

**비파괴 탐상에 의한 ACSR 전선의 결함 검출**

강지원\*, 장태인\*, 민병욱\*\*, 김복규\*\*\*  
 한전 전력연구원\*, 한국전력공사\*\*, 국립 한밭대학교\*\*\*

**Corrosion Detection of ACSR Power Lines Using Non-Destructive Test Method**

J.W.Kang\*, T.I.Jang\*, B.W.Min\*\*, B.K.Kim\*\*\*  
 KEPRI\*, KEPCO\*\*, Hanbat Univ\*\*\*

**Abstract** - This paper deals with the development and application of an inner corrosion detector for the ACSR(Aluminum Conductor Steel Reinforced) power lines. The detector runs on an ACSR power line and inspects the inner corrosion of the conductor using the technology of the nondestructive eddy current test. It consists of an ECT sensor, signal processing units, a RF transmitter/receiver, and etc.. The experimental result through field tests shows the detector can efficiently find both the zinc and aluminum loss of ACSR power lines.

전선을 주행하면서 국부부식을 검사하기 위한 목적으로 설계되었다.

**2.1 ACSR 전선내부부식 탐상기의 구성**

전체 탐상시스템(corrosion detection system)은 가설된 전선에 장착되어 공중에서 이동하면서 전선 결함 상태에 의한 와류변화를 검출하는 기능을 가진 공중기(corrosion detector)와 이 공중기에서 측정된 데이터 수신 및 공중기의 동작을 제어하는 지상제어기(ground control station)로 구성되어 있다. 그림 2.1은 개발된 전체 탐상시스템의 외관을 보여준다.

**1. 서 론**

ACSR 전선이 국내에 도입되어 송·배전선의 전력선이나 가공지선으로 설치되어 사용되어 온 지 30여년이 넘어 열화가 상당히 진전된 전선이 생겨나고 있다. 이러한 ACSR 전선의 열화는 전선의 재질, 제조 방법은 물론 가설상태, 선로 주변 환경 등 매우 다양한 요소들의 상호작용에 의하여 진행되며[1~4], 전선의 부식이 가속화 되면 ACSR 전선을 구성하는 소선의 단면적 감소 및 인장강도가 떨어지게 되어 전선의 수명이 단축되는 직접적인 원인으로 작용하며, 국부부식으로 인하여 단선 사고를 초래하기도 한다.

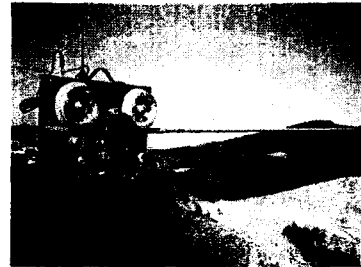
전선의 국부결함은 단선 사고를 유발하는 직접적인 원인이므로 이 결함을 사전에 인지하여 선로를 보수 또는 교체하는 것이 필요하다. 이를 위해, 영국에서는 아연층의 손실이 전선수명에 가장 큰 영향을 미치는 요소라고 판단하여 국부 결함으로서 ACSR 전선의 아연부식량을 측정하는 검출기를 개발한 예가 있으며[5~6], 일본에서는 동북전력과 후지쿠라 전선이 공동으로 알루미늄 소선의 부식을 검사하는 검출기를 개발하였다[7~9].

한편, 전선의 수명은 시설 후 경과된 기간으로 추정하는 방법을 사용하는 것이 일반적이지만, 전선이 가설된 지역의 환경적 요인이나 전선 재질상의 특성, 전력 공급량 등에 의하여 열화가 다양하게 진행되므로 전선의 수명을 일정기간으로 정하여 일괄적으로 추정하는 것은 설비의 유지 및 운용에 위험 부담이 따르므로 전선을 실제로 탐상하면서 그 열화 정도를 분석 또는 예측함으로써 전선의 잔존수명을 추정하여 전력공급의 안정성과 신뢰성을 확보하는 것이 필요하다.

