

국내 전자파 인체보호기준 관련 고시, 전자파강도측정기준 분석

오 학 태

전파연구소

I. 서 론

전자파의 인체영향에 관한 일반인들의 관심은 송배전 선로나 가전제품 등에서의 60 Hz 전원주파수 전자기장 문제와 이동통신 단말기 사용과 기지국 시설의 증가에 따른 무선 주파수에서의 전자파 문제에 집중되고 있다. 이에 따라 전세계적으로 극저주파(Extremely Low Frequency : ELF)와 고주파(Radio Frequency : RF) 각각의 문제에 대한 과학적 증거를 얻기 위해 동물 및 세포실험 연구와 역학조사연구, 문제가 되는 장소에서의 전자기장 환경 측정, 인체보호기준의 설정 및 법제도화 연구 등이 활발하게 진행되고 있다.

우리나라에서는 1996년, 한국전자파학회 산하에 「전자장과 생체관계연구회」가 조직되면서 학회와 한국전자통신연구원, 전파연구소 등을 중심으로 인체보호기준연구, 전자기장 환경측정 및 측정방법 연구, 전자파 인체흡수율(SAR; Specific Absorption Rate) 평가방법, ELF 대역 동물실험 연구 등이 수행되어 왔다. 이러한 연구결과를 토대로 한국전자파학회에서는 1999년 5월, 민간차원의 인체보호기준을 제정, 공포하였고^{[1][2]}, 1999년 12월, 국회 과학기술정보통신위원회 소속 의원들의 발의로 전파법이 개정되어 인체보호기준의 제정근거가 마련되었다. 정보통신부에서는 전자파학회의 (안)을 토대로 2000년 12월 15일, “전자파인체보호기준”, “전자파강도 측정기준”, “전자파흡수율측정기준”, “전자파강도 및 전자파흡수율 측정대상기기·측정방법”을 고시하였다.

전자파인체보호기준에 의하면 주파수별 허용 전자파(혹은 전자기장) 강도기준이 정해져 있으며, 임의의 전자파환경에서 그 강도를 정확하고 일관성 있게 측정하는 것이 매우 중요하다. 만약, 측정기기의 종류에 따라, 또는 측정자에 따라 전자파강도가 다르게 측정된다면 전자파인체보호기준은 의미가 없으므로 모두가 인정하고 따를 수 있는 전자파강도의 측정방법^{[3]~[7]}을 규정할 필요가 있다. 전자파강도측정기준에는 전자파강도를 측정하기 위해 사용되는 기기가 갖추어야 할 기본조건, 측정절차, 측정환경 등을 규정하여 어떤 측정자가 측정하여도 동일한 값이 나올 수 있도록 하는 방법을 규정하고 있다.

II. 본 론

2-1 개 요

사람이 존재하는 공간의 전자파환경이 “전자파인체보호기준”에 적합한 지 여부를 판단하기 위한 측정은 머리나 몸통이 점유한 위치에서 수행되어야 하며 전자기장의 강도 평가는 계산과 측정 어떤 방법으로든 가능하다. 계산은 대개 전력선(power lines)처럼 단순한 구조를 가지는 전자기장 복사원(field source)으로 제한된다. 전력선의 경우 전기장 계산을 위해서는 전압을, 자기장(또는 자속밀도)계산을 위해서는 전류를 알아야 한다. 전력선의 전압은 일반적으로 상당히 일정하지만 전류는 가해지는 부하에 따라 크게 변화한다. 결국, 단순한 구조의 경우와

할 지라도 계산에 근거한 평가는 적절하지 않으며 측정에 의해 검증되어야 한다.

