

Regulatory Guide(RG) 1.180 무선기기 사용 배제구역 설정 전자파 방사방출(RE102) 활용

KEPIC Week 2023

한국에스지에스(주) EQ

이재용 부장

WHEN YOU NEED TO BE SURE

SGS

목 차

1. 개요
2. RG 1.180의 전자파 내성 규정
3. RG 1.180의 배제구역 규정
4. 방출량 측정으로 배제구역(d)
5. 송신출력(P_t , G_t)으로 배제구역(d)
6. 사례
7. 결론

1. 개요

발전소 내에 무선기기 (무전기, 무선전화기, 무선 데이터 통신기기, 등)의 도입 요구가 아래와 같은 이유로 증가 하고 있다.

- 아래 -

1. 이동, 설치의 편리함,
2. 디지털 정보의 체계적인 수집, 기록, 분석 및 활용,
3. 음성, 데이터전송 및 장비의 원격제어 등의 신 기술적용,
4. 원격감시, 고장 예측, 프로세스최적화 및 가동중지 최소화 등의 신 기술

그러나 도입하는 무선기기가 사용하는 동작 주파수와 방출세기(전력)는 다른 기기의 관점에서는 방해 전자파 이다.

따라서 기존에 설치되어 있는 기기에 대한 전자파 영향을 확인하여, 도입 하는 것이 요구된다. 이에 **RG 1.180**의 무선기기 사용 배제구역 설정 기준을 활용하여 배제구역 밖에 설치 운영하는 것이 타당함.

2. RG 1.180의 내성 규정

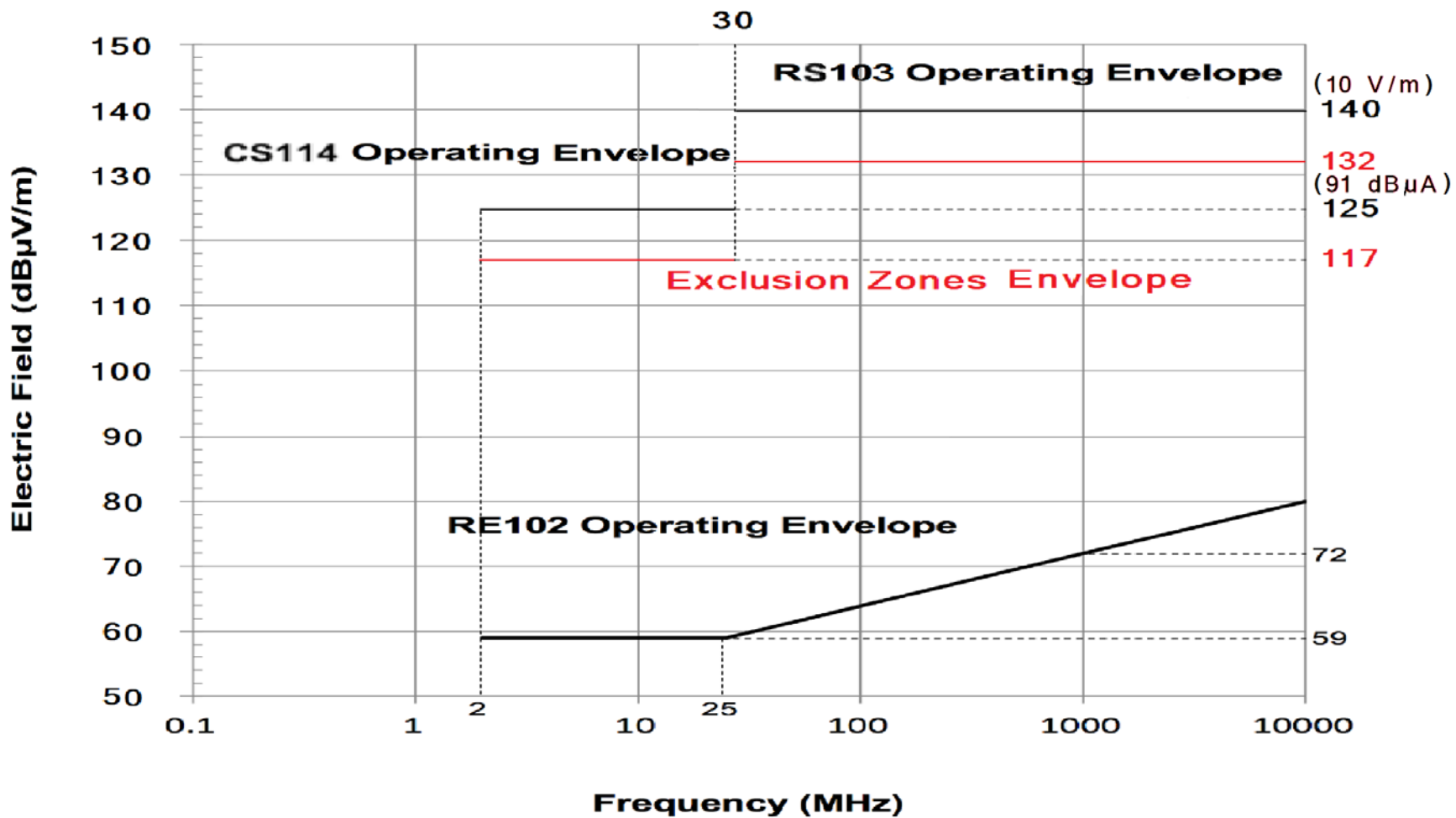
In accordance with the EMC practices endorsed herein, the EMI/RFI immunity of safety-related I&C systems should be demonstrated with a minimum of an 8 decibel (dB) margin provided above expected exposure levels from all identified sources under any plant mode of operation (e.g., applied susceptibility operating envelopes provide an 8 dB margin above the anticipated highest exposure levels at the point of installation).

