2002년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2002.7.10-12

전력계통과 전자기적합성(EMC)

김언석*, 김재철**, 최준호**, 문종필**
*한국전기연구원 **숭실대학교 전기공학과

Power System and Electromagnetic Compatibility(EMC)

Oun-Seok Kim*, Jae-Chul Kim**, Joon-Ho Choi**, Jong-Fil Moon**
*KERI **Soongsil University

Abstract - 본 논문에서는 전력계통 관련 기기에서 문제가 되고 있는 전자기적합성(Electromagnetic Compatibility, 이하 EMC)을 다루고자 한다. 전력계통은 서지와 같은 많은 전자기 장해를 발생한다. 그래서 최근 제정 및 개정되고 있는 전자기기 회로가 포함되어 있는 IEC 규격에서는 대부분 EMC 시험을 포함하고 있다. 본 논문에서는 전력계통과 EMC 연관성을 검토하고자 한다. 또한 주요 중전기기의 EMC 규격 동향을 소개하고자 한다. 마지막으로 국내 전력계통 기기에서 발생한 실제 EMC 문제를 소개하고자 한다.

1. 서 론

최근 디지털 제품은 마이크로프로세서의 속도 증가, 집적회로(IC)의 집적도 증가 및 낮은 동작전압 때문에 과도전압에 취약하다. 전력계통에 설치되는 전자기기들은 이들 과도 서지로부터 파괴 또는 오동작하지 않아야 한다. 또한 이들 기기들은 외부에 고주파 잡음 등을 유발하지 않아야 한다. 이러한 특성을 전자기적합성(Electromagnetic Compatibility, 이하 EMC)이라고 한다.

최근 전력계통 기기들도 마이크로프로세서나 전력용 반도체를 사용하므로 EMC 성능평가를 실시하고 있다. 대표적인 전자응용 기기로는 디지털 보호계전기, 배전자동화용 각종 개폐기 및 차단기류의 제어함, 원격검침용 전자식 전력량계, 고압 및 저압 배전반, 발·변전소용 기기 등 매우 다양하다. 그러나 전력기기 제조자 또는 사용자의 EMC에 대한 이해 부족으로 개발기간 지연, 원가상승, 과도한 시험 레벨 등 많은 시행착오를 겪고 있다.

본 논문에서는 전력계통의 과도 장해를 EMC 측면에서 고찰한다. 국제 규격에서 요구하는 각 제품별 EMC 항목을 소개하고, 국내 기술수준과 비교 검토하고자 한다. 또한 현장에서 경험한 전력계통 관련 문제점을 EMC 측면에서 고찰하여 시행착오를 줄이고자 한다. 본 기술 논문이 중전기기 관계자들의 EMC에 대한 이해의 폭을 넓히는 계기가 되는데 기여하기를 바란다.

2. 본 론

2.1 전력계통 측면에서 EMC 개념

최근 배전계통에 사용하는 중전기기에도 마이크로프로세서(microprocessor)나 디지털회로와 같은 전자회로를 많이 사용하고 있다. 디지털 회로를 사용하는 기기들은 기존 유도형 등 기계식에서 갖지 않은 많은 장점을 가지고 있다. 반대로 단점도 있는데 대표적인 것이 일반적으로 이야기하는 서지와 같은 과도전압(transient voltage)에 약하다는 것이다. 특히 배전계통은 차단기의 스위칭 서지나 낙뢰와 같은 과도전압이 항상 발생할 수 있는 장소이므로 전자기기들은 더욱 취약하다고 할 수 있다. 또 다른 단점으로 디지털 회로를 사용하는 기기는 고속 스위칭 소자에 의해 주변기기의 동작이나 성능에 영향을 줄 수 있다. 대표적인 예로 가정에서 사용하는 무선전화기가 텔레비전의 화면을 찌그러지게 하거나, 산업용 인버터가 고조파를 발생시켜 주변의 전동기나 콘덴서에 과열현상을 유발하는 것이다.