측정은 측정하고자 하는 전자기장 복사원(field source)의 특성을 고려하여 측정시간을 적절히 선택해야 정확한 평가가 가능하다. 측정방법과 장비의 선택은 주파수, 전자기장의 특성(근거리 또는 원거리 장), 변조형태와 복사원의 수에 따라 결정된다. 노출측정은 주로 전자기장의 강도 또는 전력속 밀도 측정에 기반을 두었다. 수많은 노출상황에 대하여, 전기장과 자기장간의 관계를 간단한 수학적 식으로 표시할 수는 없다. 근거리장 조건에서는 두 종류의 양 사이의 변환은 유효하지 못하므로 각 양은 개별적으로 측정되어야 한다. 또한 측정장비의 성능 즉, 센서와 표시기, 그리고 측정원리에 관해 적절히 알려져야 한다. 다른 주파수의 변조, 고조파 및 에너지 등과 같이 측정에 영향을 미치는 모든 부가적인 사항들도 고려되어야 한다.

2-2 전자파강도측정기준의 주요 내용

본 기준은 전자파원(또는 전자기장 발생원)의 근거리장(near field) 및 원거리장(far field)에 있어서 인체에 유해한 영향을 미칠 수도 있는 전자기장 강도를 측정하기 위한 방법과 측정기기를 규정하는 것을 목적으로 하고 있다. 기준의 구성은 10개조, 부칙 및 2개의 별표로 이루어져 있으며 주파수대역은 0~300 GHz이다. 적용환경은 고정시설물, 가전기기 등에서 나오는 전자기장으로부터 인체가 노출되는 환경이며 전자기장을 발생시키는 기기, 장치 및 설비 등을 적용대상으로 하고 있다.

본 기준에서는 인체가 놓이게 될 공간의 전기장 강도, 자기장강도(또는 자속밀도), 또는 전자기장강도(또는 전력밀도) 측정과 관련하여 측정기기의 일반적 조건, 측정조건, 측정기기의 교정 및 불확정도 등을 규정하고 있다. 측정기기의 일반적 조건으로서

는 동작범위, 주파수 응답특성, 환경조건, 프로브 크기 등 측정기기에 대한 일반적인 요구사항을 규정하고 있으며 측정조건에는 측정위치 등 측정시의 주의사항을 기술하였다. 또한 측정하고자 하는 전자기장의 특성에 따른 측정기기의 선택방법도 규정하였다.

전자파인체보호기준은 사람이 존재하는 공간상에서 인체에 영향이 없을 정도의 전자기장 강도를 규정한 것이므로 임의의 전자파환경에 의한 인체영향을 평가하기 위해서는 인체가 점유하는 공간에서의 전자기장 강도를 합리적으로 측정할 필요가 있다. 실제로 인체부위 중에서 민감한 부분에 해당하는 머리와 몸통이 차지하는 공간에서 전자기장 강도는 일정하지가 않기 때문에 여러 지점에서 측정하여 공간평균을 취해야 한다. IEEE에서는 고주파수 대역에 있어서 원거리장 단일복사원의 경우, “다중경로 반사파에 의한 매우 불균일한 전자기장 분포를 고려할 수 있도록, 측정위치를 중심으로 한 변의 길이가 약 1~2 m인 정사각형 영역 내에서 측정을 하여 공간 평균을 하여야 한다.” 라고 권고하고 있으며, 원거리장 다중복사원의 경우, “측정 영역을 한 변이 1 m인 정사각형 격자로 나누고 각 격자점에서 측정을 하여야 하며, 수직 방향에 대해서도 동일하게 측정하여야 한다.”라고 권고하고 있다⁶⁾. 그러나 실제로 공간평균을 하기 위해 여러 지점을 재현성 있게 측정하는 것이 어렵고 오히려 측정오차를 더 크게 할 우려가 있기 때문에 본 기준에서는 인체가 점유하는 공간에서의 최대 “합성전자기장” 강도 값을 취하도록 하였다. “합성전자기장”이라 함은 측정 위치에서 세 개의 서로 수직인 축 방향으로 측정된 전자기장 값의 제곱을 합한 값의 평방근 또는 타원편파(또는 원편파)인 경우 전자기장 타원(또는 원)을 포함하는 면에서 장축과 단축(또는 원의 경우 서로 수직인 임의의 두 축) 방향으로 측정된 전자기장 값의 제곱을 합한 값의 평방근을 말한다.