The EMI/RFI sources could include both portable and fixed equipment (e.g., portable transceivers, remote wireless I&C devices, arc welders, power supplies, and generators).

안전관련 I&C 시스템은 발전소의 모든 공정에서 이용되는 EMI/RFI 발생 기로부터 노출되는 수준 보다 8 dB 높은 것에 대한 내성이 확인되어야 한다.

전자파 발생 장치는 고정된 장치와 이동되는 장치가 있으며 예로는 휴대용 무전기, 무선 조정 I&C 기기, 용접기, 전원공급기와 발전기 등이 있다.

2. RG 1.180의 내성 규정



3. RG 1.180의 배제구역 규정(1)

Exclusion zones should be established through administrative controls to prohibit the activation of portable EMI/RFI emitters (e.g., welders and handheld communication devices) in areas where safety-related I&C systems have been installed. An exclusion zone is defined as the minimum distance between the point of installation of safety-related I&C equipment and the location of portable EMI/RFI emitters. The size of the exclusion zones should be site-specific and depend on the effective radiated power and antenna gain of the portable EMI/RFI emitters used within a particular nuclear power plant.

안전관련 I&C 시스템이 설치된 지역에는 휴대용 EMI/RFI 발생기의 작동을 금지하고 관리 통제하는 배제구역을 설정해야 한다.

배제구역은 안전관련 I&C 시스템의 설치 지점과 휴대용 EMI/RFI 발생기 사이의 최소 거리로 규정한다.

배제구역의 크기는 현장의 특성과 사용하는 휴대용 EMI/RFI 발생기의 유효 방사전력과 안테나 이득에 따라 다르다.

3. RG 1.180의 배제구역 규정(2)

The size of exclusion zones should also depend on the allowable electric field emission levels designated for the area in the vicinity of the installed safety-related I&C system. To establish the size of an exclusion zone, an 8 dB difference between the susceptibility operating envelope and the allowed emissions level should be maintained. For the operating envelope of 10 V/m (140 dB μ V/m) associated with radiated electric field susceptibility, the size of the exclusion zones should be set such that the radiated electric fields emanating from the portable EMI/RFI emitters are limited to 4 V/m (132 dB μ V/m) in the vicinity of safety-related I&C systems.

배제 구역의 크기는 설치된 안전 관련 I&C 시스템 부근의 지정된 영역에 대해 허용 가능한 전기장 방출 수준에 따라 달라져야 합니다.

