

초고압 CABLE 감시시스템 연구

한기만 이광철 전승익 김충식
금성전선(주) 연구소

Surveillance System For Extra High Voltage Cable

K. M. Hahn, K. C. Lee, S. I. Jeon, C. S. Kim
Gold Star Cable Co., Ltd

ABSTRACT : For improving the power supply reliability and minimizing maintenance work of E.H.V. underground transmission line, new surveillance systems are strongly desired for use in the field of electric power transmission.

For underground installation, high system reliability is required because E.H.V. cables, if an accident happen, can have a serious impact on social activities and human life. In answer to this requirement, applications of optical fiber transmission system have been widely developed in a variety of field.

The main function of this system are cable fault location, oil leak detection, and surveillance of the cable circuit and tunnel condition.

1. 서론

근래에 들어서 산업이 복잡, 다양해지고 안락한 생활에 대한욕구가 커져 송전설비의 규모와 양이 증대해지고 있다. 특히, 끊임없이 전개되고 있는 정보사회의 발전으로 전력 공급의 안정성이 필수적이다.

송전선의 신뢰성과 전력시설의 보수업무를 합리적으로 개선하기 위해 지중송전선로에 대한 새로운 감시시스템의 개발이 요구되어진다.

그러나 지중송전선로가 점점 길어짐에따라 종래의 방법으로는 적절한 감시가 어렵게되었다. 이에 이상

의 조기 검출, 사고의 미연방지, 사고시 조기복구를 위해 각종 센서를 이용한 새로운 형태의 보수, 유지시스템의 개발이 필요해졌다.

센서 활용기술, 광통신 기술, 정보처리 기술, 케이블 시스템에 관한 기술들을 종합한 시스템화 기술을 바탕으로 당사에서 개발중인 지중송전선로 감시시스템에 대해 소개하겠다.

2. 본론

2-1 시스템 구성과 특징

우선 이 시스템의 두드러진 특징은 광변류기예의 해 케이블 사고 구간을 찾는 것이고 OF Cable의 누유를 유압센서를 이용하여 조기발견하는 것이다.

지중송전선로 감시는 Cable의 화재, 수위의 증가, 가스 발생등으로 인한 치명적인 재난으로부터 송전시설을 보호하는 것이다. 또한 터널내부에 설치된 Fan, Pump, Light등의 상태를 점검하고 Monitoring을 한다. 한편, 지중송전선로를 효율적으로 관리하기 위하여 센서들의 적절한 위치 선정과 Tunnel내 환경에 적합한 센서의 개발이 중요하다.

Cable 감시는 Cable의 표면온도, movement, sheath 전류, 도체전류를 측정한다. 특히 OF Cable인 경우는 oil의 양과 유압이 계속되어져야 한다. 또한 도체온도와같이 측정이 불가능한것은 도체전류와 표면온도의 관계식을 유도하여 표시할수 있다.

세부 감시 항목과 기능은 표 1 참고

표 1

기능	항목	목적
지락사고 구간검출	sheath 전류	사고구간 검출 및 조기 복구
TUNNEL 감시	<ul style="list-style-type: none"> · 화재 · 유독가스 · 가연성가스 · 온, 습도 · 수위 · 풍속 · 조명등 · 펌프 · 출입자감시 	<ul style="list-style-type: none"> · 예비상태 및 tunnel 내부 환경 감시 · 출입자감시
CABLE 감시	<ul style="list-style-type: none"> · 표면온도 · 거동 · 도체전류 · 유압 · 유량 	<ul style="list-style-type: none"> · 이상의 조기검출 · 사고방지

시스템의 주요 구성은 다음과 같다.

- 1) 각종 센서와 장치들이 연결되어 있고 중앙처리국(MS)으로 데이터를 전송
- 2) 단말국(LS)으로부터 오는 데이터를 종합적으로 처리, 제어, 판단하는 중앙처리국(MS)
- 3) tunnel, cable 혹은 다른 장치에 설치된 센서
- 4) tunnel 내부를 볼수있는 ITV camera

시스템의 모든 단말국간은 Optical Fiber로 연결되어 데이터의 신뢰성을 높이고 Network 구조는 Bus방식을 사용했다.

