

EMI 현상과 그 대책

張 都 鉉(湖西大 電氣工學科 副教授)

1. 서언

최근 디지털 기술과 반도체 기술 등의 급속한 발달에 따라 전기·전자기기의 소형화, 고속화, 고집적화가 가능하게 되었고, 또한 이들을 작은 구동에너지로 동작시킬 수 있게 되었다. 그런 반면, 주변기기의 동작시 발생하는 인위적인 제어가 어려운 미소한 전자파는 현재 운전되는 기기에 민감하게 반응하여 오동작을 빈번하게 일으키게 되었다. 최근, 전력에너지 사용함에 있어서 계통선로가 많이 설치되고, 많은 전기·전자기기가 사회 각 전반에 보급됨에 따라 전자파 밀집도가 증가하여 기기의 주변 전자파 환경은 더욱 악화되었다. 이러한 환경에 설치된 기기가 원래의 목적대로 동작하지 않아서 통신, 항공, 또는 소방 시스템에 혼란을 일으키거나 인체에 장애를 일으키는 등 많은 문제점이 나타나게 되었다. 오늘날 이러한 전자장해(electromagnetic interference : EMI)현상을 고도정보화 사회의 신종 공해문제로 다루려 하는 것이 국내외적인 추세이다. 최근 전파의 이용범위가 확대, 다양화 됨에 따라서 필연적으로 방출되는 불필요한 전자파에 의한 주변환경이 매우 복잡해지고 위태로운 상황으로 변져갈 것으로 예상할 수 있다.

전자장해의 문제점을 해결하기 위해서는 두가지 측면으로 접근할 수 있는데 하나는 의도적으로 전자파를 발생시키지 않아도 방사되는 불요전자파를 억제하는 방법이고 다른 하나는 주어진 전자파 환경내에서 장애를 받지 않고 정상적으로 동작할 수 있도록 사용기기의 내력(immunity)을 강화시키는 방법이 있다. 일반적으로 전자는 EMI현상에 관련되는 분야이고 후자는 EMS(electromagnetic susceptibility : 전자파 감응성) 또는 전자파 내력에 관계되는 분야이다.

2. 전자파와 산업기기

1970년 후, 디지털 회로기술이 발전하고 마이크로프로세서가 개발됨에 따라서 NC선반, 로봇 등과 같이 수치제어로 동작하는 각종 산업기기가 출현하게 되었다. 이러한 산업기기들은 지시한대로 시간과 함께 예정동작을 하게 되었다. 그러나, 외부로부터 예상치도 않았던 변화로 인하여 산업용 로봇이 각 공정에서 엉뚱한 동작을 하게 된다면 제품 생산에 큰 손실을 초래할 뿐만 아니라, 최악의 경우에는 인명손실까지 가져오기도 한다. 산업용 로봇과 자동화된 동작기계 등은 디지털 회로를 이용하고 있으며 각종 메모리

소자가 내장되어 있다. 이러한 메모리 소자들은 미약한 전류에서 고속으로 동작하는데 계통선내의 임펄스 잡음, 공장내의 각종 전기 접점, 즉 마그네트 스위치, 릴레이, 전동기의 정류자 등에서 발생하는 개폐잡음 및 고주파 이용장치나 도시 주변에 산재해 있는 네온사인, 전철의 전기공급선 등에서 발생하는 방전현상 등의 잡음으로 인해 메모리 소자는 예측하지 못한 오동작을 할 수 있다. 외부에서 침입한 미약한 전류가 메모리 소자에 기록되었던 원래의 정보를 없애버리거나 또는 다른 정보를 기록케하여 원래의 동작을 흐트러지게 하기 때문이다. 이러한 목적외의 동작을 방지하기 위해서는 불요전자파의 침입을 적극적으로 제거하거나, 불요전자파가 없는 곳에 공장을 설립할 수 밖에 없다. 그러나 후자와 같은 환경이 이루어지더라도 공장내의 전기설비에 따른 각종 스위치 등의 잡음원을 완전히 배제할 수는 없다. 따라서, 산업용기기 자신의 잡음 배제능력을 갖추게 할 수 밖에 없다.

산업안전의 측면에서 목적외의 동작이 발생하지 않도록 하여야 한다. 따라서 실제로 발생한 오동작에 대한 사례연구를 통하여 현상을 인식하는 것이 산업체 현장의 실무자들에게는 도움이 될 것이다. 사례를 통하여 주위에 설치되어 있는 각종 산업기기들을 주의깊은 눈으로 바라볼 수 있으며 안전유지도 가능할 것이다.

