

정보화 기기의 뇌싸-지 보호기술

이 복 회

(인하대학교 공과대학 전기공학과 부교수)

1. 머리말

반도체 산업의 비약적인 발전으로 OA, FA, ME 등의 보급과 더불어 실생활에 이용되고 있는 정보화 사회가 이루어졌다. 컴퓨터, 전자기기, 통신설비 등 정보화 기기는 산업, 경제, 교통, 행정씨-비스, 사회질서유지 등 사회활동의 중추신경으로 대두되었으며, 대단히 중요한 사회구성의 핵심요소로 등장하였다. 그러나 반도체 기기시스템은 뇌싸-지, 개폐씨-지나 노이즈에 약하여 특성의 열화, 손상, 오동작 등을 일으켜 신뢰도가 저하되고 있으며, 특히 종래의 진공관이나 전자릴레이와는 다르게 반도체는 자기회복성이 없어 영구파괴로 되며 회로기능의 정지 등으로 2차적 손실을 유발시키는 사고가 많아 이에 대한 대책이 연구되어 응용되고 있지만 아직은 미흡한 상태이다.

국제화, 세계화에 부응하여 정보화 기기의 보급과 이용은 날로 급증하고 있으며, 이들 설비의 효율적인 운용과 고신뢰성 확보는 대단히 중요하며 시급한 현안 과제로 되어 있다. 가장 간단한 예로서 여름철 장마철에 교통신호기가 자주 낙뢰에 의하여 손상되며, 이로 인한 교통체증과 마비는 막대한 간접적인 사회손실을 야기시키며, 온-라인시스템의 중단은 모든 행정및 영업업무의 마비를 초래하게 되는 사고가 이따금 발생하게 된다. 막대한 경제적 피해를 가져오게 되므로 정보화 기기의 효율적 운용과 고신뢰성 확보의 중요도는 점점 높아지고 있다.

컴퓨터, 사무화 기기, 모뎀과 신호제어기 등 정보화 관련 기기는 통신설비를 매개로 하여 상호간 신호전송선으로 망상화되어 있으며, 이들 기기의 대부분은 교류전원을 공급받고 있어 전력계통과도 접속되어 있다. 따라서 정보화 기기에 연결되어 있는 모든 전기설비의 주변에서의 낙뢰에 의한 뇌싸-지, 전기기기의 개폐조작 또는 전력계통의 지락고장 등에 의하여 발생하는 개폐씨-지 등 매우 가혹한 전자환경속에 노출되어 있는 상태이며, 이들에 의하여 악영향을 받게 된다[1~3]. 뇌싸-지, 개폐씨-지및 노이즈로부터 집적

회로, IC화되어 있는 정보화 기기를 보호하여 고신뢰성 확보를 위하여는 외부에서 침입하는 뇌싸-지 또는 개폐씨-지의 특성, 보호소자및 회로의 차단능력, 피보호기기 자체의 내전압특성 등을 정확하게 파악하여야만 효과적인 보호대책의 수립이 가능하다. 따라서 여기에서는 반도체화된 정보화 기기에 침입하는 뇌싸-지의 경로와 양상, 뇌싸-지차단장치와 이의 시험규격, 과도접지특성및 등전위화 등 적용기술 등에 대하여 개략적으로 기술한다.

2. 뇌싸-지특성

2.1 침입경로

정보화 설비는 컴퓨터를 비롯하여 신호의 전송과 제어에 필요한 통신설비, 전원선 등 여러 가지 설비가 복합적으로 구성되어 있으므로 뇌싸-지의 침입경로도 매우 복잡다양하다. 건물, 피뢰침, 안테나 등에의 직격뢰 또는 근방 낙뢰에 의한 유도뢰에 의하여 침입하는 씨-지, 전원으로부터 침입하는 씨-지, 신호, 계측, 제어선 또는 출력전원 등의 부하측으로부터 침입하여 오는 씨-지, 낙뢰의 대지전류 또는 피뢰기의 방전전류에 의해서 대지의 전위가 상승하여 침입하는 뇌싸-지, 이들 상호간의 정전적, 자기적인 결합에 의해서 발생하는 뇌싸-지 등으로 분류 할 수 있다[4]. 반도체 기기는 특히 대지로부터 침입하는 뇌싸-지에 약하며 최근에는 저전압계통에서 이에 대한 보호대책이 가장 중요한 요소로 대두되었다.

2.1.1. 전원선으로부터의 침입뢰싸-지

배전선을 통하여 교류전원으로부터 침입하는 뇌싸-지 에너지의 일부는 그림 1에 표시한 바와 같이 수전단에 설치된 1차 보호용 피뢰기를 통하여 대지로 방출되지만 피뢰기의 방전개시 전압 이하의 씨-지와 방전시의 피뢰기 제한전압및 접지점의 전위상승에 따라 씨-지가 내부로 침입한다. 또 피뢰기의 특성, 회로의 불평형 등에 의해 선간에도 씨-지가 발생한다.

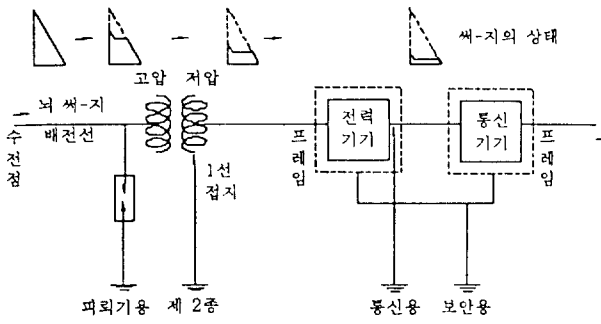


그림 1. 전원계와 침입뢰썩-지

2.1.2. 낙뢰에 의한 침입뢰썩-지

철탑, 건물 또는 파뢰침에 낙뢰가 들어오게 되면 그 접지극 부근의 대지전위가 상승하고 그림 2와 같이 다른 접지극에서 기기로 뇌썩-지가 역류하기도 하고 파뢰기와 보호소자를 역섬락시켜 배전선측, 통신선측으로 뇌썩-지가 흐른다. 한편, 철탑이 건물의 옥상에 있는 경우는 파뢰침이 건물의 철골, 철근과 연결되어 있으므로 뇌썩-지는 건물에도 흐르고 그것과 접속되어 있는 기기의 지지물(금속)을 통하여 다른 접지계에 유입된다.

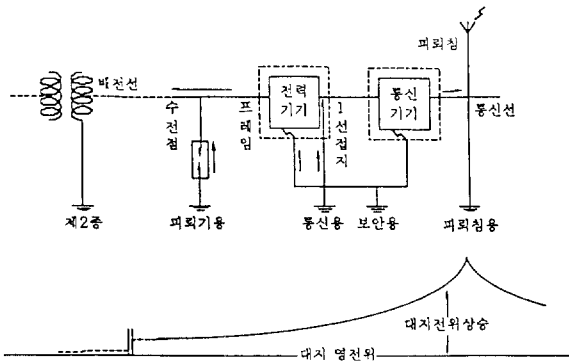


그림 2. 낙뢰시의 침입뢰썩-지

2.2 통신설비에서의 뇌썩-지특성

정보화 기기의 대부분이 정보의 전송과 교환을 위하여 통신설비에 접속되어 있기 때문에 통신선로를 통하여 침입하는 뇌썩-지의 특성을 분석해 본다. 통신선로에 침입하는 뇌썩-지는 선로의 구조, 접지저항, 선로의 길이, 대지도전률 등의 요인에 의하여 변화한다[5, 6].

