

송전선로 고장에방 적용기술

김 경호, 유 철환, 민 병욱
한국전력공사 중앙교육원, 송변전처

Applied Techniques for Protection of Transmission Line Fault

Kyeong-Ho Kim, Chol-Hwan Yoo, Byeong-Wook Min
Central Training Institute, KEPCO

Abstract - To increase reliability and maintenance of transmission line, advanced electric companies have developed and applied new maintenance technologies and equipment. This paper introduces several technologies and equipment that are now applied to operate and maintain transmission line. Also, this paper suggests future R&D themes

1. 서 론

최근 전력수요의 급격한 증가로 원거리·대전력 수송을 위해 송전선로의 고전압·대용량화가 추진되고 있으며 전기품질 및 공급신뢰도 향상에 대한 요구는 그 어느 때보다 높아지고 있다. 그러나 송전선로 경과지가 대부분 보수원으로부터 먼 원거리 산악지로 선정되어 유지보수 여건은 더욱 어려워지고 있으며, 한편으로는 비용절감 측면에서의 보수관리 과학화·효율화의 필요성을 요구받고있는 실정이다. 이와 같은 전력사업환경 변화에 대응하기 위하여 국내 및 해외 전력회사들은 보수관리 기술 및 관련 장비에 대한 연구를 활발히 추진하고 있다.

본고에서는 현재 적용하고 있는 최신 송전선로 유지보수 기술 및 적용사례에 대하여 알아보고 앞으로의 발전과제에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 본 론

2.1 순시 점검업무의 효율화

2.1.1 헬기를 이용한 수목이격거리 측정 장치⁽¹⁾

헬기의 기동력과 공중에서의 관측을 이용한 송전선로 수목간 이격거리 측정기술이 1995년 일본 구주전력에서 일본전기와 공동개발하여 사국전력 등 일본전력회사에서



그림 1 시스템 개념도

실용화되고 있다. 이 시스템은 고화상 분해능력을 갖고 있는 HDTV(하이비전카메라)와 펄스레이저 발생장치를 헬기에 탑재한 것으로서 공중에서 전선이나 가공전선 등

의 점검 및 수목과의 이격거리를 측정하여 지장수목 벌채에 이용하는 시스템이다. 이 시스템의 기본원리는 헬기로 송전선 상공을 비행해 가면서 레이저 펄스를 송전선이나 수목에 대하여 照射하여 그 반사광을 받기까지의 시간과 조사각도에서 전선과 수목의 위치를 측정하여 2점간의 이격거리를 측정하는 것으로 측정개념도는 그림-1과 같다. 본 장치의 구성은 데이터수록부(機上)와 데이터처리해석시스템(地上)의 2가지로 구성되어 수록부에서는 목표까지의 거리, 조사각도, 헬기의 운동데이터를 취득하고 그 데이터를 해석시스템에서 자동처리하여 종단도 및 평면도를 출력함은 물론 전선의 온도변화에 따른 이도의 증감 및 수목의 성장을 시뮬레이션하여 향후 수목벌채의 계획을 수립할 수도 있다. 이 시스템을 활용하여 순시, 점검업무를 1회의 비행으로서 수행할 수 있어 상당한 업무의 효율화를 이룰 수가 있다.

2.1.2 전선 탐상기(Corrosion Detecting System)⁽²⁾

전선의 상태점검을 위해서는 작업원이 직접 전력선에 올라 앉거나 스페이지셔카를 이용하여 전력선을 타고 나가야 하므로 많은 시간과 노력이 요구되는 위험이 내재된 고소작업이다. 한편에서는 이와 관련하여 원격조정으로서 전력선 부식상태를 점검하고 그 결과에 따라 전선결함 및 전선수명을 예측 경제적인 전선 교체시기를 결정할 수 있는 전선 탐상기를 개발하였다.

