

**INSTITUTO SUPERIOR PEDAGÓGICO PARA LA EDUCACIÓN TÉCNICA Y
PROFESIONAL**

BASES DE LA ELECTRICIDAD

**TEMA 1: Conceptos básicos y elementos de los circuitos eléctricos.
Protocolos 1y 2 de 3**

**Autor:
M. Sc. Manuel Delgado Benítez
Profesor Auxiliar del Dpto. Eléctrica del ISPETP**

Ciudad de la Habana

**2007
Año 49 de la Revolución**

ÍNDICE

PROTOCOLO # 1	3
ASUNTO: El circuito eléctrico y sus componentes.	3
El Circuito Eléctrico. Definición.	3
ELEMENTOS IDEALES:	4
REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LOS ELEMENTOS IDEALES DEL CIRCUITO	5
Variables más importantes del circuito eléctrico:	5
Corriente	5
Tensión	5
y Potencia.	5
CORRIENTE.	5
Charles A. Coulomb	7
TENSIÓN	7
Datos de interés:	10
POTENCIA	10
James Watt	11
PROTOCOLO # 2	13
ASUNTO: Análisis de los componentes del circuito eléctrico.	13
EL RESISTOR:	13
William Siemens	15
EL CAPACITOR	16
Michael Faraday,	17
EL INDUCTOR:	20
Wilhelm Eduard Weber .	20
Joseph Henry.	21
Heinrich Friedrich Emil Lenz	23
LA FUENTE:	25
FUENTES IDEALES	25
Heinrich Hertz	26
FUENTES REALES:	27
Ejercicios resueltos:	29
Ejercicios a resolver:	37
Bibliografía	40
Material complementario a los Protocolos 1 y 2 “Bases de la Electricidad.”	41
1.- UNA MINIHISTORIA DE LA ELECTRICIDAD	41
2.- CONDUCTORES ELÉCTRICOS	45
3.- SIMULADORES	52
Iniciar el Electronic Work Bench versión 5.0 c	56
Menú.	58
File (Fichero o archivo):	58
Crear un archivo nuevo.	58
Abrir un fichero existente	58
Guardar archivo	59
Guardar como	60
Regresar al circuito salvado	60
Imprimir	60

Configuración de impresión.	61
Cerrar	62
Edit (Edición):	62
Circuit (Circuito):	62
Windows (Ventanas) :	63
Help (Ayuda)	63
<i>Metodología para la simulación.</i>	65
Elementos simples: (Ejemplo: El Resistor)	66
Configuración de instrumentos.	67
Bibliografía.	69

PROTOCOLO # 1

ASUNTO: *El circuito eléctrico y sus componentes.*

SUMARIO:

Nociones básicas sobre

- Corriente
- Tensión
- Potencia

Caracterización de los elementos pasivos ideales

- Fuente
- Resistor
- Inductor
- Capacitor
- Inductancia mutua

META:

Identificar el circuito eléctrico así como los elementos ideales que componen su esquema equivalente interpretando físicamente los conceptos de corriente, tensión, potencia y energía, asociándolos a su carácter de magnitudes que caracterizan a los circuitos eléctricos a partir de los conocimientos básicos de Física y Cálculo.

INTRODUCCIÓN

El tema 1 propiciará alcanzar las aspiraciones de caracterizar los circuitos eléctricos y los elementos que los componen a partir de la relación corriente - tensión en cada elemento ideal, las leyes de Kirchhoff, con la experimentación en el laboratorio y la interpretación física de los procesos y fenómenos estudiados.

Para lograr esto, en el tema será abarcado el siguiente sistema de conocimientos:

- El circuito eléctrico y sus componentes.
- Nociones básicas sobre corriente, tensión, potencia y energía.
- Caracterización de los elementos pasivos ideales.
- Clasificación y propiedades de los circuitos eléctricos.
- Fuentes de tensión y corriente.
- Leyes de Kirchhoff.
- Principio de Dualidad.

DESARROLLO:

El Circuito Eléctrico. Definición.

En Física y Circuitos Eléctricos se ofrecieron los conceptos de Circuito Eléctrico y sus componentes, así como los de corriente, tensión y potencia eléctrica, pero para nosotros es imprescindible unificar y generalizar esas definiciones

teniendo en cuenta las relaciones entre ellas e identificarlas como magnitudes que caracterizan a los circuitos eléctricos.

Para lograr tal intención debemos comenzar estableciendo que un equipo electromagnético es un “sistema físico real en el cual tienen lugar una o varias transformaciones energéticas al mismo tiempo”, por ejemplo: un generador, el motor eléctrico de una bomba de agua, etc.

Podemos definir entonces como “Circuito Eléctrico” a la interconexión de equipos electromagnéticos a través de los cuales puede circular una corriente eléctrica y cuyo objetivo es la distribución de la energía eléctrica y la transformación recíproca de esta y otras formas de energía.

Los equipos electromagnéticos pueden ser representados mediante modelos en forma esquemática, los cuales son elementos ideales que representan cada uno un proceso o transformación energética en particular.

Un elemento ideal es una representación abstracta de un dispositivo el cual está caracterizado por un solo parámetro y una única transformación energética.

Los ESQUEMAS de los circuitos están formados por la interconexión de los elementos ideales. El número de elementos y la manera en que se interconecten dependerá de las propiedades físicas del dispositivo que aparece en cada esquema.

Para representar los procesos de producción, disipación, transferencia y almacenamiento de energía en un dispositivo eléctrico son necesarios cinco elementos ideales que se representan gráficamente en las figuras 1.1 y 1.2 y se denominan como sigue:

ELEMENTOS IDEALES:

- Fuente.
- Resistor.
- Inductor.
- Capacitor.
- Inductancia Mutua.

La Fuente es el elemento ideal de circuito que representa la transformación de otras formas de energía en energía electromagnética para suministrarla a las distintas partes de un dispositivo.

De esta forma las pilas, acumuladores, generadores y otros equipos similares son representados por los elementos ideales “Fuente de Tensión” y “Fuente de Corriente”.

Al elemento ideal capaz de representar la transformación de energía eléctrica en energía calórica, mecánica, lumínica y otras formas de energía disipativa se le denomina Resistor. Es decir las lámparas, motores, hornos y otros son representados por el elemento ideal Resistor.

El Inductor es un elemento ideal que representa el almacenamiento de energía en forma de campo magnético.

Es denominado Capacitor el elemento ideal capaz de representar el almacenamiento de energía en forma de campo eléctrico.

El elemento ideal que representa la transferencia de energía de una parte a otra de un esquema eléctrico en forma de campo magnético es denominado Inductancia Mutua, no estudiaremos este elemento ahora.

Trataremos más detalladamente estos elementos en el próximo protocolo.

REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LOS ELEMENTOS IDEALES DEL CIRCUITO según la simbología del Simulador Electronics Work Bench:

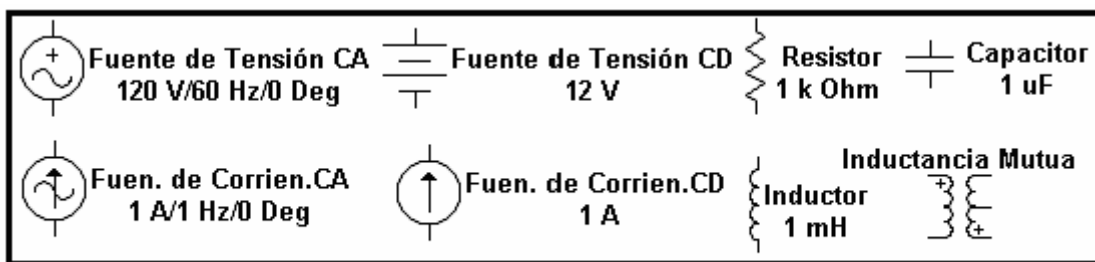


Fig. 1.1

Representación esquemática de los elementos ideales del circuito según la simbología de las Normas Cubanas

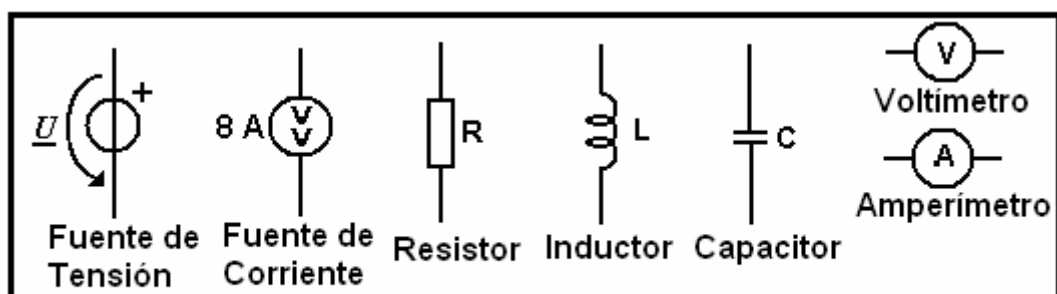


Fig. 1.2

Variables más importantes del circuito eléctrico:

Corriente

Tensión

y Potencia.

CORRIENTE.

Se ha denominado siempre a la Corriente Eléctrica como el movimiento ordenado de las cargas eléctricas en un sentido determinado.

Consideramos más adecuado definir la variable intensidad de la corriente eléctrica (y a esto llamaremos corriente) a la rapidez de variación de las cargas a través de una superficie en el tiempo, es decir:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad \text{ó} \quad i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (1)$$

Donde:

Q = Carga eléctrica en coulomb (C)

t = Tiempo en segundos (s)

i = Intensidad de la corriente en ampere (A)

NOTA:

Los nombres y símbolos de las unidades de medida del Sistema Internacional (SI) se escriben con minúscula. Sin embargo, cuando las unidades de medida se derivan de patronímicos se emplea mayúscula para la letra del símbolo (V), minúscula para el nombre de la unidad (volt), permanecen invariables en el plural (10 volt) y se escriben dejando un espacio entre su primera letra y el valor numérico que le antecede. Además, cuando las unidades de medida del SI llevan el nombre de científicos célebres no se permiten formas españolizadas (faradio).

Ejemplos:

Es <u>incorrecto</u> escribir o decir:	Es <u>correcto</u> escribir o decir:
Voltaje	<i>Tensión</i>
Amperaje	<i>Corriente</i>
Wataje	<i>Potencia</i>
1 Ampere	<i>1 ampere</i>
5 amperes	<i>5 ampere</i>
1 a	<i>1 A</i>
5 a	<i>5 A</i>
4 S (de segundos)	<i>4 s (de segundos)</i>
10 vatios	<i>10 watt</i>
5 KW	<i>5 kW</i>
20kilowatt	<i>20 kilowatt</i>
50 Mw.	<i>50 MW</i>
12 Kw	<i>12 kW</i>

Existen otras regulaciones con las unidades de medida del SI que veremos oportunamente. Desafortunadamente, en una amplia bibliografía, en la Biblioteca Encarta y en la información de Internet no siempre se respetan las regulaciones establecidas al respecto, debe tenerse cuidado con eso.

Charles A. Coulomb

El físico francés Charles A. Coulomb se destacó por sus trabajos realizados en el campo de la electricidad. En 1785 confirmó experimentalmente la ley que lleva su nombre, y que permite calcular la fuerza entre las cargas eléctricas.



Andrés Mª Ampere. Matemático y físico francés, 1775-1836 fue pionero en los estudios sobre electrodinámica, rama de la electricidad que se ocupa del estudio de las corrientes eléctricas y de los campos magnéticos que producen.

Algunos submúltiplos comúnmente utilizados son:

miliampere, [mA] = 10^{-3} ampere
microampere, [μ A] = 10^{-6} ampere

Como la corriente es variable en el tiempo no se sabe en qué sentido se mueven realmente las cargas, no obstante, convencionalmente, el sentido de la corriente es aquel en que se moverían las cargas positivas o el opuesto al flujo de las cargas negativas. Este sentido positivo se denominará de referencia. Si las cargas fluyen en sentido contrario al de referencia, entonces esta corriente será negativa.

Datos de interés:

- Sólo un 20 % aproximadamente de los rayos exceden los 40 kA . Se reportan en la literatura valores de hasta 350 kA pero son obtenidos indirectamente por el análisis de las características de deformación de los conductores de cobre en las antenas de televisión.
- La fibrilación ventricular está considerada como la causa principal de muerte por choque eléctrico. Por ejemplo, en corriente alterna y con intensidades inferiores a 100 mA, la fibrilación puede producirse si el tiempo de exposición es superior a 500 ms.
- Una computadora común tiene una fuente de alimentación de 8 A de capacidad.
- Un radio portátil tradicional puede funcionar con corrientes de 400 mA normalmente

TENSIÓN

Para que las cargas se trasladen, es decir, para que tenga lugar una corriente es necesario suministrarle energía a las cargas eléctricas y por esta razón se requiere introducir una magnitud que vincule el consumo de energía con el traslado de las cargas entre dos puntos de un circuito. Esta magnitud se llama tensión.

La tensión se define como la cantidad de energía utilizada en el desplazamiento de la unidad de carga eléctrica de un punto a otro de un circuito. Se expresa como:

$$u = \frac{dw}{dq} \quad \text{ó} \quad u = \frac{\Delta w}{\Delta q} \quad (2)$$

Donde:

W = Energía en joules [J]

U = Tensión en volt [V]

Múltiplos:

kilovolt [kV] = 10^3 volt [V]

Megavolt [MV] = 10^6 volt

Submúltiplos

milivolt [mV] = 10^{-3} V

microvolt [μ V] = 10^{-6} V



James A. Prescott Joule Físico inglés,
1818- 1889.

El físico británico James Prescott Joule centró sus investigaciones en los campos de la electricidad y la termodinámica. Demostró que el calor es una transferencia de energía y determinó el equivalente mecánico del calor.

Alejandro Volta. Profesor de física italiano,
1745- 1827

Volta construyó la primera pila de tensión mantenida, según su propia descripción, preparando cierto número de discos de cobre y de cinc junto con discos de cartón empapados en una disolución de agua salada. Después apiló estos discos comenzando por cualquiera de los metálicos, por ejemplo uno de cobre, y sobre éste uno de cinc, sobre el cual colocó uno de los discos mojados y después uno de cobre, y así sucesivamente hasta formar una columna o “pila”. Al conectar unas tiras metálicas a ambos extremos consiguió obtener chispas.

Volta era profesor universitario de física y realizó numerosas contribuciones a la ciencia, como la invención del electróforo, un dispositivo para producir cargas estáticas. La unidad de potencial eléctrico, el volt, se llama así en su honor.



En la representación de estas magnitudes fundamentales se utilizan letras minúsculas para significar funciones que varían en el tiempo, criterio que se mantendrá en el desarrollo de este material.

También es necesario establecer un sentido positivo o de referencia para la tensión entre dos puntos. Una tensión será positiva cuando su polaridad coincida con el sentido de referencia.

El sentido de referencia de la tensión puede indicarse por un signo positivo colocado en el terminal que se considera a mayor potencial, por una flecha que se sitúa entre los dos puntos, la cola de la cual corresponde al terminal más elevado o escribiendo el símbolo de la tensión con un doble subíndice, el primero de los cuales indica el terminal de mayor potencial. Se recomienda, por comodidad, tomar el sentido de referencia de la tensión de acuerdo con el sentido de referencia establecido para la corriente, de manera que uno sea consecuencia del otro. Así la corriente i_{ab} será consecuencia de la tensión u_{ab} .

En muchas ocasiones al resolver un problema no se conoce previamente el sentido de la corriente, por lo que resulta imprescindible suponer arbitrariamente un determinado sentido como positivo. Durante la solución del problema se deben mantener hasta el final los sentidos de referencia asumidos para la tensión y la corriente. Si la respuesta obtenida es positiva, indica que el sentido de referencia escogido arbitrariamente está acorde con el sentido real de la corriente o tensión, en caso contrario indica que el sentido de referencia asumido es contrario al verdadero sentido de la corriente o tensión, lo cual no significa que se deba resolver nuevamente, ya que evidentemente:

$$i_{ab} = -i_{ba} \quad y \quad u_{ab} = -u_{ba}$$

Apreciemos todo esto en las figuras 1.3 y 1.3a tomadas del simulador EWB:

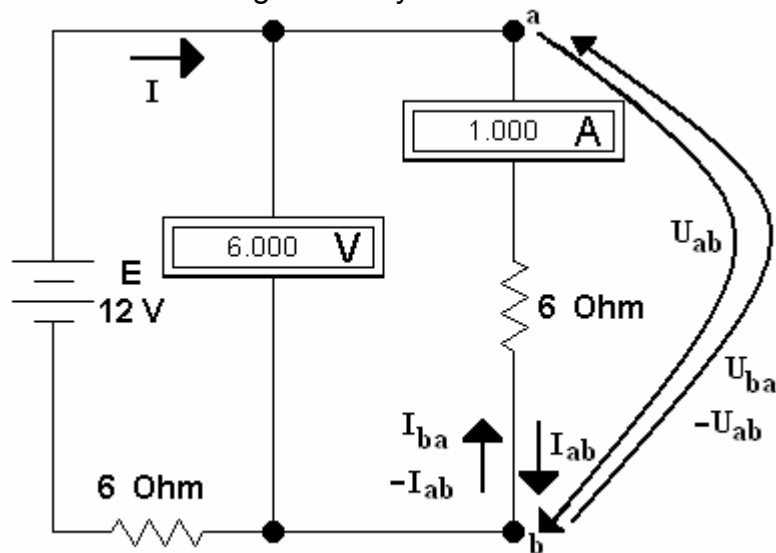


Fig. 1.3

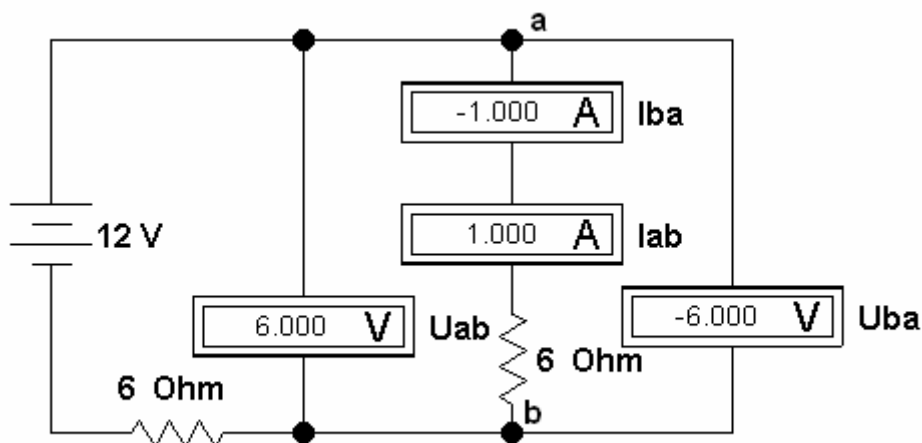


Fig. 1.3a

En el Simulador Electronics Workbench se señala la polaridad negativa de los instrumentos con un borde más oscuro. En la Fig. 1.3 puede apreciarse que el negativo del amperímetro y del voltímetro es el borde inferior (el más oscuro). En la Fig. 1.3a se han instalado, en el mismo circuito, dos instrumentos adicionales con la polaridad contraria a la de referencia, dando como resultado lecturas negativas.

Datos de interés:

- Producto del proceso de acumulación de cargas, en los puntos de más alta concentración de cargas en el interior de la nube, el potencial va aumentando hasta que alcanza un valor aproximado de unos 10 kV/cm, campo eléctrico suficiente, dadas las condiciones de presión y temperatura existentes en la nube, para iniciar un proceso de ionización y con ello el desarrollo de un rayo.
- Hasta tensiones de contacto de 50 V en corriente alterna, la impedancia de la piel varía, incluso en un mismo individuo, dependiendo de factores externos tales como la temperatura, la humedad de la piel, etc.; sin embargo, a partir de 50 V la impedancia de la piel decrece rápidamente, llegando a ser muy baja si la piel está perforada. En esta condición la corriente podría alcanzar valores letales.

