

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA EN LA REPRESENTACIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Autores: Ing. Marcos Deorsola, Ing. Pablo Morcelle del Valle

Lugar de Trabajo: Cátedras de Teoría de circuitos I y Electrotecnia y Electrónica. Departamento de Electrotecnia, Facultad de Ingeniería, UNLP. Calle 48 y 116, 1900 La Plata. E-mail: mdeorso-la@gmail.com.

1.- INTRODUCCIÓN

Durante muchos años de docencia los autores han podido comprobar la falta de coherencia respecto de la nomenclatura y simbología (NyS) utilizadas en las unidades de los parámetros eléctricos y en la representación de circuitos eléctricos. Fundamentalmente, el tema se hace crítico cuando, en la Universidad, el estudiante debe adecuarse a una NyS con la cual se desarrollan los temas de Física, luego la NyS cambia cuando debe estudiar Teoría de Circuitos, hasta que en la última parte de la carrera ocurre algo similar con las asignaturas de años superiores, tanto de la especialidad Eléctrica como Electrónica. Durante este trayecto, el estudiante debe acomodarse a estos inútiles cambios que provocan distracción o pérdida de la concentración del estudio específico, debido al esfuerzo adicional que implica acostumbrarse a manejar una nueva NyS, o a una mezcla de una nueva y una ya conocida.

Esta situación se ve lamentablemente favorecida o fomentada, por una parte, debido a la inmensa variedad de bibliografía existente, cuyos autores han adoptado una u otra NyS; y por otra parte, como consecuencia de los mismos docentes, que a su vez, han preferido utilizar, sin establecer un criterio razonable, su propia NyS.

Asimismo, la vida profesional también pone de manifiesto estas situaciones, observándose que algunos utilizan una nomenclatura y/o simbología, y otros otra; resultando, al principio, tedioso “entenderse” hasta decidir finalmente qué NyS utilizar en los trabajos en conjunto.

Ésto último resulta más trascendente cuando se encuentran individuos de formación “electrónica” (formados por bibliografía anglosajona) y “eléctrica” (formados por bibliografía alemana, italiana, rusa o europea en general), debido a la necesaria interacción de ambas especialidades; dado que en este punto también se establecen algunas diferencias.

La evolución de los textos bibliográficos surgidos en los últimos años parece marcar una tendencia, aunque aún no del todo definida, respecto de esta cuestión; fundamentalmente en lo referente a la simbología, y no tan así para el caso de la nomenclatura.

El objetivo de este trabajo es proponer el ordenamiento y la unificación de la NyS, en base a normas internacionales vigentes y a la tendencia de la bibliografía actual.

2.- NOMENCLATURA

Según el diccionario de la lengua castellana, sinónimos de nomenclatura son *lista* o *catálogo*. La definición es: *conjunto de las voces técnicas y propias de una ciencia o de un arte*.

Hasta el momento, se ha venido observando el uso de ciertos vocablos; los cuales, a juicio de los autores, pueden clasificarse de la siguiente manera:

- a) Inherentes a nuestro idioma.
- b) Adaptaciones que derivan de los nombres de las unidades de medida de las respectivas magnitudes.
- c) Otros que, por ser de origen angloparlante o de otro idioma y no contar con un equivalente castellano, son adoptados sin cambios o con mínimos cambios por nuestra lengua.

Un caso típico entre todos estos es **tensión**. En [1] se hace referencia a una frase de André Marie Ampère: “...llamaré a la primera **tensión eléctrica** y a la segunda **corriente eléctrica**...”. Esto significa que, al menos para los latinos, esta etimología debería ser respetada.

Es costumbre que aún en la actualidad se utilice la palabra **voltaje** para referirse a la **tensión**. Entendemos que esta denominación surgió como consecuencia de la proliferación de bibliografía de

origen angloparlante, sobre todo referida a temas de electrónica, cuyos traductores adoptaron o castellanizaron vocablos de origen anglosajón, cuando ya existía una palabra más que adecuada y *no forzada* para denominar la magnitud en cuestión.

