논문 2013-50-1-29

적외선 센서를 이용한 열화상태 무선감시 시스템 개발

(A Development of Wireless Monitoring System for Temperature Monitoring by using IR Sensor)

김 지 희*, 김 신 우*, 강 용 수*

(Jihee Kim, Sinwoo Kim, and Yongsoo Kang)

요 약

발전소 내 고압 단자대 및 전력구 케이블 인입부에서 주변 전력기기들의 지속적인 진동 및 순간적인 충격의 발생으로 케이블 단자 또는 접속부 접촉점에 열화가 발생하는 사고가 일어난다. 접촉점에서의 열화 발생은 큰 사고로 이어질 수 있으며 안정적으로 전력을 공급해야 하는 발전소에서는 열화 발생을 예측하기 위한 다양한 연구가 시도되고 있다. 이에 비접촉식 적외선 센서를 이용하여 온도를 측정하는 방식이 있으며 이러한 방식의 궁극적인 목적은 측정하고자 하는 대상체를 최적의 거리에서 감시함으로 접촉점의 열화 발생뿐 아니라 센서 측정범위 내의 열화의 상태도 감시하는 데 있다. 연결부 온도를 측정하고 열화 상태를 실시간 감시하여 사용자에게 가시, 가청 알람을 주어 사용자가 열화사고를 인지하여 미연에 방지할 수 있게 한다. 그러나 이러한 시스템을 구축하기 위해서는 감시 장치를 설치, 운영해야 하는 어려움이 있다. 본 연구에서는 설치 용이성을 고려하여 소출력 배터리 동작모듈로 접속부의 온도를 측정하고 이를 감시할 수 있는 적외선센서를 이용한 무선감시시스템을 개발하였다

Abstract

The temperature monitoring of power cable and cable junction point is the necessary link of the safe and reliable operation of the power system. Many kinds of cables and high voltage junction points are easy to exposed continuous vibrations and momentary impulse in industry field especially power plant industries. This system can predict the overheating of the electric cable interface and the possibility of all kinds of accident, and it helps for eliminating the hazards of electric cable interface and provides the effective guarantee for the safety operation. In order to avoid the faults of the inconvenience of installation and maintenance and the high cost of application, this system used small and contactless IR sensor module. The low power consumption is used in the system. The goal of this study is the low cost and on-line reliable monitoring of power cable and junction point temperature.

Keywords : IR Sensor, Temperature monitor, Low power battery design, power cable

I. 서 론

최근, 발전소를 비롯한 주요 전력설비에 열화로 인한 사고가 발생하는 현상이 잦다. 발전소 내에서 사용되는 고압 전동기의 1차 측 인입선은 대부분 접속부를 통하여 전압을 입력받는데 전동기의 진동 및 외부 충격 등의 요인으로 인하여 접속부가 완전 결합되지 않는 경우가 발생하여, 이로 인해 열화가 발생한다. 접속부의 열화는 화재와 같은 치명적인 사고 원인이 될 수 있으며 주요 전력구에 영향을 끼치므로 사고가 발생하기 전에 미리 예측할 수 있도록 하기 위해 다양한 형태의 예방점검 활동을 수행하고 있다. 초기에는 육안 또는 시온테이프로 단자함내부의 온도를 개략적으로 추정하며 의심이 가는 단자함은 서미스터와 같은 온도계로 측정하는 방식이었다. 기술의 발달에 따라 다양한 계측 장비

* 정회원, 한전KDN 전력IT연구원 발전IT연구그룹
(KEPCO KDN Co., Ltd. R&D Department Power IT Research Group)
※ 본 논문의 시스템은 실제 테스트를 거친 제품으로 KC인증 획득함.
접수일자: 2012년11월7일, 수정완료일: 2013년1월2일

