

22.9kV 배전선로 항공 진단 방법 적용에 관한 연구

장정일*, 강병석
한국전력공사

The Study on Field Application of Aerial Diagnosis Techniques for the 22.9kV Power Distribution Line

Jeong-IL Zhang*, Byeong Seok Kang
Korean Electric Power Corporation

Abstract - 22.9kV 가공배전설비 진단방법으로 고주파, 초음파, 열화상, 광학, 활선기별점검이 대표적으로 적용되고 있다. 진단장비로 적용된 가공 배전설비는 광학진단이나 활선기별점검을 통해 기자재의 외관상태 등을 최종적으로 확인한다. 활선기별점검은 고비용이며 활선작업차(화석에너지), 활선자격, 다수인원이 필요하고 하천횡단, 장경간, 장척전주, 진입곤란개소 등은 진단점검이 곤란하며 광학진단은 기자재 상부를 진단할 수 없다는 제약이 있다. 본 논문에서는 항공 원격제어 헬기를 통해 22.9kV 가공배전선로에 근접하여 기자재 상태 확인 방법을 최초로 적용하여 기존의 활선기별 점검 및 광학진단 점검의 문제점을 해소하는데 효과적이었으며, 비용절감과 안전확보, 기존방법에서 점검이 곤란한 사항도 해소는 물론 Green Energy정책에 기여할 수 있었다.

1. 서 론

과거의 육안에 의존하던 방법에서 가공배전설비 점검은 안전성과 효율성을 높이기 위해 비접촉식의 진단장비를 활용하고 있다.[4] 현재 안정적인 전력공급을 위해 22.9kV 가공배전설비에 대해 고주파, 초음파, 열화상, 광학진단 등 다양한 진단방법이 적용되고 있다. 진단장비로 적용된 기자재는 최종확인을 위해 활선기별이나 광학진단을 시행하게 되는데 다수의 제약과 적용이 곤란한 개소가 있는 등 개선이 필요하다.

본 연구에서는 22.9kV 가공배전선로에 원격으로 근접하여 기자재 상태를 확인하는 방법을 제시하고 실선로에 적용하여 그 효율성을 입증하였다. KEPCO에서 최초로 22.9kV 가공배전선로에 항공진단 방법을 도입사례로 본 논문에서는 "22.9kV 배전선로 항공진단 장치"라고 한다.

2. 본 론

2.1 22.9kV 배전선로 진단

2.1.1 배전선로 진단원리

22.9kV 배전선로의 진단원리는 빛, 열, 음향, 전자파 등을 검출할 수 있는 각 장비를 활용하여 아래와 같은 원리가 적용된다.[1][2]

<표 1> 진단장비 원리



2.1.2 배전선로 진단절차

배전선로 진단절차는 1단계, 2단계, 3단계로 구성되어 있으며 각 진단 장비의 특성을 고려하여 아래와 같이 시행한다.[2]

<표 2> 단계별 진단절차



<그림 1> 단계별 진단 장비 및 특성

2.2 22.9kV 배전선로 활선기별점검, 광학진단, 로봇진단

2.2.1 활선기별점검

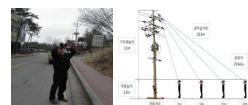
활선자격보유 배전활선원이 안전장구를 착용하여 22.9kV 배전선로를 방호후 활선작업차(화석에너지)를 사용하여 기자재 상태를 육안, 진단장치로 확인한다.



<그림 2> 활선방호 및 진단

2.2.2 광학진단

정밀 광학(고배율, 고화상)장비를 이용하여 배전 기자재의 균열, 파손, 변색, 시공 불량, 전력선 상호간의 근접 상태를 정밀 검사한다.



<그림 3> 광학진단

2.2.3 로봇진단

배전선로 가공지선을 자율주행하면서 점검하는 로봇개발(한전 중소기업연구개발)은 배전선로점검 진단시스템(온도와 음파검출, 영상)탐색, 데이터분석을 실시간 전송[무게(약 15kg), 6시간 운행]한다.



<그림 4> 로봇진단 [3]

2.2.4 개선점

활선기별 점검 약점				
구분	범위	연야업	고주파	장비
점진수	20기	2역기	2진기	2역기
비용	13만원	2만원	작정	작정
적용률	5.63	0.21	0.61	4.71

- 현장점검 고비용(제한적 사용)
- 장시간소요 (20분)
- 진단수량 소량
- 고가장비, 안전최고수준
- 진입곤란장소 진단불가
- 횡단, 장척전주 진단불가

광학진단 약점	
<ul style="list-style-type: none"> 연속이동기별 불가 협소장소(동행물편) 수전설비 진단곤란 	<ul style="list-style-type: none"> 광학점검정상 기자재상단부 확인불가 협소장소에서 기자재 확인 곤란 기별점검 불감

<그림 5> 활선기별 및 광학진단 개선점

활선기별점검은 1) 차량통행이 빈번한 개소에서는 차량정체 해소 및 안전확보를 위해 차량통제요원등 4명이상 인원이 필요 2) 활선작업차 지원 3) 활선자격자 필요 4) 좁은 편도차선공간에서 수행 곤란 5) 신속성이 없어 일일 극히 제한된 수량 6) 16만원/킬로 고가 7) 사람이 특고압선에 근접작업을 하므로 복잡한 배전선로에서 진단은 매우 위험 8) 장경간 하천횡단개소, 장척전주(18m, 20m이상), 진입곤란 장소의 배전선로는 기별점검을 할 수 없으며, 9) 진단차량은 화석 에너지를 사용한다.

