

안전분야 -연구자료
연구원 - -

석유화학 사업장에서 써지 보호를 위한 접지기법

한국산업안전공단
산업안전보건연구원

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 보고서를 산업재해 예방기술의 연구개발 및 보급사업의 일환으로 수행한 “석유화학 사업장에서 썬지 보호를 위한 접지기법 개발” 최종보고서로 제출합니다.

2001. 12.

주관연구부서: 산업안전보건연구원 안전공학연구실
연구책임자 : 책 임 연 구 원 이 형수

요 약 문

1. 과제명: 석유화학 사업장에서 썬지 보호를 위한 접지기법 개발

2. 연구기간: 2001. 1. 1. ~ 2001. 12. 31

3. 연 구 자: 안전공학연구실 책임연구원 이 형수

4. 연구목적

우리나라 석유화학 사업장에서 사용되는 전력 소비의 많은 부분이 전력전자 장비에 의해 제어되고 있다. 썬지나 노이즈 등의 전기적 과도현상은 마이크로 프로세스 기반설비의 동작을 크게 위협하고 있다. 설비의 생산성을 극대화하려면 썬지 등의 과도상태를 보호하는 것이 필요하며, 가장 기본적인 보호대책은 적절한 접지시스템의 구축에 있는데, 이를 통하여 전력 제어시스템의 80% 이상의 문제를 해결할 수 있다. 따라서, 본 연구는 전자장비 기반의 제어 시스템을 보호하기 위한 최적의 접지시스템 구축방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

5 연구내용

석유화학 사업장에서의 전력설비는 낙뢰나 썬지, 노이즈 등의 과도상태로 인하여 가동이 불안정해지거나 큰 고장이 발생할 수 있으며, 이로 인해 막대한

생산에 차질을 초래하여 경제적 손실을 입는 경우가 있다.

본 연구는 과도현상과 노이즈 등으로 인한 전력설비의 고장을 방지하고 공장 가동의 신뢰성을 확보하기 위하여 다음과 같은 내용을 다루었다.

- 썬지 등 전기적 과도상태의 현상과 문제점
- 석유화학 사업장의 제어계통에 사용되는 전자기기가 과도상태에 취약한 원인 조사
- 과도상태가 전자설비의 신뢰도에 미치는 영향 분석
- 설비 전반에 걸친 전력 보호계통의 효율적 구성방법
- 썬지보호장치의 선정과 적용 기법
- 설비 보호를 위한 효율적인 접지시스템 구축 방안 제시

6. 활용계획

본 연구의 결과는 석유화학 사업장에서 민감한 전자기기를 보호하는 접지 시스템 구성 방안을 보급하여 현장 기술자들이 운전 경험을 기초로 전기적 사고 등에 적극적으로 대응할 수 있는 기술적 지침으로 활용하도록 한다.

7. 연구개요

8. 중심어

썬지(Surge), 썬지 보호(Surge Protection), 접지시스템(Grounding System)

1. 서론

가. 연구배경과 목적

석유화학 사업장의 전기설비는 이들 공장내에 전력을 안정적으로 공급하는 역할을 담당하고 있다. 화학공장의 설비가 한번 전기적 문제가 발생하면 생산에 큰 차질을 초래하고, 복구에 많은 시간을 요하는 경우가 많기 때문에 재가동 까지 생산 손실은 물론 많은 보수비용 등이 들기 때문에 그 경제적 손실이 막대하다.

우리나라 석유화학 사업장에서 사용되는 전력 소비의 많은 부분이 전력전자 장비에 의해 제어되고 있는데, 써지나 노이즈 등의 전기적 과도현상으로 마이크로프로세스에 작동되는 설비가 크게 위협하고 있다.

따라서, 설비의 생산성을 극대화하려면 써지 등의 과도상태를 보호하는 것이 필요하다고 하겠다. 이들 설비의 안정적 가동을 위한 가장 기본적인 보호대책은 적절한 접지시스템의 구축과 함께 적절한 써지보호장치(SPD)를 설치함으로써 대부분의 설비를 보호할 수 있다.

이에 본 연구에서는 전자장비 기반의 제어 계통을 보호하기 위한 최적의 접지시스템 구축방안을 제시하고, 써지보호장치의 선정과 적용에 대하여 가이드 하는데 그 목적이 있다.

나. 연구내용 및 범위

본 연구는 과도현상과 노이즈 등으로 인한 전력설비의 고장을 방지하고 공장 가동의 신뢰성을 확보하기 위하여 다음과 같은 내용을 다루었다.

- 써지 등 전기적 과도상태의 현상과 문제점
- 석유화학 사업장의 제어시스템에 사용되는 마이크로프로세서 등의 반도체 장비가 과도상태에 취약한 원인 조사
- 과도상태가 전자설비의 신뢰도에 미치는 영향
- 설비 전반에 걸친 전력 보호시스템의 효율적 구성방법
- 써지보호장치의 선정과 적용 기법
- 설비 보호를 위한 효율적인 접지시스템 구축 방안 제시

다. 기대효과 및 활용방안

본 연구의 결과는 석유화학 사업장에서 민감한 전자기기를 보호하는 접지 시스템 구성 방안을 보급하여 현장 기술자들이 운전 경험을 기초로 전기적 사고 등에 적극적으로 대응할 수 있는 기술적 지침으로 활용하도록 한다.

2. 전기적 과도현상과 문제점

가. 과도현상 발생 원인

과도현상의 주요 발생원은 낙뢰와 스위치 등의 개폐조작 등 두 가지 경우가 있다.

낙뢰는 직격뢰와 뇌찌지를 발생시키는데, 직격뢰는 주로 피뢰설비가 없는 건물 등에 떨어질 때 발생하며, 뇌찌지는 피뢰설비가 있는 건물 등에서 인하도선과 접지설비를 통하여 대지로 흐르는데, 이 때 전도성, 유도성, 용량성 결합을 일으키며, 이를 일반적으로 유도 뇌찌지라 한다.

