

# dB 단위계 변환과 EMC관련 주요 변환식

## 1. 전계의 단위환산을 위한 기본 방정식

### - Pointing vector

방사원으로 부터 복사된 전자파가 자유 공간내에서 단위면적을 통과 할 때 공간 전파의 복소 에너지량은 다음 식으로 표현된다.

$$\vec{s} = \vec{E} \times \vec{H} \quad [W/m^2]$$

자유공간 임피던스는 식(1.20)와 같이 주어지므로, 수신점이 방사원으로부터 충분히 떨어져 방사원을 점으로 볼 수 있는 거리 즉, 평면파의 경우 전계와 자계는 자유공간의 유전율과 투자율이 주어지면 다음 관계가 있다.

$$\vec{s} = \frac{E^2}{\sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}} = \frac{E^2}{120\pi} = \frac{1}{377} \cdot E^2 \quad (\text{평면파의 경우})$$

$$= \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \cdot H^2 = 120\pi \times H^2 = 377 \cdot H^2 \quad (\text{평면파의 경우}) \quad (1.19)$$

-자유공간의 임피던스(평면파인 경우)

$$\frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 377 [\Omega] = 120\pi \quad (1.20)$$

- 전계와 자계 관계식(평면파인 경우)은 식 1.20으로부터 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$E(\mu V/m) = 377 \cdot H(\mu A/m)$$

$$H(\mu A/m) = \frac{1}{377} E(\mu V/m) \quad (1.21)$$

식(1.19),(1.20),(1.21)을 자세히 살펴보면 자유공간에서 에너지 전달 구조도 전자회로에서 잘 알려진 Ohm의 법칙이 그대로 성립되어 다음 표1.1와 같은 관계가 있음을 알 수 있다.

표1.1 전자회로와 자유공간의 Ohm의 법칙 대응관계

전자회로의 소자	자유공간에서 대응	전자회로:
L (inductance)	$\mu_0 = 1.26 \times 10^{-6} = 4\pi \times 10^{-7} [H/m]$	$P = IV = PR = \frac{V^2}{R}$
C (capacitance)	$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \approx \frac{10^{-9}}{36\pi} [F/m]$	
R (resistance)	$\sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 120\pi \approx 376.7 \approx 377 [\Omega]$	자유공간:
V (voltage)	E(V/m)	$\vec{s} = I^2 \times 120\pi = \frac{E^2}{120\pi}$
I (current)	H(A/m)	

### (1) $[\mu V/m]$ 를 $[dB\mu V/m]$ 로 변환

표1.1에서 알 수 있듯이 자유공간에서 전계는 회로에서 전압에 대응하고, 자계는 전류에 대응되므로 전계의 단위(V/m), 자계의 단위(A/m)를 dB로 변환시 다음 식을 적용 한다.

$$E(dB\mu V/m) = 20 \log E(\mu V/m)$$

$$H(dB\mu A/m) = 20 \log H(\mu A/m) \quad (1.22)$$

전력은  $10 \log \frac{P_2}{P_1}$ , 전계와 자계값도 및 거리와 같은 상수는  $20 \log \frac{x_2}{x_1}$ 를 위해 dB

로 변환하는데,  $20 \log$ 를 취하는 이유는 전력 표현식에서  $P = \frac{V^2}{R} = I^2 R$ 의 관계에서 자승항의 곱이 앞으로 나와  $10 \times 2 = 20$  되기 때문이다.

### (2) 거리 d, 전계강도 E, 송신기 출력 P, 간의 관계식

Friis의 결과식으로부터 전계  $E[V/m]$ 는 송신기 급전점 전력  $P_t[W]$ , 안테나 절대이득(dB가 아닌 숫자)  $G_t$ , 송수신점의 이격거리  $d[m]$ 가 주어지면 다음 식1.23으로 표현되는데 이 값은 원방계에서 실측값과 비교적 잘 일치하여 표준전계를 만들 때 사용되므로 중요하다.

$$E = \frac{\sqrt{30 \cdot P_t \cdot G_t}}{d} \quad [V/m] \quad (1.23)$$

### (3) 송신기 출력과 안테나 이득이 같을 때 거리에 따른 전계강도의 변환

식1.23의 분자항을 상수로 보면 전계의 세기와 거리는 반비례하므로  $(E_1, d_1)$ 와  $(E_2, d_2)$ 간에는 다음식이 성립한다.

$$E_1 \times d_1 = E_2 \times d_2 \quad (1.24)$$

따라서 전계강도와 거리간의 관계식은 식 1.23, 1.24로부터 다음과 같이 변환된다. 아래 변환식은 전계강도 측정시 3m-10m-30m 변환에 자주 사용된다.

### (3-1) $[\mu V/m]$ 단위로 표시된 전계강도의 거리 d[m]별 변환

$$E_1(\mu V/m) @ d_1 \rightarrow E_2(\mu V/m) @ d_2$$

$$E_2(\mu V/m) = E_1(\mu V/m) \times \frac{d_1}{d_2} \quad (1.25)$$

예제) 500  $[\mu V/m]$  @ 3[m] → 10[m]에서의 전계강도 변환

$$E_2(\mu V/m) = 500 \times \frac{3}{10} = 150 [\mu V/m]$$

### (3-2) $E[\mu V/m]$ 단위로 된 전계강도를 거리별 $[dB\mu V/m]$ 변환

$$E_1(\mu V/m) @ d_1 \rightarrow E_2(dB\mu V/m) @ d_2$$

$$E_2(dB\mu V/m) = 20 \log E_1(\mu V/m) + 20 \log \frac{d_1}{d_2} - 51.5$$

\*주의: 거리의 경우, 식(1.23)으로부터 상수이므로  $20 \log$ 를 취함에 유의 할 것

예제) 500  $[\mu V/m]$  @ 3[m] →  $E_2[dB\mu V/m]$  @ 10[m]

$$E_2[dB\mu V/m] = 20 \log 500 + 20 \log \frac{3}{10} = 43.5 [dB\mu V/m]$$

### (3-3) 전계강도 $[dB\mu V/m]$ 를 거리별 $[\mu V/m]$ 값으로 변환

$$E_1(dB\mu V/m) @ d_1 \rightarrow E_2(\mu V/m) @ d_2$$

원래 dB값은 식(1.22)로 부터 상용 로그를 취해 얻어지므로 역변환하려면 20으로 양변을 나누고 10의 지수를 취하면 되므로 다음 식으로 표현된다.

$$E_2(\mu V/m) = 10^{\frac{E_1(dB\mu V/m) - 20}{20}} \times \frac{d_1}{d_2}$$

예제) 93.5  $(dB\mu V/m)$  @ 10[m] →  $(\mu A/m)$  @ 10[m]에서 자계강도로 환산

$$H_2(\mu A/m) = \frac{1}{377} \times 10^{\frac{93.5 - 20}{20}} \times \frac{10}{10} = 125.5 [\mu A/m]$$

