

자동화설비의 Surge 및 Noise 대책 (II) (생산 현장의 사례를 중심으로)

유 상 봉 <용인송담대학 전기설비과 교수/발송배전·건축전기설비·전기응용·전기안전·소방설비 기술사>

1. 서 론
2. 서지 및 노이즈의 개요
3. 뇌서지 대책
4. 노이즈 대책
5. 서지 및 노이즈 대책 실시사례
<전호에 이어 계속>

5. 서지 및 노이즈 대책 실시 사례

5.1 그라운드 루프 형성으로 노이즈 발생

(1) 트러블 개요

그림 23은 생산현장의 자동화 시스템에서 발생한 노이즈 장애사례로서, 공장동에 설치된 PLC와 약 150[m] 떨어진 COP 컴퓨터와의 사이에 트러블이 발생함.

(2) 원인

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 장애를 주고 있는 것이 판명됨.

(3) 대책

노이즈 컷 트랜스를 그림 23과 같이 삽입하고 송신 안테나로 되어 있는 그라운드 루프를 끊어(아이

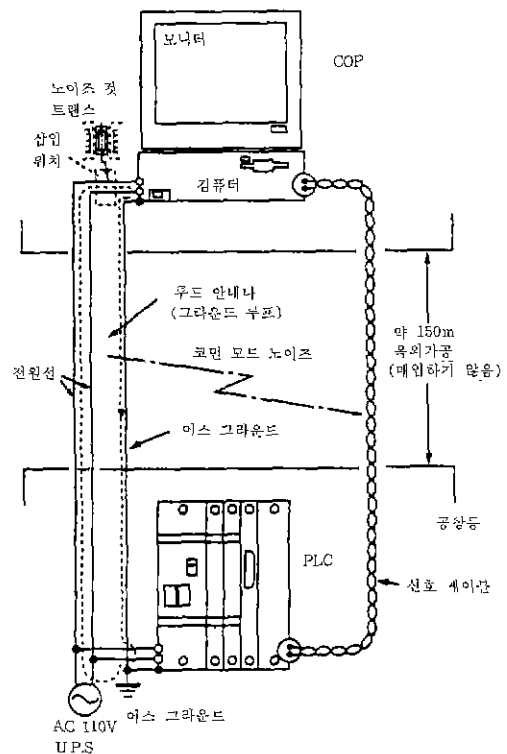


그림 23. 노이즈 컷 트랜스 설치로 아이슬레노이드 및 그라운드 루프 제거

슬레노이드), 장애를 해결함.

이것은 아이슬레노이드형의 방지부품이 아니면 해결할 수 없는 사례로써 절연 트랜스를 삽입해도 장애를 방지할 수가 없었던 것이다.

5.2 범용 인버터(PWM 방식)에서 전원계통으로 노이즈 누설

(1) 개요

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

- 100[kHz] 전후의 감쇠진동 파형이 측정됨
- 운전중에는 노이즈가 연속해서 발생

(2) 대책

노이즈 컷 트랜스 설치로 전원선에 노이즈가 누설되는 것을 방지함.

5.3 인버터 설치 후 누전차단기 오동작

(1) 트러블개요

신규로 인버터를 설치했는데 인버터를 운전하면 그림 25와 같이 인버터를 사용하고 있지 않은 B회로의 누전차단기(ELB2)가 동작하였다.

