

다기능 전기안전측정장치의 개발

유재근, 전정채, 이상익
한국전기안전공사 전기안전연구원

Development of Multi Function Electrical Safety Measuring System

Jae-Geun Yoo, Jeong-Chay Jeon, Sang-Ick Lee
Korea Electrical Safety Corporation Electrical Safety Research Institute

Abstract - 전기사업법 제 66조 및 동법 시행규칙 제 35조에 따라 실시하고 있는 일반용 전기설비의 정기점검은 점검의 효율성을 향상시키기 위해 무정전으로 누설전류 및 절연저항 등을 측정할 필요가 있다. 본 논문에서는 누설전류, 절연저항 및 접지저항 측정기능을 갖고 휴대가 편리하며 PDA와 통신이 가능한 다기능 전기안전측정장치를 개발하였다. 개발된 시스템은 가정집, 사무실, 상가 등에서 기존의 계측기와 비교시험을 통해 오차율이 ±5%이하가 되도록 하였다.

1. 서 론

현재 일반용 전기설비에 대해서는 전기사업법 제66조 및 동법 시행규칙 제35조에 근거한 법정 점검주기에 따라 정기점검을 실시하고 있다[1]. 그러나 기존의 전기설비 안전점검은 정전상태에서 메가를 이용하여 전기설비의 절연저항을 측정하는 방식이므로 증가하고 있는 정전불가 수용가 또는 무정전 점검 요청 수용가의 요구에 대응하지 못하고 있다. 따라서 기존의 아날로그 형태의 다기능 계측기를 디지털화 하고 정전불가 수용가에 대해 활선상태에서 배전반 1차측 누설전류를 측정할 수 있는 기능을 가지는 소형·경량화된 다기능 전기안전측정장치를 개발하여 정전불가 수용가에 대해 최소한의 안전확보와 아날로그 계측기의 관독오차의 해소를 통한 전기설비 안전점검의 효율성을 향상시킬 필요가 있다.

다기능 전기안전측정장치 개발과 관련한 국내기술은 선진국과 비교하여 크게 뒤떨어져 있지 않지만, 계측기 관련 연구개발회사가 적고 부품수급의 문제점, 검사장비 및 생산설비 투자의 고비용과 같은 문제로 인해 전기안전측정장치 개발은 크게 활성화되지 못하고 있다. 특히 제한된 시장과 수요로 인해 기업의 투자가 거의 이루어지지 않고 있어 해외기술에 의존하고 있는 실정이다. 전기안전측정장치와 관련하여 계측기 생산업체는 Fluke, Hioki, Yokogawa 등의 전기계측기 생산전문회사가 있지만 우리나라에서와 같이 특정그룹 및 제한된 시장에서만 사용하는 다기능 계측기(절연저항, 접지저항 및 교류전압, 지전압, 검상, 검전 측정기능)의 개발에 있어서는 아직까지 고려되지 않고 있으며, PDA와 연계하여 사용할 수 있는 전기 계측기 형태도 아직 상용화되지 않고 있다[2,3,4].

본 논문에서는 일반용 전기설비의 전기안전점검에 사용하고 있는 기존의 아날로그 계측기인 다기능 계측기를 디지털화하여 측정과 동시에 점검결과를 PDA에 입력할 수 있고, 정전불가 수용가에 대해서는 기존 메가의 절연저항측정 방식을 대신하여 활선상태에서 누설전류 검출 방식을 이용하여 절연저항을 측정할 수 있는 다기능 전기안전측정장치를 Microchip사의 PIC16C74 Microm과 MPLAB™ ICE 2000 Emulator, Ht-Pic 컴파일러 등을 사용하여 개발하였다[5]. 또한 개발된 전기안전측정장치를 가정집, 사무실, 상가 등에서 기존의 계측기와 비교시

험을 실시함으로써 개발장치의 성능을 확인하였다.

2. 본 론

2.1 전기안전측정장치의 기능

다기능 전기안전측정장치는 기존 아날로그 다기능계측기의 절연저항, 접지저항, 교류전압, 지전압 측정 및 검상 등의 모든 기능을 디지털화하는 동시에 활선상태에서 절연저항을 측정할 수 있고, PDA에 데이터를 전송할 수 있는 기능을 가진다. 또한 아날로그 형태의 계측기에 비해 무게를 50%정도 줄여 휴대하기 편리하도록 하였다. 이러한 다기능 전기안전측정장치 설계 및 개발에 있어 아래와 같은 세부적 사항을 고려하였다.

