

부스닥트용 온도감시 시스템 개발

김동욱, 남석현, 박성주, 허성수
LS전선(주)

Development of temperature monitoring system for bus duct

Dong Wook Kim, Suk Hyun Nam, Sung Ju Park, Sung Su Huh
LS Cable Co. Ltd.

Abstract - 배전선로에 전력을 공급하는 방식은 일반적으로 22.9kV 급 XLPE 케이블에 의한 전력공급이 주를 이루어 왔다. 한편으로 대규모 전력을 소비하는 공장 및 고층 빌딩의 전력 공급에 있어서는 일반적으로 각각 부하로의 많은 회선수의 케이블 포설을 요하는 전력케이블 보다는, 한 선로로 보다 많은 대전류를 수송하면서 부하 가까이에서 필요한 전류를 간편하게 분기해 공급받는 부스닥트 시스템이 시공 및 배전선로 관리의 간편성에 의해 점차 용도가 늘어나고 있다. 부스닥트 시스템의 대부분은 일단 시설물이 건축될 때 건축물의 상부 공간 또는 설비가 위치한 하부 바닥 공간을 통해 설치된 이후, 기타 배관, 가스관 등의 추가적인 건축 구조물과 함께 설치되어 이후 선로의 보수 진단 등이 대부분 어렵게 되어진다. 본문에서 소개하는 부스닥트의 온도감시 시스템은 아무리 복잡하고 협소한 설치 환경이라도 특수한 포설 공법에 의해 광화이버를 포설하고, 이를 활용하여 실시간으로 부스닥트 선로의 표면온도와 주변 온도를 상시 감시함으로써, 효율적인 부스닥트 선로의 활용뿐만 아니라 과열에 의한 절연사고를 미연 방지하는 운전신뢰성과 안전성을 높이는 것이 가능하게 되었다.

1. 서 론

공장 및 빌딩 등의 배전선로에 있어 전류의 소비가 높은 선로의 경우 대부분 배전선로의 Compact 화 및 급전의 효율성을 위해 부스닥트 선로를 이용하고 있다. 보통 부스닥트는 3 m 이하의 짧은 부스닥트 본체 단품을 접속 Kit, 엘보 등의 접속구조를 이용하여 연결함으로써 일정 선로 길이의 배전선로를 구성하고 있다. 일반적으로 부스닥트 시스템에서의 접속부는 접속 저항을 최소화하기 위해 접속되는 양 측 부스바 표면을 도금하고 볼트 등의 구조물을 이용하여 결합하는 구조로 되어 있다. 그러나 부스닥트 설치 조립 공사시 볼트의 조임 강도가 약한 경우가 되거나 또는 운전시 통전 전류량의 변화 및 기타 여러 요인에 의해 부스닥트 선로의 온도가 변화할 경우 여러 열팽창 계수가 다른 재료로 구성된 부스닥트 선로는 복잡한 기계적 운동을 하여 나사 조임부가 약화되는 경우가 있다. 이렇게 부스닥트의 나사 조임부가 약화될 경우 접속부 간극이 벌어져서 먼 접촉부가 줄어들게 되고 또한 벌어진 부스바 접속부분이 시간이 경과함에 따라 산화 피막이 생성, 성장하여 도체 접속부의 접촉저항이 증가해 통전시 접속부에서의 온도는 더욱 상승하게 된다. 이러한 접속부에서의 온도 상승은 2차적으로 부스닥트 절연 시스템에 열열화 등의 문제를 일으켜 절연사고로 이어질 가능성이 있다. 따라서 신뢰성 높은 전력 전송을 필요로 하는 공장 및 빌딩 등에서는 이러한 급전 시스템의 온도를 상시 감시를 함으로써 안전한 배전 및 효율적인 급전 시스템을 구축할 필요가 있다.

