

써지 보호기 성능 시험 및 선정 기준에 관한 연구

홍성택*, 신강욱, 이동근, 이은춘
한국수자원공사

The Performance Test of the Surge Protector Devices (SPD) and the Selected Methods

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

Abstract - Electronic control systems adopted in water treatment facilities. And many water treatment facilities are operated by electrical and electronic devices or by remote control. So those are damaged by the surge which is generated by lightning inevitably. This study is intended to measure and analyze the SPD performance tests occurred at the electrical and electronic control devices and to show the methods of the reduction when the surge is occurred suddenly.

1. 서 론

최근 상수도시설이 통합화·자동화를 위하여 약품투입, 펌프-모터 운영, 유량, 수위 등의 각종 자료취득을 위한 신호·통신설비 및 전기, 전자기기는 대부분 집적회로로 된 반도체부품을 이용하여 기기의 소형, 경량화, 다기능화를 추구하고 있는 상황이나 이들 기기는 낙뢰 등의 써지 전압에 매우 민감하여 기기의 오동작이나 혹은 소손을 초래하기도 한다.

이들 기기의 피해로 인한 직접적인 손실 이외에 수도물생산설비의 중단사고로 인한 통신의 장애는 더 큰 간접적인 손실을 유발 할 수 있다. 이러한 과도 과전압으로부터 설비를 보호하기 위해서는 먼저 선로에 유입되는 써지의 특성을 분석할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 써지에 대하여 기기를 보호하는 써지 보호기의 성능을 실험하고 비교, 분석하여 이것을 설비에 적용한다. 그리고 여러 경로로 유입되는 써지에 대하여 각종 전기, 전자 기기를 보호하는 방안을 제시하고자 한다⁽¹⁾.

2. 써지의 발생 원인

2.1 전원선에서 침입하는 뇌써지

이러한 뇌써지 침입은 고압 배전선뿐만 아니라 여러 가지의 침입경로 또는 복합경로로 이루어지며, 그 예를 나타내면 그림 2.1과 같다.^{(2),(3)}

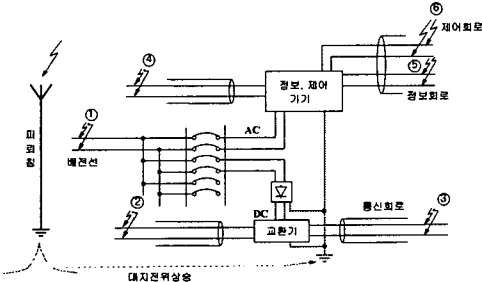


그림 2.1 통신설비의 뇌써지 침입경로 예

① 고전압 배전선에서 침입한 써지가 정전·전자적 결합으로 수용가 변압기의 저압전선에 이행

한 것

- ② 저압 배전선의 직격뢰 또는 유도뢰 써지
- ③ 주변 빌딩, 전주, 가공지선으로 떨어지는 뇌의 직격, 고압축 피뢰기의 방전에 의한 대지의 전위상승을 제2종 접지가 끌어들이는 것
- ④ 낙뢰에 의해 대지의 전위가 상승하여 피뢰기가 역방전하여 선로로 흘러 들어가는 것
- ⑤ 다른 수용가의 TV 안테나의 직격뢰 또는 유도뢰에 의해 수신기를 파괴하고 전원에 침입하여 또다시 주변의 수용가에 침입하는 것

2.2 신호선에 침입

전화회선은 물론, 옥외의 신호선, 제어선 또는 센서를 가진 시스템에서는 이들로부터 침입된 뇌써지가 있으며, 현장의 유량, 수위 계측제어선 혹은 발·변전소 등에서도 이들로부터 침입한 써지가 큰 것이 많다.

2.3 옥상으로 침입한 뇌써지

건물의 옥상 또는 피뢰침에 뇌의 직격이 있을 때, 건물 전체가 고전위로 된다. 또 피뢰침 회선 또는 건물자체에 유도된 유도뢰 써지가 있다. 이들의 경우 써지 과두부의 진행에 따라 고전위가 진행과로 되어 대지로 전달되기까지는 짧은 시간이지만 각 층간에는 전위차가 발생한다. 뇌전류가 흐르고 있는 전기배선을 우회하므로 진행과의 전달시간에 지연이 발생하고 건물과의 사이에 전위차가 생기는 경우도 있다.

