

플랜트에서의 노이즈장해 사례별 대책과 그 효과에 대한 연구

(A Study on the Countermeasure and the Effect of Countermeasure about Trouble-Examples by Noise in Plants)

유상봉* · 정태호** · 이기홍***
(Sang-Bong Yoo · Tae-Ho Jung · Ki-Hong Lee)

요 약

본 논문에서는 플랜트에서 발생하는 각종 노이즈의 장해사례에 대한 원인 분석과 대책을 제시하였다. 이들 노이즈 장해 현상은 각종 설비들의 오동작과 소손 등을 일으키며, 그 원인은 주로 노이즈를 차단하기 위한 방호소자의 부적절한 적용과 접지계통의 다원화에 의한 전위차에 기인한 것으로 분석되었다. 따라서 이러한 문제해결을 위해 본 연구에서는 적절한 방호소자의 선정과 설치, 접지계의 단일화에 의한 등전위 구성 등으로 노이즈 문제를 해결하였다.

Abstract

This paper represents the analysis and countermeasure about the causes of various trouble-examples by the noise in plants. These kinds of troubles came out the mis-operation and damage in various kinds of operating-facilities. The causes-analysis is following as:1) the inappropriate-applications of protection devices installed to protect the noise. 2) the causes of voltage difference in separate ground systems. Therefore, To resolve the noise problems in plants, This paper proposed the two kind solutions to a problem. 1)The installation of appropriate noise protection devices and 2) The organization of equal-voltage by the common grounding system.

1. 서 론

최근 정보 사회의 급진전과 함께 전력전자 및 자동화 기술의 발전은 기존의 각종 아날로그 설비들을 전자화, 디지털화시키고 있다. 또한 이와같이 전자화, 디

지탈화 된 각종 설비들은 기존의 아날로그 설비에 비해 제어성, 효율성, 유연성 등 수많은 장점을 갖고 있어 설비 시스템들이 고기능화, 네트워크화되고 있다.

하지만 이러한 첨단설비들은 대부분 LSI(Large Scale Integrate)화 되어 있어 써-지 및 노이즈에 매우 취약하다는 단점이 있으며, 또한 시스템이 대형화 되어 있어 문제 발생 시 그 파급효과는 매우 치명적이고 광범위하다는 특성을 갖고 있다[1]~[5]. 따라서 이러한 첨단설비의 시스템에 전력을 공급하는 전력 설비시스템은 고품질의 전원공급 능력과 함께 기존

* 정회원 : 용인송담대학 전기설비과 조교수
E-mail : sbyoo@dragon.ysc.ac.kr
** 정회원 : 용인송담대학 전기설비과 겸임교수
*** 정회원 : 대한주택공사 선임연구원 · 공박
접수일자 : 2001년 8월 21일
최종완료 : 2001년 9월 13일

의 아날로그 시스템에서는 등한시되었지만, 노이즈로부터 시스템을 보호할 수 있는 철저한 방호능력이 요구된다. 하지만, 노이즈에 의한 피해는 대부분 일과성으로 재현하기가 힘들기 때문에 그것을 알기까지는 상당한 시간과 노력이 요구된다[6]. 또한 노이즈에 의한 문제들은 대부분 비슷한 유형이 많다는 특징이 있어 노이즈에 의한 각종 피해사례에 대한 논리적 설명과 체계적 분석에 의해 정리된 각종 대책사례는 노이즈 문제에 봉착되어 있는 많은 현장 실무자에게 있어서는 절실히 요구되는 사항이다. 따라서 본 연구에서는 각종 플랜트의 전자화, 자동화된 설비시스템들에서 노이즈에 의해 발생하는 다양한 장해사례들에 대한 원인분석과 이들 각각에 대한 대책사례들을 제시코자 한다.

