

자동차 전자파 시험 기술

1886년 고트리브 다이믈러와 칼 벤츠가 가솔린 자동차를 개발한 이후 100여년이 지난 지금 자동차는 비약적으로 진보, 발전하여 현달 산업사회와 개인의 생활에 있어 산업운송수단과 이동수단으로서 필요 불가결하게 되어 밀접한 관계를 갖고 있다. 우리나라 자동차 공업의 역사는 자동차가 사회적, 경제적 효용에 따라 그 생산과 보유대수가 날이 갈수록 증가 일로에 있으며, 자동차의 생산대수는 전세계에서 연간 약 50,606천대('94년)로서 중요한 국가 기간 산업으로 자리하고 있다.[1]

한편 전기, 전자공업의 발전에 따른 자동차의 Car Electronics가 많이 채용되게 됨에 따라 현재의 자동차에는 대부분이 전자제어 System으로 구성되어 있다.

최근에는 Micro Processor를 이용한 전자부품이 많이 사용되어 전자파에 대한 문제가 다양하게 발생하고 있다. 예를 들면 미국 캘리포니아주에서 전자 점화 제어장치와 연료분사 장치를 설치한 구미의 자동차가 주행중 28MHz, 28W의 아마추어 무선을 탑재한 자동차가 통과할 때 엔진이 고르지 못한 보고가 있었고, 화학섬유로된 옷을 착용한 운전기 미터를 조작할때 실제로 표시갈 바뀌어 버리는 문제가 발생하고 있다. 이러한 종래의 전장부품에서 전자장해를 받는 것이나 새로 채용한 전자부품이 다른 부품에 영향을 주는 사례가 많아지고 있다.

따라서 자동차에는 여러가지의 전장품, 전자기기를 탑재하기 때문에 자동차 차체에서 발생하는 것파 외부로 부터 받는 전자장해 EMI(Electromagnetic Interference), EMS(Electromagnetic Susceptibility)가 문제로 되어 자동차 및 부품 maker에 의한 EMC(Electromagnetic Compatibility) 평가의 중요성이 고조되고 한다. 차체무전기, Car-Radio는 잡음 방해를 많이 받기도 하지만, 잡음원이 되기도 한다. 또한 Engine 제어, 차속제어, Brake 제어등에 이용되는 전자제품은 방해에 의한 오동작 또는 파괴가

성현수 · 신승현 · 문진동 · 한종철
만도기계(주) 중앙연구소 연구3실 EMC팀

발생하여 주행기능, 안전성에 문제가 야기되지 않도록 해야 한다. 이러한 전자기 환경은 모든 RF (Radio Frequency)와 자동차에서의 전자파 장애 문제의 원인이 될 수 있다.[2]

자동차 및 그 부품의 전자기 방해에 관한 규격화는 1987년부터 괄목할 만하게 진행되어 이에 따른 규제 움직임이 IEC(International Electrotechnical Commission: 국제전기기술위원회) 산하의 하부 기구인 CISPR(International Special Committee on Radio Interference: 국제 무선 장애 특별위원회)가 전자기 방해파에 대한 측정법 통일안을 제안하였고, ISO(International Standardization Organization: 국제표준화 기구) 가운데 TC 22/SC3가 자동차의 전장품에 대한 장애를 논의하고 있다.

특히, 자동차의 EMC에 관한 국가 규격은 국제 규격에서 저술한 바와 같이 특별히 규정된 것이 없고 VDE(Verband Deutscher Elektrotechniker: 서독 전기기술 협회)와 SAE(Society of Automotive Engineers: 자동차 기술자 협회)에서 비교적 활발하고 JASO(Japanese Automobile Standards Organization: 일본 자동차 표준협회)에서 많이 진행 중에 있다.

본 고에서는 자동차의 전자제어에 따른 잡음 발생 요인과 전자파 간섭 관련 자동차 규격과 시험평가 방법에 대해 간단히 소개 하였다.

II. 본 론

2.1. 자동차에서 발생하는 NOISE 영향

자동차에설 발생 /혼입되는 전자길 NOISE를 생각해 보면

(1) 전원라인에 의한 전도 NOISE, (2) 신호라인이나 안테나에 의한 전도 NOISE, (3) 전자기기에 직접 혼입하는 복사 NOISE (4) 전원라인을 통한 복사/방사 NOISE, (5) 신호라인이나 안테나를 통한 복사/방사 NOISE, (6) 전자기기 자체가 NOISE 발생원을 갖는 경우의 NOISE 등이 있다.[2]

자동차에서의 입출력 신호를 필요로하는 제어 SYSTEM 및 자동차에서 발생하는 NOISE의 특성 별 요인을 보면 [그림 1], [그림 2]와 같다.

