

LCD공장 내부의 온도센서 노이즈진단 및 억제에 관한 연구

(A Study on the Noise Diagnosis and Suppression of the Temperature Sensor in the LCD Plant)

김경철* · 최형범 · 황영록 · 김용관 · 유창훈**

(Kyung-Chul Kim · Hyoung-Bum Choi · Young-Rok Hwang · Yong-Kwan Kim · Chang-Hun You)

Abstract

As automation equipment and electronic device progresses, the importance of power quality is more increasing. This paper represents the analysis and suppression about the causes of trouble by the inverter's ON/OFF noise in plant in order to prevent damage resulting in a secondary damage to conduct precise diagnosis and effective noise reduction. The countermeasure as a reduced carrier frequency and the LC resonant filter had been applied and confirmed the effective results to solve the trouble of noise.

Key Words : Noise diagnosis, Noise measures, LC filter, Common-mode noise

1. 서 론

최근 경제성장과 산업발전이 급속하게 진행되면서 반도체기술 등의 급속한 발달에 따라 전력전자소자를 이용한 설비와 자동화설비가 확대돼가고 있다. 또한 이들을 작은 구동에너지로 동작시킬 수 있게 되었다. 그런 반면 주변기기의 동작 시 발생하는 인위적인 제어가 어려운 미소한 전자파는 현재 운전되고 있는 기기에 민감하게 반응하여 오동작을 빈번하게 일으키게 되었다. 이런 설비의 문제로 인하여 전 시스템에 파급되는 문제는 심각하다고 할 수 있다[1-4].

* 주저자 : 홍익대학교 전기공학과 교수
** 교신저자 : 홍익대학교 석사과정
Tel : 041-860-2760, Fax : 041-863-7605
E-mail : yu0889@nate.com
접수일자 : 2012년 5월 4일
1차심사 : 2012년 5월 9일, 2차심사 : 2012년 6월 22일
심사완료 : 2012년 6월 25일

본 논문에서는 구체적 사례 시스템을 대상으로 진단 및 억제방법을 이론적으로 설명하고자 한다. 플랜트내의 인버터 ON/OFF시 발생하는 노이즈 영향으로 인하여 온도센서 등 각종 센서의 출력파형에 왜란이 발생, 오동작을 유발하는 현상을 측정하여 원인 분석한 후 대책을 수립, 적용한 사례를 제시하여 검증한다.

2. 사례연구 시스템

2.1 시스템 개요

그림 1은 전력설비현황을 나타내는 단선도이다. 사례연구 공장의 수전전압은 154[kV], 수전용량은 100[MVA] (20[MVA]×1, 40[MVA]×2)이다. 인버터의 규격은 440[V], 15[kW], 온도센서규격은 -50~200

[°C], 정밀도 ±0.15[°C], 전동기 규격은 440[V], 15[kW] 유도 전동기를 사용하고 있다.

