

전력간선에서의 전자파 장애를 고려한 원칩형 누설전류 원격 검출단말기의 개발

논 문

58P-4-3

An Development of Leakage Current Sensing Module of the System on Chip Type Under Consideration of Electromagnetic Interface in Power Trunk Line

김 동 완[†] · 박 지 호* · 박 성 원**

(Dong-Wan Kim · Ji-Ho Park · Sung-Won Park)

Abstract - In this paper, leakage current sensing module of SoC(System on Chip)type and real time monitoring system under consideration of electromagnetic interface in power trunk line are developed. The first, leakage current sensing module of SoC type under consideration of electromagnetic interface is developed, and the developed sensing module of SoC type is composed of leakage sensing part, power supply part, interface part, communication part, AD(Alternating current to Direct current)convert part and amplification part. And also the electromagnetic compatibility is evaluated by conduction and radiation of EMI(Electromagnetic Interference) for developed sensing module. The developed system can have confidence, stability and do energy saving under mixed electric circumstance of the low voltage communication device and high voltage equipment. The second, the real time remote monitoring system is developed using designed wire and wireless communication module with leakage current sensing module of SoC type. The developed real time remote monitoring system can monitor sensing state, occurrence state of leakage current and alarm for each step etc.. And the device configuration, PCB layout for leakage current sensing module of system on chip type and the experiment configuration in consideration of EMI are presented. Also the measurement results of conduction and radiation for EMI are presented.

Key Words : EMI, Leakage Current Sensing Module, SoC, Conduction, Radiation

1. 서 론

최근 에너지의 부족과 생산을 위한 비용 증가 및 환경문제 등으로 인하여 신재생에너지, 녹색전력망(Smart Grid), 저탄소산업 등이 미래전략산업으로 그 중요성이 증가하고 있으며 이를 위해 전력에너지자원의 효율적인 이용을 통한 에너지절감이 필요한 실정이다. 국내의 경우 건축물에서 소모하고 있는 에너지는 국가 전체 에너지 소모량의 25~30%로 상당히 높은 편이며, 효율적인 이산화탄소 발생량 저감과 에너지절약을 위해서는 빌딩의 전 생애에 걸친 에너지관리가 필수적이다[1]. 전력에너지의 효율향상 및 안정성 확보를 위해 발전 및 송·배전, 수전 설비 등 전기를 생산하고 사용자에게까지 공급하는 전력계통에서 가장 작은 단위인 일반 수용가에서부터 정보기술(IT:Information Technology)을 접목시켜 전기에너지의 안정적 운영이 이루어진다면 산업 활동뿐만 아니라 국가 경쟁력 확보에도 중요한 요소로 작용할 것이다[2].

북미와 유럽 등의 전력회사들은 에너지의 원가절감 및 향후의 CO₂배출권 비용의 절감을 이루는 동시에 고품질 서비

스 제공을 위한 전략으로 차세대 원격검침인프라(AMI : Advanced Metering Infrastructure)시스템을 채택하고 있으며[3], 일본의 경우는 저전압 및 고전압의 상시감시시스템을 통해 누전 등의 이상상태의 감시, 절연상태의 감시, 이상발생의 통보 및 원인조사를 일괄해서 수행하고 있으나 국내는 원격검침(AMR:Automatic Meter Reading)이나 차세대 원격검침 인프라에 대한 관심이 상대적으로 낮은 편이다. 고압 원격검침에서는 CDMA(Code Division Multiple Access)기술을 독립적으로 이용하고 있는 반면, 저압 원격검침에서는 무선통신 기반의 원격검침시스템과 지그비(ZigBee)를 이용한 시범사업을 수행한 바 있으나 사용자에게 검침 데이터를 제공하거나 기기를 제어하는 차세대 원격검침인프라의 I시범 사업은 없는 실정이다[4].

따라서 전력에너지의 효율적인 사용을 통한 에너지절감을 위해서는 실시간 감시시스템의 운용이 필요하며, 이러한 시스템에 사용되는 장치의 안정성과 신뢰성이 중요하다고 할 수 있다. 특히 실시간 감시시스템은 약전과 강전설비가 혼재되어있는 전기환경에서 사용되므로 전자파에 대한 영향을 고려할 필요가 있다. 전자파에 의한 전자 환경 문제에는 통신에서의 채널 간 상호간섭 문제, 주파수 스펙트럼 효율문제, 방송전파의 고스트(ghost)문제, 컴퓨터 응용기기의 오동작과 안전성문제 및 정보통신 네트워크의 신뢰성문제와 전자파장애(EMI:Electromagnetic Interference)등이 있다[5,6,7].

전자파장애는 기기에서 방사되는 에너지에 의해서 주변에 위치해 있는 다른 기기에 악영향을 미치는 현상을 의미한다.

[†] 교신저자, 정회원 : 동명대학교 전기전자공학과 교수 · 공박
E-mail : dongwan@tu.ac.kr

* 정 회원 : 동명대학교 메카트로닉스공학과 교수 · 공박

** 정 회원 : (주)보강하이텍 대표이사

접수일자 : 2009년 7월 31일

최종완료 : 2009년 8월 24일

또한, 최근에 전기설비에 산개되어 있는 분전반 배선라인을 대상으로 전력손실과 인명피해 등의 사고발생률을 최소화하기 위한 무선 누설전류 원격 감시시스템의 개발이 추진되고 있으나 단위모듈별로 설계되어 그 효율성이 떨어지며 전자파에 대한 영향을 고려하지 않아 현장에 적용 시 기기의 안정성과 신뢰성에 대한 문제점이 있는 실정이다[8, 9, 10].