2.2. 시험규격과 시험평가 방법

2.2.1. 시험장 조건

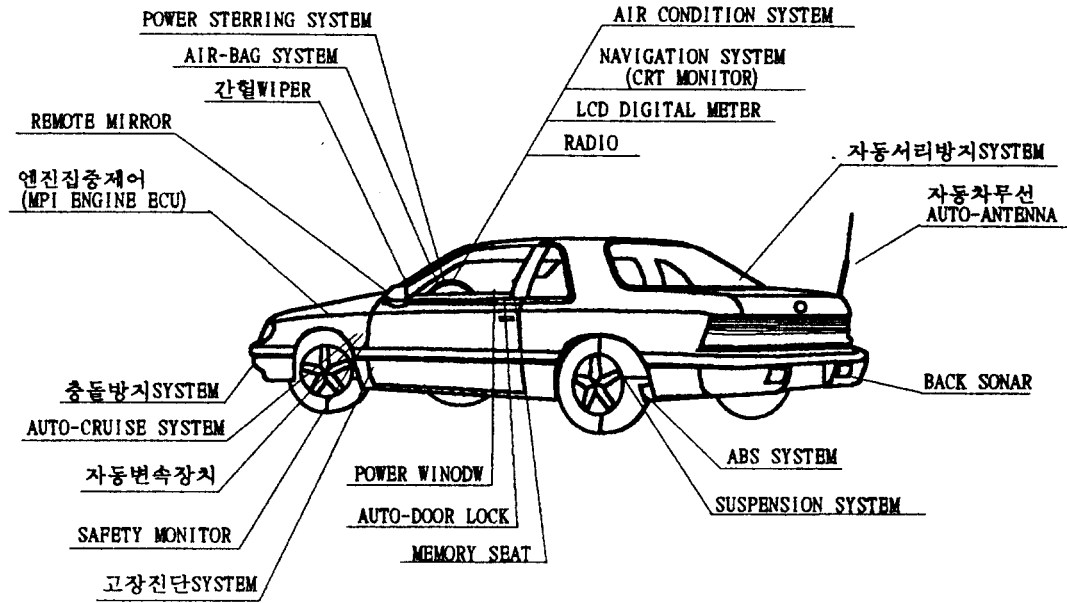
자동차나 일반적인 제품에서 나오는 Radiated Susceptibility(RS)와 Radiated Emission(RE)을 측정하기 위해 만들어진 시험시설의 설계는 Antenna와 Transmission Line과 같은 자유공간내에서 시험하는데 사용되므로, 주위 환경 영향에 대한 방지 대책을 고려하여야 하며 바람, 습도 그리고 높은 온도 등 장비에 큰 damage를 입히는 원인이 되므로 신중히 고려되어야 한다. 복사방사(RE)시험은 수신안테나를 사용하여 피시험체에서 복사되는 전자파를 측정하므로 시험전에 측정위치의 전자파잡음 수준을 측정해야 한다. 주위 전자파 잡음 수준은 피시험체를 OFF시킨 상태에서 측정하며 적용되는 규격서의 시험한계치(Limit)보다 6dB 이하에 있어야 하며, 복사내성(RS)시험은 기본적으로 전자파반무향실을 원칙으로 하며, 조건을 만족하면 실드룸을 사용할 수 있다.[3] 시험거리는 Reference point에서 1~3m를 기본으로 하며, 복사된 전자기장이 피시험기기 표면의 75% 이상의 영역에서 규정된 허용값의 0~6dB이내의 전자기장의 세기를 갖는 균일한 전자기장으로 하며, 피시험기기의 외곽 및 안테나는 벽면에서 1.5m 이상, Absorber에서 0.5m 이상, 천정에서 1m 이상 떨어져 있어야 한다.[4]

2.2.2. 자동차 전자파 규격

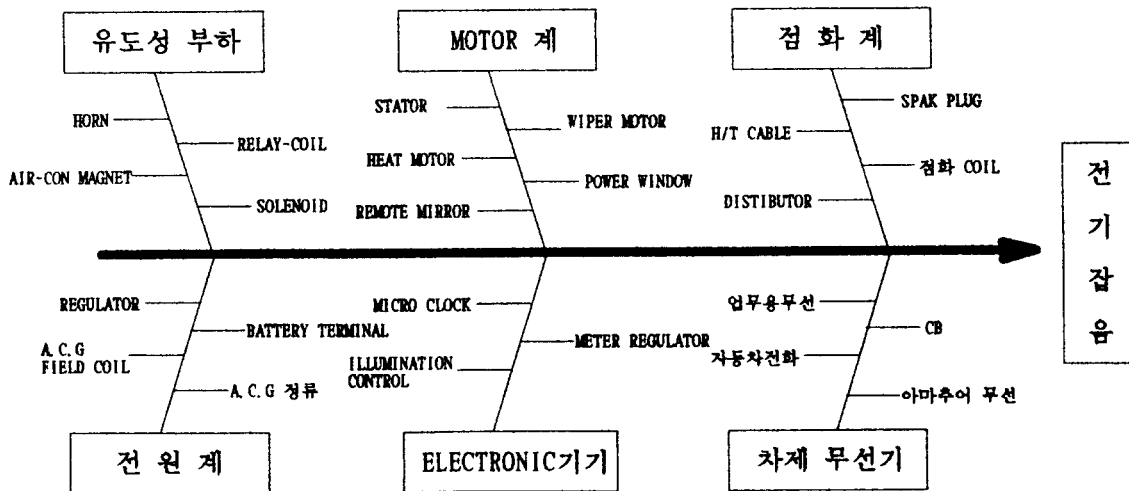
본 고는 SAE EMC의 자동차 시스템에 대한 시험 방법과 부품에 대한 레벨을 알아본다.

특히, 시험 평가방법은 Vehicle Components의 Immunity test를 위주로 설명하였다.

