특집 : 전기설비의 EMI/EMC

저압전기설비의 서지 대책 기술

이 재 복 <한국전기연구소, 전력연구원 전기환경 · 송전연구그룹 선임연구원>

통신, 정보, 제어회로 등 정보설비에 전원을 공급하는 저압 전기설비는 뇌 서지와 개폐 서지 및 전력선 사고시의 전자유도 전압 등의 서지성 이상전압으로부터 보호되어야 한다.

오늘날의 전기설비는 IC, VLSI화된 소형부품을 사용한 정보설비와 함께 사용되고 있기 때문에 절연성능이 매우 취약하며, 소형화되어 프린트 기판상에서 상호 배선되어 있기 때문에 연면거리가 짧아 서지에 취약하며 서지 침입시 오부동작 현상이 간혹 발생한다. 이들 기기를 취급하는 사람도 평상 사용시에 손이 접촉하는 경우가 많으므로 과전압에 의한 감전의 우려도 존재한다. 이와 같은 저압 전기설비에 서지 발생과 기기의 취약성을 극복하기 위해서 국내외 저압 전기설비에서도 서지에 대한 내성기준이 요구되는 상황이다.

본 고는 저압 전기설비에서 가장 흔히 발생되는 서지인 뇌 서지와 직류회로의 개폐서지의 발생현상과 이들의 억제 대책을 기술함으로서 전기설비 판매, 도입시에 주문자가 요구하는 서지 대책문제에 대한 이해를 돕기 위한 것이다.

1. 서 론

과학기술의 발전 및 전기 · 전자 · 통신기기의 사용이 증대하면서 전기 · 통신 계통의 공급규모가 점차 확대되고 복잡한 양상을 띠고 있다. 그런데 이들 전력 혹은 신호선에는 자연적인 현상인 뇌방전으로 인한 뇌 서지에서 부터 전력계통내의 선로 혹은 설비의 정상적 혹은 비정상적인 개폐작용에 의한 개폐서지에 이르기까지 다양한 전도잡음이 존재하고 있어서 저전력화, 고집적화, 고속화, 지능화 되어 가고 있는 각종 기기 및 시스템에 오동작이나 파손 등 여러 가지 장해현상을 유발시켜 고도의 정보화사회로의 발전에 중요한 방해요소가 되고 있다.

한편 각종 기기에는 미약한 신호를 다루는 경우가 많아 상대적으로 잡음에 대한 내력이 떨어지고 있는 실정이며, 더욱이 고속의 Switching 소자를 사용하여 기기의 신뢰성과 기능을 향상시킴에 따라 그 역작용으로써 발생되는 잡음형태는 기존의 잡음양상과는 달리 점차 고주파의 양상을 띠고 있다. 이에 본 고에서는 서지 발생현상과 전파현상, 억제대책 및 설비의 서지 시험방법을 제시하였다.

2. 서지 발생 및 전파 현상

저압 전기설비에 침입하는 서지성 이상전압에는

크게 5가지로 분류한다.

(1) 뇌 서지

(2) 전력계통사고시 전력선으로부터 전자유도전압

(3) 전력선 지락시 대지전위상승

(4) 고저압 배전선의 혼촉

(5) 개폐서지

전원선 및 정보회선에 침입하는 대표적인 이상전압은 뇌운간 혹은 뇌운과 대지간의 뇌방전(낙뢰)시에 유도되는 뇌 서지이며, 정보회로의 뇌해대책은 현재까지도 숙제로 남아 있다. 한편, 광 fiber의 등장으로 선로에 유기되는 서지 위험은 점차 감소되는 추세이나 배전선에서 발생된 직격뢰가 변압기의 누설캐패시턴스를 걸쳐 전파되어 통신회로의 전원 공급선으로 침입하는 서지에 대해서는 보호대책이 필요한 실정이다.

정보회로의 전자유도 전압은 계통 사고시에 흐르는 전력선의 대전류가 통신선에 전자유도를 일으켜 종전압을 발생시키기 때문에 이들간의 병행구간이 짧을수록 좋다.

강전의 전력회로와 약전의 정보회로가 공존하는 발,변전소나, 일반 고압 수용가에서는 전력선에 지락사고가 발생하면 접지계에 대전류가 흘러 구내의 대지전위를 급격히 상승시킴으로 구내에 설치된 통신기기의 회로와 원방의 대지를 가지고 있는 인입 통신 및 신호케이블 사이에 큰 전위차가 발생할 수 있어 이 과전압으로부터 여러 가지 장해 현상이 나타날 수 있다. 무선중계안테나, 철탑 및 가공지선, 건물의 피뢰침과 같은 고 구조물로의 낙뢰시에도 동일한 현상의 대지전위상승이 발생하여 연접하는 정보회로에 피해를 끼친다. 단선 등에 의한 배전선과 통신선이 혼촉되어 배전선의 전압이 통신선에 가해지는 경우는 배전선과 통신선의 대부분에 절연전선이 사용되기 때문에 거의 해소되고 있다.

