

전자식 전력량계의 전자기적합성(EMC) 고찰

김 언석, 정 병하, 김 경환, 정 중일, 김 재철
한국전기연구원 송실대학교

Electromagnetic Compatibility of Electric Watt-Hour Meter

Oun-Seok Kim, Byung-Ha Jung, Kyung-Hwan Kim, Jung-Il Jeong,
Korea Electrotechnology Research Institute

Jae-Chul Kim
Soongsil University

Abstract - 본 논문은 전자식 전력량계의 전자기적합성(EMC)에 대하여 고찰하였다. 전력량계 관련 EMC 요인을 IEC 61000-4 시리즈 규격을 중심으로 고찰하였다. 또한 규격별 EMC 성능평가 항목에 대해서도 비교 검토하였다. 검토결과 국내기준은 국제규격보다 미흡함을 발견하였다. 이들을 바탕으로 국내 규격의 EMC 성능평가 개선방안을 제안하였다. 전자식 전력량계 EMC 개선방안을 연구하는데 기초 자료가 되었으면 한다.

1. 서 론

전기 수용가의 요금을 계산하기 위한 전력량계의 기술이 빠르게 발전하고 있다. 기계식이 전자식으로 바뀌고 있고, 수동검침 방식에서 자동검침 또는 원격검침으로 바뀌고 있다. 2001년 12월 현재, 저압 수용가는 대부분 기계식이며 약 15만대가 설치되었고, 고압 수용가는 기계식이 약 만 3천대 그리고 전자식이 약 8만 3천대 설치되었다. 한전의 계획에 의하면 가정용 전력량계도 모두 전자식으로 바꿀 예정이라고 한다. 전력량계 관련 환경 변화도 많이 달라지고 있다. 첫째, 전력산업 구조개편 및 배전사업 민영화 추진이다. 이는 전력회사 간 다양한 거래 형태에 적합한 탄력적인 계량장치를 필요로 한다. 또한 전력거래 신뢰도 향상을 위한 정밀도 향상, 고객에 대한 전력거래정보 제공 등을 요구한다. 둘째, 신기술 개발 장치 개발이다. 최근 전자부품 및 정보통신 기술 발달로 다기능, 고기능, 경제성을 겸비한 전력량계가 국산화 개발되고 있다. 최근 개발제품들은 고조파 분석이나 전력품질 측정 등도 가능하다. 계량 및 시간대별 요금 제도를 통한 수용가 측 수요관리 기능도 가능하다. 셋째, 검침업무의 선진화다. 수동검침 방식에서 무선, PLC(power line communication) 등을 이용한 원격검침이 활발히 도입되고 있다. 원격검침을 할 경우 정확한 검침, 인건비 감소, 시간대별 요금제도 가능 등 장점이 많다. 한전자료에 의하면 2002년도에 계약전력 100kW 이상 전체 고압고객을 대상으로 원격검침을 실시한다고 한다.[1].

전자식 전력량계 도입 및 원격검침 실시는 여러 가지 장점에도 불구하고 큰 문제를 야기할 수도 있다. 전자식 전력량계는 기본적으로 마이크로프로세서를 사용한 컴퓨터 시스템을 사용하고 또한 통신을 위한 모뎀을 사용하고 있다. 이러한 기기들은 최근 전자기술의 발달로 전자부품의 동작전압이 낮아지고 마이크로프로세서의 동작속도가 높아지며 전자부품의 집적도가 높아 서지(surge) 또는 과전압(overvoltage) 등 각종 왜란(disturbance)에 파괴되거나 오동작 할 수 있다. 모뎀 또한 유선을 사용하는 경우 외부에서 통신선을 타고 각종 과전압이 유입되어 모뎀을 파괴하거나 통신이 불가능하게 하게 할 수 있다. 만약 서지에 의해 최근까지 기록된 전기량이 지워진다거나 최대수요 전력량이 바뀐다면 이것은 중대한 문제이다. 또한 반복적인 서지에 의해 반도체 부품의 노화로 오차가 크게 벗어나게 되면 수용가나 전력회사 모두

문제가 된다. 원격검침의 경우 노이즈에 의해 데이터가 변경된다면 또한 심각한 문제이다. 그러므로 전자식 전력량계에 대한 부품 파괴 및 오동작 현상을 피하기 위해서는 왜란에 대한 내성(immunity)을 가지도록 설계를 하고 이에 대한 성능평가를 하여야 한다. 특히 고압 전자식 전력량계는 낙뢰나 스위칭 서지 등이 빈번한 배전 계통에 설치됨을 고려할 때 EMC 대책 및 평가는 매우 중요하다고 할 수 있다.