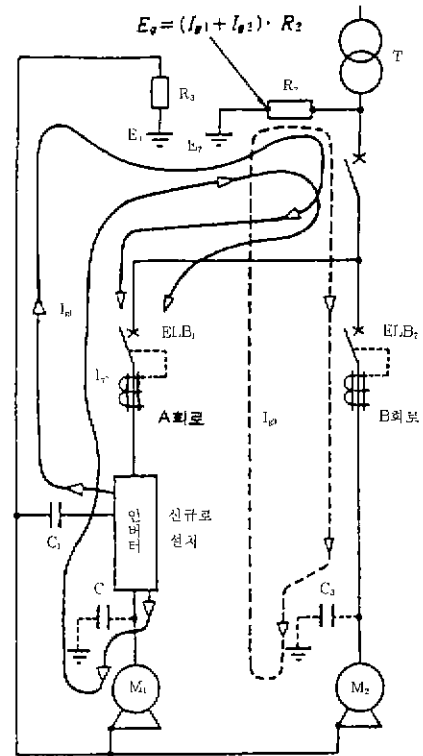


그림 25. 인버터 설치 개요도

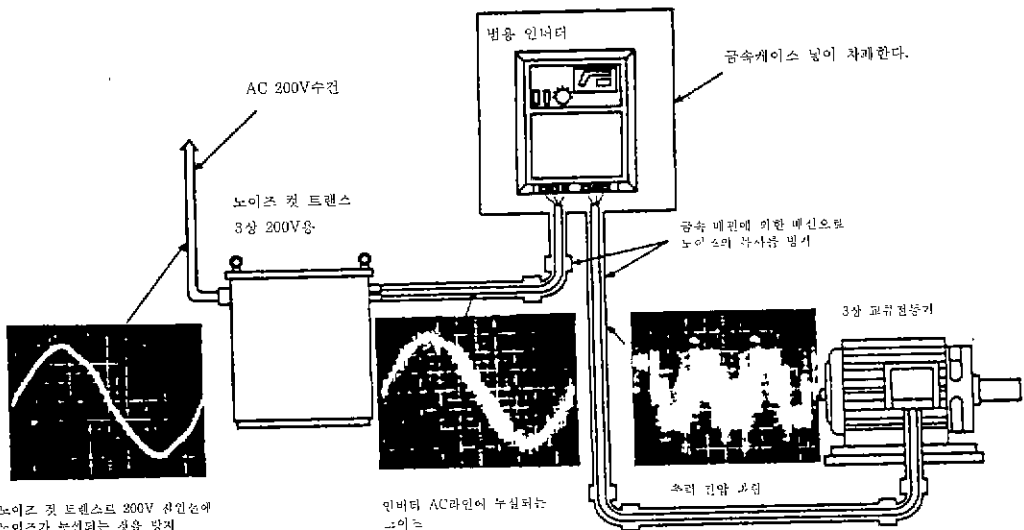


그림 24. 범용 인버터의 노이즈 발생 대책

B회로의 누설전류를 조사한 바 통상적으로는 2[mA]밖에 흐르지 않지만 인버터를 운전하면 고주파를 포함한 누설전류가 25[mA]나 흘러 이 전류에 의해 누전차단기가 동작한 것이었다(정격 감도전류 30[mA]의 경우 15~30[mA]로 동작).

(2) 원인

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

그림 25에서 인버터의 필터 회로(C₁)를 거친 누설전류(I_{g1})와 선로 대지간의 정전용량(C₂)를 거친 누설전류(I_{g2})가 흘러 이 누설전류(I_{g1}과 I_{g2})와 접지저항(R₂)에 의해 대지간에 전압(E_g)이 발생한다.

이 전압(E_g)에 의해 인버터를 사용하고 있지 않은 B회로에는 선로와 대지간의 정전용량(C₃)을 거쳐 누설전류(I_{g3})가 흐른다. 이 고주파 누설전류(I_{g3})로 누전차단기(ELB2)가 오동작하는 것이다.

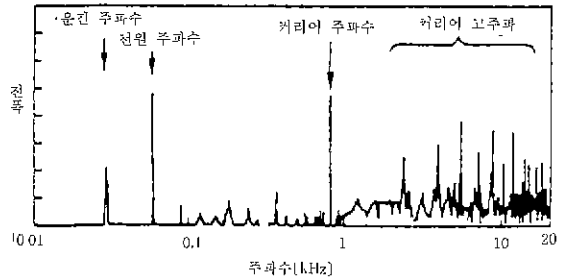
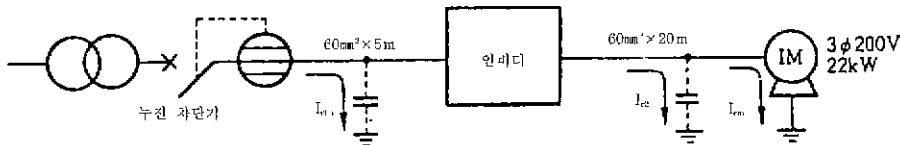


그림 26. 인버터 누설전류의 스펙트럼

(3) 대책

부하에 인버터가 있는 경우에는 I_{g1}, I_{g2}에 의한 오동작을 방지하기 위해 누전차단기의 정격 감도전



종래 일반 누전차단기일 때 $I_{\Delta n} \geq 10 \times (I_{e1} + 3 \times (I_{e2} + I_{em}))$
 인버터 대응의 누전차단기일 때 $I_{\Delta n} \geq 10 \times (I_{e1} + I_{e2} + I_{em})$

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

구 분	전선의 대지 정전용량을 고려한 경우(200[V])	
	인버터 대응의 누전차단기의 경우	종래부터의 일반 누전차단기의 경우
1차측 대지누설전류 I_{e1}	$64[mA] \times \frac{5[m]}{1000[m]} = 0.32[mA]$	$64[mA] \times \frac{5[m]}{1000[m]} = 0.32[mA]$
2차측 대지 누설전류 I_{e2}	$64[mA] \times \frac{20[m]}{1000[m]} = 1.28[mA]$	$64[mA] \times \frac{20[m]}{1000[m]} = 1.28[mA]$
모터 정전용량에 의한 누설전류 I_{em}	0.72mA	0.72mA
정격감도전류 $I_{\Delta n}$ 의 선정	$I_{\Delta n} \geq 10 \times (I_{e1} + I_{e2} + I_{em})$ $= 10 \times (0.32 + 1.28 + 0.72)$ $= 23.2[mA]$ ↓ 30[mA]를 선정	$I_{\Delta n} \geq 10[I_{e1} + 3 \times (I_{e2} - I_{em})]$ $= 10 \times [0.32 + 3 \times (1.28 + 0.72)]$ $= 63.2[mA]$ ↓ 100[mA]를 선정

그림 27. 누전차단기의 정격 감도전류 선정 예

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

참고로 그림 27은 일반누전차단기와 인버터 대응 누전차단기의 정격감도전류 선정 예를 나타낸 것이다.