측정값의 시간평균에 대하여는 국제비전리복사 방호위원회(ICNIRP)의 권고사항을 인용하여 100 kHz 이하의 대역에서는, 시간 평균을 취하지 않은 최대 값을, 100 kHz 이상, 10 GHz 미만의 대역에서는 6분의 측정평균값을, 10 GHz 이상의 대역에서는 $68/f^{0.5}$ 분 (f의 단위는 GHz 임) 측정평균값을 취하는 것으로 하였다.

펄스파에 관한 내용은 “전자파 인체보호기준”에 포함하고 있지 않으므로 본 측정기준에도 제외시켰으나 향후 펄스파에 대한 인체보호기준이 추가될 경우 측정기준도 검토할 계획이다.

측정결과가 환경적인 조건에 의해 영향을 받지 않도록 온도나 습도 등, 측정을 위한 장비구성, 측정자에 의한 간섭, 부적절한 간섭내성(耐性), 연결 케이블에 의한 전자파 유도 등을 고려하도록 하였고 적절한 측정 분해능을 위한 probe 크기도 제안하였다.

교류 전기장 및 자기장 측정시스템은 균일 전기장 및 자기장의 실효치를, 교정계수를 적용시킨 후 전기장은 \pm (지시치의 10% + 2 V/m), 자기장은 \pm (지시치의 10% + 16 mA/m)의 불확정도로써 나타내도록 하였다. 기기의 불확정도는 교정 불확정도, 전자부품의 온도에 따른 편차, 안정도 및 외부 잡음원 등의 여러 성분으로부터 결정된다. 상기의 불확정도는 균일 전자기장 내에서 전기장 및 자기장 측정기의 설계 및 성능과 관련된 것으로서, 10%는 기기의 규정된 동작 주파수 범위에 대한 교정 중의 불확정도를 나타내며, 전자기장강도의 불확정도와 교정 과정의 추가적인 불확정도를 포함한다. 2 V/m와 16 mA/m를 포함시킨 것은 가장 민감한 스케일의 교정 중, 그리고 10 V/m, 0.1 A/m 크기의 전기장 및 자기장을 측정할 때의 기기 불확정도를 고려한 것이다.

전자기장 발생원에 따라서 적절한 측정기기를 선택하기 위해서는 다음과 같은 사항을 고려할 필요가 있다. 전기장이 전력선, 변압기 등과 같은 전력

시스템에 의해 발생될 때, 지배적인 주파수는 50 Hz 또는 60 Hz의 전력선 주파수이다. 이 경우 전기장의 실효치 측정을 위해서는 전력선 주파수에 중심을 둔 좁은 대역폭을 가진 기기가 적절할 것이다. 또한 상용 항공기, 선박, 전철과 같은 다른 발생원에 의한 전기장을 측정할 때, 기본 주파수가 50 Hz/60 Hz와 상당히 다를 수 있으며, 대역폭을 적절히 선택할 필요가 있을 것이다. 자기장이 전력 시스템에 의해 발생될 때, 주파수는 통상 기본 주파수(50 Hz 또는 60 Hz)와 처음 몇 개의 고조파 성분이 존재할 것이다. 그러한 자기장 측정에 사용되는 최소 대역폭은 기본 주파수에서 500 Hz까지를 포함하여야 한다. 전력선 근처 또는 좁은 범위의 주파수를 측정할 특별한 이유가 있을 경우와 같이, 고조파 성분의 크기가 무시할 수 있을 정도로 충분히 작은 경우에만, 좁은 대역폭이 사용될 수 있다. 전력 시스템이 아닌 발생원에 의한 자기장을 측정할 때, 대역폭은 적절히 선택되어야 한다. 견인 시스템에 의해 생성되는 자기장은 기본 주파수가 낮지만, 유도 가열장치, 영상 단말기, 상용 항공기, 선박 및 가변 속도 모터에 의한 고조파는 높은 주파수의 자기장을 발생시킬 수 있다. 또한 전자기장강도측정은 특별한 경우를 제외하고는 3축 등방성 프로브를 사용하도록 하였다.

