

---

# **ELECTROTECNIA**

## **PRÁCTICA nº 3**

---

**ANÁLISIS DE CIRCUITOS EN CORRIENTE ALTERNA.**

## PRACTICA 3

### ANÁLISIS DE CIRCUITOS EN CORRIENTE ALTERNA

#### 1.- OBJETO.

Esta práctica tiene por objeto en primer lugar conocer y analizar varios circuitos sencillos en corriente alterna viendo la respuesta de elementos pasivos básicos como resistencias (R), inductancias (L) y cargas capacitivas (C). Y verificar la aplicación tanto de la ley de Ohm como las leyes de Kirchhoff mediante la medida de intensidades y tensiones en todos los elementos del circuito.

En segundo lugar conocer e identificar la aparatamenta de protección que normalmente se utilizan en los circuitos de baja tensión.

#### 2.- INTRODUCCIÓN A LA APARAMENTA DE PROTECCIÓN

Al utilizar la energía eléctrica y pese a que se toman las medidas oportunas y reglamentarias, a veces es inevitable la producción de averías y en menor medida de accidentes, por lo que las instalaciones eléctricas habrá que protegerlas contra las causas siguientes:

- Protección contra Corrientes de defecto a tierra
- Protección contra Sobreintensidades
- Protección contra Sobretensiones

##### a.- Protección contra corrientes de defecto a tierra.

Las corrientes de defecto a tierra se producen por deficiencias o fallos de aislamiento o por contacto accidental de las personas o animales con partes activas de la instalación, pudiendo dar lugar a dos tipos de contactos

**CONTACTO DIRECTO:** Contacto de personas o animales con partes activas de los materiales o equipos.

**CONTACTO INDIRECTO:** Contacto de personas o animales domésticos con partes que se han puesto bajo tensión como consecuencia de un fallo de aislamiento.

Al objeto de proteger, tanto a las personas y animales como a las instalaciones, contra contactos directos e indirectos, se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto, mediante el empleo de los **interruptores diferenciales**.

Se instalarán en todas las prácticas. Su objeto es proteger a las personas de las descargas que pudieran producirse por contactos directos o indirectos. Se utilizarán los de alta sensibilidad (30 mA) (Figura 1).

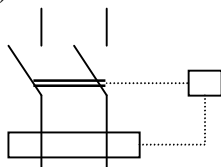


Figura1. Interruptor diferencial bipolar.

## b.- Protección contra sobreintensidades.

**SOBREINTENSIDAD:** Es toda corriente superior a un valor asignado. En los conductores, el valor asignado es la corriente admisible.

El REBT contempla dos tipos de sobreintensidades: sobrecargas y cortocircuitos..

1.- **Sobrecargas:** se producen cuando por una línea circula más intensidad de corriente que la nominal, es decir la intensidad para la que ha sido calculada la línea o un receptor consume más intensidad de la nominal. Las sobrecargas pueden venir provocadas por conectar demasiados receptores en una línea eléctrica. Esto origina un aumento de intensidad (sobrecarga) por los conductores y/o receptores que puede llegar a provocar su destrucción, por solicitar de un receptor una potencia mayor de su potencia nominal.

2.- **Cortocircuitos:** se producen cuando se unen accidentalmente dos puntos que están a distinto potencial mediante una unión conductora (sin resistencia), como por ejemplo cuando se unen dos partes activas de un circuito eléctrico. (Figura 2).

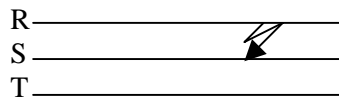


Figura 2. Cortocircuito

Un elemento de protección contra sobreintensidades son los **interruptores magneto-térmicos**, que protegen contra sobrecargas (parte térmica) y contra cortocircuitos (parte magnética) que para magnitudes pequeñas se conocen como los **pequeños interruptores automáticos** (PIA). Se instalará en todas las prácticas a realizar. Su objetivo es proteger a la instalación de las sobrecargas y cortocircuitos (Figura 3).



