

배전설비 점검장비 도입 현황 및 전망

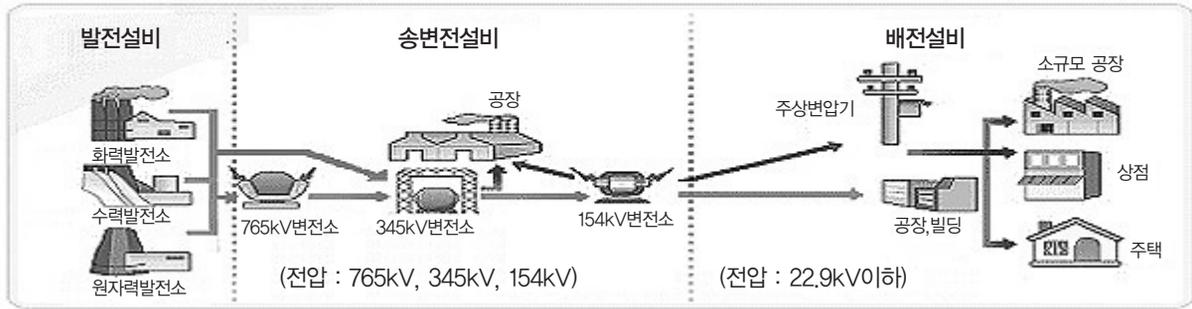


임주혁

한국전력공사 배전운영처 차장

발전소에서 생산된 전기를 전기소비자에게 공급하는 전력설비는 발전소로부터 송변전·배전설비를 거쳐 전기사용 장소까지 수백km에 이르는 방대한 설비로 구성되어 있으며, 그 중 배전설비는 변전소에서 각 가정집이나 빌딩, 공장 등으로 전기를 배분하는 역할을 담

당한다. 발전소가 우리 몸의 심장이라면 혈관(정맥)에 해당하는 배전설비는 전국 각지에 그물망처럼 광범위하게 설치되어 있는데, 그 규모가 방대하여 약 820만기의 배전전주 위에 설치되어 있는 전력선을 모두 이으면 길이가 약 117만km로 지구둘레의 29바퀴에 달한다.



전력공급 체계도

또한, 배전설비는 대부분 자연환경에 노출된 상태로 운전되기 때문에 상시 기자재 열화요인이 내재되어 있으며, 정전이 되면 산업현장, 농수산물 재배단지 등 전기소비자에게 크고 작은 손해가 발생하게 되기 때문에 한국 전력공사에서는 1년 365일 24시간 안정적으로 전기를 공급하기 위해 많은 예산과 인력을 투입하여 지속적인 설비점검과 예방정비를 시행하고 있다.

1980년대 이전에는 배전선로를 ‘순시’ 하거나 일정구간을 단전시킨 다음 배전전공이 전주에 올라가 설비 이상 여부를 직접 육안으로 점검하는 ‘사선기별점검’을 시행하였다. IT기술의 발달로 개인용 컴퓨터가 보편화된 1990년대 이후에는 사선기별점검을 시행하기 위한 단전이 곤란해짐에 따라 절연바켓트럭과 같은 중장비를 활용하여 22.9kV의 전기가 흐르는 전력선을 직접 점검하는 ‘활선기별점검’을 시행하게 되었다. 그러나, 활선기별점검은 막대한 점검비용이 소요될 뿐만 아니라 순시 또는 점검과 같은 육안점검 방법으로는 기자재 내부의 열화상태, 누설전류 등 눈에 보이지 않는 불량개소를 찾아낼 수 없는 한계가 있었다.