고배율 망원경·카메라를 활용한 광학진단은 배전설비 주변에 건축물이나 도로등 장애물, 비좁은 도로에서는 배전설비의 일부 측면만을 확인할 수 있으며, 배전설비의 상부는 전혀 확인할 수 없다.(예시, LP 예자의 상부, 바인드 상태, 개폐기 상부 부상상태 등)

이외에 배전선로 경간중의 가공지선이나 전선의 피복상태를 기별이나 광학진단으로 확인하려면 몇배의 노력이 요구된다.

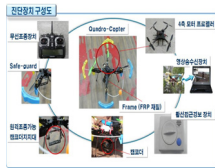
Distribution Line Checking Robot[3]은 가공지선에 진단장비를 Loading 하여 배전선로를 진단하고자 개발되어 현재 시범사용중이다.

본 논문에서는 상기 문제점을 해소하고자 22.9kV 배전선로에 대한 항공진단 방법을 최초로 도입하였고 배전계통에 적용하여 그 효과를 입증하고자 하였다. 특히 22.9KV 배전선로는 전압이 높고 사람들이 다수 왕래 밀집지역에 있어 안전을 최우선 고려하여 실증시험을 하였다.

2.3 22.9kV 배전선로 항공진단 시스템

2.3.1 진단장치 구성

항공장치는 본체 + 진단장비부 + 조정부로 구성된다.[5] Frame은 경량이고 절연이 확보된 FRP를 사용한다. 배전선로 촬영에 적합한 4개 프로펠러(Quadro-Copter)를 사용하고, 동력원은 Green energy인 Battery를 적용한다. 22.9kV 배전선로 접근 경로를 위해 하단에 활선접근 경보기 장작과 프로펠러 주변에는 Safe-guard를 설치하여 시설물과의 접촉을 예방한다. 본체에는 기자재 상태 촬영을 위한 지지대(원격 방향조정)와 조종·진단위치 신뢰도를 높이기 위한 방향표시기와 영상송수신장치가 있다. 영상 송수신 장치는 지상에서 촬영대상 기자재에 대한 정밀진단시 중요한 역할을 한다.



〈그림 6〉 항공진단구성



〈그림 7〉 항공진단개념

〈표 3〉 항공진단 시스템 제원

항공진단본체 (반경·무게)	Battery 성능	캠코더 (카메라)	활선접근 경보제원	진단 시간	진단 높이
50cm×150g (Battery포함) 프로펠러반경(20cm)	3,300mAh 700g, 3cell	고화질	110cm (110회/분)	12분 ^{주1)}	150m ^{주2)}

모터 : BL(18A), 진단가능풍속(2m/sec) / 주1) 2팩 배터리, 주2) 시야가능거리
※ 영상수신장치 : 비행자세 및 진단위치 정밀도 향상

2.3.2 Field 적용

2.3.2.1 최초 적용성 평가

배전선로 항공진단의 효용성을 입증하기 전에 타당성 검토를 사전에 시행하였다. 타당성 검토는 무엇보다도 중요하다. 배전선로에는 60hz의 고유 주파수를 갖는 전력을 전송하고 있으므로 항공진단장치와 무선조종장치간의 간섭에 의한 No-Con(No Control) 여부를 확인 할 필요가 있다. 5개소의 Field에 적용한 결과 항공본체와 조종장치간에는 2.4Ghz Adaptive 주파수를 사용하기 때문에 간섭은 전혀 없어 22.9kV 배전선로에 적용해도 됨을 입증하였고 캠코더(카메라)로 촬영한 기자재 상태를 off-line에서 확인한 결과 배전기차재(LP 애자 및 현수애자등) 외관상태를 정밀하게 볼 수 있었다. [그림 8]



〈그림 8〉 항공진단 최초 배전선로 근접촬영

2.3.2.2 Pilot Test

항공진단 비행기술을 위해 시뮬레이션 훈련(2주), 간이 비행체 훈련(2주), 실제 Field에 적용할 항공진단 장치 운전(2주) 테스트를 수행하였다.



