



FUNDAMENTOS DE CIRCUITOS ELÉCTRONICOS

José Leonardo Ramírez • Carlos Osvaldo Velásquez



Fondo Editorial ITM, registrado en COLCIENCIAS Res. 01599 de 2012

FUNDAMENTOS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

FUNDAMENTOS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

JOSÉ LEONARDO RAMÍREZ ECHAVARRÍA
CARLOS OSVALDO VELASQUEZ SANTOS



Ramírez Echavarría, José Leonardo

Fundamentos de circuitos eléctricos / José Leonardo Ramírez Echavarría, Carlos Osvaldo Velásquez Santos.--1a ed. -- Medellín: Fondo Editorial ITM, 2012.

78 p. -- (Colección Textos académicos)

Incluye referencias bibliográficas

ISBN 978-958-8743-20-2

1. Circuitos eléctricos 2. Análisis de circuitos eléctricos I. Velásquez Santos, Carlos Osvaldo
II. Tít. (Serie)

621.319 2 SCDD 21 ed.

Catalogación en la publicación - Biblioteca ITM

Serie Textos Académicos

Fondo Editorial ITM

Fundamentos de circuitos eléctricos

© JOSÉ LEONARDO RAMÍREZ ECHAVARRÍA

© CARLOS OSVALDO VELÁSQUEZ SANTOS

© Fondo Editorial ITM

1a. edición: diciembre de 2012

ISBN: 978-958-8743-20-2

Hechos todos los depósitos legales

Rectora

LUZ MARIELA SORZA ZAPATA

Editora

SILVIA INÉS JIMÉNEZ GÓMEZ

Comité Editorial

OLGA MARÍA RODRÍGUEZ BOLUFÉ, PhD, México

JOSÉ R. GALO SÁNCHEZ, PhD, España

LILIANA SAIDON, PhD, Argentina

MONSERRAT VALLVERDÚ FERRER, PhD, España

GIANNI PEZZOTI, PhD, Italia

Corrección de Estilo

LILA MARÍA CORTÉS FONNEGRA

Secretaria Técnica

LINA YANET ÁLVAREZ ESTRADA

Diseño y diagramación

LITOGRAFÍA DINÁMICA

Hecho en Medellín, Colombia

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Calle 73 No. 76A 354

Tel.: 440 5289 • 4405197

<http://fondoeditorial.itm.edu.co/>

www.itm.edu.co

Medellín – Colombia

Las opiniones, originales y citas del texto son de la responsabilidad de los autores.

El Instituto salva cualquier obligación derivada del libro que se publica. Por lo tanto, ella recaerá únicamente y exclusivamente sobre los autores.

CONTENIDO

1	CONCEPTOS BÁSICOS	10
1.1	BREVE HISTORIA DE LA ELECTRICIDAD.....	10
1.2	TEORÍA ELECTRÓNICA DEL ATOMO	11
1.3	CARGA ELÉCTRICA	11
1.4	CORRIENTE ELÉCTRICA	12
1.4.1	TIPOS DE CORRIENTE ELÉCTRICA	13
1.4.1.2	CORRIENTE CONTINUA.....	13
1.5	FUERZA ELECTROMOTRIZ, DIFERENCIA DE POTENCIAL, ELÉCTRICO O VOLTAJE.....	14
1.6	RESISTENCIA ELÉCTRICA.....	16
1.7	LEY DE OHM.....	17
1.8	POTENCIA ELÉCTRICA.....	18
1.9	ENERGÍA ELÉCTRICA	18
	PROBLEMAS PROPUESTOS 1	20
2.	ELEMENTOS DE UN CIRCUITO ELÉCTRICO	22
2.1	ELEMENTOS QUE COMPONEN UN CIRCUITO ELÉCTRICO	22
2.1.1	GENERADORES.....	22
2.1.2	CONDUCTORES.....	22
2.1.3	RECEPTORES.....	22
2.1.4	ELEMENTOS DE CONTROL	22
2.1.4.1	INTERRUPTORES.....	22
2.1.4.2	INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.....	23
2.1.5	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	23
2.1.5.1	FUSIBLES.....	23
2.1.5.2	CORTACIRCUITOS.....	24
2.1.5.3	TRANSDUCTORES.....	24
2.1.5.4	TERMISTORES	24
2.2	LA RESISTENCIA ELÉCTRICA. FORMAS DE CONEXIÓN	24
2.2.1	RESISTENCIAS EN SERIE	24
2.2.2	RESISTENCIAS EN PARALELO	25
	PROBLEMAS PROPUESTOS 2	28
2.3	CAPACITANCIA O CONDENSADORES.....	30
2.3.1	DEFINICIÓN DE CAPACITANCIA.....	30
2.3.2	CONDENSADORES CON DIELECTRICOS	30
2.3.3	ENERGÍA ALMACENADA EN UN CAPACITOR.....	31
2.3.4	COMBINACIONES DE LOS CAPACITORES	32