- Display는 디지털 그래픽 LCD 표시장치를 채택함으로써 다양하고 정확한 정보를 제공할 수 있도록 하며 Back Light 기능을 탑재하여 어두운 곳에서도 편리하게 사용할 수 있도록 한다.
- 24bit 고속 AD컨버터를 채용하여 빠른 속도로 측정하고 높은 분해능을 갖도록 개발하여 정밀도를 실현한다.(Quick Response Auto)
- 측정장치의 연산방식을 기본 측정파인 정현파 외에 모든 파형에 관한 측정 계산 능력을 갖도록 하며, 실효율을 표시할 수 있도록 한다.(Root Mean Square Measurement by connecting a Inter nal RMS to DC converter)
- 데이터 저장기능과 데이터 홀드기능을 갖도록 개발하여 측정시 보정 능력을 갖추어 오차를 낮출 수 있도록 하며 측정치의 최대값과 최소값 평균값을 측정할 수 있도록 하여 사용자의 작업능률을 향상시킬 수 있도록 한다.(Data Memory/Data H·L/Relative Display/MIN, MAX Display)
- 장시간 사용하지 않을 때 전지의 사용시간을 극대화할 수 있도록 자동 절전기능을 부가한다.(Auto power OFF Functions)
- 편리한 누름버튼 스위치 방식을 채택하고 각 스위치별 Back Light 기능을 부가한다.(Push switch Mode Selection & Back Lighting Display)
- 2단자에 의한 접지저항 측정법과 3단자 측정법의 측정 모드를 간단하고 편리하게 설정하여 측정할 수 있도록 개발하며 측정 코드의 연결 상태를 LCD 표시 장치에 Display 할 수 있도록 한다.(2 to 3 Terminal Earth Ω Checker)
- 측정레인지를 Auto Range모드와 Manual Range 모드의 양립성 형태로 하여 측정의 확도를 높일 수 있도록 개발한다.
- 측정 데이터를 측정장치 자체에 저장할 수 있도록 개발하며 외부의 PDA와 적외선 통신으로 전송할 수 있도록 한다.
- 안정된 One Chip Cpu를 내장하여 개발하며 데이터를 빠르게 연산처리 할 수 있도록 한다.

○ 점검·검사 업무자의 안전 및 사용상의 편리성을 고려하여 각 기능별 측정 리드선의 커넥션 정보를 모드 전환시 LCD Display부에 자동 표시할 수 있도록 한다.

2.2 다기능 전기안전측정장치의 설계 및 개발

다기능 전기안전측정장치는 기존 다기능계측기의 절연저항측정, 누설전류측정, 접지저항측정, 검상기 등의 기능에 아날로그 기능을 디지털화하는 기능과 활성절연저항 측정기능을 추가하여 설계 및 개발하였으며 그림 1에 다기능 전기안전측정장치의 내부 구성도를 나타내었다.

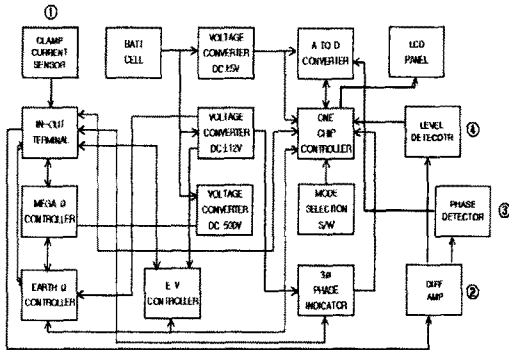


그림 1. 전기안전측정장치 내부 블록도

그림 1에서 ①은 퍼멀로이(Permalloy) 코어를 적용한 Clamp 센서이다. 퍼멀로이 합금은 미약한 자기장 속에서 미소전류를 검출하는 좋은 특성을 가지고 있어 미세한 AC전류를 감지하여 누설전류를 측정하기 위한 센서로 활용된다.

본 연구에서는 누설전류를 검출하기 위해 Clamp 센서를 이용한 저항성 누설전류(Ir) 측정방식을 선택함으로써 무정전 활성상태에서 저압전력에 사용용파수와 다른 주파수 신호를 중첩시켜 접지선에 흐르는 중첩주파수 성분의 전류(Io)를 영상변류기로 측정하여 이 전류 Io중 정전용량에 의한 유효성분전류 Ir만 분리 검출하게 된다. 그리고 이 Ir방식은 콘덴서 성분이나 고조파 성분에 의해 오동작이 발생하는 기존 누전검출방식인 Io방식에 비해 순수한 절연열화에 해당하는 절연저항성분만 검출하므로 오동작이 없고 정전하지 않고 항상 감시하고 있으므로 돌발적인 절연과피 사고도 검출 감시할 수 있다. 그림 1에서 ②는 Clamp 센서에 의해 감지된 미세한 AC 전류를 1,000배(0~2mV:0~2V)증폭하는 Low Noise 차동증폭기이다. 또한 ③은 위상검파기로 Clamp 센서에 의해 검출된 신호에서 순수 R성분의 전류를 측정하도록 Xc 성분을 차감하게 되며 ④는 레벨 검출기로 전압위상과 전류위상의 180° 어긋남을 보정하게 된다.

