

임베디드 시스템을 이용한 빌딩 누전감시 시스템

신승우, 유종일, 장경배, 심일주, 박귀태
고려대학교 전기공학과

A Leakage Current Supervising Control and Data Acquisition in the Building based on Embedded System

Seung-Woo Shin, Jong-Il Yu, Kyung-Bae Chang, Il-Joo Shim, Gwi-Tae Park
Electric engineering, Korea University

Abstract - As the usage of electron electricity is rapidly increasing, corresponding accidents also take place proportionately. Although various losses occur very often because of senility of system and maintenance, only a earth leakage current breaker by a leakage current alert is used. That means it is always fraught with dander. This paper, we propose to measure and cut a leakage current and method of taking a measurement current short circuit. Besides, through keeping watch communication with server, prevent electric loss and mishap in advance.

1. 서 론

최근까지 산업현장 및 건물에서의 전기 사용량은 급속히 증가하고 있다. 이와 비례적으로 전기안전사고로 인한 피해가 증가하고 있으며 이러한 피해를 예방하기 위해 누전차단기를 배전반 및 변전실등에 설치하고 있으며 선로의 파손이나 누전발생시 공급선로를 차단시켜 피해를 최소화시키고 있으나 산업안전관리공사에서 발표한 자료에서 보면 2003년도에 전기화재로만 73명이 사망하였고 이는 증가 추세에 있다[1].

이와 같은 기존의 누전차단장비들은 선로가 단락되거나 파손되어 누전이 발생하였을 경우 차단기에 설정되어있는 수치 이상의 누전에서만 동작하고, 경보 또는 차단시켜 감전 및 화재등을 예방하는 구조로 설계되어있다.

이러한 단순 경보 및 차단기능은 심각한 결점을 가지고 있는데 예를 들어 건물에 누설전류차단기가 1[A]에서 차단되도록 설치되어 있고 현재 누전차단기가 설치되어 있는 선로에 0.9[A]의 누전이 발생하였다면, 이 경우 누전차단기는 동작하지 않으며 관리자는 현재 상태를 누전이 발생하지 않는 정상상태로 오인할수있다.

그러나 누전차단기의 설정누전치는 넘지 않았으나 선로나 변전 장비에 문제가 생겨 누전이 발생하고 있는상태이며 전기안전사고에 노출되어 있는것이다. 또한 누전 차단기의 오동작 및 파손[2]상태 여부를 실시간 확인이 불가능 함에 따른 신속한 대처 또한 문제점으로 제시되고 있으며 모든 측정장비 또는 컴퓨터 장비들이 인터넷망으로 묶여 유비쿼터스환경으로 발전하는 현실점에서 빌딩이나 현장의 상황을 원방감시할수있다면 안전사고를 미연에 방지할 수 있다.

이와같은 문제점을 해결하기 위한 방법으로 기존의 연구에서는 중간노드에서 측정된 누설전류를 통신으로 서버에 전송하여 데이터를 수집하는 연구가 다방면에서 진행 된바 있고 현재도 많은 연구가 진행되고 있다[2]. 그러나 기존의 연구는 하나의 측정점에 하나의 누전 장비를 설치하여 이를 조합하고 있으며 근접한 영역에 많은 관제점을 두어야 한다면 여러대의 누전측정장비를 설치해야 한다. 이러한 구조는 설치의 어려움 뿐만 아니라 단가상승요인으로 작용하며 누전장비의 대중화에 걸림돌의 요인중에

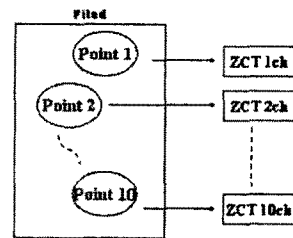
하나이다. 이러한 구조를 개선하여 작고 강력한 성능의 마이컴을 사용하여 여러 관제점을 동시에 처리할수있는 구조를 임베디드 시스템으로 구현하는 기술을 제안하고 임베디드 시스템에서 측정된 데이터를 서버와의 연동으로 원방 감시 및 제어를 통한 누전에 의한 피해를 최소화하기 위한 방법을 제안하고자한다.

2. 본 론

본 논문에서는 위에서 언급하였던 문제를 해결하기 위하여 제안한 기법을 다음과 같은 방법으로 기술하고자한다.