따라서, 본 논문에서는 첫째, 전기설비의 배전반 전력간선을 대상으로 전자파 장애를 고려하여 안정성과 신뢰성을 가지며, 단위 모듈별 누설전류 검출부와 전원부 그리고 인터페이스부와 통신부 및 AD변환회로부와 증폭회로부 등을 하나의 마이크로프로세서(ATMega 2560)에 통합한 원칩(SoC : System On Chip)형의 전자파 장애를 고려한 누설전류 원격 검출 단말기를 개발하고, 개발된 검출단말기에 대하여 기기의 신뢰성과 안정성을 가시도록 전자파 적합도 시험인 전도시험과 방사시험을 통하여 전자파 장애에 대한 평가를 실시하고 그 타당성을 검증한다[12, 13, 14]. 둘째, 개발된 원칩형 검출단말기에 2.4[GHz] 무선 주파수대의 유무선 통신 모듈을 장착하여 각 배선라인의 누설 전류 검출 상태 정보를 누설전류 발생 시와 정상 시에 실시간으로 감시가 가능하고 누설전류발생시 원격 감시 및 단계별 경고 발생이 가능한 실시간 감시시스템을 개발하고자 한다.[12, 13, 16].

2. 전자파 장애를 고려한 원칩형 누설전류 원격 검출단말기

2.1 단위 모듈형 누설전류 검출단말기

일반적으로 사용되는 누전차단기의 누설전류 검출부의 구성과 회로도에는 각각 그림 1과 그림 2이다. 교류전압 220[V]를 입력전원으로 받아 충전과 흡수회로를 거친 후 브리지 정류회로를 거쳐 교류전압을 정류한 후 누설전류검출기인 GL7101 IC칩의 공급전원인 직류전압 20[V]를 만든다. 누전차단기내에 있는 ZCT(Zero Current Transformer)의 신호는 감도 전류 회로 및 노이즈 필터회로를 거친 후 전용 IC칩으로 인가되고, 약 13.5[mV](min 9[mV], max 18[mV])정도의 교류전압이 흐르면 IC출력 단에 있는 사이리스터에 전압을 인가하여 트립코일에 전압을 흘려 누전차단기를 트립시키는 원리로 동작한다. ZCT의 출력 전류 값은 5~12[mV]의 교류전압 값이며, 누전차단기 안에 있는 누설전류 검출 칩을 이용하여 프로세서로 검출하려면, 칩이 일정 값 약 13.5[mV](min 9[mV], max 18[mV])이상이 되면 사이리스터를 스위칭시키는 역할만 하여 프로세서로 제어할 수 없는 결점이 있다[13]. 따라서 프로세서로 제어할 수 있는 검출 단말기의

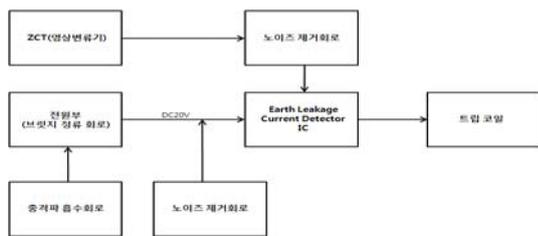


그림 1 일반적인 누설전류 검출 회로 구성도
Fig. 1 The general block diagram of leakage current sensing circuit

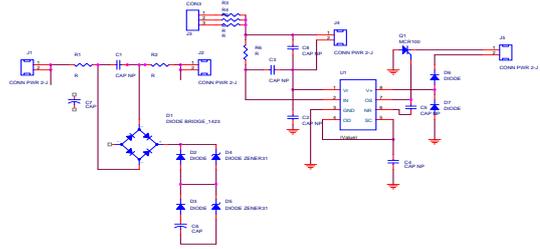


그림 2 일반적인 누설전류 검출 회로도
Fig. 2 The general schematic configuration of leakage current sensing

설계가 필요하며 누설전류를 프로세서로 제어하기 위해 ZCT의 출력 교류전압 값의 변화를 직류전압으로 정류하고, 정류된 신호를 증폭회로를 이용하여 증폭하는 회로를 설계하며, 교류메타를 이용해 임의의 전류 값을 비반전 증폭회로를 이용하여 원하는 값을 출력하고자 하였다. 또한, ZCT에서 인가되는 교류전압 값을 직류전압으로 변환하는 AD변환 회로를 설계하고 기존의 2차 증폭회로의 증폭소자를 변경하여 증폭회로의 전원부 회로를 추가 하였으며, 비반전-반전-반전 증폭회로를 사용하여 각각의 증폭비를 10배로 만들고, 두 번째 증폭회로에 가변저항을 달아 영점을 조정하는 회로를 설계하였다. 비반전 증폭회로를 이용해 차단기 앞단의 가변저항 값의 변화에 따른 출력 값의 증폭도를 시험한 결과 출력 값의 변동이 심하여 보호회로 및 전압안정화 회로를 추가하고 레귤레이터를 이용하여 ±5[V]의 전원회로를 설계하고 기존의 누설전류 검출회로의 저항 값을 보정하였다. 증폭소자를 LM2904칩을 이용해 시험한 결과 출력 값의 떨림 현상이 있었으며, 증폭소자를 OP2990칩을 이용한 결과가 LM2904칩을 이용한 경우 보다 안정된 출력 값을 확인할 수 있었다. 따라서, 출력 값을 프로세서로 보내어 원하는 값을 얻기 위해서는 보완이 필요함을 알 수 있었으며 이를 보완하여 설계하였다. 그림 3은 프로세서에 적용하기 위한 단위 모듈별 누설전류 검출 증폭회로의 구성도이며 그림 4는 증폭회로도이다.

그림 5는 기존에 개발된 유무선 데이터 전송 인터페이스 회로에 무선통신부를 포함한 유무선 랜(LAN)통신회로 부를 추가한 인터페이스 보드의 회로도이다. 이 회로는 RS232, RS485, 블루투스(Bluetooth), 유무선 이더넷(Ethernet)송수신 통신방식의 통합으로 RS232 방식과 블루투스 방식의 선택이 가능하도록 설계 되었으며, RS232 방식과 유무선 이더넷 방식의 선택이 가능하고, RS232↔RS485 전환이 가능하도록 설계하여 통신환경에 따라 다양한 통신 방식이 가능한 장점이 있다.