1982년 일본에서 발생한 예를 들어 보기로 하자. 피해자인 33세의 A씨는 CNC선반 작업중 선반의 주축에 장착되어 있는 공작물이 편심으로 흔들리는 것을 바로 잡으려고 CNC선반을 정지시켜 공작물의 편심을 수정하고 있었는데, 정지하고 있어야 할 CNC선반이 갑자기 작동하기 시작하여 A씨는 CNC선반 주축에 빨려 들어가 머리, 가슴 등의 부위에 상처를 입고 사망하였다. 사고 원인을 조사해본 결과 주축 전동기의 속도를 제어하는 제어회로에 전자파 잡음이 침입한 것으로 밝혀졌다. 이 전자파 잡음은 CNC선반이 설치되어 있는 건물 외부에서 작업중이던 지게차의 스파크로부터 발생한 잡음임이 밝혀졌다.

이러한 사고는 일례에 불과하며, 전자파 잡음으로 방해를 받는 기기의 주요 내용을 정리해 보

면 표 1과 같다. 표 2는 전자파 잡음으로 인한 로봇 장애의 구체적인 내용을 나타낸다. 단연, 급정지와 갑작스러운 동작이 가장 많다. 이는 경우에 따라서는 인명피해와 같은 최악의 사태를 유발시킬 수 있음을 암시해 주고 있다. 그림 1은 일본의 경우 전자파 잡음으로 인한 문제발생의 연차적인 변화를 나타낸다. 최근에 와서 급격히 증가하고 있음을 알 수 있다. 자동차 회사의 아크 용접용 로봇이 외부의 전자파 잡음으로 인하여 작업도중 갑자기 정지해 버린다면 생산공정

표 1. 방해를 받는 기기의 주요 내용

방해를 받는 기기	건 수
용접 로봇	55
NC 장치	38
순서제어장치	25
조립로봇	21
무인 운반로봇	16
마이크로컴퓨터식 로봇	11

표 2. 로봇 장애의 주요내용

문제발생 내용	건 수
급정지, 돌연한 폭주	67
위치 결정불량	28
프로그램의 내용변화	24
이상동작	18
운전불통	13

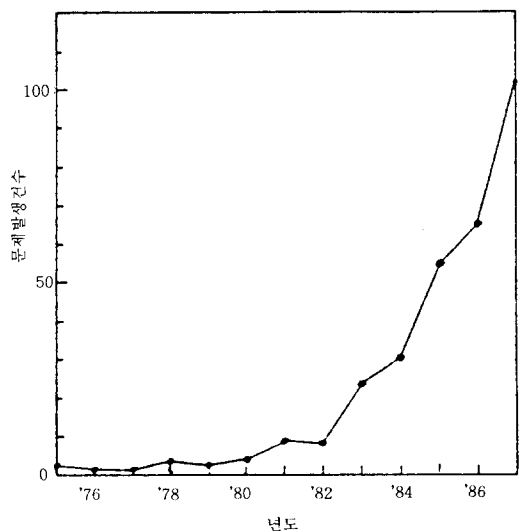


그림 1. 문제발생의 연차변화

의 차질을 발생시켜 생산성을 저해할 뿐 아니라 품질보존도 할 수 없게 된다. 이와 같은 경우에는 단순한 물질적 피해에 해당하지만 경우에 따라서는 인명손실을 초래할 수가 있다. 전자파는 우리들의 일상생활에 도움을 주는 반면, 건강을 해치기도 하고 심지어는 2차재해를 유발하여 생산현장의 근무자 생명까지 앓아가기도 한다. 이러한 전자파 잡음을 적절히 제어하기 위해서는 전자파 환경공학(EMI/EMC)의 기술이 산업기기를 설계하는 단계에서 철저히 고려되어야 한다.

3. 전자파 잡음의 분류

전자파의 잡음원은 여러가지 종류로 구분할 수 있으나 여기서는 선로에 따른 전력계통에서의 전자파 잡음을 분류하였다. 즉, 계통전압에 따라 송전선, 배전선, 일반 수용가의 전등선으로 분류하여 구분하였다.