전자기장의 측정방법은 저주파와 고주파로 나누어 기술하였으며 저주파의 경우는 다음과 같은 사항을 고려하였다.

전기장 측정시, 접지된 측정자(신장 1.8 m 기준)의 근접효과(전기장 차단)를 1.5%~3% 범위로 줄이기 위해 측정기와 측정자 사이의 거리는 적어도 2.5 m가 되도록 하였다. 또한 측정기기와 이동 가능한 물체 사이의 거리는, 교란되지 않은 전기장 값을 측정하기 위해 적어도 물체 높이의 3배는 되어야 할 것이다. 측정기기와 지상 고정물체 사이의 거리는, 주위의 교란되지 않은 전기장에 대해 충분한 측정 정확도를 확보하기 위해 1 m 이상이 되어야 한다.

자성물질을 포함하는 이동 가능한 물체 또는 비자성 도체는, 교란되지 않은 자기장 값을 측정하기 위해서 적어도 최대 물체 크기의 3배는 되어야 하며, 프로브와 자성을 띤 지상 고절물체 사이의 거리는, 주위의 교란되지 않은 자기장을 정확하게 측정하기 위해 1 m 이상이 되어야 한다. 전력선 아래의 전자기장은 측정기와 측정자 사이의 거리가 2.5 m 이상일 경우, probe의 지상으로부터의 높이가 1 m 이상이면 거의 교란이 없으므로 지표면 위 1m 높이에서 측정하도록 하고 있다.

고주파 전자기장의 측정방법에 있어서 검토한 사항은 다음과 같다.

복사원의 위치, 주파수 및 편파를 알고 있는 선형 편파된 평면파의 전자기장은, 관심 주파수 범위를 커버할 수 있고, 수용할 수 있는 정확도를 가진, 동조 주파수 가변형 전기장 측정기로 측정할 수 있다. 이러한 기기는 표준 혼 또는 다이폴과 같은 교정된 통상의 안테나와 함께 사용될 수 있다. 금속물체 근처에서의 측정시에는 전자기장의 반사나 교란을 방지하기 위하여 프로브는 물체에서 적어도 프로브 길이의 3배, 예컨대 20 cm 떨어져야 한다. 또한, 전자기장 교란 방지를 위해 필요한 경우, 측정기나 지지대 등의 금속 부분은 적절한 성능을 가진 흡수체로 둘러싸야 한다. 유전체 구조물도 가능한 한 작아야 하며(최소 반사 단면적), 유전상수가 작은 재료를 사용하거나, 실효두께가 1/4 파장이하가 되도록 하여야 한다. 능동 또는 수동복사원의 근거리장 영역에서는 전자기장강도의 기울기가 크기 때문에, 약 300 MHz 이하의 주파수에서는 이러한 공간 분포를 정확히 측정할 수 있도록 전기적으로 크기가 작은 3축 다이폴을 가진 프로브를 사용하여야 한다. 그렇게 하지 않고 큰 프로브(파장의 1/4보다 큰 실효 단면적을 가진 것)를 사용하면 공간 평균값이 측정된다. 또한, 작은 프로브는 전자기장을 최소한으로 교란시키며, 복사원의 특성을 변화시키지 않는다

(리액턴스성 근거리장의 변화). 근거리장 상황에서는 통상 편파를 모르므로, 이 경우는 등방성 프로브를 사용하여야 한다. 주파수와 편파를 알고 있는 경우는, 광대역 프로브가 요구되지 않으며, 단일 평면상에서 균일한 응답특성을 가진 협대역 프로브를 사용할 수 있다. 500 MHz 이하의 주파수 영역에서 5 또는 10 cm 크기의 다이폴이나 루프로 구성된 전형적인 프로브는 프로브 길이의 3~5배만큼 떨어졌을 때 최대 오차가 3 dB 정도이다. 0.15 파장보다 더 큰 거리에서는 전자기장강도의 기울기가 덜 급격하기 때문에, 500 MHz 이상의 주파수 영역에서는 오차가 더 적다. 그러므로, 적절한 근거리장 측정기기를 사용할 때, 대부분의 경우 20 cm의 최소 이격거리가 합리적이다. 전자기장 강도의 측정에 오차를 유발시킬 수 있는 각 요인들의 영향은 probe 소자와 전자기장 발생원 사이의 거리를 적절히 유지함으로써 제거될 수 있다. 따라서 물체와 가장 가까운 probe 소자의 면과 임의의 물체 사이의 거리가 probe 크기의 3배 또는 20 cm 중에서 더 큰 거리에서 이루어져야 한다.