전력선의 개폐기류에 의한 전류 차단, 투입시에 발생하는 개폐 서지는 정상 전력회로 전압의 최대 3~5배이며, 일반 정보회로에서는 뇌 서지 보호를 위한 고성능의 보호기가 설치된 경우 개폐 서지에 대한 충분한 보호성능이 있어서 크게 문제가 되지 않는다.

발,변전소로 침입한 서지와 개폐기에서 발생한 개폐 서지는 접지계를 통해 다음과 같은 4가지 결합형태로 저압회로에 영향을 끼칠 수 있다.

(1) 유도결합 (Inductive Coupling)

(2) 용량결합 (Capacitive Coupling)

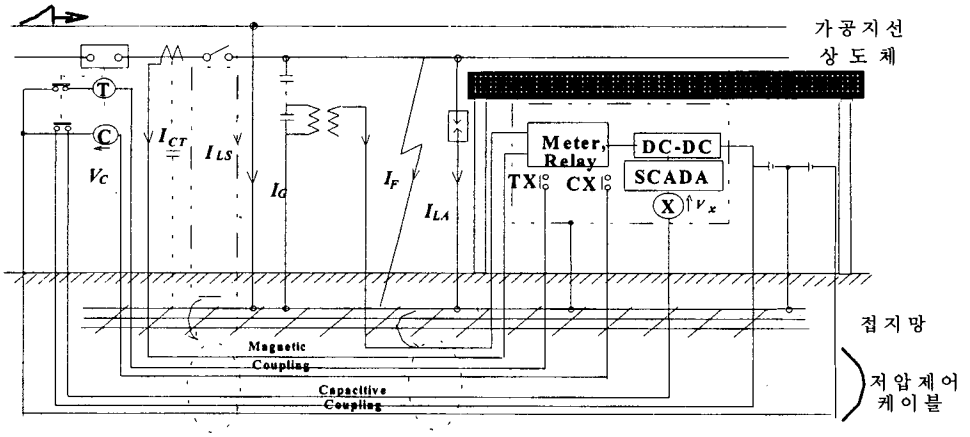


그림 1. 서지 발생원과 저압제어회로의 전파경로 예

(3) 전도결합 ([Conductive Coupling(Common Impedance Coupling)]

(4) 방사결합 (Radiation)

그림 1은 이들 결합 서지가 저압제어회로 및 통신회로에 전달되는 양상을 나타낸 것이다.

유도결합은 전선간의 전류에 의한 약전회로로의 결합을, 용량결합은 정전용량에 의한 전계결합을 의미한다. 전도결합은 공통임피던스 즉, 공통 접지계를 이루는 두 회로간의 접지계를 통한 결합형태로써 저압회로에 노이즈의 형태로 나타나게 된다.

서지가 기기에 직접적으로 나타나는 모드는 크게 공통모드(Common-Mode)와 정상모드(NormalMode 혹은 차동모드(Differential Mode : DM))로 구별된다.

이중 공통모드는 대지와 도체간에 나타나는 과전압으로 중성점 접지계를 이루고 있거나 신호 혹은 전원선의 한선이 접지계와 등전위를 이루는 경우에 나타난다. 낙뢰에 의한 서지는 공통모드로 발생하는 대표적인 예이다. 반면 정상모드는 신호 또는 전원선간에 발생하며 개폐 서지가 그 예이다. 그림 2는 154 [kV] 변전소의 단로기 개방시에 CT측에 공통모드로 나타난 서지를 과도파형 측정기를 통해 관측한 결과로 주파수가 크고 감쇠진동형 고전압이며 반복적인 양상을 나타내고 있다.

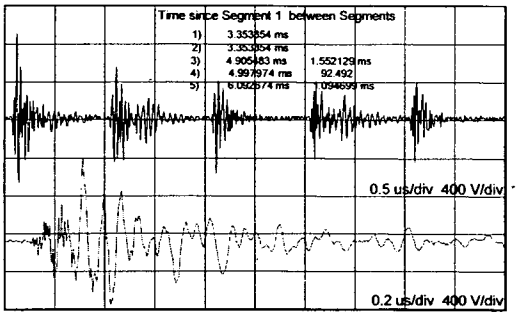


그림 2. 변전소의 단로기 조작시 서지 파형 (상단: 원래 파형, 하단, 확대도)

3. 뇌 서지

뇌 서지의 주요 발생원인으로는

① 직격뢰

② 유도뢰

③ 고압측의 뇌과전압의 저압측으로의 침입이 있다.

직격뢰의 발생원인은 저압 배전선으로의 직접적인 낙뢰와 고압가공배전선로와 병가된 저압배전선로에 대해 가공지선 혹은 상도체로의 직격뢰로 인해 발생된 뇌과전압이 인근 저압도체와의 결합으로 인해 역섬락이 발생하여 이 전압이 기기로 침입하는 경우가 대표적인 예이다.

