

유비쿼터스형 변압기 권선온도 측정장치 개발

김일권*, 조현경*, 이동준*, 김영일**
(주) 케이디파워*, 대림대학**

Development of the Ubiquitous Thermal Sensor Unit for Transformers

Il-Kwon Kim*, Hyun-Kyung Cho*, Dong-Zoon Lee*, Young-Il Kim**
KD Power Co., Ltd.*, Daelim College**

Abstract - In this paper, we designed and fabricated the ubiquitous thermal sensor unit for high voltage facilities. This sensor unit generates electric power from a current transformer which was mounted in the high voltage wires and transmitted thermal data by using a Zigbee module. We simulated the high voltage facilities that temperature was going up to 80°C gradually. From the experimental results, it was confirmed that sensibility of the ubiquitous thermal sensor unit is in ranges from -0.7°C to 0.3°C.

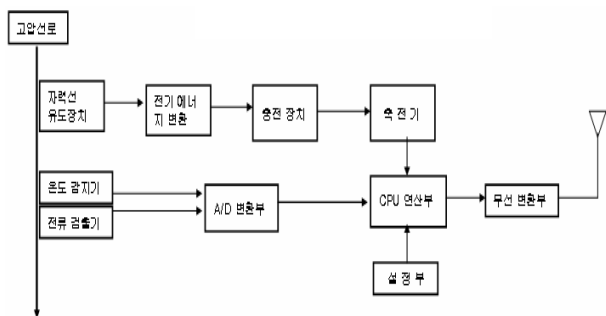
1. 서 론

종래의 수배전반에 적용하고 있는 과열검출장치는 대부분 저압측 접속부와 같이 사람이 접근할 수 있는 장소에만 온도센서를 취부하여 열화를 감시한다^[1]. 그러나 활선상태에서 사람의 접근이 허용되지 않는 수배전반 내부의 고압측 접속부, 단자 및 충전부와 같은 지점은 국부적인 발열온도를 감시하기가 매우 어렵다. 이러한 전기설비의 고압측의 온도를 검출하기 위해서 IR(Infra-Red) 카메라와 같은 장비를 통한 비접촉 방식을 사용하는 실정이다. 그러나 이러한 장비는 매우 고가이며, 관측 요소가 다수이거나 수배전반과 같이 사용 공간이 협소할 경우, 사용에 제한이 따른다^{[2],[3]}.

따라서, 본 연구에서는 이러한 수배전반 내부 고압측 특히 변압기 1차측에 온도검출이 어려운 점을 개선하기 위하여 별도의 전원장치를 사용하지 않고 고압측에 흐르는 전류에 의한 유도 자장을 이용하여 동작하며, 계속된 온도데이터를 무선으로 송신하는 유비쿼터스형 온도검출장치를 고안하였다. 또한 무선 온도검출장치에 의해 전송된 온도데이터를 수집하며, 경보 및 알람을 발생시키는 계측기기를 설계, 제작하였다.

2. 온도검출장치의 설계 및 제작

제한한 유비쿼터스형 온도검출장치는 그림 1에서 나타낸 바와 같이 고압선로에 흐르는 전류에 의한 유도자장에 의해 전원을 생성하는 미세 전원회로, 온도 및 전류 검출회로 및 Zigbee를 이용하여 데이터를 RF로 송신하는 무선 단말기로 구성된다.



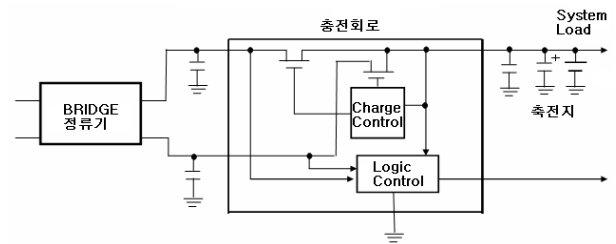
<그림 1> 유비쿼터스형 온도검출장치의 구성도

2.1 미세 전원회로

그림 2는 미세 전원회로의 구성을 나타낸 것이다. 고압선로를 관통하여 CT(Current Transformer)를 설치하면, 고압선로에 흐르는 전류에 의하여 유도전압이 발생한다. 그림에서와 같이 CT에 유기된 전압은 Bridge 정류회로를 거쳐 전파 정류되고, 이를 Charge controller를 통하여 PWM(Pulse Width Modulation) 제어를 함으로써 출력전압을 전압을 5V로 안정화 시킨다.