### (4) $[dB\mu V/m]$ 단위의 전계를 $[dB\mu A/m]$ 단위로 자계강도로 거리별 변환

$$E_1(dB\mu V/m) @ d_1 \rightarrow H_2(dB\mu A/m) @ d_2$$

$$H_2(dB\mu A/m) = E_1(dB\mu V/m) + 20 \log \frac{d_1}{d_2} - 51.5$$

예제) 93.5  $(dB\mu V/m)$  @ 10[m] →  $H_2[dB\mu A/m]$  @ 10[m]에서 자계강도 환산

$$H_2(dB\mu A/m) = 93.5 + 20 \log \frac{10}{10} - 51.5 = 42.0 [dB\mu A/m]$$

## 4. 자계강도 ( $H_1 @ d_1$ ) → 전계강도 ( $E_2 @ d_2$ ) 로 변환

방정식 (1.20), (1.21) 및 (1.22)에 의해

### (1) 자계강도 $[\mu A/m]$ 를 거리별 전계강도 $[\mu V/m]$ 로 변환

$$H_1(\mu A/m) @ d_1 \rightarrow E_2(\mu V/m) @ d_2$$

$$E_2(\mu V/m) = 377 \times H_1(\mu A/m) \times \frac{d_1}{d_2}$$

예제) 125.5  $(dB\mu A/m)$  @ 10[m] → 10[m]에서 전계강도 환산

$$E_2(\mu V/m) = 377 \times 125.5 \times \frac{10}{10} = 47,313.5 [\mu V/m]$$

### (2) 자계강도 $[\mu A/m]$ 를 거리별 전계강도 $[dB\mu V/m]$ 로 변환

$$H_1(\mu A/m) @ d_1 \rightarrow E_2(dB\mu V/m) @ d_2$$

$$E_2(\mu V/m) = 20 \log H_1(\mu A/m) + 20 \log \frac{d_1}{d_2} + 51.5$$

예제) 125.5  $(\mu A/m)$  @ 10[m] → 10[m]에서 전계강도  $[dB\mu V/m]$ 로 변환

$$E_2(dB\mu V/m) = 20 \log 125.5 + 20 \log \frac{10}{10} + 51.5 = 93.47 [dB\mu V/m]$$

### (3) $[dB\mu A/m]$ 의 자계강도를 $[\mu V/m]$ 단위 전계강도로 거리별 변환

$$H_1(dB\mu A/m) @ d_1 \rightarrow E_2(\mu V/m) @ d_2$$

$$E_2(\mu V/m) = 377 \times 10^{\frac{H_1(dB\mu A/m)}{20}} \times \frac{d_1}{d_2}$$

예제) 42  $(dB\mu A/m)$  @ 10[m] →  $E_2(\mu V/m)$  @ 10[m]에서의 전계강도로 변환하면

$$E_2(\mu V/m) = 377 \times 10^{\frac{42}{20}} \times \frac{10}{10} = 47,461.5 [\mu V/m]$$

### (4) $[dB\mu A/m]$ 자계강도를 $[dB\mu V/m]$ 단위로 전계강도로 거리별 변환

$$H_1(dB\mu A/m) @ d_1 \rightarrow E_2(dB\mu V/m) @ d_2$$

$$E_2(dB\mu V/m) = H_1(dB\mu A/m) + 20 \log \frac{d_1}{d_2} + 51.5$$

예제) 42  $(dB\mu A/m)$  @ 10[m] →  $E_2(\mu V/m)$  @ 10[m]에서 전계강도로 변환하면

$$E_2(dB\mu V/m) = 42 + 20 \log \frac{10}{10} + 51.5 = 93.5 [dB\mu V/m]$$

## 5. 송신전력 $P_t$ → 전계강도(E), 자계강도 (H) 상관식

### (1) 송신전력, 안테나 이득, 거리가 주어질 때 전계강도 $E[V/m]$ 를 구하는 관계식

송신기 급전점 전력, 안테나 이득(dB가 아닌 숫자)이 주어질 때 거리 d에서 원방계에서 전계강도는 Friis의 결과식 (1.23)로 부터 구해진다.

예제) 출력 1[W]의 급전점 전력, 안테나이득 -21.23dB, (0.00754) 일때 10[m]에서의 전계강도는 식(1.23)에 각각 대입하면 다음과 같다.

$$E_{10m} = \frac{\sqrt{30 \times 1 \times 0.00754}}{10} = 0.047554 [V/m]$$

\* 여기서 유의해야 할 것은 안테나 이득  $G_t$ 는 전력항의 비교값이므로 dB로 표시된 경우  $10^{\frac{-21.23}{10}} = 1/132.74 = 0.0075335$ ( $\approx 0.00754$ )를 취해 숫자로 적용해야 하며 주의 할 것.

### (2) 송신전력으로부터 거리별 전계강도를 $[dB\mu V/m]$ 단위로 구하는 관계식

$P_t(W) \rightarrow E_2(dB\mu V/m)$  @  $d_2$ 의 조건이 주어지면 방정식(1.23)과 (1.24)로부터 다음식이 유도 된다

$$E_2(dB\mu V/m) = 10 \log P_t(W) + 10 \log G_t - 20 \log d_2 + 14.8 + 120$$

\*여기서 120라는 상수는 V단위를  $\mu$  단위로  $10^{-6}$ 을 로그항함 값으로 ( $20 \times 6=120$ ), 거리에 대해서는 상수이므로  $20 \log$ 를 취하고 분모이므로  $-$ 부호 사용됨에 유의.

예제) 1[W] 송신기 급전전력, 안테나이득 -21.23dB (0.00754) → 10m에서의 전계강도 계산  $E_2(dB\mu V/m) = 10 \log 1 + 10 \log 0.00754 - 20 \log 10 + 14.8 + 120 = 93.6 [dB\mu V/m]$

### (3) 송신전력으로부터 거리별 자계강도 $[A/m]$ 를 구하는 식

$P_t(W) \rightarrow H(A/m), d$  : 방정식 (1.21)과 (1.23)으로부터 거리별 자계강도 결과 식은

$$H(A/m) = \frac{\sqrt{30 \cdot P_t(W) \cdot G_t}}{377 \cdot d} \quad (1.25)$$

예제) 1W 송신 급전전력, 안테나이득 -21.23dB (0.00754)일때 10[m]에서의 자계강도 환산

$$H_{10m} = \frac{\sqrt{30 \times 1 \times 0.00754}}{377 \times 10} = 126.2 [\mu A/m]$$

### (4) 송신전력, 안테나 이득, 거리가 주어질 때 자계강도 계산식

$P_t(W) \rightarrow H_2(dB\mu A/m)$  @  $d_2$ 의 변환은 방정식 (1.21), (1.22) 및 (1.23)로 부터

$$H_2(dB\mu A/m) = 10 \log P_t(W) + 10 \log G_t - 20 \log d_2 - 36.8 + 120$$

예제) 1 [W] 급전전력, 안테나이득 -21.23dB (0.00754)일때 10m에서의 자계강도 계산

$$H_2(dB\mu A/m) = 10 \log P_t(W) + 10 \log G_t - 20 \log d_2 - 36.8 + 120 = 42.02 [dB\mu A/m]$$

## 6. 전계강도(E), 자계강도(H)로 부터 송신기 급전점 전력 $P_t$ 계산식

### (1) 전계강도 $[V/m]$ 와 거리(m)가 주어질 때 송신전력 $P_t[W]$ 를 구하는 관계식

$E_2(V/m) @ d_2 \rightarrow P_t(W)$ : 방정식 (1.23)을 양변을 사승하여 전력  $P_t$ 에 대해 풀면 다음 관계식이 구해진다.

$$P_t(W) = \frac{d^2 E^2 (V/m)}{30 G_t}$$

예제)  $E = 47,544 (\mu V/m)$  @ 10m, 안테나 이득 -21.23dB(0.00754)일때 송신전력을 계산

$$P_t(W) = \frac{10^2 \times 0.047554^2}{30 \times 0.00754} = 0.9997 [W]$$

### (2) $[dB\mu V/m]$ 단위로 주어진 전계강도로부터 송신전력 $P_t$ 구하기

$E_2(dB\mu V/m) @ d_2 \rightarrow P_t(W)$ : 방정식 (1.22)와 (1.23)로부터

$$P_t(W) = \frac{d^2 (10^{\frac{E_2(dB\mu V/m) - 20}{20}})^2}{30 \times G_t}$$

예제) 93.5  $[dB\mu V/m]$  @ 10[m], 안테나이득 -21.23dB (0.00754)일때 송신전력  $P_t$  계산

$$P_t(W) = \frac{10^2 \times (10^{\frac{93.5 - 20}{20}})^2}{30 \times 0.00754} = 0.9897 [W]$$