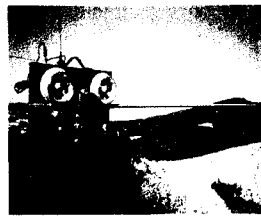


그림 2 탐상기



그림 3 전선 탐상 전경

이 전선탐상시스템은 가선된 전선에 장착되어 원격조정에 의해 이동하면서 전선부식 상태에 의한 와류변화를 검출하는 기능을 가진 탐상기(Corrosion Detector)(그림-2참조)와 지상에서 휴대용PC(Notebook)로 탐상기를 제어하고 탐상 데이터를 지상의 기록장치에 전송하도록 제어하는 지상제어기(Ground Control Station)로 구성되어 있다. 이 탐상 시스템은 전선탐상 결과에 대하여 전선수명을 예측하고 진단하기 위한 「전선수명진단시스템」과 「전선결함 측정 및 분석시스템」으로 구성되어 있어 현재 한전에서 운영중인 송전운영관리 시스템의 선로이력, 고장이력 등과 병행 관리함으로써 설비보존 예지능력을 강화하고 송전설비 진단기법의 과학화의 일환으로 급년부터 본 시스템을 활용할 계획에 있다.

2.2 고장구간 조기 발견

2.2.1 철타 납회표시기⁽³⁾

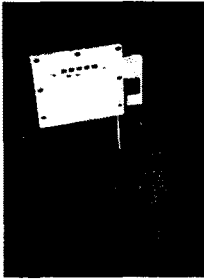


그림 4 납회표시기

가공송전선로 고장 중 낙뢰고장이 전체 고장의 약 23%를 점유하고 있다. 그러나 송전선로 경과지가 대부분 야산 및 산악지로서 고장개소 발견을 위해서는 많은 시간과 인력이 소요된다. 따라서 낙뢰고장개소의 신속한 발견을 위하여 낙뢰시 뇌격전류를 검출 납회철타를 표시할 수 있는 철타주주재 부착용 납회표시기를 개발하여 사용하고 있다. 그 동작 원리는 가공지선이나 철타에 낙뢰가 유입될 경우 뇌전류가 철타주주재를 통해 대지로 방전되어 주주재 주변에 자장이 발생하게

된다. 그 자속이 납회표시기 내부의 검출코일(search coil)을 채교할 때 발생한 전자력에 의해 표시부의 스프링을 자동 적색천을 떨어트리게 하므로서 뇌격된 철타를 원거리에서도 순시원 및 모니터링이 쉽게 발견할 수 있도록 한 장치이다.(그림-4참조) '97년까지 10개 일본전력회사에서 약 48만개를 설치하였으며 연간 약 5만 3천개가 소요되고 있고(日油技研 자료) 한전에서는 '96년부터 시사용 기간을 거쳐 '99년 말 까지 철타 약 3,900기에 설치하여 사용 중에 있다.

2.2.2 철타납회 통보장치⁽⁴⁾

철타가 뇌격을 맞았을 경우 그 위치발견방법으로 지금까지 순시, 사고점표정장치(L.F.L) 또는 앞에서 기술한 납회표시기(화약식, 또는 전자식)를 이용하고 있으나 야간이나 악천후 시에는 순시원의 육안점검이 곤란하고 적색천으로 납회철타를 알려주는 납회표시기는 동작 후 교체 또는 복귀작업을 필요로 한다. 따라서 이런 점을 개선하여 송·수신장치에 의해 납회철타를 원거리에서도 신속히 확인할 수 있고 곧바로 순시원에게 알려주는 철타납회 통보장치가 개발되어 실용화되고 있다. 본 장치의 동작원리는 송전선 철타에 낙뢰로 인한 지락사고 발생시 철타에 설치한 소형 발신기가 기동하여 전파를 발신하면 순시원이 휴대하고 있는 수신기에 의해 원거리에서도 사고개소를 지정하여 찾을 수 있도록 한 장치이다. 그 장치의 시스템 구성은 그림-5와 같이 ①송전선 철타에 취부할 수 있는 소형 송신기 ②발신된 전파를 탐사할 수 있는 안테나 및 전파를 수신하여 식별하는 수신기로 구성되어 있다.

