

電力系統 氣象情報시스템의 도플러레이다  
位置 選定

○  
김 영 한, 이 호 상, 김 재 영  
한국 전력 공사 발전 처

Doppler Rader Location of Weather Information  
System for Power System Operation

Yeong-Han Kim, Myo-Sang Lee, Jai-Young Kim  
Power Generation Dept., Korea Electric Power Corp.

ABSTRACT

With the economy expands and the increasing living standard of people, the better quality of electricity which is closely related with weather conditions should be supplied to the customers especially using precised facilities.

In this paper, the configuration of the weather information system and its application to the power system operation are generally introduced.

And also, a method with test result is presented to find the suitable radar coverage area including the condition of electromagnetic wave shut off.

1. 서 론

최근 컴퓨터등 정밀기기의 이용이 증대되고 국민 문화생활이 고급화됨에 따라 요구되는 전력계통은 더욱 복잡하여지고, 고품질의 전력에 대한 안정적공급의 필요성은 한층 높아가고 있다.

따라서, 기상변화가 안정적인 전력계통운용에 큰 비중을 차지함을 감안할때 순시적 기상정보를 예측할 수 있는 전력계통 기상정보시스템의 필요성은 더욱 더 요청되고 있으며, 이미 미국, 캐나다, 스웨덴등 외국의 여러나라에서는 자체 기상망 또는 기상 관측 관서로부터 기상관측 정보를 수집 분석하여 경제적이 며 효율적인 발전계획수립, 조류제어등 사전계통조작으로 예방제어 체계를 구축, 운용하고 있다.

이러한 측면에서 우리나라의 실정에 맞는 최적의 전력계통 기상정보시스템 도입 및 향후 최신의 전력계통 제어시스템인 에너지관리시스템(EMS: Energy Management System)과의 결합을 통한 보다 더 향상된 전력계통 운용이 필요하다고 할 수 있다.

이와 관련하여 여기에서는 전력계통 기상정보시스템의 개요 및 활용, 기상레이다설비 설치에 따른 전파 전달 불가능 조건, 실제 우리나라 지형에 적합한 검토사례에 대해 간략히 소개하고자 한다.

2. 전력계통 기상정보시스템 개요 및 활용

기상의 변화는 안정된 전력공급에 지대한 영향을 주며 경제적인 전력계통운용과 밀접한 관계가 있다.

따라서 이러한 기상변화를 관측하고 예측을 할 수 있는 그림 1과 같은 기상정보시스템 적용이 바람직 하고, 전력계통과의 연계운용으로 신속한 예방조치를 취함과 동시에 수집된 정보를 사업소나 관계부서에 신속히 통보하므로써 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

첫째, 안정된 전력공급

기상레이다 및 낙뢰 관측시스템에 의해 관측되고 예보된 낙뢰정보를 이용하여 미리 송전선로 구성 변경 또는 발전기 재배분에 의해 뇌격에 의해 발생 가능한 재해를 예방할 수 있다.

그리고 사고발생시 분석이 용이하고 복구대책요원 및 자재를 미리 준비할 수 있어 복구시간의 단축을 기할수 있다.

따라서 기존 송전선로의 효율적 이용을 극대화시킬 수 있으며, 사고복구시간을 단축시켜 보다 더 원활한 전력공급을 수용가에게 제공할 수 있다.

둘째, 경제적인 계통운용

현재의 기상자료는 물론 향후 강우, 뇌격등의 예측을 통하여 합리적인 수력발전소 발전계획수립이 가능하여 직접적인 에너지 절감효과를 기대할 수 있고, 집중 홍수에 대비한 사전 수력발전소 운용으로 해당 유역의 범람을 막아 재해를 예방한다.

셋째, 전력계통 보수, 유지의 신속성

예측된 기상정보에 의해 전력계통의 유지보수계획을 신속적으로 운용할 수 있으며, 특히 낙뢰 다발시기에 정확한 유지, 보수작업 수립이 가능하다.

또한, 계통사고를 대비한 보수반 운용을 효율적으로 시행할 수 있다.

표 1에는 낙뢰 다발시기에 계획된 작업실시현황을 나타낸 것으로서 전력계통 기상정보 시스템 활용으로 작업실시율이 향상된 것을 알 수 있다.

