

電力系統 落雷感知 및 進路豫測 SYSTEM

홍 사 우 , 김 영 한 , 김 재 영

한국전력공사 계통운영처

Lightning Position and Tracking System for Power System Operation

Sa-Woo Hong , Yeong-Han Kim , Jai-Young Kim

System Power Control Department , Korea Electric Power Corp.

Abstract

With regard to the supply of electric power in better quality, the problem of lightning is becoming more and more important in the operation of an electric power system.

In this article a description is given of the new lightning position and tracking system which will be installed in KEPCO.

The system is based on the principle of time-of-arrival (TOA) rather than the conventional direction-finding (DF) method.

1. 서 본

최근 컴퓨터 등 정밀기기의 이용이 증대되고 국민 문화생활이 고급화됨에 따라 요구되는 전력계통은 더욱 복잡하여지고, 고품질의 전력에 대한 안정적 공급의 필요성은 한층 높아가고 있다.

그러나 강우, 낙뢰, 염해, 빙설해 등 기상변화가 전기품질에 주는 영향은 실로 크며 특히 낙뢰가 전력설비에 주는 피해는 막대하다.

따라서 낙뢰를 감지하여 그 진로를 예측할 수 있게 되면 낙뢰에 대한 사전 대비로 전력설비의 피해 축소, 지장전력의 최소화 및 보수요원의 대기에 의한 신속한 사고 복구 등으로 보다 양질의 전력을 공급할 수 있으며 또한 안정적으로 전력계통을 운용할 수 있다.

이러한 필요성에 발맞추어 한국전력공사에서도 전력계통 다기능 기상정보시스템의 구축을 계획하고 있으며 제 1 단계 사업으로 전력계통 낙뢰감지 및 진로예측시스템의 설치를 추진하고 있다.

여기에서는 전력계통 다기능 기상정보시스템의 개요와 낙뢰감지 및 진로예측시스템의 설비구성, 도달 시간차 (TOA : Time of Arrival) 법에 의한 낙뢰 위치 표정원리 및 주요 기능에 대하여 소개하고, 아울러 실제 우리나라 지형에 적용한 검토사례에 대하여 간략히 기술하고자 한다.

2. 전력계통 다기능 기상정보시스템의 개요 및 활용

중우, 낙뢰, 염해, 빙설해 등 기상의 변화는 안정된 전력공급에 지대한 영향을 주며 경제적인 전력계통 운용과 밀접한 관계가 있다.

이러한 전력계통 운용과 밀접한 관계가 있는 자연재해로 인한 전력설비 피해 현황은 표 1과 같다.

자연재해로 인한 고장건수는 배전설비, 송전설비, 변전설비의 순으로 발생하였으며, 특히 뇌격으로 인한 자연재해가 대부분을 차지하고 있다. 그리고 연대별로 분석을 하여보면 송전설비의 경우 80년대 전반기에는 비교적 감소하는 실적을 나타내고 있으나 80년대 후반기 및 90년대에 와서는 송전선로의 길이 증가에 기인하여 다소 증가하는 추세에 있다.

따라서 이러한 기상변화를 관측하고 예측할 수 있는 전력계통 다기능 기상정보시스템의 적용이 바람직하고 전력계통과 연계운용을 도모할 필요가 있다.

그림 1 에는 이러한 전력계통 다기능 기상정보시스템의 기본구성도를 나타내었고, 표 2 에는 전력계통 운용에 시스템을 적용하여 기대할 수 있는 활용 효과를 나타내었다.