Figura 3. Interruptor magnetotérmico bipolar.



Figura 4. Fusibles.

El **fusible o cortacircuitos**, es otro elemento de protección y está compuesto por un hilo conductor de menor sección que los conductores de la línea. En caso de sobrecarga o cortocircuito, la intensidad se eleva a valores peligrosos para los conductores de la línea y el fusible, que es más débil se funde debido al efecto Joule, e interrumpe el circuito antes de que la intensidad de la corriente alcance valores peligrosos. Los cartuchos fusibles se clasifican en dos tipos fundamentales: clase *gl* (de utilización general, tanto para sobrecargas como contra cortocircuitos se utiliza tanto para usos domésticos como industriales) y clase *aM* o de acompañamiento a motores (para proteger motores contra cortocircuitos, pues contra sobrecargas protege el relé térmico). Están calibrados en amperios, y el calibre de un fusible nos indicaría la intensidad que puede pasar por él sin fundirse. El fusible es más barato que el interruptor automático (PIA), pero éste último posee la ventaja de que una vez que han abierto el circuito por sobrecarga o cortocircuito se pueden reponer manualmente con rapidez (una vez que se haya reparado la causa de fallo) y sin necesidad de utilizar recambios, como ocurre en el caso de los fusibles. Sin embargo, es muy utilizado por poder proteger de forma económica y segura diferentes partes de una misma instalación (Figura 4).

Con un **interruptor magneto-térmico-diferencial** se evitaría: accidentes por contactos, ya sean directos o indirectos, incendios por intensidades de fuga (defectos de aislamiento),

calentamientos excesivos de líneas o de máquinas por sobrecargas, y los temidos cortocircuitos, tan socorridos por otra parte cuando se intenta justificar algún fuego provocado.



Figura 5. Protecciones en las mesas de trabajo: interruptor llave, interruptor diferencial y pulsador de parada de emergencia.

### c.- Protección contra sobretensiones.

Se producen por aumento de tensión superior al valor asignado o a la tensión nominal o a la tensión de aislamiento. Puede ocurrir por accidentes atmosféricos como la caída de un rayo sobre una línea de alta tensión. El elemento de protección será una autoválvula o pararrayos. También se puede producir por una apertura o corte del conductor neutro, por un contacto accidental fase-neutro, por oscilaciones debido a maniobras y en estos casos el elemento de protección será un limitador de sobretensiones transitorias, que puede ser para la protección general con capacidad de descarga importante (40 kA), para la protección general y fina con capacidad de descarga media (15 a 8 kA) y para la protección fina con nivel de protección fino (8 kA) para la protección de material muy sensible (ITC-BT-23).

## 3.- ANÁLISIS DE CIRCUITOS EN CORRIENTE ALTERNA.

### 3.1. Introducción al análisis de circuitos.

Un circuito eléctrico es un conjunto de elementos conductores que forman un anillo cerrado por el que circula una corriente eléctrica.

Para la resolución de circuitos simples es suficiente con aplicar la ley de Ohm.

La ley de Ohm para corriente alterna es la misma que para corriente continua la diferencia está en que las magnitudes cambian periódicamente, se caracterizan por ser funciones senoidales. Se suele trabajar con esas magnitudes en el campo de los números complejos.

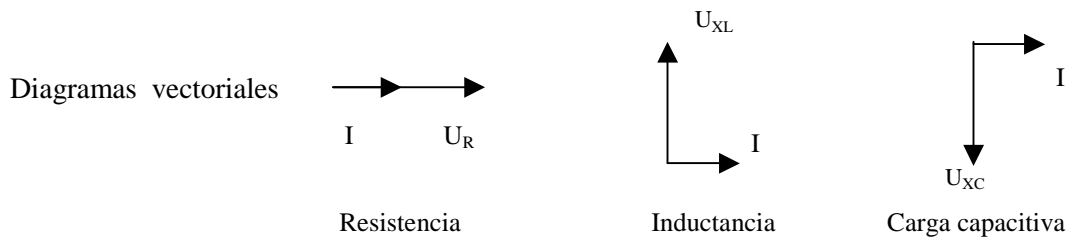
La ley de Ohm para corrientes alternas, empleando la notación compleja de las magnitudes senoidales, expresa que el valor eficaz complejo de la tensión senoidal aplicada a un circuito es igual al producto de la impedancia compleja por el valor eficaz complejo de la intensidad que lo recorre; se puede expresar mediante:

$$\bar{U} = \bar{I} \times \bar{Z} \quad \text{donde } \bar{Z} \text{ se llama impedancia compleja del circuito y vale:}$$

$$\bar{Z} = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \quad \text{Su unidad es el ohmio } (\Omega)$$

En la siguiente tabla se resumen la respuesta senoidal de los elementos pasivos básicos:

	<b>Resistencia R (Ω)</b>	<b>Inductancia L (H)</b>	<b>Carga capacitiva C(F)</b>
Reactancia (Ω)		$X_L = \omega L$	$X_C = \frac{1}{\omega C}$
Impedancia Compleja (Ω)	$\bar{Z}_R = (R + j0)$	$\bar{Z}_L = (0 + jX_L)$	$\bar{Z}_C = (0 - jX_C)$
Desfase (φ)	0	$\pi/2$	$-\pi/2$



La impedancia equivalente de una asociación de varias impedancias  $\bar{Z}_1, \bar{Z}_2, \bar{Z}_3$ , conectadas en:

- a.- Serie será:  $\bar{Z} = \bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_3$
- b.- Paralelo será:  $\frac{1}{\bar{Z}} = \frac{1}{\bar{Z}_1} + \frac{1}{\bar{Z}_2} + \frac{1}{\bar{Z}_3}$

Cuando los circuitos son más complicados es necesario recurrir a una serie de reglas y teoremas que simplifican su cálculo. Entre estas leyes destacamos las leyes de Kirchhoff. Son válidas tanto para circuitos de corriente continua como para los valores instantáneos de las corrientes y tensiones alternas senoidales. Aunque tiene mayor utilidad práctica expresar estas leyes aplicando los valores eficaces complejos de la tensión e intensidad.

**Primera ley de Kirchhoff (regla de los nudos):** Dado un nudo en el que concurren "n" corrientes alternas senoidales de la misma pulsación, se verifica que la suma de las intensidades eficaces complejas que concurren en dicho nudo es nula.

$$\sum_{k=1}^n \bar{I}_k = 0$$

**Segunda ley de Kirchhoff (regla de las mallas):** la suma algebraica de las caídas de potencial a lo largo de una malla es igual a la suma algebraica de las fuerzas electromotrices y contraelectromotrices que se encuentran en ella expresadas en valores eficaces complejos.

$$\sum \bar{\varepsilon}_i = \sum \bar{I}_i * \bar{Z}_i$$

La potencia activa que consume cada receptor conectado en un circuito de corriente alterna monofásica se calcula por la siguiente expresión y sus unidades son los vatios (W).

$$P = V \times I \times \cos \varphi$$

Siendo  $\varphi$  el ángulo de desfase entre V e I y el  $\cos \varphi$  el factor de potencia.

### 3.2. Objetivos.

Se trata de realizar en el laboratorio de tres montajes de circuitos eléctricos alimentados por una fuente de tensión alterna senoidal en el que participan receptores ideales: Resistencia (R) Inductancia (L) y Carga Capacitiva ( C ) en régimen permanente con el objeto de analizar su comportamiento. Concretamente se montarán:

- a.- Circuito RLC serie.
- b.- Circuito RLC paralelo.
- d.- Circuito mixto.

En todos ellos habrá que:

- 1º.-Medir tensiones, intensidades y la potencia activa que consumen dichos circuitos.
- 2º.-Determinar su impedancia.
- 3º.-Analizar y verificar el grado de aproximación a la realidad obtenida con las idealizaciones y simplificaciones de la Teoría de Circuitos de dichos circuitos.