Otro tanto ocurre con **amperaje** o **vataje**. Para el primer caso, además de la denominación acuñada por Ampère, nuestra lengua dispone acertadamente del tradicional vocablo **intensidad (de corriente)**; y para el segundo, **potencia (activa)**.

El cuestionamiento de estos aspectos surge de que, tanto **voltaje**, **amperaje** o **vataje**, provienen de Volta, Ampère o Watt; que, como ya sabemos son las unidades de las magnitudes en cuestión. Más aún, lo cuestionado de esta situación es la pretendida traducción de apellidos de personajes célebres de la ciencia. En el caso de **voltaje** el error ya viene de arrastre de otro idioma, pues es bien sabido que los angloparlantes utilizan la palabra **voltage**.

La inquietud de los autores surge respecto de lo anteriormente expuesto, teniendo en cuenta la bibliografía actual, y en particular la que trata temas de electrónica; dado que en el caso de la bibliografía que desarrolla temas eléctricos, esto no ocurre tan asiduamente; sea porque tradicionalmente se cuenta con textos desarrollados por especialistas vernáculos, italianos, franceses, alemanes o incluso rusos, en los cuales se respetan las denominaciones tradicionales de los parámetros involucrados.

Un caso curioso respecto del tema de cómo se trata la nomenclatura según el idioma y al que vale la pena hacer mención es [2], que en la versión citada (en inglés) utiliza *voltage*, mientras que en la publicación [3], versión en castellano de [2], la palabra utilizada es *tensión*. El caso indicado resulta representativo, ya que el vocablo original alemán **spannung** significa **tensión**, tanto mecánica como eléctrica.

Quienes ésto escriben no están en contra del progreso o la evolución lingüística, ni contra la practicidad de la utilización de ciertos vocablos, sino que en virtud de la riqueza de nuestra lengua, se nos ocurre inútil castellanizar vocablos que ya tienen una correspondencia en nuestro idioma, además de efectuar traducciones de apellidos, lo cual podría resultar una irreverencia hacia los titulares de los mismos.

Un capítulo aparte merecen las denominaciones involucradas en el apartado **c)** de nuestra clasificación. El avance tecnológico, en particular en el campo de la electrónica, ha hecho que surgieran dispositivos nuevos, sin antecedentes o versiones tecnológicas anteriores. Es lógico pensar que el inventor de cierto mecanismo o dispositivo tenga derecho también a inventarle un nombre o adecuar una palabra, grupo de palabras o juego de palabras para identificar determinado elemento. Ésto es lo que creemos que ocurrió en este caso. ¿Cómo podríamos traducir **transistor** si nunca antes de ser inventado había existido nada similar?

Recordemos que transistor proviene de la conjunción de dos vocablos de origen inglés: **transfer resistor**.

Algo similar ocurre con **flip-flop**, a la cual algunos traductores le asignaron, con la mejor buena voluntad, el vocablo **biestable**; aunque para muchos sigue siendo sencillamente **flip-flop**.

Casos diferentes lo constituyen **diodo** y **unijuntura**. La palabra **diodo** proviene de **diode**, y para **unijunction** se encontró la traducción "perfecta": **unijuntura**.

Hasta aquí, el presente trabajo no pretende imponer condiciones en cuanto al uso de la lengua. Sólo se hace una revisión histórica, intentando justificar el por qué de algunas situaciones inquietantes para los autores, a quienes les preocupa la correcta expresión oral y escrita. La intención es proponer una forma coherente y académica de expresión, sin necesidad de recurrir innecesariamente a voces extranjeras.

Para finalizar, se efectúan algunas aclaraciones relativas a un tema al cual no se le presta la debida atención y que es a menudo objeto de uso incorrecto.

