

Circuitos ca monofásicos

FESTO

FESTO

Electricidad y Nuevas
Energías

LabVolt Series

Manual del estudiante



Alemania

Festo Didactic SE
Rechbergstr. 3
73770 Denkendorf
Tel.: +49 711 3467-0
Fax: +49 711 347-54-88500
did@festo.com

Estados Unidos

Festo Didactic Inc.
607 Industrial Way West
Eatontown, NJ 07724
Tel.: +1 732 938-2000
Sin cargo: +1-800-522-8658
Fax: +1 732 774-8573
services.didactic@festo.com

Canadá

Festo Didactic Ltée/Ltd
675, rue du Carbone
Québec (Québec) G2N 2K7
Tel.: +1 418 849-1000
Sin cargo: +1-800-522-8658
Fax: +1 418 849-1666
services.didactic@festo.com

Manual del estudiante

Circuitos ca monofásicos

www.festo-didactic.com

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Festo Didactic
es
579367



00005793670000000000000100

Electricidad y Nuevas Energías
Circuitos ca monofásicos

Manual del estudiante

579367

Nº de artículo: 579367 (Versión impresa) 591849 (CD-ROM)

Primera edición

Actualización: 03/2016

Por el personal de Festo Didactic

© Festo Didactic Ltée/Ltd, Québec, Canada 2012

Internet: www.festo-didactic.com

e-mail: did@de.festo.com

Impreso en Canadá

Todos los derechos reservados

ISBN 978-2-89640-531-2 (Versión impresa)

ISBN 978-2-89747-458-4 (CD-ROM)

Depósito legal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2012

Depósito legal – Library and Archives Canada, 2012

El comprador adquiere un derecho de utilización limitado simple, no excluyente, sin limitación en el tiempo, aunque limitado geográficamente a la utilización en su lugar / su sede.

El comprador tiene el derecho de utilizar el contenido de la obra con fines de capacitación de los empleados de su empresa, así como el derecho de copiar partes del contenido con el propósito de crear material didáctico propio a utilizar durante los cursos de capacitación de sus empleados localmente en su propia empresa, aunque siempre indicando la fuente. En el caso de escuelas/colegios técnicos, centros de formación profesional y universidades, el derecho de utilización aquí definido también se aplica a los escolares, participantes en cursos y estudiantes de la institución receptora.

En todos los casos se excluye el derecho de publicación, así como la inclusión y utilización en Intranet e Internet o en plataformas LMS y bases de datos (por ejemplo, Moodle), que permitirían el acceso a una cantidad no definida de usuarios que no pertenecen al lugar del comprador.

Todos los otros derechos de reproducción, copiado, procesamiento, traducción, microfilmación, así como la transferencia, la inclusión en otros documentos y el procesamiento por medios electrónicos requieren la autorización previa y explícita de Festo Didactic.

La información contenida en este documento está sujeta a cambios sin previo aviso y no representa ningún compromiso por parte de Festo Didactic. Los materiales Festo descritos en este documento se suministran bajo un acuerdo de licencia o de confidencialidad.

Festo Didactic reconoce los nombres de productos como marcas de comercio o marcas comerciales registradas por sus respectivos titulares.

Todas las otras marcas de comercio son propiedad de sus respectivos dueños. Es posible que en este manual se utilicen otras marcas y nombres de comercio para referirse a la entidad titular de las marcas y nombres o a sus productos. Festo Didactic renuncia a todo interés de propiedad relativo a las marcas y nombres de comercio que no sean los propios.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Símbolos de seguridad y de uso frecuente

Los siguientes símbolos de seguridad y de uso frecuente pueden encontrarse en este manual y en los equipos:

Símbolo	Descripción
	PELIGRO indica un nivel alto de riesgo que, de no ser evitado, ocasionará la muerte o lesiones de gravedad.
	ADVERTENCIA indica un nivel medio de riesgo, que de no ser evitado, puede ocasionar la muerte o lesiones de gravedad.
	ATENCIÓN indica un nivel bajo de riesgo, que de no ser evitado, puede ocasionar lesiones menores o leves.
	ATENCIÓN utilizado sin el <i>símbolo de riesgo</i>  , indica una situación de riesgo potencial que, de no ser evitada, puede ocasionar daños materiales.
	Precaución, riesgo de descarga eléctrica
	Precaución, superficie caliente
	Precaución, posible riesgo
	Precaución, riesgo al levantar
	Precaución, riesgo de atrapar las manos
	Aviso, radiación no ionizante
	Corriente continua
	Corriente alterna
	Corriente alterna y continua
	Corriente alterna trifásica
	Terminal de tierra (común)

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Símbolos de seguridad y de uso frecuente

Símbolo	Descripción
	Terminal de conductor protegido
	Terminal de chasis
	Equipotencial
	Encendido (fuente)
	Apagado (fuente)
	Equipo protegido con aislamiento doble o reforzado
	Botón biestable en posición pulsado
	Botón biestable en posición no pulsado

Índice

Prefacio	XI
Acerca de este manual	XIII
Unidad 1 Corriente alterna.....	1
PRINCIPIOS FUNDAMENTALES	1
Circuitos cc frente a circuitos ca	1
Corriente alterna (ca) y tensión ca.....	2
Corriente alterna y tensión ca suministrada por las empresas de distribución de energía	2
Reglas de seguridad.....	3
Ej. 1-1 La onda sinusoidal.....	5
PRINCIPIOS	5
Relación entre un fasor rotativo y una onda sinusoidal.....	5
Periodo y frecuencia de una tensión o corriente sinusoidal	8
Amplitud y valor instantáneo de una tensión o corriente sinusoidal.....	8
Valor efectivo o valor cuadrático medio (rms) y capacidad calorífica.....	10
Valor efectivo (rms) de una tensión o corriente sinusoidal.....	10
PROCEDIMIENTO.....	11
Montaje y conexiones	11
Medición de la tensión, corriente y frecuencia de un circuito ca.....	14
Relación entre la frecuencia y el periodo	16
Medición de la tensión, corriente y frecuencia de un circuito ca en serie.....	17
CONCLUSIÓN.....	19
PREGUNTAS DE REVISIÓN.....	19
Ej. 1-2 Ángulo de fase y desfase	21
PRINCIPIOS	21
Ángulo de fase	21
Desfase.....	23
PROCEDIMIENTO.....	25
Montaje y conexiones	25
Medición del desfase entre dos ondas de tensión sinusoidales en un circuito resistor-inductor (RL).....	27
Medición del desfase entre dos ondas de tensión sinusoidales en un circuito resistor-condensador (RC).....	29
CONCLUSIÓN.....	32
PREGUNTAS DE REVISIÓN.....	32

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Índice

Ej. 1-3	Potencia instantánea y potencia promedio	35
	PRINCIPIOS	35
	Potencia instantánea	35
	Potencia promedio	36
	Explicación de los valores rms	37
	PROCEDIMIENTO.....	38
	Montaje y conexiones	38
	Mediciones de la potencia promedio	40
	Explicación de los valores rms	42
	CONCLUSIÓN.....	43
	PREGUNTAS DE REVISIÓN.....	43
Unidad 2	Resistencia, reactancia e impedancia.....	47
	PRINCIPIOS FUNDAMENTALES	47
	Introducción a los inductores y condensadores	47
	Diferencia entre resistencia, reactancia e impedancia	49
Ej. 2-1	Reactancia inductiva.....	51
	PRINCIPIOS	51
	Inductores y reactancia inductiva	51
	Desfase inductivo.....	52
	PROCEDIMIENTO.....	52
	Montaje y conexiones	52
	Inductancia y reactancia inductiva.....	54
	Efecto de la frecuencia en la reactancia inductiva	56
	Medición del desfase inductivo	57
	CONCLUSIÓN.....	58
	PREGUNTAS DE REVISIÓN.....	59
Ej. 2-2	Reactancia capacitiva	61
	PRINCIPIOS	61
	Condensadores y reactancia capacitiva	61
	Desfase capacitivo.....	62
	PROCEDIMIENTO.....	62
	Montaje y conexiones	62
	Capacitancia y reactancia capacitiva.....	64
	Efecto de la frecuencia en la reactancia capacitiva.....	66
	Medición del desfase capacitivo	67
	CONCLUSIÓN.....	69
	PREGUNTAS DE REVISIÓN.....	69

Índice

Ej. 2-3	Impedancia.....	71
	PRINCIPIOS	71
	Diagramas fasoriales de resistores, inductores y condensadores	71
	Diagrama fasorial de un resistor.....	71
	Diagrama fasorial de un inductor.....	72
	Diagrama fasorial de un condensador.....	73
	Reactancia equivalente de componentes reactivos conectados en serie.....	73
	Impedancia de resistores, inductores y condensadores conectados en serie.....	75
	Impedancia de resistores, inductores y condensadores conectados en paralelo.....	77
	PROCEDIMIENTO.....	78
	Montaje y conexiones	79
	Reactancia equivalente de un circuito LC serie	81
	Impedancia de un circuito RL serie	83
	Impedancia de un circuito RC serie.....	85
	Impedancia de un circuito RLC serie.....	86
	Impedancia de un circuito RL paralelo	87
	Impedancia de un circuito RC paralelo.....	89
	CONCLUSIÓN.....	90
	PREGUNTAS DE REVISIÓN.....	90
Unidad 3	Potencia en circuitos ca	95
	PRINCIPIOS FUNDAMENTALES	95
	Introducción a las potencias activa, reactiva y aparente.....	95
Ej. 3-1	Potencia activa y reactiva	97
	PRINCIPIOS	97
	Potencia activa en un resistor.....	97
	Potencia reactiva en un inductor	98
	Potencia reactiva en un condensador	99
	Watímetro	100
	PROCEDIMIENTO.....	101
	Montaje y conexiones	101
	Potencia activa en un resistor.....	103
	Potencia reactiva en un inductor	105
	Potencia reactiva en un condensador	107
	CONCLUSIÓN.....	109
	PREGUNTAS DE REVISIÓN.....	109

Índice

Ej. 3-2	Potencia aparente y el triángulo de potencias.....	111
	PRINCIPIOS	111
	Diagramas fasoriales de la potencia activa y reactiva.....	111
	Diagrama fasorial de la potencia activa en un resistor	111
	Diagrama fasorial relativo a la potencia reactiva en un inductor.....	112
	Diagrama fasorial de la potencia reactiva en un condensador	113
	Potencia aparente.....	114
	Triángulo de potencias	115
	Factor de potencia.....	115
	PROCEDIMIENTO.....	116
	Montaje y conexiones	116
	Potencia reactiva total en un circuito.....	118
	Potencia aparente, factor de potencia y triángulo de potencias.....	120
	CONCLUSIÓN.....	123
	PREGUNTAS DE REVISIÓN.....	123
Unidad 4	Análisis de circuitos ca	129
	PRINCIPIOS FUNDAMENTALES	129
	Introducción al análisis de circuitos	129
	Métodos de análisis de circuitos.....	129
Ej. 4-1	Solución de circuitos ca simples mediante el cálculo de la impedancia del circuito	131
	PRINCIPIOS	131
	Solución de circuitos paralelo simples.....	131
	Ejemplo.....	132
	Solución de circuitos serie simples.....	133
	Ejemplo.....	134
	PROCEDIMIENTO.....	135
	Montaje y conexiones	135
	Solución de un circuito ca paralelo simple	137
	Solución de un circuito ca serie simple	138
	CONCLUSIÓN.....	140
	PREGUNTAS DE REVISIÓN.....	140

Índice

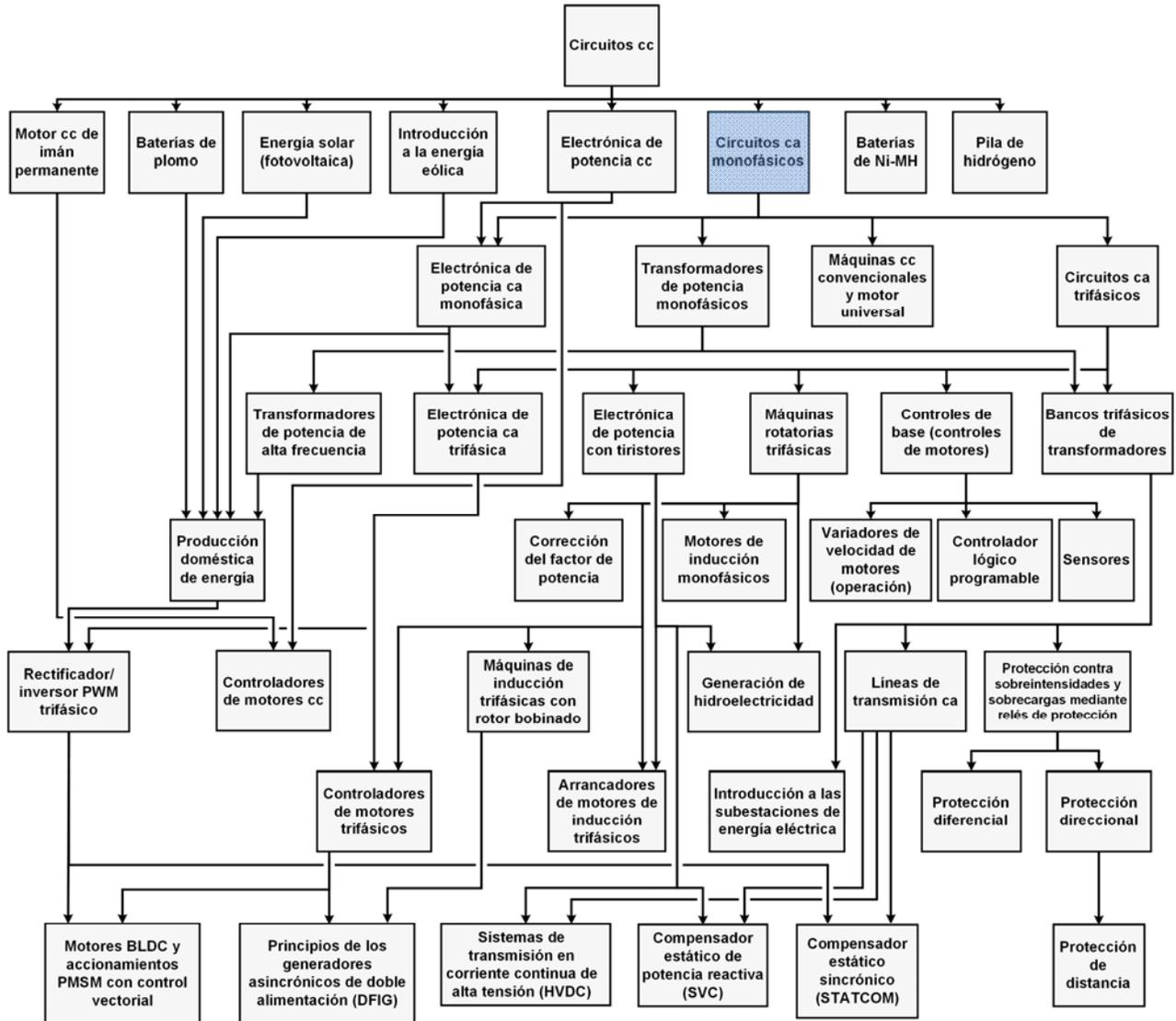
Ej. 4-2	Solución de circuitos ca utilizando el método del triángulo de potencias	143
	PRINCIPIOS	143
	Solución de circuitos ca utilizando el método del triángulo de potencias.....	143
	Ejemplo	145
	PROCEDIMIENTO.....	147
	Montaje y conexiones	147
	Solución de un circuito ca utilizando el método del triángulo de potencias.....	149
	CONCLUSIÓN.....	151
	PREGUNTAS DE REVISIÓN.....	151
	Apéndice A Tabla de utilización del equipo	157
	Apéndice B Glosario de términos nuevos.....	159
	Apéndice C Tabla de impedancia para los módulos de carga	163
	Apéndice D Cálculos vectoriales.....	165
	División vectorial.....	166
	Multiplicación vectorial.....	167
	Apéndice E Símbolos de los diagramas de circuitos	169
	Índice de términos nuevos	175
	Bibliografía	177

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Prefacio

La producción de energía a partir de recursos naturales renovables como el viento, la luz del sol, la lluvia, las mareas, el calor geotérmico, etc., ha ganado mucho protagonismo en estos últimos años dado que es un medio eficaz para reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Últimamente, ha surgido como una tendencia importante la necesidad de tecnologías innovadoras para hacer que las redes sean más inteligentes debido a que el aumento de la demanda de energía eléctrica que se observa en todo el mundo hace que para las redes actuales de muchos países resulte cada vez más difícil satisfacer la demanda de energía. Además, en muchas partes del mundo se desarrollan y comercializan vehículos eléctricos (desde bicicletas hasta automóviles) cada vez con más éxito.

Para responder a las necesidades cada vez más diversificadas en materia de capacitación en el amplio sector de la energía eléctrica, se ha desarrollado el Programa didáctico en tecnologías de la energía eléctrica, un programa de aprendizaje modular destinado a escuelas técnicas, colegios y universidades. El organigrama de más abajo muestra el programa en el que cada caja representa un curso específico.



Programa didáctico en tecnologías de la energía eléctrica.

Prefacio

El programa comienza con una variedad de cursos que tratan en profundidad los temas básicos relacionados con el campo de la energía eléctrica, como los circuitos de corriente continua y alterna, transformadores de potencia, máquinas rotatorias, líneas de transmisión de corriente alterna y electrónica de potencia. El programa se basa en los conocimientos adquiridos por el estudiante a través de esos cursos básicos para luego aprender temas más avanzados como la producción doméstica de energía a partir de recursos renovables (viento y luz solar), generación de hidroelectricidad a gran escala, producción de energía eléctrica a gran escala a partir de la energía eólica (utilizando las tecnologías de los generadores de inducción de doble alimentación [DFIG], asíncronos y sincrónicos), tecnologías de redes inteligentes (SVC, STATCOM, transmisión HVDC, etc.), almacenamiento de la energía eléctrica en baterías y sistemas de control para pequeños vehículos y automóviles eléctricos.

Invitamos a los lectores de este manual a enviarnos sus opiniones, comentarios y sugerencias para mejorarlo.

Por favor, envíelos a did@de.festo.com.

Los autores y Festo Didactic estamos a la espera de sus comentarios.

Acerca de este manual

Los sistemas de potencia de corriente alterna (ca) comenzaron a desarrollarse rápidamente hacia finales del siglo XIX, gracias a los grandes avances en el campo de la electricidad, principalmente la invención del sistema polifásico de distribución eléctrica por el científico Nikola Tesla y el desarrollo del análisis matemático de la electricidad por Charles Steinmetz, James Clerk Maxwell y William Thomson (Lord Kelvin).

La principal ventaja de los sistemas de potencia ca es que pueden transportar de manera eficaz grandes cantidades de energía mediante líneas de transmisión de gran longitud. En el punto de generación de energía ca se utilizan transformadores elevadores para elevar la tensión y reducir la corriente. Por lo tanto, la energía ca se transporta a tensiones muy altas y bajas corrientes para reducir al mínimo las pérdidas de potencia debido a la resistencia de la línea de transmisión. En el punto de destino de la línea, se utilizan transformadores reductores para bajar la tensión y aumentar la corriente a niveles compatibles con los equipos residenciales o industriales.

Los sistemas de potencia ca se utilizan actualmente en todo el mundo para alimentar motores y equipos eléctricos destinados al transporte, calefacción, iluminación, comunicaciones y computación.

Este curso, *Circuitos ca monofásicos*, familiariza a los estudiantes con los principios fundamentales de la corriente alterna, tales como la onda sinusoidal, el periodo y la frecuencia, el ángulo de fase y el desfase, la potencia instantánea y la potencia promedio, etc. Los estudiantes se familiarizan con el inductor y el condensador. Posteriormente se continúa con temas más avanzados como la impedancia, la potencia activa, la potencia reactiva, la potencia aparente y el triángulo de potencias. El curso concluye enseñando a los estudiantes cómo resolver circuitos ca mediante el método del cálculo de la impedancia y el método del triángulo de potencias.



La mayoría de la iluminación en los centros urbanos está alimentada con corriente alterna monofásica.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Acerca de este manual

Consideraciones de seguridad

Los símbolos de seguridad que pueden emplearse en este manual y en los equipos están listados en la tabla de Símbolos de seguridad al principio de este manual.

Los procedimientos de seguridad relacionados con las tareas que se le pedirán realizar están indicados en cada ejercicio.

Asegúrese de emplear el equipo protector adecuado al realizar las tareas requeridas en los ejercicios prácticos. Nunca realice una tarea si tiene alguna razón para pensar que una manipulación podría ser peligrosa para usted o sus compañeros.

Prerrequisito

Como prerrequisito a este curso, usted debe haber leído el manual *Circuitos cc*, p.n. 86350.

Sistemas de unidades

Los valores de los parámetros medidos se expresan utilizando el Sistema internacional de unidades SI seguidos por los valores en el sistema de unidades anglosajón (entre paréntesis).

Corriente alterna

OBJETIVO DE LA UNIDAD

Cuando usted haya completado esta unidad, estará familiarizado con la corriente alterna (ca). Usted será capaz de definir, calcular y medir los diversos parámetros de las ondas sinusoidales asociadas con la tensión y la corriente: amplitud, valor efectivo rms, valor instantáneo, periodo y frecuencia. Aprenderá cómo medir la potencia promedio disipada en una carga resistiva conectada a una fuente de alimentación ca.

RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS

Los Principios fundamentales cubren los siguientes puntos:

- Circuitos cc frente a circuitos ca
- Corriente alterna (ca) y tensión ca
- Corriente alterna y tensión ca suministrada por las empresas de distribución de energía
- Reglas de seguridad

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

Circuitos cc frente a circuitos ca

En un circuito de corriente continua (cc), la corriente fluye en una sola dirección: del terminal positivo (+) de la fuente cc al terminal negativo (-) (dirección convencional de la corriente). Esto se muestra en la figura 1-1a.

En un circuito de corriente alterna (ca), la corriente cambia continuamente de dirección debido a que la tensión en los terminales de la fuente ca varía permanentemente de polaridad en el tiempo, alternando entre positiva y negativa. Esto se muestra en la figura 1-1b.

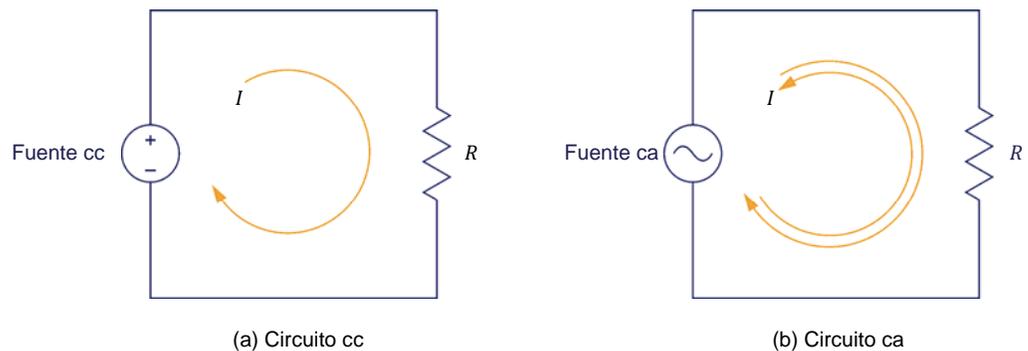


Figura 1-1. Circuito cc frente a circuito ca.

Corriente alterna (ca) y tensión ca

La corriente alterna (ca) cambia de dirección varias veces por segundo. De igual forma, la tensión ca cambia de polaridad varias veces por segundo. La figura 1-2 muestra tres formas de onda ca distintas: sinusoidal, rectangular y triangular.

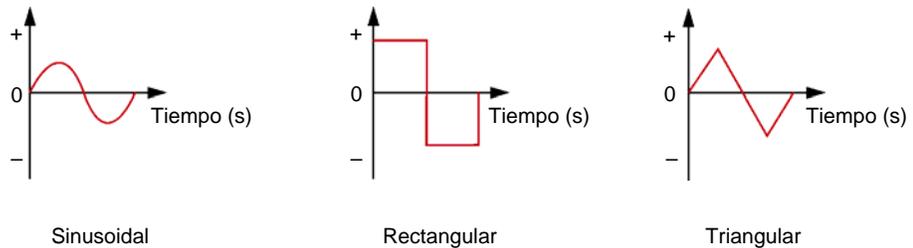


Figura 1-2. Formas de onda de corriente alterna (ca).

Corriente alterna y tensión ca suministrada por las empresas de distribución de energía

La corriente alterna es el tipo de corriente suministrada por las empresas de distribución de energía a residencias y fábricas. Este tipo de corriente es producida por máquinas rotativas como alternadores y generadores ca. La corriente alterna y la tensión ca producida por alternadores y generadores ca son sinusoidales. La figura 1-3 muestra una onda sinusoidal de tensión, o de corriente, en función del tiempo. La figura ilustra las siguientes características:

- La tensión o corriente cambia periódicamente de polaridad.
- El valor de la tensión o corriente cambia continuamente con el tiempo. Este valor pasa de un máximo positivo a un máximo negativo, luego a otro máximo positivo, etc. El valor de la tensión o corriente cambia rápidamente alrededor del cero y lentamente en los máximos positivo y negativo.
- La porción de la onda durante la cual la tensión o corriente es de polaridad positiva (+) se llama **media onda positiva**. La porción de la onda durante la cual la tensión o corriente es de polaridad negativa (-) se llama **media onda negativa**.
- La duración de la media onda positiva, más la duración de la subsecuente media onda negativa forman un ciclo completo de la forma de onda.

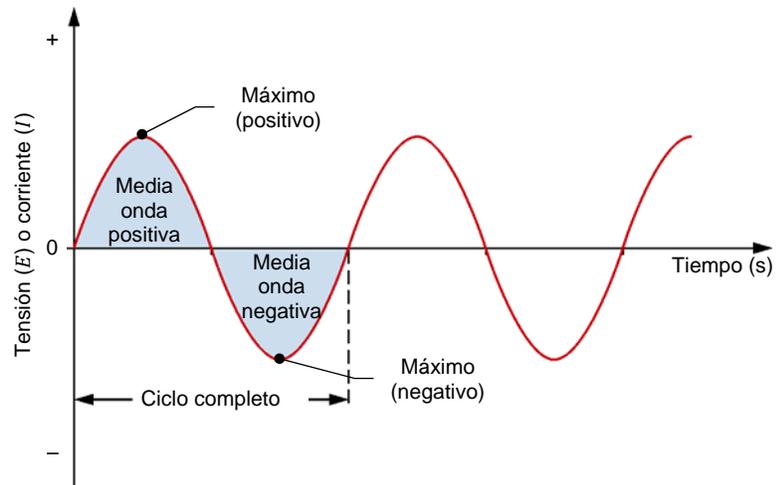


Figura 1-3. Onda sinusoidal típica de la tensión o corriente en función del tiempo.

El número de veces que se repite un ciclo cada segundo se llama **frecuencia** y se representa con la f . La frecuencia se expresa en hercios (Hz). En América del Norte, la frecuencia de la corriente suministrada por las empresas públicas de energía es 60 Hz. En Europa, Asia, África, Rusia, Oriente Medio y Australia, esta frecuencia es usualmente 50 Hz. En América del Sur y Japón, puede ser 50 o 60 Hz.

Como se mencionó antes, las ondas ca pueden ser, además de sinusoidales, rectangulares o triangulares. Sin embargo, la teoría y la práctica han demostrado que las sinusoidales son mejores para alimentar la maquinaria eléctrica. Estas ondas permiten que los transformadores, motores y generadores operen de manera más eficiente y más silenciosa. Las ondas sinusoidales simplifican los cálculos de tensión y corriente en los circuitos eléctricos. Por ejemplo, el valor de una corriente o tensión sinusoidal en cualquier instante del ciclo se puede calcular utilizando la función matemática seno.

Reglas de seguridad

Cuando utilice equipos eléctricos, tenga en cuenta las siguientes reglas de seguridad:

1. Asegúrese de que la fuente de alimentación ca esté apagada al conectar o desconectar cables o componentes.
2. Nunca deje un cable eléctrico desconectado. Si toca el extremo desconectado de un cable bajo tensión puede sufrir una descarga eléctrica. También podría producirse un cortocircuito si el extremo desconectado de un cable bajo tensión se pone en contacto con una superficie conductora.
3. Cuando conecte un circuito eléctrico, asegúrese de que los terminales de contacto estén libres de polvo, grasa y humedad. El polvo y la grasa son aislantes y reducen la conductividad entre dos componentes. El agua es conductora y podría establecer una conexión donde no se requiere.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

La onda sinusoidal

OBJETIVO DEL EJERCICIO

Cuando usted haya completado este ejercicio, se habrá familiarizado con la onda sinusoidal y sabrá cómo ésta se puede expresar mediante un fasor que rota alrededor del centro de un círculo. También se familiarizará con los diferentes parámetros de la onda sinusoidal, tales como el periodo, frecuencia, amplitud y valores instantáneos. Será capaz de expresar la corriente y la tensión de un circuito de potencia ca como ondas sinusoidales. Además, comprenderá el concepto del valor rms (efectivo) y cómo calcular ese valor a partir de la amplitud de una onda sinusoidal de tensión o de corriente.



Los ejercicios prácticos de este manual requieren que usted esté familiarizado con los instrumentos computarizados. Para familiarizarse con la operación y el uso de dichos instrumentos, refiérase a la guía del usuario que se titula "Instrumentos para EMS computarizados" (86718-E0).

RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS

Los Principios de este ejercicio cubren los siguientes puntos:

- Relación entre un fasor rotativo y una onda sinusoidal
- Periodo y frecuencia de una tensión o corriente sinusoidal
- Amplitud y valor instantáneo de una tensión o corriente sinusoidal
- Valor efectivo o valor cuadrático medio (rms) y capacidad calorífica
- Valor efectivo (rms) de una tensión o corriente sinusoidal

PRINCIPIOS

Relación entre un fasor rotativo y una onda sinusoidal

Existe una relación directa entre el movimiento circular y una onda sinusoidal. Por lo tanto, una tensión o corriente que tiene esta forma de onda se puede graficar usando la componente sobre el eje vertical de un **fasor** rotativo en función de la posición angular α . Un fasor es un **vector** con origen en el centro (0, 0) del plano cartesiano. Cada ciclo de una señal sinusoidal corresponde a una revolución completa (una vuelta) del fasor alrededor del círculo, que es igual a 360° o 2π radianes. La figura 1-4 muestra una onda sinusoidal trazada como la componente vertical de un fasor rotativo en función de la posición angular.

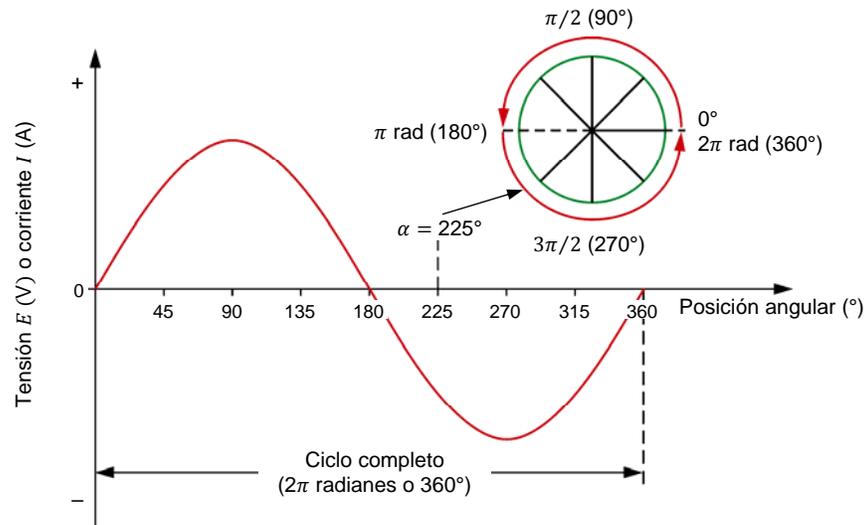


Figura 1-4. Onda sinusoidal trazada como la componente vertical de un fesor rotativo en función de la posición angular.

La figura 1-5 muestra un ejemplo en el que un fesor está rotando en sentido antihorario alrededor del centro de un círculo a velocidad constante. Como el fesor está rotando, la distancia vertical entre la punta del fesor y el eje horizontal del círculo varía continuamente. La proyección en el plano XY del valor de la distancia d en función de la posición angular α produce una onda sinusoidal. En la figura 1-5 se puede observar lo siguiente:

- Inicialmente, el fesor está a 0° (posición horizontal), de modo que la distancia vertical d entre el fesor y el eje horizontal es nula.
- Cuando el fesor rota de 0° a 90° , la distancia vertical d entre la punta del fesor y el eje horizontal aumenta gradualmente desde cero al valor máximo positivo (pico).
- Cuando el fesor rota de 90° a 180° , la distancia vertical d entre la punta del fesor y el eje horizontal disminuye gradualmente desde el valor máximo positivo a cero.
- Cuando el fesor rota de 180° a 270° , la distancia vertical d entre la punta del fesor y el eje horizontal aumenta de cero al valor máximo negativo (pico).
- Cuando el fesor rota de 270° a 360° , la distancia vertical d entre la punta del fesor y el eje horizontal disminuye desde el valor máximo negativo a cero.

Una revolución completa del fesor (es decir, 360°) corresponde a un ciclo completo de la onda sinusoidal.

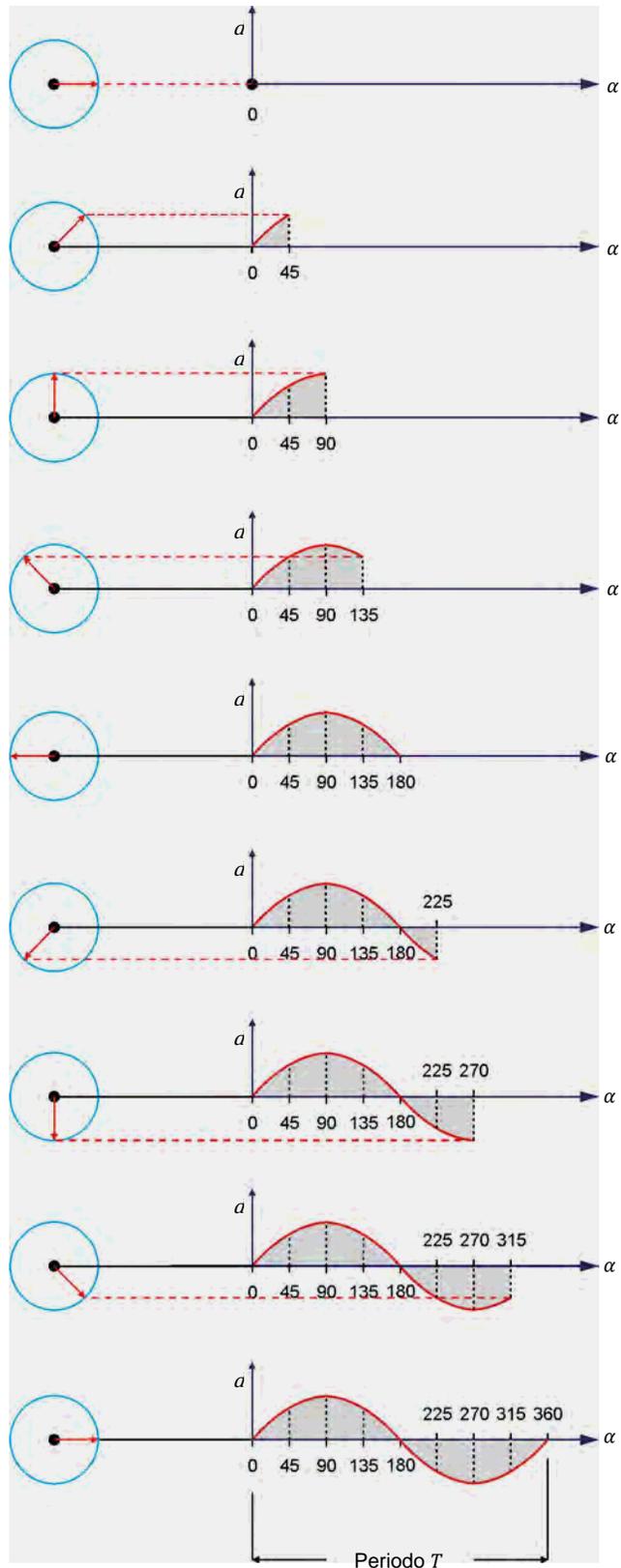


Figura 1-5. Relación entre un fasor rotativo y una onda sinusoidal.

Property of Festo Didactic
 Sale and/or reproduction forbidden

Periodo y frecuencia de una tensión o corriente sinusoidal

El tiempo requerido para un ciclo completo de la onda sinusoidal se conoce como **periodo** T . El número de ciclos completados en un segundo es la frecuencia f de dicha onda. La frecuencia se mide en hercios (Hz) y 1 Hz equivale a 1 ciclo por segundo.

La ecuación usada para calcular la frecuencia es:

$$f = \frac{1}{T} \quad (1-1)$$

donde f es la frecuencia de la onda sinusoidal, expresada en hercios (Hz) o ciclos por segundo (c/s).

T es el periodo de la onda sinusoidal, expresado en segundos (s).

