수변전설비의 최적관리와 트러블 대책⑧

자료제공 : 교육훈련팀 ☎ 02)875-6525

목 차

제1장 수변전설비의 점검포인트

제2장 전기설비 운용실태 및 대책

1. 개요
2. 지락 보호 방식
3. 보호 협조
4. 전동기 보호방식
5. 접지방식 및 Surge 보호
6. 고조파 및 Noise 대책

제3장 자동화설비 Surge 및 Noise

1. 개요
2. 써지 및 노이즈
3. 뇌 써-지 대책
4. 노이즈 대책
5. 써-지 및 노이즈 대책 실시 사례
6. 결론

4.2 노이즈 컷 트랜스

가. 실드 트랜스

실드 트랜스(Electrostatic Shielded Transformer)는 절연 트랜스의 1차 코일과 2차 코일간에 정전차폐판(실드)을 설치하고, 1차, 2차간의 결합 스트레이 커패시턴스를 작게 한 트랜스이다.

(1) 노멀 모드 방지

트랜스에는 본래 전자유도작용(1차도체 전류의 변화에 따라서 생긴 자속 변화가 그것과 쇄교하고 있는 2차도체에서 2차전압을 유기하는 작용)이 있기 때문에 그림 3-11과 같이 고주파 노이즈의 노멀 모드 성분은 정전차폐판이 있어도 2차측에 유도한다.

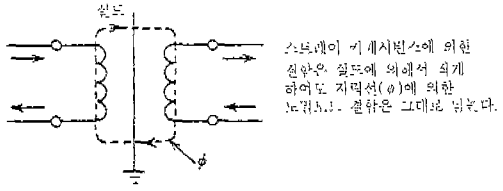


그림 3-11 실드 트랜스의 자기결합

(2) 커먼 모드도 충분한 효과 얻지 못함

더욱이 커먼 모드 성분도 그림 3-12에 나타냈듯이 코일의 양끝에서 본 임피던스의 불평형에 의해서 불균형이 생기고, 그 차의 성분(Iu-Iv)이 유도하여 변성되고 2차측에 노멀 모드 노이즈로 되어 발생한다. 즉, 노멀 모드 노이즈를 방지하지 못하는 실드 트랜스에서는 커먼 모드 노이즈에 있

어서도 충분한 효과를 얻을 수가 없었고, 따라서 고주파 노이즈 방지소자로서는 불충분하게 된다.

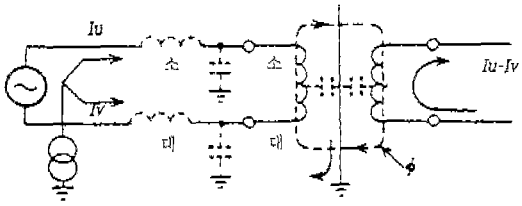


그림 3-12 커먼 모드 노이즈에 대한 실드 트랜스의 작용

라인 임피던스나 권선의 임피던스의 언밸런스에 의해서 커먼 모드 노이즈가 노멀 모드 노이즈로 변환되고 만다.

나. 노이즈 컷 트랜스

일반 절연트랜스는 1차, 2차 코일간의 부유용량이 수백~수천 pF 이기 때문에 용량결합에 의해 고주파 노이즈는 2차측에 전달된다. 실드 트랜스는 코일간에 차폐판을 설치하고 정전 실드를 하고 있기 때문에 저주파 코먼 모드 노이즈의 전파를 방지하는 기능을 갖지만 노멀 모드 노이즈에 대해서는 본래의 전자 유도작용에 의해 2차측에 전파한다.

노멀 모드, 코먼 모드 노이즈의 2차측으로의 전파를 방지하는 것을 목적으로 한 것에 노이즈 컷 트랜스가 있다. 절연트랜스의 구조를 기본으로 하여 코일 및 트랜스 와주에 다중 전자차폐판을 설치하는 동시에 고주파 노이즈의 자속이 쇄교하지 않도록 코어와 코일 재질, 형상에 대한 연구를 한 것이다.