배제 구역의 크기를 설정하려면, 감응성 작동 기준과 허용된 방출 수준 사이에는 8dB 차이가 유지해야 한다.

방사 전기장 감응성과 관련된 작동 기준 10V/m(140dB μ V/m)의 경우 안전 관련 I&C 시스템 부근의 배제구역의 크기는 휴대용 EMI/RFI 방출기에서 방출되는 방사 전기장이 4 V/m(132dB μ V/m)가 되도록 설정해야 한다.

3. RG 1.180의 배제구역 규정(3)

The minimum distance of an exclusion zone (d) in meters should be calculated by the following equation derived from the free space propagation model:

$$d = \frac{\sqrt{30P_t G_t}}{E} \text{ (meters)}$$

where:

P_t = the peak radiated power of the EMI/RFI emitter (in Watts);

G_t = the gain of the EMI/RFI emitter; and

E = the allowable radiated electric field strength of the EMI/RFI emitter (in Volts/meter) at the point of installation.

제외 구역의 최소 거리(d)는 미터 단위로 자유 공간 전파 모델에서 파생된 다음 방정식으로 계산해야 한다

$$d = \frac{\sqrt{30P_t G_t}}{E} \text{ (meters)}$$

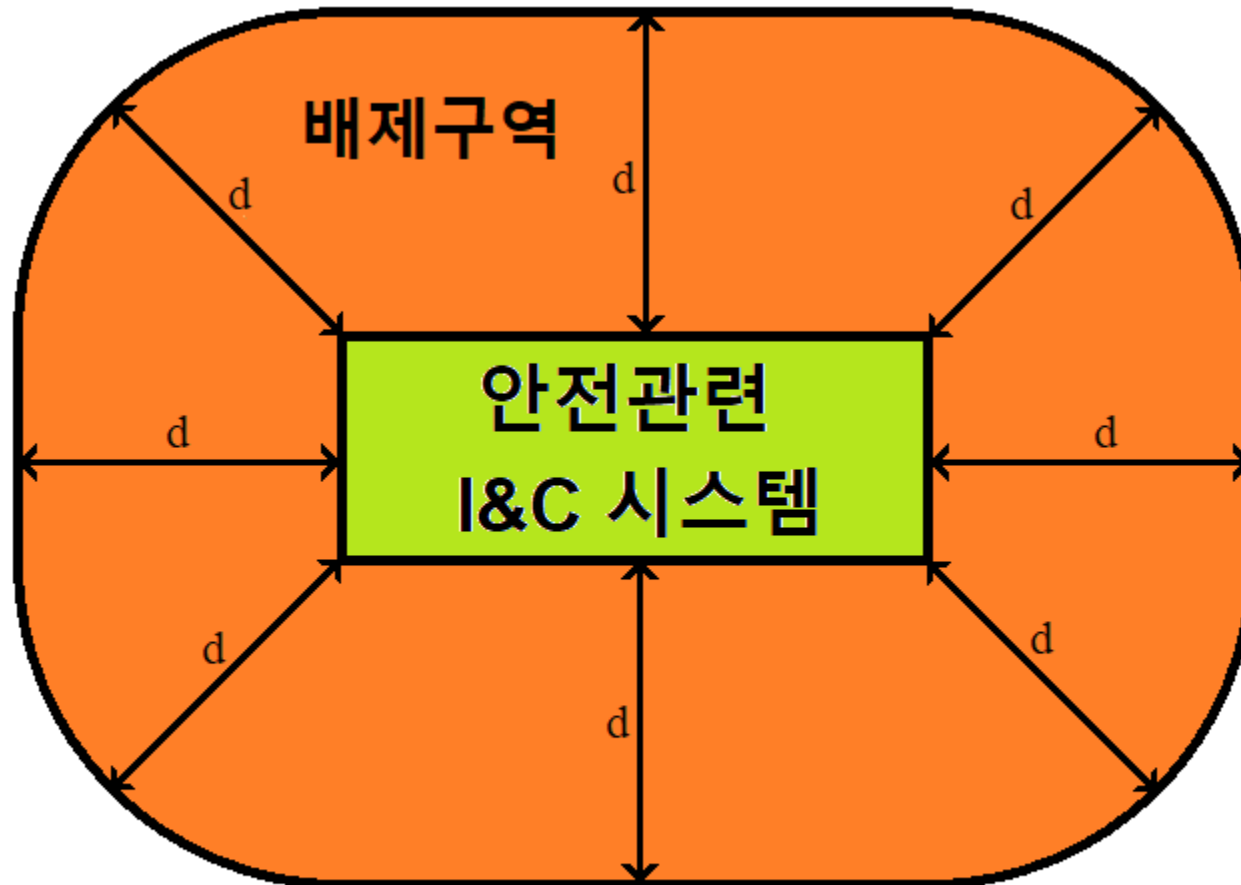
여기서:

P_t = EMI/RFI 방출기의 최대 방사 전력(W 단위)

G_t = EMI/RFI 방출기의 이득; 그리고

E = 설치 지점에서 EMI/RFI 방출의 허용 가능한 방사 전계 강도(V/m).

3. RG 1.180의 배제구역 규정(3)



$$d = \frac{\sqrt{30P_t G_t}}{E} = \frac{d_t E_t}{E} \text{ (meters)}$$

3. RG 1.180의 배제구역 규정(3)

Note that unintentional transmitters (welders, motors, etc.) will typically have a gain that is less than or equal to 1 (the gain of an isotropic emitter), and the gain for intentional transmitters (two-way radios, cell phones, etc.) will typically be greater than 1.

Typical values for the gain of intentional transmitters might vary from 1.5 for a short dipole antenna to 3 for a monopole antenna, and to 6 for a horn antenna.

의도하지 않은 송신기(용접기, 모터 등)는 일반적으로 1 이하의 이득 (등방성 방출기의 이득)을 가지며, 의도적인 송신기(양방향 라디오, 휴대폰 등)의 이득은 일반적으로 1보다 크다.

의도적 송신기의 이득에 대한 일반적인 값은 짧은 다이폴 안테나의 경우 1.5에서 모노폴 안테나의 경우 3까지와 혼 안테나의 경우 6까지 다를 수 있다.

4. 방출량 측정으로 배제구역(d)

$$d = \frac{\sqrt{30P_t G_t}}{E} (\text{meters}) \text{ ----- (식1)}$$

상기 식에서 RE102(측정거리(d)와 측정전계강도(E))를 대입하여 $P_t G_t$ 구할 수 있다.

d_t = 측정거리 (meter)

E_t = 측정 전계강도 (dB μ V/m \rightarrow V/m 단위 변환, $10^{(dB\mu V/m - 120)/20} = V/m$)

$$P_t G_t = \frac{(d_t E_t)^2}{30} \text{ ----- (식 2) 를 무선기기 등가 등방 방출 전력 (EIRP, Equivalent Isotropic Radiated Power)라 한다.}$$

(식2)를 (식1)에 대입하면

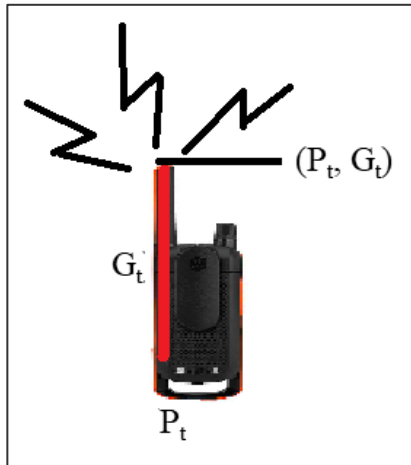
$$d = \frac{\sqrt{30 \frac{(d_t E_t)^2}{30}}}{E} = \frac{d_t E_t}{E} \text{ ----- (식3)}$$

“각 측정거리에서 측정된 전계강도에 거리에 따른 손실을 보상하면 무선기기의 방출 전력이고 값은 같다”라는 사실을 바탕으로 한다.

이것은 P_t 와 G_t 를 알 수 없는 경우 매우 유용하다.

5. 송신출력($P_t G_t$)으로 배제구역(d)

무선기기 공급자가 송신출력을 제공하는 경우;



송신출력은 무선기기의 송신안테나에서 공간으로 방출되는 전력으로 $P_t G_t$ 또는 EIRP (**E**quivalent **I**sotropic **R**adiated **P**ower)라 한다.