2.4 대지로부터 침입하는 뇌써지

뇌격전류 또는 고장전류에 의해 대지전위가 상승하여 여기에 연결된 기기의 전위는 대단히 높게 된다. 여러 가지 피해사례로부터 보면 대지, 접지로부터 뇌써지가 침입한 경우가 많으므로 시스템을 보호하기 위하여는 대지와 접지에 대한 대책이 중요하다.

2.5 복합적인 뇌써지의 침입

전자통신장비에 침입하는 써지의 경우 전원측, 신호입·출력측, 및 접지측의 네방향에서 들어온다고 설명하였지만 보통은 그들의 경로에서 복합적으로 들어오는 경우가 많다. 근처에 낙뢰가 떨어졌을 때, 각각의 회선에도 대소의 차가 있지만 유도뢰 써지가 발생한다. 또 그 뇌전류 자신 혹은 피뢰기 등의 방전, 피해개소에서 설락, 절연파괴로 인한 대전류 등에 의해 대지전위의 상승도 발생한다. 또 1개의 회선에 뇌써지 전압, 전류가 흐르면 그 전류에 의한 전자계의 방사, 정전 및 전자결합에 의해 다른 회선에 써지가 유도되는 작용도 있다.

3. 서지보호기 성능 시험

3.1 측정대상 선정

우리공사의 각종 설비는 여타 설비와는 달리 필드에 길게 노출되어 있는 선로가 많으므로 이것이 낙뢰의 유입경로가 되어 일반 전기설비에 비해 낙뢰 피해를 받을

우려가 더 많다. 전원 및 신호회로에 침입하는 과전압으로부터 설비의 안정적인 운용을 도모하기 위해서는 특성이 검증된 서지보호기의 적용이 필수적이다. 이를 위해 현재 우리공사에서 사용되고 서지보호기를 대상으로 한국전기연구원의 협조를 얻어 서지 제한전압 시험을 수행하고 그 결과를 분석하였다.

3.2 시험 방법

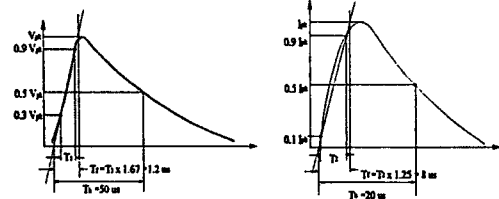
현장에서 발생할 수 있는 다양한 과도전압 혹은 전류에 상응하는 IEC 및 ANSI규격의 대표적인 표준 시험파형과 크기를 보호기에 인가하며, 시험조건은 다음과 같다^{[4][5]}.

■ 시험조건

- 전원의 인가 유무(전원용인 경우에 한정)
 - 교류 전원 인가/비 인가시
- 인가 방법
 - Normal Mode(선간)/ Common Mode(선-접지간)

■ 시험파형

뇌 임펄스 시험파형: Combination Wave(IEC 61000-1-5, IEEE Std.C62.45-1992)
 - 20 kV / 10 kA (1.2/50 μ s 개방전압 / 8/20 μ s 단락전류)



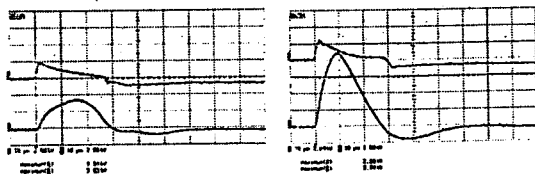
[뇌임펄스 개방회로 전압(1.2/50 μ s)] [단락회로 방전전류(8/20 μ s)]
 그림 3.1 전압, 전류 시험파형

■ 시험회로의 구성

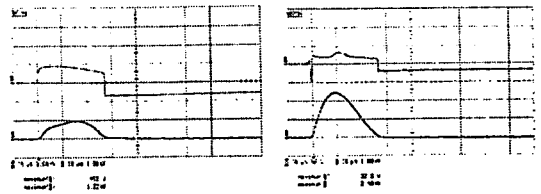
- 서지 발생기 : Ecat E522 (KeyTek)
- 전압측정 프로브 : Tektronix P5100, PG015A
- 전류측정프로브 : 10 kA (Pearson 101)
- 오실로스코프 : LeCroy LC574AL 1GHz

3.3 성능시험 결과

각 관리단에 기 설치되어 있는 보호기의 샘플에 대해 뇌 임펄스 시험 후 성능결과를 표 3.1에 나타내었다. 성능시험은 20 kV의 뇌임펄스전압 인가시 220 V 전원용의 경우는 공통모드/정상모드에서 제한전압이 각각 2,000 V/2,000 V 이하, 데이터 신호용과 동축 신호용은 650 V 이하의 제한전압 성능을 나타내야 한다. 그림 3.2 및 3.3는 각각 전원용 보호기와 신호용 보호기의 제한전압 파형의 예이다.