2.2.1. 통신선로의 종류와 뇌썩-지전압과의 관계

통신선로의 종류에 따라 특히, 선로의 차폐 구조에 의해서 어떻게 뇌썩-지의 영향을 받는가에 대해 관측치와 그 경향선을 그림 3에 파선으로 나타내었다. 이 그림은 통신선로에 통상 사용하는 CCP-AP케이블(알루미늄 차폐 0.2

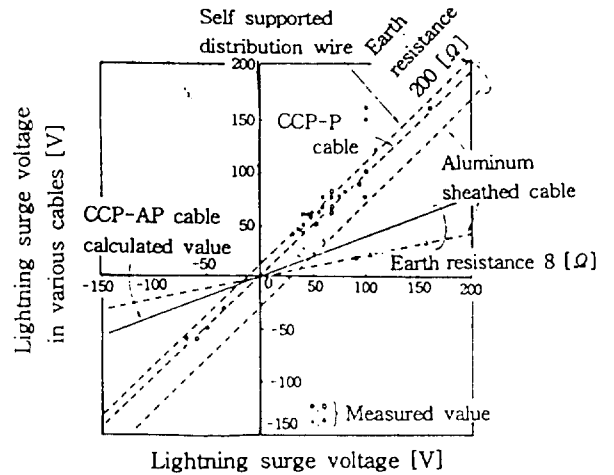


그림 3. 여러가지 선로에 나타나는 뇌썩-지 전압

[mm]두께)을 기준으로 하여 CCP-P케이블(알루미늄 차폐가 없는), 옥외선(나동선), PVC피복(0.65 [mm]단선), 알루미늄 피복 유도차폐 케이블(1 [mm]알루미늄 테이프를 붙인 것)에 나타나는 뇌썩-지 전압을 표시하고 있다. 또, 그림에 접지저항 200 [Ω]인 경우와 8 [Ω]의 경우도 함께 나타내었다.

한편, 알루미늄 피복 유도차폐 케이블(접지저항 8 [Ω])의 관측값과 비교하기 위해 참고로 CCP-AP케이블 양 단말의 접지저항이 8 [Ω]인 경우의 계산치를 실선으로 나타내었다. 이 결과 뇌썩-지 전압을 감소시키기 위해 케이블 차폐 구조만이 아니라, 접지저항도 충분히 작게 해 주어야 한다.

2.2.2. 뇌썩-지의 파두장·파미장·영점까지의 시간 분포

그림 4에 통신선로에 나타난 뇌썩-지전압의 파두장·파미장·영점까지의 시간 분포를 나타내었다.

이 관측은 지하선로길이 2.8 [km], 가공선로길이 1.9 [km]를 이용하여 측정하였다. 이들의 특성은 정규분포형으로 나

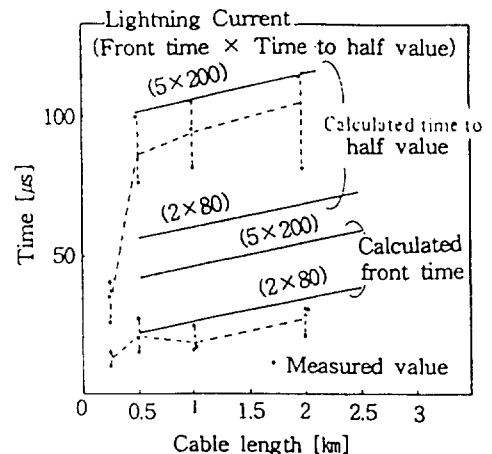


그림 4. 파두장·파미장·영점까지의 시간 분포

표 1. 통신선로에 나타나는 뇌썬-지전압의 형태

	가입자측			국측		
	피뢰장	피뢰장	피뢰장	피뢰장	피뢰장	피뢰장
50%치 (1~99%치)	20 (10~50)	100 (40~300)	150 (50~2000)	60 (30~100)	250 (100~400)	1000 (200~10000)

- 침입횟수는 가입자측이 20배 정도 많음.
- 전압의 크기는 가입자측이 약 1/5 정도.

타별 수 있으며 다음과 같이 표현된다. 이들의 결과를 종합하여 보면 표 1과 같다.

$$f(T) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(T-m)^2}{2\sigma^2}}$$

2.2.3. 뇌썬-지전압의 발생빈도

통신선로 10회선(지하선로길이 평균 1.9 [km], 가공선로 길이 평균 2.2 [km])을 사용하여 뇌썬-지 전압을 측정할 결과에 대하여 검토하였다. 또 그림 5에서 가입자측에서는 심선-대지간, 국내측에서는 심선과 시-스사이의 종단저항을 75 [Ω]이하, 200 [Ω], 2000 [Ω]으로 변화시킬 때 얻어진 결과이다. 즉, 가입자측에서는 케이블 시-스와 대지간의 썬-지전압도 측정하고 (접지저항 200 [Ω]), 시-스에 나타나는 전압과 심선에 나타나는 전압의 차를 합하여 측정하고 있다.

가입자 단말에서 나타나는 전압은 종단저항을 75~2000 [Ω]으로 변화시켜도 거의 뇌썬-지 전압의 변화는 없다. 또 케이블 시-스와 대지의 전압, 심선과 대지간 전압은 거의 같은 것을 알 수 있다. 따라서 심선 케이블 시-스 케이블 지지선은 각각 등전위이므로, 케이블 시-스의 차폐효과가 거의 없는 것을 알 수 있다. 그림 5로부터 어떤 뇌썬-지 전압 V [V]를 넘는 뇌썬-지의 발생횟수(N_s)는 다음의 식으로 구해진다.

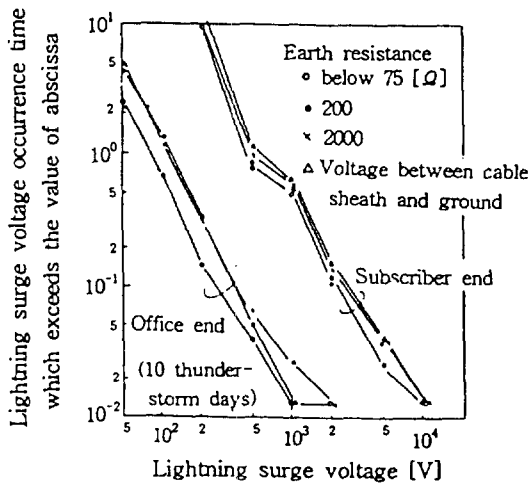


그림 5. 뇌썬-지 전압의 발생빈도

$$N_s = 0.6 \times 10^5 V^{-1.8}$$

3. 뇌썬-지보호장치

뇌썬-지로부터 정보화 기기를 효과적으로 보호하기 위하여는 각 침입경로에 대하여 뇌썬-지차단장치를 설치하거나 대지전위상승을 억제하는 방법 등을 생각할 수 있다. 본 절에서는 피뢰기나 바리스터, 제너다이오드 등 비선형소자를 이용하여 구성된 단일소자형 전원용 보호장치와 신호선을 통하여 침입하는 혼합회로형 뇌썬-지의 보호장치에 대하여 설명한다.

