

접지시스템의 이해 ②

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 이해를 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 접지시스템에서도 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

4. 계통접지 방식

계통접지 방식의 기술적 사항은 2 ~ 3월호 고장전류 계산편을 참조하기 바람이며 여기에서는 저압계통의 변압기 2차측 중성점 또는 1단자 접지 방식을 해설하고자 한다.

4.1 변압기 2차측 제2종 접지시설

1) 전기설비기술기준 26, 27조 해설

고압 또는 특고압과 저압을 결합한 변압기 저압측의 중성점에는 고저압의 혼축에 의한 위험을 예방하기 위하여 제2종 접지공사를 한다. 300[V]이하의 것은 저압측의 1단자를 접지할 수 있다.

(제24조) 300[V]를 넘는 변압기는 1단자의 접지가 되지 아니하므로 반드시 Y결선으로 하여 중성점을 만들어야 한다. 그러나, 혼축 방지판을 써서 저압측을 비접지로 하는 경우는 Δ 결선도 된다. 300[V]를 넘는 회로는 중성점을 접지하여 대지전압을 $1/\sqrt{3}$ 하여 보안상 유리하게 하자는 뜻도 있고, 또한 1단자를 접지하면 대지정전용량에 의하여 영상전류가 흐르게 되어 상시 고장상태로 될 우려가 있기 때문이다. 이와 같이 저압에 있어서 300[V]이하의 정전용량을 무시하여도 되나 300[V]를 넘으면 반드시 정전용량을 고려한 전기설비기술기준으로 되어야 한다. 이와 같이 저압측은 제2종 접지를 하였으므로 접지식 회로가 되는 것이다. 공장에 따라서는 저압을 비접지로 하는 것이 유리한 경우가 있으므로 고압 또는 특고압과 저압의 권선 사이에 혼축방지판을 마련하여 이것을 제2종 접지 하면 저압측을 비접지식으로 사용할 수 있는 것이다.

2) 기술적 검토

여기서, 제2종 접지공사 방법에 대하여 그림 7을 주의하여 볼 것을 권하며 정전용량에

의한 고려사항을 검토하여 보고자 한다.

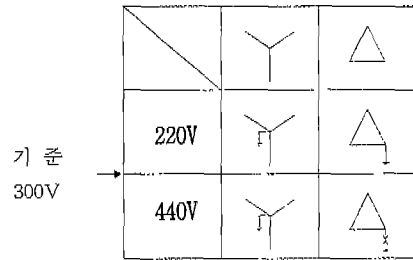


그림 7 제2종 접지공사방법

① Δ 결선의 경우

가. 440V- Δ 1선 지락전류

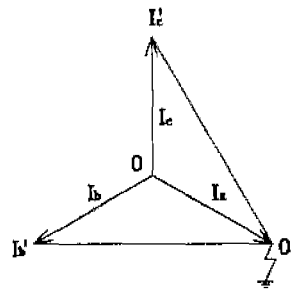
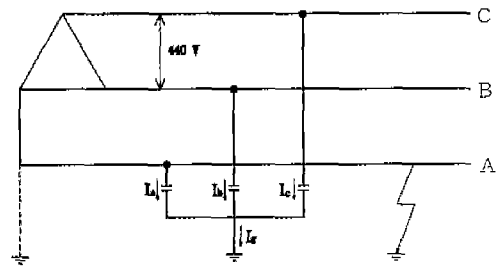


그림 8 A상 1선 지락시

A상 1선 지락사고가 발생하면 그림 8과 같이 중성점이 이동되어 건전상의 대지전위는 $\sqrt{3}$ 배가 된다. 따라서

$$I_b = I_c = 2\pi f c E$$

$$= 2\pi \times 60 \times 1 \times 10^{-6} \times 440$$

$$= 165.9[\text{mA}]$$

이때 $|I_g| = |I_b + I_c|$ 또는

$$I_g = 3 I_o \quad (3 \times 95.8) = \sqrt{3} \times 165.9$$

$$= 287.4[\text{mA}]$$

즉, 440V- Δ 결선에서 1선 접지는 1선 지락과 같은 효과로 지락성 불평형 전류 287.4[mA]정도가 계통에 흘러 다니게 된다.

이 전류의 크기는 인체 치사 전류를 100 [mA]정도로 볼 때 안전적인 측면에서도 위험한 전류치가 아닌가 생각된다.