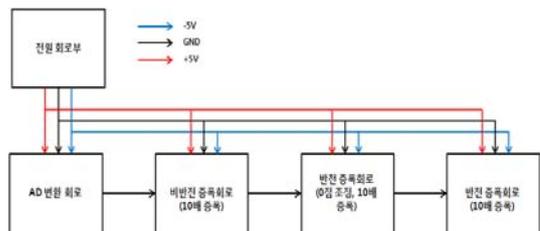


그림 3 프로세서의 적용을 위한 누설전류 검출 증폭회로 구성도
Fig. 3 The general block diagram of leakage current sensing amplification circuit

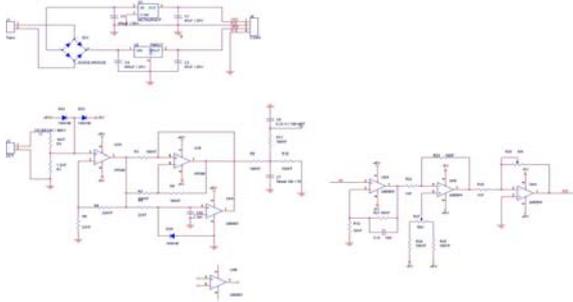


그림 4 프로세서의 적용을 위한 누설전류 검출증폭회로도
 Fig. 4 The schematic configuration of leakage current sensing amplification circuit for microprocessor

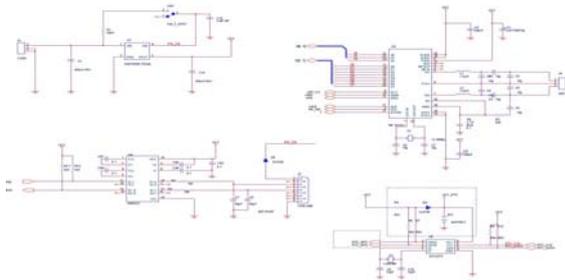


그림 5 유무선 통신 인터페이스 회로도
 Fig. 5 The interface schematic configuration of wire and wireless communication

2.2 전자파 장애를 고려한 원칩형 누설전류 원격 검출단말기

본 논문에서는 단위 모듈별 누설전류 검출부, 전원부, 인터페이스부, 통신부, AD변환회로부 및 증폭회로부 등을 통합하여 하나의 마이크로프로세서(ATMega 2560)를 이용한 원칩형 누설전류 원격 검출 단말기를 개발하고자 한다.

또한 전자파 장애를 고려하여 안정성을 향상시키고 이를 적용한 배전용 간선회로 누설전류 실시간 원격 감시시스템을 구축하고자 하며, 그 구성도는 그림 6과 같다. 누설전류 검출단말기는 2.4[GHz] 무선 주파수대의 유비쿼터스 무선통신 모듈을 장착하여 실시간으로 각 간선회로의 누설전류 검출상태 정보를 누설전류 발생시와 정상시에 실시간으로 검

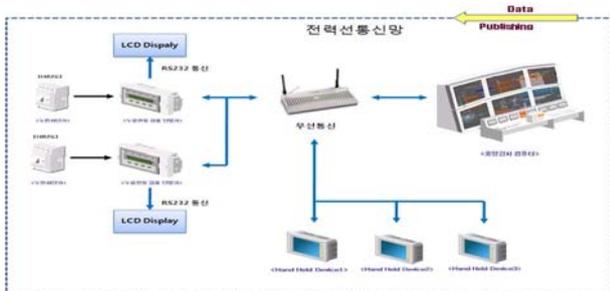


그림 6 원칩형 누설전류 검출단말기를 포함한 통합 실시간 원격 감시시스템의 구성도
 Fig. 6 The block diagram of real time remote monitoring system with leakage current sensing module of system on chip type.

지 및 감시가 가능한 통합 감시시스템으로 전송하여 누설전류 발생 시에 원격 감시 및 단계별 경고 발생이 가능하다 [13, 14].

일반적인 전자과장애 대책은 노이즈 필터에 의한 대책, 차폐(shield)에 의한 대책, 그리고 평형회로에 의한 노이즈 대책으로 나눌 수가 있다. 일반적으로 전자과장애에 대책은 전기적인 성격이 다른 부분은 분리하는 것이 좋으며, 접지회로의 임피던스를 가능한 적게 하고 접지회로에 전류가 흐르지 않게 하며, 그라운드 루프를 형성하지 않도록 하는 것이 중요하다. 특히, 도체를 통해 전달되는 전도노이즈 및 자유공간으로 방사되는 방사노이즈에 대한 대책에서 양쪽 모두의 대표적인 방법으로 필터링(filtering)기술이 있으며, 전원부에 사용되어지는 것과 신호부에 사용되어지는 것으로 구분된다. 전원용 필터는 고전압, 대 전류에 견디도록 설계되어 일반적으로는 30[MHz] 이하의 낮은 주파수 대역에서 주로 사용되며, 보통 30[MHz]이상의 주파수 대역에서 적은 전류의 신호부에 사용되는 신호용 필터는 실제의 제품에 적용해보면서 각각의 경우에 맞는 최적의 필터를 결정하는 경우가 많다[14, 18].

본 논문에서 개발하고자 하는 전자과 장애를 고려한 원칩형 누설전류 원격 검출단말기의 구성도는 그림 7과 같으며, 전원부와 누설전류 검출부, 증폭회로부, 프로세서부, 표시부 및 통신부로 구성되어 있으며 그 특징은 다음과 같다.

