

CISPR의 EMC 측정 불확도 기술 동향

박 정 규

전파연구소

I. 서 론

현대는 과학 기술과 산업의 발전으로 공업, 환경 및 정보 통신 등의 각 분야에서 수많은 측정이 이루어지고, 측정 결과는 국가의 정책 설정, 생산품의 품질 관리, 국제간의 통상 무역에서 이루어지는 결정에 중요한 자료로 이용된다. 그러한 결정을 하는데 있어서 중요한 요소가 측정 결과의 신뢰성이며, 그 척도가 측정 불확도이다.

측정 불확도의 중요성이 국제적으로 확산되면서 1993년 국제표준화기구(ISO)는 측정 불확도 지침서인 'Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement'를 출판하였다. 이는 측정 불확도를 평가하고 표현하는 방법을 전 세계적으로 통일시키기 위한 작업으로서 현재 가장 중요한 참고자료로 활용되며 생산품의 품질 관리, 기초 과학 및 응용 과학, 각종 법규, 국제적인 측정 비교 등에 널리 이용되고 있다.

하지만 ISO의 이 지침서는 원론적이고 추상적인 부분이 많아 이해하기가 어렵기 때문에 개별 측정 분야에서는 목적에 따라 그 지침서를 구체적으로 적용하기 위한 각론적 시도가 꾸준히 진행되어 왔다. 교정 분야에서는 EA(European co-operation for Accreditation)에서 'Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration'을 발간했고, 통신 분야에서는 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)에서 'Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters(ERM): Uncertainty in the measurement of mobile radio equipment characteristics'를 발간하여 개별 분야에서 구체적인 적용방법을 제시했다.

또한 여러해 동안 EMC 전문가들 사이에도 측정 불확도에 대한 개념을 인지하고 있었으며 EMC 측정에 있어서 그 도입의 필요성에 따라 영국의 NAMAS(National Accreditation of Measurement and Sampling)에서 'the treatment Uncertainty in EMC measurement'를 출판하여 EMC 측정의 불확도를 평가하고 표시하는 일반적인 규칙을 확립하였다. 그러나 전통적인 계측학(metrology)에서는 측정 결과가 정의된 표준 즉, 국가 표준이나 국제 표준 그리고 SI 단위계의 소급성(traceability)을 가지는가에 관심을 둔 반면에 EMC에서는 구체적이고 표준화된 방법을 사용하여 얻어진 결과가 정확성을 갖는가에 더 관심을 기울였고, EMC 시험에서의 불확도의 크기가 (전통적인)계측 측정 및 시험 절차에 의해 유도되는 불확도 보다 크다는 두 가지 차이점 때문에 ISO의 지침 이외에 EMC 시험의 불확도를 평가하기 위한 구체적인 지침이 필요하였다. 이러한 필요에 따라 CISPR에서는 지침서로서 CISPR 16-4-1(Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and method-Part4-1: Uncertainty, statistics and limit modelling-Uncertainties in standardized EMC tests) 및 CISPR 16-4-2(Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and method-Part4-2: Uncertainty, statistics and limit modelling-Uncertainties in EMC measurements)를 출판하게 되었다. 이 CISPR 문서는 ISO 지침에 제시된 개념을 표준화된 EMC 시험에 어떻게 적용할 수 있을지를 보여준다. 다음의 장부터 이 문서들에 대한 개략적인 내용과 2005년도의 동향에 대해 살펴본다.

II. CISPR 16-4-1(Uncertainties of the Standardized EMC Test)

CISPR 16-4-1(표준화된 EMC 시험의 불확도)는 EMC 적합성 시험동안에 직면할 수 있는 관련된 모든 불확도 소스에 대한 참고문헌으로서 역할을 한다.

전통적인 계측학은 측정계측불확도(Measurement Instrumentation Uncertainty: MIU)를 다루는 것으로 충분한 반면에 EMC 측정 불확도의 지침서인 CISPR 본 문서에서 특이한 점은 표준적합성불확도(Standards Compliance Uncertainty: SCU)를 강조하고 있다는 것이다. 이 용어는 SCU의 하위 성분인 MIU와 실제적인 EMC 적합성 시험에서 발생하는 모든 부적합성을 구별하기 위하여 도입되었으며 '용어 및 정의'의 장에서 다음과 같이 설명하고 있다.

- MIU: parameter, associated with the result of a measurement which characterizes the dispersion of the values that could reasonably be attributed to the measurand, induced by all relevant influence quantities that are related to the measurement instrumentation
- SCU: parameter, associated with the result of a compliance measurement as described in a standard, that characterizes the dispersion of the values that could reasonably be attributed to the measurand

2003년 11월에 출간된 초판은 전체 10개의 장과 부록 2개로 구성되어 있으며 불확도 소스에 대한 구체적인 내용은 측정 종류별로 구성되어 있는데 다음과 같다.

- 1. 일반(General)
- 2. 표준 참고 문서(Normative reference)
- 3. 용어 및 정의(Terms and definitions)

- 4. 방출 측정의 기본적 고려사항(Basic consideration on uncertainties in emission measurements)
- 5. 내성시험에서 불확도에 대한 기본적 고려사항(Basic consideration on uncertainties in immunity testing) ← (2003년 현재 고려중)
- 6. 전압측정(Voltage measurements)
- 7. 흡수클램프 측정(Absorbing clamp measurements)
- 8. 방사방출 측정(Radiated emission measurements) ← (8~부록 A: 2003년 현재 고려중)
- 9. 전도내성 측정(Conducted immunity measurements)
- 10. 방사내성 측정(Radiated immunity measurements)
- 부록 A(참고용). 적합성 불확도 및 장애확률(Compliance uncertainty and interference probability)
- 부록 B(참고용). 시험실간 시험 결과의 분석방법(Analysis method of results of an inter-laboratory test)

CISPR 16-4-1의 개략적인 내용은 다음과 같다.