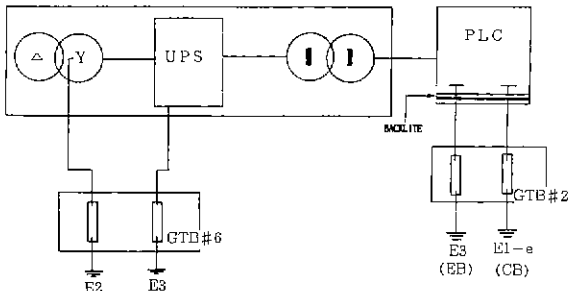
5.4 서지 및 노이즈 대책 사례(A사)

(1) 개요

인버터 System등 자동화설비의 오동작 및 제어 불안정, 기관 소손등이 발생하고, 전원공급용 UPS와 PLC간의 접지전위차 발생으로 순환전류가 흐름.

(2) UPS System

1) 접지계통 구성도



— 범례 —
 E2=FOR NEUTRAL POINTS OF TR CB=CONTROL BASE
 E3=FOR GENERAL EQUIPMENT EB=ELECTRICAL BASE
 E1-d=FOR NOISE PREVENTION OF GENERAL EQUIPMENT E1-e=FOR NOISE PREVENTION OF INSTRUMENT

그림 28

2) 문제점

① 다점접지에 의한 전위차 발생 : 순환전류가 흘러 Noise 발생원인이 됨.

가) UPS 중성점과 Frame

나) PLC, CB와 EB

② Ground Cable 장포설(약 300M) : 선로

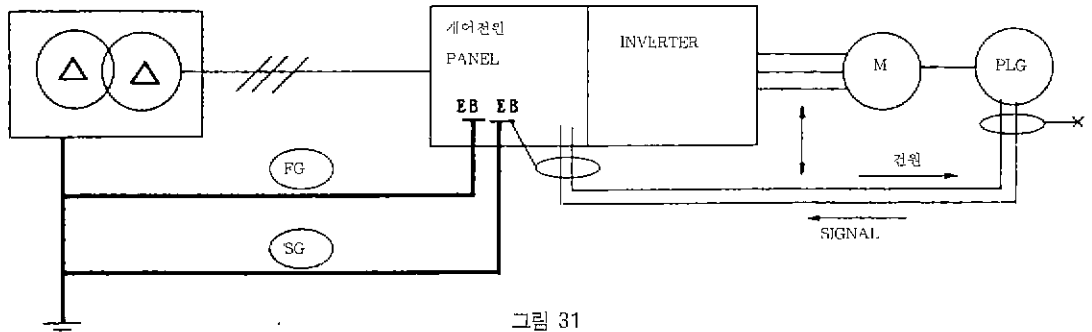


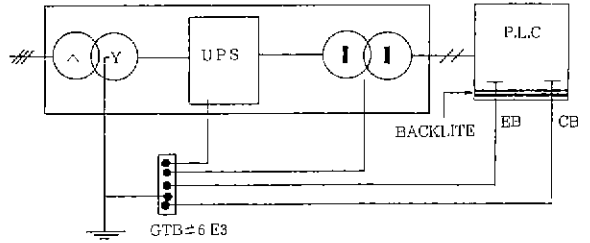
그림 31

Impedance 문제로 대지유실전 소자에 Damage

3) 대책

① UPS와 PLC간의 전위차가 발생하지 않도록 접지 Common

② 현 #GTB2 → #GTB6 E3 소자에서 인출 일 접접지 실시(위치변경)



* 접지저항 2Ω이하

그림 29

(3) 인버터 SYSTEM

1) 제어 전원 계통도

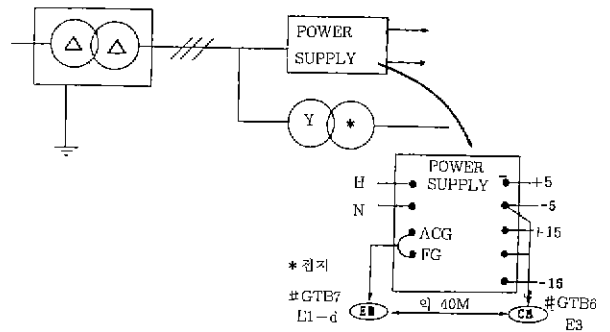


그림 30

- 제어전원의 문제점과 대책

EB와 CB와의 사이에 97 Vpeak 발생 [그림 33 참조]으로 전자소자의 파손과 Signal 전원에 Noise Interference의 경로가 되므로 Common Ground 실시 [그림 31]

2) INVERTER 와 MOTOR

- INVERTER 는 MOTOR 제어를 위하여 전압을 PWM으로 Sine wave를 만들기 때문에 600 μs(300 μs)마다 Impulse (636 Vpeak)가 발생 [그림 33].