미세 전원회로는 고압선로의 흐르는 전류에 의해 그 동작 여부가 결정되므로 선로에 흐르는 전류의 크기가 일시적으로 낮아져서 전원 생성

을 못할 경우를 대비하여 Super capacitor를 이용하여 상시 충전을 하도록 구성하였다. 또한 급작스레 고압선로에 서지가 유입될 경우, 미세 전원회로에 과전압 발생하여 회로가 파손될 우려가 있으므로 과전류가 흐를 때를 대비하여 각 입력단 및 전원부에 TNR을 사용하여 회로를 보호하였다.



<그림 2> 미세 전원회로

표 1은 고압선로에 흐르는 전류에 의한 미세 전원회로의 충전시간을 나타낸 것으로 최소 1A에 의해 약 20분 후, 미세 전원회로는 무선 단말기를 통하여 데이터를 송신한다.

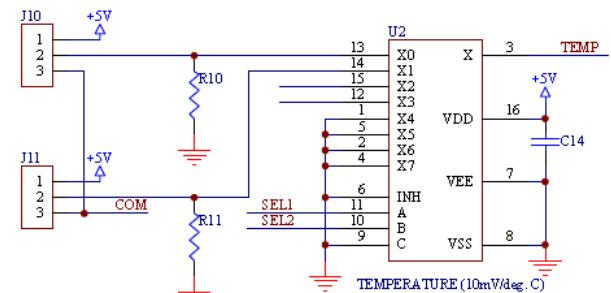
<표 1> 미세 전원회로 충전시간

기준전류	1A	2A	3A	4A	5A	10A
동작시작 가능시간	약20분	10분	6분	4~5분	3분	1분 20초

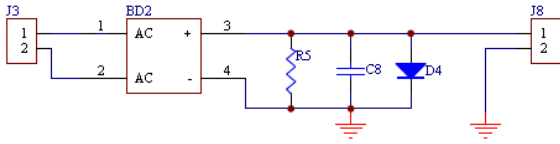
2.2 온도 및 전류 검출회로

본 연구에서 변압기 고압측 단자의 온도 및 전류를 검출하기 위하여 사용한 검출회로는 그림 3에서와 같이 범용적으로 회로이다.

온도 검출회로는 고압측 단자 접속부에 온도와 주위온도를 계측하기 위하여 2채널로 구성하였으며, 전류는 미세 전원회로에서 적용한 전파 정류회로를 RC 적분회로로 구성하여 평활시킨 후, 마이크로 프로세서의 AD 컨버터에 의한 연산을 통하여 값을 측정하였다.



(a) 온도 검출회로

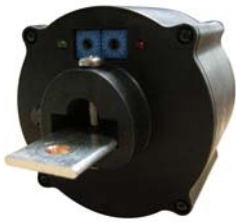


(b) 전류 검출회로

<그림 3> 온도 및 전류 검출회로

위 온도 및 전류 검출회로의 전원은CT에 의해 유도된 플로팅 전원(DC 5V)를 사용하므로 고압측에 직접적으로 결선되어있더라도 사용상에 문제가 없다.

그림 4는 시제작한 유비쿼터스형 온도검출장치의 외형을 나타내고 있다. 그림에서와 같이 온도검출장치의 ID를 설정하기 위한 2채널의 가변저항과 센서의 동작유무를 판단할 수 있는 녹색, 적색의 파일릿 LED 램프가 내장되어있다.



<그림 4> 유비쿼터스형 온도검출장치의 외형

3. 실험 및 분석

본 논문에서 제안한 유비쿼터스형 온도검출장치는 외부 전원없이 수전선로에 흐르는 유도전류를 이용하여 온도검출장치의 전원을 생성하고 Zigbee 통신 모듈을 적용하여 검출된 온도 및 전류 데이터를 RF 통신을 통하여 무선 송신하는 특징을 갖는다.

표 2는 온도검출장치의 제작 사양을 나타낸 것으로 주파수 채널은 총 12개로 선정하였으며, 온도 측정범위는 $-20^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$, 온도 분해능은 1°C 로 설계하였다.

