

국설용 전자교환기의 EMC

李命鎬, 韓基喆
韓國電子通信研究所 TDX開發團

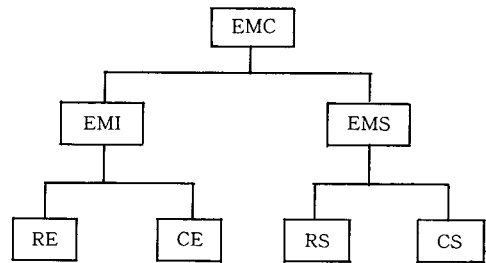
국설용 전자교환기의 EMC(electro magnetic compatibility) 시험과 EMI(electro magnetic interference)의 대책에 대한 제언으로 외국의 기술 및 사례들을 정리 서술하였으며 국설용 전자교환기의 EMC 시험 및 EMI 대책 수립을 위한 참고 문서가 될 것으로 생각된다.

I. 서 론

EMI(electro magnetic interference)에 의한 전자과 장해는 상업용으로는 물론 군사용에 사용되는 모든 전자 장치에 심각한 문제점으로 관심이 집중되고 있으며, 미국 연방통신위원회(FCC)는 지난 1983년 10월에 EMI에 대한 규제법을 제정 시행하기 시작하였으며 앞으로 전자과 대책이 되어 있지 않은 기기에 대해서는 상품의 가치가 없어지게 되는 경우도 있을 것이라고 까지 일부 관련 학계에서는 지적하고 있으며 이를 규제하는 기관으로는 다음과 같은 기관들이 있다.

- IEC: 국제 전기 기술 위원회
- FCC: 미국 연방 통신 위원회
- CISPR: 국제 무선 장해과 특별 위원회
- CSA: 캐나다 국가 규격 제정 기관
- VDE: 독일 전기 기술자 협회
- FTZ: 독일 연방 중앙 전기 통신국

EMC(electro magnetic compatibility)라 함은 어떤 주어진 환경하에서 간섭에 의한 효율의 저하가 없이 일정한 효율로 규정된 안전 한계내에서 조작되기 위한 전자 장비나 시스템의 능력을 의미한다. 일반적으로 넓은 뜻의 EMC는 EMI를 포함하지만 좁은 뜻으로 볼때 EMI와 EMC는 분리하여 생각한다. 즉, 각국의 규제에 따른 시험을 하는 경우 EMI 시험과 EMC 시험은 분리하여 각각 실시하며 좁은 뜻으로 EMC는 EMS를 의미한다.



- EMC: Electro Magnetic Compatibility(전자 기기의 양립성)
- EMI: Electro Magnetic Interference(전자 기기의 간섭)
- EMS: Electro Magnetic Susceptibility(전자 기기의 감수성)
- RE: Radiated Emission(복사)
- CE: Conducted Emission(전도)
- RS: Radiated Susceptibility(복사 감수성)
- CS: Conducted Susceptibility(전도 감수성)

그림 1. EMC 개념도

일반적으로 산업용 기기나 군수용 기기들은 EMI와 EMC에 대하여 체계적인 규제 방법과 시험 방법이 잘 정의되어 있으나 국설용 전자교환기의 경우는 그다지 잘 알려져 있지 않다. 지금 국산형 전전자 교환기가 일부 외국으로 수출되고 있으며 앞으로 계속 전전자 교환기를 외국으로 수출할 경우 EMI 및 EMC 문제가 대두될 수 있을 것 같다. 따라서, 본고는 관련 자료가 부족한 국설용 전자교환기에 대하여 서술해 보도록 한다.

II. 국설용 전자교환기의 EMC

우선 국설용 전자교환기의 설치 환경 변화에 대해 서술해 본다. 국설용 전자교환기는 크게 나누어 2종류의 설치 방법이 있는데 한가지는 국사내에 설치하는 방법

(사진1)이고, 다른 하나는 컨테이너에 설치하는 방법(사진2)이다. 이것은 국사를 사용하지 않고 옥외에 교환기를 설치하여야 하는 경우에 사용하며 일반적으로 컨테이너형의 경우는 거의 대부분 전원 시설 및 배터리를 컨테이너내에 동시에 설치하고 있다.