(a) 공통모드 (b) 정상모드
 그림 3.2 전원용 서지보호기의 제한전압 특성 (A사)



(a) 공통모드 (b) 정상모드(파손)
 그림 3.3 신호용 서지보호기의 제한전압 특성 (A사)

성능시험 결과 표 3.1에서 보는 바와 같이 현재 각 관리단에서 가장 많이 사용하고 있는 A사 전원용의 경우 공통모드/정상모드 제한전압은 1,940 /2,500 V로 정상모드에서 초과되어 나타났다. 이는 써지 침입시 전원측에 써지로 인해 피해를 받을 수 있다.

표 3.1 뇌 임펄스에 대한 보호기의 써지 억제 특성 결과(KERI시험)

보호기	종류	공통모드(CM)		정상모드(NM)		비고 (20kV 인가시)	적용 개소
		Vc (V)	Ic (kA)	Vc (V)	Ic (kA)		
전원용	A	1,940 *	3.63 *	2,500 *	8.94 *		동화
	B	831	1.28	820	2.13	파손	
	C	886 *	3.31 *	831 *	9.19 *		
데이터 신호용	A	458	1.03	328	2.48	파손	동화
	B	908	1.18	165.6	2.77	파손	
	C	84.1	1.23	68.8	2.90	파손	
	D	397	1.45	138	2.65	파손	
동축 신호용	A	3,250	2.65			파손	동화
	B	544	2.90			파손	

* 20kV 인가파형, 그 외는 6kV 인가파형

※ 공통모드(CM:Common Mode) : 선-접지간, 정상모드(NM:Normal Mode) : 선간

데이터 신호용과 동축 신호용의 경우는 인가전압 20 kV에서 시험하도록 되어있지만 대부분의 보호기가 인가전압 6 kV에서 파손되어 보호성능이 충분치 못한 것으로 판단된다.

이와 같이 각 관리단에 기 설치되어 있는 보호기의 샘플을 시험한 결과 일부는 뇌 임펄스 성능시험시 보호기의 내부 회로 및 결선상의 문제로 쉽게 파손되거나 적정 수준의 성능을 발휘하지 못하고 있는 실정이다.

따라서 저압 및 약전설비 보호를 목적으로 설치하는 써지보호기는 그 성능에서 상당한 차이를 나타내므로 기종 선정시 각별한 주의가 요망된다. 실제로 중요설비를 보호하기 위하여 전원 및 신호단에 설치한 보호기가 파손되는 사례를 종종 목격하는 경우가 있을 것이다. 이와 같은 이유는 보호기가 감당하기 어려운 정격이상의 써지가 유입한 경우에 해당될 수도 있으나, 대부분의 경우 제품자체의 결함 또는 접지시스템과 결선상의 오류에 기인된 사고이다.

특히 금번시험에서 A사 제품의 경우 전원용은 시험전압에 견디었으나, 신호용의 경우에는 파괴되었다. 따라서 이와 같은 제품의 경우 계통에 유입되는 써지에 대하여 완벽한 보호를 기대할 수 없다.

4. 써지보호기 보호원칙 및 선정 기준

(1) 3중보호 원칙

설비 및 계통을 보호하기 위하여 유입되는 써지에 대하여 분류, 억제 및 제한효과를 구비하여야 완벽한 보호를 할 수 있다. 따라서 수처리 설비에 적용되는 써지보호기는 그림 4.1과 같이 3중 보호원칙이 적용된 보호기를 설치하여야 한다.

- ① 분류효과(Diverting)
- ② 차단효과(Blocking)
- ③ 제한효과(Clamping)