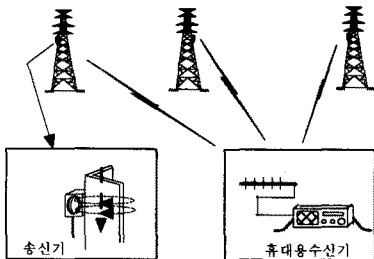


그림 5 납회통보장치 구성

이 장치는 1992년 11월 일본 북륙전력 77kV 송전선에 설치하여 필드시험을 개시한 이후 설치대수를 증가시켜 1996년 12월까지 5개 선로에 50대를 설치하여 100%로 동작율을 확인한바 있다. 또한 이 장치로 철타 번호별 동작실적 횟수를 파악할 수 있게 됨으로써 낙뢰빈도의 Map화가 가능하게되어 내뢰대책수립의 기초자료로 활용이 기대되고 있다.

2.2.3 낙뢰위치 표정 및 추적시스템(LPATS)⁽⁵⁾

최근 뇌방전시에 발생하는 전자파를 검출함으로써 낙뢰위치와 뇌전류의 크기 등을 측정하는 낙뢰위치 표정시스템이 미국, 일본 등 해외 전력회사는 물론 한전에서도 도입하여 운영 및 분석기법 에 관한 연구를 진행하고 있다. 한전에서는 95년부터 도달시간차 방식의 낙뢰감지기인 LPATS(Lightning Position and Tracking System)를 도입 운영하고 있다. 이 낙뢰위치 표정시스템의 개요는 낙뢰시 발생하는 전자파가 여러개소의 수신국에 도달하는 도달시간차법으로부터 낙뢰위치를 표정하는 방법으로서 두 개의 수신안테나에 도달하는 전자파의 시간차를 구한다. 정확한 시간차를 구하는데는 GPS(Global Positioning System) 인공위성으로부터의 신호를 사용한다. 이 시스템의 구성은 낙뢰감지수신기, 중앙분석기(CA), 통신접속장치, 자료기록장치, 파형분석장치(LWAS), 네트워크 감시장치, 화면 표시장치(VIS)로 구성되어 있다.

또한 이 LPATS에서 취득한 자료를 활용하여 낙뢰분석프로그램을 개발함으로써 국내 낙뢰특성의 분석 및 낙뢰 데이터베이스 구축하고 연간뇌우일수(IKL) 등을 작성하는 등 낙뢰고장 예방 및 내뢰설계 자료로 활용하여 뇌해대책 수립자료로 유효하게 이용하고 있다. 그림-6은 한전의 낙뢰위치 표정시스템의 수신국의 위치도이다.

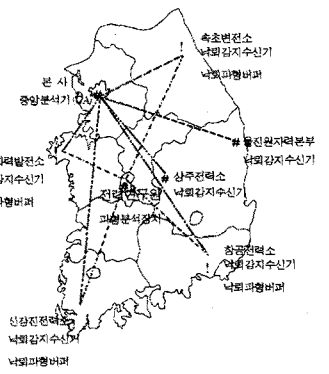


그림 6 낙뢰감지 수신기 위치도

2.3 고장 미연 방지대책

2.3.1 침상전극봉⁽³⁾

접지저항이 설계기준치 이하인 철타에 급준파 뇌격 돌입시 애자련 섬락고장이 발생하고 있으며 써지임피던스 상승으로 인한 철타전위 상승의 억제가 필요하다. 따라서 섬락 발생 이전에 대지방전을 일으켜 대지방전에 의한 써지임피던스 저감 효과가 뛰어난 침상형태의 전극봉(그림-7참조)을 개발하여 사용하게 되었다. 특성은 ① 대지방전으로 인해 써지임피던스를 최고 60% 감소 ② 대지방전개시전압이 낮아(20-30kV) 대지유입 전류를 초기에 흡수 ③ 콘크리트내 써지임피던스 저감효과가 좋다. 시공 실적을 살펴보면 일본전력회사의 경우 '96년까지 약17만개 연 평균 약11,000개 정도 시공되고 있고 국내의 경우 '98년까지 약1,000여 개가 시공되었으며 한전에서도 '98, '99년 시사용을 거쳐 확대사용 중에 있다.