즉, 1차 코일의 자속 중 필요한 기본파에 가까운 저주파 자속만을 2차 코일에 쇄교시켜, 이에 의해 높은 주파수의 자속은 전부 소실시키거나, 2차측에 쇄교시키지 않고, 1차측 전기세력 중의 기본파만을 유도 재생시키려는 것이다. 이것에 추가해서 노이즈 컷 트랜스는 반드시 1차와 2차간의 전자차폐로 격리시켜 양 코일간의 정전용량 결합에 의한 노이즈 전달을 방지한다.

노이즈 컷 트랜스(Noise Cut Transformer) 그림 3-13은 특성이 쌍방향으로 효과가 있기 때문에 노이즈를 발생하는 장치에 부착, 외부에 노이즈를 내지 않는 대책으로 사용하는 일도 가능하지만, 전원측에서 장치에 침입해 오는 라인 노이즈도 동시에 방지할 수 있기 때문에 이 장치가 외부에서 거꾸로 받는 노이즈 장해에도 도움이 된다.

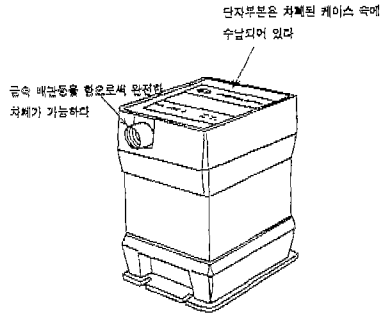


그림 3-13 노이즈 컷 트랜스

따라서 전원선에 노이즈 컷 트랜스를 장착하고 라인 노이즈를 차단하면 제어전원에서 발생하고 있던 노이즈를 감쇄시킬 수 있다는 것을 알 수 있다.

그림 3-14는 절연 트랜스, 실드 트랜스, 노이즈 컷 트랜스의 노이즈 방지효과를 나타낸 것이다.

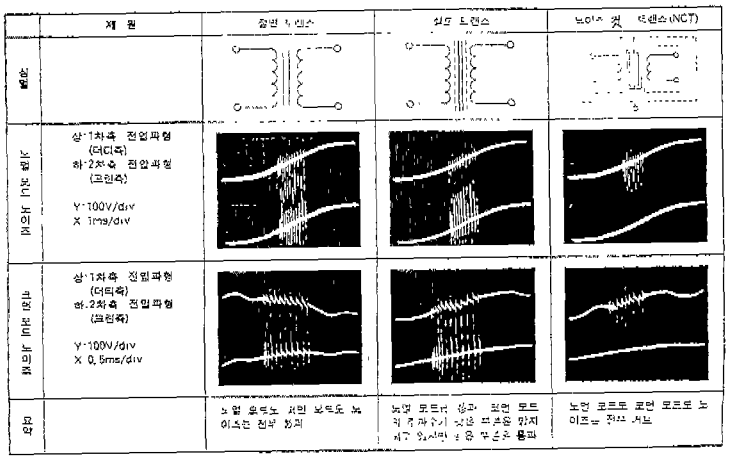


그림 3-14 절연 트랜스, 실드 트랜스, 노이즈 컷 트랜스의 상호 비교

4.3 LC필터

메이커 측 제품속에 LC필터가 원래 내장되어 있을 때 대책을 세우는 과정에서 새로이 LC필터를 추가한 것은 그림 3-15와 같이 2개의 필터를 직렬로 접속하게 된다(캐스케이드 접속). 이와 같이 복수의 LC필터가 조합되는 회로에서는 효과적으로 각각의 상수가 합성된, 전혀 다른 필터가 생기며 노이즈 방지대책이 크게 바뀐다.

