

OSL 및 챔버간 RS 시험 결과의 등가성 도출을 위한
내성 레벨의 측정 및 분석

장태현 · 조원서

산업기술시험원(KTL)

I. 개 요

2005 IEC/CISPR 총회가 남아프리카공화국 케이프타운에서 지난 10월에 열렸다. 이번 회의에서는 CISPR SC A, B, F, I, H, S 및 TC 77A, TC 77B, TC 77C 등 EMC와 관련된 위원회별 회의가 진행되었다. 그 중에서 방송 수신기 및 정보기기에 대한 EMC 표준화를 다루는 위원회는 CISPR I로서 4개의 WG으로 구성되어 있다. CISPR I WG1에서는 음성 수신기, 텔레비전 방송 수신기 및 관련 기기에 대한 전자기 방출(emission) 및 전자기 내성(immunity) 시험 기준 및 시험 방법의 표준을 제정 및 개정하고 있으며, CISPR I WG2에서는 최근 새롭게 관심이 집중되고 있는 방송 수신기 및 정보기기의 융합 기기라고 할 수 있는 멀티미디어 기기에 대한 전자기 방출(emission) 시험 기준 및 시험 방법의 규격을 제정하기 위해 연구가 한창이다. CISPR I WG3에서는 정보기기(ITE)에 대한 EMC 시험 기준 및 시험 방법의 표준을 다루고 있으며, CISPR I WG4에서는 멀티미디어 기기에 대한 전자기 내성(immunity) 시험 기준 및 시험 방법 제정 작업이 진행 중이다. 2005년 CISPR I 회의에서는 멀티미디어 기기의 EMC 규격 제정을 위한 준비작업이 가장 활발하게 진행되었으며(WG2 및 WG4), 전력선 통신(PLC)에 대한 emission 측정방법에 관한 논의가 있었다. 특히 방송 수신기를 다루는 WG1에서는 우리나라의 제안이 있었으며, 주제는 대형 TV 수신기에 대한 방사 내성 시험 레벨의 조정에 관한 것이었다. 이 제안의 추가적인 연구를 위해 Task Force가 WG1 내에 조직되었다. 본고에서는

2005 IEC/CISPR 총회 CISPR I WG1에서 발표하였던 제안 내용을 소개하고자 한다.

음성 및 TV 방송 수신기 및 관련 기기의 전자기 적합성 평가는 CISPR 13과 CISPR 20에 따라서 수행된다. CISPR 13은 전자기 방출에 대한 한계치 및 측정방법을 규정하고 있으며, CISPR 20은 전자기 내성에 대하여 규정하고 있다. CISPR 20은 전자기 내성 시험으로 안테나 단자에 대한 내성 시험, 입·출력 포트에 대한 내성 시험, 외부 전자기장 내성 시험 및 정전기 방전 내성 시험과 전원 포트에 대한 EFT 내성 시험 등을 규정하고 있다. 그 중 외부 전자기장 내성 시험은 일반적인 방사 내성 시험(IEC 61000-4-3)과는 다르게 높이가 0.8 m인 개방형 스트립라인(Open Strip-line: OSL) 내에 시험품을 설치하고 150 kHz~150 MHz에서 시험하도록 규정하고 있다.

최근 TV 수신기의 대형화 추세에 따라 대형 TV 수신기에 대하여는 외부 전자기장 내성 시험을 더 이상 OSL에서 할 수 없게 되었다. 대안으로서 OSL에 설치할 수 없는 대형 기기는 일반적인 방사 내성 시험 방법인 IEC 61000-4-3에 따라서 주파수 범위 80 MHz~150 MHz까지 동일한 한계치로 전자파 무반사실에서 시험하도록 CISPR 20의 5.8.4항에 규정되어 있다. 이에 대해 국내 제조업체 및 EMC 전문가들로 구성된 CISPR I 국내 위원회에서는 IEC 61000-4-3에 의한 전자파 무반사실(챔버)에서의 내성 시험이 CISPR 20에 의한 OSL에서의 내성 시험보다 가혹할 것이라는 문제 제기가 있었다. 따라서 참고문헌 [1]에서는 두 시험 방법에 대한 이론적 해석과 두 방법간 전기장의 세기에 대한 비교 측정이 이루어졌으