### 3.3. Material.



Figura 6. Protecciones, fuentes de alimentación en alterna, cargas resistivas, inductivas y capacitivas necesarias para la realización de la práctica.

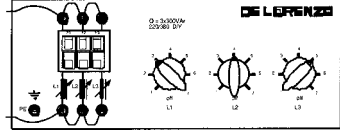
- Fuentes de tensión alterna senoidal:

Tensión nominal: 230V,  $f=50\text{Hz}$ . (salida de corriente alterna  $L_1-N$ ).

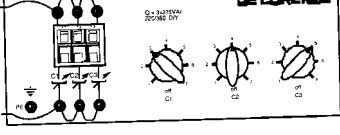
- Resistencias variables: se disponen de tres grupos de resistencias controladas por tres conmutadores, cuyos valores en función de la posición del conmutador son:

	<u>Posición</u>	<u>Resistencia</u>	<u>Posición</u>	<u>Resistencia</u>
	1	1050 $\Omega$	5	213 $\Omega$
	2	750 $\Omega$	6	150 $\Omega$
	3	435 $\Omega$	7	123 $\Omega$
	4	300 $\Omega$		


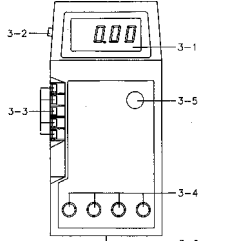
- Inductancias variables: se disponen de tres grupos de inductancias controladas por tres conmutadores, cuyos valores en función de la posición del conmutador son:

 <p>Conexión en paralelo de las tres inductancias</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Posición</th> <th>Inductancia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>4,46H</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3,19H</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1,84H</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1,27H</td> </tr> </tbody> </table>	Posición	Inductancia	1	4,46H	2	3,19H	3	1,84H	4	1,27H	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Posición</th> <th>Inductancia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>0,90H</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>0,64H</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>0,52H</td> </tr> </tbody> </table>	Posición	Inductancia	5	0,90H	6	0,64H	7	0,52H
	Posición	Inductancia																		
1	4,46H																			
2	3,19H																			
3	1,84H																			
4	1,27H																			
Posición	Inductancia																			
5	0,90H																			
6	0,64H																			
7	0,52H																			

- Cargas capacitivas variables: se disponen de tres grupos de cargas capacitivas controladas por tres conmutadores, cuyos valores en función de la posición del conmutador son:

 <p>Conexión en paralelo de las tres cargas capacitivas</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Posición</th> <th>Capacidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2 <math>\mu</math>F</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3 <math>\mu</math>F</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>5 <math>\mu</math>F</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>8 <math>\mu</math>F</td> </tr> </tbody> </table>	Posición	Capacidad	1	2 $\mu$ F	2	3 $\mu$ F	3	5 $\mu$ F	4	8 $\mu$ F	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Posición</th> <th>Capacidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>10 <math>\mu</math>F</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>13 <math>\mu</math>F</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>18 <math>\mu</math>F</td> </tr> </tbody> </table>	Posición	Capacidad	5	10 $\mu$ F	6	13 $\mu$ F	7	18 $\mu$ F
	Posición	Capacidad																		
1	2 $\mu$ F																			
2	3 $\mu$ F																			
3	5 $\mu$ F																			
4	8 $\mu$ F																			
Posición	Capacidad																			
5	10 $\mu$ F																			
6	13 $\mu$ F																			
7	18 $\mu$ F																			

- 5 polímetros estándar .
- 1 polímetro-vatímetro.

		<p>3.1.-Pantalla  3.2.- Interruptor de encendido  3.3.- Conmutador de funciones  3.4.-Terminales de salida: A COM V W  COM V (Se conectan con la carga)  A W (Se conectan con la fuente)  3.5.-Botón de ajuste a cero (sólo vatímetro)  3.6.-Compartimento de la batería</p>
--	--	--

- Cables banana-banana..