A. 임베디드 시스템기반의 여러 채널의 누설전류 실시간 검출.

기존에 사용하고 있는 저렴한 누전차단기를 대체하기 위해서는 전기를 사용하는 산업현장과 빌딩 어느곳이든 설치가 용이하고 저가격과 작은 설치면적등이 고려되어야 한다. 이러한 면을 고려하여 본논문에서는 중간노드를 고성능의 마이컴을 이용한 임베디드 시스템을 구현하고 10 채널의 영상변류기로부터 시분할방식으로 누설전류를 측정하도록 구현하고자한다. 이를 통해 인접한 관제점은 하나의 중간노드를 사용하여 설치 및 관리를 용이 하게 할수 있으며 또한 기존 장비보다 높은 정확도를 위해 12비트 ADC내장형의 저가격 고성능의 마이컴을 사용하였으므로 기존에 선행되었던 연구보다 정밀한 감시 및 제어방법을 제안하고자 한다.

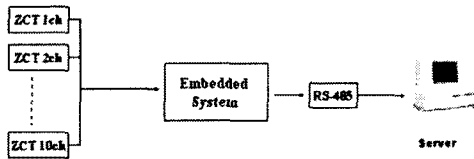


<Fig. 1> 현장의 여러 관제점

<Fig. 1>은 위에서 설명하고 있는 이론을 그림으로 도식화하고 있다. 현장의 누설전류 값은 실시간으로 영상변류기(ZCT)를 통해 2차측에서 유도되는 전압을 임베디드 시스템에서 측정하여 누전류를 표시하고 경보 및 차단등의 동작을 수행한다. 또한 하나의 임베디드 시스템장비로 여러 관제점을 동시에 측정 및 감시 할수있게 구성함으로써 감시하고자하는 영역의 관제점을 세분화하여 문제가 되는 선로부분을 찾아낼수 있도록 한다.

B. 원방 감시 및 제어 시스템 (Supervising Control and Reote Monitoring System)

기존의 누전차단기나 측정장비들은 건물의 변전실이나 사람의 접근이 용이하지 않은현장에 설치된다. 이는 감독자가 모든 관제점을 현장에서 관리해야하는 문제점이 발생한다. 이러한 기존의 문제점을 보완하기 위해 본논문에서는 현장 감시뿐 아니라 RS-485 통신을 구현하고 서버와의 연동 서비스를 가능하게 하여 원방에서의 감시 및 제어를 통해 서버단에서 현재의 누전량과 선로의 상태등을 감시하여 측정선로의 이상 발생시 유지보수하여 전기 안전 사고를 미연에 예방할 수 방안을 제안하고자한다. 특히 본 장비의 상태감시 및 조정을 담당하는 서버의 프로그램은 제어 계측전문 툴인 LapView로 작성하여 현장에 설치되는 구조와 방법에 따라 서버측의 응용 프로그램이 바뀌어야 하는 문제점을 해결하고자한다.



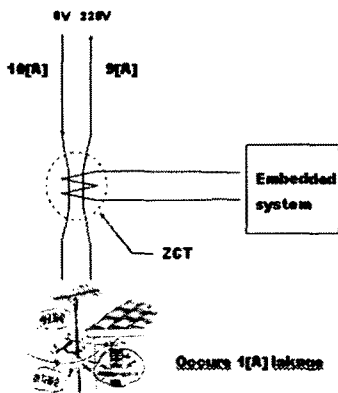
<Fig. 2> 시스템 구성도

<Fig. 2>는 본 논문에서 제안하고 있는시스템의 전체 구성도를 나타내고 있다.

임베디드 시스템내의 마이컴에 내장되는 프로그램은 C 언어를 사용하여 작성하였고 구성도에서 보듯이 임베디드 시스템의 설계로 인한 전체적 구성이 간단해지고 소형화 할수 있다. 또한 누전경보및 차단시 지능적이고 신속하게 실행되도록 구현되었다. 현장에서의 누설전류값을 양자화하여 데이터를 처리하여 경보, 차단 동작을 수행하고 표시함으로써 보다 안정적인 누전 차단 시스템을 구현하고자한다.