사진 1. 국사형 국설용 전자교환기

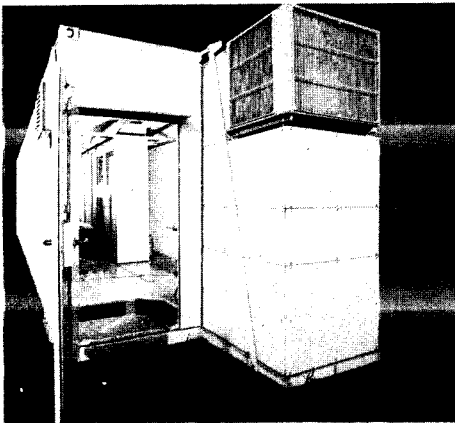


사진 2. 컨테이너형 국설용 전자교환기

이와 같은 설치 환경 중 국설용 전자교환기에 관한 EMC 문제는 과거에 거의 발생하지 않았으나 최근에 와서는 이러한 환경에 조금씩 변화가 일어나고 있다. 이 변화는 교환기류가 고기능화 되고 여러 종류의 장치를 부대 하는 것, 규모가 작은 장치는 사무실에 설치하는 경우도 있는 등 설치 조건이 계산기류에 가깝게 된 것, 방송 설비, 비행장, 큰 역등 전자 환경상 지극히 바람직하지 않는 장소에 설치가 증가하고 있는 점등을 예로 들 수 있다. 이하는 이와 같은 변화 중 국설용 전자 교환기에 관한 EMC에 대해서 서술한다. 주어진 지면 관계상

EMC 중의 전자파 방해(이하 EMI로 한다) 및 전자파 내성(이하 EMC=EMS)에 대하여 서술한다.

Ⅲ. 국설용 전자교환기의 EMC와 EMI 대책

1. EMI와 EMC 규제

우리 나라에는 이렇다할 규격이 제정되어 있지 않으나 외국 규격으로는 FCC, CISPR등이 있으며 국설용 전자교환기의 경우는 Bellcore에서 제정한 LSSGR(local switching system general requirement)을 적용할 수 있을 것이다. LSSGR은 FCC 규제에 대응할 수 있도록 제정되어 있으며 EMI 규제와 EMC 내력이 규정되어 있다. 지금 세계적인 추세로는 FCC 규제 보다 CISPR의 EMI 규제를 받아들여려고 하고 있으며 FCC의 규제에 근거를 둔 LSSGR도 미래에는 CISPR 규제를 따를 것이라고 생각이 되나 현재까지 북미 지역의 경우 FCC에 근거를 둔 LSSGR 규제를 적용 시키고 있다. LSSGR에는 국설용 전자교환기의 EMI 및 EMC를 비교적 상세하게 규정하고 있으며 EMI의 경우 소모 전력에 대한 방사 허용 전계 강도가 주어져 있다. 이것은 FCC class A, VCCI(일본의 EMI 규제)의 규제량과 등가적인 관계가 있으며 EMI 규제량은 관련 문헌을 참고한다. LSSGR의 EMC 허용값은 다음과 같이 주어진다.

복사 전계 피방해 감도(radiated electric field susceptibility)는 복사 전계가 주파수 10KHz에서 10GHz 까지 10V/m 전계를 받더라도 교환기는 오동작, 열화 등 규정되어진 성능의 저하가 있어서는 않도록 규정하고 있다. 단, 피측정 교환기는 RF shielding 되어진 상태에서 측정되며 1GHz 이상의 주파수에 대해서는 상승 시간(I_r)=0.1 μ S, 펄스폭(I)=1 μ S, 반복 주파수(PRF)=1KHz인 신호를 사용한다. 여기서 RF shielding이라 함은 교환기의 기구물적인 외함의 접지를 이야기 한다.

