여부를 평가하는 시험이다. 이 시험의 경우 주로 안테나 인입선 상태에 방해신호 전류를 주입하여 시험하며, 다른 시험법과 마찬가지로 제품을 해당 신호 대 잡음비가 규정치 이상인지, 또한 영상에 사람이 느낄 수 있을 정도의 불량화면이 나타났는지를 관찰하고 규격의 한계값과 비교하여 적합여부를 판정한다. 이러한 전자파 전도시험은 A급기기의 경우 주파수 범위 0.15~0.5[MHz]에서 준-침두치 79[dBμV], 평균치 66[dBμV]이며, 0.5~30[MHz]에서 준-침두치 73[dBμV], 평균치 60[dBμV]이다. 또한, B급기기의 경우 주파수 범위 0.15~0.5[MHz]에서 준-침두치 66~56[dBμV], 평균치 56~46[dBμV]이며, 0.5~5[MHz]에서 준-침두치 56[dBμV], 평균치 46[dBμV], 5~30[MHz]에서 준-침두치 60[dBμV], 평균치 50[dBμV]이다

방사시험은 휴대용 소형 무선전화기, 방송국 및 각종 무선기기 등의 목적으로 발생한 방사전자계에 노출된 전자기기에 대한 제품의 내성을 평가하기 위한 시험이다. 이 시험에서는 '개방형 TEM 스트립 라인'이나 '전계발생 안테나'를 사용하여 제품에 전계를 인가하여 제품의 성능 저하나 오동작 유무를 평가한다. 이러한 전자파 방사기준은 주파수 범위 30~230[MHz]에서 A급기기의 경우 40[dBμV/m]이며, B급기기의 경우 30[dBμV/m]이다. 또한, 주파수 범위 230~1000[MHz]에서 A급기기의 경우 47[dBμV/m]이며, B급기기의 경우 37[dBμV/m]이다.

따라서, 본 논문에서는 배전용 간선회로 누설전류 원격감시

모니터링 시스템에 적용되는 누설전류 센싱 컨트롤러를 산업용 EMS를 고려하여 개발하고자 한다[2-4]. 이러한 누설전류 센싱 컨트롤러를 EMS 기준에 준하여 설계 및 제작하고, 제작된 누설전류 센싱 컨트롤러를 전도시험과 방사시험을 통하여 EMS 평가를 실시하여 그 타당성을 검증한다.

2. 시스템 구성

2.1 누설전류 센싱 컨트롤러

그림 1은 누설전류를 원격 검출하기 위하여 본 논문에서 개발된 누설전류 센싱 컨트롤러가 적용된 배전용 간선회로 누설전류 원격감시 모니터링 시스템의 구성도이다. 그림 1에서 누설전류 센싱 컨트롤러는 누설전류 검출 단말기 부분에 내장되며 전원부, 누설전류 검출부 및 증폭회로부, 프로세서부, Display부 및 통신부로 구성되어 있다[5,6].

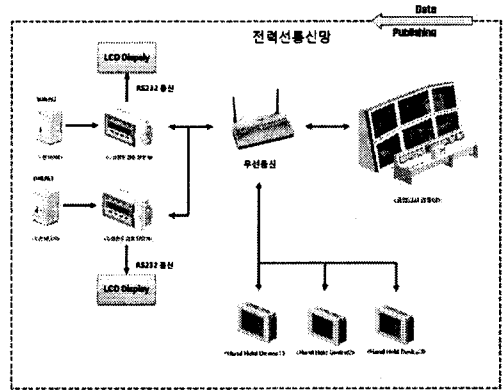


그림 1 누설전류 원격 감시 모니터링 시스템의 구성도  
 Fig. 1 Block diagram of remote monitoring system for leakage current

전원부는 크게 아날로그 전원과 디지털 전원으로 구성되어 있다. 아날로그 전원부는 정전압 레귤레이터 MC7805와 MC7905 소자를 이용해 각각 DC +5[V]와 DC -5[V]를 만들었고, 누설전류 검출부 및 증폭회로부의 전원으로 사용한다. 디지털 전원부는 LM2575-5 레귤레이터를 이용해 DC +5[V]를 만들어 프로세서부, Display부 및 통신부의 전원으로 사용한다.