2.3.4.1 CONDENSADORES EN SERIE.....	32
2.3.4.2 CONDENSADORES EN PARALELO.....	32
2.3.5 SIMBOLOS ELÉCTRICOS - CONDENSADORES.....	33
PROBLEMAS PROPUESTOS 2.1	34
2.4 LA INDUCTANCIA O BOBINA.....	36
2.4.1 COMBINACIONES DE INDUCTORES.....	37
2.4.1.1 INDUCTANCIAS EN SERIE.....	38
2.4.1.2 INDUCTANCIAS EN PARALELO.....	38
PROBLEMAS PROPUESTOS 2.2.....	38
3. ANÁLISIS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS EN CC.....	41
3.1 CONVENCIÓN DE SIGNOS EN LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS.....	41
3.2 LEYES DE LOS CIRCUITOS	42
3.2.1 LEYES DE KIRCHOFF PARA LOS VOLTAJES.....	42
3.2.2 LEYES DE KIRCHOFF PARA LAS CORRIENTES.....	42
3.3 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE CIRCUITOS.....	43
3.3.1 CIRCUITOS EN PARALELO	44
3.3.2 CIRCUITOS MIXTOS (SERIE PARALELO)	46
3.4 MÉTODO DE LAS CORRIENTES DE MALLA.....	50
3.5 MÉTODO DE LOS VOLTAJES NODALES.....	54
PROBLEMAS PROPUESTOS 3	56
4. ANÁLISIS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS EN AC.....	57
4.1 ÁLGEBRA DE NÚMEROS COMPLEJOS.....	57
4.1.1 NÚMEROS IMAGINARIOS.....	57
NÚMEROS COMPLEJOS.....	58
4.1.2 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS NÚMEROS COMPLEJOS	58
4.1.3 FORMAS DE NÚMEROS COMPLEJOS.....	58
4.1.3.1 OPERACIONES ENTRE NÚMEROS COMPLEJOS.....	59
4.1.3.2 SUMA Y RESTA DE NÚMEROS COMPLEJOS.....	59
4.1.3.3 MULTIPLICACIÓN DE UN ESCALAR POR UN NÚMERO COMPLEJO	59
4.1.3.4 MULTIPLICACIÓN ENTRE NÚMEROS COMPLEJOS	60
4.1.3.5 DIVISIÓN ENTRE NÚMEROS COMPLEJOS.....	60
4.2 DEFINICIÓN DE FASOR	61
4.3 COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA ELÉCTRICA EN AC	61
4.4 COMPORTAMIENTO DE LOS CONDENSADORES EN AC.....	62
4.5 COMPORTAMIENTO DE LOS INDUCTORES EN CORRIENTE ALTERNA.....	63
4.6 LEY DE OHM GENERALIZADA PARA CORRIENTE ALTERNA	64

4.7 TRIÁNGULO DE POTENCIAS Y FACTOR DE POTENCIA	65
4.8 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE CIRCUITOS EN AC	66
PROBLEMAS PROPUESTOS 4	68
BIBLIOGRAFÍA	70
SITIOS EN INTERNET.....	71