며 그 결과를 2004년 상해에서 열린 CISPR 총회 CISPR I WG1에서 발표하였다. 크게 두 가지 문제점을 지적하였는데 하나는 CISPR 20에서 규정하고 있는 OSL 내부 전기장의 세기를 교정하는 방법이 모호하고 큰 편차를 가지고 있으므로 OSL 내부 전기장 세기의 교정에 대하여 새로운 방법을 모색할 필요성이 있다는 것과 두 시험 방법간 시험 결과의 차이가 현저하므로 OSL에서 시험할 수 없는 시험품에 대하여 IEC 61000-4-3에 따라 챔버에서 시험할 경우 동등한 시험 결과를 나타내기 위해서 시험 레벨을 조정할 필요가 있다는 것을 지적하였다. 이 회의에서는 지난 십수 년간 지속해 온 OSL 교정 방법에 새로운 방법을 도입하는 것은 효율적이지 못하므로 불가하다는 결론을 내렸으며, 다만 시험 레벨의 조정을 위해서는 실제 시험품에 미치는 영향을 파악할 필요가 있으므로 우리나라에서 이에 대한 데이터를 준비해 줄 것을 요청하였다.

따라서 본 고에서는 실제적으로 TV 방송 수신기 및 관련 기기가 위의 두 가지 방법으로 시험되었을 때 시험 결과에 미치는 영향을 시험품의 전기장 내성 레벨로 비교하였다. 또한, CISPR 20 관련 기기를 전자파 무반사실에서 시험할 경우 필요한 시험레벨의 보정치를 제시하고자 한다.

II. OSL에서의 전자기장 내성 레벨 측정

CISPR 20의 외부 전자기장 내성 시험은 개방형 스트립라인(OSL) 내에 시험하고자 하는 TV 수신기를 놓고 OSL의 정합 회로망에 고주파 전압을 인가함으로써 OSL내에 전기장을 형성시키는 방법이다. OSL 내의 전기장을 CISPR 20에서 요구하는 시험 레벨로 정확하게 인가하기 위해서는 사전에 OSL내의 전기장의 세기를 교정하여야 한다.

CISPR 20의 OSL에서 두 개의 평행 도체판 사이로 진행되는 TEM 모드 전자파의 전기장 성분은 평

행 도체판에 수직이며 자기장 성분은 평행하게 나타난다. 두 평행 도체판의 높이가 h 인 OSL 입력에 전압 U_i 를 인가하면 전기장 E 가 발생한다.

$$E = \frac{U_i}{h} \quad (1)$$

식 (1)에서 전기장의 세기는 OSL의 기구적인 오차, 재료의 손실, 정재파 및 전자파 차폐실의 내부 반사 등에 의해 편차가 발생한다. 이러한 편차들은 주파수 의존함수이므로 주파수에 대한 OSL의 전달 인자(transfer factor) T 를 구하여 보정해 주어야 한다.

$$T = E - U_i \quad (2)$$

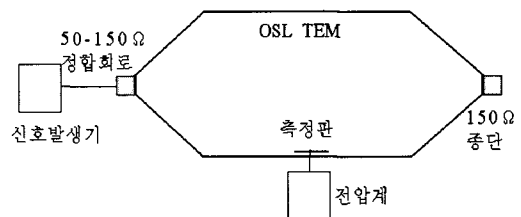
T 의 단위는 dBm^{-1} 이고 U_i 는 입력 전압(dBV)이다.