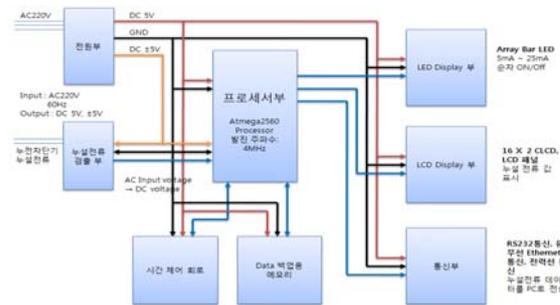


그림 7 전자파 장애를 고려한 원칩형 누설전류 원격 검출 단말기의 구성도
 Fig. 7 The block diagram for leakage current sensing module of system on chip type in consideration of EMI

1) 전원부

전원부는 아날로그 전원과 디지털 전원으로 나누어져 있다. 아날로그 전원 부는 정전압 레귤레이터 MC7805 소자를 이용해 직류 +5[V]를 만들고, MC7905 레귤레이터를 이용해 직류 -5[V]가 발생되며, 누설전류 검출 회로부 및 증폭회로부의 전원으로 사용한다. 디지털 전원 부는 LM2575 레귤레이터를 이용해 직류 +5[V]를 출력으로 하여 주 프로세서, LED(Light Emitting Diode)표시부, LCD(Liquid Crystal Display) 표시부 및 시리얼 통신부의 전원으로 사용한다. 또한 전원 회로에 콘덴서를 추가해 전원을 안정화하였다.

2) 전자파 장애를 고려한 전원부의 필터

전원부에는 노이즈 필터를 사용하였으며, 노이즈 필터는 일종의 저감 필터이고 차단 주파수는 높은 주파수에서 감쇄효과가 있다. 노이즈 필터용으로 사용하는 코일은 코먼모

드 초크 코일(Common Mode Chock Coil)이며 1개의 코어에 2개의 권선이 동상에 있다. 따라서 전원 전류에서는 내부의 자속이 없어지게 되며, 인덕턴스는 대부분 없어져서 노멀 모드 노이즈의 감쇄효과는 그다지 없다. 코먼모드 전류에 대해서는 큰값의 인덕턴스를 얻도록 한 Y-캡(Cap)과 함께 코먼모드 노이즈의 감쇄에 크게 기여한다. 또한 노멀 모드 노이즈에 대해서는 X-캡을 삽입하여 감쇄효과를 얻도록 한다.

3) 누설전류 검출 및 증폭회로 부

누설전류 검출 부는 증폭소자인 Op290GP를 사용하여 ZCT로부터 인가된 누설전류 신호세력을 AD변환하며, 증폭회로부는 LM2903과 LM2904 증폭소자를 이용해 반전과 비반전 증폭회로를 구성한다.

4) 프로세서 부

프로세서는 주 프로세서(ATMega2560)칩을 이용해 누설전류 검출 및 증폭회로 부에서 입력을 받아 LED 및 LCD 표시모듈로 신호를 전송하며, 시리얼 통신 회로 부를 통해 컴퓨터로 전송하는 기능을 하고 검출된 누설전류 데이터를 저장하기 위한 백업용 메모리 칩과 현재 시간이 얼마인지를 표시하는 칩에 대한 설계를 하였다.

5) 전자파 장애를 고려한 표시부

전자파에 대한 전도 내성시험을 통하여 기존의 LCD모듈인 LC1621을 HY-1602A로 교체하며, 표시부는 LED표시부와 LCD표시부로 되어있다. LED는 프로세서에서 제어된 누설전류 5~25[mA]신호를 단계별로 표시하며, 25[mA]이상이 되면 전체가 깜빡이며 경고 표시를 한다. LCD 모듈은 현재 누설전류가 얼마나 나오고 있는지 수치를 나타낸다.

6) 유무선 통신 부

실시간 감시시스템과의 통신 및 원격 검출을 위한 유무선 이더넷 및 전력선 통신(PLC : Power Line Communication) 부를 설계하였으며, 시리얼 통신부는 프로세서로 제어된 신호를 컴퓨터로 전송하는 기능을 한다.

7) 전자파 장애를 고려한 PCB의 그라운드 층 확보

기존의 누설전류 검출 단말기에서는 PCB 기반 전체를 그라운드를 차폐처리를 하였으나 전자파 시험시 그라운드에서 노이즈가 발생하여 외부 접지 그라운드와 내부 회로 그라운드를 분리 하였다. 또한 외부 접지 그라운드를 동(Copper)을 사용하여 내부 그라운드와 분리하고, 아날로그 회로의 그라운드와 디지털 회로의 그라운드를 0[Ω]저항을 이용해 분리하여 상호연관성이 없도록 하였다. 또한, PCB의 그라운드 층 확보를 위해서 회로부 다음 층을 그라운드 면으로 할당하여 한 층 전체를 넓은 그라운드 층으로 사용하였다. 이를 통해 분리되는 구조가 형성되어 노이즈의 방사를 최소화 할 수 있으며 루프 형성을 최소화 할 수 있도록 하였다.

이러한 전자파 장애를 고려한 원칩형 누설전류 원격 검출 단말기의 회로도 는 그림 8이고, PCB Layout는 그림 9와 같으며, 그림 10은 배전반의 차단기에 적용하여 시험하는 그림을 나타낸다.