누설전류 검출부는 Op-Amp Op290GP를 사용해 ZCT로부터 인가된 누설전류 신호를 A/D 변환하며, 증폭회로부는 Op-Amp LM2903 및 LM2904를 이용해 각각 반전 및 비반전 증폭회로를 구성한다.

프로세서부는 ATmega2560 프로세서를 이용해 누설전류 검출부 및 증폭회로로부터의 입력신호를 LED 및 LCD Display부로 전송하며, 통신부를 통해 PC로 전송하는 기능을 수행한다.

Display부는 Bar LED Display부와 16×2 LCD Display부로 구성되어 있다. Bar LED Display부는 ATmega2560 프로세서에서 제어된 누설전류 신호(5~25[mA])를 단계별로 표시하며, 누설전류가 25[mA] 이상이면 LED 전체가 점멸하며 경고 표시를 한다. LCD Display부는 현재 누설전류 값을 표시한다.

마지막으로 통신부는 RS232통신, 유/무선 Ethernet 통신 및 전력선 통신을 이용해 프로세서부의 제어신호를 PC로 전송하는 기능을 수행한다.

## 2. 2 EMS 대책

본 논문에서 개발된 누설전류 센싱 컨트롤러의 산업용 EMS 대책은 다음과 같다. 먼저 아날로그 회로부(누설전류 검출부)의 그라운드와 디지털 회로부의 그라운드를 0Ω 저항을 이용하여 분리 하였으며, 외부 접지 그라운드를 Copper Area 모드로 shield 처리를 한 후 서지킬러로 내부 그라운드와 분리 하였다. 또한, PCB의 그라운드 층 확보를 위해서 회로부 다음 층을 그라운드 면으로 할당하여 한 층 전체를 넓은 그라운드 층으로 사용하였다. 이렇게 함으로써 DM 모드 구조가 형성되어 노이즈의 방사를 최소화 할 수 있고, 경우에 따라서 생길 수 있는 루프 형성을 최소화 할 수 있다. 마지막으로 전원부에 노이즈 필터를 설치하였다. 노이즈 필터용으로 사용된 코일은 Common Mode Chock 코일로서 1개의 Core에 2개의 권선이 동상으로 배치되어 있다. 따라서 Y-Cap과 함께 사용하면 Common Mode 노이즈의 감쇄 효과가 있으며, X-Cap과 함께 사용하면 Normal Mode 노이즈의 감쇄 효과가 있다.

이러한 EMS 대책을 고려하여 본 논문에서 개발한 누설전류 센싱 컨트롤러의 회로도도 PCB Layout은 각각 그림 2 및 3과 같다.

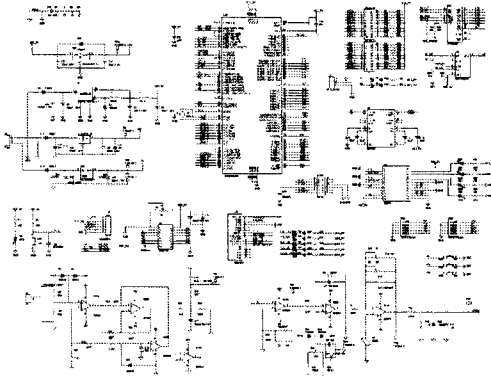


그림 2 누설전류 센싱 컨트롤러의 회로도

Fig. 2 Schematic configuration of leakage current sensing controller

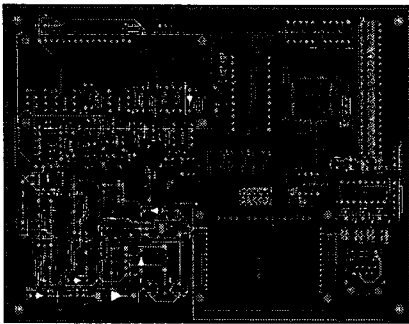


그림 3 누설전류 센싱 컨트롤러의 PCB Layout

Fig. 3 PCB Layout of leakage current sensing controller

## 3. EMS 평가

본 논문에서 개발된 누설전류 센싱 컨트롤러의 EMS 평가를 위하여 구미 1대학 산학협력단에 위치한 전자과센터에서 전도 시험과 방사시험을 각각 실시하였으며, 전도시험은 차폐실에서, 방사시험은 10m 야외시험장에서 각각 실시하였다.