따라서, 440V- Δ 결선에서는 변압기 2차측을 비접지로 사용하여야 하며 비접지 방식의 지락보호 시스템을 구성하고 1, 2차 권선 사이에 혼촉방지판을 설치하게 된다.

나. 440V- Δ 평형 상태의 전류

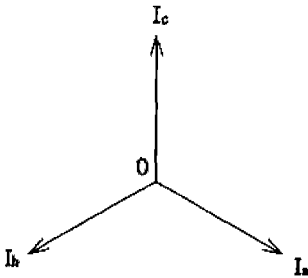
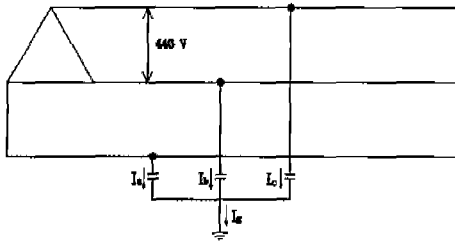


그림 9

건전 상태일 때는

$$I_a = I_b = I_c = 2\pi f c E$$

$$= 2\pi \times 60 \times 1 \times 10^{-6} \times \frac{440}{\sqrt{3}}$$

$$= 95.8[\text{mA}] \text{ 이며}$$

3상 합성전류

$$|I_g| = |I_a + I_b + I_c| = 0 \text{ 이 된다.}$$

다. 220V- Δ 결선

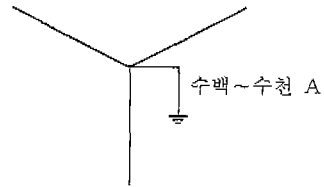
220V- Δ 결선의 경우에는 ①, ②와 같이 검토하여 볼 때 지락전류 크기, 보호 목적 등을 고려하면 2차측 1단자를 접지 하는 것이 기술적인 측면에서 유리할 것이다.

② Y 결선의 경우

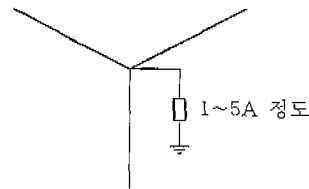
가. 440-254V 또는 380-220V

300V를 넘는 변압기는 1단자의 접지가 되지 않으므로 반드시 Y결선으로 하여 중성점을 만들어야 한다.

이 경우 접지방식은 직접접지 또는 고저항 접지방식을 고려할 수 있다.



(직접접지방식)



(고저항접지방식)

그림 10 변압기 2차측 중성점 접지방식

여기서 주의할 것은 22.9kV-Y로 수전 받는 수용가의 경우는 다중접지 계통을 고려할 때 직접접지 방식이 적합할 것으로

판단되며 구내 배전계통이 있는 대용량 수용가에서는 부하설비의 중요성을 감안하여 지락전류를 제한할지 여부를 검토하여야 한다. 또한, 고저항 접지방식을 채택하는 경우에는 1, 2차 권선 사이에 혼축방지판을 설치하여 사용하도록 한다.



*** 필자의 현장 경험 사례**

기존설비 22.9kV-Y/3.3kV-Δ(비접지)/저압(직접접지 또는 비접지)계통에 대하여 154kV 계통으로 변경되면서 154kV/22.9kV-Y(저항접지), 22.9kV/3.3kV-Y(저항접지)/저압(직접접지, 비접지 또는 고저항접지)방식을 적용한 사례가 있다.

이 경우는 근본적으로 기존설비 3.3kV-Δ 비접지계통의 영상전압 감도저하를 초래하여 불가피하게 기존 배전반 판넬까지 개·보수한 예가 있다.

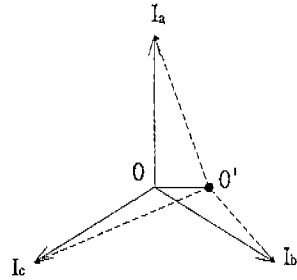


그림 11 중성점 이동현상

이러한 경우 건전 상태에서는 운전이 가능할 수 있으나 1선 지락사고가 발생하면 그림 11과 같이 중성점이 이동되어 이상전압이 나타나게 된다. 이러한 시스템은 지락전류 검출이 용이하지 못하며 이상전압에 의해 부하측 기기에 영향을 주게 된다.