복사 자계와 피방해 감도(radiated magnetic field emission and susceptibility)와 관련하여 피측정 장치에 60Hz에서 30MHz까지 피복사되는 자계의 허용치는 다음식에 의하여 주어진다.

$$\text{REMF}(\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}) = \text{RE} - 51.5\text{dB}$$

여기서 RE는 교환기 전계 복사 허용치이며 10V/m로 주어지고 REMF는 magnetic field emission limit이다. 외부에서 들어 오는 복사 자계의 피감수성은 60Hz에서 130 μ A/m이며, 1MHz까지 decade당 10dB씩 감소된다. 이와 같은 자계를 받더라도 교환기는 오동작, 열

회등 규정되어진 성능의 저하가 있어서는 않되는 것을 규정하고 있다.

2. EMI 측정 방법

EMI 측정 방법으로는 몇가지 방법이 있으나 국설용 전자교환기 시스템의 경우 다음과 같이 측정할 수 있다. 방사성 잡음 측정은 장치의 소모 전력에 따라 다르지만 국설용 전자교환기 시스템은 일반적으로 30m 측정법을 사용하며 그림2에 국사형 전자 교환기의 EMI 시험 설치 방법을 나타냈다. 전도성 잡음 측정은 텔레포니 영역(전화 주파수 대역)을 제외한 다른 주파수 대역에서는 FCC class A와 등가적인 방법으로 측정하면 된다. 텔레포니 영역에서 전도성 잡음 측정은 LSSGR에 규정되어 있으며 배터리 단자에서 측정한다. 전자교환기 시스템 수준 이하(부대 시설포함)의 경우는 2가지로 나누어 생각할 수 있으며 정확하게 정량적으로 정의 하기는 어렵지만 일반적으로 랙(rack) 수준(level)에서는 FCC class A를 적용 시키며 셸프(shelf)수준 혹은 그 이하 수준에서는 FCC class B를 적용 시킨다. 단, 셸프 수준 혹은 그 이하 수준의 장치가 교환기 랙내에 실장되는 경우는 랙내에 실장(랙의 외함은 접지된 상태)되어 측정된다.

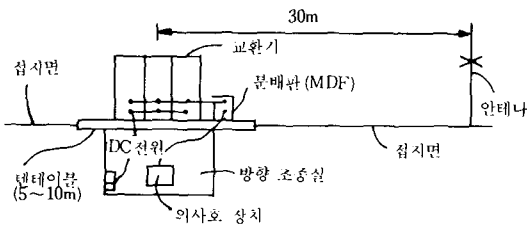


그림 2. EMI(방사성) 측정 방법

분배판은 MDF(main distribution frame)라 불려지고 통상 국사내에 설치되며 의사호 장치는 교환기에 접속되고 있는 전화에서 출력되는 호와 착신을 의사적으로 자동 수행하므로 교환기와 의사호 장치에 미리 셸(set)된 전화 번호를 입력한다. 이것에 의해 교환기를 실제 동작시와 똑같은 상태로 하는 것이 가능하다.

그림3은 컨테이너형을 측정하기 위해서는 컨테이너 자체를 회전시키는 턴 테이블이 필요하지만 충분히 큰 턴 테이블을 확보하기 어렵기 때문에 컨테이너를 고정하고 컨테이너 주변으로 안테나를 이동시켜 측정한다. 따라서, 연속적으로 안테나를 이동시키는 것이 가능하지 않

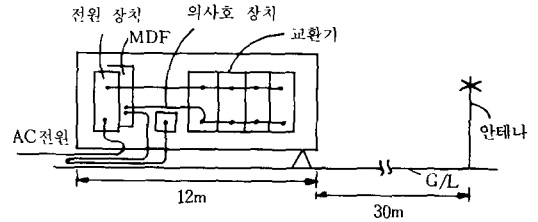


그림 3. 컨테이너형의 EMI 측정도

기 때문에 규정된 데이터를 얻는 것은 어렵지만 컨테이너를 중심으로한 원주상 8-16 포인트를 측정하는 것에 의해 실제에 가까운 데이터를 얻을 수 있다고 생각한다.

3. EMI 대책

일반적으로 EMI 대책은 회로 설계를 하는 처음 시점에서 고려하는 것이 가장 경제적이며 시행 착오의 횟수를 줄여 개발 기간을 단축시켜 준다. 설계 단계에서 EMI를 고려 하지 않으면 많은 시행 착오와 규제값이바로 실현 불가능 할 수도 있다.

