

가로등 누전탐사 기술

정재희 · 안희석* · 이종순* · 김종훈*

서울산업대학교 안전공학과 · *(주)한국전기하이테크

1. 서 론

가로등은 도시민의 야간활동에 매우 중요한 시설물로서 도시구조의 확대와 더불어 그 수량도 매우 급증하고 있는 실정이다. 대부분의 가로등이 지중에 전력선을 매설하여 전력을 공급하는 형태를 취함으로써 가로등 수량에 해당하는 만큼의 지중매설 경간을 갖게 되어 일상적인 관리도 어려울 뿐 아니라 지중에 매설된 전선로는 항상 지반침하에 대한 장력 스트레스와 수시로 발생하는 굴착공사로 인한 손상의 위험이 늘 존재하며 상당 구간에 누전 발생으로 말미암아 안전사고와 간접사고의 위험성 즉, 시민의 안전을 늘 위협하고 있는 실정이다.

이의 개선을 위하여 정상선로와 함께 관내 전선로 구간 전체의 교체작업이 이루어지거나 측정기기(절연저항 측정기)의 사용으로 누전 지점을 발견하여 가로등주 경간 보수작업을 하고 있으나 매우 많은 비용과 시간을 필요로 하여 보급이 잘 이루어지지 않고 있다.

이를 위해 몇몇 누전 탐사기기가 개별 보급되어 사용되고 있으나 가로등 전로의 정전용량은 매우 큰 특성으로 오동작을 많이 일으킨다. 그 오동작으로 인해 건전한 지중매설 전선로를 보수하는 경우가 다수 발생하여 큰 정전용량에서도 오동작이 없는 기기를 통한 보수 기술 개발이 요구되었다. 본 신기술은 최소의 비용으로 신속한 누전위치의 탐사를 통하여 가로등과 같은 지중 전선로의 누전에 대한 탐색을 원활하게 함으로써 시민 안전의 확보와 예산의 절감을 통한 국민생활의 편의를 도모하고자 본 가로등 누전 탐사 기술을 창안 개발하게 되었다.

2. 가로등 누전개요

2.1 원인

현재 각 지방자치단체에서 관리하는 가로등의 경우 누전은 지중 전선로의 경우가 등기구 자체의 경우보다 더 많은 경우임이 확인 되었다. (일례로 2003년 시흥시 가로등 안전점검을 실시한 결과 정왕동 관내 74개소의 누전 중 안정기 누전 2개소, 나머지 72개소는 전로의 누전으로 확인 됨)

■ 대체로 전선로의 누전의 경우

- 전선로의 공장에 따른 누전
- 전선로의 손상에 의한 누전
- 시공 불량에 의한 누전

등의 사례로 확인 되고 있으며 따라서 대부분의 가로등 누전이 지중 매설구간에서 발생되고 있음을 알 수 있다.

2.2 심각성

- 야간 교통사고의 원인 제공

가로등 누전 발생시 누전차단기 동작에 의한 소등으로 인하여 시민의 야간활동 안전 확보의 실패로 교통사고의 원인을 제공한다.

- 주민 안전사고의 원인 제공

가로등 지중 매설구간의 경우 누전에 대한 발견이 매우 어렵다. 따라서 폭우나 폭설시 누전 구간이 원인이 되어 감전사고의 원인을 제공한다.

3. 장치 개발에 따른 기술적 문제

3.1 전선로의 대지 정전용량

가로등 전선로는 대부분 40m 정도의 경간에 20~30등 정도의 등기구가 연결되어 전체 경간이 약 1,000m의 구간이 형성되어 있다. 이런 경우 대지간 0.1 μ F의 (8SQ 전선) 정전용량 형성으로 전로에 고주파 신호를 인가할 경우 대지 정전용량에 의해 소멸되는 신호가 누전에 의해 소멸되는 신호와 구분되기 어려운 기술적 문제가 있다.