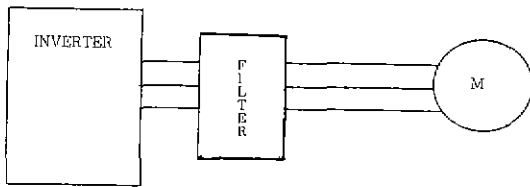


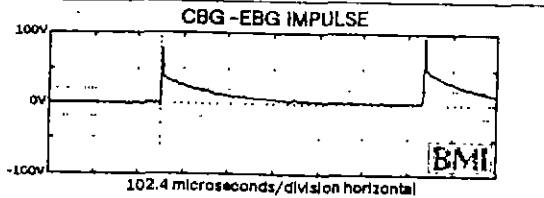
그림 32

- INVERTER 출력단에 Surge Clamping Device와 Active Filter 기능을 갖는 Filter 설치 [그림 32]

INVERTER

CBG-EBG IMPULSE

97 V peak
0.5 usec rise time
24 mJoules (estimated), at 50 ohms



INVERTER

PHASE B-C IMPULSE

636 V peak
No phase position
1.5 usec rise time
760 mJoules (estimated), at 50 ohms

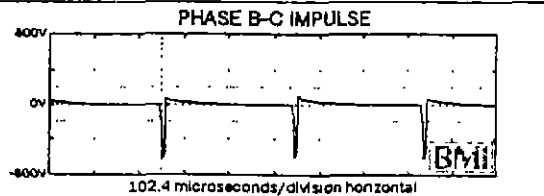


그림 33

5.5 써지 및 노이즈 대책 사례(B사)

(1) 개요

핵심공정의 자동화 설비에서 통신 Error에 의한 Halt, Upset등 조업중 원인 불명의 고장으로 인하여 생산이 중단 되는 사태가 발생하므로 Noise를 측정, 분석하여 대책을 수립 실시함.

(2) UPS전원 One-Line Diagram

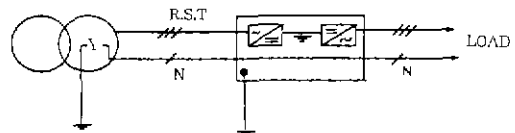


그림 34

(3) RPC(Remote Peripheral Control) 전원

분석

1) Status Report : 순간 측정치

H-N 전압	N-G 전압	H상 전류	G상 전류
220.1Vrms	4.3 Vrms (Sine Wave형에 HFN가 겹침)	0.7 Arms	1.0 Arms 누설순환전류

※ N-G 전압파형과 Ground 전류

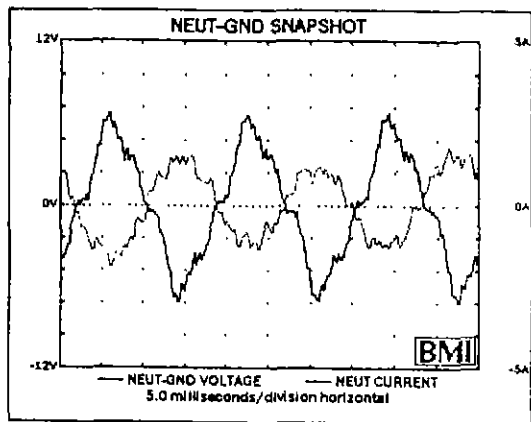


그림 35

① N-G 전압

- Sine Wave에 고주파가 겹침으로 Noise가 들어올 가능성이 큼

- Noise Cut TR설치와 System Ground 로

차단

② Ground 전류

- Noise Cut TR설치로 N-G전압 안정과 UPS 전원출력과 접지 구분으로 개선

2) High Frequency Noise

H - H	N - G	비 고
4.9Vpp~ 6.1Vpp	0.8Vpp~ 1.7Vpp	관리기준: 5Vpp이하이나 UPS로부터 먼 거리에 있으므로 방사, 전도 Noise가 전원을 타고 들어옴. 대책: Noise Cut TR 설치로 차단

3) Impulse 발생

H-N : 3회 발생

크기 : 20 Vpk

(주: 크기는 작으나 상위단에서 On-Off S/W에 의해 들어옴)