2. 사례별 노이즈 장해분석 및 대책

2.1 노이즈의 개요와 종류

노이즈는 불필요한 신호성분으로서 발생원에 따라 자연 노이즈와 인공 노이즈로 분류할 수 있다. 자연 노이즈는 대체로 저주파 세력이 우세하고, 인공 노이즈는 고주파 세력이 우세하다는 특징이 있는데, 그 경계는 약 10[MHz] 근처이다. 또한 노이즈를 성질에 따라 분류하면 전자파 노이즈, 유도 노이즈, 전원 노이즈로 분류할 수 있다[7]~[8].

전자파 노이즈란 전계와 자계가 서로 겹쳐서 진행하는 파(波)의 성질을 가진 노이즈로서, 그 속도는 광속과 같다. 즉, 전기의 흐름이 공중으로 튀어 나간 것으로 설명할 수 있다. 그 주파수 대역은 대단히 폭이 넓으며, 우리들과 친숙한 전자파가 대표적이며 이 전자파가 기기에 혼입함으로써 장해를 일으키는 것이다.

반면에 유도노이즈는 전자유도와 정전유도가 있다. 전선에 전류가 흐르면 그 주위에 자속이 생긴다. 이 교류자속에 의해 다른 전선에 기전력(노이즈)을 발생시키는 것을 전자유도라 부른다. 그리고 근접하는 2개의 전선이 있는 경우 그 사이에는 미소한 정전용량(C)이 존재한다. 이 정전용량의 임피던스 Z 는 $Z=1/j\omega C$ (단, $\omega=2\pi f$)이므로 주파수 f 가 커지면 2선간의 저항은 작아지고 전류가 흘러 노이즈가 된다. 이것을 정전용량에 의한 결합이라고 한다. 이 두 가지 노이즈를 유도 노이즈라하며 전자파 만

큼 멀리까지 전파하지는 않지만 공중을 이동하는 성질은 동일하다.

전원노이즈는 발전회로 등에서와 같이 기기내부에서 전원 측으로 영향을 미치는 입력 귀환 노이즈이며, 스위칭 노이즈가 전원노이즈의 대표적 노이즈라 할 수 있다.

2.2 플랜트에서의 노이즈 장해 특성

플랜트에서 노이즈에 의해 발생하는 문제는 곧 품질의 저하, 설비의 손상, 안전사고 발생, 담당자의 과대한 부담 등을 초래하며, 또한 이것만으로도 그치지 않고 제품의 납기 지연, 생산효율의 저하, 신뢰의 상실 등 기업활동 전체에 파급되는 영향이 크다.

특히 플랜트에서의 경우는 제한된 공간에 여러 종류의 기기 및 장치가 동시에 가동되고, 대용량의 전력설비가 있어, 다음과 같은 노이즈 환경특성을 갖고 있다.

- 대전력을 사용하므로 에너지가 큰 노이즈 발생원이 있는 경우가 많다.

- 피해측의 내성을 높이기 위해 발생원보다 피해기기 측에서 대책을 세우는 경우가 많다.

- 노이즈의 동태와 문제의 발생빈도가 불규칙하게 변하기 쉽다. 이것은 여러 종류의 기기가 분주하게 가동함으로써 배전선로의 임피던스가 시시각각 크게 변화되고 많은 라인 노이즈가 발생되어 노이즈의 위상이 합치게 되면 중첩되어 노이즈의 크기가 급히 변화하는 경우가 있기 때문이다.

2.3 노이즈에 의해 발생한 문제의 사례별 대책과 효과 분석

사례 1

(1) 문제현황

A회사의 공장은 강철(Billet)을 가열, 압연, 절단 등을 하여 자동차 스프링(Spring)을 생산하는 공장으로서, 공장자동화시스템을 도입하여 조업을 재개하였지만, PLC, DDC 등의 자동화 설비가 빈번히 오동작하고, 전원공급장치(Power Supply)가 고장나는 등 자동화 시스템에 지속적으로 문제가 발생하였다.

(2) 진단 및 원인 분석

자동화시스템에 공급되는 전원인 UPS의 출력파형을 측정된 결과 UPS 출력파형이 심하게 왜곡되어

있었다. 따라서 UPS의 출력전원에 의해 동작되는 PLC와 DDC의 동작이 불완전하게 되므로 노이즈 제거대책이 필요한 것으로 분석되었다.

