2005년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2005. 7. 18 - 20

전자 통신 설비의 낙뢰 피해 분석 및 개선 방안 연구

홍성택*, 신강욱, 이동근, 이은춘
한국수자원공사

The Analysis of Lightning Damages for the Communication Facilities and the Methods for the Improvement

Sung Taek Hong, Gang Wook Shin, Dong Keun Lee, Eun-Chun Lee
Korea Water Resources Corporation

Abstract - Due to the unusual change in the weather to be increased suddenly, the damage of the lightning accident is recently more increased than before. Many water treatment facilities are operated by automatic control or by remote control. Automatic control systems are adopted in water treatment facilities. So there are damaged by lightning inevitably.
This study is intended to measure and analyze the lightning accident occurred by the lightning and to show the methods minimizing the lightning accidents.

1. 서 론

최근에 급증하고 있는 기상이변으로 낙뢰피해 사고는 갈수록 심화되고 있으며 그것으로 인한 빈번한 낙뢰발생과 정보통신기술의 발전에 따른 낮은 내전압 특성의 전력전자소자를 사용함에 따라 낙뢰시 써지에 대한 내성이 약화되어 여러 가지 물적, 인적 피해를 유발하고 있다.
따라서 최근에 낙뢰피해를 입은 사업장을 대상으로 현장조사를 실시하여 그 원인을 조사하였다. 그 결과 써지의 유입경로가 전원부와 접지부로 조사되었으며, 이에 대한 보호를 위하여 써지보호기를 각각의 개소에 설치 운영중에 있었다. 그러나 몇 개소에 보호기 설치가 누락되어 있어, 다음 개소에 별도의 써지보호기를 설치 할 경우 보호효과가 높아질 것으로 판단되었다.
따라서 본 연구에서는 운용중인 전기 및 계측제어 설비의 낙뢰에 의한 사고의 원인을 분석하고, 기존의 피뢰(避雷)대책 및 내뢰(耐雷)대책 실시 현황을 조사, 분석함으로써 향후 낙뢰피해를 최소화하는 방안을 제시하고 한다[1].

2. 써 지

2.1 써지의 침입경로

신호, 통신, 제어기기 및 기타 약전기기를 뇌써지로부터 보호하기 위해서는 뇌써지의 침입방향, 이행경로를 모두 고려하여 검토하는 것이 기본적으로 필요하다. 기기에 대한 뇌써지 침입·이행경로가 되는 단자계는 그림 2.1과 같이 입력계, 출력계, 전원계 및 접지계의 4계통의 단자로 구분할 수 있다[2].

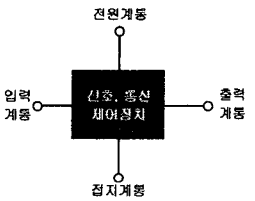

그림 2.1 뇌써지 침입·이행경로로 본 단자계

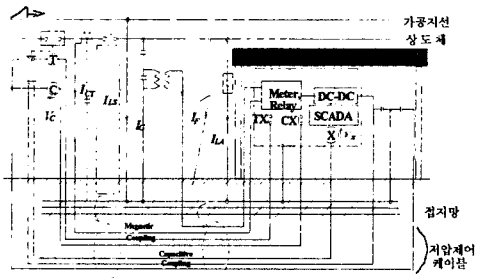

그림 2.2 써지 발생원과 전파경로 예

그림 2.2의 써지 발생원과 저압제어회로의 전파경로 예를 나타내었으며, 써지가 기기에 직접적으로 나타나는 모드는 크게 공통모드(CM : Common Mode)와 차동모드(DM : Differential Mode 혹은 정상모드(NM : Normal Mode))로 구별된다. 공통모드는 대지와 도체간에 나타나는 과전압으로 중성점 접지계를 이루고 있거나 신호 혹은 전원선의 한 선이 접지계와 등전위를 이루는 경우에 나타난다. 공통모드로 발생하는 대표적인 예는 뇌써지이다. 반면 차동모드는 신호, 전원선간에 발생하는 개폐 써지가 그 예이다.

