

아크고장 진단기능을 고려한 지능형 분전반의 단상 전력관리 모듈 설계에 대한 연구

고윤석, 이서한, 최현철, 이한찬
 남서울대

The Development of the Single-Phase Electric Power Information Management Module of the Intelligent Electrical Switchgear Panel with Arc Fault Diagnosis function

Yun-Seok Ko, Seo-Han Lee, Hyun-Chul Choi, Han-Chan Lee
 Namseoul University

Abstract - 주택용 분전반내의 과부하 차단기(MCCB)나 누전차단기(ELCB)들은 전류 RMS 크기만을 가지고 고장전류를 인식하기 때문에 아크고장전류를 차단하지 못해, 수용가들은 전기화재로 인한 심각한 인명피해나 재산상의 손실을 자주 경험할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제를 해소하기 위해 아크진단 기능을 가지는 지능형 분전반을 제안하고자 한다. 특히 여기에서는 아크고장 진단 기능을 고려한 지능형 분전반의 단상 전력관리 모듈 설계연구를 주 목적으로 한다.

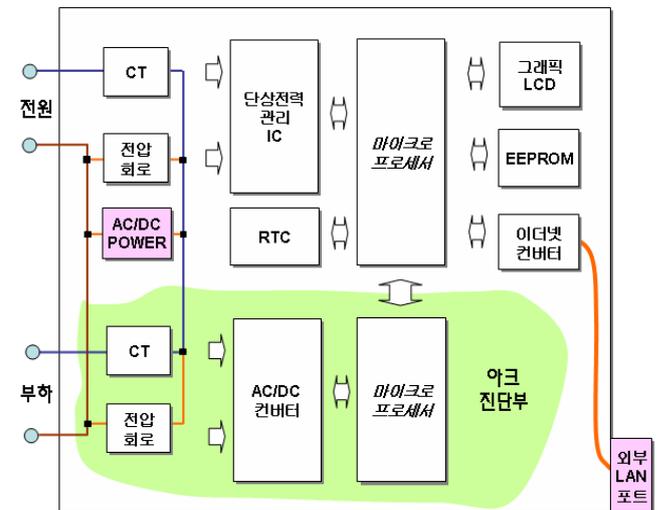
림 1에 보인다. 지능형 분전반 제어모듈은 전력선으로부터 전력정보를 수집, 관리하는 단상 전력 관리 모듈과 전류로부터 아크고장을 판단하는 아크고장 판단 모듈로 구성된다.

1. 서 론

일반 수용가 전기 시스템은 기본적으로 인입구에 분전반이 설치된다. 그리고 분전반에 인입되는 인입선은 수용가 부하지역 내에서 폭넓게 위치하는 각종 전기부하에 저 전압 문제나 과부하 문제를 피하면서 전력을 공급함은 물론, 이벤트 발생이나 설비 수리 시 정전부하를 최소화하기 위해 전열부하, 전등부하 그리고 냉난방 부하 등 부하종별에 따라 수개의 선로들로 나뉘어 분기된다. 따라서 분전반 제작업체들은 분전반 내의 인입선로 측에 누전 시 전력공급을 차단하기 위한 누전 차단기(ELCB)를 설치하고 각 분기선로들에 과부하 시 전력공급을 차단하기 위한 배선차단기(MCCB)들을 설치한다. 그러나 최근에 출시되는 분전반은 전기공급의 안전성을 제고하기 위해 인입선 측에 MCCB, 각 분기선로들에 ELCB들을 설치한 분전반을 출시하고 있다. 그러나 기존의 차단기들은 부하전류 나 영상전류의 RMS 크기만을 기반으로 동작하기 때문에 전기화재의 원인이 되고 있는 아크 고장을 진단할 수 없다. 이들 차단기들은 직렬 및 병렬아크 발생 시 아크전류가 너무 작아 고장검출이 어렵기 때문에 고장전류를 차단할 수 없는 문제에 노출되는데, 이는 전기사용의 안전성을 저하시키는 물론 이벤트 발생 시 바로 전기화재로 이어질 수 있는 매우 심각한 문제이다[1-5]. 미국 USFA(United States Fire Administration)의 보고에 의하면 매년 미국 내 주택에서 67,800건의 전기 아크 화재가 발생하고 있으며 이로 인해 희생자 485명, 부상자 2,300명 그리고 8,680억원 정도의 재산손실이 보고되고 있다. 그러므로 수용가 측면에서는 저압 아크고장을 정확하게 인식, 차단하고 그 이벤트를 기록, 원격에 제공함으로써 전기사용의 안전성과 편의성을 획기적으로 제고할 수 있는 아크 진단 기능을 가지는 지능형 분전반의 개발이 시급히 요구되고 있다. 최근 디지털 신호처리 및 정보통신기술의 급속한 발전을 기반으로 주택의 모든 전력정보를 원격에서 감시 및 관리할 수 있는 디지털 분전반에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 참고문헌 [6-7]에서는 수용가 시스템의 단상 또는 삼상 전력정보를 원격에서 감시할 수 있는 전력관리 모듈 및 디지털 분전반을 제안한다. 이들은 수용가에 인터넷을 통해 다양한 전력품질 정보 서비스를 제공할 수 있지만 아크진단 기능이 없어 전기화재 문제에 취약하다. 따라서 [8]에서는 기존 방법들[1-5]과는 달리 프리에 변환이나 웨이블릿 변환을 기반으로 하는 아크고장 판단 기법에 대해서 기본적인 방법론을 논한다. 하지만 직접적인 아크파형에 대한 적용 연구는 이루어지지 못했다. 따라서 본 연구에서는 직렬 및 병렬 아크고장을 진단하는 기능을 분전반에 부여함으로써 기본적인 전력정보 서비스 제공은 물론, 전기화재로부터 전기 수용가를 보호하고 그 피해를 최소화할 수 있는 지능형 분전반을 개발하고자 한다. 연구는 아크진단 기능을 고려한 지능형 분전반 설계연구와 직렬 아크발생장치로부터 아크파형을 수집, 분석하여 아크고장전류 판단 방법론을 얻고자 하는 연구로 구성되는데, 여기에서는 아크진단 기능을 고려한 지능형 분전반의 단상 전력관리 모듈 설계를 주 목적으로 하여 연구를 수행한다.