1. 일반

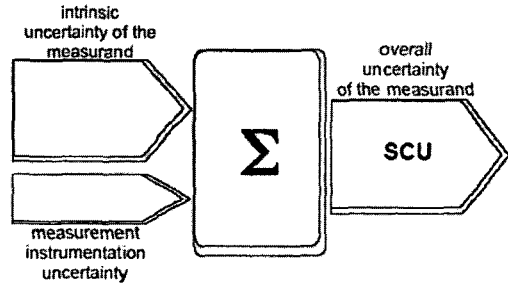
1.1 적용범위(Scope)

이 문서의 목적은 다음 세 가지로 요약된다.

- a) 주어진 제품이 CISPR 권장사항에서 규정한 요구조건과 부합하는 내용과 관련된 불확도를 관리하는 소스나 파라미터를 규명하는 것, 여기서 불확도라 함은 표준적합불확도(SCU)를 말한다.
- b) SCU의 크기를 평가하는 지침의 제공
- c) SCU를 CISPR의 표준화된 적합성 시험의 적합성 판단기준으로 이행하기 위한 지침 제공

〈표 1〉 표준적합불확도(SCU)

1장, 2장, 3장: 일반사항	
방출(Emission)	내성(Immunity)
4장 기본적 고려사항	5장 기본적 고려사항
6장 전압 측정	9장 전도성 내성 시험
7장 흡수클램프 측정	10장 방사 내성 시험
8장 방사 방출 측정	



1.2. 표준적합불확도와 관련된 장들의 구조(Structure of clauses related to standards compliance uncertainties)

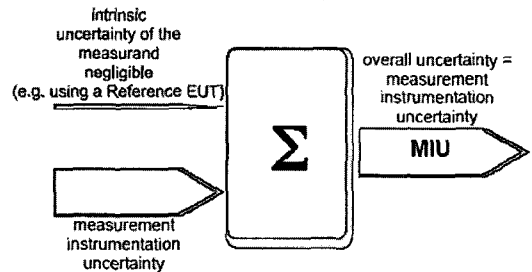
2. 표준참고문헌

3. 용어 및 정의

4. 방출 측정 불확도의 기본적 고려사항

4.1. 서론(Introduction)

[그림 1]은 측정량의 전체 불확도와 측정계측불확도 및 표준적합불확도의 기여도에 따른 관계를 보여준다.



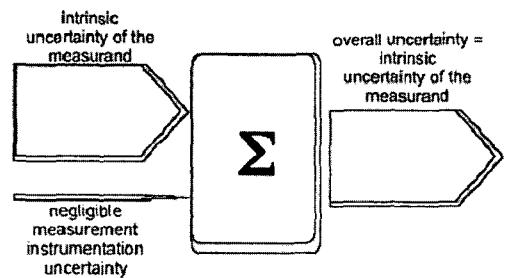
4.2. 방출 측정에서 불확도 유형(Types of uncertainties in emission measurements)

4.2.1. 불확도 고려의 목적(Purpose of uncertainty considerations)

EMC 방출 측정의 측정 결과는 불확도에 영향을 받으며, 정량적으로 불확도를 고려하는 이유에 대해 다음의 경우를 살펴 볼 수 있다.

- a) 시험소의 기술적 측정 능력의 자격
- b) 한계치에 관한 측정 결과의 적합성 판단
- c) 다른 시험소에서 얻어진 측정 결과의 비교
- d) 방출 측정의 다른 방법과의 비교
- e) 대량 생산품의 방출 성능의 샘플 시험

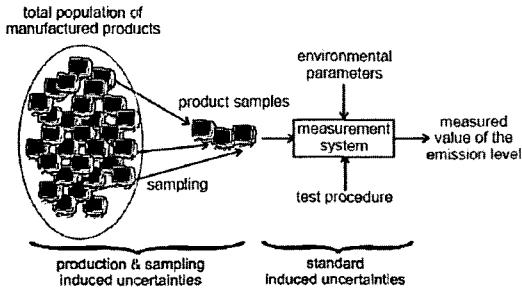
a)의 경우, 측정 체인의 불확도 및 측정 절차의 이행으로 인한 불확도를 고려하는 것으로 충분함. b)의



[그림 1] 전형적인 방출측정(상), 무시할만한 측정량의 고유불확도가 있는 경우(중) 및 무시할 만한 측정계측불확도가 있는 경우(하)

경우, 방출 적합성 시험의 결과를 주어진 한계치에 대해 판단함. c)의 경우는 특정 제품에 대한 당국에 의한 시장 관리이며 이 때 시험소는 해당 한계치에 대한 측정 결과의 적합성을 판단. d)의 경우는 예를 들어 10 m OATS와 3 m SAR의 측정결과 비교 e)의 경우는 80% / 80% 규격의 적용.