유도뢰의 발생원인은 전기설비가 설치된 건물상부의 피뢰침에 낙뢰한 경우 피뢰침 혹은 안테나 인하도선에 흐르는 뇌격전류의 전자유도현상(Mdi/dt)의한 유도뢰 전압의 발생과 저압배전선 주변의 수목, 구조물 및 대지로의 낙뢰시 이로 인한 전자파가 저압 배전선에 유도되어 나타나는 유도뢰 전압이 있다.

또한 직격뢰가 원인이든지 유도뢰가 원인이든지 고압 배전선측에서 발생된 뇌과전압에 의해 고압측의 애자가 섬락(순간적인 지락현상을 야기시킴)하거나 피뢰기가 동작한 경우 대지전위상승이 발생하여 과전류가 흐르는 지점과 저압설비가 설치된 지점과의 대지 전위차가 존재하여 저압기기에 서지 전류가 침입하는 경우와 주상변압기의 고압측에 발생한 뇌서지가 주상변압기의 1,2차간의 누설 캐패시턴스와 상대지간의 누설 캐패시턴스의 분압비에 의해 2차측(저압기기측)으로 전도 결합(Conducted Coupling)됨으로써 저압기기에 침입하는 경우가 있다.

이와 같은 뇌 서지의 중요한 특징으로는 급전선로와 접지계 사이에 발생하는 공통모드 침입 특성이 있다. 즉, 접지계에 흐르는 전류에 의한 전위와 전원 혹은 신호를 전송하는 도체간의 전위차에 상당하는 과전압이 발생하는 것이다. 두 개 혹은 그 이상의 도체와 대지와의 서지 임피던스는 이들 도체의 기하학적 배치나 두께가 동일하므로 이들 도체간의 과전압 즉, 정상 혹는 차동모드(Normal Mode, Differential Mode) 과전압은 거의 나타나지 않는다. 실제로 저압

전기설비나 통신설비의 낙뢰 피해 양상은 선과 접지된 외함 혹은 FG(Frame Ground)사이의 부하회로에 섬락이 발생한 경우가 대부분이다.

이와 같이 저압 전기설비로의 뇌 서지 발생원인과 침입 경로는 복잡한 양상이며, 이들의 속성을 파악하는 것이 뇌 서지 보호대책의 첫 걸음이라 할 수 있다.

4. 개폐 서지

솔레노이드나 모터와 같은 유도부하를 차단할 때 간헐(Showering)아크라 불리는 불요 서지가 접점간에 발생하며, 이와 같은 현상은 파형의 상승률과 지속시간이 짧고, 고주파이며 작은 에너지를 가진 전기적인 고속의 과도전압(Electrical Fast Transients)이다.

그림 3은 간헐아크 발생 메커니즘을 설명하는데 사용하는 전형적인 모델로서 유도부하에 병렬로 연결된 누설 커패시턴스와 스위치로 구성된 회로이다.

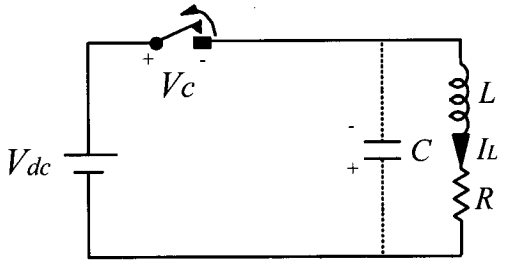


그림 3. 접점개방시의 등가회로

스위치가 닫혀 있을 때는 정상상태 전류 $I_{dc}=V_{dc}/R$ 이 흐르지만 스위치가 개방되면 인덕터는 이 전류를 유지하려고 하므로 캐패시턴스를 통해 이 전류가 흘러 커패시턴스가 충전됨으로써 스위치전압은 그림4의 점선과 같이 최대 $V_{dc}+I_L\sqrt{L/C}$까지 상승한다.

그러나 이 전압이 접점 간극의 절연파괴전압보다 크면 아크방전이 발생하며, 접점의 전압이 최소아크

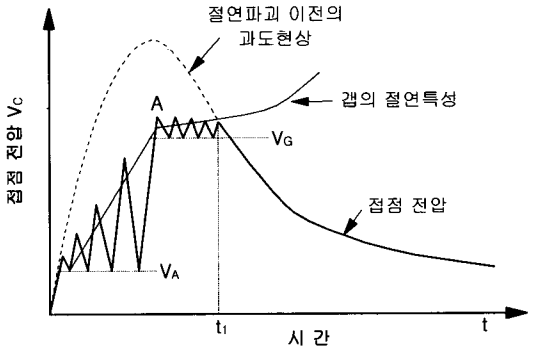
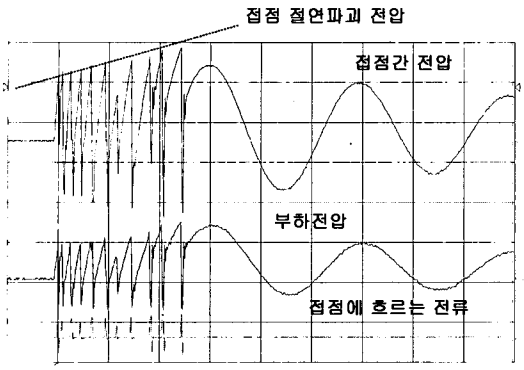


