SOBRE EL SISTEMA INTERNACIONAL

DE UNIDADES ELECTROMÉTRICAS

El sistema de unidades que actualmente se usa para las mediciones en la electrotécnica, es el sistema electromagnético. Este sistema fué ideado por el sabio matemático Guillermo Weber en Göttingen, y se funda en las propiedades magnéticas de la corriente eléctrica.

Las unidades de este sistema se derivan de tres unidades fundamentales, que son la de longitud, la de masa y la de tiempo. Weber ha elegido como tales representantes el milímetro, el miligramo y el segundo. Más tarde el Congreso Electrotécnico de París en 1881, ha aceptado el sistema eletromagnético, pero ha fijado como unidades fundamentales el centímetro, el gramo y el segundo. Este último sistema se llama por eso el sistema centímetro-gramo-segundo (cm. g. s.), y las unidades que pertenecen á este sistema se llaman unidades absolutas. Las unidades prácticas que ha establecido el mismo Congreso, son ciertos múltiplos ó submúltiplos de las unidades absolutas.

En seguida se darán las definiciones de las unidades del sistema electromagnético. El valor de las unidades derivadas depende naturalmente del valor que se da á las unidades fundamentales. Para expresar esta dependencia, sea en general la unidad de longitud igual á l centímetros, la unidad de masa igual á m gramos y la unidad de tiempo igual á t segundos.

El valor de cada unidad derivada, se representará entonces por medio de una fórmula con las cantidades *l*, *m*, *t*.

De las unidades fundamentales se derivan en primer lugar, ciertas unidades de la mecánica, que son la de velocidad, la de aceleración, la de fuerza, la de trabajo y la de efecto.

La unidad absoluta de velocidad, es aquella velocidad á la cual corresponde el camino de un centímentro por segundo.

Si la unidad de longitud en vez de un centimetro adquiere el valor de *l* centímetros, la unidad de velocidad será *l* veces mayor, y si luego la unidad de tiempo en vez de ser un segundo llega á ser *t* segundos, la unidad de velocidad será *t* veces menos. Sea *v* el valor de la unidad de velocidad variada expresada en unidades absolutas, entonces tenemos:

$$v = \frac{l}{t} \qquad \text{ó} \qquad v = l\,t^{1}$$

La unidad obsoluta de aceleración es aquella aceleración á la cual corresponde un aumento de velocidad igual á la unidad absoluta por segundo.

Si la unidad de velocidad llega al valor *v*, la unidad de aceleración *a*, será *v* veces mayor, pero por llegar la unidad de tiempo al valor *t*, la unidad de aceleración disminuye *t* veces. De ahí sigue que

$$a = \frac{v}{t}$$

Poniendo para *v* la expresión de arriba, resulta:

$$a = \frac{l}{t_2} \qquad \text{ó} \qquad a = l\,t^{-2}$$

La unidad absoluta de fuerza es aquella que obra con una aceleración igual á la unidad absoluta sobre la masa de un gramo libremente movible. Esta unidad tiene un nombre especial, llamándose *dina*.

La unidad de fuerza en genéral, *f*, será tanto mayor cuanto mayor la unidad de aceleración *a*, y cuanto mayor la unidad de masa *m*.

Por eso tenemos:

$$f = a\,m$$

Poniendo para *a* la expresión hallada, resulta:

$$f = \frac{lm}{t^2} \text{ ó } f = lmt^2$$

La unidad absoluta de trabajo es aquel trabajo que se efectúa cuando la unidad de fuerza recorre la distancia de un centímetro. También esta unidad tiene nombre especial llamándose *erg*.

La unidad de trabajo, $\top$, será tanto mayor cuanto mayor la unidad de fuerza *f* y cuanto mayor la unidad de longitud, *l*. Tenemos por eso

$$\top = fl$$

Sustituyendo para *f* la expresión hablada, resulta:

$$\top = \frac{l^2 m}{t^2} \text{ ó } \top = l^2 m t^2$$

La unidad absoluta de efecto es aquel efecto al cual corresponde un erg por cada segundo.