스위치 등의 개폐 조작에 의한 과도현상은 아주 일반적인 현상이다. 도체를 통하여 흐르는 전류는 에너지가 저장되는 자계를 형성하고, 이 전류가 개폐에 의해 차단될 때 갑자기 방전되는데, 이 때 에너지가 소비되는 과정에서 고전압 과도현상으로 변한다. 개폐조작에 의한 찌지는 저장된 에너지나 전류가 클수록, 도체의 길이가 길수록 과도현상은 크게 된다.

나. 찌지의 개념

전기적 과도현상은 일반적으로 과도과전압(Transient overvoltage)이란 용어로 널리 사용되고 있다. 즉, 도체간에 나타나는 수 μs ~ 수 ms의 짧은 시간 동안 수 V에서 수 kV의 전압 상승을 갖는다. 과도현상은 찌지(Surge)라는 용어로도 광

범위하게 사용되고 있으며, 영국같은 나라에서는 썬지와 과도과전압을 구별하여 정의하고 있으나 일반적으로 이들 용어는 동일한 개념으로 널리 사용되고 있다.

여기서는 썬지와 관련하여 다음과 같이 개념을 구분하여 사용하기로 한다. <그림 2.1>은 이를 주파수와 전압으로 구분하여 나타낸 것이다.

(1) 직격뢰

직격뢰는 뇌운에서 직접 대상인 건축물 등에 뇌방전(낙뢰)되는 것이다. 이 때의 방전전류는 수십~수백 kA로 매우 높고, 시간적으로 수백 μsec ~수 m sec로 단기간에 큰 에너지를 가지고 있으므로, 낙뢰의 경우 건물을 파괴하거나 사람이 사상되는 피해를 줄 수 있다.

(2) 유도 썬지

낙뢰시의 방전전류는 매우 크므로, 그 전류가 통과할 때 주위의 금속부분에 각 종 유도결합(유도, 정전, 도전성결합)에 의한 썬지(과도과전압)가 발생한다. 이 썬지를 유도썬지라 하며, 수kV~수십kV의 전압이 발생한다. 이와 같은 과전압은 수십~수백 μsec 의 짧은 시간이지만, 내압 성능이 약한 전자기기에서는 가혹한 전압으로 오동작의 원인이 되고, 또 손상을 초래할 수 있다.

(3) 썬지와 노이즈

썬지는 전기회로에 발생하는 순간적인 과도과전압으로 낙뢰 또는 스위치를 개폐할 때 등에 발생한다. 같은 과도과전압으로 노이즈가 있지만, 썬지는 단발적인 고전압을 말하며, 노이즈는 비교적 고주파로 저전압을 말한다.

<그림 2.1> 썬지와 노이즈의 특성

<그림 2.2> 써지와 노이즈의 전압 파형

다. 과도현상의 문제점

노이즈나 써지와 같은 과도현상은 대개 정격전압의 2배의 크기를 가지며, 마이크로프로세스 기반의 전자설비에 오동작을 일으키거나 장애를 일으키는 원인이 된다.

오늘날 생산된 전력의 대부분이 전자장비에 의해 제어될 전망이고, 미국의 경우 EPRI(미국전기연구소)의 추정에 따르면, 2000년도까지 전체 전력의 60 ~ 70%가 전자장비 기반설비에 의해 제어될 것이라 한다.

구체적으로, 노이즈나 써지가 전자기기에 미치는 영향을 보면, 표 2.1과 같다.

표 2.1. 노이즈와 써지의 영향

전자기기에의 영향	임펄스 4×정상전압 	임펄스 2×정상전압 	반복적 외란 (노이즈) 
회로기관 고장	Yes		Yes
데이터 전송 오류	Yes	Yes	
메모리 스크램블	Yes	Yes	Yes
하드디스크 파손	Yes		Yes
SCR 고장	Yes		
공정중단	Yes	Yes	Yes
전원고장	Yes		Yes
프로그램 정지, 중단	Yes	Yes	Yes

<그림 2.3>은 전자설비를 이용하는 석유화학 공장 설비의 예를 나타낸 것이다. 전력설비 부하는 교류 전원과 데이터, 전화, 화재경보 시스템, 공정제어 기기, 퍼스컴, UPS, 전동기, 형광등 등이 있다. 이들 장해의 80%는 설비내의 부하에서 발생한 노이즈와 썬지이며, 나머지 20%는 낙뢰나 전력계통설비의 고장과 같은 외부 요인에 의해 발생한다.

<그림 2.3> 전형적인 석유화학사업장 전력설비

라. 썬지 보호를 위한 대책

석유화학 사업장에서 썬지 등의 과도현상의 발생을 억제하여 설비부하의 제어시스템을 보호하는 근본적인 대책은 피라미드 구조적 접근을 통해 실현할 수 있다. 이 중에서 최적 접지시스템을 구성하는 것이 가장 기본적인 대책이며, 그 다음 썬지보호장치를 설치하는 것이다.

최적 접지시스템의 구성은 석유화학 사업장의 썬지 보호를 위한 가장 기본적

인 기반으로서, 석유화학 사업장 전력설비 트리벨의 80%가 잘못된 접지시스템 구성에 기인한다.

이외에 방사에 의한 노이즈나 전자파 영향은 전자기기 부품의 적절한 물리적 배치나 차폐, 필터 삽입 등으로 보호해야 한다.

따라서, 본 연구에서는 적절한 접지시스템의 구축과 써지보호장치 사용에 관한 가이드를 통해서 지금까지 석유화학 사업장에서 써지나 과도현상으로 인한 문제점 해결 방안을 제시하고자 한다.