를 휴대하고 정확한 계측을 하는 방식으로 변화하고 최근에는 순찰자의 이동 없이 계측 장비를 단자함 또는 전력구내에 설치하여 통신망을 통해 계측 데이터를 수집하는 형태의 연구과 활발하게 진행되고 있다. 이러한 감시시스템은 수동적인 순찰에 의존하지 않고 실시간으로 현장의 상황을 감시할 수 있다는 장점이 있으나, 유선 통신망을 설치하고 계측을 위한 장치를 요소마다 설치해야 함으로 초기 구축비용이 많이 발생하게 된다. 따라서 유선망을 활용하여 감시하는 시스템은 중요한 설비가 위치한 일부지역이나, 연구를 목적으로 하는 지역에 설치되어 운영되고 있다. 하지만 실시간 감시를 하지 못하는 일반 단자함 또는 전력구에서도 열화가 발생할 가능성이 충분히 있으므로 모든 설비에 대한 열화상태 감시에 대한 필요성이 대두되고 있다[1][2].

본 연구에서는 설치 및 유지보수 비용을 최소화할 수 있도록 독립형 적외선 온도 센서 모듈 장치를 단자함 또는 전력구 내 필요한 위치 어디에든 설치할 수 있도록 개발하였다. 저 전력 회로로 구성하여 소모되는 전력량을 최소화하여 배터리로 동작하는 모듈 내에 무리가 가지 않게 설계하였으며 소출력 무선 네트워크로 다른 전력기기들의 통신에 방해를 하지 않도록 개발하였다. 추후 예상되는 유지보수 비용을 최소화하기 위해 교체 가능한 자체 배터리를 이용하며, 초기 또는 재설치시 원하는 대상체를 정확하게 측정할 수 있도록 레이저 센서를 추가 구성하여 효율적인 열화감시를 가능하게 개발하였다.

기존의 연구에서 주로 사용되던 발전소 내 무선통신은 Zigbee로 이는 근거리통신에 적합하며 중계기가 비교적 가까이 설치되는 경우 정보의 누락없이 통신이 가능하다. 중계기의 위치가 가까워질수록 전력설비에 영향이 갈 수도 있기 때문에 본 연구에서는 10mW 소출력 무선통신대역인 424MHz를 사용하였고 채널의 중복성을 해결하기 위해 ID를 이용해 채널을 부여하였다.

본 연구에서는 전력설비 열화상태 감시와 관련한 연구들을 살펴보고, 무선센서 네트워크 기술을 이용한 열화상태 감시시스템의 설계 및 구현에 대하여 기술하였다.

Ⅱ. 본 론

1. 케이블 열화 발생 및 원인

1.1 열화

지중케이블의 경우 포설 후 수년이 경과하면 열화가 발생하기 시작하지만, 가공 및 옥내 케이블의 열화는 외적으로 나타나지 않고 서서히 진행되는 경향이 있어서 예측하기에 곤란한 점이 있다.

가. 열화 요인

(1) 전기적인 요인

이상전압, 개폐서지, 뇌서지 등에 의해 발생

(2) 열적인 요인

열에 의한 케이블의 수축 및 팽창과 변형에 의해 발생

(3) 기계적인 요인

케이블 포설시 기계적인 인장, 충격, 굴곡 및 외상에 의해 발생

(4) 화학적인 요인

토양중에 함유된 수분 및 화학물질의 침투 등에 의해 발생

나. 열화 형태

(1) 전기적 열화

○ 부분방전 열화

절연체중의 공극, 절연체와 도체, 차폐층간의 공극 등에서 발생한 부분방전에 의해 케이블이 점차 열화되어 가는 현상으로, 공극 사이나 공극 내에서 방전이 반복되어 절연체를 침식하여 케이블 절연체의 절연기능을 저하시킨다.

○ 전기적 Tree 열화

케이블 절연체내의 국부 고 전계부에서 부분파괴가 발생하여 수지(樹脂)형으로 진전하여 가는 열화형태로 케이블에 인가되어 있는 전압이 저하하여도 고 전계를 발생하는 조건이 있으면 일어날 수 있다.