2.1 누설 전류의 측정원리

누전 차단기를 구현하는 방식으로는 전류구동형과 전압구동형의 두가지 방법이 있으며 본논문에서는 가장 일반적으로 쓰이고 있는 전류 구동형 방식으로 구현 하고자한다. <Fig. 3>에서 보는바와 같이 누전이 발생하지 않는다면 각선로에 흐르는 전류의 벡터값은 0이되고 영상변류기(ZCT)의 2차측에 유도되는 전류도 0이 되어 누전값은 0이 된다.



<Fig. 3> 누설전류 측정

$$I_{0V} + I_{220V} = 0 \quad (1)$$

그러나 선로의 절연파괴나 부하기기등의 파손등으로 누전이 발생할 경우 누전이 발생하고 각선로에 흐르는 전류의 합은 아래의 (2)식과 같이 된다.

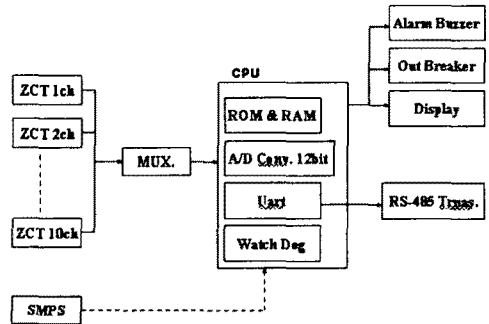
$$I_{0V} + I_{220V} = I_g \quad (2)$$

또한 영상변류기의 2차측에는 I_g 와 비례하는 전압이 유도되어 이값을 임베디드 시스템에서 측정하여 감시및 제어동작을 수행하게 된다.

<Fig. 3>은 현장에서의 누전발생 상황과 임베디드 시스템을 이용하여 측정하는 구조를 나타내어 주고 있다.

2.2 임베디드 시스템 디자인

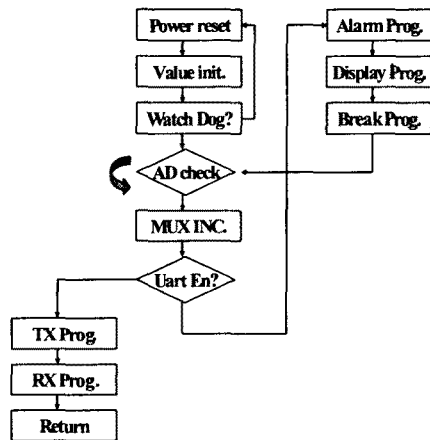
기존의 누전차단기관련 연구들을 보면 누전차단기의 특성, 성능및 누전차단기의 사용에 따른 인체보호등에 대한 연구가 주를 이루고 있으며[3] 최근에와서 임베디드 시스템을 이용한 전자 장비의 도입으로 서버에서 감시하는 방법론이 제안되고 연구되고 있다.[4]



<Fig. 4> 임베디드 시스템 내부 구성도

그러나 기존의 연구는 하나의 누전장비로 하나의 관제점만을 감시및 제어하는 구조로서 인접한 곳의 다수의 관제점을 감시및 제어하기 위해서는 많은 수의 장비를 설치하여야했으며 설치의 문제점및 원가상승요인이 되고있다.

본논문에서는 이러한 기존의 문제점을 해결하기 위해 새로운 구조의 임베디드 시스템을 제안하고 이를 이용한 서버와의 연동 시나리오를 제안하고자한다.



<Fig. 5> 임베디드 시스템 프로그램 흐름도

<Fig. 4>은 본논문에서 제안하고 있는 임베디드 시스템의 내부 구성도를 나타내고 있다.

저가격, 고성능의 마이컴을 사용하고 다수의 영상변류

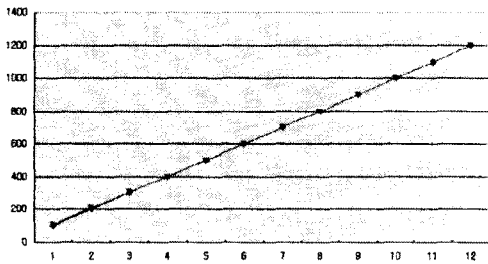
기(ZCT)로부터 입력을 받기위해 멀티플렉서를 사용하여 시분할구조로 영상변류기로부터의 누설전류를 측정하여 마이컴에서 양자화한다. 이때 마이컴 내부의 AD 컨버터는 12비트용이 내장되어 있어 현재 누전물의 상태를 성밀하게 감시할수있도록 구성하였다.

