전자식 계기 IEC 61000-4-6 EMS 시험표준 적용 타당성 연구

논 문

60-6-28

A Study About the Application Feasibility of EMS IEC 61000-4-6 Test Standard on Electronic Power Meter

김 석 곤* · 박 창 호** · 신 동 열*** · 송 태 승§ · 최 용 성†

(Seok-Gon Kim · Chang-Ho Park · Dong-Yeol Shin · Tae-Seung Song · Yong-Sung Choi)

Abstract - Electricity meters using in Korea are about 1.8 million units. From among these, electronic meters for high voltage, about 170 thousand units were installed to the digital type meter and ones for low voltage installed hundreds of thousands of meters through a model project. Recently, low voltage meter are expected to complete the installation within several years. Domestic power metering technology is being beyond a simple framework with an electronic type and is rapidly evolving to intelligent smart metering systems in conjunction with promotion of a national smart grid project. Accordingly, it is important to ensure an immunity of meter for electromagnetic field and environmental noise at the installation site. In this paper, we are going to check the validity of international standard that focusing on RF electromagnetic field immunity of meter to secure the quality and improve the reliability in field operation of meter. And we will verify the validity of test specification focused on actual installation environment and are going to offer the improvement plan of test standard.

Key Words : Electronic power meter, EMC, EMS, EMI, Immunity, Susceptibility, Radio frequency, Harmonics

1. 서 론

1.1 연구배경

2010년 기준으로 국내 전력회사에서 운용하고 있는 전력량계는 약 1,800만대이며 이중 약 17만 여대의 고압용 전력량계는 전자식화를 완료하였고 기타 저압용 전자식 전력량계는 2009년부터 시범사업을 진행하여 현재까지 수십만 호가 현장에 부설되었으며, 국가적 스마트 그리드 사업과 연계하여 저압용 전력량계에 대해서도 향후 수년 이내에 전자식 전력량계로 교체할 예정이다. 전력량계를 활용한 지능형 전력계량시스템은 송배전망은 물론, 기타의 배전기기와 함께 IT화가 더욱 가속화 되고 있어 전자파 및 주변 잡음에 대한 내성의 확보가 무엇보다도 중요해지고 있는 추세이다.

최근, 전자식 계기가 스마트급 계기로 발전해감에 따라 새로운 규격이 제, 개정되고 신제품 생산 횟수도 과거에 비해 크게 증가할 것으로 예상된다. 이 처럼 계기의 고집적화와 고정밀화는 전자기 전도성 잡음에 의한 전력량계의 기능 고장을 유발할 수 있기 때문에 전력량계의 시험표준과 시험적용기준(EMC) 변화 가능성도 높아지게 된다. 따라서 IEC 시험표준 및 시험기술의 고찰이 필요한 시점이다.

* 정 회 원 : 한전 전력연구원 선임연구원

** 정 회 원 : 한전 전력연구원 책임연구원

*** 정 회 원 : 한전 전력연구원 일반연구원

§ 정 회 원 : 한국산업기술시험원 책임연구원

† 교신저자, 시니어회원 : 동신대 전기공학과 교수 · 공박

E-mail : yschoi67@dsu.ac.kr

접수일자 : 2011년 1월 26일

최종완료 : 2011년 5월 9일

1.2 연구 목적 및 내용

상기의 목적으로 본 논문에서는 전자식 전력량계의 품질 확보와 현장 운용 시의 신뢰도 향상을 위해 전력량계의 고주파(RF) 전자기 전도 내성을 중심으로 국내 전력회사에서 적용하고 있는 KSC IEC 61000-4-6 시험표준의 타당성을 실제 설치환경을 중심으로 실증하고 그 개선방안을 모색코자 한다. 주요 연구내용은 전력량계 설치현장의 EMC 잡음의 수준을 측정하고 이러한 현장여건을 고려한 잡음에 대한 전력량계의 영향분석과 병행하여 현장 측정값 기반의 고주파(RF) 전자기 전도잡음 세기에 대한 영향을 고찰하고 IEC 61000-4 표준에 의한 시험표준과 현장 측정값을 고려한 표준의 차이점 등으로 구성하였다.