따라서, Y결선 방식에서는 중성점 접지방식을 채택해야 할 것이다.

비접지 방식 또는 지락전류를 제한 할 필요가 있는 경우는 Δ 또는 Y(저항접지) 방식을 고려하면 좋을 것이다.

4. 2 중성선과 접지 간선과의 관계

- 1) Typical Power System with Conventional Ground and Standard(그림 12)

나. Y결선의 중성점을 접지하지 않는 경우

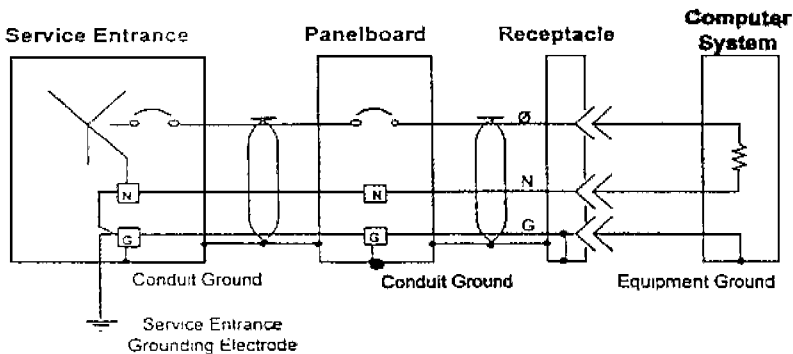


그림 12 Grounding System (a)

그림 12의 경우는 중성선(N)과 접지간선(G) 접속점이 반드시 1개소 이어야 함

2) Proper Neutral to Ground Bond

그림 13은 절연변압기가 설치된 경우이며 절연변압기 2차측에서 N-G Bonding이 가능함

5. 맺음말

서두에서 “모든 전력기기는 상용주파수와 상용주파 배수주파의 영향을 받는다” 라고 표현한 바 있다.

전력 계통을 이해하는데 중요한 특성이 아닌가 생각되며, 임피던스의 개념이 접지시스템에서도 고려되어야 하는 이유가 부족하나마 현장감 있게 설명 된 것 같다. 접지 시스템을 이해하는데 조금이나마 도움이 되길 바라며 접지 설계시 고려사항을 첨언하고 싶다.

1) 접지전극의 설계 (한전 전력연구원 임펄스 임피던스 저감 대책 참고)

- ① 정상전류 : 접지망, 대지 고유저항율과 밀접관계
- ② 고주파 영역 전류 : 대지의 유전율과 밀접
- ③ 저주파 영역 전류 : 대지의 유전율과 관계

깊음

④ 뇌 임펄스 전류 : 방전이 용이한 접지극

2) 접지시스템 설계

- ① 교류에 대응 : 상용주파 접지저항
- ② 고주파에 대응 : 고주파 접지 임피던스
- ③ 저주파에 대응 : 저주파 접지 임피던스
- ④ 뇌 서지에 대응 : 임펄스 임피던스
- ⑤ EMC에 대응 : 전자파의 영향 검토

필자는 접지 System에 대하여 접지 계(系)라 하고싶다. 그 이유는 주파수의 영향을 받으며, 특정 장소에서 접지수요에 신속하게 대응하기 위하여 통합, 인프리카화 되기 때문이다. 이제, 접지저항값은 주변환경 등 제반조건을 고려하여 최대한 저감시킬 필요성이 요구된다.

∴ 3월호 협회지 내용중 오자를 바로잡습니다

p38 $I_a = I_c \Rightarrow I_b = I_c$

p43 $30.2(V) \Rightarrow 391(V)$

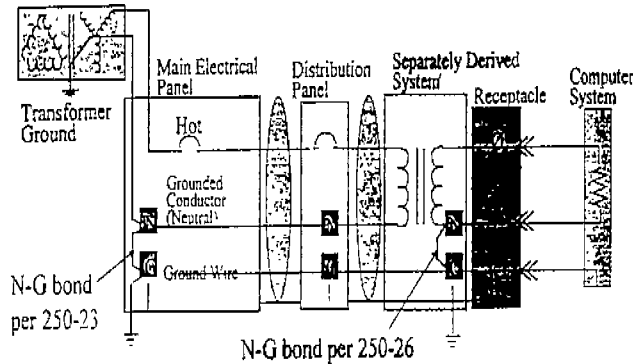


그림 13 Grounding System (b)