3.1 송전선상에서의 분류

3.1.1 코로나 방전에 의한 잡음

코로나 방전은 전위경도가 큰 날카로운 전극의 선단부에서 절연과파가 일어날 때 발생하며 어느 쪽 전극이 +나 -냐에 따라 정코로나 방전 또는 부코로나 방전으로 잡음특성이 달라진다. 코로나 방전시 발생하는 잡음은 간헐적인 펄스전류의 발생으로 인한 잡음과 방전에 수반되는 고주파 진동에 의한 잡음으로 구분된다.

3.1.2 라디오 잡음

송전선으로부터 발생하는 라디오 잡음에 대해서는 2차대전후 초고전압 송전선이 건설된 후부터 비가 올 때 생기는 코로나 방전에 기인한 라디오 수신장애가 문제시 되었다.

3.1.3 전자유도

송전선으로부터 통신선의 전자유도 문제는 전력회사와 통신회사가 유도협정에 의해 처리하게 된다. 일본에서는 차폐물체로 가공지선, 전력케이블의 금속샷시, 고속도로의 가드레일 등을 사용하고 있다.

3.1.4 정전유도

정전유도는 고전압의 물체가 다른 물체에 발생

시키는 전기적 유도를 의미한다. 고전압 송전선에 의한 전계는 교류에서 전계치가 수 [kV/m]에 이르고 있다. 정전유도는 피유도물체가 접지되어 전류가 흘러 전류치가 문제되는 경우와 피유도물체가 절연이 되어 유도전압이 문제가 되는 두 가지 경우로 나눌 수 있다.

고압 송전선 아래의 지표면 근처에서 전계의 세기는 (1)송전전압, (2)송전선로의 기하학적 모양, (3)송전선로의 높이, (4)송전탑 접지 급속물질의 근접, (5)지면으로부터의 측정점 높이 등에 의해 결정된다.

3.1.5 이상전압

전력선에 이상전압 발생시 이에 따른 전원의 차단이나 과도특성이 발생되며 EMI의 원인이 된다. 이상전압의 원인으로는 뇌현상이 많으며 이는 EMI뿐만 아니라 선로사고의 큰 원인이어서 이에 대한 대책을 강구하는 것이 전력계통의 신뢰도를 향상시킬 수 있다. 그의 원인이어서 선로 개폐시의 과도전압, 고장시의 과도 이상전압 등이 있다.

3.2 배전선상에서의 분류

3.2.1 고조파 발생원

배전계통에서는 다양한 부하들이 연결되어 있어서 전원에서는 순수한 정현파를 공급한다고 하더라도 부하의 특성이 비선형이면 그 부하에 비정현파가 된다. 이 때 나타나는 고조파 전류가 전원측으로 다시 유입되어 배전계통의 다른 부하나 전기설비에 나쁜 영향을 주게 된다. 배전계통에 큰 영향을 주는 고조파 발생원으로는 (1) 비선형 부하 외에 (2)자기포화성이 강한 변압기, 리액터 (3)회전기(전동기, 발전기) (4)교류를 직류로 변화하는 순 브리지 정류회로, (5)주파수 변환을 행하는 사이크로 컨버터, (6)사이리스터 위상 제어에 의한 교류전력제어기 등이 있다.

3.2.2 순시전압변동

전원의 순시전압 변동의 원인에는 전력공급측에 의한 원인과 수용가측에 의한 두 가지 원인이 있다. 전력공급측의 순시저하는 전력계통의 고장에 의해서 전압이 떨어져 보호 릴레이가 동작함으로써 고장을 제거하기까지의 순간적인 전압강

하를 말한다. 순시정전은 보호릴레이와 차단기라고 장을 제거하면서 전압이 완전히 영(zero)인 상태로 부터 재송전까지의 현상이다. 이와 같은 전원의 순시변동은 각종 전기기기의 기능정지, 오동작을 유발시키고 릴레이나 전자접점 등에서는 이상개폐현상, 혹은 자기보호의 동작정지 등에 원인이 된다.

3.2.3 임펄스 잡음

전원계 잡음이 전자기기에 침입하면 기기에 많은 영향을 미친다. 전원계 잡음은 전력선 자체에서 발생하는 잡음과 부근의 기기 혹은 수용가의 부하 등에서 전원선에 침입하는 잡음으로 나눌 수 있다.

전력선 자체에서는 방전잡음, 순시정전과 전압강하, 계통고장시 혹은 뇌에 의해서 잡음이 발생하며 이들 중 임펄스 또는 서어지는 기기에 치명적인 영향을 미치는 때문에 매우 중요하다고 할 수 있다. 임펄스의 원인으로는 (1)순시정전, 순시전압강하 (2)방전서지 (3)뇌서지 (4)개폐서지 등이 있다.