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.	ESTRUCTURA ATÓMICA DEL ÁTOMO	11
FIGURA 2.	ANALOGÍA ENTRE EL AGUA Y LA ELECTRICIDAD	12
FIGURA 3.	REPRESENTACIÓN DE LA CORRIENTE CONTINUA	13
FIGURA 4.	ONDA SINUSOIDAL DE CORRIENTE ALTERNA	13
FIGURA 5.	ONDA CUADRADA	14
FIGURA 6.	ONDA TRIANGULAR	14
FIGURA 7.	RESUMEN DE FÓRMULAS.....	19
FIGURA 8.	ASOCIACIÓN DE RESISTENCIAS EN SERIE.....	24
FIGURA 9.	RESISTENCIAS EN PARALELO.....	25
FIGURA 10.	ARREGLO DE RESISTENCIAS EN SERIE PARALELO.....	26
FIGURA 11.	RED MIXTA.....	27
FIGURA 12.	SIMPLIFICACIÓN EJEMPLO 2	27
FIGURA 13.	PROBLEMAS PROPUESTOS UNIDAD 2	28
FIGURA 14.	DEFINICIÓN DE CAPACITANCIA	30
FIGURA 15.	CONDENSADORES EN SERIE	32
FIGURA 16.	CONDENSADORES EN PARALELO	33
FIGURA 17.	SÍMBOLOS DE CONDENSADORES.....	33
FIGURA 18.	RED DE CONDENSADORES EN SERIE PARALELO.....	34
FIGURA 19.	RED DE CONDENSADORES PARA EL PROBLEMA PROPUESTO 2.....	35
FIGURA 20.	CONDENSADOR CON TRES MATERIALES DIELECTRICOS	36
FIGURA 21.	CIRCUITO RC CON INTERRUPTOR DE DOS POSICIONES.....	36
FIGURA 22.	INDUCTOR O BOBINA	36
FIGURA 23.	INDUCTORES EN SERIE.....	37
FIGURA 24.	INDUCTORES EN PARALELO	38
FIGURA 25.	INDUCTORES EN SERIE PARALELO	38
FIGURA 26.	INDUCTORES EN SERIE PARALELO	39
FIGURA 27.	CIRCUITO RL	39
FIGURA 28.	CIRCUITO RL	40
FIGURA 29.	CONVENCIÓN DE SIGNOS Y DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE.....	41
FIGURA 30.	POLARIDAD FUENTE DE VOLTAJE.....	41
FIGURA 31.	LEY DE KIRCHOFF DE VOLTAJES.....	42
FIGURA 32.	LEY DE CORRIENTES NODALES.....	42
FIGURA 33.	CIRCUITO EN SERIE.....	43
FIGURA 34.	CIRCUITO EN PARALELO	45

FIGURA 35. CIRCUITO EJEMPLO 3.....	47
FIGURA 36. EQUIVALENTE DEL CIRCUITO DE LA FIGURA 35	48
FIGURA 37. CIRCUITO SERIE PARALELO	49
FIGURA 38. CIRCUITO EJEMPLO 3.....	51
FIGURA 39. CIRCUITO EJEMPLO 6.....	52
FIGURA 40. CIRCUITO EJEMPLO 7.....	54
FIGURA 41. CIRCUITO EJEMPLO 8.....	55
FIGURA 42. EJERCICIOS PROPUESTOS UNIDAD 3	56
FIGURA 43. REPRESENTACIÓN DE UN NÚMERO COMPLEJO	58
FIGURA 44. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UN NÚMERO COMPLEJO	58
FIGURA 45. RESISTENCIA EN UN CIRCUITO AC	61
FIGURA 46. EL CONDENSADOR EN AC.....	62
FIGURA 47. INDUCTORES EN AC	63
FIGURA 48. FORMA DE ONDA DE POTENCIA EN AC	65
FIGURA 49. TRIÁNGULO DE POTENCIAS	66
FIGURA 50. CIRCUITO EJEMPLO 10.....	67
FIGURA 51. CIRCUITOS PARA LOS PROBLEMAS 1 Y 2.....	69
FIGURA 52. CIRCUITO PARA EL EJERCICIO 3	69