그림 4. 접점간 전압과 절연파괴전압의 관계

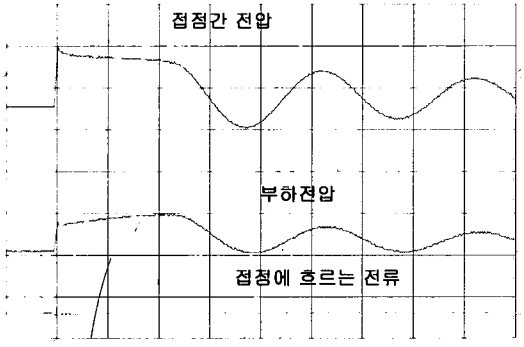
전압 V_A(은 : 12 [V])로 떨어지면 커패시턴스는 다시 충전되어 충전시에는 급속 상승하는 전압이, 방전시에 하강하는 전압이 접점에 나타나는 간헐아크 현상이 발생한다.

이 시점에서 회로전류가 최소아크 지속전류 I_A (재료에 따라 보통 0.1~1 [A]범위) 보다 작으면 C가 방전하여 이 전압이 V_A이하로 떨어지는 시간 동안만 아크방전이 지속된다. C가 방전된후 회로전류 I_L은 다시 C를 충전하며 이와 같은 과정은 접점의 전압 V_C가 글로우방전전압 개시점 A을 초과할 때까지 반복된다. 점 A이후에서는 접점의 간격이 증가하게 되는데 이때 회로전류가 글로우방전을 유지하는데 필요한 최소전류 I_G(보통 1~100 [mA])가 유지되지 않으면 최소 글로우방전전압 V_G(280 [V])로 떨어지는 시간(t_1)만 글로우방전이 지속되며, 충분한 아크 전류가 흐르지 않으면 방전은 종료된다.

이와 같은 아크 현상은 접점의 손상과 함께 부하회로에 서지성 노이즈를 발생시키며, 광대역의 고주파특성을 가지고 있으므로 주변의 반도체로 구성된 제어회로에 EMI 문제를 야기 시킨다. 이와 같은 현상을 억제하기 위해서는 접점의 전압이 절연파괴전압보다 크지 않게 하거나 아크전류를 최소아크전류 이하로 제한하는 것이다. 유도부하에 커패시터를 설



(전압 200V/div, 전류 10A/div, 50㎲/div)
(a) 간헐 아크의 전압 및 전류파형



(전압 200V/div, 전류 10A/div, 50㎲/div)
(b) MOV 설치 시 전류 및 전류파형

그림 5. 간헐아크 발생 양상과 MOV 설치시 억제 효과

치하면 접점간의 초기 전압상승률 I_L/C를 작게 할 수 있으므로 아크가 발생되지 않도록 할 수 있다. 그러나 커패시터의 부가시 충전전류가 커져 접점이 손상될 수 있다. 주변 소신호 회로로의 EMI문제는 과제동 하기에 충분한 저항과 콘덴서를 부하에 병렬로 연결하여 피할 수 있다.

직류회로의 차단시에 발생하는 간헐아크로 인한 서지 전압은 접점의 재료, 압력 개리속도 및 회로정수 등 많은 요소에 의해 좌우되며, 이로 인해 발생되는 서지 전압은 최고 5 [kV]이상에 이르며, 상승률은 최고 수 ns에 이른다.

그림 5(a)는 0.001 [㎌] 누설 케패시턴스를 갖는 100 [mH]의 릴레이 코일을 스위치가 단속하였을 때 나타난 과도현상으로 DC 125 [V]회로에서 최대 300 [V]의 과도전압이 발생하였다. 이러한 아크현상은 전자스위치에서 많이 발생하므로 반도체 스위치를 사용하는 경우에는 이러한 문제점을 고려하여 사용해야 한다. 그림 5(b)는 이 때 아크를 억제하기 위해 접점간에 MOV(Metal Oxide Varistor)를 설치하였을 때의 전압 및 전류파형으로 아크전류의 소호와 함께 서지 현상이 사라짐을 알 수 있다.

5. 저압 전원 회로의 서지 발생현황

그림 6은 저압 교류회로의 비 보호지역에 대한 과전압의 발생빈도를 최대 과도전압의 함수로 나타낸 것이다. 통상적인 저압회로에 사용되는 부품의 절연강도는 2 [kV]내외이며, 저압회로의 전력선의 공기절연강도가 6 [kV]이하인 점을 고려하면 이 이상의 전압은 절연물간 혹은 공기간의 절연파괴로 인해 발생되기 어렵다. 이와 같은 현상을 고려하면 건물내부로 갈수록 발생 과전압의 크기는 앞단의 절연파괴현상으로 인해 보다 작은 과전압이 발생할 수 있음을 알 수 있다. 즉, 서지에 노출되는 정도에 따라 과전압의 크기는 다르게 나타난다. 건물의 외부환경의 심한 노출지역에서 발생할 수 있는 서지의 크기는 뇌 서지

