

국제단위계(SI)의 이해와 올바른 사용

윤 석 찬

대한전기협회 전력기준처 기준개발실 부장

1. 머리말

과학기술의 발달과 더불어 산업 전반에 걸쳐 모든 구조가 세분화되고 초 정밀화 되어감에 따라 단위의 척도도 미세해지고 세분화되었으며 그 범위도 방대해져 가고 있다. 시대가 변하고 지역의 생활 문화권이 넓어지고, 나아가 국가간의 교류가 활발해지면서 물질의 척도 또한 혼잡해지는 문제점을 해결하기 위하여 공통된 단위를 사용하기 위한 꾸준한 노력과 발전이 계속되었는데, 대표적인 것이 국제단위계(SI)이며 세계 국가들이 표준단위로 사용하고자 한 것이다.

하지만 SI가 생성된지 40여년이 지났지만 아직까지 단위의 사용은 하나로 통일되지 못하고, 각 국가별로 또는 각 분야별로 예전의 단위를 독립적으로 사용하거나 SI 단위와 혼용으로 사용하고 있는 실정이다.

따라서 이 글에서는 단위의 유래 및 SI의 생성과정과 그 올바른 사용법을 소개하여 단위의 통일에 조금이라도 도움이 되었으면 한다.

2. 단위의 발달

예로부터 측정단위들은 어떤 계획에 의해서 이루어진

단위 체계가 아니었고 각기 필요에 따라 생긴 것이었으므로 분야에 따라서 사용되는 단위도 자연 다르게 마련이었다. 인류 생활이 복잡해지고 사회가 발전함에 따라 고대 단위로부터 발전되어 체계를 이루게 된 것이 동양에서는 척관법(尺貫法)이며, 서양에서는 푸트파운드(foot-pound) 단위계이다. 이들은 현재 세계 거의 모든 나라가 쓰고 있는 국제단위계(SI)가 공식화되기까지 오랫동안 사용되어 왔고, 아직도 사용되고 있거나 그 영향이 남아 있다.

간단히 길이의 단위를 예로 들어보면, 우리 나라는 거리를 표시하기 위해서 리, 마, 길, 자 등의 단위가 쓰였고, 서양에서는 피트(foot), 인치(inch), 야드(yard) 등의 단위가 사용되었으며, 미터법이 등장하면서 20세기 초부터는 m, km를 주로 사용하는 나라들이 많아졌다. 미터법에서는 지구의 적도에서 북극까지 거리의 1000만분의 1을 기준으로 하여 미터원기를 만들고 미터원기의 길이를 1미터로 하여 거리를 나타냈다. 미터원기는 인공적으로 만들었기 때문에 자연적으로 오차를 포함하게 되어서 크롬(Kr-86)에서 방출되는 주황색 빛 파장의 165만 763.73배의 길이를 1미터로 정하여 사용하다가 최근에는 빛이 진공 중에서 1/2억 9979만 2458 초 동안 진행한 거리와 같은 길이를 1미터로 정하여 사

용하고 있다.

시간에 대하여는 태양이나 달을 회전주기를 기준으로 하여 단위를 형성하여 왔다. 태양력을 사용하던 사람들은 1년간의 태양일을 평균한 평균태양일을 기준으로 하고 이를 24등분하여 1시간, 또 이를 60등분하여 1분, 다시 1분을 60등분한 것을 1초로 정하였다. 오늘날에는 평균태양일을 이용하여 정한 시간의 단위를 결정하는 데에 오차가 있는 것을 알게 되어 세슘(Cs-133)에서 방출되는 빛의 진동주기 9,192,631,770배에 해당하는 시간 간격을 1초로 정하여 정확한 시간으로 쓰고 있다.

길이나 시간의 단위만 보아도 이러한 상황인데 면적, 부피, 온도, 압력, 질량, 동력, 일, 유량, 힘 등의 단위는 더욱 복잡하여, 단위의 사용이 통일되지 않는다면 특정분야나 공통적인 분야에서 주로 많이 사용하는 단위를 제외하고는 그 변환이 원활하지 않을 뿐 아니라 실제로 많은 혼란을 일으키고 있는 것이 사실이다.

서로 다른 단위를 사용하는 국가들 간의 교류에 있어서 혼돈이나 오류에 의하여 발생할 수 있는 분쟁 등을 고려할 때 하나의 통일된 단위를 사용하는 것은 당연하고 매우 중요한 것으로서 세계 각국의 전문가 대표들이 모여 국제단위계(SI)를 개발하고 사용을 합의하게 되었다.