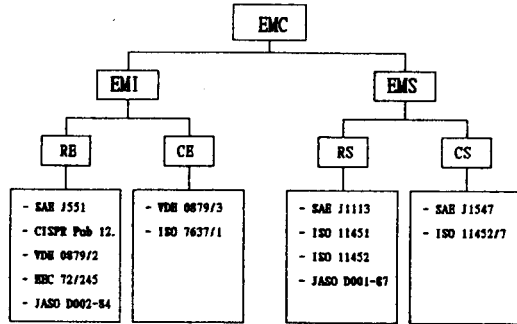
[그림 3]은 자동차 관련 EMI /EMS규격에 대한 TREE를 나타낸다.



[그림 1] 출력신호를 필요로하는 제어 SYSTEM



[그림 2] 자동차 전자기 잡음의 발생 요인



[그림 3] 자동차 및 부품에 대한 EMI/ EMS SPEC TREE

EMR(Electromagnetic radiation)과 EMI(Electromagnetic interference)의 표준협회는 자동차와 구동되는 부품과 관계되는 규제, 시험방법등에 대한 전망과 직면하고 있는 EMC field 방향등에 대하여 활동하고 있다.[5] 최근 SAE EMC 표준¹⁾은 자동차와 부품 시험을 포함하는 SAE J1113과 SAE J551의 모든 part들에 대해 개정하고 있고, 1993년 이후 이러한 문제에 대해 SAE EMC 표준은 ISO와 같은 국제 규격등과 함께 조화를 이루도록 협의의 진행중에 있다.

Table1은 단품에 대한 EMC 표준 SAE J1113에서 Vehicle Components에 대한 Conducted immunity test가 part 1~part 20, Radiated immunity test가 part 21~part 40, Emissions test가 part 40이상에서 언급되어 있으며,[6, 7] 각 규격에 의한 시험 setup을 다음과 같이 언급하였다.

1) Conducted Susceptibility Test

전도 방사 시험은 자동차 전장품의 components test로 차량에 장착되어 있는 EUT의 입/출력 전원 및 Signal lines에 전도성 전자파가 유입되어 system의 불안정을 초래하는 간섭을 평가하기 위한 시험으로 [그림 4]는 모든 입력 lead에 대한 30Hz~250kHz에 대한 test setup이고, [그림 5]는 모든 입출력 DC/AC power에 대한 100kHz~400MHz에

대한 전도성 방사시험 setup이다.

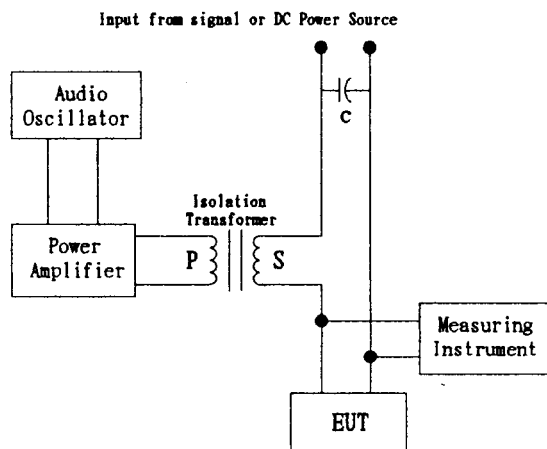
Immunity Tests:

| SAE J1113 Part | Test Type | Frequency Range | Comparable Standard |
|----------------|-----------------------|-----------------|---------------------|
| 1 | Intro & Definitions | | |
| 2 | Conducted Suscept. | 30Hz~250kHz | None |
| 3 | Conducted Suscept. | 100kHz~400MHz | ISO /WD 11452 /7 |
| 4 | Bulk Current Inject. | 1MHz~400MHz | ISO /WD 11452 /4 |
| 11 | Transients | N / A | ISO 7637-1 |
| 12 | Coupled Transients | N / A | ISO 7637-3 |
| 13 | ESD | N / A | ISO /CD 10605E |
| 21 | Semi-anechoic Chamber | 30MHz~18GHz | ISO /WD 11452 /2 |
| 22 | Power Line Magnetic | 60Hz~30kHz | None |
| 23 | RF Stripline | 10kHz~1GHz | ISO /WD 11452 /5 |
| 24 | TEM Cell | 10kHz~200MHz | ISO /WD 11452 /3 |
| 25 | Tri-plate | 10kHz~1GHz | None |
| 26 | Power Line E-field | 60Hz~30kHz | None |

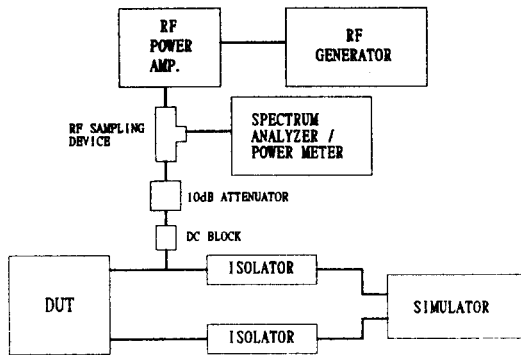
Emissions Tests:

| SAE J1113 Part | Test Type | Frequency Range | Comparable Standard |
|----------------|------------|-----------------|---------------------|
| 41 | Narrowband | 10kHz~1GHz | CISPR TBD |
| 42 | Transient | N / A | ISO 7637-1 |

