

접지시스템의 이해 ①

글/ 이 성 우

(주)서울유일엔지니어링 실장·기술사

E-mail: Isoosl@hanmail.net

전력계통 스터디를 위해 3상 단락 전류 및 지락전류 계산에 대하여 수회에 걸쳐 살펴 보았다.

본고에서는 계통 지락전류 계산에 이어 **접지시스템의 이해**를 돕기 위해 기술적 사항을 기술하고자 한다.

필자는 수년간 전력설비 진단, 설계, 감리, 예방정비 및 컨설팅 업무를 수행하면서 경험하고 느낀 바를 토대로 전력기술인 여러분의 이해를 돕고자 하며

“모든 전력기기는 상용주파수와 상용주파 배수주파의 영향을 받는다”라고 표현하고 싶다.

또한 최근에 와서는 접지시스템에 서도 임피던스 $Z = R + j()$ 식을 인용하여 언급하고 싶다.

목 차

1. 접지시스템 임피던스 특성
 - 1.1 SRG 임피던스 변화
 - 1.2 기기 정전용량에 대한 임피던스 변화
 - 1.3 임펄스 임피던스
2. GROUNDING SYSTEM
 - 2.1 1점 접지방식
 - 2.2 2점 접지방식
 - 2.3 다점 접지방식
 - 2.4 접지 Key Point
3. 접지공사의 종류
4. 계통접지 방식
 - 4.1 변압기 2차측 제2종 접지시설
(전기설비기술기준 26, 27조 해설 및 기술적 검토)
 - 4.2 중성선과 접지 간선과의 관계
5. 맺음말

1. 접지시스템의 임피던스 특성

1.1 SRG 임피던스 변화

접지시스템 주변에서 이상상태 또는 높은 주파수 대역이 존재하면 접지 임피던스는 어떻게 변화될까?

이러한 문제에 부딪혀 고민하던 중 임피던스를 이해할 수 있는 자료를 입수할 수 있었다. 이를 쉽게 도해하면 그림 1과 같다. 그림 1과 같이 임피던스 크기는 어떤 조건에 따라 수[Ω]에서 수백[Ω]까지 변화되는 현상을 볼 수 있으며 어떤 두 점간에는 높은 전위차가 발생할 수 있다는 사실을 예측할 수 있다.

1.2 기기 정전용량에 대한 임피던스 변화

최근에 컴퓨터, 통신기기 및 각종 정보기기 등 매우 민감한 기기 또는 장치가 사용되는 경우 2점 접지가 되어 있을 경우 임피던스는 어떻게 변화될까?

만일, 그림 2와 같이 구성된 시스템에서 주파수 대역의 변화가 일어나면 다음과 같이 해석할 수 있다.