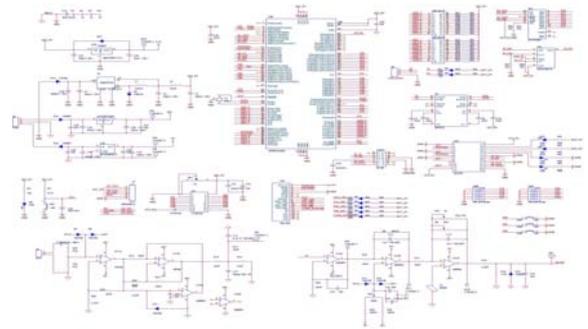


그림 8 전자파 장애를 고려한 원칩형 누설전류 원격 검출 단말기의 회로도

Fig. 8 Schematic configuration of leakage current sensing module of system on chip type in consideration of EMI

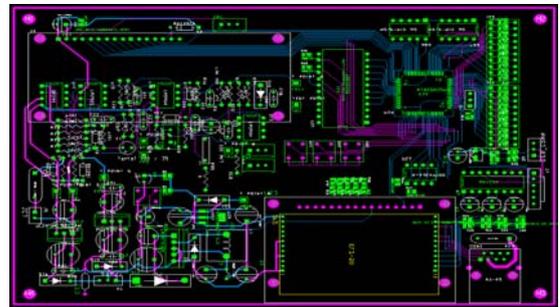


그림 9 전자파 장애를 고려한 원칩형 누설전류 원격 검출 단말기의 PCB layout

Fig. 9 PCB layout of leakage current sensing module of system on chip type in consideration of EMI



그림 10 전자파 장애를 고려한 원칩형 누설전류 원격 검출 단말기의 적용도

Fig. 10 The experiment configuration of leakage current sensing module of system on chip type in consideration of EMI

2.3 개발된 원칩형 검출단말기를 적용한 실시간 감시시스템

본 논문에서는 개발된 원칩형 누설전류 원격 검출단말기를 적용하여 실시간 감시시스템을 구축하기 위하여 단위모듈별 개발을 바탕으로 시험을 통하여 문제점을 도출한 후 이를 보완한 실시간 통합 감시시스템을 개발하고자 한다. 이를 위해 단위 모듈별로 데이터베이스 관리 시스템을 구축하여 사용자가 데이터베이스를 생성하고 관리할 수 있는 기능을 제공 하고 시스템의 설정조건, 누설전류 데이터의 저장

및 사고 이력 관리를 통한 누설전류 데이터 백터시스템을 구축하며, 관계형 데이터베이스를 이용한 객체 지향 모델링과 데이터 관리 기능을 갖도록 확장했으며 중복성을 최소화하여 데이터를 간소화하였다. 데이터베이스의 장애 시 미리 백업을 받아둔 데이터화일과 취득데이터를 모두 복구가 가능하며 확장성이 좋아 데이터교환이 가능하며, 전송 전에 송신측과 수신측 사이에 미리 경로 설정을 하는 모드의 초기 설정이 필요 없으며 데이터요청이 있을 때 연결하는 비연결성으로 데이터 전송효율이 높은 특징이 있다. 또한, 1차와 2차를 통한 필드테스트 후 현장 적용 시 도출되었던 무선통신을 사용할 수 없는 곳에서 전력선을 이용하는 전력선 통신으로 변환하는 기능의 추가 필요성, 장비 이력관리 및 작업자 확인을 위한 데이터 저장기능의 필요성 및 장비 사용 후 문제점 발생 시 보고서 지원 기능의 필요성이 있어 이를 보완하였으며, 각 기능에 대한 예는 다음과 같다[13, 15].

1) 클라이언트 실시간 데이터 감시 및 그래프 기능

그림 11은 클라이언트(client) 실시간 데이터의 화면이며 실시간 누설전류 체크, 누설전류 자동 종합지수 체크, 누설전류량 그래픽 표시기능, 안전지수와 위험지수의 자동 체크, 오류 데이터 자동 복구기능 및 외장 USB 형태의 백업기능이 지원된다. 그림 12는 클라이언트 실시간 그래프 GUI(Graphic User Interface)화면이며, 서버 데이터의 실시간 분석그래프, 제어 바를 이용한 그래프 제어, 자동 확대와 축소 및 축 설정과 커서 보기의 기능, 그래프 데이터의 텍스트 파일 저장기능, 그래프 이미지 비트맵 저장기능 및 데이터의 클립보드 저장 기능이 있다.

2) 서버의 실시간 데이터 분석 기능

그림 13은 서버에서의 그래프 GUI화면이며, DB에 누적되어 있는 누설 전류 데이터의 분석그래프와 누설전류의 체크기능, 제어 바를 이용한 그래프 컨트롤기능, 자동 확대와 축소가 가능하고 축의 설정과 커서 보기가 가능하며, 그래프 데이터의 텍스트 파일 저장기능과 그래프 이미지 비트맵 저장기능 및 데이터의 클립보드 저장기능이 있다.

3) 서버 데이터베이스 관리와 메시지 전송

그림 14는 경보발생시의 메일과 SMS발송의 화면이며 그림 15는 SMS긴급 문자서비스의 화면을 나타낸다. 또한 클라이언트와 서버의 환경설정 기능이 있으며 전력선 통신 및 무선통신 설정기능, 윈도우 시작 시 자동실행기능, 프로그램 시작시 서버에 자동접속기능, 긴급 SMS 자동문자서비스 설정 및 긴급 메일 자동전송 서비스의 기능이 있다.