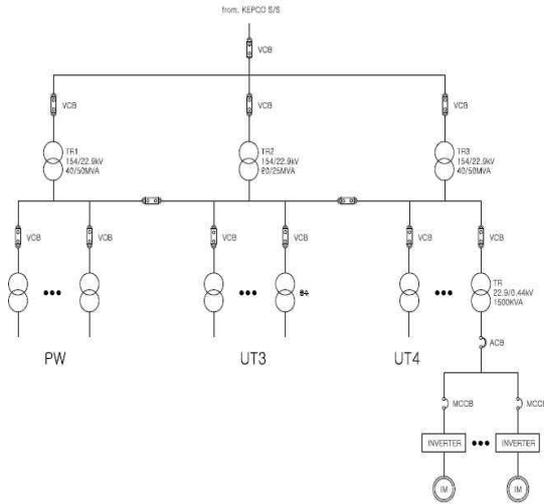


그림 1. 사례연구 시스템 단선도
Fig. 1. Single line diagram for the case study system

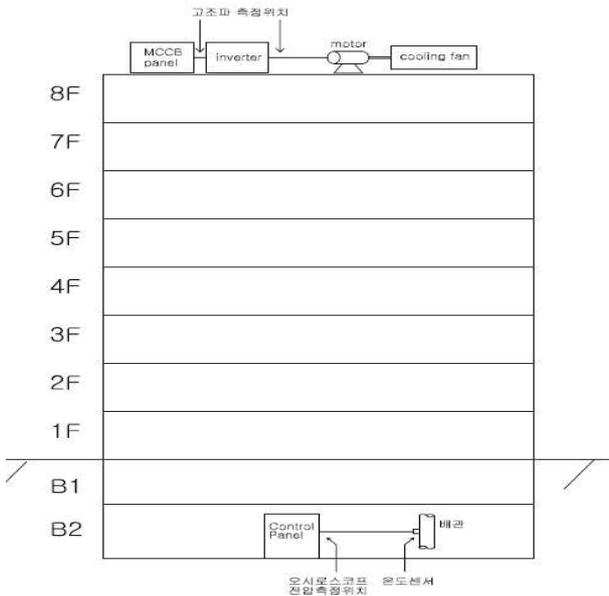


그림 2. 시스템 구성도
Fig. 2. System configuration

그림 2는 옥상 냉각팬용 유도전동기 15[kW] 전원측에 인버터를 설치하여 시운전 중 인버터 가동시에 지

하 2층에 있는 각종 배관 온도센서 control panel의 출력단에서 온도 이상상승 신호가 발생되어 배관 내부 유량제어 밸브가 동작하는 현상이 발생하였다. 이 원인을 파악하기 위하여 인버터 전·후단의 전력품질을 측정하여 인버터에서 발생하는 전압, 전류에 포함되는 고조파 및 과형을 분석하여 노이즈 발생원을 추적하였고 온도센서 오동작 방지를 위해 인버터 캐리어 주파수 변경 및 센서부에 필터를 설치하여 센서 출력부의 이상 현상의 변화를 측정 및 분석하였다.

2.2 문제 진단

사례연구 시스템의 문제를 원인을 요약하면 다음과 같다.

공장내부의 접지시스템에서 건전한 통합접지시스템으로 구성되어 있지 않아 선로간의 전위차가 노이즈에 영향을 받고, 노이즈의 원인이 되는 인버터 계통과 접지선, 신호선의 상호영향을 주지 않도록 이격, 격리, 차폐가 실현되어야 하는데 그렇게 되어 있지 않았고, 노이즈가 시스템 계통으로 순환되지 않도록 충분하고, 적절한 노이즈 필터가 설치되어 있지 않은 상태였다.

이런 원인으로 인하여 인버터에서 발생하는 노이즈가 접지계통을 통하여 순환하기 때문에 각종 신호, 통신선에 전자, 정전유도의 원인에 의하여 신호의 왜란이 발생하였다.

2.3 노이즈 측정

공장 내의 인버터의 동작 시 노이즈 발생으로 인하여 각종 계측기가 오동작현상이 발생하여 각종 계측기 오작동현상을 방지하고 이로 인한 2차적인 피해를 예방하기 위하여 정밀진단과 대책을 수립하였다. 인버터 노이즈의 크기 및 영향 대책을 파악하기 위한 목적으로 인버터 노이즈 진단을 측정하였고, 오실로스코프, 전력분석기, 차동형 전압프로브, 정밀형 CT의 측정장비로 측정개소에서 인버터 노이즈 및 고조파 측정, 인버터 ON/OFF시 신호선 왜란 측정, 각종 대책

후 ON/OFF시 신호선 왜란 개선 여부 측정을 실시하였다.

2.3.1 인버터 노이즈 및 고조파 측정

표 1은 사용된 전력분석기로서 Oscilloscope와 Power Xplorer PX5의 사양을 나타내었다. 전력분석기를 이용하여 인버터 출력측에서 인버터 캐리어 주파수 1[kHz], 4[kHz]로 각각 운전하며 노이즈 발생량을 측정한다.