3. 석유화학 사업장의 접지방식

가. 개요

석유화학 사업장의 저전압 계통 접지는 과거에는 비접지 방식이나 델타 코너 (Δ -Corner) 접지 방식이 널리 사용되었으나, 아크가 발생하는 지락사고가 발생하여 문제가 발생함에 따라, 오늘날에는 <그림 3.1>과 같은 직접접지 방식이나 고저항 접지방식이 널리 이용되는 접지 방식의 표준이 되고 있다. 그러나, 직접 접지방식을 삼상사선식에 설치한 결과, 지락사고 때 높은 아크전압으로 인해 고장전류가 부하전류보다 작게 되고, 이로 인하여 지락을 감지하지 못해 고장이 다른 건전상으로 진전되어 막대한 피해를 초래하였다. 이후 지락보호장치를 채택하여 이러한 문제점을 보완하였으나, 보호장치의 절연협조가 잘 안되어 차단기가 트립되고 전체 플랜트의 가동이 중지되는 사고가 빈번하였다.

이 결과, 접지에 저항을 삽입한 고저항 접지방식이 어떠한 접지 방식보다 유리하다는 것이 밝혀졌다.

<그림 3.1> Y결선 접지: (a) 직접접지방식, (b) 저항 접지방식

나. 용어의 의미

- ① 계통접지 : 전력계통의 전로를 대지에 접속하는 것.
- ② 기기접지 : 기기 및 그 외의 전기설비의 외함을 대지에 접속하는 것.
- ③ 중성점 접지 : 계통의 중성점을 접지하는 것.
- ④ 접지방식 : 적어도 하나의 전로나 중성점을 직접 또는 전류제한장치를 통해서 의도적으로 접지한 전력계통.
- ⑤ 비접지방식 : 전압측정용 장치 이외에는 의식적으로 접지하지 않은 전력계통(<그림 3.2(a)> 참조)
- ⑥ 직접접지 : 접지선을 이용하여 임피던스가 무시되도록 접지한 것(<그림 3.2(b)> 참조)
- ⑦ 저항접지 : 주로 저항성분인 임피던스를 통해서 접지한 것(<그림 3.2 (d)> 참조)
- ⑧ 리액턴스접지 : 주로 리액턴스분인 임피던스를 통해서 접지한 것(<그림 3.2(e)> 참조)
- ⑨ 유효접지 : 계통의 운전상태에서도 영상리액턴스 X_0 와 정상리액턴스 X_1 과의 비가 3 이하이고, 영상저항 R_0 와 정상리액턴스의 비가 1 이하로 접지한 것.
$$\frac{X_0}{X_1} \leq 3, \quad \frac{R_0}{X_1} \leq 1$$
- ⑩ 간접형 : Y-△결선 변압기의 1차측 Y중성점을 직접접지하고 2차측 △의 한 각을 열어서 저항기를 넣는 방법(<그림 3.2.(c)> 참조)

<그림 3.3> 각 종 접지방식

다. 석유화학 사업장에서 계통접지

(1) 접지방식과 비접지 방식의 비교

비접지 방식에서는 하나의 상이 지락사고가 발생하면 다른 상의 대지전압이 지락전의 1.7배 이상이 되고, 이상전압이 생기기 쉬운 결점이 있다.

비접지 방식에서 사고 피더(feeder)를 지락계전기에서 검출할 수 있으나, 케이블이 긴 계통에서는 정전용량이 커져서 검출감도가 떨어진다. 피더를 정확하게 검출해도 사고점을 발견하는 것은 직접 눈으로 보거나, 회로를 구분해서 정전시켜 조사하는 방법이나 직류 단속파나 음청주파의 신호를 피더에 송수신기로 추적한다. 이러한 방법은 많은 시간과 끈기가 필요하고, 구분정전은 부하에 짧은 시간의 정전으로 공장생산에 지장을 초래하는 경우가 많다. 또, 신호를 보내는 방법은 케이블공사, 금속덕트공사, 금속관공사 등이 많은 공장에서 검출이 쉽지가 않다.

접지방식에서는 지락사고의 경우 사고점에 흐르는 전류가 비접지방식에 비해서 크기 때문에 많은 경우에 간단한 과전류보호장치로 지락전류를 차단된다. 그러나, 지락사고가 발생하면 바로 정전이 된다.

접지계통에서는 지락사고시 과전압이 그다지 크지 않고, 과도적인 이상 과전압에 의한 기기, 케이블 등이 손상될 기회가 적다는 장점이 있다.

(2) 과도과전압

(가) 과도과전압의 크기

개폐꺼지, 사고로 인한 켜지 등과 같이 계통 내에서 발생한 과도과전압은 계통접지의 방식에 따라서 크게 다르다.

리액턴스 접지방식에서 X_0/X_1 과 과도과전압의 크기를 계산하는 것이 <그림 3.3>로 $X_0/X_1 < 10$ 이면 과전압을 정규의 파고값 2.5배 이하로 된다.

낙뢰가 공장의 변전소에 침입한 경우 변압기의 2차측 계통에 생기는 이행전압은 그 계통의 방식이나 선로의 특성, 접속된 기기 등에 따라 크게 변화한다.

<그림 3.3.> 과도과전압과 접지리액턴스

(나) 피뢰기의 선정

피뢰기의 정격전압 E_R 은 다음 식에서 계산한다

$$E_R = \alpha \beta \frac{U_m}{\sqrt{3}} = k U_m$$

α : 접지계통

β : 여유(부하차단, 발전기전압 상승 등의 고려가 필요)

$$U_m : \text{최고허용전압(선간전압)} = \text{공칭전압} \times \frac{1.2}{1.1}$$

k : U_m 의 계통에 대한 ER의 피뢰기를 $k\%$ 피뢰기라 한다.

공장의 배선계통에 사용하는 피뢰기는 직격뢰를 받는 경우는 거의 없으므로 개폐써지를 고려해서 공칭방전전류를 결정하는 것이 바람직하다.

(3) 계통접지 방법

(가) 직접접지와 유효접지

3상 단락전류는 그 계통의 크기를 나타내므로 이와 1선 지락전류를 비교해서 접지의 유효도를 평가한다.