2.2 써지피해

옥상의 건물보호를 위해 사용되는 피뢰침은 낙뢰로부터 시스템을 보호하고자 하는 설비로서, 낙뢰를 유도하는 수뢰부, 유인된 낙뢰전류를 유도하기 위한 인하도체와 대지로 전류를 분산시키는 접지부로 구성되어 있어 건물에 직접적인 영향을 피하기 위한 설비이다. 피뢰침이 없는 경우에는 직격뢰에 의해 대규모 재해와 인명피해가 발생할 수 있고 특히, 가연성 건물 또는 화약고 등에는 화재가 일어날 수 있으며, 안테나나 가스분출구와 같은 설비에 심각한 파손을 일으킬 수 있다.
피뢰침에 낙뢰가 가해지면 설비에 대한 직접적인 영향은 없지만 낙뢰가 가지고 있는 대전류 에너지를 대지로 흘려보내는 과정에서 구조물 내부의 전자, 통신 및 전기설비에 전자기장해(EMI:Electro Magnetic Interference)가 발생한다. 즉, 뇌격 전류에 의한 전자기 결합현상과 접지저항과 전류의 곱에 상당하는 대지전위상승이 발생하며, 이로 인해 전원선의 접지측이나, 기기의 접지측과 신호선 혹은 전력선 사이에 과전압이 발생하게 된다[3].
현재의 전자, 통신설비 대부분은 IC 등 과전압에 내성이 약한 소자로 구성되어 있으므로 접지저항이 낮을지라도 낙뢰시 발생되는 뇌격전류의 크기(3,000~200,000 A)가 매우 크고, 그 속도(혹은 상승률 : 1~10μs)가 매우 빠르므로 피뢰 설비 이외에 Surge Protector와 같은 특별한 낙뢰 보호대책 기기의 설치가 필수적이며, 보편적으로 설치가 증가되고 있는 추세이다. 이처럼 피뢰침은 구조물의 화재, 폭발 등의 안전상의 관점에서는 유리한 안전시설이지만 구조물 내부의 설비보호의 측면에서는 장해를 일으키는 근원이 되기도 한다.

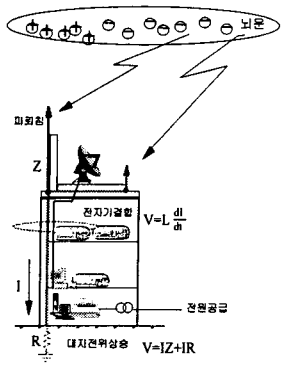

그림 2.3 피뢰침 낙뢰시 과도 대지 전위상승과 전자기 결합(EMI)

3. 현장조사 및 개선방안

3.1 현장조사

표 3.1 남원 분기 설비점검 결과

항 목	점검/조사 내용
설비현황	• TM/TC 판넬 - 110 V 전원 UPS에서 공급 - 380 V 전원 (개폐기 1개), 유량계실 Actuator 전원공급 - 24 V Power Supply 소손 - 밸브 AO card 소손 • UPS 판넬 - IN : 단상 220V OUT : 단상 110/220 V - 용량 : 1kVA - 전원용 보호기 기설치 • 초음파 유량계 • 유량계실 (TM/TC와 약 100m 이격) - 밸브 개도 AO card 소손
서지보호현황	• TM/TC 판넬 - 전원용 보호기 1대 기 설치 (PSI, 110 V 병렬형) - 신호용 보호기 4대 기설치 (PSI) • UPS 판넬 - 전원용 보호기 기설치 (PSI), 누설전류 : 1.85 mA
접지현황	• TM/TC 판넬 접지저항 : 96.7 Ω • 펜스 접지저항 : 20.1 Ω

3.2 문제점 및 개선방안

3.2.1 써지보호

남원분기의 경우도 대부분 써지보호기를 설치하였으나, 일부회로는 누락되어 있어 설비의 완벽한 보호를 기대할 수 없다. 특히 본 장소는 한전에서 3상 4선식 380V/220V를 수전 받아 전동밸브와 약전기기 전원을 공용으로 상용하기 때문에 각 전원별 유입써지에 대하여 각별한 보호대책을 수립하여야 한다. 따라서 그림 3.1 및 표 3.2와 같이 써지보호기를 추가 설치하여야 한다.