[그림 1]은 OSL 내부 전기장의 세기 교정을 위한 구성도를 보여준다. CISPR 20에 의한 OSL의 전기장 교정에서 정합 회로 입력단에 10 V(e.m.f.)를 인가할 때, 측정판에서의 전압은 [그림 2]의 교정 곡선의 오차 범위 이내에 있어야 한다. 이 조건을 만족하면 OSL 내의 전기장의 세기는 3 V/m임을 나타낸다. 이때, ± 2 dB의 편차를 벗어나는 경우에는 보정인자 K_1 으로 전기장의 세기를 보정한다.

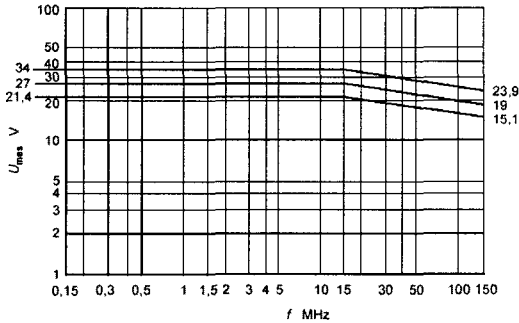
$$K_1 = \frac{U_{mes}}{U_{nom}} \quad (3)$$

여기서, U_{mes} 는 OSL 내의 측정판에서 측정된 전압이고, U_{nom} 은 기준 전압이다.

OSL의 전기장의 세기를 교정한 후, 신호 발생기



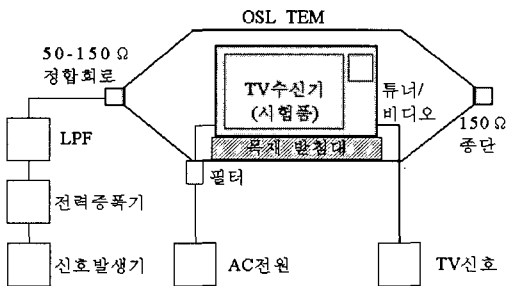
[그림 1] OSL 내의 전기장의 세기 교정을 위한 구성도



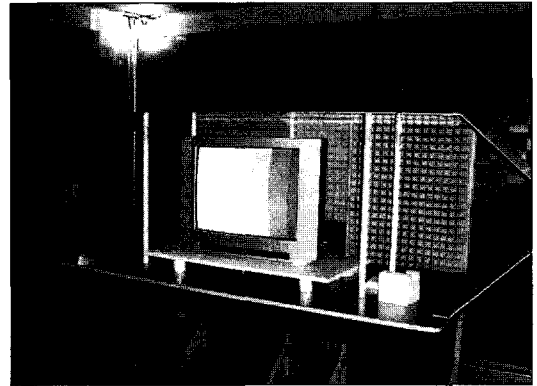
[그림 2] OSL의 전기장의 세기 기준 곡선

레벨과 OSL 내에 형성되는 전기장의 세기 사이의 관계를 OSL의 전달 인자로서 구할 수 있다. 이 교정에서는 $U_i = 10 \text{ V(e.m.f)}$ 일 때, 전기장의 세기 $E = 3 \text{ V/m}$ 이라고 규정되어 있기 때문에 이 때의 전달인자 T 는 식 (2)에 따라서 -10.5 dBm^{-1} 이 되며, 여기에 K_1 을 보정하면 인가하는 전기장의 세기를 결정하기 위한 전달인자가 된다. 실제 시험 시스템에서는 [그림 3]에서와 같이 신호 발생기의 낮은 출력을 전력 증폭기에서 충분히 증폭하고 고주파 성분들을 제거하기 위하여 저대역 통과 필터(LPF)를 통하여 정합 회로망에 인가한다. 이러한 경로에서 사용된 RF 케이블의 손실도 전달인자에 포함된다.