### 3.4. Realización práctica.

El procedimiento a seguir en los tres circuitos será el siguiente:

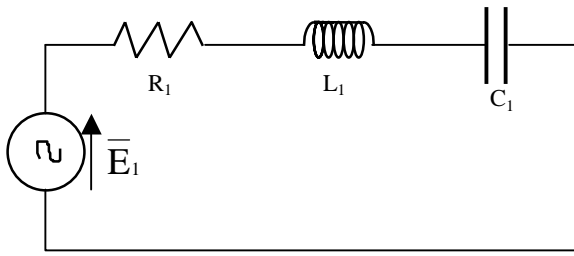
Se dibujarán los circuitos en cada caso, incluyendo todos los aparatos de medida necesarios para el conocimiento de las tensiones en todos los elementos del circuito y corrientes de todas las ramas del mismo.

Se montarán los circuitos incluyendo los aparatos de medida imprescindibles (las medidas de tensión al realizarse en paralelo con el circuito, pueden realizarse de forma sucesiva utilizando un solo aparato).

Se calcularán las reactividades e impedancias en cada uno de los circuitos.

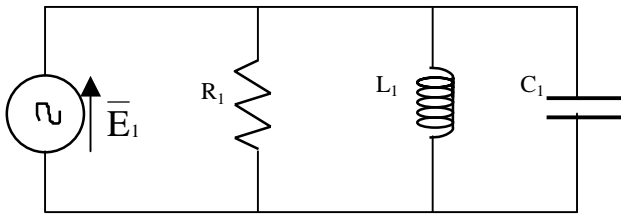
Y para terminar se verificarán los resultados aplicando la ley de Ohm y las leyes de Kirchhoff.

3.4.1. Circuito RLC serie.



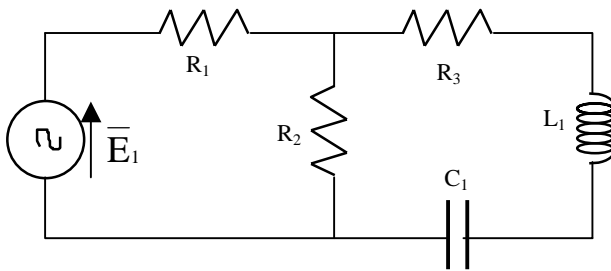
$\bar{E}_1 = 230 \angle 90^\circ \text{ V}$	(L <sub>1</sub> -Neutro)
$R_1 = 300 \Omega$	(Posición 4)
$L_1 = 1,84 \text{ H}$	(Posición 3)
$C_1 = 13 \mu\text{F}$	(Posición 6)

3.4.2. Circuito RLC en paralelo.



$\bar{E}_1 = 230 \angle 90^\circ \text{ V}$	(L <sub>1</sub> -Neutro)
$R_1 = 300 \Omega$	(Posición 4)
$L_1 = 1,84 \text{ H}$	(Posición 3)
$C_1 = 13 \mu\text{F}$	(Posición 6)

3.4.3. Circuito en asociación mixta.



$\bar{E}_1 = 230 \angle 90^\circ \text{ V}$	(L <sub>1</sub> -N)
$R_1 = 435 \Omega$	(Posición 3)
$R_2 = 150 \Omega$	(Posición 6)
$R_3 = 300 \Omega$	(Posición 4)
$L_1 = 1,84 \text{ H}$	(Posición 3)
$C_1 = 13 \mu\text{F}$	(Posición 6)



**4.- ACTIVIDADES A REALIZAR POR EL ALUMNO.**

**4.1. Circuito RLC serie.**

Dibuja el circuito incluyendo todos los aparatos de medida necesarios para conocer las tensiones en todos los elementos del circuito y corrientes de todas las ramas del mismo.