2. 시험기준 및 시험방법

2.1 전력량계의 EMS 시험 표준

국내 전력회사에서 규정하고 있는 전자식 전력량계 구매 규격은 IEC EMS 시험표준과 동일하게 적용하고 있으며 저압용 표준형 전자식 전력량계의 경우, 적용표준은

- KSC 1201 전력량계류 통칙
  - IEC 62052-11(2003) Metering Equipment
- 그리고 고압 표준형 계기는
- KSC 1201 (2005) 전력량계류 통칙
  - KSC IEC 62052-11 (2005) 전기계량장치(교류)-시험과 시험

조건을 위한 일반 요구 조건 - 제11부: 계량장치

- KSC IEC 62053-21 (2003) 전자식 유효 전력량계(1급 및 2급)
- KSC IEC 62053-22 (2003) 전자식 유효 전력량계(0.2급 및 0.5급)
- KSC IEC 62053-23 (2005) 전기 계량 장치 - 특수 요구 사항-제 23부: 전자식 무효 전력량계(2급 및 3급)

등을 적용하고 있다.

상기에서와 같이 국내 전력량계의 시험적용기준은 저압, 고압 계기 모두 국제표준인 'IEC 62052-11'를 적용하고 있으며 EMC 시험을 포함한다.

고압계기를 기준으로 IEC 62052-11(2005년)에서 적용하고 있는 EMC 시험 적용기준인 IEC 61000-4 Series의 내용은 EMS 항목으로는 정전기 방전 내성시험(Electrostatic discharge immunity test), 고주파 전자기 내성시험(RF electromagnetic field immunity test), 전기적 급과도 버스트 내성시험(Electrical fast transient/burst immunity test), 서지 내성 시험(Surge immunity test), 고주파 전도장해 내성시험(RF conducted disturbances immunity test) 그리고 감쇄 진동과 내성시험(Damped oscillatory waves immunity test) 등이 있다.

상기 IEC 61000-4 Series 중에서 외부잡음에 대한 전자과 내성레벨 확인 및 이에 대한 영향평가 시험과 관련해서 '무선주파 방사내성(RS)' 시험은 '고주파 전자기 내성시험(IEC 61000-4-3)'에서 그리고 고주파(RF)에 의해 유기되는 '전자기 전도성 내성(CS)' 시험은 '고주파 전도장해 내성시험(IEC 61000-4-6)'에서 명시하고 있다[1].

2.2 설치현장 EMS 노이즈 측정방법

2.2.1 전력량계 설치현장 조사장소 선정기준

전도성 잡음 중심의 전력량계 EMC 환경평가를 위해 전력량계가 설치된 현장의 다양한 전자기 잡음의 측정에 있어서 측정개소의 선택은 권역별, 용량별, 업태별, 고객특성별 등 다양한 특성을 고려하여 선정하였다. 용량별 선택에 있어서는 고압고객과 저압고객을 적정비율로 하여 선정하였으며, 담당사업소 담당자를 통해 오동작 사례지역, 전자과 영향 의심지역내의 고객에 대해서도 주요 측정대상고객으로 선정하였으며 측정대상고객의 주요 지역구분은 수도권과 강원권, 충청권, 호남권 그리고 영남권 등으로 계획하였다.

2.2.2 측정장비 구성

전력량계가 설치된 환경에서의 전력량계의 내성수준을 분석하기 위해서는 전력량계 인입 전원배선부에서 전자기 잡음의 측정이 우선되어야 한다.

표 1 주파수 대역별 전도성 방출 노이즈 측정장비
Table 1 Measuring instrument for noise of CE by frequency band

Noise Type	Frequency Range	Measuring Equipment
Conducted Emission Noise	30Hz~100kHz	LF Current Probe, EMI Test Receiver
	100kHz~30MHz	HF Current Probe, EMI Test Receiver

인입부에서 측정된 전도성 방출잡음이 전력량계에 영향을 미치는 전자기 잡음이 되며, 단 측정값에는 전력량계에서 방출한 전자기 전도성 잡음도 포함된다.

표 1은 주파수 대역별 전도성 방출 노이즈 측정장비를 나타낸 것으로 측정 프로브는 100kHz를 기준으로 저주파(LF) 대역과 고주파(HF) 대역으로 구분하여 측정하였으며 측정된 값은 EMI Test Receiver 계측장비를 통해 취득 및 분석이 가능하다.