1선 지락시의 건전상 전압상승 값을 배수로 표시하면 <그림 3.4>와 같다.

$$\text{유효접지의 조건 } \frac{R_0}{X_1} \leq 1, \quad \frac{X_0}{X_1} \leq 3$$

즉, 그림의 경사부분에서 이상전압은 1.3배(선간전압의 0.8배) 이하이다. 대개의 발전기는 직접접지하면 지락전류의 최대 값이 발전기의 권선을 손상하는 정도의 크기이다. 그러므로, 저저항의 리액터를 이용해서 접지하고, 지락전류를 제한하여 유효접지의 조건을 만족하게 된다.

<그림 3.4> 1선 지락시의 건전상 전압상승

(나) 저항접지

하나 이상의 개소에서 중성점을 저항기로 통해서 접지하며, 지락전류를 어느 정도 억제하는가는 목적에 따라서 다르다. 지락계전기의 작동을 확실히 하는 경우는 약 10A, 과도 과전압을 억제하려면 충전전류 이상, 즉 10~50A이상 필요하다. 건전상의 지속적인 대지전압은 비접지와 대개 같은 1.7배이다.

저항접지에 의해 기기의 손상, 감전의 위험 및 계통의 전압 변동을 적게 하는 효과가 있다. 그러나, 접지용 저항기는 지락전류를 안전하게 통하고, 그 경우에 발생하는 전압에 대해서도 안전한 구조로 하여야 하므로 비교적 고가의 설비이다.

(다) 리액턴스접지

과도적인 전압을 제한하기 위해서 리액턴스접지를 하는 경우는 $X_0/X_1 < 10$, 즉, 1선 지락전류를 3상 단락전류의 25%이상으로 할 필요가 있다. 이 값은 저

항접지의 경우에 필요한 최소지락전류의 10배 이상이므로, 일반적으로는 사용하지 않는다.

(라) 중성점 이외의 접지

중성점 이외의 접지에는 삼각접지나 V접속의 일단접지 및 삼각접속의 중간탭 접지가 있다. 이들 접지방식은 중성점 접지의 이점을 일부분 가지고 있다. 그러나 접지상의 구별을 정확히 하지 않으면 제어회로, 보호접지의 작동이 불충분하게 되어 위험이 생기므로, 화학공장에서는 바람직하지 못하다.

(마) 단상회로의 접지

3상 4선식의 경우에 앞에서 설명한 것처럼 중성점 접지방식 그대로 이다. 단독으로 단상회로가 있는 경우에 그 한 측이나 중간탭을 접지한다(<그림 3.5> 참조)

<그림 3.5> 단상회로의 접지

(바) 접지변압기

Y결선의 변압기나 발전기를 이용하면 중성점을 그대로 인출할 수 있다. 기존 계통에서 적당한 Y결선의 기기가 없는 경우에 중성점을 얻기 위해서 접지변압기를 이용한다.

접지변압기는 3상 지그잭형과 Y- Δ 형이 있다. 3상 지그잭형은 <그림 3.6> (a)에 나타난 것과 같은 결선이며, 정상시에는 여자전류가 조금 흐르고 있으나, 지락전류에 대한 임피던스가 낮아 큰 자락전류를 통하게 된다.

Y- Δ 형은 <그림 3.6> (b)와 같이 2차 권선이 영상전류를 단락하게 된다. Δ 권선은 부하에 사용하도록 계획한 것도 있다. 단상변압기를 3대 조합해서 대신하는 경우에 선간전압보다 높은 정격 1차 전압의 변압기는 리액턴스가 과대하므로 부적당하다. <그림 3.6> (c)는 지락전류가 적은 경우의 방법이다.

<그림 3.6> 접지변압기의 접속

접지변압기에 흐르는 지락전류는 10초나 1분간의 단시간 정격이 보통이므로 비교적 소형으로 만든다. 중성점 접지저항기와 접지변압기를 조합한 경우에 접지변압기의 임피던스는 충분히 낮아야 한다.

4. 써지 보호를 위한 접지시스템 구성

접지는 그 목적에 따라 크게 분류하면, 안전을 위한 보호용 접지와 전자기기 등의 보호를 위한 기능용 접지로 대별할 수 있다. 전자는 계통접지, 기기접지, 뇌보호용 접지 등을 들 수 있고, 후자는 노이즈대책용 접지, 전위기준화용 접지, 방송국용 접지 등이 있으며, 표 4.1에서 보는 바와 같이 각각에 따라 주파수와 지속시간 등에서 뚜렷이 그 특징을 구별할 수 있다.

앞에서 설명한 석유화학 사업장의 계통접지는 목적으로 볼 때, 보호용 접지에 속하는 것으로서 이것만으로 마이크로세스 등의 제어설비의 정상적인 작동을 위한 접지의 목적을 달성할 수 없다.

보호용 접지는 대전류로 저주파영역에 대응하나, 기능용 접지는 소전류로 고주파영역에 대응하여야 한다.

<표 4.1> 각종 접지의 특징

종 류		주파수[Hz]	접지전류	지속시간
보호용	기기접지	50, 60	10 ~ 100A	ms ~ hours
	계통접지	50, 60	10 ~ 100A	연속
	뇌보호접지	300k	100kA	50ms
기능용	정전기접지	300M	mA ~ A	50ms
	디지털 접지	1 ~ 300M	mA ~ A	연속
	아날로그 접지	DC ~ 100k	μA ~ mA	연속
	EMC접지	DC ~	μA ~ mA	연속

가. 최근의 접지 기술

앞에서 설명한 것처럼 접지는 안전용 접지와 기능용 접지로 크게 분류한다. 여기서, 접지의 형태를 고려해 보면, 안전용 접지는 주로 해서 접지극에 의한 대지의 전위상승에 관계가 있다. 한편, 기능용 접지도 일부는 대지를 대상으로 하고 있으나, 오늘날 정보화 사회의 발전에 수반하여 전자화된 기기·설비에 대해서 전위변동을 없게 하기 위해서 지상공간을 대상으로 하고 있다.