\* 여기서  $-$ 120은 역시  $[\mu V/m]$ 를  $[V/m]$ 로 변환하기 위한 상수  $[20 \times (-6)=-120]$

### (3) 자계강도 $H[\mu A/m]$ 로부터 송신전력을 $P_t$ 구하는 관계식

$H(\mu A/m) @ d \rightarrow P_t(W)$ : 방정식 (1.21)과 (1.23)로부터

$$P_t(W) = \frac{377^2 d^2 H^2 (\mu A/m)}{30 \times G_t} [W]$$

예제) 126.2  $(\mu A/m)$  @ 10[m], 안테나이득 -21.23dB (0.00754)일 때 송신전력 계산

$$P_t(W) = \frac{377^2 \times 10^2 \times 0.0001262^2}{30 \times 0.00754} = 1.0007 [W]$$

### (4) $[dB\mu A/m]$ 단위의 자계강도로부터 송신전력 $P_t$ 를 구하는 관계식

$H_2(dB\mu A/m) @ d_2 \rightarrow P_t(W)$ : 방정식 (1.22) 및 (1.23)로부터

$$P_t(W) = \frac{377^2 d^2 (10^{\frac{H_2(dB\mu A/m) - 20}{20}})^2}{30 \times G_t} [W]$$

예제) 42.02  $(dB\mu A/m)$  @ 10m, 안테나이득 -21.23dB (0.00754)일때 송신전력 계산

$$P_t(W) = \frac{377^2 10^2 (10^{\frac{42.02 - 20}{20}})^2}{30 \times 0.00754} = 1.0001 [W]$$

## 7. 인체 위해성 평가 단위의 변환식

$[mW/cm^2]$ 표시되는 전력밀도 단위는 주파수가 높은 대역에서는 피부면적 당 전력값으로 표시되는 차원치이므로 자유공간에서 다음 식에 따라 다른 파라미터로 변환된다.

- 전력밀도:  $mW/cm^2 \times 10 = \frac{Watts}{(meter)^2} = \frac{W}{m^2}$
- 전계강도의 지승평균값:  $mW/cm^2 \times 3763.6 = \frac{(Volt)^2}{(Meter)^2} = \frac{(E)^2}{(m)^2}$
- 자계강도의 지승평균값:  $mW/cm^2 \times 37.636 = \frac{(Amperes)^2}{(Meter)^2} = \frac{(A)^2}{(m)^2}$
- 에너지 밀도:  $mW/cm^2 \times 0.03333 = \frac{Pico Joules}{(cm)^2} = \frac{pJ}{(cm)^2}$

위 2) 3) 관계식으로부터 전력밀도는 전계강도의 단위 ( $\frac{V}{m}$ ), 자계강도의 단위 ( $\frac{A}{m}$ )로 다음과 같은 관계식으로 부터 유도해 낼 수 있다.

$$\sqrt{mW/cm^2} \times 3763.6 = \left( \frac{Volt}{meter} \right) = \left[ \frac{V}{m} \right] : \text{전계강도}$$

$$\sqrt{mW/cm^2} \times 37.636 = \left( \frac{Amperes}{meter} \right) = \left[ \frac{A}{m} \right] : \text{자계강도}$$

위 4) 관계식에서  $pJ/cm^2 = 1 \mu J/m^2$ 의 관계가 성립한다.

위 1)의 관계식  $mW/cm^2 \times 10 = \frac{Watts}{(meter)^2} = \frac{W}{m^2}$ 에서 10을 곱해 준 것은

$\frac{10^3}{10^0}$ 의 관계 ( $1m = 10^2cm, 1W = 10^3mW$ )에서 구해진 값이다.

위 2), 3)식의 상수 3763.6, 37.636는 자유공간의 임피던스  $\sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 120\pi = 376.36$ 의 차원 식에 따른 소수점 이동에서 구해진 값이다.

## 8. 거리별 차폐도 계산 공식, 여기서 거리 r은 inch 단위임

차폐도 S=A+R+C	r > $\frac{\lambda}{2\pi}$	전장차폐	
		반사손실	보정계수, C
		흡수손실 A	$A = 3.44 \sqrt{f T \mu_r \sigma_r}$ [dB]
		반사손실 R	$R_r = 322 + 10 \log \frac{\sigma_r}{\mu_r f^2 r^2}$ [dB]
		보정계수, C	무시
		흡수손실 A	$A = 3.44 \sqrt{f T \mu_r \sigma_r}$ [dB]
		거리를 모를 때	"0" 적용, C=0
		거리를 알 때	$r_m = 14.6 + 10 \log \left( \frac{f r^2 \sigma_r}{\mu_r} \right)$
		보정계수, C (다중반사)	$A \geq 9dB$ 무시해도 됨 $A < 9dB$ $C = 20 \log(1 - e^{-20A})$ [dB]
	r ≤ $\frac{\lambda}{2\pi}$	흡수손실 A	$A = 3.44 \sqrt{f T \mu_r \sigma_r}$ [dB]
		반사손실 R	$R = 168 + 10 \log \left( \frac{\sigma_r}{\mu_r r} \right)$ [dB]
		보정계수, C	무시함

## 9. 선경 AWG와 mm의 관계 및 동선의 저항

AWG America Wire Gage	mm 단위 직경 (inch)	연속 최대 허용전류(A)	단위 길이당 동선의 저항 ( $\Omega/100m$ )
8	3.264(0.1285)	73	0.1952
9	2.906(0.1144)	-	0.2462
10	2.588(0.1019)	55	0.3103
11	2.305(0.0907)	-	0.3914
12	2.053(0.0808)	41	0.4935
13	1.828(0.0720)	-	0.6224
14	1.628(0.0641)	32	0.7849
16	1.291(0.0508)	22	1.248
18	1.024(0.0403)	16	1.984
20	0.812(0.0320)	11	3.155
22	0.644(0.0253)	-	5.017
24	0.511(0.0201)	-	7.

## Summaries of MIL STD 461F

MIL STD 461E Series	General descriptions
CE101	Conducted Emissions, Power Leads, 30 Hz to 10 kHz
CE102	CE102 Conducted Emissions, Power Leads, 10 kHz to 10 MHz
CE106	Conducted Emissions, Antenna Terminal, 10 kHz to 40 GHz
CS101	Conducted Susceptibility, Power Leads, 30 Hz to 150 kHz
CS103	Conducted Susceptibility, Antenna Port, Intermodulation, 15 kHz to 10 GHz
CS104	Conducted Susceptibility, Antenna Port, Rejection of Undesired Signals, 30 Hz to 20 GHz
CS105	Conducted Susceptibility, Antenna Port, Cross-Modulation, 30 Hz to 20 GHz
CS106	Conducted Susceptibility, Transient power lead
CS109	Conducted Susceptibility, Structure Current, 60 Hz to 100 kHz
CS114	Conducted Susceptibility, Bulk Cable Injection, 10 kHz to 200 MHz
CS115	Conducted Susceptibility, Bulk Cable Injection, Impulse Excitation
CS116	Conducted Susceptibility, Damped Sinusoidal Transients to the Cables and Power Leads, 10 kHz to 100 MHz
RE101	Radiated Emissions, Magnetic Field, 30 Hz to 100 kHz
RE102	Radiated Emissions, Electric Field, 10 kHz to 18 GHz
RE103	Radiated Emissions, Antenna Spurious and Harmonic Outputs, 10 kHz to 40 GHz
RS101	Radiated Susceptibility, Magnetic Field, 30 Hz to 100 kHz
RS103	Radiated Susceptibility, Electric Field, 2 MHz to 40 GHz
RS105	Radiated Susceptibility, Transient Electromagnetic Field