이와 같이 전자기기가 다른 주변기기의 동작이나 성능에 영향을 미치는 현상을 전자기장해(Electromagnetic Interference, 이하 EMI)라 하고, 서지와 같은 왜란에 얼마나 잘 견디는 정도를 전자기내성(Electromagnetic Susceptibility, 이하 EMS)이라고 한다. 그러므로 좋은 전자기기는 다른 기기에 전자기장해(EMI)를 주지도 않아야 하고, 또한 외부의 왜란에도 잘 견디는 전자기내성(EMS)을 가져야 한다. 이들 두 성질을 만족하는 것을 전자기적합성(EMC)이라고 부른다. 전력계통에 사용하는 기기는 특히 전자기내성(EMS)이 중요하다고 할 수 있다.

2.2 전력계통에서 EMC 중요성

최근 몇 년 전까지만 해도 전자기적합성 문제는 통신기기(전화기나 핸드폰 등)나 가정용 전자제품(컴퓨터, 비디오, 오디오 기기 등)에 한정된 것으로 생각하였다. 그래서 전력계통에 사용하는 전기기기들에는 전자기적합성 문제가 없는 것으로 생각하였고, 이들을 거의 고려하지 않았다. 가정용 텔레비전이 전자파장해(EMI) 때문에 화면이 흔들리는 것도 큰 문제라고 생각 할 수 있다. 하지만 전력계통에서 배전 자동화용 개폐기가 오동작 또는 오부동작하여 정전지역이 넓어지고 정전시간이 길어진다면 이것은 더 큰 문제를 야기한다고 할 수 있다. 이러한 관점에서 전력계통이 어느 정도 전자기적합성(EMC)과 관련이 있는지를 기술하면 다음과 같다.

(1) 전력기기의 디지털 및 전자화
디지털 보호계전기, 전력량계, 개폐기 제어함, 전자식 CT 및 PT, 주 변압기 자동전압 조정기(AVR), 디지털 메타 등 디지털 중전기기 개발이 증가하고 있다. 전자회로의 동작전압 감소, 마이크로프로세서 동작 주파수 증가, 집적도 증가 등으로 노이즈에 의한 오동작 가능성이 커지고 있다. 이들 전자기기들은 서지와 같은 과도전압이 많이 발생하는 배전계통에 설치되므로 영향을 많이 받는다고 할 수 있다.

(2) 전력기기의 소형화
설치면적의 문제 및 설치장소의 지하화 등으로 전력기기가 갈수록 소형화되고 있다. 이에 따라 전자기기도 소형화가 되어야 한다. 전자회로의 소형화는 부품간격의 협소화로 고주파 서지가 쉽게 유도될 수 있다. 또한 EMC 대책용 부품을 설치하기 어려운 경우도 발생한다.

(3) 배전 자동화기기에 의한 감시 및 제어
자동화기기의 오동작 또는 오부동작은 사고복구 시간을 지연시켜 정전구간이 넓어진다.

(4) 전력량계 원격검침
원격검침을 실시하는 과정에서 오동작 현상이 발생하면 요금분쟁이 발생한다.

(5) 변전소 무인화
구조개편의 결과로 무인 변전소가 늘고 있어 기기 오동작시 복구시간이 길어질 수 있다.

(6) 대용량 전력용 반도체 소자 사용 증가
인버터나 정류기와 같이 사이리스터(SCR)나 IGBT와 같은 전력용 반도체 소자를 사용하는 전원장치들은 고조파를 발생시킨다. 고조파는 각종 기기의 오동작을 유발하고 수명을 단축할 수 있다.

(7) 전력품질 문제
반도체 제조 회사와 같은 정밀산업 분야에서는 순간정전, 전압강하, 전압변동, 고조파 등이 작은 양질의 전기를 필요로 한다. 타 수용가에서 발생한 고조파가 확산되어 다른 수용가에 피해를 준 경우에는 분쟁이 발생 할 수 있다.

(8) 정밀산업 증가
반도체 제조라인이나 병원과 같은 같은 순간정전이나 고조파가 작은 전기를 필요로 하는 산업이 증가하고 있다.

(9) 수입장벽(TB) 파괴
국제 협정에 의해 수입장벽이 낮아지고 있어 경쟁력 있는 제품만 살아남는다. 이런 사항은 중전기기 제품에도 동일하게 적용되어 신뢰성이 좋은 제품만 살아남을 수 있다.