○ 수트리(Water Tree) 열화

물과 전계가 공존상태에서 발생하는 수트리에 의한 열화형태로 전기적 Tree에 비해서 저 전계에서도 발생하는데, 전기적 Tree와의 차이점은 건조하면 Tree가 보

이지 않고 없어진다.

1.2 케이블 열화발생

과거에 제조, 포설된 많은 케이블이 운전되고 있고, 설치된 케이블은 설치환경 및 사용조건에 따라 몇 년 되지 않아 열화 되고, 최근 포설한 케이블도 시공불량이나 기타 열악한 환경에 놓여있어 단시간에도 열화 되어 사고가 발생한다.

가. 케이블 열화 발생 원인

(1) 시공불량

케이블 풀링(pulling) 작업시 발생하는 케이블 외장의 손상, 접속을 위하여 외부반도전층 제거시 절연층 손상, 이물질 유입 등에 의해 케이블 절연이 파괴

(2) 제조결함

반도전층과 절연층 사이의 탄화된 고분자 찌꺼기가 존재하고, 절연층내의 이물질이나 공극, 내도와 절연층 계면의 함침(Convolution) 등에 의해 케이블 절연이 파괴

(3) 자연열화

케이블 운전시 유입된 수분과 전계의 복합작용으로 발생하는 수트리, 수분에 의한 중성선 부식으로 인한 전압의 불균형, 반도전층에 존재했거나 수분과 함께 유입된 이온성 불순물 등에 의한 고분자의 산화 등으로 케이블 절연이 파괴

1.3 케이블 열화 사고 발생 및 진단의 문제점

열화를 판정할 수 있는 판정기준이 불충분하고, 측정 오차로 절여 진단의 어려움이 있고, 고장점 위치를 탐색하기 어려우며, 숙련된 기술을 요하고 있어 절연열화를 판정하기가 매우 어렵다[3].

2. 열화상태 감지 시스템

2.1 전체 시스템 구성

지속적으로 열화를 모니터링 하는 데 가장 적합한 센서는 적외선 센서이다. 그러나 일반적인 제품은 핸디형으로 공정 모니터링의 적용을 위해선 특정 네트워크 기반에 묶여 모니터링을 수행하고, 측정된 온도에 따른 대응모델을 시스템에서 유기적으로 실현할 수 있는 시스템이 필요하다[4]. 본 연구에서는 독립적인 소형의 센서를 이용하여 손쉽게 설치가 가능하고, 무선 통신을 이용하여 설치의 편리성을 위해 센서모듈은 외부 전원을 사용하지 않고 배터리를 이용하는 방식을 고려하였다. 따라서 센서모듈의 수명을 결정하는 주요 요소는 통신을 위해 사용되는 에너지와 열화상태 검출을 위해 사용되는 에너지가 된다. 설치 특성상 외부전원의 인가 또는 주기적인 배터리의 교환이 이루어지기 어려우므로 저전력회로로 설계하는 것이 중요하며 무선데이터 전송시 전력소모를 최소화하는 효율적인 프로토콜의 개발이 중요하다. 본 연구에서는 Sleep & Wake-up 모드를 구현하여 사용자가 설정한 주기마다 모듈이 깨어나 온도를 측정하고 측정한 온도 데이터 정보를 상위 서버단으로 전송해주는 시스템으로 구성하였다. 상위 서버단에서는 사용자입장에서 실시간 온도정보와 설정치 이상의 값에 대한 알람을 보기 쉽도록 Web-HMI(Human Machine Interface) 기반으로 구현하였다.

그림 1. 열화상태 감시 시스템
Fig. 1. Temperature monitoring system.

2.2 비접촉식 적외선 센서 모듈 구현

본 연구에서의 비접촉식 적외선 온도 센서 모듈은 기존 시스템이 가진 설치시의 단점을 고려하여 설계하였다. 기존 시스템이 가진 단점으로는 지속적으로 전원을 공급해야 한다는 것과 독립전원이 가능할지라도 짧은 유지기간으로 전원공급을 상시 확인해야 한다는 것이다. 그리고 원하는 대상체를 감시하는 데 있어 시스템의 크기 또는 공간상의 제약으로 측정을 원하는 정확한 위치가 아닌 설치가 용이한 위치에 설치하여 감시를 한

다는 것이다[5].