본 논문에서는 전자식 전력량계의 전자기적합성(EMC)에 대하여 개괄적으로 고찰하였다. 전자식 전력량계 관련 국내외 규격들의 EMC 평가항목을 비교 검토하였다. 비교검토 결과, 국내 규격이 국제규격보다 미흡함을 알 수 있었다. 이들을 바탕으로 하여 국내 규격의 개선방안을 제안하였다.

2. 본 론

2.1 EMC 종류와 상관관계

전자식 전력량계의 일반적인 EMC 요인을 IEC 61000-4 시리즈 및 CISPR 규격을 기준으로 정리하면 다음과 같다.

(1) 정전기 내성 : IEC 61000-4-2

운영자 또는 유지보수자의 몸에 대전된 전하가 전력량계를 통하여 방출할 때 전자 부품파괴, 데이터 삭제 또는 변경, 오차의 변경, 오동작 등을 유발한다.

(2) 고주파 방사 전자계 : IEC 61000-4-3

전력량계 주변에서 사용하는 무전기, 레이더나 방송국 송신 안테나 및 GIS 내부의 스위치 동작시 발생하는 고주파가 공기 중을 통하여 전달되어 오동작을 일으킨다. 주로 오차에 영향을 준다.

(3) 급파도 서지 : IEC 61000-4-4

GIS내의 DS(disconnector switch) 동작시 상승시간이 빠르고 반복적인 서지를 발생하며, 주로 전력량계의 전원 장치나 마이크로프로세서를 교란시킨다. 전력량계의 오동작 원인 중 가장 큰 요인으로 생각한다. 에너지는 작아 부품파괴 현상은 없어 리셋을 시키면 정상으로 동작한다. 주로 오차에 영향을 준다.

(4) 서지 : IEC 61000-4-5

낙뢰나 스위치의 개방 또는 투입 시 발생하는 서지로 에너지가 가장 큰 편이다. 에너지가 큰 관계로 서지보호소자가 정상적으로 동작하지 않으면 큰 파괴가 일어난다.

(5) 고주파 전도 전자계 : IEC 61000-4-6

고주파 방사 전자계와 유사한 개념이지만, 상대적으로 낮은 주파수 대역의 과도전압이 도체를 따라 전력량계로 유입되며, 주로 오차에 영향을 준다.

(6) 자계 내성 : IEC 61000-4-8,9 & 20
전력망계 주변의 도체에 상용주파수 단락 또는 지락전류, 서지전류(IEC 61000-4-5) 및 진동성 서지전류(IEC 61000-4-12)가 존재할 때 전력망계에 미치는 영향을 평가한다. 전자식 전력망계는 전자부품으로 구성되어 있어 이 영향은 적을 것으로 판단된다. 특히 서지전류는 단락이나 지락전류에 비해 매우 작으므로 IEC나 ANSI 규격에서는 상용주파 자계내성만 실시하고 있다.

(7) 순간 전압강하 및 순간정전 : IEC 61000-4-11
전력망계는 보통 전압변성기(PT)로부터 전원을 공급받는다. 제어전원이 비정상일 때 전력망계는 오동작 등 비정상적으로 동작할 수 있다.

(8) 진동성 서지 : IEC 61000-4-12
각종 스위치의 동작이나 유도성 부하를 차단할 때 발생하는 서지가 전력망계 전자부품의 파괴, 마이크로프로세서의 오동작, 데이터 삭제 등을 유발 할 수 있다.

(9) 고조파 내성 : IEC 61000-4-13
전력망계는 보통 전압변성기(PT)로부터 전원을 공급받는다. 계통에는 항상 고조파가 존재하는 관계로 전력망계가 영향을 받을 수 있다. 오차에 영향을 줄 수 있다.