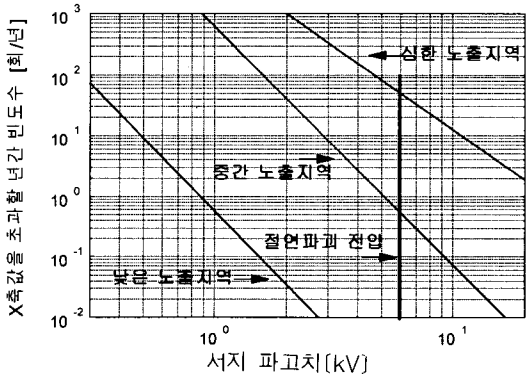


그림 6. 저압 교류 전원회로의 비 보호 지역 서지 발생률

를 기준으로 최대 20 [kV], 전류는 10 [kA]로 알려져 있다,

6. 서지 시험

6.1 시험파형

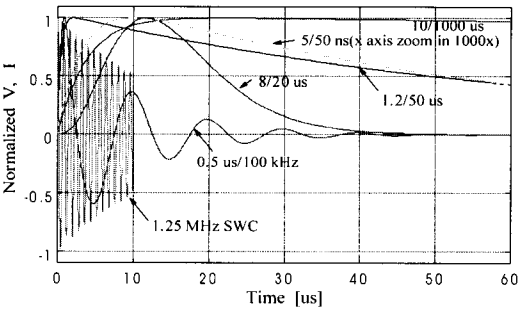
국내외의 저압 교류계통에 적용하고 있는 뇌나 개폐작용에 의해 발생 가능한 전압, 전류파형은 서지가 발생될 수 있는 위치범주에 따라 그림 7과 같이 그 크기와 파형을 표준화하여 기기의 내성기준(EMS : Electromagnetic Susceptibility) 표준파형으로 사용하고 있다.

이중 뇌 서지를 대표하는 조합파(Combination Wave :1.2/50[㎲] 개방회로 전압파형과 8/20[㎲] 단락회로 전압파형)와 개폐서지를 대표하는 Ring Wave (0.5[㎲]-100[㎑], 개방회로 전압파형)가 대표적인 시험파형이다.

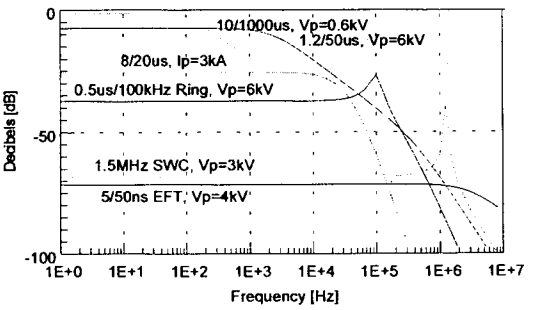
이외에도 기기의 내력을 시험하기 위한 추가적인 시험파형으로 고전압 발변전소의 개폐기 및 단로기 조작시 발생하는 서지로, 저압제어회로의 보호 릴레이 시험파형으로 사용되는 SWC(Surge Withstand Capability) 시험파형(1~1.5 [MHz])과 고속의 스위칭 기기에서 발생 가능한 서지로 EFT(Electrical Fast Transients) Burst파형이 있다. 이중 전기설비의 서지 시험시에 일반적으로 적용되고 있는 표준 서지 시험전압과 전류 및 서지 발생장치의 전원임피던스는 다음과 같다.

- Combination Wave (6 [kV], 3 [kA]) : Z = 2 [Ω]
- Ring Wave (6 [kV], 500 [A]) : Z = 12 [Ω]
- Oscillatory SWC Test Wave (3 [kV], 20 [A]) : Z = 150 [Ω]

그림 7은 전기전자 설비 및 서지 보호기의 성능시험에 사용되는 표준 시험파형과 이들의 주파수 스펙트럼을 나타내고 있다.



(a) 서지 파형



(b) 주파수 스펙트럼

그림 7. 표준 서지 시험 파형 및 주파수 스펙트럼

5.2 시험 방법

현장에서 발생될 수 있는 다양한 과도전압 혹은 전류에 상응하는 IEC 및 ANSI규격의 대표적인 표준 시험 파형과 크기를 보호기에 인가하며 모든 입출력 단자에 대해 실시하며 시험조건은 다음과 같다.

(1) 전원의 인가 유무
- 교류 전원 인가시
- 비 인가시

(2) 인가 방법
- Normal Mode(Differential Mode) : 선간
- Common Mode : 선-대지간

(3) 판정방법

시험 파형을 인가하여 손상(damage)과 일시적인 기능정지(upset)의 유무로 판정한다.

7. 서지 보호법

서지로 부터 기기를 보호하기 위한 기본적인 방향은 다음의 4가지로 분류된다.

(1) 이상전압 발생원을 제거한다.

(2) 기기의 내전압을 높인다.