〈그림 9〉 모의훈련

[풍속계]

그리고 배전선로에 대해 Pilot Test를 수행하였다. 22.9kV 배전선로에 항공진단을 최초 도입으로 예기치 못한 상황에 대처하고자 활선작업 1개조와 함께 Test를 시행하였다. 진단수량은 50기로 하였고 Pilot 대상 선정은 활선기별점검과 광학진단점검의 문제점을 해결할 수 있음을 입증하기 위해 양호, 진입곤란, 장착전주, 하천형단개소에 적용하였으며 진단 평균시간을 측정하였다. 풍속이 비행에 영향을 주는지 검증하기 위해 풍속계로 바람을 측정하였고 진단촬영 기자재 위치를 명확히 하고자 전주 번호찰 촬영후 기자재상태를 진단하였다.



〈그림 10〉 항공진단 Job-Flow



〈그림 11〉 항공진단사진(기자재 상태확인 용이)

〈표 4〉 항공진단 현장적용 대상

(단위 : 기)

진단수량	평균시간	양호개소	진입곤란	장착전주	하천형단
50	4.98(分)	38	6	3	3

2.3.3 항공진단 적출사례

항공진단시 캠코더(카메라)로 촬영한 영상(사진)을 off-line에서 기자재의 외관상태를 확인한다. 주요 적출내역은 아래와 같다.

〈표 5〉 항공진단으로 적출된 기자재 유형

(단위 : 기)

적출자재	LP애자	개폐기부싱	Bind	현수애자	가공지선	전선
개소	2	1	3	2	1	1

항공진단장비로 촬영한 기자재 영상이 아래와 같이 선명하여 기자재 상태를 정확히 판단할 수 있었다.



〈그림 12〉 항공진단으로 적출된 불량기자재

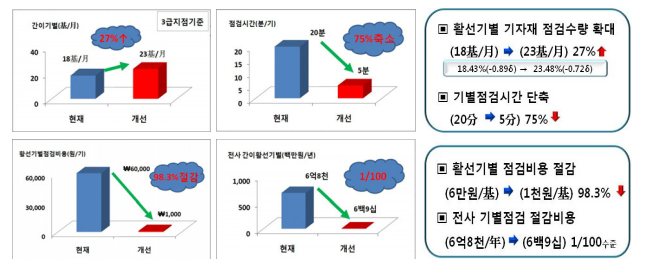
2.3.4 항공진단 효과

기별수량증가, 비용절감, CO₂ 배출억제, 기존진단 문제점을 해소할 수 있었다.

〈표 6〉 항공진단 효용성

[14.5km/L기준]

구분	기별수량	진단시간	점검비용	이동기별	광학진단	CO ₂
적용前	18기/2명	20분	6만원/기	곤란	상부진단(×)	37,195kg/년
적용後	23기/2명	5분	1천원/기	가능	가능	Zero



2.3.5 22.9kV 배전선로 항공진단 향후과제

GPS와 카메라 위치좌표 연동 및 측정정보를 설비관리 시스템 연계방안에 대해 연구 중이며, 항공장치 본체에 활선접근경보기와 가공지선 접촉센서, GPS, 풍속계, 풍향계를 활용한 자동항법 개발, On-line Real Time 확인방법, 추락시 안전대책으로 비상낙하장치, Octo(or Hexa)-Copter, 장시간용 Battery, 항법 알고리즘, 다중위치 원격촬영 등 연구 및 적용이 기대된다.

3. 결 론

22.9kV 배전선로 항공진단 방법을 최초로 실계통 적용에 성공하였으며 목표한 점검시간(75%감소), 점검수량(27%증가), 점검비용(1/100수준)을 달성하였으며, 진입이 곤란한 장소, 이동기별등 부가적인 효과를 얻을 수 있었다. 또한 이산화탄소가스 배출을 억제하여 녹색성장(Green growth)에 기여하였으며, 2.3.5에서 언급하였듯이 다양한 기술발전 분야가 있어 배전선로 진단방법으로 확대 도입은 물론 송변전분야에도 적용할 수 있는 성장 잠재력이 있을 것으로 사료된다.

〈참 고 문 헌〉

- [1] 한전, 배전선로 진단절차 개선, 배전운영처, p.1~2, 2009.11
- [2] 한전, 초음파 진단장비 본격사용, 배전전략실 p.4, 2011.1
- [3] 한전, (주)대흥전력 공동개발, "Distribution Line Checking Robot"개발, 중소기업협력연구개발과제, 개발기간'06.4~'08.4(24개월) 2008년 중소기업 협력연구개발 과제, 2008.8
- [4] 이병성, 박철배, 박용업, 정금영, "The Study on Field Application of Diagnosis Techniques for the detection of Defects In Overhead Distribution Line" 2010년 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 1page, 2010.7.14-16
- [5] 오성남, 윤동우, 이검수, 손영익, 김갑일, "A Study about Attitude Control of Unmanned Aerial Vehicle(UAV) Using the Inertial Sensor, 2008년 정보 및 제어 심포지엄(ICS '08) 논문집 p 244-245, '2008.