(10) 전압변동 내성 : IEC 61000-4-14
전력망계는 보통 전압변성기(PT)로부터 전원을 공급받기 때문에 계통 전압이 변동할 경우 비정상적으로 동작할 수 있다. 오차에도 영향을 준다. 일반적으로 오차시험에서 확인한다.

(11) 주파수 변동 내성 : IEC 61000-4-27
전력량을 계산하는 알고리즘에 따라 오차가 변동 할 수 있다. 일반적으로 오차시험에서 확인한다.

(12) 위상 변동 내성 : IEC 61000-4-28
전력량을 계산하는 알고리즘에 따라 오차가 변동 할 수 있다. 일반적으로 오차시험에서 확인한다.

(13) 직류성분 중첩 내성 : IEC 61036
주로 직접결선 방식에서 교류 신호에 직류성분이 포함된 경우, 전력량 알고리즘 방식에 따라 잘못 연산할 수 있다.

(14) 전자파장해(EMI) : CISPR 22 또는 FCC
이것은 외부로 전자파 노이즈의 유출량을 제한하는 것으로 미국 FCC, IEC의 CISPR 그리고 우리나라의 전파법에 따라 규제 대상이다. 앞으로 상용화될 PLC(power line communication)와도 밀접한 관계가 있다.

2.2 규격별 EMC 성능평가 항목

전자식 전력망계 관련 규격별 EMC 시험항목, 평가방법 및 특성은 다음과 같다. 한전구매시방서에서 서지내성 시험 및 진동성 서지 내성 시험을 제외하고는 형식승인 인증기준에 따라나, 참고로 IEC 관련규격을 표기하였다.

(1) 형식승인 인증 기준
이 규격은 우리나라 계량법에 따라 형식승인 인증용으로 사용하며 기술표준원에서 관리한다.
- 정전기 방전 내성 시험 : IEC 61000-4-2
- 고주파 방사 내성 시험 : IEC61000-4-3
- 급과도 서지 내성 시험 : IEC 61000-4-4
- 전자파 장해시험 : CISPR 14

(2) 한전구매시방서 : 고압식(0.5급 및 1.0급)
이 규격은 변성기 불이 전자식 전력망계로 본 논문의 주요 관심 규격이다.
- 정전기 방전 내성 시험 : IEC 61000-4-2
- 고주파 방사 내성 시험 : IEC 61000-4-3
- 급과도 서지 내성 시험 : IEC 61000-4-4
- 서지 내성 시험 : IEC 61000-4-5
- 진동성 서지 내성 시험 : IEC 61000-4-12
- 전자파 장해시험 : CISPR 14

(3) 한전구매시방서 : 1.0급, 타임스위치 부가
이 규격은 심야전력용 저압 전자식 전력망계 규격이다.
- 정전기 방전 내성 시험 : IEC 61000-4-2
- 고주파 방사 내성 시험 : IEC 61000-4-3
- 급과도 서지 내성 시험 : IEC 61000-4-4
- 서지 내성 시험 : IEC 61000-4-5
- 진동성 서지 내성 시험 : IEC 61000-4-12
- 전자파 장해시험 : CISPR 14

(4) IEC 60687 : 0.2급 및 0.5급
이 규격은 발전소 및 변전소용으로 사용한다.
- 정전기 방전 내성 시험 : IEC 61000-4-2
- 고주파 방사 내성 시험 : IEC 61000-4-3
- 급과도 서지 내성 시험 : IEC 61000-4-4
- 전자파 장해시험 : CISPR 14

(5) IEC 61036 : 1.0급 및 2.0급
이 규격은 일반용으로 1.0급 및 2.0급에 적용한다.
- 정전기 방전 내성 시험 : IEC 61000-4-2
- 고주파 방사 내성 시험 : IEC 61000-4-3
- 급과도 서지 내성 시험 : IEC 61000-4-4
- 고주파 전도 내성 시험 : IEC 61000-4-6
- 전자파 장해시험 : CISPR 22