4. 전자파 잡음 및 고조파 저감기술

4.1 전자파 잡음 저감 기술

전자파 잡음이 현실적인 문제로 대두되기 시작한 것은 전자회로의 고집적화, 광대역화 및 고속화에 의해 신호가 공간적, 시간적으로 고밀도화한 것으로부터 유래한다. 환경공해 문제에서는 가해자 자신이 피해자가 된 구조가 대부분이며, 잡음의 문제도 이와 같다. 피해자가 되지 않기 위해서는 자신도 잡음을 내지 않을 필요가 있다.

잡음원이 존재하더라도 전달경로가 없으면 영향을 미치지 않는다. 이 경로는 회로도 상에는 명시되지 않은 것이 대부분이며, 회로소자간의 모든 결합관계가 회로도 상에 기술되지는 않는다. 그러나, 잡음문제 해결의 본질은 불필요하고 유해한 회로소자간의 결합을 통찰하는 것이다. 회로설계와 실장기술에서 전자파 및 고조파 잡음 발생의 저감 방법으로서 다음과 같은 것들이 있다.

4.1.1 차폐 (Shielding)

잡음원과 잡음의 영향을 받는 회로나 전기전자

기기 사이에서 잡음의 영향을 차단하는 금속체를 실드(shield)라고 한다. 일반적으로 실드는 대상을 2개의 공간으로 분리한다. 즉, 한쪽의 공간은 잡음원을 포함한 전자계가 존재하는 영역이며, 다른 한쪽은 차폐가 되어 전자계가 존재하지 않는 영역이다. 이러한 차폐는 2가지의 경우를 생각할 수 있다. 하나는 잡음원이 실드 밖에 있도록 하는 경우이며, 또 하나는 잡음원을 실드 내에 있도록 하는 것이다.

4.1.2 접지(grounding)

접지는 회로나 전기전자기기를 지구와 동일한 전위가 되도록 하는 것이다. 접지의 목적은 크게 2가지가 있다. 제1의 목적은 기준전위를 정하는 것이며, 제2의 목적은 사용자를 전기 충격으로부터 보호하기 위한 것이다. 전자회로를 빠르게 접지하면 신호의 기준전위가 정해지고 안정된 동작이 보증되지만 접지점의 변위가 변동하면 잡음이 발생하게 된다. 잡음 저감을 위한 접지 기술은 여러가지가 있지만 주요한 것을 간추려보면, (1)접지회로의 임피던스를 가능한 한 작게 할 것. (2)접지회로에는 가능한 한 전류가 흐르지 않게 할 것 (3)그라운드 루프가 형성되지 않도록 할 것 등이다. 접지의 방식도 (1)한점에 접지하는 방식 (2)여러 점에 접지하는 방식 등이 있다.

4.1.3 잡음보상

위에 열거한 것은 회로도에 명확히 기술되지 않는 잡음 및 잡음의 형태를 알고 있더라도 침입의 위치를 정확하게 알 수 없고 또한 잡음의 크기를 정확하게 예측할 수 없을 때의 잡음저감법이다. 만약, 잡음이 침입하는 위치를 알고 잡음의 크기를 예측 가능할 경우 검출된 잡음 신호와 위상차가 180° 이고 크기가 같은 2차음을 주입함으로써 잡음을 제거할 수 있다.

4.1.4 접점잡음 제거기술

스위치나 릴레이의 접점을 개폐할 경우 불꽃방전이 생길 수 있다. 여기서 생성되는 펄스전류와 전계, 자계에 의해 잡음이 발생하게 된다. 방전을 근본적으로 방지하는 방법은 점접점압의 상승을 방전개시전압 이하로 억제하면 된다. 이를 위해 여러가지 종류의 소자나 회로를 부가하여 인덕턴스에 축적된 에너지를 소비시키든가 또는 소

비시간을 연장시켜 전압 상승을 억제시킨다.

