

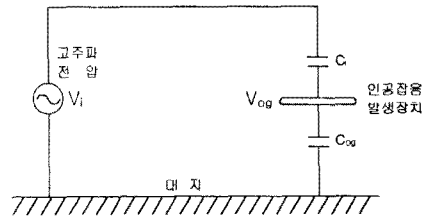
인공잡음 발생장치를 이용한 초고압 시험선로의 잡음 방사특성 연구

신구용, 이동일, 김상범  
한전 전력연구원

A Study on the Radiation Characteristics of Noise from HV AC Transmission Lines Using a Gap Noise Generator

K.Y.Shin, D.I.Lee, S.B.Kim  
KEPRI

**Abstract** - In order to investigate the radiation characteristics of unmixed line noise from overhead high voltage AC transmission lines, a gap noise generator was manufactured. Disk size which decides capacitance between the noise generator and earth was selected through preliminary indoor experiments and analysis by charge simulation method. The capacitance is one of principal parameters related to inject a proper noise current into lines. The field experiments were performed with the noise generator installed in Kochang 765 kV full scale test line. As the results, the useful data which can be used to analysis the radiation characteristics of noise from transmission lines was obtained. Those are lateral profiles, the directivity of antenna toward lines, frequency spectra and so on.



- $V_i$  : 송전선로 고주파 전압
  - $V_{og}$  : 발생장치의 고주파 유도전압
  - $C_i$  : 송전선로와 발생장치간의 상호 정전용량
  - $C_{og}$  : 인공잡음 발생장치와 대지간의 상호 정전용량
- 그림 1. 송전선로 인공잡음 발생장치의 등가회로

1. 서 론

송배전 및 변전소 설비에서 발생하는 잡음은 주변지역의 라디오, 텔레비전 수신에 방해할 수 있다. 따라서 건설단계에 있어서 수신에 방해할 주는 이러한 잡음을 방지하는 대책을 확립하기 위해 발생범위가 넓은 송전선로를 중심으로 선로잡음의 방사특성을 조사하고 잡음을 정략적으로 파악할 필요가 있다. 이러한 조사를 위해 본 연구에서는 인공잡음 발생장치를 이용하였다. 선로에 Gap-type 인공잡음 발생장치를 설치하면 선로의 정전용량이 인위적으로 크게 되며, 선로에 낮은 전압을 인가해도 인공잡음 발생장치에서의 Gap 방전에 의해 선로에 인위적인 강한 잡음전류가 주입된다. 따라서 이러한 인공잡음 발생장치를 이용하면 초고압 시험선로의 선로잡음 측정시 애자, 굵구류, 굵속부의 부식 연결부 등에서 발생할 수 있는 불요잡음을 배제하고 순수한 전선잡음만을 측정할 수 있고, 껍집전도에 의한 직접방사특성을 측정할 수 있다. 해외 각국에서도 이러한 Gap 방전 원리를 이용한 라디오 및 텔레비전 장애 발생특성 조사를 위해 인공 Gap Noise 발생장치(이하 인공잡음 발생장치)를 사용하였다.[1][2][3]

2. 본 론

2.1 인공잡음 발생장치 설계이론

송전선로에 인가되어 있는 인공잡음 발생장치로부터의 고주파 전류량( $I_{og}$ )은 식 (1)에서 보듯이 정전용량에 비례한다. 그러나 식 (1)에서 고주파 유도전압  $V_{og}$ 를 실제 시스템에서 해석적으로 구할 수 없으므로, RI Meter가 충분히 감지 할 수 있는 인공잡음 발생장치와 대지간의 상호 정전용량  $C_{og}$ 를 예비 실험을 통해 구한다. 실제로 적용하고자 하는 시험선로에서의 실험을 통해 기준으로 설정한  $C_{og}$ 를 확보할 수 있도록 고주파 발생장치의 크기를 계산한다.