2. 본 론

2.1 부스닥트 감시 시스템 개요

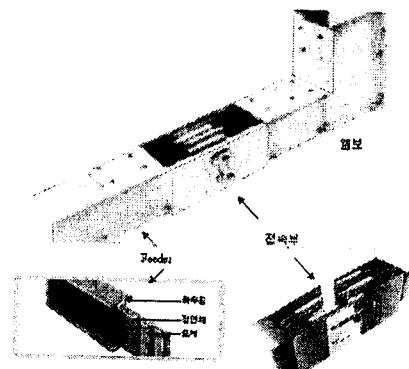
부스닥트는 일반 전력케이블과 달리 대전류의 수송을 해야 하는 관계로, 덕트 내부에 알루미늄 또는 구리를 사용하여 단면적을 크게 한 판형 구조물인 부스바와 각각의 부스바를 절연하여 Sandwich 구조화 시키고 그 외부를 보호 덕트로 외장하는 구조를 하고 있다.

이러한 부스닥트는 <그림 1>과 같이 부스닥트 본체, 접속부, 엘보 등으로 구성되는 조합으로 급전 선로를 구성하고 있는데, 이중에서도 주로 접속이 이루어지는 접속부가 주요 발열원이 되고 있다. 따라서 접속부의 설계시 부스닥트 접속부의 접촉저항을 최소화 하는 구조로 제품 설계를 하는 것이 중요하며, 이와 별도로 부스바 내로 대전류가 흐르게 될 때 부스바에서 발열하는 온도를 쉽게 부스닥트를 통해 발산하게 하는 구조 설계도 매우 중요하다. 이렇게 설계된 부스닥트 및 접속부 표면 온도를 측정함으로써 시스템의 안정적인 운전 및 통전 전류의 Level을 제어 유지할 수 있는 이점이 있다.

과거 부스닥트 선로의 온도 감시 방법은 주요 감시 대상 개소에 열전대 센서를 설치하여 각 개소의 측정값을 별도의 전기적 Converter 등의 변환 장치를 이용해 전송하여 감시하거나, 또는 열에 따라 색이 변하는 페인트

또는 라벨 등을 부착하거나 열화상 카메라 등으로 순시자의 육안 관찰에 의해 이상 부위의 진단을 행하여 왔다. 이는 별도의 진단을 위한 인력이 필요하게 되게 관찰자에 따라 정도의 차이가 나게 되는 단점이 있다.

부스닥트의 온도를 거리에 따라 정확히 측정하기 위해서는 광화이버를 분포온도 측정 원리를 활용하여, 부스닥트 포설 선로를 따라 광화이버를 설치하고 온도에 따른 신호의 변화량을 측정함으로써 선로 거리에 따른 전체 온도를 실시간으로 측정할 수가 있다. 이러한 원리는 광화이버 내부에 일정 에너지의 펄스를 주었을 때 <그림 2>의 라만 후방 산란광의 Stokes 밴드와 Anti-stokes 밴드의 광 세기의 비율과 온도 사이의 관계식을 이용하여 광 파이버 센서의 온도 데이터를 얻을 수가 있다.



<그림 1> Bus Duct System 구성 예

이 원리를 이용한 온도감시 방법은 전력 케이블을 비롯한 화재 감시용 그리고 일반 화학 Plant 등의 온도감시에 활용되고 있는 방식이기도 하다 [1][2]. 이러한 감시방법이 부스닥트에 적용되기 위해서는 부스닥트에 효율적으로 광화이버를 설치하여 온도의 측정이 용이하여야 한다.

$$\frac{I_{as}}{I_s} \propto e^{-\left(\frac{hcv}{kT}\right)}$$

I_{as} : intensity of Anti-stokes light
 I_s : intensity of Stokes light

<그림 2> 광화이버를 이용한 온도 측정 원리

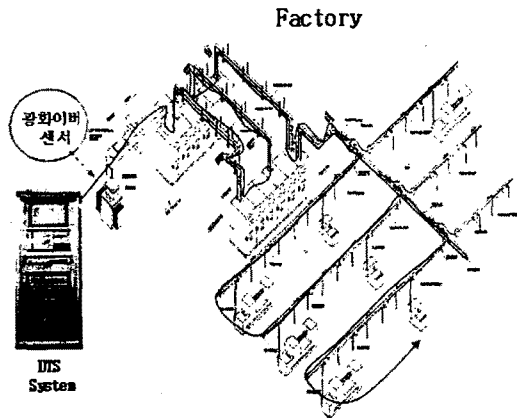
따라서 부스닥트 감시 시스템은 부스닥트의 접속부를 주요 온도감시 개소로 하고, <그림 3>과 같이 기설 선로 또는 신설 선로에 온도를 감지할 수 있는 광화이버를 도입 설치시키고, 이 광화이버를 통해 분포적으로 온도를 측정할 수 있는 H/W 및 S/W로 구성되어진다.