## Requirements Applicability of the MIL STD 461F

사용환경	규격 적용																	
	CE 101	CE 102	CE 106	CS 101	CS 103	CS 104	CS 105	CS 106	CS 109	CS 114	CS 115	CS 116	RE 101	RE 102	RE 103	RS 101	RS 103	RS 105
군 함정	A	A	L	A	S	S	S	A	L	A	S	A	A	A	L	A	A	L
잠수함 (Submarines)	A	A	L	A	S	S	S	A	L	A	S	L	A	A	L	L	A	L
육군용 항공기 (Including Flight Line)	A	A	L	A	S	S	S			A	A	A	A	A	L	A	A	L
해군용 항공기	L	A	L	A	S	S	S			A	A	A	L	A	L	L	A	L
공군용 항공기		A	L	A	S	S	S			A	A	A		A	L		A	
우주공간의 설비 (Including Launch Vehicles)		A	L	A	S	S	S			A	A	A		A	L		A	
지상, 육군용		A	L	A	S	S	S			A	A	A		A	L	L	A	
지상, 해군용		A	L	A	S	S	S			A	A	A		A	L	A	A	L
지상, 공군용		A	L	A	S	S	S			A	A	A		A	L		A	

여기서, A는 적용가능 (Applicable) 의미이고, L는 본 규격서의 개별 조항에 명기되어 있는 경우에 적용되며, S는 조달 문서상에 반드시 규정되어 있는 경우에 적용한다. CS 106은 MIL STD 461F에서 추가된 항목임

## MIL STD 461 변경 내용 요약

MIL - STD - 461A			MIL - STD - 461B/C			MIL - STD - 461D			MIL - STD - 461E/F		
TEST	DESCRIPTION	FREQ	TEST	DESCRIPTION	FREQ	TEST	DESCRIPTION	FREQ	TEST	DESCRIPTION	FREQ
CE01	Power Leads	30 Hz-20 kHz	CE01	Power / Signal Leads	30 Hz-15 kHz	CE101	Power Leads	30 Hz-10 kHz	CE101	Power Leads	30 Hz-10 kHz
CE02	Control / Signal Leads	30 Hz-20 kHz	CE02	N/A							
CE03	Power Leads	20 kHz-50 MHz	CE03	Power/Signal Leads	15 kHz-50 MHz	CE102	Power Leads	10 kHz-10 MHz	CE102	Power Leads	10 kHz-10 MHz
CE04	Control / Signal Leads	20 kHz-50 MHz	CE04	N/A							
CE05	Inverse Filter Method	30 Hz-50 MHz	CE05	N/A							
CE06	Antenna Terminal	10 kHz-10 GHz	CE06	Antenna Terminal	10 kHz-26 GHz	CE106	Antenna Terminal	10 kHz-40GHz	CE106	Antenna Terminal	10 kHz-40GHz
CE07	N/A		CE07	Power Leads	Spikes / Time Domain						
CS01	Power Leads	20 Hz-50 kHz	CS01	Power Leads	30 Hz-50 kHz	CS101	Power Leads	30 Hz-50 kHz	CS101	Power Leads	30 Hz-150 kHz
CS02	Power Leads	50 kHz-400 MHz	CS02	Power Leads	50 kHz-400 MHz						
CS03	Intermodulation	15 kHz-10 GHz	CS03	Intermodulation	15 kHz-10 GHz	CS103	Antenna Port-Intermod.	15 kHz-10 GHz	CS103	Antenna Port-Intermod	15 kHz-10 GHz
CS04	Undesired Sig. Rejection	15 kHz-10 GHz	CS04	Undesired Sig. Rejection	30 kHz-20 GHz	CS104	Antenna Port-Rej. of Undesired Sig.	30 Hz -20 GHz	CS104	Antenna Port-Rej. of Undesired Sig.	30 Hz -20 GHz
CS05	Cross Modulation	15 kHz - 10 GHz	CS05	Cross Modulation	30 kHz - 20 GHz	CS105	Antenna Port-Cross Mod.	30 Hz-20 GHz	CS105	Antenna Port-Cross Mod.	30 Hz-20 GHz
CS06	Spikes, Power Leads		CS06	Spikes, Power Leads		CS106	Spike, power lead			MIL STD 461 F 재적용	400V peak, 1.5/50uS, Tsag 120V max
CS07	Squelch Ckts		CS07	Squelch Ckts							
CS08	Undesired Sig. Rejection	30 Hz-10 GHz	CS08	N/A							
CS09	N/A		CS09	Structure Common Mode Current	60 Hz-100 kHz						
CS10	N/A		CS10	Damped Sinusoidal Transients (terminals)	10 kHz-100 MHz						
RE01	Magnetic Field	30 Hz-50 kHz	RE01	Magnetic Field	30 Hz-50 kHz	RE101	Magnetic Field	30 Hz-100 kHz	RE101	Magnetic Field	30 Hz-100 kHz
RE02	Electric Field	14 kHz-10 GHz	RE02	Electric Field	14 kHz-10 GHz	RE102	Electric Field	10 kHz-18 GHz	RE102	Electric Field	10 kHz-18 GHz
RE03	Spurious & Harmonic	10 kHz-40 GHz	RE03	Spurious & Harmonic	10 kHz-40 GHz	RE103	Antenna Spurious & Harmonics	10 kHz-40 GHz	RE103	Antenna Spurious & Harmonics	10 kHz-40 GHz
RE04	Magnetic Field	20 Hz-15 kHz	RE04	N/A							
RE05	Vehicle & Eng. Equipment	150 kHz-1 GHz	RE05	N/A							
RE06	Overhead Powerlines	14 kHz-1 GHz	RE06	N/A							
RS01	Magnetic Field	30 Hz-30 kHz	RS01	Magnetic Field, Equipment and Cables	30 Hz-50 kHz	RS101	Magnetic Field, Equipment and Cables	30 Hz-100 kHz	RS101	Magnetic Field, Equipment and Cables	30 Hz-100 kHz
RS02	Magnetic Induction	Powerline & Spike	RS02	Magnetic Induction, Equipment and Cables	Powerline & Spike						
RS03	Electric Field	14 kHz-10 GHz	RS03	Electric Field, Equipment and Cables	14 kHz-40 GHz	RS103	Electric Field, Equipment and Cables	10 kHz-40 GHz	RS103	Electric Field, Equipment and Cables	2 MHz-40 GHz
RS04	Parallel Line Fields	14 kHz-30 MHz	RS04	N/A							
RS05	N/A		RS05	Electromag Pulse Field	Transients	RS105	Transient Electromag Field	Transients	RS105	Transient Electromag Field	Transients
						CS109	Structure Current	60 Hz-100 kHz	CS109	Structure Current	60 Hz-100 kHz
						CS114	Bulk Cable Injection	10 kHz-400 MHz	CS114	Bulk Cable Injection	10 kHz-200 MHz
						CS115	Bulk Cable Injection	Impulse	CS115	Bulk Cable Injection	Impulse
						CS116	Sine Transients - Cables, and Power Leads	10 kHz-100 MHz	CS116	Sine Transients - Cables, and Power Leads	10 kHz-100 MHz



# EMC System

"Reference : from AMIDEON RF & Microwave"

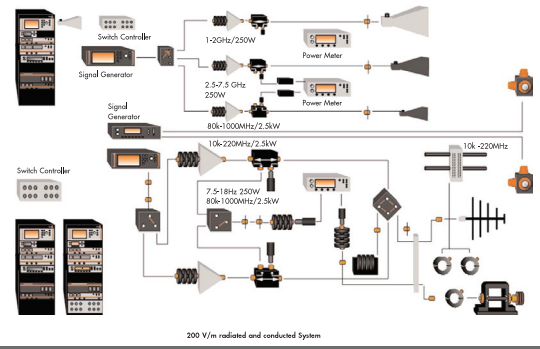
## SYSTEM 1: Radiated and Conducted Susceptibility 10kHz-18GHz

Radiated susceptibility is a test used to verify the ability of a device (and associated cabling) to withstand electric fields. Specifically over the frequency range 10kHz to 18GHz, testing below 2MHz is platform testing dependent and testing above 18GHz is optional, at the legislative agency's discretion.