P_t = 무선기기의 송출 안테나로 공급되는 전력(W)

G_t = 무선기기의 송출 안테나의 게인(dBi), 절대이득 단위

공급자가 송신출력($P_t G_t$), 안테나 게인(dBd (상대이득) 또는 dBi (절대이득))와 공급전력을 제공하는 경우, 등가 등방 방출 전력 (EIRP, Equivalent Isotropic Radiated Power) 을 적용.

$$d = \frac{\sqrt{30P_t G_t}}{E} \text{ (meters)}$$

$P_t G_t = \text{EIRP}$, 무선기기의 송신출력(W),

E = 설치 지점에서 EMI/RFI 방출의 허용 가능한 방사 전계 강도(V/m),

d = 설치지점에서 떨어진 거리(m).

6. 사례 (1)

IEEE Std C37.90.2 (1995, 2004) : IEEE Standard for Withstand Capability of Relay Systems to Radiated Electromagnetic Interference from Transceivers의 Annex A에

동 규격의 방사 내성 시험 기준 레벨의 선정을 위해 조사한 무전기의 송신출력과 측정거리에 따른 전계강도 (E)에 대해 아래와 같이 수록되어 있다.

$$E = (1.6\sqrt{P})/d \text{ (V/m)} \text{ ----- (식4)}$$

식 4는 6중 휴대용 UHF와 VHF 무전기의 데이터로 기반으로 구한 관계식.

P = 무선기기의 송출 안테나로 공급되는 전력(W)

E = 측정지점에서 측정된 EMI/RFI 방사 전계 강도(V/m),

d = 측정거리(m).

$$E = (7.02\sqrt{P})/d \text{ (V/m)} \text{ -----(식5) 반파장 다이폴 무전기의 이론적 전계강도식.}$$

| 측정거리(m) | 식 4 (10 W) | 식 5 (10 W) | 5 W Single |
|---------|------------|------------|------------|
| 0.075 | | | 100 |
| 0.1 | | | 60 |
| 0.15 | 34 | 148 | 35 |
| 0.22 | | | 20 |
| 1 | 5 | 22 | 5 |

6. 사례 (2)

안티드론건(RF 출력 10 W)

제조자가 제시한 RF 출력, 10 W를 기준으로 계산하면;
식1의 $P_t G_t$ 에 10 W 대입하고, 목표하는 내성 수준(10 V/m at I&C)인 경우,
실제 허용 방출량은 $10 \text{ V/m (140 dB}\mu\text{V/m) - 8 dB} = 4 \text{ V/m (132 dB}\mu\text{V/m)}$ 를 대입 하면

$$d = \sqrt{300} / 4 = 4.33 \text{ (meter)로}$$

4.33 m 이상 거리를 두고 사용 해야 한다.

동제품을 방사 방출량 시험방법으로 시험결과는
10 m에서 128.6 dB μ V/m (2.96 V/m) 의 전계강도가 확인되었으며,
식3의 $d_t =$ 측정거리 (meter), $E_t =$ 측정 전계강도 (V/m) 대입하고,
상기의 실제 허용 방출량은 $10 \text{ V/m (140 dB}\mu\text{V/m) - 8 dB} = 4 \text{ V/m (132 dB}\mu\text{V/m)}$ 를 대입 하면