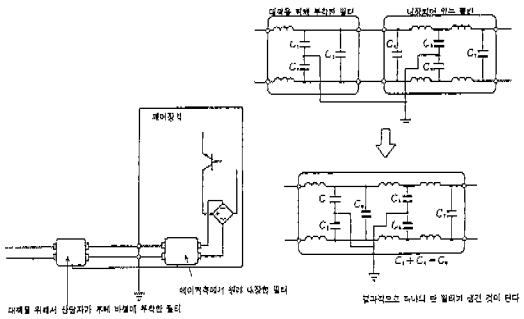


그림 3-15 필터를 기기 바깥에 부착한 때의 합성

또한 그림 3-16과 같이 LC필터를 외부 부착할 때 도전부가 노출되어 있으면 전원에서 누설되는 노이즈가 전원단자와 LC필터 단자간에 복사되어 버려 효과를 얻지 못하는 경우가 있다(그림 3-17, 3-18 참조). 즉, 부득이 이 노이즈 방지소자를 기기 외부에 부착하여 대책을 세우는 경우에는 동시에 복사 노이즈 대책(차폐 등)도 병용하면 실패가 적어진다.

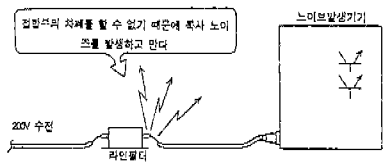


그림 3-16 기기 내장용 필터를 외부에 부착하여 사용하는 경우의 문제점

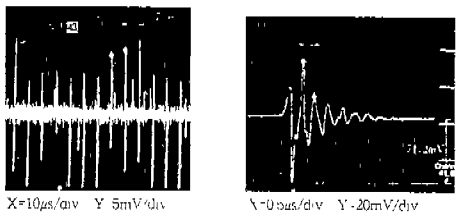


그림 3-17 복사노이즈의 예 그림 3-18 (그림 3-17)의 확대

4.4 접 지

가. 접지저항의 평가

접지저항의 평가는 접지 전극에서 본 접지저항의 값을 측정하여 이 값이 낮을수록 좋은 접지라고 되어 있다. 그리고 접지저항의 측정은 수 10~100Hz의 저주파교류를 전원으로 사용하여 측정되고 있다. 즉, 이 측정법에서 얻어진 접지저항의 값은 비교적 낮은 주파수대의 전류(사용전원의 기본파인 50Hz/60Hz, 혹은 그것들의 고조파정도)가 접지전극에 흐른 경우의 저항값(임피던스)과는 결코 일치하지 않는다(그림 3-19 참조).

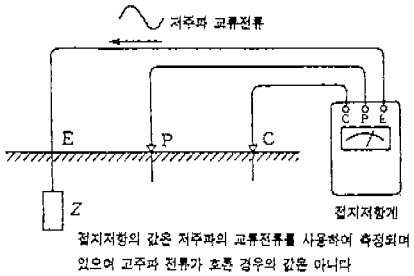


그림 3-19 접지저항의 측정

나. 표피효과

노이즈는 고주파이기 때문에 표피효과가 강하고 주파수가 높은 전류는 접지선의 단면 전체에는 흐르지 않고 접지선 표면 부근에만 흐를 수 있다(그림 3-20 참조).

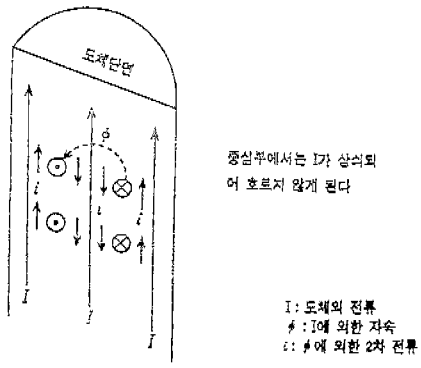


그림 3-20 도체 내를 흐르는 전류의 표피효과

다. 접지선의 임피던스

빌딩의 고층화나 공장의 대형화에 수반하여 접지선이 길어지면 고주파전류에 대해서는 접지선의 임피던스도 문제가 된다. 이것은 접지선이 길어질수록 동선이 갖는 도체 저항이 증가할 뿐만 아니라 인덕턴스도 증가(인덕턴스는 노이즈의 주파수에 비례하여 임피던스가 높아진다)하기 때문에 고주파전류에 대하여 접지선에 전위차가 생기기 쉬우며 좋은 접지라고 할 수 없다(그림 3-21 참조).