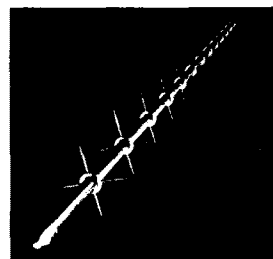


그림 7 침상전극봉

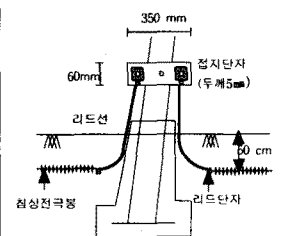


그림 8 전극봉 시공도

2.3.2. 광화이버를 이용한 센서적용 기술⁽⁶⁾

이 시스템은 보수에 필요한 정보를 첩탐 등에 설치한 각종 센서가 감지하여 송전선에 병가된 광섬유복합가공지선(OPGW)을 통해 보수부서의 집중 감시장치에 전송하는 시스템이다. 시스템에 적용되는 센서의 예를 표-1에, 시스템 구성도를 그림-9에 나타내었다.

표 1 센서 적용 예

적용항목	적용 센서
고장구간 표정	가공지선 전류감지센서
설비상태감시	ITV, 항공등감시센서, 전선온도계, 전선장력계, 애자형 진각도계, 애자오염센서, 가속도계, 첩탐변형게이지
기상관측	풍향풍속계, 강우설량계, 온도도계, 착설샘플러, 적설량계
기타	코로나·풍속측계, 마이크로폰, 보안전화

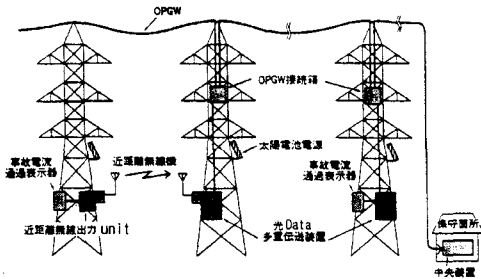


그림 9 시스템 구성도

이와 같이 OPGW를 이용한 「가공송전선 보수정보시스템」은 보수관리의 과학화, 효율화를 위한 유망한 기술로서 미국 및 일본전력사 등에서 각종 센서 및 정보처리 소프트웨어의 연구개발이 활발히 이루어지고 있고 한전에서도 풍향계 및 항공등 점멸, 애자런 감시분야에 실증시험을 한바 있어 앞으로 상용화 및 확산화가 기대되어진다.

2.3.3 송전용 피뢰장치⁽⁷⁾

최근 변전용 피뢰기에 사용하는 산화아연소자(ZnO)를 이용한 송전선 피뢰장치(그림-10참조)를 개발하여 애자 장치에 병렬로 취부함으로써 송전선 뇌격사고 저감에 효과를 가져오고 있다. 송전용 피뢰장치는 한류요소부와 직렬갯부로 구성되어 있으며, 그 동작원리는 뇌격시 이상전압은 직렬갯부에서 섬락시켜 뇌전류를 방전하므로써 애자현을 보호하고, 이어지는 속류전류는 한류요소부에서 차단하는 특성 때문에 뇌격을 받아도 변전소 차단기가 개방되기 전에 사고전류(속류전류)를 차단하여 송전선 트립을 방지하게 된다. 가까운 일본의 전력사에서는 220kV까지 설치운영을 하고 있으며 한전도 선로 실증 연구를 수행하고 있다.