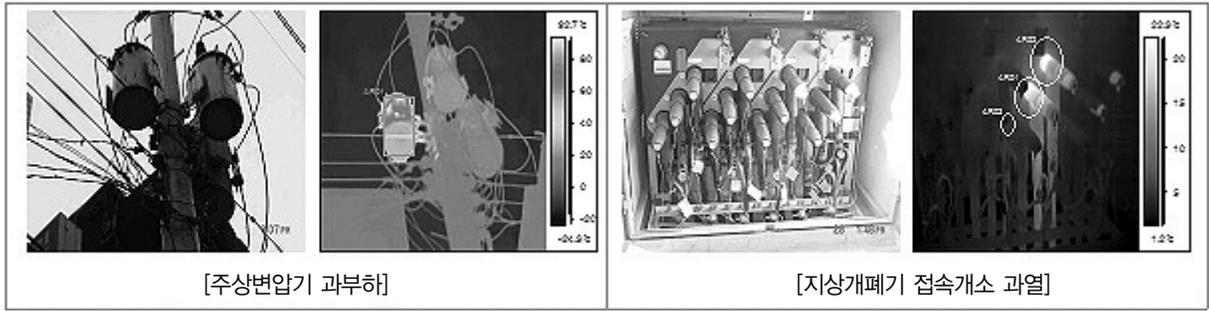
이러한 기존의 육안점검 방식의 한계를 탈피한 과학적인 점검방법을 모색하게 되었고, 1990년대 중반 불량 배전설비에서 발생하는 적외선을 검출하여 불량개소를 판별할 수 있는 적외선 열화상 장비(Infrared Thermal Imaging System)를 도입하였다.

적외선 열화상 장비는 피사체의 표면으로부터 복사되는 에너지를 전자파의 일종인 적외선 파장(Infrared wavelength)형태로 검출, 피사체 표면의 복사열의 강도(radiant heat intensity)을 측정하여 강도에 따라 각각의 다른 색상(False or Pseudo color)으로 표현하여 주는 장비로 최초에는 군수용으로 제작되어 사용되어지다가 점차 산업용으로 사용되고 있다.

배전설비에서는 주로 접속개소, 변압기 과부하 등 과열개소를 색출하는데 매우 효과적이어서 가공배전설비 뿐만 아니라 지중배전설비와 특고압 수전설비에도 적용할 수 있는 등 사용범위가 넓으며, 설비 점검자가 쉽게 사용할 수 있는 장점이 있어 최근까지도 널리 사용하는 진단장비로 각광을 받고 있다.

적외선 열화상 장비의 도입으로 배전전주 위에 설치되어 있는 설비를 지상에서 비접촉 방식으로 점검할 수 있게 되었고, 그 결과 설비점검 시간을 획기적으로 단축하고 점검 신뢰성을 확보하는 효과를 거두었을 뿐만 아니라 이후 각종 첨단장비를 배전설비 점검에 본격적으로 도입하는 계기가 되었다.

그러나 적외선 열화상 장비는 피사체가 햇빛에 직접 노출되어 있는 경우 표면에서 반사되는 복사에너지로 인해 피사체의 표면온도를 측정하기 어렵기 때문에 야외에 노출되어 시설된 배전설비를 적외선 열화상 장비로 점검하기 위해서는 맑은 날 주간을 피해 야간 또는



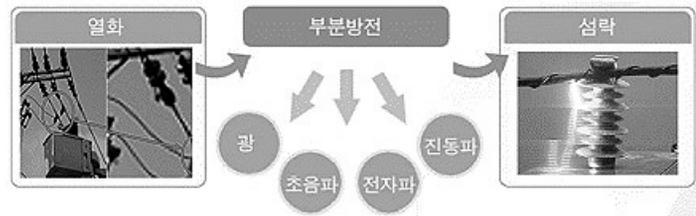
적외선 열화상 장비 활용 불량설비 적출 사례

흐린 날에만 점검을 시행해야 한다. 더욱이 외부 기온에 민감하여 동절기에는 과열개소에 대한 점검이 다소 어려울 뿐만 아니라 절연전선의 피복손상이나 애자류 불량개소와 같이 발열량이 적은 개소에는 적용하기 곤란한 단점이 있다.

한편, 주로 도로로 이동하면서 설비점검을 시행하기 때문에 방대한 규모의 배전설비를 점검하기 위해서는 많은 시간이 소요되는 문제가 있었지만 최근에는 장비를 차량에 장착하고 저속으로 주행하면서 점검함으로써 점검시간을 단축하고 있다.

2000년대 중반 이후에는 배전설비에서 발생하는 방전현상(코로나, 아크 등)을 탐지하는 다양한 점검기술의 개발이 활발히 이루어지고 있다. 배전설비가 열화되면 부분방전 단계를 거쳐 절연파괴 또는 섬락에 이르게 되는데 부분방전은 도전성 파티클, 충전부의 접촉불량, 돌출전극, 표면오손에 의한 표면방전, 고체절연물 내부방전 등 다양한 형태로 발생하며, 이 과정에서 전자파, (초)음파, 적외선 및 자외선, 진동 등의 신호가 발생한다. 이러한 각종 부분방전 신호를 탐지하여 배전설비 결함을 판별하는 다양한 기법들이 개발되어 최근 우리나라 배전설비에 적용되고 있다.