4.2.2. 불확도 소스의 범주(Categories of uncertainty sources)



[그림 2] 방출 적합성 측정의 과정 및 그와 결합된 불확도 소스

4.2.3. 불확도 유형 요약(Summary of types uncertainties) <표 4>

4.2.4. 영향량(Influence quantities)

측정 표준에서 각각의 불확도 소스는 한 개 이상

<표 2> 표준화된 방출 측정에서 불확도 소스의 범주

시험소에서 유도된	표준에서 유도된	제작 및 샘플에서 유도된
<ul style="list-style-type: none"> - 시험자의 기술 - 분석 및 계산 - 보고 - 측정 절차 및 소프트웨어에서 표준의 이행 - 품질 시스템 	<ul style="list-style-type: none"> - 측정량의 규격 - 교정 및 증명을 포함한 측정 계측 - 측정 절차 설명 - 환경 조건 - EUT 셋업 - EUT의 동작 - EUT의 유형 	<ul style="list-style-type: none"> - 제품 허용오차 - 샘플링 - 비 대표값 샘플

의 영향량을 사용하여 정량적인 방법으로 명시하여야 한다. 불확도 소스를 완전히 정량화하는 것은 가능하지 않다. 영향량으로 명시되는 불확도 소스를

<표 3> 방사 방출 측정의 불확도 소스의 예

계측	측정절차	환경조건	EUT 셋업 및 동작	EUT 유형
<ul style="list-style-type: none"> - 시험장 성능 - 수신 안테나 성능 - 수신 성능 - 케이블 성능 	<ul style="list-style-type: none"> - 스캔 높이 - EUT 테이블 회전 - 수신기 세팅 	<ul style="list-style-type: none"> - 주위방사환경 (Radiated ambient) - 주위전도환경 (Conducted ambient) - 온도 	<ul style="list-style-type: none"> - 오차한계 측정거리 및 높이 - 셋업 장치 - 케이블 라우팅 - 케이블 종단 - 작동 모드 	<ul style="list-style-type: none"> - 테이블 설치 또는 바닥 설치 - 치수

<표 4> 현재 CISPR에서 사용되는 불확도 유형

불확도 유형	관련 불확도 소스	적용
측정계측불확도(MIU)	측정 계측	측정실비의 품질 평가 (CISPR 16-4-2에서 제시된 U_{CISPR} 와 같은)
표준적합성불확도(SCU)	<ul style="list-style-type: none"> - 표준에서 유도된(계측 포함) - 제품 및 샘플링으로 유도된 	적합성 측정
측정방법과 연관된 불확도	표준에서 유도된(계측 포함)	대체 시험방법과의 비교
대량 생산품의 방출 성능 불확도	제품 및 샘플링으로 유도된	대량생산품의 적합성 측정 (품질보증, CISPR 16-4-3의 80 % / 80 % 규칙)

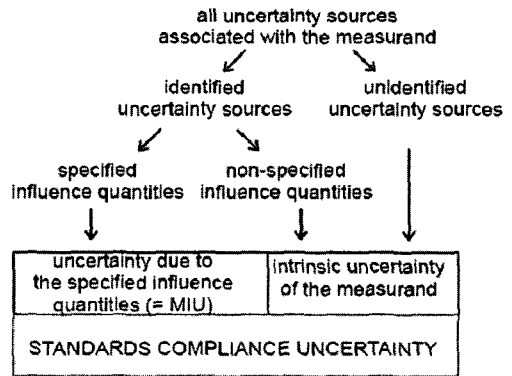
<표 5> CISPR 22에서 OATS의 방출측정에 대해 '불확도 소스'를 '영향량'으로 해석하는 예

불확도 소스	영향량	CISPR 22에서 명시?	주어진 오차 한계
시험장 성능	정규화 시험장 감쇠량	예	예
주위 잡음 복사	주위 잡음 레벨	아니오	아니오
전도성 주위 잡음	LISN 필터 성능	예	아니오
수신 안테나 성능	- 안테나 인자 - 불평형 - 교차 편파	- 간접(16-1의 5.5.1) - 예 - 예	- 예 - 예 - 예
EUT 장치 셋업 및 케이블 라우팅	장치의 위치 및 방위 케이블의 기하 배치	부분적으로, 예	아니오
EUT 케이블의 종단	CM 임피던스	아니오	아니오
동작 EUT의 모드	동작 EUT의 모드	부분적(정성적)	아니오

'명시된 영향량'이라 부르며 정량화하기 힘들지만 적절하게 확인된 영향량은 '명시되지 않은 영향량'이라고 한다<표 5>.

4.2.5. 측정량과 고유불확도(The measurand and intrinsic uncertainty)

측정 시스템의 불확도가 무시되지 않는다면, 그 측정된 양은 여전히 최소의 불확도에 의해 영향을 받게 되는데, 그것은 측정량의 불안정한 설명에 기인한다. 이러한 최소의 불확도는 측정량의 '고유불확도'로서 정의된다[그림 3].



[그림 3] 불확도 소스, 영향량 및 불확도 범주 사이의 관계

4.3. 표준적합성 불확도와 장애 확률 사이의 관계 (Relation between standards compliance uncertainty and interference probability)

4.3.1. 측정량 및 관련된 제한치(The measurand and the associated limit)

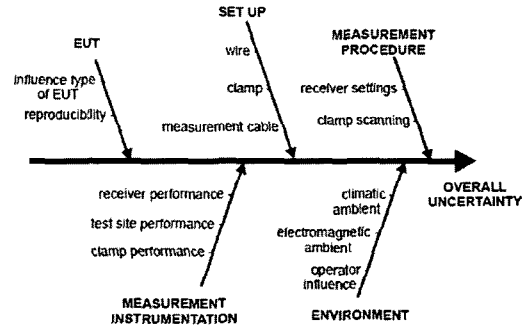
EMC 적합성 시험의 목적은 직접량으로서 전압, 전류, 자기장의 세기 등과 같은 물리적 양을 측정하는 것이 아니라 대신에 의도된 위치에서 제품의

EMC 정도에 대한 감도를 제공하도록 가정된 간접적인 양이다. 측정량과 그것의 불확도 및 관련된 제한치의 레벨은 장애 확률과 연관되어 있다.

방출 제한이 낮으면 장애 확률이 낮고 또 불확도는 그 장애 확률에 영향을 미친다. 특정 측정량과 그 불확도 및 관련 제한치에 대해 CISPR/H가 '장애 확률'을 평가해야 한다.