- The test equipment comprises a signal generator, RF amplifiers, electric field sensors, LISN and data recording equipment.
- The electric field is radiated by appropriate transmit antennas chosen for best power/size.
- Radiated tests should be performed in a shielded, anechoically damped enclosure or mode tuned chamber.
- Conducted tests are used to verify the ability of a device to withstand RF signals coupled onto the device by associated cabling.

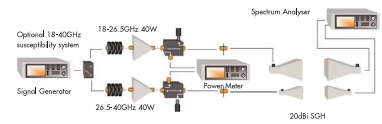
The frequency range covered is 10kHz to 18GHz. The system provided covers this frequency range and comprises measuring receivers, amplifiers and signal generators.

The complete system diagram is shown below:



200 V/m radiated and conducted system

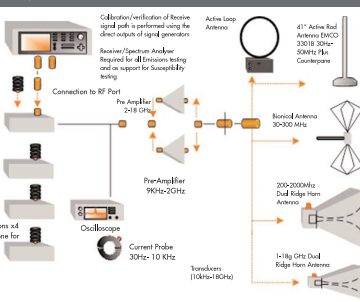
## SYSTEM 1 Extension: 18GHz - 40GHz



## SYSTEM 2: Radio Tests for Spurious Emissions

Description:  
Conducted Emissions, Primary Power Leads  
30Hz to 10kHz  
Conducted Emissions, Primary Power leads  
10kHz to 10MHz  
E-Field Radiated Emissions 30Hz to 10kHz  
H-Field Radiated Emissions 10kHz to 18GHz

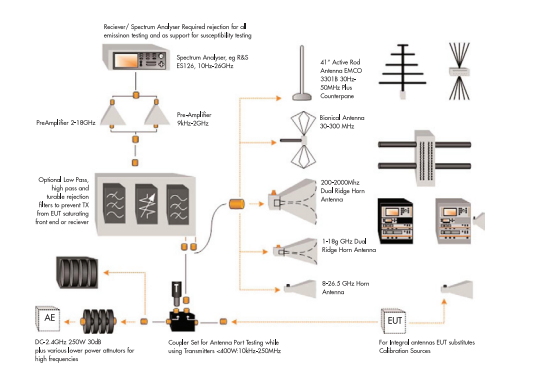
This system comprises the stand alone receiver/spectrum analyzer with all the accessories required to perform the standard chassis/cable emissions tests.



## SYSTEM 3: Testing Emissions from Antenna Ports

Description:  
Conducted Emissions, Antenna Terminated 10kHz to 40GHz  
E-Field Radiated Antenna Spurious and Harmonic Outputs, 10kHz to 40GHz

This system is an extension of System 2. Additional couplers, antennas and couplers are provided specifically to allow the antenna port emissions testing of transmitters/receivers and receivers. This system is to test the emissions from EUT antenna ports under all conditions. The start frequency is between 10kHz and 10MHz, dependent upon the EUT band of operation and the stop frequency is 20x the uppermost intentionally radiated frequency or 40GHz - whichever is the lower. As a result, this test system is specialized and with careful choice of equipment, can be used with other systems.



## SYSTEM 4: Conducted Transients

Description:  
Conducted Susceptibility, Bulk Cable Injection, Impulse Excitation  
Conducted Susceptibility, Damped Sinusoidal Transients, Cables and Power Leads, 10kHz to 100MHz.

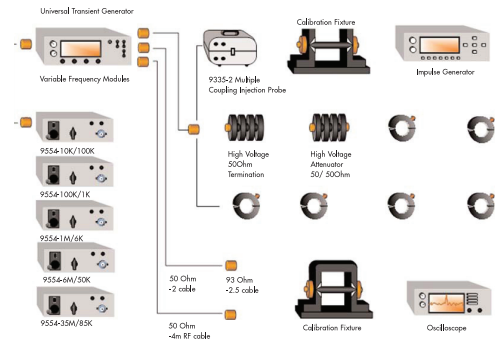
These tests are designed to verify the ability of a device to withstand impulse excitation and damped sinusoidal transients coupled onto cables and power leads. These are totally independent sub-systems with their own transducers, cables and calibration jigs, but they do require the use of the common oscilloscope for calibration and monitoring.

The first test is designed to verify the ability of a device to withstand damped sinusoidal transients coupled onto cables and power leads.

The test simulates transients of various origins coupled into the EUT via the cable form, as measured in platforms. It replaces tests from previous versions of the standard by offering all the required base frequencies of the sinusoid in one test.

The system provided covers the frequencies 0.01, 0.1, 1, 10, 30 and 100MHz. The test signal repetition rate is designed to be not greater than 1 pulse per second and no less than 1 pulse every 2 seconds. Pulses should be applied for a period of 5 minutes. The current limit (Imax) is 10A for army/navy applications and 5A for air force applications.

The system comprises of a Damped Sinusoidal transient generator, measuring receiver and waveform-recording device. The pulses are coupled onto the device via current injection probes.

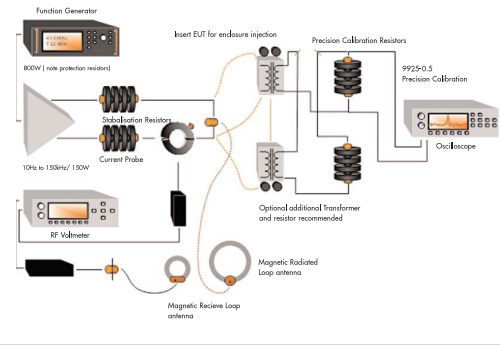


## SYSTEM 5: Testing Susceptibility to Signals Coupled into Power Leads

Description:  
This test is designed to verify the ability of a device to withstand signals coupled onto the input power leads. The test applies to both AC and DC power leads (excluding returns).

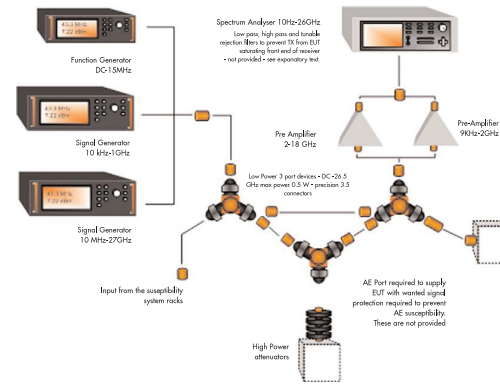
The system provided covers the frequency range of 25Hz to 50kHz for DC powered equipment. If the device is AC powered then starting test frequency is from the second harmonic of the power frequency extending to 150kHz. The test limit is either the specified stress voltage measured across the EUT power input or 6dB above the power generation limit specification. The radiated system for RS101 adds additional loop antennas. For direct enclosure coupling, some isolation transformers are recommended to isolate the oscilloscope and possibly EUT from the supply mains.