LINE-NEUT Impulse

Impulses: 3 counted, 20 Vpk max

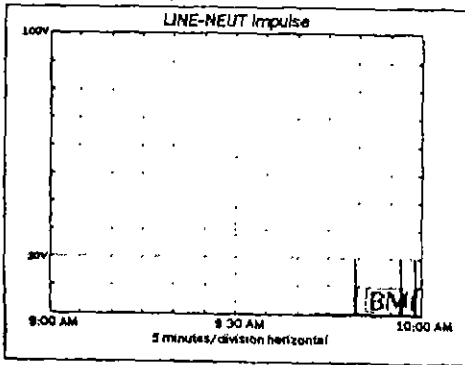


그림 36

(4) 대책

1) 전원접지 개선도

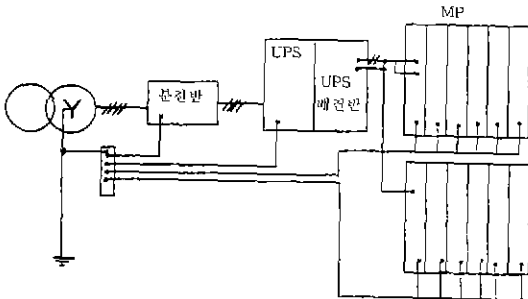
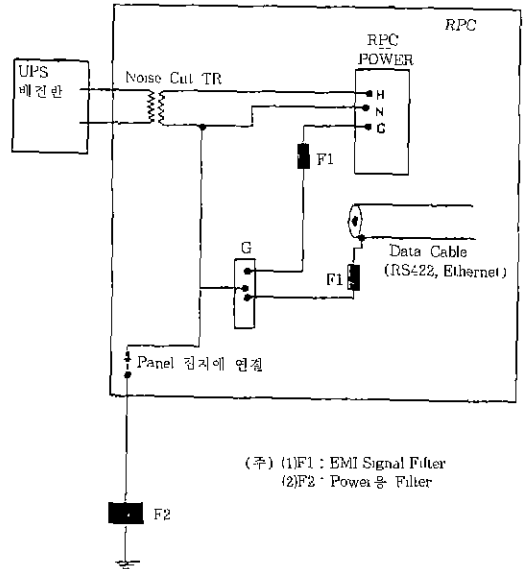


그림 37

2) RPC Noise Cut TR 설치 및 접지개선도



(주) (1)F1 : EMI Signal Filter
(2)F2 : Power용 Filter

그림 38

5.6 서지 및 노이즈 대책(C사)

(1) 개요

DDC, PLC 자동화 설비가 빈번한 오동작이 발생하고, PLC, CPU, Power Supply 고장등 자동화 설비에 문제점이 발생하여 Noise 측정 분석, 대책수립, 시행, 최종결과를 재측정하여 초기 Data와 비교함.

(2) Noise 개선 내용

1) UPS 파형개선(그림 40, 그림 41 참조)

구 분	개선 전	개선 후	비 고	
정상운전	THD	25.6%	10.3%	상용전원 사용시 THD : 2%
	3조파	23.7%	9.4%	
	5조파	8.2%	3.7%	

- 개선전 파형 왜곡은 UPS의 출력파형에서 발생하여 부하단에 영향을 미침

- 개선후 파형 왜곡은 부하에 의한 전원파형이 왜곡됨

- 파형 개선 방법

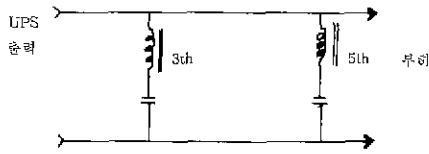
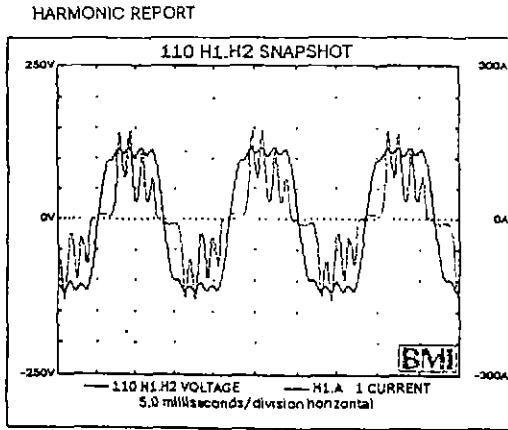


그림 39



110 H1,H2 VOLTAGE SPECTRUM

Fundamental frequency: 60.0 Hz

Harmonic	Percent	Sine Phase	Harmonic	Percent	Sine Phase
Fund	100.0%	0°	2nd	1.1%	265°
3rd	23.7%	3°	4th	0.5%	264°
5th	8.2%	25°	6th	0.3%	199°
7th	3.1%	25°	8th		
9th	0.6%	86°	10th		
11th	3.4%	231°	12th		
13th	1.6%	52°			
Odd:	25.6%		Even:	1.2%	
Thd:	25.6%				

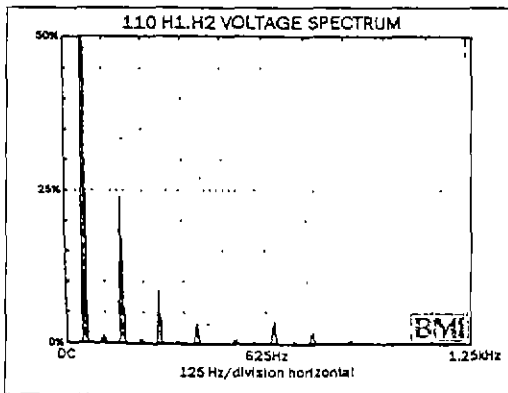
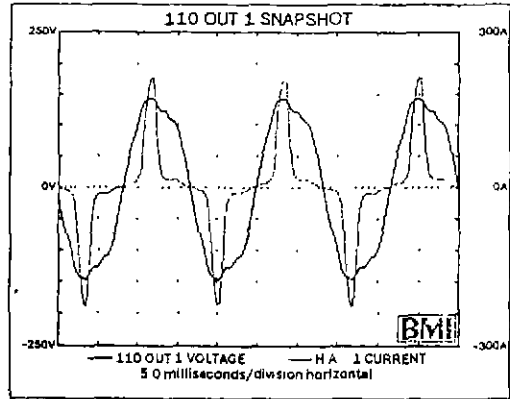