Si la unidad de trabajo tiene $\top$ ergs y la unidad de tiempo *t* segundos, tenemos para encontrar el trabajo en un segundo que dividir los $\top$ ergs por *t*, el cuociente representará la unidad de efecto *e* espresada en unidades absolutas

Podemos pües poner

$$e = \frac{\top}{t}$$

Con respecto á la expresión hallada para $\top$ resulta:

$$e = \frac{l^2 m}{t^3} \text{ ó } e = l^2 m\, t^{-3}$$

Para ilustrar el valor que tienen las unidades absolutas denominadas dina y erg será observado que el peso de un gramo es una fuerza que obra con una aceleración de cerca de 981 centímetros por segundo. El peso de un gramo equivale por eso á cerca de 981 dinas, y el trabajo necesario para elevar un gramo á la altura de un centímetro será cerca de 981 ergs.

En la teoría del magnetismo se considera este agente como un fluido que se encuentra repartido en los cuerpos magnéticos. Las fuerzas magnéticas están en razón directa á las masas magnéticas que se repelen mútuamente si son de la misma especie y que se atraen si son de diferentes especies y están en razón indirecta al cuadrado de la distancia.

Como unidad absoluta de magnetismo se considera aquella cantidad de magnétismo que reunida en un punto repelen la unidad de fuerza igual cantidad de magnetismo en la distancia de un centímetro.

En el caso de otras unidades fundamentales la unidad de magnetismo M obrará á igual cantidad de magnetismo en la unidad de distancia *l* con la unidad de fuerza, *f*. De ahí sigue la relación

$$f = \frac{M^2}{l^2}$$

De esta relación se deduce:

$$M = \sqrt{f\, l^2} \quad \text{ó} \quad M = \sqrt{l^3\, m t^{-1}}$$

Introduciendo en vez del radical exponentes fraccionarios obtenemos:

$$M = l^{\frac{3}{2}}\, m^{\frac{1}{2}}\, t^{-1}$$

Se llama campo magnético toda parte del espacio en que obran fuerzas magnéticas. Se llama intensidad de campo magnético la fuerza que obra sobre la unidad de magnetismo en un campo magnético.

La unidad absoluta para la intensidad de campo magnético

es aquella intensidad que obra con una dina sobre la unidad absoluta de magnetismo.

Si se varían las unidades fundamentales la unidad de intensidad del campo magnético, será tanto mayor cuanto mayor la unidad de fuerza *f* y tanto menor cuanto mayor la unidad de magnetismo M. Tenemos pues

$$i = \frac{f}{M}$$

Poniéndose para f y M las expresiones deducidas resulta:

$$i = \frac{l m\, t^{-2}}{l^{\frac{3}{2}}\, m^{\frac{1}{2}}\, t^{-1}} \quad \text{ó} \quad i = l^{\frac{1}{2}} m^{\frac{1}{2}} t^{-1}$$

Cada elemento de una corriente eléctrica produce alrededor de sí un campo magnético.

La unidad absoluta de la corriente eléctrica es aquella corriente de la cual una parte igual á un centímetro y curvado según un círculo con el radio de un centímetro produce en el centro de este círculo la unidad absoluta de intensidad de campo magnético.

Para calcular la intensidad del campo magnético que produce la parte circular igual á la unidad de longitud en el centro del círculo cuando las unidades fundamentales toman otros valores hay que notar que es proporcional á la unidad variada de corriente, *c*, proporcional á la longitud de la parte circular, *l*, é inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que hay entre la corriente y el centro, l^2. Tenemos pues la relación.

$$i = \frac{c\, l}{l^2} \quad \text{ó} \quad i = \frac{c}{l}$$

De ahí resulta:

$$c = i\, l$$

Poniendo para i su valor se obtiene

$$c = l^{\frac{1}{2}}\, m^{\frac{1}{2}}\, t^{-1}$$

La unidad absoluta de electricidad es aquella cantidad de electricidad que pasa en la unidad de corriente durante un segundo por cualquier sección.