2007년경에는 배전선로의 부분방전을 검출하는 장비로 ‘배전선로 고주파 검출장비’를 개발하여 도입하였다. 고주파 잡음은 방사성 잡음으로 배전설비 절연열화



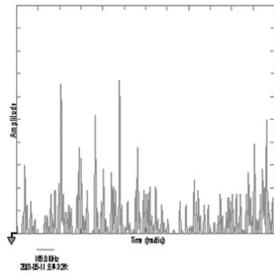
배전설비 열화 진행단계 및 부분방전 신호 개념도

시 복사 전자기장에 의해 발생하는 잡음을 의미한다. 고주파 잡음 측정기술은 각 국가별 주파수 분배표에 지정된 대역 이외의 범위에서 발생하는 신호를 원거리에서 검출하고, 발생위치를 축소해 나가면서 방사전파 발생 전주를 확인하는 기술로서 고주파 검출장비를 차량에 탑재하여 고속으로 주행하면서 점검을 할 수 있어 점검시간이 획기적으로 단축될 뿐만 아니라 점검수량의 대폭적인 증대가 가능하다. 또한, 고주파 잡음이 발생하는 전주는 활선기별 점검 등을 통해 불량설비를 최종 확인하여 정비함으로써 점검범위를 대폭 축소할 수 있는 장점이 있다.

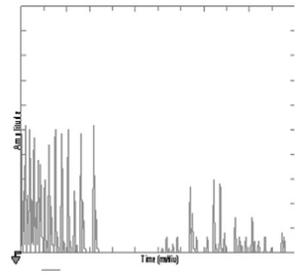
그러나 고주파 잡음은 방향성이 없어 고주파 검출장비로는 잡음의 세기 및 파형으로 잡음발생 전주의 위치를 찾을 수는 있으나, 전주상의 세부 불량설비를 확인하기 어렵다. 또한, 고주파 검출장비는 외부 노이즈의 영향으로 검출 신뢰도가 떨어지는 도심지나 공단지역에서는 사용이 곤란하고, 장비사용 기술 습득이 다소 어려운 단점이 있다.



[아자파손]



[절연전선 피복 손상]



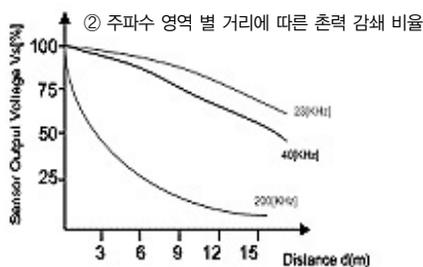
배전선로 고주파 검출장비 활용 불량설비 적출 사례

최근에는 배전설비의 방전현상을 검출하기 위한 방법으로 초음파, 자외선 센서 등을 활용한 장비도 개발하여 도입 중에 있다.

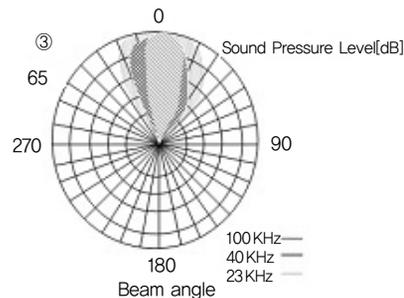
전력설비의 초음파는 코로나, 아크 등의 방전으로 도체에서 방출되어 가속된 전자가 대기중의 기체분자와 충돌하면서 발생한 에너지에 의해 공기의 흐름이 변화되면서 생성된다. 전력설비에서 발생하는 초음파 신호의 대역은 20~200KHz의 범위에서 모두 관측된다. 낮은 대역의 초음파 신호는 가장 먼 거리를 도달하지만 외부 노이즈의 간섭을 쉽게 받는 특징이 있는 반면, 높은 대역의 초음파 신호는 외부 노이즈의 간섭이 적은 장점이 있으나 감쇄각이 협소하여 이동 측정 시 미검출

될 수 있는 확률이 높은 단점이 있다. 따라서, 초음파 검출방법과 거리에 따라 적절한 주파수 대역을 선정하여 초음파를 검출할 필요가 있다.