그림 11 클라이언트 Real Data
Fig. 11 The screen for real data of client

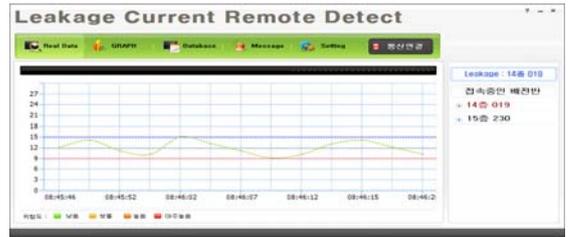


그림 12 클라이언트 그래프
Fig. 12 The graph screen for client



그림 13 서버 그래프 분석 모드
Fig. 13 The analysis mode for server graph



그림 14 경보발생화면 Mail과 SMS 발송
Fig. 14 The mail and SMS sending screen for alarm

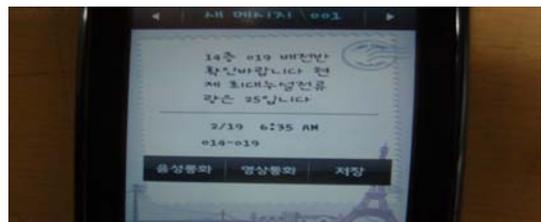


그림 15 SMS 긴급 문자 서비스
Fig. 15 The SMS screen for urgent character service

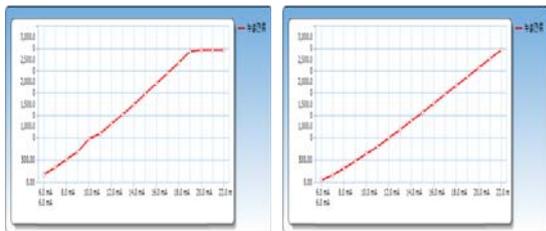
3. 원칩형 누설전류 원격 검출단말기의 성능평가

3.1 원칩형 검출단말기의 증폭회로 출력신호

본 논문에서 개발된 원칩형 누설전류 원격 검출단말기의 성능을 평가하기 위해 먼저 증폭회로의 출력신호에 대해 검증한다. 기존의 누전차단기의 경우는 ZCT의 출력 전류 값이 5~12[mV]의 AC 전압 값이며, 누전차단기 안에 있는 누설전류 검출칩을 이용하여 프로세서로 검출하려고 하면, 칩이 일정 값 약 13.5[mV] 이상이 되면 사이리스터를 스위칭시키는 역할만 하여 프로세서로 제어할 수 없는 결점이 있어 ZCT의 출력에 대한 AC전압값의 변화를 AD변환기에 의해 DC 전압으로 정류하고, 가변저항에 의해 영점을 조정하

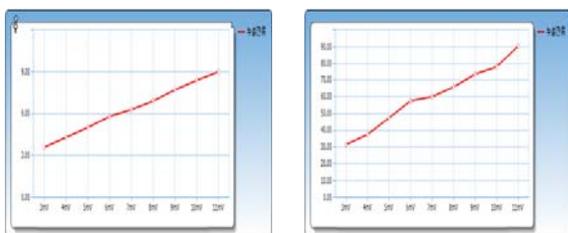
며 비반전 증폭회로를 이용하여 차단기 앞단의 가변저항 값의 변화에 따른 출력값의 안정성을 위해 레귤레이터와 OP2990칩을 이용하여 설계하였다.

그림 16은 증폭회로의 출력측의 증폭비를 바꾸어 테스트한 결과이며, ZCT의 단계별 누설전류에 대한 증폭회로의 출력값을 그래프로 표시한 것이다. 그림 16의 (a)는 증폭회로의 출력단에 있는 저항값을 고정저항 68[KΩ]와 가변저항 50[KΩ]인 경우이고, 입력전압이 5.0[mV]와 10.0[mV]의 경우 증폭전압은 각각 -45[mV]와 645[mV]였다. 그림 16의 (b)는 고정저항 100[KΩ]와 가변저항 10[KΩ]의 경우이며 입력전압이 5.0[mV]와 10.0[mV]의 경우 증폭전압은 각각 67[mV]와 980[mV]였다. 그러나 전자파 장애 검토결과 부적합하여 저항 값의 수정, 디지털 전원회로부와 아날로그 전원회로부의 분리, 입력값이 아날로그 값인 경우는 증폭도가 높아 이를 디지털 값으로 수정, 접지 그라운드와 보완과 PCB보드의 소자에 대한 재배치 및 LCD 표시기능의 보완 후 개발된 원칩형 검출단말기의 증폭회로 출력신호는 그림 17과 같으며 그림 17의 (a)는 입력전압이 각각 3[mV]와 10[mV]인 경우에 증폭전압은 각각 3.6[mV]와 8.4[mV]를 나타내었다. 그림 17의 (b)는 증폭비가 10인 경우이며 입력전압이 각각 3[mV]와 10[mV]인 경우에 증폭전압은 각각 34.1[mV]와 78.4[mV]였으며 LCD 표시화면에 표시되는 누설전류의 값은 각각 1[mA]와 20[mA]로 그 정확성이 월등히 개선되었음을 확인 할 수 있었다.



(a) 고정저항 68[KΩ]와 가변저항50[KΩ] (b) 고정저항 100[KΩ]와 가변저항 10[KΩ]

그림 16 원칩형 누설전류 검출단말기의 증폭회로 출력신호
Fig. 16 The output signal of amplification circuit in leakage current sensing module of system on chip type for fixed and variable resistance



(a) 증폭비가 1인 경우 (b) 증폭비가 10인 경우

그림 17 개선된 원칩형 누설전류 검출단말기의 증폭회로 출력신호
Fig. 17 The output signal of amplification circuit in improved leakage current sensing module of system on chip type(amplification ratio 1 and 10)

3.2 원칩형 검출단말기의 전자파 장애에 대한 평가

개발된 원칩형 누설전류 원칩검출단말기는 강전설비의 배전반과 분전반의 누설전류 등을 검출하여야하므로 안정성과 신뢰성이 중요하며 개발된 원칩형 검출단말기는 프로세스 등 약전소자로 구성되어 있으므로 전자파에 대한 영향을 고려한 성능평가가 중요하다. 일반적으로 전자파 적합 시험은 전도시험과 방사시험, 정전기방전 내성시험, 전자파방사 내성시험, 서지 내성시험, 전원주파수 자계 내성시험 및 전압강하와 순시정전 내성시험 등이 있으며 이에 대한 시험을 실시하고 만족스러운 결과를 얻었으나 본 논문에서는 그중에서도 중요한 전도시험과 방사시험에 대한 성능평가의 결과를 제시하고자 한다.