그림 40 개선전 UPS파형

SNAPSHOT REPORT



110 OUT 1 VOLTAGE SPECTRUM

Fundamental frequency: 60.0 Hz

Harmonic	Percent	Sine Phase	Harmonic	Percent	Sine Phase
Fund	100.0%	0°	2nd	0.7%	33°
3rd	9.4%	324°	4th		
5th	3.7%	83°	6th		
7th	1.5%	43°	8th		
9th			10th		
11th	1.4%	259°	12th		
13th	0.7%	94°	14th		
15th	0.2%	137°			
Odd:	10.3%		Even:	0.7%	
Thd:	10.3%				

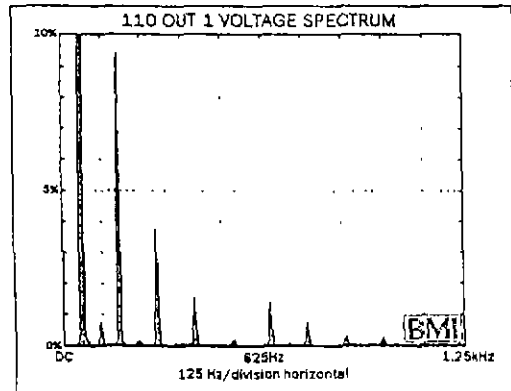


그림 41 개선후 UPS파형

2) 전자 장비 접지개선

— 파형개선(그림 43, 그림 44 참조)

구분	개선 전	개선 후
H ₁ - H ₂	102.5 Vrms	106.5 Vrms
H ₁ - G	107.8 Vrms	64.3 Vrms
H ₂ - G	34.4 Vrms	41.6 Vrms
전류 파형	기본 주파수는 60[Hz] (고조파 포함)	60[Hz] Pulse (정상)

- NCT를 설치하여 전원, 접지계 분리

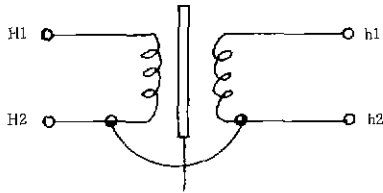


그림 42

```

PLC.1 110  OU
STATUS REPORT
110 H1,H2 (Voltage Channel 1)
Voltage: 102.5 Vrms
Frequency: 60.0 Hz
High freq noise: 0.3 Vpp
H1 -GND (Voltage Channel 2)
Voltage: 107.8 Vrms
High freq noise: 6.1 Vpp
H2 -GND (Voltage Channel 3)
Voltage: 34.4 Vrms
High freq noise: 5.7 Vpp
H1.A 1 (Current Channel 1)
Current: 0.6 Arms
FG.A 3 (Current Channel 3)
Current: 0.0 Arms

```

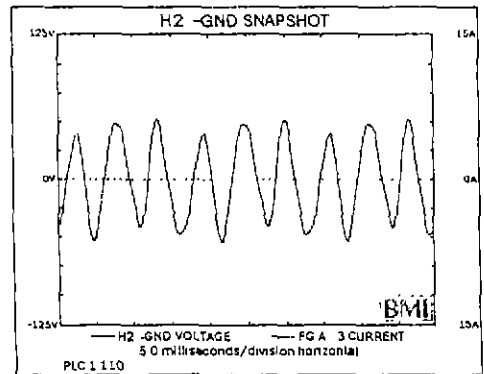
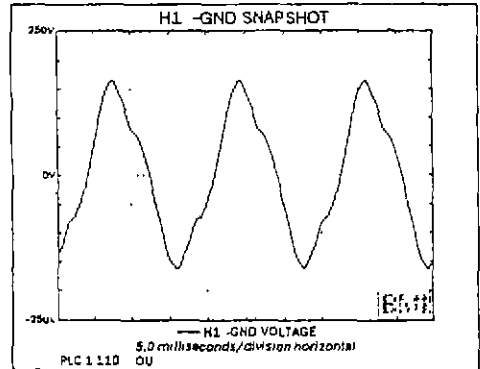
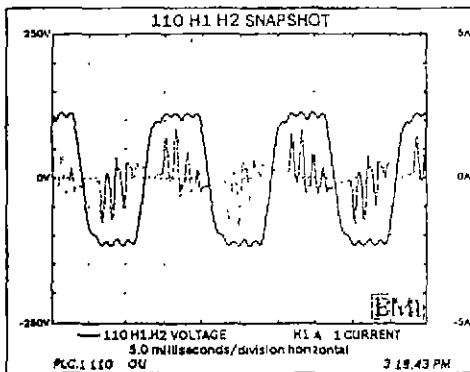