<표 2> 제작 사양

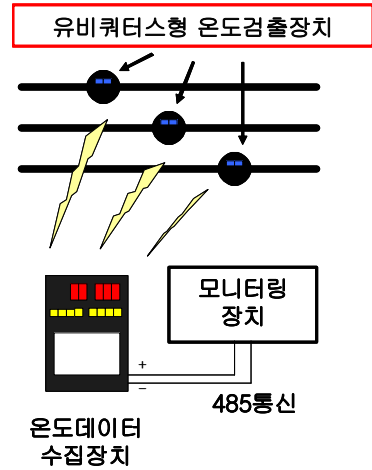
항 목	규 격
프로토콜	Zigbee/802.15.40EM
Baud Rate	9600bps
주파수 채널	12ch
송신전력	60mW
센서 측정온도	$-20^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$
온도 분해능	1°C
오차율	(\pm) 1°C

그림 5는 제작한 유비쿼터스형 온도검출장치의 성능을 분석하기 위한 실험계를 나타내고 있다.

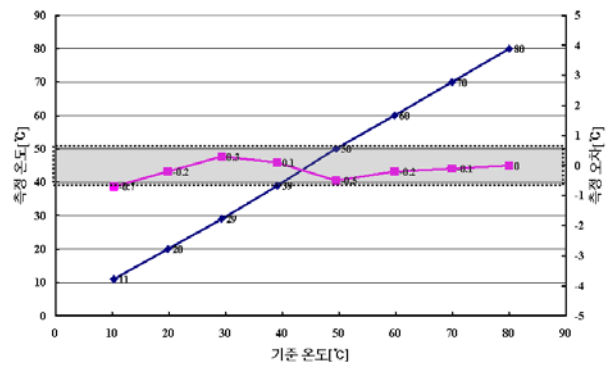
총 3개의 온도검출장치는 변압기의 고압측 R, S, T상을 모의하기 위한 금속 도체에 연결하였으며, 각각의 금속 도체에 허부하 시험기를 이용하여 5A의 일정한 전류를 공급하였다. 이후 금속 도체의 온도를 $10^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ 로 서서히 가열, 증가 시키면서 모니터링 장치를 통하여 계속된 온도데이터를 수집하였다.

그림 6은 위 실험을 통하여 계속된 온도 데이터를 분석하기 위하여 Excel을 이용하여 작성한 그래프이다.

그림에서와 같이 측정된 온도 데이터는 기준 온도와 거의 일치하는 선형적인 관계를 나타내었으며, 측정 오차는 최저 -0.7°C , 최대 0.3°C 로 설계한 오차율 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 범위를 유지하였다.



<그림 5> 실험계의 구성



<그림 6> 측정 결과

4. 결 론

본 논문에서는 사람 접근이 힘들고 계측 및 경보기기 등을 설치하기가 힘든 수배전반 고압부에 손쉽게 설치, 온도를 계측할 수 있는 유비쿼터스형 온도검출장치를 설계, 제작하였다.

이 장치는 고압측에 흐르는 전류에 의한 유도 자장을 이용하여 동작하는 미세 전원회로, 온도 및 전류 검출회로 및 Zigbee를 이용하여 데이터를 RF로 송신하는 무선 단말기로 구성된다.

장치의 성능을 테스트하기 위하여 변압기 고압측 3상을 모의한 금속 도체에 온도검출장치를 설치하였으며 도체의 온도를 $10^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ 로 서서히 가열, 증가 시키면서 수집된 데이터를 분석한 결과, 측정 오차는 최저 -0.7°C , 최대 0.3°C 로 오차율 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 범위를 갖는 것을 확인하였다.

추후 본 시스템을 이용하여 각 종 고압 전력설비의 온도를 계측하고 열화 상태의 상관관계를 규명한다면, 열화에 의한 고압 설비에서 발생하는 대형사고를 미연에 방지할 수 있는 방재시스템에 활용할 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김영동, 오금곤, 정원태, 강원찬, "USN을 위한 CAN 기반 적외선 온도감시 시스템", 조명·전기설비학회논문지, 제21권 제3호, pp.11~17, 2007.
- [2] 김경석, 박대원, 김일권, 최수연, 박찬용, "가공배전선로의 전력설비 감시를 위한 유비쿼터스 센서", 조명·전기설비학회논문지, 제21권 제10호, pp.59~65, 2007.
- [3] 서종완, 김중부, 고연성, 신명철, "u-City 환경에서의 전력 시스템 구성에 관한 연구", 조명·전기설비학회논문지, 제22권 제6호, pp.18~25, 2008.