표 1. 전력분석기 사양
Table 1. Specifications of Power Analyzer

품명	규격
Oscilloscope	<ul style="list-style-type: none"> - TDS754B 1[GHz] 4channels Digital phosphor oscilloscope system - TDSPWR3 power measurement software, 60[kV] HV Probe PVM-6, current probe and amp, TCPA300 TCP305 active probe P5210 - 5[GHz] sampling rate - 최대 1ns 주기의 신호를 측정가능
Power Xplorer PX5	<ul style="list-style-type: none"> - 8 채널, 4voltage&4 current - (4)differential inputs, 1-600[Vrms], AC/DC - 0.1[%] rdg, 256 sample/cycle, 16bitADC - (4) inputs with CTs 01-6000 Arms CT-dependent - AC/DC, 0.1[%] rdg+CTs, 256samples/cycle, 16bitADC - 1[MHz] High Speed Sampling, 14bitADC, 1[%]FS

그림 3과 그림 4는 캐리어주파수에 따라 인버터 출력 R상을 표시하였고 그림 5는 고조파전압을 비교, 그림 6은 고조파 전류를 비교하였다.

인버터의 캐리어 주파수와 노이즈의 상관관계 측정 결과를 확인하면 표 2, 표 3에 따라 인버터 캐리어 주파수를 낮출수록 노이즈 발생량 및 고조파가 적게 발생하는 것을 확인할 수 있다.

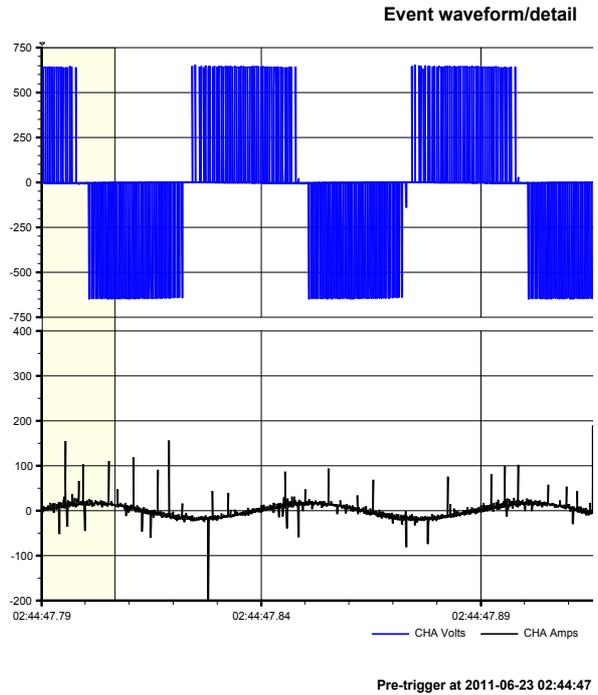


그림 3. 캐리어 주파수 1[kHz](R상)
Fig. 3. Carrier frequency 1[kHz](phase R)

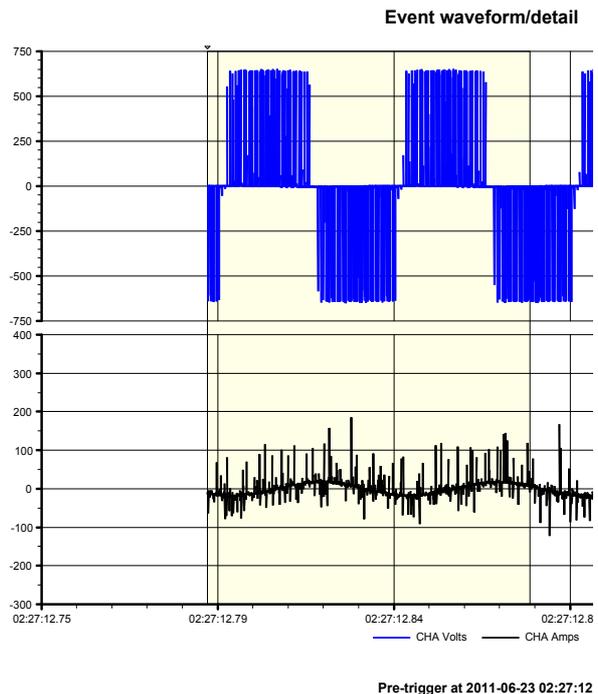


그림 4. 캐리어 주파수 4[kHz](R상)
Fig. 4. Carrier frequency 4[kHz](phase R)