3.1 전원용 뇌썬-지차단장치

정보화 기기의 교류전원으로부터 침입하는 뇌썬-지를 차단하기 위해서 일반적으로 배전용 피뢰기, 2차 피뢰기, 분기회용 썬-지보호장치, 전원장치용 내장형 썬-지차단장치 등이 사용되고 있다. 예상되는 침입뢰썬-지의 빈도나 강도, 피보호장비의 중요도 및 내전압특성에 따라 보호방식과 차단장치의 성능도 정해져야 한다. 220/380 V 전원에 사용하는 정보화 기기를 보호하기 위해서 뇌썬-지차단장치로는 산화아연 바리스터와 피뢰기를 조합하는 회로를 주로 사용하며, 한국EMI기술(주)와 생산기술기관과제의 연구를 통하여 개발한 3상용 병렬형 뇌썬-지차단장치의 예를 그림 6에 나타내었다[8].

뇌썬-지에 의하여 MOV가 손상되어 전원에 영향을 미치는 것을 방지하기 위하여 퓨즈(f)를 설치한다. 즉, MOV가 손상되면 대체로 단락되기 때문에 전원측에 단락전류가 흘러 전원부가 손상되므로 이것을 방지하기 위한 fail-safe가 주목적이다. 퓨즈는 ① 전원선측에 접속하는 방식은 퓨즈와 바리스터의 동작협조에 의하여 전원을 보호할 수 있으며, ② 그림 6과 같이 MOV앞단에 접속하는 방식이 있는데, ①의

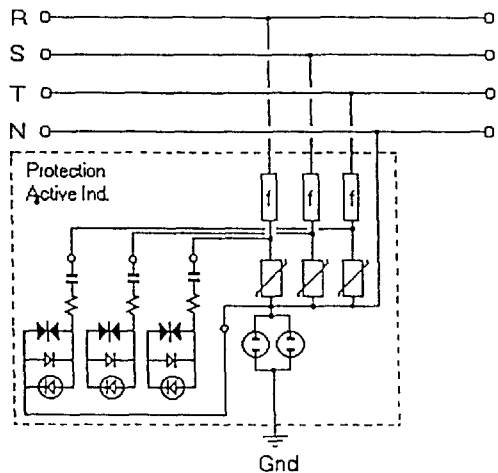


그림 6. 3상 전원용 병렬형 뇌썬-지차단장치

방식은 뇌써-지에 의하여 MOV가 파괴되었을 때 전원을 차단하는 방법으로 부하에의 전원 공급이 중단되는 단점을 가지고 있으나 확실한 보호특성을 가지고 있다. 또한 ②의 방식은 퓨즈의 저항과 인덕턴스에 의하여 바리스터의 차단 전압이 상승하고 퓨즈동작시의 급격한 전류 변화로 전원측으로 과도전압이 역류하게 되는 단점을 가지고 있다. 그러나 뇌써-지에 의하여 MOV가 파괴되었을 때 MOV만 제거되고 부하에는 보호장치가 없는 상태로 전원공급이 계속되어 정보화 기기처럼 순간적으로도 정전되면 안되는 부하에 적합하여 일반적으로 사용되고 있다. 따라서 MOV의 상태를 감시해 주는 표시등을 MOV에 병렬로 연결하여 항상 감시하여 바리스터의 상태를 표시하는 램프를 설치하는 것이 효과적이다.

L-N사이에 침입하는 뇌써-지전압은 퓨즈를 거쳐 MOV에 의하여 제한되고, N-G사이에 발생하는 이상전압은 2극관 파괴기를 2개 병렬로 연결하여 큰 써-지전류를 차단하도록 사용하거나 용량이 다소 적은 MOV를 설치하여 보호하기도 한다. 그림 6의 뇌써-지차단장치가 설치된 전원회로에 8/20 μ s의 표준뇌임펄스전류를 입사시켰을 때 입력전류와 전원회로의 단자전압 파형의 예를 그림 7에 나타내었으며, 입력전류값을 변화시켰을 때의 선로전압(제한전압)의



상 : 입력전류 하 : TVSS의 제한전압

그림 7. 뇌써-지전류 및 차단전압파형

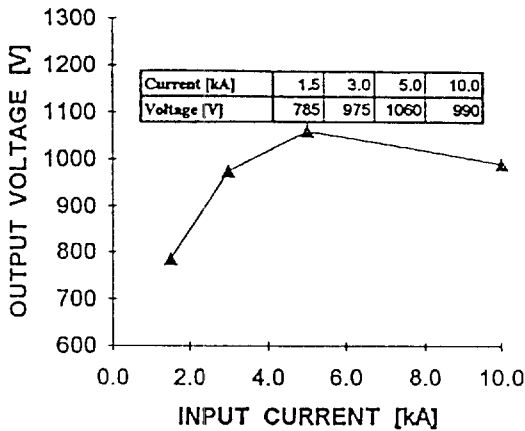


그림 8. 입력전류-차단전압특성

변화특성을 그림 8에 나타내었다.

뇌임펄스전류의 증가와 더불어 뇌써-지차단장치의 제한 전압은 5 kA의 전류까지는 상승하며, 5 kA이상의 전류에 대하여는 약간 감소하는 특성을 보이고 있다. 거의 뇌격전류와 같은 10 kA의 충격전류에 대하여도 전원전압을 일정치로 유지시켜 정보화 기기에 침입하는 과전압을 차단하여 절연파괴 또는 일시적인 기능장애를 방지할 수 있다.

3.2 신호선용 뇌써-지차단장치

신호선로 및 통신선로용 뇌써-지보호장치는 전송하는데 대체적으로 신호가 미약하고 고주파수이므로 선로의 특성에 따라 각각 다르며, 사용 용도에 적합한 성능과 특성을 가지는 뇌써-지차단장치의 선정이 매우 중요하다. 즉, 신호 및 제어기기, 정보화 기기, 통신설비와 전자기기의 보호를 목적으로 사용하는 뇌써-지차단장치는 피보호 기기의 정격 전압을 넘는 과도전압을 차단하는 것은 물론 선로의 사용 목적상 송수신호를 감쇠없이 전송하여야 하므로 뇌써-지차단장치의 삽입손실 등 이의 영향이 최소화되는 특성을 가져야 한다.