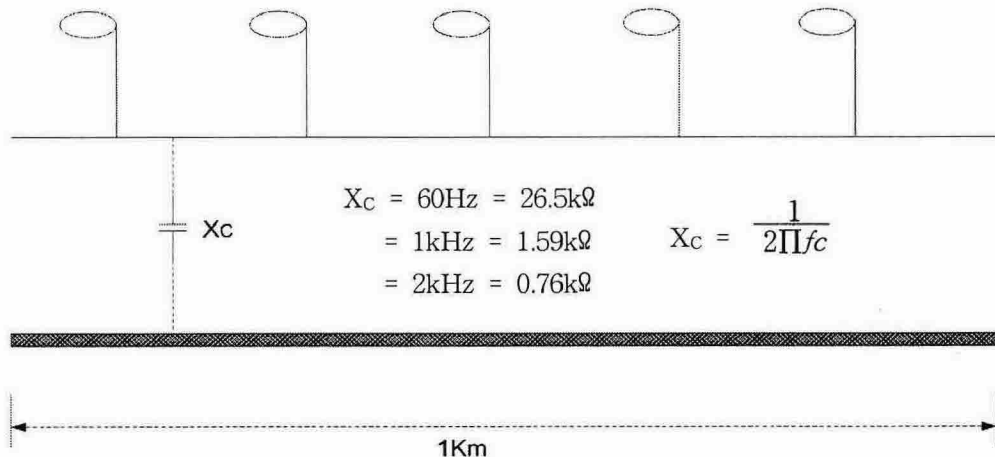


그림1. 전선로의 대지정전용량

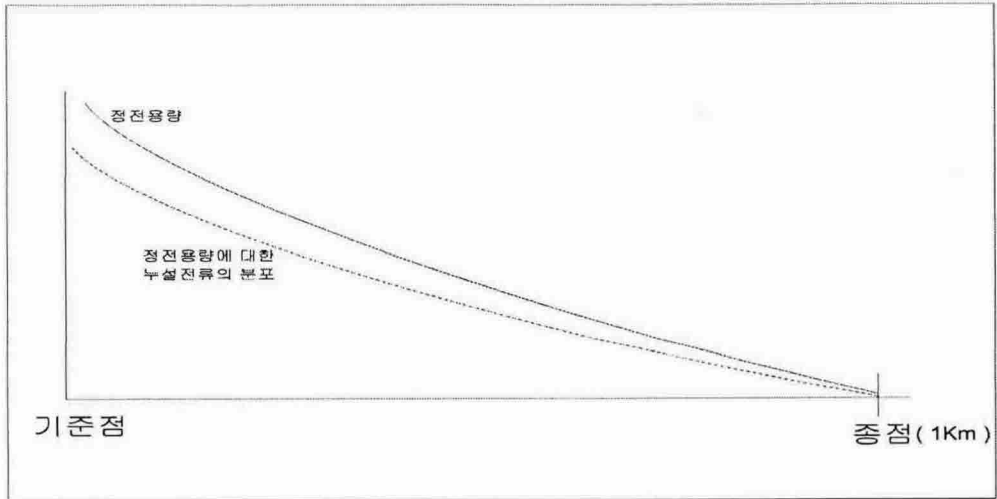


그림2. 정전용량에 대한 누설전류 분포

① 누전점의 감도 분해능

1kHz의 500V를 1kM의 전로에 인가시 약 330mA의 누설전류가 측정되는데 이 구간에 0.1MΩ 누전장소의 500V에 대한 누설전류 5mA의 분해 감도를 해결하기가 어렵다.

표1. 직류, 교류, 주파수와의 관계

	직류	교류	
		저주파	고주파
선택	정전용량의 영향은 없다	정전용량의 영향이 적다	정전용량 영향이 다소 크다
조	외부자계 검출이 어렵다	외부자계 검출이 다소 어렵다	외부자계 검출이 쉽다
건		전력선의 영향이 커서 탐사 불능	전력선 영향은 필터로 가능
		1~1kHz	1kHz~5kHz
			5kHz 이상

○ 누전탐사를 위한 인가 신호에 따른 영향

고주파 중첩 맥류는 누전지점까지 적절히 공급되어 누전점에서 신호 발신기까지 폐회로를 형성함으로써 누전 구간에 이르는 전자파 자속 신호와 함께 지전위 형성을 갖게 된다.