표 3.2 남원분기 써지보호기 추가 설치 수량

용도	설치위치	수량	규격	비고
전원용	380V인입전원	1대	AC 380V용 3상4선식	
	초음파 유량계 전원부	1대	AC 110V용	
신호용	유량계 신호용	4대	동축케이블용	
	A/O Port용	2대	4-20mA	
계		8대		

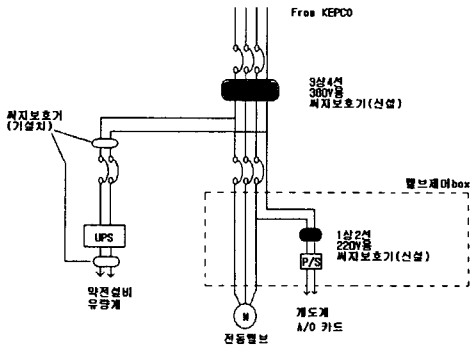

그림 3.1 남원분기 전원결선도

3.2.2 접지저항

약전설비용 접지저항을 측정한 결과 96.7Ω으로 상당히 높게 계측되었다. 통신용 접지극의 접지저항은 회선수, 설비의 중요도에 따라 접지저항이 최대 100Ω이하로 규정되어 있으나, 안정도 등을 고려하여 10Ω이하를 유지하는 것이 일반적이다. 따라서 본 현장의 경우 접지저항 값이 높으므로 이를 저감하기 위하여 접지극을 추가로 매설할 필요가 있다.

이때 접지극으로 사용할 수 있는 접지재료는 접지매쉬, 접지판 및 접지동봉 등이 있으나, 현장여건과 시공의 용이성 등을 감안하여 접지동봉을 이용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

본 현장의 경우에는 강전용 접지극과 분리되어 있으므로 이를 상호 Bonding하여 등전위 유지는 물론, 종합접지저항을 낮추는데 유용하게 하는 것이 바람직하다.

접지극을 추가 매설할 수량은 매설지역의 대지비저항에 달라질 수 있으며, 통상적으로 야산지대의 비저항이 약 300~500Ω.m이므로, 평균값 400Ω.m 적용하여 접지물량을 산출하면 다음과 같다[4].

[접지물량 산정]

·접지극 규격 및 설계조건
- 접지동봉 : 16Φ×1800L(리드선 부착형)
- 매설깊이 : 지표하 75cm이상(동봉 상부기준)
- 대지비저항 : 400 Ωm
- 적용공식 : Ollendroff식(봉접지)
- 목표접지저항 : 제1종접지공사(10Ω 이하)

·접지물량 산정

접지봉 1개의 접지저항을 Ollendroff식을 이용하여 계산하면 다음과 같다.

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l}{r} \ (\Omega)$$

여기서, R : 접지저항(Ω)
ρ : 대지비저항(Ωm)
L : 접지봉길이(m)
r : 접지봉 반지름(m)

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l}{r} \ (\Omega)$$

$$= \frac{400}{2\pi \times 1.8} \ln \frac{2 \times 1.8}{0.008}$$

$$= 216 \ (\Omega)$$

계산결과 접지봉 1개의 접지저항이 216Ω으로 나타났으므로, 접지저항 10Ω을 유지하기 위해서는 n개의 접지봉이 필요하다.

$$10\Omega = \frac{216}{n}$$

$$n = 21.6개 \times 1.25(집합계수)$$
$$\fallingdotseq 27개$$

즉, 10Ω의 합성접지저항을 얻기 위하여 다수의 접지봉을 매입할 때 발생하는 집합계수를 고려한 총 접지동봉 수는 27개 정도가 소요된다. 따라서, 3점법을 이용하여 9개소를 그림 3.2과 같이 병렬연결하면 된다.

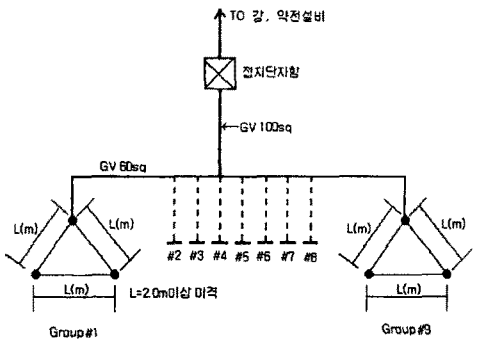

그림 3.2 접지극 포설방법

시공방법은 동봉과 동봉사이는 최소한 2m이상 이격하고, Group과 Group 사이는 3m이상 이격하여 매설하여야 한다. 접지극을 상호 근접하여 연결할 경우, 접지극 간의 상호 간섭으로 인하여 병렬접지저항 저감효과를 기대하기 힘들다. 따라서 공간이 허락하는 한 최대한 이격 시설하는 것이 바람직하다.

그리고 접지극 상호 연결용 도선은 피복선(GV)을 이용하여 지중에서 부식되는 것을 방지토록 하여야 한다. 여기서 반드시 주의하여야 할 사항은 대지비저항 적용값이 참고 값이므로 실제 설계에는 현장에서 측정한 값을 적용하여야 한다.