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.	RESISTENCIAS ESPECÍFICAS Y COEFICIENTE DE TEMPERATURA DE ALGUNOS MATERIALES A 0°C	16
TABLA 2.	PREFIJOS, SÍMBOLOS Y VALORES DE LAS UNIDADES MÁS IMPORTANTES UTILIZADAS EN ELECTRICIDAD	17
TABLA 3.	DATOS PARA EL PROBLEMA 1 DE LA UNIDAD 1	20
TABLA 4.	DATOS PARA EL PROBLEMA 1 DE LA UNIDAD 1	20
TABLA 5.	VALORES APROXIMADOS DE CONSTANTES DIELECTRICAS.....	31
TABLA 6.	RESULTADOS DEL EJEMPLO 1.....	44
TABLA 7.	RESULTADOS DEL EJERCICIO 5.....	52
TABLA 8.	RESULTADOS DEL EJEMPLO 6.....	53

1. CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD

1.1. BREVE HISTORIA DE LA ELECTRICIDAD

El nombre ELECTRICIDAD tiene origen en la palabra griega ELEKTRON o sea ámbar amarillo, sustancia resinosa que al ser frotado con un paño liso o una piel resulta electrizada. Tales de Mileto había observado estos fenómenos en el Ámbar hacia el año 600 A.C. (Fernández et al 1994)

También se observó en la antigüedad que otras sustancias al ser sometidas al frotamiento con pieles, géneros, sedas, etc., se electrizaban; tal sucede con el vidrio al ser frotado con seda.

Con el correr del tiempo se clasificarían los cuerpos como conductores y aisladores, y más exactamente como buenos conductores, semiconductores y malos conductores (aisladores o dieléctricos).

Entre los primeros se cuentan los metales, especialmente la plata y el cobre también la tierra, el aire húmedo, el cuerpo humano, etc. Semiconductores son el silicio y el germanio.

Aisladores o dieléctricos son las resinas, el vidrio, la porcelana, el aire seco, el cabello, la parafina, el caucho, el cloruro de polivinilo PVC etc.

Se estableció además, dentro de la teoría tradicional, que existen dos clases de electricidad: vítrea o positivo, la que se produce en el vidrio (frotando con seda); resinosa o negativa, la que se produce en la ebonita o en el ámbar (frotando con seda).

SE PRESENTARON ADEMÁS LEYES COMO ESTAS:

- Las electricidades del mismo nombre se rechazan y las de nombre contrario se atraen
- Por frotamiento, siempre se electrizan simultáneamente los dos cuerpos, con electricidades contrarias
- Las fuerzas que se ejercen ente dos cargas eléctricas puntuales son directamente proporcionales a sus cantidades de electricidad e inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia que las separa:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1)$$

Carlos Osvaldo Velásquez Santos

Ingeniero en Instrumentación y Control del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Magíster en Gestión Energética Industrial del INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO. Docente de la Facultad de Ingenierías en el INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO.

José Leonardo Ramírez Echavarría

Ingeniero Electricista de la Universidad de Antioquia, Especialista en Gestión Energética Industrial del INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO, Especialista en Automática de la Universidad Pontificia Bolivariana y Magíster en Ingeniería Área Automática de la Universidad Pontificia Bolivariana. Decano de la Facultad de Ingenierías en el INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO.



Fundamentos de circuitos eléctricos

Litografía Dinámica, diciembre de 2012

Fuente tipográfica: Garamond para texto corrido,
en 11 puntos, títulos 15 puntos

Este libro está dirigido a estudiantes que cursan las asignaturas de Circuitos Eléctricos y Electrotecnia. En el texto se explican distintos ejemplos y se proponen ejercicios. La primera parte del libro trata sobre las definiciones de conceptos básicos de circuitos eléctricos; la segunda parte trata sobre circuitos eléctricos en Corriente Directa y su análisis; la tercera parte habla sobre los condensadores y los inductores; finalmente, se hace un breve tratamiento de Análisis de Circuitos en Corriente Alterna (AC). Los autores esperan que este libro sea de gran ayuda a los estudiantes de ingenierías del INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO y de otras universidades.



ISBN 978-958-8743-20-2