그림 43

```

PLC.1 NCT
STATUS REPORT
H1. H2 (Voltage Channel 1)
Voltage: 106.5 Vrms
Frequency: 60.1 Hz
High freq noise: 0.2 Vpp
H1 -GND (Voltage Channel 2)
Voltage: 64.3 Vrms
High freq noise: 0.3 Vpp
H2 -GND (Voltage Channel 3)
Voltage: 41.6 Vrms
High freq noise: 0.3 Vpp
H.A 1 (Current Channel 1)
Current: 1.3 Arms
G.A 2 (Current Channel 2)
Current: 0.0 Arms

```

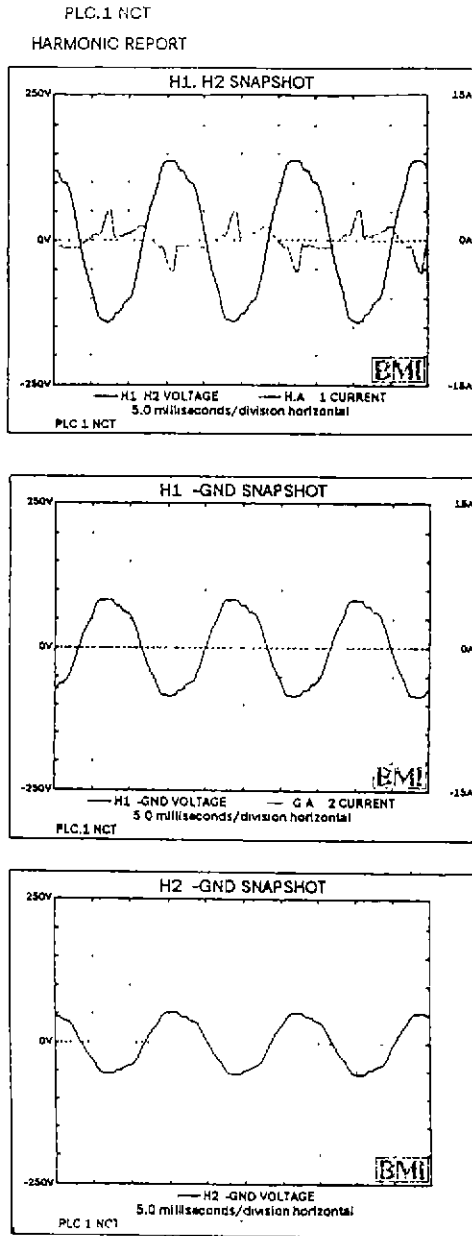



그림 44

3) EMI 대책

- UPS, DDC, PLC 등 자동화 기기에 Spectrum Analyzer 분석에 의한 Noise Filter 설계 취부
- 접지 Filter를 취부하여 EMI 차단
- 개선도

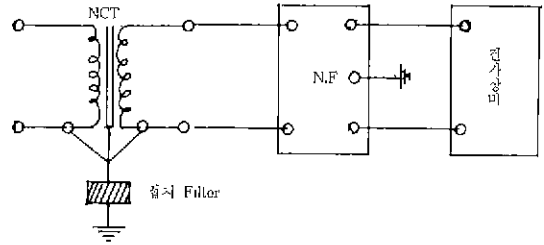
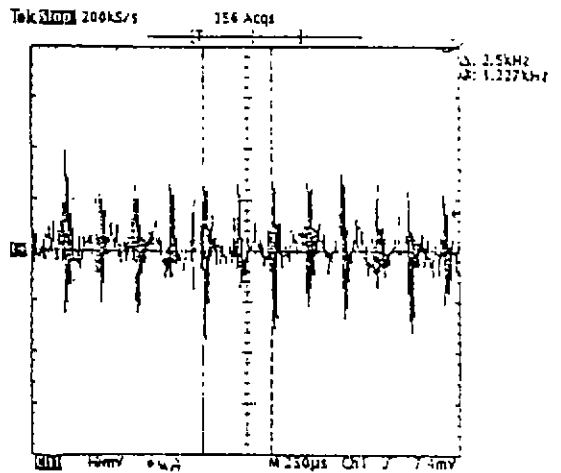
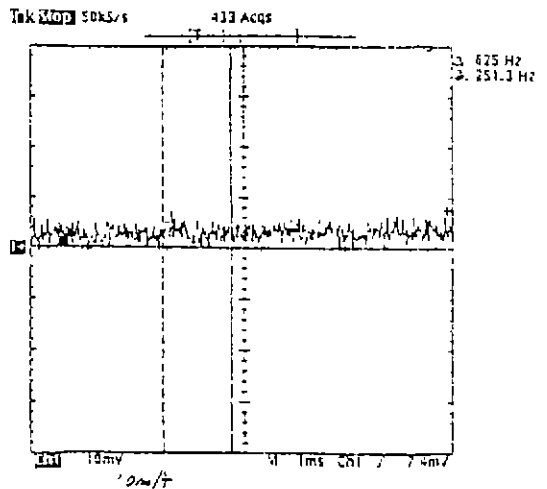


그림 45

- DATA 비교



(접지 Filter 취부전)



(접지 Filter 취부후)

그림 46

6. 결 론

반도체 부품을 사용한 자동화 시스템은 생산현장의 증추신경의 역할을 하고 있으며, 뇌서지나 노이즈에 약하여 특성의 열화, 손상, 오동작 등을 일으켜 신뢰도가 저하되고 있다. 자동화 System의 합리적 운용과 고신뢰성 확보는 생산공장의 공정안전 및 품질향상에 대단히 중요한 핵심요소로 대두되었으며, 자동화 시스템의 고장과 일시적인 정지는 막대한 생산 손실과 2차적 손실을 유발시키게 되어 이에 대한 대책이 연구되고 있으나, 사고의 원인규명과 대책에 대하여 아직 해결되지 못한 내용이 많이 남아 있다.