La unidad de electricidad, *e*, será tanto mayor cuanto mayor es la unidad de corriente, *c*, y cuanto mayor es la unidad de tiempo *t*. Tenemos pues:

$$e = ct$$

Con respecto al valor hallado para *c* hay:

$$e = l^{\frac{1}{2}} m^{\frac{1}{2}}$$

Se llama energía el trabajo que se encuentra acumulado en un cuerpo bajo alguna forma.

Se llama potencial eléctrico la energía que representa cada unidad de electricidad en un cuerpo eléctrico. Esta energía es tanto mayor cuanto más fuerte es la electrización del cuerpo, el potencial eléctrico se puede por eso considerar como el grado de zación y se llama por eso á veces también la temperatura electrica.

La unidad absoluta de potencial es aquel grado de electriza ción en el cual la unidad de electricidad representa un erg.

El grado de electrización necesario para que en general la unidad de electricidad *e* represente la unidad de trabajo será tanto menor cuanto mayor es la unidad de electricidad y tanto mayor cuanto mayor es la unidad de trabajo. El valor de la unidad de potencial en general, *p*, será pues:

$$p = \frac{T}{e}$$

Introduciendo las expresiones correspondientes para T y *e* resulta:

$$p = \frac{l^2 m\, t^{-2}}{l^{\frac{1}{2}} m^{\frac{1}{2}}} \qquad \text{ó} \quad p = l^{\frac{3}{2}} m^{\frac{1}{2}} t^{-2}$$

Se llama fuerza electromotriz una fuerza que separa en un circuito las dos electricidades produciendo entre ellas cierta diferencia de potencial. La fuerza electomotriz se mide por la diferencia de potencial que produce.

La unidad absoluta de fuerza electromotriz es aquella que produce una diferencia de potencial igual á la unidad absoluta.

La unidad de fuerza electromotriz en general, F, coincide del mismo modo con la unidad de potencial, p.

Tenemos pues:

$$F = p \quad \text{ó} \quad F = l^{\frac{3}{2}} m^{\frac{1}{2}} t^{-2}$$

Para producir en un alambre conductor una corriente igual á la unidad es necesario mantener cierta diferencia de potencial en sus dos cabos. Esta diferencia será tanto mayor cuanto mayor es de resistencia que opone el alambre al desarrollo de la corriente.

La unidad absoluta de resistencia es aquella resistencia para la cual se debe emplear una diferencia de potencial igual á la unidad absoluta para producir la unidad absoluta de corriente.

La unidad de resistencia en general, r, será tanto mayor cuanto mayor la unidad de potencial p, y tanto menor cuanto mayor la unidad de corriente, c. Tenemos pues:

$$r = \frac{p}{c}$$

Haciendo uso de las expresiones deducidas para p y c resulta:

$$r = \frac{l^{\frac{3}{2}} m\, t^{-2}}{l^{\frac{1}{2}} m^{\frac{1}{2}} t^{-1}} \quad \text{ó} \quad r = l\, t^{-1}$$

Se llama capacidad eléctrica aquella cantidad de electricidad que se encuentra en un cuerpo, especialmente en un condensador, cuando su potencial llega á la unidad.

La unidad absoluta de capacidad es aquella capacidad á la cual corresponde la unidad de electricidad para la unidad de potencial.