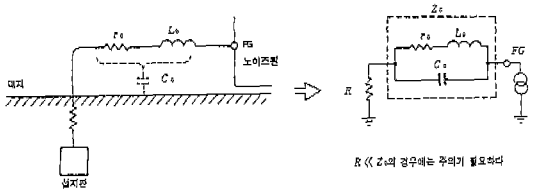


그림 3-21 고주파 노이즈에 대한 접지선의 등가회로

라. 그라운드 루프

같은 제어계에 속하는 복수의 시스템이 동일한 접지단자를 공유하여 접지되고 그것들의 시스템이 다시 금속 동체나 도전성의 구조체를 통하여 도통하는 경우에는 접지선에 의해서 큰 라운드 루프가 형성되고 말아서 노이즈를 일으킬 우려가 있다(그림 3-22 참조).

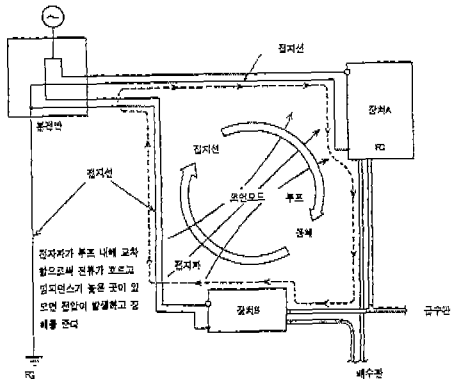


그림 3-22 접지선에 Common Mode 루프의 발생

5. 써-지 및 노이즈 대책 실시 사례

5.1 그라운드 루프 형성으로 노이즈 발생

가. 트러블 개요

그림 3-23은 생산현장의 자동화 시스템에서 발생한 노이즈 장해 사례로서, 공장동에 설치된 PLC와 약 150m 떨어진 COP 컴퓨터와의 사이에 트러블이 발생함

나. 원 인

제어전원은 무정전 전원장치(UPS)에서 공급되고 있는데, 이 전원선의 2선과 시스템 공통의 접지선(어스 그라운드선)간에 큰 루프(그라운드 루프라고 함)가 생기며 이것이 루프 안테나가 되어 이것에 병행하여 공중에 가설된 신호 케이블에 자체 동작시의 코먼 모드 노이즈가 유도되어 장해를 주고 있는 것이 판명됨

다. 대 책

노이즈 컷 트랜스를 그림 3-23과 같이 삽입하고 송신 안테나로 되어 있는 그라운드 루프를 끊어(아이솔레노이드) 장해를 해결함. 이것은 아이솔레노이드형의 방지부품이 아니면 해결할 수 없는 사례로서 절연트랜스를 삽입해도 장해를 방지할 수가 없었던 것이다.

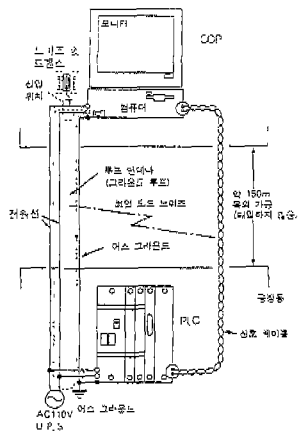


그림 3-23 노이즈 컷 트랜스 설치로 아이솔레노이드 및 그라운드 루프 제거

5.2 범용 인버터(PWM 방식)에서 전원계통으로 노이즈 누설

가. 개 요

① 모터의 회전이 가장 저회전일 때와 가장 고회전일 때는 노이즈가 발생하는 빈도가 낮고 30~70% 회전시가 가장 노이즈 발생빈도가 높아지는 경향을 볼 수 있음(그림 3-24 참조).