2. 지능형 분전반의 단상 전력관리 모듈 설계

아크고장 진단 기능을 고려한 지능형 분전반의 하드웨어 구성도는 그



〈그림 1〉 아크고장 진단 기능을 고려한 지능형 분전반 제어모듈 구성도

단상전력관리 IC는 전류센서 CT와 전압센서 회로로부터 전류, 전압 신호를 받아 전압 RMS, 전류 RMS, 유효전력, 무효전력 그리고 사용전력량 데이터를 기록, 관리한다. 마이크로 프로세서는 주기적으로 단상전력관리 IC로부터 전력정보를 얻어 LCD에 디스플레이하고 필요에 따라 주택 또는 원격 관리 시스템에 인터넷을 통해 제공한다.

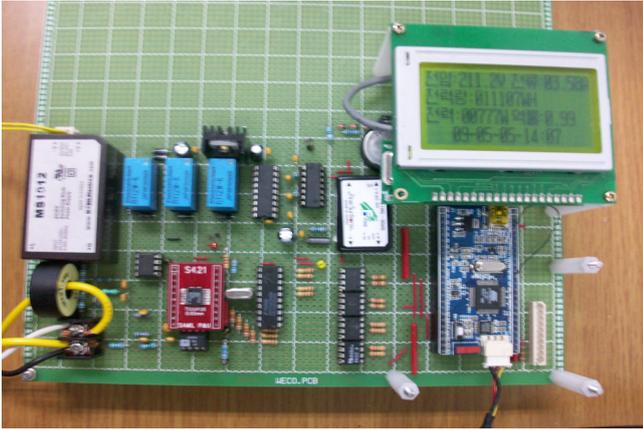
반면에 아크고장 진단부의 AC/DC 컨버터는 전류센서 CT와 전압센서 회로로부터 전류, 전압 샘플 신호를 기록하며, 마이크로 프로세서는 샘플링된 데이터를 수집하여 아크고장 여부를 진단하여 그 결과를 출력하며, 전력관리 정보 IC는 이 출력을 주기적으로 감시, 아크고장으로 판단되는 경우 그 결과를 주택 또는 원격 관리시스템에 제공하도록 설계한다. 그러나 본 연구에서는 전력정보 관리부 설계 및 제작에 주 목적을 두며, 아크고장 진단부는 차후, 지속적인 연구를 수행할 계획이다.

3. 실험 및 고찰

본 연구에서는 제안한 아크고장 진단기능을 고려한 지능형 분전반에서 단상 전력정보관리 모듈을 설계, 제작하였다. 그리고 아크고장 진단 모듈은 현재 설계 및 개발 중에 있기 때문에 설계가 완료된 단상 전력관리 모듈의 유효성을 검증한다. 따라서 32비트 프로세서를 주 프로세서로 하는 단상 전력관리 시작품을 제작하여 그 성능을 평가하였다.

3.1 단상 전력정보 관리 모듈 시작품 제작

그림 2는 본 연구에서 제작된 시작품을 사진을 보인다. 전원부는 일반적으로 220/20V 트랜스를 사용하나 여기에서는 공간을 줄이고 회로를 간단히 하기 위해 AC/DC 컨버터를 사용하였다. 또한 LCD를 적용하여 단상전력관리 모듈의 전압, 전류, 유효전력, 그리고 사용전력량 측정 값을 디스플레이할 수 있도록 하였다.