석유화학 사업장에서는 설비를 제어하기 위한 PLC 등의 전자기기가 있는데, 이들은 보호용 접지만으로 써지나 과도 과전압의 문제를 해결할 수가 없다. 이 문제에 대처하기 위해서는 등전위 분당, 써지보호장치(SPD), EMC의 개념을 취급하는 새로운 접지시스템의 개념을 도입하는 것이 대단히 중요하다.

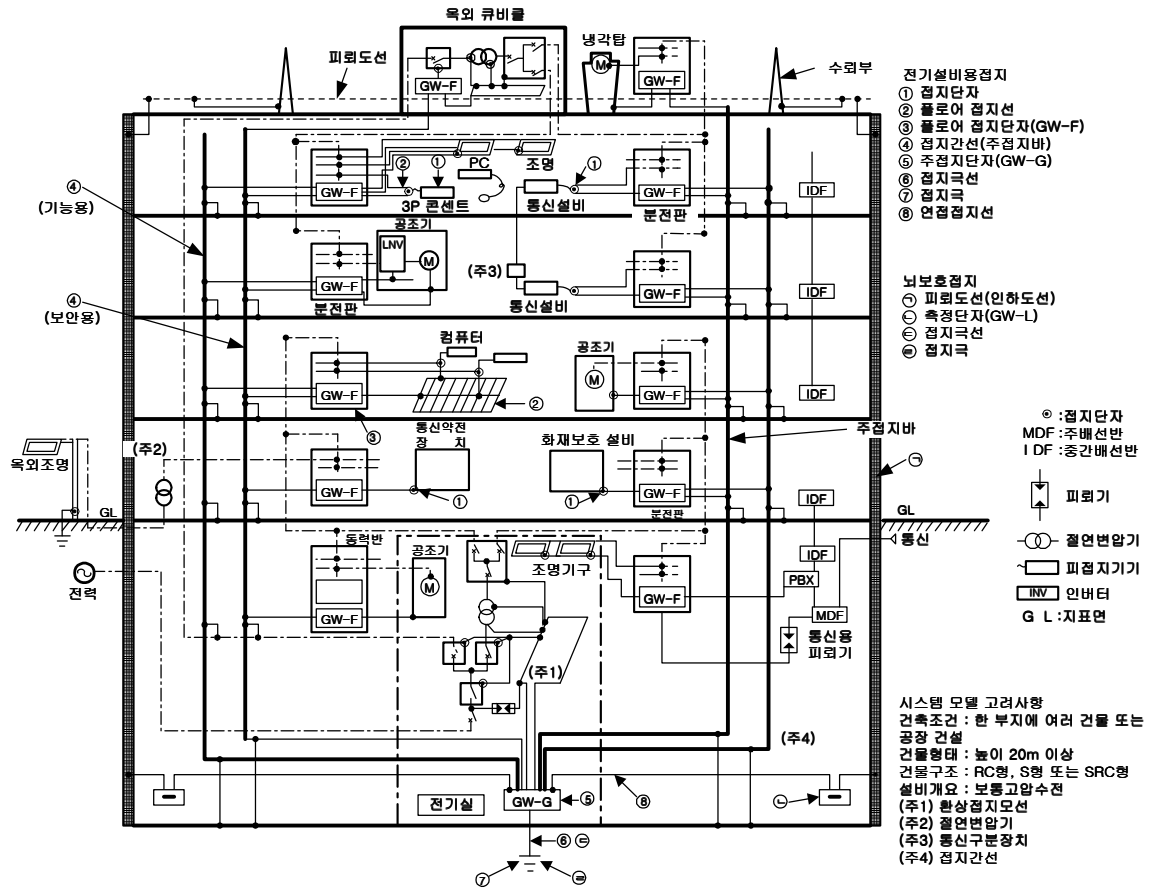
나. 통합접지시스템

(1) 기본개념

통합접지시스템의 정의에 기초로 하고, 보호용, 기능용 및 뇌보호용 접지를 공용하며, 하나의 시스템으로써 선택한다고 하는 개념을 그림으로 나타내면, <그림 4.1>처럼 된다. 빌딩의 각 층에 설치한 모든 전기·전자·정보·통신기기의 접지는 GW(ground window : 접지의 창)에서 얻는다. 각 층의 GW는 저임피던스의 접지간선을 통해서 주접지단자로 정리된다. 이것에 의해 1점 접지가 되는 접지계통의 전체 기준전위점이 된다. 국부적인 기준전위는 각 층의 예

를 들면 ZSRG 등에서 얻을 수가 있다. 여기에서 접지간선은 전용이나 건축물 구조체의 철골을 대용하는 것도 생각할 수 있다. 한편, 뇌보호설비에 있어서는 수뇌부에서 전용 인하도록이나 건축물 구조체의 철골 또는 주철근을 대용하고 접지간선에 본딩한다.