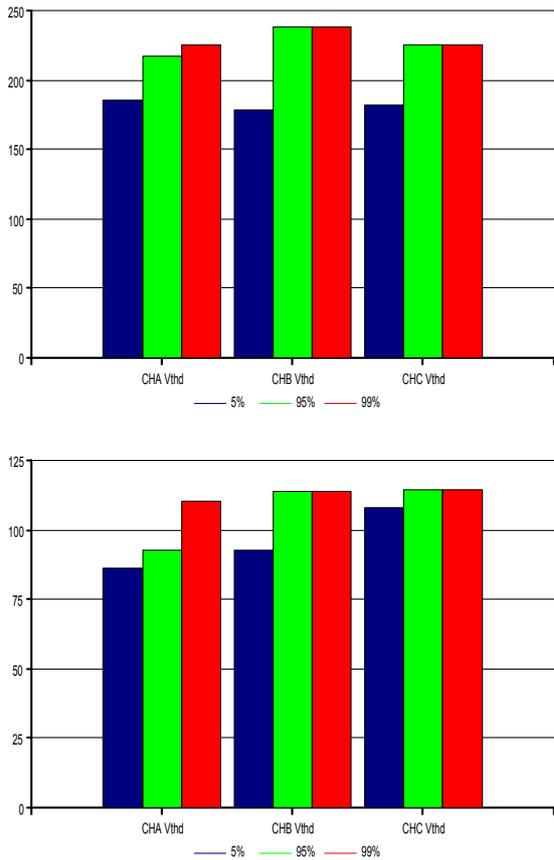


그림 5. 고조파 전압 비교(1[KHz], 4[KHz])
 Fig. 5. Comparison on the harmonic voltage(1[KHz], 4[KHz])

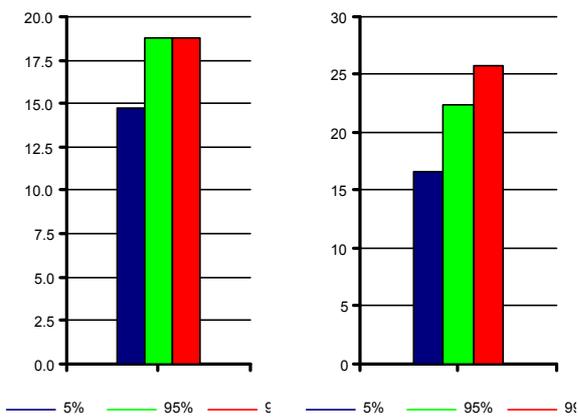


그림 6. 고조파 전류 비교(1[KHz], 4[KHz])
 Fig. 6. Comparison on the harmonic current(1[KHz], 4[KHz])

표 2. 전압과 전류(1[KHz], 4[KHz])
 Table 2. Voltage and current(1[KHz], 4[KHz])

		V[V]			I[A]		
		MIN	MAX	MED	MIN	MAX	MED
1 [kHz]	R	253.1	351.0	270.4	11.9	27.5	21.9
	S	252.7	354.9	339.1	16.6	38.2	31.2
	T	252.2	350.2	310.5	8.5	24.8	16.9
	N	54.3	61.7	61.1	0.0	0.1	0.0
4 [kHz]	R	224.2	351.7	296.6	14.5	30.2	20.2
	S	221.1	349.1	268.0	24.1	45.5	38.4
	T	229.5	348.2	323.2	13.9	31.3	22.5
	N	54.5	61.7	60.4	0.1	0.1	0.1