그림 1은 전력량계 설치장소에서의 잡음 발생원과 잡음측정을 위한 구성도를 나타낸 것이다. 전도성 잡음 및 방사성 잡음은 전선(Cable)을 통해 또는 공기 중 무선경로를 통해 전력량계로 유입될 수 있다. 또한 전도성 잡음 및 방사성 잡음은 부하 측 또는 전원 측 모두에서 유입될 수 있다.

그림 1 잡음 발생원과 잡음측정 구성도

Fig. 1 Source of noise and diagram of noise measurement

2.3 고주파 전자기 전도성 노이즈 측정

IEC 61000-4-6에서 명시하고 있는 고주파 전자기 전도장해 내성시험의 주요 시험조건은 아래와 같다.

- 시험장비 설정 : Table Top 방식
- 인가 주파수 대역 : 150 kHz ~ 80 MHz
- 인가전압 레벨 : 10V
- 진폭변조 : 1 kHz(±10%)에서의 80%(±5%) 크기

상기에서와 같이 시험인가 잡음은 150kHz~80MHz 대역에서 10V의 전압세기로 주어진다.

$$dB = 20 \log_{10} 10 [V] \quad (1)$$

기준전압을 10 V로 하였을 때 데시벨 단위의 인가세기는 아래의 식 (2)에 의해 140 dBμV가 된다[2].

$$\begin{aligned} dB [\mu V] &= 20 \log_{10} 10 \times 10^6 [\mu V] \\ &= 20 \log_{10} 10^7 [\mu V] = 140 [dB\mu V] \end{aligned} \quad (2)$$

고주파(RF) 전자기 전도성 잡음의 크기 측정은 계통내 부하측과 80 MHz 이하의 외부 무선주파에 의해 유기되는 전도성 잡음을 중심으로 실 계측한다.

3. 측정결과 및 검토

3.1 지역별 특정주파수 대역별 전도성 잡음

각 권역별 15호, 전국 총 75호에 대한 현장 잡음측정 결과, 지역별 고주파(RF) 잡음 측정결과를 150kHz에서 30MHz까지의 각 주파수 대역에서의 전도성 잡음의 평균값과 각 지역별 최대값의 크기는 그림 2와 같다. 현장에서의 전도성 잡음 측정을 위한 주파수 대역은 고주파 대역에서보다는 저주파 대역에서의 잡음크기가 높은점과 측정 시간의 절약을 위해 150 kHz에서 30 MHz까지를 측정하였다. 그림 2는 150 kHz, 500 kHz, 1 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 20 MHz, 30 MHz의 일정 주파수 범위에서 존재하는 잡음의 평균 특성값을 산출하여 비교한 것이다.

그림 2 특정 주파수 대역별 전도성잡음 분포

Fig. 2 Spread of conducted noise by the specified frequency band

그림 2에서 상단측 적색선이 표준시험 적용치인 10V에 해당하는 140 dBμV 경계선이다. 그림에서 각 지역별 잡음 특징을 찾기는 어려우며 단, 그 차이가 크지는 않지만 주파수 대역이 적은 150 kHz 및 500 kHz에서 30 MHz에서의 주파수 잡음이 상대적으로 큰 것으로 확인되는 것으로 보아 저주파 대역에서의 전도성 잡음이 크게 형성되고 있음을 확인하였다. 한편 각 지역별 최대 측정치를 보인 값을 분석한 결과, 충북지역의 특정고객이 140dB에 달하는 수치를 보였고 인천지역 고객의 경우는 시험적용치인 10V(140 dBμV)를 초과하는 값이 측정되었다. 한편, 주파수 대역별 방사성잡음 측정값은 적용주파수 대역을 30 MHz에서 7 GHz까지의 주요 대역별로 측정된 결과, 이동통신 대역에서 얻어진 값이 최대값으로 나타났으며, 이는 전자식 기기 관련사항에서 명시하고 있는 방사내성(RS; Radiated Susceptibility)값인 10 V보다 20 dB 이상 작은 값으로 확인되었다.

3.2 지역별 주파수대역별 전도성 잡음

그림 3은 권역별 전체 주파수 대역별 전도성 잡음 최대치 측정 결과 값을 나타낸 것이다. 각 지역별 전도성 잡음 분포를 살펴보기 위해 150 kHz에서 30 MHz까지의 잡음 특성값을 산출하여 비교한 결과, 전반적으로 공통된 잡음크기 경향

을 가지고 있으며, 이는 설치현장에서의 주변 환경 차이가 크지 않음을 의미한다.