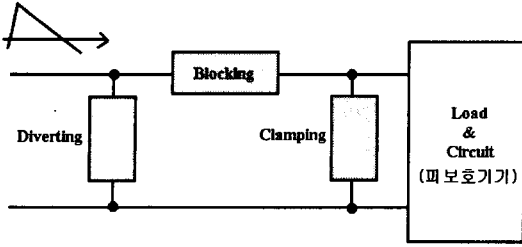


그림 4.1 써지 보호기 회로 구성

- 회로 단락/단선
- Fuse의 단선유무

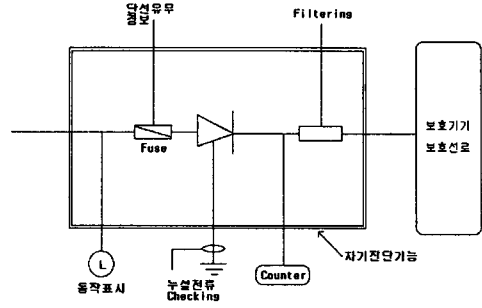


그림 4.2 써지보호기 주요 구비조건

(2) 전원

표 4.1 써지보호기 설치 방법

1차 보호	주 변압기의 2차측 Main Panel에 Main Surge Protector를 설치하여 외부로부터 침투하는 Surge를 1단계 억제한다.
2차 보호	각 건물의 분전반 또는 UPS, AVR 입력단에 Surge Protector를 설치하여 Main Surge Protector를 통과한 잔여 Surge 및 내부 발생 Surge를 억제한다.
3차 보호	정밀 제어 장비의 전원 입력단에 Surge 및 Noise를 제거할 수 있는 전원용 Surge Protector를 직,병렬로 설치하여야 한다.

(3) 통신 신호보호

선로의 양단에 Surge Protector를 설치하며, 접지는 전원선과 공통접지를 사용한다.

(4) 접지보호

전원은 필히 접지가 이루어져야 하며, 2개 이상의 접지가 1개의 기기에 접지되는 경우는 반드시 병렬접지를 시켜야 한다.

(5) 보호기 구비조건

써지보호기의 경우 국내에서 생산, 판매하는 제품수는 수십가지로 다종 다양하다. 경우에 따라 국내의 시험 필 등을 운운하며 자사제품이 제일인 것처럼 홍보를 하지만 궁극적으로 선택은 사용자에게 있는 것이다. 따라서 다음 구비조건을 만족하는 제품으로 선정할 경우 보호성능 향상뿐만 아니라 유지보수에도 상당한 도움이 될 것이다⁶⁾.

【보호기능】

- ① 보호회로에서 정한 제한전압(Clamping Voltage)을 넘지 않을 것
- ② IEC/IEEE 시험과형에 의한 성능시험을 받아 이상이 없을 것
- ③ 보호소자 손손시 단락전류로 인한 화재 및 기타 안전사고 방지를 위하여 동작 신뢰성이 있는 보호장치(fuse)가 구비되어 있을 것

【유지관리 기능】

- ① 동작횟수 표시기(Counter)가 설치되어, 운영관리에 편리성이 있어야 한다.
- ② 상태표시기능(Lamp)이 있어, 전원의 이상유무를 확인할 수 있어야 한다.
- ③ 소자의 열화상태를 나타내는 누설전류 표시기능이 있어야 한다.
 - 초기값 측정, 기억
 - 현재값 Display
 - 누설전류가 일정값(각 소자별 허용값) 이상이면 경보기능 구비
- ④ 자기진단기능이 있어, 보호기의 정상상태를 운영자

5. 결 론

최근에 낙뢰피해를 입은 사업장을 대상으로 현장조사를 실시한 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 판단된다.

표 5.1 각 사업장별 써지보호기 설치

사업장	용도	수량	비고
별량정수장	전원보호용	3대	
	신호보호용	21대	소계 : 24대
수어댐	전원보호용	-	
	신호보호용	8대	소계 : 8대
계		32대	전원용 : 3대 신호용 : 29대

현재 여수권관리단에 설치되어 있는 써지보호기의 성능 시험을 실시한 결과 전원용의 경우 제한전압을 초과한 경우가 발생하였고, 신호용은 시험전압을 인가할 때 파손되어 성능시험을 할 수가 없었다. 따라서 국내시장에서 시험되고 있는 써지보호기를 선정할 때는 신중을 기하여야 한다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 써지보호기 성능 시험 및 선정시 구비조건을 제시하였으며, 향후 추가 설치 할 보호기 구매시방에 본 내용을 명시할 경우 제품의 신뢰성이 높아질 것으로 판단된다.

【참 고 문 헌】

- [1] 최홍규, 전원설비 및 설계, 성안당, 2001. 9
- [2] 임하담 전자통신 보호대책, 임하담관리단, 1999.
- [3] 전자통신설비 써지 보호대책, 수도시설처, 2002.
- [4] IEC/TC 81
- [5] IEEE Std 80, std 142
- [6] IEC/KSC 61024