The complete system comprises of a signal generator and power amplifier coupling AF energy on to the AC or DC power leads via a LISN or coupling transformer, loop antennas, calibrations adapters and probes.



## SYSTEM 6: Receiver: Antenna Port Susceptibility

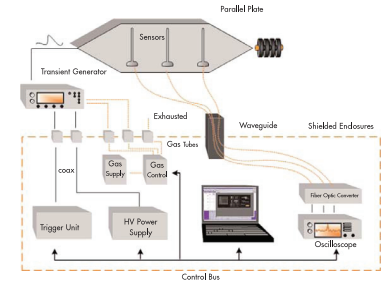
Description:  
This system comprises the second source signal generators in a single cabinet and all other equipment loose (receiver/spectrum analyser and pre-amplifiers from the emissions systems) Note, no filters or rejection networks are offered as the performance of these items depends upon the EUT parameters as well as the test system. A schematic of the offered equipment is shown below:



## SYSTEM 7: Radiated Transient Immunity

Description:  
This comprises a stand-alone generator connected to the input of a parallel plate assembly. The parallel plate is terminated with a 120W load with a feed to a field monitoring system in single shot mode. The system also has a second channel which has a probe inserted into the field of the parallel plate in order to determine system integrity. The instrumentation itself is housed in its own enclosure. The total system is 10.3m long by 3.4m wide by 2.4m high. The inner parallel plate itself is 2m x 3m x 2m. This gives a test volume of 1m x 1m x 1m. The E-field range is 20 to 75 KV/m. Voltages up to 800kV, rise times <1ns.

The system has optional data acquisition and digital cameras that work at up to 100kV/m. The basic diagram is shown here:



# CISPR 상용규격 요약


CISPR 1	0.15 ~ 30MHz주파수범위의 CISPR 무선 장애 측정장비 관련 규격
CISPR 2	25 ~ 300MHz주파수범위의 CISPR 무선 장애 측정장비 관련 규격
CISPR 3	10 ~ 150kHz 주파수범위의 CISPR 무선 장애 측정장비 관련 규격
CISPR 4	300 ~ 1000MHz주파수범위의 CISPR 측정장비 관련 규격
CISPR 5	준첨두치 이외의 검파기를 갖는 무선 장애 측정장비 관련 규격
CISPR 6	음성주파 잡음전압계의 규격
CISPR 7	CISPR 권고
CISPR 8	CISPR 보고서 및 질의 응답집
CISPR 9	CISPR 각국 규격에 기초한 무선장애 및 누설전류의 한계값
CISPR 10	CISPR의 조직, 규칙 및 순서
CISPR 11	산업용,과학용 및 의료용(ISM) 기기의 무선장애 한계값 및 측정방법
CISPR 12	자동차,모터보트 및 불꽃점화엔진 구동장치로부터의 무선장애의 한계값 및 측정방법
CISPR 13	음성, 텔레비전 방송수신기와 관련장비의 무선 장애 허용기준 및 측정방법
CISPR 14-1	전기 전통공구와 가정용 전열기기류 및 전기 기기류에 대한 무선장애 허용기준과 측정방법
CISPR 14-2	가정용기기, 전기기기류 및 유사기기에 관한 EMS 요구조건
CISPR 15	전기조명장치와 유사장치의 전자파방해특성 허용기준 및 측정방법
CISPR 16-1	아래 표 참조
CISPR 16-2	아래 표 참조
CISPR 17	수동적 EMI filter와 억압소자의 특성 측정방법
CISPR 18-1	가공송전선 및 고전압장치의 무선장애 특성/제1장:현상에 대한 기술)
CISPR 18-2	가공송전선 및 고전압장치의 무선장애 특성/제2장:제한값 결정하기 위한 측정방법 및 절차 등
CISPR 18-3	가공송전선 및 고전압장치의 무선장애 특성 /제3장 무선잡음의 발생을 최소화하기 위한 방법
CISPR 19	1GHz를 초과하는 주파수의 전자레인지로부터의 방사측정을 위한 치환법의 사용안내
CISPR 20	음성,텔레비전 방송수신기 및 관련장치의 내성특성 허용한계와 측정방법
CISPR 21	펄스성 잡음하에서의 자동차 무선에 대한 방해
CISPR 22	정보기기(ITE)의 무선장애 특성의 한계값과 측정방법
CISPR 23	ISM기기의 무선 장애 한계값
CISPR 24	정보기기의 내성 측정방법
CISPR 25	자동차탑재 수신기 보호를 위한 무선장애 특성의 한계값 및 측정방법

# CISPR 16-1, 2 시리즈


변경전	변경후	주요 변경사항
CISPR 16-2 무선간섭과 내성 측정장치	CISPR 16-1-1 CISPR 16-1-2 CISPR 16-1-3 CISPR 16-1-4 CISPR 16-1-5	전자파 장애 및 내성 측정기구와 방법에 대한 규정-측정기구 전도성 장애 측정용 보조 장비 장애 전력 측정용 보조장비 방사적인 간섭측정을 위한 부속장비 30MHz-1GHz 대역 안테나 교정시험장
CISPR 16-2 간섭과 내성 측정방법	CISPR 16-2-1 CISPR 16-2-2 CISPR 16-2-3 CISPR 16-2-4	전도성 장애 측정방법 장애 전력 측정방법 방사성 장애 측정방법 내성측정 방법
CISPR 16-3 보고서와 권고	CISPR 16-3 CISPR 16-4-1 CISPR 16-4-2 CISPR 16-4-3 CISPR 16-4-4	CISPR 기술보고서 표준 EMC 측정에서 불확도 계측기 불확도 측정 양산설비에서 제품의 EMC 합부 결정을 위한 통계적 고려요소 불만요소의 통계처리와 제한값 계산을 위한 모델링
CISPR 16-4 EMC측정, 불확도		CISPR -16-4에 포함



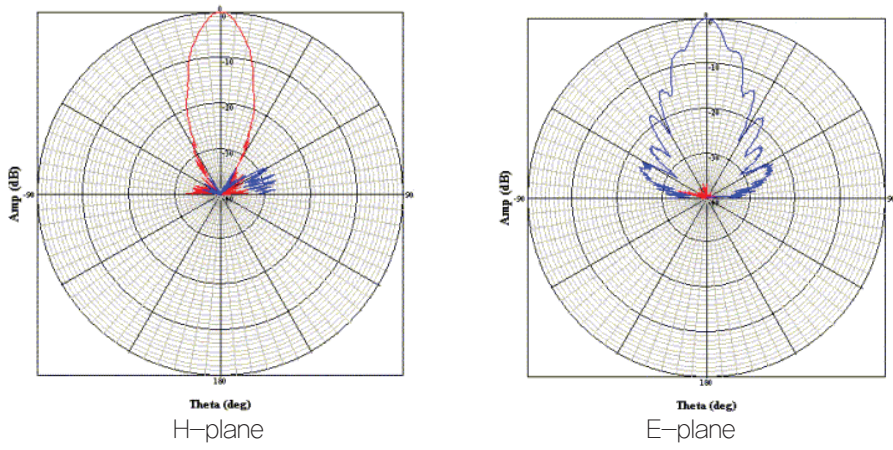
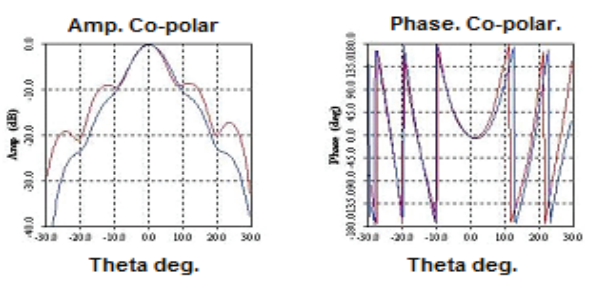
# 1. STANDARD HORN ANTENNA, 1-40GHz