그림 4는 본 논문에서 개발된 누설전류 센싱 컨트롤러의 전자파 전도시험 결과이다. 그림 4에서 개발된 누설전류 센싱 컨트롤러는 산업용 전자파 전도기준에 적합한 것을 알 수 있다.

그림 5는 본 논문에서 개발된 누설전류 센싱 컨트롤러의 전자파 방사시험 결과이다. 그림 5에서 개발된 누설전류 센싱 컨트롤러는 산업용 전자파 방사기준에도 적합한 것을 알 수 있다.

## 4. 결 론

최근 유/무선 통신기기의 급속한 보급에 따라서 그 중요성이 부각되고 있는 EMS는 정밀기구나 안전 및 특수한 목적의 산업 현장에서 인명과 밀접한 관계가 있기 때문에 특히 중요하게 대두되고 있는 실정이다. 따라서, 본 논문에서는 배전용 간섭회로 누설전류 원격감시 모니터링 시스템에 적용되는 누설전류 센싱 컨트롤러를 EMS 기준에 준하여 설계 및 제작하고, 제작된 누설전류 센싱 컨트롤러를 전도시험과 방사시험을 통하여 EMS 평가를 실시하였다. EMS 평가 결과 산업용 전자파 전도기준과 방사기준에 적합한 것을 알 수 있었다.

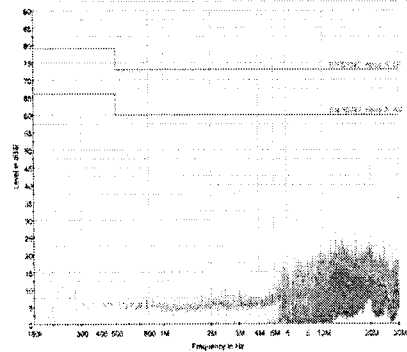


그림 4 전자파 전도 측정 그래프

Fig. 4 Measurement graph of EMI conduction (Neutral)

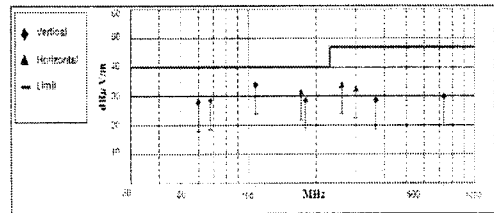


그림 5 전자파 방사 측정 그래프(10m)

Fig. 5 Measurement graph of EMI radiation (10m)

### 감사의 글

본 연구는 지식경제부에서 시행한 전력산업연구개발사업(과제번호:R-2005-7-225)의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

### [참고 문헌]

- [1] 박선호 외 1인, "전자회로의 노이즈 대책기술", 국제테크노정보연구소, 2008
- [2] 김영석 외 2인, "저전압 전기설비의 온라인 감시시스템 구축을 위한 국내외 실태조사", 조명전기설비학회 논문지, Vol. 21, No. 5, pp. 75-81, 2007
- [3] 함승진, 한송엽, 고창섭, "새로운 저항성 누설전류 측정 방법", 대한전기학회 논문지, Vol. 56, No. 8, pp. 1397-1404, 2007
- [4] 이재복, 명성호, 조연규, 장석훈, 김점식, "누전차단기의 뇌췌지 동작특성 분석 및 오동작 대책", 대한전기학회 논문지, Vol. 51C, No. 10, pp. 479-484, 2007
- [5] 박성원, 박지호, 김동환, "무선통신을 이용한 누설전류 원격 감시시스템의 개발", 대한전기학회 논문지, Vol. 57P, No. 4, pp. 349-355, 2008
- [6] 박성원 외, "배전용 간섭 회로 누설전류 무선 원격 감시 시스템 개발", 지식경제부, 2009