POTENCIA

De la expresión (2) puede obtenerse la energía necesaria para desplazar una carga en una parte del circuito donde hay una tensión determinada, es decir:

$$dw = u dq \quad \text{ó} \quad \Delta w = u \Delta q$$

Y de (1):

$$dq = i dt \quad \text{ó} \quad \Delta q = i \Delta t$$

$$dw = uidt \quad \text{ó} \quad \Delta w = ui\Delta t$$

Entonces:

$$\frac{dw}{dt} = ui \quad \text{ó} \quad \frac{\Delta w}{\Delta t} = ui$$

Conocemos de Física que la potencia se define como la rapidez de cambio de la energía en el tiempo, es decir:

$$p = \frac{dw}{dt} \quad \text{ó} \quad p = \frac{\Delta w}{\Delta t}$$

Por lo que la potencia eléctrica se obtiene como:

$$p = ui \quad (3)$$

Donde:

p = Potencia instantánea en watt [W]

Múltiplos:

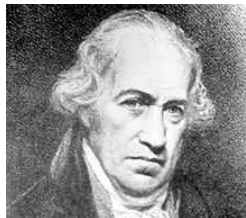
Megawatt [MW] = 10^6 W [watt]

kilowatt [kW] = 10^3 W

Submúltiplos:

miliwatt [mW] = 10^{-3} W

microwatt [μ W] = 10^{-6} W



James Watt (1736-1819), inventor e ingeniero mecánico escocés de gran renombre por sus mejoras de la máquina de vapor.

Nació el 19 de enero de 1736, en Greenock, Escocia. Trabajó como constructor de instrumentos matemáticos desde los 19 años y pronto empezó a interesarse en el perfeccionamiento de las máquinas

de vapor, inventadas por los ingenieros ingleses Thomas Savery y Thomas Newcomen, que se utilizaban en aquel momento para extraer agua de las minas.

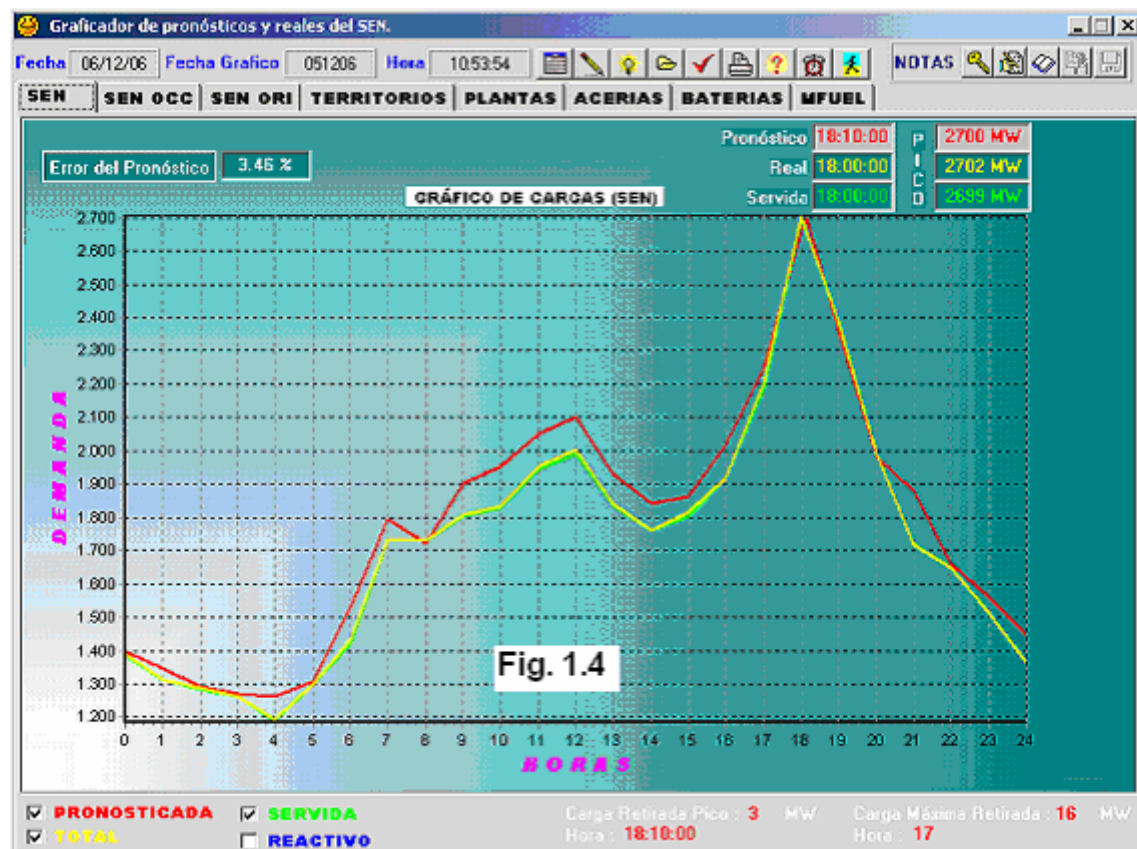
La idea extendida pero equivocada de considerar a Watt como el verdadero inventor de la máquina de vapor se debe al gran número de aportaciones que hizo para su desarrollo. El regulador centrífugo o de bolas que inventó en 1788, y que regulaba automáticamente la velocidad de una máquina, tiene especial interés en nuestros días. Incorpora el principio de retroalimentación de un servomecanismo, al articular el circuito de salida con el de entrada, que es el concepto básico de la automatización. La unidad eléctrica watt recibió el nombre en su honor. Fue también un afamado ingeniero civil, que hizo varios estudios sobre vías de canales. En 1767 inventó un accesorio para adaptarlo a los telescopios que se utilizaba en la medición de distancias. Murió el 19 de agosto de 1819 en Heathfield, Inglaterra.

El sentido de una potencia es el de la transmisión de la energía correspondiente.

Por convenio, si la potencia es positiva, es absorbida en esa parte o sector del circuito, si es negativa es entregada por esa parte o sector del circuito. Es al contrario si hablamos de Fuentes.

Dato de interés:

Como muestra el Gráfico de Carga del SEN de Cuba en la Fig. 1.4, a las seis de la tarde del día 5 de Diciembre del 2006, tuvo lugar el pico eléctrico con una demanda de 2,702 GW de potencia en todo el país, lo que puso en situación difícil el suministro eléctrico que solo pudo servir 2,699 GW lo que estuvo de acuerdo con el pronóstico trazado por la Empresa Eléctrica de 2700 MW para ese día. Analice usted la situación del primer pico a las doce del día de la misma fecha y los datos que se ofrecen en la parte inferior del Gráfico de Carga.



PROTOCOLO # 2

ASUNTO: *Análisis de los componentes del circuito eléctrico.*

SUMARIO:

- Resistor
- Capacitor
- Inductor
- Fuente

METAS:

Caracterizar los elementos ideales del circuito.

Asociar cada elemento ideal del circuito con el proceso energético al que está relacionado.

Establecer las relaciones de tensión – corriente en cada elemento ideal con la finalidad de utilizarlas en el análisis de los circuitos.

Determinar la potencia instantánea en cada elemento ideal y su interpretación física.

DESARROLLO:

Para calcular las corrientes y tensiones de los circuitos es necesario conocer las relaciones que se establecen entre estas variables en cada elemento ideal de circuito, de ello nos ocuparemos de inmediato:

EL RESISTOR:

Al elemento ideal capaz de representar la transformación de energía eléctrica en energía calórica, mecánica, lumínica y otras formas de energía **disipativa** se le denomina resistor. Es decir las lámparas, motores, hornos y otros son representados por el elemento ideal resistor.

Se esquematiza según la Fig. 2.1:

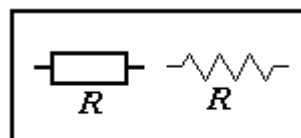


Fig. 2.1

Relación Tensión – Corriente en el resistor

La letra **R** corresponde al parámetro resistencia que expresa la relación entre la tensión y la corriente en el resistor, cuyo estudio detallado se realiza en Física y puede presentarse por la conocida Ley de Ohm como sigue:

$$u = Ri \quad (4)$$

La unidad de R es el [ohm]; [Ω]

Suelen utilizarse los:

Múltiplos:

kiloohm = kohm = $k\Omega = 10^3 \text{ ohm} = 10^3 \Omega$

Megaohm = $M\Omega = \text{Mohm} = 10^6 \text{ ohm}$

Submúltiplos:

miliohm = $m\Omega = 10^{-3} \Omega$

microohm = $\mu\Omega = 10^{-6} \Omega$

La polaridad de la tensión en el resistor se presenta de acuerdo con la dirección de la corriente en el elemento como muestra la Fig. 2.2

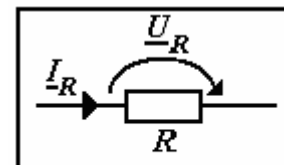


Fig. 2.2



George Simons Ohm, físico y matemático alemán (1789 – 1854).

En 1826, luego de fallidos intentos enuncia la Ley que sólo se le reconocería 16 años más tarde y que, 28 años después de descubierta, la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia adoptaría el “ohm” como unidad de medida para la resistencia eléctrica y para denominar la Ley de Ohm. Diez años antes moriría.

También se define la conductancia [G] como magnitud inversa a la resistencia, la cual tiene como unidad de medida el [siemen], el [mho] o el símbolo: [\mathfrak{S}], es decir:

(5)

$$G = \frac{1}{R}$$

En ocasiones es conveniente escribir la Ley de Ohm como sigue:

$$i = Gu \quad (6)$$



William Siemens

(1823-1883), hermano de Werner von Siemens, inventor y fundador de industrias de acero y eléctricas.

Su nombre originario era el de Karl Wilhelm Siemens. Nació en Lenthe, Alemania, emigró a Inglaterra en 1844 y desde entonces dirigió la filial inglesa de la empresa Siemens & Halske. Se hizo ciudadano británico en 1859 y fue nombrado sir en 1883. Siemens es famoso por el desarrollo de la caldera a hogar abierto, que patentó en 1856 y con posterioridad se aplicó para fabricar acero. Fue también un pionero en el uso de la energía eléctrica y una de las principales autoridades británicas en los campos de la ciencia y de la ingeniería.

Linealidad del resistor:

Un resistor puede clasificarse, atendiendo a la forma de su característica volt-ampere, en lineal y no lineal (RNL).

En el resistor lineal la tensión que se encuentra entre sus terminales y la corriente que circula por él están relacionadas mediante un operador lineal, este operador es su resistencia. En este caso de resistencia constante la característica volt-ampere del resistor será una línea recta que pasa por el origen como podemos ver en la Fig. 2.3. Por ello el resistor no deforma la forma de onda de la respuesta como puede comprobarse en el experimento montado en el simulador EWB en el archivo (e1.06.ewb).

En el caso contrario, un resistor no lineal es de resistencia variable, es decir, su característica volt-ampere no es una línea recta. Ejemplos de tales elementos son la resistencia del filamento metálico de una lámpara y la resistencia de una lámpara de filamento de carbón.

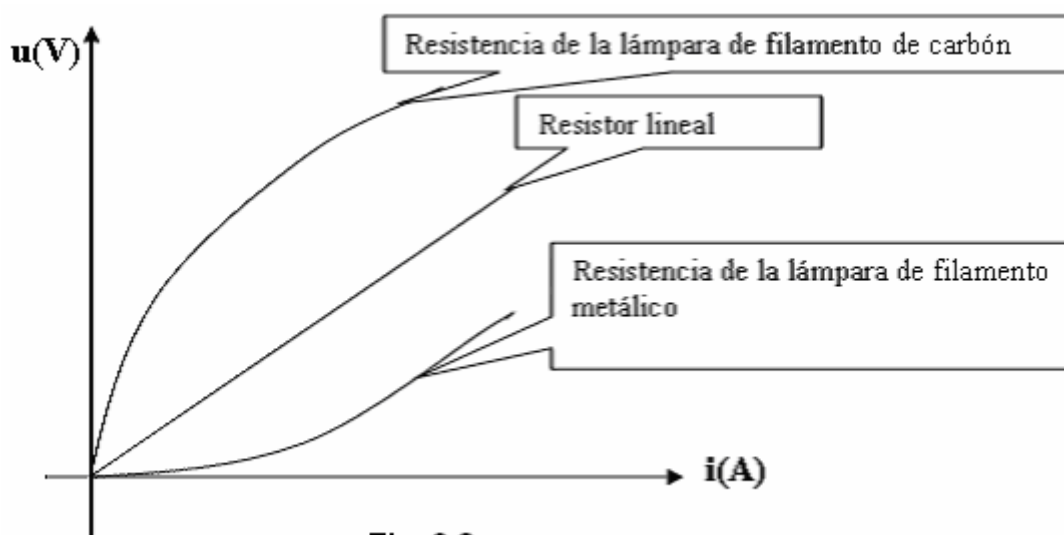


Fig. 2.3

Potencia en un resistor:

Según la expresión (3) del Protocolo #1: $p = ui$ es la expresión general de la potencia instantánea, pero en este caso tomaremos u , como la tensión en los

terminales del resistor e i como la corriente que circula por el resistor. Combinando expresiones (3), (4), (5) y (6) se obtiene:

$$p = ui = i^2 R = \frac{u^2}{R} = u^2 G \quad (7)$$

De (7) se evidencia que la potencia es una función cuadrática de la tensión o de la corriente, lo que implica, que no importa el signo de estas variables para afirmar que en el resistor la potencia siempre será positiva y en consecuencia este elemento ideal del circuito siempre representará potencia consumida o disipada debiendo recibirla siempre del resto del circuito y nunca sucederá a la inversa.

Puede decirse también que el resistor no representará potencia generada (producida) ni almacenada, sino disipada, es decir transformada en otro tipo de energía disipativa.

Datos de interés:

Se considera que la resistencia del cuerpo entre mano y pie es de 2500 ohm aproximadamente.

La impedancia interna del cuerpo puede considerarse esencialmente como resistiva, con la particularidad de ser la resistencia de los brazos y las piernas mucho mayor que la del tronco. Además, para tensiones elevadas la impedancia interna hace prácticamente despreciable la impedancia de la piel.

EL CAPACITOR

Es denominado Capacitor el elemento ideal capaz de representar el almacenamiento de energía en forma de campo eléctrico. No existe en el capacitor pérdidas de energía ni almacenamiento de energía en forma de campo magnético.

Se representa según la Fig. 2.4:

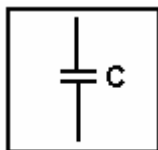


Fig. 2.4

Linealidad del capacitor

Un capacitor puede clasificarse, atendiendo a la forma de su característica coulomb - volt, en lineal y no lineal

En el capacitor lineal la tensión que se encuentra entre sus terminales y la carga que se acumula en sus placas están relacionadas mediante un operador lineal, este operador es su Capacitancia. En este caso de capacitancia constante la característica coulomb - volt del capacitor será una línea recta que pasa por el origen como se observa en la Fig. 2.5.

En el caso contrario, un capacitor no lineal es de capacitancia variable, es decir, su característica coulomb - volt no es una línea recta.

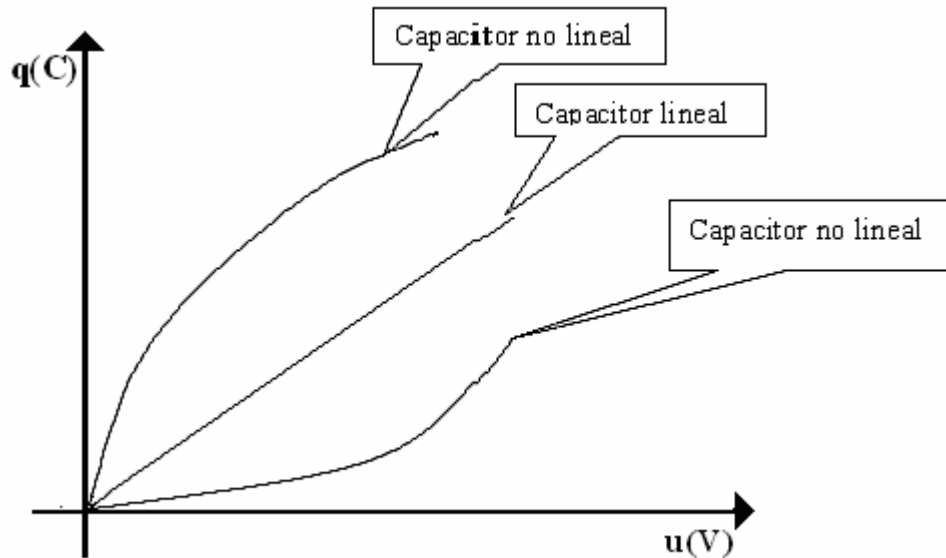


Fig. 2.5

La letra C representa el parámetro capacitancia que expresa la relación entre la tensión y la carga en el capacitor, cuyo estudio detallado se realiza en Física y puede presentarse como sigue:

$$C = \frac{q}{u}$$

Sus unidades: $\text{farad} = \frac{\text{coulomb}}{\text{volt}}$

Solo se utilizan submúltiplos:

1 μF = 1 microfarad = 10^{-6} F

1 nF = 1 nanofarad = 10^{-9} F

1 pF = 1 picofarad = 10^{-12} F

Si el capacitor es no lineal puede utilizarse la expresión más general:

$$C = \frac{dq}{du} \quad (8)$$



Michael Faraday, físico químico inglés
(1791 –1867)

Después de 10 años de experimentación convertía “fuerza magnética” en “fuerza eléctrica”, principio que es utilizado en los generadores eléctricos actuales. Descubrió el fenómeno conocido como

inducción electromagnética al observar que en un conductor que se mueve en un campo magnético aparece una corriente. Este descubrimiento contribuyó al desarrollo de las ecuaciones de Maxwell y llevó a la invención del generador eléctrico. Faraday fue uno de los físicos más prolíficos en cuanto a sus contribuciones a la ciencia. Sus descubrimientos son las bases de la electricidad, realizó importantes contribuciones a la física y la química. Entre los anteriores trabajos de Faraday en química figuran el enunciado de las leyes de la electrólisis y el descubrimiento del benceno.

Relación tensión – corriente en el capacitor:

A partir de las expresiones (1) y (8) se tiene:

$$i = \frac{dq}{dt} ; \quad C = \frac{dq}{du} \quad \therefore dq = Cdu \quad \text{Entonces:}$$

$$i = C \frac{du}{dt} \quad (9)$$

De (9) se evidencia que la corriente asociada al capacitor es proporcional a la rapidez de cambio de la tensión aplicada al mismo, es por ello que si la tensión aplicada al capacitor no varía con el tiempo (corriente directa), la corriente asociada al capacitor en estado estable será nula (luego de cargado el capacitor, pero en esto no nos detendremos ahora).

Integrando a ambos lados de la expresión (9) lograremos obtener la tensión del capacitor en función de la corriente asociada con él:

$$u = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i dt$$

$$u = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^0 i dt + \frac{1}{C} \int_0^t i dt$$

$$u = u_{(0)} + \frac{1}{C} \int_0^t i dt \quad (10)$$

El modelo matemático que se corresponde con la ecuación (10) será el de la Fig. 2.6 a continuación:

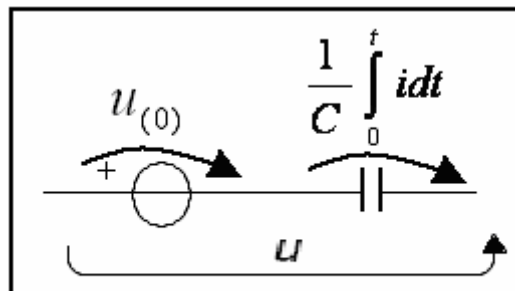


Fig. 2.6

Efectivamente, la fuente de tensión $u_{(0)}$ representa las condiciones iniciales (carga del capacitor para $t = 0$), pero si el capacitor está descargado $u_{(0)} = 0$ y la fuente se sustituirá por un corto circuito.