<그림 4.1> 통합접지시스템 기본개념도



<그림 4.2> 통합접지시스템 모델

<표 4.2> 통합접지 시스템의 구성요소와 계획의 고려방식

구분	구성요소	개요	계획의 개념
전 기 설 비 용	① 접지단자	*기기. 장치를 플로어접지선에 접속하는 사용자 인터페이스	*OA기기 등의 접속은 접지극이 붙은 콘센트(3P콘센트), 건축설비기기 등은 코넥터나 접지단자가 일반적
	② 플로어접지선	*플로어접지단자(GW-F)와 장치. 기기를 접속하는 2차측 접지선	*플로어접지단자에서 장치, 기기까지는 천장, 벽, 마루를 경유해서 배선 *반드시 굵기를 선정하고, 법규·기준에 규정된 것에 따름
	③ 플로어접지단자 (GW-F)	*플로어접지선을 모아서 접지간선에 접속하는 접지터미널. *플로어접지선과 접지간선의 인터페이스	*접지간선의 근방에 배치해 전원공급 영역과 같은 담당영역이나 범위를 설정해서 설치장소를 결정 *일반적으로 전등분전반, 동력제어반, 전화, 통신약전단자반내에 수용하거나, 전용 단자반내에 수용하는 것도 가능. *플로어접지단자에 있어서 접지간선을 각층마다 빌딩의 철골이나 철근과 본딩
	④ 접지간선	*각종 용도의 접지계통을 통합하는 등전위화 접지모선 *가상대지로 볼 수 없는 기능을 가지도록 하는 것이 바람직하다. * 건물 공간 각 장소에 가상대지로 볼 것을 제공한다.	*건축계획에 맞추어 수평, 수직경로나 인출하는 간선의 본 수를 설정 *간선부설형태에는 직렬, 스타, 메시가 있으나, 일반적으로 스타형 간선형태를 선택 *플로어접지단자에 있어서 접지간선을 각층마다 빌딩의 철골·철근과 접속(본딩)하는 경우는 메시형태로 됨. *간선의 굵기는 가능한 한 저임피던스화하는 것이 좋다. (주) 주어스바와 특별히 특정용도용의 서버어스바를 필요에 따라서 부설하고 장래를 대비한다.
	⑤ 주접지단자 (GW-G)	*접지간선을 모아서 접지극과 접속하는 터미널 *접지간선과 접지극의 인터페이스	*1건물에는 1개장소에 설치하는 주접지단자반에 일반적으로 주전기실내에 설치하는 접지극과 접속한다. (주) 주전기실 이외에 설치된 접지단자는 플로어접지단자로 취급하고 주접지단자와 구별한다.
	⑥ 접지극선	*주접지단자와 접지극을 접속하는 접지선	*주접지단자(GW-G)와 접지극을 최단거리에서 접속한다. *가능한 한 굵은 사이즈를 설정한다.
	⑦ 접지극	*대지와 동전위를 얻는 접지점	*동관, 동봉, 메시 등의 극 형태에서 선택하고 건물하부에 매설한다. *건축구조체, 건설 가설강제 등을 적당히 이용한다. *가능한 한 저임피던스화를 꾀한다.
	⑧ 연결접지선	*접지극 상호를 접속하는 접지선	*같은 건물내에 접지극, 또는 다른 건물의 접지극을 연결하는 경우에 시설한다. *저임피던스를 하기 위해 최단거리에 접속하여 극간 전위차를 저감시킨다.

구분	구성요소	개요	계획의 사고방식
보호용 뇌보호용	① 인하도체	*수뇌부와 접지극을 접속하고 뇌를 대지로 유도하는 도체 *수직부에서 인하도체	*2조건이상의 전용선도 건축물 구조체를 이용한다(다만 도전성을 가진 S조, RC조, SRC조의 경우) *건물 4간격의 건축물 구조체의 이용이 유효.
	②측정단자(GW-L)	*인하도체와 접지극을 접속하여 접지저항을 측정하는 단자	*인하도체 최하단에 접지극의 근접위치에 매설한다.
	③접지극선	*측정단자(GW-L)와 접지극을 접속하는 접지선	*측정단자와 접지극을 최단거리로 접속한다. *사이즈는 인하도체에 준하지만, 저임피던스인 것을 선정한다.
	④접지극	*피뢰도체와 대지를 전기적으로 접속하기 위해, 땅속에 매설한 도체	*동판, 동봉을 건물하부에 매설하고, 단독접지저항은 50Ω이하, 총합접지저항은 10Ω이하를 확보하거나, 저저항이 좋다. *건축기초의 접지저항이 5Ω이하이면, 접지극의 생략이 가능(JIS A 4201) *자치체에 의해 운용기준이 다른 경우도 있다.

(2) 접지시스템의 구성

보호용, 기능용, 뇌보호용 접지를 고려한 통합접지시스템의 모델을 <그림 4.2>로 나타내고 구성요소의 계획을 <표 4.2>에 나타내었다. 이 모델은 보호용 접지의 기능을 보존하고 등전위화 접지간선의 저임피던스화를 도모하고, 따라서 사용자의 접지니즈에 대응한 시스템이다. 시스템 모델을 구축할 때 다음의 다섯 가지 항목을 고려한다.

① 전기설비용과 뇌보호용 접지는 보호대상이나 취급하는 전류, 전압, 특성이 다르므로 개별적으로 구축한다. 다만, 등전위화를 꾀하는 관점에서 접지극을 연접한다.

② 전기설비용 접지를 접지간선과 접지극으로 나누고 각각을 효과적으로 구축한다.

- ③ 피접지기구의 접지형태는 1점 접지를 기본으로 한다.
- ④ 접지극의 공용화, 통합화를 꾀한다.
- ⑤ 인버터 노이즈가 중첩되는 보호용 접지간선과 기능용의 접지간선을 구분한다.

다음은 주된 구성요소에 대해 서술한다.

(가) 접지터미널

접지터미널은 접지시스템과 피접지기기를 연결하는 인터페이스로 일종의 사용자 터미널이다. 일반적인 것으로는 접지극의 콘센트(3P콘센트)가 있고 컴퓨터, 팩시밀리 등의 OA기기 및 동력, 전등설비 등의 부하설비 기기의 일부로 이용된다. 접지단자나 코넥터 등도 이 일종으로 각종 판넬류나 동력기기, 조명기구 등에 이용된다. 전산기실이나 통신기기실의 프리 액세스 플로어 내에 플로어 메시나 접지플레이트가 설치되는 경우는 전산기기, 통신기기에서 접지점을 접지터미널로 생각할 수가 있다. 이와 같이 접지터미널의 형태는 피접지기기의 종류, 용도에 따라 달라진다. 또, 설비공사 구분에 의해서 위치가 변화하는 경우가 있다. 계획상의 유의점으로써 접속이 확실히 쉽고, 접속부의 상태가 확인할 수 있어야 한다.