$$I_{og} = j\omega C_{og} V_{og} = j(2\pi f) C_{og} V_{og} \quad (1)$$

인공잡음 발생장치와 대지간의 상호 정전용량  $C_{og}$ 는 주변 송전선로의 기하학적 구조에 영향을 받게 되므로 결국  $C_{og}$ 값을 계산하기 위해서는 발생 장치와 송전선로를 포함한 시스템 방정식을 풀어야 한다. 또한, 본 연구의 모델은 송전선로와 코로나 잡음 발생장치의 기하학적 구조가 3차원이므로 3차원 정전용량을 계산하기 위해서는 3차원 송전선로 모델링과 인공잡음 발생장치 모델링이 요구된다. 인공잡음 발생장치의 형태를 결정하기 위해 예비실험을 수행하고 CSM(Charge Simulation Method)를 통해 선로의 잡음 방사특성을 조사하기 위한 잡음장치의 정전용량을 계산하여 실증선로에서 시험할 인공 잡음 발생장치의 정전용량 설계기준치를 10 pF로 결정했다. 시험선로에 설치되는 인공잡음 발생장치는 무게와 제작의 난이도를 고려하여 그림 2와 같은 원판(Disk)형으로 결정하였다. 이러한 형태의 인공잡음 발생장치를 지상고 28 m인 시험선로 下相에 설치했을 때 예비실험에서 얻어진 10 pF의 정전용량을 갖도록 원판의 크기를 결정하기 위하여 그림 3과 같이 원판의 크기에 따른 정전용량을 계산하였다. 그 결과 원판 형태로 10 pF의 정전용량을 확보하기 위해서는 최소한 반경이 40cm 정도는 되어야 함을 확인하였다.

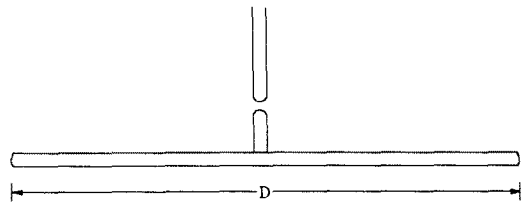


그림 2 Disk Type의 인공잡음 발생장치 개념도

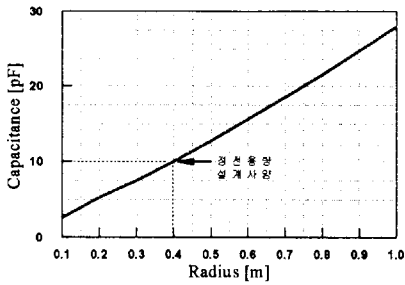


그림 3 인공잡음 발생장치를 시험선로 下相에 설치하는 경우의 원판 크기에 따른 정전용량

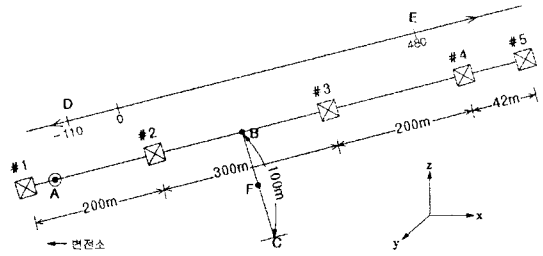


그림 6 잡음 발생장치 설치지점과 각종 측정지점

## 2.2 인공잡음 발생장치의 제작

이상에서 계산한 원판의 크기에 따른 정전용량 결과를 기초로 실제 시험 선로에 설치할 인공잡음 발생장치의 갭 간격은 5 mm로 하고, 원판(disk)은 여유를 두고 반경 60 cm인 알루미늄 판으로 제작하였다. 그림 4에 최종적으로 제작된 인공잡음 발생장치의 도면을 나타내었다.

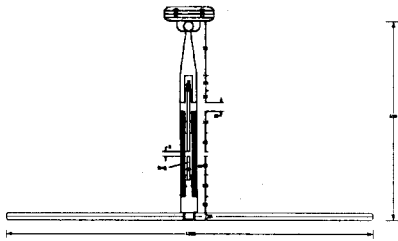


그림 4 인공잡음 발생장치 제작도면

## 2.4 실험결과 및 평가

그림 7과 같이 시험선로 下相의 A지점에 인공잡음 발생장치를 설치하고 각종 실험을 수행하였다. 시험전압은 잡음발생장치 내 전극간 gap 방전개시전압과 잡음발생장치의 시험선로의 모든 설비가 corona free가 되는 전압간의 범위 내에서 정하여야 한다. 따라서 시험용 변압기의 Tap 사양을 고려하여 90kV로 정했다.