Como se desprende de las expresiones 9 y 10, tensión y corriente no tendrán la misma forma de onda, lo cual permite afirmar que el capacitor “deforma” la respuesta, también acostumbra decirse que la tensión del capacitor es una “variable de estado”. Se propone para su análisis la pregunta siguiente: ¿Puede variar instantáneamente la tensión en el capacitor? ¿Por qué?

Potencia en un capacitor:

Simultaneando las ecuaciones 7 y 9 se obtiene:

$$p = ui = Cu \frac{du}{dt} \quad (11)$$

Al considerar la expresión 11 puede constatararse que si la tensión y su derivada tienen el mismo signo el capacitor está recibiendo energía del resto del circuito, es decir se está cargando, está acumulando energía en sus placas. Cuando por el contrario la tensión y su derivada son de diferente signo la potencia es negativa porque el capacitor está devolviendo la energía al resto del circuito, se está descargando. Se evidencia que la energía no se disipa, sino que se “almacena” y se “devuelve” en intercambio con el resto del circuito.

A modo de resumen se recomienda analizar las siguientes afirmaciones:

- La forma de estímulo y respuesta no son iguales en el capacitor.
- Si la tensión aplicada al capacitor es constante, la corriente tendrá un valor nulo pudiendo ser representado el capacitor por un circuito abierto.
- Para que haya corriente en el capacitor, la tensión debe ser variable en el tiempo.
- La tensión (variable de estado) en el capacitor no puede variar bruscamente, sino de forma continua.

- El capacitor es un almacenador de energía, no representa pérdidas.

Dato de interés:

La tierra junto con la atmósfera puede ser considerada como un potente capacitor eléctrico cuyas placas son la corteza de la tierra con carga negativa y la ionosfera con carga positiva, de manera que la tierra se halla rodeada de un campo eléctrico cuya intensidad en la superficie terrestre se estima en unos 130 V/m y sobre los mares y océanos en unos 110 V/m. Este campo se le conoce como campo de buen tiempo. El campo de buen tiempo no provoca peligro para los organismos vivos y las instalaciones eléctricas pero juega un rol significativo en la formación de cargas eléctricas en exceso en las nubes de tormenta.

EL INDUCTOR:

El Inductor es el elemento ideal que representa el almacenamiento de energía en forma de campo magnético. En este elemento no tiene lugar el almacenamiento de energía en forma de campo eléctrico ni las pérdidas de energía eléctrica.

El parámetro que caracteriza al inductor es la inductancia cuyo símbolo es la letra L que es a su vez el coeficiente de proporcionalidad entre las concatenaciones de flujo del inductor Ψ y la corriente i que las produce, es decir:

$$L = \frac{d\Psi}{di} ;$$

Las unidades son: $\text{henry} = \frac{\text{weber}}{\text{ampere}}$

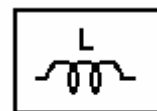


Fig. 2.7

En la Fig. 2.7 tenemos la representación gráfica del inductor.

El submúltiplo más utilizado es el milihenry = mH = 10^{-3} H = 10^{-3} henry.



Wilhelm Eduard Weber .

(1804-1891). Físico alemán especializado en electrodinámica. Nació en Wittenberg en el seno de una familia numerosa.

En Gotinga colaboró con Carl Friedrich Gauss en el estudio del geomagnetismo; durante ese tiempo se conectó con dos laboratorios mediante el telégrafo eléctrico (uno de los primeros usos de la comunicación telegráfica que ha quedado registrado). En Leipzig desarrolló varios instrumentos para medir la corriente eléctrica, en especial el electrodinamómetro para mediciones absolutas. Su trabajo más importante lo hizo en Leipzig, en donde

determinó, junto con F. W. G. Kohlrausch, la relación entre las unidades de carga electrostática y electromagnética (constante de Weber). Esta relación resultó ser igual a la velocidad de la luz, y fue utilizada más tarde por James Clerk Maxwell para defender su teoría electromagnética. La unidad SI del flujo magnético se denominó weber.



Joseph Henry.

(1797-1878), físico estadounidense.

Su obra más importante la realizó en el campo del electromagnetismo. Nació en Albany, estado de Nueva York, y estudió en la academia de su ciudad natal. Fue nombrado profesor de matemáticas y física natural de esta academia en 1826 y profesor de filosofía natural en la Universidad de Princeton en 1832. Descubrió el principio de la inducción electromagnética antes de que el físico británico Michael Faraday anunciara su descubrimiento de las corrientes electromagnéticas inducidas, pero Faraday publicó primero sus conclusiones. Sin embargo, sí se le reconoció el descubrimiento del fenómeno de la autoinductancia, que anunció en 1832. A la unidad de inductancia se le denomina henry en su honor.

Henry experimentó y perfeccionó el electroimán, inventado en 1823 por el británico William Sturgeon. Hacia 1829 había desarrollado electroimanes con gran fuerza de sustentación y eficacia y esencialmente iguales que los utilizados más tarde en dinamos y motores.

Linealidad del inductor:

Un inductor es lineal cuando su característica weber – ampere es una línea recta que pasa por el origen, o lo que es igual, el operador L es una constante en el inductor lineal.

Gráficamente esto es evidente en la Fig. 2.8:

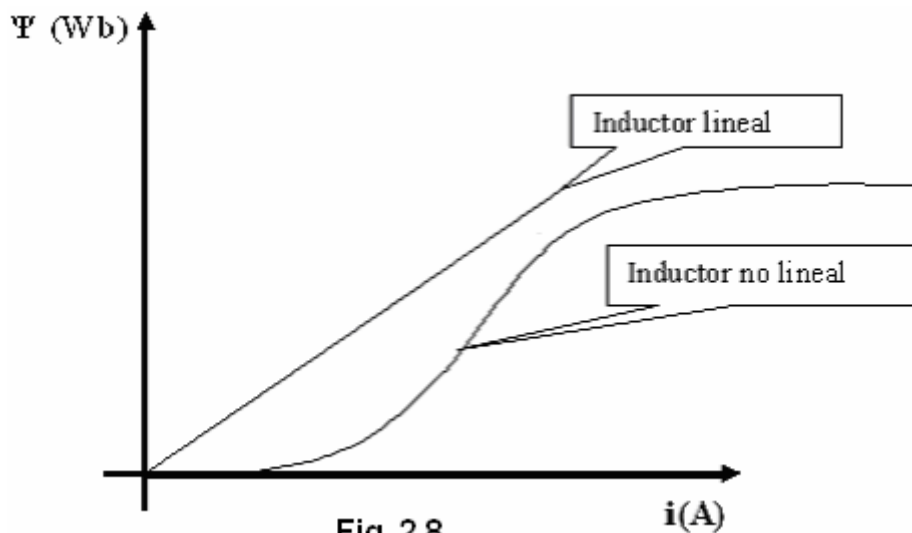


Fig. 2.8

Relación tensión – corriente en el inductor:

Por la Ley de Lenz conocemos que en un circuito por el que circule una

corriente variable en el tiempo $\frac{di}{dt} \neq 0$ se induce una fuerza electromotriz, o f.e.m. de autoinducción (e) que es proporcional a la variación de la corriente y que al propio tiempo se opone a los cambios de la corriente que la produjo, es decir:

$$e = -L \frac{di}{dt} \quad (12)$$

El signo menos precisa entonces que si la variación de la corriente en el inductor se debe a la variación de la tensión aplicada a ella (u), la f.e.m. de autoinducción tiene un sentido opuesto al de la tensión aplicada cuando la corriente está creciendo, pero tendrá el mismo sentido de la tensión aplicada cuando la corriente disminuya, es decir la ley de Lenz implica que la respuesta será siempre opuesta a las variaciones del estímulo que la provoca. Por esto la relación entre la tensión aplicada al inductor y la corriente en el mismo se desprende de la expresión (12) en la forma siguiente:

$$u = L \frac{di}{dt} \quad (13)$$

Si se integran los miembros de la expresión (13) se obtendrá la corriente en función de la tensión en el inductor, veamos:

$$i = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^t u dt = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^0 u dt + \frac{1}{L} \int_0^t u dt \quad \text{Es decir:}$$

$$i = i_L(0) + \frac{1}{L} \int_0^t u dt \quad (14)$$

Donde $i_L(0)$ considera la corriente inicial en el inductor, es decir para $t = 0$, lo cual implica que para ese instante el inductor puede ser sustituido por una fuente ideal de corriente.

El modelo matemático del inductor según la expresión (14) será el de la Fig. 2.9:

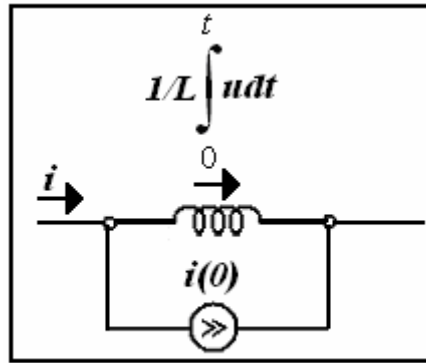


Fig. 2.9



Heinrich Friedrich Emil Lenz.

12 de Febrero de 1804 – 10 de Febrero de 1865.

Nace en Dorpat, Rusia y muere en Roma.

Es profesor de la Universidad de San Petersburgo.

Investigó la conductividad de varios materiales bajo la acción de corrientes eléctricas y el efecto de la temperatura sobre la conductividad. También estudió el efecto del calor producido por una corriente al circular por un conductor y descubrió la ley conocida hoy como la Ley de Joule. Descubrió asimismo la reversibilidad de las máquinas eléctricas.

Sin conocimiento alguno de los trabajos de Henry y con solamente un conocimiento parcial de los descubrimientos de Faraday, él no sólo realizó estudios similares, sino que además formuló un principio básico que escapó a la vista tanto de Henry como de Faraday y que es conocido hoy como la Ley de Lenz. Su Ley permite predecir la dirección de una corriente inducida, debido, por ejemplo a las variaciones de un flujo magnético en las proximidades de una espira circular conductora, en cualquier circunstancia.

Más sobre la Ley de Lenz:

Ley que permite predecir el sentido de la fuerza electromotriz inducida en un circuito eléctrico. Fue definida en 1834 por el físico alemán **Heinrich Lenz**.

El sentido de la corriente o de la fuerza electromotriz inducida es tal que sus efectos electromagnéticos **se oponen a la variación** del flujo del campo magnético que la produce.

Así, si el flujo del campo magnético a través de una espira **aumenta**, la corriente eléctrica que en ella se induce crea un campo magnético cuyo flujo a través de la espira es negativo, **disminuyendo el aumento original** del flujo.

Por ejemplo, **si se aproxima** el polo sur de un imán a una espira, ésta crea una fuerza electromotriz inducida que **se opone a la causa que la produce**, y la corriente circula por ella de manera que la espira se comporta como un polo sur frente al imán, al que **trata de repeler**.

En realidad, la ley de Lenz es otra forma de enunciar el principio de conservación de la energía. Si no fuera así, la cara de la espira enfrentada al polo sur del imán se comportaría como un polo norte, atrayendo al imán y realizando un trabajo sobre él, a la vez que se produce una corriente eléctrica que origina más trabajo. Esto sería creación de energía a partir de la nada. Sin embargo, para acercar el imán a la espira hay que realizar un trabajo que se convierte en energía eléctrica.

Potencia en el inductor:

Sustituyendo la expresión (13) en la (7) se obtiene:

$$p = ui = Li \frac{di}{dt} \quad (15)$$

Al considerar la expresión 15 puede constatar que si la corriente y su derivada tienen el mismo signo el inductor está recibiendo energía del resto del circuito, es decir se está cargando, está acumulando energía en forma de campo magnético. Cuando por el contrario la corriente y su derivada son de diferentes signos, la potencia es negativa porque el inductor está devolviendo la energía al resto del circuito, se está descargando el campo magnético. Se evidencia que, en el inductor, la energía no se disipa, sino que se “almacena” y se “devuelve” en intercambio con el resto del circuito.

A modo de resumen se recomienda analizar las afirmaciones siguientes:

- La forma de estímulo y respuesta no son iguales en el inductor vea el ejemplo (e1.07.ewb) montado en el simulador EWB.
- Si la corriente que circula por el inductor es constante, la f.e.m. de autoinducción tendrá un valor nulo pudiendo ser representado el inductor por un cortocircuito.
- Para que haya tensión en el inductor, la corriente debe ser variable en el tiempo.
- La corriente (variable de estado) en el inductor no puede variar bruscamente, sino de forma continua.
- El inductor es un almacenador de energía, no representa pérdidas.

LA FUENTE:

La fuente es el elemento ideal de circuito que representa la transformación de otras formas de energía en energía electromagnética para suministrarla a las distintas partes de un dispositivo (fuentes primarias o independientes). La energía generada por las fuentes es almacenada en los capacitores e inductores y consumida en los resistores.

Las fuentes que se alimentan de otras como los amplificadores se denominan fuentes dependientes.

De esta forma las pilas, acumuladores, generadores y otros equipos similares son representados por los elementos ideales “Fuente de Tensión” y “Fuente de Corriente”.

FUENTES IDEALES

Las fuentes ideales no presentan pérdidas de energía y son capaces de entregar una energía infinita.

La fuente ideal de tensión es capaz de mantener una tensión constante entre sus terminales independientemente de la corriente que entregue o la carga que tenga conectada en sus terminales. A esta tensión se denomina Fuerza electromotriz o fem. de la fuente. La polaridad de referencia de una fem. se indica por el signo positivo colocado en el punto de potencial más elevado. Una fem. es positiva cuando su polaridad corresponde a la de referencia.

En la fuente ideal de tensión la resistencia interna es cero. La resistencia interna de una fuente representa el consumo de energía o pérdidas internas de la fuente, pero esto se considera inexistente en la fuente ideal.

La simbología se aprecia en la Fig. 2.10:



Fig. 2.10

La de la izquierda representa una fuente ideal de tensión de valor constante conocida como fuente de Corriente Directa (CD). En este caso su signo es E (independiente del tiempo) y su valor $E = 12\text{ V}$, es decir, 12 volt.

La del centro representa una fuente ideal de tensión de valor variable en el tiempo conocida como fuente de Corriente Alterna Sinusoidal (CA). En este caso expone su signo como e (dependiente del tiempo) y su valor con tres magnitudes como debe ser en este caso de CA, es decir tensión de 120 V; frecuencia de 60 Hz (60 hertz) y fase inicial de cero grados (0 Deg).

Estas dos primeras representaciones constituyen casos particulares y proceden del Simulador Electronic Work Bench que con frecuencia usaremos. El símbolo de la derecha es más general, se corresponde con las Normas Cubanas y expresa cualquier señal de valor variable en el tiempo e .

Heinrich Hertz



(1857-1894), físico alemán, nació en Hamburgo y estudió en la Universidad de Berlín. Desde 1885 hasta 1889 fue profesor de física en la Escuela Técnica de Karlsruhe.

Después de 1889 en la Universidad de Bonn. Hertz clarificó y extendió la teoría electromagnética de la luz, que había sido formulada por el físico británico James Clerk Maxwell en 1884. Hertz demostró que la electricidad puede transmitirse en forma de ondas electromagnéticas, las cuales se propagan a la velocidad de la luz y tienen además muchas de sus propiedades. Sus experimentos con estas ondas le condujeron al descubrimiento del telégrafo y la radio sin cables. La unidad de frecuencia se denominó hertz en su honor; Hz es su símbolo.

La fuente ideal de corriente es la que mantiene un valor determinado de corriente sin importar la carga conectada ni el valor de la tensión entre sus terminales. Puede decirse que su conductancia interna es nula, por lo que en la fuente ideal de corriente no hay consumo o pérdidas de energía.

La simbología se aprecia en la Fig. 2.11:

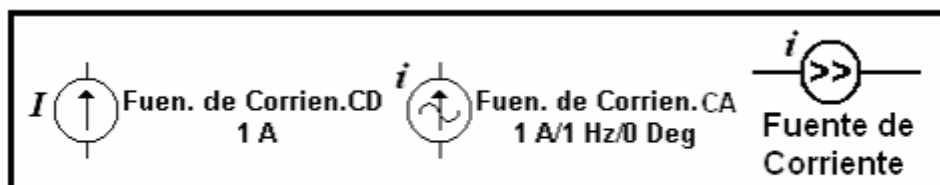


Fig. 2.11

La de la izquierda representa una fuente ideal de corriente de valor constante conocida como fuente de Corriente Directa (CD). En este caso expresa su valor como I (independiente del tiempo) y su valor como 1 A, es decir, 1 ampere.

La siguiente, en el centro, representa una fuente ideal de corriente de valor variable en el tiempo conocida como fuente de Corriente Alterna Sinusoidal (CA). En este caso expone su signo como i (dependiente del tiempo) y su valor tiene tres magnitudes como debe ser en este caso de CA, es decir corriente de 1 A; frecuencia de 1Hz (1 hertz) y fase inicial de cero grados (0 Deg).

Estas dos primeras representaciones constituyen casos particulares y proceden del Simulador Electronic Work Bench que con frecuencia usaremos.

El símbolo de la derecha es más general, se corresponde con las Normas Cubanas y expresa cualquier señal i de valor variable en el tiempo.

FUENTES REALES:

Existen dos tipos de fuentes reales: la de tensión y la de corriente,

La **fente real de tensión** tiene su resistencia interna diferente de cero de manera que tiene en cuenta las pérdidas de energía internas en la fuente y además el hecho de que ya la potencia que es capaz de entregar la fuente va a depender de la corriente que se le demande, es decir de la carga que se le conecte y del valor de su f.e.m. y de su resistencia interna.

En su representación concurrirán ahora una fuente ideal de tensión y un resistor como puede observarse en la Fig. 2.12:

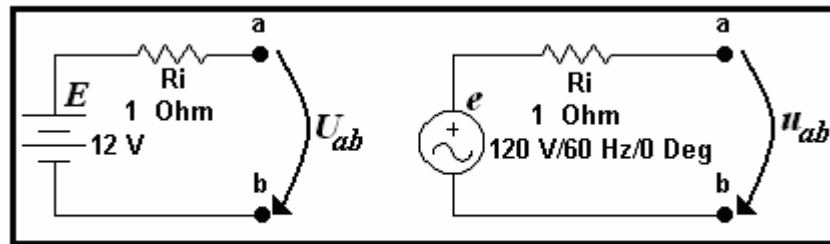


Fig. 2.12

Como antes, la de la izquierda es el esquema de la fuente real de tensión a CD y la de la derecha es el esquema de la fuente real de tensión a CA. Respectivamente U_{ab} y u_{ab} son las tensiones de salida de cada fuente, que se diferenciarán de las f.e.m. E y e en las caídas de tensión en los resistores internos de las fuentes, esto se comprenderá mejor después. Los valores numéricos de las f.e.m. y las R_i se ofrecen a modo de ejemplo solamente.

En ocasiones como esta de la Fig. 1.17 la unidad de resistencia (Ohm) no se corresponde con las normas del SI de unidades (ohm) pues así lo escribe el Simulador EWB en la versión 5 que por el momento empleamos.

La **fente real de corriente** tiene su conductancia interna diferente de cero de manera que tiene en cuenta las pérdidas de energía internas en la fuente y además el hecho de que ya la potencia que es capaz de entregar la fuente va a depender de la carga que se le conecte y del valor de su f.e.m. y de su conductancia interna.