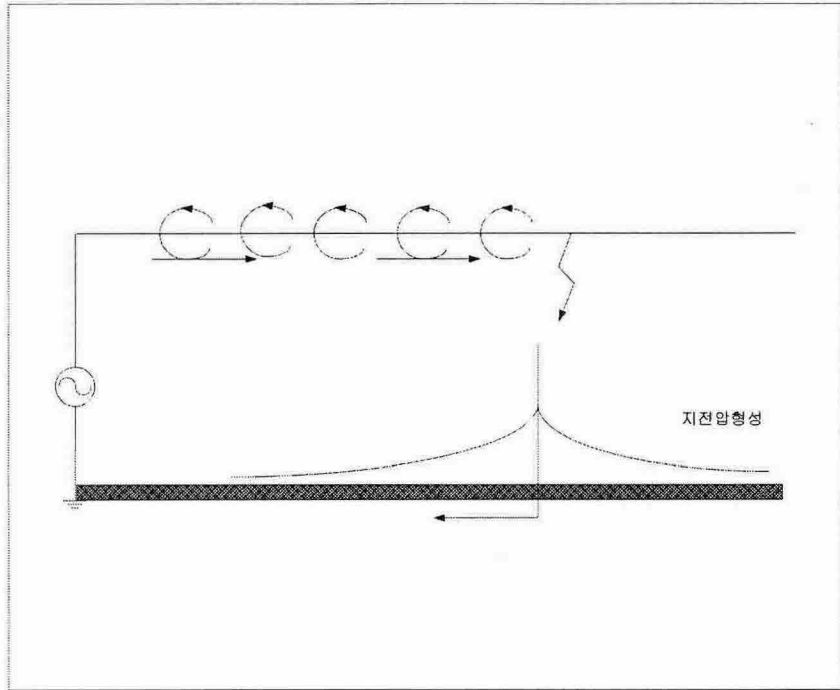


그림3. 전자파 자속 신호와 지전위 형성

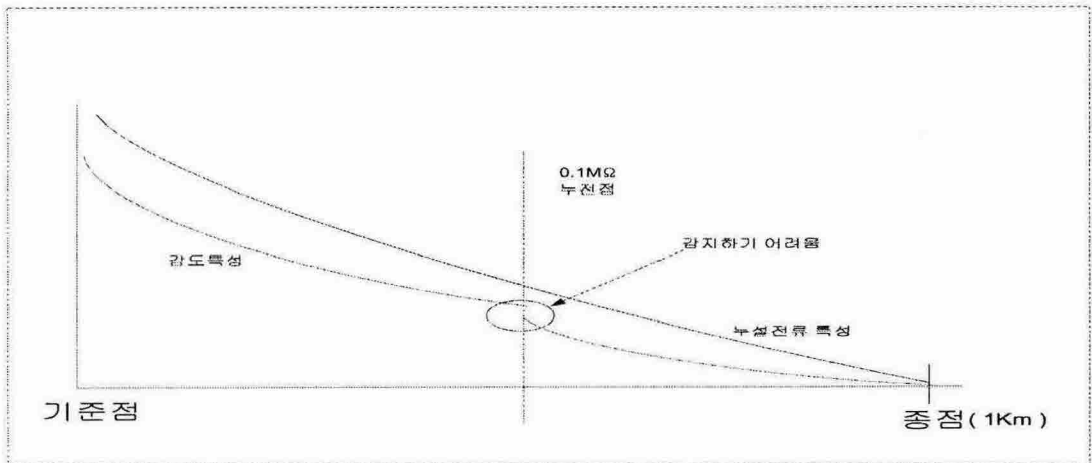


그림4. 누설전류와 감도특성

② 누전이후 구간의 잔여 감도

누전탐사를 위해 1kHz의 신호를 전로에 인가시 누전점 이후에도 정전용량에 의한 분포 전류로 인해 잔여 감도 범위가 형성되는바 이에 대한 누전여부 판단이 구분되어야 할 기술이 해결되어야 한다.

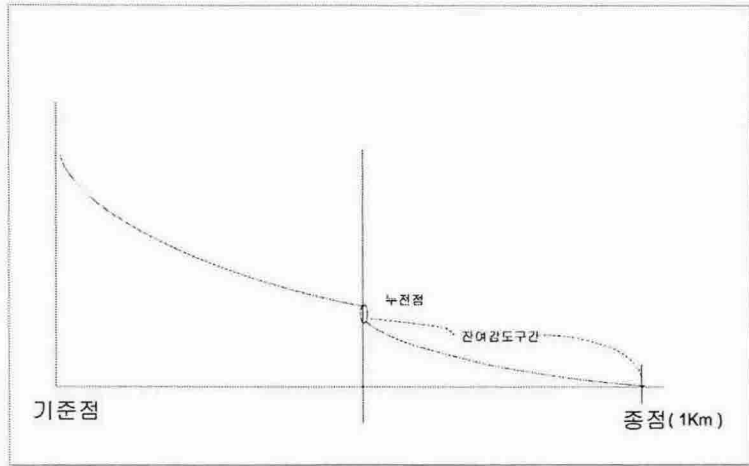


그림5. 누전점 이후의 잔여감도

4. 기술적 문제의 해결

누설 신호 회로의 평형 인가 (3단자 인가법)