Variándose las unidades del sistema, la unidad de capacidad, C, será tanto mayor, cuanto mayor es la unidad de electricidad *e*, y tanto menor cuanto mayor es la unidad de potencial *p*. Para evidenciar más esta relación, podemos considerar un condensador que cabe la unidad de electricidad, si su potencial es igual á la unidad. Este condensador representa, pues, la unidad de capacidad. Si aumentamos la unidad de capacidad, tenemos que aumentar también el condensador para que la quepa con la unidad de potencial. Pero si aumentamos la unidad de potencial tenemos que disminuír el condensador, sin esto no se alcanzaría la unidad de potencial cargándole con la unidad de electricidad. Tenemos, pues,

$$C = \frac{e}{p}$$

Reemplazando *e* y *p* por sus expresiones, resulta:

$$C = \frac{l^{\frac{1}{2}}\, m^{\frac{1}{2}}}{l^{\frac{3}{2}}\, m^{\frac{1}{2}}\, t^{-2}} \quad \text{ó} \quad C = l^{-1}\, t^{2}$$

El uso de las fórmulas deducidas, es bastante frecuente en los cálculos de la electrotécnica y ocurre cuando, datos que se refieren á otras unidades fundamentales, por ejemplo: metro, kilogramo, minuto, deben reducirse á los volores absolutos.

Para el uso práctico, el Congreso Electrotécnico del año 1881, ha establecido las siguientes unidades:

Para la corriente de Ampère que equivale á la décima parte de la unidad absoluta.

Para la resistencia el Ohm igual á mil millones de unidades absolutas.

Del Ampère y del Ohm se derivan las restantes unidades prácticas del modo siguiente:

La unidad práctica de fuerza electromotriz se llama Volt y es aquella fuerza electromotriz que produce un Ampère en un circuito con la resistencia de un Ohm.

El Volt es al mismo tiempo unidad de potencial y es igual á cien millones de unidades absolutas. La unidad práctica de electricidad es aquella electricidad que pasa en un segundo por cada sección de una corriente igual á un Ampère. Esta unidad se llama Conlomb y es la décima parte de la unidad absoluta.

La unidad práctica de capacidad es aquella capacidad á la cual corresponde la electricidad de un Conlomb para el potencial de un Volt. Esta unidad se llama Farad y es, como se puede fácilmente averiguar, la mil millonésima parte de la unidad absoluta.

El Farad es todavía para hacer con él las indicaciones de la capacidad demasiado grande y se usa el Microfarad que es la millonésima parte del farad ó la mil billonésima parte de la unidad absoluta.

Se ve de lo anterior que el Ampère y el Ohm en conjunto con el segundo, hacen el papel de unidades fundamentales. Estas unidades tienen la ventaja que se pueden fijar por datos experimentales con toda facilidad. El Ampère se fija con la mayor exactitud indicando sus efectos electrolíticos. El Ampère precipita por segundo 1,1183 milígramos de plata ó 0,328 milígramos de cobre. El Ohm se representa por una columna de mercurio con una sección igual á un milímetro cuadrado de la longitud de 106 centímetros. Si se hace uso de un alambre de cobre puro con el diámetro igual á 1 milímetro, se necesita darle una longitud de 52.4 metros para que represente un Ohm.

El Volt se representa aproximativamente por la fuerza motriz del elemento Daniell. En condiciones de todo regular, es su fuerza electromotriz igual á 1,07 volts.

Como signos para las unidades prácticas, ha adoptado el Congreso Electrotécnico de Francfort am Main, las iniciales mayúsculas: A para Ampère, O para Ohm, V para Volt, C para Conlomb y F para Farad. El microfarad se podrá designar por MkF para distinguir del megafarad que es un millón de farads.

El signo de esta unidad sería MgF pero no ocurre en la práctica. A veces se hace uso del Megohm, MgO, y del Megavolt MgV, que son respectivamente un millón de ohms y un millón de volts.

Como unidad de efecto eléctrico se ha formado una unidad especial llamada Watt, W. El efecto eléctrico se calcula multiplicando el número de volts. Por eso se llama la unidad de efecto eléctrico también Volt-Ampère, VA.

El caballo eléctrico se avalúa en 736 watts, este efecto equivale al caballo á vapor de 75 kilogramos por segundo.