그림 3 전체 주파수 대역별 전도성 잡음 최대치 측정결과

Fig. 3 Max measurement value of the conducted noise by overall frequency band

한편 앞 절의 지역별 특정주파수 대역별 저도잡음 분포고찰에서의 500 kHz 대역에서 10 V(140 dBμV) 초과 값을 보인 고객의 경우, 그림 3에서의 200 kHz 대역에서도 140 dB를 훨씬 상회하는 값을 보이고 있음을 알 수 있다. 이러한 장소에 설치된 전력량계의 경우, 전력량계의 정상적인 기능유지를 보장할 수 없다.

그림 4는 전도성 노이즈 측정결과, 최대 측정값을 보인지역의 전체 측정고객에 대한 30Hz~100kHz 대역에서의 잡음 측정값을 나타낸 것이며, 그림 5는 동일 장소의 100kHz~30MHz 대역에서의 잡음 측정값이다.

Frequency Band : 30 Hz ~ 100 kHz

그림 4 30Hz~100kHz 대역 전도성 잡음 측정값

Fig. 4 Measurement value of the conducted noise on the 30Hz ~ 100kHz

측정값에서 비교적 높은 잡음값을 보인 곳은 모두 산업용 저압고객이며, 전체 주파수 대역에서 높은 값을 보이는 고객은 정류기, 인버터, 전력용반도체 등을 사용하는 전자기기 취급하는 고객으로 판단되며, 2kHz 대역에서 상대적으로 높은 잡음을 보이는 고객은 산업용기계를 취급하는 산업용 저

압 고객인 것으로 확인되었다.

그림 5 100kHz~30MHz 대역 전도성 잡음 측정값

Fig. 5 Measurement value of the conducted noise on the 100kHz ~ 30MHz

3.3 고객 특성별 전도성 잡음

그림 6은 계약 종별 고객의 전자식 전력량계 전도성 잡음 측정결과를 나타낸 것으로 교육용과 심야전력용 고객을 제외한 산업용과 농사용 고객이 고조파(Harmonics) 성분을 포함하여 일부 주파수 대역에서 상대적으로 높은 전도성 잡음이 존재함을 확인하였으며 전반적으로 가장 높은 잡음값을 보인 곳은 산업용 고객인 것으로 측정되었다.

그림 6 계약종별 전도성 잡음 최대치 측정결과

Fig. 6 Max measurement value of the conducted noise by the type of contract group

한편, 농사용에서 보이는 고조파(Harmonics) 성분의 크기는 전체 농사용 고객이 아닌 일부에서만 나타나는 것으로 확인되었으며, 주택용 고객의 경우는 비교적 전체고객의 중간치의 세기를 가지는 것으로 분석되었다.

국내 고조파(Harmonics)의 유출 제한값은 심도있게 검토할 필요성이 있다. 국내 저압배전계통의 고조파 발생현황을 살펴보면, 9차와 15차 고조파(Harmonics)가 IEC 규격 적합성레벨을 초과하여 실측된 사례가 있다[3]. 그림 7은 고객

측의 공급용량별 전도성 잡음 측정결과와 최대치를 나타낸 것으로 저압고객에게 설치되는 전자식 전력량계의 경우, 고조파(Harmonics) 성분 및 저 주파수 대역에서 전도성 잡음의 크기가 고압에 비해 전반적으로 높게 발생하고 있음을 알 수 있다. 이는 주택용을 제외한 저압용 고객 중에서 산업용 전기기기와 전력전자 설비의 사용비율이 높은 산업용과 교육용, 일반용 등의 고객이 각 부하에서 발생하는 잡음저감 설비를 갖추지 못한 것으로 보이며 상대적으로 대규모 산업 시설에서 사용되는 고압 고객의 경우, 전원에 대한 관리가 일반적으로 저압고객에 비해 체계적으로 이루어지고 있고 또한 전담 전문인력이 상주하여 전원노이즈와 EMC 영향을 사전에 차단하기 위한 관련 설비의 운영을 하고 있기 때문인 것으로 보인다. 이는 결국 저압에 비해 고압고객에서는 전자식 전력량계에 대한 EMC 관련 오동작과 파손에 대한 우려가 적다고 할 수 있다.