(10) 전력산업구조 개편
발전, 송배전 분할 후, 사고가 발생 할 경우 책임 한계 문제가 발생 할 수 있다.

(11) PL법 실시
전기제품에서 사고가 발생 할 경우 손해 배상문제가 발생할 수 있다.

(12) 전력계통의 신기술 도입
PLC(power line communication)와 같은 전력계통의 IT(information technology) 분야는 EMC와 밀접한 관계가 있다.

(13) 생활수준 향상
생활수준 향상으로 플리커나 정전은 원하지 않는다.

(14) 발전회사와 송전회사 분리
계통 연계지점에서 각종 전자기기의 오동작으로 문제가 발생 할 경우 책임분쟁의 여지가 있다.

(15) FACTS 기기 보급 확대
FACTS 기기들은 기본적으로 전력용 반도체 및 이들을 제어하는 전자회로들로 구성되어 있어 EMC와 밀접한 관계가 있다.

2.3 전력계통에서 EMC 발생

한전 전력계통에서 EMC 발생과 관련된 중요 요인을 정리하면 다음과 같다.

① 차단기나 개폐기 : 개폐 서지
② 역률 보상용 콘덴서 : 투입 또는 개방 서지
③ 전력용 휴즈 : 차단 서지
④ 대용량 변압기 : 돌입전류
⑤ 송배전선의 재폐로 : 순간정전이나 전압강하
⑥ 피뢰기 : 과도서지
⑦ 낙뢰 : 과도전압 또는 과도전류
⑧ 지락 및 단락 사고 : 순간정전이나 전압강하, 과전류
⑨ 제철소의 아크로 : 고조파나 플리커
⑩ 인버터 : 고조파
⑪ 정류기나 충전기 : 고조파와 리플
⑫ 비상 발전기 : 주파수나 전압 변동
⑬ 3상 불평형 : 부하 불평에 따른 전원의 불평형

전력계통에서 발생하지는 않지만 밀접한 관계가 있는 EMC 종류는 다음과 같다.

① 정전기 : IEC 61000-4-2
전자기기를 만지는 경우 정전기에 의해 전자부품이 오동작 할 수 있다.
② 고주파 무선 방사내성 : IEC 61000-4-3
핸드폰이나 무전기 등에서 발사된 고주파가 공기 중을 통하여 전자기기에 영향을 줄 수 있다. 특히, 방송 송신탑이나 레이더 기지 근처의 전자기기들은 오동작 할 가능성이 크다.
③ 고주파 무선 전도내성 : IEC 61000-4-6
핸드폰이나 무전기 등에서 발사된 고주파가 각종 전원이나 제어, 통신선 등을 통하여 전자기기에 영향을 줄 수 있다.

2.4 EMC 규격과 전력계통 관계

EMC 관련 IEC 기본규격(basic standard)과 전력계통과의 관계를 정리하면 표1과 같다.

표 1. EMC 관련 IEC 기본규격

IEC 규격	규격 내용	전력계통과 연관성
61000-4-2	정전기 내성	디지털기기 정정시 오동작
61000-4-3	고주파 무선주파 방사내성	무선기기 증가로 오동작 가능
61000-4-4	급과도 서지 내성	GIS의 DS 동작시 발생
61000-4-5	서지 내성	낙뢰나 차단기 동작시 발생
61000-4-6	고주파 전도주파 방사내성	전력계통에서는 발생하지 않음
61000-4-8	상용주파수 자계 내성	배전반의 지락 및 접지 사고
61000-4-9	서지 자계 내성	낙뢰의 전류에 의한 자계 발생
61000-4-10	진동파 자계 내성	진동성 전류에 의한 자계 발생
61000-4-11	교류 순간정전 및 전압강하	각종 사고나 재폐로에 의해 발생
61000-4-12	100[㎑] Ring파 내성	전자접촉기의 유도부하 개폐
	1[㎒] 진동파 내성	
61000-4-13	고조파 내성	전기로나 인버터의 사용
61000-4-14	전압변동 내성	전기로 사용이나 선로 전압강하
61000-4-16	0[Hz]에서 150[㎑]까지 전도내성	통신 선에 교류전압 낙하
61000-4-17	DC 파워의 리플 내성	교류를 직류로 변환시 발생
61000-4-27	3상 불평형 내성	단락이나 과부하에 의해 발생
61000-4-28	주파수 변동 내성	탈조나 비상발전기 가동시 발생
61000-4-29	직류 순간정전 및 전압강하 내성	단락이나 각종 고장시 발생