3. 국제단위계의 생성

SI란 프랑스어 “Le Systeme International d' Unites”에서 온 약어로서 국제단위계(International System of Units)를 가리킨다. 이 국제단위계(SI)는 우리가 흔히 미터법이라고 부르며 사용하여 오던 단위계가 현대화된 것이다. SI의 시초는 프랑스 혁명 시기인 1790년경 프랑스에서 발명된 십진미터법이다. 이 미터법으로부터 분야

에 따라 여러 개의 하부 단위계가 생겼으며 이에 따라 많은 단위들이 나타나게 되었는데, 그 한 예가 1874년 과학 분야에서 사용하기 위해 도입된 CGS계이며, 이는 센티미터, 그램, 초에 바탕을 두고 있다. 1875년 17개국이 미터협약(Meter Convention, 또는 미터조약 Meter Treaty라고도 부름)에 조인함으로써 이 미터법이 국제적인 단위 체계로 발전되는 계기가 마련되었다.

1900년경에는 실용적인 측정인 미터-킬로그램-초(MKS)계에 바탕을 두어 행하여지게 되었다. 1901년에 Giovanni Giorgi가 전기 기본단위 하나를 새로 도입하면 역학 및 전기단위들이 통합된 일관성 있는 체계를 형성할 수 있다고 제의하였다. 이에 따라 1935년에 국제전기기술위원회(IEC)가 전기단위로 암페어(ampere), 쿨롱(coulomb), 옴(ohm), 볼트(volt) 중 하나를 채택하여 역학의 MKS계와 통합할 것을 추천하였는데, 1939년 전자기문위원회(CCE, 현재의 CCEM)가 이들 중 암페어를 선정하여 MKSA계의 채택을 제안하였다. 이 제안은 1946년 국제도량형위원회(CIPM)에 의해 승인되었다.

1954년 제10차 국제도량형총회(CGPM)에서 MKSA계의 4개의 기본단위와 온도의 단위인 켈빈도, 광도의 단위인 칸델라 등 모두 6개의 단위에 바탕을 둔 일관성 있는 단위계를 채택하였다. 그 후 1960년 제11차 CGPM에서 이 실용 단위계의 공식 명칭을 “국제단위계”로 하고 그 국제적 약칭을 “SI”로 정하였으며, 유도단위 및 보충단위와 그 밖의 다른 사항들에 대한 규칙을 정하여 측정단위에 대한 전반적인 세부 사항을 마련하였다. 1967년에는 온도의 단위가 켈빈도($^{\circ}$ K)에서 켈빈(K)으로 바뀌고, 1971년 7번째의 기본단위인 몰(mole)이 추가되어 현재의 SI가 완성되었다. 이후에 정기적으로 열린 CGPM과 CIPM 회의에서 과학의 발전과 사용자들의 요구사항을 고려하여 필요한 사항들을 수정하거나 또는

SI의 원래 구조에 추가해 오고 있다.

4. 국제단위계의 적용단위

어떤 물리량을 그것과 같은 종류의 일정량을 기준으로 측정하는데 기준이 되는 일정량을 단위라고 한다. 단위를 여러 가지 양에 대하여 하나하나 개별적으로 규정하면 이것을 다룰 때 대단히 불편하므로 기본이 되는 몇 개의 단위만을 기본단위(基本單位)로 정하고, 다른 양의 단위는 물리법칙 또는 그 정의에 따라 이 기본단위를 조합해서 만들 수 있다. 이렇게 만들어진 단위를 일반적으로 유도단위(誘導單位) 또는 보조단위라 하며, 이 밖에 특수한 계량의 용도에 쓰이는 특수단위가 있다.

가. 기본단위(Fundamental Unit)

국제단위계(SI)는 미터, 킬로그램, 초, 암페어, 켈빈, 몰, 칸델라 등 7개의 기본단위를 바탕으로 구성되었다. 모든 SI 기본단위들에 대한 공식적인 정의는 CGPM의 결의에 의해 승인된다. 이러한 정의를 최초로 승인한 것은 1889년 제1차 CGPM에서 결의한 미터 및 킬로그램의 정의였고, 가장 최근에 승인한 것은 1983년 제17차 CGPM에서 결의한 미터의 새로운 정의였다. 이러한 정의들은 측정기술이 발달함에 따라 바뀌게 되는데 이렇게 함으로써 그 기본단위를 더욱 정확하게 실현할 수 있게 된다.