4.3.2. 불확도의 결정 및 적용 과정

CISPR/H (제한치의 개발)	
- 적절한 측정량과 그 제한 레벨 그리고 그 최대 허용 불확도 규정(아래 비교 참조)	
- 근거 설명	
CISPR/A (시험장비 규격 및 시험 방법의 개발)	
- 시험 방법과 시험 장비에 관련한 측정량의 세분화된 규격 규정	
- 불확도 소스 및 불확도 범주 확인	
- 각 불확도 소스에 대한 영향량의 명시 및 정량화	
- 불확도 예산 설립	
- 불확도 예산의 정당성 확인. 실제의 불확도와 예산된 불확도가 불일치할 경우, 불확도 소스와 영향량을 다시 고려해야 한다.	
- CISPR H가 부과하는 불확도 요구조건에 대한 불확도를 실제적으로 확인	
- 적합성 기준에 불확도를 적용	

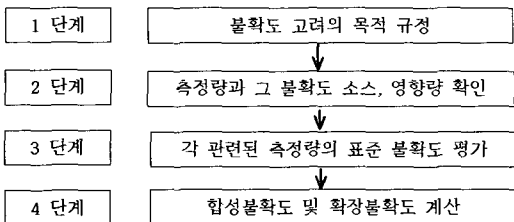


[그림 5] 측정량과 그 불확도 소스, 영향량 확인

4.4. 표준화된 방출 측정에서 불확도 평가(Assessment of uncertainties in a standardized emission measurement)

4.4.1. 불확도 추정 과정(The process of uncertainty estimation)[그림 4]

4.4.2. 1 단계: 불확도 고려의 목적 규정(Definition of the purpose of the uncertainty estimation)



[그림 4] 불확도 추정 과정

4.4.3. 2단계: 측정량과 그 불확도 소스, 영향량 확인(Identifying the measurand, its uncertainty and influence quantities)[그림 5]

4.4.4. 3 단계: 각 관련된 측정량의 표준 불확도 평가(Evaluate the standard uncertainty of each relevant influence quantity)

측정량 L_m 은 명시된 영향량 $x_{s,i}(i=1,2 \dots ,n)$ 및 명시되지 않는 영향량 $x_{u,j}(j=1,2, \dots ,k)$ 에 의존할 것이다.

$$L_m = f(x_{s,i}, x_{u,j}) \tag{1}$$

측정량의 총 불확도는 다음과 같이 평가된다.

$$\begin{aligned} u(L_m) &= \sum_{i=1}^n \frac{\partial L_m}{\partial x_{s,i}} u(x_{s,i}) + \sum_{j=1}^k \frac{\partial L_m}{\partial x_{u,j}} u(x_{u,j}) \\ &= \sum_{i=1}^n c_{s,i} u(x_{s,i}) + \sum_{j=1}^k c_{u,j} u(x_{u,j}) \end{aligned} \tag{2}$$

4.4.5. 4 단계: 합성 및 확장 불확도 계산(Calculation of the combined and expanded uncertainty)

4.5. 불확도 예산의 증명(Verification of the uncertainty budget)

4.5.1. 서론(Introduction)

측정의 적합성은 다음으로 증명할 수 있다.

- a) 두 개의 다른 시험소로부터 얻어진 측정 결과 및 불확도 비교
- b) 시험소간 비교측정 수행 및 결과의 통계적 평가

4.5.3. 시험소 비교 및 측정의 양립성 요구사항
(Test laboratory comparison & the measurement compatibility requirement)

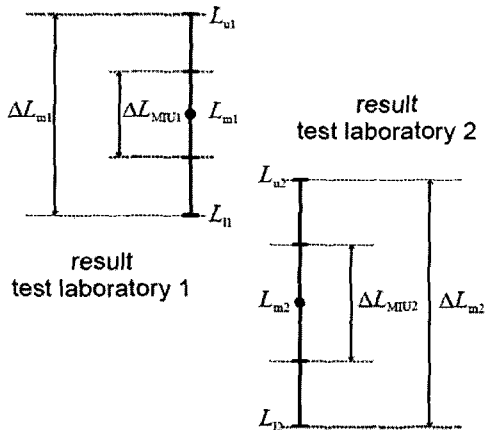
측정의 두 결과가 다음과 같은 간격으로 표시될 때 서로 호환된다고 간주된다.

$$U_{12} = \sqrt{(U_{m1}^2 + U_{m2}^2 - 2rU_{m1}U_{m2})} \quad (3)$$

U_{12} 는 두 측정값 차의 불확도이고 r 은 두 측정의 상관계수이다. $r=0$ 은 상관관계가 없음을 의미하고 $r=1$ 은 완전 상관관계여서 $U_{12}=U_1-U_2$ 이다.

4.5.3. 시험실간 비교 및 통계 평가(Inter-laboratory comparison & statistical evaluation)

통계적 견지에서, 여러 시험장에서 검증 측정을 하고 통계적 방법을 사용하여 결과를 분석하는 것이



[그림 6] 표준적합성 불확도에 대한 최소 요구사항(간격 양립성 요구사항)

유리하다. 이러한 일련의 과정은 시험장 재현성 프로그램 또는 Round Robin Test에 의해서 구현된다.