그림 7 공급 용량별 전도성 잡음 최대치 측정결과

Fig. 7 Max measurement value of the conducted noise by the supply capacity

그림 8은 계기의 형태별 전도성 잡음 최대치 측정결과를 나타낸 것으로 전반적으로 단독계기와 변성기부 계기의 차이는 거의 없으나, 특정 주파수 대역에서는 각 계기 형태별 약간의 차이를 보이고 있다.

그림 8 계기 형태별 전도성 잡음 최대치 측정결과

Fig. 8 Max measurement value of the conducted noise by the type of meter

그림 8에서와 같이 고주파(RF) 대역 10kHz~100kHz 구간에서는 단독계기가 설치된 개소에서 더 많은 잡음세기가 나타나고 있다. 그 원인은 저압 변성기부계기의 경우는 계기용변류기(CT)를 사용하고 있어 외부잡음에 의한 직접적인 영향이 적어질수 있는 반면, 단독계기는 외부전원에 직접 노출되어 있기 때문이다. 한편, 200 kHz 근처와 700~800kHz 에서는 변성기부 계기의 잡음값이 더 높게 나타나고 있다. 이는 계기용변류기(CT)를 적용한 저압고객이 200kHz 및 700~800kHz 대역에서 잡음을 주로 생성하는 설비를 다수 이용하고 있는 것으로 예상 가능하다. 즉, 저압고객의 경우라도 각종 잡음을 발생하는 설비의 사용시는 이에 대한 저감설비의 구축이 필요함을 의미한다.

그림 9 지역별 전도성 잡음 최대치 측정비교

Fig. 9 Max measurement value of the conducted noise by the regional spot

그림 9는 측정 지역의 구성형태별 전도성 잡음 최대치 측정결과를 나타낸 것으로 고조파(Harmonics)가 포함된 저 주파수 대역에서는 도시지역과 농촌, 공단지역 모두 비교적 높은 값을 보이고 있으나 농촌지역에서는 10~100 kHz 대역에서는 농촌지역에서 높은 잡음 특성을 갖는 반면에 1 MHz 이상의 대역에서는 도시 및 공단에 비해 현저하게 낮은 잡음 값을 보이고 있다. 수십 kHz 대역에서 농촌지역이 비교적 높은 값을 보이는 것은 자동화 설비를 보유하거나 전원 설비 인근에 전력망계가 설치되는 경우가 일반적이다. 한편 공단지역에서의 특징은 고주파(RF) 잡음레벨이 차이는 많지 않으나 전반적으로 더 높은 값을 보이고 있다.

3.4 EMS 노이즈 측정결과 분석

전반적으로 국제표준 및 국내기준에서 규정하고 있는 전력망계 인가 시험 값인 전도성 잡음의 세기 10 V를 초과되는 구역이 존재하였다. 그림 6~그림 9에서 보는 바와 같이 전도성 잡음이 가장 높은 해당 주파수 대역은 200±40 kHz 범위이며 최대 146dBμV의 세기를 보였다. 이와 같이 초과 값을 보이는 구역의 잡음은 것은 주파수의 크기로 보아 유도성 부하에 의해 발생한 것으로 추정할 수 있다.

3.5 현장 측정값 기준 전도성 잡음 인가시험

3.5.1 과도조건 인가 시험 설계

전자식 전력망계의 EMS 시험표준과는 별도로 현장에서

측정된 잡음의 세기로 전력망계의 내성을 확인 할 필요성이 대두됨에 따라 시험표준을 초과하는 과도조건에서의 전도성 잡음세기 인가시험을 시행하여 전력망계의 기능적 정상 유무를 확인하였다. 즉, IEC 61000-4-6 시험표준의 범주를 초과한 잡음의 세기에 대한 전자식 전력망계의 오동작 발생 가능성을 실증적 시험을 통해 검증하고자 하는 것이 주목적이다.

고주파 전도장해 내성시험에 있어서의 IEC 61000-4-6 시험표준은 150 kHz ~ 80 MHz 대역에서 10V를 적용하고 있다. 본 연구를 통한 영향시험에서는 IEC 기준인 10V를 포함하였으며, 현장실태조사에서 표준시험 기준치보다 높은 값이 측정된 146 dBμV에 해당하는 20 V의 세기를 우선적으로 적용하고 추가로 30V 인가시험을 시행하였다.