MODEL	Frequency(GHz)	Gain	Dimension(mm)	Connector	Remarks
KT-12HA15.5	0.96 - 1.46	14.43 - 17.75	600 x 300 x 1000	N-50	
KT-14HA15.5	1.14 - 1.72	14.90 - 17.40	557 x 413 x 410	N-50	
KT-22HA15.5	1.72 - 2.60	14.630 - 17.311	365 x 282 x 270	N-50	
KT-32HA20	2.60 - 3.95	18.60 - 20.90	380 x 260 x 450	N-50	
KT-48HA20	3.95 - 5.85	18.802 - 21.047	280 x 215 x 260	N-50	
KT-70HA20	5.85 - 8.20	19.175 - 20.989	200 x 155 x 270	N-50	
KT-100HA20	8.20 - 12.40	19.138 - 21.258	135 x 104 x 170	SMA-50	Internal silver coated
KT-140HA20	12.4 - 18.0	19.236 - 21.259	90 x 69 x 115	SMA-50	Internal silver coated
KT-220HA20	18.0 - 26.5	18.80 - 20.90	68 x 55 x 40	SMA-50	Internal silver coated
KT-320HA20	26.5 - 40.0	18.80 - 21.34	39 x 30 x 60	SMA-50	Internal silver coated

# 2. WIDE BAND HORN ANTENNA, 1-18GHz

MODEL	Frequency(GHz)	Gain/AF	Dimension(mm)	Connector	Remarks
KT-1018DR	1-18GHz	이득 : 7-16dB AF : 25-45dB	24.4x27.9x15.9(H)	N-50	

# 3. Typical antenna pattern



**Notice;**

- Please select the appropriate antenna cables for the 6GHz higher band.
- Please check on VSWR and phase shift of the cables with connector before test.

# 4. Effective applications of the horn antenna & unit conversion

- Horn antenna 이득의 정밀한 측정에는 3안테나 법을 이용하여 측정하며, 측정거리는 안테나간의 상호결합이 일어나지 않는 충분한 원방계에서 측정하는데 만일 근접계에서 측정해야 되는 경우 거리를 달리하면서 최적화 시켜 측정한다.
- 안테나 이득(dB, dB<sub>s</sub>)은 송신용으로 사용시 방사효율과 관계가 있으며, AF 즉, 안테나 팩터는 안테나를 수신용으로 사용하는 경우에 적용되는 고려인자로, 안테나 단자전압(V<sub>a</sub>)을 전계강도 [E<sub>a</sub>]로 변환시켜주는 인자이다.  
정의 AF=E<sub>a</sub>/V<sub>a</sub> 에서 양변을 Log를 취하면, E<sub>a</sub>[dBuV/m] = V<sub>a</sub>[dBuV] + AF[dB] 이된 뒤 식에 케이블 손실을 고려하면 E<sub>a</sub> [dBuV/m] = V<sub>a</sub>[dBuV] + AF[dB] + L<sub>cable</sub>[dB] 관계가 성립한다.
- 출력안테나 이득으로부터 전계강도를 구하는 경우, 이득 g값은 dB값이 아닌 숫자(상수)를 대입하여 구할 수 있습니다.
- 안테나 이득과 안테나 팩터간에는 다음 관계가 있습니다.  
G(dB) = 20 log(f<sub>GHz</sub>) . AF(dBm<sup>-1</sup>) + 30,22
- GHz 대역 전자계 변환시 유용한 식은 다음과 같다.  
dB<sub>m</sub>=dB(μV)-107  
dB(mW/m²) = dB(μV/m)-115.8  
dB(μV/m) = dB(μV) + AF(dB) + Cable loss(dB)  
V/m = 10<sup>20</sup> / dB(μV/m)+120  
dB(μA/m) = dB(μV/m) - 51.5  
A/m = 10<sup>20</sup> / dB(μA/m)+120  
dB(W/m²) = 10 log (V/m · A/m)  
dB(mW/m²) = dB(W/m²) + 30.0  
dB(pT) = dB(μA/m) + 2.0

**장치의 변환식에서** 나오는 각종 상수를 어떻게 구하는지 설명한다.  
회로에서 옴의 법칙이 적용되듯이, 자유공간에서도 포인팅 벡터라고 불리며 지고 있지만 개념은 같다.  
 $P = \frac{V^2}{R}$  이식에서 저항 R=50[Ω] 계통회로인 경우, 양변의 Log를 취하면 다음과 같은 식으로 변환된다.  
 $10 \log_{10} P = 20 \log_{10} V - 10 \log_{10} (50)$

**전력과 전압의 상관식에서** -107이라는 상수가 어떻게 계산되는지 알아보자.  
전력 P의 경우 dB를 dBm으로, 전압의 경우 dB(V)를 dB(μV)로 변환 시키면 전력의 경우 10<sup>-3</sup>, 전압의 경우 10<sup>-6</sup>의 관계가 있다. 전력의 경우 10 log P, 전압의 경우 20 log V에 의해 전력은 10 x 3 = 30이라는 상수가 도출되고, 전압은 20 x 6 = 120이라는 상수가 계산된다. 따라서 50을 계통에서 다음과 같은 식에 의해 이항 정리하면 -107이라는 상수가 계산되는 것이다.  
 $30 - 120 - 10 \log_{10} (50) = -107$

**전계강도와 전계강도간의 변환식에서** -115.8이라는 상수가 어떻게 계산되는지 알아보자.  
자유공간에서 전계강도와 전계강도는 포인팅 벡터 관계식에서 평면파의 경우 다음과 같이 표현된다.  
 $P = \frac{|E|^2}{\eta}$  에서 η는 자유공간의 특성 임피던스로 120π 이다.  
위와 같은 방법으로 전계강도 단위를 dB(W/m²)에서 dB(mW/m²), 전계강도 단위 dB(V/m)를 dB(μV/m) 변환 시킬 때 도출되는 상수를 적용하면 다음과 같은 계산식이 된다.  
 $30 - 120 - 10 \log_{10} (120\pi) = -115.8$

**자계강도와 전계강도간의 변환식에서** 나오는 51.5라는 상수는 자유공간의 특성 임피던스에 의해 결정된다. 특히 자유공간에서 전자파 에너지는 자계와 전계는 독립적으로 존재할 수 없고, 전계강도가 이들의 벡터 곱으로 나타내지므로 20 log를 취한다. 앞서 전력과 전계의 상관관계에서는 같은 임피던스 값인데 10 log를 취한 것과 비교된다.  
 $20 \log_{10} (120\pi) = 51.5$