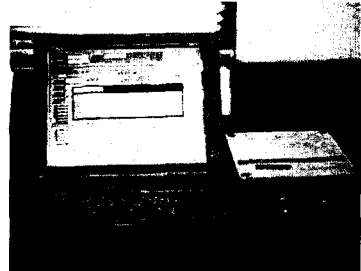
따라서 본 논문에서는 노후 송전선로의 최적 교체주기 마련을 위한 기초자료로 활용하기 위하여 개발된 ACSR 전선 결함감지장치를 이용하여 실선로에 적용결과 및 그 특성분석에 대해서 논하였다.

**2. 본 론**

이 절에서는 개발된 탐상기의 전체 사양에 대해서 기술하였으며, 제작된 내부부식 탐상기는 가설된 ACSR



(a) 공중 탐상기



(b) 지상 제어기

그림 2.1 탐상시스템의 구성

그림 2.1의 설계, 제작된 공중 탐상기 및 지상 제어기의 제원은 표 2.1 및 표 2.2와 같다.

표 2.1 공중 탐상기의 제원

번호	항 목	규 격	특 정
1	크기	400×210×550	안테나 380(mm)
2	중량	12(kg)	
3	센서형태	와류 센서	분할 판통형
4	모터	DC24[V], 8.6[W]	엔코더 부착
5	주행속도	0~15(m/min)	가변
6	구동전원	12[V], 7[Ah], 2개	재충전용
7	측정 데이터	D, Vr, Vs, Vo	4,800(bps)

8	무선 통신	통신 방법	반 이중통신	쌍방 통신
		통신 거리	500[m] 정도	가시거리
		변조 방법	FSK 변조	
		통신 속도	4,800(bps)	

표 2.2 제작 지상기의 제원

번호	항 목	규 격	특 징
1	무선모뎀	공중기와 동일	안테나 380[mm]
2	휴대용 PC	CPU	펜티엄 III
		메모리	64M
		기타	-

1. Windows98
2. 보조 배터리
3. 공중기의 제어
4. 측정데이터의 수신
5. 측정치의 분석

### 2.2 인공시료 실험

전선의 결함과 탐상기 측정 결과 사이의 상관관계를 검토하기 위하여 ACSR 97[mm]의 전선을 약 20[m] 준비하여 전선의 일반적인 열화나 결함 상태를 모의하기 위하여, 시료에 인공적으로 결함을 내어 지지물 사이에 부착하고 탐상기를 장착하여 주행시키면서 측정을 실시하였다. 시료의 인공 결함에 대한 구체적인 내용은 표 2.3과 같다[10].

표 2.3 시료의 인공 결함

번호	위치 [m]	결함 내용
a	3.1	100[mm] 길이로 염산을 이용하여 아연도금층을 40[%] 정도 부식
b	3.5	100[mm] 길이로 염산을 이용하여 아연도금층을 60[%] 정도 부식
c	3.9	100[mm] 길이로 염산을 이용하여 아연도금층을 80[%] 정도 부식
d	4.3	100[mm] 길이로 염산을 이용하여 아연도금층을 100[%] 정도 부식
e	4.7	100[mm] 길이로 염산을 이용하여 아연도금층을 20[%] 정도 부식
f	5.1	건전 부분
g	5.5	1개를 중심으로 50[mm] 정도를 평판형 줄로 마모시킨 것(소선 1/2 마모)
h	5.9	1개를 중심으로 20[mm] 정도를 평판형 줄로 마모시킨 것(소선 1/2 마모)
i	6.3	3개의 소선을 100[mm] 절단
j	6.7	3개의 소선을 80[mm] 절단
k	7.1	3개의 소선을 60[mm] 절단
l	7.5	3개의 소선을 40[mm] 절단
m	7.9	3개의 소선을 20[mm] 절단

그림 2.2는 표 2.3과 같은 내용으로 인공결함을 가진 시료에 대해 탐상기로 측정된 결과이다. 이 때, 탐상기

의 속도와 측정간격의 편차로 결함 위치는 대략 2~5 [mm]의 오차가 발생할 뿐 양호한 측정결과를 보임을 알 수 있다.