4.5.4. '계산 가능 EUT'의 적용(Application of a 'calculable EUT')

4.5.6. '기준 EUT'의 적용(Application of a 'reference EUT')

4.6. 불확도 보고(Reporting of the uncertainty)

4.6.1. 불확도 평가 결과 보고(Reporting results of uncertainty assessments)

4.6.2. 일상적 적합성 시험 결과의 불확도 진술 (Uncertainty statements in routine compliance measurement results)

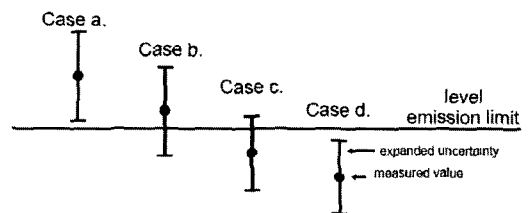
4.6.3. 확장불확도 보고

95 % 신뢰수준의 보상계수 $k=2$ 를 사용한다.

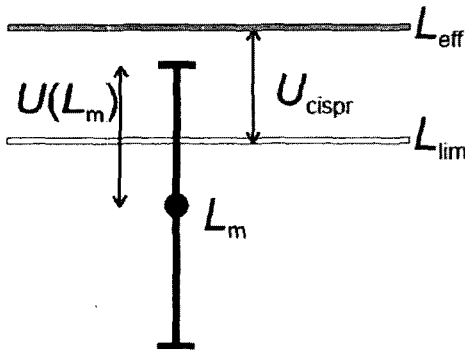
4.7. 적합성 판단기준에서 불확도 적용(Application of uncertainties in the compliance criterion)

4.7.1. 서론(Introduction)

방출 제한치의 적합성을 고려할 때 다음 그림의 네 가지 시나리오가 가능하다.



[그림 7] 적합성 판단기준에서 불확도 적용



[그림 8] 적합성 측정에 대한 제조사의 적합성 판단 기준

4.7.2. 적합성 측정에 대한 제조사의 적합성 판단 기준(Manufactures compliance criterion for compliance measurements)[그림 8]

CISPR 16-4-2의 적합성 판단 기준이 적용된다. 측정 레벨이 다음과 같으면 적합하다.

$$L_m \leq L_{lim} \text{ 와 } L_m + U(L_m) \leq U_{lim} + U_{cispr} = L_{eff} \quad (4)$$

4.7.3. 대량 생산된 제품에 대한 적합성 판단 기준 (80 %/80 % 규칙)(Compliance criterion for mass produced products)

4.7.4. 기준 EUT를 사용한품질 보증에 대한 적합성 판단 기준(Compliance criterion for quality assurance tests using a reference EUT)

5. 내성 시험의 불확도에 대한 기본적 고려 사항 고려중

6. 전압 측정

6.1. 서론(Introduction)

6.2. 전압측정(일반)(Voltage measurements(general))

6.2.1. 서론(Introduction)

6.2.2. 전압측정 기본(Voltage measurements basics)

6.2.2.1. 측정 루프의 규정(Specification of the measurement loop)

6.2.2.2. 측정 루프의 구속 조건(Measurement loop constraint)

6.2.2.3. 측정 전압(The measured voltage)

6.2.3. 전압의 방해 소스와 유형(The disturbance source and types of voltage)

6.2.3.1. 장애 확률(Interference probability)

적합성 확률 연구에서는 방해 신호의 차동모드(DM) 및 공통모드(CM)의 특성 모드를 고려하여야 한다.

6.2.3.2. CM/DM 및 DM/CM 전환(CM/DM and DM/CM conversion)

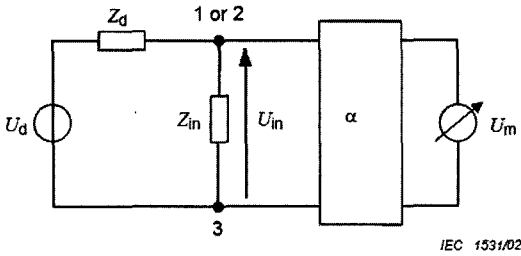
6.3. 전압 프로브를 이용한 전압측정(Voltage measurement using a voltage probe)

6.4. V 단자 인공전원 회로망을 이용한 전압측정 (Voltage measurement using a V-terminal Artificial mains network)

6.4.1. 서론(Introduction)

6.4.2. 전압측정의 기본 회로도(Basic circuit diagram of the voltage measurement)

6.4.3. 전압측정과 표준적합성 불확도(Voltage measurements and standards compliance uncertainty)



[그림 9] 수신 전압 U_m 을 읽는 동안 V-AN의 기본 회로

이상적인 상황에서 CISPR 수신기가 읽은 전압의 참값이 U_{mi} 라면, U_m 는 다음과 같이 주어진다.

$$U_{mi} = \frac{\alpha_0 Z_{13}}{Z_d + Z_{13}} U_d \quad (5)$$

실제 측정에서 측정값 U_m 은 다음과 같다.

$$U_m = \frac{\alpha Z_{in}}{Z_d + Z_{in}} U_d \quad (6)$$

위의 관계식으로부터

$$\frac{\Delta U_m}{U_m} = \frac{Z_d + Z_{13}}{Z_d + Z_{in}} \left(\frac{\Delta \alpha}{\alpha_0} + \frac{\Delta U_d}{U_d} \right) + \frac{Z_d}{Z_d + Z_{in}} \left(\frac{\Delta Z_{in}}{Z_{13}} - \frac{\Delta Z_d}{Z_d} \right) \quad (7)$$

ΔU_m 은 명시되지 않은 영향량 Z_d 와 U_d 그리고 명시된 영향량 α 와 Z_{in} 에 의존하는 적합성 불확도로 식별될 수 있다.

6.4.4. 합성불확도(Combined uncertainty)

6.4.5. 적합성 판단 기준(Compliance criterion)

적합성 기준은 보통 U_m 으로 공식화하지 않고 Z_m 의 전압으로 공식화 한다.