또한 전원 및 부하측의 접지계가 분리되어 있지 않은 것으로 진단되었다. 따라서 접지에 의한 노이즈 전달 경로가 형성될 수 있으므로 전원계통의 접지와 부하계통의 접지를 분리하여 노이즈를 철저히 차단할 수 있는 대책이 요구되는 것으로 분석되었다.

(3) 각종 대책 및 효과 분석

① 공급전원의 노이즈 제거 대책

자동화시스템에 공급하는 전원의 품질을 향상시키기 위하여 그림 1과 같이 UPS의 출력단에 제 3고조파 및 제 5고조파를 제거하기 위한 필터를 설치하였다. 그 결과 표 1과 같이 정상운전상태에서는 THD(Total Harmonic Distortion)가 25.6%에서 10.6%로, 무부하운전시에는 21.3%에서 4.9%로 저감되는 효과를 얻을 수 있었다.

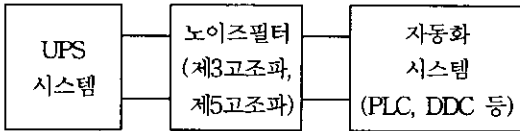


그림 1. UPS 출력단에 설치한 필터
Fig. 1. Installed Filter system in UPS system

표 1. UPS 출력에 필터를 설치하기 이전과 이후의 전압고조파 발생량

Table 1. The Effect of noise filter system in UPS output

| 구 분 | 개선전 | 개선후 | 비고 |
|-------|-----|-------|-------|
| 정상운전 | THD | 25.6% | 10.6% |
| | 3조파 | 23.7% | 9.7% |
| | 5조파 | 8.2% | 3.6% |
| 무부하운전 | THD | 21.3% | 4.9% |
| | 3조파 | 16.7% | 1.5% |
| | 5조파 | 12.4% | 3.9% |

② 전원측과 부하측의 접지계 분리
전원공급장치인 UPS 시스템과 부하(PLC, DDC)

사이에 그림 2와 같이 NCT(Noise Cut Transformer)를 설치하여 전원측과 부하측의 접지계를 분리하였으며 그 효과는 표 2와 같이 상전압이 균형있게 측정되었다.

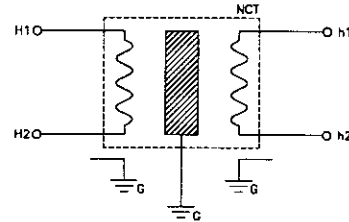


그림 2. NCT에 의한 전원계통 및 부하계통의 접지계 분리

Fig. 2. Separation of power system grounding and load grounding

표 2. NCT설치에 의한 파형 개선 효과

Table 2. The Effect of wave improvement by the installed the NCT

| 구 분 | 개 선 전 | 개 선 후 |
|------|-----------|-----------|
| 선간전압 | 102.5Vrms | 106.5Vrms |
| 상전압 | 107.8Vrms | 64.3Vrms |
| 상전압 | 34.4Vrms | 41.6Vrms |

③ 접지필터의 설치

자동화 장치의 접지선에 그림 3과 같이 접지필터를 설치하여 노이즈의 전달경로를 철저히 차단하였다. 그 결과 PLC에서의 노이즈 최대크기가 그림 4와 같이 크게 감소되었다.