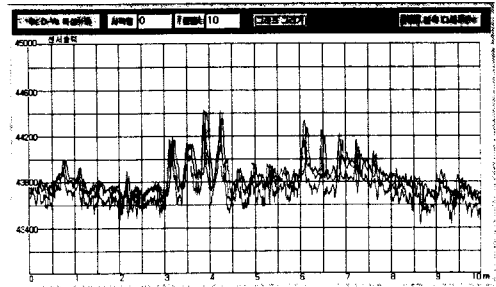


그림 2.2 인공 결함시료 측정결과

그림 2.2의 측정결과를 살펴보면 전선의 부식에 의한 특성 변화가 센서의 출력 변화로 나타나므로, 출력 진폭의 변화로 전선의 열화 상태를 알 수 있어 제작된 탐상기는 전선의 국부결함을 검출하는데 적합함을 알 수 있다.

### 2.3 현장 실증 시험

전선부식 탐상기를 이용하여 한전 대전전력관리처 관내의 A T/L에서 현장 실증시험을 수행하였다. 이 선로는 345[kV]이고 해안에서 대략 4[km] 떨어져 있으며, 1983년에 가설된 것으로 경년은 16년이었다. 측정은 가공지선 ACSR 120[mm]에 대해서 실시하였으며, 그 측정과정 및 결과에 대해서 아래 그림 2.3 및 그림 2.4에 나타내었다.

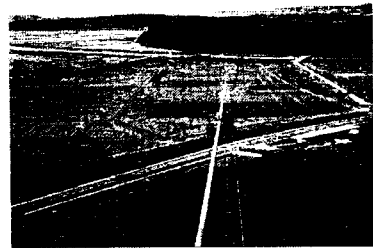
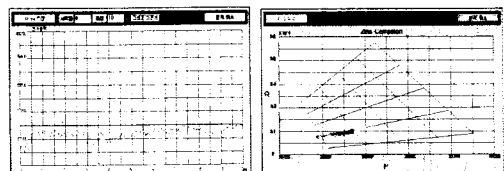


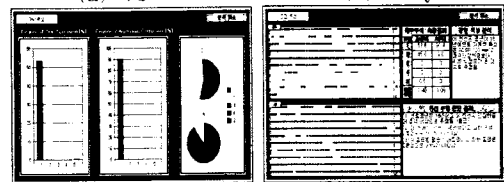
그림 2.3 현장 실증시험 장면(가공지선)

그림 2.4에서 보면, 아연은 대략 1 ~ 2등급, 알루미늄 연선은 건전한 상태이나 경년에 의해 약간의 부식이 나타나고 있음을 확인할 수 있다.



(a) Vs

(b) P-Q



(c) Bar 특성

(d) 등급 특성

그림 2.4 현장 실증시험 결과(I)

다음은 일차적으로 가공지선 결합 검출용으로 개발된 탐상기를 일반 송전 도체에 확대 적용하기 위하여 탐상기를 보완하여 현장 실증시험을 실시한 결과이다. 해당 선로는 한전 대구전력관리처 관내의 B T/L에서 수행하였다. 해당 선로는 345(kV) 480(mm<sup>2</sup>)이고 1981년에 가설된 것으로 경년은 20년이었다. 그 측정 과정 및 결과는 아래의 그림 2.5 및 그림 2.6과 같다.

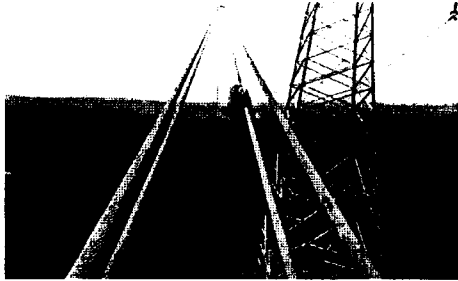


그림 2.5 현장 실증시험 장면(전력선)