Medir y calcular en el circuito:

$R_1 =$	$L_1 =$	$C_1 =$	$\bar{E}_1 =$
$R_1 =$	$X_{L1} =$	$X_{C1} =$	$Z =$
$I_{R1} =$	$I_{XL1} =$	$I_{XC1} =$	$I =$
$V_{R1} =$	$V_{XL1} =$	$V_{XC1} =$	$V =$
Desfase entre: $V_{R1}, I_{R1}$	Desfase entre: $V_{XL1}, I_{XL1}$	Desfase entre: $V_{XC1}, I_{XC1}$	Desfase entre: $V, I$
$\bar{Z}_{R1} =$	$\bar{Z}_{XL1} =$	$\bar{Z}_{XC1} =$	$\bar{Z} =$

$\bar{E}_1 =$                        $\bar{V} =$                        $\bar{I} =$                        $\bar{Z} =$   
 Potencia activa (Lectura del vatímetro)  $P =$

Dibujar el triángulo de impedancias del circuito

Verificar analíticamente los resultados aplicando la ley de Ohm y las leyes de kirchhoff y comenta los resultados.

#### 4.2. Circuito RLC paralelo.

Dibuja el circuito incluyendo todos los aparatos de medida necesarios para conocer las tensiones en todos los elementos del circuito y corrientes de todas las ramas del mismo.

Medir y calcular en el circuito:

$R_1 =$	$L_1 =$	$C_1 =$	$\bar{E}_1 =$
$R_1 =$	$X_{L1} =$	$X_{C1} =$	$Z =$
$I_{R1} =$	$I_{XL1} =$	$I_{XC1} =$	$I =$
$V_{R1} =$	$V_{XL1} =$	$V_{XC1} =$	$V =$
Desfase entre: $V_{R1}, I_{R1}$	Desfase entre: $V_{XL1}, I_{XL1}$	Desfase entre: $V_{XC1}, I_{XC1}$	Desfase entre: $V, I$
$\bar{Z}_{R1} =$	$\bar{Z}_{XL1} =$	$\bar{Z}_{XC1} =$	$\bar{Z} =$

$$\bar{E}_1 = \quad \bar{V} = \quad \bar{I} = \quad \bar{Z} =$$

Potencia activa (Lectura del vatímetro)  $P =$

Dibujar el triángulo de impedancias del circuito

Verificar analíticamente los resultados aplicando la ley de Ohm y las leyes de kirchhoff y comenta los resultados.

### 4.3. Circuito asociación mixta

Dibuja el circuito incluyendo todos los aparatos de medida necesarios para conocer las tensiones en todos los elementos del circuito y corrientes de todas las ramas del mismo.

Medir y calcular en el circuito:

$R_1 =$	$R_2 =$	$R_3 =$	$L_1 =$	$C_1 =$	$\bar{E}_1 =$
$R_1 =$	$R_2 =$	$R_3 =$	$X_{L1} =$	$X_{C1} =$	$Z =$
$I_{R1} =$	$I_{R2} =$	$I_{R3} =$	$I_{XL1} =$	$I_{XC1} =$	$I =$
$V_{R1} =$	$V_{R2} =$	$V_{R3} =$	$V_{XL1} =$	$V_{XC1} =$	$V =$
Desfase entre: $V_{R1}, I_{R1}$	Desfase entre: $V_{R2}, I_{R2}$	Desfase entre: $V_{R3}, I_{R3}$	Desfase entre: $V_{XL1}, I_{XL1}$	Desfase entre: $V_{XC1}, I_{XC1}$	Desfase entre: V, I
$\bar{Z}_{R1} =$	$\bar{Z}_{R2} =$	$\bar{Z}_{R3} =$	$\bar{Z}_{XL1} =$	$\bar{Z}_{XC1} =$	$\bar{Z} =$

$$\bar{E}_1 = \quad \bar{V} = \quad \bar{I} = \quad \bar{Z} =$$

Potencia activa (Lectura del vatímetro)  $P =$

Dibujar el triángulo de impedancias del circuito

Verificar analíticamente los resultados aplicando la ley de Ohm y las leyes de kirchhoff y comenta los resultados.