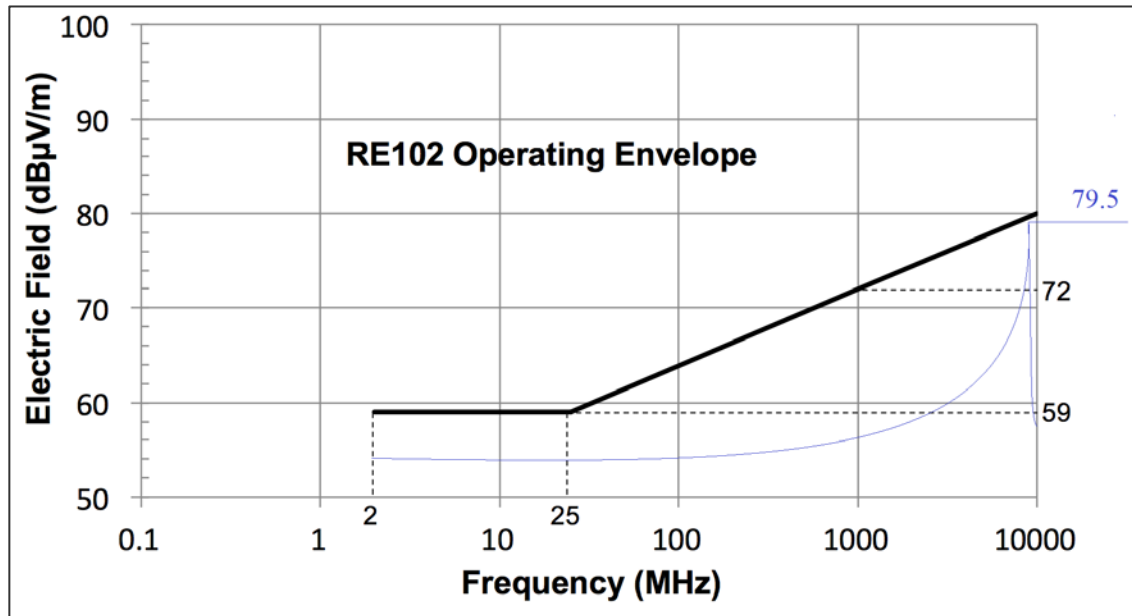
$$d = 10 \times 2.96 / 4 = 7.4 \text{ (meter)로}$$

7.4 m 이상 거리를 두고 사용 해야 한다.

두 결과의 차이는 10 W 적용 시 G_t 를 1로 했으나 실제측정 결과에서 계산하면,
 $10 = \sqrt{30 \times 10 \times G_t} / 2.96 \rightarrow G_t = 2.92$ 로 확인된다.

6. 사례 (3)

기기의 전자파 검증 완료 제품 중 최악의 RE102 측정 결과가 아래와 같다고 가정한다.



10 GHz 부근에서 Envelope에 근접한 79.5 dBμV/m의 방출이 확인됨.

측정거리 : 1 m

전계강도 (V/m)

$$10^{(dB\mu V/m - 120)/20} = V/m$$

$$= 10^{(79.5 - 120)/20} = 10^{-2}$$

$$= 0.01 (V/m)$$

$$d = \frac{d_t E_t}{E} \quad \text{----- (식3)}$$

식3의 d_t = 측정거리 (meter), E_t = 측정 전계강도 (V/m) 대입하고,

상기의 실제 허용 방출량은 $10 V/m (140 dB\mu V/m) - 8 dB = 4 V/m (132 dB\mu V/m)$ 를 대입 하면

$$d = 0.01 / 4 = 0.0025 (meter) \text{로}$$

2.5 mm 까지 근접하여 설치 운영 가능하다.

7. 결론

원자력 발전소에 *무선기기 도입 시* 무선기기의 성능과 역할도 중요하지만 도입되는 *무선기기의 사용 주파수(주주파수, 체배 주파수)*가 다른 기기에 미치는 *전자파(전파) 영향도* 고려되어야 한다.

무선기기는 *사용 안테나의 특성과* 안테나에 공급되는 *전력으로* 안테나 표면에서 *방사 방출 전력 세기(특성)*가 결정되며 이것은 *전파의 자유공간 손실*에 따라 감쇠하며 이동한다. 원자력 안전관련기기의 *무선기기 배제구역의 최소 거리(d)* 설정 관계식으로 **RG 1.180**에
$$d = \frac{\sqrt{30P_t G_t}}{E} \text{ (meters)}$$
 로 규정하고 있다.

도입되는 무선기기의 *방사 방출 전력의 특성*은 기기에 사용되는 *안테나의 특성(증폭도, 방사 패턴)*에 안테나로 공급되는 전력의 곱이다.

이것은 무선기기 제조자의 *제시자료나 전자파 방출(RE102) 측정*을 통해 산출, 평가 가능하다.

사용 위치, 방향 선정의 경우, *방사패턴*의 고려도 필요하다.

감사합니다