(6) IEC 61052-11 : 신규 통합규격, 제정 중
이 규격은 IEC 60687, IEC 61036, IEC 61268 등 전력망계 관련 모든 규격을 통합하는 규격으로 새로운 번호체계로 변경 중이다. 그 중에서 본 규격은 통칙에 해당한다. EMC 시험도 기존 규격과 비교하여 많이 추가되었다.
- 정전기 방전 내성 시험 : IEC 61000-4-2
- 고주파 방사 내성 시험 : IEC 61000-4-3
- 급과도 서지 내성 시험 : IEC 61000-4-4
- 서지 내성 시험 : IEC 61000-4-5
- 고주파 전도 내성 시험 : IEC 61000-4-6
- 진동성 서지 내성 시험 : IEC 61000-4-12
- 전자파 장해시험 : CISPR 22

(7) ANSI C 12.1 : 미국 국가 규격
미국 국가규격으로 IEC 국제규격과 비교하여 상당한 차이가 있다. 시험레벨은 IEC보다 높은 편이다. 시험항목 중 참조 규격이 없는 것은 편의상 IEC 기본규격을 괄호 안에 표기하였다.
- 정전기 방전 내성 시험 : IEC 61000-4-2
- 고주파 방사 내성 시험 : (IEC 61000-4-3)
- 급과도 서지 내성 시험 : IEC 61000-4-4
- 서지 내성 시험 : ANSI/IEEE C62.41, (IEC 61000-4-5 & 12)
- 교류 외부자계 영향 시험 : (IEC 61000-4-8)
- 순간정전 내성 시험 : (IEC 61000-4-11)
- 전자파 장해시험 : FCC Part 15

(8) 기타 전자식 전력망계 규격
전력거래용 0.2급 규격을 한전구매시방서로 제정 작업 중이다. 무효전력망계 규격으로는 IEC 61268(2.0급 및 3.0급)이 있다.

2.3 규격별 비교 검토

각 규격별 EMC 성능평가 항목, 평가 기준 및 레벨을 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 형식승인 인증 기준

이 규격은 최근(2001년도 4월)에 개정되었음에도 불구하고 평가항목 수, 평가방법 및 평가기준에 있어서 국제기준보다 미약하다. 고주파 방사 내성 시험은 시험 주파수가 적합하지 않다. IEC 규격에서는 80~1000MHz인데 본 규격에서는 25~500MHz로 하였다. 또한 진폭변조(AM)도 생략하였다. 급과도 서지 내성 시험은 일반적으로 0.5, 1, 2, 4kV이나, 본 규격에서는 일부 3kV를 적용하였다. 전자파장해 시험은 규격 적용부터 잘못하였다. CISPR 14는 전동 응용 제품에 사용하는 규격인데, IEC 60687을 적용하는 관계로 보인다. 현재는 대부분 정보처리기기로 간주하여 CISPR 22를 따르고 있다. 시험레벨도 잘못 규정되었다. 국제적으로 전자파 장해 기준치는 CISPR 제한치를 그대로 따라야 하는데 전자파 방출 제한치를 높여 주었다. 전체적으로 EMC 평가항목 수에서 국제규격 및 기타 규격보다 미약함을 알 수 있다.

(2) 한전구매시방서

이 규격은 EMC 항목은 형식승인 인증 기준을 참조로 하고, 추가 항목만 별도로 규격에 명시하였다. 그러므로 형식승인 인증 기준이 잘못된 경우 구매시방서도 같이 잘못된다. 그럼에도 불구하고 2002년도 2월에 개정된 규격은 많은 EMC를 포함하고 있다. 최근 제정중인 전력거래용 0.2급 전력량계는 중요성, 발전소 및 변전소와 같은 열악한 전자기환경에서 사용된다는 것을 고려하여 EMC 시험을 강화하여야 한다. 한전구매시방서는 IEC 62052-11 규격에서 추가될 항목까지 추가되었으므로 상당히 높은 수준이라고 할 수 있다.

(3) IEC 규격

IEC 60687 규격은 1992년도에 개정된 것으로 EMC 측면에서는 10년이 넘어 상당히 미약하다. 평가항목도 적고, 전자파 장해의 경우 CISPR 14와 같이 잘못 적용된 경우도 있다. IEC 61036은 2000년도에 개정되어 EMC 측면에서는 상당히 수준이 높다. 전자파장해 시험도 CISPR 22로 바뀌었다. 모든 IEC 전력량계 규격이 IEC 62052 및 IEC 62053 시리즈로 변경되면서 EMC 항목이 3개(surge, 1MHz oscillation waves, 100kHz ring waves)가 늘어나 더욱 완벽하게 되었다.