표1. 연도별 자연재해 (풍우, 뇌각, 빙설해, 염진해)로 인한 고장통계

Table 1. Annual outage statistics by natural disaster (rainstorm, lightning, ice and snow, saline wind)

| 설비별 년도 | 발전 설비 | 변전 설비 | 송전 설비 | 배전 설비 | 계 |
|------------|----------|----------|----------|----------|---------|
| '83 | - | 6 | 31 | 691 | 728 |
| | (-) | (5) | (18) | (181) | (204) |
| '84 | 3 | 3 | 23 | 552 | 581 |
| | (-) | (3) | (13) | (170) | (186) |
| '85 | 3 | 6 | 40 | 533 | 582 |
| | (-) | (5) | (27) | (131) | (163) |
| '86 | 11 | 6 | 51 | 517 | 585 |
| | (-) | (2) | (21) | (172) | (195) |
| '87 | 8 | 11 | 37 | 471 | 527 |
| | (-) | (6) | (12) | (57) | (75) |
| '88 | 3 | 6 | 21 | 321 | 351 |
| | (-) | (5) | (20) | (97) | (122) |
| '89 | 2 | 4 | 35 | 290 | 331 |
| | (-) | (3) | (25) | (87) | (115) |
| '90 | - | 7 | 44 | 215 | 266 |
| | (-) | (7) | (26) | (73) | (106) |
| '91 | 3 | 4 | 38 | 215 | 260 |
| | (-) | (4) | (20) | (81) | (105) |
| 70년대 평균 | 6 | 21 | 57 | 1387 | 1471 |
| | (1) | (16) | (22) | (599) | (638) |
| 80년대 평균 | 4 | 7 | 35 | 528 | 574 |
| | (-) | (6) | (21) | (144) | (171) |

※ () : 뇌각으로 인한 고장건수

표2. 전력계통 다기능 기상정보시스템의 활용효과

Table 2. Effects of multi-functional weather information system for power system operation

| 항 목 | 내 용 |
|-----------------------|--|
| 전력 공급의 신뢰도 향상 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 사전 계통조작, 조류제어 및 온전예비력 확보로 낙뢰다발 기간 중에도 안정적인 전력 공급 ○ 전력공급 중단으로 인한 수용 가속 손실 발생 최소화 |
| 전력계통의 유지 보수 효율화 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 기상예측자료에 의해 신속성 있는 전력계통 유지보수계획 수립 ○ 낙뢰의 발생과 소멸에 대한 기상조건 변화 예측으로 낙뢰 다발시기에 있어서 작업실시를 항상 |
| 합리적인 전력계통 계획수립 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 낙뢰 등 지역별 관측자료에 의해 합리적인 송전철탑설계에 활용 ○ 전력계통의 내뢰설비의 합리화 ○ 송배전선로 신증설시 안정적인 경과지 선정 |
| 경제적인 전력계통 운영 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 합리적인 수력발전소 운용으로 화력발전 연료비 절감 |

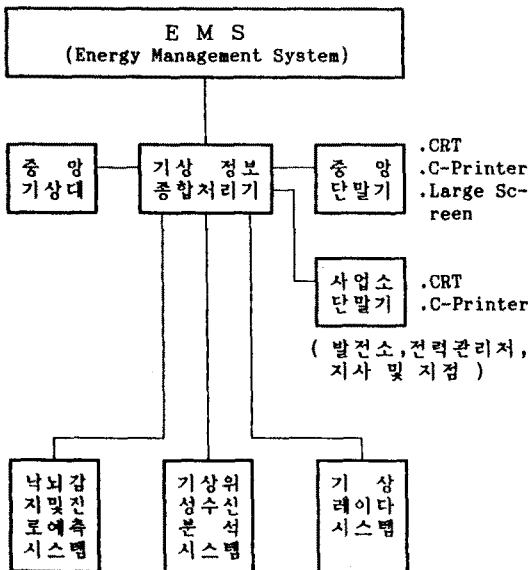


그림1. 전력계통 다기능 기상정보시스템 구성도

Fig 1. Configuration of the multi-functional weather information system for power system operation

3. 낙뢰감지 및 진로예측시스템의 설비 구성 및 표정원리

낙뢰감지 및 진로예측시스템은 낙뢰지점을 정확히 관측하고 수집된 데이터를 처리 분석하여 낙뢰 발생 지점을 대형화면 또는 단말기에 실시간으로 계속 표시하여 주고, 또한 낙뢰 발생시 마다 낙뢰가 이동하는 경로를 추적하므로 낙뢰의 이동 상황을 예측하게 할 수 있는 장비로서 전력계통 운영자는 낙뢰에 대비한 설비 운용 및 합리적인 계획을 수립할 수 있다.