〈그림 2〉 단상 전력정보관리 모듈의 시작품 사진

3.2 단상 전력정보 관리 모듈의 성능 평가

본 연구에서는 제작된 단상 전력정보관리 모듈의 정확성을 검증하기 위하여 YOKOGAWA사의 파워미터 WT210을 사용하여 측정값을 비교. 그 오차를 검토하였다. 이때 오차는 산자부 기술표준원에서 제공하는 “전력량계 기술기준”에 준해 백분율 오차를 계산, 표시하는 식 (1)을 이용하여 계산하였다. 식 (1)에서 참 값은 파워미터 WT210으로 측정된 값, 계기 표시 값은 제작된 단상 전력정보관리 모듈 값으로 하였다.

$$\text{백분율 오차} = \frac{\text{계기표시값} - \text{참값}}{\text{참값}} \times 100 \quad (1)$$

단상 전력관리 모듈의 정확성을 검증하기 위해서 전구 및 전열기 부하를 이용하여 부하시험을 실시하였다. 부하 시험에 쓰인 부하는 60[W] 전구10개로 구성된 전구부하 세트와 전열기 810[W] 전열기A, 900W 전열기B로 구성되었다.

3.2.1 전류 측정 실험

전류측정의 정확도를 검증하기 위해서 전구부하세트와 전열기 A, B를 적절하게 조합하여 다양한 크기의 전류를 측정하여 오차를 검증함으로써 전류측정의 선형성과 정확성을 검증할 수 있었다. 그림 3은 전류 측정 실험 장면을 보인다.



〈그림 3〉 전류측정실험 장면

정전압이 인가상태에서 부하의 조합에 따라 변하는 전류의 값을 파워미터와 전력관리 모듈의 LCD 값을 측정하여 식 (1)을 이용하여 백분율 오차를 계산하였다. 여기서 0~12A의 부하전류 변화에 대해 백분율 오차가 0.3[%]이내임을 확인할 수 있었다. 따라서 단상 전력관리 모듈로서 매우 유효한 선형성과 정확성을 을 가지고 있음을 확인할 수 있다.

3.2.2 전압 측정 실험

전압의 측정의 정확도를 검증하기 위해서 전압크기를 0~300[V]의 조절할 수 있는 슬라이더를 사용하였다. 그림 4는 슬라이더를 이용한 가변 전압 실험 사진을 보인다.



〈그림 4〉 전압측정실험 장면

단상 전력관리 모듈은 25~300V 전압 가변 실험에서 파워미터를 기준으로 백분율 오차가 1% 미만인 것을 확인할 수 있었다. 따라서 단상 전력관리 모듈로서 매우 유효한 선형성과 정확성을 을 가지고 있음을 확인할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 아크진단 기능을 고려한 지능형 분전반의 단상 전력관리 모듈 설계를 주 목적으로 하여 연구를 수행하였다. 본 연구에서 제작된 단상 전력 관리 모듈의 성능을 검증하기 위해서 전구세트와 전열기 조합에 의한 가변 부하전류 시험, 그리고 슬라이더를 이용한 가변 전압시험을 실시하였는데, 파워미터값을 기준으로 전압, 전류, 유효전력 그리고 유효전력량 측정 값의 백분율 오차가 매우 만족할 만한 수준을 보였다. 따라서 제안된 단상전력관리 모듈은 아크진단 기능을 고려한 지능형 분전반의 단상 전력관리 모듈로서 효과적으로 적용할 수 있을 것으로 기대된다. 끝으로, 지능형 분전반의 아크고장 판단 모듈을 개발하기 위해서 직병렬 아크발생장치로부터 아크파형을 수집, 분석하고 이로부터 아크고장전류 판단 방법론을 얻고자 하는 연구가 계속되어야 하겠다.

[참 고 문 헌]

- [1] More About Arc-Fault Circuit Interrupters, IEEE Trans, on Industry Applications, Vol. 40, No. 4, pp. 1006-1011, July/August 2004.
- [2] W. H. Middendorf, "Successful Performance of the High Current Arc Ignition Test", IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol. EI-17, No. 5, October 1992.
- [3] 반기중, 김낙교, "전기화재 방지를 위한 아크고장전류 차단기 설계", 전기학회논문지, Vol. 56D, No. 5, pp. 220-224, 2006년 5월.
- [4] 윤광호, 반기중, 이효직, 박병석, 남문현, "마이크로 프로세서를 이용한 아크결함 차단기 설계", 전자공학회 논문지, Vol. 44, No. 1, pp. 13-18, 2007년 1월.
- [5] Il-kwon Kom, Dae-won Park, Su-yeon Choi, Gyung-suk Kil, "Detection and Analysis of Series Arc Discharge in Indoor Wiring Systems", Proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Power Systems, pp. 267-271, Beijing, China, September 15-17, 2007. .
- [6] 고윤석, 김호용, 윤석열, "유비쿼터스 기반의 주택 자동화용 디지털 분전반 개발", 전기학회논문지, Vol. 57, No. 5, pp. 714-747, 2008년 5월.
- [7] 고윤석, 이서한, "수용가 시스템의 삼상 전력관리 모듈 설계에 대한 연구", 대한전기학회 하계학술발표대회 논문집, pp. 2297-2298, 2008년 7월
- [8] 고윤석, "전기화재 방지를 위한 아크고장 판단 기법에 대한 연구", 한국전자통신학회지, Vol. 3, No. 4, pp. 275-281, 2008년 12월.
- [9] Analog Device, 단상 전력관리 IC 데이터 Sheet.