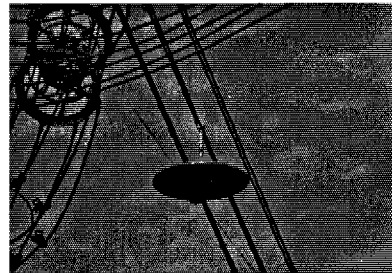


그림 7 시험선로에 설치된 인공잡음 발생장치

## 2.3 765 kV 시험선로에서의 실증실험

### 2.3.1 측정장치

측정장치는 측정용 차량 내부에 설치하였으며, 그림 5에 측정시스템을 장착한 측정용 차량을 나타냈다. 차량에는 라디오 장애 계측기(ESHS 30) 및 텔레비전 장애 계측기(ESVS 30)를 내부에 탑재하고, 차량 천장에는 안테나 Master를 설치하여 안테나를 고정시켰다.



그림 5 선로잡음 측정용 차량

### 2.4.1 라디오 잡음 최대수신방향

Lateral Profile 측정시 측정지점에 따라 잡음발생장치로부터 전선에 주입되는 잡음전류에 의한 잡음량보다 잡음 발생장치 자체에서 직접 방사되는 잡음의 영향으로 측정에 오차를 줄 수 있다. 잡음발생장치에서 직접 방사되는 잡음의 영향을 조사하기 위해 그림 6의 F지점에서 선로에 대한 안테나의 최대 수신방향을 측정하였다. 선로방향을 0°로 하고, 인공잡음 발생장치 방향이 약 290° 되는 F지점에서의 측정결과를 그림 8, 9에 나타내었다.

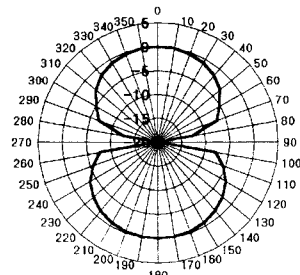


그림 8 라디오 잡음 최대 수신방향

### 2.3.2 잡음 발생장치 설치지점과 측정지점

고장 765 kV 시험장에서 수행한 인공잡음 발생장치 적용실험을 위한 잡음 발생장치 설치지점과 각종 측정을 수행한 지점을 그림 6에 나타내었다.

- A : 선로상 인공잡음 발생장치 설치 지점
- B ~ C : Lateral Profile 측정지점
- F : 선로잡음의 수평성분 측정지점

라디오 주파수대역에서는 그림 8과 같이 안테나의 최대 수신방향이 선로 방향인 것으로 측정되었다. 따라서 라디오 주파수 대역에서는 Lateral profile 측정시 안테나의 방향을 선로 방향으로 하면 인공잡음 발생장치에서 직접 방사되는 잡음이 선로의 전선상에서 발생하는 잡음측정에 영향을 미치지 않는다는 것이 확인되었다

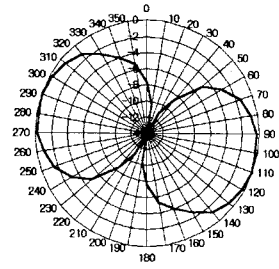


그림 9 텔레비전 잡음 최대 수신방향

그러나 텔레비전 대역에서는 선로에서 발생하는 잡음보다 발생장치의 겹에 의한 직접적인 방사잡음이 커서 실제로 선로에서 발생하는 잡음보다 애자, 금구류와 같은 겹 방전이 텔레비전 장애에 큰 영향을 준다는 것을 확인하였다.

### 2.4.2 Lateral Profile

선로의 도체에서 발생하는 라디오 잡음의 거리 감소특성을 조사하기 위해서 측정차량을 그림 6의 B지점에서 C지점으로 이동하면서 Lateral Profile를 측정하였고, 이의 결과를 그림 10에 나타냈다. 라디오 주파수 대역의 선로잡음강도는 선로에서의 이격거리에 비례하여 일정하게 감소됨을 확인하였다.

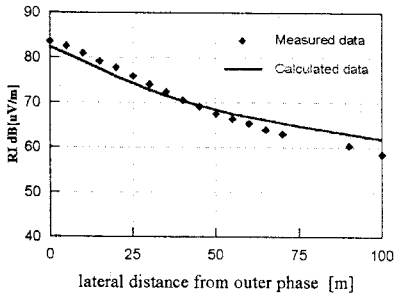


그림 10 시험선로 라디오 잡음의 Lateral Profile

텔레비전의 잡음 특성은 선로의 도체에서 발생하는 잡음량보다 겹에 의한 방전이 지배적이기 때문에 잡음발생 장치를 설치한 지점에서 거리 감소특성을 조사하였고 그림 11에 측정 결과를 나타냈다. 텔레비전 대역의 주파수는 수십 MHz이상이기 때문에 라디오 잡음특성과는 달리 텔레비전 잡음 강도는 선로의 형상과 측정 주파수에 따라서 수십 m에서 수백 m지점까지 극대 극소점을 반복하다 감소하는 특성을 나타냄을 알 수 있다.