2.5 중전기기의 EMC 관련 규격

전력계통 관련 중전기기 중에서 IEC 규격에서 EMC 성능평가가 포함된 제품규격 및 성능평가의 중요성을 기술하면 다음과 같다.

① 전자식 전력량계 : IEC 61036
오동작시 전기요금 문제 발생
② 전자식 타임스위치 : IEC 61038
전자회로의 오동작시 전력 투입시간 변경으로 전기요금 문제 발생
③ 보호 계전기 : IEC 60255-22 시리즈 7종
오동작 또는 오부동작 시 정전지역 넓어지고 복구시간이 지연
④ 배전 자동화용 제어함 : IEC 60870-2-1
원격상태에서 계측 및 제어를 하므로 신뢰성 중요
⑤ 누전차단기 및 저압차단기 : IEC 61008-1, IEC 61009-1, IEC 60947-2
전자회로의 오동작시 잦은 정전이 발생하므로 EMC 성능 중요
⑥ 배전반 : IEC 60439-1, IEC 60298
배전반에 설치되는 기기가 디지털화되고 있어 EMC 성능 중요
⑦ 모터 콘트롤 센터(MCC) : IEC 60947-4-2
전자회로 및 전력용 반도체를 사용하며, ON-OFF시 서지발생으로 EMC 성능 중요
⑧ 전자식 PT 및 CT :IEC 60044-7, IEC 60044-8
2차 회로에 전자회로가 포함되어 EMC 성능 중요
⑨ 무정전전원장치(UPS) : IEC 62040-2
전자회로 및 전력용 반도체를 사용하고 정전이 없어야하므로 EMC 성능 중요
⑩ 인버터(Inverter) : IEC 61800-3
전자회로 및 전력용 반도체를 사용하고, 고조파가 많이 발생하여 EMC 성능 중요
⑪ 정류기 및 충전기 :IEC 61204-3
전자회로 및 전력용 반도체를 사용하고, 고조파가 많이 발생하여 EMC 성능 중요
⑫ 고압 스위치류 일반 규격 : IEC 60694
차단기, 개폐기, 리크로져, GIS 등의 기본 규격이며, 차단이나 개폐시의 서지로 EMC 성능 중요

2.6 중전기기에서의 EMC 문제(사례)

국내 발.변전소 및 송배전용 전자식 기기와 관련한 EMC 문제 중 대표적인 사례는 다음과 같다.

(1) 주 변압기용 AVR 오동작

변전소 주변압기 제어용 AVR이 낙뢰가 있는 날 오동작하여 원인 분석을 하였다. 오동작 현상은 장치가 정지하는 것이었다. 또 다른 오동작 현상은 전압 탭이 비정상적으로 높은 탭으로 바뀌어 수동으로 조정한 경우도 있었다고 하였다. 먼저, 이러한 현상은 EMC 문제라고 생각하여 동일한 에러를 유발하기 위하여 설치장소에서 발생 할 수 있는 서지 파형을 인가하였다. 시험 결과 동일한 현상이 발생하여 제조자의 매뉴얼을 검토하였다. 문제 제품은 일부 EMC 시험을 실시하였으나 에러가 발생하는 시험 종류는 실시하지 않았다. 제조자가 실시한 서지 시험은 에러가 발생한 서지보다 주파수가 훨씬 낮은 것이었다. 그런데 제조자는 만약 더 높은 주파수의 서지가 있는 장소에서는 서지 대책을 세우고 사용하도록 하였다. 문제된 제품에 대하여 페라이트를 추가하여 시험한 결과 오동작 현상이 일어나지 않았다.