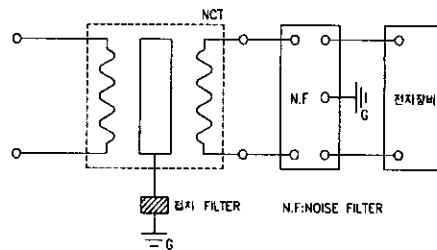
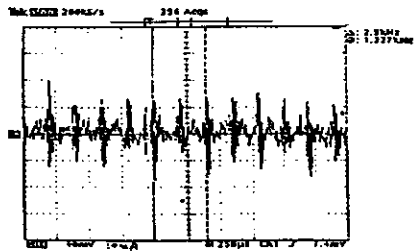
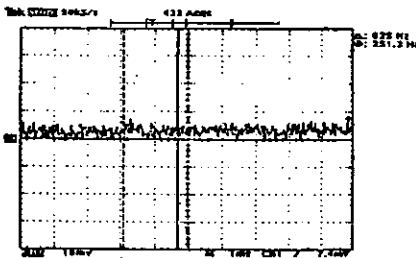


그림 3. 전지장비에 접지필터를 설치한 회로도

Fig. 3. Circuit of power supply system installed ground filter



(a) 설치전



(b) 설치후

그림 4. 접지필터 설치전후 PLC에서의 노이즈크기
Fig. 4. The Noise-magnitude by the installed and un-installed grounding filter in PLC.

사례 2

(1) 문제현황

B플랜트의 자동화설비에서는 인버터가 간헐적으로 트립되었고, 또한 설비 가동이 시작되면 노이즈에 의해 아날로그신호(4~20[mA])의 데이터 오류 및 지시계기들의 부정확한 지시값 들로 인해 자동화 운전이 불가능한 상태이었다.

(2) 기기별 원인 분석과 대책

① 인버터

현상

인버터가 간헐적으로 트립되는 현상이 계속적으로 발생되고 있었다.

진단 및 분석

인버터의 전원계통에서 노이즈를 측정한 결과 전원계통에서 인버터의 제어전원으로 임펄스 형태의

노이즈가 침입되고 있는 것으로 측정되었다.

대책

그림 5와 같이 인버터의 제어전원에 노이즈제거 필터를 부착하여 인버터의 트립을 유발하는 노이즈를 제거하여 문제를 해결하였다.

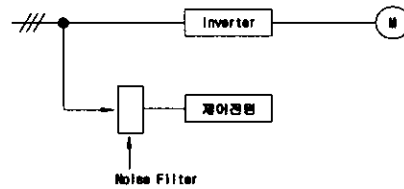


그림 5. 인버터 전원에서의 노이즈 대책
Fig. 5. Countermeasure of noise problem in power supply system

② 지시계기(4~20[mA])

현상

설비가 가동되면 각종 지시계기들이 매우 부정확한 지시값을 나타내는 현상이 발생되었다.

진단 및 분석

지시계기들의 전원은 변압기(220[V])로부터 노이즈필터를 거쳐 지시계기로 공급되고 있었으며, 인버터 동작시에는 전원선에서 그림 6과 같은 노이즈가 침입되고 있어 노이즈 차단대책이 필요한 것으로 분석되었다.

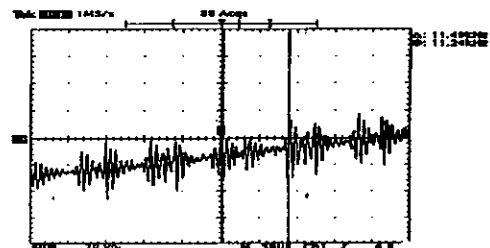


그림 6. 지시계기신호(4-20[mA])에서의 노이즈
Fig. 6. Noise of an instrument board

대책

지시계기의 측정신호 케이블을 인버터의 전원케이블과 이격시켰으며, 지시계기의 측정신호선에 NCT와 노이즈 필터를 설치하여 노이즈를 제거함으로써 문제를 해결하였다.

사례 3

(1) 문제현황

C플랜트 자동화설비의 핵심기기인 PLC가 빈번히 오동작을 일으키므로서 제품 생산에 큰 지장을 초래하고 있었다.