<Table 1> EMC Measurement procedure for Vehicle Components-SAE J1113



[그림 4] SAE J1113 Part 2. Test Setup Conducted Susceptibility



[그림 5] SAE J1113 Part 3(ISO/ WD 11452/ 7).
Test Setup Conducted Susceptibility

2) BCI(Bulk Current Injection) Test

Mobile transmitter 혹은 High power 송신 antenna를 장착한 자동차에 있어 Wiring harness를 통해 직, 간접으로 radiated field coupling이 발생하여 제품을 평가하는 시험으로 시험 주파수 범위가 1MHz~400MHz, Injection current는 100mA이며 [그림 5]는 BCI test configuration이다.

3) Transient Test

Ignition switch input 단자 혹은 battery Feed (+)을 통한 Potential interference를 야기 시키는 평가시험으로 일반 실험실에서도 가능하며, 12V passenger car와 24V vehicle에 적용한다. [그림 7]은 Transient Test setup이다.

4) ESD(Electrostatic Discharge) Test

정전기에 의한 자동차의 damage에 의해 소비자들의 만족감 및 부품 내성을 위해 전장품에 대한 정전기의 감도를 평가하기 위한 시험으로 시험 전압 범위는 $\pm 15K$ volts이며 330pF의 콘덴서에 의해 charge되었다가 2000 Ω 저항을 통해 discharge되는 특성을 갖는 ESD simulator를 사용하도록 하고 있다. [그림 8]은 ESD simulator test setup이다.

5) Radiated Susceptibility Test(Planar Field, Far Field)

전과압실내에서 Sub-system, system에 대한 electric field test를 평가하기 위한 시험으로 주파수 범위는 30MHz~18GHz로 표시되며, [그림 9]는 RS test block diagram이다.

6) Magnetic Field Susceptibility Test

강한 자계를 발생시키는 power transmission lines이나 Generating stations 근처를 자동차가 진행할 때 오동작이 유발되는 경우를 평가하기 위한 시험이며 이러한 자계는 60Hz signal과 이것의 Odd harmonics으로 구성되어 있다. [그림 10]은 주파수에 따른 자계강도와 Magnetic field block diagram이다.

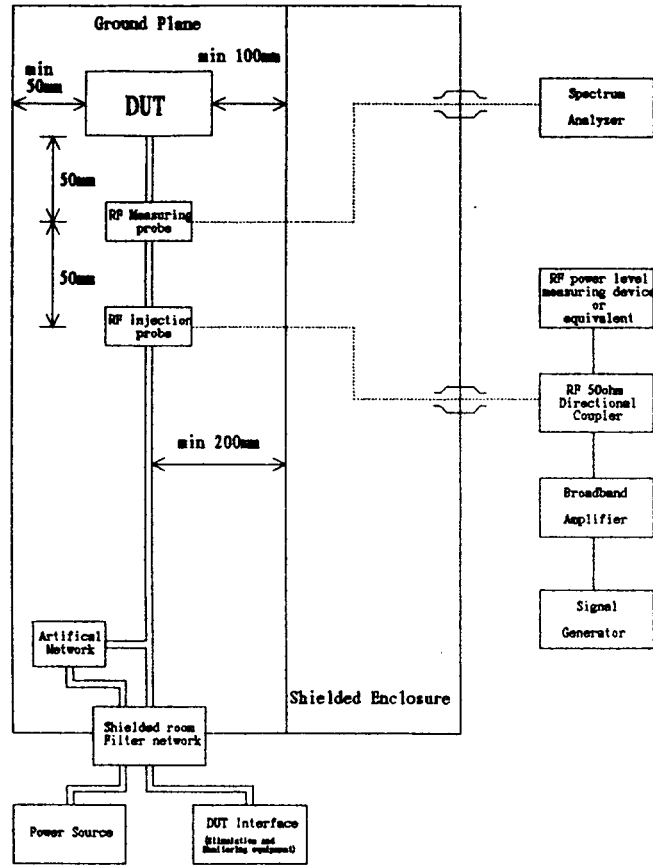
7) Strip Line Test

대표적인 Sub-system, system등에 대한 전자계 field에 대한 시험이나, EUT size가 최대 높이가 10Cm 이하이고, Wire 길이가 2m 이하이어야 한다. Strip line은 wiring harness feeding에 대한 RF coupling을 야기하며, free-space impedance에 대한 정현파에 있어서 균일한 전자계를 형성하는 TEM 전송선과 비교해 볼 때 shieldless, unbalanced version이다. [그림 11]은 strip line의 design과 block diagram이다.