이에 본 연구에서는 측정하고자 하는 대상체의 정확한 감시를 위해 비접촉식 적외선 온도 센서모듈을 개발하였으며 저전력 밧데리 동작 회로 설계로 유지기간을 최대화하고 소형으로 제작하여 원하는 지점을 정확히 측정할 수 있도록 하였다.

가. 독립형 적외선 온도 센서 모듈

먼저, 소형으로 제작하되 원하는 곳을 정확하게 측정할 수 있도록 센서부만 따로 설계하고 전원 케이블을 이용하여 온도수집장치로 연결하는 방식으로 설계하였다. 센서부쪽은 360°로 돌아가도록 이음새 부분을 고려하였으며 이와 같은 센서 모듈을 1개에서부터 3개까지 필요하거나 감시가 필요한 부분을 측정할 수 있게 하였다.

접촉부 열화 상태를 정확하게 감시하기 위해 오차율이 ±1℃인 HEIMANN사의 HTIA-D센서를 사용하였다. 대상체의 온도 정보를 디지털 값으로 바로 출력해내는 HTIA-D센서는 기존 아날로그 센서의 교정 작업이 처리되어있고 출력되는 디지털 값을 MICOM내부에서 인터럽트로 받아들여 1,0이 식별되는 비트로 계산하는 회로로 설계하였다. 이는 센싱값의 오차 없이 정확한 8비트의 디지털 값으로 입력이 들어오므로 기존의 A/D 컨버터를 거치는 아날로그 센서보다 신뢰성이 높고 정보의 누락이나 손실 없이 정확한 데이터를 취득할 수 있다. 적외선 HTIA-D 센서와 더불어 초기설치 또는 재설치 시 측정하고자 하는 대상체의 접속부를 정확히 알기 위해 레이저 센서를 추가로 구성하였다. 처음 전원

그림 2. 독립형 적외선 온도 센서 모듈
Fig. 2. Stand-alone IR Sensor module.

이 들어오고 레이저 센서를 이용해 설치위치를 확인하고 온도센서모듈 자체값 세팅이 끝나면 레이저 센서는 사용하지 않도록 회로를 설계해 전력소모에 크게 무리가 가지 않도록 하였다.

나. 저전력 밧데리 회로 설계 및 수명계산

설치 특성상 외부전원의 인가 또는 주기적인 배터리의 교환이 이루어지기 어려우므로 저전력회로로 설계하는 것이 중요하며 무선데이터 전송 시 전력소모를 최소화하는 효율적인 프로토콜의 개발이 중요하다. 본 시스템은 Sleep & Wake-up 모드를 구현하여 설정한 주기마다 모듈이 깨어나 온도데이터 정보를 전송하도록 구현하였다. 이에 MCU자체의 오실레이터 주기가 변경될 경우 제대로 측정이 될 수 없다는 단점을 극복하고자 외부 RTC모듈 RV-8564-C2를 사용하였으며 I2C통신방식으로 전송할 데이터가 있을 때마다 start/stop bit로 동기를 맞춰 비효율적인 시간낭비를 없게 하였다.

각각의 독립형 온도 센서 모듈은 온도센서수집장로 전원연결이 되어 설치되는데 온도센서수집장치는 배터리 제너에너지사의 1차전지 'AA' Type을 4개로 직렬연결하여 3.6[V] 전원을 사용한다. 1개의 전지는 2400mAh 용량을 가지고 있으므로 총 9,600mAh 용량을 갖는다. 센서모듈은 기본적으로 Sleep & Wake-up Mode로 동작하는데 처음 설치 후 측정주기와 시간을 설정하고 나면 Sleep 모드로 동작하게 된다. 저전력회로로 구성된 이 시스템은 Sleep 모드동안 35μA로 동작하고 설정된 주기에서 깨어나 데이터를 센싱하는데는 17mA의 전류로 동작한다. 5분에 한 번씩 데이터를 측정하고 1시간에 한 번씩 데이터 수집 장치로 정보를 전송한다고 가정했을 경우 11번의 센싱주기동안 187.44μA를 소비하고 12번째 데이터를 센싱하는 경우에는 무선통신 소비전류 55mA까지 추가로 47.57μA로 동작하게 된다.