신호선로용 뇌써-지차단장치로는 초고주파의 경우를 제외하고는 혼합회로형을 사용하며, 그림 9에는 평형선로 보호용 뇌써-지차단장치의 회로도도를 나타내었다. 뇌써-지가 입사되었을 때 가장 먼저 사태다이오드(Avalanche diode)에 의하여 차단되어 부하를 보호하게 된다. 그러나 사태다이오드의 써-지내량이 비교적 적으므로 써-지의 전 에너지를 사태다이오드가 처리할 수 없으므로 앞단에 접속한 방전갯으로 전류시켜 잔류써-지 에너지를 방류 또는 반사시킨다.

사태다이오드에 흐르는 전류가 증가하면 저항 R에서의 전압강하 때문에 방전갯의 단자전압이 높아지며, 이 단자전압이 방전갯의 동작전압이상이 되면 방전갯이 도통되어 사태다이오드에 흐르던 전류를 분류시킨다. 따라서 부하는 사태다이오드에 의하여 보호되고, 방전갯과 저항은 사태다이오드를 보호하는 기능을 하게 된다. 방전갯이 동작하면 침입한 뇌써-지 에너지의 일부는 열로서 소비되고, 나머지 에너지는 방전갯의 동작으로 낮은 임피던스 상태로 되므로 입사경로를 따라 반사되며, 반사된 써-지는 전체 선로에 걸

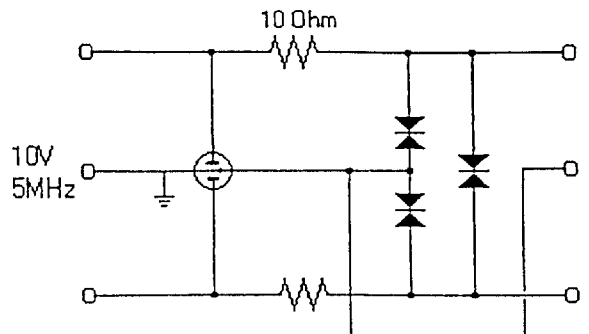
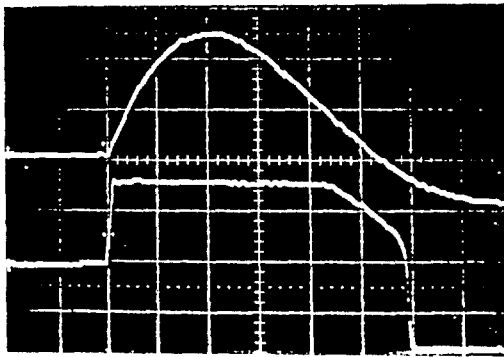


그림 9. 평형신호선용 뇌써-지차단장치의 회로도



상 : 입력전류 하 : TVSS의 제한전압

그림 10. 뇌썬-지전류 및 차단전압파형

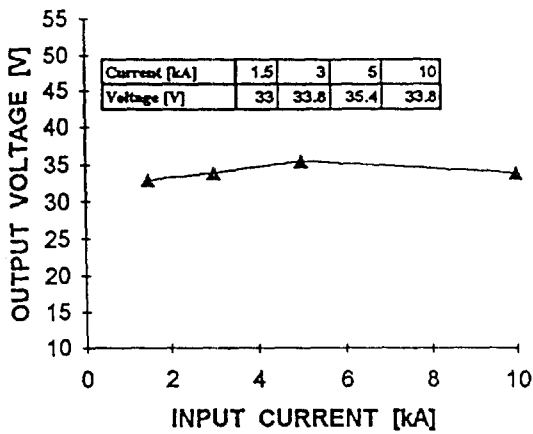


그림 11. 입력전류 및 차단전압파형

처 방산되게 된다. 이 회로는 공통모드 뇌썬-지와 차동모드 뇌썬-지를 모두 차단할 수 있으며, 양방성 사태다이오드 D_1 , D_2 는 공통모드신호에 의하여 동작되고 D_3 은 차동모드신호에 동작하여 항상 평형을 유지하게 된다[8]. 그림 9의 평형 신호선로용 뇌썬-지차단장치에 8/20 μ s의 뇌임펄스전류를 입사시켰을 때 입력전류와 전원회로의 단자전압 파형의 예를 그림 10에 나타내었으며, 입력전류를 변화시켰을 때의 선로전압(제한전압)의 변화특성을 그림 11에 나타내었다. 뇌임펄스전류의 증가와 더불어 뇌썬-지차단장치의 제한전압은 10 kA의 전류까지 거의 일정값으로 유지시켜 정보화 기기에 침입하는 과전압을 차단하여 보호하게 된다.

4. 뇌썬-지보호장치의 시험규격

뇌썬-지보호장치의 제작자나 사용자에게 있어서 그 성능평가를 위한 시험방법과 적용하는 여러가지 요소들에 대한 정의를 공학적으로 표준화할 필요성이 요구된다. 이러한 요구에 부응하여 IEEE, IEC, UL, NEMA, CCITT, FCC, REA 등 전기·전자에 관련된 기관에서는 오랜동안의 연구활동

을 통하여 썬-지에 대한 표준화 작업을 수행하여 시험규정을 설정하므로써 썬-지 대책장비에 대한 성능평가방법으로 널리 사용되고 있다[9-14]. 썬-지시험규격이란 전자계 환경에 의해 발생되어 전기·전자장비로 실제 유입되는 다양한 형태의 썬-지를 실제 상황과 동일하지는 않더라도 그 특성상 유사한 형태의 재현이 가능한 가상적인 형태의 과형을 규격화하고 시험방법을 규정화한 것이다.

뇌썬-지시험에 적용되고 있는 과형은 크게 비진동성 임펄스와 진동성 임펄스과형으로 구분되며, 비진동성 임펄스전압, 전류의 과형은 단극성이고 지수함수로 상승하는 파도와 감쇠하는 파미장을 갖는다. 소위 "이중지수과형"이라 칭하며 1.2/50 μ s, 8/20 μ s, 10/560 μ s, 10/700 μ s, 10/1000 μ s 등이 있다. 또한 진동성 임펄스전압으로는 급격히 상승하는 파두치와 진동, 감쇠하는 파미를 가지는 "Ring wave"라 하는 0.5 μ s/100 kHz 감쇠진동임펄스전압도 적용되고 있다.

4.1 전원계통의 표준뇌썬-지전압과 전류

전원계통에 적용하는 뇌썬-지의 표준은 미국의 ANSI/IEEE 규격과 유럽에서 주로 적용하고 있는 IEC규격이 있다. ANSI/IEEE C62.41에서는 저전압 전원계통의 설치위치에 따른 적용표준과형과 세기를 규정하고 있으며 ANSI/IEEE C62.45에서는 시험방법에 대하여 규정하고 있다. ANSI/IEEE C62.41에서 규정하고 있는 표준과형과 적용위치에 따른 구분은 그림 12에 나타내었다.

IEC 664규정은 1.2/50 μ s전압과형을 적용하고 있으며 IEEE 규정과 다른 점은 적용 범위(Installation Category)에 대한 고려시 상위등급 범위에 적절한 썬-지 대비책이 있다는 가정하에 하위등급범위에 대하여 예상되는 썬-지전압을 설정하였다는 것이다. 또한 IEC 664에 있어서는 썬-지전류에 대한 표준은 규정되어 있지 않다는 것도 IEEE규정과 큰 차이점이다. 그림 13에 IEC 664의 적용범주에 따른 적용 썬-지전압을 나타내었다.