MDF와 가입자 회로 사이는 통상 1가입자당 2개의 선으로 접속되지만 과거부터 실드를 하지 않는 케이블을 사용하고 있다. 실드 케이블로 변경은 케이블 비용, 공사 비용의 증가를 초래하게 되어 실현이 불가능하다. 이 대량의 케이블을 실드를 할 수 없는 것은 EMI 대책상 큰 단점이 된다. 그러나 패킷 교환기등의 네트워크 단말에 대해서는 1단말 1개의 케이블을 각종 단말에 적합한 인터페이스용 실드 케이블을 사용하는 것이 일반적이다. 이러한 실드가 되지 않은 가입자선의 EMI 대책은 국설용 전자 교환기에 있어서 가장 큰 문제 중의 하나이다. 다음에 이러한 EMI 대책에 대하여 구체적으로 서술한다.

(1) 접지 분리가 가능한 부품의 사용

접지 분리형 부품을 사용하여 신호선의 접지를 분리할 수 있으며 접지선끼리 배루프를 만들지 않도록 할 수 있다. 접지 분리형 부품으로서는 pulse transformer, photo coupler, optic fiber등이 있다. 이러한 부품은 평형 혹은 평형의 등가 회로로 사용할 수 있다.

(2) EMI 대책용 전자 부품

근래에 와서는 EMI를 고려하여 제작된 부품이 생산 판매되고 있으며 생산되는 부품의 종류도 점차 다양해지고 있다. 가급적 회로 설계시 EMI 문제를 발생 시킬 수 있는 경우는 EMI를 고려하여 제작된 부품을 사용한다.

(3) 컨넥터

최근에는 EMI 및 EMC를 고려하여 제작된 컨넥터가 판매되고 있으며 이러한 컨넥터를 사용하면 EMI 및 EMC에 좋은 효과를 얻을 수 있다. 또, 케이블 시즈 처리를 할 수 있는 구조로 된 것을 사용하는 것이 좋다.

(4) 케이블 관련

경제적인 문제점이 없으면 실드가 되는 케이블을 사용하는 것이 좋다. 만약, 케이블에 대전류가 흐르며 EMI 문제를 발생시킬 수 있는 경우는 닥트를 사용하여 보호한다. 닥트는 반드시 접지되어야 하며 닥트내 케이블 포설시 전원용 케이블과 다른 신호용 케이블이 같이 포설되는 경우 서로 분리 구분시켜 포설하여야 한다. 전원 케이블의 포설은 신호용 케이블에 잡음 유도가 되지 않도록 배치하며 발열을 고려하여 충분한 용량의 케이블을 선택 사용한다. 일반적으로 EMI에 내력을 가지는 케이블로는 트위스트 페어형 케이블이 있으며 피치 길이가 짧으면 짧을 수록 좋다.

(5) 전원 피터

전원에서 인입되는 전도성 잡음이 대칭 성분(normal mode)의 잡음이면 normal mode용 잡음 필터를 사용하고, 전원에서 인입되는 전도성 잡음이 비대칭 성분(common mode)의 잡음이면 common mode용 잡음 필터를 사용한다. 만약, 전원에서 인입되는 전도성 잡음이 normal mode와 common mode 복합 잡음인 경우 normal mode와 common mode 복합형 필터를 사용한다.

(6) 바이패스 컨덴서

바이패스 컨덴서는 적은 ESR과 ESL을 가지는 부품을 사용하도록 한다. 사용하는 컨덴서의 종류는 설계되는 회로에 따라 기본 주파수등이 변경되기 때문에 충분한 연구가 필요하며 적절한 바이패스 컨덴서의 사용은 큰 효과를 얻을 수 있다.

(7) 기판

기판내에 사용되는 주파수가 높고 흐르는 전류가 많은 경우 다층 기판을 사용하여 신호선, 전원선, 접지, 실드등을 분리하여 layout 하면 좋은 효과를 얻을 수 있다. 특히, 전원선의 동박면은 충분히 넓은 것이 좋고, 회로 설계상 필요한 경우 넓은 실드면을 사용한다. 다층 기판에서 전원선의 layout은 내층 기판을 사용하고 외층 기판은 접지면으로 사용하는 경우 EMI 문제를 최소화시킬 수 있다.