(2) 진단 및 문제분석

전원은 그림 7과 같이 일반 상용전원 220[V]를 절연변압기에 의해 110[V]로 강압하고, 이를 직접 PLC 전원으로 공급하고 있다. 그러나 절연변압기의 1차측과 2차측에서의 노이즈가 저감되지 않고 있었다. 따라서 110[V] 전원에 포함되어 있는 노이즈를 저감시키는 대책이 요구되고 있었다. 또한 접지는 신호접지와 전원접지로 분리되어 있어 그림 8과 같이 신호접지와 전원접지 사이에 전위차가 발생되고 있어 등전위 접지구성이 필요한 것으로 분석되었다.

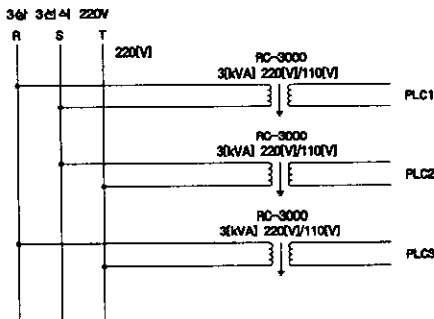


그림 7. PLC의 전원 계통도
Fig. 7. Power supply system of PLC

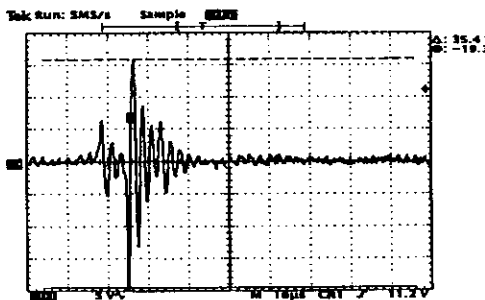


그림 8. 신호접지와 전원접지사이의 전위차
Fig. 8. The Voltage difference between Signal grounding and Voltage grounding

(3) 대책

PLC 전원선에는 그림 9와 같이 Power Filter를 설치하여 노이즈를 차단하였으며, 접지는 신호접지와 전원접지를 등전위 접지로 구성하여 전위차를 해소하였다.

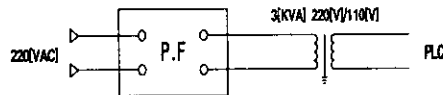


그림 9. PLC 전원선에 Power Filter를 설치한 회로
Fig. 9. The system diagram of the installed power filter in power line of the PLC

사례 4

(1) 문제현황

D플랜트의 자동화설비(PLC)에서 오동작 및 제어의 불안정이 자주 발생되어 제품생산에 큰 차질을 빚고 있었다.

(2) 진단 및 문제분석

UPS 시스템과 PLC의 접지계통구성은 그림 10과 같이 다점접지에 의해 구성되어 있었다. 그 결과 다점접지에 의한 전위차가 발생되어 순환전류가 흐르고 있어 노이즈 발생 원인이 되고 있으므로 순환전류를 제거하는 방안이 요구되었다.

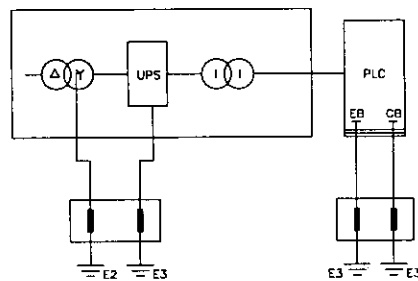


그림 10. UPS와 PLC의 접지계통 구성도
Fig. 10. The Grounding system block diagram between UPS and PLC.

(3) 대책

UPS 와 PLC 간의 전위차가 발생하지 않도록 그림 11과 같이 공통접지를 구성하므로서, 접지극사이에 흐르는 순환전류를 제거하여 문제를 해결하였다.

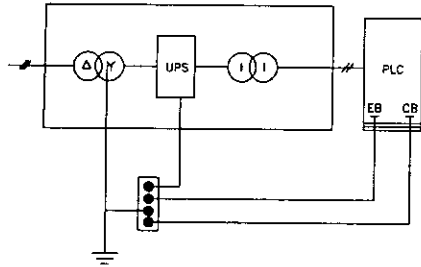


그림 11. 시스템의 공통접지 구성도
Fig. 11. The Common grounding diagram between UPS and PLC.