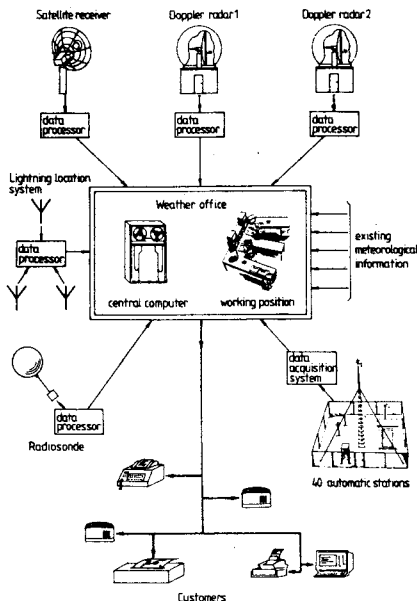


그림 1. 기상정보 시스템 구성도

Fig 1. Configuration of the Weather Information System

표 1. 낙뢰 다발시기의 작업실시 현황

Table 1. Status of the scheduled maintenance works in thunder season

년 도	작업현황 (건)			작 업 실시율(%)
	계 획	실 적	중 지	
'81	32	23	9	72
'82	36	35	1	97
'83	63	61	2	97

(일본 중부전력)

3. 기상레이다 설치시 전파전달 불가능조건

기상레이다시스템 설치를 위해서는 사전에 레이다 범위, 지형적조건 및 경제성등을 종합적으로 연구, 검토하여 위치를 정할 필요가 있다.

일반적으로 기상레이다시스템 설치를 위한 기본적인 검토 사항으로서는

- o 레이다 범위 및 전파전달 불가능조건
- o 레이다 및 기타 장비들의 운반 및 설치를 위한 도로 구성등의 문제점
- o 공급전원 구성 방안
- o 통신선로 방식 및 구성방안

등으로서, 본 연구에서는 레이다 범위 및 전파전달 불가능조건에 대해 검토하였고, 이 결과를 우리나라 실 지형에 적용하여 전파전달 불가능조건을 도상 검토하였다.

3.1 강우량 관측을 위한 전파전달 불가능조건

기상레이다시스템에 의해 비구름등을 관측하여 강우량 측정 및 강우예상을 하기위해 레이다의 안테나를 PPI (Plan Position Indication)기능으로 회전시키고, 레이다 방정식을 이용하여 강우량을 계산한다. 여기서 PPI기능을 수행할 경우 레이다는 인접한 산들에 의해 전파전달 불가능현상이 발생되고, 불감지대가 형성된다. 이러한 전파전달 불가능 현상은 레이다 안테나가 유지하여야 할 각도와 인접 산들에 의해 결정되어지는 각도를 비교함으로써 판단되어진다.

3.1.1 레이더 안테나 유지각도 및 인접산에 의한 상대각도 산정

Radar 특성상 120 Km 거리에서 빔의 최고 피크치에 대한 빔폭을 1.5° 로, 비구름 예요우의 최고 피크를 약 5Km로 정한다.

그림 2에서 레이더가 설치된 산의 높이를 H 라고 할때 레이더 안테나가 유지하여야 할 각도는 근사적으로 식(3) 과 같이 표현된다.

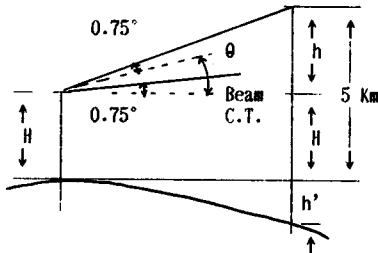


그림 2. 레이더 안테나 유지각도 산정

Fig 2. Calculation of elevation angle in radar antenna

지구곡률 h'영향을 고려하고, 지구 유효반경을 a라고 하면 실제 빔의 높이 h는 식 (1)과 같다.

$$h = 5 - h' - H \quad [\text{Km}] \quad (1)$$

안테나가 유지하여야 할 각도  $\theta$  는 다음과 같이 산출되어진다.

$$\tan (\theta + 0.75) = \frac{5 - h' - H}{120} \quad (2)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{5 - h' - H}{120} \right) - 0.75 \quad [^\circ] \quad (3)$$

$$\text{단, } h' = \sqrt{a^2 + 120^2} - a \quad [\text{Km}] \quad (4)$$

3.1.2 인접산에 의한 상대각도 및 전파전달 불가능 조건

그림 3에서 인접산의 높이를 H', 거리를 r 이라 할때 인접산에 의해 차단되어지는 각도  $\theta'$  는 근사적으로 식 (6)와 같이 표현된다.