비교시험을 위하여 국내에서 제조되는 TV 수신기 3 모델과 수입제품 1 모델 총 4개의 제품에 대해



[그림 3] CISPR 20에서의 내성 레벨 측정을 위한 시험 구성도

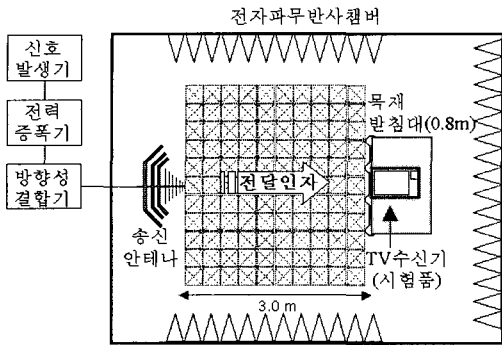


[그림 4] OSL에서 내성 레벨 측정 장면

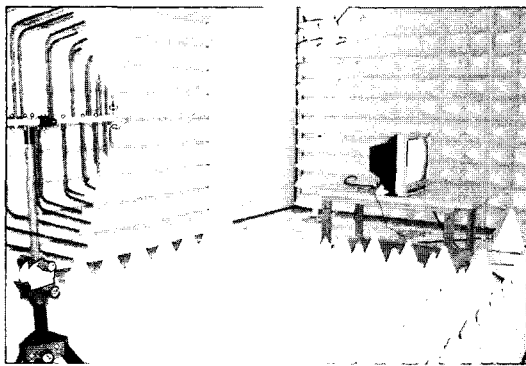
여 산업기술시험원(KTL), 전기전자시험연구원(KE-TI), LG전자, 대우일렉트로닉스 등 4개 시험실에서 내성 레벨을 측정하였다. 시험품의 크기는 20 인치 TV 1대, 21 인치 TV 2대, 29 인치 TV 1대이었다. 비교시험의 목적상 비교를 단순화시키기 위하여 시험 주파수는 규격에 따라서 80 MHz~150 MHz까지 측정되었으며, 주파수 증가분은 5 MHz로 하였다. TV 회망 신호의 인가는 안테나 포트에 인가할 경우 내성 레벨을 측정하기가 쉽지 않으므로 비디오 단자로 인가하였다. 독일 R&S사의 TS 9980 Test System 및 소프트웨어를 사용하여 OSL 내의 전기장의 세기를 먼저 135 dBuV/m로 인가하고, 전자기 감응이 나타나면 전기장의 세기를 낮추고, 그렇지 않으면 전기장의 세기를 높이는 방식으로 TV 수신기의 내성 레벨을 측정하였다.

III. 챔버에서의 전자기장 내성 레벨 측정

IEC 61000-4-3에 의한 방사 내성(RS) 시험 구성은 [그림 5]와 같다. 송신 안테나 끝으로부터 3 m 되는 지점인 시험품이 놓이는 위치(바닥면으로부터 0.8 m, 폭이 1.5 m, 높이가 1.5 m인 평면)에서 균일장 영역이 평가된다.



[그림 5] IEC 61000-4-3 챔버 구성도



[그림 6] IEC 61000-4-3 방사내성 시험 장면

각 측정 시험장마다 챔버 및 측정 시스템의 규격 및 구성이 다르므로 내성 레벨 측정 결과를 비교하기 위해서 챔버에서 전기장의 세기를 형성하는 과정을 이해하고, 단순화시켜 내성 레벨을 계산하는 것이 필요하다.

[그림 4]에서 원하는 전기장의 세기 E 를 계산하기 위해서 전력증폭기의 이득 G_{PA} 와 경로 손실 L_{PATH} 를 구해야 하며, 균일장 영역 평가를 통하여 얻어진 순방향 전력 레벨 P_{FORW} (또는 신호 발생기의 출력 레벨 P_{SG}), 안테나 이득 G_{TX} 를 포함하는 챔버의 전달인자 T_{CHAM} 가 결정되어야 한다.