(8) 접지 방법

접지 방법으로는 직렬 접지, 병렬 접지, 다점 접지 방식이 있으며, 직렬 접지 방식은 케이스 샤시, 외함등 적은 전류가 흐르는 회로에 적용한다. 병렬 접지 방식은

신호선의 접지, 전력선의 접지, 샤시 및 프레임 접지등을 각각 분리하여 신호 접지점 혹은 프레임 접지점에 1점 접지를 하는 것을 말한다. 다점 접지 방식은 신호선의 접지, 전력선의 접지등 접지를 분리하기 어려운 경우 접지면을 사용하여 접지하는 것을 말한다. 이때, 접지면 혹은 프레임의 접지면을 사용하여 접지 저항이 적어야 된다. 이러한 접지면을 사용하여 부분적으로 같이 접지하는 것을 내장된(embeded) 접지라 한다. 일반적으로 접지는 접지끼리 페루프가 되지 않는 것을 원칙으로 한다. 단, 디지틀 회로만으로 설계되는 경우는 예외가 있을 수 있다. 이 경우는 접지 저항이 될 수 있는 한 적어야 된다.

(9) 차폐체 사용 방법

전계 형태로 외부에 잡음이 방사되는 경우는 고전도성 금속체를 사용하여 잡음원 부근을 실딩시키고 저임피던스 접지 시킨다. 자계 형태로 외부에 잡음이 방사되는 경우는 자성체 재료를 사용하여 잡음원 부근을 실딩 시킨다. 철(Fe)은 경제적이며 효과적으로 전계 및 자계 차폐체로 사용 할 수 있으며 반드시 저임피던스로 접지 시킨다.

IV. 국설용 전자 교환기의 전자파 내성(Immunity) 측정 방법

1. EMC 시험 항목

주로 군용 관련으로 제정된 규격은 있지만 일반적인 통신용으로 규격이 통일된 것이 없는 상태이며 국설용 전자 교환기를 제외 하고는 수요자가 필요에 따라 개별 규격을 요구하는 경우도 있어 그때 그때 마다 대응 할 때도 있다. 국설용 전자 교환기 관련 EMC 시험 항목은 다음과 같은 것이 있으며 본 고에서는 전자파 내성(이뮤니티) 시험만 예를 든다.

- 전자파 내성(이뮤니티) 시험
 - 규정된 전계 및 자계의 내성을 시험
 - 전도성 잡음 주입 내성 시험
- Power line transient에 관한 시험
 - Impulse noise에 관한 시험
 - Voltage dip에 관한 시험
 - Lightning surge에 관한 시험
- Electrostatic discharge에 관한 시험
- 접지에 대한 시험
 - 병렬 접지 및 집렬 접지 동요에 관한 시험

2. 측정 방법

국설용 전자교환기의 전자파 내성(이뮤니티) 측정의

경우 측정기기의 셋업(set up)은 대상기에 따라 크게 다르지 않지만 대상기기의 애러 관측 방법은 각각 크게 다른 경우가 많다. 본 항에서는 주로 측정기기의 셋업과 애러 관측 방법에 대하여 국설용 전자 교환기를 EUT (equipment under test)로 한 예를 든다. 그림4는 이뮤니티 테스트 측정기기의 셋업 예이다. 그림4 이외에도 보다 주파수가 높은 전계(E field) 시험, 전도(conducted immunity) 시험, 자계(H field) 시험의 셋업을 생각할 수 있다. 주파수는 옥타브 4분~5분으로 자동적으로 스위프(sweep) 시킨다. 이때 주 필드(field) 센서로 전계 강도를 검출하여 leveler에 제한(feed back) 시켜 전계 강도를 일정하도록 자동 조절한다.