가로등 설비에 매설된 지중 전선의 2가닥에 평형 전원 신호를 인가함으로써 정전용량에 의한 대지간 누설전류가 상호반대방향으로 흐르면

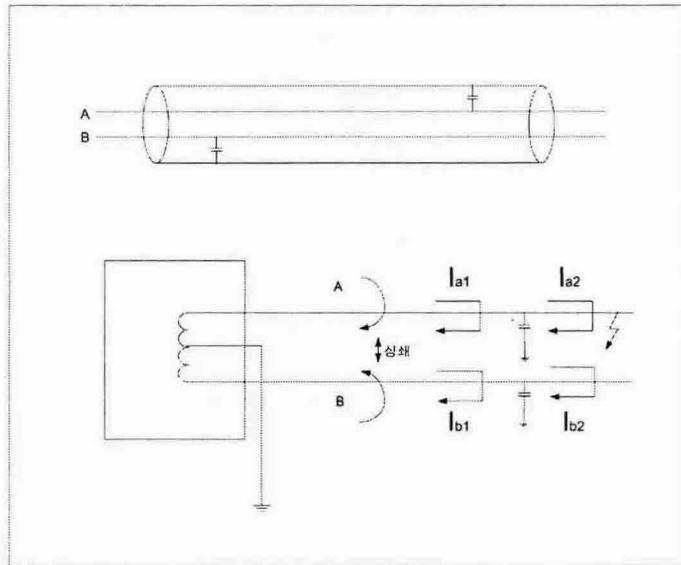


그림6. 누설자속의 상쇄

누설자속이 상쇄됨으로 외부에서 측정하는 누설자속의 검출이 소멸된다. 이로서 일반적인 정전용량에 의한 누설전류는 자속센서에 검출되지 않는 상태가 되어 누전회로만의 검출이 가능해진다.

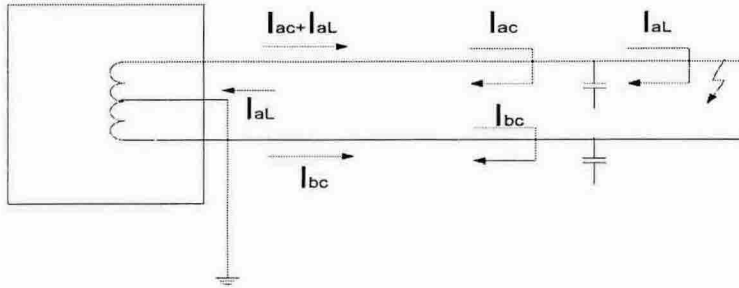


그림7. 접지측 단자 전류

$$\text{접지측 E 단자 전류} = I_{ac} + I_{aL} + I_{bc} = I_{aL}$$

이러한 특성에 의해 얻어지는 3단자 인가법에 의한 특성 곡선은 그림과 같다.

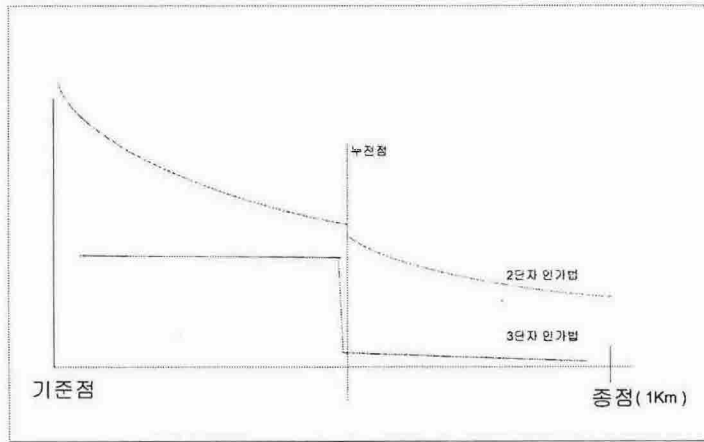


그림8. 3단자 인가법 특성곡선

5. 결론

가로등의 누전탐사에서 제일 심각한 문제는 정전용량을 극복하는 것으로서 본 2차 개발과정에서 가로등 경간이 갖는 정전용량의 문제로 근본적으로 해결 하였다. 이로서 가로등 누전탐사 기술의 한단계 진보를 이룸은 물론 국내 보급된 외래 장비와 비교하여 성능면으로 획기적인 향상을 가져오게 되었다.

향후 본기기의 지속적인 연구 과정을 통하여 다음과 같은 과제를 해결하고자 한다.

1. 매설 깊이의 판독이 가능한 센서 개발
2. 타 매설물의 간섭에 대한 보완
3. 교각 등 자성체 물체의 복개 구간에 대한 감도 개선

본 연구과제의 연구를 통하여 조사된 바에 의하면 가로등 누전 탐사기는 세계적으로도 미개척 분야로서 향후 지속적인 연구에 의한 성능 향상은 동 분야에 대한 우리나라의 경쟁력 우위로 기대할 수 있을 것이다.