이러한 낙뢰감지 및 진로예측시스템은 일반적으로 그림2와 같이 구성이 되며, 크게 감지기(수신기)부, 위치분석기부, 표시장치부로 나누어 진다.

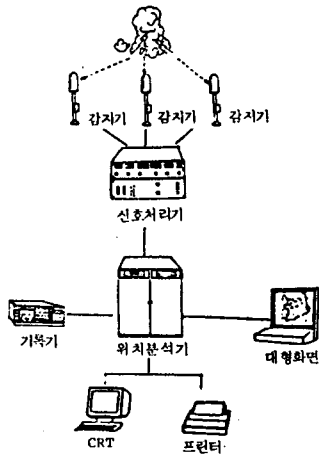


그림 2. 낙뢰감지 및 진로예측시스템 구성도

Fig 2. Configuration of the lightning position and tracking system for power system operation

그림 2에서 감지기부는 낙뢰시 발생하는 전자기파를 수신하고 그 데이터를 신호처리기를 통해 위치분석기로 보낸다. 여기에서는 각각의 감지기에서 온 데이터를 분석 처리하여 낙뢰 발생지점, 크기, 극성, 발생시각 등을 산출하고 그 정보를 실시간으로 대형 표시화면 또는 단말기, 프린터로 보내며 저장하기도 한다.

이러한 낙뢰감지 및 진로예측시스템에 있어서 낙뢰의 특성을 관측하고 위치를 표정하는 방법은 일반적으로 크게 두가지로 나누어지고 있다.

이중 한가지 방법은 낙뢰시 발생하는 전자기파를 2개 이상의 방향감지기를 이용해 감지하여 방향과 피크, 진폭등을 측정하고 위치분석기에서 삼각법에 의해 낙뢰의 위치를 알아내는 방향탐지(DF: Direction Finding) 방식이다. 그런데 이 DF 방식은 감지기부를 현장에 설치시 지형적 설치조건을 충분히 검토하여야 어려움을 줄일 수 있다.

오늘날 많이 활용되고 있는 다른 한가지 방법은 낙뢰시 발생하는 전자기파의 도달시간을 3개 이상의 감지기를 이용하여 수신해 낙뢰의 발생 위치를 결정하는 도달시간차 (TOA: Time of Arrival) 방식으로서 이는 1960년 Lewis에 의해 개발되었다.

TOA 방식은 전자기파의 도달 시간차를 이용하여 낙뢰 위치를 표정하므로 감지기의 설치장소는 주위의 지형적 영향을 적게 받는다. 그러나 정밀하게 동기화된 시각에 의해 각 감지기 사이의 도달 시간차를 계산하여야 하므로 별도의 시각동기장치가 필요로 하게 된다.

그림 3은 TOA 방식에 의한 낙뢰위치 표정원리를 나타내고 있다.

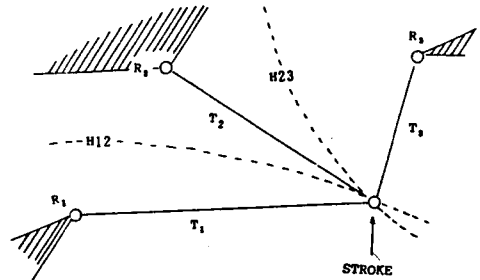


그림 3. TOA 방식에 의한 낙뢰위치 표정원리

Fig 3. Principle of TOA method in detecting lightning position

그림 3에서 낙뢰가 발생시 각 감지기에 도달한 시간을 T_1, T_2, T_3 라 할때 각 감지기간의 시간차는 $T_1 - T_2, T_2 - T_3$ 로 되며, 동일한 시간차이가 나는 궤적곡선을 그리면 H_{12}, H_{23} 이 된다. 이 궤적곡선이 교차하는 점이 바로 낙뢰가 발생한 지점이 된다.