El periodo es el recíproco de la frecuencia:

$$T = \frac{1}{f} \quad (1-2)$$

En un sistema de potencia ca de 60 Hz, el ciclo sinusoidal de la tensión y corriente se repite 60 veces por segundo. Por lo tanto, el periodo T de un ciclo es igual a $1/60$ s = 16,7 ms.

En un sistema de potencia ca de 50 Hz, el ciclo sinusoidal de la tensión y corriente se repite 50 veces por segundo. Por lo tanto, el periodo T de un ciclo es igual a $1/50$ s = 20 ms.

Amplitud y valor instantáneo de una tensión o corriente sinusoidal

La ecuación de la onda sinusoidal es:

$$a(t) = A \operatorname{sen}(\alpha(t)) = A \operatorname{sen}(\omega t) \quad (1-3)$$

donde $a(t)$ es el valor instantáneo de la onda sinusoidal en el instante t .

A es la amplitud de la onda sinusoidal.

$\alpha(t)$ es la posición angular de la onda sinusoidal en el instante t , expresada en grados ($^\circ$).

ω es la velocidad angular del fasor rotativo, expresada en radianes por segundo (rad/s). $\omega = 2\pi f$.

t es el tiempo, expresado en segundos (s).

La **amplitud** A es el valor máximo alcanzado por la onda sinusoidal durante el ciclo. El valor máximo es el mismo para la media onda positiva y la media onda negativa del ciclo, excepto por la polaridad que cambia de positiva (+) a negativa (-).

La ecuación general de la onda sinusoidal puede usarse para describir matemáticamente una tensión sinusoidal:

$$E(t) = E_{M\acute{a}x.} \text{sen}(\alpha(t)) = E_{M\acute{a}x.} \text{sen}(\omega t) \quad (1-4)$$

donde $E(t)$ es el valor instantáneo de la tensión en el tiempo t del ciclo, expresado en voltios (V).

$E_{M\acute{a}x.}$ es la amplitud de la tensión sinusoidal, expresada en voltios (V).

Por ejemplo, si la amplitud (tensión máxima) de la tensión $E_{M\acute{a}x.}$ es 100 V, el valor instantáneo de la tensión $E(t)$ en la posición angular $\alpha(t) = 45^\circ$ es:

$$E(t) = 100 \text{ V} \text{sen} 45^\circ = 70,7 \text{ V}$$

La figura 1-6 muestra la onda de tensión sinusoidal trazada utilizando la ecuación (1-4).

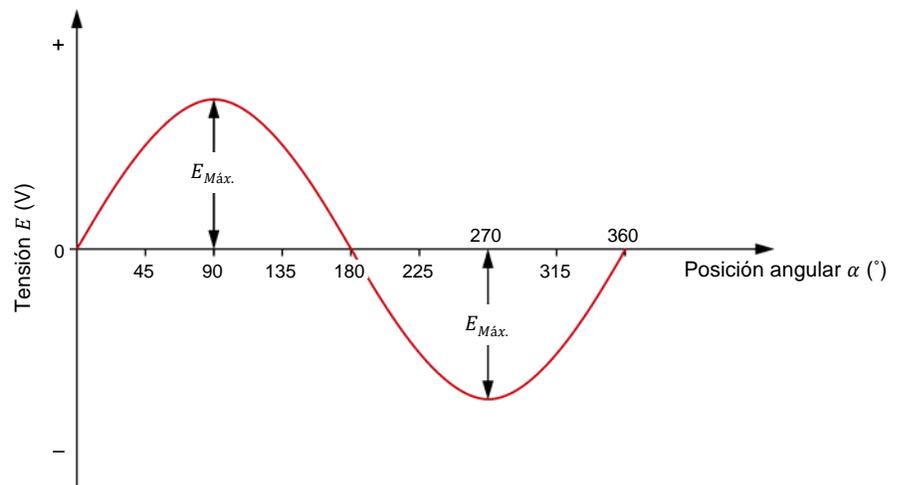


Figura 1-6. Onda de tensión sinusoidal.

Igualmente, la ecuación general de la onda sinusoidal puede usarse para describir matemáticamente una corriente sinusoidal:

$$I(t) = I_{M\acute{a}x.} \text{sen}(\alpha(t)) = I_{M\acute{a}x.} \text{sen}(\omega t) \quad (1-5)$$

donde $I(t)$ es la magnitud instantánea de la corriente en el tiempo t del ciclo, expresada en amperios (A).

$I_{M\acute{a}x.}$ es la amplitud de la corriente sinusoidal, expresada en amperios (A).

Valor efectivo o valor cuadrático medio (rms) y capacidad calorífica

El valor efectivo (rms) de una tensión ca está relacionado con el calor producido por un elemento resistivo al ser alimentado con esta tensión. Por ejemplo, considere una tensión ca de amplitud $E_{M\acute{a}x.}$ aplicada a una carga resistiva. Esta tensión produce una corriente a través del resistor que tiene el efecto de aumentar la temperatura del resistor hasta que ésta se estabiliza en cierto nivel (temperatura de equilibrio). El valor rms o efectivo de esta tensión ca puede encontrarse aplicando una tensión cc al resistor y ajustando la tensión cc hasta alcanzar la temperatura de equilibrio lograda previamente con la tensión ca. El valor de esta tensión cc corresponde al valor rms o efectivo de la tensión ca.

Valor efectivo (rms) de una tensión o corriente sinusoidal

El Valor efectivo (rms) de una tensión sinusoidal E_{RMS} se calcula como sigue:

$$E_{RMS} = \frac{E_{M\acute{a}x.}}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot E_{M\acute{a}x.} \quad (1-6)$$

Igualmente, el Valor efectivo (rms) de una corriente sinusoidal I_{RMS} se calcula como:

$$I_{RMS} = \frac{I_{M\acute{a}x.}}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot I_{M\acute{a}x.} \quad (1-7)$$

Por ejemplo, el Valor efectivo (rms) de una tensión sinusoidal de amplitud $E_{M\acute{a}x.}$ de 100 V es 70,7 V ($0,707 \cdot 100$ V). Esto significa que una tensión sinusoidal con amplitud $E_{M\acute{a}x.}$ de 100 V tiene la misma capacidad calorífica que una tensión cc de 70,7 V.

La figura 1-7 muestra el valor rms E_{RMS} de una onda de tensión sinusoidal en comparación a su amplitud $E_{M\acute{a}x.}$.

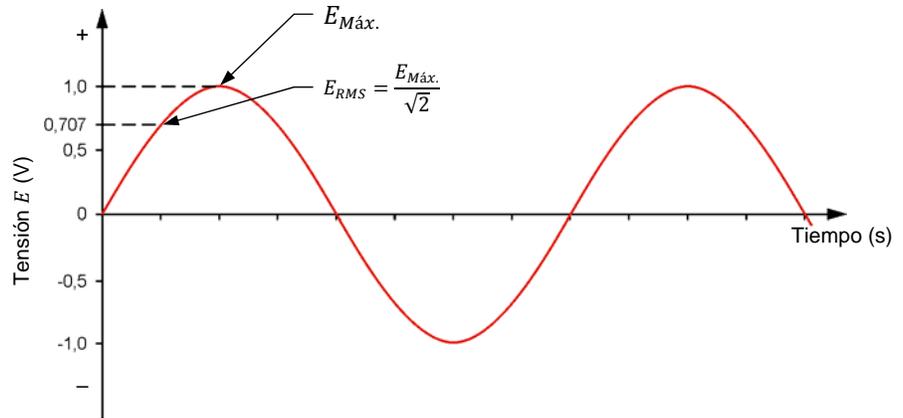


Figura 1-7. Valor efectivo rms de una tensión sinusoidal.

Los instrumentos estándar utilizados para medir tensión y corriente ca indican normalmente el Valor efectivo (rms) en su pantalla. Los valores rms de la tensión y corriente se emplean para calcular la potencia eléctrica en los circuitos de potencia ca. Las razones por las que se utilizan los valores rms serán explicadas en más detalle en el ejercicio 1-3.

RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

El Procedimiento está dividido en las siguientes secciones:

- Montaje y conexiones
- Medición de la tensión, corriente y frecuencia de un circuito ca
- Relación entre la frecuencia y el periodo
- Medición de la tensión, corriente y frecuencia de un circuito ca en serie

PROCEDIMIENTO



Durante este ejercicio de laboratorio estará en presencia de tensiones elevadas. No realice ni modifique ninguna conexión con las fichas tipo banana en los circuitos bajo tensión, salvo indicación contraria.

Montaje y conexiones

En esta sección, conectará un circuito ca compuesto por un resistor y configurará el equipo para medir la corriente y la tensión del circuito utilizando el programa LVDAC-EMS. También determinará la relación entre la frecuencia f y el periodo T de una onda sinusoidal.

1. Consulte la tabla de utilización del equipo del Apéndice A con el fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio.

Instale el equipo necesario en el [Puesto de trabajo](#).

2. Asegúrese de que el interruptor de alimentación principal del **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes** esté en la posición **O** (apagado) y luego conecte la **Entrada de alimentación** a un tomacorriente ca.

Conecte la **Alimentación** de la **Interfaz de adquisición de datos y de control** a la fuente de alimentación de 24 V ca. Encienda la fuente de alimentación de 24 V ca.

3. Conecte el puerto USB de la **Interfaz de adquisición de datos y de control** a un puerto USB de la computadora.

Conecte el puerto USB del **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes** a un puerto USB de la computadora.

4. Encienda el **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, luego coloque el selector **Modo de operación** en **Fuente de alimentación**. Esta configuración permite que el **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes** opere como fuente de alimentación.

5. Encienda la computadora y luego inicie el programa **LVDAC-EMS**.

En la ventana **Arranque de LVDAC-EMS**, asegúrese de que la **Interfaz de adquisición de datos y de control** y el **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes** hayan sido detectados. Asegúrese de que la función **Instrumentación computarizada** para la **Interfaz de adquisición de datos y de control** esté disponible. Además, seleccione la tensión y frecuencia que corresponden a la red ca local y luego haga clic en el botón **ACEPTAR** para cerrar la ventana **Arranque de LVDAC-EMS**.

6. Monte el circuito mostrado en la figura 1-8. Observe el símbolo utilizado en este circuito para indicar la fuente variable de tensión ca. Para obtener el valor de la resistencia mostrada en el resistor de la figura 1-8, haga el ajuste necesario en la **Carga resistiva**.



*Tenga en cuenta que, en todo este manual, los valores de resistencia mostrados en las figuras son resistencias equivalentes. Para obtener un valor de resistencia dado con la **Carga resistiva** podría ser necesario conectar en paralelo dos o más resistores de una sección de resistores así como interconectar secciones de resistores en paralelo. El Apéndice C lista las configuraciones de interruptores de la **Carga resistiva** para poder obtener diferentes valores de resistencia.*

Utilice las entradas **I1** y **E1** de la **Interfaz de adquisición de datos y de control** para medir la corriente de la fuente I_F y la tensión a través del resistor E_R .

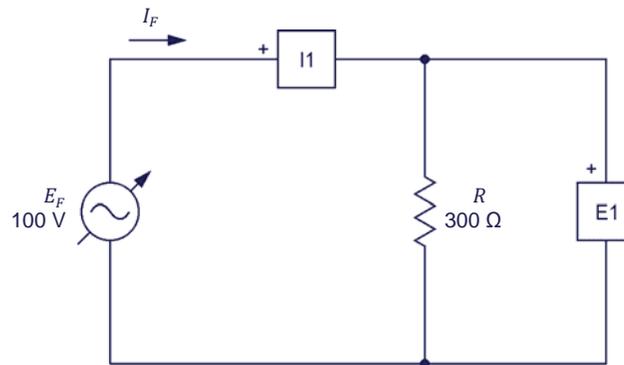


Figura 1-8. Circuito ca con un resistor.

7. En el programa **LVDAC-EMS**, abra la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes** y luego haga los ajustes siguientes:
- Ajuste el parámetro *Función* como *Fuente de alimentación ca*. Esto hace que la fuente de alimentación interna opere como una fuente ca (es decir, una fuente de tensión sinusoidal).
 - Asegúrese de que el parámetro *Control de la tensión* esté ajustado en *Perilla*. Esto permite controlar manualmente la fuente de alimentación ca.
 - *Ajuste el parámetro Tensión en vacío* en 100 V. Esto establece en 100 V la tensión efectiva (rms) en vacío de la fuente de alimentación ca.
 - Ajuste el parámetro *Frecuencia* a la misma frecuencia de la red ca local. Esto hace que la frecuencia de la fuente de alimentación ca sea igual a la de dicha red.
 - No modifique los demás parámetros.
 - Observe que el parámetro *Estado* esté en *Parado*. Esto indica que la fuente de alimentación ca está desenergizada (es decir, no hay salida de tensión). La fuente de alimentación ca será energizada en la siguiente sección del procedimiento.

Medición de la tensión, corriente y frecuencia de un circuito ca

En esta sección, medirá los valores rms de las formas de onda de tensión y corriente de un circuito ca. Luego medirá la amplitud de esas formas de onda y calculará los valores rms correspondientes. Comparará los valores rms calculados y medidos. Finalmente, comparará las formas de onda de tensión y corriente para confirmar que ambas alcanzan sus valores máximo y mínimo al mismo tiempo.

- En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, active la fuente de alimentación ca (es decir, ajuste el parámetro *Estado* en *En marcha* o haga clic el botón *En marcha/Parado*). La fuente de alimentación ca ahora entrega potencia a la carga, R .



Para aligerar el texto de este manual, el valor rms está implícito en el nombre de la mayoría de los parámetros que se miden normalmente como valores rms (es decir, E_F , I_F , E_R , significan $E_{F,rms}$, $I_{F,rms}$, $E_{R,rms}$). Se añade un sufijo tal como rms o máx., sólo cuando es necesario ser más claros y precisos, como por ejemplo en las ecuaciones.

- En el programa **LVDAC-EMS**, abra la ventana **Aparatos de medición**. Ajuste los medidores *E1* e *I1* para medir los valores rms de la tensión E_R del resistor y de la corriente de la fuente I_F .



Cuando realice mediciones empleando la ventana **Aparatos de medición**, **Osciloscopio** o **Analizador de fasores**, seleccione siempre el modo *regeneración continua*. De esta manera, los datos en pantalla estarán siempre actualizados.

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, reajuste el valor del parámetro *Tensión en vacío* para que la tensión de la fuente de alimentación ca, E_F , (indicada por el medidor *E1* en la ventana **Aparatos de medición**) sea igual a 100 V.

Registre a continuación los valores medidos de la tensión E_R del resistor y de la corriente I_F de la fuente (medidores *E1* e *I1* respectivamente).

Tensión del resistor $E_R = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Corriente de la fuente $I_F = \underline{\hspace{2cm}}$ A

- En el programa **LVDAC-EMS**, abra la ventana **Osciloscopio** y visualice E_R (entrada *E1*) e I_F (entrada *I1*) en los canales 1 y 2, respectivamente. De ser necesario, fije la escala de tiempo para visualizar al menos dos ciclos de las ondas sinusoidales.



En los ajustes del **Osciloscopio**, se puede activar la opción *Filtrado* para mejorar la regularidad de las formas de onda visualizadas.

11. En el **Osciloscopio**, seleccione el modo regeneración continua. Cambie la escala vertical de modo que sea capaz de medir la amplitud de la tensión del resistor E_R y la corriente de la fuente I_F . Registre los valores medidos más abajo.



*El valor rms, el valor promedio y la frecuencia de las señales aplicadas a los canales de entrada del **Osciloscopio** se muestran en la parte inferior de la pantalla del **Osciloscopio**.*



*Para obtener una medición precisa, se puede utilizar los cursores verticales del **Osciloscopio** para medir la amplitud de la tensión y corriente.*

Tensión del resistor $E_{R,máx.} = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Corriente de la fuente $I_{F,máx.} = \underline{\hspace{2cm}}$ A

12. Calcule los valores rms de E_R e I_F a partir de las amplitudes de tensión y corriente medidas en el paso anterior.

Tensión del resistor $E_R = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Corriente de la fuente $I_F = \underline{\hspace{2cm}}$ A

13. Compare los valores rms obtenidos en el paso anterior con los valores rms que indican los medidores (registrados en el paso 9). ¿Son aproximadamente iguales?

Sí No

14. Compare la forma de onda de la corriente de la fuente con la forma de onda de la tensión de la carga resistiva. ¿Ambas son ondas sinusoidales?

Sí No

15. ¿Cuál es el valor instantáneo de la tensión del resistor E_R en la posición angular 225° ?

Tensión del resistor E_R a $225^\circ = \underline{\hspace{2cm}}$ V

16. Las formas de onda de la tensión del resistor E_R y de la corriente de la fuente I_F , ¿alcanzan al mismo tiempo el valor máximo positivo, el cero y el valor máximo negativo?

Sí No



Cuando las formas de onda alcanzan el valor máximo y el cero al mismo tiempo, se dice que las ondas están en fase, lo cual significa que no hay desplazamiento de fase entre ellas. Esto se cubre en mayor detalle en el ejercicio 1-2.

Relación entre la frecuencia y el periodo

En esta sección, determinará la relación entre la frecuencia f y el periodo T de una onda sinusoidal. Realizará esto al configurar diferentes valores para la frecuencia de la fuente de alimentación ca y medir el periodo de la forma de onda de tensión. Luego calculará la frecuencia de cada periodo medido y la comparará con la frecuencia de la fuente de alimentación ca .

17. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, ajuste el parámetro **Frecuencia** en 40 Hz. Esto cambia a 40 Hz la frecuencia de la fuente de alimentación ca .
18. Usando el **Osciloscopio**, mida el periodo T de la forma de onda de la tensión del resistor E_R . Registre el valor del periodo en la celda correspondiente de la tabla 1-1 de más abajo.



Para obtener una medición precisa, mida el intervalo de tiempo entre dos puntos de la forma de onda utilizando los cursores verticales del **Osciloscopio**.

Tabla 1-1. Relación entre la frecuencia f y el periodo T .

Frecuencia de la fuente (Hz)	Periodo T (ms)	Frecuencia de la fuente calculada (Hz)
40		
50		
60		
70		

19. Repita los pasos 17 y 18 para todas las frecuencias de la fuente de alimentación ca indicadas en la tabla 1-1. Registre sus resultados en las celdas correspondientes.
20. Con los valores medidos de los periodos de la tabla 1-1, calcule las frecuencias resultantes. Registre los valores calculados para la frecuencia de la fuente en la celda correspondiente de la tabla 1-1.
21. Compare las frecuencias de la fuente de alimentación ca con los valores que calculó para la frecuencia de la fuente. ¿Son los mismos?
- Sí No
22. ¿Confirma esto la relación ($f = 1/T$) entre la frecuencia y el periodo?
- Sí No

Medición de la tensión, corriente y frecuencia de un circuito ca en serie

En esta sección, calculará los valores rms de la tensión y corriente en un circuito con dos resistores en serie. Confirmará que la ley de Ohm se aplica a los circuitos de potencia ca midiendo los valores rms de la tensión y corriente y comparándolos con los calculados. También comprobará la ley de Kirchhoff verificando que $E_{R1} + E_{R2} = E_F$. Finalmente, verificará que las formas de onda de corriente y tensión están en fase entre ellas.

23. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, desactive la fuente de alimentación ca (es decir, ajuste el parámetro *Estado* en *Parado* o haga clic en el botón *En marcha/Parado*).
24. Monte el circuito mostrado en la figura 1-9. Para obtener la disposición de resistores de la figura 1-9, haga las conexiones y configuraciones de interruptores necesarias en la Carga resistiva (consulte el Apéndice C de ser necesario). Utilice las entradas *I1*, *E1*, *E2* y *E3* de la **Interfaz de adquisición de datos y de control** para medir la corriente de la fuente I_F , la tensión E_{R1} y la tensión E_{R2} , respectivamente.

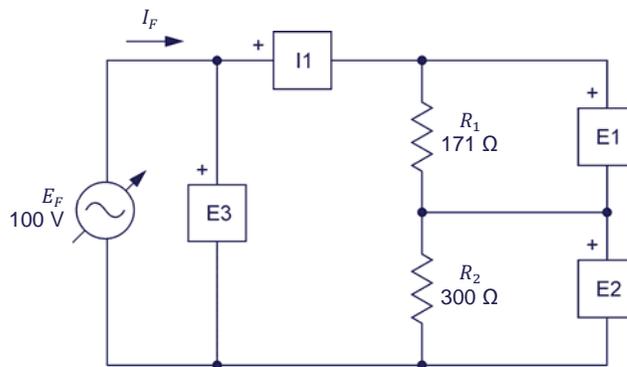


Figura 1-9. Circuito ca con dos resistores conectados en serie.

25. Calcule la resistencia equivalente $R_{Equi.}$ de los resistores del circuito. Usando la ley de Ohm, podrá calcular la corriente rms de la fuente I_F .

$$\text{Resistencia equivalente } R_{Equi.} = R_1 + R_2 = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

$$\text{Corriente de la fuente } I_F = \frac{E_F}{R_{Equi.}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$$

26. Calcule las tensiones E_{R1} y E_{R2} a través de cada resistor usando el valor de corriente de la fuente I_F obtenido en el paso anterior.

$$\text{Tensión del resistor } E_{R1} = I_F \cdot R_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$$

$$\text{Tensión del resistor } E_{R2} = I_F \cdot R_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$$

27. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, ajuste el parámetro *Frecuencia* de acuerdo a la red ca local, luego active la fuente de alimentación ca.

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, reajuste el valor del parámetro *Tensión en vacío* para que la tensión de la fuente de alimentación ca, E_F , (indicada por el medidor *E3* en la ventana **Aparatos de medición**) sea igual a 100 V.

28. En la ventana **Aparatos de medición**, configure el medidor *E2* para medir el valor rms de la tensión del resistor E_{R2} . Registre las tensiones E_{R1} y E_{R2} y la corriente de la fuente I_F .

Tensión del resistor $E_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Tensión del resistor $E_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Corriente de la fuente $I_F = \underline{\hspace{2cm}}$ A

29. Compare las tensiones E_{R1} y E_{R2} medidas en el paso anterior con las calculadas en el paso 26. ¿Son aproximadamente iguales?

Sí No

¿La suma de las tensiones de los resistores ($E_{R1} + E_{R2}$) es igual a la tensión de la fuente E_F ?

Sí No

30. Compare la corriente de la fuente I_F medida en el paso 28 con la corriente de la fuente I_F calculada en el paso 25. ¿Son aproximadamente iguales?

Sí No

31. Calcule y compare la razón de las tensiones medidas en los resistores con la razón de los valores de sus resistencias. ¿Son aproximadamente iguales?

$$\frac{E_{R1}}{E_{R2}} = \underline{\hspace{2cm}} \qquad \frac{R_1}{R_2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Sí No

32. A partir de los resultados obtenidos en los pasos anteriores, ¿es posible resolver los circuitos ca usando las mismas leyes fundamentales empleadas en los circuitos cc, que son, la ley de Ohm, las leyes de tensión y corriente de Kirchhoff y las fórmulas usadas para calcular la resistencia equivalente?

Sí No

33. En el **Osciloscopio**, visualice la tensión E_{R1} (entrada **E1**), la tensión E_{R2} (entrada **E2**) y la corriente de la fuente I_F (**I1**) en los canales 1, 2 y 3, respectivamente. Fije la escala o base de tiempo para visualizar al menos dos ciclos de las ondas sinusoidales.
34. Compare las formas de onda que aparecen en el **Osciloscopio**. ¿Las formas de onda de la corriente de la fuente y de la tensión del resistor alcanzan al mismo tiempo el valor máximo positivo, el cero y el valor máximo negativo, indicando que están en fase?
- Sí No
35. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, desactive la fuente de alimentación ca.
36. Cierre el programa **LVDAC-EMS** y apague todo el equipo. Desconecte todos los cables y vuelva a guardarlos en su lugar de almacenaje.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio, se familiarizó con la onda sinusoidal y la forma de expresarla mediante un fasor rotando alrededor del centro de un círculo. Aprendió cómo calcular los diferentes parámetros de una onda sinusoidal, tales como el periodo, la frecuencia, la amplitud y el valor instantáneo. Comprendió el concepto del valor rms y aprendió cómo calcularlo a partir de la amplitud de la onda sinusoidal.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. Una onda de tensión sinusoidal tiene una amplitud de 200 V. Calcule su valor rms.

2. El periodo de una onda sinusoidal es 0,02 s. Calcule su frecuencia.

3. ¿Qué efecto tiene en el ciclo de una onda sinusoidal el aumentar su frecuencia?

4. ¿Qué posición angular (tanto en grados y radianes) en un círculo corresponde al valor máximo positivo de una onda sinusoidal de tensión cuyo ciclo empieza en el origen?

5. ¿Cuál es la diferencia entre la amplitud y el valor rms de una onda sinusoidal de tensión?

Ángulo de fase y desfase

OBJETIVO DEL EJERCICIO Cuando usted haya completado este ejercicio, sabrá qué es el ángulo de fase y cómo éste modifica el desplazamiento inicial de una onda sinusoidal. Además, será capaz de determinar el desfase entre dos ondas sinusoidales, comparando sus ángulos de fase o determinando su separación en el tiempo. También sabrá cómo distinguir un desfase en adelante de uno en retraso.

RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS

Los Principios de este ejercicio cubren los siguientes puntos:

- Ángulo de fase
- Desfase

PRINCIPIOS

Ángulo de fase

Cómo se ha visto en el ejercicio 1-1, la representación gráfica de una onda sinusoidal puede ser expresada con la siguiente ecuación:

$$a(t) = A \operatorname{sen}(\omega t) \quad (1-8)$$

donde $a(t)$ es el valor instantáneo de la onda sinusoidal en el instante t .
 A es la amplitud de la onda sinusoidal.
 ω es la velocidad angular, expresada en radianes por segundo (rad/s).
 t es el tiempo, expresado en segundos (s).

En la ecuación se asume que el ciclo de la onda sinusoidal comienza en el instante en que $t = 0$ (como se muestra en la figura 1-10). Como verá más adelante, este no es siempre el caso. Para representar la posición inicial de la onda sinusoidal, se introduce la noción de **ángulo de fase** θ en la siguiente ecuación:

$$a(t) = A \operatorname{sen}(\omega t + \theta) \quad (1-9)$$

donde θ es el ángulo de fase de la onda sinusoidal, expresado en grados ($^{\circ}$) o radianes (rad).

De la ecuación (1-9), es fácil observar que el valor inicial (es decir, el valor en el que $t = 0$) de la onda sinusoidal depende solamente del ángulo de fase θ porque el término ωt es igual a 0 en $t = 0$. En otras palabras, el ángulo de fase θ determina en cuánto una onda sinusoidal difiere de 0 en el tiempo $t = 0$ y, por lo tanto, da la posición de dicha onda en el tiempo.

La figura 1-10 muestra una onda sinusoidal con un ángulo de fase θ de 0° . El valor inicial de esta onda sinusoidal es 0 porque $A \sin(\omega \cdot 0 + 0) = 0$. Esta onda es idéntica a las presentadas en el ejercicio 1-1, pues el valor de 0° del ángulo de fase estaba implícito por la ausencia de θ en las ecuaciones del ejercicio 1-1.

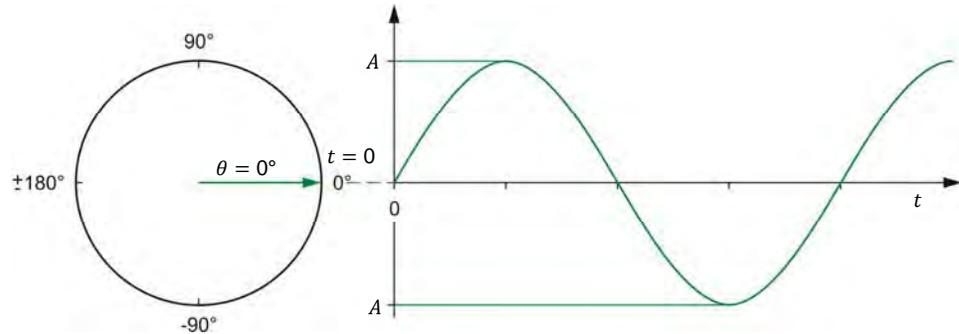


Figura 1-10. Onda sinusoidal con un ángulo de fase θ de 0° .

La figura 1-11 muestra una onda sinusoidal con un ángulo de fase θ de 45° . Se puede apreciar en la figura que un ángulo de fase positivo (0° a 180°) resulta en una onda sinusoidal con un valor instantáneo en $t = 0$ positivo. En otras palabras, un ángulo de fase positivo desplaza la onda sinusoidal hacia la izquierda, es decir, avanza en el tiempo a la onda sinusoidal.

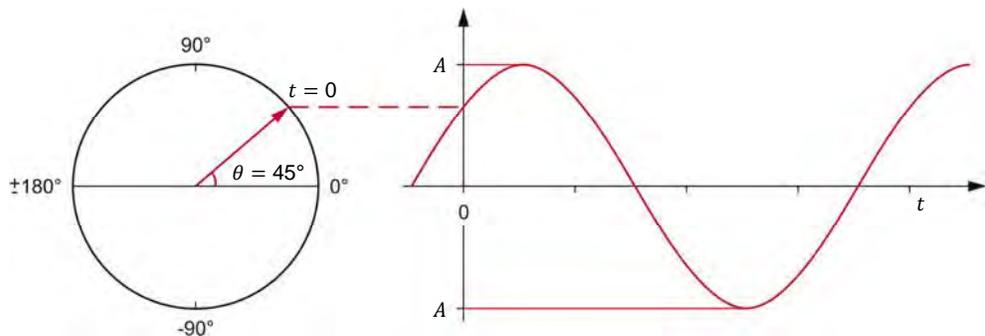


Figura 1-11. Onda sinusoidal con un ángulo de fase θ de 45° .

La figura 1-12 muestra una onda sinusoidal con un ángulo de fase θ de -60° . Un ángulo de fase negativo (0° a -180°) resulta en una onda sinusoidal con un valor instantáneo negativo en $t = 0$. En otras palabras, un ángulo de fase negativo desplaza la onda sinusoidal hacia la derecha, es decir, atrasa en el tiempo a la onda sinusoidal.

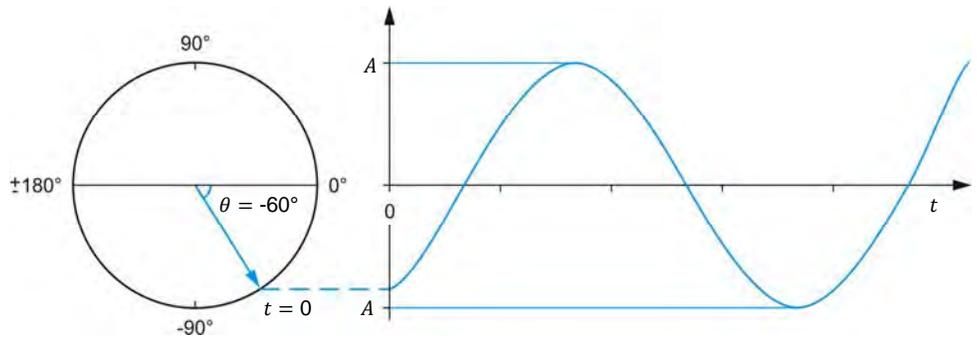


Figura 1-12. Onda sinusoidal con un ángulo de fase θ de -60° .

De la figura 1-10 a la figura 1-12 se muestran las representaciones fasoriales de las ondas sinusoidales en $t = 0$. Note que en cada figura la distancia vertical entre la punta del fasor y el eje horizontal es igual al valor instantáneo de la onda sinusoidal en $t = 0$.

Desfase

Al comparar dos ondas sinusoidales de la misma frecuencia, la diferencia entre sus ángulos de fase se denomina **desfase** y se expresa en grados ($^\circ$) o radianes (rad). La magnitud del desfase indica el grado de separación en el tiempo entre las dos ondas sinusoidales, mientras que la polaridad del desfase (positivo o negativo) indica la relación en el tiempo entre las dos ondas (en **adelanto** o **retraso**). La amplitud de la onda sinusoidal no tiene efecto en el desfase, pues éste no cambia el periodo ni la frecuencia de dicha onda. Las ondas sinusoidales de frecuencias distintas, y por lo tanto periodos diferentes, no se pueden comparar utilizando sus ángulos de fase pues sus ciclos no se corresponden.

El desfase entre dos ondas sinusoidales se expresa como un ángulo que representa una porción de un ciclo completo de las dos ondas. Una de esas ondas se usa como referencia en la medición del desfase. Éste se calcula al sustraer el ángulo de fase $\theta_{Ref.}$ correspondiente a la onda sinusoidal de referencia del ángulo de fase θ de la onda de interés. La ecuación escrita sería:

$$\text{Desfase} = \theta - \theta_{Ref.} \quad (1-10)$$

donde θ es el ángulo de fase de la onda sinusoidal de interés, expresado en grados ($^\circ$) o radianes (rad).

$\theta_{Ref.}$ es el ángulo de fase de la onda sinusoidal de referencia, expresado en grados ($^\circ$) o radianes (rad).

La figura 1-13 es un ejemplo que muestra cómo se calcula el desfase entre dos ondas sinusoidales (X e Y) usando sus ángulos de fase.

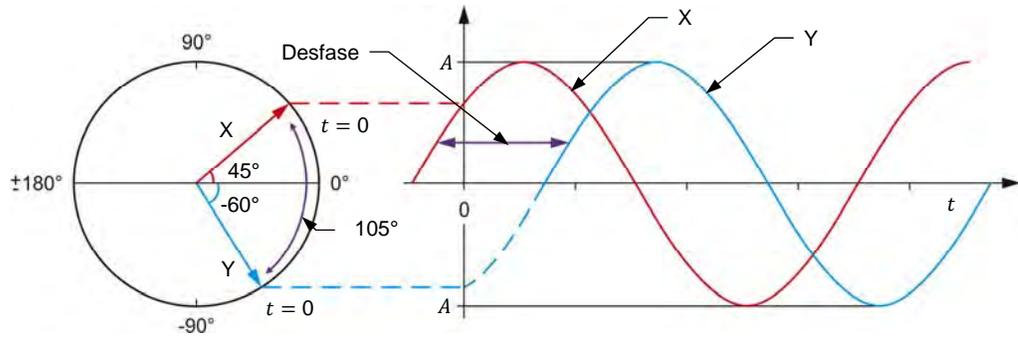


Figura 1-13. Desfase entre dos ondas sinusoidales con ángulos de fase de 45° y -60°.

En esta figura, la onda sinusoidal X tiene un ángulo de fase θ de 45°, mientras que la onda Y tiene un ángulo de fase θ de -60°. Dependiendo de qué onda sea utilizada como referencia, el desfase puede ser +105° o -105°. Cuando la onda sinusoidal X es la referencia, el desfase de la onda Y respecto a la onda X es -105° ($-60^\circ - 45^\circ = -105^\circ$). El signo negativo del desfase indica que la onda sinusoidal Y está en retraso respecto a la onda sinusoidal X. Por esta razón, este valor de desfase se expresa también como 105° en retraso. A la inversa, si la onda sinusoidal Y es la referencia, el desfase de la onda X respecto a la onda Y es +105° ($45^\circ - (-60^\circ) = +105^\circ$). El signo positivo del desfase indica que la onda sinusoidal X está en adelante respecto a la onda sinusoidal Y. Por esta razón, este valor de desfase se expresa también como 105° en adelante. Observe que cuando dos ondas sinusoidales tienen ángulos de fase distintos, el desfase no es cero y, por lo tanto, se dice que dichas ondas están desfasadas.

Es posible determinar el desfase entre dos ondas sinusoidales de la misma frecuencia sin conocer sus ángulos de fase θ . Para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Desfase} = \frac{d}{T} \cdot 360^\circ = \frac{d}{T} \cdot 2\pi \text{ rad} \quad (1-11)$$

donde d es el intervalo de tiempo entre las ondas sinusoidales medido en un punto de referencia de cada una, expresado en segundos (s).
 T es el periodo de las ondas sinusoidales, expresado en segundos (s).

Esta ecuación muestra claramente la razón por la que no es posible calcular el desfase entre dos ondas sinusoidales de frecuencia f distinta, pues de acuerdo a la ecuación es necesario tener un periodo común T ($T = 1/f$) para que la ecuación sea válida.

Considere por ejemplo, las ondas sinusoidales mostradas en la figura 1-14. Usando la ecuación (1-11), el desfase entre las dos ondas es igual a:

$$\text{Desfase} = \frac{d}{T} \cdot 360^\circ = \frac{3,33 \text{ ms}}{20,0 \text{ ms}} \cdot 360^\circ = 60^\circ$$

Cuando la onda sinusoidal 1 es considerada la referencia, el desfase es en retraso porque la onda sinusoidal 2 está retrasada respecto a la onda sinusoidal 1. A la inversa, cuando la onda sinusoidal 2 es la referencia, el desfase es en adelante porque la onda sinusoidal 1 está adelantada respecto a la onda sinusoidal 2.