배터리 용량은 자가 방전 및 온도 영향 고려하여 전체의 80%로 산정하였다 (7,680mAh). 센서는 설정된 주기마다 깨어나 데이터를 전송하는데 온도센서수집장치에서는 이를 1시간에 한 번씩 데이터수집장치로 보내게 된다. 단 Extra Notification이라는 기능을 추가함으로써 급격히 온도가 올라가 설정치 이상의 온도가 검출되는 경우에는 설정된 주기이외의 Notification주

표 1. 밧데리 수명 계산 (온도 측정 주기 5분, 통보 1 시간으로 지정한 경우)
Table 1. Caculation of Battery life (In case of measurement cycle : 5 mins, Transfer cycle : 1 hour).

전체시간	1시간 : 3600[S]				단위
횟수	1회				
주기	5분				Min
동작시간	3	297	…	2	Sec
소비전류	17,000	35	…	55,000	μA
소비전력/시간당	14.16	2.87	…	30.55	μA
소비전류/회	235.01				μA
사용가능 시간	3.73				년

기에 따라 긴급 상황 발생 시 온도를 측정하는 기능을 추가하였다.

2.3 무선감시 시스템 구현

본 연구에서는 무선센서 네트워크를 이용하여 유선 통신망의 설치나 별도의 공사 없이 단자함 내부나 전력 케이블의 접속부에 대한 열화상태 감시가 가능하도록 개발하였다.

독립형 적외선 온도센서 모듈을 측정하고자하는 주요 위치에 설치하게 되는데 적외선센서 모듈 3구에서 측정되는 데이터를 MUX회로를 통해 순차적으로 저장해두었다가 설정된 주기 또는 데이터수집장치에서의 별도의 요청이 생기는 경우 TCP/IP통신을 통해 데이터수집장치로 전송하게 된다. IR센서들은 사용자가 설정한 주기마다 슬립모드에서 깨어나 데이터를 측정한다. 측정된 데이터는 각 온도 센서 4byte * (IR 3구) = 12byte + 시간 정보 6byte로 18byte의 크기이며 이는 1KB용량의 EEPROM에 최대 56개까지 쌓이게 된다. 시스템에 무리를 주지 않도록 FIFO(First In First Out)형식으로 먼저 입력된 데이터를 먼저 삭제하는 형식을 채택하였다. 이런 방법으로 온도 측정 장치 내부 메모리에 쌓인 데이터를 주기적으로 데이터 수집 장치로 전송하게 되고 데이터 수집 장치에서 ACK신호가 수신될 시 기존의 데이터는 자연적으로 삭제된다. 온도수집장치에서 데이터수집장치로 정보를 보내주는 경우에는 무선

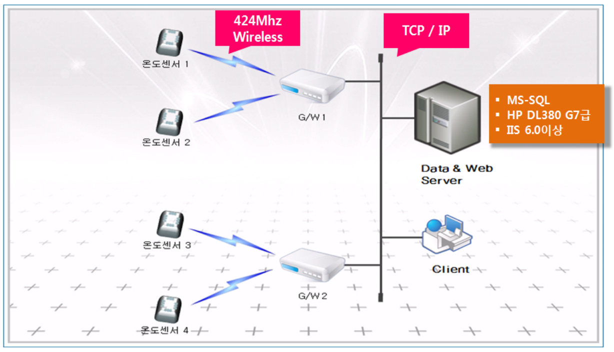


그림 3. 전체 시스템 구성도
Fig. 3. The structure of system.