Generalmente cuando se hace referencia a los elementos pasivos de un circuito eléctrico, se menciona indiferentemente **capacitor** o **capacitancia**, **inductor** o **inductancia** y **resistor** o **resistencia**. Pero ¿es correcta esta "indiferencia"? La respuesta es: NO. El **elemento** físico, tangible, que fabricamos o compramos en el comercio *debe* tener una denominación que lo distinga de su **calidad** o **magnitud** física. Esa "diferencia" necesaria es la indicada líneas más arriba. Los elementos físicos se denominan en forma correcta: **capacitor**, **inductor**, **resistor**. Las cualidades o magnitudes físi-

cas: **capacitancia**, **inductancia**, **resistencia**. En general, estas aclaraciones no se hacen expresas en los textos o bibliografía; de aquí que se extienda la confusión y se generalice el trato “indiferente” ya mencionado.

3.- SIMBOLOGÍA

Entendemos por simbología, desde el punto de vista eléctrico, todo lo referente a cómo debe representarse un circuito para una adecuada comprensión: cómo deben ser los dibujos que representan a determinado elemento, qué símbolos literales usar, tanto para la representación de las variables o parámetros del circuito, así como las unidades de las magnitudes de dichas variables y parámetros.

¿Cuál es la ventaja que esto representa? Bien sabemos que si no contáramos con la expresión gráfica de un circuito, resultaría muy complejo describir sólo con palabras la conformación del mismo y así analizar su comportamiento. Cuando un especialista mira el dibujo de un circuito, de un golpe de vista puede reconocerlo y hasta efectuar un somero análisis mental del funcionamiento.

Asimismo, si el dibujo no se presenta con la suficiente claridad, puede resultar hasta tedioso su estudio.

La manera de revertir esta situación es, además de procurar orden y prolijidad en el dibujo en sí mismo, utilizar la simbología adecuada y precisa para cada caso, evitando ambigüedades de representación, pero a la vez lograr la simplificación de la misma.

Las unidades de medida, aún cuando existen normas y bibliografía que claramente indican la simbología correspondiente, son objeto de distorsiones en distintos ámbitos.

La Tabla I muestra las magnitudes utilizadas en electrotecnia, con sus nombres, símbolos y unidades. Esta misma tabla es incorporada por los autores en las guías de trabajos de aplicación de los cursos de Teoría de circuitos I y de Electrotecnia y Electrónica, dictadas en la U.N.L.P. La misma está basada en gran medida en [4], [5], [6], [7] y [8].

La simbología presente en la Tabla I, extractada fundamentalmente de [4], merece algunas aclaraciones. Los símbolos de los parámetros físicos son los tradicionalmente utilizados en la bibliografía; observándose que, en general, corresponden a letras mayúsculas de los alfabetos latino y griego, y, además, se escriben en cursiva y negrita.

TABLA I
SÍMBOLOS Y UNIDADES DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS UTILIZADOS EN ELECTROTECNIA

PARÁMETRO FÍSICO		UNIDAD		PARÁMETRO FÍSICO		UNIDAD	
Nombre	Símbolo	Nombre [6]	Símbolo [7]	Nombre	Símbolo	Nombre [6]	Símbolo [7]
diferencia de potencial o tensión	<i>U</i>	volt	V	permeabilidad	μ	henry/metro	H/m
fuerza de tensión	<i>U_f</i>	ampere	A	resistividad	ρ	ohm metro	$\Omega \cdot m$
fuerza de corriente	<i>I_f</i>			resistencia	R	ohm	Ω
corriente	<i>I</i>			impedancia	Z		
carga eléctrica	<i>q</i>	coulomb	C	reactancia	X	siemens	S
campo eléctrico	<i>E</i>	Volt/metro	V/m	conductancia	G		
densidad de corriente	<i>J</i>	ampere/metro ²	A/m²	admitancia	Y	siemens/metro	S/m
capacitancia	C	farad	F	susceptancia	B	watt	W
permitividad	ϵ	farad/metro	F/m	conductividad	σ	volt ampere reactivo	var
campo magnético	<i>H</i>	ampere/metro	A/m	potencia (activa)	P	volt ampere	VA
fuerza magnetomotriz	<i>F_m</i>	Ampere vuelta	Av	carga reactiva	Q	joule	J
inducción magnética	<i>B</i>	tesla	T	carga aparente		segundo	s
flujo magnético	ϕ	weber	Wb	energía, trabajo	W	segundo	s
autoinductancia	<i>L</i>	henry	H	período	T		
inductancia mutua	<i>M</i>			constante de tiempo	τ	frecuencia	f
factor de acoplamiento	<i>k</i>	adimensional		pulsación	ω	radián/segundo	rad/s
reluctancia	\mathcal{R}	1/henry	H⁻¹				