통신회선의 Error 검출을 위해 CRC Check을 하여 통신오류를 복구한다.

중앙처리국에서는 모든 단말국에서 올라오는 Sheath 전류나 유압, 유량등의 각종 센서정보를 수집, 분석하여 colere monitor로 표시하고 일정한 format으로 printer에 출력한다. 또한 등도 내부에 설치된 ITV Camera를 remote control하여 원하는 지점의 상태를 눈으로 관찰한다.

중앙감시국과 단말국은 데이터 보호및 감시업무의 지속적인 수행을 위해 정전시 2시간 정도 back-up이 가능한 UPS를 사용한다.

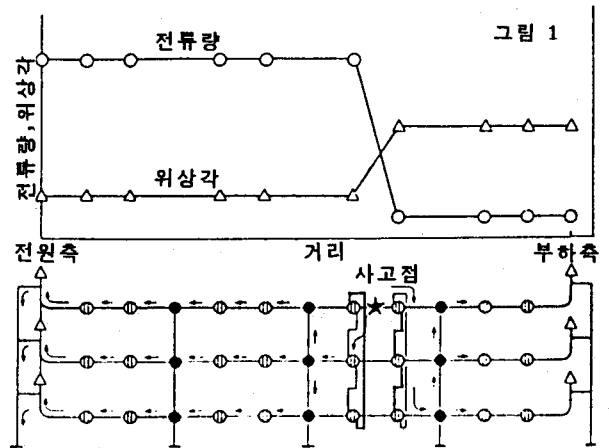
2 - 2 사고구간 검출

지락사고시 사고전류는 내부도체에서 sheath층으로 흘러 들어가서 발전소 접지쪽으로 흐른다. 그림 1과 같이 IJB의 cross bonding에서 전류의 크기와 위상이 크게 달라진다. 사고점을 경계로 전류의 크기가 크게 차이가 나며 위상각은 90도 이상 shift한다.

초고압 Cable의 sheath impedance는 NJB의 접지 저항보다 훨씬 낮기때문에 사고전류는 aluminum sheath 층을 통해 발전소의 접지로 흘러들어 간다. 사고점은 각 cross bonding wire의 전류를 측정하여 전류형태를 분석함으로써 쉽게 발견된다.

cross bonding wire로 흐르는 사고전류는 Optical Current Transformer(CT)의 2차측에 유도전류를 흘려서 LED를 발광케 한후 optical fiber를 통해 광신호로 전달된다. 3상의 CT출력이 병렬로 E/O Converter에 더해져서 zero phase로 변환된다. CT로부터오는 광신호는 O/E Conversion 한후 단말국에서 1ms의 간격으로 sampling되어서 RAM에 저장되어 진다. 만약 일 일정치 이상의 전류가 흐르게되면 system에 trigger 신호를 주어서 RAM에 쓰여진 데이터를 hold 시킨다.

중앙감시국에서는 전구간으로터 올라오는 전류 데이터를 수집하여 그림 1와같이 전류의 phase와 크기를 비교한후 사고구간을 판단한다. 기준수치들은 DMTP에의한 해석을 통해서 결정한다.



2 - 3 Tunnel 감시

2-3-1 센서

tunnel내부의 환경을 효과적으로 감시하기 해서는 위해서는 여러 종류의 센서가 필요하다. 우선 연기,

가스센서는 tunnel 전구간에 적당한 거리를 두고 설치하여 경제적인 면과 사용목적에 맞게 선택한다. 보통 최적의 거리는 100m - 200m 정도 거리를 두는게 좋다. 그의 센서들의 온도 및 배치는 * 참조

tunnel 내부에 사용된 센서의 출력은 단말국으로 보내지므로 여러개의 센서들이 단말국과 연결되어져 noise와 surge의 방지가 어렵게 되므로 유사한 성질을 가진 것들은 한 Box에 설치하여 compact하게 만든다. Box 내부의 센서들은 multiplexing되어져서 단말국으로 보내진다.