② 100kHz 전후의 감쇠진동 파형이 측정됨

③ 운전중에는 노이즈가 연속해서 발생

나. 대 책

노이즈 컷 트랜스 설치로 전원선에 노이즈가 누설되는 것을 방지함

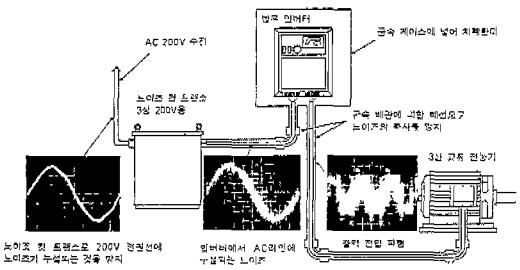


그림 3-24 범용 인버터의 노이즈 발생 대책

5.3 인버터 설치후 누전차단기 오동작

가. 트러블 개요

신규로 인버터를 설치했는데 인버터를 운전하면 그림 3-25와 같이 인버터를 사용하고 있지 않은 B회로의 누전차단기(ELB2)가 동작하였다. B회로의 누설전류를 조사한 바 통상적으로는 2mA 밖에 흐르지 않지만 인버터를 운전하면 고주파를 포함한 누설전류가 25mA나 흘러 이 전류에 의해 누전차단기가 동작한 것이었다(정격 감도전류 30mA의 경우 15~30mA로 동작).

나. 원 인

인버터는 높은 스위칭 주파수에 의한 파형 제어를 하기 때문에 특히 인버터의 부하측 누설전류에 고주파성분이 많이 포함되어 있어 그림 3-26과 같이 인버터 운전시의 주파수 3-10kHz 정도(캐리어 주파수)를 중심으로 수 100kHz 이상의 고주파 누설전류가 관측되는 경우가 있다.

그림 3-25에서 인버터의 필터 회로(C1)를 거친 누설전류(Ig_1)와 선로 대지간의 정전용량(C_2)를 거친 누설전류(Ig_2)가 흘러 이 누설전류(Ig_1과 Ig_2)와 접지저항(R_2)에 의해 대지간에 전압(Eg)이 발생한다. 이 전압(Eg)에 의해 인버터를 사용하고 있지 않은 B회로에는 선로와 대지간의 정전용량(C_3)을 거쳐 누선전류(Ig_3)가 흐른다. 이 고주파 누설전류(Ig_3)로 누전차단기(ELB_2)가 오동작하는 것이다.

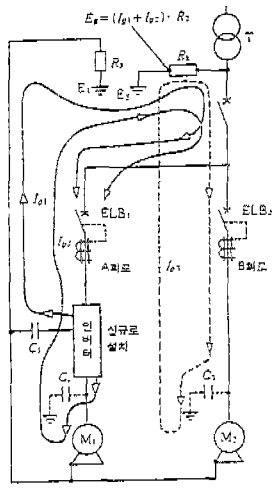


그림 3-25 인버터 설치 개요도

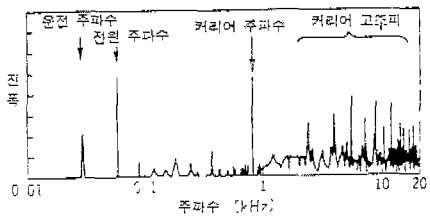


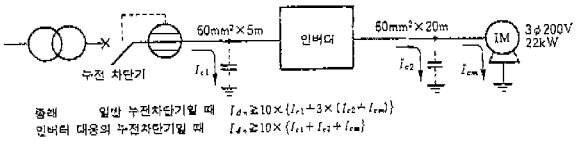
그림 3-26 인버터 누설전류의 스펙트럼

다. 대 책

부하에 인버터가 있는 경우에는 Ig_1, Ig_2에 의한 오동작을 방지하기 위해 누전차단기의 정격 감도

전류를 일반부하 경우의 3배 정도의 둔한 것으로 선정하거나, 고조파나 고주파에 대한 대책을 강구한 누전차단기를 선정하는 것이 바람직하다.