En su representación concurrirán ahora una fuente ideal de corriente y un resistor paralelo como muestra la Fig. 2.13:

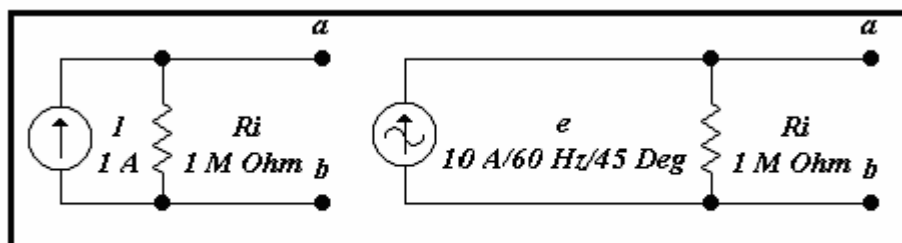


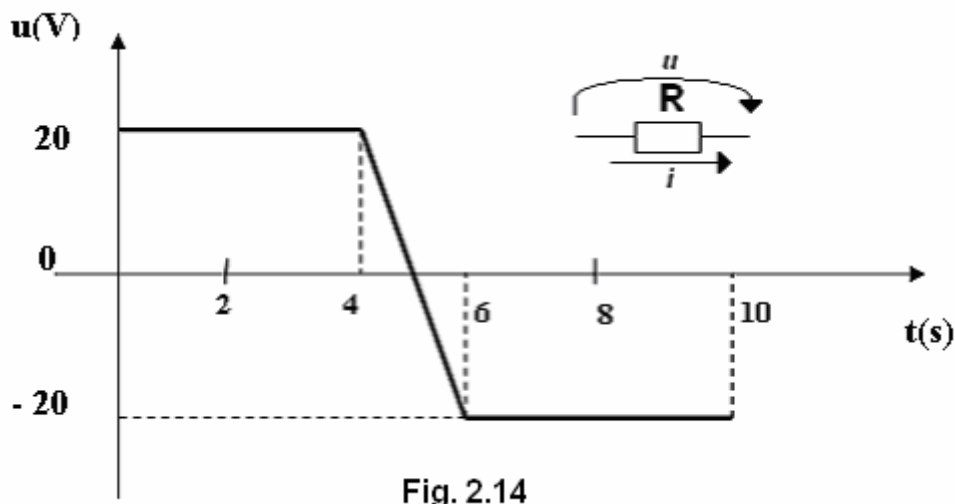
Fig. 2.13

Ahora también, el de la izquierda es el esquema de la fuente real de corriente a CD y el de la derecha es el esquema de la fuente real de corriente a CA. Respectivamente I e i son las corrientes internamente producidas por cada fuente, que se diferenciarán de las corrientes entregadas por cada fuente real en las corrientes derivadas por los resistores internos de las fuentes, esto se comprenderá mejor después. Los valores numéricos de las corrientes y las R_i se exponen a modo de ejemplo solamente. Generalmente se representan las conductancias internas, pero por comodidad al hacer los esquemas se han dibujado los resistores con sus valores de resistencia.

(Inicio)

Ejercicios resueltos:

1.01 - En un resistor de $R = 10 \, \Omega$ de Resistencia se aplica la onda de tensión que se muestra en la gráfica de la Fig. 2.14. Calcular la corriente que circula por el resistor y la potencia que el mismo disipa.



Solución:

El procedimiento consistirá en realizar los cálculos por sectores en la curva de tensión mediante la aplicación consecuente de las expresiones (4) y (7). Es decir:

Entre 0 y 4 segundos:

$$u = 20 \, V \quad ; \quad i = \frac{u}{R} = \frac{20}{10} = 2 \, A ;$$

$$p = ui = 20 \cdot 2 = 40 \, W$$

Entre 4 y 6 segundos la ecuación de la función tensión es $u = mt + b$ (Recordar $y = mx + b$).

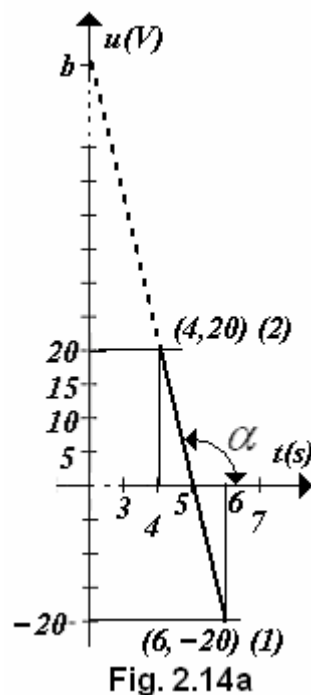
Referir a la Fig. 2.14a ahora:

$$u = mt + b$$

$$m = \tan \alpha = \frac{t_2 - t_1}{u_2 - u_1} = \frac{20 - (-20)}{4 - 6} = -20$$

$$\frac{b}{5} = \frac{20}{1} \rightarrow b = 20 \cdot 5 = 100 \, V \quad \therefore$$

$$u = (-20t + 100) \, V ;$$



$$i = \frac{-20t + 100}{10} = (-2t + 10) \text{ A} ;$$

$$p = (-20t + 100)(-2t + 10)$$

$$\therefore p = (40t^2 - 400t + 1000) \text{ W}$$

Entre 6 y 10 segundos tenemos:

$$u = -20 \text{ V} ; i = \frac{-20}{10} = -2 \text{ A} ; p = (-20)(-2) = 40 \text{ W}$$

Respuesta:

Podemos tabular los resultados del ejercicio como sigue:

$t(s)$	$u(V)$	$i(A)$	$p(W)$
$0 \leq t < 4$	20	2	40
$4 \leq t < 6$	$-20t+100$	$-2t+10$	$40t^2-400t+1000$
$6 \leq t < 10$	-20	-2	40

Una simple inspección de los resultados permitirá llegar a dos conclusiones:

1. La onda de corriente es idéntica a la de tensión, es decir, si tomamos la tensión como el estímulo, la respuesta (corriente) no es deformada por el resistor.
2. La potencia instantánea es siempre positiva, o lo que es lo mismo, el resistor consume toda la potencia asociada con él, nunca la almacena ni la devuelve al circuito.

1.02 – Determine la corriente en un capacitor de $C = 100 \text{ mF}$ si la tensión entre sus terminales en cada caso es:

$$a) \quad u_{ab} = 20t^2 \text{ V}$$

$$b) \quad u_{ab} = 5t \text{ V}$$

$$c) \quad u_{ab} = 20 \text{ V}$$

Solución:

El procedimiento consistirá en realizar los cálculos mediante la aplicación consecuente de la expresión (9). Es decir:

$$a) \quad i_{ab} = C \frac{du_{ab}}{dt} = (100 \cdot 10^{-3}) \frac{d}{dt} (20t^2)$$

$$= 100 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 2 \cdot t$$

$$i_{ab} = 4t \text{ A}$$

$$b) \quad i_{ab} = C \frac{du_{ab}}{dt} = (100 \cdot 10^{-3}) \frac{d}{dt} (5t)$$

$$= 100 \cdot 10^{-3} \cdot 5$$

$$i_{ab} = 0,5 \text{ A}$$

$$c) \quad i_{ab} = C \frac{du_{ab}}{dt} = (100 \cdot 10^{-3}) \frac{d}{dt} (20)$$

$$= 100 \cdot 10^{-3} \cdot 0$$

$$i_{ab} = 0 \text{ A}$$

Respuestas:

$a) \quad i_{ab} = 4t \text{ A}$ $b) \quad i_{ab} = 0,5 \text{ A}$ $c) \quad i_{ab} = 0 \text{ A}$
--

Observaciones:

Puede apreciarse que, en ningún caso, hay correspondencia entre la forma de onda de la tensión y la corriente del capacitor (estimulo y respuesta), es decir, el capacitor deforma la forma de onda de la respuesta.

Por otra parte, cuando la tensión es constante (corriente directa) no hay corriente en el capacitor, esto es, se comporta como un circuito abierto.

1.03 – Determine la tensión en los terminales de un inductor de $L = 500 \text{ mH}$ si la corriente que por él circula, en cada caso, es:

$$a) \quad i_{ab} = 20t \text{ A}$$

$$b) \quad i_{ab} = 20 \sin \omega t \text{ A}$$

$$c) \quad i_{ab} = 20 \text{ A}$$

Solución:

El procedimiento consistirá en realizar los cálculos mediante la aplicación consecuente de la expresión (13). Es decir:

$$\begin{aligned} a) \quad u_{ab} &= L \frac{di_{ab}}{dt} = (500 \cdot 10^{-3}) \frac{d}{dt} (20t) \\ &= 500 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \\ u_{ab} &= 20 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b) \quad u_{ab} &= C \frac{di_{ab}}{dt} = (500 \cdot 10^{-3}) \frac{d}{dt} (20 \sin \omega t) \\ &= 500 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot \omega \cdot \cos \omega t \\ u_{ab} &= 10 \cdot \omega \cdot \cos \omega t \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c) \quad u_{ab} &= C \frac{du_{ab}}{dt} = (500 \cdot 10^{-3}) \frac{d}{dt} (20) \\ &= 500 \cdot 10^{-3} \cdot 0 \\ u_{ab} &= 0 \text{ A} \end{aligned}$$

Respuestas:

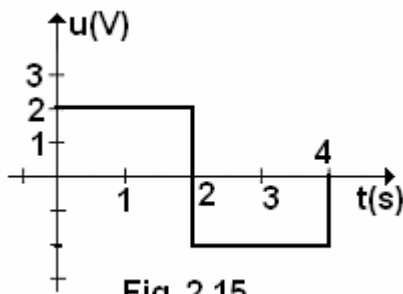
$$\begin{aligned} a) \quad u_{ab} &= 20 \text{ V} \\ b) \quad u_{ab} &= 10 \omega \cos \omega t \text{ V} \\ c) \quad u_{ab} &= 0 \text{ V} \end{aligned}$$

Observaciones:

También ahora puede apreciarse que, en ningún caso, hay correspondencia entre la forma de onda de la corriente y la de la tensión del inductor (estimulo y respuesta), es decir, el inductor también deforma la forma de onda de la respuesta.

Por otra parte, cuando la corriente no varía (corriente directa) no hay tensión en el inductor, esto es, se comporta como un corto circuito, o un conductor común.

1.04 – El gráfico mostrado en la Fig. 2.15 representa la tensión aplicada a un resistor de 4 ohm. Construya los gráficos de corriente y potencia asociados al resistor.



Solución:

El procedimiento consistirá en realizar los cálculos mediante la aplicación consecuente de la Ley de Ohm. Es decir:

Cálculo de la corriente:

Para $0 \leq t \leq 2$

$$u = 2 \text{ V} \quad \therefore$$

$$i = \frac{u}{R} = \frac{2}{4} = 0,5 \text{ A}$$

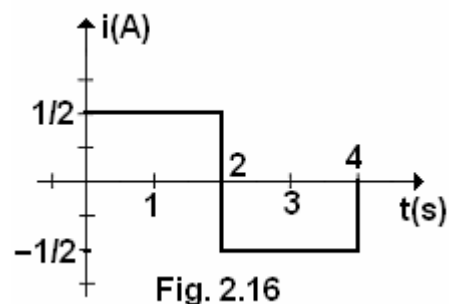
Para $t = 2 \text{ s}$

$$u = 0 \Rightarrow i = 0$$

Para $2 \leq t \leq 4$

$$u = -2 \text{ V} \quad \therefore$$

$$i = \frac{-2}{4} = -0,5 \text{ A}$$



Se muestra el resultado en la Fig. 2.16

Cálculo de la potencia:

$$p = u \cdot i$$

Para $0 \leq t \leq 2 \text{ s}$

$$p = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ W}$$

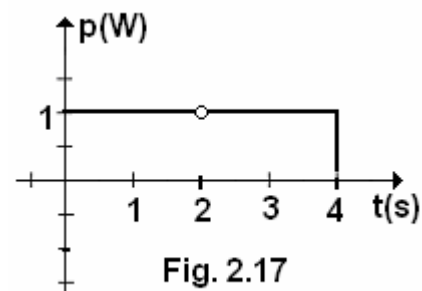
Para $t = 2 \text{ s} \rightarrow u = 0; i = 0$

$$\therefore p = 0$$

Para $2 \leq t \leq 4 \text{ s}$

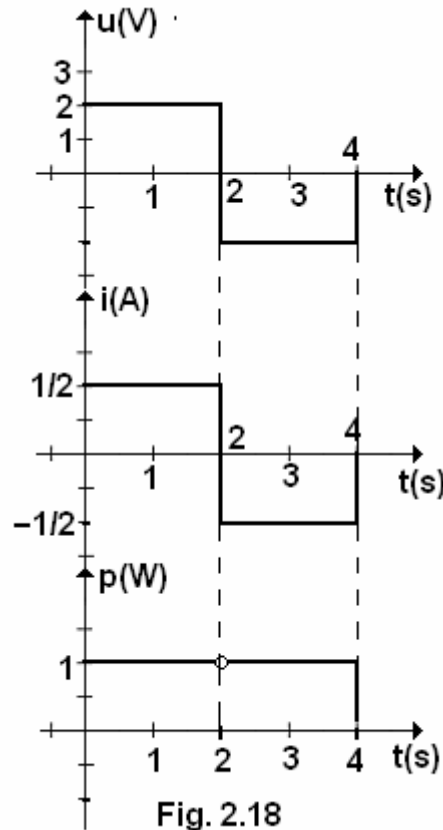
$$p = (-2)(-0,5) = 1 \text{ W}$$

Se muestra el resultado en la Fig. 2.17

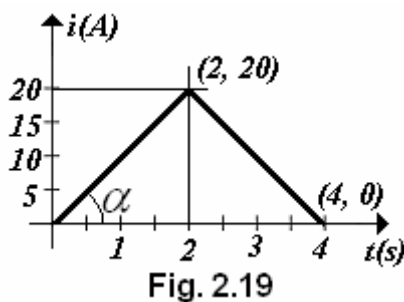


Respuesta:

Se muestran los gráficos resultantes y el de dato vinculados en la Fig. 2.18



1.05 – Construya el gráfico de tensión para un inductor de 1 H si su gráfico de corriente es el mostrado en la Fig. 2.19.



Solución:

Según la expresión 13, la tensión en el inductor es función de la derivada de la corriente respecto al tiempo y por ello es preciso encontrar la ecuación de la corriente en función del tiempo. Veamos:

Entre 0 y 2 s la corriente está representada por una recta que pasa por el origen y por ello responde a la ecuación $i = mt$, en la que $m = \tan \alpha$ es la pendiente de la recta, lo que puede calcularse como sigue:

$$u = L \frac{di}{dt} \quad \text{pero para } 0 \leq t \leq 2 \text{ s} :$$

$$i = mt \quad \text{donde} :$$

$$m = \tan \alpha = \frac{20-0}{2-0} = 10 \downarrow$$

$$i = 10t$$

$$\therefore u = 1 \cdot \frac{d(10t)}{dt} = 10 \text{ V}$$

$$\text{Para } 2 \leq t \leq 4 \text{ s}$$

$$i = mt + b$$

m es la pendiente y b el intercepto

$$\therefore m = \frac{20-0}{2-4} = -10 \text{ sustituyendo para } (2,2)$$

$$20 = -10 \cdot 2 + b \rightarrow b = 40 \text{ A} \downarrow$$

$$i = -10t + 40$$

$$\Rightarrow u = 1 \cdot \frac{d(-10t + 40)}{dt} = -10 \text{ V}$$

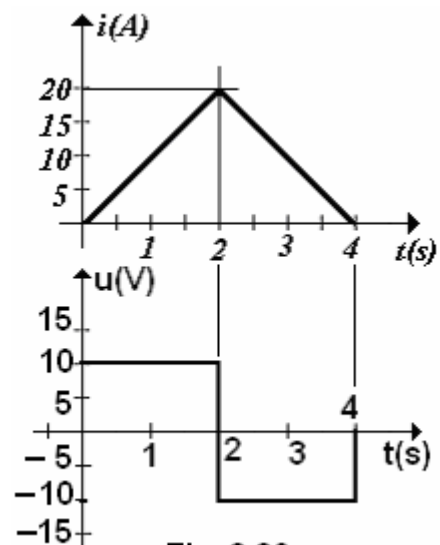


Fig. 2.20

Respuesta:

El gráfico se muestra en la Fig. 2.20

1.05 – Si a un capacitor dado se le aplica una tensión $u = 5t^2$ V, a los 0,1 s la corriente tendrá un valor de 5 μ A . Determine la capacitancia del capacitor y la expresión de la corriente.

Solución:

De nuevo el procedimiento consistirá en realizar los cálculos mediante la aplicación consecuente de la expresión (9). Es decir:

$$i = C \frac{du}{dt} = C \frac{d(5t^2)}{dt} \downarrow$$

$$i = C \cdot 10t \quad \text{por datos, para } t = 0,1 \text{ s, } i = 5 \mu\text{A} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ A}$$

entonces :

$$5 \cdot 10^{-6} = C \cdot 10 \cdot 0,1 \Rightarrow C = 5 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 5 \mu\text{F}$$

Respuesta:

$$C = 5 \mu F ; \quad i = 50 \cdot 10^{-6} t \text{ A}$$

Ejercicios a resolver:

Notas:

1. Comprobación

Deben comprobarse, siempre que sea posible, los resultados que se obtengan al resolver los ejercicios mediante el Simulador Electronics Workbench (EWB) ó el Simulador Multisim (EWB Versión 7).

2. Invalidantes:

Es importante que se tenga en cuenta durante todo el desarrollo de la asignatura, en la solución de los ejercicios y en las respuestas de los mismos que no son admisibles las incorrecciones y descuidos siguientes:

- ✓ Signo incorrecto en la Ley de Ohm.
- ✓ Leyes de Kirchhoff planteadas incorrectamente.
- ✓ Identificación incorrecta de conexiones serie y paralelo.
 - Uso inadecuado de los divisores de tensión y de corriente. No sólo deben plantearse las fórmulas correctamente, sino saber dónde se pueden y dónde no se pueden aplicar.
- ✓ Asumir valores absurdos en redes.
- ✓ Suponer la corriente por una fuente real de tensión como U/R_i .
- ✓ Utilización inadecuada de la terminología y simbología

3. Numeración:

En cada ejercicio, “n” se corresponde con el número de lista.

4. Habilidades:

Para resolver ejercicios es preciso ejecutar las siguientes Operaciones:

1. Identificar e interpretar el ejercicio.-
2. Seleccionar el método de solución.
3. Elaborar el algoritmo de solución.
4. Ejecutar los cálculos según el algoritmo.
5. Obtener la respuesta del ejercicio.
6. Valorar, comprobar e interpretar físicamente la solución.
7. Revalorar método y algoritmo empleado.

- 1.1 - Explique la relación que existe entre la corriente, la tensión y la potencia en un circuito.
- 1.2 - Clasifique los elementos ideales del circuito eléctrico atendiendo a las manifestaciones energéticas que en ellos tienen lugar.
- 1.3 - En un dipolo (elemento) determinado la relación tensión – tiempo se comporta según la gráfica mostrada en la Fig. 2.21 Investigue:
 - ¿Cuál es el comportamiento de la tensión en el tiempo?
 - Si la onda de tensión se repite periódicamente ¿cuál es su período y su frecuencia?

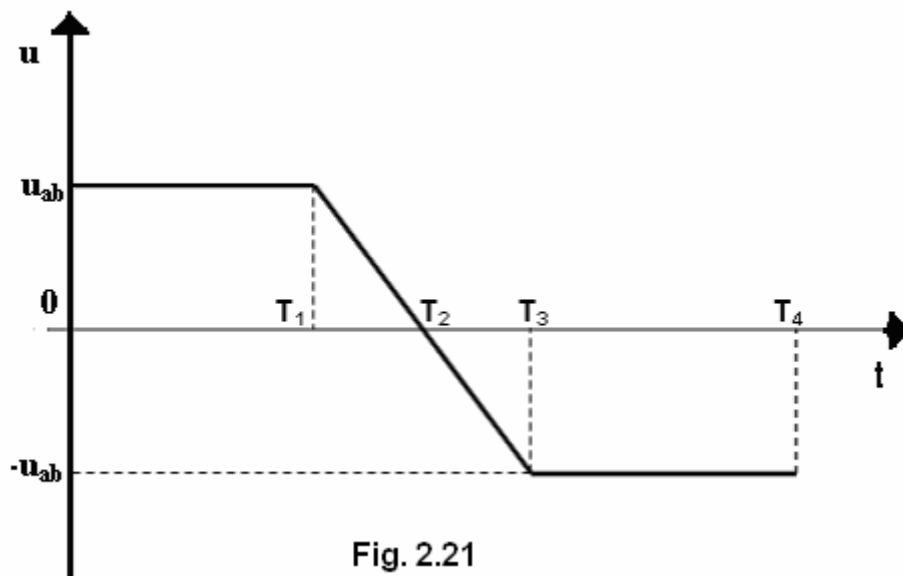


Fig. 2.21

1.4- En la figura 2.22 se muestra el gráfico de la tensión u aplicada a un resistor de $(2 + 2n) \Omega$. Determine la intensidad de la corriente que circula por el resistor y la potencia consumida por éste en los instantes:

- $t_1 = 0,5 \text{ s}$;
- $t_2 = 1,5 \text{ s}$
- $t_3 = 2,5 \text{ s}$.