모든 기기 또는 장치는 대지간 C 성분으로 보여지며 상용주파 60Hz 일 때 임피던스는

$$X_c = \frac{1}{2\pi f c} = 0.00265 \frac{1}{c} [\Omega] \text{ 이고,}$$

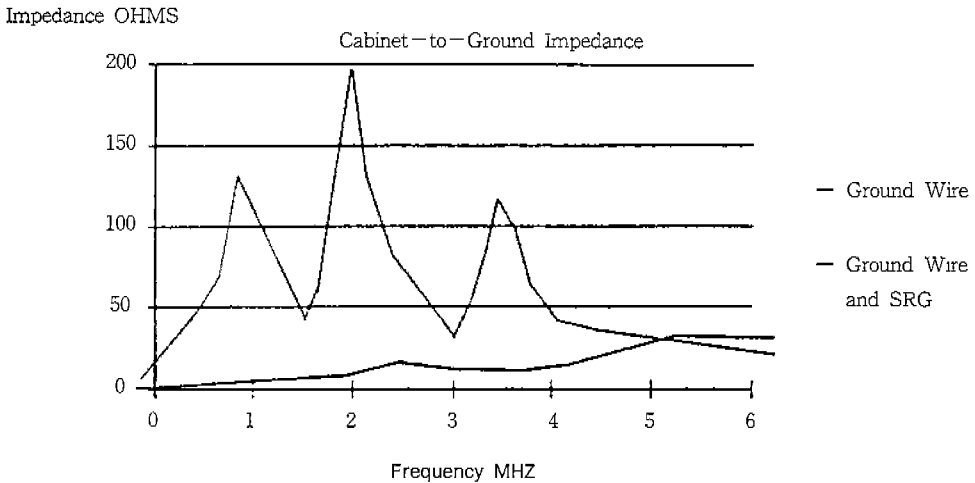


그림 1 Impedance of effective Signal Reference Grid

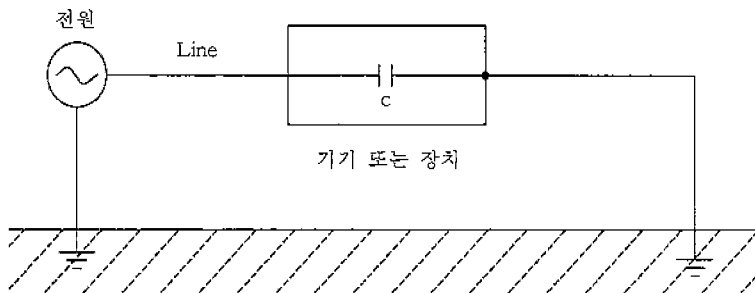


그림 2

이상상태 또는 높은 주파수 대역의 영향을 받는다면, 예를 들어 3000KHz 일 때

$$X_c = \frac{1}{2\pi f c} = 0.053 \times 10^{-6} \frac{1}{c} [\Omega]$$

이 될 것이다.

여기서, 우리는 매우 놀라운 변화가 일어나고 있음을 알 수 있다.

가령, 5만 배의 변화가 일어나지 않았다 하더라도 우리는 수백~수천 배의 변화가 일어날 수 있음을 예측할 수 있다.

이러한 현상이 순간적으로 기기 또는 장치에 영향을 줄 경우 우리는 Surge 또는 Noise의 영향을 받았다고 할 뿐 기록 또는 분석할 방법을 찾지 못하고 있는 실정이다.

이때 급준파 전류에 대한 순간 전위 상승의 비를 임펄스 임피던스 혹은 서지 임피던스라고 한다. 일반적으로 급준파 전류는 수 MHz에 이르는 고주파도 존재하므로 진행파의 개념으로 해석된다.

또한, 전류의 파형이 급준하다는 것은 시간에 대한 변화율이 크다는 의미가 되므로 예를 들어 작은 인덕턴스 성분을 만나더라도 여기서 유기되는 전압은

$$v = L \frac{di}{dt} \text{ 가 되므로 } \frac{di}{dt}$$

가 상당히 큰 값이 되므로 유기전압도 상당히 큰 값이 된다는 사실에 유의할 필요가 있다.

1.3 임펄스 임피던스

자연계의 현상중에 전력설비에 영향을 미치는 낙뢰의 침입은 급준파로써 유입 전류의 상승률이 높고, 즉 파두장이 짧다. 따라서 급준파 전류를 빠르게 대지로 방사시키는 일은 접지저항이나 접지 임피던스의 저감보다 훨씬 중요하게 된다.

2. Grounding System

접지시스템의 임피던스 특성을 이해함으로써 다음에 기술될 1점 접지, 2점 접지 및 다점 접지 방식의 개념을 도해하고자 한다.

물론, 엔지니어의 견해에 따라 다소 이해가 다를 수 있겠으나 기본 원칙을 이해하는데 도움이 될 것으로 본다.

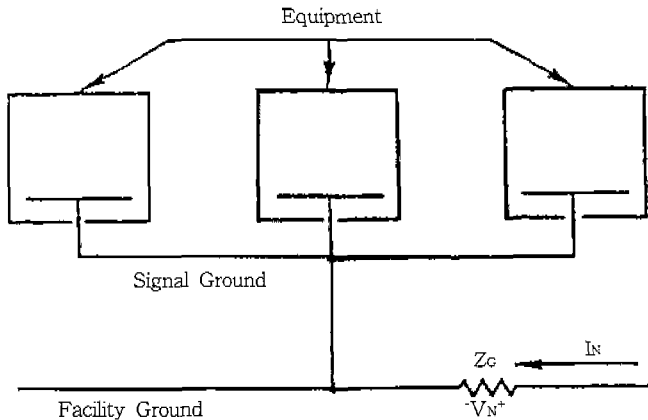


그림 3 Single Point Ground

2.1 1점 접지방식

그림 3을 살펴보면 시각에 따라서 몇 가지 의문점이 생길 수 있다.