(2) 정지형 보호 계전기 오동작

변전소 보호 계전기가 오동작 하는 현상이 발생하여 원인을 분석하였다. 당소(KERI)에서 보유한 전도성 서지 약 5종을 인가해 본 결과 오동작 현상이 없었다. 그래서 고조파 쪽으로 관심을 돌렸다. 문제된 계전기는 아날로그 연산 방식이었다. 동작 원리는 선로의 전류를 직류로 변환하여 A/D 변환기로 읽어들이는 방식이었다. 실험결과 고조파 성분도 기본파 성분과 동일하게 판단하였다. 디지털 계전기에서는 보통 FFT 방식을 사용하여 기본파 성분만을 연산하고 있다.

(3) 심야전력용 전자 접촉기 손상

심야전력용 타임 스위치와 연결되어 보일러 등의 전력을 제어하는 전자 접촉기가 대량으로 고장나는 현상이 발생하였다. 심야전력용 보일러 등은 하루에 4번 ON-OFF를 반복한다. 이때 발생된 서지가 전자 접촉기를 파괴하였다고 사료된다. 서지 전압이 낮은 경우에도 반복적으로 인가되면 전자부품이 노화되어 오동작 현상이 발생할 수 있다. 전자 접촉기의 전자회로 부품 중 서지에 약한 부품이 사용되었던 것으로 추정된다.

(4) 화력 발전소용 산소(O_2) 분석장치 오동작

화력발전소의 굴뚝에서 연기중의 산소 양을 측정하는 디지털 장치가 있는데 발전소를 기동하는 경우에 오동작한다고 하였다. 오동작 현상은 측정장치의 정지현상 이었다. 원인은 발전기의 여자 전류 제어용 대용량 정류 시스템에서 발생하는 고주파수의 노이즈라고 생각하였다. EMC 시험 중 비슷한 파형을 인가한 결과 동일한 오동작 현상이 발생하였다. 산소 분석장치의 PCB를 다시 설계하여 좋은 결과를 얻었다.

(5) 전자식 전력량계 오동작 문제

전자식 전력량계가 오동작하여 사용전기량을 잘못 계량하는 일이 발생하였다. 해당 국제규격에 따라 EMC 시험결과, 일부 시험에서 비휘발성 메모리가 완전히 지워지는 현상이 발생하였다. 또한 어떤 서지 전압 레벨에서는 연산을 멈추는 현상도 발견되었다. 연산 멈춤 현상은 전원을 ON-OFF 하면 자동으로 사라졌다. IEC 전력량계 평가기준은 기록된 전기량의 극히 적은 양만 변동을 허용한다. 기록된 전기량 및 정정치도 지워진 것으로 보아 EMC 성능이 부족한 것으로 추측된다.

3. 결 론

본 논문에서는 전력계통에서의 전자기적합성(EMC) 문제를 검토하였다. 검토결과, 현재의 상황은 전력계통에서 EMC 문제가 더욱 중요해 지고 있다는 사실을 알았다. 전력계통에서 사용하는 대부분의 전자기기는 EMC 문제를 발생시키거나 영향을 받는 것으로 보인다. 중전기기 관련 국제 규격에서도 EMC 성능평가가 대폭 강화되고 있는 것으로 분석되었다.

EMC 문제는 제조자 및 사용자 모두에게 문제가 되고 있다. 또한 전기제품 수출시에도 EMC 인증서(certificate)를 요구하고 있다. EMC 문제의 중요성을 산학연 모두 인식하여 적극적인 대처가 필요하다고 사료된다.

[참 고 문 헌]

[1] 김언석 외, "보호 및 제어기기의 전자기적합성(EMC)", 전력계통 보호제어연구회 기술세미나 논문집, 2000.11
[2] 김언석, 김재철 외, "배전자동화용 개폐기 제어함 및 원격단말장치와 전자기적합성(EMC)", 전력계통 보호제어연구회 기술세미나 논문집, 2001.11
[3] 김언석, "배전계통에서의 전자기적합성(EMC)과 고조파", 한전 배전처 전국내선.계기과장 회의자료, 2002.4
[4] IEC 61000-4 시리즈(EMC Basic Standard)