III. 결 론

최근, 전 세계적으로 전자파에 의한 인체영향과 관련한 논쟁 및 그 실체를 밝히려는 과학적인 노력이 활발하게 진행되고 있다. 전자파(또는 전자기장)는 지구의 생성초기부터 존재해 온 것이지만 과학의 발전과 더불어 전자파의 이용 범위 및 기술 또한 괄목할 만한 성장을 거듭하고 있다. 전기의 사용증가도 원치 않는 전자파로 인한 인체영향을 우려하게 만드는 요인이 되고 있는 것도 사실이다. 따라서 각 국에서는 앞다투어 “인체보호기준”을 제정하여 전자파로부터 국민건강을 보호하기 위한 노력을 기울이고 있다. 전자파 관련 기술 및 국가정책은 그 나라의 산업 및 경제에 상당한 영향을 줄 수 있으며

로 전자파문제는 “국민건강보호”와 “산업보호”라고 하는 2가지 측면을 동시에 고려해야 한다는 점에서 큰 어려움이 있다.

“전자파-인체보호기준”은 생체실험, 역학조사 등 과학적인 data를 근거로 설정되어 임의의 전자파환경에서 인체의 영향을 판단할 수 있는 기준이라는 데에 의미가 있는 만큼 전자파(또는 전자기장)세기를 정확히, 일관성 있게 측정할 수 있게 규정하는 “측정기준”은 “인체보호기준”의 의미를 살리기 위하여 필수적인 것이라고 할 수 있다.

정보통신부고시 제2000-92호로 발표된 본 “전자파강도측정기준”은 국제적 측정기준들과 이미 국내·외에서 연구 발간된 문서들을 검토하고, 그간 실제적 측정을 해 본 경험을 기초로 하여, 국내에서 시행하기에 적절하다고 생각되는 기준으로서 향후에도 지속적으로 국내·외의 연구결과를 적극 반영한다면 “전자파 인체보호기준”과 함께 전자파로부터의 국민건강 및 산업보호라고 하는 과제를 훌륭히 수행할 수 있는 “측정기준”이 될 것으로 생각한다.

IV. 정보통신부고시 제2000-92호

전파법 제47조의2제1항의 규정에 의하여 전자파강도측정기준을 다음과 같이 고시합니다.

2000. 12. 15
정보통신부장관

전자파강도측정기준 : 본책 p.5 참조

참고문헌

- [1] 전자기장 노출에 대한 인체 보호기준, 한국전자과학회, 1999. 5.
- [2] 인체보호기준에 대한 전자기장 세기 측정방법, 한국전자과학회, 1999. 5.
- [3] DD ENV 50166-1, Human exposure to electromagnetic fields-Low-frequency (0 Hz to 10 kHz), CENELEC, 1995.
- [4] DD ENV 50166-2, Human exposure to electromagnetic fields-High-frequency (10 kHz to 300 GHz), CENELEC, 1995.
- [5] IEEE Std 644-1994, IEEE standard procedure for measurement of power frequency electric and magnetic fields from AC power lines, IEEE, 1994.
- [6] IEEE Std C95.3-1991, IEEE recommended practice for the measurement of potentially hazardous electromagnetic fields-RF and Microwave, IEEE, 1991.
- [7] 전자기장 노출에 대한 인체노출 방호지침, 전기통신기술심의회, 일본, 1990.

≡ 필자소개 ≡

오 학 태

정보통신부

전파연구소 전파환경연구과 공업연구관