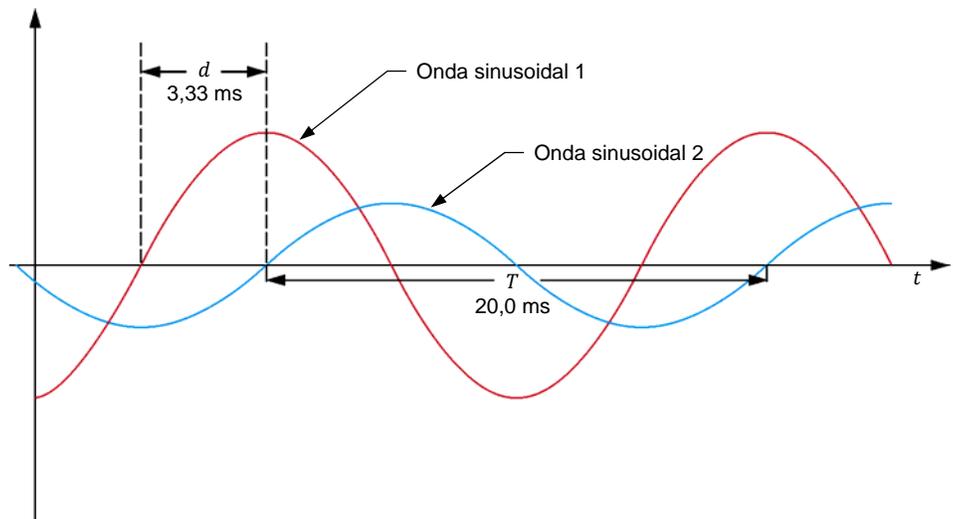


Figura 1-14. Desfase entre dos ondas sinusoidales de la misma frecuencia.

RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

El Procedimiento se divide en las siguientes secciones:

- Montaje y conexiones
- Medición del desfase entre dos ondas de tensión sinusoidales en un circuito resistor-inductor (RL)
- Medición del desfase entre dos ondas de tensión sinusoidales en un circuito resistor-condensador (RC)

PROCEDIMIENTO

⚠ ADVERTENCIA



Durante este ejercicio de laboratorio estará en presencia de tensiones elevadas. No realice ni modifique ninguna conexión con las fichas tipo banana en los circuitos bajo tensión, salvo indicación contraria.

Montaje y conexiones

En esta sección, conectará un circuito ca compuesto por un inductor y un resistor conectados en serie, y configurará el equipo necesario para medir la tensión de la fuente E_F y la tensión a través del resistor E_R .

1. Consulte la tabla de utilización del equipo del Apéndice A con el fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio.

Instale el equipo necesario en el [Puesto de trabajo](#).

2. Asegúrese de que el interruptor de alimentación principal del [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) esté en la posición **O** (apagado) y luego conecte la [Entrada de alimentación](#) a un tomacorriente ca.

Property of Festo Didactic

Sale and/or reproduction forbidden

Conecte la *Alimentación* de la *Interfaz de adquisición de datos y de control* a la fuente de alimentación de 24 V ca. Encienda la fuente de alimentación de 24 V ca.

3. Conecte el puerto USB de la *Interfaz de adquisición de datos y de control* a un puerto USB de la computadora.

Conecte el puerto USB del *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes* al puerto USB de la computadora.

4. Encienda el *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes* y luego ponga el interruptor *Modo de operación* en *Fuente de alimentación*.
5. Encienda la computadora y luego inicie el programa *LVDAC-EMS*.

En la ventana *Arranque de LVDAC-EMS*, asegúrese de que la *Interfaz de adquisición de datos y de control* y el *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes* hayan sido detectados. Asegúrese de que la función *Instrumentación computarizada* para la *Interfaz de adquisición de datos y de control* esté disponible. Además, seleccione la tensión y frecuencia que corresponden a la red ca local y luego haga clic en el botón *ACEPTAR* para cerrar la ventana *Arranque de LVDAC-EMS*.

6. Monte el circuito mostrado en la figura 1-15. Este circuito contiene un resistor R y un inductor L . Los inductores se estudian en la siguiente unidad de este manual.

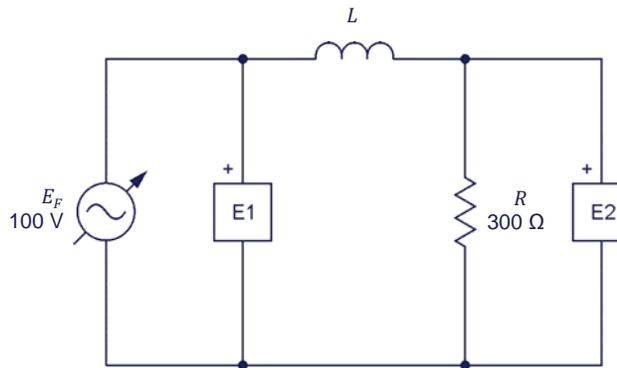


Figura 1-15. Circuito ca con un resistor y un inductor.

El valor del inductor L en el circuito de la figura 1-15 se conoce como inductancia y se expresa en henrios (H). El valor de la inductancia a utilizar depende de la frecuencia de la fuente de alimentación ca como se indica en la tabla 1-2.



Tal como se indica en el apéndice A, utilice el módulo *Carga inductiva*, modelo 8321, para obtener la inductancia requerida cuando la frecuencia de la red ca local es de 60 Hz. Utilice el módulo *Cargas inductivas y capacitivas*, modelo 8333, para obtener la inductancia requerida cuando la frecuencia de la red ca local es de 50 Hz.

Property of Festo Didactic

Sale and/or reproduction forbidden

Tabla 1-2. Valores de inductancia para las frecuencias de 50 y 60 Hz.

Frecuencia de la fuente (Hz)	Inductancia (H)
50	0,96
60	0,8

Ajuste los interruptores de la **Carga resistiva** y de la **Carga inductiva** (o de las **Cargas inductivas y capacitivas**) para obtener los valores de inductancia y resistencia requeridos.



El Apéndice C de este manual contiene las configuraciones de interruptores de la **Carga resistiva** y de la **Carga inductiva** para obtener diferentes valores de resistencia e inductancia.

Utilice las entradas **E1** y **E2** de la **Interfaz de adquisición de datos y de control** para medir la tensión de la fuente E_F y la tensión del resistor E_R , respectivamente.

7. En el programa **LVDAC-EMS**, abra la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes** y luego haga los ajustes siguientes:
 - Ajuste el parámetro **Función** como **Fuente de alimentación ca**.
 - Asegúrese de que el parámetro **Control de la tensión** esté ajustado en **Perilla**. Esto permite controlar manualmente la fuente de alimentación ca.
 - Ajuste el parámetro **Tensión en vacío** en 100 V.
 - Ajuste el parámetro **Frecuencia** a la misma frecuencia de la red ca local.
 - No modifique los demás parámetros.

Medición del desfase entre dos ondas de tensión sinusoidales en un circuito resistor-inductor (RL)

En esta sección, utilizará el osciloscopio para observar las formas de onda (ondas sinusoidales) de la tensión de la fuente E_F y de la tensión del resistor E_R y determinará el desfase entre ambas. Luego, usando el Analizador de fasores, medirá el desfase entre el fasor de tensión de la fuente y el fasor de tensión del resistor, y lo comparará posteriormente con el desfase medido sobre las formas de onda de tensión.



Como lo verá más adelante, debido a la presencia del inductor en el circuito, la corriente del circuito está en retraso respecto a la tensión de la fuente. Como resultado de ello, la tensión del resistor E_R está desfasada respecto a la tensión de la fuente E_F .

8. En el programa **LVDAC-EMS**, abra la ventana **Aparatos de medición**. Ajuste los medidores E_1 y E_2 para medir los valores rms de la tensión de la fuente E_F y de la tensión del resistor E_R , respectivamente.

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, active la fuente de alimentación ca. Reajuste el valor del parámetro **Tensión en vacío** para que la tensión de la fuente de alimentación ca, E_F , (indicada por el medidor E_1 en la ventana **Aparatos de medición**) sea de 100 V.

9. En el programa **LVDAC-EMS**, abra el **Osciloscopio** de modo que se visualicen E_F (entrada $E1$) y E_R (entrada $E2$) en los canales 1 y 2, respectivamente. De ser necesario, ajuste la escala de tiempo para visualizar al menos dos ciclos de las ondas sinusoidales. Coloque los trazadores de ambos canales en la misma posición vertical.

10. Mida el periodo T de la tensión de la fuente E_F usando el **Osciloscopio** y luego Registre el valor a continuación.



Para obtener una medición precisa, se pueden utilizar los cursores verticales del Osciloscopio para medir el periodo o cualquier otro intervalo de tiempo.

Periodo $T =$ _____ ms

11. Mida el periodo T de la tensión del resistor E_R usando el **Osciloscopio** y luego Registre el valor a continuación.

Periodo $T =$ _____ ms

12. Compare el periodo T de la tensión del resistor E_R medido en el paso anterior con el periodo T de la tensión de la fuente E_F registrado en el paso 10. ¿Los valores son similares?

Sí No

13. Usando el **Osciloscopio**, mida el intervalo de tiempo d entre las formas de onda de la tensión de la fuente E_F y la tensión del resistor E_R .

Intervalo de tiempo $d =$ _____ ms

14. Utilice la ecuación (1-11) para calcular el desfase entre la tensión de la fuente E_F y la tensión del resistor E_R . Considere la forma de onda de la tensión de la fuente como referencia.

Desfase = _____ °

15. ¿Está la tensión del resistor E_R , en adelante o en retraso respecto de la tensión de la fuente E_F ?
-

16. En el programa LVDAC-EMS, abra el **Analizador de fasores** y visualice la tensión de la fuente E_F (entrada $E1$) y la tensión del resistor E_R (entrada $E2$). Ajuste el parámetro **Fasor de referencia** en $E1$. Mida los ángulos de fase θ_{EF} y θ_{ER} de los fasores de tensión.

Angulo de fase $\theta_{EF} = \underline{\hspace{2cm}}$ °

Angulo de fase $\theta_{ER} = \underline{\hspace{2cm}}$ °

A partir de estos valores, calcule el desfase entre los fasores de tensión de la fuente E_F y de la tensión del resistor E_R . Utilice el fasor de tensión de la fuente como referencia.

Desfase = $\underline{\hspace{2cm}}$ °

17. Compare el desfase que determinó mediante las ondas sinusoidales de tensión con el medido a partir de los fasores de tensión correspondientes. ¿Los valores son similares?

Sí No

Medición del desfase entre dos ondas de tensión sinusoidales en un circuito resistor-condensador (RC)

En esta sección, reemplazará el inductor utilizado en la sección anterior por un condensador. Utilizará el osciloscopio para determinar el desfase entre las dos ondas sinusoidales de tensión. Luego, mediante el Analizador de fasores, medirá el desfase entre el fasor de tensión de la fuente y el fasor de tensión del resistor y lo comparará con el desfase determinado a partir de las formas de onda de la tensión.



Como verá más adelante, debido a la presencia de un condensador en el circuito, la corriente del circuito se adelanta con respecto a la tensión de la fuente. Como resultado, la tensión del resistor E_R está desfasada respecto a la tensión de la fuente E_F .

18. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, desactive la fuente de alimentación ca.

19. Modifique el circuito de la manera que se muestra en la figura 1-16 (reemplace el inductor por un condensador). Este circuito contiene un resistor R y un condensador C . Los condensadores se estudian en la siguiente unidad de este manual.

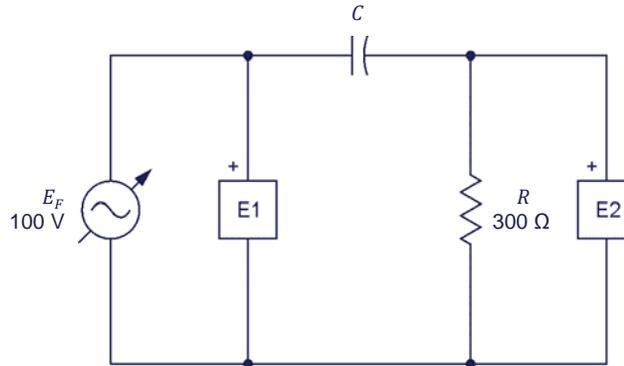


Figura 1-16. Circuito ca de un resistor y un condensador.

El valor del condensador C en el circuito de la figura 1-16 se llama capacitancia y se expresa en microfaradios (μF). El valor de la capacitancia que se utilice depende de la frecuencia de la fuente de alimentación ca como se indica en la tabla 1-3.



Tal como se indica en el apéndice A, utilice el módulo *Carga capacitiva*, modelo 8331, para obtener la capacitancia requerida cuando la frecuencia de la red ca local es de 60 Hz. Utilice el módulo *Cargas inductivas y capacitivas*, modelo 8333, para obtener la capacitancia requerida cuando la frecuencia de la red ca local es de 50 Hz.

Tabla 1-3. Valores de capacitancia para las frecuencias de 50 y 60 Hz.

Frecuencia de la fuente (Hz)	Capacitancia (μF)
50	5,3
60	4,4

Ajuste los interruptores de la *Carga resistiva* y de la *Carga capacitiva* (o de las *Cargas inductivas y capacitivas*) para obtener los valores de resistencia y capacitancia requeridos.

20. En la ventana *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes*, active la fuente de alimentación ca. Si es necesario, en esa misma ventana reajuste el valor del parámetro *Tensión en vacío* para que la tensión de la fuente de alimentación ca E_F , (indicada por el medidor *E1* en la ventana *Aparatos de medición*) sea de 100 V.
21. Mida el periodo T de la tensión de la fuente utilizando el *Osciloscopio* y luego registre el valor a continuación.

Periodo $T =$ _____ ms

22. Mida el periodo T de la tensión del resistor E_R utilizando el **Osciloscopio** y luego Registre el valor a continuación.

Periodo $T =$ _____ ms

23. Compare el periodo T de la tensión del resistor E_R medido en el paso anterior con el periodo T de la tensión de la fuente E_F registrado en el paso 20. ¿Son similares los valores?

Sí No

24. Mida el intervalo de tiempo d entre las formas de onda de la tensión de la fuente E_F y la tensión del resistor E_R .

Intervalo de tiempo $d =$ _____ ms

25. Utilice la ecuación (1-11) para calcular el desfase entre la tensión de la fuente E_F y la tensión del resistor E_R . Considere la forma de onda de tensión de la fuente como referencia.

Desfase = _____ °

26. ¿Está la tensión del resistor E_R en adelante o en retraso respecto a la tensión de la fuente E_F ?
-

27. En el **Analizador de fasores**, mida los ángulos de fase θ_{EF} y θ_{ER} de los fasores de tensión.

Angulo de fase $\theta_{EF} =$ _____ °

Angulo de fase $\theta_{ER} =$ _____ °

A partir de estos valores, calcule el desfase entre los fasores de tensión de la fuente E_F y la tensión del resistor E_R . Utilice el fasor de la tensión de la fuente como referencia.

Desfase = _____ °

28. Compare el valor de desfase que determinó mediante las ondas de tensión sinusoidales con el medido a partir de los fasores de tensión correspondientes. ¿Son similares los valores?

Sí No

29. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, desactive la fuente de alimentación ca.

30. Cierre el programa **LVDAC-EMS** y apague todo el equipo. Desconecte todos los cables y vuelva a guardarlos en su lugar de almacenaje.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio, observó cómo el ángulo de fase modifica el valor de una onda sinusoidal en el instante $t = 0$ y, en consecuencia, la posición en el tiempo de la onda. Observó el efecto de los ángulos de fase positivos y negativos sobre la posición relativa en el tiempo de una onda sinusoidal. Conoció el concepto del desfase. Aprendió cómo calcular y medir el desfase entre dos ondas sinusoidales y cómo diferenciar entre un desfase en adelanto y uno en retraso.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿Cuál es el efecto del ángulo de fase sobre la representación gráfica de una onda sinusoidal?

2. Una onda sinusoidal tiene un ángulo de fase θ de 72° . ¿Esta onda sinusoidal alcanzará su máximo valor antes, después o al mismo tiempo que una segunda onda cuyo ángulo de fase θ es de -18° ?

3. Dadas las siguientes dos ecuaciones de ondas sinusoidales:

$$E(t) = 8 \text{ sen } 20t + 78^\circ$$

$$E(t) = 40 \text{ sen } 20t + 43^\circ$$

Calcule el desfase entre estas ondas, considerando a la primera onda sinusoidal como la referencia. Indique también si la segunda onda sinusoidal está en adelanto o en retraso respecto a la de referencia.

4. Al calcular el desfase entre dos ondas sinusoidales, ¿cuál de los siguientes parámetros debe ser común a ambas ondas: ángulo de fase, amplitud, frecuencia o periodo? ¿Por qué?

5. Considere dos ondas sinusoidales de la misma frecuencia. Ambas tienen un periodo T de 50 ms. La segunda onda sinusoidal alcanza su máximo valor positivo 8 ms después que la primera. Calcule el desfase entre las dos ondas sinusoidales considerando a la primera como la referencia.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Potencia instantánea y potencia promedio

OBJETIVO DEL EJERCICIO Cuando usted haya completado este ejercicio, sabrá cuál es la diferencia entre la potencia instantánea y la potencia promedio y cómo calcularlas. Será capaz de explicar y probar el concepto de potencia instantánea en circuitos ca. También podrá determinar la potencia promedio disipada por un resistor cuando está conectado a una fuente de alimentación ca. Finalmente, será capaz de demostrar la relación entre los valores rms y la potencia promedio en los circuitos ca resistivos.

RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS

Los Principios de este ejercicio cubren los siguientes puntos:

- Potencia instantánea
- Potencia promedio
- Explicación de los valores rms

PRINCIPIOS

Potencia instantánea

Cuando se suministra potencia eléctrica a un motor cc, una fracción de la potencia es convertida en energía mecánica y el resto se disipa en forma de calor. Cuando la potencia se suministra a una batería durante su carga, parte de la potencia se convierte en energía química, mientras el resto se transforma en calor. Sin embargo, cuando se aplica potencia a un resistor, toda la potencia se convierte en calor. Esta conversión de potencia eléctrica en calor es un proceso muy eficiente y hacemos uso de ello diariamente en las tostadoras y hornos eléctricos así como en las viviendas con calefacción eléctrica.

En los circuitos cc, la potencia P es el producto de la tensión E por la corriente I . Lo mismo es cierto en los circuitos ca. Sin embargo, en el caso de los circuitos ca, es importante conocer la diferencia entre la **potencia instantánea** y la **potencia promedio**. De lo visto hasta el momento, debería ser claro que la potencia suministrada a una carga conectada a una fuente ca varía con el tiempo, pues la tensión y la corriente del circuito son ondas sinusoidales. La potencia instantánea P es igual al producto $E \cdot I$ calculado en cada instante del ciclo de la onda sinusoidal. La figura 1-17 muestra un ejemplo de una forma de onda de potencia en relación a las ondas sinusoidales de la tensión y corriente. Se puede ver que en la primera mitad del ciclo, las ondas sinusoidales de la tensión y corriente tienen valores positivos, mientras que en la segunda mitad, ambas tienen valores negativos. Por lo tanto, el producto $E \cdot I$ (es decir, la forma de onda de potencia) es siempre positivo sin importar si las ondas sinusoidales de tensión y corriente están en la mitad positiva o negativa del ciclo. Como resultado, la potencia neta dada a una carga es igual a la potencia suministrada durante la media onda positiva más la potencia entregada durante la media onda negativa.

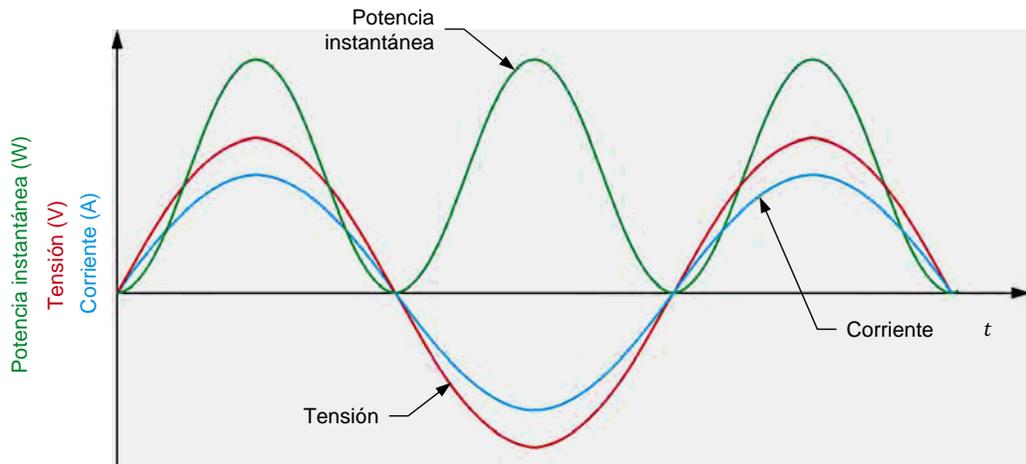


Figura 1-17. Formas de onda de tensión, corriente y potencia instantánea de un resistor.

Un vatímetro conectado para medir la potencia suministrada a una carga de un circuito ca resistivo simple, indicaría entonces un valor de potencia distinto a cero; incluso teniendo en cuenta que el valor promedio de las formas de onda de tensión y corriente sobre un periodo es cero.

Como puede verse en la figura 1-17, la forma de onda de la potencia instantánea tiene el doble de la frecuencia de la fuente. Esto se debe al hecho de que cuando las formas de onda de tensión y corriente comienzan en la mitad negativa de sus ciclos, la forma de onda de potencia inicia otro ciclo idéntico al anterior.

Potencia promedio

Mientras que la potencia instantánea varía con el tiempo, la potencia promedio $P_{Prom.}$ disipada en el resistor (o valor promedio de la forma de onda de potencia) permanece constante en el tiempo y corresponde al producto de la tensión rms E_{RMS} por la corriente rms I_{RMS} , como se indica en la siguiente ecuación:

$$P_{Prom.} = E_{RMS} \cdot I_{RMS} \quad (1-12)$$

donde $P_{Prom.}$ es la potencia promedio, expresada en vatios (W).
 E_{RMS} es la tensión rms, expresada en voltios (V).
 I_{RMS} es la corriente rms, expresada en amperios (A).

La figura 1-18 muestra la comparación entre la forma de onda de la potencia instantánea y la gráfica de la potencia promedio. Observe que esta relación es solamente válida para circuitos ca puramente resistivos.

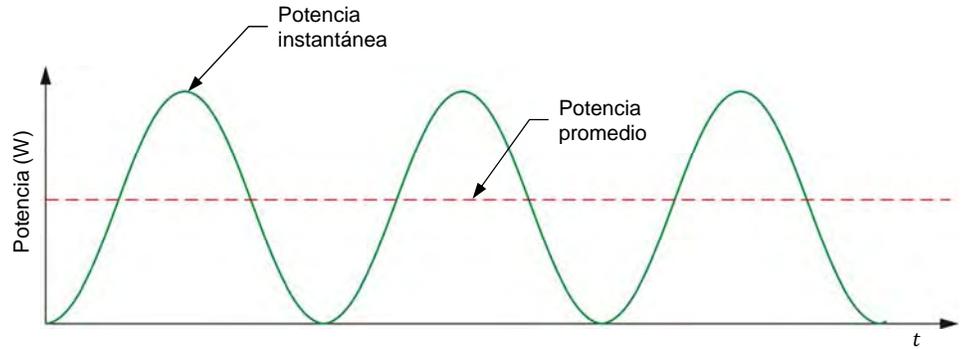


Figura 1-18. Potencia instantánea y potencia promedio.

Explicación de los valores rms

En el ejercicio 1-1, el concepto de los valores rms fue introducido sin una explicación completa de las razones que van detrás. Haciendo uso del concepto de potencia promedio, ahora podemos entender la relación entre la tensión rms medida en un circuito ca y la tensión medida en un circuito cc.

Considere el circuito ca de la figura 1-19a. En este circuito, la fuente de alimentación ca suministra una cantidad dada de potencia promedio $P_{Prom.}$ a un resistor. Ahora, para suministrar la misma cantidad de potencia P_{CC} al mismo resistor en el circuito cc mostrado en la figura 1-19b, la fuente de alimentación cc necesita tener una determinada tensión E_{CC} . Esta tensión E_{CC} es igual a la tensión rms E_{RMS} de la fuente de alimentación ca. Es decir, cuando la potencia entregada a una carga resistiva por una fuente de alimentación ca es igual a la potencia entregada a una carga resistiva equivalente por una fuente cc ($P_{Prom.} = P_{CC}$), la tensión rms de la fuente ca es igual a la tensión de la fuente cc ($E_{RMS} = E_{CC}$). Como se verá más adelante, esta relación sólo se cumple en el caso de cargas resistivas y no es válida cuando se introducen otros componentes (como inductores y condensadores) en el circuito.

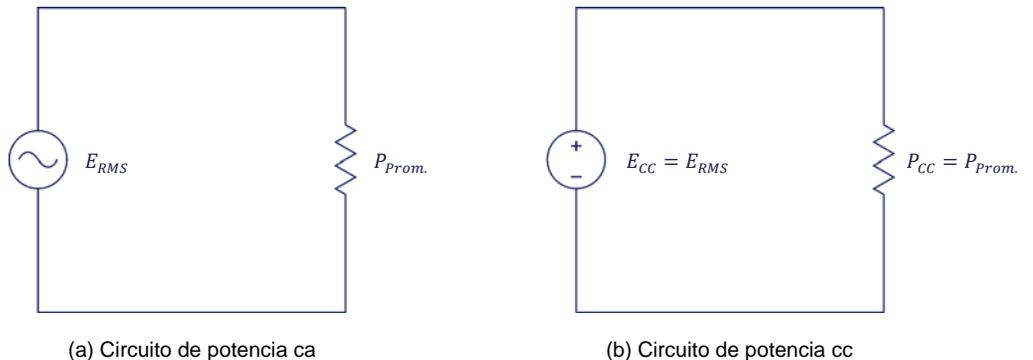


Figura 1-19. Circuitos ca y cc equivalentes suministrando la misma tensión y entregando la misma potencia.

El razonamiento anterior también se aplica al valor rms de la corriente en un circuito ca. Por lo tanto, cuando la corriente I_{CC} de una fuente de alimentación cc es igual al valor rms de la corriente I_{RMS} de un circuito ca, la potencia P_{CC} disipada en el resistor del circuito cc es igual a la potencia promedio $P_{Prom.}$ disipada en el mismo resistor del circuito ca.

RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

Este Procedimiento está dividido en las siguientes secciones:

- Montaje y conexiones
- Mediciones de la potencia promedio
- Explicación de los valores rms

PROCEDIMIENTO



Durante este ejercicio de laboratorio estará en presencia de tensiones elevadas. No realice ni modifique ninguna conexión con las fichas tipo banana en los circuitos bajo tensión, salvo indicación contraria.

Montaje y conexiones

En esta sección, conectará un circuito ca compuesto por un resistor y configurará el equipo necesario para medir la tensión de la fuente E_F , la corriente de la fuente I_F y la potencia P_F entregada al resistor por la fuente.

1. Consulte la tabla de utilización del equipo del Apéndice A con el fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio.

Instale el equipo necesario en el [Puesto de trabajo](#).

2. Asegúrese de que el interruptor de alimentación principal del [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) está en la posición **O** (apagado) y luego conecte la [Entrada de alimentación](#) a un tomacorriente ca.

Conecte la [Alimentación](#) de la [Interfaz de adquisición de datos y de control](#) a la fuente de alimentación de 24 V ca. Encienda la fuente de alimentación de 24 V ca.

3. Conecte el puerto USB de la [Interfaz de adquisición de datos y de control](#) a un puerto USB de la computadora.

Conecte el puerto USB del [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) al puerto USB de la computadora.

4. Encienda el [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) y luego coloque el selector [Modo de operación](#) en [Fuente de alimentación](#).

5. Encienda la computadora y luego inicie el programa LVDAC-EMS.

En la ventana *Arranque de LVDAC-EMS*, asegúrese de que la *Interfaz de adquisición de datos y de control* y el *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes* hayan sido detectados. Asegúrese de que la función *Instrumentación computarizada* para la *Interfaz de adquisición de datos y de control* esté disponible. Además, seleccione la tensión y frecuencia que corresponden a la red ca local y luego haga clic en el botón *ACEPTAR* para cerrar la ventana *Arranque de LVDAC-EMS*.

6. Monte el circuito mostrado en la figura 1-20.

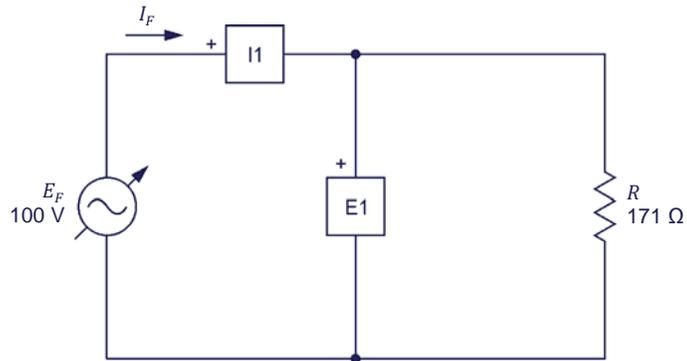


Figura 1-20. Circuito ca que contiene un resistor, un voltímetro y un amperímetro para medir tensión, corriente y potencia.

Ajuste los interruptores del módulo *Carga resistiva* para obtener los valores requeridos de resistencia.

Utilice las entradas *E1* e *I1* de la *Interfaz de adquisición de datos y de control* para medir la tensión de la fuente E_F y la corriente de la fuente I_F , respectivamente.

7. En el programa LVDAC-EMS, abra la ventana *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes* y luego haga los ajustes siguientes:
- Ajuste el parámetro *Función* como *Fuente de alimentación ca*.
 - Asegúrese de que el parámetro *Control de la tensión* esté ajustado en *Perilla*. Esto permite controlar manualmente la fuente de alimentación ca.
 - Ajuste el parámetro *Tensión en vacío* en 100 V.
 - Ajuste el parámetro *Frecuencia* a la misma frecuencia de la red ca local.
 - No modifique los demás parámetros.

Mediciones de la potencia promedio

En esta sección, observará las formas de onda de la tensión de la fuente E_F , de la corriente de la fuente I_F y de la potencia P_F que la fuente de alimentación ca entrega al resistor en el circuito ca que conectó en la sección anterior. Medirá la potencia promedio de la fuente $P_{F,prom.}$, así como los valores rms de la tensión de la fuente E_F y la corriente de la fuente I_F . Luego calculará la potencia de la fuente P_F a partir de los valores rms medidos de la tensión E_F y corriente I_F de la fuente y comparará el resultado con la potencia medida de la fuente P_F .

8. En el programa **LVDAC-EMS**, abra la ventana **Aparatos de medición**. Ajuste los medidores **E1** e **I1** para medir los valores rms de la tensión E_F y de la corriente I_F de la fuente ca, respectivamente.

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, active la fuente de alimentación ca. Reajuste el valor del parámetro **Tensión en vacío** para que la tensión de la fuente de alimentación ca, E_F , (indicada por el medidor **E1** en la ventana **Aparatos de medición**) sea de 100 V.

9. En el programa **LVDAC-EMS**, abra el **Osciloscopio** y configúrelo de modo que aparezcan la tensión de la fuente E_F , la corriente de la fuente I_F y la potencia P_F que la fuente de alimentación ca entrega al resistor en los canales 1, 2 y 3, respectivamente. Asegúrese de que la escala de tiempo esté ajustada de modo que aparezcan al menos dos ciclos completos de las formas de onda y seleccione convenientemente las escalas verticales.
10. En el Osciloscopio, mida el periodo T de las formas de onda de la tensión de la fuente E_F y la corriente de la fuente I_F , luego calcule la frecuencia de la fuente f a partir del periodo medido T .

Periodo $T =$ _____ ms Frecuencia $f = \frac{1}{T} =$ _____ Hz

11. En el Osciloscopio, mida el periodo T de la forma de onda de la potencia instantánea P_F y luego calcule la frecuencia f de la fuente a partir del periodo medido T .

Periodo $T =$ _____ ms Frecuencia $f = \frac{1}{T} =$ _____ Hz

12. ¿Cómo se compara la frecuencia f de la forma de onda de la potencia instantánea P_F obtenida en el paso anterior con la frecuencia de la corriente I_F y la tensión E_F registrada en el paso 10?

13. Observe que la polaridad de la forma de onda de la potencia instantánea P_S es siempre positiva. Explique por qué.

14. En el **Osciloscopio**, registre el valor promedio $P_{F,prom.}$ de la forma de onda de la potencia de la fuente P_F .

Potencia promedio $P_{F,prom.} = \underline{\hspace{2cm}}$ W

15. Registre a continuación los valores rms de la tensión E_F y de la corriente I_F de la fuente, que se indican por los medidores **E1** e **I1** en la ventana **Aparatos de medición**, respectivamente.

Tensión de la fuente $E_F = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Corriente de la fuente $I_F = \underline{\hspace{2cm}}$ A

16. Calcule la potencia P_F que la fuente suministra al resistor de carga utilizando los valores rms de E_F e I_F medidos en el paso anterior.

Potencia $P_F = I_F \cdot E_F = \underline{\hspace{2cm}}$ W

17. Compare la potencia P_F calculada en el paso anterior con la potencia promedio $P_{F,prom.}$ registrada en el paso 14. ¿Son cercanos entre si los valores?

Sí No

18. ¿Confirma esto que la potencia promedio disipada por un resistor conectado a una fuente de alimentación ca es igual al producto de los valores rms de tensión y corriente del resistor?

Sí No

Explicación de los valores rms

En esta sección, configurará el Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para que opere como una fuente de alimentación cc. Luego ajustará la tensión de la fuente cc hasta obtener la potencia P_{CC} igual a la potencia promedio $P_{F,prom.}$ obtenida previamente utilizando la fuente de alimentación ca. Esto le permitirá determinar la relación entre la tensión cc y la tensión rms cuando se entrega la misma cantidad de potencia a una carga resistiva.

19. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, ajuste el parámetro *Función* como *Fuente de tensión cc*. Esto cambia la fuente de alimentación ca a una fuente de alimentación cc y automáticamente establece el estado del **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes** en *Parado*.

El circuito es ahora como en la figura 1-21.

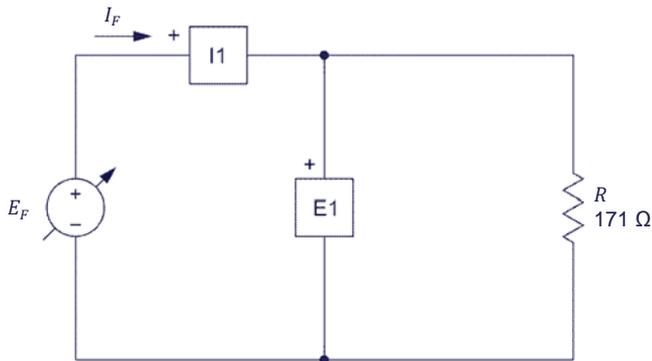


Figura 1-21. Circuito cc compuesto por un resistor así como un voltímetro y un amperímetro para medir tensión, corriente y potencia.

20. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, active la fuente de alimentación cc, luego ajuste la tensión de la fuente cc de modo que la potencia P_{CC} suministrada al resistor (ver el valor promedio de la forma de onda de potencia en el canal 3 de la pantalla del **Osciloscopio**) sea igual a la potencia promedio $P_{F,prom.}$ entregada por la fuente de alimentación ca en la sección anterior (registrada en el paso 14). Registre la tensión de la fuente cc E_{CC} más abajo:

Tensión de la fuente cc $E_{CC} = \underline{\hspace{2cm}}$ V

21. Compare el valor medido de tensión E_{CC} de la fuente cc con la tensión rms E_F de la fuente ca utilizada en la sección anterior (registrado en el paso 15). ¿Son similares los valores?

Sí No

22. ¿Qué puede concluir acerca del valor rms de la tensión (o la corriente) en un circuito ca compuesto por una carga resistiva?

23. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, apague la fuente de alimentación cc.

24. Cierre el programa **LVDAC-EMS** y apague todo el equipo. Desconecte todos los cables y vuelva a guardarlos en su lugar de almacenaje.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio, aprendió las nociones de potencia instantánea y potencia promedio y vio cómo diferenciarlas. Aprendió cómo calcular la potencia instantánea en los circuitos ca y también la forma de representar gráficamente la potencia instantánea. También aprendió cómo determinar la potencia promedio disipada en un circuito ca y observó la relación entre el valor rms de la tensión y el valor de la tensión cc en los circuitos compuestos por cargas resistivas.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿Cuál es la diferencia entre la potencia promedio y la potencia instantánea en un circuito ca?

2. ¿Cómo es posible calcular la potencia promedio disipada en un circuito ca?

3. ¿Cuál es la frecuencia de la forma de onda de potencia comparada a las ondas sinusoidales de tensión y corriente correspondientes? Explique por qué.

4. ¿Cuál es la potencia promedio $P_{F,prom.}$ disipada por un resistor de 100Ω cuando se conecta a una fuente de alimentación ca de amplitud 141 V ?

5. Una tensión sinusoidal de periodo T de $20,0 \text{ ms}$ se aplica a una carga resistiva. ¿Cuál es la frecuencia de la forma de onda de potencia en el resistor?

Examen de la unidad

1. ¿Qué es el periodo de una onda sinusoidal?
 - a. El tiempo entre las medias ondas positiva y negativa de la onda sinusoidal.
 - b. El número de veces que se repite su ciclo en un segundo.
 - c. El tiempo entre el valor máximo positivo y el valor máximo negativo.
 - d. El tiempo que toma la onda sinusoidal en completar un ciclo.