1) 대지를 흐르는 I_N 에 의해 Grounding loops가 보여지는가?

2) 어떤 주파수 대역에서 Equal - potential이 보여지는가?

2.2 2점 접지 방식

그림 4는 기기 A와 기기 B 사이 결합으로 I_N 에 의한 Grounding loops가 보여지고 있다.

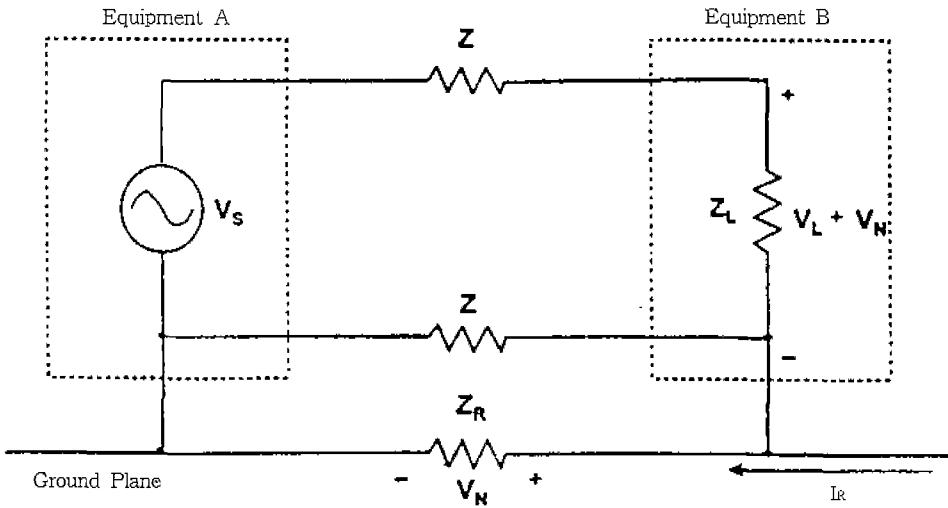


그림 4 Coupling of Extraneous Noise into Interconnecting Cables

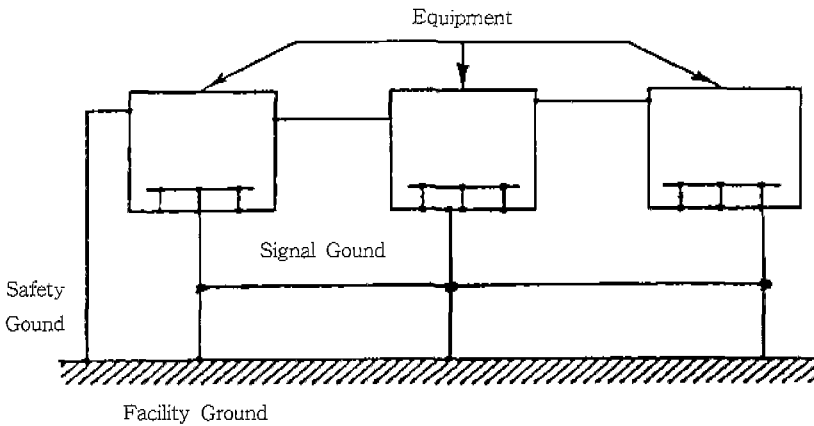


그림 5 Multi-Point Ground

여기서, $V_n = I_r Z_r$ 이 될 것이며 어떤 주파수 대역에서 Equal-Potential이 어떻게 될까?

2.3 다점 접지 방식

그림 5를 이해하는데 필자는 다음 수식을 인용하고자 한다.

- Conductor Length < 0.1 λ
- $L \ll \lambda = \frac{V}{F}$

여기서, L = 전송선로의 길이[m]

λ = 노이즈 파장[m]

V = 노이즈 전파속도[m/sec]

F = 노이즈 주파수[Hz]

따라서, Noise 주파수 영역이 1 MHz 일 때와 10 MHz 일 때의 파장을 비교하여 보면,

$$a. \lambda = \frac{V}{F} = \frac{3 \times 10^8}{1 \times 10^6} = 300[m]$$

$$b. \lambda = \frac{V}{F} = \frac{3 \times 10^8}{10 \times 10^6} = 30[m]$$

일 것이다.