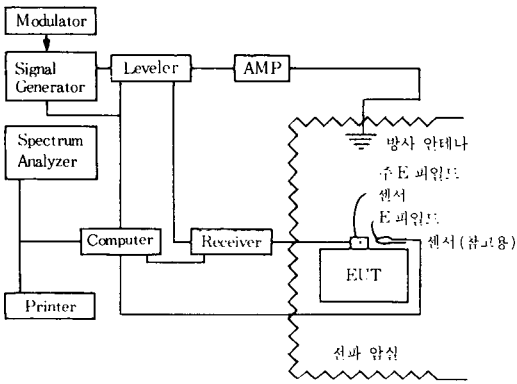


그림 4. E field(10KHz~200KHz)이뮤니티(방사) 시험 셋업 예

주 E 피일드와 센서는 방사 안테나를 향한 위치로 쉐한다. 앞에서 이야기 한 것 같이 주 E 피일드 센서의 위치에서 전계 강도를 일정(리미트 값) 하도록 하기 때문에 다른 부분의 전계 강도는 반드시 일정하지 않다. 물론 리미트를 크게 넘는 경우도 있다. 따라서, 참고용으로 장치의 다른 부분에 참고용 E 피일드 센서를 설치한다.

Computer는 주로 시험 기기 전체의 콘트롤 및 리포트 데이터를 작성 하는데 사용되며 리포트용 데이터로서는 어떤 일정 시간당 전계 강도와 기기의 애러시 스톱시도 및 애러 내용을 출력 시킨다. 다음은 교환기 시스템의 애러 관측 방법에 대하여 서술했다.

(1) 장치의 신뢰성

이뮤니티 시험에 있어서 시험중에 애러가 발생해도 그 애러가 전자파에 의한 애러 인지 그 것 이외의 원인에 의한 애러 인지를 확실히 구별하는 것은 어렵다. 따

라서, 일반적으로 동작중 애러가 발생하지 않도록 피시험 장치의 신뢰성을 충분히 검토할 필요가 있다. 그 때문에 최소한 1~2일 연속 시험에 의해 확인 할 필요가 있다. 특히, 시험중에 모니터된 내용에 대해서는 충분한 체크를 필요로 한다. 다음에 그 확인 내용의 한가지 예를 든다. 교환기의 신뢰성을 나타내는 한가지 정의로 호 완료율이 있다. 호 완료율이라는 것은 누군가가 전화를 걸어 그것이 상대방에 연결될 확률을 말한다. 이뮤니티 시험을 수행하는 경우 이 완료율을 적어도 99.9% 즉, 완료하지 않을 확률을 10,000분의 1 정도로 할 필요가 있다. 그 외 교환기가 가지는 디지털 회선에 대한 비트 애러 레이트와 아이들 채널 잡음 레벨등에서도 사전의 연속 운전중 체크해 늘 필요가 있다.

(2) 모니터 방법

그림5와 모니터류의 셋업에 대하여 서술한다.

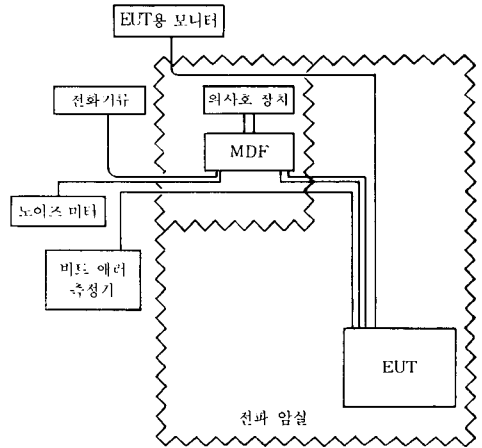


그림 5. 모니터류의 셋업

EUT용 모니터는 EUT의 운전 상황을 항상 파악하기 위해 사용한다. 단, 이모니터에서 애러 내용까지 파악할 수 없는 부대 기기류(예를 들면, 테이프 드라이버, 디스크 드라이버등)에 대해서는 필요에 따라 비디오 카메라 등에 의해 외부에서 체크 하도록 한다. 아이들 채널에 대한 잡음 미터, 디지털 회선에 대한 비트 애러 측정기에 대해서도 항상 감시할 수 있는 것과 함께 애러가 없을 때도 어떤 일정 시간마다 자동적으로 그 값을 프린트 아웃해 놓을 수 있도록 하는 것이 바람직 하다.

의사적으로 호를 발생 시키는 의사호 장치와 분배판(MDF) 사이는 배선이 다량이 되어 전파 암실외로 뿜아 내기 위해 필터를 사용하는 것은 사실상 불가능 하다.