(1) 길이(m)

길이의 기본단위는 미터(meter)이며, 1 m는 빛이 진공 중에서 1/299,792,458 초 동안 진행한 거리와 같은 길이이다.

(2) 질량(kg)

질량의 기본단위는 킬로그램(kilogram)이며, 1 kg은 국제도량형국(BIPM)에 보관되어 있는 백금-이리듐 원통의 국제 킬로그램 원기의 질량과 같다.

(3) 시간(s)

시간의 기본단위는 초(second)이다. 1 s는 세슘 133 (133Cs)의 기저 상태에 있는 두 초 미세 준위간의 천이에 대응하는 복사선의 9,192,631,770 주기의 지속 시간이다.

(4) 전류(A)

전류의 기본단위는 암페어(Ampere)이다. 1 A는 무한히 길고 무시할 수 있을 만큼 작은 원형 단면적을 가진 두 개의 평행한 직선 도체가 진공 중에서 1 m 간격으로 유지될 때 두 도체 사이에 미터당 2×10^{-7} N의 힘을 생기게 하는 일정한 전류이다.

(5) 온도(K)

온도의 기본단위는 켈빈(Kelvin)이다. 이것은 열역학적 온도의 단위로 물의 삼중점의 열역학적 온도의 1/273.16이다.

(6) 물질량(mol)

물질량의 기본단위는 몰(mole)이다. 1 몰은 탄소 12의 0.012 kg에 있는 원자의 수와 같은 수의 구성 요소를 포함한 어떤 계의 물질량이다. 몰을 사용할 때는 구성 요소를 반드시 명시해야 하며, 이 구성 요소는 원자, 분자, 이온, 전자, 기타 입자 또는 이 입자들이 특정한 집합체가 될 수 있다.

(7) 광도(Cd)

광도의 기본단위는 칸델라(candela)이다. 1 칸델라는

주파수 540×10^{12} Hz인 단색광을 방출하는 광원의 복사도가 어떤 주어진 방향으로 매 스테라디안(steradian) 당 $1/683$ W일 때 이 방향에 대한 광도이다.

나. 유도단위(Derived Unit)

유도단위는 기본단위로부터 대응하는 양을 대수적인 관계에 따라서 구성되며, 여러 유도단위에 대한 특별한 이름과 기호가 따로 사용되고 있다.

(1) 뉴우톤(N)

뉴우톤(newton)은 힘의 단위이다. 즉, 1 N은 1 kg의 질량에 1 m/s^2 의 가속도를 주는데 요구되는 힘이다.

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

(2) 줄(J)

줄(joule)은 일(work)의 단위이다. 즉, 1 J은 1 N의 힘이 작용해서 힘의 작용 방향으로 물체를 1 m의 변위가 생기도록 하는데 필요한 일의 크기이다.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

(3) 파스칼(Pa)

파스칼(pascal)은 압력(pressure) 또는 응력(stress)의 단위이다. 즉, 1 Pa은 면적 1 m^2 에 1 N의 힘이 작용할 때의 압력이다.

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

(4) 와트(W)

와트(watt)는 동력의 단위이다. 즉, 1 W는 1초 동안에 1 J의 일을 하는 일률의 크기이다.

$$1 \text{ W} = 1 \text{ N} \cdot \text{m/s} = 1 \text{ J/s}$$

(5) 쿨롱(C)

쿨롱(coulomb)은 전기량의 단위이다. 즉, 1 C은 1 A의 전류에 의하여 1초 동안에 전달되어지는 전기량의 크기이다.

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \times 1 \text{ s} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$$

(6) 볼트(V)

볼트(volt)는 전위 차의 단위이다. 즉, 1 V의 일정한 전류에서 두 점 사이에 1 W의 동력이 소비되었다면 도선의 두 점 사이의 전위 차는 1 V이다.

$$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A}$$

(7) 옴(Ω)

옴(ohm)은 저항의 단위이다. 1 V의 전위 차가 유지되고 1 A의 전류가 흐르는 도체의 저항이다.

$$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$$

(8) 테슬라(T)

테슬라(tesla)는 자속밀도의 단위이다. 1 T는 자장에 직각으로 흐르는 1 A의 전류에 의해 1 m당 1 N의 힘이 발생하게 하는 자속밀도이다.

$$1 \text{ T} = 1 \text{ N}/(\text{A} \cdot \text{m}) = 1 \text{ J}/(\text{A} \cdot \text{m}^2) = 1 (\text{A} \cdot \text{V} \cdot \text{s})/(\text{A} \cdot \text{m}^2) = 1 \text{ Wb/m}^2$$

(9) 웨버(Wb)

웨버(weber)는 자속의 단위이다.