이제, 다점접지 방식의 경우

Conductor Length < 0.1 λ 값을 요구하고 있으므로 주파수 대역이 1MHz 일 때는 $0.1 \times 300 = 30[m]$ 이하 주파수 대역이 10MHz 일 때는 $0.1 \times 30 = 3[m]$ 이하를 만족하여야 하므로, 주파수 대역에 따라 Noise 영향을 받지 않기 위해서는 Conductor Length를 무시할 수 없게 된다는 사실을 알게 된다.

2.4 접지 Key Point

이러한 관점에서 접지 System을 이해하고자 하며, 사실 지금까지 접지에 대하여는 수치적 해석이 곤란하고, 실증실험에 의존할 수밖에 없으므로 대다수 기술자들은 접지가 어렵고 정설이 없다고 한다.

하지만 실제로 현장에서 일어나는 기기 또

는 장치의 에러, 소손 등의 사례를 보면

- 접지 Loops 형성
- 전력선과의 간섭
- 수 ~ 수십 개소 접속점 형성
- 접지선 길이
- 접지부동
- 중성선과 접지선 혼용
- 순환전류 발생
- 변압기 중성점 이동(Δ-Y 방식을 비접지로 할 경우)
- 피뢰설비와 간섭

등의 다양한 원인이 제공되고 있음을 볼 수 있다.

이런 주변환경에 놓여지는 기기 또는 장치는 어떻게 될까?

따라서, 접지 Key Point 를 요약하면 다음과 같다.

- 공통 임피던스의 최소화
- 접지저항값은 수Ω 이하가 바람직함

∴ 접지선의 직류저항이 수[mΩ]인 것이 라도 1 ~ 10 (MHz)에서의 고주파 임피던스는 수백[Ω] ~ 수천[Ω] 이 되기 때문임!

(향후 기술변화를 고려한다면 1Ω 이하가 바람직하지 않을까?)

- 접지선은 최대한 짧고, 굵기를 고려한다
- 접지 Loops를 최소화
- 주파수 1 MHz 영역 이하에서는 1점 병렬 접지가 바람직함

3. 접지공사의 종류

전술한 내용은 접지시스템의 임피던스 특성과 Grounding System을 이해하므로써 이후 기술될 접지 시스템의 흐름을 이해하고자 했다. 여기서는 접지공사의 종류를 전기설비기술기준에 근거하여



표 1 접지공사의 종류

구분	종류	접지목적	전기설비기술기준
기기 접지	1종 접지	감전방지를 위하여 고압, 특고기기 외함에 접지	33조
	3종 접지	감전방지를 위하여 저압 400V미만 기기 외함에 접지	36조
	특별3종접지	감전방지를 위하여 저압 400V이상 기기 외함에 접지	36조
계 통 접 지	2종 접지	특·고압/저압 변압기 혼촉시 저압측의 대지전위 상승을 억제하기 위하여 변압기 2차측 전로를 접지	26조
	중성점접지	대지전압의 강하	26조
		1선지락시 건전상 전위상승 억제 및 보호장치의 확실한 동작을 위하여 변압기 중성점을 접지	30조
	다종 접지		150조
	인입구접지	저압전로에 침입하는 뇌격이나 고저압 혼촉으로 인한 이상 전압의 침입을 억제하기 위하여 2종 접지측 전선에 추가접지	25조
	변성기 2차 접지	계기용 변성기의 고저압 혼촉에 의한 위험방지를 위하여	29조
		2차측 전로를 접지	
	저압변성기 2차 접지	제어회로용 변압기(440/110V 등)의 보호장치 동작을 위하여	15조 7호
2차측 전로를 접지			
전기철도 접지	전로의 일부를 사용하는 전로 접지	15조 8호	
기타	피뢰기 접지	뇌서지의 대지 방류 및 방류시 전압상승 억제를 위하여 접지	47조
	기능 접지	전력선 반송용 결합리액터 X선 발생 장치 등	15조 8호

상호관계를 살펴 보고자 한다.

필자는 전기설비기술기준에 의한 접지공사의 종류별 분류를 놓고 고민하지 않을 수 없다.