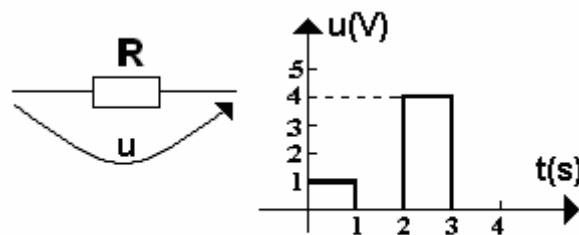


Fig. 2.22

1.5- A voltage $u = 141 \sin 377t \text{ V}$ is applied across a pure resistance $R = (10n + 5) \Omega$.

- a-) Write an expression for the current as a function of time.
- b-) Write an expression for the power as a function of time.

1.6- A pure inductance $L = (0,02 + 0.001n) \text{ H}$ (Fig. 2.23) has an applied voltage $u = 150 \sin 1000t \text{ V}$.

Determine the instantaneous current i and the power p .

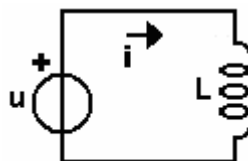


Fig. 2.23

1.7- Calcule y grafique la corriente i en un capacitor C , (Fig. 2.24) al que se le aplica una tensión e para $t = 0$ cuya expresión es:

- a) $e = 5n \text{ sen } 10t \text{ V}$
- b) $e = 3nt \text{ V}$
- c) $e = (1 + 2n)t e^{-t} \text{ V}$

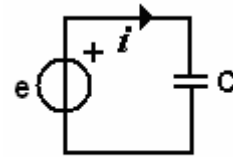


Fig. 2.24

1.8- A voltage $u = 141n \text{ sen}(377t + 30^\circ) \text{ V}$ is applied to a certain circuit element and it is found that the current $i = 7n \text{ sen}(377t - 60^\circ) \text{ A}$.
¿What is the nature and numerical value of the element?

1.9- En la Fig. 2.25 se muestra un circuito por el que circula una corriente i en ampere cuya forma de onda aparece en la Fig. 2.26. Calcule y grafique la caída de tensión en volt en cada elemento. (Utilice la misma escala para el tiempo en milisegundos).

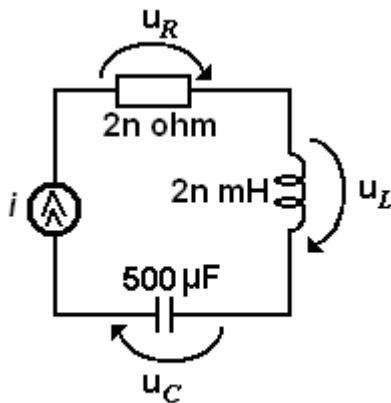


Fig. 2.25

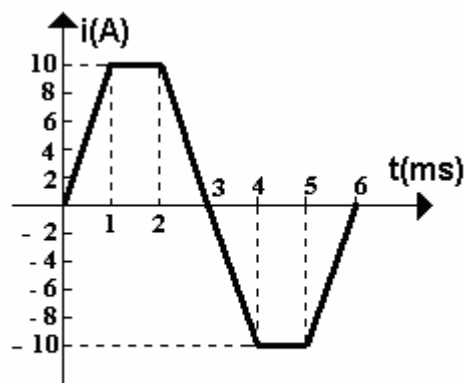


Fig. 2.26

1.10 - Por un resistor de $R = (10 + 3n) \text{ ohm}$ circula una corriente que en cada caso toma los valores siguientes:

- $i = 3A$
- $i = -3A$
- $i = (3t + 3)A$
- $i = (3t - 3)A$

Determine la tensión aplicada en cada caso y comente los resultados comparándolos entre si.

1.11 - ¿Cómo clasificaría usted la fuente que puede considerarse uno de los tomacorrientes de su casa? ¿Por qué?

1.12 - ¿Cómo clasificaría usted la fuente que puede considerarse uno de los tomacorrientes de su centro de trabajo? ¿Por qué?

Bibliografía:

MONTÓ OLIVERA, AMÉRICO. Fundamentos de la Teoría de Circuitos Eléctricos I – La Habana : Edición Revolucionaria, 1972.

DELGADO BENÍTEZ, MANUEL OSCAR. Apuntes sobre la historia de la Electricidad y su introducción en Cuba – La Habana. – Trabajo no publicado.

DELGADO BENÍTEZ, MANUEL OSCAR. Instrucciones para el uso del Simulador Electronics Works Bench Versión 5.0c. – La Habana: ISPETP, 2005. – Trabajo no publicado. – 19 h.

ELECTRONICS WORKBENCH – Simulador Electrónico Version 5.0c – USA: Educational Network, 1996. Tomado de Internet en 1998.

ELECTRONICS WORKBENCH –Multisim – Simulador Electrónico Versión 7 – USA: Green Mountain Computing Systems, 2001. Tomado de Internet en 2003.

EVDOKIMOV, F. E. Fundamentos Teóricos de la Electrotecnia – 2. ed. – La Habana : Ed. Pueblo y Educación, 1985. – 562 p.

KERCHNER, RUSSEL M. Circuitos de Corriente Alterna / Russell M. Kerchner, George F. Corcoran. – 4. ed. – La Habana : Ed. Revolucionaria, 1963. – 699 p.

MAZOLA COLLAZO, NELSON. Manual del Sistema Internacional de Unidades. – 1. ed. – La Habana: Ed. Pueblo y Educación, 1991. – 276 p.

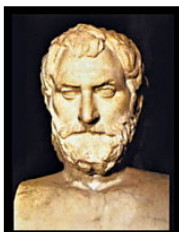
PRADO MOREJÓN, MARÍA DEL ROSARIO. Folleto de Problemas y trabajos extraclases de Circuitos Eléctricos I – La Habana: I.S.P.E.T.P, 1991. – Trabajo no publicado.

THOMPSON, HARRIS A. Alternating – Current and Transient Circuit Analysis.– 4. ed. – México : [s.n.], [s.p.i.], [s.a.].– 335 p.

(Inicio)

Material complementario a los Protocolos 1 y 2 “Bases de la Electricidad.”

1.- UNA MINIHISTORIA DE LA ELECTRICIDAD



Las propiedades eléctricas de ciertos materiales ya eran conocidas por civilizaciones antiguas. En el año 600 AC, **Tales de Mileto** había comprobado que si se frotaba el ámbar, éste atraía hacia sí a objetos más livianos. Se creía que la electricidad residía en el objeto frotado. De ahí que el término "electricidad" provenga del vocablo griego "elektron", que significa ámbar.

En la época del renacimiento comenzaron los primeros estudios metodológicos, en los cuales la electricidad estuvo íntimamente relacionada con el magnetismo. El inglés **William Gilbert** comprobó que algunas sustancias se comportaban como el ámbar, y cuando eran frotadas atraían objetos livianos, mientras que otras no ejercían ninguna atracción. A las primeras, entre las que ubicó el vidrio, el azufre y la resina, las llamó "elétricas", mientras que a las otras, como el cobre o la plata, "anelétricas".

En 1672 el físico alemán, **Otto von Guericke** desarrolla la primera máquina electrostática para producir cargas eléctricas. Esta máquina consiste de una esfera de azufre torneada, con una manija a través de la cual la carga es inducida al pasar la mano sobre la esfera.

A fines de 1673 **Francois de Cisternay Du Fay** identifica la existencia de dos cargas eléctricas, positiva y negativa.

Benjamin Franklin fue quien postuló que la electricidad era un fluido y calificó a las sustancias en eléctricamente positivas y negativas de acuerdo con el exceso o defecto de ese fluido. Franklin confirmó también que el rayo era efecto de la conducción eléctrica, a través de un célebre experimento, en el cual la chispa bajaba desde una cometa remontada a gran altura hasta una llave que él tenía en la mano.



En 1779 se pusieron de manifiesto las primeras pretensiones anexionistas sobre Cuba. Recién constituida la nación, Benjamín Franklin expuso la conveniencia de apoderarse de las Sugar Islands (Islas del Azúcar) con el propósito de organizar un monopolio de la industria azucarera".

Todo parece indicar que Franklin es el "inventor del Anexionismo de Cuba por parte de Estados Unidos".

Hacia mediados del siglo XVIII se estableció la distinción entre materiales aislantes y conductores. Los aislantes eran aquellos a los que **Gilbert** había considerado "elétricos", en tanto que los conductores eran los "anelétricos". Esto permitió que se construyera el primer almacenador rudimentario: estaba formado por dos placas conductoras que tenían una lámina aislante entre ellas. Fue conocido como Botella de **Leyden**, por la ciudad en que se inventó

Botella de Leyden

Una botella de Leyden almacena una carga eléctrica que puede liberarse, o descargarse, mediante la varilla de descarga (*izquierda*). La primera botella de Leyden se fabricó alrededor de 1745. Es un capacitor eléctrico de capacitancia fija constituido por una botella de vidrio en la que dicho material desempeña el papel de dieléctrico y los electrodos están colocados dentro y fuera de la botella.



A principios del siglo XIX, el conde **Alessandro Volta** construyó una pila galvánica. Colocó capas de cinc, papel y cobre, y descubrió que si se unía la base de cinc con la última capa de cobre, el resultado era una corriente eléctrica que fluía por el hilo de unión. Este sencillo aparato fue el prototipo de las pilas eléctricas, de los acumuladores y de toda corriente eléctrica producida hasta la aparición de la dínamo. Este prototipo fue entregado a Napoleón por Volta en 1800.



Mientras tanto, **George Simons Ohm**, en un largo y doloroso “parto”, sentó las bases del estudio de la circulación de las cargas eléctricas en el interior de materias conductoras y descubrió la ley fundamental que recibiría su nombre diez años después de muerto.



En 1819, **Hans Oersted** descubrió que una aguja magnética colgada de un hilo se apartaba de su posición inicial cuando pasaba próxima a ella una corriente eléctrica y postuló que las corrientes eléctricas producían un efecto magnético. De esta, aparentemente, accidental y simple observación salió la tecnología del telégrafo eléctrico y muchas cosas más.

Sobre esta base, **André María Ampere** dedujo que las corrientes eléctricas debían comportarse del mismo modo que los imanes y establece el fenómeno inverso. Tiene importantes descubrimientos en el campo del electromagnetismo.



Esto llevó a **Michael Faraday** a suponer que una corriente que circulara cerca de un circuito induciría otra corriente en él. El resultado de su experimento fue que esto sólo sucedía al comenzar y cesar de fluir la corriente en el primer circuito. Sustituyó la corriente por un imán y encontró que su movimiento en la proximidad del circuito inducía en éste una corriente. De este modo pudo comprobar que el trabajo mecánico empleado en mover un imán podía transformarse en energía eléctrica. Faraday lleva a cabo experimentos que demuestran que un imán

en movimiento inducía una corriente en un alambre. Demuestra que se podía producir electricidad sin sustancias químicas. Esto lleva a la invención del dinamo.

En 1831 enrolló dos bobinas de alambre en un anillo de hierro, cuando conectaba una bobina a una pila, pasaba una corriente por la otra. Al desconectarla se generaba un impulso en la segunda bobina, era el "transformador". Por todo esto Faraday es considerado el fundador de la electricidad.

Los experimentos de Faraday fueron expresados matemáticamente por **James Maxwell**, quien en 1873 presentó sus ecuaciones, que unificaban la



descripción de los comportamientos eléctricos y magnéticos, y su desplazamiento, a través del espacio en forma de ondas. Maxwell demuestra que un circuito eléctrico oscilante irradia ondas electromagnéticas cuya velocidad es muy próxima a la velocidad de la luz, con lo cual vuelve a tomar forma la teoría de la forma ondulatoria de la misma.

En 1878 **Thomas Alva Edison** comenzó los experimentos que terminarían, un año más tarde, con la invención de la lámpara eléctrica, que universalizaría el uso de la electricidad. Edison, utilizando una nueva bomba de vacío neumática, produjo una lámpara resistente y comercialmente viable provista de un filamento de carbono.



Desde que en 1880 entró en funcionamiento en Londres la primera central eléctrica destinada a iluminar la ciudad, las aplicaciones de esta forma de energía se han extendido progresivamente.

En 1882 Edison instala la primera planta eléctrica de los Estados Unidos en la calle Pearl de Nueva York. Más de una debilidad presentaba el sistema eléctrico de Edison siendo la principal las grandes caídas de tensión que podían ser superiores a un 80% a un kilómetro de la planta, por lo que en poco tiempo Nueva York tenía aproximadamente 2000 plantas. Este sistema de corriente directa resultó impracticable desde el punto de vista económico e insoportable por la contaminación ambiental asociada.



Las limitaciones del sistema eléctrico de Edison basado en la utilización de la corriente directa fueron eliminadas con el uso de la corriente alterna cuyo desarrollo es agradecido por la historia a **Nikola Tesla**.

Un poderoso industrial norteamericano **George Westinghouse** aprecia la superioridad de Tesla, le da apoyo y compra sus patentes.



En Buenos Aires, el sistema eléctrico comenzó con la aparición de la Compañía General Eléctrica Ciudad de Buenos Aires, en 1887.

Llega a la Habana en Marzo de 1889 la primera instalación de alumbrado eléctrico utilizando el sistema Westinghouse de corriente alterna con alternadores monofásicos en Tallapiedra, lámparas de arco en calles y parques y lámparas incandescentes para el alumbrado de interiores.



La electricidad se ha convertido en una fuente de energía indispensable, presentando las ventajas de su limpieza, su bajo costo, y su fácil transporte y conversión en otros tipos de energía.

Volveremos a esto.

(Inicio)

2.- CONDUCTORES ELÉCTRICOS

INTRODUCCION.

Para interconectar los elementos componentes de los equipos electromagnéticos se utilizan los conductores, los que cumplen la función de servir de vía para la transferencia de energía entre los citados componentes. En el cumplimiento de esta función tienen lugar transformaciones energéticas en los conductores como el calentamiento y la formación de campos electromagnéticos, para la representación de los cuales se utilizan también los elementos ideales de circuito.

Aunque existen muchos tipos de conductores eléctricos, estos se dividen en dos grupos principales: alambres y cables. Los alambres son conductores de sección circular en tanto que los cables están formados por un haz de alambres. Los materiales conductores más usados para la confección de los alambres y cables son el cobre y el aluminio.

Los cables y alambres pueden ser aislados o desnudos. Los cables y alambres desnudos se usan básicamente en líneas aéreas de transporte de energía, las que imponen a los mismos serios requerimientos mecánicos. En el resto de las instalaciones eléctricas, equipos, aparatos, etc. se emplean los cables y alambres aislados.

En los alambres y cables aislados el factor fundamental que determina su vida útil es su temperatura de trabajo, la que nunca debe sobrepasar el valor establecido para la máxima corriente de operación continua admisible ni la máxima corriente admisible por el cable bajo condiciones de cortocircuito.

ALAMBRES.

Los alambres son conductores de sección circular o rectangular que pueden ser aislados o desnudos. La limitante fundamental en el uso de los alambres circulares es de orden mecánico ya que al aumentar su diámetro el ángulo en que se pueden doblar es cada vez menor, pues se pueden presentar grietas en su superficie, además, dada su mayor rigidez al aumentar el diámetro se complica su manipulación e instalación. Los alambres también se usan aislados con diferentes materiales para el enrollado de máquinas y otros aparatos eléctricos, o con aislamiento termoplástico o termoestable para sistemas de fuerza y/o control y sin aislamiento para formar el haz de conductores de los cables.

Los alambres aislados pueden ser aislados a partir de esmaltes o barnices, fibras encintadas, de la combinación esmaltes-fibras encintadas y a partir de óxidos metálicos, etc.

ALAMBRES BARNIZADOS.

Los alambres barnizados se logran cubriendo el conductor con una o varias capas de barniz aislante, por lo que comúnmente se le denominan alambres barnizados. En los alambres esmaltados se logran películas aislantes de un

grosor mínimo de hasta 0,003 mm , lo que permite aprovechar muy eficientemente el espacio disponible. Sin embargo, a medida que el espesor del recubrimiento de barniz es menor aumenta la probabilidad de defectos, fundamentalmente pequeñas perforaciones. Al aumentar el número de capas se pueden eliminar las perforaciones, el aislamiento es más robusto y aumenta el esfuerzo eléctrico que el alambre aislado es capaz de soportar, pero empeora la capacidad de transferencia de calor.

Entre los parámetros más importantes a evaluar en los alambres esmaltados están: la elasticidad de la capa de esmalte y su estabilidad térmica así como su rigidez dieléctrica (La capacidad de un dieléctrico de soportar campos eléctricos sin perder sus propiedades aislantes se denomina resistencia de aislamiento o rigidez dieléctrica).

ALAMBRES CON AISLAMIENTO DE PAPEL.

Los alambres con aislamiento de papel se fabrican con núcleos de cobre y de aluminio de sección circular y rectangular, los que son recubiertos por cintas de papel con espesores de hasta 0,12 mm. Como el papel es muy higroscópico (**higroscopicidad**, (De *higroscópico*). Propiedad de algunas sustancias de absorber y exhalar la humedad según el medio en que se encuentran.) la esfera principal de aplicación de los alambres con aislamiento de papel son los enrollados de los transformadores donde trabajan impregnados en aceite que penetra en todos sus poros, lo que aumenta considerablemente su rigidez dieléctrica.

Antes de su impregnación en aceite deben ser secados cuidadosamente.

ALAMBRES CON AISLAMIENTO FIBROSO (ENCINTADOS).

Al igual que los alambres con aislamiento de papel, estos alambres se confeccionan con núcleos de cobre y de aluminio de sección circular y rectangular. El aislamiento esta constituido por un encintado, superpuesto en un porcentaje dado, de cintas de algodón, seda, fibras sintéticas, fibras de vidrio, etc. Al igual que en el caso de los alambres con aislamiento de papel, estos alambres tienen un aislamiento muy higroscópico, por lo que muchos de ellos se impregnan con barnices, resinas u otros compuestos lográndose con ello alambres de una rigidez dieléctrica muy superior a la de los alambres barnizados.

En otras ocasiones a alambres esmaltados se les aplica una capa de aislamiento a partir de cintas de fibra, con lo que se obtienen elevadas resistencias mecánicas y eléctricas, por lo que se usan en aparatos sometidos a cargas mecánicas elevadas, tanto durante el proceso de fabricación como durante el proceso de explotación. Con cintas de caprón se puede obtener una alta resistencia mecánica a la abrasión.

La desventaja fundamental de estos tipos de alambres es que el espesor del aislamiento es muy superior al de los alambres esmaltados y que requieren un proceso de secado más riguroso por su higroscopicidad.

CABLES.

Los cables están formados por un haz de alambres trenzados, son más flexibles, no presentándose, por tanto, en ellos los problemas señalados para los alambres. Al igual que en el caso de los alambres, los cables pueden ser desnudos, para líneas aéreas, o aislados.

Los cables pueden ser trenzados a la derecha o a la izquierda. Existen dos tipos básicos de cables que son:

Los cables concéntricos.

Los cables no concéntricos.

En los cables concéntricos un conductor forma el núcleo y un número determinado de ellos, de igual sección, son trenzados helicoidalmente sobre éste en capas, cada una de ellas trenzada en sentido contrario.

En los cables no concéntricos las diferentes capas de alambres son trenzados alrededor de un núcleo formado por dos, tres o más conductores.

DENOMINACION DE LOS CABLES.

La sección efectiva de un cable es igual a la suma de las secciones de los alambres que forman el cable y la misma comúnmente se expresa en mm, en "**circular mil**"(**C.M.**) o según la escala de la **AWG** ("American Wire Gauge").