2. ¿Cuál es el periodo de una onda sinusoidal cuya frecuencia es 120 Hz?
 - a. 120 ms
 - b. 8,33 ms
 - c. 33,4 ms
 - d. 16,7 ms

3. La potencia ca produce una corriente que cambia de dirección periódicamente y alterna entre valores máximos positivos y negativos.
 - a. Verdadero
 - b. Falso
 - c. Depende de la frecuencia f .
 - d. Ninguna de las anteriores.

4. ¿Cuál es el desfase entre la tensión y la corriente en un circuito que contiene únicamente una carga resistiva?
 - a. 180°
 - b. 90°
 - c. No hay desfase.
 - d. Depende de la potencia disipada en la carga.

5. Dadas las siguientes ecuaciones de tensión ca: $E(t) = 15 \sin(30t + 25)$ y $E(t) = 5 \sin(30t - 55)$, calcule el desfase entre ellas. Considere la segunda ecuación como la referencia.
 - a. -30°
 - b. 80°
 - c. -80°
 - d. Es imposible calcular el desfase pues no tienen la misma frecuencia.

6. El ángulo de fase de una onda sinusoidal determina:
 - a. La frecuencia de la onda sinusoidal.
 - b. El valor inicial de la onda sinusoidal.
 - c. Los valores máximos positivos y negativos de la onda sinusoidal.
 - d. La duración de las medias ondas positiva y negativa de la onda sinusoidal.

7. En un circuito que contiene sólo un resistor, una fuente de alimentación ca disipará más potencia que una fuente de alimentación cc con una tensión igual a la amplitud de la onda sinusoidal de tensión ca.
 - a. Verdadero
 - b. Falso, porque la potencia promedio de la fuente de alimentación ca es cero en un periodo completo.
 - c. Falso, porque la amplitud de la onda sinusoidal de tensión ca es mayor a su valor de tensión rms.
 - d. Verdadero, porque la potencia es igual al producto de los valores rms de tensión y corriente.

8. La forma de onda de la potencia instantánea en un circuito cc es igual a la de un circuito ca.
 - a. Verdadero
 - b. Falso, la potencia instantánea en un circuito cc es constante.
 - c. Verdadero, si tienen la misma frecuencia.
 - d. Falso, la potencia instantánea no existe en los circuitos cc.

9. Los valores máximos positivos y negativos de una onda sinusoidal están determinados por:
 - a. El ángulo de fase.
 - b. El periodo.
 - c. La frecuencia.
 - d. La amplitud.

10. ¿Cuál es la amplitud de una onda sinusoidal de tensión si esta produce la misma potencia promedio en un resistor que la que produce una tensión cc de 50 V?
 - a. 70,7 V
 - b. 141 V
 - c. 50 V
 - d. 35,5 V

Resistencia, reactancia e impedancia

OBJETIVO DE LA UNIDAD

Cuando usted haya completado esta unidad, sabrá qué son un inductor y un condensador. Además, será capaz de calcular la reactancia inductiva de un inductor a partir de su inductancia y la reactancia capacitiva de un condensador a partir de su capacitancia. Se familiarizará con la relación entre la frecuencia de la fuente y la reactancia de un inductor o un condensador. También aprenderá los efectos en las formas de onda de tensión y corriente de un circuito ca al introducir un inductor y un condensador.

RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS

Los Principios fundamentales cubren los siguientes puntos:

- Introducción a los inductores y condensadores
- Diferencia entre resistencia, reactancia e impedancia

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

Introducción a los inductores y condensadores

La mayoría de los circuitos estudiados hasta el momento contienen sólo componentes resistivos. Sin embargo, los circuitos ca típicos contienen otros dos tipos fundamentales de componentes: **inductores** y **condensadores**. En el ejercicio 1-2, utilizó un inductor y un condensador para producir un desfase entre las ondas sinusoidales de tensión y corriente de un circuito ca. Esta unidad cubre los inductores y condensadores en mayor detalle.

Los inductores o bobinas son ampliamente utilizados en los circuitos ca. De hecho, los devanados de los transformadores y motores ca son fundamentalmente inductores, lo que significa que los devanados tienen el mismo efecto que introducir un inductor en un circuito ca. Los inductores también se pueden agregar deliberadamente a los circuitos ca para modificar las características del circuito. La figura 2-1 muestra algunos de los tipos de inductores disponibles. Un inductor consiste esencialmente de un alambre conductor bobinado. La corriente que fluye a través del alambre crea un potente campo magnético dentro del arrollamiento o devanado.



Figura 2-1. Diferentes tipos de inductores.

Tal como los inductores, los condensadores se agregan a los circuitos ca para modificar las características básicas del circuito. Por ejemplo, un condensador se puede conectar a los devanados de ciertos motores de inducción monofásicos para permitir que los motores arranquen sin asistencia externa cuando se enciende la alimentación. Los condensadores generalmente tienen el efecto opuesto de los inductores en los circuitos ca. La figura 2-2 muestra algunos condensadores de diferentes formas y tamaños.



Figura 2-2. Diferentes tipos de condensadores.

Diferencia entre resistencia, reactancia e impedancia

Tal como los resistores, los inductores y condensadores se oponen al flujo de la corriente en los circuitos eléctricos. Sin embargo, mientras que la oposición al flujo de corriente producida por los resistores se denomina resistencia, la oposición al flujo de corriente causada por los inductores y condensadores se llama **reactancia**. Al igual que la resistencia, la reactancia se expresa en ohmios (Ω). La reactancia de un inductor se conoce como **reactancia inductiva** mientras que la de un condensador se llama **reactancia capacitiva**. La reactancia se estudia en detalle en los dos primeros ejercicios de esta unidad.

La oposición total al flujo de corriente en un circuito ca, es decir, la oposición al flujo de corriente debida a todos los resistores, inductores y condensadores en el circuito, se denomina **impedancia**. La impedancia, como la resistencia y la reactancia, se expresa en ohmios (Ω). La impedancia se estudia en el tercer ejercicio de esta unidad.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Reactancia inductiva

OBJETIVO DEL EJERCICIO Cuando haya completado este ejercicio, usted sabrá qué es un inductor y será capaz de calcularle la reactancia inductiva a partir de la inductancia. También aprenderá la relación que existe entre la frecuencia de la fuente y la reactancia inductiva de un inductor. Además, conocerá el efecto causado en las formas de onda de tensión y corriente al introducir un inductor en un circuito ca.

RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS

Los Principios de este ejercicio cubren los siguientes puntos:

- Inductores y reactancia inductiva
- Desfase inductivo

PRINCIPIOS

Inductores y reactancia inductiva

Un inductor consiste básicamente en un arrollamiento de alambre, que puede incluir o no un núcleo de hierro. Los inductores almacenan energía en el campo magnético que se produce cuando la corriente fluye a través del arrollamiento. Como resultado, los inductores se oponen a los cambios de corriente.

La característica fundamental de un inductor es la **inductancia** L , que se expresa en henrios (H). La inductancia es uno de los factores principales que determinan la oposición al flujo de corriente de un inductor, es decir, la reactancia inductiva X_L . Como la resistencia, la reactancia inductiva se expresa en ohmios (Ω). La ecuación para la reactancia inductiva es la siguiente:

$$X_L = 2\pi fL \quad (2-1)$$

donde X_L es la reactancia inductiva del inductor, expresada en ohmios (Ω).
 f es la frecuencia de la fuente de alimentación ca, expresada en hercios (Hz).
 L es la inductancia del inductor, expresada en henrios (H).

La ecuación (2-1) muestra que la reactancia inductiva X_L de un inductor es directamente proporcional a la inductancia L del inductor y a la frecuencia f de la fuente de alimentación ca.

La corriente que fluye en un resistor es igual a E/R . Observe la similitud con la ecuación de la corriente que fluye por el inductor.

La ley de Ohm dice que la corriente I que fluye en un inductor es igual a E/X_L . Por lo tanto, en un inductor cuanto más grande sea la reactancia inductiva, menor será la corriente.

Desfase inductivo

Otra característica fundamental de un inductor es que la onda sinusoidal de la corriente que fluye por el mismo está atrasada 90° respecto a la onda sinusoidal de la tensión del inductor. La figura 2-3 muestra las formas de onda típicas de la tensión y corriente de un inductor y los fasores correspondientes.

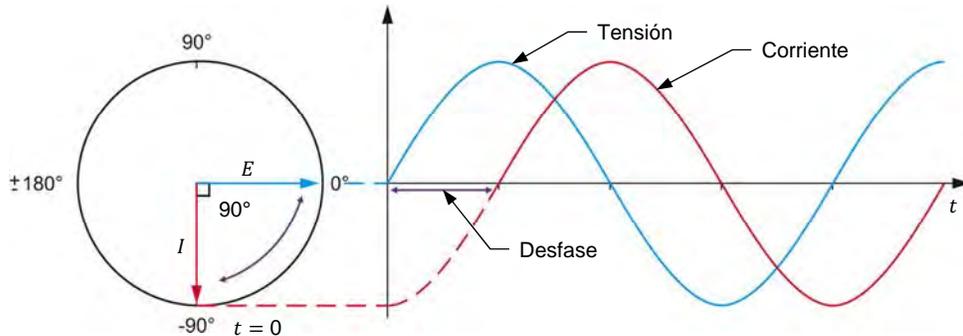


Figura 2-3. Formas de onda de tensión y corriente de un inductor y fasores correspondientes.

El desfase de 90° entre las ondas sinusoidales de tensión y corriente de un inductor es únicamente cierto para inductores ideales. Para los inductores reales, la corriente se retrasa con respecto a la tensión por un poco menos de 90° . Esto debido a que el alambre del bobinado del inductor tiene cierta resistencia. Esta resistencia se añade a la oposición al flujo de corriente producida por el inductor, es decir, la oposición total al flujo de corriente producida por el inductor es igual a la reactancia inductiva más la resistencia del alambre del bobinado. La relación exacta entre inductancia y resistencia se explica en el ejercicio 2-3 de este manual.

RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

El Procedimiento se divide en las secciones siguientes:

- Montaje y conexiones
- Inductancia y reactancia inductiva
- Efecto de la frecuencia en la reactancia inductiva
- Medición del desfase inductivo

PROCEDIMIENTO

⚠ ADVERTENCIA



Durante este ejercicio de laboratorio estará en presencia de tensiones elevadas. No realice ni modifique ninguna conexión con las fichas tipo banana en los circuitos bajo tensión, salvo indicación contraria.

Montaje y conexiones

En esta sección, conectará un circuito ca de un inductor y configurará el equipo necesario para medir la tensión E_L a través del inductor y la corriente I_L que fluye en el inductor.

1. Consulte la tabla de utilización del equipo del Apéndice A con el fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio.

Instale el equipo necesario en el **Puesto de trabajo**.

2. Asegúrese de que el interruptor de alimentación principal del **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes** está en la posición **O** (apagado) y luego conecte la **Entrada de alimentación** a un tomacorriente ca.

Conecte la **Alimentación** de la **Interfaz de adquisición de datos y de control** a la fuente de alimentación de 24 V ca. Encienda la fuente de alimentación de 24 V ca.

3. Conecte el puerto USB de la **Interfaz de adquisición de datos y de control** a un puerto USB de la computadora.

Conecte el puerto USB del **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes** al puerto USB de la computadora.

4. Encienda el **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes** y luego ponga el interruptor **Modo de operación** en **Fuente de alimentación**.

5. Encienda la computadora y luego inicie el programa **LVDAC-EMS**.

En la ventana **Arranque de LVDAC-EMS**, asegúrese de que la **Interfaz de adquisición de datos y de control** y el **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes** hayan sido detectados. Asegúrese de que la función **Instrumentación computarizada** para la **Interfaz de adquisición de datos y de control** esté disponible. Además, seleccione la tensión y frecuencia que corresponden a la red ca local y luego haga clic en el botón **ACEPTAR** para cerrar la ventana **Arranque de LVDAC-EMS**.

6. Monte el circuito mostrado en la figura 2-4.

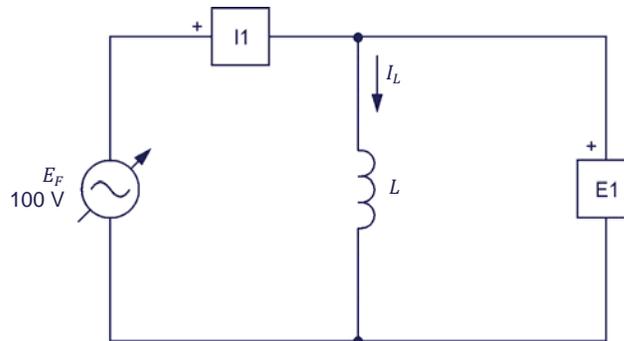


Figura 2-4. Circuito ca que contiene un inductor.

El valor de la inductancia L a utilizar en el circuito de la figura 2-4 depende de la frecuencia de la fuente de alimentación ca, como se indica en la tabla 2-1.

Tabla 2-1. Primer y segundo valor de inductancia para las frecuencias de 50 Hz y 60 Hz.

Frecuencia de la fuente (Hz)	Inductancia L (H)	
	Primer valor	Segundo valor
50	0,96	1,92
60	0,80	1,60

Utilice las entradas $E1$ e $I1$ de la *Interfaz de adquisición de datos y de control* para medir la tensión E_L y la corriente I_L del inductor, respectivamente.

7. En el programa *LVDAC-EMS*, abra la ventana *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes* y luego haga los ajustes siguientes:
 - Ajuste el parámetro *Función* como *Fuente de alimentación ca*.
 - Asegúrese de que el parámetro *Control de la tensión* esté ajustado en *Perilla*. Esto permite controlar manualmente la fuente de alimentación ca.
 - Ajuste el parámetro *Tensión en vacío* en 100 V.
 - Ajuste el parámetro *Frecuencia* a la misma frecuencia de la red ca local.
 - No modifique los demás parámetros.

Ajuste los interruptores del módulo *Carga inductiva* (o del módulo *Cargas Inductivas y capacitivas*) para obtener el primer valor de inductancia requerido (ver la tabla 2-1).

Inductancia y reactancia inductiva

En esta sección, calculará la reactancia inductiva X_L del inductor para el primer valor de inductancia L en la tabla 2-1. Medirá la tensión E_L y la corriente I_L del inductor. Luego determinará la reactancia inductiva X_L del inductor a partir de las mediciones de tensión E_L y corriente I_L del inductor y comparará el resultado con la reactancia inductiva X_L calculada. Doblará el valor de la inductancia L para determinar el efecto en la reactancia inductiva X_L del inductor.

8. Calcule la reactancia inductiva X_L del inductor para el primer valor de la inductancia L en la tabla 2-1 y registre el resultado más abajo.

Reactancia inductiva calculada $X_L = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

9. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, active la fuente de alimentación ca.
10. En el programa **LVDAC-EMS**, abra la ventana **Aparatos de medición**. Ajuste los medidores **E1** e **I1** para medir los valores rms de la tensión E_L y la corriente I_L del inductor, respectivamente.

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, reajuste el valor del parámetro **Tensión en vacío** para que la tensión de la fuente de alimentación ca (indicada por el medidor **E1** en la ventana **Aparatos de medición**) sea igual a 100 V.

Registre a continuación los valores medidos de la tensión E_L y la corriente I_L del inductor (medidores **E1** e **I1**, respectivamente).

Tensión del inductor $E_L = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Corriente del inductor $I_L = \underline{\hspace{2cm}}$ A

11. Calcule la reactancia inductiva X_L del inductor utilizando los valores medidos de tensión E_L y corriente I_L del inductor en el paso anterior.

Reactancia inductiva $X_L = \underline{\hspace{2cm}}$ Ω

12. Compare la reactancia inductiva X_L obtenida en el paso anterior con la reactancia inductiva X_L calculada en el paso 8. ¿Son similares los valores?

Sí No

13. Ajuste la inductancia L del inductor al segundo valor indicado en la tabla 2-1, haciendo los ajustes correspondientes en los interruptores de la **Carga inductiva**.

14. Calcule la reactancia inductiva X_L del inductor para el segundo valor de la inductancia L de la tabla 2-1 y registre el resultado en la segunda columna de la tabla 2-2 (consulte la sección siguiente del procedimiento).

Indique la frecuencia (50 o 60 Hz) de su red ca local en la primera columna de la tabla 2-2.

15. En la ventana **Aparatos de medición**, mida los valores rms de la tensión E_L y la corriente I_L del inductor. Registre los valores en las celdas correspondientes de la tercera y cuarta columna de la tabla 2-2.

16. Calcule la reactancia inductiva X_L del inductor utilizando los valores de tensión E_L y corriente I_L medidos en el paso anterior. Registre el resultado en la quinta columna de la tabla 2-2.

Property of Festo Didactic

Sale and/or reproduction forbidden

17. Compare la reactancia inductiva X_L obtenida en el paso anterior con la reactancia inductiva X_L calculada en el paso 14. ¿Son similares los valores?

Sí No

18. Compare la reactancia inductiva X_L del primer valor de inductancia con la reactancia inductiva X_L del segundo valor de inductancia. ¿Qué sucede con la reactancia inductiva X_L del inductor cuando se dobla la inductancia L ? Describa la relación entre la inductancia L y la reactancia inductiva X_L de un inductor.

Efecto de la frecuencia en la reactancia inductiva

En esta sección, calculará la reactancia inductiva X_L utilizando el segundo valor de inductancia L de la tabla 2-1, para las frecuencias de 40 Hz y 70 Hz de la fuente ca. Para cada una de estas dos frecuencias, medirá la tensión E_L y la corriente I_L del inductor, calculará la reactancia inductiva X_L a partir de la tensión y corriente medidas y comparará este valor con la correspondiente reactancia inductiva X_L calculada. Utilizará los valores de reactancia inductiva, calculados con las tensiones y corrientes del inductor, para determinar la relación entre la frecuencia de la fuente f y la reactancia inductiva X_L .

19. Calcule la reactancia inductiva X_L del inductor (utilizando el segundo valor de inductancia L indicado en la tabla 2-1) para las frecuencias de 40 y 70 Hz. Registre los resultados en las celdas apropiadas de la segunda columna de la tabla 2-2.

Tabla 2-2. Reactancia inductiva calculada y mediciones de tensión E_L , corriente I_L y reactancia inductiva para diferentes frecuencias.

Frecuencia de la fuente (Hz)	Reactancia inductiva calculada X_L (Ω)	Tensión del inductor E_L (V)	Corriente del inductor I_L (A)	Reactancia inductiva X_L (Ω)
40				
50 o 60				
70				

20. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, ajuste el parámetro *Frecuencia* en 40 Hz.

21. En la ventana **Aparatos de medición**, mida los valores rms de tensión E_L y corriente I_L del inductor y registre los valores en las celdas correspondientes de la tercera y cuarta columna de la tabla 2-2.

22. Calcule la reactancia inductiva X_L del inductor a partir de los valores de tensión E_L y corriente I_L medidos en el paso anterior. Registre el resultado en la celda correspondiente de la quinta columna de la tabla 2-2.
 23. En la ventana [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), ajuste el parámetro *Frecuencia* en 70 Hz y luego repita los pasos 21 y 22.
 24. Determine la relación entre la reactancia inductiva X_L de un inductor y la frecuencia de la fuente de alimentación ca utilizando los valores registrados en la tabla 2-2.
-
-

Medición del desfase inductivo

En esta sección, observará las formas de onda de tensión y corriente del inductor utilizando el osciloscopio para determinar el desfase entre esas ondas. Luego, mediante el Analizador de fasores, medirá el desfase entre los fasores de tensión y corriente del inductor y comparará este resultado con el desfase determinado a partir de las formas de onda de tensión y corriente.

25. En la ventana [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), ajuste el parámetro *Frecuencia* a la misma frecuencia de la red ca local.
26. En el programa [LVDAC-EMS](#), abra el [Osciloscopio](#) y haga que aparezcan la tensión y corriente del inductor en los canales 1 y 2, respectivamente. De ser necesario, fije la escala de tiempo de modo que se visualicen por lo menos dos ciclos de las formas de onda. Seleccione el canal 1 (Tensión del inductor) como fuente de disparo y luego fije el nivel de disparo en 0 V.

Observe que la amplitud de la forma de onda de tensión del inductor es equivalente al valor rms de tensión del inductor E_L indicado en la ventana [Aparatos de medición](#). También note que la amplitud de la forma de onda de corriente del inductor es equivalente al valor rms de corriente del inductor I_L indicado en la ventana [Aparatos de medición](#).

27. ¿La onda sinusoidal de la corriente del inductor está en retraso respecto a la onda sinusoidal de tensión del inductor?

Sí No

28. Utilice el [Osciloscopio](#) para determinar el periodo T de las formas de onda de tensión y corriente del inductor. Registre el valor a continuación.

Periodo $T =$ _____ ms

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

29. Utilice el **Osciloscopio** para determinar el intervalo de tiempo d entre la tensión y la corriente del inductor y luego calcule el desfase entre las dos formas de onda.

Considere como referencia la forma de onda de tensión del inductor.

Intervalo de tiempo $d = \underline{\hspace{2cm}}$ ms

Desfase = $\frac{d}{T} \cdot 360 = \underline{\hspace{2cm}}$ °

30. En el programa **LVDAC-EMS**, abra el **Analizador de fasores** y visualice la tensión E_L (entrada **E1**) y corriente I_L del inductor (entrada **I1**). Ajuste el parámetro **Fasor de referencia** a la tensión del inductor E_L (entrada **E1**). Registre abajo el desfase entre los fasores de tensión y corriente del inductor. Sabiendo que los fasores rotan en sentido antihorario; indique si el fasor de corriente del inductor I_L se adelanta o retrasa con respecto al fasor de tensión del inductor E_L .



*Observe que la longitud de los fasores de tensión y de corriente del inductor corresponden a los valores de tensión y corriente que aparecen en la ventana **Aparatos de medición**.*

Desfase = $\underline{\hspace{2cm}}$ °

31. Compare el desfase que determinó a partir de las formas de onda de tensión y corriente del inductor con el medido a partir de los fasores correspondientes de tensión y corriente del mismo. ¿Estos valores son similares?

Sí No

32. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, desactive la fuente de alimentación ca.

33. Cierre el programa **LVDAC-EMS** y apague todo el equipo. Desconecte todos los cables y vuelva a guardarlos en su lugar de almacenaje.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio, aprendió qué es un inductor y cómo calcular la reactancia inductiva de un inductor a partir de su inductancia. También aprendió la relación entre la frecuencia de la fuente y la reactancia inductiva. Además, verificó el desfase entre la tensión y la corriente de un inductor.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. Un circuito de potencia ca con un inductor tiene una tensión de fuente E_F de 150 V y una corriente de fuente I_F de 0,5 A. Calcule la reactancia inductiva X_L del inductor.

2. Considere un circuito de potencia ca con una frecuencia f de la fuente y con un solo inductor. ¿Qué sucede con la reactancia inductiva X_L del inductor cuando la frecuencia f de la fuente disminuye a la mitad de su valor inicial?

3. ¿Cómo varía la reactancia inductiva X_L con la inductancia L ?

4. Considere un circuito de potencia ca con un inductor ideal. Determine el desfase entre las formas de onda de tensión y corriente del inductor. Considere como referencia la tensión del inductor.

5. ¿Cómo afecta la resistencia del bobinado de un inductor real al desfase entre la tensión y la corriente del inductor?

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Reactancia capacitiva

OBJETIVO DEL EJERCICIO

Cuando usted haya completado este ejercicio, sabrá qué es un condensador y será capaz de calcular la reactancia capacitiva de un condensador a partir de su capacitancia. Aprenderá la relación que existe entre la frecuencia de la fuente y la reactancia capacitiva de un condensador. También verificará el efecto que tiene introducir un condensador en un circuito ca en las formas de onda de tensión y corriente.

RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS

Los Principios de este ejercicio cubren los siguientes puntos:

- Condensadores y reactancia capacitiva
- Desfase capacitivo

PRINCIPIOS

Observe las diferencias: los inductores almacenan la energía en el campo magnético y se oponen a los cambios de corriente. Los condensadores almacenan energía en el campo eléctrico y se oponen a los cambios de tensión.

Condensadores y reactancia capacitiva

Un condensador consiste básicamente de dos placas de un material conductor (generalmente un metal) separadas por un material aislante. Un par de terminales dan acceso a las placas de metal del condensador. Cuando fluye corriente por el condensador, éste almacena energía en el campo eléctrico que se forma entre las placas de metal. Como resultado, los condensadores se oponen a los cambios de tensión.

La característica fundamental de un condensador es la **capacitancia** C , la cual se expresa en faradios (F). La capacitancia es uno de los factores principales que determinan la oposición al flujo de corriente de un condensador, es decir, la **reactancia capacitiva** X_C . Al igual que la resistencia y la reactancia inductiva, la reactancia capacitiva se expresa en ohmios (Ω) y la ecuación que la representa es la siguiente:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad (2-2)$$

En la práctica, la capacitancia C de un condensador se expresa generalmente en μF .
1 μF = 0,000001 F.

donde X_C es la reactancia capacitiva del condensador, expresada en ohmios (Ω).
 f es la frecuencia de la fuente de alimentación ca, expresada en hercios (Hz).
 C es la capacitancia del condensador, expresada en faradios (F).

La ecuación (2-2) muestra que la reactancia capacitiva X_C de un condensador es inversamente proporcional a la capacitancia C y a la frecuencia f de la fuente de alimentación ca.

La ley de Ohm establece que la corriente I que fluye por el condensador es igual a E/X_C . Por lo tanto, a mayor reactancia capacitiva del condensador, menor será la corriente del condensador.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Desfase capacitivo

Otra característica fundamental de un condensador es que la onda sinusoidal de la corriente que fluye por el condensador adelanta 90° a la onda sinusoidal de la tensión del condensador. La figura 2-5 muestra las formas de onda características de la tensión y corriente de un condensador y los fasores correspondientes.

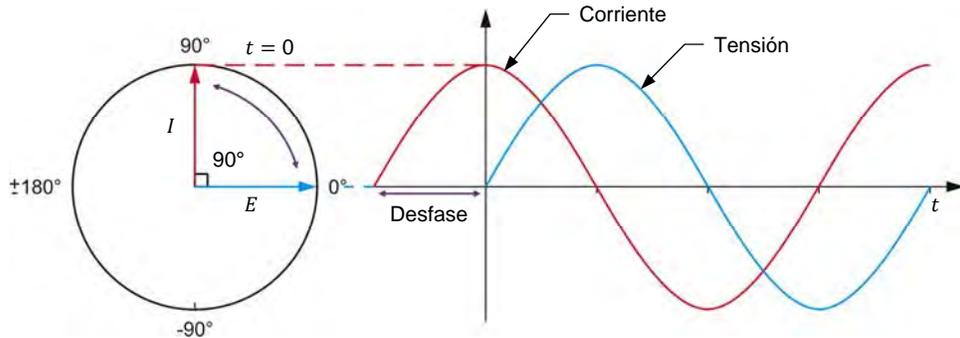


Figura 2-5. Formas de onda de tensión y corriente de un condensador y fasores correspondientes.

Contrariamente a un inductor, la diferencia entre un condensador ideal y uno real es despreciable. Esto se debe a que la resistencia de las placas y de los terminales del condensador es muy baja y tiene muy poca influencia sobre el desfase entre las formas de onda de la tensión y corriente de un condensador. El desfase real entre las formas de onda de tensión y corriente de un condensador es muy cercano a 90° .

RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

El Procedimiento se divide en las siguientes secciones:

- Montaje y conexiones
- Capacitancia y reactancia capacitiva
- Efecto de la frecuencia en la reactancia capacitiva
- Medición del desfase capacitivo

PROCEDIMIENTO



Durante este ejercicio de laboratorio estará en presencia de tensiones elevadas. No realice ni modifique ninguna conexión con las fichas tipo banana en los circuitos bajo tensión, salvo indicación contraria.

Montaje y conexiones

En esta sección, conectará un circuito ca a un condensador y configurará el equipo necesario para medir la tensión E_C y la corriente I_C que fluye a través de un condensador.

1. Consulte la tabla de utilización del equipo del Apéndice A con el fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio.

Instale el equipo necesario en el **Puesto de trabajo**.

2. Asegúrese de que el interruptor de alimentación principal del **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes** está en la posición **O** (apagado) y luego conecte la **Entrada de alimentación** a un tomacorriente ca.

Conecte la **Alimentación** de la **Interfaz de adquisición de datos y de control** a la fuente de alimentación de 24 V ca. Encienda la fuente de alimentación de 24 V ca.

3. Conecte el puerto USB de la **Interfaz de adquisición de datos y de control** a un puerto USB de la computadora.

Conecte el puerto USB del **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes** al puerto USB de la computadora.

4. Encienda el **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, luego coloque el selector **Modo de operación** en la posición **Fuente de alimentación**.

5. Encienda la computadora y luego inicie el programa **LVDAC-EMS**.

En la ventana **Arranque de LVDAC-EMS**, asegúrese de que la **Interfaz de adquisición de datos y de control** y el **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes** hayan sido detectados. Asegúrese de que la función **Instrumentación computarizada** para la **Interfaz de adquisición de datos y de control** esté disponible. Además, seleccione la tensión y frecuencia que corresponden a la red ca local y luego haga clic en el botón **ACEPTAR** para cerrar la ventana **Arranque de LVDAC-EMS**.

6. Monte el circuito mostrado en la figura 2-6.

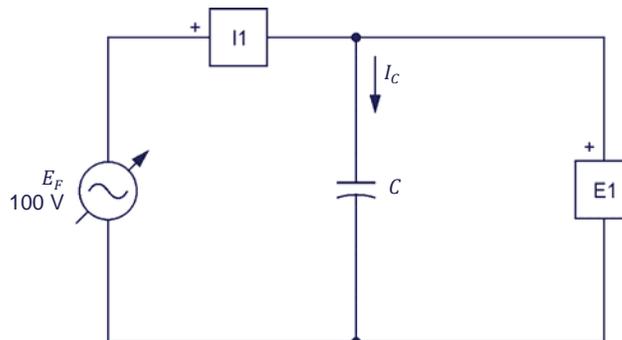


Figura 2-6. Circuito ca de un condensador.

El valor de la capacitancia C a utilizar en el circuito de la figura 2-6 depende de la frecuencia de la fuente de alimentación ca , como se indica en la tabla 2-3.

Tabla 2-3. Primer y segundo valor de capacitancia para las frecuencias de 50 Hz y 60 Hz.

Frecuencia de la fuente (Hz)	Capacitancia C (μF)	
	Primer valor	Segundo valor
50	10,6	5,3
60	8,8	4,4

Utilice las entradas $E1$ e $I1$ de la *Interfaz de adquisición de datos y de control* para medir la tensión E_C y la corriente I_C del condensador, respectivamente.

7. En el programa *LVDAC-EMS*, abra la ventana *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes* y luego haga los ajustes siguientes:
 - Ajuste el parámetro *Función* como *Fuente de alimentación ca*.
 - Asegúrese de que el parámetro *Control de la tensión* esté ajustado en *Perilla*. Esto permite controlar manualmente la fuente de alimentación ca .
 - Ajuste el parámetro *Tensión en vacío* en 100 V.
 - Ajuste el parámetro *Frecuencia* a la misma frecuencia de la red ca local.
 - No modifique los demás parámetros.

Ajuste los interruptores del módulo *Carga capacitiva* (o en los módulos *Cargas Inductivas y capacitivas*) para obtener el primer valor de capacitancia requerido (ver la tabla 2-3.).

Capacitancia y reactancia capacitiva

En esta sección, calculará la reactancia capacitiva X_C del condensador para el primer valor de capacitancia C de la tabla 2-3. Medirá la tensión E_C y la corriente I_C del condensador. Luego determinará la reactancia capacitiva X_C del condensador a partir de las mediciones de la tensión E_C y de la corriente I_C y la comparará con la reactancia capacitiva X_C calculada. Disminuirá a la mitad de su valor inicial la capacitancia C para determinar el efecto en la reactancia capacitiva X_C del condensador.

8. Calcule la reactancia capacitiva X_C del condensador para el primer valor de capacitancia C de la tabla 2-3 y registre el resultado más abajo.

Reactancia capacitiva calculada $X_C = \underline{\hspace{2cm}}$ Ω

9. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, active la fuente de alimentación ca.
10. En el programa **LVDAC-EMS**, abra la ventana **Aparatos de medición**. Ajuste los medidores **E1** e **I1** para medir los valores rms de tensión E_C y corriente I_C del condensador, respectivamente.

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, reajuste el valor del parámetro **Tensión en vacío** para que la tensión E_F de la fuente de alimentación ca (indicada por el medidor **E1** en la ventana **Aparatos de medición**) sea igual a 100 V.

Registre a continuación los valores medidos de la tensión E_C y la corriente I_C del condensador (medidores **E1** e **I1**, respectivamente).

Tensión del condensador $E_C = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Corriente del condensador $I_C = \underline{\hspace{2cm}}$ A

11. Calcule la reactancia capacitiva X_C utilizando las mediciones de tensión E_C y corriente I_C obtenidas en el paso anterior.

Reactancia capacitiva $X_C = \underline{\hspace{2cm}}$ Ω

12. Compare la reactancia capacitiva X_C obtenida en el paso anterior con la reactancia capacitiva X_C calculada en el paso 8. ¿Los valores son similares?

Sí No

13. Ajuste la capacitancia C del condensador al segundo valor indicado en la tabla 2-3 ajustando los interruptores de la **Carga capacitiva**.

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, reajuste, si es necesario, el valor del parámetro **Tensión en vacío** para que la tensión E_F de la fuente de alimentación ca (indicada por el medidor **E1** en la ventana **Aparatos de medición**) sea igual a 100 V.

14. Calcule la reactancia capacitiva X_C para el segundo valor de capacitancia C de la tabla 2-3 y registre el resultado en la celda correspondiente de la segunda columna de la tabla 2-4 (consulte la siguiente sección del procedimiento).

15. En la ventana **Aparatos de medición**, mida los valores rms de tensión E_C y corriente I_C del condensador. Registre los valores en las celdas correspondientes de la tercera y cuarta columna de la tabla 2-4.

16. Calcule la reactancia capacitiva X_C del condensador utilizando las mediciones de tensión E_C y corriente I_C obtenidas en el paso anterior. Registre el resultado en la celda apropiada de la quinta columna de la tabla 2-4.

17. Compare la reactancia capacitiva X_C obtenida en el paso anterior con la reactancia capacitiva X_C calculada en el paso 14. ¿Los valores son similares?

Sí No

18. Compare la reactancia capacitiva X_C del condensador obtenida para el primer valor de capacitancia con la reactancia capacitiva X_C obtenida con el segundo valor de capacitancia. ¿Qué sucedió con la reactancia capacitiva X_C del condensador cuando disminuyó la capacitancia C a la mitad de su valor inicial? Describa la relación entre la capacitancia C y la reactancia capacitiva X_C de un condensador.

Efecto de la frecuencia en la reactancia capacitiva

En esta sección, calculará la reactancia capacitiva X_C del condensador utilizando el segundo valor de capacitancia C de la tabla 2-3 para las frecuencias 40 Hz y 70 Hz de la fuente de alimentación ca. Para cada una de estas dos frecuencias, medirá la tensión E_C y la corriente I_C del condensador, calculará a partir de estas mediciones la reactancia capacitiva X_C y comparará el resultado con la correspondiente reactancia capacitiva X_C calculada. Utilizará los valores de la reactancia capacitiva, calculados a partir de las mediciones de tensión y corriente capacitiva, para determinar la relación entre la frecuencia f de la fuente y la reactancia capacitiva X_C .

19. Calcule la reactancia capacitiva X_C del condensador (utilizando el segundo valor de capacitancia C indicado en la tabla 2-3) para las frecuencias de 40 y 70 Hz. Registre los resultados en las celdas correspondientes de la segunda columna de la tabla 2-4.

Tabla 2-4. Reactancia capacitiva calculada y mediciones de tensión E_C , corriente I_C y reactancia capacitiva para diferentes frecuencias.

Frecuencia de la fuente (Hz)	Reactancia capacitiva calculada X_C (Ω)	Tensión del condensador E_C (V)	Corriente del condensador I_C (A)	Reactancia capacitiva X_C (Ω)
40				
50 o 60				
70				

20. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, ajuste el parámetro *Frecuencia* en 40 Hz.
21. En la ventana **Aparatos de medición**, mida los valores rms de tensión E_C y de corriente I_C del condensador y regístrelos en las celdas apropiadas de la tercera y cuarta columna de la tabla 2-4.
22. Calcule la reactancia capacitiva X_C a partir de las mediciones de tensión E_C y de corriente I_C obtenidas en el paso anterior. Registre el resultado en la celda correspondiente de la quinta columna de la tabla 2-4.
23. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, ajuste el parámetro *Frecuencia* en 70 Hz y luego repita los pasos 21 y 22.
24. Determine la relación entre la reactancia capacitiva X_C de un condensador y la frecuencia de la fuente de alimentación ca utilizando los valores registrados en la tabla 2-4.

Medición del desfase capacitivo

En esta sección, observará las formas de onda de la tensión y corriente del condensador mediante el osciloscopio y determinará el desfase entre ellas. Luego, utilizará el Analizador de fasores para medir el desfase entre el fasor de tensión y el fasor de corriente del condensador y comparará el resultado con el desfase determinado a partir de las formas de onda de tensión y corriente.

25. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, ajuste el parámetro *Frecuencia* de acuerdo a la red ca local.