Los símbolos de las unidades merecen una atención especial, dado que se advierten frecuentes errores en su utilización. Dado que algunos provienen de iniciales nombres propios (Ampère, Coulomb) y otros de iniciales de nombres comunes (segundo, radián); debe observarse que los primeros

se escriben con mayúscula y los segundos, con minúscula [6]. Si dos unidades poseen la misma inicial (henry, hertz), para diferenciarlas se agrega a una de ellas alguna otra letra del nombre en minúscula (**H, Hz**). Un caso particular es el **var** (volt ampere reactivo) que por ser la combinación de dos nombres propios más un adjetivo que indica una característica particular, se optó por crear una palabra (en minúscula) que designe a la unidad; no ocurrió lo mismo con **VA** (volt ampere). Además los símbolos derivados de nombres propios no tienen plural y cuando se escribe la palabra completa, se lo hace con minúscula, de acuerdo a lo indicado por [5].

A modo de aporte adicional, en la Tabla II se presenta la lista de prefijos correspondientes a los múltiplos y submúltiplos de las unidades físicas, extractado de [9] y verificado en [8].

En este punto es importante aclarar que el prefijo **k** no se escribe con mayúscula, sino con minúscula. La aclaración se hace manifiesta puesto que es un error muy común de encontrar, incluso en mucha bibliografía especializada.

TABLA II
PREFIJOS DE MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS DE LAS UNIDADES FÍSICAS

Factor	Prefijo		Ejemplo
	Nombre	Símbolo	
10^{24}	yotta	Y	$1YJ=10^{24}J$
10^{21}	zetta	Z	$1Z\Omega=10^{21}\Omega$
10^{18}	exa	E	$1EW=10^{18}W$
10^{15}	peta	P	$1Pm=10^{15}m$
10^{12}	tera	T	$1THz=10^{12}Hz$
10^9	giga	G	$1GT=10^9T$
10^6	mega	M	$1MV=10^6V$
10^3	kilo	k	$1kA=10^3A$
10^{-3}	mili	m	$1mWb=10^{-3}Wb$
10^{-6}	micro	μ	$1\mu F=10^{-6}F$
10^{-9}	nano	n	$1nH=10^{-9}H$
10^{-12}	pico	p	$1pC=10^{-12}C$
10^{-15}	femto	f	$1fs=10^{-15}s$
10^{-18}	atto	a	$1aW=10^{-18}W$
10^{-21}	zepto	z	$1z\Omega=10^{-21}\Omega$
10^{-24}	yocto	y	$1yV=10^{-24}V$

4.- REPRESENTACIONES GRÁFICAS

A pesar de lo expuesto, la nomenclatura usada aún actualmente, puede llevar a confusiones; o simplemente puede ocurrir que no exista un acuerdo para denominar tal o cual magnitud de forma unívoca.

De la misma forma, la representación gráfica de los elementos de un circuito resulta muy variada, según la bibliografía consultada, o inclusive según el "gusto" de cada interlocutor. Otro tanto ocurre con la identificación literal de tales elementos.