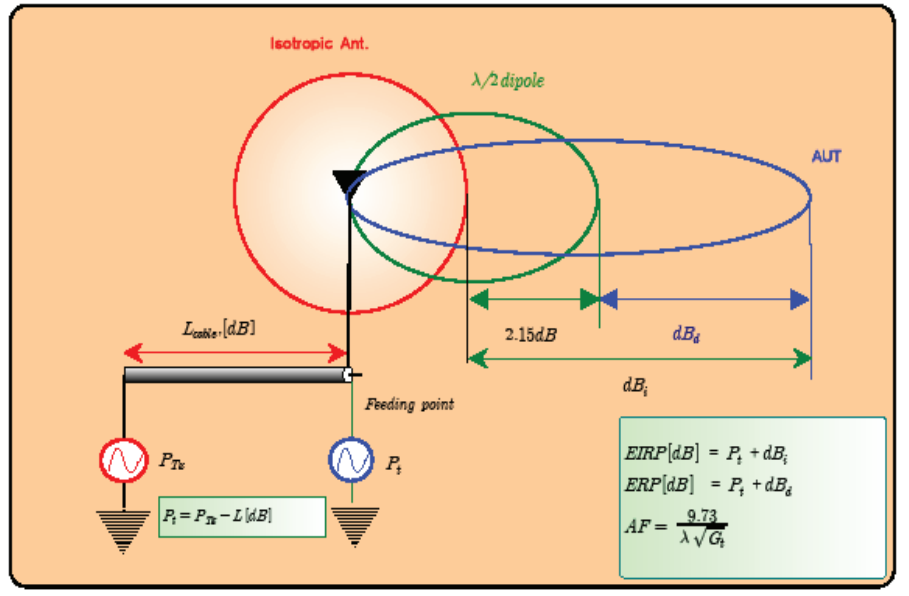
**자속밀도 B[T], 자계강도 H[A/m]의 관계식에서** 2.0이라는 상수는 어떻게 계산되는지 알아보자.  
자속밀도와 자계강도는 매질의 투자율에 의해 결정되는 상관식을 갖는데 B = μ<sub>0</sub> H의 관계에서  
자유공간의 투자율 μ<sub>0</sub> = 4π x 10<sup>-7</sup> 이다. 앞서와 같이 자속밀도의 단위 Tesla를 pico Tesla(10<sup>-12</sup>)로 변환하고, 자계강도 단위를 [A/m]를 [μA/m]로 변환하여 10<sup>-6</sup>관계로부터 각각 상수 log를 역변환하여 상수를 구하고, 자유공간 투자율에 대해 log를 취하면 다음 식과 같이 된다. 이 또한 전력이나 포인팅벡터의 상관식이 아니므로 20 log μ<sub>0</sub>를 취하는 것에 유의  
 $240 - 120 + 20 \log_{10} (\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}) = 2.0$

**GHz 대역의 전계 또는 급전전력 예측**  
Horn antenna 사용시 급전점 전력을 알 때 단위 거리에서 전계강도를 예측 계산하거나, 알고자 하는 전계강도를 정해 놓을 때 얼마의 급전점 전력이 필요한가를 구해 보기로 하자. 여기서 급전선 즉, 케이블의 손실 또는 도파관의 손실을 고려하지 않았다.  
GHz 측정에 있어 주의해야 할 것은 절대로 케이블과 컨넥터를 밑으로 자작하지 말고, 전문가를 통해 제작된 극저손실 제품사용을 권한다. 또한 6GHz 이상만 되면 케이블이 절대로 꼬이지 않도록 해야 하며, 정밀 측정에는 반드시 케이블 자체의 VSWR과 손실을 측정하여 주파수별 급전선 자체의 선형성과 재현성을 확인한 후에 GHz 대역을 측정하여야 합니다.  
GHz 대역에서 다음 이론식은 케이블의 손실, 위상, VSWR 등이 이상적이면 매우 실제 측정값과 잘 일치한다.  
급전점 전력을 P<sub>t</sub>[W], 거리를 R[m], 숫자로 된 이득(dB값이 아님)을 g라 할 때 다음과 같이 Friis 식이 가역적으로 성립한다.  
 $(\text{전계강도, V/m})^2 (\text{거리, m})^2$   
 $\text{급전점 전력 [W]} = \frac{P_t \cdot R^2}{(30 \times \text{숫자로 된 안테나 이득})}$   
 $P_t = \frac{|E|^2 \cdot R^2}{30g}$

**안테나 이득이 dB로 표현된 경우 숫자로 변환시키는 방법**  
만일 horn 안테나 이득 20[dB] 인 경우, 다음과 같이 dB값의 이득을 10으로 나누고 10지수를 취하면 숫자로 변환시킬 수 있습니다.  
 $10^{20/10} = 100$

# 5. EIRP/ERP 및 dBd/ dBi의 차이점

실효방사전력EIRP는 우측 그림에서 보듯 안테나 급전점 전력[dB]에 dBi 로 표시된 안테나 이득을 더해 주면 구할 수 있다.  
그러나 안테나의 급전점 전력을 측정하는 것은 가능하나, 안테나가 분리 형으로 되어 있는 경우를 제외하고, 최근에 많이 사용되는 Chip형 안테나와 같이 회로 일체형 안테나의 경우 안테나 이득 측정이 불가능하거나 측정해도 전혀 의미를 갖지 못한다. 왜냐하면 Chip형 안테나(Intenna)의 경우 주파수가 높아지면 PCB 유전체, 기구물의 금속부에 의해 크게 영향을 받기 때문에 Intenna의 특성을 측정해도 전혀 유효성을 갖지 못한다. 이런 경우 무선기기의 송신출력과 안테나를 함께 관리한다는 의미에서 1950년대 Microwave통신에서 사용하던 실효방사전력이라는 개념을 도입하여 무선주파수 자원을 관리하게 되었다.  
다만 우측 그림에서 알 수 있듯이 등방성 안테나는 존재하지 않으므로 이론적 해석이 용이한 다이폴 안테나, horn 안테나를 이용, 주로 치환법으로 실효방사 전력을 측정한다.  
저희 한국기술연구소에서는 3차원으로 실효방사전력을 측정하는 장비를 개발하여 실효방사전력을 자동으로 측정할 수 있다.  
안테나의 등방패턴(dBi)이란 안테나를 백열전구과 같이 간주하여 안테나를 중심으로 모든 공간에 전파가 동일한 값과 위상이 되는 가상원을 만든 것이며, dBd 는 다이폴 안테나의 방사패턴이다.



이론적으로 계산하면 가상의 등방원과 다이폴의 방사패턴 간 평균전력밀도 D=S/S<sub>i</sub> 비를 구하면 2.15dB(전력으로는 1.64)의 차이가 있다.  
실제로 미소 다이폴의 경우 1.5가 되고 안테나가 길어져 반파장이 되면 1.64가 된다. 만일 안테나가 더욱 길어져 1파장이 되면 2.41까지 증가한다.  
이제 일체형 소형 안테나를 이용하여 EIRP와 안테나 이득을 치환법으로 구하는 절차에 대해 간단하게 설명한다.  
일체형 무선기의 공급전원을 일정하게 유지시키고, 무선기의 정상출력상태를 만들어 단위거리에서 360도 모든 방향에서 최대 전계를 측정하고, 무선기 급전점 중심 혹은 체적중심에 안테나 이득을 알고 있는 새로운 안테나를 설치한 후 외부에서 SG에 연결하여 출력을 제어하여 앞서 얻어진 같은 전계값이 얻어지는 값을 찾아 SG출력 혹은 Amp의 출력을 읽는다.  
이 값에 케이블 손실값을 더해 급전점 전력을 구하고 이 값에 이득을 알고 있는 치환 안테나의 이득을 고려하면 일체형 무선기의 실효방사전력을 구할 수 있다. 만일, 측정시료에 해당되는 안테나 일체형 소형 무선기의 출력을 측정한다면 일체형 소형 무선기의 안테나 이득을 계산해낼수있으며당소의 3차원 측정시스템을 이용하면 안테나 이득, 안테나 팩터 뿐만 아니라 방사효율, 전후방비, 3dB반치폭 등 안테나 제정수를 측정할 수 있다.  
소형무선기기의 3차원 정밀 EIRP/ERP 측정과 안테나 교정 그리고 무선기기의 형식검정, 인증은 공인시험기관인 한국기술연구소를 이용하면 편하다.