424MHz 소출력 통신을 이용하여 다른 기기나 설비에 영향을 주지 않도록 하였다.

데이터수집장치에서 최종적으로 취득하는 데이터는 온도측정장치에서 전송되는 독립형 적외선 온도센서에 관한 온도정보로 제대로 통신이 되었는지를 확인한 후 이상 없이 제대로 된 데이터가 전송되면 상위 서버 단으로 데이터를 보내주게 된다. 정보의 누락을 방지하기 위해 데이터수집장치에서는 고유의 시간정보를 함께 발송하여 설정된 주기랑 맞지 않거나 시간 값에 대한 정보가 없을 시 알려주는 기능을 추가하여 좀 더 신뢰성 있는 데이터를 구축하도록 설계하였다. 데이터수집장치에서 상위 서버 단으로 정보를 보낼 때에는 데이터량과 누락을 고려하여 TCP/IP 통신을 이용하였고 정보를 상위 서버 단으로 보내준다.

상위 서버 단에서는 크게 2가지 기능을 구현하는데 하나는 데이터수집장치에서 올라오는 데이터를 확인하고 데이터베이스에 기록하는 것이고 다른 하나는 기록된 데이터베이스를 기준으로 사용자가 보기 쉽게 HMI로 구현하는 것이다.

III. 실 험

본 연구에서는 연구원내에 테스트 베드를 구축하여 실험을 진행하였다. 온도센서 IR1, IR2, IR3를 측정하고자 하는 대상체에 맞도록 설치하고 시간에 따른 온도 트렌드 추이를 분석하였다.

온도변화의 추이를 가장 쉽게 확인할 수 있는 화면은 그래프에 나타낸 트렌드분석화면이며 각각 다른 지점을 측정하는 독립형 온도센서모듈 3구에 대하여 온도 분석을 실시하였다. 약 보름에 걸쳐 데이터를 분석해 본 결

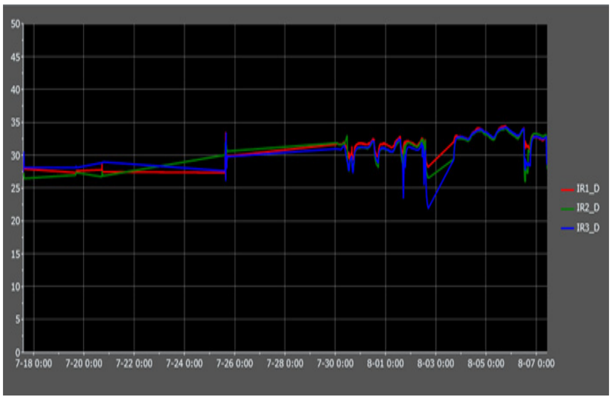


그림 4. 온도추이분석
Fig. 4. Temperature Trend.

그림 5. 알람 발생 화면
Fig. 5. Alarm pop-up.

과 ±0.5℃의 오차율을 나타내었다. 실제 온도와 적외선 온도센서모듈의 오차를 측정하기위해 FLUKE사의 온도측정기를 사용하여 실제 값과의 차이를 비교해보았다. 온도트렌드분석화면에서는 사용자가 설정해놓은 기간별 데이터를 모두 확인할 수 있으므로 최근 온도트렌드를 통해 전력기기의 온도변화를 확인할 수 있으며 독립형 센서모듈 각각이 측정하는 개소의 온도변화를 별도로 확인하는 기능도 구현하였다.

사용자가 항상 모니터를 감시하면서 온도변화를 측정할 수 없으므로 HI(High), HH(High High) 온도를 설정하여 설정한 기준 값보다 온도 데이터가 높은 수치를 나타날 때 가시/가청 정보를 주는 기능으로 구현하였다. 이로 인해 상시 모니터링을 하지 않더라도 측정개소별로 설정 값보다 높은 온도가 검출될 경우 집중 감시함으로써 2차사고를 예방할 수 있게 되었다. 가시 알람화면에서는 사용자가 설정한 기준 알람값과 현재의 온도센서에서 출력되는 온도값, 그리고 온도센서의 위치와 알람발생시간과 같은 정보를 제공함으로써 알람 발생시 보다 효율적으로 관리가 가능하게 한다.