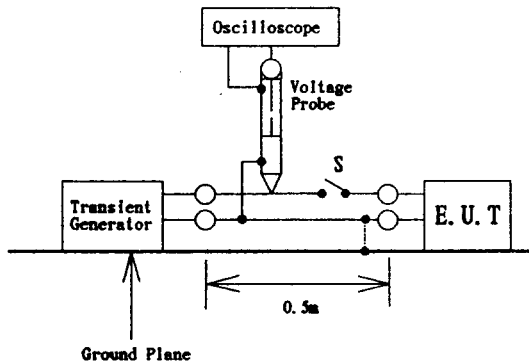
8) RS TEM CELL Test

EUT의 입/출력 단자를 통해 내부의 환경에 의한 방사성 전자파가 유입되어 전자파 간섭을 초래하게 되어 system의 불안정을 초래한다. 이러한 평가를 하기위한 시험이다. TEM-CELL은 자체의 크기가 제한 되어 있기 때문에 EUT size를 고려해야하며 내부에서 발생하는 전자기장이 TEM mode로 형성 되기 때문에 자유 공간에서의 원역장 특성을 갖고 있으며, 시험주파수 범위는 10kHz~500MHz이다. [그림 12]는 TEM CELL에 대한 block diagram이다.

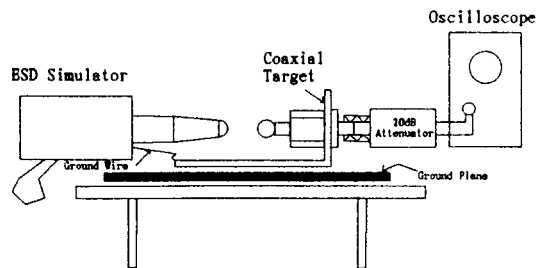
앞에서 설명한 규격중에서 RF Test(Part 3) 재정 및 개선된 배경을 알아보자.



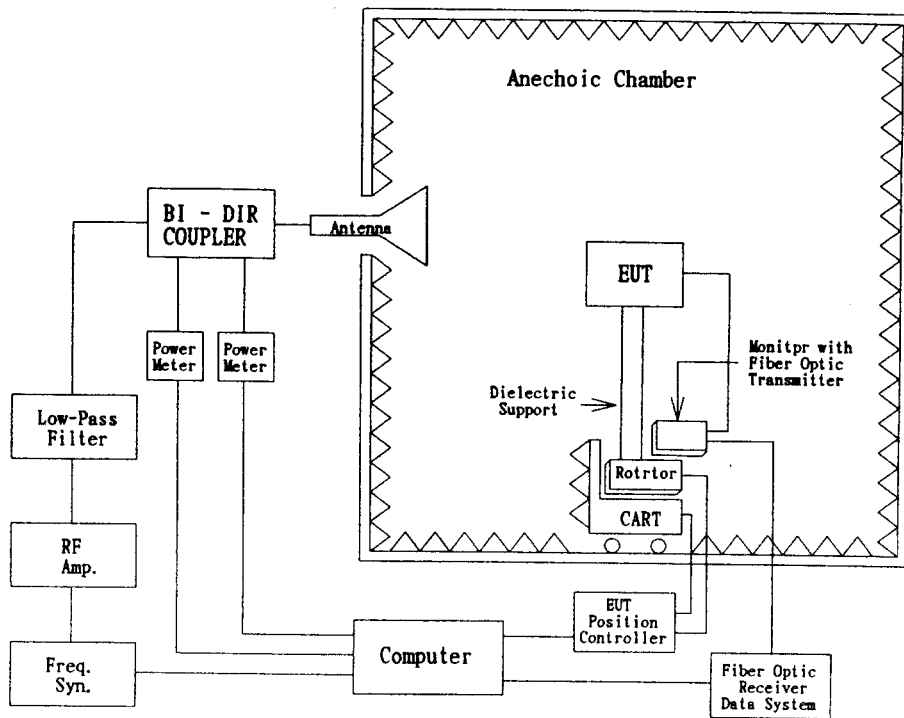
[그림 6] SAE J1113 Part 4(ISO/ WD 11452/ 4). BCI Test Configuration



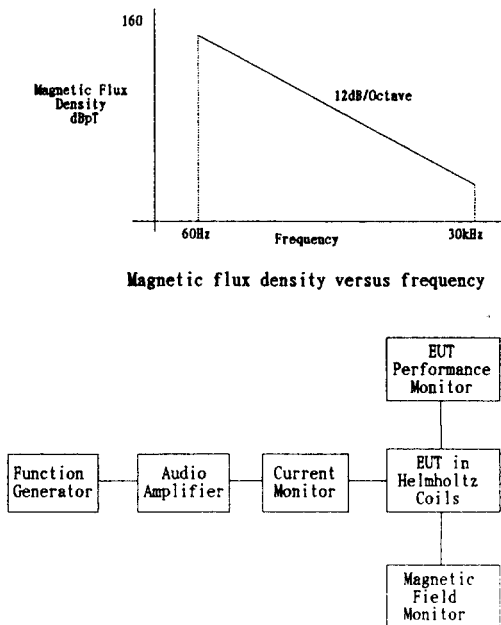
[그림 7] SAE J1113 Part 11(ISO 7637-1).
Transient Test Setup



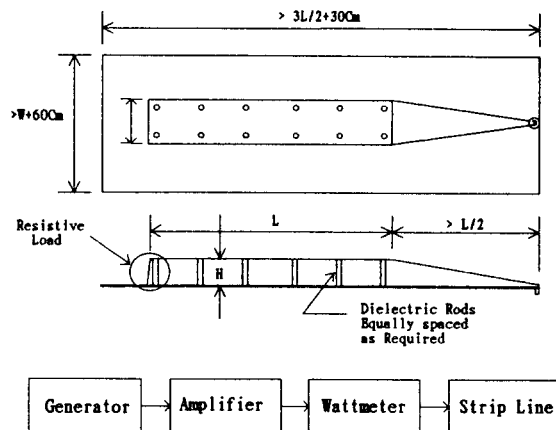
[그림 8] SAE J1113 Part 13(ISO 10605E).
ESD Simulator Test Setup