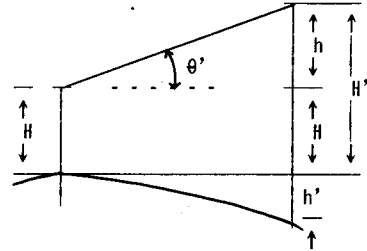


그림 3. 인접산들과의 상대각도 산정

Fig.3. Calculation of elevation angle in surrounding mountains

$$\theta' = \tan^{-1} \left( \frac{H' - h' - H}{r} \right) \quad [^\circ] \quad (6)$$

$$\text{단, } h' = \sqrt{a^2 + r^2} - a \quad [\text{Km}] \quad (7)$$

식 (3)및 (6)에서 계산된  $\theta$  와  $\theta'$  를 식 (8)의 관계식을 이용하여 전파전달 불가능조건을 판정한다.

$$\theta' > \theta - 0.75 \quad (8)$$

3.2 낙뢰관측을 위한 전파전달 불가능 거리산정

일반적으로 낙뢰구름은 짧은 시간내에서 상승적인 대기 전류에 의해 형성되므로 그범위는 비구름에 비하여 넓지않고, 원통모양을 형성한다.

이러한 낙뢰구름의 저고도분포 데이터 발생은 약 4Km정도로 정하여지고, 이를 검출하기 위하여 레이더의 안테나를 CAPPI (Constant Altitude Plan Position Indication)기능으로 회전시켜 관련 기상 데이터를 수집한다.

이경우 인접산들에 의해 전파전달 불가능 지역이 발생되고, 이는 전파전달 불가능 거리로 표현이 된다.

그림 4에서 레이더 위치의 높이를 H, 지구유효반경을 a, 안테나 각도를  $\theta$  라고 할때 전파전달 불가능 거리 r은 식(11)와 같이 산출이 된다.

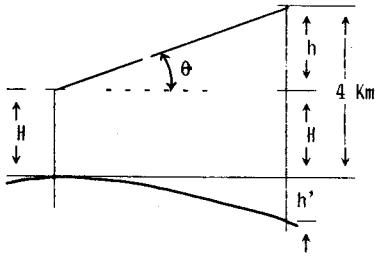


그림 4. 전파전달 불가능거리 산정

Fig 4. Calculation of shut off distance

$$h = 4 - h' - H \quad (9)$$

$$\tan \theta = \frac{4 - H - \sqrt{\frac{2}{a+r} \frac{2}{a} - a}}{r} \quad (10)$$

식(10)에서 전파전달 불가능거리  $r$  을 구하면 근사적으로 식(11)과 같이 된다.

$$r = \sqrt{2a(4-H) + a \tan^2 \theta} - a \tan \theta \quad (11)$$

4. 사례연구

우리나라는 동서간은 310 Km, 남북간은 440 Km 정도의 범위로 되어있고, 일반적으로 측정반경 120 Km 로 되어 있는 레이더를 설치하여 강우량을 파악하기 위해서는 북부지역 1세트, 남부지역 2세트 기상레이더 시스템 설치가 바람직 할 것으로 본다.

제안된 위치로서는 북부지역의 용문산 (1,157m), 남부 지역으로는 운장산 (1,126m), 팔공산 (1,192m) 으로서 각 지역에 대한 전파전달 불가능조건을 검토하였다.

여기에서는 용문산에 대한 강우량관측 및 낙뢰관측을 위한 제반조건들에 대해 검토한 결과를 소개하였다.