표 3. 고조파 전압과 고조파 전류(1[KHz], 4[KHz])
 Table 3. Harmonic Voltage and Current(1[KHz], 4[KHz])

	1[kHz]								
	V					I			
	R	S	T	N		R	S	T	N
Total RMS [V]	253.24	309.59	260.90	0	Total RMS [A]	26.13	34.09	20.89	0.06
F. RMS [V]	91.49	63.65	96.58	0	F. RMS [A]	7.39	7.08	3.63	0.00
THD (H2~H50) [%]	190.85	339.01	188.02	0	THD (H2~H50) [A]	15.97	21.80	13.71	0.04
Even [%]	142.78	199.03	146.19	0	Even [A]	12.45	15.10	9.47	0.03
Odd [%]	126.63	274.44	118.24	0	Odd [A]	12.00	15.73	9.91	0.03
	4[kHz]								
	V					I			
	R	S	T	N		R	S	T	N
Total RMS [V]	274.93	343.78	282.75	54.92	Total RMS [A]	27.33	40.62	31.32	0.08
F. RMS [V]	93.26	31.88	79.44	54.46	F. RMS [A]	6.84	8.28	1.72	0.01
THD (H2~H50) [%]	110.31	254.74	133.10	10.64	THD (H2~H50) [A]	15.11	26.90	20.17	0.04
Even [%]	74.86	171.31	93.80	3.70	Even [A]	11.28	18.34	14.25	0.04
Odd [%]	81.02	188.54	94.43	9.98	Odd [A]	10.06	19.67	14.28	0.03

2.3.2 인버터 ON/OFF시 발생하는 노이즈 분석
 그림 7은 오실로스코프를 사용하여 인버터 ON/OFF시 신호전압과형에서 순간적인 왜란을 나타내고 있다. 이는 온도를 전압원으로 해서 신호로 전달하는 신호선에 영향을 끼쳐 실제로 온도상승이 일어나지 않았으나, 온도상승이 급상승한 것과 같은 현상을 가져온다[5-7].

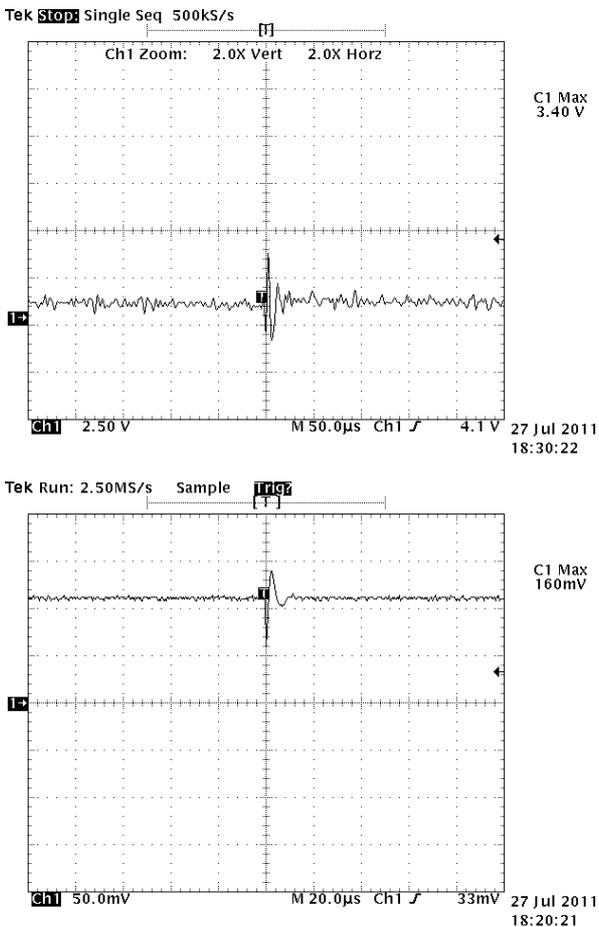


그림 7. 인버터 ON/OFF시 노이즈
 Fig. 7. Noise at the inverter ON/OFF

차단주파수 f_c [Hz]는 noise의 최대 크기의 주파수로 f_p [Hz]로 설정하고, 식 (1)과 같이 LC 값을 구한다[8].