2.2 부스닥트 온도 감시 시스템 설치

부스닥트는 고층 빌딩 또는 공장 지역에 주로 사용되는데, 설치되어 있는 부스닥트 선로는 독립 선로로 층간 천장 또는 바닥의 설비 구조물 하부 등에 설치되기도 하고, 한편으로 다른 공조 및 배전 구조물과 병행 설치되기도 한다. 따라서 설치 장소 환경에 따라 하고 협소한 공간을 갖기도 하여 때로는 유지보수에 어려운 측면이 있다.

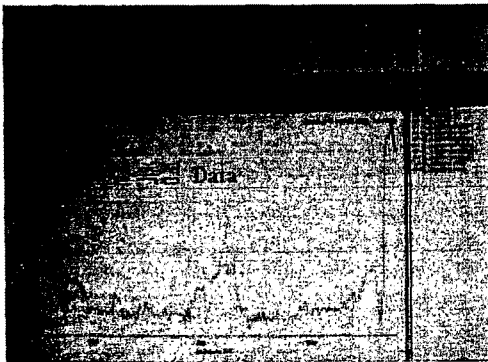
이러한 공간에 용이하게 광화이버를 설치할 수 있는 공법이 공압을 이용한 포설 기법이 있다. 이는 공압 전송에 용이하도록 특수하게 제작된 전용 광화이버를 활용하여, 이 온도감지용 광화이버를 튜브 속으로 공기압을 이용하여 전송하는 것으로 아무리 협소한 공간이라도 튜브만 설치될 수 있는 공간이면 아주 용이하게 포설이 가능하다. 또한 굴곡 구간이라도 광화이버

의 설치가 가능하며, 운전 활성화 시 광화이버의 손상 등이 발생한 경우 광화이버만을 용이하게 대체가 가능하다.



〈그림 3〉 부스덕트 감시 시스템 개략도

〈그림 4〉는 실제 선로에 설치되어 부스덕트 선로의 온도를 거리에 따른 실시간 Monitoring 한 결과를 나타낸 것이다,



〈그림 4〉 부스덕트 선로의 온도와 거리에 따른 실시간 Monitoring

이와 같이 사람의 가시 범위에 있지 않은 구간이라도 분포적으로 실시간 온도를 감시함으로써 국부 발열에 의한 사고 등을 미연에 방지 할 수 있고, 특별히 선로를 감시하기 위한 순찰 등이 필요 없어 안정적이고 효율적인 Bus Duct 선로의 운전 및 진단이 용이하게 된다.

3. 결 론

광화이버를 이용한 온도감시 시스템이 대용량의 전류를 급전하는 Bus Duct 선로의 운전 상황 Monitoring 에 매우 효과적인 방법으로써, 선로의 급전 품질의 신뢰도 향상에 효과적으로 기여할 수 있음을 확인하였다. 또한 아무리 복잡한 선로라 하더라도 공압을 이용한 포설공법은 온도감시 센서인 광화이버 포설에 매우 유효한 기법으로 활용되었다.

[참 고 문 헌]

- [1] S.H. Nam, S.K. Lee et, al "Installation of R-TAS™ System on ShinYangJae-GwaChon Transmission Line.", *Proceedings of application technology of high voltage and discharge*, pp 102-105, 2005
- [2] R.J. Nelson, T.F. Brennan, J.S. Engelhardt: "The application of real-time monitoring and rating to HPOF pipe cable system", *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 4, No. 2, April 1989.