특히 뇌서지의 특성은 순간적이고 진행과로 작용하며, 불규칙하게 발생하므로 아무리 우수한 성능의 뇌서지 차단장치라고 하더라도 적절하지 못한 적용과 설치기술이 미숙하면 무용지물에 지나지 않으며, 효과적인 뇌서지 보호를 기대할 수 없다. 또한 보호 대상의 시스템 특성이 다르기 때문에 일률적인 적용은 곤란하고, 접지와 등전위화, 뇌방호소자의 설치, 적용방법이 뇌서지 보호에 있어서 핵심요소기술이라고 할 수 있다.

또한, EMI연구의 최종목표인 Noise대책을 위해서는 먼저 충분한 설비를 갖추고 정확한 측정을 해야 하며, 노이즈의 최소화라는 관점에서 각종 규격으로 수동 및 능동적 규제를 시행하고, 시험기관과 제조업체간에 상호 유기적으로 원활히 연계되어 EMI대책이 강구되어야만 비로소 소기의 목적이 달성되리라 본다.

참 고 문 헌

- [1] 유상봉, "특집 전기설비의 진단기술", 조명전기설비학회지 제10권 제 3호, P 3~12, 1996 6
- [2] 유상봉, "노이즈 및 고조파 방지대책", 한국전력기술인협회 전력기술 세미나 교재, P 69~171, 1998 9
- [3] 이기철, "전기·전자기기의 전자잡음 현황분석 및 대책", 대한전기기사협회지, 1985 5~11.
- [4] 김성모, "최근의 접지기술 동향과 노이즈 방지대책", 대한전기기사협회지, 전기안전관리사 교육, 1992
- [5] 藤川進, "OA기기에 장애를 주는 노이즈란 무엇인가" 전기기술 P 53~57, 1996. 3
- [6] 正田美介, "파워 일렉트로닉스에 의한 전자장해

(EMI)", 전기기술 1996. 8

- [7] 이기철 "전력계통에서의 EMI현상과 관련기술동향", 월간 전기기술 1996. 8
- [8] "ノイズ對策 最新技術", 總合技術出版, 1986
- [9] Donald, R J, White, "EMC Handbook", Don White Consultants, Inc, 1975
- [10] "생산현장에 있어서의 실천노이즈 대책", 월간전기 1997 10~11
- [11] 矢ヶ崎昭彦, "노이즈를 차단하는 노이즈컷트 트랜스의 마술", 전기기술 1998 9
- [12] "인버터 대응 노이즈 필터를 사용하면", 월간전기, 1997 12
- [13] 이복희, "정보화 기기의 뇌서지 보호기술", 전기회회지 제 45권 3호, 1996 3
- [14] 인인권, "통신 기지국 및 송신소의 뇌뢰 및 서지 브호", 개여계측 1996 9
- [15] 佐藤正治, "통신선에 발생하는 뇌 과전압과 억제대책", 전기기술 1998 4
- [16] 住吉幹夫, "산화아연 배리스터 ZNR 및 뇌서지 대책", 전기기술 1998 4
- [17] 曹圭心 "뇌뢰로부터 통신장치를 보호하는 방법", 기술사지 1996 6
- [18] 教育社(日), "雷その被害と對策", 1988 11
- [19] NTT Japan, "NTT Review", 1994 9
- [20] IEEE Std 142-1991 "Grounding of Industrial and Commercial Power Systems", IEEE Green Book
- [21] NFPA 780, "Lightning Protection code"
- [22] "파형관측으로 밝혀내는 공장내에서의 노이즈실태(2)", 전기기술 1997 12
- [23] 佐藤榮一, "누전차단기의 선정과 취급방법", 전기기술 1997 2
- [24] 電氣事故防止研究會, "누전차단기의 불필요 동작", 전기기술 1997 3.
- [25] 이호성, "Surge 및 Noise 대책 Report(I, II, III)", (주)유진파워시스템 1997 6~1998 7
- [26] 関庚贊 編著, "노이즈 綜合對策", 전자파 환경공학 핸드북, 성인당 1991 3

◆ 著 者 紹 介 ◆



유 상 봉(庾相鳳)

1954년 10월 26일생, 1980년 부산대학교 전기공학과 졸업. 1997년 한양대 전기공학과 박사과정(수료). 1993년~1996년 기술사 5개부문 자격취득(건축전기설비, 발송배전, 전기용융, 전기안전, 소방설비 기술사). 1979년~1997년 쌍용양회공업(주), 쌍용엔지니어링(주) 근무. 1998년 현재 용인송담대학 전기설비과 교수.