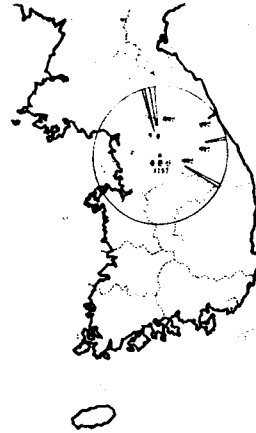


그림 5. 강우량 관측시 전파전달 불가능지역

Fig. 5 Shut off areas for measuring the rainfall

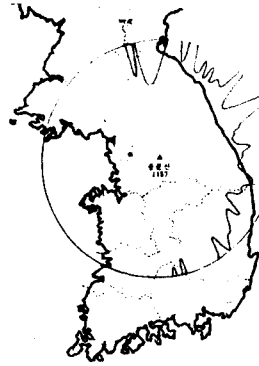


그림 6. 낙뢰 관측시 전파전달 불가능지역

Fig. 6 Shut off areas for measuring the thunder

표 2. 강우량 관측을 위한 인접산들의 조건 및 각도

Table2. Conditions and elevation angles for measuring the rainfall

레이다 위 치	레이다위치로 부터 인접산들의 조건					레이다 안테나유지 각도 (°)
	산명	높이 (m)	거리(Km)	폭률 (m)	각도 (°)	
용 문 산 (1,157m)	계 방 산	1577	81.4	390	0.02	0.7
	발 왕 산	1458	102.0	612	-0.17	"
	가 리 왕 산	1561	90.0	476	-0.05	"
	치 악 산	1288	50.0	147	-0.02	"
	소 백 산	1439	107.0	673	-0.20	"
	명 지 산	1250	39.0	89	0.0	"
	화 악 산	1468	48.9	140	0.20	"
	대 암 산	1316	89.0	466	-0.20	"
	실 악 산	1708	101.0	600	-0.03	"
	두 로 산	1422	96.0	542	-0.17	"
오 대 산	1568	90.7	484	-0.05	"	

표 3. 낙뢰관측을 위한 인접산들의 조건 및 전파전달 불가능거리 .

Table 3. Conditions and shut off distances for measuring the thunder

레이다위치	레이다위치로 부터 인접한 산들의 조건					안테나 각도 (°)	전파전달 불가능 거리(Km)
	산명	높이 (m)	거리(Km)	곡률 (m)	각도 (°)		
용문산 (1,157 m)	병지산	1250	39.0	89	0.0	0.75	≥ 135.2
	화악산	1468	48.9	140	0.20	0.95	" 120.2
	대암산	1316	89.0	466	-0.20	0.55	" 153.1
	실악산	1708	101.0	600	-0.03	0.72	" 137.6
	두로산	1422	96.0	542	-0.17	0.58	" 150.1
	오대산	1568	90.7	484	-0.05	0.70	" 139.3
	계방산	1577	81.4	390	0.02	0.77	" 133.5
	발왕산	1458	102.0	612	-0.17	0.58	" 150.1
	가리왕산	1561	90.0	476	-0.05	0.70	" 139.3
	치악산	1288	50.0	147	-0.02	0.73	" 136.8
	소백산	1439	107.0	673	-0.20	0.50	" 153.1
	월악산	1097	93.5	514	-0.35	0.40	" 168.4
	속리산	1058	115.5	784	-0.44	0.31	" 178.7
	합백산	1573	129.3	983	-0.25	0.50	" 157.9
	태일산	1561	132.0	1024	-0.27	0.48	" 159.9
	일사산	1219	161.1	1526	-0.52	0.23	" 188.4
	용봉산	1198	64.9	248	-0.18	0.57	" 151.0
국봉산	1271	95.7	538	-0.25	0.50	" 157.9	
두봉산	1168	58.8	203	-0.19	0.56	" 152.0	
무사산	1320	112.7	747	-0.30	0.45	" 163.0	
두사산	1353	129.3	983	-0.35	0.40	" 168.4	
민두산	1242	170.5	1709	-0.55	0.20	" 192.2	

5. 결 론

안정된 전력공급 및 경제적인 전력계통운동을 위해서는 전력계통기상정보시스템의 필요성은 더욱더 높아질 것이며, 그 도입 설치시기는 빠를수록 좋으리라 본다.

본 연구에서는 기상레이다 관측범위 및 전파전달 불가능조건을 도상으로 검토하였으나, 실제 관측지역에 대한 현장조사와 함께 기기운반, 설치문제, 공급전원 구성방안의 검토가 필요로 할 것이다.

더 나아가서 최적의 낙뢰관측설비 설치를 위한 검토 및 기상대의 설비나 기상용인공위성과의 연계방안등이 종합적으로 연구가 이루어져야 할것으로 본다.

참 고 문 헌

1. 이경재, 유승철, 김영한, 이효상, " 전력계통의 예방제어를 위한 다기능 기상정보시스템", 전기전자공학 학술 회의, '87.7
2. "Computer Utilization in the Electric Utility Industry", 일본 IERE 회의, '86. 7
3. M.W. Maier 외 6, "Locating cloud-To-Ground Lightning with wideband Magnetic Direction Finders", America Meteorological Society, April, 1983.
4. L.G. Byerley 외 6, "Gated, Wide-Band Magnetic Direction-Finders for Locating cloud-to-ground Lightning", America Meteorological Society, June, 1984
5. G.A. Clift, " Use of Radar in Meteorology", World Meteorological Organization, 1985