6.4.6. 영향량(Influence quantities)

6.4.6.1. 서론(Introduction)

6.4.6.2. 입력임피던스 Z_{in} (The input impedance Z_{in})

6.4.6.3. 감쇠인자 α (The attenuator factor α)

6.4.6.4. 유효 방해소스 임피던스 Z_d (The effective disturbance source impedance Z_d)

6.5. 참고문헌(Bibliography)

7. 흡수 클램프 측정 고려중
8. 방사 방출 측정 고려중
9. 전도 내성 측정 고려중
10. 방사 내성 측정 고려중

III. CISPR 16-4-2(Uncertainties in EMC Measurements)

CISPR 16-4-2(EMC 측정의 불확도)는 불확도의 특정 범주인 측정기기의 불확도를 다룬다. 측정기기의 불확도 예산의 예는 대부분의 CISPR 시험방법에서 주어지며 EMC 측정불확도 산출의 기준 근거 및 적합성 판단기준에 적용하는지를 제시함으로써 EMC 측정 불확도의 지침이 되는 것을 목적으로 하고 있다.

2003년 11월에 출간된 초판은 전체 4개의 장과 부록 1개로 구성되어 있으며 측정 계측 불확도 (Measurement Instrumentation Uncertainty: MIU)의 구체적인 계산 예와 CISPR 한계치에 대해 서술하고 있다.

- 1 적용범위(Scope)
- 2 표준참고문서(Normative reference)
- 3 용어 및 정의(Terms and definitions)
- 4 측정 계측 불확도(Measurement instrumentation)

uncertainty)

- 부록 A(참고용) <표 6>에서 U_{cisprr} 값에 대한 기본 (Basis for U_{cisprr} values in Table 1)

CISPR 16-4-2의 개략적인 내용은 다음과 같다.

1. 적용범위
2. 표준참고문서
3. 용어 및 정의
4. 측정 계측 불확도

4.1. 개요(Overview)

측정 결과가 전자파 장애의 제한값에 적합하거나 또는 적합하지 않은가를 결정할 때, 측정기기의 불확도를 반드시 고려하여야만 한다.

만일, 현장 시험소에서 평가한 확장불확도 값 u_{lab} 이 <표 6>에서 제시하는 CISPR의 확장불확도 값 u_{cisprr} 보다 작거나 같을 때:

- 측정된 값이 CISPR에서 규정하는 제한값을 초과하지 않는다면 그 측정의 결과는 적합하다.
- 만일 측정된 값이 CISPR에서 규정하는 제한값을 초과한다면 그 측정의 결과는 부적합하다.

만일, 현장 시험실에서 평가한 확장불확도 값 u_{lab} 이 <표 6>의 CISPR 확장불확도 값 u_{cisprr} 보다 크면,

- 측정값에 $(u_{lab} - u_{cisprr})$ 를 더한 값이 CISPR 제한값을 초과하지 않는다면 그 측정의 결과는 적합하다.
- 측정값에 $(u_{lab} - u_{cisprr})$ 를 더한 값이 CISPR 제한값을 초과한다면 그 측정의 결과는 부적합하다.

4.2. 전원 단자 에서 전도방해 측정시 고려되어야 할 값(Quantities to be considered for conducted disturbance measurement at a mains port)

- 수신기가 읽은 값

<표 6> CISPR의 확장불확도 값 u_{cisprr}

측정의 종류		u_{cisprr}
전도 방해 (전원 단자)	9 kHz~150 kHz	4.0 dB
	150 kHz~30 MHz	3.6 dB
방해 전력	30 MHz~300 MHz	4.5 dB
방사 방해 (야외 시험장 또는 대용 시험장에서 전계 강도)	30 MHz~1,000 MHz	5.2 dB
그 외		고려중

- 의사 전원 회로망(AMN)과 수신기간 연결의 감쇠량
- 의사 전원 회로망의 전압 분배 팩터
- 수신기의 정현파 전압 정확도
- 수신기의 펄스 진폭 응답 특성의 정확도
- 반복 주파수에 대한 수신기의 펄스열 응답 특성
- 수신기의 바닥잡음
- 의사 전원 회로망의 신호 검출 단자와 수신기 사이의 부정합 영향
- 의사 전원 회로망 임피던스

4.3. 방해전력 측정시 고려되어야 할 값(Quantities to be considered for disturbance power measurement)

- 수신기가 읽은 값
- 흡수 클램프와 수신기 사이 연결재의 감쇠량
- 흡수 클램프 삽입 손실
- 수신기의 정현파 전압 정확도
- 수신기의 펄스 진폭 응답 특성의 정확도
- 반복 주파수에 대한 수신기의 펄스열 응답 특성
- 수신기의 바닥 잡음
- 흡수 클램프의 신호 검출 단자와 수신기 사이의 부정합
- 전원선 방해의 영향
- 주변 환경 영향

4.4. 야외 시험장이나 대용 시험장에서 방사전계 측정시 고려되어야 할 값(Quantities to be considered for radiated disturbance measurement of electric field strength on an open area test site or alternative test site)

- 수신기가 읽은 값
- 안테나와 수신기사이 연결재의 감쇠량
- 안테나 팩터
- 수신기의 정현파 전압 정확도
- 수신기의 펄스 진폭 응답 특성의 정확도
- 반복 주파수에 대한 수신기의 펄스열 응답 특성
- 수신기의 바닥잡음
- 안테나 단자와 수신기 사이의 부정합
- 안테나 팩터를 주파수에 따라 보간법으로 읽어 발생된 차이
- 높이에 따른 안테나 팩터의 편차
- 안테나의 지향성
- 안테나 급전점에 위상차가 있는 경우의 편이
- 안테나의 교차 편파(cross-polarization) 응답
- 안테나 불평형
- 시험장(감쇠량)
- EUT와 측정 안테나간의 거리
- EUT를 올려놓는 탁자의 높이