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

캐리어주파수가 4[kHz]에서 $f_p = 3$ [MHz]이고 정확한 L값을 획득하기 어려워 C값을 0.001[μF], 0.00472[μF], 0.1[μF]로 적용하였다. 따라서 603C 토출온도센서 신호측정부분에서는 신호선 사이에 병렬로 0.1[μF] 커먼모드 공진 LC 필터를 적용하여 측정했을 때 가장 큰 노이즈 저감효과를 보였다.

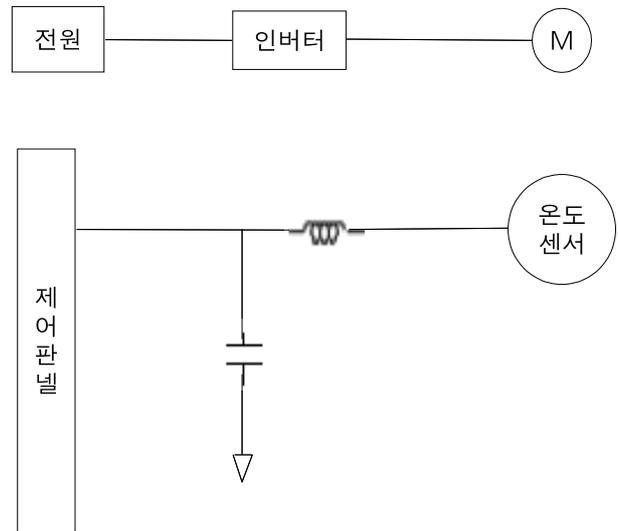


그림 8. 커먼모드 공진 LC 필터 적용
 Fig. 8. Applied common mode resonant LC filter

그림 9~12는 603C토출온도센서에서 필터 설치 전 측정전압이 1.34[V]에서 필터 설치 후 1.12, 1.37, 0.18[V]로 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

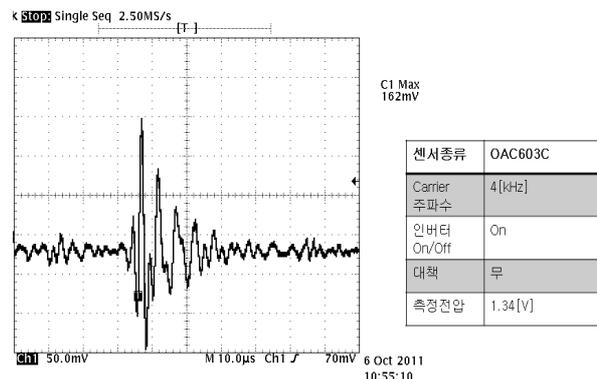


그림 9. 노이즈필터 설치 전 파형
 Fig. 9. Voltage wave without a noise filter

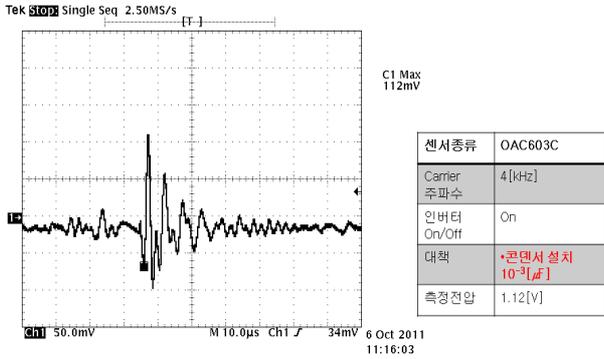


그림 10. 노이즈 필터 설치 후 파형(0.001[μF])
Fig. 10. Voltage wave with a noise filter (0.001[μF])