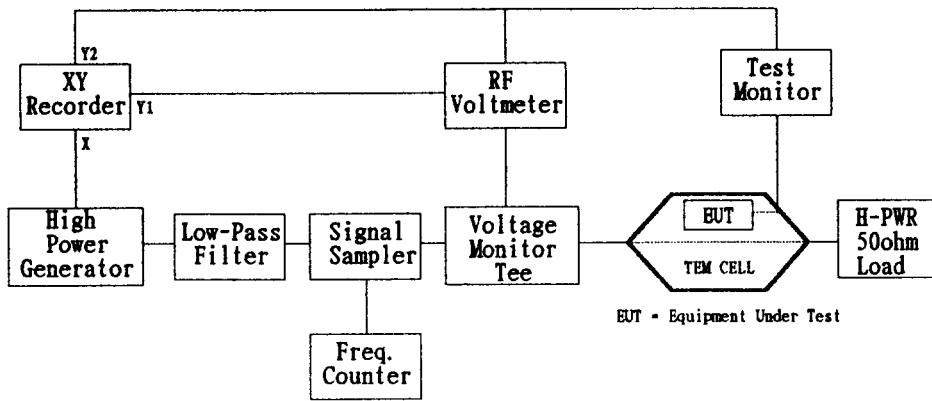
[그림 9] SAE J1113 Part 21(ISO/ WD 11452/ 2). Block diagram of system for Susceptibility testing of equipment (30MHz to 18GHz)



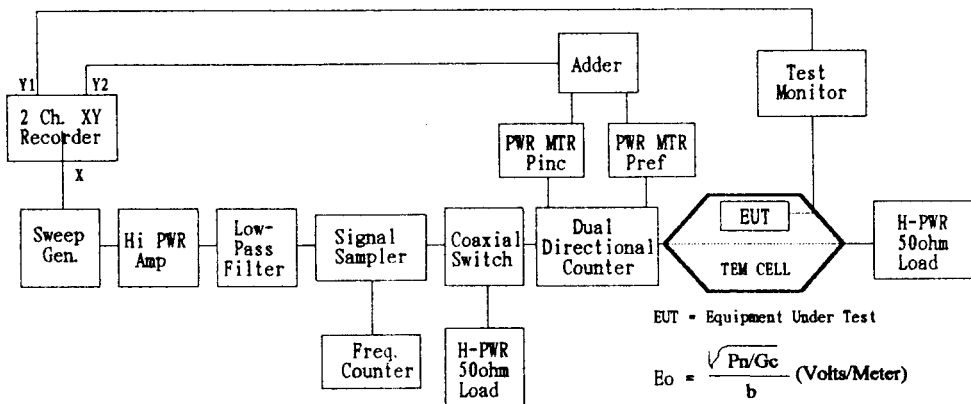
[그림 10] SAE J1113 Part 22. Block diagram for magnetic field susceptibility testing



[그림 11] SAE J1113 Part 23(ISO/ WD 11452/ 5). Design and Block diagram for a Strip Line



Block diagram of TEM CELL system Susceptibility testing of equipment (- 10MHz)



Block diagram of TEM CELL system Susceptibility testing of equipment (10-500MHz)

[그림 12] SAE J1113 Part 24(ISO/ WD 11452/ 3). Block diagram of TEM cell system

SAE J1113에 있는 part3, Conducted Susceptibility RF Test의 기술은 최근에 사용중인 방법보다 자동차 전자파 간섭시험에서 상호 관계와 반복능력에 대한 개선의 이점을 가지고 있다. EMC 진단 도구의 발전은 Bulk Current injection test와 radiated의 시험 능력과 상호 관계의 부족함을 탈피하였고, 개선은 공급되는 RF 제어 기술을 만들고, 이 제어는 Susceptible line 위치에 의해 진단정보 영역을 위해 전도시험 part로써 사용할 수 있다고 생각한다.

처음 시도는 LISN을 이용하여 분리함으로써 높은 광대역 응답을 얻었고, 목표는 500Ω 임피던스,

또는 시작주파수 범위 500kHz에서 최소의 인덕턴스, 과도전압의 drop 또는 magnetic 포화없이 2 Amp. 전류를 최소화하는데에 있다. 결국 Current능력을 최대로 활용하는데 그 목표가 있는 것이다.

많은 형태의 시험은 toroidal 인덕터를 사용하여 실험해 왔으며, magnetic field를 가지고 있는 toroids는 line사이 누화없이 완벽한 형태를 가지고 있다. 따라서 회로 설계시 주파수 응답의 중첩된 직렬 공진회로의 분기를 사용하며, 직렬공진 "tuned"의 toroidal 인덕터의 공진을 고려해야만 한다.