부 록 A (정보용). <표 6>의 U_{cispr} 값에 대한 근거
(Basis for U_{cispr} values in Table 6)

A.1. 개요(General)

A.2. 전원 단자에서 전도방해 측정(Conducted disturbance measurement at a mains port)

측정량 V 는 다음 식과 같이 계산한다.

$$V = V - V_r + L_c + L_{ann} + \delta V_{sw} + \delta V_{pa} + \delta V_{pr} + \delta V_{nf} + \delta M + \delta Z \quad (8)$$

○ 50 Ω/50 μH + 5Ω 의사 전원 회로망(AMN)을 이용하여 9 kHz~150 kHz 대역의 전도 방해 측정시 불확도 요인 분석 및 계산

- 확장 불확도: $U = 2u_c (V) = 3.97 \text{ dB}$

○ 50 Ω/50 μH 의사 전원 회로망(AMN)을 이용한 150 kHz~30 MHz 대역의 전도 방해 측정시 불확도 요인 분석 및 계산

- 확장 불확도: $U = 2u_c (V) = 3.60 \text{ dB}$

A.3. 방해 전력 측정(Disturbance power measurement)
측정량 P 는 다음 식과 같이 계산한다.

$$P = V_r + L_c + L_{ac} - 10 \log_{10} 50 + \delta V_{sw} + \delta V_{pa} + \delta V_{pr} + \delta V_{nf} + \delta M + \delta MD + \delta E \quad (9)$$

○ 30 MHz~300 MHz 대역의 방해 전력 측정시 불확도 요인 분석 및 계산

- 확장 불확도 : $U = 2u_c (V) = 4.45 \text{ dB}$

A.4. 야외 시험장 또는 대용 시험장에서 방사전계 측정(Radiated disturbance measurement of electric field strength on an open area test site or alternative test site)

측정량 E 는 다음 식과 같이 계산된다.

$$E = V_r + L_c + AF + \delta V_{sw} + \delta V_{pa} + \delta V_{pr} + \delta V_{nf} + \delta M + \delta AF_f + \delta AF_h + \delta A_{dir} + \delta A_{ph} + \delta A_{cp} + \delta A_{bat} + \delta SA + \delta d + \delta h \quad (10)$$

○ 3 m, 10 m, 30 m 거리에서 바이코니칼 안테나를 이용한 주파수 30 MHz~200 MHz 대역에서 수평편파의 방사방해 측정시 불확도 인자 분석 및 계산

- 확장 불확도: $U = 2u_c (V) = 4.95 \text{ dB}$ /거리 3 m

$U = 2u_c (V) = 4.94 \text{ dB}$ /거리 10 m

$U = 2u_c (V) = 4.94 \text{ dB}$ /거리 30 m

○ 3 m, 10 m, 30 m 거리에서 바이코니칼 안테나를 이용 주파수 범위 30 MHz~200 MHz 대역에서 수직편파의 방사방해 측정시 불확도 인자 분석 및 계산

- 확장 불확도: $2u_c(E) = 5.06 \text{ dB/거리 } 3 \text{ m}$
 $= 5.04 \text{ dB/거리 } 10 \text{ m}$
 $= 5.02 \text{ dB/거리 } 30 \text{ m}$

○ 3 m, 10 m, 30 m 거리에서 Log periodic 안테나를 이용 주파수 범위 200 MHz~1 GHz 대역에서 수평편파의 방사방해 측정시 불확도 인자 분석 및 계산

- 확장 불확도: $2u_c(E) = 5.19 \text{ dB/거리 } 3 \text{ m}$
 $= 5.06 \text{ dB/거리 } 10 \text{ m}$
 $= 5.02 \text{ dB/거리 } 30 \text{ m}$

○ 3 m, 10 m, 30 m 거리에서 Log periodic 안테나를 이용 주파수범위 200 MHz~1 GHz 대역에서 수직 편파의 방사 방해 측정시 불확도 인자표

- 확장 불확도: $2u_c(E) = 5.18 \text{ dB/거리 } 3 \text{ m}$
 $= 5.05 \text{ dB/거리 } 10 \text{ m}$
 $= 5.01 \text{ dB/거리 } 30 \text{ m}$

A.5. 입력량 추정값에 대한 설명(Comments on the estimates of input quantities)

IV. 2005년 CISPR의 EMC 측정 불확도 동향

문서번호 CISPR/A/613/CD는 '방사방출 측정의 적합성불확도(Compliance uncertainty of radiated emission measurements)'의 제목으로 추진되고 있으며 CISPR 16-4-1의 8장(방사방출측정: Radiated emission measurement)을 '30~1,000 MHz 주파수 영역에서 SAR이나 OATS를 사용하는 방사 방출 측정(Radiated emission measurements using a SAR or an OATS in the frequency range of 30 to 1,000 MHz)'로 새로 삽입하는 작업을 하기 위한 최초의 CD 문서이다. 프로젝트 번호는 CISPR 16-4-1 Amd.2 TR Ed. 1.0이며 최종 문서 회람일자는 2005년 8월 19일이고 코멘트에 대한 마

감일은 2005년 11월 25일이었다. 이 문서는 30 MHz에서 1,000 MHz 범위에서 SAR 및 OATS에서의 방사 방출 측정의 방법 및 측정 장비와 연관된 불확도를 결정하는데 필요한 지침이나 정보를 제공하는 것이 목적이며, 추가로 CISPR 16의 몇몇 부분에 등장하는 여러가지 불확도에 대하여 그 이론적 설명을 제공한다. CISPR 16-4-2에서 SAR 및 OATS에서 방사 방출 측정의 불확도를 고려할 때는 측정장비의 불확도에 그 주제가 제한되었지만 여기서는 측정과 관계된 모든 불확도를 취급한다.