3. 결 론

본 논문에서는 플랜트에서 노이즈에 의해 발생하는 각종 피해사례의 원인분석과 대책에 대하여 논하였다. 전기·전자분야에서의 장비가 고도화, 고기능화하면 할수록 노이즈장해는 더욱 복잡한 양상으로 나타나게 된다. 특히 플랜트에서는 다양한 노이즈 발생원에 의해, 디지털화되어 가고 있는 각종 자동화설비에서 노이즈에 의한 장애가 빈번히 발생되고 있어, 엄청난 경제적 손실과 함께 많은 현장 담당자들이 문제해결에 곤란을 겪고 있다.

이러한 문제의 근원적 해결방법은 노이즈 발생원을 최소화하는 방법과 주위의 노이즈환경으로부터 각종 전자설비들을 보호하기 위한 방어적인 방법으로 대별될 수 있다. 그러나 최적의 시스템 운전환경을 조성하기 위해서는 노이즈의 발생원을 최소화하면서 각종 노이즈로부터 설비를 보호하기 위한 두가지의 방법을 동시에 채택하는 것이 가장 이상적인 방법이라고 할 수 있다.

또한 노이즈에 의한 문제발생은 일과성으로 재현하기가 힘들기 때문에 많은 문제들의 유형에 대한 사례와 대책은 노이즈문제에 봉착되어 있는 실무자에게는 크게 도움이 될 수 있다.

따라서 본 논문에서는 플랜트에서 발생하는 노이즈의 특성과 함께 4가지의 노이즈 장해사례를 중심으로, 이에 대한 원인분석과 대책을 제시하였다.

이와같이 현장에서 노이즈에 의한 발생하는 각종 사례에 대한 논리적이고 분명한 분석과 대책들의 발표 및 제시는 산업현장에서의 노이즈 문제해결에 크게 기여할 것으로 여겨진다.

참 고 문 헌

- [1] 니한주택공사 "아파트 동력부하 수요율 실태 조사 연구", p. 45, 1989. 6.
- [1] 박석하, 김양모, "전기·전자장비의 EMI/EMC", 조명·전기설비학회지, 제 13권 제4호, 1999.12 p. 3.
- [2] 이재복, "저압전기설비의 서지 대책 기술", 조명·전기설비학회지, 제 13권 제4호, 1999.12 p. 30.
- [3] 竹谷是幸, "과전압 보호와 접지방식에 대한 제안", 전설공업, 1998년 10월호, p. 89.
- [4] 이복희, "정보화기기의 뇌썩-지 보호기술", 전기학회지, 제 45권, 3호, 1999년 3월, p. 23.
- [5] 木島 均, "接地と雷防護", 1996.4, p. 21.
- [6] 유상봉, "자동화설비의 Surge 및 Noise 대책", 조명·전기설비학회지, 제 12권 제4호, 1998.12 p. 38.
- [7] John A. Dedad, "Quality Power for Sensitive Electronic Equipment", 1994.5, p. 3.
- [8] 宋吉永, "送配電工學", 東一出版社, 1981. 2.

◇ 저자소개 ◇

유 상 봉 (庾相鳳)

1954년 10월 26일생. 1980년 부산대 전기공학과 졸업. 1986년 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1993년~1996년 건축전기설비, 발송배전, 전기용융, 전기안전, 소방설비 기술사. 1979년~1998년 쌍용양회(주), 쌍용엔지니어링(주) 근무. 1998년~현재 용인송담대 전기설비과 조교수.

정 태 호 (鄭泰昊)

1968년 8월 25일생, 1995년 서울산업대 전기공학과 졸업, 2000년~현재 한양대학교 산업대학원 석사과정, 1999년 발송배전기술사, 2000년~현재 용인송담대 전기설비과 겸임 교수.

이 기 홍 (李起弘)

1962년 11월 17일생, 1988년 충남대 전기공학과 졸업, 1990년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(석사), 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사), 현재 대한주택공사 선임연구원.