이와 같이 구성함으로써 다수의 관제점을 감시및 제어를 할수 있을 뿐만 아니라 빌딩내에서 인접한 곳의 여러 관제점을 통합하기에 용이한 구성을 제안한다.

<Fig. 5>는 임베디드 시스템 내부의 영상변류기의 2차측에서 유도되는 전압을 멀티플렉서를 통해 시분할방식으로 AD 컨버터를 통해 양자화를 통해 측정하고 이값을 바탕으로 경보및 차단동작을 수행하는 과정을 보여주고 있다. 또한 RS-485통신을 통한 송수신 처리는 마이컴에 내장된 UART를 통해 처리하는구조를 나타내고있다.

2.3 임베디드 시스템 특성 테스트

기존의 연구는 기준값이상의 누전이 감지되었을 경우 경보및 차단동작을 수행하는 연구가 진행되었다. 본 논문에서는 보다 정확한 감시및 제어를 위하여 높은 분해능 성능 특성을 보이는 AD 컨버터를 내장한 마이컴을 사용하여 영상변류기로부터 유도되는 누설전류를 측정한다. <Fig. 6>은 영상변류기의 입력대비 임베디드 시스템에서 측정된 값의 비율을 도표로 나타내고 있다.



<Fig. 6> 임베디드 시스템 전류측정 성능분석도

위 도표는 일부구간만의 특성표이며 전기간에 걸쳐 5mA[A]이하의 오차를 확인할수 있었다. 이는 1[A]의 누설전류를 측정시 0.5%의 오차로서 현재 누전이 발생하는 현장의 누전상황을 정확한 수치로 측정하여 알람및 경보동작을 수행하도록 하며 서버측에서의 검출하여 감시및 제어를 보다 정확히 구현할수있도록 하였다. 따라서 이러한 데이터를 기반으로 현장에 선로의 시간에 따른 누전상황을 상시 감시할수 있으며 누전을 악화시 해당 선로를 보수하여 누전에의한 화재및 인명피해를 최소화할수 있다.

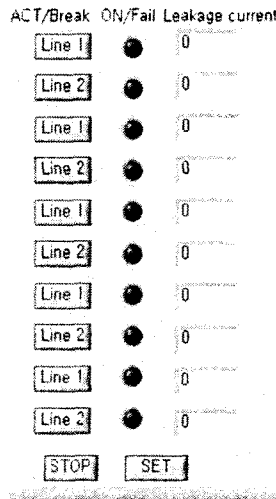
2.5 서버 프로그램 디자인

본문에서는 고성능의 임베디드 시스템을 사용하여 영상변류기의 2차측에 유도되는 누설전류를 기존의 방식에 비해 보다 정확히 측정된 데이터를 RS-485를 통해 서버측으로 실시간 전송하는 기능을 구현 제안하였다. 이에따라 서버 측에서는 임베디드 시스템에서 수신한 데이터를 통해 현재 현장의 선로의 상태및 현재의 누설전류치를 확인할수있으며 자선로의 차단및 경보제어를 통해 누전사고에 대한 대처를 실시간 감시에 의한 빠른 대응으로 누전사고에 대한 피해를 미연에 방지하는 기법을 제안하고 구현하고자한다.

서버측의 통합시스템 구현은 기존연구에서 사용하는 각종 언어틀대신 계측및 측정에 대표적으로 사용되는 Lapview툴을 사용하여 구현하였다. 이를 통해 각 현장의 상황에 맞게 서버측의 통합 시스템의 변경작업시 빠른 대응및 구현이 가능하여 개발시간의 단축의 잇점을 얻을

수 있다.

<Fig. 7>은 본문에서 제안하고 있는 서버측의 통합 시스템의 화면을 보여주고 있다. 총 10 채널의 영상변류기로부터의 누전치를 감시할수 있으며 현재선로의 정상상태및 선로의 누설전류 측정치를 실시간으로 확인할수있으며 현재선로의 차단및 경보제어가 서버측을 통해 원방감시할수있다.