Ⅳ. 결 론

본 연구에서는 24시간, 1년 365일 상시로 운영되는 발전소 내 설비동력을 전송하는 고압케이블의 열화발생을 감지하기 위한 시스템을 구현하였다. 케이블 접속부에 대한 감시는 전력소모, 화재와 같은 2차 사고를 예방하기 위해 중요한 요소이다. 그러나 기존의 제품이나 연구된 시스템은 현장환경에 따른 제약과 설치 비용의 증가 등의 문제로 특정개소에만 제한 적용되고 있다.

본 연구에서는 저비용의 적외선온도센서를 이용하여 별도의 공사나 설치 없이 무선통신을 이용하여 주위 전력기기에 영향을 주지 않는 비교적 간단한 시스템을 개발하고 이를 시험 적용함으로써 안정적인 데이터 취득과 취득된 데이터의 신뢰성을 분석해보았다. 설치와 유지보수의 편리성을 위해 배터리를 사용한 온도센서모듈을 개발하였으며, 레이저센서의 추가로 가시광선을 벗어난 적외선대역이 측정하고자 하는 정확한 위치를 알 수 있도록 하였다. 또한 별도의 유선통신망 없이 무선통신을 이용하여 비용 절감에 용이할 것이다.

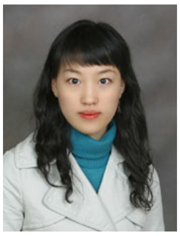
발전소라는 특수한 환경에서는 장비의 유지보수가 상대적으로 어려우므로 저전력 무선감시시스템으로 구현하였으며 현재 저전력 회로에 대한 연구는 활발히 진행되어 상용화하기에 무리가 없을 것으로 보인다. 그러나 발전소라는 특수한 환경에 노출되어야하는 시스템이므로 향후 실제 설치환경에서 발생할 수 있는 상황이 시스템에 미칠 수 있는 영향을 분석하고 개선해 나가야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 김영일, 송재주, 신진호, 이봉재, 조선구, “효율적인 전력케이블 접속함의 표면온도감시를 위한 무선감시시스템 개발”, *대한전기학회 하계학술대회 논문집*, 1854-1855쪽, 2007년 7월
[2] 김영일, 송재주, 신진호, 이봉재, 조선구, “무선센서를 이용한 지하전력구의 케이블 접속함 표면온도감시시스템 개발”, *대한전기학회 논문지*, 제56권 제 11호, 1879-1884쪽, 2007년 11월
[3] 한학수, 민경윤, 유기선, “전력케이블 열화 감시방

안에 관한 연구", *한국철도학회 2007년도 추계학술대회 논문집*, 1516-1522쪽, 2007년 11월
[4] 안병준, "열간 사상 압연 공정 시스템의 모델링 및 장력제어", *전기학회지*, 50권 9호, 22-25쪽, 2001년
[5] Jianwen Wang, Zhengfeng Wang and Peng Li, "The Research of On-line Monitoring System of Power Cable Joint Temperature", *I.J. Wireless and Microwave Technologies*, pp9-15, 2012. 3.

저 자 소 개



김 지 희(정회원)
2011년 금오공과대학교 전자공학과 학사 졸업.
2011년～현재 한전KDN 전력IT 연구원 재직.
<주관심분야 : 통신, 제어, 정보처리>

강 용 수(정회원)
1992년 아주대학교 제어계측공학과 졸업.
1991년 한국전력공사 입사.
1994년～현재 한전KDN 재직.
<주관심분야 : 제어계측, 통신, 신호처리>

김 신 우(정회원)-교신저자
2004년 방송통신대학교 행정학과 학사 졸업.
1981년 한국전력공사 입사.
1993년～현재 한전KDN 재직.
<주관심분야 : 통신, 신호처리>