그러나 최근 IEC 801-5규정에 의해 8/20 μ s 썬-지전류과형에 의한 실험도 규격화하고 있는 것으로 알려졌으며, 기본적으로 모든 장비의 전원입력부의 상과 중성선 간에는

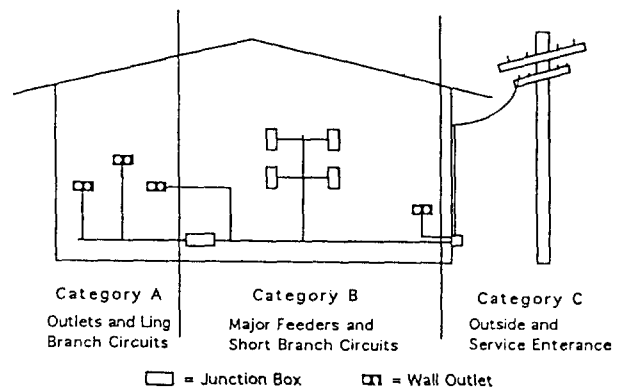


그림 12. ANSI/IEEE C62.41 Location Category

5. 접지기법을 이용한 뇌써-지보호

정보화 기기의 뇌써-지보호에 있어서 보호장치는 기본적으로 접지되기 때문에 접지의 역할은 대단히 중요하며, 접지의 역할은 대지전위상승을 억제하는 것과 등전위화를 이루는 것으로 대별할 수 있다. 즉, 접지의 목적은 접지시스템에 발생한 이상전류를 대지로 방류하여 전위상승을 억제하는 것과 접지시스템 전위의 균등화를 도모하는 것이다.

그림 2에서 나타낸 바와 같이 뇌써-지는 전원측으로부터 침입하는 것 이외에 건물, 안테나, 피뢰침 등에 낙뢰하여 낙뢰전류에 의하여 대지전위가 상승하게 되며 접지선으로부터 피보호기기의 시스템으로 침입하기도 하며, 특히 반도체 기기는 대지로부터 침입하는 뇌써-지에 대하여 약한 것이 특징이다[15].

유도뢰써-지에 의해서 통신장치 및 정보화 기기가 고장을 일으키는 것은 그림 14에 나타낸 바와 같이 뇌써-지가 침입한 부분과 다른 전위인 회로 또는 부품이며, 주로 V₁, V₂, V₃에 의해서 고장이 발생한다. 따라서 이들의 전압에 견디는 부품을 사용하거나 또는 보호장치를 설치하여 억제할 필요가 있다.

특히 강한 낙뢰가 많이 발생하는 장소에서의 전원측에는 절연변압기가 매우 효과적이다. 그림 15와 그림 16에 보호장치를 적용한 대책을 나타내었다. 그림 15에는 개별장치마다 보호장치를 설치하고 전원용 보호장치와 통신용 보호장치를 연결하지 않고 분리접지한 경우이다. 이 경우 개개의 장치의 성능에 따라 장치내부에 보호장치를 설계한 것으로 각 접지점에서의 전위가 다르므로 장치내에 뇌써-지가 침입하게 되기 때문에 회로구성시 써-지전류에 의한 전자유도에도 주의하여야 한다. 또한 통신장치가 제3종접지를 필요로 하는 경우는 보호장치의 A점을 제3종접지(B점)에 접속하면 통신시스템의 써-지내전압 V₂와 전원측의 써-지내전압 V₃를 개별적으로 설계할 수 있다. 2중절연 등으로 접지를 하지 않은 장치는 회로전체를 V₁에 견디도록 설계하여야 한다.

그림 16은 피뢰기로 건물내를 일괄하여 보호하는 방식이

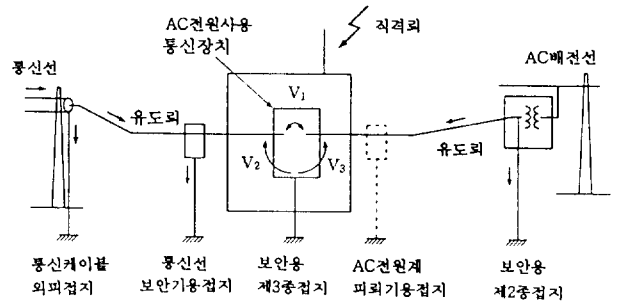


그림 14. 교류전원을 사용하는 통신장치와 접지시스템의 구성

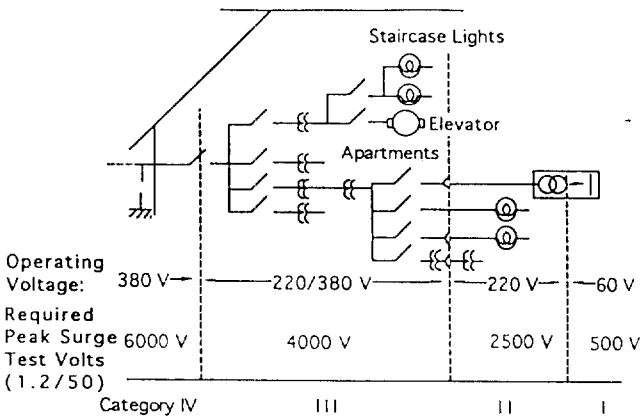


그림 13. IEC 664 Installation categories

출력 임피던스를 2 Ω으로하여 2 kV의 써-지를 인가하고, 출력임피던스 12 Ω, 4 kV의 써-지를 상과 접지선사이 및 중성선과 접지선사이에 각각 별도로 인가하는 실험을 실시하도록 되어 있다.

4.2 신호 및 통신계통에 대한 표준뇌써-지전압과 전류

통신선로에 대한 써-지대책기준을 전원선에 대한 기준과 동일하게 적용하였으나 최근 반도체를 이용한 전자기기의 출현으로 정보통신계통은 전원계통과는 달리 더욱 엄격한 써-지대책이 요구되어 미국을 비롯하여 세계 각국에서 새로운 규정을 설정하여 적용하고 있다.

통신선로에 대하여 FCC규정에서는 Docket 19528 Part 68에 공통모드(Common Mode)에 있어서는 10/160 μs, 차동 모드(Normal Mode)에 대하여는 10/560 μs 파형의 써-지를 적용토록 규정하고 있다. REA(Rural Electrification Administration)는 10/1000 μs 파형을, CCITT에서는 10/700 μs 및 0.5/700 μs 감쇠진동파형 등이 사용되고 있으며, 최대시험전압에 있어서도 매우 다양하게 적용되고 있다. 신호선은 통신선로에 적용하고 있는 써-지 표준을 그대로 적용할 수 있으나 지하 매설된 동축케이블을 사용할 경우에는 통신선로에서 보다 더 급격한 파두장을 갖고 파미장이 상대적으로 짧아질 것이 예상되는 등 차이점이 있어 이들의 특성에 알맞은 시험규격의 적용이 필요하다.

