

낙뢰 및 썬지에 대한 제어계측설비의 효과적인 보호대책

Efficient Protection Countermeasure against Lightning and Surge for the Control & Instrumentation Equipment

김학만^{*)}, 박철원^{*)}, 장영남^{*)}, 신명철^{*)}, 이관효^{**)}, 김승효^{**)}, 노재화^{**)}

* 성균관대학교 전기공학과 ** 한국수자원공사

Hak-Man Kim^{*)}, Chul-Won Park^{*)}, Young-Nam Jang^{*)}, Myong-Chul Shin^{*)}

Kwan-Hyo Lee^{**)}, Seung-Hyo Kim^{**)}, Jae-Hwa Roh^{**)}

* Dept. of Electrical Eng., Sung Kyun Kwan Univ. ** KOWACO

Abstract

This paper presents efficient protection countermeasure against lightning and surge for the control & instrumentation equipment using TVSS(transient voltage surge suppressor) and TEC(transient earth clamp). We propose the zone protection technique with TVSS and the use of TEC for clearing potential difference between frame ground and signal ground.

1. 서론

전력계통을 구성하는 송·배전선로, 변전소, 댐 등은 대부분 자연환경에 노출되어 있기 때문에 뇌, 바람, 비, 눈 등 자연현상의 원인에 의한 사고의 발생 비율은 상대적으로 높다. 최근들어 컴퓨터를 중심으로한 디지털 제어장비와 전자식 제어계측설비가 널리 활용되기 때문에 이들의 사고는 고품질의 전력을 지속적이고 안정적으로 공급하는데 저해요인으로 작용하고 있다.

낙뢰 및 썬지로부터 제어계측설비의 보호대책에 관한 연구가 제기되어 활발히 진행되고 있으며[1, 2, 3], 최근 낙뢰와 썬지로부터 제어계측설비를 보호하기 위해서 과도전압썬지 억제기(transient voltage surge suppressor : TVSS, 이하 TVSS)의 설치에 대한 필요성이 점차 증가되고 있다. 특히 한국수자원공사에서 일부 수도사무소와 다목적댐에 TVSS를 적용한 결과 우수한 성능이 확인되었다[4]. 그러나 이런 TVSS 설치의 증가 추세에도 불구하고 TVSS의 안전성 측면에 대한 검토는 다소 부족한 실정이다. 즉, 규격에 맞지않는 TVSS를 설치할 경우 낙뢰 및 썬지로부터 효과적인 대응이 불가능하고 화재의 가능성 때문에 TVSS의 설치시 안전성에 대한 기준이 확립되어야 하며, 아울러 TVSS를 이용시 효과적인 보호 기법에 관한 연구가 요구된다.

따라서 본 연구에서는 수자원공사의 현장조사와 관련자료 수집을 토대로 TVSS의 설치시 안전성의 기준을 정립하고 영역별 보호개념(zone protection)에 관하여 연구하였다. 또한 TVSS를 설치하여 운용하는 경우에도 약전용접지(signal ground : SG, 이하 SG)와 강전용접지(frame ground : FG, 이하 FG) 사이의 전위차가 발생하여 제어계측설비가 오동작 및 소손되는 상황이 발

생할 수 있는데, 이에 대한 해결책으로 과도 접지전위차 해소장치(transient earth clamp : TEC, 이하 TEC)의 설치에 대하여 검토하였다.

2. 낙뢰 및 썬지 보호장치

제어계측설비에 유입되는 낙뢰 및 썬지는 송전선로의 고장에 의한 썬지와 너썬지가 전력계통으로부터 유입되는 경우, 스위칭 썬지, 변압기 고장 및 여자돌입전류에 의한 썬지가 시설내에서 발생하는 경우, 시설내의 UPS등에서 발생하는 고조파와 전자장비들에 의해서 발생하는 각종 잡음(noise) 등으로 분류되고, 이들은 상호 결합되어 복잡한 양상을 띄게 된다. 이러한 낙뢰 및 썬지로부터 제어계측설비를 보호하는데 이용되는 장치는 여러 가지가 있는데 본 논문에서는 TVSS와 TEC에 대하여 논하고자 한다.