Property of Festo Didactic

Sale and/or reproduction forbidden

26. En el programa LVDAC-EMS, abra el **Osciloscopio** y haga que aparezcan la tensión y la corriente del condensador en los canales 1 y 2, respectivamente. De ser necesario, ajuste la escala de tiempo para visualizar por lo menos dos ciclos completos de las formas de onda. Seleccione el canal 1 (tensión del condensador) como fuente de disparo y luego fije el nivel de disparo en 0 V.

Observe que la amplitud de la forma de onda de tensión del condensador es equivalente al valor rms de la tensión del condensador E_C indicado en la ventana **Aparatos de medición**. También note que la amplitud de la forma de onda de corriente del condensador es equivalente al valor rms de la corriente del condensador I_C indicado en la ventana **Aparatos de medición**.

27. ¿La onda sinusoidal de la corriente del condensador se adelanta con respecto a la onda sinusoidal de la tensión del condensador?

Sí No

28. Utilice el **Osciloscopio** para determinar el periodo T de las formas de onda de la tensión y corriente del condensador. Registre el valor a continuación.

Periodo $T =$ _____ ms

29. Utilice el **Osciloscopio** para determinar el intervalo de tiempo d entre la tensión y la corriente del condensador y calcule el desfase entre las dos formas de onda.

Considere como referencia la forma de onda de la tensión del condensador.

Intervalo de tiempo $d =$ _____ ms

Desfase $= \frac{d}{T} \cdot 360 =$ _____ °

30. En el programa LVDAC-EMS, abra el **Analizador de fasores** y visualice la tensión E_C (entrada **E1**) y la corriente I_C (entrada **I1**) del condensador. Ajuste el parámetro **Fasor de referencia** a la tensión del condensador E_C (entrada **E1**). Registre más abajo el desfase entre el fasor de tensión y el fasor de corriente del condensador. Indique si el fasor de corriente I_C del condensador se adelanta o atrasa con respecto al fasor de tensión E_C

Desfase $=$ _____ °

31. Compare el desfase determinado a partir de las formas de onda de tensión y corriente del condensador con el valor medido a partir de los fasores correspondientes de tensión y corriente del condensador. ¿Estos valores son similares?

Sí No

32. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, desactive la fuente de alimentación ca.

33. Cierre el programa **LVDAC-EMS** y apague todo el equipo. Desconecte todos los cables y vuelva a guardarlos en su lugar de almacenaje.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio, aprendió qué es un condensador. También aprendió cómo calcular la reactancia capacitiva de un condensador a partir de su capacitancia. Observó la relación entre la frecuencia de la fuente y la reactancia capacitiva de un condensador. Verificó el desfase entre la tensión y la corriente en un condensador.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. Un circuito de potencia ca con un condensador ($C = 12 \mu\text{F}$) tiene una frecuencia f de la fuente de 60 Hz. Calcule la reactancia capacitiva X_C del condensador.

2. Considere un circuito de potencia ca con una frecuencia de fuente f que tiene un solo condensador. ¿Qué sucede con la reactancia capacitiva X_C del condensador cuando la frecuencia f de la fuente disminuye a la mitad de su valor inicial?

3. ¿Cómo varía la reactancia capacitiva X_C con la capacitancia C ?

4. Considere un circuito de potencia ca compuesto por un condensador. Determine el desfase entre las formas de onda de tensión y de corriente del condensador. Utilice como referencia la tensión del condensador.

5. Un circuito de potencia ca con un condensador tiene una fuente de alimentación con las características siguientes: tensión E_F de 120 V, corriente I_F de 1,5 A y frecuencia f de 60 Hz. Calcule la capacitancia C del condensador.

Impedancia

OBJETIVO DEL EJERCICIO Cuando usted haya completado este ejercicio, estará familiarizado con los diagramas de fasores de un resistor, un inductor y un condensador. Será capaz de calcular la reactancia equivalente de los componentes reactivos en un circuito ca en serie y podrá representar la reactancia equivalente en un diagrama fasorial. También sabrá cómo calcular la impedancia de los circuitos ca en serie y en paralelo y representará la impedancia equivalente en un diagrama fasorial.

RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS

Los Principios de este ejercicio cubren los siguientes puntos:

- Diagramas fasoriales de resistores, inductores y condensadores
- Reactancia equivalente de componentes reactivos conectados en serie
- Impedancia de resistores, inductores y condensadores conectados en serie
- Impedancia de resistores, inductores y condensadores conectados en paralelo

PRINCIPIOS

Diagramas fasoriales de resistores, inductores y condensadores

Cada parámetro de un circuito de potencia ca (tensión, corriente, potencia, etc.) se puede representar como un fasor, es decir, un vector con inicio en el origen (0,0) del plano cartesiano. La longitud del fasor está determinada por la magnitud del parámetro que el fasor representa, mientras que la posición angular (dirección) del fasor está determinada por el ángulo de fase del parámetro. El eje horizontal del plano se llama eje real y el vertical se llama eje imaginario. Los diagramas de fasores relativos a componentes básicos, es decir, el resistor, el inductor y el condensador, se explican más abajo.

Diagrama fasorial de un resistor

La corriente que fluye por un resistor está en fase con la tensión a través del resistor (ver la figura 1-17 en el ejercicio 1-3). Consecuentemente, la resistencia de un resistor ($R = E_R/I_R$) se puede representar como un fasor que está en fase con los fasores de tensión y corriente del resistor, como se muestra en la figura 2-7.



Los cálculos vectoriales asociados a los fasores se explican en mayor detalle en el Apéndice D.

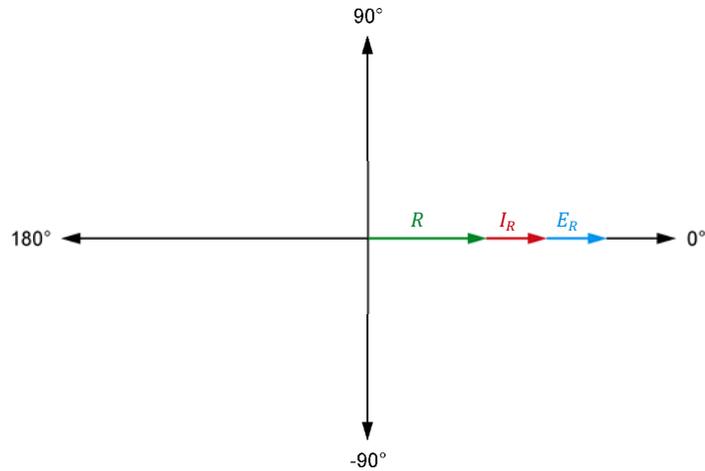


Figura 2-7. Diagrama fasorial de la tensión E_R , corriente I_R y resistencia R de un resistor.

Diagrama fasorial de un inductor

La corriente que fluye en un inductor ideal que se atrasa 90° con respecto a la tensión del inductor (como se vio en el ejercicio 2-1). La reactancia inductiva de un inductor puede determinarse mediante el cálculo vectorial para solucionar la ecuación $X_L = E_L / I_L$. El resultado de este cálculo (la reactancia inductiva X_L) es un fasor que se adelanta 90° con respecto al fasor de tensión E_L del inductor y está 180° desfasado con respecto al fasor de corriente I_L del inductor, como se muestra en la figura 2-8.

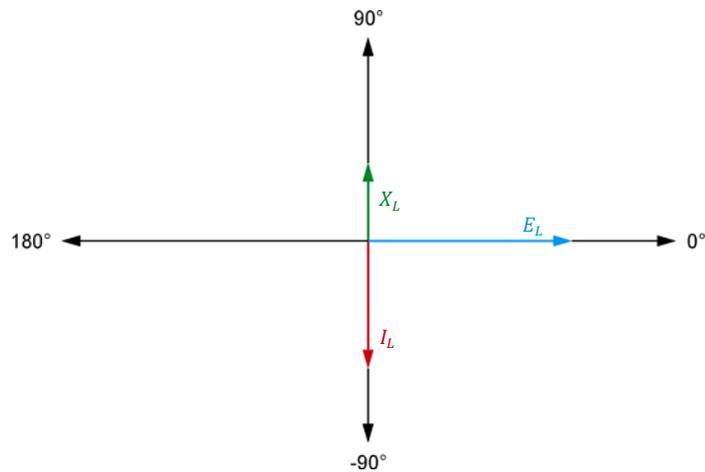


Figura 2-8. Diagrama fasorial de la tensión E_L , corriente I_L , y reactancia inductiva X_L de un inductor.

Diagrama fasorial de un condensador

La corriente que fluye en un condensador se adelanta 90° con respecto a la tensión del condensador (como se vio en el ejercicio 2-2). La reactancia capacitiva de un condensador puede determinarse mediante el cálculo vectorial para solucionar la ecuación $X_C = E_C / I_C$. El resultado de este cálculo (la reactancia capacitiva X_C) es un fasor que se atrasa 90° con respecto al fasor de tensión E_C del condensador y está 180° desfasado con respecto al fasor de corriente I_C del condensador, como se muestra en la figura 2-9.

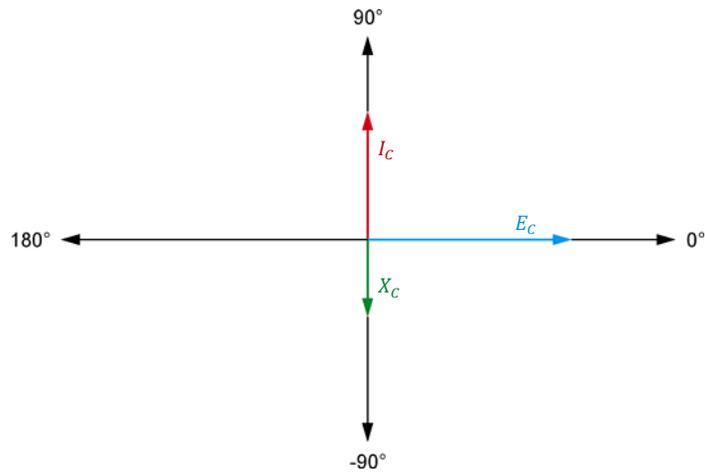


Figura 2-9. Diagrama fasorial de la tensión E_C , corriente I_C y reactancia capacitiva X_C de un condensador.

Reactancia equivalente de componentes reactivos conectados en serie

La principal diferencia entre el diagrama fasorial de un inductor y el diagrama fasorial de un condensador es la dirección del fasor de reactancia. La reactancia inductiva X_L y la reactancia capacitiva X_C se localizan sobre el eje imaginario (eje vertical del diagrama) pero tienen polaridad opuesta. Por lo tanto, cuando un inductor está en serie con un condensador en un circuito ca, los valores de reactancia inductiva y capacitiva se cancelan mutuamente. La reactancia equivalente $X_{Equi.}$ de un inductor y un condensador en serie está entonces determinada por la siguiente ecuación:

$$X_{Equi.} = X_L - X_C \quad (2-3)$$

- donde $X_{Equi.}$ es la reactancia equivalente del inductor y el condensador, expresada en ohmios (Ω).
- X_L es la reactancia inductiva del inductor, expresada en ohmios (Ω).
- X_C es la reactancia capacitiva del condensador, expresada en ohmios (Ω).

La ecuación (2-3) muestra que en un circuito ca con un inductor y un condensador en serie, si la reactancia inductiva X_L del inductor tiene un valor mayor que la reactancia capacitiva X_C del condensador, la reactancia equivalente $X_{Equi.}$ del condensador y el inductor es positiva y se dice que es inductiva. Considere, por ejemplo, un circuito ca en serie con un inductor ($X_L = 300 \Omega$) y un condensador ($X_C = 100 \Omega$). La reactancia equivalente $X_{Equi.}$ del inductor y el condensador es $+200 \Omega$ ($300 \Omega - 100 \Omega$) o 200Ω inductiva, lo que significa que el inductor y el condensador conectados en serie son equivalentes a un solo inductor con una reactancia inductiva X_L de 200Ω . La onda sinusoidal de la corriente I_X que fluye por los componentes reactivos se atrasa 90° con respecto a la onda sinusoidal de la tensión E_X a través de los componentes reactivos. La figura 2-10 muestra el diagrama fasorial de un circuito ca serie compuesto por un inductor y un condensador y que tiene una reactancia inductiva equivalente.

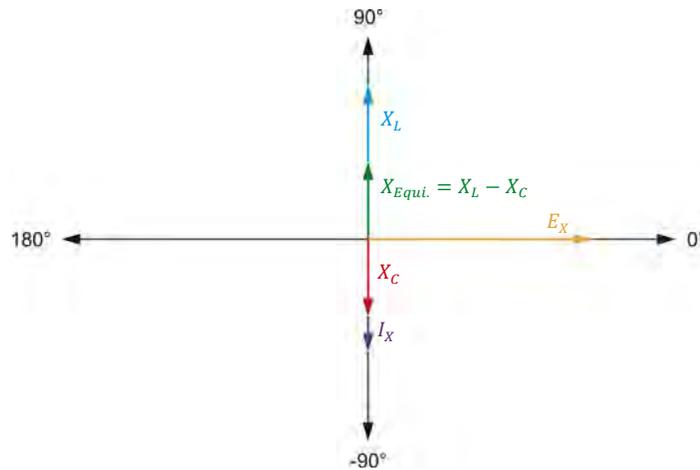


Figura 2-10. Diagrama fasorial de un circuito ca serie compuesto por un inductor y un condensador y que tiene una reactancia inductiva equivalente.

Inversamente, la ecuación (2-3) muestra que en un circuito ca serie de un inductor y un condensador, si la reactancia capacitiva X_C del condensador es mayor a la reactancia inductiva X_L del inductor, la reactancia equivalente $X_{Equi.}$ del condensador y el inductor es negativa y se dice que es capacitiva. Considere, por ejemplo, un circuito ca serie con un inductor ($X_L = 150 \Omega$) y un condensador ($X_C = 250 \Omega$). La reactancia equivalente $X_{Equi.}$ del inductor y el condensador es -100Ω ($150 \Omega - 250 \Omega$), o 100Ω capacitiva, lo que significa que el inductor y el condensador conectados en serie son equivalentes a un solo condensador con una reactancia capacitiva X_C de 100Ω . La onda sinusoidal de la corriente I_X que fluye por los componentes reactivos se adelanta 90° con respecto a la onda sinusoidal de la tensión E_X a través de los componentes reactivos. La figura 2-11 muestra el diagrama fasorial de un circuito ca serie compuesto por un inductor y un condensador y cuya reactancia equivalente es capacitiva.

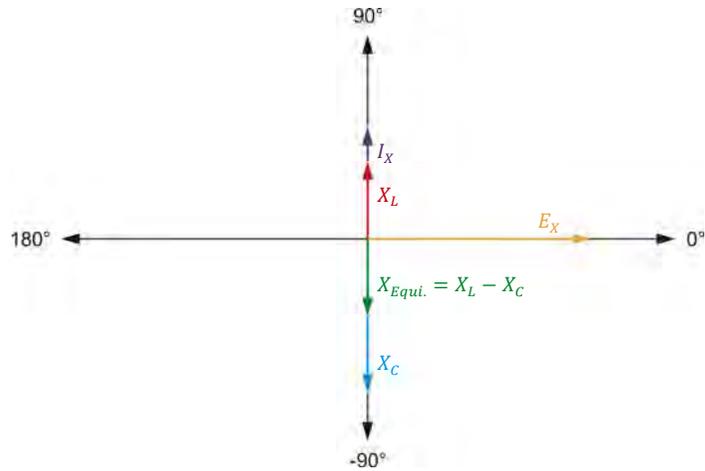


Figura 2-11. Diagrama fasorial de un circuito en serie compuesto por un inductor y un condensador y cuya reactancia equivalente es capacitiva.

Impedancia de resistores, inductores y condensadores conectados en serie

Cuando un resistor y un componente reactivo (inductor o condensador) se conectan en serie, la oposición total al flujo de corriente en el circuito, denominada impedancia Z , es igual a la suma vectorial de la resistencia R del resistor y la reactancia X del componente reactivo. La figura 2-12 muestra el diagrama fasorial de la impedancia Z de un resistor y un inductor conectados en serie.

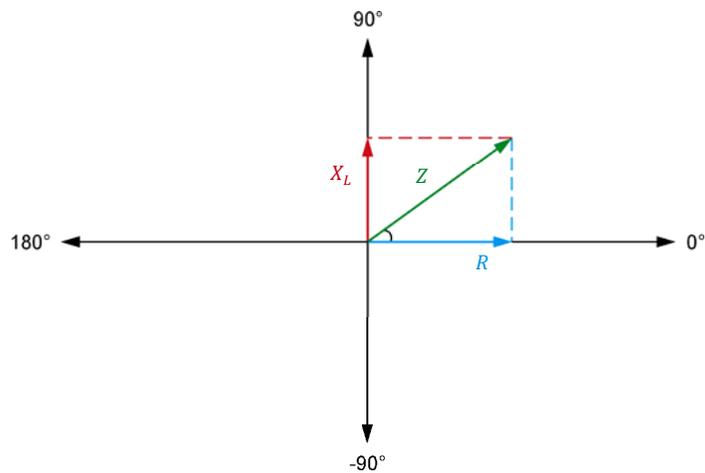


Figura 2-12. Diagrama fasorial de la impedancia Z de un resistor y un inductor conectados en serie.

La figura 2-12 muestra claramente que la impedancia Z resulta de la suma del fasor de resistencia R con el fasor de reactancia inductiva X_L . De hecho, el fasor de impedancia Z es la diagonal del rectángulo formado por los fasores de resistencia R y reactancia inductiva X_L . Por lo tanto, siguiendo el Teorema de Pitágoras, se puede calcular la impedancia Z de un resistor en serie con un componente reactivo al utilizar la siguiente ecuación:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (2-4)$$

donde Z es la impedancia del resistor y el componente reactivo conectado en serie, expresada en ohmios (Ω).

R es la resistencia del resistor, expresada en ohmios (Ω).

X es la reactancia del componente reactivo, expresada en ohmios (Ω).

La ecuación (2-4) es válida para inductores y condensadores. La figura 2-13 muestra un ejemplo de la impedancia Z como resultado de un resistor y un condensador conectados en serie.

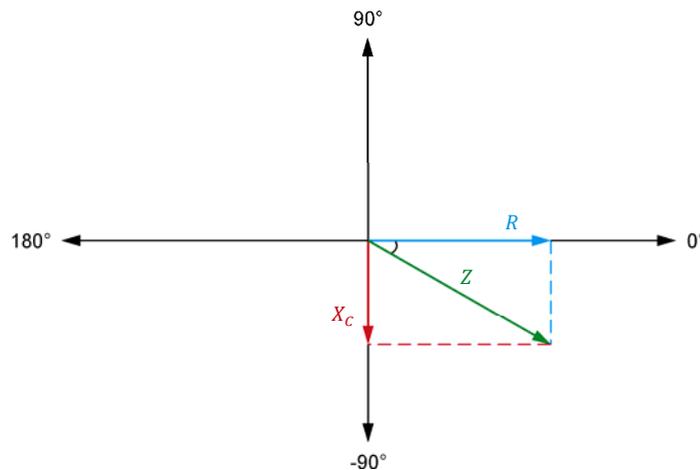
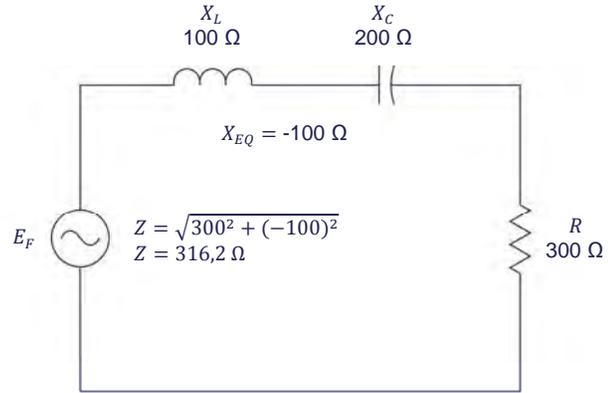
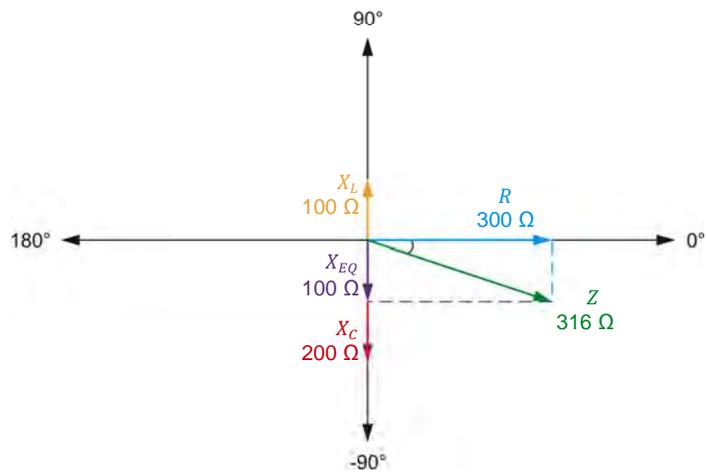


Figura 2-13. Diagrama fasorial de la impedancia Z de un resistor y un condensador conectados en serie.

Cuando se conecta un resistor en serie con más de un componente reactivo, es necesario calcular la reactancia equivalente $X_{Equi.}$ del circuito antes de calcular la impedancia Z con la ecuación (2-4). Considere por ejemplo el circuito mostrado en la figura 2-14a. La reactancia equivalente $X_{Equi.}$ del inductor y el condensador es -100Ω ($100 \Omega - 200 \Omega$). La impedancia Z es entonces igual a 316Ω ($\sqrt{300^2 + (-100)^2}$). La figura 2-14b muestra el diagrama fasorial correspondiente.



(a) Circuito ca con un resistor, un inductor y un condensador conectados en serie



(b) Diagrama fasorial de la impedancia Z de un circuito ca con un resistor, un inductor y un condensador.

Figura 2-14. Circuito ca serie con un resistor, un inductor y un condensador y diagrama fasorial resultante.

Impedancia de resistores, inductores y condensadores conectados en paralelo

La resistencia equivalente $R_{Equi.}$ de dos resistors en paralelo es igual a:

$$R_{Equi.} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (2-5)$$

Esta ecuación puede utilizarse también para calcular la impedancia de un resistor en paralelo con un componente reactivo. La ecuación para calcular la impedancia Z es entonces: $Z = (R \cdot X)/(R + X)$. Sin embargo, dado que la resistencia R del resistor y la reactancia X del componente reactivo son ambas fasores, la suma vectorial de R y X (el término $[R + X]$) en la ecuación anterior debe ser reemplazada por el término $\sqrt{R^2 + X^2}$. La ecuación resultante para calcular la impedancia Z de componentes resistivos y reactivos conectados en paralelo es la siguiente:

$$Z = \frac{R \cdot X}{\sqrt{R^2 + X^2}} \quad (2-6)$$

donde Z es la impedancia del resistor y el componente reactivo conectados en paralelo, expresada en ohmios (Ω).

Por ejemplo, considere un circuito ca con un resistor y un inductor como muestra la figura 2-15. La impedancia Z de este circuito es igual a:

$$Z = \frac{R \cdot X}{\sqrt{R^2 + X^2}} = \frac{250 \cdot 400}{\sqrt{250^2 + 400^2}} = 212 \Omega$$

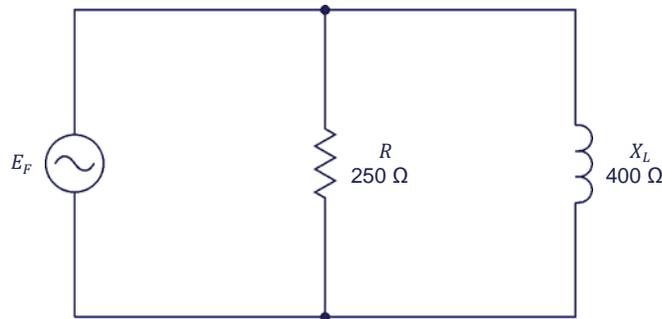


Figura 2-15. Circuito ca en paralelo con un resistor y un inductor.

RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

El Procedimiento está dividido en las siguientes secciones:

- Montaje y conexiones
- Reactancia equivalente de un circuito LC serie
- Impedancia de un circuito RL serie
- Impedancia de un circuito RC serie
- Impedancia de un circuito RLC serie
- Impedancia de un circuito RL paralelo
- Impedancia de un circuito RC paralelo

PROCEDIMIENTO



Durante este ejercicio de laboratorio estará en presencia de tensiones elevadas. No realice ni modifique ninguna conexión con las fichas tipo banana en los circuitos bajo tensión, salvo indicación contraria.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Montaje y conexiones

En esta sección, conectará un circuito ca serie que contiene un inductor y un condensador y configurará el equipo necesario para medir la tensión E_x y la corriente I_x de dichos componentes.

1. Consulte la tabla de utilización del equipo del Apéndice A con el fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio.

Instale el equipo necesario en el [Puesto de trabajo](#).

2. Asegúrese de que el interruptor de alimentación principal del [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) está en la posición **O** (apagado) y luego conecte la [Entrada de alimentación](#) a un tomacorriente ca.

Conecte la [Alimentación](#) de la [Interfaz de adquisición de datos y de control](#) a la fuente de alimentación de 24 V ca. Encienda la fuente de alimentación de 24 V ca.

3. Conecte el puerto USB de la [Interfaz de adquisición de datos y de control](#) a un puerto USB de la computadora.

Conecte el puerto USB del [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) al puerto USB de la computadora.

4. Encienda el [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) y luego coloque el selector [Modo de operación](#) en [Fuente de alimentación](#).

5. Encienda la computadora y luego inicie el programa LVDAC-EMS.

En la ventana [Arranque de LVDAC-EMS](#), asegúrese de que la [Interfaz de adquisición de datos y de control](#) y el [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) hayan sido detectados. Asegúrese de que la función [Instrumentación computarizada](#) para la [Interfaz de adquisición de datos y de control](#) esté disponible. Además, seleccione la tensión y frecuencia que corresponden a la red ca local y luego haga clic en el botón [ACEPTAR](#) para cerrar la ventana [Arranque de LVDAC-EMS](#).

6. Monte el circuito mostrado en la figura 2-16.

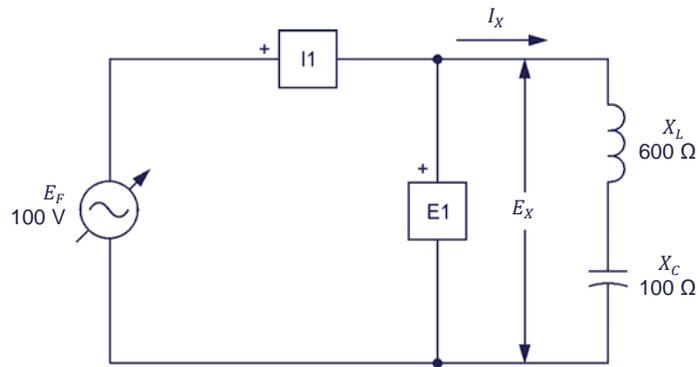


Figura 2-16. Circuito ca serie con un inductor y un condensador.

Ajuste los interruptores de la **Carga inductiva** y de la **Carga capacitiva** (o del módulo **Cargas Inductivas y capacitivas**) para obtener los valores requeridos de reactancia inductiva y capacitiva. La tensión E_x es la tensión a través del inductor y el condensador y la corriente I_x es la corriente que fluye a través del inductor y el condensador.

Utilice las entradas **E1** e **I1** de la **Interfaz de adquisición de datos y de control** para medir la tensión E_x y la corriente I_x , respectivamente.

7. En el programa **LVDAC-EMS**, abra la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes** y luego haga los siguientes ajustes:
- Ajuste el parámetro **Función** como **Fuente de alimentación ca**.
 - Asegúrese de que el parámetro **Control de la tensión** esté ajustado en **Perilla**. Esto permite controlar manualmente la fuente de alimentación ca.
 - Ajuste el parámetro **Tensión en vacío** en 100 V.
 - Ajuste el parámetro **Frecuencia** de acuerdo a la red ca local.
 - No modifique los demás parámetros.

Reactancia equivalente de un circuito LC serie

En esta sección, calculará la reactancia equivalente $X_{Equi.}$ de los componentes reactivos del circuito de la figura 2-16. Medirá la tensión E_X , la corriente I_X y calculará la reactancia equivalente $X_{Equi.}$ a partir de dichos valores. Utilizará el Osciloscopio para determinar la relación de fase entre la tensión E_X y la corriente I_X y establecerá si la reactancia equivalente es inductiva o capacitiva. Luego intercambiará los valores de reactancia inductiva y capacitiva en el circuito y repetirá los pasos anteriores. Determinará la relación entre la polaridad de la reactancia equivalente $X_{Equi.}$ de los componentes reactivos y la naturaleza de la reactancia equivalente (inductiva o capacitiva).

8. Calcule la reactancia equivalente $X_{Equi.}$ de los componentes reactivos.

Reactancia equivalente $X_{Equi.} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

9. En la ventana [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), active la fuente de alimentación ca.
10. En el programa [LVDAC-EMS](#), abra la ventana [Aparatos de medición](#). Ajuste los medidores [E1](#) e [I1](#) para medir los valores rms de tensión E_X y corriente I_X , respectivamente.

En la ventana [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), reajuste el valor del parámetro [Tensión en vacío](#) para que la tensión E_F de la fuente de alimentación ca (indicada por el medidor [E1](#) en la ventana [Aparatos de medición](#)) sea igual a 100 V.

Registre a continuación los valores medidos de la tensión E_X y la corriente I_X (medidores [E1](#) e [I1](#), respectivamente).

Tensión $E_X = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

Corriente $I_X = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$

11. Calcule la reactancia equivalente $X_{Equi.}$ del inductor y del condensador utilizando los valores de tensión E_X y corriente I_X medidos en el paso anterior.

Reactancia equivalente $X_{Equi.} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

12. Compare la reactancia equivalente $X_{Equi.}$ obtenida en el paso anterior con la reactancia equivalente calculada $X_{Equi.}$ registrada en el paso 8. ¿Son iguales los valores?

Sí No

13. En el programa LVDAC-EMS, abra el **Osciloscopio** y haga que aparezcan la tensión E_x y la corriente I_x en los canales 1 y 2, respectivamente. Fije la escala de tiempo para visualizar al menos dos ciclos de las formas de onda. Seleccione el canal 1 (tensión E_x) como fuente de disparo y luego fije el nivel de disparo en 0 V.

 14. Utilice el **Osciloscopio** para determinar la relación de fase entre la tensión E_x y la corriente I_x . ¿La reactancia equivalente $X_{Equi.}$ del inductor y del condensador es inductiva o capacitiva?
-
15. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, desactive la fuente de alimentación ca.

 16. Ajuste los interruptores de la **Carga inductiva** y de la **Carga capacitiva** (o del módulo **Cargas inductivas y capacitivas**) para obtener los valores de reactancia inductiva X_L y reactancia capacitiva X_C que aparecen en el circuito de la figura 2-17.

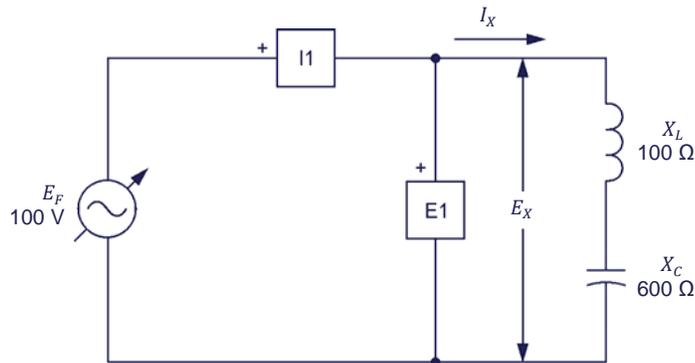


Figura 2-17. Circuito ca serie con un inductor y un condensador.

17. Calcule la reactancia equivalente $X_{Equi.}$ del inductor y el condensador.
- Reactancia equivalente $X_{Equi.} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$
18. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, active la fuente de alimentación ca.

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, reajuste el valor del parámetro *Tensión en vacío* para que la tensión E_F de la fuente de alimentación ca (indicada por el medidor **E1** en la ventana **Aparatos de medición**) sea igual a 100 V.

19. En la ventana **Aparatos de medición**, mida los valores rms de la tensión E_X y la corriente I_X y registre los valores a continuación.

Tensión $E_X =$ _____ V

Corriente $I_X =$ _____ A

20. Calcule la reactancia equivalente $X_{Equi.}$ del inductor y del condensador utilizando los valores de tensión E_X y corriente I_X medidos en el paso anterior.

Reactancia equivalente $X_{Equi.} =$ _____ Ω

21. Compare la reactancia equivalente $X_{Equi.}$ obtenida en el paso anterior con la reactancia equivalente $X_{Equi.}$ calculada en el paso 17. ¿Son iguales los valores?

Sí No

22. Utilice el **Osciloscopio** para determinar la relación de fase entre la tensión E_X y la corriente I_X . ¿La reactancia equivalente $X_{Equi.}$ del inductor y del condensador es inductiva o capacitiva?

23. ¿Lo observado en esta sección confirma la relación entre la polaridad o signo de la reactancia equivalente $X_{Equi.}$ calculada y su naturaleza (inductiva o capacitiva)? Explique.

Impedancia de un circuito RL serie

En esta sección, montará un circuito ca serie que contiene un resistor y un inductor. Calculará la impedancia Z del resistor y el inductor. Luego medirá la tensión E_Z y la corriente I_Z de dichos componentes. Calculará la impedancia Z del resistor y el inductor con las mediciones de tensión y corriente y luego comparará el resultado con la impedancia Z calculada o teórica.

24. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, desactive la fuente de alimentación ca.

25. Monte el circuito mostrado en la figura 2-18.

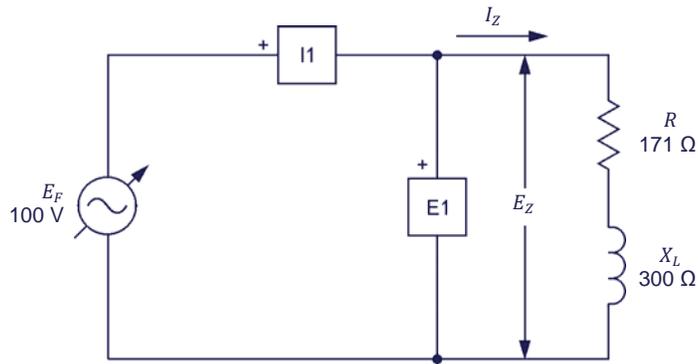


Figura 2-18. Circuito ca serie con un resistor y un inductor.

Ajuste los interruptores de la **Carga resistiva** y de la **Carga inductiva** (o del módulo **Cargas inductivas y capacitivas**) para obtener los valores requeridos de resistencia y de reactancia inductiva.

Utilice las entradas **E1** e **I1** de la **Interfaz de adquisición de datos y de control** para medir la tensión E_Z y la corriente I_Z , respectivamente.

26. Calcule la impedancia Z del resistor y el inductor.

Impedancia $Z = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

27. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, active la fuente de alimentación ca.

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, reajuste el valor del parámetro **Tensión en vacío** para que la tensión E_F de la fuente de alimentación ca (indicada por el medidor **E1** en la ventana **Aparatos de medición**) sea igual a 100 V.

28. En la ventana **Aparatos de medición**, mida los valores rms de la tensión E_Z y la corriente I_Z y registre los valores a continuación.

Tensión $E_Z = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

Corriente $I_Z = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$

29. Calcule la impedancia Z del resistor y del inductor utilizando los valores de tensión E_Z y corriente I_Z medidos en el paso anterior.

Impedancia $Z = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

30. Compare la impedancia Z obtenida en el paso anterior con la impedancia Z calculada en el paso 26. ¿Son cercanos entre sí los valores?

Sí No

Impedancia de un circuito RC serie

En esta sección, instalará un circuito ca serie que contiene un resistor y un condensador. Calculará la impedancia Z del resistor y del condensador. Luego medirá la tensión E_Z y la corriente I_Z de dichos componentes. Calculará la impedancia Z del resistor y el condensador a partir de las mediciones de tensión y corriente y luego comparará el resultado con la impedancia Z calculada o teórica.

31. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, desactive la fuente de alimentación ca.

32. Monte el circuito mostrado en la figura 2-19.

Ajuste los interruptores de la **Carga resistiva** y de la **Carga capacitiva** (o del módulo **Cargas inductivas y capacitivas**) para obtener los valores requeridos de resistencia y de reactancia capacitiva.

Utilice las entradas $E1$ e $I1$ de la **Interfaz de adquisición de datos y de control** para medir la tensión E_Z y la corriente I_Z , respectivamente.

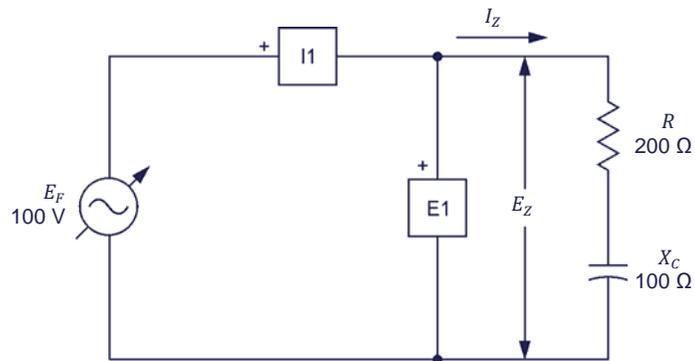


Figura 2-19. Circuito ca serie con un resistor y un condensador.