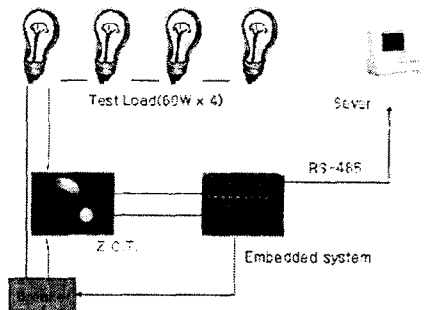


<Fig. 6> 임베디드 시스템 전류측정 성능분석도

이러한 서버와 임베디드시스템과의 통합을 통해 기존의 현장제어만으로 누전차단을 구현하는 방식과 달리 서버를 통해 특정 지역의 누전상태를 서버를 통해 원방에서 감독자가 현장실사없이 실시간 확인이 가능하며 비상시 원방 감시및 제어를 통해 비상시 누전에의한 피해가 발생하기 이전에 미연에 사고를 방지할수있는 기법을 제안하였다.

2.4 가상누전에 의한 모의 실험

본연구에서는 위에서 제안하고 디자인한 임베디드 시스템과 서버와의 연동 시나리오를 모의 실험을 통해 검증하고자한다. 누설전류를 발생시키기위해 60W 백열전구 4개를 사용하여 영상변류기통해 이를 측정하게 구성하였으며 임베디드 시스템과 서버를 RS-485로 연결하여 상호 연동할수 있도록 구성하였다.



<Fig. 8> 누설전류 모의실험 구성도

<Fig. 8>은 본문에서 제시하는 모의실험의 구성도를 나타내고 있다.

부하측의 공급전원은 220V단상 전원을 인가하고 1[A]의 누전측정시 부하 선로를 차단동작을 수행할수있

도록 임베디드 시스템과 서버측의 프로그램을 설정한다. 부하측의 공급전원이 220V이므로 부하를 한 개 동작시킬때마다 약 0.273[A]의 전류가 영상변류기를 통해 흐르게 된다. 이와같이 영상변류기를 통해 유도된 전류는 2차측의 전압으로 유도되어 임베디드시스템에의하여 측정되고 측정데이터는 실시간으로 서버로 전송된다. 현재 부하라인의 누전상태는 실시간 서버에서 확인할수 있으며 현재 누전차단은 1[A]로 설정되어 있기 때문에 부하 4개 모두 동작시 약 1.09[A]의 누설전류발생으로 임베디드 시스템은 차단기를 동작시켜 부하선로를 차단하고 알람을 발생시킨다. 또한 현재의 이벤드 상황을 서버측과의 통신을 통해 서버의 통합시스템에서 이러한 경보 및 차단을 표시하여 원방 감시자가 확인하여 대처할수있도록 연동시킨다.

3. 결 론

본 논문에서는 전기를 사용하는 건물이나 각종시설물에 서 발생하는 누설전류를 측정하여 누전시 단순 차단 기능뿐아니라 지능적으로 환경에 대응 하여 누전률을 표시하고 각종 경보상태를 유저에게 알려 전기로 인한 각종 안전 사고를 미연에 방지하는 방법에 대한 기술을 제안하였다. 또한 이러한 방식의 통신 네트워크로 통합 서버에서 감시 및 제어로 하나의 지역을 통합 운용함으로써 누전에 대비하는 새로운 방안을 제시하였다.

[참 고 문 헌]

- [1]. 한국전기 안전공사 “2003전기재해 통계분석” 2003.
- [2]. S.Shibab, V.Melik, L.Zhou, G.Melik, N.Alame, “On-Line Pollution Leakage Current Monitoring System” IEEE, Pages:538-541, Volume:2 July 1994.
- [3]. Tea-Man Kim, Young-Jun Kwon, Do-Hyung Kee, “An Empirical Study on Malfunction of the Earth Leakage Circuit Breaker” Pyunghwa-Valeo Co., Branch Office of Taegu, Korea Occupational Safety & Health Agency, Department of Industrial & Systems Engineering, Keimyung University. March 2002.
- [4]. Ziyu Zhao, Hengkun Sie, Zongren Peng, “A Newly Developed Leakage Current Monitoring System for the Assessment of Insulator Pollution Severity”, IEEE, Pages:319-322, Sept. 1995.