(3) 정전차폐 및 전자차폐 등으로 기기에 가해지는 이상전압을 억제한다.

(4) 기기에 가해지는 전압을 보호기 등에 의해 통신기기 내전압 이하로 낮춘다.

(1) 발생원을 없애는 것은 현재의 기술로는 곤란하다. 또 설비의 내전압을 높이는 것은 한도가 있으며, 기본적으로 차폐와 접지 및 접속 등을 통해 가능한 한 이상전압을 억제하고 충분치 않을 경우 보호기를 사용한다. 본 고는 이와 같은 관점에서 저압 전기설비의 이상전압 보호 방법으로 본딩(전기적인 접속)의 중요성과 서지 보호기의 적용 방법 두 가지를 기술하였다.

7.1 본딩

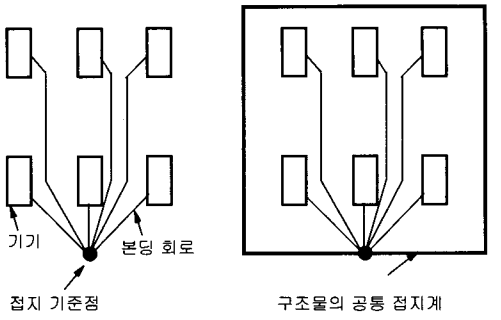
본딩은 금속부와 시스템간에 전위차를 억제하기 위한 것으로 서지를 억제하는 데 매우 중요한 역할을 한다. 서지 억제 관점에서 본딩의 목적을 두 가지로 구분하면

첫째, 시스템 간을 등전위화 하기 위한 것으로 다수의 설비간의 금속 외함간을 도체로 접속하여 설비간의 전위차를 없애는 것으로 이를 위해 본딩바나 환상의 도체를 이용하여 상호 접속하는 것이다. 이때 기본적인 본딩 방법은 가능하면 접지계에 가까운 거리에 설치된 본딩 도체를 이용하여 낙뢰와 같은 서지 전류를 대지로 분류한다.

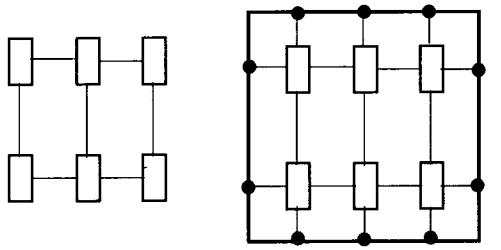
둘째, 본딩 도체로서 서지 전류의 유입 경로를 다수화 하여 전체적인 설비의 외함과 도체간에 나타나는 전위차를 줄이는 것이다.

본딩 도체는 도체의 인덕턴스 때문에 유도 전압강하가 발생하므로 가능하면 길이가 짧고 단면적인 큰 즉, 낮은 인덕턴스를 가진 도체가 요구된다.

본딩회로는 그림 8과 같이 기본적으로 성형 접속구조와 망상 접속구조가 있다.



(a) 성형 본딩



(b) 망상 본딩

그림 8. 본딩구조

성형 구조는 시스템의 모든 접속부를 한 개의 접지 기준점에 연결한 것으로 시스템의 설치장소가 협소하고 인출입 선로가 한쪽으로 집중되어 있는 장소에 사용된다. 이 방법은 단일 접속점을 향해 나란한 방향을 갖는 도체간에 전자유도 루프가 형성되지 않는다. 또한 단일 접속이기 때문에 저주파 전류가 설비의 노이즈로 작용하지 않는 특징이 있으며, 과전압을 억제하기 위해 사용되는 서지 보호기의 접속에 가장 이상적인 방법이다.

망상구조는 시스템의 금속부들을 공통 접지계에 연결하는 방식으로 다수의 점에서 공통접지계에 연결하는 것으로 다수의 인입구에서 선로가 인입되며, 비교적 넓은 공간에서 사용되는 방법이다. 이 방식은 본딩계의 고주파 임피던스가 작으며, 다수의 단락 루프가 만들어지기 때문에 설비 주변의 자계에 의한

전자유도현상이 줄어드는 이점이 있다.

대규모 설비에서는 이들이 장점을 이용한 복합 본딩구조를 적용하기도 한다.

7.2 서지 보호기

설비의 서지 보호를 위한 접지저항을 확보하기 어렵고, 적절한 접속을 통해 기기에 가해지는 과전압을 억제하기 어려운 경우 서지 보호기가 적용된다. 또한 최근에는 전기, 전자, 통신설비에 대해 서지에 대한 내성능이 요구되고 있으며, 관련된 국내외적으로 수출입장비에 관련 시험 성적서가 요구되는 추세이므로 서지 보호기 혹은 보호회로를 이용하지 않으면 않되는 상황에 있다.

다음은 보호기의 사용방법과 기능에 대한 것이다.

7.2.1 보호기의 필요조건

저압회로를 이상전압으로부터 보호하기 위해 보호기를 사용하는 경우에는 평상시 및 이상전압 인가시의 특성을 충분히 검토할 필요가 있다.