식 (2)로부터 인가전압[V]과 데시벨 세기 값[dBμV]과의 관계는 아래 식 (3)과 같다.

$$dB [\mu V] = 20 \log_{10} Test\ value \times 10^6 [\mu V] \quad (3)$$

따라서, 인가될 전도성 잡음의 전압 세기[Test value, V]는 다음 식 (4)와 같이 도출된다.

$$146 [dB\mu V] = 20 \log_{10} Test\ value \times 10^6 \quad (4)$$

그러므로 146 dB에 대한 인가될 전도성 잡음의 전압 세기[Test value]는 20V가 된다.

3.5.2 과도조건 전도성 잡음 인가시험

과도조건에서의 전력망계의 기능 정상 유무는 오차시험을 통해 확인하게 되며 오차시험기는 0.05급의 표준시험기를 이용하였다.

표 2 인가신호 크기별 전력망계 등급 및 종류

Table 2 Class and type of meter by magnitude of the application signal

인가레벨	변조	인가부위	계기등급	종류
10 V	AM	전류선(S)	유효 1급	고압
20 V	AM	전류선(S)	유효 1급	고압
30 V	AM	전류선(S)	유효 1급	고압
10 V	AM	전압선(P)	유효 1급	고압
20 V	AM	전압선(P)	유효 1급	고압
30 V	AM	전압선(P)	유효 1급	고압

IEC 61000-4-6에 명시하고 있는 시험수준을 초과하는 값에 대한 고압 전자식 전력망계의 내성시험은 인가전압 세기별 시험을 2개사 고압계기 2개 제품을 대상으로 실시하였다.

시험에 사용된 시험시료의 주요특징은 국내의 고압 전자식 전력망계 주요 2개 업체를 샘플시료로 하여 시험 후 데이터를 상호 비교할 수 있도록 하였다.

표 2는 IEC 61000-4-6에서 명시하는바에 따라 해당 시험 주파수 대역별 1 kHz에서 80% AM 변조된 Sine파 신호를 갖는 인가신호 크기별 인가부위 및 전력망계 등급과 종류를 나타낸 것이다.

아래 그림 10은 고주파 전도장해 내성시험과 관련한 과도 노이즈 영향시험 모습을 나타낸 것이다.

그림 10 CS(전도내성) 영향 시험 모습

Fig. 10 Image of an effect test for CS

그림 11 A사 전류선/전압선-30V 전도성 노이즈 오차변화

Fig. 11 Error trend of conducted noise for current/voltage line - 30V of A company

그림 12 B사 전류선/전압선-30V 전도성 노이즈 오차변화

Fig. 12 Error trend of conducted noise for current/voltage line - 30V of B company

그림 11 및 그림 12는 A 사 및 B 사의 전류선/전압선 30 V 전도성노이즈 인가시의 오차율 변동 폭을 그래프로 나타낸 것이다. 영향시험 결과 공통적 주요특징은 고주파 대역에서 약 10%에서 약 60%까지 비교적 많은 오차를 보이고 있는 점이다.

그림 11 및 그림 12에서의 오차를 변화에 대하여 그 측정 결과값을 표 3 및 표 4에 기술하였다.

표 3은 A사의 전류선 및 전압선에 대하여 인가레벨을 10V, 20V 및 30V를 가했을 때의 전도성 노이즈에 대한 오차율을 나타낸 것으로 측정 결과, IEC 시험 레벨인 10V 에서는 전류선 및 전압선 모두 $\pm 1.0\%$ 이내로 양호한 결과를 보였고 전압선은 20V에서도 허용치 이내의 값을 보였으나 전류선은 20V 와 30V에서 그리고 전압선은 30V에서 제한치를 벗어났다. 전류선에서의 20V 인가 시 -1.53% 를 보인 주파수대는 41.88 MHz 였으며, 30V 에서의 2.87% 의 오차를 나타낸 곳은 39.06 MHz 였다. 또한 전압선에서의 30V

인가 시 -1.74% 의 오차를 보인 곳은 38.29 MHz 인 것으로 확인되었다.