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot \text{s} = 1 \text{ J/A} = 1 (\text{kg} \cdot \text{m}^2)/(\text{C} \cdot \text{s})$$

(10) 헨리(H)

헨리(henry)는 상호 인덕턴스 또는 자기 인덕턴스의 단위이다. 1초당 1 A의 비율로 전류가 변할 때 1 V의 기전력이 유지되면 1 H의 인덕턴스가 된다.

$$1 \text{ H} = 1 (\text{V} \cdot \text{s})/\text{A}$$

5. 단위의 표기

우리가 국제단위계(SI)를 채택하여 쓰려고 하면 우선 올바른 표기법부터 익힐 필요가 있다. 단위의 표기법은 KS A 0102 '양의 기호, 단위기호 및 화학기호'와 KS A 0105 '계량 및 측정단위와 그 사용법' 등에 자세히 나와 있으며, 여기서는 흔히 쓰이면서도 틀리기 쉬운 표기법을 간단히 소개한다.

- 단위와 숫자의 표기는 직립체로 한다.
- 단위는 기본적으로 소문자로 표기하지만 단위의 명칭이 사람의 이름에서 유래하였다면 그 기호의 첫글자는 대문자이다. 단위는 복수표기가 안된다.
 - kg, s, m, km, K, Pa Hz
 - 3 kgs, 260 eVs 등은 안된다.
- 단위의 명칭은 일반명사로 취급하여 소문자로 쓰고 복수표기가 가능하지만, 단위와 같이 사용하지 못한다.
 - newton, pascal, 3 newtons, 50 joules
 - 50 joules/kg, 3 newtons · m 등은 안된다.
- 단위기호의 뒤에는 다른 기호나 다른 문자를 첨가해서는 안된다.
 - 초의 단위는 s이며 sec는 안된다.
 - 단위에 복수표시를 해서는 안된다.
 - guage 압력을 표시할 때는 kPa(guage)로 표시한다.
- 수치와 단위는 사이를 한칸 띄어야 한다.
 - 섭씨(°C)도 SI 단위이다.
 - 25 mm, 25 °C, 25 %이며, 25mm, 25°C, 25%가 아니다.
- 평면각의 도(°), 분('), 초(") 에 한해서 그 사

이를 띄지 않으므로, 25° 25' 등으로 표기한다.

- 여러 자리 숫자를 표시할 때는 소수점을 중심으로 세 자리씩 묶어서 약간 사이를 띄어서 쓴다. 표시하는 양에 합이나 차이가 있을 경우에는 수치부분을 괄호로 묶고 단위는 뒤에 쓴다.
 - 빛의 속도는 299 792 458 m/s
 - 1 eV = 1.602 177 33 × 10⁻¹⁹ J
 - t = 28.4 °C ± 0.2 °C = (28.4 ± 0.2) °C
- 단위의 곱하기 표시는 가운뎃점이나 한칸을 띄어쓰는데 혼돈을 피하기 위해서 가운뎃점을 사용하는 것이 좋을 듯하다.
 - 단위의 나누기 표시는 사선 또는 음의 지수를 사용한다.
 - 1 N · m/s = 1 N · m · s⁻¹

6. 맺음말

현재 세계 대부분의 국가에서는 국제단위계(SI)를 채택하여 사용하고 있으며, 우리 나라도 산업표준화법에 SI의 사용을 명시하고 있다. 전통적으로 푸트파운드(foot-pound) 단위계를 사용하고 있는 미국에서도 최근의 자료들을 보면 국제단위를 병용하고 있으며 점차적으로 SI로 변환하려고 노력하고 있다. 그러나 국내의 원자력 및 대형 산업플랜트 등 미국의 기술을 도입하여 쓰고 있는 일부 분야에서는 아직도 푸트파운드(foot-pound) 단위계를 사용하고 있으며, 재래시장에서는 척관법이 통용하고 있어 단위와 계량이 혼란을 일으키고 있으므로, 국제화 추세에 맞추어 점진적인 개선이 필요하다. 우리가 SI를 전산업에 통일되게 사용하려면 기술개발 및 자립 등의 인프라 구축과 병행하여, SI에서 채택하고 있는 단위와 그 올바른 표기법을 익혀 실무에 적극적으로 적용하고자 하는 의지와 부단한 노력이 필요할 것이다.