가. 평상시

피뢰관, MOV, Avalanche Diode 및 절연변압기 등의 서지 보호소자 및 단자판 등으로 구성되는 보호기를 통신회로나 전원회로에 삽입하면 보호기가 동작해서는 안될 평상시에도 회로 임피던스가 변화하여 회로의 전송특성이 변하여 전송품질에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 다음 항목에 대한 보호기의 성능을 검토하여 급전과 신호등에 영향을 미치지 않도록 해야 한다.

(1) 최대사용전압과 최대 신호레벨
(2) 동작감쇠량, 전압강하
(3) 누화 감쇠량
(4) 왜형 감쇠량
(5) 절연저항 및 누설전류

나. 이상전압 인가시

이상 전압이 가해지면 보호기는 빠르게 동작하여 이상전압을 충분히 낮은 값으로 억제하여 통신기기와 취급자를 안전하고 확실하게 보호할 필요가 있다.

이상전압이 소멸한 후에는 보호기는 특별한 조작을 하지 않아도 자동적으로 평상 상태로 복귀하여야 한다. 이 때문에 보호기는 이상전압에 의한 전류를 충분히 흘릴 수 있는 전류 내량을 가지고 있어야 하며 반복적인 동작에 의한 수명이 길 필요가 있다. 또 절연 변압기로 이상전압을 절연하여 보호하는 절연형 보호기는 충분한 내전압을 가져야 한다.

일반적으로 이상전압이 가해지면 보호기가 동작하고 있는 경우에 회로의 신호전송, 급전 등의 기능이 정지하는 경우가 많으므로 이들에 대한 성능이 보증되어야 한다.

7.2.2 설비의 서지 성능

이상전압으로부터 통신기기를 충분히 보호하기 위한 보호기 설계 혹은 선택을 위해서는 검토 조건으로서 피보호기기의 내전압을 알 필요가 있다. 기기의 검토대상인 내전압은 그림 9와 같이 3가지로 분류된다.

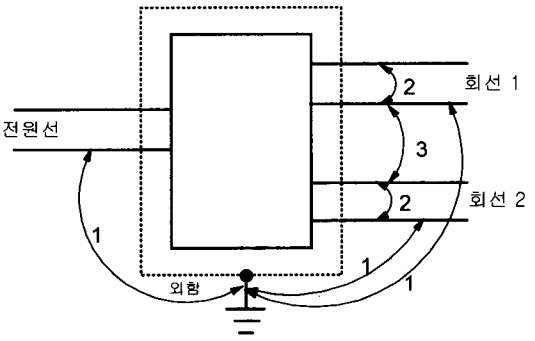


그림 9. 내전압시험 인가 점

(1) 선로-접지간(그림 9의 1)
(2) 선간(그림 9의 2)
(3) 회선 상호간 혹은 출력간(그림 9의 3)

(1)의 정보기기의 선로단자와 접지간의 내전압은 보통 직류 500[V] 1분간, 교류 전원단자와 접지간의 내전압은 교류 1500[V] 1분간으로 설계되어 있는 경

우가 흔하다. 이들 내전압으로 설계, 제작된 여러 가지 기기에 대한 임펄스 내전압 시험결과는 정보기기의 선로측은 2~3[kV], 교류전원은 5~6[kV]이다.

(2)의 선로단자의 선간 내전압은 기기의 종류에 따라 매우 다르지만 전화기나, 릴레이 권선의 임펄스 내전압은 2~3[kV] 정도이며, IC등의 전자소자를 사용한 기기는 10~100[V] 정도의 것이 많다.

(3) 회선상호간 혹은 입출력 선간의 내전압은 절연변압기 등으로 절연된 경우는 (1)의 경우와 같은 경우가 많으나 회로에 직접 연결된 경우는 임펄스 내전압이 10~100[V] 정도의 것이 많다.

또 통신기기의 종류에 따라 통신선로측의 한선 혹은 회로의 접지리드선이 직접 접지 되어 있는 경우가 있다. 이 경우에는 선로-접지간 내전압이 선간 내전압과 똑같은 상태가 되며, 전자소자를 사용한 기기의 임펄스 내전압은 10~100[V] 정도의 것이 많으므로 보호기 설정에 주의할 필요가 있다.

7.3.3 보호기 선정방법

기기가 이상전압에 의해 파괴되는 것은 본래 절연되어 있는 부분이 이상전압에 의해 파괴되어 이곳에 과전류가 흐르기 때문이다.

대부분의 전원 및 통신선은 일반적으로 2선이 한 쌍으로 사용되며, 이 두 선간은 대지, 뇌운, 송전선 등에 대해 기하학적으로 동일한 배치상태이기 때문에 선대지 임피던스가 같으므로 낙뢰나 송전선 등으로부터 발생되는 이상전압은 대지에 대해 동상이며 동일한 전압이 가해진다. 이 전압이 통신기기의 내전압 이상이 되면 가장 내전압이 낮은 부분이 절연파괴가 생기며, 그 부분에 이상전압에 의한 과전류 혹은 전원, 급전전압에 의한 과전류(예로서 반도체소자의 역방향의 대한 매우 작은 전류도 과전류가 된다.)가 흘러 그 통로에 있는 부분이 파괴한다. 한 선과 접지간에 절연파괴가 일어나면 순식간에 선간 전압도 발생하여 선간 내전압이 낮은 기기에서는 선간의 내전압이 낮은 부분이 파손한다.