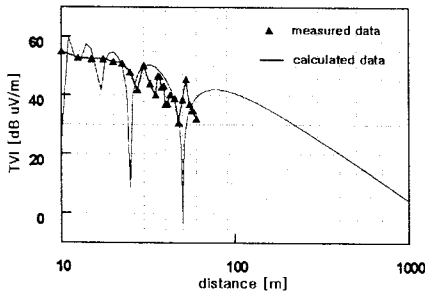


그림 11 시험선로 TV 잡음의 Lateral Profile

### 2.4.3 주파수 특성

선로상을 전파하는 진행파는 선로의 종단, 가공선과

케이블, 선로와 기기의 접속점과 같은 파동 임피던스가 다른 선로의 접속점, 즉 변이점에 도달하면 그 일부는 반사되고 나머지는 투과한다. 따라서 시험선로와 같이 끝이 종단된 선로인 경우 잡음전류는 일부분 반사되어 전선을 따라서 정계파를 형성하고, 주파수 특성은 주파수와 함께 단조롭게 감소되지 않고, 어느 주파수마다 극대치와 극소치를 가지게 된다. 고창 765 kV시험선로에서 측정된 라디오 주파수 대역의 주파수 분포특성을 그림 12에 나타내었다.

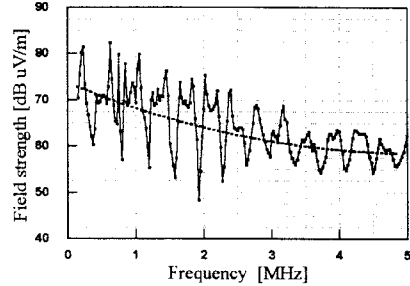


그림 12 인공잡음발생장치를 이용한 선로 라디오 잡음의 주파수 분포

이러한 극대치와 극소치는 선로에 인공잡음 발생장치를 이용하면 뚜렷하게 나타나기 때문에 시험선로에 인공잡음 발생장치를 설치하여 주파수 분포특성을 얻는다. 단거리 시험선로에서 측정된 극대치와 극소치를 이용해 실제 장거리 선로의 라디오 장애량 예측을 위한 환산계수를 기하 평균법으로 구한다. 기하평균법이란 그림 12와 같이 극대치와 극소치를 이용해 실제 장거리 선로의 주파수 특성 곡선(그림 12의 점선)을 구하는 것이다. 또한 라디오 대역과는 달리 텔레비전 대역은 주파수가 높기 때문에 이와 같은 별도의 보정과정은 필요하지 않는다.

### 3. 결 론

고창 765 kV시험선로에서 인공잡음 장치를 이용하여 라디오, 텔레비전 잡음 특성을 조사하였으며, 이에 대한 결과는 다음과 같다.

- (1) 송전선로에 의한 라디오 장애 잡음원은 도체(전선)의 코로나 방전 및 주변설비의 겹방전이 텔레비전 장애의 경우에는 애자런등 주변설비의 겹방전이 지배적이다.
- (2) 송전선로에서 멀어질수록 라디오 잡음강도는 지수적으로 거리에 반비례해서 감소하고, 텔레비전 잡음강도는 선로의 형상과 측정 주파수에 따라서 수십 m에서 수백 m지점까지 부분적인 증가와 감소를 반복하며 전체적으로 감소하는 특성을 나타낸다.
- (3) 시험선로와 같은 단거리 선로에서의 라디오 잡음 강도를 실제 장거리로 환산하기 위한 환산계수를 인공잡음 장치를 이용하면 쉽게 구할 수 있다.

### (참 고 문 헌)

- [1] W.E. Pakala, V.L. Chartier, "RADIO NOISE MEASUREMENTS ON OVERHEAD POWER LINES FROM 2.4 TO 800 KHz", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-90, No.3, pp. 1155 - 1165, MAY/JUNE 1971
- [2] "Interferences Produced By Corona Effect Of Electric Systems Description Of Phenomena Practical Guide For Calculation", CIGRE Working Group 36.01, Part 3 Chapter 7, pp 89 ~ 97, 1974
- [3] "건조물 장애예측의 안내", 일본CATV기술협회, pp 1~5, 1995.9
- [4] "초고압 송전에 관한 III단계 연구", 한전전력연구원 2차년도 중간보고서, pp 부록 22~40, 1999. 5