불행하게도 우리나라에서는 써-지 시험규격도 없애지만 아니라 이에 대한 연구결과도 대단히 부족한 상태이다. 따라서 외국의 공인기관(IEEE, IEC, FCC, CCITT 등)의 써-지 시험규격을 준용하여 뇌써-지차단장치의 특성과 성능을 평가시험하는 단계이며, 앞으로 국제무역을 개방화 시대에 대한 대비와 제품의 무역, 기술의 국제적 교류를 위하여도 하루 빨리 써-지시험규격을 제정하고, 뇌써-지보호 장치의 특성과 적용기술에 대한 활성적인 연구가 필요하다.

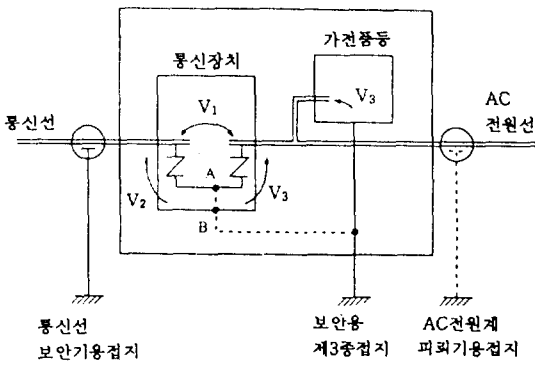


그림 15. 분리접지계에 있어서 분로보호장치법

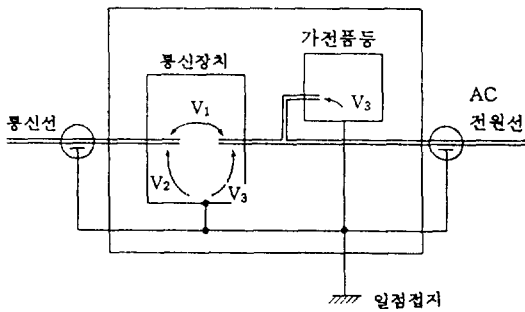
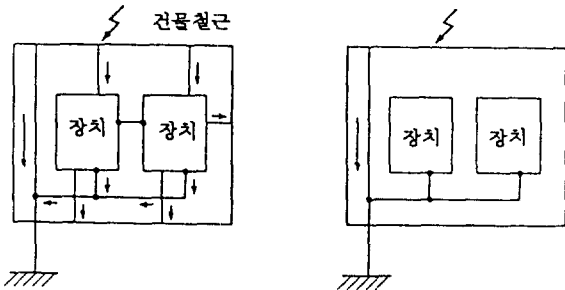


그림 16. 공통접지법



(a) 공통접지 (b) 분리접지

그림 17. 건물내 정보화 장치의 뇌썬-지대책

다. 전원측에 피뢰기를 설치하고 그 접지와 통신용 보안기의 접지와를 공통으로 접속한다. 이 경우 각각의 장치가 등전위로 되기 때문에 통신선 보안기와 전원측 피뢰기의 동작특성을 일정치로 정하기 때문에 모든 장치가 그 이상의 내전압을 가질 필요가 있다.

직격뢰가 건물에 낙뢰한 경우 건물내의 정보화 장치에는 뇌썬-지가 유입하고, 떨어진 장소의 장치의 사이에는 대지 전위차에 의하여 썬-지전압이 발생하게 되어 장치의 절연을 위협하게 된다. 건물에 직격뢰가 침입하였을 때 건물내의 정보화 장치의 보호대책으로서는 기본적으로 다음의 2가지 방법이 있다. 그림 17(a)는 장치에 침입한 뇌썬-지전

류를 최대한 분산시키는 방식으로 회로나 장치사이의 전위차를 적게 하기 위하여 장치내 또는 장치의 접지도체를 모두 낮은 임피던스로 접속하는 연결접지방법이다. 그림 17(b)는 건물의 바닥, 벽 등 주변의 접지도체로부터 장치를 절연하고 1점에서만 시스템접지를 하는 즉, 분리접지하는 방법이다.

또한 이들의 보호대책에 부가하여 뇌썬-지전류에 의해서 발생하는 전자계의 영향을 고려하여 정보화 장치및 전화선, 전원선, 접지선 등을 건물의 기둥이나 외벽으로부터 절연시키거나 떨어뜨려 건물의 중앙부에 배치하는 등의 대책을 생각할 수 있다. 즉, 뇌격전류에 의해서 발생한 전계나 자계가 건물내에 존재하는 금속체의 설비나 각종 전기계통에 미치는 영향을 방지하는 대책(내부피뢰)을 검토할 필요도 있다. 정보화 장치의 다기능화, 고속화 등에 의하여 다른 시스템의 장치가 인접하여 설치되어 있거나 마이크로컴퓨터를 사용하는 장치의 증가 등 보호계통이나 접지계의 구분이 어려운 경우도 있으므로 접지관련기술을 검토하여 조화있는 대책이 필요하다.

5.1 등전위화

정보화 기기의 전원계통, 신호의 입출력회선, 접지시스템을 등전위화하면 효과적으로 뇌썬-지를 보호할 수 있다. 그림 18에 나타낸 바와 같이 부하기기의 가까이에 보호장치를 설치하고, 그의 접지단자와 기기의 외함을 공통으로 접지선에 접속한다. 따라서 접지선의 전위가 상승하여도 기기의 외함과 전원의 상대적 전위차는 보호장치의 제한전압만큼의 낮은 전위로 유지할 수 있다.

그림 19(a)에 나타낸 바와 같이 각 장치에 독립한 접지를 설치한 때에는 A장치 외함의 전위가 높게 되고, 뇌썬-지는 장치를 파괴한 후 전원으로 흘러 들어가 대지의 전위가 낮은 곳에 있는 B장치를 파괴하여 대지로 돌아가는 회로 즉, 뇌격전류의 분류에 의하여 피해가 생긴다. 또한, 그림 19(b)와 같이 접지한 장치에는 피뢰기를 부착하여 장치와 전원선의 등전위화를 도모한다. B장치의 외함과 사이에 연결접지를 접속하여 B장치에 있어서도 등전위화가 유지된다. 그러나, 연결접지선은 전원선과 동일 경로를 갖도록 하지