El circular mil es una unidad de área equivalente al área de un círculo de una milésima de pulgada de diámetro, por consiguiente:

$$1 \text{ C.M.} = \left(\frac{\pi}{4} \right) (0.001)^2 \text{ Pulgadas}$$

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES AISLANTES MAS USADOS EN LOS CABLES AISLADOS.

Los materiales aislantes más usados son el policloruro de vinilo (**PVC**), el polietileno termoplástico (**PE**), el polietileno reticulado (**XLPE**), la goma de etileno-propileno (**EPR**), etc. Las características generales de estos materiales son:

Policloruro de vinilo (PVC).- El policloruro de vinilo, conocido como **PVC**, es un polímero termoplástico del monómero denominado cloruro de vinilo cuya fórmula química es $\text{CH}_2=\text{CHCl}$.

El **PVC** es un material termoplástico, inodoro, insípido y no tóxico, químicamente inerte y es suministrado en forma de polvo blanco amorfo, pudiendo ser transparente u opaco. Es insoluble en agua y muy resistente a los agentes químicos como ácidos, álcalis, aceites, alcoholes, etc. Tiene una elevada rigidez dieléctrica, una gran resistencia al ozono y resiste perfectamente la humedad, por lo que los conductores con este aislamiento pueden llegar a instalarse directamente en el agua.

En la técnica de fabricación de cables eléctricos el **PVC** puro no se puede utilizar por falta de flexibilidad y su rápida degradación a bajas temperaturas, por lo que se le incorporan diversos aditivos, que varían en cantidad y proporción de acuerdo con el objetivo que se desee alcanzar. Con el empleo de algunos aditivos se puede emplear para usos específicos hasta temperaturas de 90°C - 105°C. En los conductores de baja tensión se le añaden colorantes para aumentar su resistencia a la acción de la luz y para facilitar su identificación en las instalaciones eléctricas.

Como material aislante se emplea en conductores aislados de hasta 20 kV. Como material de revestimiento tiene un gran uso.

Polietileno termoplástico (PE).- El polietileno termoplástico es un polímero para cuya fabricación se parte del etileno ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$).

Aunque las propiedades de este material varían según los métodos de obtención en general este material es un sólido incoloro, translucido, termoplástico graso al tacto, blando en pequeños espesores, siempre flexible, inodoro, y no tóxico. Es menos denso que el agua.

Esta sujeto a la acción nociva del oxígeno durante una exposición prolongada a la intemperie, que se traduce en un endurecimiento y disminución de sus propiedades. Ello hace necesario el uso de antioxidantes con los cuales se logra una eficacia casi absoluta pues se convierte en un material resistente al ozono. Es antihigroscópico, incluso en caliente y es muy resistente a los ácidos.

El polietileno termoplástico es un excelente dieléctrico por su bajo factor de pérdidas, incluso a altas frecuencias, y su elevada resistividad. Se utiliza como aislamiento y como revestimiento exterior de conductores aislados de hasta 30 kV. También es ampliamente usado como aislamiento en cables para comunicaciones dadas sus pequeñas pérdidas a alta frecuencia. Comparado con el **PVC** en las aplicaciones a instalaciones eléctricas tiene el inconveniente que es menos resistente a la llama llegando a arder.

Polietileno reticulado (XLPE).- Para elevar la resistencia al calor de polietileno termoplástico, este puede someterse a la acción de radiaciones altamente ionizantes o añadirsele peróxido de dicumilo, con lo que se logra un entrecruzamiento de las moléculas del polietileno, obteniéndose una estructura molecular tridimensional mucho más resistente a la temperatura. Al nuevo producto así obtenido se le denomina polietileno reticulado.

El polietileno reticulado conserva todas las propiedades eléctricas, mecánicas y químicas del polietileno inicial pero su temperatura de trabajo continuo se eleva hasta los 90 °C, y en casos de emergencia hasta los 250 °C sin que la vida del cable resulte seriamente afectada.

Goma de etileno-propileno (EPR).- La goma obtenida a partir de etileno-propileno es un polímero constituido por una mezcla de polietileno y polipropileno, según varíe el contenido de estos dos materiales básicos pueden variar también las características del producto resultante, que van desde las de un termoplástico hasta las de un elastómero, con todas las propiedades de éste, excepto la vulcanización que no debe realizarse con azufre sino con peróxidos orgánicos.

MAXIMA CORRIENTE DE OPERACIÓN CONTINUA ADMISIBLE POR UN CABLE.

Uno de los aspectos más importantes en el trabajo con las redes eléctricas para su explotación eficiente y confiable es el relacionado con el estado de carga de las mismas. El estado de carga de un cable en una instalación dada está determinado por la máxima corriente que él pueda llevar, la que está limitada por dos factores: la caída de tensión en el mismo y la máxima temperatura que puede alcanzar por efecto Joule. Desde el punto de vista del aislamiento el efecto de la temperatura es el de interés.

Se sabe que por un conductor eléctrico por el que circula una corriente se presenta una pérdida de energía en forma de calor dada por:

$$P = I^2 R$$

La energía desprendida en forma de calor hace que la parte conductora del cable eleve su temperatura sobre la temperatura ambiente hasta que el calor generado en su interior sea igual al calor cedido al medio que lo rodea; en caso de no alcanzarse este equilibrio se presentara una ruptura electrotérmica en el aislamiento del cable con la consiguiente falla.

Según la ley de Joule la cantidad de calorías que recibe el conductor está dada por:

$$Q = 0,24 I^2 \cdot R \cdot t \quad (\text{calorías})$$

La cantidad de calor cedido por el conductor al medio ambiente depende de la diferencia de temperatura entre ellos, de la resistencia térmica y dimensiones del material de que este constituido el aislamiento y demás partes del cable y de las condiciones de instalación (al aire libre, soterrado, en bandejas, en tuberías, etc.). En el caso de los cables de las instalaciones al aire libre otros aspectos importantes a considerar son la velocidad del viento, el poder calórico de los rayos solares y el estado de la superficie, tanto para cables aislados como para cables desnudos.

CONDUCTORES PARA LINEAS AEREAS.

Los conductores para las líneas aéreas de alta tensión son fundamentalmente cables, usándose alambres de cobre sólo en los sistemas de distribución (calibres 2 al 6 en distribución primaria y secundaria). En el caso de los cables de las líneas aéreas además de los parámetros eléctricos hay que analizar cuidadosamente sus parámetros mecánicos pues ellos juegan un papel decisivo en la confiabilidad de las líneas. Además se requiere que los materiales empleados en su construcción sean capaces de soportar la acción química del medio ambiente pues ellos operan desnudos.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS CABLES DE LAS LINEAS AEREAS.

Los cables de las líneas aéreas pueden estar contruidos de alambres del mismo material o por alambres de diferentes materiales, dando lugar así a los

denominados cables compuestos. Los cables compuestos tienen como finalidad fundamental la de aumentar la resistencia mecánica de los conductores, pues como se sabe las líneas aéreas están sometidas a altos esfuerzos mecánicos y a la acción directa del medio ambiente. Las combinaciones más usadas son: aluminio + acero, "aldrey"; acero + cobre, "coperweld".

El "aldrey" es un conductor básicamente de aluminio que además posee magnesio, hierro y silicio.

El "coperweld" consiste de un alambre de acero recubierto de una capa de cobre. En su fabricación se toma un conductor de acero y se sitúa dentro de un molde donde se vierte cobre en estado de fusión, de esta forma los dos metales quedan tan íntimamente soldados que no se separan durante su enrollado en bobinas para su transportación ni durante su instalación.

La combinación más usada es la de aluminio+acero en los cables conocidos como ACSR (aluminium cable steel reinforced). En este cable el alambre o alambres centrales son de acero. En estos cables se aprovechan simultáneamente las buenas cualidades físicas, químicas y eléctricas de aluminio con la resistencia mecánica del acero. En estos cables el aluminio empleado puede ser más puro que en los cables de aluminio solo, de esta forma pueden mejorarse las cualidades eléctricas de estos cables. El núcleo de acero de estos cables se protege de la acción del medio con un galvanizado doble al fuego.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE CABLES USADOS EN LA CONSTRUCCION DE LAS LINEAS AEREAS.

Para las líneas aéreas, tanto por sus características eléctricas como mecánicas, los conductores de cobre son los mejores, sin embargo su alto costo es un inconveniente muy serio. Comparado con los cables de aluminio sus ventajas y desventajas son:

- Menor diámetro, para la misma capacidad.
- Mayor peso por lo que el transporte y la instalación son más caros y, además, representan una carga mayor para las estructuras y para los soportes aislantes.
- Menor penduleo debido a su mayor peso,
- Mayor conductividad.
- Mayor resistencia mecánica.
- Por su mayor dureza su deterioro durante el proceso de montaje es menor.
- Empalmes fáciles y baratos.
- Alta resistencia a la fatiga producto de los fenómenos vibratorios.
- Alta resistencia a la corrosión.
- Para las mismas condiciones mecánicas y eléctricas su diámetro es menor por lo que ofrece menor resistencia al viento.
- Alto valor recuperable, pues cuando es necesario su retiro se puede recuperar.

Los cables de acero se usan mucho en las líneas aéreas pero no como conductores sino como:

- Cable protector (protección contra los rayos).

- Refuerzo a conductores.
- Bajantes a tierra de los cables protectores, pararrayos, etc.
- Electrodo de puesta a tierra.

La principal ventaja de los cables de acero es su alta resistencia mecánica. Las principales desventajas son:

- Su alta resistencia eléctrica.
- El galvanizado que los protege puede dañarse con relativa facilidad, lo que da lugar a su destrucción por oxidación.
- Los empalmes son difíciles y requieren de un tratamiento y cuidados especiales.
- La mano de obra necesaria para su montaje es mayor.

(Inicio)

3.- SIMULADORES

EL PROGRAMA SIMULADOR ELECTRONIC WORK BENCH. VERSIÓN 5.0 c.



Introducción

El presente trabajo pretende contribuir a la introducción de técnicas informáticas en el Proceso Pedagógico Profesional de los centros de la Educación Técnica y Profesional mediante la propuesta de utilización del programa simulador Electronic Work Bench (WEB) en su versión 5.0 c, para demostraciones, solución de ejercicios y para la realización de Prácticas de Laboratorio en las asignaturas de especialidades eléctricas.

Se exponen aquí la simulación, tipos de simulación, clasificación de las simulaciones, el uso de la computadora en la escuela, ventajas y desventajas de los simuladores, análisis comparativo de los simuladores más utilizados y las instrucciones para el uso del EWB.

Aparecen al llegar la computadora a la escuela diferentes clasificaciones de los softwares, entre los que se encuentran la simulación, entrenadores, evaluadores, y el libro electrónico.

El país a pesar de los 49 años de bloqueo, trata de mantenerse a la par del mundo en cuanto al desarrollo de la tecnología, introduciendo la computación en la educación, llegando con esta idea de la revolución, las máquinas computadoras a nuestras escuelas dándole a los maestros un medio más para llevar el conocimiento a los alumnos.

Se puede utilizar la simulación como medio de atenuar la falta de equipos para la realización de las prácticas de laboratorio, para lo cual se propone el simulador Electronic Work Bench, en su versión 5.0 c.

El uso de la computación en el proceso pedagógico propicia el cumplimiento de funciones didácticas, gnoseológicas, psicológicas y de dirección ya que facilita la descripción de la acción y su ejecución por parte del estudiante, propicia la aprehensión de contenidos y asimilación de procedimientos, es un factor motivante que produce emociones gratas y duraderas, guía el proceso de aprendizaje permitiendo que lo aprendido se actualice, se sistematice y se transfiera a situaciones nuevas con la satisfacción de aprender, descubrir y solucionar problemas.

A menudo, y por múltiples causas, los alumnos no pueden manipular objetos originales, además el constante cambio de las tecnologías, lo costosa de estas; el tiempo que se toman algunos procesos dificultando su comprensión y la

necesidad de buscar una variante ideal hacen necesario un modelo donde se simulen las condiciones reales, una reproducción, y es aquí cuando entra a jugar su papel la computadora con las simulaciones.

La Simulación por computadora.

Vicente González Castro en su diccionario de términos afines: 3000 vocablos define la simulación como: *“al proceso con el cual los estudiantes forman ciertas habilidades y hábitos en condiciones artificiales que, posteriormente, podrán transferir con igual nivel de eficiencia a las situaciones de la vida real. El proceso de simulación se emplea cuando existen condiciones que dificultan el contacto directo del estudiante con el objeto de estudio, sea por razones de peligrosidad o por motivos de grandes distancias o de orden económico.”*, o por limitaciones de carácter técnico.

Existen programas que tienen incluidas simulaciones, como una forma poderosa de enseñar algún aspecto del mundo imitándolo, el estudiante puede interactuar con el programa simulando situaciones reales; siempre y cuando no exista el medio "vivo".

Los estudiantes no sólo se motivan con la simulación, sino que también aprenden interactuando con ella de manera similar a como pudieran hacerlo en situaciones reales. En casi todos los casos, en la simulación también hay simplificación de la realidad al omitir o cambiar detalles no esenciales.

En este mundo simple los alumnos:

- ✓ Resuelven problemas
- ✓ Aprenden procedimientos
- ✓ Entienden las características de los fenómenos y como controlarlos
- ✓ Aprenden qué acciones tomar en ciertas situaciones, etc.

En cada caso el propósito es ayudar al estudiante a construir un modelo mental útil, de parte del mundo, darle una oportunidad de probarlo sin riesgos y eficientemente y que aprenda realizando actividades en un contexto similar al real.

La simulación por computadora se realiza mediante el uso de programas simuladores como el MatLab, Pspice, simulink, Protec, LabView, Electronic Work Bench, entre otros tantos.

El desarrollo de las nuevas tecnologías de conjunto con el progreso de la computación ha provocado un incremento considerable de los programas simuladores que se han convertido en el mundo tecnológico en una herramienta poderosa, en ocasiones, lo suficiente como para aprobar o validar teorías o criterios científicos.

Simulador es un medio técnico de aprendizaje que emplea el estudiante para adquirir una habilidad o hábito en condiciones artificiales.

Un simulador en su forma física o tangible, no es más que un grupo de instrucciones que de conjunto con el hardware permiten interactuar con el sujeto, simulando o fingiendo un objeto, fenómeno o proceso real, controlando la acción del tiempo respecto a dicho fenómeno, proceso y/u objeto.

Los programas simuladores pueden clasificarse de la forma siguiente:

- Simulaciones físicas.
- Simulaciones procedimentales.
- Simulaciones situacionales.
- Simulaciones de procesos.

Tres ventajas principales de la simulación son:

-Incrementa la motivación:

El estudiante está más motivado, ya que es un participante activo en una situación de aprendizaje. Puede decirse que es lo idóneo para ampliar esa filosofía de "aprender haciendo".

-Tiene una mejor transferencia del aprendizaje:

La transferencia del aprendizaje se refiere a si las habilidades o conocimientos aprendidos en una situación se aplican a otras situaciones. Esto es lo que usualmente sucede con lo aprendido en una simulación, es decir, después, es bien transferido a una situación real.

Además, en la simulación el estudiante trata con diferentes combinaciones de situaciones, mientras que el libro sólo proporciona información y orientaciones de cómo hacer algo.

-Es más eficiente:

Esto significa que puede ocurrir mayor transferencia por unidad de tiempo de aprendizaje con la simulación que, por ejemplo, con una conferencia

La simulación también es más eficiente desde el punto de vista que puede agilizar o aumentar la velocidad de un proceso que, normalmente, para ser observado o realizado, consume una gran cantidad de tiempo.

La simulación es más controlable que las situaciones de la vida real, además, aunque imita estas situaciones, lo hace de manera simplificada (es imposible imitar la realidad al detalle) y, en general, una persona aprende más rápido si los detalles no esenciales son eliminados al inicio de la instrucción.

No obstante lo anteriormente expresado, la experiencia inclina a recomendar **no absolutizar la simulación** en el proceso de aprendizaje, pues para lograr habilidades y convicciones con equipos, y herramientas, es preciso ejecutar la acción más cercana a la realidad posible, por lo que han de combinarse la simulación con la práctica de laboratorio, la práctica de campo, las visitas a centros fabriles, centrales eléctricas y Despachos de Carga, entre otros.

Simuladores más conocidos

Entre los programas simuladores, posibles a utilizar por estar disponibles, se encuentran los siguientes:

- PSPICE
- MatLab.
- Cocodrilo.
- Electronic. Work Bench. (EWB).

Algunas peculiaridades de estos simuladores son:

PSPICE

Programa simulador con gran uso y preferencia en la electrónica por diseñadores. Es pobre en la interfaz gráfica, el estudiante requiere un conocimiento de la electrónica y de los componentes, comandos complejos, además requiere de un alto nivel de abstracción, necesita de múltiples ficheros ejecutables para la realización de la simulación (Probe, Parts, Schematics, Pspice, Stimulus Editor, Pdesign, Stmed, Lx, Lc, Modtomdt). Es muy profesional y trabaja con componentes estándar.

MatLab.

Programa de gran uso por estudiosos del comportamiento de los sistemas, de uso mundial. Se usa como simulador eléctrico, mecánico, físico, etc.

Requiere de un buen conocimiento de computación, y matemático, no muestra elementos como tal, sino bloques que responden a una ecuación matemática, requiere de un nivel alto de abstracción.

Requiere de una buena cantidad de disco duro y memorias RAM en la máquina, necesita que se impartan clases o cursos para su manejo debido a su complejidad.

Cocodrilo.

Programa simulador de pocas exigencias técnicas y de fácil manejo. Trabaja con valores ideales en todos sus componentes, manejo muy limitado y de poca rigurosidad, con colores poco adecuados según criterio de algunos diseñadores (Verde, Amarillo y Naranja). Programa dudosamente adecuado para estudiantes de nivel medio, poco adecuado para el nivel universitario por sus limitaciones.

Electronics Work Bench.

Programa simulador utilizado por algunos diseñadores electrónicos. Programa interactivo con una técnica similar a la utilizada en Windows, altamente compatible e interactúa con su plataforma. Es de fácil manejo, solo es necesario un nivel mínimo de conocimientos de electrónica para algunas de sus opciones.

No es necesario desarrollar mucho la abstracción pues representa sus equipos e instrumentos de forma cercana a la realidad y permite ver el comportamiento

en función del tiempo. Los valores de los dispositivos se pueden modificar de forma fácil, permite el uso de elementos reales en el diseño del circuito.

No requiere de mucho espacio de disco duro, ni de memorias RAM, como tampoco de un dominio amplio de la computación. Al estar desarrollado en plataforma Windows se facilita su familiarización.

Debido a todo lo antes expuesto se consideró que el simulador por excelencia es el Electronic Work Bench (EWB).

En particular trabajaremos con la versión 5.0 c que supera las desventajas de simuladores anteriores aunque presenta entre otras limitaciones:

- Usa la norma ANSI que está en desuso ya.
- No se ajusta siempre a la nomenclatura del SI (Sistema Internacional de Unidades)
- No dispone de watímetros.
- Utiliza osciloscopios de dos canales solamente.

Versiones posteriores resuelven estas y otras limitaciones (Multisim 2001 y otras que también utilizaremos en nuestro curso).

No obstante lo anterior, la utilización del simulador EWB 5.0 c mostrará suficientes ventajas como para justificar su uso.

Trabajo con el simulador EWB 5.0 c

De inmediato expondremos las principales operaciones a realizar para operar con el simulador desarrollando principalmente las más útiles para asignaturas como Electricidad Básica, Circuitos Eléctricos y otras semejantes. Muchas otras asignaturas pueden utilizar el simulador, pero no es objetivo de este material llegar hasta allí.

Iniciar el Electronic Work Bench versión 5.0 c

1. Encienda la máquina.
2. Busque la carpeta con el nombre WEWB 5.0 c (use el explorador de windows o Mi PC).
3. Abra con doble click la carpeta.
4. Busque y haga doble click sobre el fichero.