33. Calcule la impedancia Z del resistor y del condensador.

Impedancia $Z = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

34. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, active la fuente de alimentación ca.

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, reajuste el valor del parámetro *Tensión en vacío* para que la tensión E_F de la fuente de alimentación ca (indicada por el medidor *E1* en la ventana **Aparatos de medición**) sea igual a 100 V.

35. En la ventana **Aparatos de medición**, mida los valores rms de la tensión E_Z y de la corriente I_Z y regístrelos a continuación.

Tensión $E_Z = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Corriente $I_Z = \underline{\hspace{2cm}}$ A

36. Calcule la impedancia Z del resistor y el condensador utilizando las mediciones de tensión E_Z y corriente I_Z del paso anterior.

Impedancia $Z = \underline{\hspace{2cm}}$ Ω

37. Compare la impedancia Z obtenida en el paso anterior con la impedancia Z calculada en el paso 33. ¿Los valores son similares?

Sí No

Impedancia de un circuito RLC serie

En esta sección, instalará un circuito ca serie que contiene un resistor, un inductor y un condensador. Calculará la impedancia Z del resistor, inductor y condensador. Luego medirá la tensión E_Z y la corriente I_Z de esos componentes. Calculará la impedancia Z del resistor, inductor y condensador a partir de las mediciones de tensión y corriente y la comparará con la impedancia Z calculada.

38. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, desactive la fuente de alimentación ca.

39. Monte el circuito mostrado en la figura 2-20.

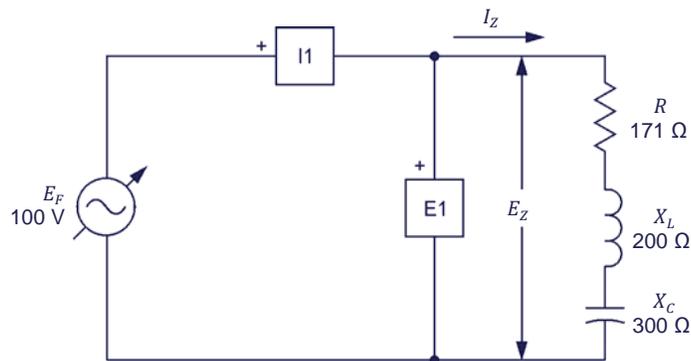


Figura 2-20. Circuito ca serie con un resistor, un inductor y un condensador.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Ajuste los interruptores de la **Carga resistiva**, de la **Carga inductiva** y de la **Carga capacitiva** (o del módulo **Cargas inductivas y capacitivas**) para obtener los valores requeridos de resistencia, reactancia inductiva y reactancia capacitiva.

Utilice las entradas **E1** e **I1** de la **Interfaz de adquisición de datos y de control** para medir la tensión E_Z y la corriente I_Z , respectivamente.

- 40.** Calcule la impedancia Z del resistor, inductor y condensador.

Impedancia $Z = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

- 41.** En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, active la fuente de alimentación ca.

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, reajuste el valor del parámetro **Tensión en vacío** para que la tensión E_F de la fuente de alimentación ca (indicada por el medidor **E1** en la ventana **Aparatos de medición**) sea igual a 100 V.

- 42.** En la ventana **Aparatos de medición**, mida los valores rms de la tensión E_Z y corriente I_Z y regístrelos a continuación.

Tensión $E_Z = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

Corriente $I_Z = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$

- 43.** Calcule la impedancia Z del resistor, inductor y condensador utilizando las mediciones de tensión E_Z y corriente I_Z obtenidas en el paso anterior.

Impedancia $Z = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

- 44.** Compare la impedancia Z obtenida en el paso anterior con la impedancia Z calculada en el paso 40. ¿Son cercanos entre sí los valores?

Sí No

Impedancia de un circuito RL paralelo

En esta sección, instalará un circuito ca con un resistor y un inductor en paralelo. Calculará la impedancia Z del resistor y el inductor. Luego medirá la tensión E_Z y la corriente I_Z de dichos componentes. Calculará la impedancia Z del resistor y el inductor a partir de las mediciones de tensión y corriente y la comparará con el resultado de la impedancia Z calculada.

- 45.** En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, desactive la fuente de alimentación ca.

46. Monte el circuito mostrado en la figura 2-21.

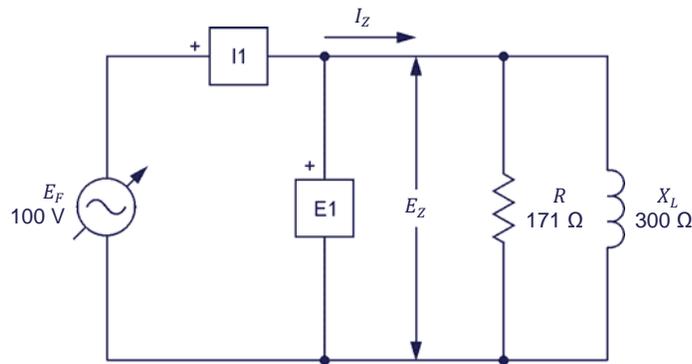


Figura 2-21. Circuito ca con un resistor y un inductor en paralelo.

Ajuste los interruptores de la **Carga resistiva** y de la **Carga inductiva** (o del módulo **Cargas inductivas y capacitivas**) para obtener los valores requeridos de resistencia y de reactancia inductiva.

Utilice las entradas **E1** e **I1** de la **Interfaz de adquisición de datos y de control** para medir la tensión E_Z y la corriente I_Z , respectivamente.

47. Calcule la impedancia Z del resistor y el inductor.

Impedancia $Z = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

48. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, active la fuente de alimentación ca.

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, reajuste el valor del parámetro **Tensión en vacío** para que la tensión E_F de la fuente de alimentación ca (indicada por el medidor **E1** en la ventana **Aparatos de medición**) sea igual a 100 V.

49. En la ventana **Aparatos de medición**, mida los valores rms de la tensión E_Z y la corriente I_Z y regístrelos a continuación.

Tensión $E_Z = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

Corriente $I_Z = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$

50. Calcule la impedancia Z del resistor y el inductor utilizando los valores de tensión E_Z y corriente I_Z obtenidos en el paso anterior.

Impedancia $Z = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

51. Compare la impedancia Z obtenida en el paso anterior con la impedancia Z calculada en el paso 47. ¿Son cercanos entre sí los valores?

Sí No

Impedancia de un circuito RC paralelo

En esta sección, instalará un circuito ca con un resistor y un condensador en paralelo. Calculará la impedancia Z del resistor y el condensador. Luego medirá la tensión E_Z y la corriente I_Z de dichos componentes. Calculará la impedancia Z del resistor y el condensador a partir de las mediciones de tensión y corriente y luego la comparará con la impedancia Z calculada.

52. En la ventana [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), desactive la fuente de alimentación ca.

53. Monte el circuito mostrado en la figura 2-22.

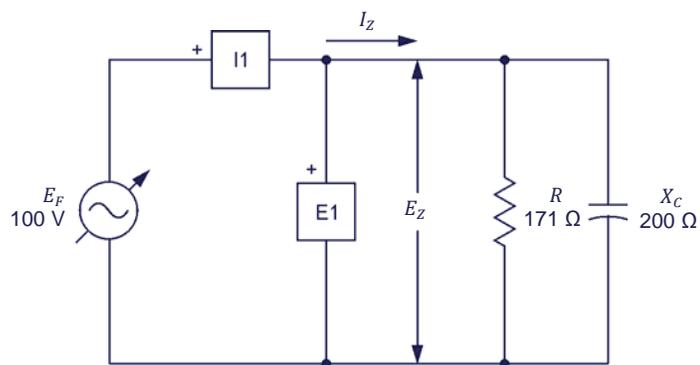


Figura 2-22. Circuito ca con un resistor y un condensador en paralelo.

Ajuste los interruptores de la [Carga resistiva](#) y de la [Carga capacitiva](#) (o del módulo [Cargas inductivas y capacitivas](#)) para obtener los valores requeridos de resistencia y de reactancia capacitiva.

Utilice las entradas $E1$ e $I1$ de la [Interfaz de adquisición de datos y de control](#) para medir la tensión E_Z y la corriente I_Z , respectivamente.

54. Calcule la impedancia Z del resistor y el condensador.

Impedancia $Z = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

55. En la ventana [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), active la fuente de alimentación ca.

En la ventana [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), reajuste el valor del parámetro [Tensión en vacío](#) para que la tensión E_F de la fuente de alimentación ca (indicada por el medidor $E1$ en la ventana [Aparatos de medición](#)) sea igual a 100 V.

56. En la ventana **Aparatos de medición**, mida los valores rms de la tensión E_Z y la corriente I_Z y registre los valores más abajo.

Tensión $E_Z =$ _____ V

Corriente $I_Z =$ _____ A

57. Calcule la impedancia Z del resistor y el condensador utilizando las mediciones de tensión E_Z y corriente I_Z obtenidas en el paso anterior.

Impedancia $Z =$ _____ Ω

58. Compare la impedancia Z obtenida en el paso anterior con la impedancia Z calculada en el paso 54. ¿Son cercanos entre sí los valores?

Sí No

59. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, desactive la fuente de alimentación ca.

60. Cierre el programa **LVDAC-EMS** y apague todo el equipo. Desconecte todos los cables y vuelva a guardarlos en su lugar de almacenaje.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio, se familiarizó con los diagramas fasoriales de un resistor, inductor y condensador. Aprendió a calcular la reactancia equivalente de componentes reactivos en circuitos ca en serie y a representar la reactancia equivalente en un diagrama de fasores o fasorial. También aprendió a calcular la impedancia equivalente de circuitos ca en serie y paralelo y representó la impedancia en un diagrama fasorial.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. Defina la impedancia.

2. Considere un circuito ca serie que contiene un inductor y un condensador. Sabiendo que la reactancia equivalente X_{Equi} de los componentes reactivos es negativa, determine la relación de fase entre la corriente y la tensión de la fuente. ¿Es la reactancia equivalente inductiva o capacitiva?

3. Determine la impedancia total Z de un circuito ca serie compuesto por un resistor ($R = 250 \Omega$), un inductor ($X_L = 150 \Omega$) y un condensador ($X_C = 200 \Omega$).

4. Determine la impedancia total Z de un circuito compuesto por un resistor ($R = 350 \Omega$) conectado en paralelo con dos componentes reactivos conectados en serie: un inductor ($X_L = 300 \Omega$) y un condensador ($X_C = 150 \Omega$).

5. ¿En un circuito ca compuesto por un componente reactivo, cuál es la relación de fase entre el fasor de reactancia X y el fasor de corriente de la fuente I_F ?

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Examen de la unidad

1. En un circuito ca compuesto por un inductor ideal, la corriente del inductor:
 - a. atrasa 90° la tensión del inductor.
 - b. adelanta 180° la tensión del inductor.
 - c. atrasa 180° la tensión del inductor.
 - d. adelanta 90° la tensión del inductor.
2. Dado un circuito ca con un resistor ($R = 200 \Omega$) y un inductor ($X_C = 350 \Omega$) en paralelo, calcule la impedancia Z del circuito.
 - a. $Z = 127 \Omega$
 - b. $Z = 403 \Omega$
 - c. $Z = 265 \Omega$
 - d. $Z = 174 \Omega$
3. La inductancia L de un inductor es directamente proporcional a:
 - a. la frecuencia f de la fuente de alimentación y a la inductancia L .
 - b. la corriente I y a la tensión E .
 - c. la impedancia Z del circuito y a la inductancia L .
 - d. la frecuencia f de la fuente de alimentación ca y a la tensión E .
4. ¿Qué ecuación determina la reactancia X_C de un condensador?
 - a. $X_C = E/2\pi I$
 - b. $X_C = 2\pi fC$
 - c. $X_C = 1/2\pi fC$
 - d. $X_C = \sqrt{R^2 + C^2}$
5. En un circuito ca compuesto por un condensador, la corriente del condensador:
 - a. atrasa 90° la tensión del condensador.
 - b. adelanta 180° la tensión del condensador.
 - c. atrasa 180° la tensión del condensador por 180° .
 - d. adelanta 90° la tensión del condensador.
6. La impedancia Z de un circuito ca determina:
 - a. La reactancia equivalente X_{EQ} del circuito.
 - b. La oposición total a cambios de tensión del circuito.
 - c. La oposición total al flujo de corriente en el circuito.
 - d. Todas las anteriores.

7. Dado un circuito ca compuesto por un inductor ($X_L = 250 \Omega$) y un condensador ($X_C = 150 \Omega$) conectados en serie, calcule la reactancia equivalente $X_{Equi.}$ del circuito.
- $X_{Equi.} = -100 \Omega$
 - $X_{Equi.} = 400 \Omega$
 - $X_{Equi.} = 100 \Omega$
 - $X_{Equi.} = -400 \Omega$
8. En un circuito ca compuesto por un inductor ideal, el fasor de corriente del inductor:
- adelanta 90° al fasor de reactancia inductiva.
 - atrás 180° al fasor de reactancia inductiva.
 - atrás 90° al fasor de reactancia inductiva.
 - adelanta 180° al fasor de reactancia inductiva.
9. Dado un circuito ca compuesto por un resistor ($R = 400 \Omega$) y un condensador ($X_C = 250 \Omega$) conectados en serie, calcule la impedancia Z del circuito.
- $Z = 150 \Omega$
 - $Z = 316 \Omega$
 - $Z = 650 \Omega$
 - $Z = 472 \Omega$
10. ¿Qué ecuación determina la reactancia X_L de un inductor?
- $X_L = E/2\pi L$
 - $X_L = 2\pi fL$
 - $X_L = 1/2\pi fL$
 - $X_L = \sqrt{R^2 + L^2}$

Potencia en circuitos ca

OBJETIVO DE LA UNIDAD

Cuando usted haya completado esta unidad, tendrá claros los conceptos relacionados con las potencias activa, reactiva y aparente y cómo calcular sus valores. También estará familiarizado con los diagramas fasoriales de las potencias activa, reactiva y aparente de un circuito. Será capaz de calcular la potencia reactiva total en un circuito con más de un elemento reactivo. Además, sabrá qué es el factor de potencia de un circuito y cómo calcular su valor. Por último, será capaz de dibujar el triángulo de potencias de un circuito.

RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS

Los Principios fundamentales cubren los siguientes puntos:

- Introducción a las potencias activa, reactiva y aparente

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

Introducción a las potencias activa, reactiva y aparente

En el ejercicio 1-3 aprendió que las formas de onda de tensión y corriente de un resistor están en fase. También observó que la forma de onda de la potencia disipada en un resistor tiene una frecuencia igual al doble de la frecuencia de la fuente y es siempre positiva, correspondiendo el valor medio de esta forma de onda a la cantidad de potencia disipada en el resistor. Más adelante en esta unidad verá que la potencia disipada en los resistores se llama **potencia activa**.

En la unidad 2, observó que hay un desfase de 90° entre las formas de onda de tensión y corriente de un componente reactivo. Más adelante en esta unidad verá que la forma de onda de la potencia de un elemento reactivo también tiene una frecuencia igual al doble de la frecuencia de la fuente pero su valor promedio es nulo o cero, significando que la potencia no es disipada en el componente reactivo sino simplemente intercambiada con la fuente. La potencia relacionada a los componentes reactivos se llama **potencia reactiva**. La suma vectorial de las potencias activa y reactiva en un circuito permite determinar la **potencia aparente** del circuito. En la unidad 4 verá que a menudo es necesario calcular las potencias activa, reactiva y aparente de un circuito (es decir, determinar el **triángulo de potencias** del circuito) para solucionar circuitos ca complejos.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Potencia activa y reactiva

OBJETIVO DEL EJERCICIO Cuando usted haya completado este ejercicio, conocerá qué es la potencia activa y qué es la potencia reactiva. También sabrá cómo calcular las potencias activa y reactiva de los componentes de un circuito ca.

RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS

Los Principios de este ejercicio cubren los siguientes puntos:

- Potencia activa en un resistor
- Potencia reactiva en un inductor
- Potencia reactiva en un condensador
- Vatímetro

PRINCIPIOS

Potencia activa en un resistor

La figura 3-1 muestra las formas de onda de tensión, corriente, potencia instantánea y potencia promedio en un resistor.

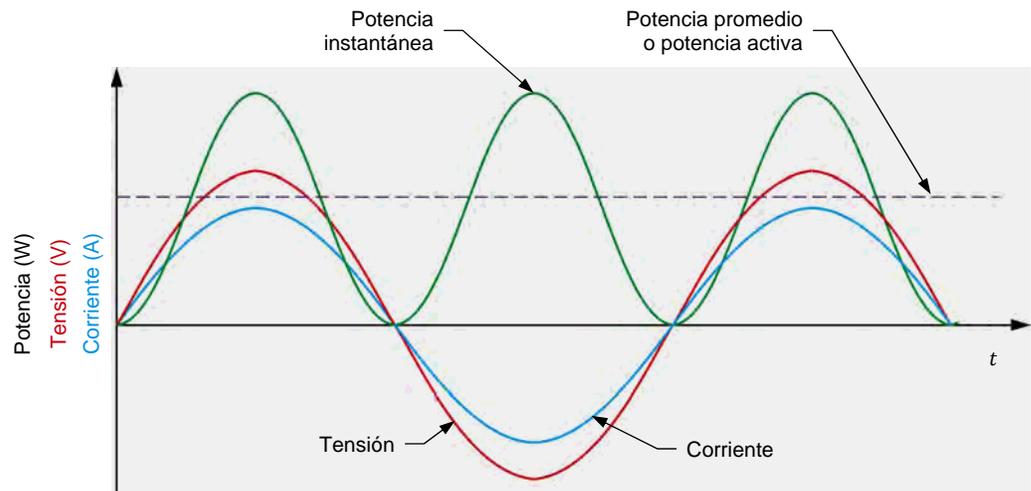


Figura 3-1. Tensión, corriente, potencia instantánea y potencia promedio en un resistor.

La figura 3-1 muestra que la forma de onda de potencia en un resistor nunca cambia de polaridad o signo, es decir, es siempre positiva. Esto indica que el resistor recibe potencia de la fuente de alimentación ca y usa toda esta potencia para producir calor. En otras palabras, el resistor recibe potencia de la fuente sin retorno alguno de potencia a la fuente.

La potencia empleada por el resistor para producir calor se llama potencia activa P (expresada en vatios [W]) porque es utilizada para realizar trabajo (la producción de calor es una forma de trabajo). La cantidad de potencia activa P disipada en un resistor es igual al valor promedio de la forma de onda

de potencia y se puede determinar a partir de los valores rms de la tensión a través del resistor y de la corriente que fluye en el mismo. La ecuación para calcular la potencia activa disipada por un resistor es:

$$P = E_R \cdot I_R \quad (3-1)$$

donde P es la potencia activa disipada en el resistor, expresada en vatios (W).

E_R es el valor rms de la tensión a través del resistor, expresado en voltios (V).

I_R es el valor rms de la corriente que fluye en el resistor, expresado en amperios (A).

Potencia reactiva en un inductor

La figura 3-2 muestra las formas de onda de la tensión, corriente, potencia instantánea y potencia promedio de un inductor.

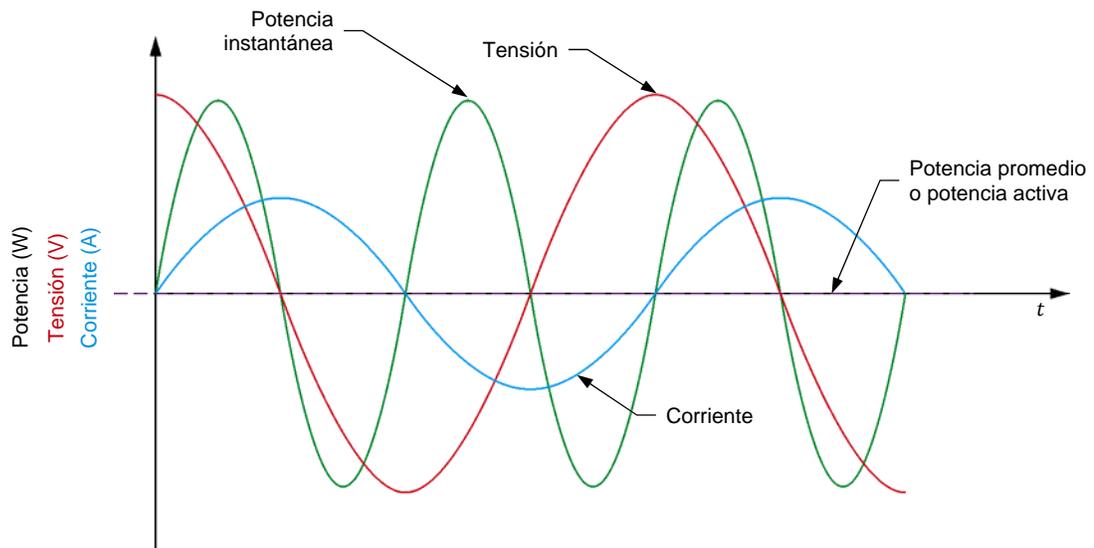


Figura 3-2. Tensión, corriente, potencia instantánea y potencia promedio en un inductor.

La figura 3-2 muestra que la forma de onda de potencia en un inductor es una onda sinusoidal similar a la forma de onda de potencia de un resistor pero con una frecuencia que es el doble de aquella de la fuente de alimentación ca. Sin embargo, la polaridad o signo de la forma de onda de potencia de un inductor varía, es decir, es positiva la mitad del tiempo y negativa la otra mitad. Cuando la polaridad de la forma de onda de potencia es positiva, la fuente entrega potencia al inductor. Inversamente, cuando la polaridad es negativa, es el inductor quien suministra potencia a la fuente, es decir el inductor devuelve la potencia recibida a la fuente. Por lo tanto, no se disipa potencia en un inductor ideal y no se realiza ningún trabajo. En otras palabras, la potencia activa en un inductor ideal es nula o cero. Esto se confirma por el hecho de que el valor promedio de la forma de onda de potencia de un inductor (ver figura 3-2) es igual a 0.

La potencia en un inductor se llama potencia reactiva Q_L (expresada en voltio-amperio reactivo [var]) debido a que esta potencia no se utiliza para realizar un trabajo. La potencia reactiva representa simplemente la potencia que se intercambia entre la fuente y el inductor.

Al igual que la potencia activa P disipada por un resistor, la potencia reactiva Q_L en un inductor puede determinarse a partir de los valores rms de la tensión a través del inductor y la corriente que fluye en el inductor. La ecuación para calcular la potencia reactiva Q_L en un inductor es:

$$Q_L = E_L \cdot I_L \quad (3-2)$$

donde Q_L es la potencia reactiva en un inductor, expresada en voltio-amperios reactivos (var).

E_L es el valor rms de la tensión a través del inductor, expresado en voltios (V).

I_L es el valor rms de la corriente que fluye por el inductor, expresado en amperios (A).

Esta relación es únicamente cierta para inductores ideales. En inductores reales, una pequeña cantidad de potencia activa se disipa en el bobinado del inductor y por lo tanto, no se devuelve a la fuente. Debido a esto, la cantidad medida de potencia reactiva en un inductor real es ligeramente menor al valor de la potencia reactiva Q_L del inductor calculada utilizando la ecuación (3-2).

Potencia reactiva en un condensador

La figura 3-3 muestra la tensión, corriente, potencia instantánea y potencia promedio en un condensador.

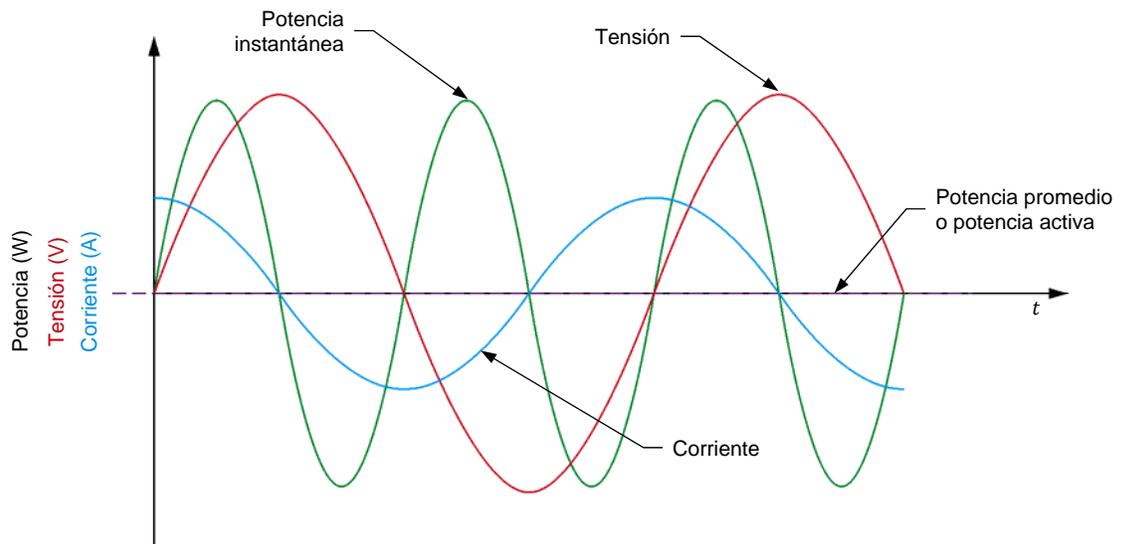


Figura 3-3. Tensión, corriente, potencia instantánea y potencia promedio en un condensador.

La figura 3-3 muestra que la forma de onda de potencia de un condensador es muy similar a la forma de onda de potencia de un inductor. Por lo tanto, todas las observaciones acerca de la potencia en un inductor se aplican también a la potencia en un condensador. La ecuación para calcular la potencia reactiva Q_C en un condensador es:

$$Q_C = E_C \cdot I_C \quad (3-3)$$

donde Q_C es la potencia reactiva en el condensador, expresada en voltio-amperios reactivos (var).

E_C es el valor rms de la tensión a través del condensador, expresado en voltios (V).

I_C es el valor rms de la corriente que fluye en el condensador, expresado en amperios (A).

Vatímetro

Existen instrumentos comerciales para medir directamente la potencia activa y la potencia reactiva. Estos instrumentos se denominan vatímetros. Generalmente el vatímetro posee un selector que permite medir la potencia activa o reactiva. Un vatímetro determina la potencia midiendo la tensión a través del componente y su corriente. Por lo tanto, todos los vatímetros tienen al menos una entrada de tensión y una entrada de corriente para medir la tensión y la corriente en el circuito. La figura 3-4 muestra las conexiones típicas de un vatímetro.

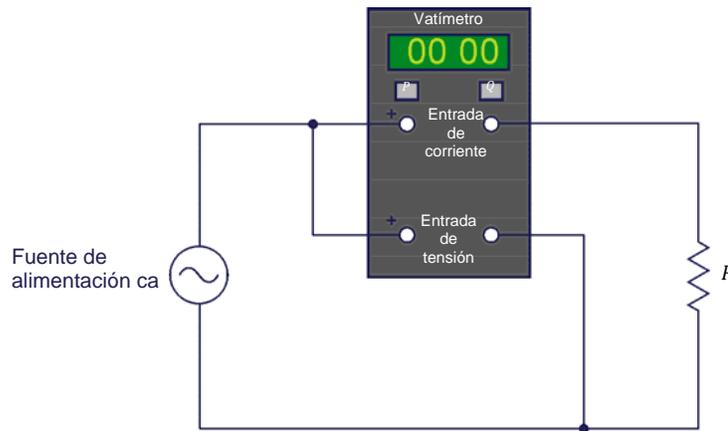


Figura 3-4. Diagrama de un circuito ca mostrando las conexiones de un vatímetro.

RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

El Procedimiento se divide en las siguientes secciones:

- Montaje y conexiones
- Potencia activa en un resistor
- Potencia reactiva en un inductor
- Potencia reactiva en un condensador

PROCEDIMIENTO



Durante este ejercicio de laboratorio estará en presencia de tensiones elevadas. No realice ni modifique ninguna conexión con las fichas tipo banana en los circuitos bajo tensión, salvo indicación contraria.

Montaje y conexiones

En esta sección, conectará un circuito ca compuesto por un resistor y configurará el equipo necesario para medir la tensión E_R y la corriente I_R del resistor.

1. Consulte la tabla de utilización del equipo del Apéndice A con el fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio.

Instale el equipo necesario en el [Puesto de trabajo](#).

2. Asegúrese de que el interruptor de alimentación principal del [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) está en la posición **O** (apagado) y luego conecte la [Entrada de alimentación](#) a un tomacorriente ca.

Conecte la [Alimentación](#) de la [Interfaz de adquisición de datos y de control](#) a la fuente de alimentación de 24 V ca. Encienda la fuente de alimentación de 24 V ca.

3. Conecte el puerto USB de la [Interfaz de adquisición de datos y de control](#) a un puerto USB de la computadora.

Conecte el puerto USB del [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) al puerto USB de la computadora.

4. Encienda el [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), luego coloque el selector [Modo de operación](#) en [Fuente de alimentación](#).

5. Encienda la computadora y luego inicie el programa LVDAC-EMS.

En la ventana *Arranque de LVDAC-EMS*, asegúrese de que la *Interfaz de adquisición de datos y de control* y el *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes* hayan sido detectados. Asegúrese de que la función *Instrumentación computarizada* para la *Interfaz de adquisición de datos y de control* esté disponible. Además, seleccione la tensión y frecuencia que corresponden a la red ca local y luego haga clic en el botón *ACEPTAR* para cerrar la ventana *Arranque de LVDAC-EMS*.

6. Monte el circuito mostrado en la figura 3-5.

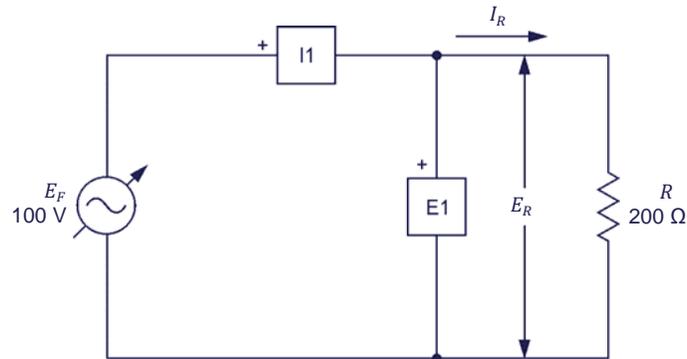


Figura 3-5. Circuito ca con un resistor y configurado para realizar mediciones de potencia.

Ajuste los interruptores del módulo *Carga resistiva* para obtener los valores requeridos de resistencia.

Utilice las entradas *E1* e *I1* de la *Interfaz de adquisición de datos y de control* para medir la tensión E_R y la corriente I_R del resistor, respectivamente.

7. En el programa LVDAC-EMS, abra la ventana *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes* y luego haga los ajustes siguientes:
- Ajuste el parámetro *Función* como *Fuente de alimentación ca*.
 - Asegúrese de que el parámetro *Control de la tensión* esté ajustado en *Perilla*. Esto permite controlar manualmente la fuente de alimentación ca.
 - Ajuste el parámetro *Tensión en vacío* en 100 V.
 - Ajuste el parámetro *Frecuencia* a la misma frecuencia de la red ca local.
 - No modifique los demás parámetros.

Potencia activa en un resistor

En esta sección, calculará la potencia activa P disipada en un resistor. Utilizará el Osciloscopio para observar las formas de onda de la tensión, corriente y potencia del resistor. Registrará el valor de la potencia promedio de la forma de onda y lo comparará con la potencia activa P calculada. También determinará la potencia activa P del resistor a partir de los valores rms de tensión E_R y corriente I_R medidos con el osciloscopio en la ventana Aparatos de medición y comparará el resultado con la potencia activa P calculada. Finalmente, medirá la potencia reactiva en el resistor para verificar que virtualmente no hay potencia reactiva en un resistor.

8. Calcule la potencia activa P disipada en el resistor del circuito mostrado en la figura 3-5.

Potencia activa $P = \underline{\hspace{2cm}}$ W

9. En el programa **LVDAC-EMS**, abra la ventana **Aparatos de medición**. Ajuste los medidores **E1** e **I1** para medir los valores rms de la tensión E_R (**E1**) y de la corriente I_R (**I1**) del resistor, respectivamente.

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, active la fuente de alimentación ca. Reajuste el valor del parámetro **Tensión en vacío** para que la tensión de la fuente de alimentación ca, E_F , (indicada por el medidor **E1** en la ventana **Aparatos de medición**) sea de 100 V.

10. En el programa **LVDAC-EMS**, abra el **Osciloscopio** y haga que aparezcan la tensión, corriente y potencia del resistor en los canales 1, 2 y 3, respectivamente. De ser necesario, fije la escala de tiempo de modo que se visualicen al menos dos ciclos de las ondas sinusoidales.

11. Observe la forma de onda de potencia que aparece en el **Osciloscopio**. ¿La polaridad de esta forma de onda es siempre positiva? Explique por qué.

12. Registre el valor promedio de la forma de onda de potencia indicado en el **Osciloscopio**.

Potencia promedio $P_{Prom.} = \underline{\hspace{2cm}}$ W

13. Compare la potencia promedio $P_{Prom.}$ obtenida en el paso anterior con la potencia activa P calculada en el paso 8. ¿Son cercanos entre sí los valores?

Sí No

14. Registre los valores rms de la tensión E_R y la corriente I_R del resistor indicados en el [Osciloscopio](#).

Tensión del resistor $E_R =$ _____ V Corriente del resistor $I_R =$ _____ A

15. Calcule la potencia activa P disipada en el resistor a partir de los valores rms de tensión E_R y corriente I_R del resistor medidos en el paso anterior.

Potencia activa $P =$ _____ W

16. Compare la potencia activa P obtenida en el paso anterior con la potencia activa P calculada en el paso 8. ¿Estos valores son similares?

Sí No

17. En la ventana [Aparatos de medición](#), configure un medidor para medir la potencia activa P del resistor a partir de los valores rms de tensión E_R (entrada $E1$) y corriente I_R (entrada $I1$) del resistor. Registre a continuación la potencia activa P que indica el medidor.

Potencia activa $P =$ _____ W

18. Compare la potencia activa P obtenida en el paso anterior con la potencia activa P calculada en el paso 8. ¿Son cercanos entre sí los valores?

Sí No

19. En la ventana [Aparatos de medición](#), ajuste uno de los instrumentos para medir la potencia reactiva Q en el resistor a partir de los valores rms de tensión E_R y corriente I_R del resistor. Registre más abajo la potencia reactiva Q que indica el medidor.

Potencia reactiva $Q =$ _____ var

20. ¿Los valores de la potencia reactiva Q del paso anterior y la potencia activa P registrada en el paso 17 confirman que casi toda la potencia entregada a un resistor se disipa en éste y no regresa a la fuente (es decir, sólo hay potencia activa en el resistor)?

Sí No

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Potencia reactiva en un inductor

En esta sección, instalará un circuito ca que contiene un inductor y calculará la potencia reactiva Q_L en el inductor. Utilizará el Osciloscopio para observar las formas de onda de tensión, corriente y potencia del inductor y confirmará que la forma de onda de potencia tiene un valor promedio virtualmente nulo o cero. Determinará la potencia reactiva Q_L del inductor a partir de los valores rms de tensión E_L y corriente I_L del inductor obtenidos con el osciloscopio en la ventana *Aparatos de medición* y comparará el resultado con la potencia reactiva Q_L calculada. Finalmente, medirá la potencia activa P en el inductor para verificar que dicha potencia es virtualmente nula o cero en un inductor.

21. En la ventana *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes*, desactive la fuente de alimentación ca.

22. Monte el circuito mostrado en la figura 3-6.

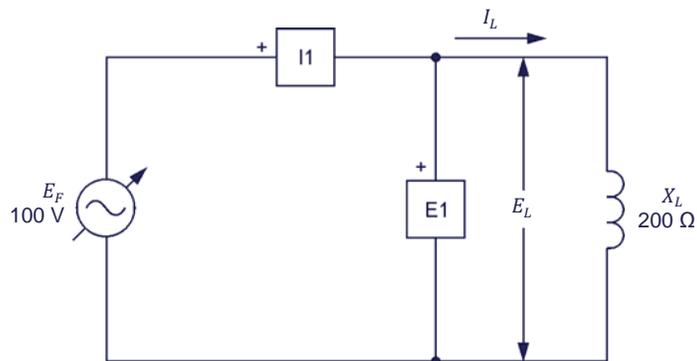


Figura 3-6. Circuito ca con un inductor y configurado para realizar mediciones de potencia.

Ajuste los interruptores de la *Carga inductiva* (o del módulo *Cargas inductivas y capacitivas*) para obtener el valor de reactancia inductiva requerido.

Utilice las entradas *E1* e *I1* de la *Interfaz de adquisición de datos y de control* para medir la tensión E_L y la corriente I_L del inductor, respectivamente.

23. Calcule la potencia reactiva Q_L del inductor.

Potencia reactiva $Q_L = \underline{\hspace{2cm}}$ var

24. En la ventana *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes*, active la fuente de alimentación ca.

En la ventana *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes*, reajuste el valor del parámetro *Tensión en vacío* para que la tensión de la fuente de alimentación ca, E_F , (indicada por el medidor *E1* en la ventana *Aparatos de medición*) sea igual a 100 V.