4.1.5 고조파 저감기술

고조파 발생요인은 크게 두가지 그룹으로 구분할 수 있는데 그 중 하나는 근래에 이르러 사용이 급격히 늘어난 첨단 제어장치, 전력전자기기 등 다양한 반도체 스위칭 설비에 의한 것이며 다른 하나는 기존 전력기기가 비선형 특성영역에서 운전하여 발생하는 것이다. 어느 경우나 전원에서 볼 때 모두 비선형 부하로 간주할 수 있는데, 이러한 비선형 부하의 유형이나 양이 증대하면, 전원측에 많은 고조파 전류가 흐르고 따라서 전압의 왜형이 발생하여 계통내에 다른 설비에 까지 악영향을 미치게 된다. 이러한 고조파를 저감하기 위한 대표적인 기술로는 수동필터가 있다.

수동필터는 가장 일반적으로 사용되어 왔던 방

법으로써 주로 R, L 및 C로 구성되었다. 이러한 R, L, C의 크기는 제거하고자 하는 고조파의 주파수에서 직렬공진이 발생되도록 설정한다. LC 필터에는 여러가지 종류가 있지만 일반적으로 사용하는 것은 L 및 C의 공진상태에서 임피던스를 영으로 함으로써 고조파 전류가 흐르도록 유도하는 것으로서 대역필터(band pass filter)와 고역통과필터(high pass filter)가 있으며 이들 중 경제성과 특수성을 고려하여 사용되고 있다.

참 고 문 헌

- 1) Richard Nailen, "EMI : the invisible plague", Electrical Apparatus, pp.23~28, Jan., 1989.
- 2) "EMI 기초연구", 한국전기연구소 연구보고, 1987.2.
- 3) 김기채, "전파는 위험하지 않는가", 전파과학사, 1991.

◇ 著 者 紹 介 ◇



장 도 현(張都鉉)

1956년 8월 24일생. 1980년 3월 한양대 전기과 졸업. 1982년 3월 서울대 전기과 대학원 졸업(석사). 1989년 8월 서울대 전기과 대학원 졸업(박사). 현재 호서대 전기공학과 부교수.

照明·電氣設備學會誌

Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers

Vol.9, No.5, 1995

— 論文目次 —

Contents

-
- (9-5-1) ● 조명기구 부하곡선 실태조사 郭熙榮 · 李鐵雨 · 37
 A Survey on the Actual Load Curve of Lighting Apparatus
 郭熙榮 · 李鐵雨 · 37
- (9-5-2) ● 위상각제어에 의한 단상유도전동기의 속도제어
 任永泰 · 李承榮 · 崔煥禧 · 張炳坤 · 鄭榮謙 · 張永學 · 張學忠 · 41
 Speed Control for Single Phase Induction Motor Using Phase Angle
 Y.C. Lim · K.H. Kim · C.H. Choi · S.H. Na · Y.G. Jang · Y.H. Chang · H.C. Chang
- (9-5-3) ● 새로운 단상 3전위 인버터회로의 구성에 관한 연구 李鍾洙 · 白禮顯 · 51
 A Study on Composition of A Novel Single Phase 3 Level Inverter Circuit
 李鍾洙 · 白禮顯 · 51
- (9-5-4) ● 배전선로의 고조파 성분억제가 가능한 단위역률 전력변환기 개발에 관한
 연구 朴基福 · 下永福 · 鄭純在 · 金結英 · 57
 A Study on the Unity Power Factor Converter to Inhibit Harmonics of Distri-
 buted Line 朴基福 · 下永福 · 鄭純在 · 金結英 · 57
- (9-5-5) ● 배전시스템의 신뢰성 분석을 위한 분포형 신뢰도 프로그램 개발
 韓成浩 · 李 鎭 · 金載浩 · 64
 Development of Analytical Reliability Evaluation Program in Distribution
 Systems 韓成浩 · 李 鎭 · 金載浩 · 64
- (9-5-6) ● 이중 프로세서를 이용한 컴퓨터 건조기의 전자 제어장치 성능 개선에 관한
 연구 朴世賢 · 71
 A Study on the Improvement of Electronic Controller for Computer
 Dryer used Dual Processor 朴世賢 · 71
- (9-5-7) ● 자동화 시스템의 성능 향상을 위한 디지털 제어기 설계
 趙正煥 · 李錫慶 · 80
 The Design of Digital Controller for Performance Improvement
 of Automation System 趙正煥 · 李錫慶 · 80
-

THE KOREAN INSTITUTE OF ILLUMINATING
 AND ELECTRICAL INSTALLATION ENGINEERS
 300-4, Yeosu-dong, Daejeon-Kyungnam-Ku,
 Seoul 135-703, KOREA
 TEL: (02) 944-8934 ~ 5 FAX: (02) 3463-8041