2-3-2 장치제어

충분하게 tunnel 내부를 감시제어하기 위해서는 상태의 monitoring으로는 불충분하다. 그래서 화재가 감지되면 Fan을 끄거나 혹은 Gas의 유출시 Fan을 동작시켜 Gas를 배출한다. 또한 내부 상황을 눈으로 직접 확인하기 위해 light를 켜서 Camera로 원하는 위치에 맞추어서 살펴 볼수 있어야 한다. 한편 불법침입자의 출입을 통제하기위해 보안장치가 필요하다.

2 - 4 Cable 감시

2-4-1 Cable의 온도 감시

cable의 정격은 최고 도체허용온도가 넘지 않는 점을 계산하여 얻어진다. 도체온도는 아래 수식으로 얻어지는데 실제로 cable이 포설된 전구간을 정밀하게

$$T1 = I^2 * n * r * Rth + T2 + Td$$

- T1 : 도체허용 최고온도
- I : 도체허용 전류
- n : cable의 선심수
- Rth : 열저항
- T2 : 주변온도
- Td : 유전체 손실에 의한 온도상승

얻기는 불가능하므로 termocouple을 여러점에 설치하여 cable 표면온도를 얻어 도체온도를 계산한다.

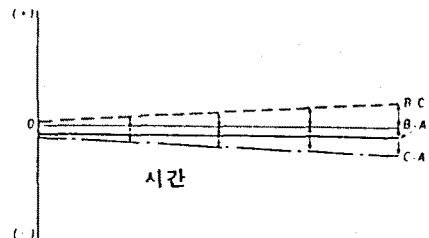
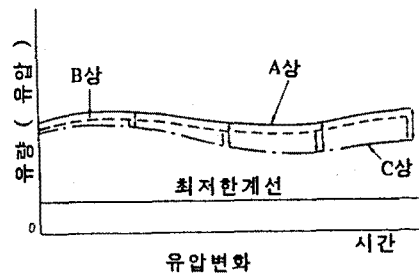
최근에는 optical fiber를 이용하여 cable의 상당 거리(2km 정도)를 1m의 정밀도를 가지고 cable의 표면온도를 측정하고 있다. 이것을 이용하면 electro-magnetic의 방해를 받지않고 hot spot을 검출할수 있

다. 도체온도는 직접 측정하기 곤란하므로 도체전류와 열저항 등을 고려한 유추식을 이용하여 도체온도를 얻을수있다. 도체온도를 알면 과부하 용량을 예측할수 있고 Cable의 열화정도를 짐작할수 있다.

2-4-2 누유

OF cable인 경우 oil의 누유는 종래에는 정기적으로 보수원이 검침을 하거나 상하한치를 정해 놓고 경보음이 울리게 설치해 놓았으나 이러한 방법은 누유에 의한 사고를 미연에 방지하지 못한다. 누유감시의 새로운 방법으로 PT의 유량과 유압을 측정하여 아래 그림 3과 같이 하여 누유를 감시한다.

tunnel 속에있는 cable은 같은 온도 조건에 설치되어 있기 때문에 유량, 유압의 변화는 3상 모두 같은 곡선을 그리며 변한다. 그러나 어떤 1상이 누유가 될경우 상간 유압의 변화가 생겨서 쉽게 누유가 생긴 상을 찾을 수 있다. 계속적인 유압, 유량을 측정하여 누유 여부를 판정하고 보수원으로 하여금 적절한 조치를 취할수 있게 한다.