내전압이 낮은 기기를 이상전압으로부터 보호하기 위해서는 보호기를 이용하여 기기에 내전압이상의 이상전압이 가해지지 않도록 한다. 보호기를 그 동작 기능별로 대별하면 다음의 3가지형으로 분류한다.

(1) 절연형 ; 절연변압기나 중화 변압기 등에 의해 이상전압에 대해 회로를 절연하여 보호하는 보호기

(2) 방류형 : 피뢰관, MOV등의 방류형 서지 보호소자를 사용하여 이상전압에 대해 회로의 임피던스를 낮춤으로써 피보호기기에 가해지는 이상전압을 억제하는 보호기

(3) 개방형 : 퓨우즈, 히트코일 등의 회로를 차단 혹은 개방하는 기능을 가진 소자를 사용하여 피보호기기의 이상전류에 의한 소손을 방지하는 보호기

절연형 보호기는 예상된 이상전압에 대한 가장 확실한 보호방법이며, 소모부품이 없으므로 무보수, 고수명의 특징이 있으나 대형이고 비교적 고가인 단점이 있다. 그러나 발변전소나 산꼭대기의 무선중계소 등과 같이 가혹한 이상전압이 가해지는 장소에 설치되는 통신기기 혹은 고신뢰성이 요구되는 통신회선의 보호에는 이 방식이 사용된다.

방류형 보호기는 소형, 염가이며, 적당한 보호소자를 조합하여 사용함으로써 상당한 보호성능이 얻어지기 때문에 일반적인 통신기기의 보호에 많이 사용된다.

개방형 보호기는 예전에 일반적으로 사용하였지만, 전력설비의 신뢰성 향상, 배전선, 통신선등의 절연화에 따라 통신선에 장시간 동안 이상전압이 가해지는 일이 거의 없으며, 또 뇌 서지에 대해 개방형은 보호효과가 없기 때문에 최근에는 개방형 보호기가 거의 사용되지 않는다.

8. 결 론

이상으로 전기설비에서 발생되는 서지의 발생 현상과 전파모드 및 이를 억제하기 위해 지금까지 그

중요성이 간과되어 왔던 본딩 기법을 기술하였다. 또한 서지 시험방법 및 보호대책에 대한 기본사항을 제시함으로써 설비 도입이나 운용시에 겪는 문제점과 그 해결방법을 제시하고자 하였다.

이와 같은 설비의 운용시에 발생되는 서지로 인해 발생하는 설비피해를 줄여 신뢰성 있는 설비운용을 위해서는, 신설되는 설비에는 서지에 대한 성능이 검증되야 하며, 기설 설비에 대해서는 서지의 유입경로에 대해 접지, 접속을 충분히 보강해야 한다. 저압회로는 낙뢰와 같은 고전압, 대전류의 충격성 에너지에 대해 근본적으로 저저항 접지와 적절한 본딩을 통해 서지의 크기를 어느 정도 억제할 수 있으나, 내전압이 낮기 때문에 중요 설비는 서지 보호기 설치가 필수적이다. 서지 보호기는 낙뢰뿐만 아니라 개폐서지도 억제할 수 있는 구조로 되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] H. W. Otto, Noise Reduction Techniques in Electronic Systems, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., Chapter 3, 1989.

[2] 이재복, 전자환경장해대책연구, 한국전력공사 전력연구원 보고, 1997

[3] R. B Standler, "Protection of Electronic Circuits from Overvoltage", New York: Wiley Interscience, 1989.

[4] R. B. Standler, "Coordination of Surge Arresters and Suppressors for Use on Low-Voltage Mains", Proceedings, Zürich EMC Symposium, pp. 517-24, 1991.

[5] Allan Greenwood, Electrical Transients in Power Systems, John Wiley & Sons Inc., 2nd. edition, pp. 439-440, 1991.

[6] ANSI/ IEEE Std. C37.90a, Guide for Surge Withstand Capability.

[7] ANSI/ IEEE Std. C37.90.1, IEEE Standard Surge Withstand Capability Test for Protective Relays and Relay Systems, 1989.

[8] IEEE Recommended Practice on Surge Voltage AC Power Circuit, C62.41-1991.

[9] IEEE Guide on Surge Testing for Equipment Connected to Low Voltage AC Power Circuits, IEEE Std. C52.45, 1992.

[10] IEC 1312-1, Protection against Lightning Electromagnetic Impulse, Part1:General Principle,1995

◇著 者 紹 介◇

이 재 복(李在福)

1962년 8월 17일생. 1985년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 1987년~현재 한국전기연구소 전력연구단, 전기환경·송전연구그룹 선임연구원