접지는 전력계통의 조건, 주변환경의 영향, 부하 특성 등에 따라 변수가 달라질 수 있으며,

- ① 빌딩의 오토메이션화 및 인텔리전트화
- ② 방송국, 통신 기지국, 통신 교환국사
- ③ 반도체 공장
- ④ 병원설비
- ⑤ Plant 설비

등에 따라서 접지공사는 용이하지 않음을 경험할 수 있었다. 따라서, 최근의 접지기술 동향을 소

개하면 다음과 같다.

- ① 환경성 및 안전성 향상
- ② IEC에서는 접지시스템과 밀접한 관계가 있는 등전위 본딩을 강조하고 있으며 그 범위를 확대하고 있음
- ③ 전위차 최소화를 위해 상호 본딩 (미국 NEC 250-46)
- ④ 빌딩내의 접지간선 계통은 통합, 인프라화 되어 접지수요에 신속한 대응
- ⑤ 임펄스 임피던스 저감 (침상봉 또는 XIT 접지극)

이제 NEC 규정의 접지시스템 연결 방법을 살펴

보기로 하자.

통합, 인프라화 됨을 볼 수 있다.

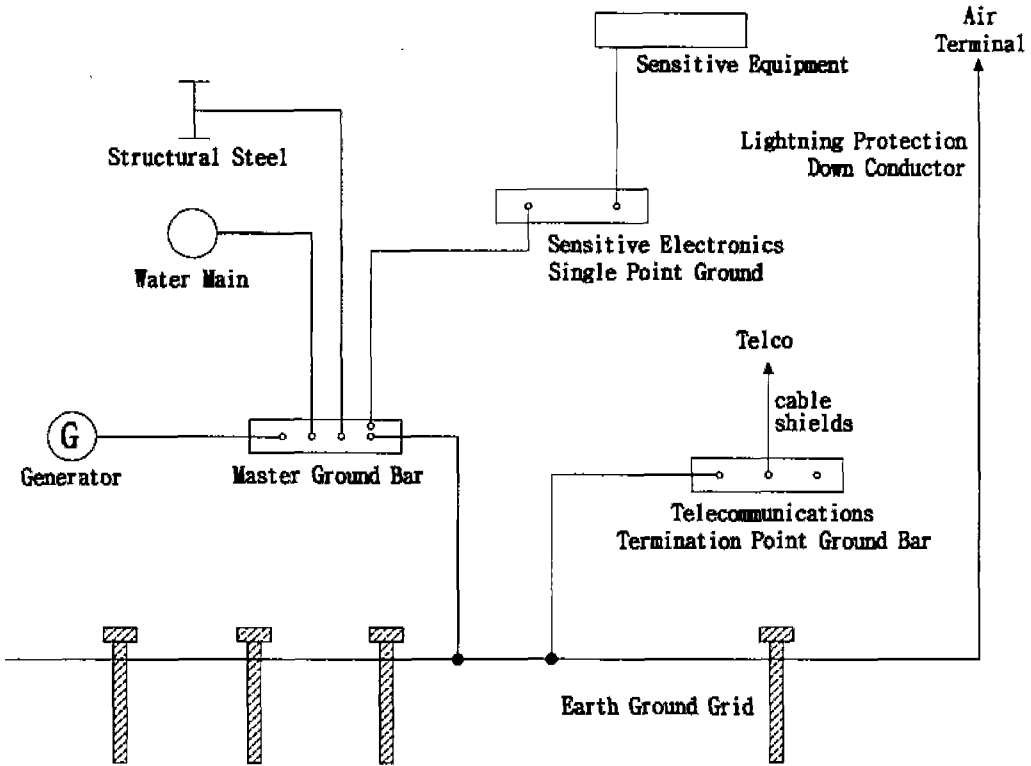


그림 6 Common Grounding

우 리는 흔히 전력계통 구성, 전압강압 방식, 접지방식, 고장전류계산, 보호협조 등을 개별로 이해하려는 경향이 있다.

특히, 기본설계와 진단 업무 또는 감리 업무에 있어서 이와 같은 Software를 무시하려는 우려를 범하고 있다.

물론, Field에서의 Hardware(기기시험, 예방정비)도 병행되어 이루어져야 함은 매우 중요한 사실이다.

☉ 다음호에 계속 됩니다