1) 전자파 전도시험

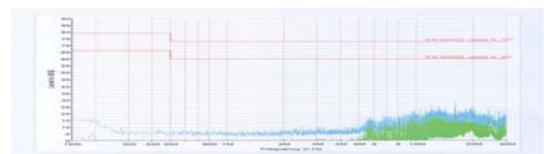
전도시험은 전도전압 내성시험과 전도전류 내성시험으로 수행 되었으며, 전자파 전도기준은 주파수범위가 0.5[MHz]에서30[MHz]의 경우 허용기준은 준-침투치가 73[dBμV]이고 평균치가 60[dBμV]이다. 그림 18은 전자파 전도시험을 보여주며, 전도시험은 전자파 차폐실에서 실시하였고 환경조건은 온도가25.0[°C]이고 습도가 34.0[%R.H.]이며 전계강도측정기(ESC S30)와 ISN(ESH2-Z5)를 사용하여 전자파 장애시험방법(전파연구소 공고 제2008-11호)에 적합하게 측정하였다.

그림 19는 측정결과와의 그래프이며, x축은 주파수[MHz]이고 y축은[dB]값이다. 그림 19의 (a)는 중성선(neutral line)에 대한 결과이며, 주파수 6.0[MHz]에서 준침투치가 14.7[[dBμV]이고 평균치가10.4 [dBμV]이며, 주파수 20.0[MHz]에서 준

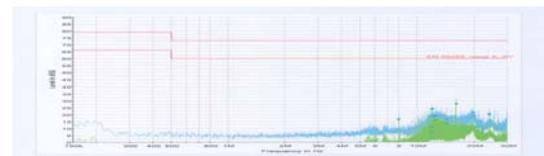


그림 18 전자파 전도시험도

Fig. 18 The experiment configuration of EMI conduction



(a) 중성선



(b) Live line

그림 19 전자파 전도 측정 그래프

Fig. 19 The measurement graph of EMI conduction for Neutral and Live line

첨두치가 21.3[dB μ V]이고 평균치가 20.1[dB μ V]으로 각각 준첨두치의 제한값인 73.0[dB μ V]과 평균값의 제한값인 60.0[dB μ V]을 충분히 만족함을 알 수 있다. 또한 그림 19의 (b)는 Live line에 대한 결과이며, 주파수 8.0[MHz]에서 준첨두치가 16.6[dB μ V]이고 평균치가 16.4[dB μ V]이며, 주파수 15.0[MHz]에서 준첨두치가 27.9[dB μ V]이고 평균치가 27.6 [dB μ V]으로 각각 준첨두치의 제한값인 73.0[dB μ V]과 평균값의 제한값인 60.0[dB μ V]을 충분히 만족함을 확인 할 수 있다.

2) 전자파 방사시험

전자파 방사시험은 휴대용 무선전화기, 방송국 및 무선기기 등 의도적으로 발생한 방사전자계에 노출된 기기의 내성을 평가하기 위한 시험이다. 전자파 방사기준은 10[m]거리에서 측정하여 주파수범위가 20[MHz]에서 230[MHz]인 경우는 허용기준이 40[dB μ V]이며, 230[MHz]에서 1,000[MHz]인 경우는 허용기준이 47[dB μ V]이다.

그림 20은 전자파 방사시험을 보여주며, 방사시험은10[m] 야외시험장에서 실시하였으며 환경조건은 온도가 12.0[°C]이고 습도가 34.0[%R.H.]이며 전자파 장애 검사장비(ESI)와 ANT(HK116, 223)을 사용하여 주파수범위가 30[MHz]에서 300[MHz] 및 300[MHz]에서 1,000[MHz]에 대해서 각각 전자파 장애시험방법(전파연구소 공고 제2008-11호)에 적합하게 측정하였다. 또한, 잡음 전계강도는 최종측정치와 계기의 지시치 및 안테나 보정계수와 케이블 손실을 고려하고 보정요인이 자동 보정되는 경우에는 그때 측정치를 그대로 적용하였다.

그림 21은 전자파 방사시험의 측정결과를 나타낸다. x축은 주파수[MHz]이고 y축은 [dB μ V/m]값이며 V는 수직을 H는 수평을 각각 나타낸다. 주파수 60[MHz]에서 수직결과는 7.9[dB μ V/m]이고 주파수 300[MHz]에서 수평결과는 32.5dB μ V/m]이며, 주파수 732[MHz]에서 수직결과는 29.9[dB μ V/m]로서 제한치를 충분히 만족함을 알 수 있다.



그림 20 전자파 방사시험도
Fig. 20 The experiment configuration of EMI radiation

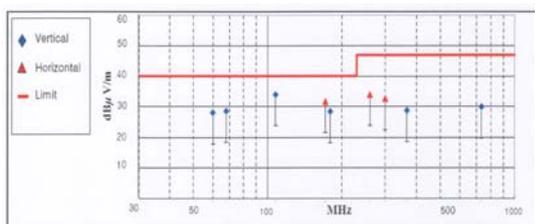


그림 21 전자파 방사 측정 그래프
Fig. 21 Measurement graph of EMI radiation

4. 결 론

본 논문에서는 전기설비의 배전반 전력간선을 대상으로 기존의 단위 모듈별 누설전류 검출부와 전원부 그리고 인터페이스부와 통신부 및 AD변환회로부와 증폭회로부 등을 통합한 원칩형의 전자파 장애를 고려한 누설전류 원격 검출 단말기를 개발하였으며 개발된 원칩형 검출단말기를 적용하여 배선라인의 누설 전류 검출 상태 정보의 실시간 원격감시가 가능한 실시간 감시시스템을 개발하였다. 또한 개발된 원칩형 누설전류 원격 검출단말기는 전자파 적합 기준에 준하여 설계 및 제작하였으며, 전자파 적합도 시험에서 중요한 전도시험과 방사시험에 대한 결과를 제시하였다. 전도시험은 전자파 차폐실에서 실시하였으며, 방사시험은 10[m] 야외시험장에서 실시하여 평가하였다. 전자파 적합도의 평가결과 산업용 전자파 전도기준과 방사기준에 충분히 적합한 것을 알 수 있었다.