2.1 TVSS

TVSS는 전직선 및 데이터/신호선을 통해 유입되는 낙뢰 및 썬지로부터 설비를 보호하기 위해 선에 직렬 또는 병렬로 설치되는 보호장치의 일종으로, 비선형 전압-전류특성을 갖고 있는 소자들로 구성된다. TVSS의 특성은 TVSS의 정격전압을 초과하는 썬지 및 노이즈를 클램핑시켜 일부는 흡수하고 일부는 접지 또는 전원공급원측으로 되돌려 보내 보호대상 기기에 전달되지 않도록 하는 것이다. 즉, TVSS는 썬지 및 노이즈에 대해 낮은 임피던스의 흐름 경로를 제공하게 된다. TVSS는 그림 1과 같이 비선형 전압-전류 특성의 소자들이 선로와 병렬로 연결된다.

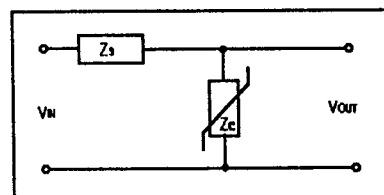


그림 1 선로에 병렬로 연결된 TVSS

정상적인 전압이 인가되는 경우에는 Z_c (TVSS의 임피던스) $\gg Z_s$ (선로의 임피던스) 인 관계가 성립하므로 보호기에 걸리는 전압은 식(1)이 된다.

$$V_{out} = V_i \times \frac{Z_c}{Z_c + Z_s} = V_{in} \quad (1)$$

과전압이 인가되는 경우에는 Z_c 가 아주 낮아지므로 보호기에 걸리는 전압은 식(2)가 된다.

$$V_{out} = V_i \times \frac{Z_c}{Z_c + Z_s} = \alpha V_{in} \quad (2)$$

여기서 $0 < \alpha < 1$ 이다. TVSS는 위의 식들에 의해서 클램핑 전압 이하에서는 입력과 출력이 같으며, 클램핑 전압을 초과하는 경우에는 저임피던스의 TVSS를 통해 전압이 클램핑되어 노이즈, 써지가 시스템에 유입되지 않도록 한다.

2.2 TEC

TEC는 정상시에는 개방회로로 되고 과도시에는 단락회로의 특성을 갖기 때문에 접지 전위차 문제에 가장 이상적인 접지 보호 장치이다. 전력선 및 신호선의 접지가 별도로 단독 접지되어 있을 경우 이는 한쪽접지를 통해 수전 암페어의 접지전류가 흐르게 되면 양접지간 접지 전위차가 발생하게 될 때 양접지 사이에 TEC를 설치하면, 접지 전위차가 TEC의 함복(break down) 전압을 초과하게 되면 단락회로를 구성하게 됨으로 접지 전위차가 해소된다. 그림 2는 TEC의 작동원리를 도시한 것이다.

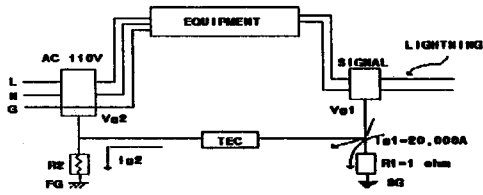


그림 2 TEC 작동 원리도

그림 2에 나타난 바와 같이 TEC가 설치되지 않은 경우에는 신호선을 통해 유입되는 접지전류는 접지저항 $R1(1[\Omega])$ 을 통해 흐르게 된다. 따라서 $20,000 \times 1[\Omega] = 20[KV]$ 의 접지 전위차 ($V_{g1} - V_{g2}$)가 발생한다. TEC가 설치되어 있는 경우에는 2개의 접지가 TEC에 의해 연결되어 있어 신호선을 통해 과전류가 유입되더라도 접지전류는 2개의 접지 $R1$ 및 $R2$ 로 통해 흐르게 됨으로써 접지 전위차가 발생되지 않는다. 정상조건하에서 TEC가 설치되어 있다하더라도 과도전압이 유입되지 않는 상태에서는 2개의 접지가 분리된 상태로 되기 때문에 FG에 약한 노이즈가 유입되더라도 SG측으로 노이즈가 전도되지 않는다. 결과적으로 TEC는 정상 상태에는 개방회로이고 과도 상태에서는 단락회로 접지 보호기가 된다.