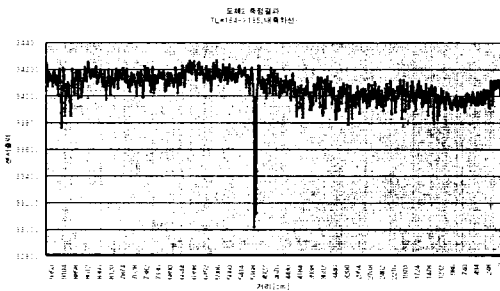


그림 2.6 현장 실증시험 결과(II)

그림 2.5 및 그림 2.6의 측정결과로부터 본 탐상기는 송전 선로의 도체결합 측정에도 확대 적용 가능함을 알 수 있으며, 보완된 탐상기가 현재 설계, 제작중에 있다.

### 3. 결 론

ACSR 전선의 국부 부식 및 결합을 검출하기 위하여 와류 센서를 이용한 전선 내부부식 탐상기의 개발 및 그 적용 현황에 대해서 살펴보았다. 개발된 탐상기는 무선에 의해 지상에서 제어 가능하도록 하여 그 실용성을 더하였으며, 이상의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 전선의 결합정도를 측정, 분석하기 위하여 분할 관통형 와류센서를 설계·제작하였다.
2. 센서의 출력 신호를 실수부와 허수부로 분리 가능하도록 신호처리부를 설계함으로써 전선의 알루미늄 또는 아연도금강선의 부식정도를 판단 가능하게 하였으며, 비파괴 방식으로 ACSR 전선의 내부부식 상태를 정량화 하였다.
3. 전선 탐상 시스템은 공중기와 지상기로 구성되어 있으며, 무선으로 지상에서 공중기의 측정 데이터를 수신 및 공중기 동작의 조정이 가능하도록 하여 현장 적용에 있어 실용성을 더하였으며, 현재 전선 교체주기 결정 및 상태변화 추이기록 등에 활용중이다.
4. 가공지선 결합 검출용으로 개발된 탐상기는 현장 실증시험을 거쳐 실선로에 적용 가능하도록 문제점을 보완하였으며, 현재 송전선 도체에 확대 적용 가능성을 확인한 후 시스템의 수정 보완중에 있다.

### (참 고 문 헌)

- [1] L.I. Persson, "Corrosion attack in midspan joints in ACSR transmission conductors", CIRED 1989, 10th International Conf. on Electricity Distribution, Vol. 3, pp. 259~261, 1989.
- [2] G.G. Martin, "Detection of internal corrosion in steel-reinforced aluminum power line conductors", Corrosion Australia, Vol. 15, No. 5, pp. 9~13, 1991.
- [3] 배전관리과제 연구선집, 전력연구원, KRC-92D-001, 1992.
- [4] 대기오염이 전력설비에 미치는 영향 연구, 전력연구원, KRC-92C-SO5, 1993.
- [5] J. Sutton and K.G. Lewis, "The detection of internal corrosion in steel reinforced aluminum overhead power line conductors", U.K. Corrosion, pp.343~359, 1986.
- [6] 김성덕, 심재명, "비자성 연선도체의 단면적을 검출하기 위한 솔레노이드 와전류 센서의 임피던스 해석 및 실험적 연구", 한국센서학회 논문집, 제6권 제2호, pp.87~94, 1997.
- [7] 島田健夫三, 佐藤勇輔, "硬알루미늄燃線 腐蝕劣化 判定装置의 開發", 日本 非破壊検査, 제39권, 제9호, pp.807~808, 1990.
- [8] J. Iinuma, J. Endo, etc., "Corrosion detector robot for overhead transmission lines", Fujikura Tech. Rev., No.21, pp.74~83, 1992.
- [9] P.G. Buchan, "Locating corrosion on operating transmission lines with an infrared camera", Ontario Hydro Research Division Report, No. 90-64-K, 1990.
- [10] 장태인, 조성배, 강지원, 강연옥, 양병모, "착탈형 구조를 갖는 와류센서를 이용한 ACSR전선의 아연손실량 검출", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.1963~1965, 2000.