(나) 플로어접지선

플로어접지선은 플로어접지단자와 기기를 접지하는 접지선이다. 플로어부분에서의 등전위나 기준전위의 확보를 목적으로 한다. 가능한 저임피던스를 하는 것이 바람직하다.

플로어접지선에서 형상은 <그림 4.3>에 나타난 것처럼 스타형, 루프형, 메시형이 있다. 이들의 형태 외에 전자기기를 대상으로 하는 경우는 메시형이 유용하다.

(다) 플로어접지단자(GW-F : Ground Window Floor)

플로어 접지선을 1개소로 제한하고 접지간선에 접속하기 위하여 인터페이스의 역할을 가진 터미널이다.

일반적으로는 전등 분전반, 동력 제어반 및 전화, 통신, 약전, 단자, 판넬내에 수용된다. 개별 플로어접지단자간에 수용하는 경우도 있다. 주의할 플로어접지선의 돌출단자(터미널)는 전원회로 수나, 피접지기기의 수 등을 유의해 설정한다.

<그림 4.3> 플로어접지선

(라) 접지간선

접지간선은 건축물 내의 각 층마다 접지된 플로어접지선과 접지극과의 사이를 연결하는 금속체를 말하고, 전선, 케이블 등이 사용된다. 기능은 건축물 내에 가상대지로서 전위의 기준점을 공급함으로 건축물의 크기나 넓이에 대해서 설치 방법이나 본 수가 결정된다. 일반적으로 전기전용 샤프트 내에 설치된다.

굵기 선정은 전류용량, 기계적 강도, 임피던스의 세 가지 요소에 의하여 행한다. 전류용량은 계통의 최대고장전류를 고려하고, 단락허용전류 계산식으로부터 계산한다. 기계적 강도는 접지선의 포설 상황을 고려하여 충분한 강도가 있는 것을 선정한다. 접지선은 경우에 따라 상용주파수 이외의 고주파 성분이 흐르는 경우가 있고, 표피효과에 의해 임피던스가 높아지는 것을 고려해야 한다.

(3) 시스템 적용에 따른 기술적 과제

통합접지시스템은 사용자의 필요에 대응한 신뢰성, 편리성, 경제성을 실현함

에 효율성을 고려해야 하며, 완전한 통합접지시스템을 적용하는 데는 다음과 같은 문제를 고려해야 한다.

(가) 접지간선

가상대지로 본 접지간선은 가능한 한 저임피던스의 도체로 하여야만 하고, 그것에는 종래의 접지선이나 케이블이 없이 금속으로 덮인 구리띠(예를 들면, 부스덕트와 같은 도체)를 생각할 수 있다. 떠상의 도체로 고주파 영역에 있어서도 저임피던스를 확보할 수 있다.

(나) 내부 뇌보호시스템의 적용

2000년의 시점에서 내부 뇌보호에 관한 규격 등은 아직 충분히 확립되어 있지 않다. 뇌썩지에 기인한 과전압, 뇌썩지보호장치(SPD)의 선정 등이 구체화하여 석유화학 사업장에 도입할 필요가 있다.

(다) EMC 기술의 적용

빌딩에 있어서 전자적 장애를 방지하기 위하여 EMC에 대해서 기술적인 지침은 충분하지 않다. 피접지기기의 내성과 뇌썩지와와의 관계, 노이즈 대책 등을 시스템적으로 구축해야만 한다.

5. 써지보호장치(SPD) 설치

석유화학 사업장의 생산설비 제어를 위해 설치되어 있는 PLC나 마이크로프로세서 기반의 디지털 전자기기를 써지나 이상전압으로부터 보호하기 위해서는 양호한 접지시스템과 함께 써지보호장치를 설치하는 것이 중요하다.

써지보호장치란 IEC 규격에서 사용하는 용어로, 일반적으로 피뢰기 또는 써지보호장치라 하며, 전기기기를 써지에서 보호하기 위하여 사용한다.

써지보호장치는 뇌나 스위치의 개폐할 때 발생하는 순간적인 과도과전압(써지)을 억제하고 기기나 설비를 보호하기 위해 사용하는 기기이다. 낙뢰 시에는 수십kV의 이상써지가 발생하고 전기기기에 침입하는 위험성이 있으나, 기기 자체의 써지전압내력은 5kV 정도 이하에서 써지가 침입하면 전기기기의 회로와 외함(접지) 간에 기기 자체의 써지 전압내력 이상의 써지 전압이 인가되어 <그림 5.1>과 같이 전기기기의 전자회로가 파손된다.

전기기기를 써지에서 보호하기 위하여 써지보호장치를 전기기기의 전원회로와 외함(접지)간에 설치한다.

써지가 침입해도 써지보호장치의 작동으로 써지를 바이패스하여 대지에 방류하게 하여 전기기기를 보호한다.

써지보호장치는 침입한 써지를 <그림 5.2>와 같이 전기기기의 전압내력 이하로 저감하는 기능을 가지고 있다.

<그림 5.1> 써지의 침입(전기기기 파손)

<그림 5.2>써지보호장치 기능(전기기기 보호)

가. 써지가 전기기기에 침입하는 경로

낙뢰시 주변의 전원선, 통신선, 신호선 및 접지선 등에 발생하는 써지는 도선에 진행파로 전송되어 원방의 전기설비나 전자기기에 침입하기도 하고, 금속제 가스관이나 수도관에도 발생한다.

대표적인 써지의 전기기기 침입경로는 <그림 5.3>에서 보는 바와 같다.