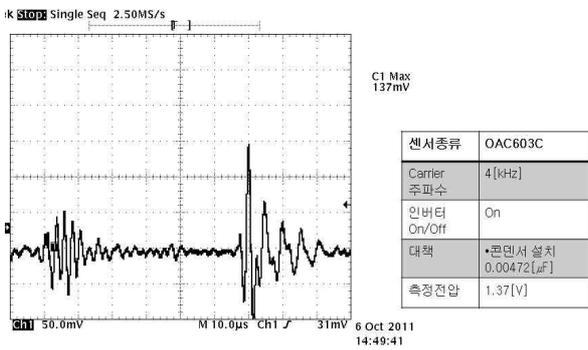


그림 11. 노이즈 필터 설치 후 파형(0.00472[μF])
Fig. 11. Voltage wave with a noise filter (0.00472[μF])

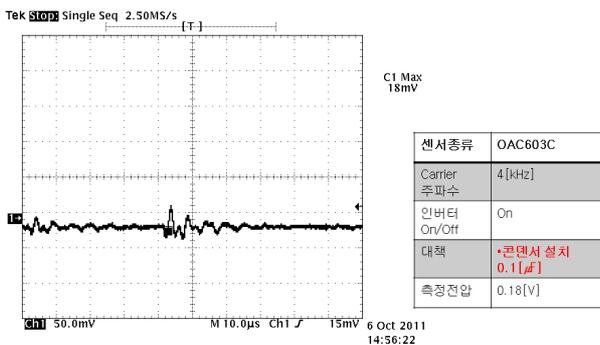


그림 12. 노이즈 필터 설치 후 파형(0.1[μF])
Fig. 12. Voltage wave with a noise filter(0.1[μF])

2.4 분석 및 평가

노이즈원은 분석결과 인버터에서 발생한 노이즈가 모터 외함파와 모터구동부상의 정전용량에 의해 각종

경로를 통하여 노이즈가 신호선으로 그림 13과 같이 전도노이즈(1,2,5,6), 유도노이즈(7,9), 방사노이즈(2,4)로 유입됨을 확인하였다[9-10].

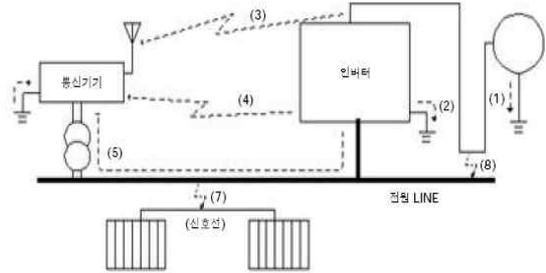


그림 13. 노이즈 경로
Fig. 13. Routes for noise

전도노이즈는 전열 트랜스나 필터를 통하여 전원계통을 돌아다니지 못하게 By-Pass 기법을 통하여 해결할 수 있으나, 본 진단에서는 플랜트 설비의 전원을 차단할 수 없기 때문에 유효한 대책이 될 수 없었다. 유도노이즈는 전자유도와 정전유도를 통하여 전달되는 것인데, 이는 선로의 포설형태와 관련된 것으로 노이즈 발생원이 되는 선로와 근접 수평포설 되는 경우 발생된다. 이러한 경우 신호선의 쉴드접지를 통하여 해결할 수 있다.

따라서 본 진단에서는 최소 크게 2가지 방법을 통하여 신호선의 노이즈 문제를 해결 하기위하여 접근했으며 앞서 언급했듯이 노이즈 발생원에서의 노이즈 바이패스는 현장 여건상 구현이 불가능했으며, 노이즈 차폐나 신호선의 노이즈 감쇄는 커먼모드 공진 IC필터 적용, 캐리어 주파수 저감을 통하여 해결할 수 있었다.

3. 결론

본 논문에서는 플랜트 내부의 인버터에서 발생한 노이즈에 의해 발생하는 피해사례의 원인분석과 대책에 대하여 다루었다. 반도체 기술 분야와 전력전자소자분야를 적용한 장비가 고도화, 고기능화 하면 할수록 노이즈 장애는 더욱 복잡한 양상을 나타나게 된다. 특히 플랜트에서는 다양한 노이즈 발생원에 의한 장

애가 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 방법으로 대별될 수 있다.