25. Observe la forma de onda de potencia del inductor que aparece en el **Osciloscopio**. La polaridad de la onda de potencia, ¿es alternada? Explique por qué.

26. ¿La forma de onda de potencia del inductor tiene un valor promedio virtualmente nulo? Explique por qué.

27. Registre los valores rms de la tensión E_L y corriente I_L del inductor indicados en el **Osciloscopio**.

Tensión del inductor $E_L =$ _____ V Corriente del inductor $I_L =$ _____ A

28. Calcule la potencia reactiva Q_L en el inductor a partir de los valores rms de tensión E_L y corriente I_L medidos en el paso anterior.

Potencia reactiva $Q_L =$ _____ var

29. Compare la potencia reactiva Q_L obtenida en el paso anterior con la potencia reactiva Q_L calculada en el paso 23. ¿Estos valores son similares?

Sí No

30. En la ventana **Aparatos de medición**, ajuste un medidor para medir la potencia activa P en el inductor a partir de los valores rms de tensión E_L (entrada **E1**) y corriente I_L (entrada **I1**) del inductor. Registre la potencia activa P que indica el medidor.

Potencia activa $P =$ _____ W

31. En la ventana **Aparatos de medición**, ajuste uno de los instrumentos para medir la potencia reactiva Q_L en el inductor a partir de los valores rms de tensión E_L y corriente I_L . Registre la potencia reactiva Q_L que indica el medidor.

Potencia reactiva $Q_L =$ _____ var

32. Los valores de la potencia reactiva Q_L obtenida en el paso anterior y la potencia activa P registrada en el paso 30, ¿confirman que casi toda la potencia entregada a un inductor regresa a la fuente y muy poca potencia se disipa en el inductor (es decir, básicamente sólo hay potencia reactiva en un inductor)?

Sí No

Potencia reactiva en un condensador

En esta sección, instalará un circuito ca conformado únicamente por un condensador y calculará la potencia reactiva Q_C . Utilizará el Osciloscopio para observar las formas de onda de tensión, corriente y potencia del condensador y confirmará que la forma de onda de potencia tiene un valor promedio nulo. Determinará la potencia reactiva Q_C del condensador a partir de los valores rms de tensión E_C y corriente I_C del condensador obtenidos con el osciloscopio en la ventana Aparatos de medición y comparará el resultado con la potencia reactiva Q_C calculada. Finalmente, medirá la potencia activa P en el condensador para verificar que la potencia activa de un condensador es virtualmente nula o cero.

33. En la ventana [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), desactive la fuente de alimentación ca.

34. Monte el circuito mostrado en la figura 3-7.

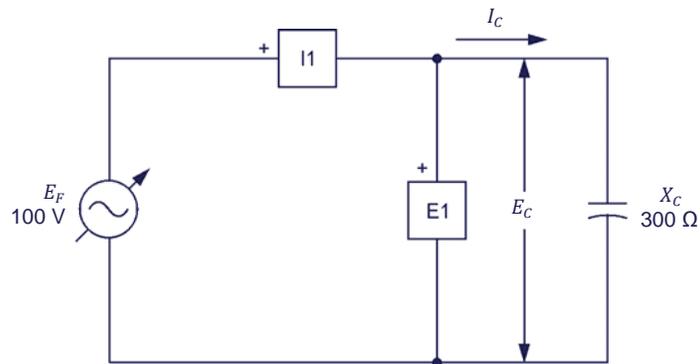


Figura 3-7. Circuito ca con un condensador y configurado para realizar mediciones de potencia.

Ajuste los interruptores de la [Carga capacitiva](#) (o del módulo [Cargas inductivas y capacitivas](#)) para obtener el valor requerido de reactancia capacitiva.

Utilice las entradas [E1](#) e [I1](#) de la [Interfaz de adquisición de datos y de control](#) para medir la tensión E_C y la corriente I_C del condensador, respectivamente.

35. Calcule la potencia reactiva Q_C del condensador.

Potencia reactiva $Q_C =$ _____ var

Property of Festo Didactic

Sale and/or reproduction forbidden

36. En la ventana [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), active la fuente de alimentación ca.

En la ventana [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), reajuste el valor del parámetro *Tensión en vacío* para que la tensión de la fuente de alimentación ca, E_F , (indicada por el medidor *E1* en la ventana [Aparatos de medición](#)) sea igual a 100 V.

37. Observe la forma de onda de potencia del condensador que aparece en el [Osciloscopio](#). La polaridad de la onda de potencia, ¿es alternada?

Sí No

38. ¿Es nulo el valor promedio de la forma de onda de potencia del condensador? Explique por qué.

39. Registre los valores rms de tensión E_C y corriente I_C del condensador indicados en el [Osciloscopio](#).

Tensión del condensador $E_C =$ _____ V

Corriente del condensador $I_C =$ _____ A

40. Calcule la potencia reactiva Q_C en el condensador a partir de los valores rms de tensión E_C y corriente I_C obtenidos en el paso anterior.

Potencia reactiva $Q_C =$ _____ var

41. Compare la potencia reactiva Q_C obtenida en el paso anterior con la potencia reactiva Q_C calculada en el paso 35. ¿Son cercanos entre sí los valores?

Sí No

42. En la ventana [Aparatos de medición](#), ajuste un medidor para medir la potencia activa P en el condensador a partir de los valores rms de tensión E_C (entrada *E1*) y corriente I_C (entrada *I1*) del condensador. Registre la potencia activa P que indica el medidor.

Potencia activa $P =$ _____ W

43. En la ventana **Aparatos de medición**, ajuste un medidor para medir la potencia reactiva Q_C en el condensador a partir de los valores rms de tensión E_C y corriente I_C del condensador. Registre la potencia reactiva Q_C que indica el medidor.

Potencia reactiva $Q_C =$ _____ var

44. ¿Los valores de la potencia reactiva Q_C obtenida en el paso anterior y la potencia activa P registrada en el paso 42 confirman que casi toda la potencia entregada a un condensador vuelve a la fuente y muy poca potencia se disipa en el condensador (es decir, básicamente sólo hay potencia reactiva en un condensador)?

Sí No

45. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, desactive la fuente de alimentación ca.

46. Cierre el programa **LVDAC-EMS** y apague todo el equipo. Desconecte todos los cables y vuelva a guardarlos en su lugar de almacenaje.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio, aprendió qué son las potencias activa y reactiva. También aprendió cómo calcular esas potencias en los elementos de un circuito ca.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿Cuál es la principal diferencia entre la potencia activa y reactiva?

2. ¿Cuál es la diferencia entre la forma de onda de potencia de un resistor (forma de onda de la potencia activa) y la forma de onda de potencia de un elemento reactivo (forma de onda de la potencia reactiva)?

3. Considere un circuito ca compuesto por un condensador ($X_C = 300 \Omega$) y con una tensión de fuente E_F de 100 V. Calcule la potencia reactiva Q_C en el condensador.

4. Considere un circuito ca compuesto por un inductor ($X_L = 200 \Omega$). Calcule la tensión de fuente E_F , sabiendo que la potencia reactiva Q_L en el inductor es igual a 70 var.

5. Considere un circuito ca compuesto por un resistor y con una tensión de fuente E_S de 100 V. Calcule la resistencia R del resistor, sabiendo que la potencia activa P disipada en el resistor es igual a 75 W.

Potencia aparente y el triángulo de potencias

OBJETIVO DEL EJERCICIO Cuando usted haya completado este ejercicio, estará familiarizado con los diagramas fasoriales de las potencias activa, reactiva y aparente de un circuito. Sabrá qué es el factor de potencia de un circuito y cómo calcular su valor. También sabrá cómo calcular las potencias reactiva total y aparente de un circuito. Será capaz de representar las potencias activa, reactiva y aparente de un circuito como un triángulo de potencias.

RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS

Los Principios de este ejercicio cubren los siguientes puntos:

- Diagramas fasoriales de la potencia activa y reactiva
- Potencia aparente
- Triángulo de potencias
- Factor de potencia

PRINCIPIOS

Diagramas fasoriales de la potencia activa y reactiva

Diagrama fasorial de la potencia activa en un resistor

Cuando un resistor se conecta a una fuente de alimentación ca, la corriente que fluye por el mismo está en fase con la tensión aplicada (ver figura 3-8). La potencia activa P disipada en el resistor puede determinarse utilizando el cálculo vectorial para resolver la ecuación $P = E_R \angle 0^\circ \cdot I_R \angle 0^\circ$. El resultado de esta ecuación es un fasor con el doble de la frecuencia de la fuente de alimentación ca y un ángulo de fase de 0° , como se muestra en la figura de más abajo.

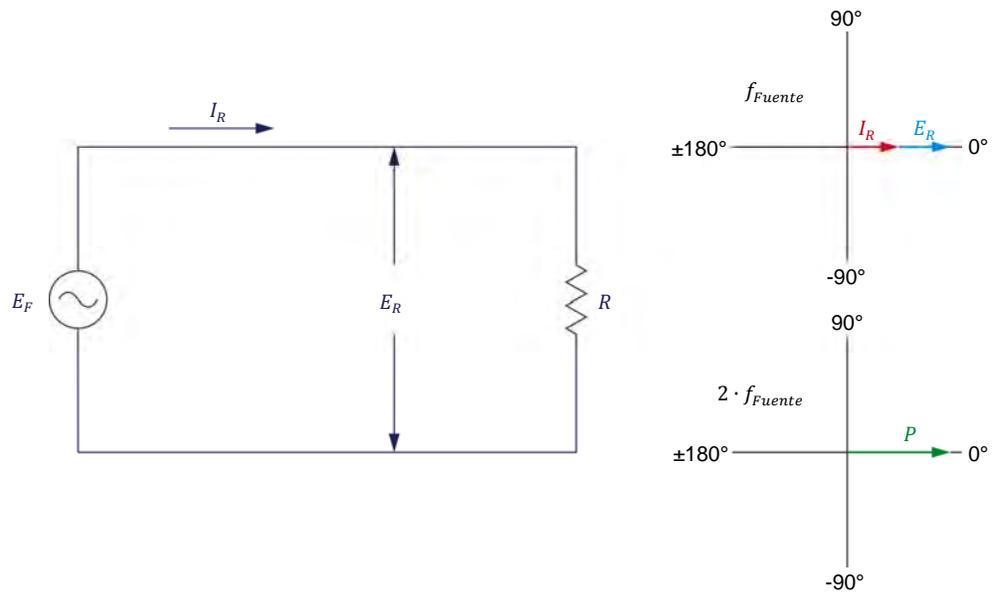


Figura 3-8. Circuito ca de un resistor y diagramas fasoriales correspondientes de tensión E_R , corriente I_R y potencia activa P del resistor.

Diagrama fasorial relativo a la potencia reactiva en un inductor

Cuando un inductor ideal se conecta a una fuente de alimentación ca, la corriente que fluye por el inductor tiene un retardo de 90° con respecto a la tensión del inductor (ver figura 3-9). La potencia reactiva Q_L del inductor puede determinarse utilizando el cálculo vectorial para resolver la ecuación $Q_L = E_L \angle 0^\circ \cdot I_L \angle -90$. El resultado de esta ecuación es un fasor con el doble de la frecuencia de la fuente de alimentación ca y un ángulo de fase de -90° , como se muestra en la figura de más abajo.

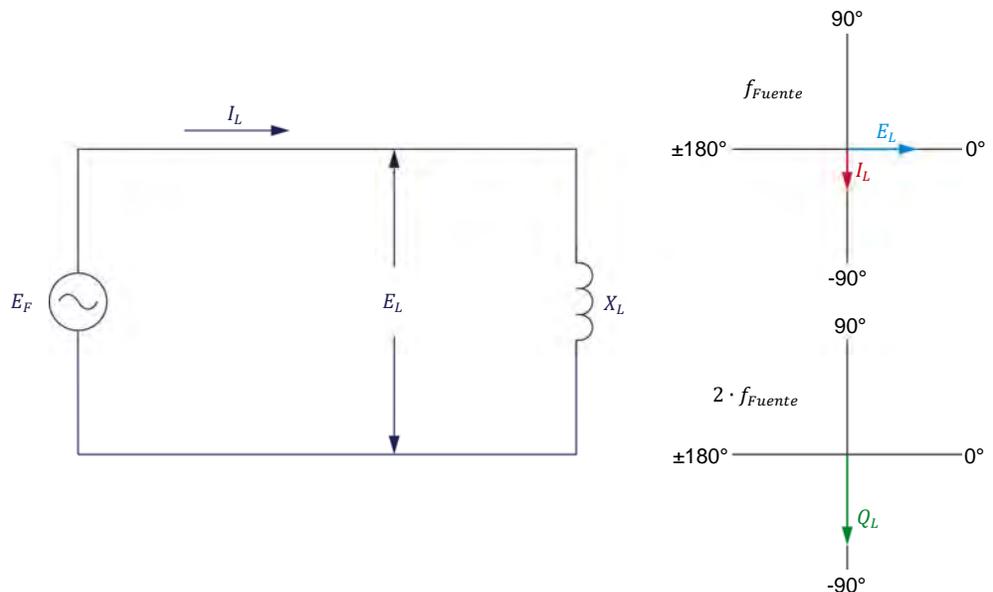


Figura 3-9. Circuito ca con un inductor y diagramas fasoriales correspondientes de tensión E_L , corriente I_L y potencia reactiva Q_L del inductor.

Diagrama fasorial de la potencia reactiva en un condensador

Igualmente, cuando se conecta un condensador a una fuente de alimentación ca, la corriente que fluye por el condensador está en adelanto 90° con respecto a la tensión del condensador (ver figura 3-10). Como en los inductores, la potencia reactiva Q_C del condensador puede determinarse utilizando el cálculo vectorial para resolver la ecuación $Q_C = E_C \angle 0^\circ \cdot I_C \angle 90^\circ$. El resultado de esta ecuación es un fasor con el doble de la frecuencia de la fuente de alimentación ca y un ángulo de fase de 90° , como se muestra en la figura de más abajo.

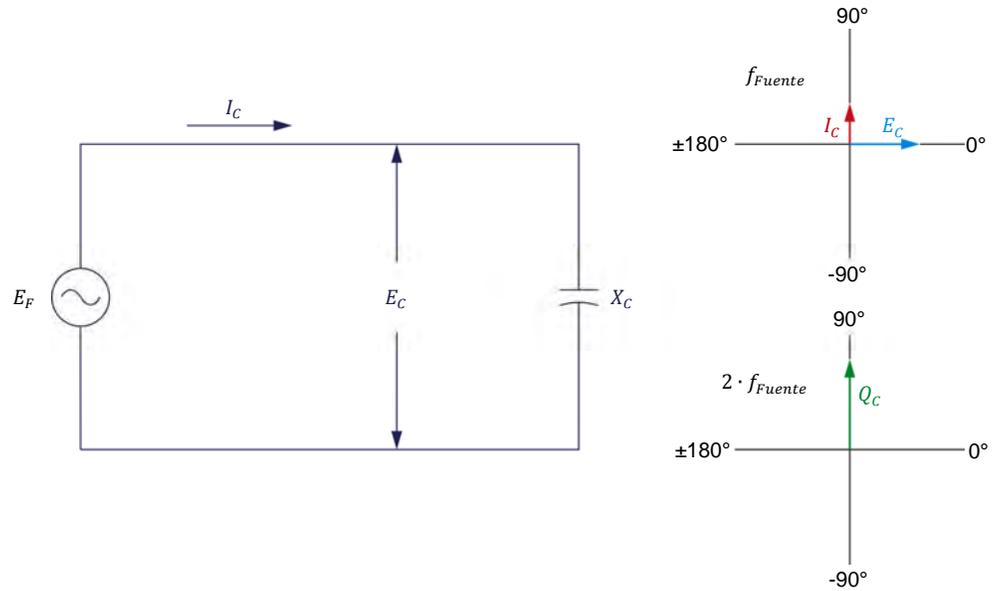


Figura 3-10. Circuito ca con un condensador y diagramas fasoriales correspondientes de tensión E_C , corriente I_C y potencia reactiva Q_C del condensador.

Al comparar la figura 3-9 y la figura 3-10 se observa que el fasor de la potencia reactiva Q_L de un inductor está 180° desfasada respecto al fasor de la potencia reactiva Q_C de un condensador. Por lo tanto, cuando un inductor y un condensador están presentes en un circuito ca, la potencia reactiva Q total en el circuito es igual a $Q_L - Q_C$. Esta relación es válida ya sea que los componentes reactivos estén conectados en serie o en paralelo. La potencia reactiva Q total es de hecho la potencia reactiva que la fuente intercambia con el inductor y el condensador. Cuando Q_L tiene un valor mayor a Q_C , la potencia reactiva Q total es positiva. Inversamente, cuando Q_C tiene un valor mayor a Q_L , la potencia reactiva Q total es negativa. La figura 3-11 muestra un ejemplo de la potencia reactiva Q total cuando la potencia reactiva Q_L excede a la potencia reactiva Q_C en un circuito compuesto por un inductor y un condensador.

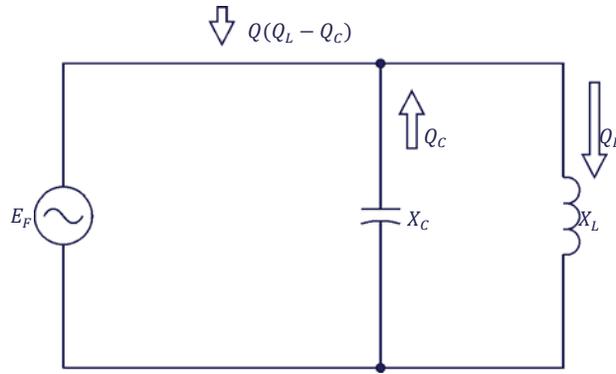


Figura 3-11. Potencia reactiva Q total en un circuito compuesto por un inductor y un condensador ($Q_L > Q_C$).

Potencia aparente

Cuando una fuente alimentación ca se conecta a un circuito compuesto por un resistor y componentes reactivos, la fuente entrega potencia activa P al resistor e intercambia potencia reactiva Q con los componentes reactivos. Esto se ilustra en la figura 3-12.

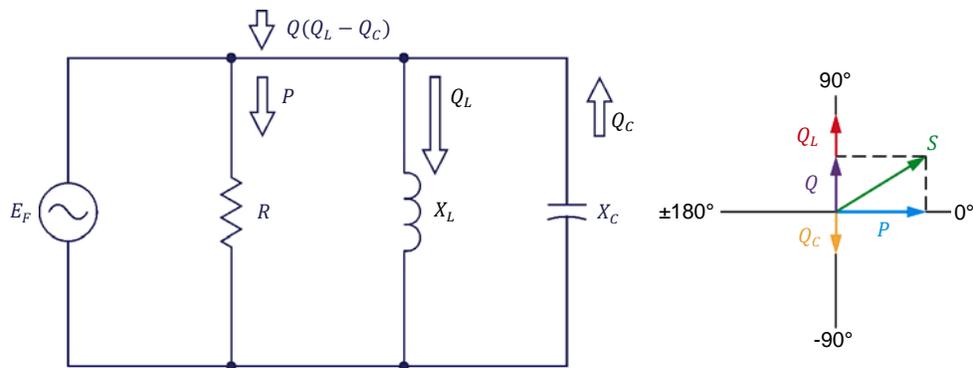


Figura 3-12. Circuito ca compuesto por un resistor, un inductor y un condensador y diagrama fasorial correspondiente de la potencia activa, reactiva y aparente en el circuito.

El diagrama fasorial en la figura 3-12 muestra que la potencia aparente S , que corresponde a la potencia total en un circuito ca, es igual a la suma vectorial de la potencia activa P del resistor y la potencia reactiva total Q de los componentes reactivos. Por lo tanto, siguiendo el Teorema de Pitágoras, la potencia aparente S en un circuito puede calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (3-4)$$

- donde S es la potencia aparente o potencia total en el circuito, expresada en voltio-amperios (VA).
 P es la potencia activa total disipada en el circuito, expresada en vatios (W).
 Q es la potencia reactiva total en el circuito, expresada en voltio-amperios reactivos (var).

La ecuación (3-4) es válida para circuitos en paralelo (como en la figura 3-12), circuitos en serie y circuitos en serie-paralelo. La potencia aparente S en un circuito ca también puede determinarse multiplicando los valores rms de tensión E_F y corriente I_F de la fuente, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$S = E_F \cdot I_F \quad (3-5)$$

Triángulo de potencias

Los fasores que representan en un circuito las potencias activa P , reactiva Q y aparente S , forman un triángulo. Este triángulo se conoce como triángulo de potencias. Un ejemplo de un triángulo de potencias se muestra en la figura 3-13.

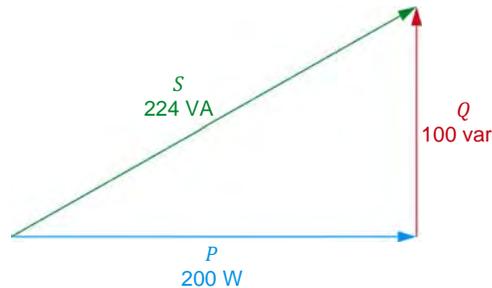


Figura 3-13. Triángulo de potencias.

Factor de potencia

Cuando se analiza un circuito, a menudo es importante conocer qué porción de la corriente que fluye en el circuito se utiliza para realizar trabajo (es decir, para transportar potencia activa) y qué porción es simplemente utilizada para el intercambio de potencia entre los elementos reactivos y la fuente. Estas porciones pueden ser evaluadas al determinar el **factor de potencia** del circuito.

El factor de potencia FP de un circuito es la razón de la potencia activa P a la potencia aparente S del circuito. Por lo tanto, puede determinarse utilizando la siguiente ecuación:

$$FP = P/S \quad (3-6)$$

donde FP es el factor de potencia del circuito.

El factor de potencia es una razón entre dos términos expresados en unidades de potencia (1 W = 1 VA). Por lo tanto, es una cantidad adimensional.

El factor de potencia FP de un circuito puede variar entre 0 (circuito puramente reactivo) y 1 (circuito puramente resistivo). A mayor factor de potencia, mayor será la eficiencia del circuito en utilizar la potencia eléctrica para realizar un trabajo (calefacción, propulsar un vehículo, etc.). Esto significa que, para la misma cantidad de potencia activa suministrada a una carga, un circuito con un factor de potencia bajo consumirá más corriente (más potencia reactiva será intercambiada en el circuito) que un circuito con un mayor factor de potencia. Un sistema de potencia eléctrico que tenga un factor de potencia bajo requerirá cables más gruesos y perderá más energía en el sistema de distribución para realizar la misma cantidad de trabajo que un sistema de potencia eléctrico con un mayor factor de potencia.

RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

El Procedimiento se divide en las siguientes secciones:

- Montaje y conexiones
- Potencia reactiva total en un circuito
- Potencia aparente, factor de potencia y triángulo de potencias

PROCEDIMIENTO



Durante este ejercicio de laboratorio estará en presencia de tensiones elevadas. No realice ni modifique ninguna conexión con las fichas tipo banana en los circuitos bajo tensión, salvo indicación contraria.

Montaje y conexiones

En esta sección, conectará un circuito ca compuesto por un inductor y un condensador en paralelo y configurará el equipo necesario para medir las tensiones y corrientes de dichos componentes.

1. Consulte la tabla de utilización del equipo del Apéndice A con el fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio.

Instale el equipo necesario en el [Puesto de trabajo](#).

2. Asegúrese de que el interruptor de alimentación principal del [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) está en la posición **O** (apagado) y luego conecte la [Entrada de alimentación](#) a un tomacorriente ca.

Conecte la [Alimentación](#) de la [Interfaz de adquisición de datos y de control](#) a la fuente de alimentación de 24 V ca. Encienda la fuente de alimentación de 24 V ca.

3. Conecte el puerto USB de la [Interfaz de adquisición de datos y de control](#) a un puerto USB de la computadora.

Conecte el puerto USB del [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) al puerto USB de la computadora.

4. Encienda el [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) y luego coloque el selector [Modo de operación](#) en [Fuente de alimentación](#).

5. Encienda la computadora y luego inicie el programa LVDAC-EMS.

En la ventana *Arranque de LVDAC-EMS*, asegúrese de que la *Interfaz de adquisición de datos y de control* y el *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes* hayan sido detectados. Asegúrese de que la función *Instrumentación computarizada* para la *Interfaz de adquisición de datos y de control* esté disponible. Además, seleccione la tensión y frecuencia que corresponden a la red ca local y luego haga clic en el botón *ACEPTAR* para cerrar la ventana *Arranque de LVDAC-EMS*.

6. Monte el circuito mostrado en la figura 3-14.

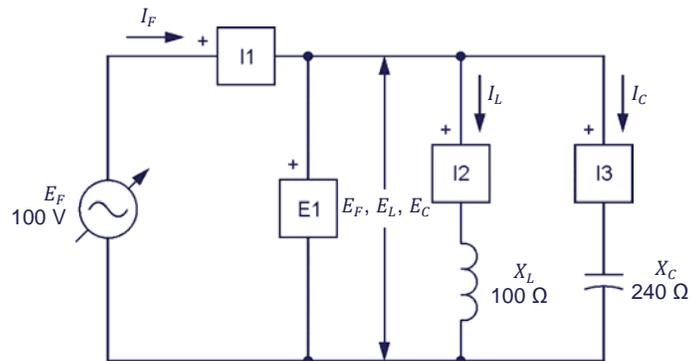


Figura 3-14. Circuito ca compuesto por un inductor y un condensador en paralelo y configuración para medir la potencia reactiva en cada componente.

Ajuste los interruptores de la *Carga inductiva* y de la *Carga capacitiva* (o del módulo *Cargas inductivas y capacitivas*) para obtener los valores de reactancia inductiva y reactancia capacitiva requeridos.

Utilice las entradas *E1*, *I1*, *I2* e *I3* de la *Interfaz de adquisición de datos y de control* para medir la tensión de la fuente E_F ($E_F = E_L = E_C$), la corriente de la fuente I_F , la corriente del inductor I_L y la corriente del condensador I_C , respectivamente.

7. En el programa LVDAC-EMS, abra la ventana *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes* y luego haga los ajustes siguientes:

- Ajuste el parámetro *Función* como *Fuente de alimentación ca*.
- Asegúrese de que el parámetro *Control de la tensión* esté ajustado en *Perilla*. Esto permite controlar manualmente la fuente de alimentación ca.
- Ajuste el parámetro *Tensión en vacío* en 100 V.
- Ajuste el parámetro *Frecuencia* a la misma frecuencia de la red ca local.
- No modifique los demás parámetros.

Potencia reactiva total en un circuito

En esta sección, calculará la potencia reactiva Q_L del inductor, la potencia reactiva Q_C del condensador y la potencia reactiva total Q del circuito. Utilizará la ventana *Aparatos de medición* para medir la tensión de la fuente E_F , la corriente de la fuente I_F , la corriente del inductor I_L y la corriente del condensador I_C . Luego determinará a partir de dichos valores la potencia reactiva Q_L del inductor, la potencia reactiva Q_C del condensador y la potencia reactiva total Q del circuito y comparará los resultados con los valores calculados. También determinará la potencia reactiva total Q a partir de los valores rms de tensión E_F y corriente I_F de la fuente y comparará el resultado con la potencia reactiva total calculada. Utilizará la ventana *Aparatos de medición* para medir directamente la potencia reactiva total Q y comparará el resultado con la potencia reactiva total calculada.

8. Calcule la potencia reactiva Q_L en el inductor, la potencia reactiva Q_C en el condensador y la potencia reactiva total Q del circuito.

Potencia reactiva $Q_L =$ _____ var

Potencia reactiva $Q_C =$ _____ var

Potencia reactiva total $Q =$ _____ var

9. En el programa *LVDAC-EMS*, abra la ventana *Aparatos de medición*. Ajuste el medidor *E1* para medir el valor rms de la tensión de la fuente de alimentación E_S ($E_S = E_L = E_C$).

En la ventana *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes*, active la fuente de alimentación ca. Reajuste el valor del parámetro *Tensión en vacío* para que la tensión de la fuente de alimentación ca, E_F , (indicada por el medidor *E1* en la ventana *Aparatos de medición*) sea de 100 V.

10. En la ventana *Aparatos de medición*, ajuste los medidores *I1*, *I2* e *I3* para medir los valores rms de la corriente de la fuente I_F , la corriente del inductor I_L y la corriente del condensador I_C , respectivamente. Registre en los espacios siguientes los valores eficaces (rms) de las tensiones y corrientes del circuito.

$E_S =$ _____ V

$I_S =$ _____ A

$E_L =$ _____ V

$I_L =$ _____ A

$E_C =$ _____ V

$I_C =$ _____ A

11. Determine la potencia reactiva Q_L del inductor y la potencia reactiva Q_C del condensador utilizando los valores de tensión y corriente medidos en el paso anterior. Luego, determine la potencia reactiva total Q del circuito a partir de la potencia reactiva del inductor Q_L y de la potencia reactiva del condensador Q_C .

Potencia reactiva $Q_L =$ _____ var

Potencia reactiva $Q_C =$ _____ var

Potencia reactiva total $Q =$ _____ var

12. Compare los valores de potencia reactiva Q_L del inductor, potencia reactiva Q_C del condensador y potencia reactiva total Q del circuito, obtenidos en el paso anterior con los valores calculados en el paso 8. ¿Los valores son similares?

Sí No

13. Determine la potencia reactiva total Q del circuito utilizando los valores rms de tensión E_F y corriente I_F de la fuente obtenidos en el paso 10. Registre el resultado más abajo.

Potencia reactiva total $Q =$ _____ var

14. Compare la potencia reactiva total Q obtenida en el paso anterior con los valores de potencia reactiva registrados en los pasos 8 y 11. ¿Los valores son similares?

Sí No

15. En la ventana [Aparatos de medición](#), ajuste un medidor para medir la potencia reactiva total Q en el circuito. Registre el valor a continuación.

Potencia reactiva total $Q =$ _____ var

16. ¿El valor de potencia reactiva total Q medida en el paso anterior confirma los otros valores de potencia reactiva total obtenidos hasta ahora?

Sí No

Potencia aparente, factor de potencia y triángulo de potencias

En esta sección, instalará un circuito ca paralelo compuesto por un resistor, un inductor y un condensador. Calculará la potencia activa P disipada en el resistor, la potencia reactiva total Q , la potencia aparente S y el factor de potencia FP del circuito. Utilizará la ventana *Aparatos de medición* para medir la tensión de la fuente E_F , la corriente de la fuente I_F , la corriente del resistor I_R y la corriente I_X que fluye por el inductor y el condensador. Determinará a partir de dichas mediciones la potencia activa P , la potencia reactiva Q , la potencia aparente S y el factor de potencia FP del circuito. Luego, utilizará la ventana *Aparatos de medición* para medir directamente la potencia activa P , la potencia reactiva Q , la potencia aparente S y el factor de potencia FP y comparará las mediciones con los resultados obtenidos a partir de los valores de tensión y corriente. Finalmente, dibujará el triángulo de potencias del circuito.

17. En la ventana *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes*, desactive la fuente de alimentación ca.

18. Monte el circuito mostrado en la figura 3-15.

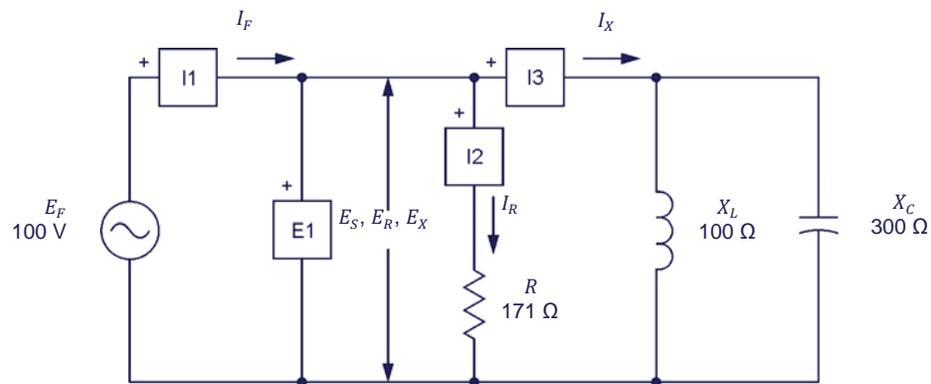


Figura 3-15. Circuito ca compuesto por un resistor, un inductor y un condensador conectados en paralelo y configurado para realizar mediciones de potencia.

Ajuste los interruptores de la *Carga resistiva*, de la *Carga inductiva* y de la *Carga capacitiva* (o del módulo *Cargas inductivas y capacitivas*) para obtener los valores requeridos de resistencia, reactancia inductiva y reactancia capacitiva.

Utilice las entradas *E1*, *I1*, *I2* e *I3* de la *Interfaz de adquisición de datos y de control* para medir la tensión E_F y la corriente I_F de la fuente, la corriente del resistor I_R y la corriente I_X que fluye a través del inductor y el condensador en paralelo.

19. Calcule la potencia activa P , la potencia reactiva total Q , la potencia aparente S y el factor de potencia FP del circuito. Registre los valores más abajo.

Potencia activa $P =$ _____ W

Potencia reactiva total $Q =$ _____ var

Potencia aparente $S =$ _____ VA

Factor de potencia $FP =$ _____

20. En la ventana [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), active la fuente de alimentación ca. Reajuste el valor del parámetro *Tensión en vacío* para que la tensión de la fuente de alimentación ca, E_F , (indicada por el medidor $E1$ en la ventana [Aparatos de medición](#)) sea de 100 V.

21. En la ventana [Aparatos de medición](#), mida los valores rms de la tensión de la fuente E_F ($E_F = E_R = E_X$), la corriente del resistor I_R y la corriente I_X . Registre los valores más abajo.

$E_S =$ _____ V

$E_R =$ _____ V

$I_R =$ _____ A

$E_X =$ _____ V

$I_X =$ _____ A

22. Determine la potencia activa P del resistor, la potencia reactiva total Q del circuito, la potencia aparente S del circuito y el factor de potencia FP del circuito utilizando los valores de tensión y corriente medidos en el paso anterior.

Potencia activa $P =$ _____ W

Potencia reactiva $Q =$ _____ var

Potencia aparente $S =$ _____ VA

Factor de potencia $FP =$ _____

23. Compare los valores de potencia activa P del resistor, la potencia reactiva total Q , la potencia aparente S y el factor de potencia FP del circuito, obtenidos en el paso anterior con los valores calculados en el paso 19. ¿Los valores son similares?

Sí No

24. En la ventana **Aparatos de medición**, mida el valor rms de la corriente de la fuente I_F . Registre el valor a continuación.

Corriente de la fuente $I_F =$ _____ A

25. Determine la potencia aparente S del circuito a partir de los valores rms medidos de la tensión E_F y corriente I_F de la fuente (registrados en el paso 21 y 24, respectivamente). Registre el resultado más abajo.

Potencia aparente $S =$ _____ VA

26. Compare la potencia aparente S obtenida en el paso anterior con los valores de potencia aparente S registrados en los pasos 19 y 22. ¿Todos los valores son similares?

Sí No

27. En la ventana **Aparatos de medición**, fije tres medidores para medir la potencia en el circuito a partir de los valores rms de tensión E_F (entrada $E1$) y corriente I_F (entrada $I1$) de la fuente. Fije el primer medidor para medir la potencia activa P , el segundo para medir la potencia reactiva total Q y el tercero para medir la potencia aparente S . Configure un cuarto medidor para medir el factor de potencia FP del circuito. Registre los resultados a continuación.

Potencia activa $P =$ _____ W

Potencia reactiva total $Q =$ _____ var

Potencia aparente $S =$ _____ VA

Factor de potencia $FP =$ _____

28. Los valores de potencia activa P , potencia reactiva total Q , potencia aparente S y factor de potencia FP medidos en el paso anterior, ¿confirman los valores obtenidos hasta el momento de la potencia activa, potencia reactiva total, potencia aparente y factor de potencia?

Sí No

29. Dibuje el triángulo de potencias del circuito utilizando la potencia activa P , la potencia reactiva total Q y la potencia aparente S medidas en el paso 27.

Triángulo de potencias del circuito de la figura 3-15.

30. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, desactive la fuente de alimentación ca.
31. Cierre el programa **LVDAC-EMS** y apague todo el equipo. Desconecte todos los cables y vuelva a guardarlos en su lugar de almacenaje.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio, se familiarizó con los diagramas fasoriales de las potencias activa, reactiva y aparente de un circuito. Aprendió el concepto del factor de potencia de un circuito y cómo calcular su valor. También aprendió cómo calcular las potencias reactiva total y aparente de un circuito. Observó cómo representar las potencias activa, reactiva y aparente de un circuito como un triángulo de potencias.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿Es posible determinar la relación de fase entre el fasor de potencia y los fasores de tensión y corriente correspondientes? Explique por qué.

2. ¿Cuál es la relación de fase entre la potencia reactiva en un inductor y la potencia reactiva en un condensador?

3. ¿Cuáles son las diferencias entre la potencia activa P , la potencia reactiva Q y la potencia aparente S ?

4. Un circuito ca con una tensión de fuente E_F de 100 V está compuesto por un inductor ideal ($X_L = 150 \Omega$) y un condensador ($X_C = 350 \Omega$) conectados en paralelo. Calcule la potencia reactiva total Q del circuito. Indique la relación de fase entre la corriente I_F y la tensión E_F de la fuente.