(4) ANSI 규격

미국 국가규격으로 IEC 규격과 많은 차이가 있다. 참고 규격으로 IEC 61000-4 시리즈는 거의 인용하지 않고 ANSI/IEEE 규격을 많이 인용한다. 평가방법이 상당히 자세하다. 고주파 전자계 내성은 주파수 범위가 200kHz에서 10GHz 대역으로 매우 넓다. GTEM을 사용할 수 있는 것도 특징이다. 서지 내성 시험은 한전구매시방서와 동일하게 6kV 3kA이다.

2.4 국내규격의 EMC 평가 개선 방안

전자식전력량계 관련 각종 규격을 검토한 결과, 한전구매시방서와 형식승인 인증 기준을 국제적 수준으로 개정할 필요성을 느꼈다. 각 규격별 개정방안은 다음과 같다.

(1) 형식승인 인증기준

- ① 형식승인 인증기준은 국민 다수와 관계있는 중요한 규격이다. IEC 규격과 비교할 때 평가항목, 평가 레

벨, 평가기준 등이 대부분 미흡하다. IEC 규격을 기준으로 전면 개정하는 것을 추천한다.

- ② 전력량계 제품별로 평가항목, 평가기준 및 평가방법을 세부적으로 분류한다. 현재 규격은 우리나라 모든 전력량계에 동일하게 적용한다. 그러나 설치장소에 따라 평가항목이나 평가레벨이 틀리는 것이 합리적이다. 발전소나 변전소에 설치하는 전력거래용 0.2급과 아파트에서 세대별로 설치하는 2.0급이 평가항목이나 평가레벨이 같을 수 없다. 타임스위치 부가기능 전력량계, 변성기 불이 및 직접 연결방식, 선볼카드 방식 등 다양한 방식을 고려하여 개정할 것을 추천한다.

(2) 한전구매시방서

- ① 제품별로 평가방법이나 기준, 레벨을 다르게 한다. 발전소나 변전소의 전력 거래용과 수용가의 심야전력용 전력량계의 평가항목, 기준 및 레벨은 서로 다른 것이 타당하다.
- ② 현재는 EMC 시험이 납품 시에 하도록 되어있다. EMC 시험은 Type 시험에 해당하므로 사전에 완료하도록 한다. 형식승인 이후 EMC 대책을 위하여 회로를 변경하는 것은 불합치므로 그 이전에 받는 것이 합리적이다.
- ③ 필요하다면, 제품 회로의 임의 변경 등을 고려하여, 납품 시험 시 몇 개의 시료에 대하여 참고시험으로 EMC 시험을 실시한다. 이는 EMC 성능의 중요성을 고려한 것이다.

3. 결 론

전자식 전력량계 관련 국내의 규격을 검토한 결과, 형식승인 인증기준은 국제규격과 비교하여 크게 미흡하였다. 특히 전력량계 종류가 다양해짐에 따라 동일한 평가항목 및 기준을 적용한 것은 부적합한 것으로 판단되었다. 한전구매시방서는 국제규격 수준에 도달하였으나, 전력량계 종류에 따른 평가항목 및 기준이 동일하여 역시 개선할 사항이다. 이들 검토내역을 기초로 하여 국내 규격의 개선방안을 제안하였으며, 전자식 전력량계의 EMC 성능을 개선하는데 기초 자료가 될 것으로 생각한다.

(참 고 문 헌)

- [1] 한전 배전처 전국내선. 계기과장 회의자료, 2002.4
- [2] 김연석, 김재철 외, "보호 및 제어기기의 전자기적합성(EMC)", 전력계통 보호제어연구회 기술세미나 논문집, 2000.11.
- [3] 김연석, 김재철 외, "배전자동화용 개폐기 제어함 및 원격 단말장치와 전자기적합성(EMC)", 전력계통 보호제어연구회 기술세미나 논문집, 2001.11.
- [4] 김연석, 김재철 외, "전력계통과 전자기적합성(EMC)", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2002. 7.