Aparecerá la ventana principal y de trabajo del simulador como se muestra en la Fig. 1

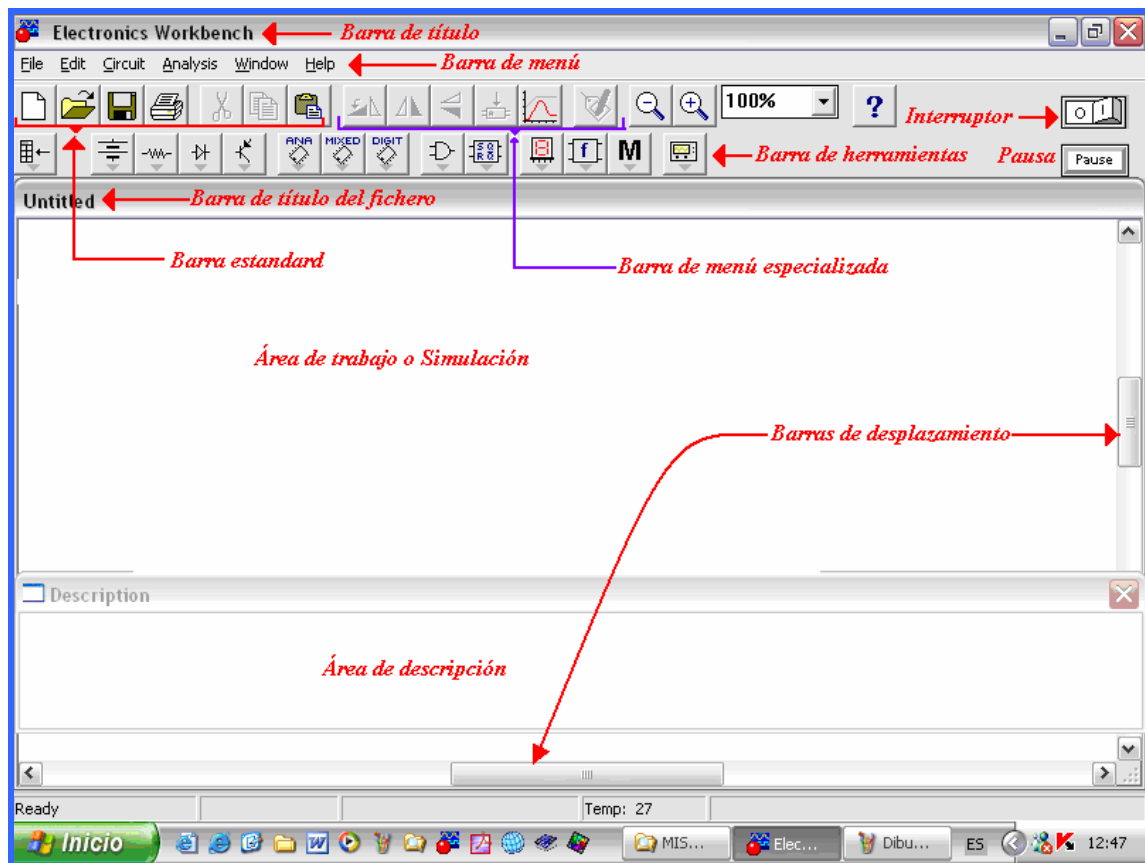


Fig. 1

A continuación veamos las partes (en rojo en la Fig. 1) en que se divide la ventana principal.

Barra de título: Aparece el icono que representa el programa con el nombre de este (Electronics Work Bench), en la segunda barra de título aparece el nombre del fichero en ejecución, de no haber recibido nombre aparece (Untitled).

Barra de menú: Comando que al ejecutarlo despliega un menú de opciones que realiza, funciones o acciones (son comandos de acción).

Barra de herramientas: Botones o iconos que activan las librerías que usted desea consultar. Esta barra esta acompañada de los instrumentos exclusivos del simulador, es decir, los que sólo se pueden utilizar uno cada vez.

Área de trabajo o simulación: área donde se confecciona el circuito a montar y se realiza la simulación.

Área de descripción: permite escribir texto referente al circuito.

Interruptor: activa o desactiva el proceso de simulación.

Pausa: Detiene momentáneamente el proceso de simulación.

Barra Estándar: La normal de Microsoft Word (Nuevo, Abrir, Guardar, etc)

Barra de menú especializada: Comandos de funciones especiales (rotar, volcar horizontal, volcar vertical, crear subcircuitos, ¡¡graficar!! y cambiar propiedades de los componentes.

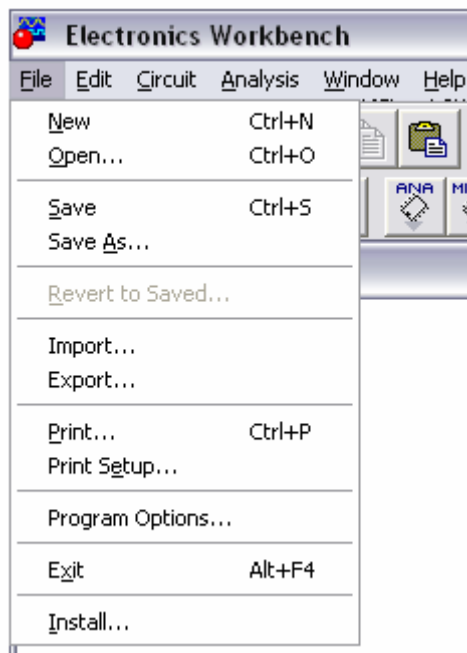
Menú.

El menú se hace activo con click sobre la palabra o desde el teclado con **ALT + (letra caliente)**, es decir, presione la tecla ALT y con esta presionada la letra caliente. Por ejemplo **ALT + F** abrirá (despliega) la opción File y **ALT + E** despliega la opción Edit.

Nota: (letra caliente) letra que forma parte de la palabra del menú con color distinto o subrayada.

File (Fichero o archivo):

Muestra todas las operaciones a realizar con los archivos.



Crear un archivo nuevo.

Para crear un archivo New (Nuevo): Permite realizar un nuevo archivo (circuito)

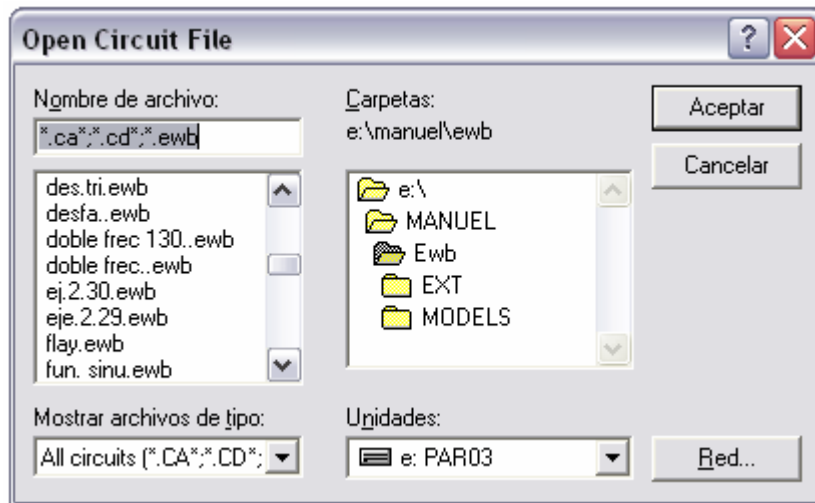
1. Click en File de la barra de menu
2. Click en nuevo.

Puede presionar control y con este presionado N (Ctrl+N)

Abrir un fichero existente

Para abrir un archivo ya creado o existente utilice la acción Open (Abrir): Permite abrir un circuito realizado con anterioridad.

1. Click en File de la barra de menú.
2. Click en la opción Open

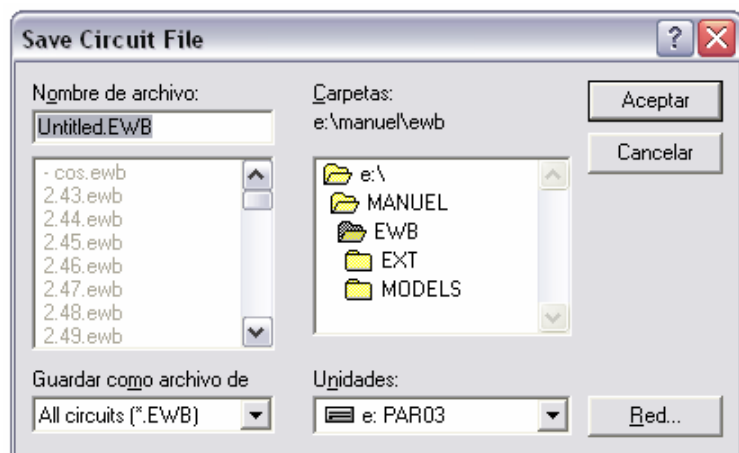


- Esta operación puede realizarla presionando Ctrl + O
3. Click en la flecha de lista desplegable de unidades, seleccione la unidad donde se encuentra el archivo
4. Doble click en la carpeta que quiera abrir hasta hallar su archivo.
5. Click en mostrar archivo de tipo: para seleccionar la extensión del archivo que desea abrir
6. Click sobre el nombre del archivo en nombre de archivo.
7. Click en aceptar.

Guardar archivo

Esta opción permite salvar el trabajo que esta realizando para después ser utilizado, se hace con el comando Save (Guardar): Almacena su circuito en la computadora.

1. Click en File de la barra de menú.
2. Click en la opción Save
3. Click en la flecha de lista desplegable de unidades, seleccione la unidad donde se encuentra el archivo
4. Doble click en la carpeta donde quiera guardar.
5. Click en "Guardar como archivo de" para seleccionar la extensión del archivo que desea guardar
6. Click sobre el "nombre de archivo" y escriba el nombre que le dará al archivo (en lugar de Untitled. EWB).
7. Click en aceptar.

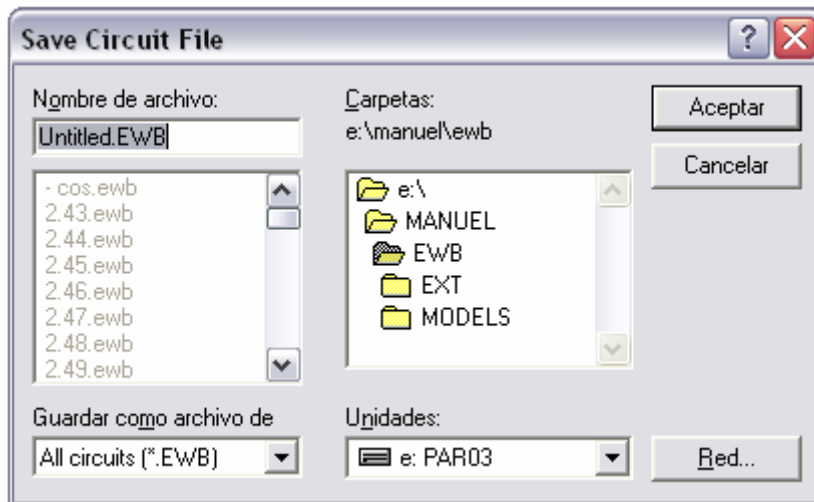


Después de salvado la primera vez la opción guardar actualiza los cambios en el archivo.

Guardar como

Esta opción nos permite salvar cambiando el tipo de archivo, el nombre, el lugar o realizar un circuito parecido a otro con modificaciones pero sin eliminar el original Save as (Guardar como): Almacena como un tipo de archivo especificado.

La metodología es la misma que para salvar o guardar.



Regresar al circuito salvado

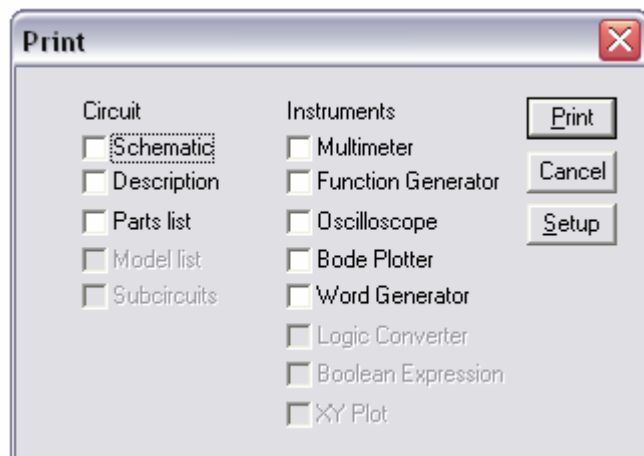
Retorna al circuito salvado si no ha guardado

Revert to saved: Regresar al circuito guardado sin realizar modificaciones.

1. Click en File
2. Click en Revert to saved

Imprimir

Esta opción nos permite imprimir, mediante el uso de la impresora Print (Imprimir): Imprime su circuito en papel, le permite seleccionar que opciones de circuitos como modelo, lista de los elementos, etiquetas, subcircuitos e instrumentos que usted utilizó, le aparezcan en la impresión que usted va a realizar.

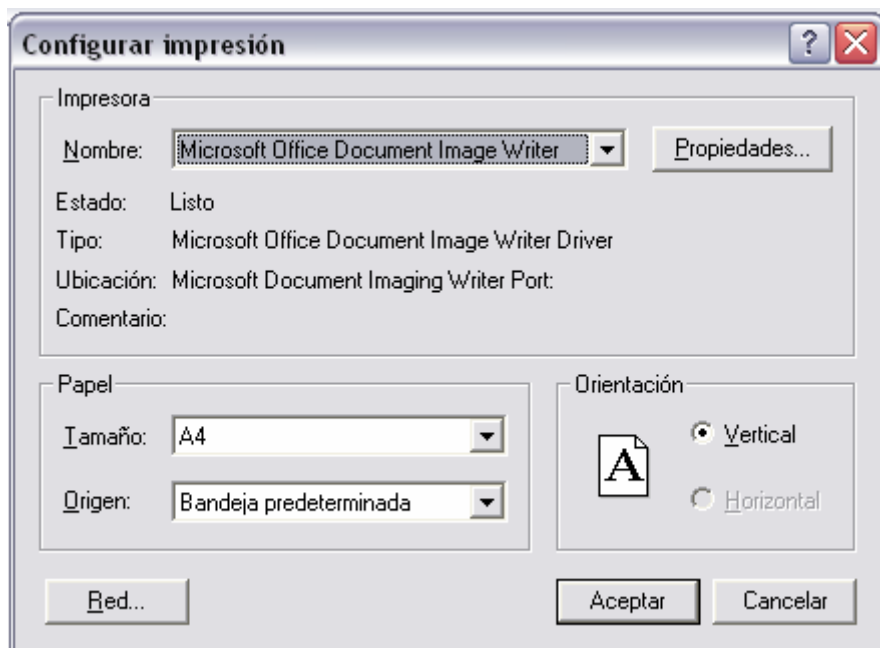


1. Click en File
2. Click en Print

3. Seleccione las opciones de circuito que desea que salgan en la impresión y las opciones de instrumentos que para su trabajo desea que salgan impresas.
4. Click en setup para configurar la impresora de ser necesario.
5. No dar click en setup. Clic en la opción print para comenzar a imprimir.

Circuit (Circuito)		Instruments (Instrumentos)	
Schematic	Esquema	Multimeter	Multímetro
Description	Descripción	Function Generator	Generador de Función
Parts List	Lista de elementos	Oscilloscope	Osciloscopio
Label List	Lista de etiquetas	Bode Plotter	Ploteador de Bode
Model List	Lista de modelos	Word Generator	Generador de palabras
Subcircuits	Subcircuitos	Logic Converter	Convertidor lógico
Analysis Options	Opción de análisis	Boolean Expression	Expresión de Boole
		XY Plot	Ploteador de XY

Configuración de impresión.



Esta opción nos permite determinar el tipo de impresora, el tamaño del papel, origen del papel, Orientación, calidad de imprenta y definición de los gráficos.
Print Setup: (Opciones de impresión).

1. Revisar si la impresora es la predeterminada de no ser seleccionada de la lista la que cumpla la condición.
2. Seleccione la orientación del papel para la forma en que quiera su impresión.
3. Seleccione el tamaño del papel
4. Seleccione el origen de la entrada de papel a la impresora.
5. Click en aceptar.

Cerrar

Esta opción permite finalizar el uso del Electronic Work Bench 5.0 c, acción Exit (salir): Salir del programa.

1. Seleccione File
2. Click en Exit
Puede presionar la combinación de teclas Alt + F4 para realizar la misma acción de Exit. Si el menú File está desplegado pulse la x para igual efecto.

Edit (Edición):

Muestra los comandos que permiten editar el circuito.

Cut (Cortar): Cortar una parte seleccionada del circuito (elementos o circuitos)

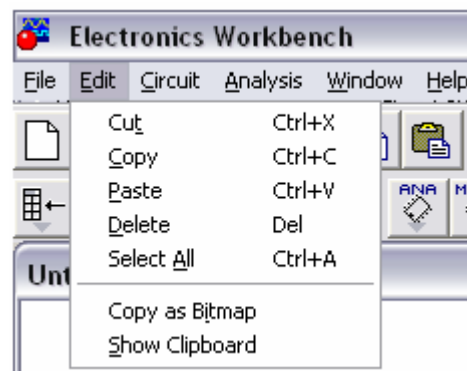
Copy (Copiar): Realiza una copia de lo que se seleccione. Se visualiza la misma con

Paste (Pegar): Pega en la pantalla lo copiado.

Delete (Borrar): Borra la selección.

Select all (Seleccionar todo): Selecciona todo en el archivo o circuito.

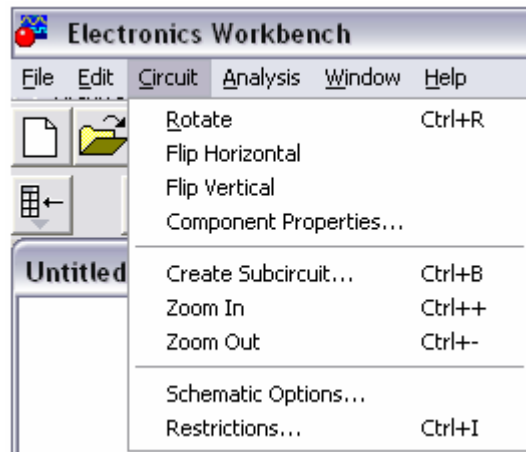
Copy as bitmap: Realiza una copia del área seleccionada después de haber dado la orden. Esta opción permite copiar, incluso, las lecturas de los instrumentos.



Circuit (Circuito):

Menú referente al circuito

Rotate (Rotar): Rotar elementos o circuitos.



Flip (Volcar) Volcar elementos horizontal o verticalmente

Component Properties Cambiar las propiedades de los componentes

Create Subcircuit (Subcircuito): Realización de diagramas en bloques con sus circuitos dentro.

(Imposible simular y conectar bloques entre sí)

Zoom In (Ampliación): Ampliación de subcircuitos.

Zoom Out (Reducción): Reducción de subcircuitos.

Schematics options (opciones de esquemas): Preferencias del ambiente de trabajo (cuadrícula, mostrar denominaciones y fuentes o letras)

Restrictions Situa prohibiciones y seguridad

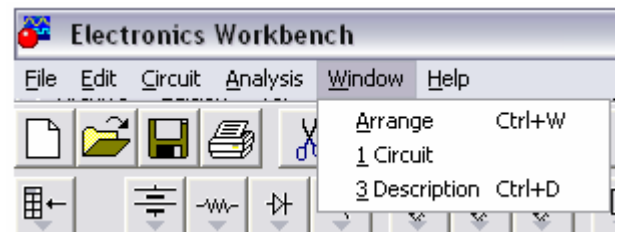
Windows (Ventanas) :

Menú de ventanas para trabajar en los circuitos.