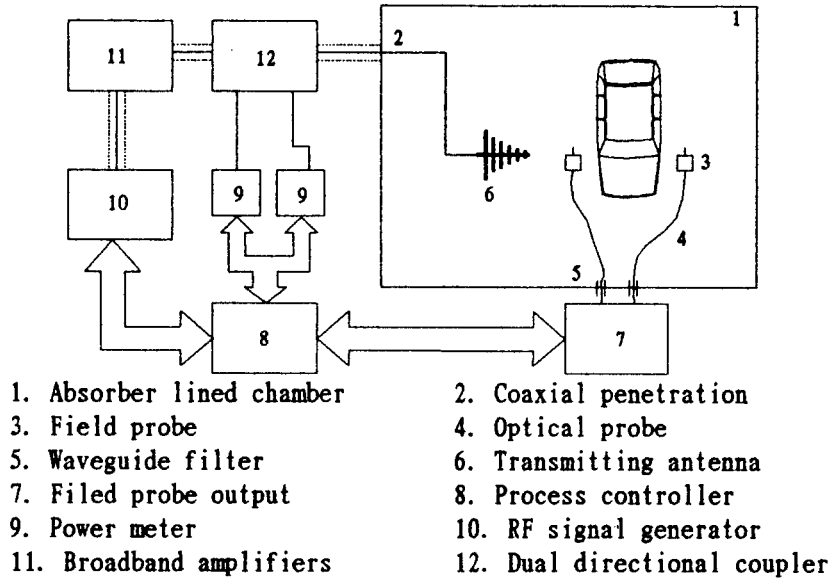
이 결과 250kHz에서 500kHz까지 높은 임피던스

가 요구되기 때문에 약 100kHz이하의 low bypass 특성을 나타내는 전반적인 low Q 광대역 응답이 된다.

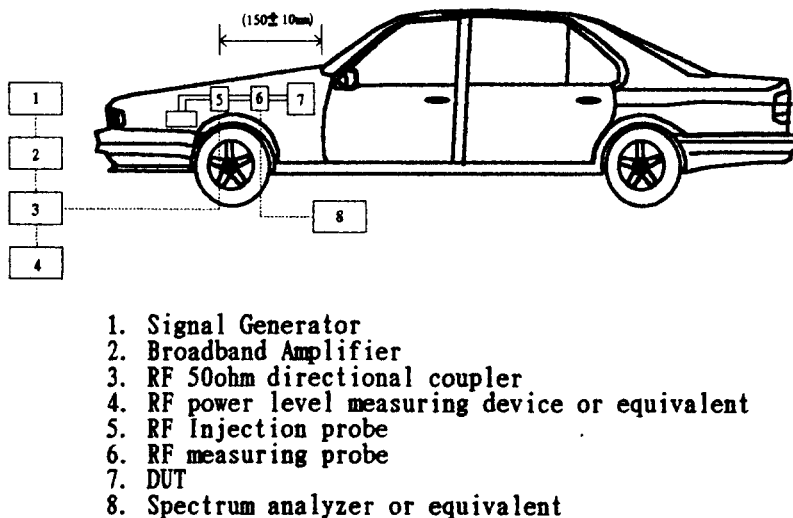
DUT line과 power, 다른 Support line사이에 분리된 network 사용은 기생 coupling을 제거한다.

RF injection은 경로와 분리된 network의 DUT주변에서 가능하며, 부족한 path와 효과가 미약한 filter line을 찾아 수정할 수 있다.

Test point 임피던스는 일반적으로 알려지지 않고 있다. 따라서 test path 마다 당연히 변하는 RF 임



[그림 13] SAE J551 Part 11(ISO/ WD 11451/ 2). Equipment block diagram of Off vehicle source



[그림 14] SAE J551 Part 13(ISO/ WD 11451/ 4). BCI test configuration

피턴스 크기를 측정하는 문제는 전압으로 하는 것보다 power를 사용하여 측정을 한다. DUT test power와 RF power amplifier사이 경로에 10dB 감쇄기는 최소한의 reflection되는 50Ω system 동작을 위한 power sensing device와 power amplifier와 고려하여 사용해야만 한다. 이것은 test시 line에서보다 input power를 측정해야 한다. Test set-up block diagram은 [그림 5]에 나타나 있다.

이러한 일반적인 과정은 특별한 환경안에서 이루어진다. 매우 빠른 data line은 인턴스와 shunt capacitance에 의해 제약을 받으며, Isolator 배치는 여러 인덕턴스의 shunt capacitance를 감소시켜 왔다. 자동차 EMC규격 level SAE J551은 Table2에 나타냈으며, 그에따른 시험 setup 또한 [그림 13], [그림 14]에 있다.[8, 9] (Part 11이상은 Immunity test, part 1~10은 Emission test로 구분)

Immunity Tests:

| SAE J551 Part | Test Type | Frequency Range | Comparable Standard |
|---------------|---------------------------|-----------------|---------------------|
| 11 | Off Vehicle Source | 500kHz~18GHz | ISO /WD 11451 /2 |
| 12 | On Vehicle Source | 1.8MHz~1.2GHz | ISO /WD 11451 /3 |
| 13 | Bulk Current Inject. | 1MHz~400MHz | ISO /WD 11451 /4 |
| 14 | Reverberation Chamber | 200MHz~18GHz | None |
| 15 | ESD | N /A | ISO /CD 10605E |
| 16 | Transients | N /A | None |
| 17 | Power Line Magnetic Field | 60Hz~30kHz | None |

Emissions Tests:

| SAE J551 Part | Bandwidth | Frequency Range | Test Distance | Comparable Standard |
|---------------|----------------|-----------------|---------------|---------------------|
| 1 | Intro. & Def | | | |
| 2 | Broadband | 30MHz~1GHz | 10m | CISPR 12 |
| 3 | Narrowband | 10kHz~1GHz | 3m | CISPR TBD |
| 4 | Narrow & Broad | 150kHz~1GHz | 1m | CISPR TBD |
| 5 | Narrow & Broad | 20kHz~1GHz | 10m | CISPR TBD |

<Table 2> EMC Measurement Procedure and Performance Levels for Vehicles - SAE J551.