3. 낙뢰 및 써지에 대한 제어계측설비의 효과적인 보호대책

3.1 TVSS의 영역별 보호기법

써지에 대한 효과적인 보호를 위해서는 보호대상의 중요도에 따라서 보호영역을 체계적으로 세분화하여 중요도가 높은 보호대상일수록 침입하는 써지를 중복적으로 보호하는 기법이 필요하다. 이 보호영역을 정의하면 표 1과 같다.

표 1. 보호영역

영역 0	써지 보호대책이 전혀 없는 영역
영역 1	외부로부터 유입되는 써지를 보호하기 위해 주보호 장치를 설치한 영역
영역 2, 3 등	보호대상의 중요도에 따라서 보호장치가 추가되는 영역

영역 1은 전력선 및 통신선으로부터 침입하는 외부의 써지에 대한 1차적인 보호가 수행되는 곳이다. 즉 이 영역은 교류, 데이터 통신, 전화선과 같은 모든 케이블에 써지 보호장비가 설치되는 지점으로 정의된다. 그리고 전선관, 수도파이프와 같은 금속 도체들은 이 지점에서 직접접지될 수 있고 또한 이 도체들은 본딩(bonding)되어야 한다.

영역 0과 영역 1의 경계부분에서 외부 써지에 대한 보호가 이루어 지므로 영역 1에서는 과도적인 환경이 발생하는 요인들은 첫째, 경계의 써지 보호장비에 대한 잔여 과도전압, 둘째는 시설물 안에서 스위칭 동작에 의해 발생하는 과도전압 그리고 송전선로의 개폐나 뇌에 의해서 시설물내에 유입되는 과도전압 등이 다.

위에서 언급한 3가지 요인들에 의해서 보호 영역 1내에 추가적인 영역들이 필요하다. 이와 같은 보호개념으로 시설물내를 영역 1과 영역 2로 나눌 수 있다. 그리고 보호영역 2내에서도 기기들의 중요도에 따라 더 세분화하여 보호영역 3, 4 등과 같이 나누어서 효과적이고 안전한 써지대책을 수립할 수 있다. 그림 3은 영역별 보호개념의 한 예로서 현재 중추덤에 설치된 것을 도시하였다.

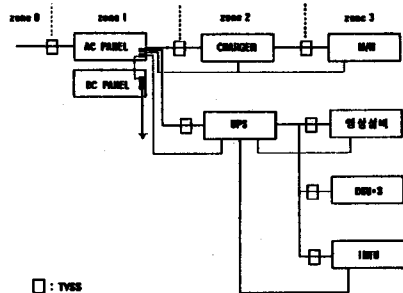


그림 3 영역별 보호

특히 제어계측설비와 통신설비의 전원으로 UPS를 이용하는 경우가 많다. 그러나 UPS에는 써이리스터가 포함되어 있고 이런 구조적 특성으로 많은 고조파를 발생시켜 설비들을 오동작 내지는 파손시키는 노이즈원이 되기도 한다. 그러므로 UPS의

입력단 뿐만 아니라 출력단에도 필터가 내장되어 있는 TVSS를 설치하여야만 제어계측설비를 써지로부터 보호할 수 있다.

규격에 맞지않는 TVSS를 설치할 경우 낙뢰 및 써지로부터 효과적인 대응이 불가능하고 화재의 가능성 때문에 TVSS의 설치시 안전성에 대한 기준은 다음과 같다.

안전성의 측면에서 MOV소자를 사용하는 TVSS에는 열적인 보호기능이 필요하다. 특히, 메인 및 서브용 TVSS에는 과전압에 의한 110[°C] 이상의 소자 과열시 회로 차단이 가능한 것이 요구된다. 또한, 강력한 써지에 의해 TVSS가 파괴되더라도 시스템에 영향을 주지 않도록하기 위해 안전상 TVSS에는 과전류 보호 기능이 있어야 하고 보호기능이 지속될 수 있는 2중 보호 회로로 구성되어야 한다. 외장에 대해서는 소자가 파괴되더라도 외부에 영향을 주지 않는 구조이어야 한다. 또한 TVSS의 상태가 정상적인지 또는 고장상태인지를 쉽게 판단할 수 있는 보조 기능이 추가되어야 하며 고장시 보수과정에서도 모듈별로 교체 가능한 것이 선정되어야 한다.