개략적인 내용은 다음과 같다.

8. 30~1,000 MHz 주파수 영역에서 SAR이나 OATS를 사용하는 방사 방출 측정(Radiated emission measurements using a SAR or an OATS in the frequency range of 30 to 1,000 MHz)

8.1. 일반(General)

8.1.1. 목적(Objective)

이 장은 CISPR 16-4-1의 8장으로서 SAR이나 OATS에서 30 MHz~1,000 MHz 범위의 방사 방출 측정에 사용된 측정장비 및 측정방법과 관련된 측정 불확도를 결정하기 위한 지침서로서 측정계측불확도(MIU)에 제한되었던 CISPR 16-4-2에 대해 MIU를 포함하는 표준적합성불확도(SCU)등 모든 관련된 불확도를 다루는 것을 목적으로 한다.

8.1.2. 서론(Introduction)

8.2. SAR/OATS 방사 방출 측정 방법과 관련된 불확도(Uncertainties related to the SAR/OATS radiated emission measurement method)

8.2.1. 측정량(The measurand)

- 주파수 범위: 30 MHz~1,000 MHz
- 한계치 레벨과 대응되는 단위의 전자기장의 단위로 표현
- SAR/OATS 등의 설비는 CISPR 요구 유효요건을 만족
- CISPR의 EMI 수신기 사용
- EUT는 CISPR의 규격에 따라 설치 작동되어야 함.
- 자유공간 안테나 인자가 사용되어야 함.

8.2.2. 불확도 소스(Uncertainty source)[그림 10]

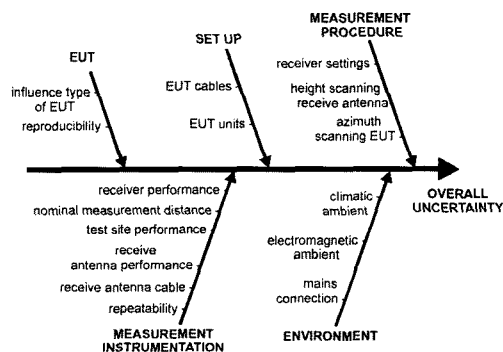
8.2.3. 영향량(Influence quantities)

8.2.3.1. EUT와 관련된 영향량(EUT related influence quantities)

- EUT의 크기
- 측정할 전자파 장애 종류: 광대역, 협대역, 중간대역 등
- EUT의 샘플링
- EUT 동작 모드

8.2.3.2. 셋업과 관련된 영향량(Setup related influence quantities)

- 장치 및 케이블의 레이아웃



[그림 10] 불확도 소스(Uncertainty source)

- 케이블의 종단
- 측정거리
- 접지면으로부터 EUT의 높이

8.2.3.3. 측정절차와 관련된 영향량(Measurement procedure related influence quantities)

- 수신기 세팅
- Height scanning step 간격
- 수신 안테나의 스캐닝 시작 및 끝 지점
- 방위각의 스텝 간격

8.2.3.4. 환경과 관련되는 영향량(Environment related influence quantities)

- 온도 및 습도
- 신호 대 주위 잡음비
- 전원의 전압 변동
- 전원 감결합 장치의 적용

8.2.3.5. 측정 계측과 관련되는 영향량(Measurement instrumentation related influence quantities)

- 수신기의 정확도
- 수신기 입력단자에서의 부정합
- 측정값 읽는 시스템
- 신호 대 잡음 비
- 명목 측정거리
- 정규화시험장 감쇠량 편차
- EUT 놓는 탁자
- 수신 안테나 마스트 영향
- 수신안테나의 자유공간 안테나 인자 불확도
- 수신안테나의 형식
- 안테나 인자의 높이 의존성
- 안테나 인자의 주파수 내삽 불확도
- 안테나의 위상 중심 편차
- 안테나 불평형
- 안테나의 교차 편파 성능

- 케이블 손실
- 부정합
- 측정 시스템의 재현성

8.2.4. 불확도 예산의 적용(Application of uncertainty budget)

8.2.4.1. 측정계측불확도(MIU) 고려(Measurement instrumentation uncertainty(MIU) consideration)

8.2.4.2. 표준적합불확도(SCU) 고려(Standard compliance uncertainty(MIU) consideration)

8.2.5. 불확도 예산의 전형적인 예(Typical examples of the uncertainty budget)

8.2.6. 불확도 예산의 증명(Verification of the uncertainty budget)

부록 E (정보용). 방사 방출 측정 방법에 대한 불확도 예산(Uncertainty budgets for the Radiated emission measurement method)

부록 F (정보용). SAR/OATS에 기초한 방사 방출 측정에 대한 Round Robin Test 결과(Results of various Round Robin Tests on SAR/OATS-based radiated emission measurements)

V. 맺음말

CISPR에서는 EMC 측정의 특수성을 감안하여 전통적인 계측학에 다루는 측정계측불확도(MIU)를 포함하는 표준적합불확도(SCU)를 강조하고 있다. 또한 측정 결과와 관계된 적합성 판단 기준에 대한 기준을 제시하고 있으며 이는 국내에서 EMC 측정의 적합성을 판단하는데도 많은 영향을 미칠 것으로 사료되어 이에 대한 대비가 필요하다 하겠다.

≡ 필자소개 ≡

박 정 규



1990년 2월: 고려대학교 물리학과 (이학사)

1996년 2월: 고려대학교 통계물리 (이학석사)

1996년 9월~현재: 전파연구소 이천분소 근무

[주 관심분야] 안테나 및 EMC 측정,

EMC 측정 불확도