$$E = P_{SG} + G_{PA} - L_{PATH} + G_{TX} + T_{CHAM} \quad (4)$$

일반적으로 챔버 및 전력증폭기의 포화상태를 피하기 위해 필요한 최대의 전기장의 세기보다 1.8배 높은 레벨로 균일장 영역 평가를 실시하여 챔버의 전달인자를 결정하고 이를 이용하여 전기장 계산(field evaluation)을 할 수 있게 된다. 챔버의 전달인자는 순방향 전력을 기준으로 평가가 되지만, 신호 발생기를 기준으로 전기장의 세기를 산출하는 것도 가능하다. 식 (4)에서 앞의 두 항을 순방향 전력으로, 그 다음 세 항을 챔버 전달인자 T_{CHAM} 로 단순화시키면 식 (5)와 같다.

$$E = P_{FORW} + T_{CHAM} \quad (5)$$

따라서 먼저 전기장의 세기를 3 V/m로 인가한 후, 전자기 감응이 발생하면 신호발생기의 레벨을 점차 낮추면서 더 이상 영향을 받지 않게 될 때, 변조를 해제하고 그 순간의 순방향을 전력을 측정한다. 측정된 순방향 전력을 챔버의 전달인자와 결합시켜 시험품의 전기장 내성 레벨을 산출한다. TV 회망신호를 인가하기 위하여 챔버 내부 바닥에 TV 패턴 발생기를 위치시키고 OSL에서와 마찬가지로 비디오 입력 단자에 연결하였다. 전자기 감응을 확인하기 위하여 시험실 내부에 설치된 비디오 카메라에 의한 측정 및 직접 관측을 통하여 화질 평가가 이루어졌으며, 음질 평가는 제외되었다.

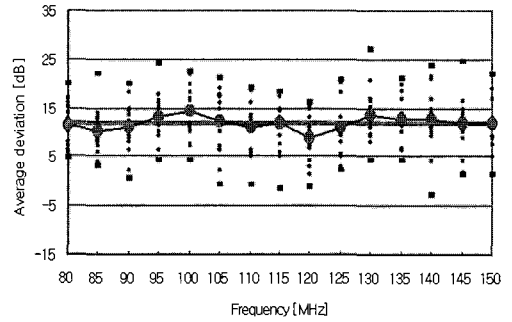
IV. OSL vs. 챔버에서의 측정 결과 분석

CISPR 20에서 규정하고 있는 외부 전자기장 내성 시험 OSL법과 전자파 무반사 챔버법으로 4개의 시험품에 대하여 4곳의 시험소에서 측정된 총 16개의 데이터를 비교·분석하였다. 80 MHz에서 150 MHz까지 5 MHz 스텝으로 4개의 시험품에 대하여 나타난 결과를 각 시험 방법에 대하여 평균을 구하였다. <표 1>은 4개의 시험품 중 OSL과 챔버간 가장 많은 편차를 보인 시료에 대한 결과이다. 대부분 양(+)의 값을

나타내고 있는데, 이것은 챔버에서 측정된 전기장에 대한 시험품의 내성 레벨이 OSL에서 측정된 내성 레벨보다 낮기 때문이다. 따라서 비록 같은 전기장의 세기로 설정하고 시험을 하더라도 시험품이 챔버에서 받는 전기장의 세기와 OSL에서 받는 전기장의 세기가 다르고, 챔버에서 시험하는 것이 더 가혹하다는 것을 나타낸다.

OSL에서 시험된 경우에는 CISPR 20의 외부 전기장 내성 시험의 허용기준인 125 dBuV/m를 모두 만족하는 반면에 챔버에서 측정된 데이터는 그 허용기준에 훨씬 미치지 못하고 있는 것 또한 주목할 만하다.

[그림 7]은 16개의 데이터에서 OSL과 챔버간의 전기장 내성 레벨 편차들을 평균한 그래프를 나타낸다. 챔버에서의 시험이 OSL에서의 시험보다 평균적으로 약 12 dB 이상 높은 시험조건이 된다는 것을



[그림 7] OSL에 대한 챔버의 내성 레벨 차이의 평균 보여준다.