Arrange (Arrastrar) : Desplazar el circuito en la pantalla (para circuitos grandes)

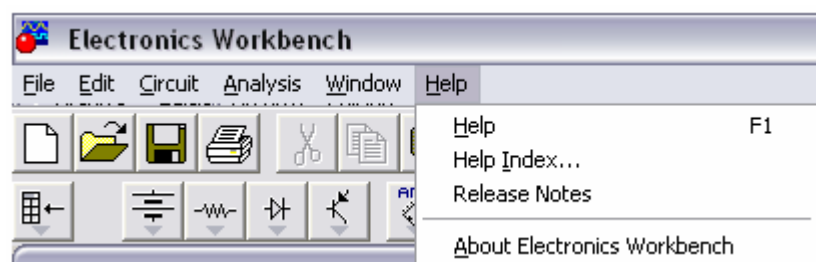
Circuit (Circuito): Permite activar la ventana de un circuito.

Description (Descripción): Ventana que permite incluir texto asociado al circuito.

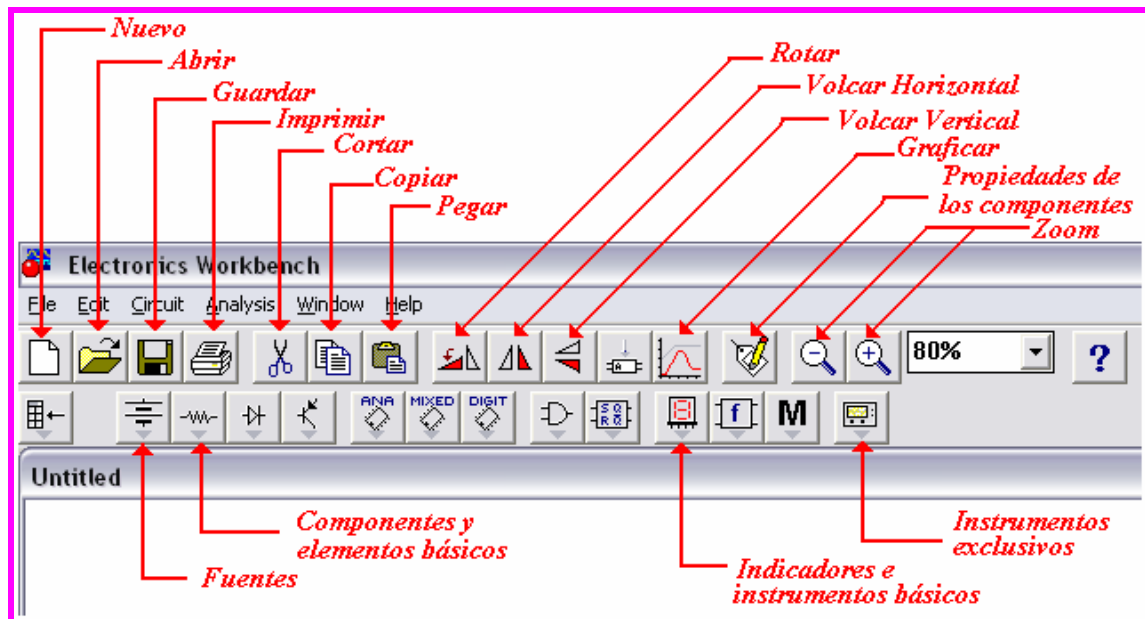


Help (Ayuda)

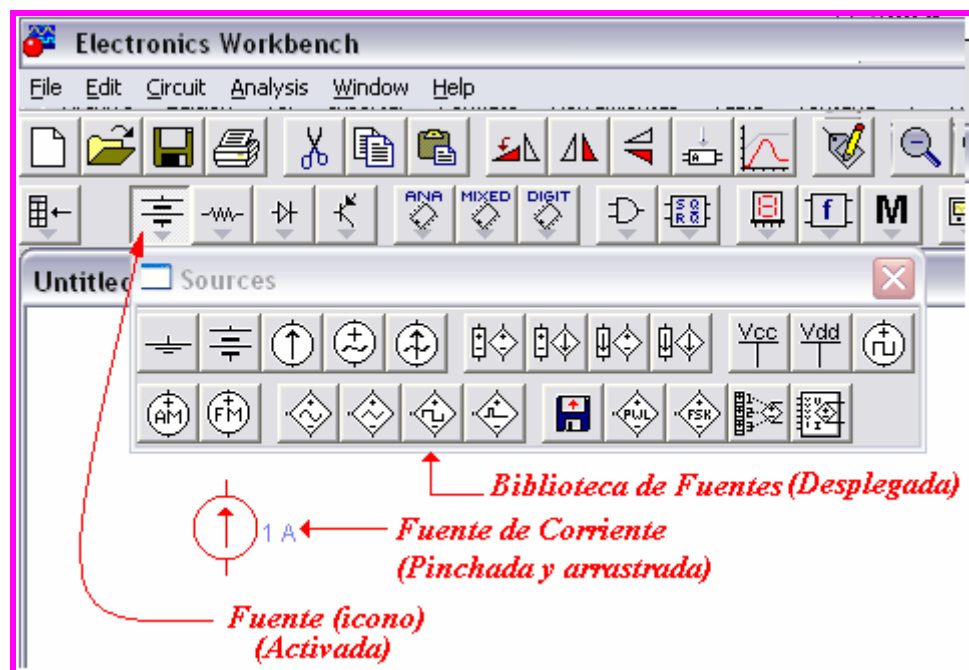
Permite auxiliarse con explicaciones, notas e información sobre el simulador, los componentes, elementos datos y su funcionamiento



Casi todas estas funciones y acciones pueden realizarse también activando los iconos de las diferentes barras como se muestra en la figura siguiente:



Al activar los iconos de la barra de Herramientas se despliegan las bibliotecas en que están almacenados las fuentes, los elementos básicos, instrumentos y otros, desde donde se extraen dichos componentes “pinchando y arrastrando”, como, por ejemplo, muestra la figura siguiente:



Elementos.

Indicators (Indicadores): Indicadores e instrumentos básicos: (lámparas, amperímetros, voltímetros)

Instruments (Instrumentos Exclusivos)

Multímetro: Posee dos terminales (+) y (-), 4 parámetros a medir: Corriente AC/DC, Tensión AC/DC, Resistencia y Ganancia. Settings: Menú de parámetros para el multímetro.

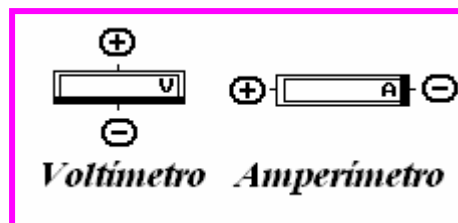
Generador de señales: Ofrece ondas sinusoidales, cuadradas y triangulares. Permite seleccionar la frecuencia, el valor de tensión y otras referencias.

Osciloscopio: de 2 canales con temporizador, escala de tensiones y posicionadores del eje x.

Y otros. Estos instrumentos exclusivos pueden ser utilizados uno cada vez exclusivamente en cada circuito.

Algunas cosas que debe saber:

1. - En el amperímetro y voltímetro el lado oscuro es el negativo cuando están polarizados en CD. Si es conectado erróneamente, la lectura se muestra con un signo negativo.



2. - Los comandos se pueden ejecutar de varias formas.

Ejemplo (Rotate)

Con el elemento marcado, click en la barra de menú en circuit, click en rotate o presione Ctrl + R, (como dice al lado de rotate en circuit por la vía de la barra de menú), o click en el icono Rotar.

3. - Para cambiar de lugar, cambiar valor, rotar, configurar o etiquetar el elemento debe de estar marcado (rojo).

4. - Con doble click sobre el elemento entra a la configuración del elemento (Propiedades), o utilice el icono "Propiedades de los componentes", cambie y acepte al concluir.

5. - Para cambiar color de un cable, doble click sobre el cable y marque el color.

6. - Para manipular o visualizar en pantalla uno de los instrumentos exclusivos doble click sobre el.

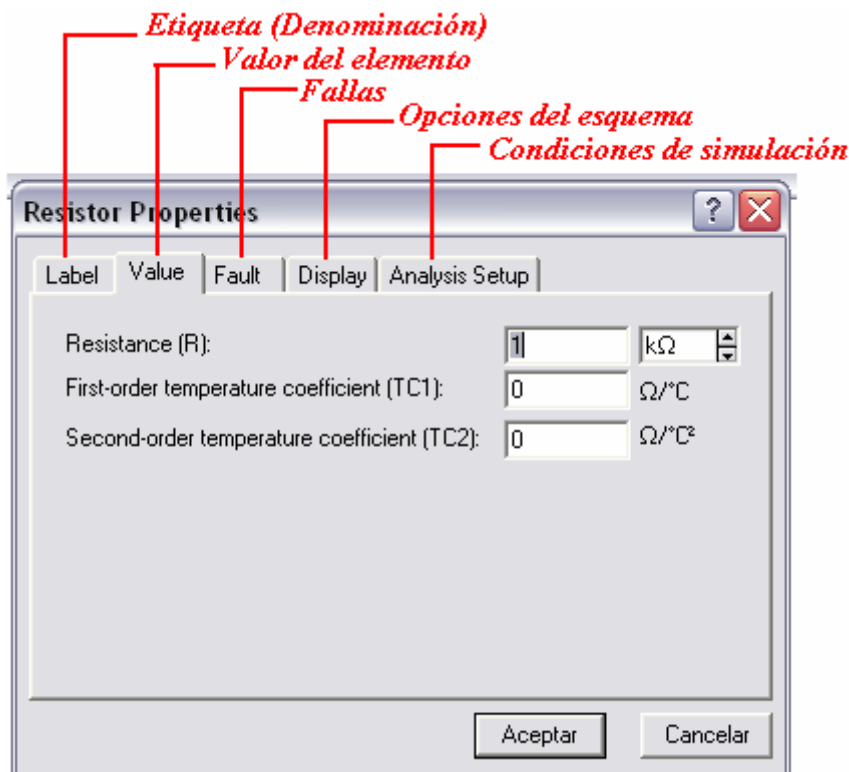
Metodología para la simulación.

- 1) Encienda la máquina computadora.
- 2) Ejecute el fichero



- 3) Seleccione los elementos y ubíquelos en el área de trabajo.
- 4) Rótelos en dependencia de la posición que desee.
- 5) Seleccione los instrumentos y ubíquelos en el área de trabajo.
- 6) Rótelos en dependencia de la posición que desee.
- 7) Conecte los elementos e instrumentos del circuito.
- 8) Defina o configure el valor de los elementos.
- 9) Denomine los elementos e instrumentos.

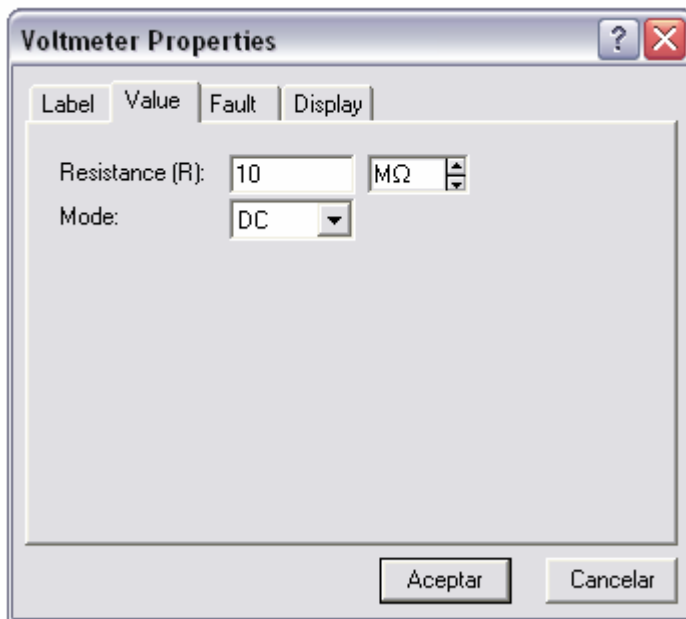
Elementos simples: (Ejemplo: El Resistor)



Seleccione en Label la denominación del elemento (R1) por ejemplo, seguidamente el valor en Value (10Ω) por ejemplo. Al finalizar **Cancelar** o **Aceptar** en dependencia de lo que usted desea, de mantener la configuración que estaba o introducir los nuevos valores que le puso, respectivamente.

10) Configure en valor y denominación los instrumentos.

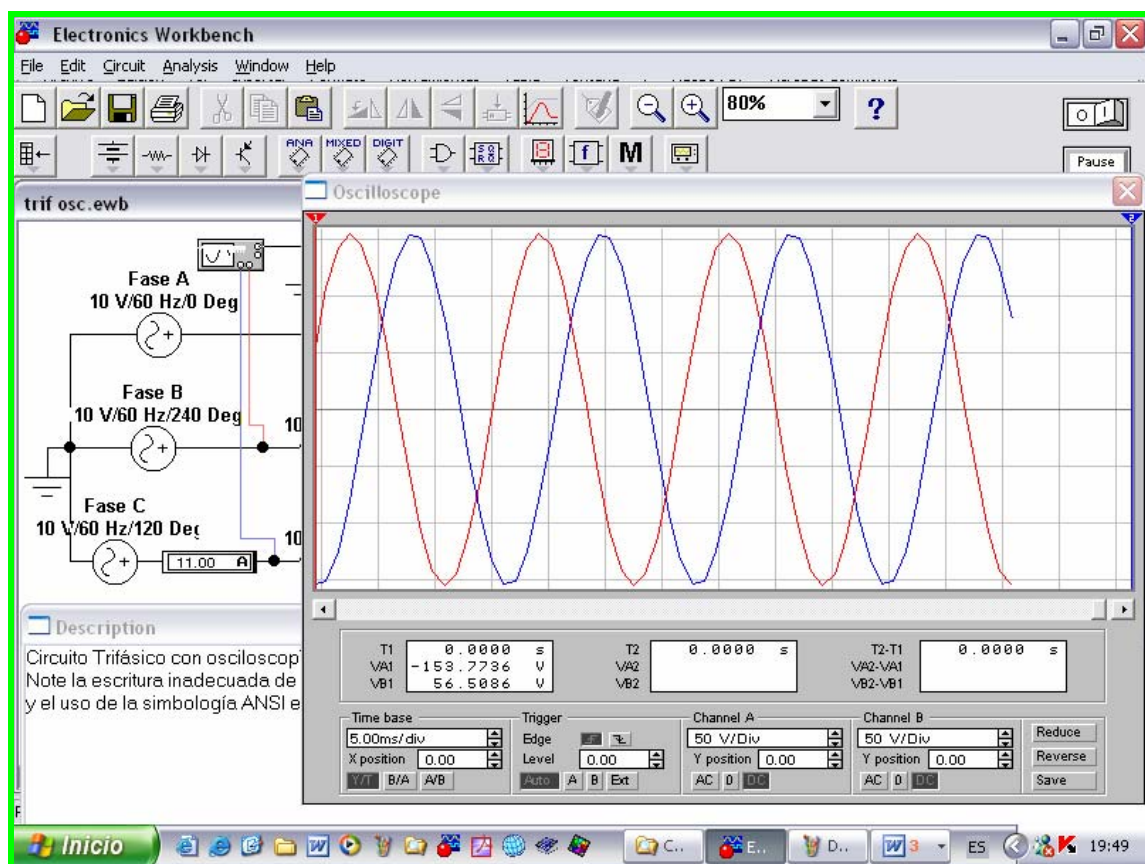
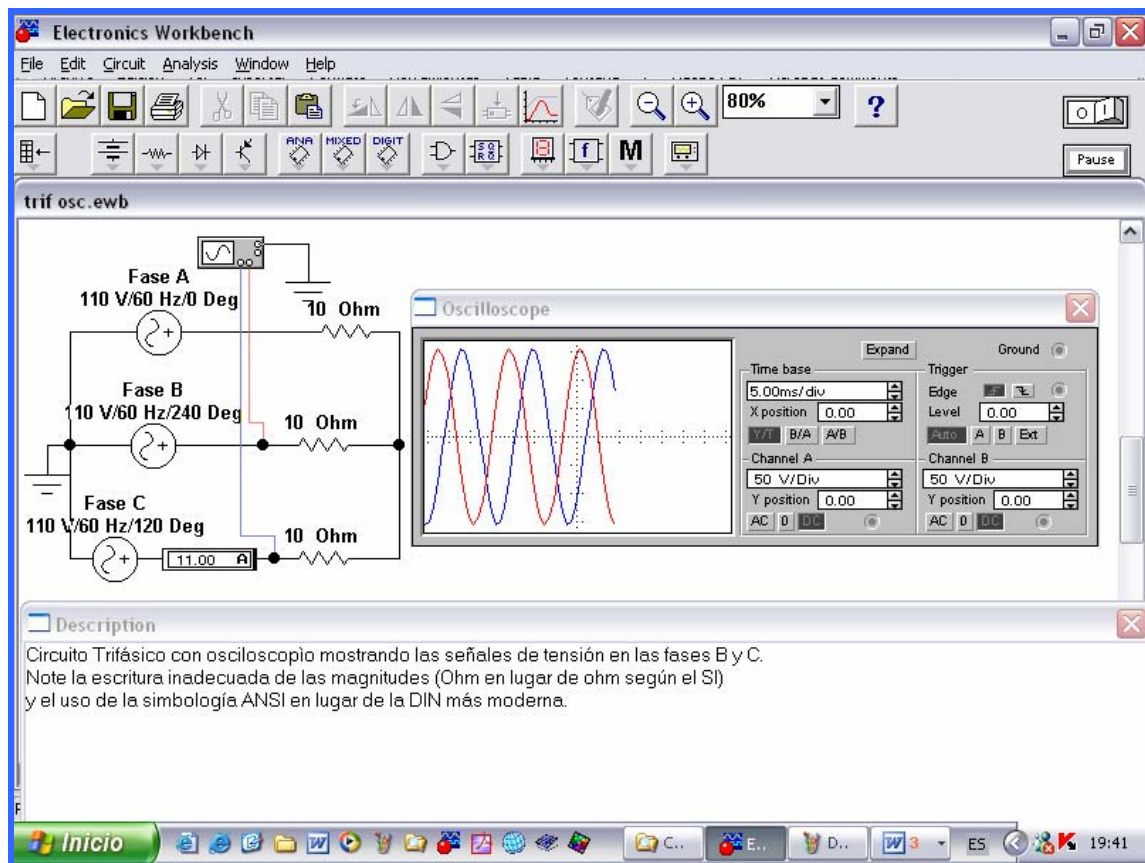
Configuración de instrumentos.



Cambie los valores como desee, en **mode** seleccione si es de CD o de CA.

- 11) Salve el circuito.
- 12) Arranque el circuito.
- 13) Tome la lectura de los instrumentos y haga las observaciones necesarias.
- 14) Cierre el programa simulador.

Finalmente presentaremos un ejemplo de un circuito montado y activado con el funcionamiento de un osciloscopio y un amperímetro. Observe el uso de los colores rojo y azul en los conductores del osciloscopio que posibilitan detallar a cuál fase pertenece cada señal de tensión en la pantalla del osciloscopio y estudiar desfases, secuencia, período, frecuencia, relaciones de valor y otros incluso con detalles en la ampliación del osciloscopio como se aprecia en las fotografías siguientes:



Bibliografía.

1. Delgado Benítez, Manuel y Lamorut Fernández, Amirka. El programa simulador electronic work bench, su uso en la asignatura circuitos eléctricos. ISPETP. Ciudad de la Habana. 2003
2. Colectivo de autores del ISPETP. Folleto del curso informática Educativa. Maestría en pedagogía Profesional. La Habana. 1997.
3. Colectivo de Autores. Tecnología Educativa. ISPETP. La Habana. 1998.
4. Cubira, J. La filosofía en los medios de Enseñanza. La Habana. Ed Pueblo y Educación. 1983.
5. Da costa Carballo, Carlos Manuel. Tecnología informática y calidad de vida: ¿Es posible? Ciencia de la información. (cu) 26 (3): Septiembre. 1995.
6. González Castro, Vicente. Diccionario cubano de medio de enseñanza y términos afines: 3000 vocablos. La Habana. 1990.
7. Guirao Hernández, Pedro. Diccionario de Informática: Ilustrado. La Habana. Ed Edición revolucionaria.
8. Ministerio de Cultura. Diccionario Ilustrado. Aristos. De la lengua Española. La Habana. Editorial Científico Técnica. 1985.
9. Materiales de Internet.

(Inicio)