(1) 전원선에서의 침입

- ① 고압 배전선에 발생한 써지가 주상변압기를 통하여 저압 배전선에 침입한다.
- ② 주상 변압기 2종접지의 전위상승에 의해 써지가 저압 배전선에 침입한다.
- ③ 저압배전선에의 직격뢰 또는 근방에 발생한 낙뢰에 의해 유기된 써지가 침입한다.
- ④ 이들이 복합적으로 발생하여 침입한다.

(2) 통신선, 신호선에 침입

① 직격뢰나 근방의 낙뢰에 의해 유기된 써지가 침입한다.

② 저압배전선, 접지선, 기타 근접한 배선에서 써지가 유도되어 침입한다.

(3) 안테나에서의 침입

① 안테나에 직격뢰

② 써지는 안테나용 도선에 유도되어 침입한다.

(4) 접지선에서의 침입

건축물 등에 낙뢰가 있을 때, 낙뢰에 의해 대지전위가 상승하고 저압기기의 접지선을 통해 써지가 침입한다.

<그림 5.3> 써지의 침입경로

나. 써지보호장치 설치

① 써지보호장치는 써지의 침입후 또는 보호될 기기 앞에 설치한다.

② 써지보호장치용 배선은 최단거리로 유도원이 되는 다른 배선과 평행하지 않도록 배선한다.

③ 써지보호장치의 접지

써지보호장치의 접지는 반드시 보호해야 할 전기기기의 접지와 공용으로 하는 것이 중요하다. 즉, 써지보호장치의 접지선을 배전반의 프레임 접지단자에 접지하여 보호할 기기와 등전위가 되어 그 결과 써지 침입에 대해서도 기기를 과전압에서 보호할 수 있다.

<그림 5.5> 써지보호장치 설치장소

<그림 5.6> 전원용 써지보호장치 설치 예

<그림 5.7> 신호용 써지보호장치 설치 예

<그림 5.8> 써지보호장치 접지

다. 써지보호장치 사용 예

(1) 써지보호장치의 구체적 사용 예

(가) 공장 제조설비의 써지 보호 예

공장의 제조설비에는 인버터를 사용하는 경우가 많은데, 이 경우 인버터 회로에 대한 써지의 보호 예는 <그림 5.9>와 같다.

(나) 계장신호회로 써지 보호 예

공장 등에서는 제조공정의 중앙관리시스템을 채택하는 경우가 많다. 이 경우 신호회로에 대한 써지 보호 예는 <그림 5.10>과 같다.

(다) 동력배전반 써지 보호 예

동력배전반은 제조설비, 공조설비 등의 동력전원을 공급하고 있다. 배전반에 대한 써지 보호 예는 <그림 5.11>과 같다.

(라) 전등분전반의 써지 보호 예

전등분전반은 조명전원, 컴퓨터 전원, 콘센트 전원 등을 제어하는 많은 기기

에 전원을 공급하고 있다. 분전반에 대한 써지 보호 예는 <그림 5.12>와 같다.

(마) 급수장치 써지 보호 예

수조나 고가수조가 필요없는 급수장치가 많이 이용되고 있다. 이 장치에는 사용수량에 대해 압력을 일정하게 하는 인버터가 이용되고 있다. 이 인버터의 전자회로에 대한 써지 보호 예는 <그림 5.13>과 같다.

<그림 5.9> 공장 제조설비 인버터 보호장치 예

<그림 5.10> 계장신호회로 보호 예

<그림 5.11> 동력배전반 전원으로 보호 예

<그림 5.12> 전등분전반 전원으로 보호 예

<그림 5.13> 급수장치 보호 예

라. 석유화학 사업장 썩지 보호를 위한 접지시스템 구축 예

6. 결론

지금까지 석유화학 사업장에서 썬지 보호를 위한 접지시스템과 썬지보호장치에 대하여 살펴본 바와 같이, 오늘날 전력설비의 제어에 광범위하게 이용되고 있는 전자기기는 전기적 과도현상인 썬지(뇌썬지, 개폐썬지)나 노이즈 등에 대단히 취약하다.

썬지 등의 과도현상으로부터 전자기기 등의 보호하려면 근본적으로 올바른 접지시스템을 구축하고 썬지보호장치를 설치하는 것이다. 이렇게 하면, 대부분의 썬지나 노이즈 등은 해결할 수 있다.

본 연구는 석유화학 사업장에서 썬지나 노이즈 등으로 인한 전자설비의 소손이나 오동작에 기인하는 설비가동의 일시적 중지나 정전으로 인한 피해를 줄이기 위해 올바른 접지시스템의 구축과 썬지보호장치의 설치를 중심으로 살펴 보았다.

여기서 제시된 가이드가 석유화학 사업장에서 직면하고 있는 과도현상의 문제점을 전부 해결할 수는 없으나, 많은 도움이 되길 바란다.

또, 보다 깊은 연구나 자세한 내용을 원하는 경우 참고문헌을 참고 바란다.

참 고 문 헌

- [1] 일본전기학회, 신판 공장배선, 음사, 1996
- [2] 디지털시스템 내노이즈 설계가이드 : 1988. 7, 일본 계측자동제어학회
- [3] 타카하시, 도해 접지시스템 입문, 음사, 2001
- [4] 생산계통 건물내에 있어서 접지시스템 기술조사연구 : 전기학회 기술보고, 제724호, 생산시스템 접지기술 조사전문위원회, 1999. 1, 일본전기학회
- [5] 다게다에 : 과전압보호와 접지방식에 관한 제안, 전설기술, H10.8
- [6] (주)동경피뢰침, 뇌썬지 보호기기, 2001
- [7] IEC 61643-12(FDIS) : Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems-Part 12 : Selection and application Principles
- [8] IEC 60364-5-534(1997. 11) : Electrical installations of buildings-Part 5 : Selection and erection of electrical equipment-Section 534 : Device for protection against overvoltages
- [9] IEC 61312-1(1995. 02) : Protection against lightning electromagnetic impulse-Part 1 : General principles.