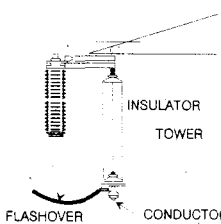


그림 10 피뢰장치 구성

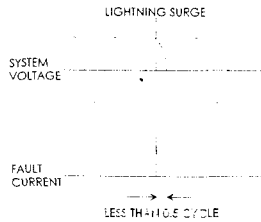


그림 11 동작시간, 파형

2.3.4. 선로주변 감시시스템 기술⁽⁶⁾⁽⁷⁾

가공송전선로 선하지 주변은 건축물의 신증축을 위한

크레인 등 중기류의 사용이 빈번히 발생하고 있어 고장 위험 요인에 대응하기 위한 현장감시에 많은 시간과 노력을 기울이고 있다. 이런 업무를 줄이기 위하여 ITV 화상을 이용한 감시시스템이 개발되어 송전선과 크레인

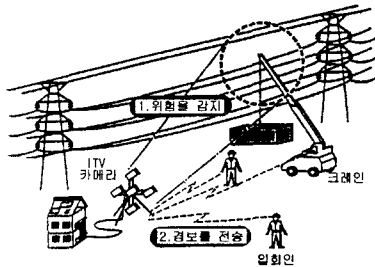


그림 12 감시시스템 개념도

등 접근물과의 이격거리가 리얼타임으로 계측되고 미리 송전선의 위험구역을 설정하여 그 구역내에 크레인 등이 접근할 때 경보를 발하는 시스템이다.(그림-12 참조)

2.4 기타 적용기술

기타 현재 개발연구 중이거나 실용화되고 있는 기술들을 살펴보면 폴리머애자를 사용한 가공송전선 콤팩트 기술⁽⁸⁾, GPS를 이용한 첩탐이상감시⁽⁹⁾ 및 송전선로 위치추적 기술, 전선분야에서는 카본화이버를 이용한 저이도전선⁽¹⁰⁾, 풍소를 저감 전선, 난작설 전선 등이 개발되고 있고 부속 급구류 및 보수장비분야에서는 활차통과형 그래프 및 스페사, 자주식 활선애자정조기, 전계식 불량애자검출기 등 많은 분야에서 기술개발과 연구가 국내외에서 진행되고 있다.

3. 결 론

앞에서 살펴본 보수관리 기술들은 궁극적으로 대형화, 다양화된 송전설비를 어떻게 효율적으로 관리할 것이며 또한 비용절감의 관점에서 설비의 슬림화, 보수업무의 생각화를 위한 첨단센서, 컴퓨터기술 등을 효과적으로 활용할 수 있는가에 대한 연구 개발의 성과라 할 수 있을 것이다.

향후 시스템 및 기자재 개발의 경제성, 보수업무 간편 효율성, maintenance운영 등 종합적인 측면에 중점을 두고 다음과 같은 과제에 대해 지속적인 연구개발의 성과가 있을 것으로 기대된다.

- ① 리모트 센서기술을 활용한 보수점검기술의 개발
- ② 각종 로봇의 도입에 의한 점검작업의 자동화
- ③ 화상처리, 화상인식에 의한 점검작업의 자동화
- ④ 무보수 부품 및 재료에 의한 Maintenance Free
- ⑤ 기상 및 설비상황 파악에 의한 사고의 예지 및 예측
- ⑥ 상호연계 및 업무지원 가능한 시스템 도입
- ⑦ 조작성이 양호한 인터페이스 및 확장, 보수가 용이한 시스템의 구축

(참고문헌)

- [1] 電氣現場技術, "헬기탑재형 이격측정장치의 개발", 99.7
- [2] 한전전력연구원, "전선수명예측시스템 개발", 중간보고서, 99.3
- [3] 한전 송전운영업무공문4집, "낙뢰표시기, 침상전극봉", 99.3
- [4] 電氣現場技術, "낙뢰첩탐 통보장치의 개발", 98.4
- [5] 한전전력연구원, "LPATS를 이용한 뇌격누적 분포곡선 작성에 관한 연구", 최종보고서, 98.5
- [6] 電氣協同研究, "전력설비의 센서기술적용", 제46권 제4호 p32~p67, 90.9
- [7] 電氣現場技術, "가공송전설비의 보수관리", p26~30, 96.1
- [8] 電氣現場技術, "가공송전선의 콤팩트화", 96.7
- [9] 電氣現場技術, "GPS이용 첩탐이상감시 시스템의 개발", 96.4
- [10] 電氣評論, "카본화이버를 이용한 저이도전선의 개발", 99.9