새로운 format은 두 표준의 EMC test 방법과 관련하여 자동차 시험의 모든 규격을 결합시켰다. 두 EMC 협회는 국제적 EMC 표준 working group, 즉 ISO 와 CISPR(International Special Committee on Radio Interference)에서 활발히 참여하고 있으며, SAE 자동차 EMC procedure는 국제적인 자동차 EMC 표준으로 일치시켰다.

2.2.3. Integrated Circuit EMC

1991년 3월 SAE EMC 협회는 IC의 Emission과 Immunity level에 대한 IC-EMC Task Force라는 EMC test방법을 만들었으며, 1993년 초반 이후 IC-EMC Task Force의 draft document는 시험주파수가 1MHz~1000MHz까지 Magnetic Field-Loop Probe를 사용하여 IC Radiated Emission test의 Procedure로 제정하였고, 이 procedure의 범위는 IC로 부터 Electromagnetic radiation의 near field magnetic component에 대한 평가 방법이 규정되어 있다. 이 방법은 IC의 부착 위치와 거리에 따른 1MHz~1000MHz까지의 narrowband magnetic RF emission을 측정하는데 loop probe를 사용한다. 또한 이 방법은 회로 board의 상태나 정규화된 test 설비에 부착되어 있는 각각의 IC로 부터 측정에 응용할 수 있다.[10]

이 IC Radiated Emission의 document는 EMC에 대한 전자회로 설계에 있어서 설계자들에게 도움을 줄 수 있을 것이다.

II. 결 론

자동차의 부품의 전자화와 자동차에서의 새로운 전자장치의 채용은 근래에 놀랄만큼 많아 졌다. 전자부품의 특성, 수명은 일반적으로 사용 환경 즉, 온·습도, 진동 충격의 영향을 받기도 하지만, 전자기 환경에 대해서는 보다 심각하게 고려 되어야 할 필요가 있다. 위에서 보와 왔던 것처럼 자동차가 받는 전자기 환경 level을 어느 위치에서 고려 할 것인지

를 전 세계 규격 협회에 있어서도 아직 견해가 통일되어 있지 않다.

국내 자동차 산업이 외관과 실용성을 중시한 산업 구조에서 안전성과 신뢰성을 갖추는 구조로의 전환이 불가피한 상황에 있다.

그러나 국내 자동차 분야에서 전자파에 관한 연구와 이제 태동기에 접어들었다고 생각된다. 따라서 자동차 전자파에 대한 측정, 시험 평가, 대책에 상호 보완적으로 접근되어야만 효과적인 연구수행이 될 것으로 여겨진다.

또한 관련 기술정보를 획득하였을 경우 이것을 효과적으로 분석, 대처하기 위해서는 기술능력 배양이 중요하며 제품의 품질 향상으로 국제 경쟁력 확보와 제품 개발에 소요되는 시간과경비의 절감을 위하여 자체 기술력 향상에 주력하고 자동차 구조, 부품배치, 배선 방법이 다종 다양하기 때문에 주어지는 전자기 환경과 방해 전도가 완성차 maker와 전자부품 maker들의 EMC에 대한 연구와 시험등을 통하여 교류와 협의로 국내 자동차에 대한 전자파 환경을 마련해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] World Motor Vehicle Data, 1994.
- [2] 中野雅光, “最近の電磁妨害對策”, pp.349~352, 1990.
- [3] Department of Defense, MIL-STD-285, “Attenuation Measurement of Enclosures, Electromagnetic Shielding, for Electronic Purposes Method”, June, 1956.
- [4] IEC Pub. 801-3, “Electromagnetic compatibility for industrial-process measurement and control equipment, Part 3: Radiated electromagnetic field requirement”, 1984.
- [5] James P.Muccioli and Terry M.North, EMC Test & Design, January, 1993.
- [6] SAE J1113 August 1987, Electromagnetic Susceptibility Measurement Procedures For Vehicle Components
- [7] ISO 11452 November 1991, Road Vehicles-Electrical Disturbances by Narrowband Radiated Electromagnetic Energy-Component test methods
- [8] SAE J551 October 1985, Performance Levels and Methods of Measurement of Electromagnetic Radiation from Vehicles & Devices
- [9] ISO 11451 May 1992, Road Vehicles-Electrical Disturbances by Narrowband Radiated Electromagnetic Energy-Vehicle test methods
- [10] Muccioli, J. and North, T., “An Electromagnetic Immunity Diagnostic Tool for Electronic Circuits”, Proceedings of the 1991 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, August, 1991.