표 3 A사 전원선 전도성 노이즈 내성 측정결과

Table 3 Result of susceptibility measurement for conducted noise on power line of A company

인가레벨 V(dBuV)	변조	인가 부위	계기 등급	오차율
10(140.0)	AM	전류선(S)	유효1급	-0.67 %
20(146.0)	AM	전류선(S)	유효1급	-1.53 %
30(149.5)	AM	전류선(S)	유효1급	2.87 %
10(140.0)	AM	전압선(P)	유효1급	-0.24 %
20(146.0)	AM	전압선(P)	유효1급	-0.71 %
30(149.5)	AM	전압선(P)	유효1급	-1.74 %

그리고 표 4는 B사의 전류선 및 전압선에 대하여 인가레벨을 10V, 20V 및 30V를 가했을 때의 전도성 노이즈에 대한 오차율을 나타낸 것으로 10V 인가시에는 전류선 및 전압선 모두 $\pm 1.0\%$ 이내로 양호한 결과를 보였고 상기 A 사와는 반대로 전류선은 20V에서 허용치 이내의 값을 보였고 전압선은 20V와 30V에서 그리고 전류선은 30V에서 오차한도를 벗어났다. 전류선에서의 30V 인가 시 2.42% 의 오차를 보인 곳은 39.06 MHz 였으며, 전압선에서는 20V에서 1.33% 의 오차를 보인 곳은 40.25 MHz, 그리고 30V에서 -2.09% 의 오차를 나타낸 것은 40.65 MHz 였다.

표 4 B사 전원선 전도성 노이즈 내성 측정결과

Table 4 Result of susceptibility measurement for conducted noise on power line of B company

인가레벨 V(dBuV)	변조	인가 부위	계기 등급	오차율
10(140.0)	AM	전류선(S)	유효1급	0.51 %
20(146.0)	AM	전류선(S)	유효1급	-0.75 %
30(149.5)	AM	전류선(S)	유효1급	2.42 %
10(140.0)	AM	전압선(P)	유효1급	0.25 %
20(146.0)	AM	전압선(P)	유효1급	1.33 %
30(149.5)	AM	전압선(P)	유효1급	-2.09 %

3.5.3 전자기 전도내성 시험표준 개선안 검토

전도성 잡음 최대치 측정결과, 최대 146dB의 잡음이 측정되었고, 이를 근거로 하여 과도조건 전도성 잡음 인가시험을 수행한 결과 146dB (20V)의 크기에서 A 사의 경우 전류선을 통한 과도조건 시험에서 그리고 B 사의 경우는 전압선을 통한 시험에서 각 계기별 오차 제한치를 초과하는 현상을 확인하였다. 따라서, 전자식 전력량계의 전도내성 시험을 위한 시험표준은 현재의 시험적용 전압인 10V에서 최소한 20V 까지 약 200% 정도 강화하는 것이 필요한 것으로 판단된다.

IEC 61000-4-6의 EMS 시험표준을 개선하기 위한 요약설명은 아래와 같으며 기타의 모든 항목은 기존의 IEC 61000-4-6에서의 명사항목과 동일하다.

- 인가 주파수 대역 : 150 kHz ~ 80 MHz
- 인가전압 레벨 : 20V
- 진폭변조 : 1 kHz($\pm 10\%$)에서의 80%($\pm 5\%$) 크기

4. 결 론

전자계의 세기는 특정거리에서 전자계 발생원의 수가 많을수록 더 높아진다[4]. 전자산업이 고도화 될수록 전도성 잡음 및 방사성 잡음의 발생원이 다양해지고 있다.

근래 국내외적인 스마트그리드 사업추진은 전력계량시스템 분야의 전자식화를 가속화시키고 있다. 전자식 기기는 IC 회로가 더욱 집적화됨에 따라 외부잡음에 더욱 민감해지게 되므로 관련시험규격의 적용기준 강화가 예상된다. 즉, 시험표준의 변화 형태는 기존 General 표준 및 Product 표준에 더하여 사용자 측면에서 시험조건을 강화하는 형태로 보완되고, 사용자 주도로 국가 또는 국제표준의 개정을 제안 및 유도해가는 형태로 진행되는 것이 바람직하다. 따라서 전력량계 제작업체의 입장에서는 신규계기 개발시 최신의 EMS 표준을 적용하고 기존의 시험항목 외에도 고조파(Harmonics), 전압변동 등의 시험을 고려할 필요성이 있다.

본고에서는 이러한 시대적 흐름을 반영하여 전자식 계기 설치현장에서의 전자계 잡음 조사를 시행하고 실측결과를 토대로 과도조건에서의 영향을 분석한 결과, 전력량계 설치현장의 주변잡음은 방사성 잡음보다는 전도성 잡음이 큰 것으로 확인되었고, 저주파 대역에서의 전도성잡음이 고주파 대역에 비해 상대적으로 크게 형성되고 고압고객보다는 저압고객에서의 잡음이 크게 발생하고 있음을 확인하였다. 또한, 전력량계 설치현장에서의 측정값은 IEC 및 국내 시험표준 기준치인 10 V의 인가 레벨보다 더욱 열악한 환경이 존재함을 확인하였다.