Generalmente, y por citar un ejemplo, es frecuente ver representadas las fuentes dependientes e independientes con el mismo símbolo. De lo expuesto en párrafos anteriores, se advierte la inconveniencia de esto. De hecho, la mayoría de la bibliografía actual tiene en cuenta esta situación tal como se puede apreciar simplemente hojeando [1], [10], [11], [12] y [13], y en este trabajo se toma cuenta de ello.

Para una rápida comprensión, sean los siguientes ejemplos:

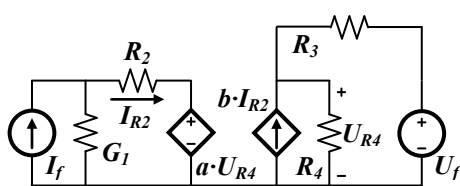


Fig. 1

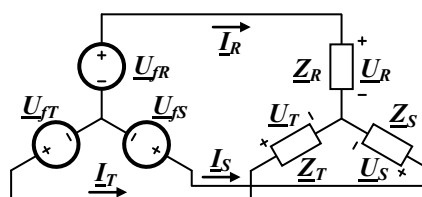


Fig. 2

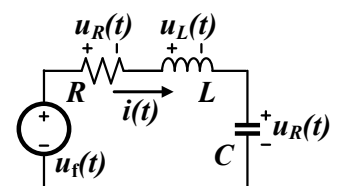


Fig. 3

4.a- Circuito en continua

Como se observa en la Fig. 1, hay una fuente de corriente independiente. Este tipo de fuente (independiente) se simboliza mediante un círculo; en este caso, dado que la fuente es de corriente, se coloca en su interior una flecha que indica el sentido asignado a la misma. Si la fuente independiente hubiese sido de tensión, en lugar de una flecha se habría colocado un juego de símbolos + y -, indicando qué polaridad tiene asignado cada borne según la ubicación de los mismos.

Como se ve, el circuito posee dos fuentes dependientes, una de tensión y otra de corriente. El símbolo en este caso es un rombo. Se debe observar que se mantiene la identificación indicada en el párrafo anterior respecto de si se trata de fuente de tensión o de corriente.

La intensidad y sentido de la circulación de cargas en un elemento, es decir **la corriente**, se indica con una flecha próxima a dicho elemento y *no* se ubica la flecha sobre los conductores. El sentido de la corriente así indicada se puede hacer coincidir con la de malla, lo cual facilita el análisis en algunos casos.

Asimismo, **la tensión** se simboliza mediante los signos + y -, según la polaridad de los potenciales que la causan y no mediante flechas, evitando la confusión con una corriente.

Los elementos del circuito se designan con letras mayúsculas, que a su vez representan sus características eléctricas, y subíndices necesarios para completar la identificación.

Las tensiones y corrientes en los elementos también se designan con mayúscula, utilizándose **U** para las primeras e **I** para las segundas, con los subíndices que correspondan.

De igual forma, los ejes de las curvas características del transistor, por ejemplo, también se deben identificar con mayúscula, dado que las mismas son "estáticas".

Las fuentes merecen una mención especial, dado que por su característica de fuentes de energía podría asignarse una identificación distintiva: **U_f** para las de tensión e **I_f** para las de corriente (con el subíndice **f**, por **f**uente).

4.b- Circuito trifásico (señales de alterna de frecuencia única)

En este caso, Fig. 2, se trata de un circuito trifásico, donde existe una única frecuencia en las señales, dado que la pulsación de las tres fuentes es la misma y se considera que no hay elementos alineales.

Básicamente se respetan las premisas indicadas en el apartado **4.a-** respecto de las fuentes, tensiones, corrientes y elementos pasivos, que en este caso pueden ser resistivos, reactivos o combinaciones de ambos.

La nueva y única característica adicional es que, dado que en este caso los parámetros pueden representarse como números complejos, los símbolos literales poseen una raya inferior que identifica tal condición matemática.