3.2 TEC를 이용한 접지전위차 해소

데이터 통신장비 또는 정밀제어 장비들은 일반적으로 FG와 SG 즉 하나의 시스템에 2개의 접지를 갖고 있다. 이는 정상상태하에서의 기기 동작에는 매우 바람직한 접지 방식이나, 과도상태에 의한 강력한 써지를 접지를 통해 유입될 경우에는 접지 전위차를 발생시켜 기기 손상을 일으키게 되는 주요 원인으로써 작용한다. 따라서 과도 상황에서는 2개의 접지를 하나로 묶어 주는 것이 바람직하다. 물론 2개의 접지를 하나로 묶어 준다 하더라도 접지 전위의 상승은 불가피하지만 접지전위가 상승하더라도 접지 전위차가 발생되지 않으면 기기가 동작하는데는 아무런 지장을 주지 않는다. 기기의 손상 방지를 위해 중요한 것은 접지 전위의 상승이 아니라 접지 전위차이므로 TEC를 이용하면 효과적으로 접지 전위차를 해소할 수 있다. 그림 4는 TEC의 설치 예를 나타낸 것으로 현재 소양강댐에 설치된 것이다.

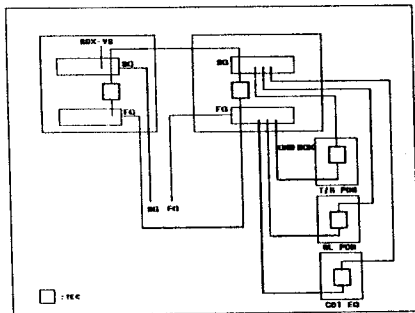


그림 4 TEC 설치 예

또한, TEC 설치시 고려할 사항은 과도전압이 매우 빠른 상승 시간(di/dt)을 갖고 있어 케이블의 임피던스가 크면 높은 과도 전압이 발생하므로 TEC 연결시 가능한한 연결 케이블의 길이를 짧게하여 임피던스를 최소화시켜야 한다. 그리고 여러 배전반이 한 개의 프레임(frame) 위에 설치되어 있는 경우라도 각 배전반마다 TEC를 별도로 설치하는 것이 좋다.

또한, UPS의 접지는 8가지 구성에 따라 정확하게 접지되어야 하고[5] 부하의 증가로 여러 대의 UPS를 병렬운전하는 경우 TVSS를 설치했음에도 불구하고 써지에 대한 피해가 발생할 수 있는데 이 경우 또한 각 UPS사이에 전위차이가 원인이므로 TEC를 이용하여 UPS사이의 전위차를 해소함으로써 효과적으로 제어계측설비를 보호할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 낙뢰 및 써지로부터 제어계측 및 통신설비를 보호할 수 있는 대책에 관해서 최근 개발되고 있는 보호장치들을 이용한 효과적이고 현실적인 대안을 제안하였다.

제어계측설비 및 통신설비에 대해서 낙뢰 및 써지로부터 보호를 하기 위해서는 설비들의 중요도에 따라 적당한 보호영역을 설정하여 TVSS를 추가 배치시키는 영역별 보호기법을 이용하는 것이 효과적이며 TVSS를 사용하여 제어계측설비 및 통신설비를 보호하더라도 SG와 FG의 전위차를 해소할 수 있도록 TEC를 사용하는 것이 바람직하다.

참고문헌

- [1] 한국수자원공사, 전자통신설비의 써지로 인한 기기 보호대책, 1991.
- [2] 대한전기학회, 통신설비의 전도 노이즈 대책 기술, 1992.
- [3] 한국전력공사, 너격전류 파라미터 측정을 위한 조사연구, 1990.
- [4] 한국수자원공사, 다목적 댐 제어계측설비 낙뢰 및 써지피해 방지 대책 조사분석 보고서, 1995.
- [5] Power System Engineering Committee of the IEEE Power Industry Applications Society, IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems, IEEE Std 142-1991, 1991.
- [6] IEEE Power Engineering Society, IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits, IEEE C62.41 1991, 1991.
- [7] UL1449, Standard for Transient Voltage Surge Suppressors.
- [8] Power System Engineering Committee of the IEEE Power Industry Applications Society, IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment, IEEE Std 1100-1992, 1992.
- [9] Michel Mardiguian, Grounding and Bonding, A Handbook Series on Electromagnetic Interference and Compatibility Volume 2, Interference Control Technologies, Inc., 1988.