따라서 본 논문에서는 플랜트에서 발생하는 노이즈 특성, 장애사례, 원인분석, 대책을 제시하였다. 이와 같이 현장에서 노이즈에 의해 발생하는 사례에 대한 논리적이고 분명한 해석과 대책은 산업현장에서 노이즈 문제해결에 크게 기여할 것으로 여겨진다.

References

- [1] Sang-Bong Yoo, The Effect Analysis in case of the Countermeasure and Trouble-Examples for the Noise of Control Equipment System, The Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.19 No.6, Sep.2005.
- [2] Bok-Hee Lee, Characteristics of the Electromagnetic Pulses Radiated from Intracloud Lightning Discharges, Proceedings of KIEE Annual Conference 2004.
- [3] Seok-Ha Park, EM/EMC of The Electric/Electronic Equipments, The Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.13 No.4, Dec.1999.
- [4] Sang-Bong Yoo, A Study on the Countermeasure and the Effect of Countermeasure about Trouble-Examples by Noise in Plants, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.15 No.5, Sep.2001.
- [5] Shuo Wang, Yoann Yorrick Maillet, Fei Wang, Dushan Boroyevich, Rolando Burgoes, Investigation of Hybrid EMI Filters for Common-mode EMI Suppression in a Motor Drive System.
- [6] Jindal, R.P., Compact Noise models for MOSFETs, IEEE Trans, Vol 53, Issue 9, pp2051-2061, 2006.
- [7] Demir, A, Phase noise and timing jitter in oscillators with colored-noise sources, IEEE, Trans. Circuits and Systems I, Vol 49, Issue 12, pp1782-1791, 2002.
- [8] Sung-Kye Lee, Kwang-soo Park, Ki-Seob Lee, Sang-Rock Yoon, On-Sik Choi, Nam-Deog Kim, An Improved LC Filter for Reduction of WWAN Noise, IEEE Trans. 2008.
- [9] Narasimha, R, Bandi, S.P, Rao, R.M, Mukund, P.R, 1/f noise synthesis model in discrete-time for circuit simulation, IEEE Trans. Circuits and Systems I, Vol 52, Issue 6, pp1104-1114, 2005.

[10] Tasic, A, Serdijn, W.A, Long, J.R, Low-noise biasing of voltage-controlled oscillators by means of resonant inductive degeneration, IEEE, Trans. Circuits and Systems. ISCAS '03. 2003.

◇ 저자소개 ◇



김경철 (金慶哲)

1954년 1월 20일생. 1977년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 1977~1982년 국방과학연구소 연구원. 1982~1984년 NMSU 전기공학과 졸업(석사). 1984~1988년 UTA 전기공학과 졸업(박사). 1988~1991년 한국전기연구소 선임연구원. 1991년~현재 홍익대학교 전기공학과 교수.



최형범 (崔炯範)

1970년 8월 6일생. 1997~1999년 홍익대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007~2009년 썬파워에너지시스템 CM. 2007~2012년 홍익대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 충북대학교 BK21 연구원.



황영록 (黃永祿)

1964년 2월 23일생. 1991년 인천대학교 전기공학과 졸업. 1991~1995년 한전 영광원자력본부 QA. 1995~2000년 한국전기안전공사 기술부. 2000~2006년 서울유일엔지니어링 진단부. 건축전기설비 기술사. 현재 (주)한국전기기술 대표이사. 홍익대학교 석사과정.



김용관 (金容寬)

1986년 6월 24일생. 2012년 홍익대학교 전기공학과 학사졸업. 2012~현재 홍익대학교 대학원 전기공학과 석사과정.



유창훈 (劉昶熏)

1986년 9월 14일생. 2012년 홍익대학교 전기공학과 학사졸업. 2012~현재 홍익대학교 대학원 전기공학과 석사과정.