이에 따라, 전자식 전력량계의 EMC 시험표준 이상에서 발생하는 잡음에 의한 영향이 전력량계의 정밀도에 어떤 영향을 미치는 가에 대한 검증을 목적으로 과도조건 전도성 잡음 시험을 시행 하였고, 이때 20V 이상의 세기를 가했을 때 전력량계 허용오차범위를 초과하고 있음을 확인하였다.

전반적으로 설치 용량별 외부잡음 수준은 고압보다는 저압고객에서 더 많은 노이즈가 발생하고 있는데, 이는 고압고객의 경우, 전력량계로 전달되는 노이즈가 MOF 등의 주변 설비를 거치면서 잡음의 크기가 감쇠되는 것이 원인과 함께 고압고객에서는 전문인력이 상주하여 체계적인 설비관리와 보완시설을 갖추고 있는 것이 주원인인 것으로 판단된다.

향후의 주요 연구개발 계획은 저압고객에서 전력량계가 오동작 가능성이 많으므로 저압고객에 대한 잡음 저감대책 및 정확한 계량방안에 대한 연구에 관심을 가질 필요가 있을 것으로 판단된다. 한편, 고조파(Harmonics)의 세기가 높게 측정된 고객과 용량성과 유도성 부하 사용고객 또는 분산발전고객에 대하여 전력량계의 성능에 미치는 영향 분석이 필요하며, 이와 병행하여 전력량계 내 고조파(Harmonics) 필터링 기능을 부여하는 방안을 검토하고 고객구역 내 고조파(Harmonics) 필터링 설비 구축을 효율적으로 유도할 수 있는 실증적 방안을 모색해 보고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] 이진행, 김석곤, 김상준, 박용업, 정우영, '전자식 전력량계 EMC 시험규격 해석 및 대책' 전력연구원 기술보고서(TM), 2010
- [2] 김석곤, 이진행, 박철배, 송태승, 이왕상, '전자식 전력량계 외부잡음 실태조사 및 대책', 대한전기학회 춘계학술대회, 2010. 4

- [3] 송양희, 김명길, 신동희, 김종오 외, '전압 전기기기의 고조파 영향평가 및 방출 한계기준에 관한 연구', 산업자원부, 2008
- [4] 장태인, 이정필, 신구용, 이동일, "배전선로하의 전자계 분포 실태", 대한전기학회 하계학술대회, 2003

저 자 소 개

김 석 곤 (金石坤)

2003년 충남대학교 전기공학과 석사.
1993년 창원대학교 전자공학과 학사.
1993년 한국전력공사 월성원자력본부 입사. 1997년~현재, 한국전력공사 전력연구원 송배전연구소 선임연구원(전력계량시스템/배전계통고장해석 분야)

박 창 호 (朴昌浩)

2005년 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박), 1981년 연세대학교 대학원 졸업(석사), 1976년 한국전력공사 입사, 1993년~현재, 전력연구원 송배전연구소 배전운영분야 책임연구원

신 동 열 (申東烈)

2009년 2월, 충남대학교 전기공학과 석사. 1992년 1월~현재, 한전 전력연구원 송배전연구소 근무. 전력계량시스템/배전계통고장해석 개발분야 연구. 2005년, 특허분야 신진식인 선정. 2006년 3월, 과기부 엔지니어상

송 태 승 (宋泰勝)

1997년 충남대학교 전자공학과 학사. 1999년 충남대학교 대학원 전자공학과 석사. 2009년 동대학원 전자공학과 박사. 2000년~현재, 한국산업기술시험원(KTL) 전자과학기술센터 책임연구원

최 용 성 (崔龍成)

1991년 동아대학교 전기공학과 졸업 (학사). 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업 (석사). 1998년 동대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1999년~2001년 JAIST Post-Doc.. 2001년~2003년, Osaka Univ. Post-Doc.. 2002년~2005년, 원광대학교 연구교수. 2006년~현재, 동신대학교 전기공학과 교수. 전력산업인력양성사업단 기획운영부장

E-mail : yschoi67@dsu.ac.kr