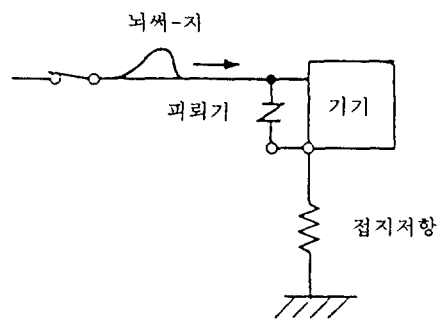


그림 18. 등전위화

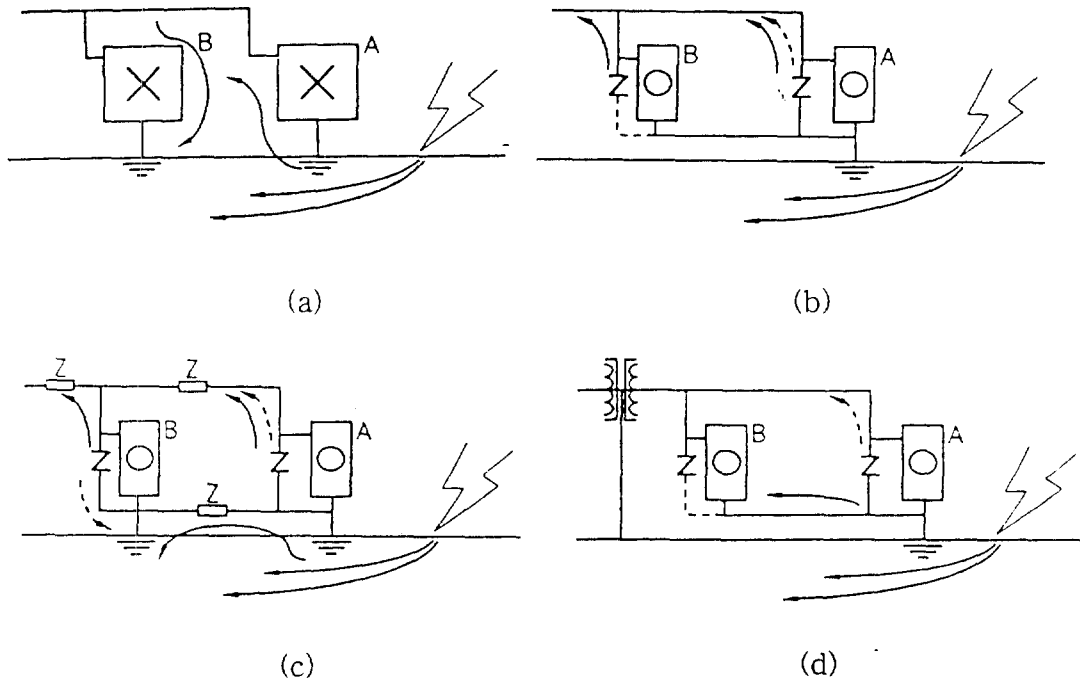


그림 19. 연결접지와 1점접지

않으면, 과두부에서 써-지의 도착시간차로 인하여 등전위화가 이루어지지 않아 손상을 일으키는 경우가 있다.

그림 19(c)와 같이 양쪽 장치 공히 접지선을 접속한 때에는, A장치의 피뢰기 작용에 대해 전원선, 연결접지선이 같은 전위로 써-지가 진행하여도 B장치의 접지에 의해 B장치의 외함전위만이 저하하여 등전위화가 이루어지지 않아 피해가 발생한다. 보안상 B장치의 외함을 그 위치의 대지전위로 유지할 필요가 있을 때는 반드시 파선으로 표시한 것과 같이 이곳에도 피뢰기를 설치하여 등전위화를 도모한다. 그림 (b)와 (c) 모두 A장치의 접지선에서 나타난 써-지는 전원선쪽에 보내지므로, 이 전원선에 연결되어 있는 기기, 극단적인 경우는 옥외로 전달되어 다른 수용가 혹은 주변 기기 등의 사고로 연결되는 경우도 있다.

다른 곳에 피해가 발생하면 그 지락전류는 A장치의 접지선에서 그 피뢰기를 통하여 공급되고 그 파형은 뇌전류의 분류이므로 파미장이 길어 피뢰기도 파괴한다. 그림 19(d)는 도중에 시일드 변압기를 넣어 다른 회선에서의 피해를 차단하고 A장치의 피뢰기의 부담을 경감시켜 주는 것이 효과가 있다. 연결접지에 있어서 여기에 접지하지 않은 장치에는 피뢰기의 설치가 필요하다.

5.2 접지극의 써-지임피던스와 저감대책

접지점으로부터 써-지전류가 진행과로서 유입하여 접지도체의 말단에 도달하여 반사된 성분이 원래의 접지점으로 되돌아 오기까지 시간지연이 발생하며, 이 과정을 거친 후

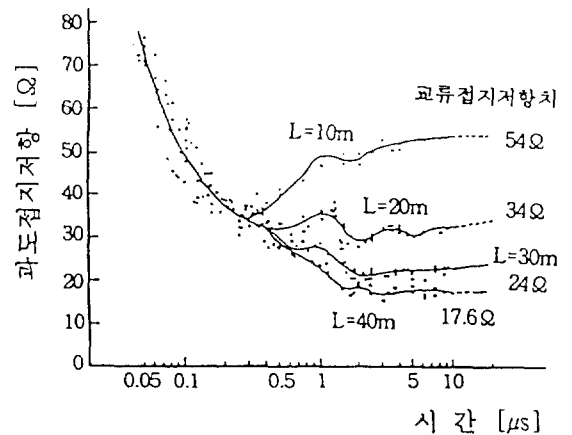


그림 20. 직선상 매설접지선의 과도접지저항특성

접지도체의 효과가 나타난다. 따라서 접지도체가 길수록 정상접지저항값에 도달하기까지의 시간지연은 길게 된다.

그림 20에 직선상 매설접지선(100 [mm²]동선, 매설깊이 0.5 [m])의 과도접지저항특성을 나타내었다. 여기서의 직선상 매설접지선은 전체 길이가 40 [m]이지만, 10 [m] 단위로 전선을 매설하여 측정하였고, 그 특징으로서는 초기치가 높고, 0.2 ~ 0.3 [μs]을 경계로 매설접지선이 길수록 과도접지저항특성이 저하하는 경향을 나타낸다[16]. 즉, 과도접지저항은 구형파 펄스전류(50 [μs])인가시에 약 70 [Ω]의 초기치를 보이고, 0.2 ~ 0.3 [μs]까지는 시간의 경과함에 따라 감소하며, 결과적으로는 각각의 매설길이에 해당하는 교류

접지저항치(정상접지저항치)가 되는 특성을 나타낸다. 이러한 경향은 토양의 전기적 특성이 다른 장소에서도 같은 형태로 나타나므로, 과도접지특성을 모의적으로 해석하는 경우에 중요한 고려대상의 요소가 된다.

0.5 [μ s]이하의 초기치를 제외하고는, 1 [μ s]이후의 시간특성을 보면, 50 [Ω]이상의 교류접지저항의 경우에는 경과시간이 짧을 때의 과도접지저항치가 경과시간이 긴 영역에서의 값에 비해 낮게 나타났다. 이와 같은 경향은 송전선의 탐각접지저항특성에서 '용량성'으로 정의하는 것과 유사하다. 또한, 매설접지선의 길이가 20~30 [m]인 경우에는 교류접지저항치가 20~40 [Ω]의 범위이지만, 과도접지저항 특성은 시간경과에 대해서 거의 '평탄한 특성'을 가진다. 이러한 특성도 송전선 철탑탐각접지특성과 유사하며, 교류접지저항치가 20 [Ω]이하의 경우에는 시간의 경과에 따라 과도접지저항치는 저하하는 경향을 보인다. 이것을 '유도성'이라 하고, 직접접지제통의 발변전소 접지시스템은 거의 이 특성에 가깝다.