그 때문에 의사호 장치를 전파 암실 내에 설치 전자파의 영향을 될 수 있는 한 적게 하기 위해 주위를 전자파 흡수체로 둘러싸도록 한다. 이와 같이 전파 암실 내부에 놓인 모니터에 대해서는 항상 감시하는 것이 불가능하기 때문에 단위 시간마다 전파 암실내에 들어가 체크할 필요가 있다. 한편, 각 시험중에 장치의 신뢰성을 확인하기 위해 매일 시험중 시험전에 행한 확인 시험을 할 필요가 있다. 이것은 통상 전일 시험 완료에서 다음날 시험 개시까지 10~20시간 연속 작동 중에 체크가 가능하다.

V. 결 론

본 고는 주변 환경 변화에 따른 EMC 변화 및 EMI 대책에 대하여 서술하고자 하였으며 국설용 전자교환기 EMC 시험 대책 수립을 위하여 도움이 되리라 생각한다. 국설용 전자교환기를 외국에 수출하는 경우 수입하는 나라의 EMI 규제를 만족하여야 수출이 가능하다. 국설용 전자교환기의 호 처리 용량이 크면 클수록 전자교환기 내부 하드웨어적인 사용 주파수를 높이는 것이 상례이며 대용량 교환기 개발에 따라 교환기의 타임 스위치와 공간 스위치의 사용 주파수는 지금 보다 더 높아지며 이러한 것은 지금 보다 더 많은 EMI 문제를 발생시키게 된다. 따라서 EMI 규제량을 만족하려면 본문에서 언급한 각종의 EMI 대책 방법을 사용하면 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. EMC 시험 방법에 있어서 LSSGR 규격을 활용할 수 있으며 이 시험에서 규정된 값을 만족하면 국설용 전자 교환기는 EMC 대책

이 잘되어 있다라고 말할 수 있다. 일반적으로 EMI 대책이 잘되어 있는 교환기는 EMI 내력도 높다고 말할 수 있으므로 EMC 내력이 높은 시스템은 일반적으로 EMI 대책이 잘되어 있다라고 말할 수 있을 것이다.

參 考 文 獻

- [1] Don White Consultants, Inc., "Grounding and Shielding", 1985.
- [2] Gilbert Sharick, "abc of the telephone and bonding", vol. 13, 1981.
- [3] Donald R. J. White, MSEE / PE, "Electromagnetic Shielding Materials and Performance", 1980.
- [4] John R. Reitz, Frederick J. Milford, Robert W. Christy, "Foundations of Electromagnetic Theory", Third Edition, 1979.
- [5] Mimatsu Data System, "EMC", no. 31, pp. 50~54, 일본, Nov. 1990.
- [6] 동북 금속공업주식회사, "Tokin EMC 총합", 일본, 1985.
- [7] 주식회사 노이즈 연구소, "잡음 기술", 일본, 1984.
- [8] ETRI, "전자 통신", vol. 7, no. 2, July 1985.
- [9] Bellcore, "LSSGR", Section 13. 8, pp. 138-8, Dec. 1980.
- [10] Bellcore, "LSSGR", Section 14.4, pp. 14.411, 14.4-24, Dec. 1980.
- [11] 대성사, "EMI-EMC 유저 가이드 '90", 일본, 1990.
- [12] Michel Mardiguian, "How to Control Electrical Noise", pp. 5.13~5.15, 1983. 

筆 者 紹 介



李 命 鎬
 1954年 8月 12日生
 1977年 2月 고려대학교 전자공학과 졸업
 1983年 2月 고려대학교 대학원 졸업(석사)

1983年 3月 한국전자통신연구소 입소
 1991年 5月 현재 한국전자통신연구소 TDX 개발단 소프트웨어 종합 검증실(연구원)



韓 基 喆
 1952年 5月 6日生
 1974年 2月 고려대학교 재료공학과 졸업
 1977年 2月 고려대학교 대학원 졸업(석사)

1977年 3月 한국전자통신연구소 입소
 1991年 5月 현재 한국전자통신연구소 TDX 개발단 소프트웨어 종합 검증 실장(책임 연구원)