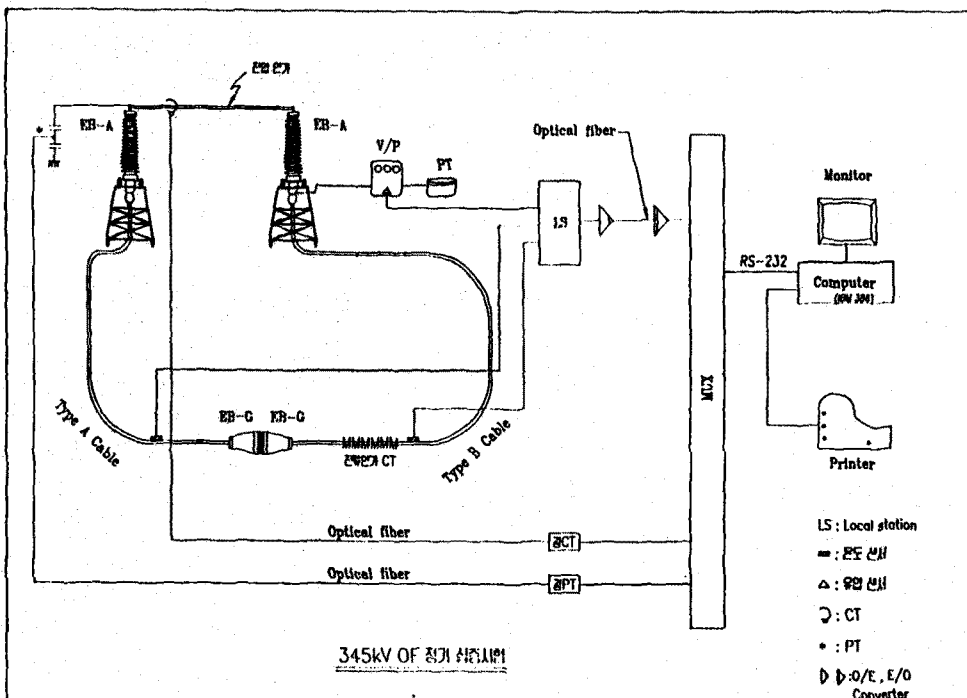
2 - 5 당사의 전력 케이블 감시 시스템 적용 사례
당사에서 작년 개발하여 345 OF field test에 실제 적용한 광계측 시스템에 대해 소개하겠다.
시스템의 구성 및 기능은 다음과 같다.

구 성	기 능
중앙처리국	<ul style="list-style-type: none"> · 단말국으로부터 오는 데이터를 수집, 처리 · 상태 color graphic · print · data serch · 통신상태 감시 · 단말국의 전송신호를 MUX를 통해 순차적으로 받아들임
단말국	<ul style="list-style-type: none"> · 각종 센서 데이터를 A/D converter를 통해 digital로 변환한뒤 중앙처리국으로 전송
광 data link	<ul style="list-style-type: none"> · 9600 bps · optical fiber
광 CI/PT	<ul style="list-style-type: none"> · 케이블의 전류, 전압 측정

약 1개월간 345 OF cable에 전류 2000A, 전압 340kv를 인가하여 시스템 운용한 결과 cable 표면 온도 변화에 따라 유압이 유사한 곡선을 그리며 변화했으며 표면온도가 대기온도의 영향도 받는 것으로 나타났다.

시스템의 동작과 기능에는 문제가 없었으나 surge의 발생시 시스템 down이 몇번 발견되어 이에 대한 대책이 요망된다.

중앙처리장치



3. 결론

지중전송선로의 보수 및 운용을 합리적으로 하기 위해서 센서, 광전송기기, 컴퓨터를 이용하여 선로를 감시하는 이 시스템은 효과적인 보수와 전력공급 안정에 기여할 것으로 본다.

또한 전력계통의 사고를 미연에 방지하고 조기복구를 가능케 함으로서 보수업무 심려화에 도움을 주리라 생각한다.

그리고, 여러 센서들의 신뢰성 확보, 시스템내에 열화진단장치의 부과, 데이터 처리에 있어서 Fuzzy, AI적인 S/W 개발, 자기진단 장치 등을 앞으로 보강한다면 더욱 기능성이 높은 시스템이 만들어 지리라 생각한다.

참고 문헌

1. 1989년 9월 主友電氣 제 135호
2. C. A. Maloney, "Locating Cable Faults", IEEE Transactions on Industry Application, vol. IA-9, no. 4, 380-394, July/August 1973
3. 昭和63년電氣學會全國大會, No. 1313
4. 昭和63년電氣學會全國大會, No. 1315

※ 참조