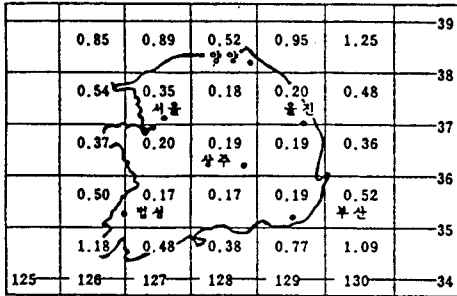
4. 낙뢰감지 및 진로예측시스템 설치위치 검토사례
낙뢰감지기 설치는 다양한 시스템의 감지방식에 따른 기술적 측면과 관측범위, 지형적 설치조건, 경제적 측면, 향후 유지보수의 용이성 등을 종합적으로 검토하여야 한다.

우리나라는 동서 310 Km, 남북간은 440 Km 정도의 범위로 되어 있어서 TOA 방식시스템의 경우 150Km에서 250 Km 간격을 두고 감지기를 설치하여야 하므로 약 4개 정도의 감지기로써 관측이 가능하나, 전력계통 운용에 보다 정확한 정보를 줄 수 있는 낙뢰 관측망을 구축하기 위하여 약 6개의 감지기를 설치하는 것이

바람직 할 것으로 본다.

발.변전소 및 송전선로를 중심으로 전 국토를 최대한 관측할 수 있는 지역들을 선정 한 후, TOA 방식 감지기 위치선정을 위한 시뮬레이션 프로그램에 의해 해석한 결과를 검토하여 오차가 적고 높은 감지율을 나타내는 지역을 표시하면 그림 4와 같다.

[오차범위(Km)]



[감지율 (%)]

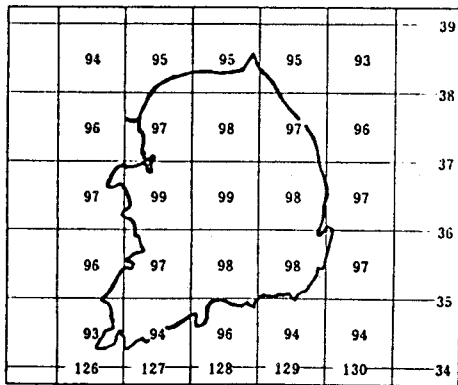


그림 5. 지역별 낙뢰관측 오차범위(Km) 및 감지율(%)

Fig 5. Regional error range (Km) and detection ratio (%)

5. 결 론

안정된 전력공급 및 경제적인 전력계통 운용을 위해서는 전력계통 다기능 기상정보시스템의 필요성은 더욱 더 높아질 것이며, 그 설치시기는 빠를수록 좋으리라고 여겨진다.

그러나 다기능 기상정보시스템을 일시에 구축하는 것은 많은 재원도 필요하고, 시스템 상호간의 결합 기술상에도 무리가 따르므로 낙뢰 감지 및 진로예측시스템, 기상위성 수신분석시스템, 그리고

기상 레이더시스템을 단계적으로 시설하는 것이 바람직 하겠다.

또한 낙뢰 등 각종 기상 데이터베이스를 구축하여 보다 정확하고 신속한 낙뢰 등 기상자료 예측과 효율적인 전력계통 운용이 가능하도록 전문가시스템 적용에 관한 연구에도 관심이 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 김영한,김제영,"전력계통기상정보시스템의 도플러 레이더 위치선정",전기학회 추계학술대회, '89.11
2. 이경재,유승철,김영한,이효상,"전력계통의 예방 재어를 위한 다기능 기상정보시스템", 전기전자공학 학술회의, '87.7
3. " '91년도 전기고장통계 ",한국전력공사, '92.5
4. L.G.BYERLEY 외 6,"GATED,WIDE-BAND MAGNETIC DIRECTION FINDERS FOR LOCATING CLOUD-TO-GROUND LIGHTNING",AMS,JUNE,1984
5. M.W.MAIER 외 6,"LOCATING CLOUD-TO-GROUND LIGHTNING WITH WIDE BAND MAGNETIC DIRECTION FINDE-RS",AMS,APRIL,1983
6. "TIME OF ARRIVAL 方式의 落雷位置標定 시스템",九州電力, '92
7. H.KAKAO,"氣象情報 시스템 導入による 電力系統의 安全運用",電氣評論,1983.7