이때 기존의 접지극에 의한 접지저항값(96.7Ω)을 고려할 필요성에 대하여는 설계자의 의도에 따라 결정할 수 있으나, 접지저항값이 너무 높아 별 의미가 없을 것으로 판단된다[5].

3.2.3 피뢰설비

남원분기의 경우 그림 3.3와 같이 야산 중턱에 위치한 남원시 배수지의 최상단에 위치한 관계로 주변에 뇌격시 본 시설물에 떨어질 확률이 높다. 따라서 직격뢰에 대한 피뢰대책이 필요하다고 판단된다.

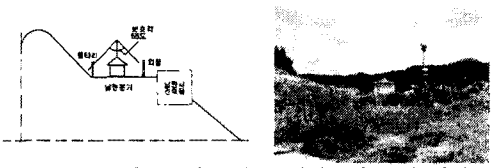

그림 3.3 남원분기 건축물 설치단면도 및 장면

피뢰설비 설치방법에는 돌침방식, 수평도체방식, 케이지방식이 있으며, 경제성과 안전성이 높은 돌침+수평도체방식을 혼합하여 사용하는 방식도 있다. 남원분기에 적용가능한 방식위주로 비교검토하면 표 3.3과 같다.

위 검토결과 안전성이 높은 돌침+수평도체 방식을 적용하는 것이 효과적이지만 남원분기의 경우 일반 소형건축물에 적용하는 돌침방식이 바람직하다고 판단된다.

이외에도 최근에 신형피뢰침(ESE, DAS)등이 있으나, 인근 배수지 시설물에 전부 돌침형 피뢰침을 사용하였으므로 일관적인 피뢰시스템을 구축하는 것이 피뢰효과 차원에서도 좋을 것이다[6].

이때 피뢰침용 접지극은 일반용 접지극과 공용할 수 없으므로 별도의 접지극을 매설하여야 한다. 피뢰침용 접지극은 일반용 접지극과 가급적 많이 이격하는 것이 바람직하며, 이때 최소 이격거리는 20m이상으로 명시되어 있다. 접지극의 물량은 피뢰침의 경우 10Ω이하를 요구하므로, 위 항에서 계산한 일반용 접지극 접지물량과 유사할 것이다.

표 3.3 각종 피뢰방법 비교

구분	돌 침	수평도체	케이지	돌침+수평도체
방법	건축물 최상부에 금속도체 설치로 낙뢰 유인, 방류	건축물 옥상 테두리에 금속띠를 둘러 낙뢰 유인	건축물 전체를 금속망으로 덮어 내부의 설비 및 사람을 보호	돌침방식과 수평도체방식을 혼합사용
안전성	보통	보통	아주높음	높음
시공성	쉬움	보통	어려움	다소 어려움
미관성	나쁨	보통	아주나쁨	나쁨
공사비	적음	보통	아주 많음	많음
용도	굴뚝, 높은 철구조물, 소형건물	일반건축물	중요문화재, 산정의 기상관측소	일반 주요건축물
적용	◉			

4. 결 론

(1) 현장조사를 실시한 결과 써지의 유입경로가 전원부와 접지부로 조사되었다. 그래서 별도의 써지보호기를 설치 하여 보호효과를 높였다.

(2) 남원분기의 경우 통신용 접지저항이 96.7Ω으로 상당히 높게 계측되어 접지극 보완이 불가피한 실정이다. 따라서 다음과 같이 접지극을 추가 매설하여 이상전압 및 뇌격전류 흡수율을 높였다.

(3) 남원분기는 야산 중턱에서 최고로 높은 구조물이므로 직격뢰가 떨어질 가능성이 있으므로, 별도의 피뢰침을 설치하는 것이 바람직하다고 판단되었고 남원분기 피뢰침은 주변여건과 경제성을 감안하여 일반 돌침형으로 선정하였다. 그리고 별도의 피뢰침용 접지극을 필요하며 통신용 접지극과 최대한 이격(20m이상)하여 매설하는 것이 중요하다고 판단 된다.

[참 고 문 헌]

[1] 대한전기협회, 전기관계법령집, 2000. 2
[2] 이복희, 접지의 핵심기초기술, 도서출판 의제, 1999. 9
[3] 일본전기학회, 최신 건축물 등의 피뢰설비가이드북, 1997. 7
[4] 이형수, 접지설계 입문, 동일출판사, 1996. 1
[5] 이형수, 접지기술 입문, 동일출판사, 1996. 1
[6] 대한전기협회, 내선규정, 2000. 2