뇌썬-지에 의한 접지저항값이 높으면 그 점의 전위상승이 높게 되며, 주변의 절연과피나 연결되어 있는 기기의 절연과피가 일어나는 경우가 있다. 따라서 대지전위상승에 의한 정보화 기기의 손상방지 및 인체의 보안상으로도 썬-지접지저항값을 낮출 필요가 있다. 접지전극의 형상에 따라 썬-지접지저항값은 저하한다. 결국 매설지선의 수를 많게 할수록 저하효과는 커진다. 또한, 침상의 전극을 붙인 접지전극을 시설하는 경우 지중에서 전위경도가 20~30 kV/cm 이면 침전극의 끝에서 대지중의 방전이 발생하여 접지저항의 저감효과는 향상된다. 더불어 썬-지접지저항값은 정상저항값보다 높으므로 정상접지저항값을 낮추는 방법도 한 가지의 저감대책이라고 볼 수 있다.

접지저항을 낮추는 방법으로는 접지전극의 물리적 형상과 크기 이외에 토양의 화학적 처리로 접지극 주변의 토양에 접지저항저감제를 넣어 토양의 고유저항을 낮추는 방법이 있다. 접지저항저감제로는 고분자 화합물과 무기화합물에 도전성 물질을 혼합시킨 재료로 에트링가이트(Etringite)계, 탄소(Carbon)계, 도전콘크리트(Conductive concrete)계, 알루미늄아겔(Aluminagell)계 및 탄소섬유(Carbon fiber)계 등이 개발되어 이용되고 있으며, 접지저항의 저감효과도 대단히 향상된다. 그러나 토양을 화학적으로 처리하므로 환경적 견지에서 문제점과 한시적 접지저항 저감효과만을 나타낼 수도 있기 때문에 앞으로 접지저항 저감제의 사용에 따른 안전성, 지속성, 내부식성과 접지저항의 저감효과와의 상호 관련인 전기적 특성과 성능에 대한 연구가 요구되며, 최근 이들에 대한 연구도 진행되고 있다.

6. 맺 음 말

반도체 기기를 이용한 정보화 시스템은 현대사회의 중추 신경의 역할을 하고 있으며, 전자기기는 뇌썬-지나 노이즈

에 약하여 특성의 열화, 손상, 오동작 등을 일으켜 신뢰도가 저하되고 있다. 정보화 기기의 합리적 운용과 고신뢰성 확보는 현대사회의 산업활동을 비롯하여 일상생활에 대단히 중요한 핵심요소로 대두되었으며, 정보화 시스템의 고장과 일시적인 정지는 막대한 경제적 손실과 2차적 손실을 유발시키게 되어 이에 대한 대책이 연구되어 왔다. 그러나 사고의 원인규명과 대책에 대하여 아직 해결되지 못한 내용이 많이 남아 있다.

우리나라에서도 컴퓨터, 사무화 기기, 전자기기 및 정보화 기기를 보호할 수 있는 우수한 뇌썬-지차단장치가 개발되었으며, 그의 성능도 외국의 제품에 버금 가는 수준이다. 뇌썬-지차단장치의 성능 자체도 중요하지만 뇌썬-지침입경로의 정확한 분석과 적용기술이 보다 핵심요소기술이라고 할 수 있다. 특히 뇌썬-지의 특성은 순간적이고 진행파로 작용하며, 불규칙하게 발생하므로 아무리 우수한 성능의 뇌썬-지차단장치라고 하더라도 적절하지 못한 적용과 설치기술이 미숙하면 무용지물에 지나지 않으며, 효과적인 뇌썬-지보호는 기대할 수 없다. 또한 보호대상의 시스템특성이 다르기 때문에 일률적인 적용은 곤란하고, 접지와 등전위화, 설치, 적용방법이 뇌썬-지보호에 있어서 핵심요소기술이라고 할 수 있다. 그러나 우리나라의 뇌썬-지보호장치의 시험규격조차 없어 외국의 시험기준에 의존하고 있는 실정이며 국제무역의 개방화 시대의 대비와 기술의 국제교류, 외국과의 무역과 기술진출을 위해서 독자적인 기술개발과 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 이복희, 고전압대전류공학, 청문각, 1993, pp.13-187.
- [2] Edward Beck, Lightning Protection for Electric Systems, Mc Graw-Hill Book Company, Inc., 1954
- [3] Martin A. Uman, Lightning, Dover Publications, Inc., 1984, pp.2-145.
- [4] 이복희, "전력통신용 보안장치 적용기술연구", 한국전력공사, 1/4분기 보고서, pp.16-109, 1996
- [5] Eric Bennison, Axel J. Ghazal, Pierre Ferland, Lightning Surge in Open Wire, Coaxial and Paired Cables, IEEE Transactions On Communications, Vol. com-21, No.10, 1973. 10
- [6] 古賀廣昭, 元滿民生, 田口守彦, 具津良輔, 山口開生, "通信線路末端に現れる雷サ-ジ波形成の特性", 電子通信學會論文誌, Vol.J64-B, No.7, pp.627-634, 1981
- [7] 이복희, "전원 및 신호/통신회로 뇌썬-지차단장치의 설계 및 제조기술개발", 한국전력공사 1차년도 중간보고서, pp. 137-153, 1995.
- [8] Ronald B. Standler, Protection of Electronic Circuits from Overvoltages, John Wiley & Sons, Inc., 1988, pp.170-275.
- [9] Surge Protective Devices Committee of the IEEE Pow-

er Engineering Society, An American National Standard, IEEE Guide on Surge Testing for Equipment Connected to Low-Voltage AC Power Circuits, ANSI /IEEE C62.45-1987, IEEE, pp.9-49, 1987

[10] IEEE Power Engineering Society, IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits, IEEE C62.41-1991, pp.22-98, 1991

[11] National Electrical Manufactures Association, American National Standard for Electric Power Systems and Equipment-Voltage Ratings, ANSI C84.1-1989, pp.7-18, 1989

[12] National Electrical Manufactures Association, Low Voltage Surge Protective Devices; NEMA Standard Publication No. LS1-1992, pp.1-6, 1992

[13] International Electrotechnical Commission, Electromagnetic Compatibility for Industrial-Process Measurement and Control Equipment, IEC Publication 801-1-5, 1984

[14] Underwriters Laboratories Inc., Standard for Transient Voltage Surge Suppressors, UL1449, 1st Edition, 1985

[15] 橋本信雄, 雷とサージ, 電氣書院, pp.96-114, 1995.

[16] 三谷 弘, “接地抵抗のサージ特性とその測定法” 電氣設備學會誌, Vol.10, pp.871-877, 1990

저 자 소 개



이복희(李福熙)

1954년 6월 29일생. 1980년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1988년 4월 ~ 1989년 10월 동경대학 생산기술연구소 객원연구원. 1990년 3월 ~ 현재 인하대 공대 전기공학과 부교수.