V. 결 론

CISPR 20의 외부 전자기장 내성 시험은 시험품의 크기에 따라서 OSL을 사용하는 방법과 IEC 61000-4-3에 의한 전자파 무반사 챔버를 사용하는 방법 중 선택하여 적용하도록 되어 있다. 같은 규격 내에서 동일한 시험을 서로 다른 방법으로 하도록 허용할 경우에는 시험 방법 상호 간에 인정할 만한 오차 범위 안에서 그 시험 결과를 기대할 수 있어야 한다. 측정된 데이터의 분석 결과 OSL보다 챔버에서의 시험이 시험품에 미치는 영향이 평균적으로 12 dB 이상으로 매우 높게 나타났다. 이는 외부 전자기장 내성 시험을 OSL에서 실시할 수 없는 기기에 대하여 시험을 챔버에서 실시할 경우 인가 레벨을 12 dB 정도 낮추어야 함을 실증적으로 보여준다.

따라서 지난 2005 CISPR 총회 SC I WG1에서 OSL에서 시험할 수 없는 대형 시험품에 대한 방사 내성 시험 레벨의 완화를 제안하였으며 TF가 구성되었다. 1차 TF 회의는 미국 뉴멕시코주 산타페에서 2006년 1월 30일에 개최된다. 1차 TF 회의에서는 챔버에서 방사 내성 시험을 위한 시험 배치를 명확화

<표 1> OSL vs. 챔버에서 측정된 내성 레벨의 차이 (dB)

주파수 [MHz]	OSL(평균) [dBuV/m]	챔버(평균) [dBuV/m]	OSL-챔버 차이 [dB]
80	136.8	126.5	10.2
85	133.5	124.9	8.6
90	135.3	123.5	11.7
95	137.3	123.0	14.2
100	139.3	122.1	17.1
105	136.0	121.1	14.9
110	135.0	123.2	11.8
115	135.0	118.5	16.5
120	133.0	118.7	14.3
125	134.8	119.3	15.4
130	134.0	117.3	16.7
135	132.3	118.3	14.0
140	132.3	117.1	15.1
145	132.0	116.9	15.1
150	132.3	118.2	14.0

게 하는 것과 전자기 내성 측정방법 및 시험레벨의 조정에 관한 내용들이 의제로 논의될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 장태현, 조원서, 조희곤, "CISPR 20의 외부내성시험에서 개방형 스트립라인과 전자파 무반사실간의 시험레벨 비교", 2004년 추계 마이크로파 및 전파전파 학술대회.
- [2] 장태현, 조원서, 김종운, 이상욱, "오디오·비디오 기기의 IEC 61000-4-3에 의한 방사내성 시험레벨의 보정", 2005년 추계 마이크로파 및 전파전파 학술대회.
- [3] CISPR/1/WG1/(W.S. Cho & T.H. Jang)_October 2005, Adjustment of test level for large equipment not fitting in OSL for radiated field immunity testing.
- [4] CISPR 20: 2002-02, Sound and television broadcast receivers and associated equipment - Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement.
- [5] IEC 61000-4-3, EMC - Part 4-3: Testing and measurement techniques - Radiated, RF, EM field immunity test.

≡ 필자소개 ≡

장 태 현



1996년 2월: 한양대학교 전자공학과 (공학사)
 2002년 2월: 아주대학교 산업대학원 정보전자공학과 (공학석사)
 1996년 5월~현재: 산업기술시험원 전자파팀
 2002년~현재: CISPR I 소위원회 국내간

사

[주 관심분야] EMI/EMC 측정 표준화, EMI/EMC 대책기술

조 원 서



2000년 8월: 중앙대학교 전자공학과 (공학박사)
 1991년 8월~1999년 3월: 생산기술연구원 선임연구원
 2000년 12월~2004년 6월: 산업기술시험원 전자파팀장
 2004년 7월~현재: 산업기술시험원 정보

통신팀장

2001년 3월~현재: CISPR 국내전문위원회 간사
 2002년 10월~현재: Asia Network Forum, EMC Group Leader
 2004년 9월~현재: CISPR/B 국제위원회, Project Leader
 [주 관심분야] EMI/EMC 측정 표준화, 안테나, 수치해석