초음파 검출장비는 인간의 귀로는 들을 수 없는 초음파 대역의 음을 인간의 귀로 들을 수 있도록 주파수를 변환시켜 주는 장비이다. 초음파 검출장비는 전기적인 신호에 대한 간섭이 없기 때문에 도심지, 농어촌, 공단지역 등 다양한 지역에서 사용이 가능할 뿐만 아니라 초음파는 파장이 짧아 방향성을 가지므로 고주파 검출장비에 비해 배전설비의 불량개소를 쉽게 찾을 수 있다. 또한, 일부 초음파 검출장비의 경우 차량에 탑재하여 저속으로 주행하면서 점검할 수 있어 점검시간을 단축할 수 있다.



(a) 거리에 따른 감쇄특성



(b) 주파수대역별 측정각도 그래프

위치에 따른 초음파 감도 특성

1) 도체 주위의 유체의 이온화로 인해 발생하는 전기적 방전현상을 말하며, 전위 경도(전기장의 세기)가 특정값을 초과하지만 완전한 절연 파괴나 아크를 발생하기에는 불충분한 조건일 때 발생함



자외선 화상 장비 활용 불량설비 적출 사례

그러나 초음파 검출장비에서 측정된 음을 듣고 점검자가 설비의 불량여부를 판정해야 하는 등 장비사용 기술 습득이 다소 어려운 단점이 있으며, 최근에는 이러한 단점을 보완하기 위해 초음파 분석프로그램을 개발하는 등 다양한 연구가 이루어지고 있다.

초음파 이외에도 최근에는 배전설비의 코로나방전시 발생하는 자외선을 검출하는 장비도 개발하여 도입을 추진 중에 있다.

코로나 방전은 280nm~405nm 분광범위의 방사가 이루어지기 때문에 대부분 인간이 볼 수 있는 자외선 영역(400nm~450nm)의 파장보다 짧고 태양복사로 인한 간섭으로 주간에는 측정이 곤란하였으나, 최근 이스라엘, 남아프리카공화국 등 외국에서 개발된 장비는 Solar Blind 필터를 채택하여 주간에 촬영이 가능하게 되었을 뿐만 아니라 검출한 자외선을 영상으로 표현하여 기존 초음파 검출장비에 비해 정확한 방전 위치를 검출할 수 있게 되었다.

그러나 자외선 화상장비는 가격이 매우 비싸 방대한 규모의 배전설비에 적용하기에는 어려움이 있어 최근 한전에서는 자체기술로 저가형 자외선 측정장비 개발을 완료하였으며 상용화를 눈 앞에 두고 있다.

이와 같이 배전설비 점검에는 적외선, 고주파, 초음파, 자외선 검출장비 등 다양한 장비를 개발하여 활용하고 있으나 앞서 언급한 바와 같이 각 검출장비마다 불량검출 특성이 상이하고 장단점이 있다.

적외선 열화상 장비는 과열개소 검출에 적합하고, 고주파 검출장치는 차량에 탑재하여 고속으로 주행하며 검출이 가능한 반면 정확한 불량위치를 확인할 수 없으며, 초음파 검출장비는 도심지, 공단 등 다양한 지역에 적용할 수 있으나 장비사용 기술 습득이 어렵다. 또한, 아직까지 모든 배전설비의 결함을 검출할 수 있는 장비가 없어 배전설비 점검을 위해서는 여러 가지 검출장비를 번갈아 사용해야 하는 불편이 있다.

이런 문제점을 해결하기 위해 향후에는 기존 점검기술의 장점을 융합(컨버전스)한 종합진단장비를 차량탑재형으로 개발하여 배전설비 점검에 활용함으로써 One-Stop 설비 진단체제를 구축해야 할 것이다. 또한, 기존의 점검장비별로 배전설비 이상신호 검출결과를 활용하여 배전설비 불량판정기준을 정립하고, 배전설비 개별 객체단위로 열화상태를 추적 관리할 수 있는 설비단위 진단이력관리시스템을 구축하여 최적화된 예방정비 체계를 구축해야 할 것이다.

더 나아가 각종 자기진단 센서를 내장한 기자재를 개발하여 사용하고, IT기술을 활용하여 개별 기자재의 열화상태를 온라인으로 상시 감시함으로써 배전설비 고장을 예지하며, 불량설비를 사전에 보수하는 고장예지 시스템을 구축해 나간다면 세계 최고의 전기품질을 달성할 수 있을 것이다. KEA