본 연구에서 개발된 다기능 전기안전측정장치의 원형을 그림 2에 나타내었으며 사양은 표 1과 같다.

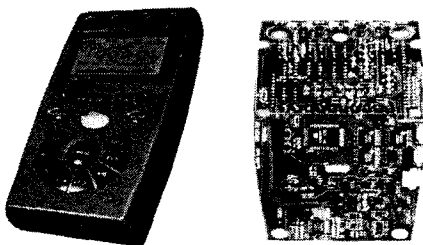


그림 2. 다기능 전기안전측정장치의 원형 및 보드

다기능 전기안전측정장치의 자동교정을 위해 프로시저

관리, 교정용 계측기 설정, 반복측정, 측정결과관리, 자동실행, 제품번호를 생성 및 관리가 가능한 자동교정 시스템(Software)을 그림 3과 같이 개발함으로써 시제품 및 생산품의 정밀교정과 검사에 활용할 수 있도록 하였다.

표 1. 다기능 전기안전측정장치의 기능 및 사양

항목	Specifications & Accuracy
절연저항	DC 500V, 0~999.9MΩ/0~99.99MΩ/0~9.999MΩ, ±2%+2 count
접지저항	0~5kΩ/0~999.9Ω/0~99.99Ω ±2%+2 count, 2단자, 3단자 측정법
전압	0~999.9V(MAX AC 750V / DC 1,000V) 0~99.99V / 0~9.999V AC ±0.5%+3 count, DC ±0.2%+2 count
활선절연저항	0~9.999MΩ ±3%+3 count
누설전류	0~99.99A/0~9.999A/0~999.9mA/99.99mA ±2%+3 count
검전기	70.00~750.0V ±0.5V Buzzer 및 LCD Display
검상기	AC 110.0V~750.0V ±0.5V R.S.T LCD Display
통신	IrDA(무선적외선)통신, 115,200 bps
도통시험	0~9999Ω/40Ω 이하에서 Buzzer 도통을 표시
부가기능	Battery 상태표시/Cable Connection안내표시 년·월·일 날짜, 시간 표시기능 /온도 표시기능 Back Light 기능/MEMORY /RELATIVE/ DATA HOLD/READ/MIN/MAX/ Auto Power OFF 기능, Auto Calibration (Key pad, IrDA Communications)
제원	크기 : 86(W)×175(D)×40(H)mm 이하 무게 : 450g 이하

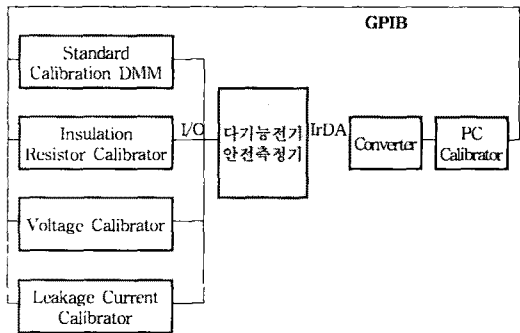
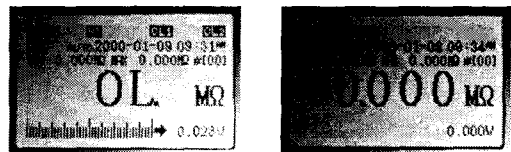
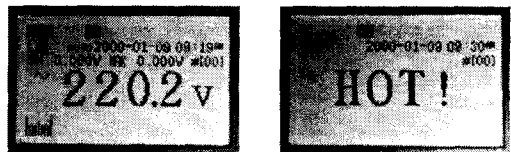


그림 3. 자동교정 시스템 구성도



(a) 활선누설전류 (b) 절연저항측정

그림 4. 활선누설전류와 절연저항 측정 상태



(a) AC 전압측정 (b) 검전상태

그림 5. AC 전압측정과 검전상태

2.3 다기능전기안전측정장치 비교측정시험 및 결과

개발한 다기능 전기안전측정장치의 원형을 가지고 문제점과 측정장치의 측정내용을 확인하기 위하여 일반 주택, 공장, 식당, 농사용 전원설비 등을 대상으로 하여 기존 다기능 아날로그 측정기와 비교측정을 실시하였다. 그림 4에는 활성누설전류와 절연저항을 측정하였을 경우를 나타내었고, 그림 5에는 AC전압을 측정하였을 경우와 검전상태를 나타내었고, 표 2에서는 비교측정시험결과를 나타내었다.