참고로 그림 3-27은 일반 누전차단기와 인버터 대응 누전차단기의 정격감도전류 선정 예를 나타낸 것이다.



주) CV케이블 60mm² 사용시의 대지 누설전류는 금속관 배선일 때 64mA/km

구 분	전선의 대지 정전용량을 고려한 경우(200V)	
	인버터 대응의 누전차단기의 경우	상용부하의 일반 누전차단기의 경우
1선 대지 누설전류 I_{c1}	$64[mA] \times \frac{5[m]}{1000[m]} = 0.32[mA]$	$64[mA] \times \frac{5[m]}{1000[m]} = 0.32[mA]$
2선 대지 누설전류 I_{c2}	$64[mA] \times \frac{20[m]}{1000[m]} = 1.28[mA]$	$64[mA] \times \frac{20[m]}{1000[m]} = 1.28[mA]$
모터 정전용량에 의한 누설전류 I_{cm}	0.72mA	0.72mA
전지감도전류 $I_{\Delta n}$	$I_{\Delta n} \geq 10 \times (I_{c1} + I_{c2} + I_{cm})$ $= 10 \times (0.32 + 1.28 + 0.72)$ $= 23.2[mA]$ ↓ 30mA를 선정	$I_{\Delta n} \geq 10\{I_{c1} + 3 \times (I_{c2} + I_{cm})\}$ $= 10 \times [0.32 + 3 \times (1.28 + 0.72)]$ $= 63.2[mA]$ ↓ 100mA를 선정

그림 3-27 누전차단기의 정격감도 선정 예

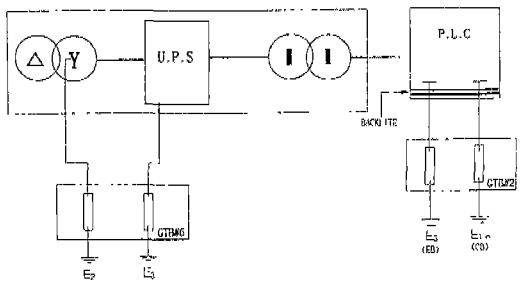
5.4 써-지 및 노이즈 대책 사례(A 사)

가. 개 요

인버터 System 등 자동화설비의 오동작 및 제어 불안정, 기판 소손 등이 발생하고, 전원공급용 UPS와 PLC간의 접지전위차 발생으로 순환전류가 흐름

나. UPS System

(1) 접지계통 구성도



E_2=FOR NEUTRAL POINTS OF TR
E_3=FOR GENERAL EQUIPMENT
E_{1-d}=FOR NOISE PREVENTION OF GENERAL EQUIPMENT
CB=CONTROL BASE
EB=ELECTRICAL BASE
E_{1-e}=FOR NOISE PREVENTION OF INSTRUMENT

그림 3-28

(2) 문제점

① 다점접지에 의한 전위차 발생 :
순환전류가 흘러 노이즈 발생원인이 됨
- UPS 중성점과 Farme
- PLC, CB와 EB

② Ground Cable 장포설(약 300m) :
선로 임피던스 문제로 대지유실전 소자에 Damage

(3) 대 책

① UPS와 PLC 간의 전위차가 발생하지 않도록 접지 Common

② 현 #CTB2 → #GTB6 E3 소자에서 인출 일점접지 실시(위치변경)

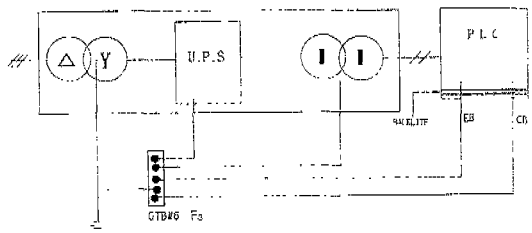


그림 3-29

다음호에 계속됩니다