유무선 통신기기의 급속한 발전과 강전과 약전설비가 혼재하는 전기설비의 환경 및 정밀기구나 안전과 특수한 목적의 산업현장에서는 인명과 밀접한 관계가 있기 때문에 전자파 장애에 대한 고려가 매우 중요하다고 하겠다. 또한, 전자파와 노이즈에 대한 대책은 전력산업의 스마트 그리드시대에 있어서 첨단전기설비에 대한 신뢰성과 안정성의 관점에서도 중요하므로, 향후 개발된 원칩형 누설전류 원격 검출 단말기를 적용한 실시간 감시시스템이 열악한 환경조건하에서도 전자파 적합도의 평가기준에 부합하도록 지속적인 연구와 보완이 필요하며 개발된 시스템의 적용을 통하여 전기의 누전이나 시스템에 흐르는 과전류로부터 인명이나 화재 및 사고의 발생률을 최소화할 수 있을 뿐만 아니라 전력의 신뢰도와 안정성을 향상시켜 에너지절감의 효과가 있으리라 사료되며, 원자력과 수력 및 화력발전, 대체에너지 발전설비의 송배전 간선회로, 산업설비의 수배전 간선회로 및 첨단건축시설물 등으로 확대 적용이 가능하도록 지속적인 연구와 개발이 필요하리라 사료된다.

감사의 글

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

참 고 문 헌

[1] 손태규, “에너지절약형 BEMS(Building Energy Management System)패키지 기술개발에 관한 연구”, 지식경제부
 [2] 이용관, “IT를 활용한 지능형 전력시스템 추진방향”, FKII Digital 365, pp.48-53, 2008
 [3] 이각범, 박찬국, 용태석, “EU와 한국의 IT를 통한 에너지효율화 정책 비교 연구”, 정보화정책 제15권, 제3호, pp.21-41, 2008
 [4] 김선진 외 3인, “USN 기반 AMI 서비스 및 기술동향 : 전력산업과 USN산업의 융합기술”, 전자통신동향분석 제23권 제5호, pp. 67~78, 2008

- [5] 정용채, “전력품질과 관련된 EMI 규제내용과 대책방법”, 전력전자학회지, Vol. 10, No. 6, pp. 38-41, 2005
- [6] 전정채, “전자식 배선용 차단기의 EMC규격 기술해설”, 조명·전기설비학회지, Vol. 21, No. 3, pp.42-48, 2007
- [7] Tuite, D., “Conforming With Worldwide Safety And EMC/EMI Standards”, Electronic design, Vol. 57, No. 2, pp.39-42, 2009
- [8] 반기중, 윤광호, 임승하, 원영진, “저전압에서의 누설전류 검출 알고리즘 설계”, 전자공학회 논문지, Vol. 41TE, No. 4, pp. 163-167, 2004
- [9] 김영석, 송길목, 김선구, “저전압 전기설비의 온라인 감시시스템 구축을 위한 국내외 실태조사”, 조명전기설비학회 논문지, Vol. 21, No. 5, pp. 75-81, 2007
- [10] Walter F.Hart, P.E., “A Five-part Resistor-Capacitor Network for measurement of Voltage and Current Levels Related to Electric Shock and Burns”, pp.183-190, Electrical Shock Safety Criteria, 1985
- [11] 박선호, “전자회로의 노이즈 대책기술”, 국제테크노경보연구소, 2008
- [12] 박성원, 박지호, 김동완, “무선통신을 이용한 누설전류 원격 감시시스템의 개발”, Trans. KIEE. Vol. 57P, No. 4, pp. 349-355, 2008
- [13] 김동완, 박지호, 김종달, 김상동, 박성원 “배전반 간선 회로 누설전류 무선 원격감시시스템 개발에 관한 연구”, 대한전기학회 부산지회 춘계학술대회 논문집, pp. 31-33, 2008
- [14] 김동완, 박지호, 박성원, 박재현, 이병훈, 김재길, 류경천, “배전용 간선 회로 누설전류 무선 원격 감시 시스템 개발”, 지식경제부, 2009
- [15] 김동완, (주)보강하이텍, “통합통신모듈”, 실용신안등록 제20-0411077호, 2006
- [16] 김동완, 박지호, “Smart Tag를 이용한 컨테이너의 GPS 위치 추적시스템 개발”, Trans. KIEE. Vol. 55P, No. 4, pp. 176-182, 2006
- [17] 김태홍, 이현진, 임영석, “고속 디지털 회로 PCB상의 EMI 해석”, 전자공학회 논문지, Vol. 42TC, No. 12, pp. 159-164, 2005
- [18] 박학병, 박종성, 이승한, 강석환, “EMC Design Rule을 이용한 통신 System의 EMC Design”, 한국전자과학기술 논문지, Vol. 12, No. 1, pp. 77-83, 2001
- [19] 한국과학기술정보연구원, “전력설비분야에서의 새로운 센싱기술”, KISTI, 심층정보분석보고서, 2003

저 자 소 개



김 동 완 (金 焯 完)

1960년 2월 1일생. 1984년 동아대학교 전기공학과 졸업. 1987년 부산대학교 전기공학과(석사). 1995년 부산대학교 전기공학과(공학박). 전기기술사(건축전기), 조명디자이너, 부산광역시 건설위원, 1997년~현재 동명대학교 전기전자공학과 교수.

Tel : 051-629-1314

E-mail : dongwan@tu.ac.kr



박 지 호 (朴 志 浩)

1971년 4월 23일생. 1997년 동아대 전기공학과 졸업. 1999년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002년 8월 동대학원 전기공학과 졸업(공학박). 현재 동명대 메카트로닉스공학과 교수.

Tel : 051-629-1539

E-mail : parkjh@tu.ac.kr



박 성 원 (朴 成 元)

1973년 12월 1일생. 2000년 동아대 전기공학과 졸업. 2002년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 (주)보강하이텍 대표이사

Tel : 051-803-3652