표 2. 비교측정시험 데이터

번호	설비 형태	전압 (V)	다기능 전기안전		기존
			mA	MΩ	
1	주택	224	0.42	1.117	2
2	주택	110	0.41	0.265	0.265
3	상가	229	0.68	0.337	0.337
4	상가	239	0.22	1.089	1.089
5	식당	230	0.29	0.793	0.793
6	주택	224	0.41	1.615	2
7	아파트	224	0.06	3.630	3

비교측정시험결과 표 2에서와 같이 기존의 계측기와와의 오차가 다소 발생하여 정확도를 보정하고 성능을 개선한 결과 표 3과 같이 정전용량 0.1μF까지는 오차율이 ±5%이하로 개선되었으나 그 이상에서는 정확도 향상의 필요성을 확인하였고, 절연저항값의 측정오차율을 그림 6에 나타내었다.

표 3. 확도 개선후 데이터

저항(MΩ)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	1	2	
0	지시값	0.099	0.199	0.301	0.401	0.506	0.904	0.997	1.985
0.01	지시값	0.099	0.198	0.303	0.405	0.516	0.969	1.087	2.350
	오차(%)	0.0	-0.5	0.7	1.0	2.0	7.2	9.0	18.4
0.033	지시값	0.101	0.206	0.315	0.430	0.548	1.089	1.240	3.300
	오차(%)	2.0	3.5	4.7	7.2	8.3	20.5	24.4	66.2
0.1	지시값	0.102	0.206	0.306	0.415	0.515	0.945	1.017	2.600
	오차(%)	3.0	3.0	1.7	3.5	1.8	4.5	2.0	31.0
0.2	지시값	0.080	0.118	0.140	0.154	-	-	-	-
	오차(%)	-19.2	-40.7	-53.5	-61.6				

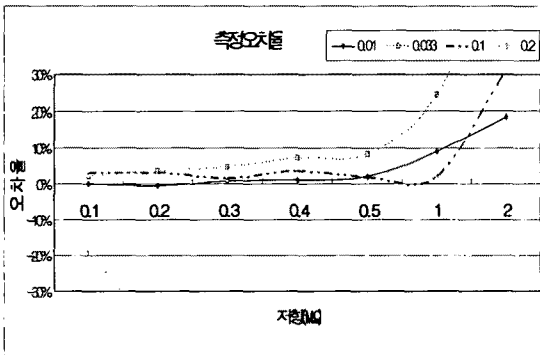


그림 6. 절연저항값 측정 오차율

3. 결 론

본 연구에서는 기존의 다기능계측기의 기능에 추가적으로 누설전류를 측정하는 부분을 삽입하고 아날로그로 작동하는 측정기를 디지털화 하였으며, 아날로그로 제작된 측정기에 비해 무게를 50%정도 경감하여 휴대성을 좋게 하였다.

또한 기존의 계측기는 점검, 검사업무 등에서 사용하고 있는 PDA와의 데이터 전송 등의 어려움이 있었으나 디지털화함으로써 데이터 전송기능을 강화하였으며, 동작의 확인과 문제점을 파악하기 위하여 가정집, 사무실, 상가 등에서 그 성능을 확인하였다.

향후 종합전기안전측정장치의 기능안정과 신뢰성(정확도) 향상을 통하여 점검, 검사업무의 효율성이 증대되고 무정전 점검의 실현으로 수용가와의 마찰이 크게 줄어들고, 국내의 계측기 기술향상과 관련산업이 활성화될 것으로 사료된다.

본 연구는 한국전기안전공사의 사내연구비 지원으로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 산업자원부 “전기사업법”, <http://mocie.go.kr>
- [2] Fluk, “<http://www.flukkorea.co.kr>”
- [3] Hioki, “<http://www.hioki.co.kr>”
- [4] Yokogawa, “<http://www.yokogawa.com>”
- [5] Microchip “PIC16C74 Datasheet”, <http://www.mic.com>
- [6] G, Jack Lipovski, “Embeded Microcontroller Inter facing”, ACADEMIC PRESS, 2000
- [7] Nikitas Alexandridis, “Design of Microprocessor based systems”, Prentice-Hall, 1996
- [8] Bechwith, “Mechanical Measurement”, Addison Wesley, 1998