4.c- Circuito con generador de tensión generalizado (dominio del tiempo)

Este caso, Fig. 3, podría corresponder a un circuito en estado transitorio, o a un circuito con fuente de tensión poliarmónica, entre otros.

Las tensiones y las corrientes en estos casos se identifican con letras minúsculas y dependientes del tiempo, como ocurre con las funciones matemáticas.

Al igual que en los casos anteriores, los símbolos para la representación de fuentes, tensiones, corrientes, no cambian.

Como esta forma de representación de las variables es general, **u(t)** e **i(t)** también podrían representar tanto a una constante (independiente del tiempo) o una senoidal.

5.- CONCLUSIONES

Se presenta una propuesta de unificación de la nomenclatura y la simbología para la representación de circuitos eléctricos.

Una de las consecuencias favorables de la propuesta presentada se observa en los ejemplos mostrados a lo largo de artículo: de un golpe de vista se identifican los elementos del circuito, en forma inmediata se advierte si el circuito es de continua, alterna o si las señales son de tipo especial, se diferencian inmediatamente las corrientes y sus sentidos y las tensiones y sus polaridades.

Como se mencionó en la introducción, el objetivo de este trabajo es proponer un ordenamiento, o

al menos iniciar la discusión de un tema que, en vista de las tendencias actuales respecto de la normalización y a juicio de los autores, debería ser tenido en cuenta.

Es también nuestra intención promover el intercambio de opiniones con otros interesados en el tema con el fin de establecer una nomenclatura y simbología definitiva y lo más adecuada posible al tema que nos involucra.

6.- Agradecimientos

Los autores desean recordar al fallecido Ing. Alfredo Rifaldi por sus opiniones y comentarios alentadores acerca de los temas involucrados en este trabajo. También desean reconocer la actitud de los estudiantes que pasaron por los cursos de Teoría de Circuitos I y de Electrotecnia y Electrónica por apoyar las iniciativas aquí presentadas, y mantener el uso de la nomenclatura y la simbología en cuestión más allá de los cursos mencionados.

7.- Bibliografía

- [1] D. Jhonson, J. Hilburn y J. Jhonson, *Análisis básico de circuitos eléctricos*, Prentice Hall, 1991, p. 20.
- [2] W. Müller-Schwarz, *Basic Electrical Theory and Practice*, Siemens-Heyden & Son Ltd, 1981.
- [3] Autores varios, *Colección Enseñanza programada*, Siemens-Marcombo S.A., 1989.
- [4] *Letter symbols including conventions and signs for electrical technology. A handbook for every day use*, International Electrotechnical Commission, 1983.
- [5] A.M. Yoder, "Hablar claro", *Megavatios*, N° 239, marzo 2001.
- [6] Nombre de unidades. SI brochure, Section 5.2
http://www.bipm.org/en/si/si_brochure/chapter5/5-2.html
- [7] Símbolos de unidades. SI brochure, Section 5.1
http://www.bipm.org/en/si/si_brochure/chapter5/5-1.html
- [8] Prefijos. SI brochure, Section 5.2
http://www.bipm.org/en/si/si_brochure/chapter3/prefixes.html
- [9] R. Feynman, R. Leighton y M. Sands, *Física. Electromagnetismo y materia*, vol. II. Addison-Wesley Iberoamericana, 1987, p. 6-18.
- [10] D. Scott, *Introducción al análisis de circuitos Un enfoque sistémico*. McGraw-Hill, 1988.
- [11] J. Nilsson, *Circuitos eléctricos*. Addison-Wesley Iberoamericana, 1995. Pearson, Prentice Hall 2005.
- [12] C. Alexander, M. Sadiku, *Circuitos eléctricos*. Mc Graw Hill, 2002
- [13] R. Boylestad, *Introducción al análisis de circuitos*. Pearson, Prentice Hall 2004.