5. Un circuito ca con una fuente de tensión E_F de 150 V está compuesto por un resistor ($R = 200 \Omega$) y un inductor ($X_L = 50 \Omega$) conectados en paralelo. Calcule la potencia aparente S y el factor de potencia FP del circuito.

Examen de la unidad

1. Complete la siguiente frase: La potencia activa es utilizada por
 - a. los componentes resistivos para realizar un trabajo, mientras que la potencia reactiva es intercambiada entre la fuente y los componentes reactivos sin realizar trabajo alguno.
 - b. los componentes reactivos para realizar un trabajo, mientras que la potencia reactiva es intercambiada entre la fuente y los componentes resistivos sin realizar trabajo alguno.
 - c. los componentes resistivos y es regresada a la fuente sin realizar trabajo alguno, mientras que la potencia reactiva es intercambiada entre la fuente y los componentes reactivos para realizar un trabajo.
 - d. los componentes resistivos para realizar un trabajo y disminuir el factor de potencia del circuito.

2. ¿Cuál de las siguientes frases es verdadera respecto a las formas de onda de las potencias activa y reactiva?
 - a. La forma de onda de la potencia activa tiene un valor promedio cero y una frecuencia igual al doble de la frecuencia de la fuente de alimentación ca.
 - b. La forma de onda de la potencia reactiva está desfasada respecto a las formas de onda de tensión y corriente y tiene una frecuencia igual a la frecuencia de la fuente de alimentación ca.
 - c. La forma de onda de la potencia reactiva tiene un valor promedio positivo y una frecuencia igual al doble de la frecuencia de la fuente.
 - d. La forma de onda de la potencia activa tiene un valor promedio positivo y una frecuencia igual al doble de la frecuencia de la fuente de alimentación ca.

3. Dado un circuito ca paralelo con una tensión de fuente E_F de 100 V y compuesto por un inductor ($X_L = 150 \Omega$) y un condensador ($X_C = 300 \Omega$), calcule la potencia reactiva total Q del circuito.
 - a. $Q = 100 \text{ var}$
 - b. $Q = 33,3 \text{ var}$
 - c. $Q = -33,3 \text{ var}$
 - d. $Q = 66,6 \text{ var}$

4. Dado un circuito ca con una tensión de fuente E_F de 140 V y compuesto por un resistor ($R = 200 \Omega$), calcule la potencia activa P y la potencia reactiva Q en el resistor.
 - a. $P = -98,0 \text{ W}$, $Q = 0,00 \text{ var}$
 - b. $P = 98,0 \text{ W}$, $Q = 98,0 \text{ var}$
 - c. $P = 0,00 \text{ W}$, $Q = 98,0 \text{ var}$
 - d. $P = 98,0 \text{ W}$, $Q = 0,00 \text{ var}$

5. La potencia activa P disipada por un condensador es igual
 - a. al producto de los valores instantáneos de la tensión y corriente del condensador.
 - b. al valor instantáneo de la forma de onda de potencia del condensador.
 - c. al valor promedio de la forma de onda de potencia del condensador.
 - d. a la suma vectorial de la potencia reactiva y aparente del circuito.

6. Complete la siguiente frase respecto a las mitades positiva y negativa de la forma de onda de potencia de un componente reactivo: Durante la mitad positiva de la forma de onda de potencia, el componente reactivo
 - a. absorbe potencia de la fuente, mientras que en la mitad negativa, el componente reactivo regresa potencia a la fuente.
 - b. transforma la potencia recibida de la fuente en potencia activa, mientras que en la mitad negativa, el componente reactivo convierte potencia en potencia reactiva.
 - c. transforma la potencia recibida de la fuente en potencia reactiva, mientras que en la mitad negativa, el componente reactivo convierte potencia en potencia activa.
 - d. regresa potencia a la fuente, mientras que en la mitad negativa, el componente reactivo absorbe potencia de la fuente.

7. ¿Cuál es la relación entre el signo o polaridad de la potencia reactiva total Q de un circuito ca y la naturaleza del circuito (inductivo o capacitivo)?
 - a. Un circuito ca con una potencia reactiva total Q positiva es capacitivo, mientras que un circuito con una potencia reactiva total Q negativa es inductivo.
 - b. Un circuito ca con una potencia reactiva total Q positiva es inductivo, mientras que un circuito con una potencia reactiva total Q negativa es capacitivo.
 - c. Un circuito ca con una potencia reactiva total Q positiva es inductivo y capacitivo, mientras que un circuito con una potencia reactiva total Q negativa no es ni inductivo ni capacitivo
 - d. El signo de la potencia total reactiva Q no puede utilizarse para determinar si un circuito ca es inductivo o capacitivo.

8. Complete la siguiente frase: La potencia reactiva Q_L de un inductor ideal
 - a. se adelanta 180° en relación con la potencia reactiva Q_C de un condensador.
 - b. se adelanta 90° en relación con la potencia reactiva Q_C de un condensador.
 - c. se atrasa 180° en relación con la potencia reactiva Q_C de un condensador.
 - d. se atrasa 90° en relación con la potencia reactiva Q_C de un condensador.

9. El factor de potencia FP de un circuito ca determina la
- frecuencia de la forma de onda de potencia.
 - razón entre la potencia reactiva inductiva y capacitiva de un circuito.
 - razón entre la potencia activa y la potencia aparente de un circuito.
 - razón entre el número de componentes resistivos y el número de componentes reactivos en un circuito.
10. Considere un circuito ca compuesto por un resistor ($R = 100 \Omega$) y un inductor ideal ($X_L = 250 \Omega$) conectados en paralelo. Calcule la potencia aparente S en el circuito sabiendo que la potencia activa P en el resistor es igual a 75 W.
- $S = 80,8 \text{ VA}$
 - $S = 269 \text{ VA}$
 - $S = 150 \text{ VA}$
 - $S = 158 \text{ VA}$

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Análisis de circuitos ca

OBJETIVO DE LA UNIDAD Cuando usted haya completado esta unidad, será capaz de resolver circuitos ca simples utilizando el método de cálculo de la impedancia de circuito. También podrá solucionar circuitos ca complejos mediante el método del triángulo de potencias.

RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS Los Principios fundamentales cubren los siguientes puntos:

- Introducción al análisis de circuitos
- Métodos de análisis de circuitos

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

Introducción al análisis de circuitos

El análisis de circuitos consiste en calcular todos los parámetros eléctricos de un circuito (un conjunto de componentes eléctricos) cuando éste se conecta a una fuente de alimentación ca con un valor específico de tensión E_F . Más específicamente, el análisis de circuitos consiste en determinar (mediante cálculos) la tensión a través de cada elemento, la corriente que fluye en cada rama del circuito, la corriente total del circuito (es decir, la corriente de la fuente I_F), la potencia en cada componente, así como las potencias activa P , reactiva Q , aparente S y el factor de potencia FP del circuito.

Métodos de análisis de circuitos

En esta unidad se presentan dos métodos (aproximaciones) distintos para solucionar circuitos ca. El primero se basa en el cálculo de la impedancia del circuito y puede utilizarse rápidamente para resolver circuitos de potencia ca simples. El segundo método se basa en el triángulo de potencias y puede utilizarse para resolver casi todos los circuitos de potencia ca. Ambos métodos utilizan únicamente cálculos algebraicos simples sin entrar en cálculos vectoriales.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Solución de circuitos ca simples mediante el cálculo de la impedancia del circuito

OBJETIVO DEL EJERCICIO Cuando usted haya completado este ejercicio, será capaz de resolver circuitos ca paralelo y serie utilizando el método de cálculo de la impedancia de circuito

RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS

Los Principios de este ejercicio cubren los siguientes puntos:

- Solución de circuitos paralelo simples
- Solución de circuitos serie simples

PRINCIPIOS

Solución de circuitos paralelo simples

La figura 4-1 muestra un circuito ca compuesto por un resistor y un inductor conectados en paralelo.

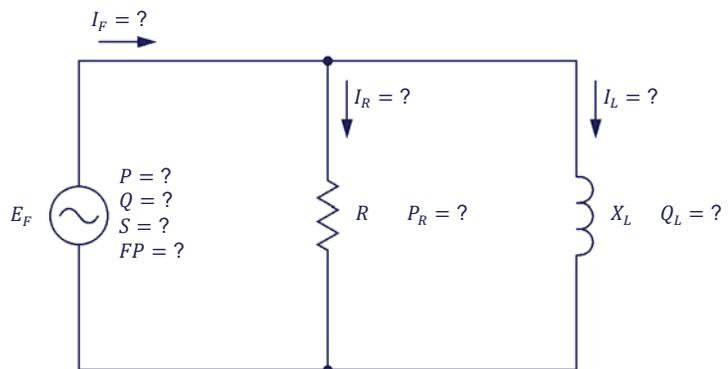


Figura 4-1. Circuito ca compuesto por un resistor y un inductor conectados en paralelo.

Más abajo se muestra la secuencia paso a paso para resolver el circuito ca de la figura 4-1 utilizando el método de cálculo de la impedancia de circuito. La tensión de la fuente E_F , la resistencia R del resistor y la reactancia inductiva X_L del inductor son los únicos valores conocidos en el circuito del diagrama anterior. El circuito se soluciona con las siguientes operaciones:

$$Z = (R \cdot X_L) / \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$I_F = E_F / Z$$

$$S = E_F \cdot I_F$$

$$I_R = E_F / R$$

$$P_R = P = E_F \cdot I_R$$

$$I_L = E_F / X_L$$

$$Q_L = Q = E_F \cdot I_L$$

$$FP = P / S$$

Como el nombre del método lo indica, la clave para resolver el circuito utilizando el método de cálculo de impedancia es determinar la impedancia Z del circuito. Cuando se encuentra la impedancia Z , los otros cálculos fluyen de una manera lógica.

Ejemplo

Considere el siguiente circuito ca:

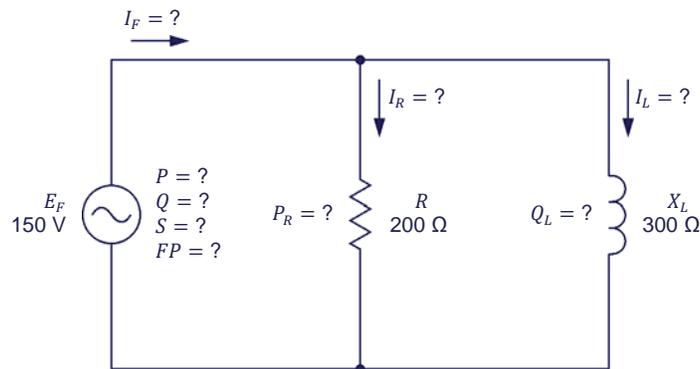


Figura 4-2. Circuito ca compuesto por un resistor y un inductor conectados en paralelo.

La secuencia paso a paso para solucionar el circuito de la figura 4-2 utilizando el método de cálculo de impedancia es la siguiente:

$$Z = (R \cdot X_L) / \sqrt{R^2 + X_L^2} = (200 \Omega \cdot 300 \Omega) / \sqrt{(200 \Omega)^2 + (300 \Omega)^2} = 166 \Omega$$

$$I_F = E_F / Z = 150 \text{ V} / 166 \Omega = 0,90 \text{ A}$$

$$S = E_F \cdot I_F = 150 \text{ V} \cdot 0,90 \text{ A} = 135 \text{ VA}$$

$$I_R = E_F / R = 150 \text{ V} / 200 \Omega = 0,75 \text{ A}$$

$$P_R = P = E_F \cdot I_R = 150 \text{ V} \cdot 0,75 \text{ A} = 113 \text{ W}$$

$$I_L = E_F / X_L = 150 \text{ V} / 300 \Omega = 0,50 \text{ A}$$

$$Q_L = Q = E_F \cdot I_L = 150 \text{ V} \cdot 0,50 \text{ A} = 75,0 \text{ var}$$

$$FP = P / S = 113 \text{ W} / 135 \text{ VA} = 0,84$$

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Solución de circuitos serie simples

La figura 4-3 muestra un circuito ca serie compuesto por un resistor, un inductor y un condensador.

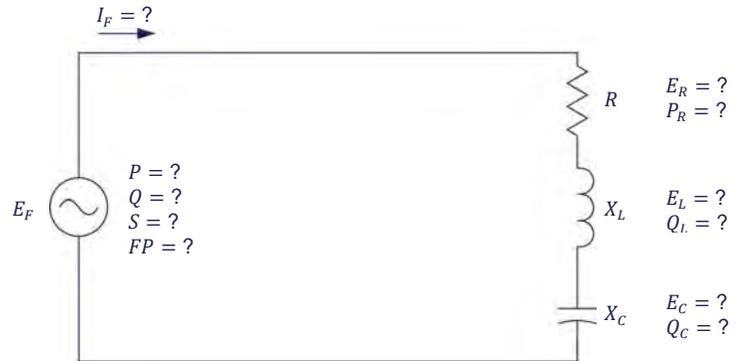


Figura 4-3. Circuito ca serie compuesto por un resistor, un inductor y un condensador.

El método de cálculo de impedancia usado para resolver circuitos ca en paralelo también puede emplearse para solucionar el circuito ca serie de la figura 4-3. Dados los valores de tensión de la fuente E_F , resistencia R del resistor, reactancia inductiva X_L del inductor y reactancia capacitiva X_C del condensador, los valores de los otros parámetros pueden determinarse del siguiente modo:

$$X = X_L - X_C$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$I_F = E_F / Z$$

$$S = E_F \cdot I_F$$

$$E_R = I_F \cdot R$$

$$P_R = P = E_R \cdot I_F$$

$$E_L = I_F \cdot X_L$$

$$Q_L = I_F \cdot E_L$$

$$E_C = I_F \cdot X_C$$

$$Q_C = I_F \cdot E_C$$

$$Q = Q_L - Q_C$$

$$FP = P / S$$

Como en el caso de circuitos ca en paralelo, la clave para resolver el circuito es determinar la impedancia Z del circuito. El resto de los cálculos son simples operaciones algebraicas derivadas del valor de impedancia Z del circuito.

Ejemplo

Considere el siguiente circuito ca:



Figura 4-4. Circuito ca serie compuesto por un resistor, un inductor y un condensador.

La secuencia paso a paso para solucionar el circuito de la figura 4-4 utilizando el método de cálculo de impedancia es la siguiente:

$$X = X_L - X_C = 300 \Omega - 200 \Omega = 100 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{(100 \Omega)^2 + (100 \Omega)^2} = 141 \Omega$$

$$I_F = E_F / Z = 150 \text{ V} / 141 \Omega = 1,06 \text{ A}$$

$$S = E_F \cdot I_F = 150 \text{ V} \cdot 1,06 \text{ A} = 159 \text{ VA}$$

$$E_R = I_F \cdot R = 1,06 \text{ A} \cdot 100 \Omega = 106 \text{ V}$$

$$P_R = P = E_R \cdot I_F = 106 \text{ V} \cdot 1,06 \text{ A} = 112 \text{ W}$$

$$E_L = I_F \cdot X_L = 1,06 \text{ A} \cdot 300 \Omega = 318 \text{ V}$$

$$Q_L = I_F \cdot E_L = 1,06 \text{ A} \cdot 318 \text{ V} = 337 \text{ var}$$

$$E_C = I_F \cdot X_C = 1,06 \text{ A} \cdot 200 \Omega = 212 \text{ V}$$

$$Q_C = I_F \cdot E_C = 1,06 \text{ A} \cdot 212 \text{ V} = 225 \text{ var}$$

$$Q = Q_L - Q_C = 337 \text{ var} - 225 \text{ var} = 112 \text{ var}$$

$$FP = P / S = 112 \text{ W} / 159 \text{ VA} = 0,70$$

Como se pudo ver, resolver circuitos ca en paralelo y serie utilizando el método de cálculo de impedancia no implica hacer cálculos vectoriales. Este método permite la solución de circuitos ca mediante cálculos algebraicos básicos.

RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

El Procedimiento está dividido en las siguientes secciones:

- Montaje y conexiones
- Solución de un circuito ca paralelo simple
- Solución de un circuito ca serie simple

PROCEDIMIENTO



Durante este ejercicio de laboratorio estará en presencia de tensiones elevadas. No realice ni modifique ninguna conexión con las fichas tipo banana en los circuitos bajo tensión, salvo indicación contraria.

Montaje y conexiones

En esta sección, conectará un circuito ca compuesto por un resistor y un condensador conectados en paralelo y configurará el equipo necesario para medir todos los parámetros del circuito.

1. Consulte la tabla de utilización del equipo del Apéndice A con el fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio.

Instale el equipo necesario en el [Puesto de trabajo](#).

2. Asegúrese de que el interruptor de alimentación principal del [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) está en la posición **O** (apagado) y luego conecte la [Entrada de alimentación](#) a un tomacorriente ca.

Conecte la [Alimentación](#) de la [Interfaz de adquisición de datos y de control](#) a la fuente de alimentación de 24 V ca. Encienda la fuente de alimentación de 24 V ca.

3. Conecte el puerto USB de la [Interfaz de adquisición de datos y de control](#) a un puerto USB de la computadora.

Conecte el puerto USB del [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) al puerto USB de la computadora.

4. Encienda el [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), luego coloque el selector [Modo de operación](#) en [Fuente de alimentación](#).

5. Encienda la computadora y luego inicie el programa LVDAC-EMS.

En la ventana *Arranque de LVDAC-EMS*, asegúrese de que la *Interfaz de adquisición de datos y de control* y el *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes* hayan sido detectados. Asegúrese de que la función *Instrumentación computarizada* para la *Interfaz de adquisición de datos y de control* esté disponible. Además, seleccione la tensión y frecuencia que corresponden a la red ca local y luego haga clic en el botón *ACEPTAR* para cerrar la ventana *Arranque de LVDAC-EMS*.

6. Monte el circuito mostrado en la figura 4-5.

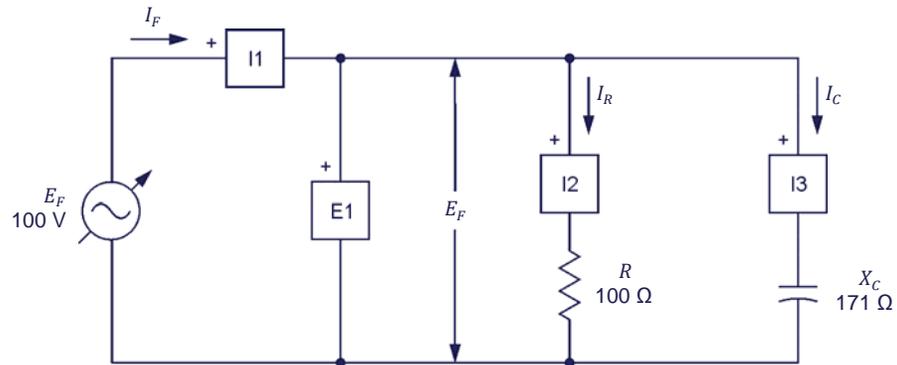


Figura 4-5. Circuito ca compuesto por un resistor y un condensador conectados en paralelo y configuración para el análisis del circuito.

Ajuste los interruptores de la *Carga resistiva* y de la *Carga capacitiva* (o del módulo *Cargas inductivas y capacitivas*) para obtener los valores requeridos de resistencia y de reactancia capacitiva.

Utilice las entradas *E1*, *I1*, *I2* e *I3* de la *Interfaz de adquisición de datos y de control* para medir la tensión de la fuente E_F ($E_F = E_R = E_C$), la corriente de la fuente I_F , la corriente del resistor I_R y la corriente del condensador I_C , respectivamente.

7. En el programa LVDAC-EMS, abra la ventana *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes* y luego haga los ajustes siguientes:

- Ajuste el parámetro *Función* como *Fuente de alimentación ca*.
- Asegúrese de que el parámetro *Control de la tensión* esté ajustado en *Perilla*. Esto permite controlar manualmente la fuente de alimentación ca.
- Ajuste el parámetro *Tensión en vacío* en 100 V.
- Ajuste el parámetro *Frecuencia* a la misma frecuencia de la red ca local.
- No modifique los demás parámetros.

Solución de un circuito ca paralelo simple

En esta sección, utilizará el método de cálculo de impedancia para resolver el circuito configurado en la sección anterior. Luego, medirá los parámetros del circuito y comparará los valores con los calculados.

8. Resuelva el circuito mostrado en la figura 4-5 utilizando el método de cálculo de impedancia.

$$\text{Impedancia } Z = \text{_____ } \Omega$$

$$\text{Corriente de la fuente } I_F = \text{_____ } \text{A}$$

$$\text{Potencia aparente } S = \text{_____ } \text{VA}$$

$$\text{Corriente del resistor } I_R = \text{_____ } \text{A}$$

$$\text{Potencia activa } P_R = P = \text{_____ } \text{W}$$

$$\text{Corriente del condensador } I_C = \text{_____ } \text{A}$$

$$\text{Potencia reactiva } Q_C = Q = \text{_____ } \text{var}$$

$$\text{Factor de potencia } FP = \text{_____}$$

9. En el programa **LVDAC-EMS**, abra la ventana **Aparatos de medición**. Ajuste el medidor **E1** para medir el valor rms de la tensión de la fuente de alimentación, E_F .

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, active la fuente de alimentación ca. Reajuste el valor del parámetro **Tensión en vacío** para que la tensión de la fuente de alimentación ca, E_F , (indicada por el medidor **E1** en la ventana **Aparatos de medición**) sea de 100 V.

10. En la ventana **Aparatos de medición**, ajuste los medidores para medir los parámetros siguientes:

$$\text{Tensión de la fuente } E_F = \text{_____ } \text{V}$$

$$\text{Corriente de la fuente } I_F = \text{_____ } \text{A}$$

$$\text{Corriente del resistor } I_R = \text{_____ } \text{A}$$

$$\text{Corriente del condensador } I_C = \text{_____ } \text{A}$$

$$\text{Potencia activa } P = \text{_____ } \text{W}$$

$$\text{Potencia del resistor } P_R = \text{_____ } \text{W}$$

$$\text{Potencia reactiva } Q = \text{_____ } \text{var}$$

Potencia reactiva del condensador $Q_C = \underline{\hspace{2cm}}$ var

Potencia aparente $S = \underline{\hspace{2cm}}$ VA

Factor de potencia $FP = \underline{\hspace{2cm}}$

11. Compare los parámetros medidos del circuito en los pasos anteriores con los valores calculados en el paso 8. ¿Son cercanos entre sí los valores?

Sí No

Solución de un circuito ca serie simple

En esta sección, conectará un circuito ca serie compuesto por un resistor, un inductor y un condensador. Utilizará el método de cálculo de impedancia para resolver el circuito. Luego, medirá los parámetros del circuito y comparará los valores con los calculados.

12. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, desactive la fuente de alimentación ca.

13. Monte el circuito mostrado en la figura 4-6.

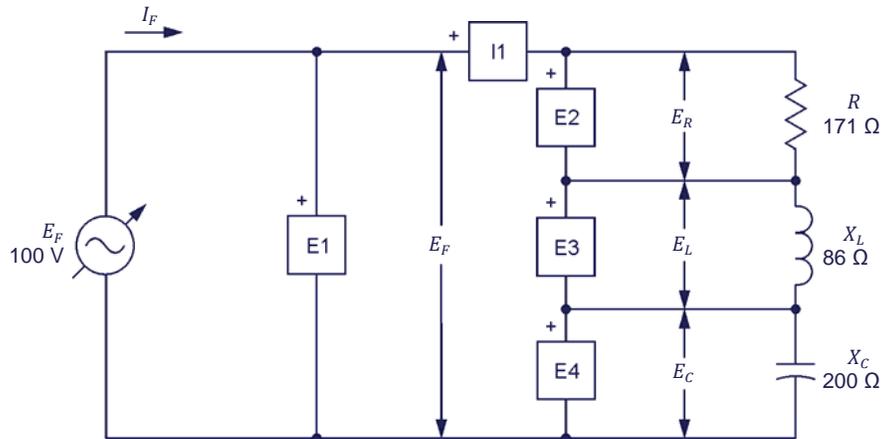


Figura 4-6. Circuito ca serie compuesto por un resistor, un inductor y un condensador y configuración necesaria para el análisis del circuito.

Ajuste los interruptores de la **Carga resistiva**, de la **Carga inductiva** y de la **Carga capacitiva** (o del módulo **Cargas inductivas y capacitivas**) para obtener los valores requeridos de resistencia, reactancia inductiva y reactancia capacitiva.

Utilice las entradas **E1**, **E2**, **E3**, **E4** e **I1** de la **Interfaz de adquisición de datos y de control** para medir la tensión de la fuente E_F , la tensión del resistor E_R , la tensión del inductor E_L , la tensión del condensador E_C y la corriente de la fuente I_F ($I_F = I_R = I_L = I_C$), respectivamente.

14. Resuelva el circuito mostrado en la figura 4-6 utilizando el método de cálculo de impedancia.

Reactancia equivalente $X_{Equi.} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

Impedancia $Z = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

Corriente de la fuente $I_F = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$

Potencia aparente $S = \underline{\hspace{2cm}} \text{ VA}$

Tensión del resistor $E_R = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

Potencia activa $P_R = P = \underline{\hspace{2cm}} \text{ W}$

Tensión del inductor $E_L = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

Potencia reactiva $Q_L = \underline{\hspace{2cm}} \text{ var}$

Tensión del condensador $E_C = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

Potencia reactiva $Q_C = \underline{\hspace{2cm}} \text{ var}$

Potencia reactiva total $Q = \underline{\hspace{2cm}} \text{ var}$

Factor de potencia $FP = \underline{\hspace{2cm}}$

15. En la ventana [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), active la fuente de alimentación ca.

Reajuste el valor del parámetro *Tensión en vacío* para que la tensión de la fuente de alimentación ca, E_F , (indicada por el medidor *E1* en la ventana [Aparatos de medición](#)) sea igual a 100 V.

16. En la ventana [Aparatos de medición](#), ajuste los medidores para medir los siguientes parámetros:

Tensión de la fuente $E_F = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

Tensión del resistor $E_R = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

Tensión del inductor $E_L = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

Tensión del condensador $E_C = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

Corriente de la fuente $I_F = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$

Potencia activa $P = \underline{\hspace{2cm}} \text{ W}$

Potencia del resistor $P_R = \underline{\hspace{2cm}} \text{ W}$

Potencia reactiva del inductor $Q_L = \underline{\hspace{2cm}}$ var

Potencia reactiva del condensador $Q_C = \underline{\hspace{2cm}}$ var

Potencia reactiva total $Q = \underline{\hspace{2cm}}$ var

Potencia aparente $S = \underline{\hspace{2cm}}$ VA

Factor de potencia $FP = \underline{\hspace{2cm}}$

17. Compare los parámetros medidos del circuito en los pasos anteriores con los valores calculados en el paso 14. ¿Los valores son similares?

- Sí No

18. En la ventana [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), desactive la fuente de alimentación ca.

19. Cierre el programa [LVDAC-EMS](#) y apague todo el equipo. Desconecte todos los cables y vuelva a guardarlos en su lugar de almacenaje.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio, aprendió cómo resolver circuitos ca simples en paralelo y serie utilizando el método de cálculo de impedancia del circuito.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. Un circuito de potencia ca está compuesto por un resistor ($R = 150 \Omega$) y un inductor ($X_L = 250 \Omega$) conectados en paralelo. Sabiendo que la tensión de fuente E_F es igual a 150 V, calcule la potencia aparente S del circuito utilizando el método de cálculo de impedancia.

2. Un circuito serie de potencia ca está compuesto por un resistor ($R = 100 \Omega$) y un condensador ($X_C = 225 \Omega$). Sabiendo que la tensión de la fuente E_F es igual a 100 V, calcule el factor de potencia FP del circuito utilizando el método de cálculo de impedancia.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

3. Un circuito de potencia ca está compuesto por un resistor ($R = 200 \Omega$), un inductor y un condensador conectados en paralelo. Sabiendo que la tensión de la fuente E_F es igual a 100 V y que la potencia reactiva total Q del circuito es 70,0 var, calcule la impedancia Z del circuito.

4. Un circuito serie de potencia ca está compuesto por un resistor ($R = 150 \Omega$), un inductor ($X_L = 250 \Omega$) y un condensador ($X_C = 200 \Omega$). Sabiendo que la potencia activa P disipada por el circuito es igual a 100 W, calcule la potencia aparente S del circuito.

5. Un circuito serie de potencia ca está compuesto por un resistor ($R = 250 \Omega$), un inductor ($X_L = 100 \Omega$) y un condensador ($X_C = 300 \Omega$). Sabiendo que la tensión de la fuente E_F es igual a 150 V, calcule el factor de potencia FP del circuito.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Solución de circuitos ca utilizando el método del triángulo de potencias

OBJETIVO DEL EJERCICIO Cuando usted haya completado este ejercicio, será capaz de resolver circuitos ca complejos mediante el método del triángulo de potencias.

RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS Los Principios de este ejercicio cubren los siguientes puntos:

- Solución de circuitos ca utilizando el método del triángulo de potencias

PRINCIPIOS Solución de circuitos ca utilizando el método del triángulo de potencias

La figura 4-7 muestra un circuito ca compuesto por un resistor, un inductor y dos condensadores.

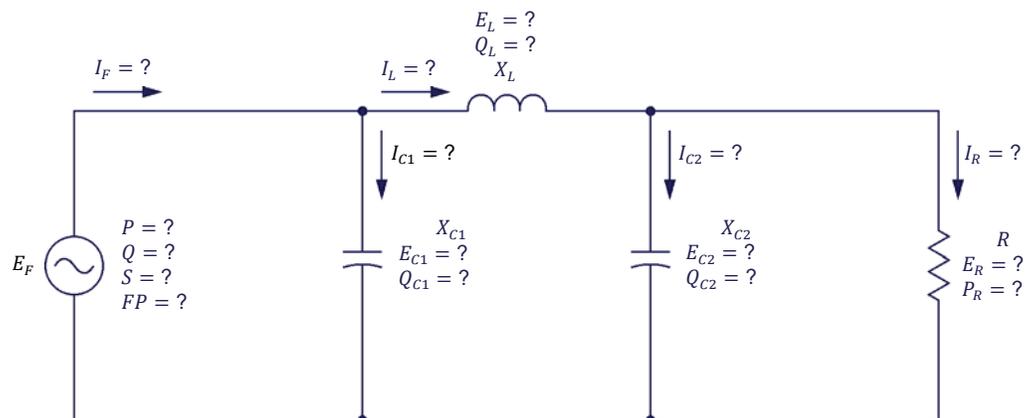


Figura 4-7. Circuito ca con un resistor, un inductor y dos condensadores.

La secuencia paso a paso para resolver el circuito ca de la figura 4-7 utilizando el método del triángulo de potencias se presenta más abajo. Los valores de la tensión de la fuente E_F , la resistencia R del resistor, la reactancia inductiva X_L del inductor y las reactancias capacitivas X_{C1} y X_{C2} de los condensadores están dados en el diagrama del circuito. Para resolver el circuito utilizando el método del triángulo de potencias, es necesario asumir un valor de tensión (determinado arbitrariamente) a través de uno de los componentes del circuito. En este ejemplo, la tensión E_R ($E_R = E_{C2}$) del resistor se asume igual a x V. Esto resulta en lo siguiente:

$$I_R = E_R/R = x/R$$

$$P_R = E_R \cdot I_R = x \cdot I_R$$

$$I_{C2} = E_{C2}/X_{C2} = x/X_{C2}$$

$$Q_{C2} = E_{C2} \cdot I_{C2} = x \cdot I_{C2}$$

$$S_{R-C2} = \sqrt{P_R^2 + Q_{C2}^2}$$

$$I_L = S_{R-C2}/E_R = S_{R-C2}/x$$

$$E_L = I_L \cdot X_L$$

$$Q_L = E_L \cdot I_L$$

$$S_{R-L-C2} = \sqrt{P_R^2 + (Q_L - Q_{C2})^2}$$

$$E_F = S_{R-L-C2}/I_L$$

$$I_{C1} = E_F/X_{C1}$$

$$Q_{C1} = E_F \cdot I_{C1}$$

$$P = P_R$$

$$Q = Q_L - (Q_{C1} + Q_{C2})$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$I_F = S/E_F$$

$$FP = P/S$$

Los resultados de los cálculos anteriores son válidos únicamente cuando la tensión real de la fuente es igual a la tensión de fuente E_F que se acaba de calcular ($E_{F,asumida}$) con el valor asumido de la tensión del resistor E_R . Sin embargo, todos los parámetros del circuito pueden recalcularse fácilmente para cualquier tensión de fuente E_F al aplicar un factor de $E_{F,real}/E_{F,asumida}$ a todos los valores de tensión y corriente calculados anteriormente.

Cómo lo demuestra el procedimiento anterior, es absolutamente necesario en ciertos puntos de los cálculos recurrir al triángulo de potencias para resolver el circuito ca completamente sin ningún cálculo vectorial. Por lo tanto, cuando se utiliza el método del triángulo de potencias, dicho triángulo constituye la clave para resolver totalmente el circuito sin necesidad de recurrir al cálculo vectorial.

Ejemplo

La figura 4-8 muestra un circuito ca compuesto por un resistor, un inductor y dos condensadores.

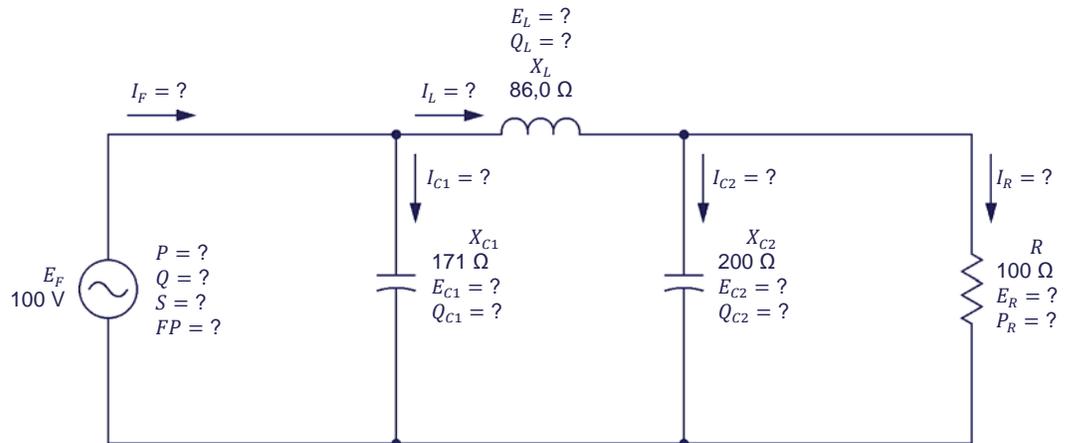


Figura 4-8. Circuito ca con un resistor, un inductor y dos condensadores.

La secuencia paso a paso para resolver el circuito ca de la figura 4-8 se muestra más abajo. En los cálculos se asume que la tensión E_R ($E_R = E_{C2}$) del resistor es igual a 40,0 V.

$$I_R = E_R / R = 40,0 \text{ V} / 100 \Omega = 0,40 \text{ A}$$

$$P_R = E_R \cdot I_R = 40,0 \text{ V} \cdot 0,40 \text{ A} = 16,0 \text{ W}$$

$$I_{C2} = E_{C2} / X_{C2} = 40,0 \text{ V} / 200 \Omega = 0,20 \text{ A}$$

$$Q_{C2} = E_{C2} \cdot I_{C2} = 40,0 \text{ V} \cdot 0,20 \text{ A} = 8,00 \text{ var}$$

$$S_{R-C2} = \sqrt{P_R^2 + Q_{C2}^2} = \sqrt{(16,0 \text{ W})^2 + (8,00 \text{ var})^2} = 17,9 \text{ VA}$$

$$I_L = S_{R-C2} / E_R = 17,9 \text{ VA} / 40,0 \text{ V} = 0,45 \text{ A}$$

$$E_L = I_L \cdot X_L = 0,45 \text{ A} \cdot 86,0 \Omega = 38,7 \text{ V}$$

$$Q_L = E_L \cdot I_L = 38,7 \text{ V} \cdot 0,45 \text{ A} = 17,4 \text{ var}$$

$$S_{R-L-C2} = \sqrt{P_R^2 + (Q_L - Q_{C2})^2} = \sqrt{(16,0 \text{ W})^2 + (17,4 \text{ var} - 8,00 \text{ var})^2} = 18,6 \text{ VA}$$

$$E_F = S_{R-L-C2} / I_L = 18,6 \text{ VA} / 0,45 \text{ A} = 41,3 \text{ V}$$

$$I_{C1} = E_F / X_{C1} = 41,3 \text{ V} / 171 \Omega = 0,24 \text{ A}$$

$$Q_{C1} = E_F \cdot I_{C1} = 41,3 \text{ V} \cdot 0,24 \text{ A} = 9,91 \text{ var}$$

$$P = P_R = 16,0 \text{ W}$$

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

$$Q = Q_L - (Q_{C1} + Q_{C2}) = 17,4 \text{ var} - (9,91 \text{ var} + 8,00 \text{ var}) = -0,51 \text{ var}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{(16,0 \text{ W})^2 + (0,51 \text{ var})^2} = 16,0 \text{ VA}$$

$$I_F = S/E_F = 16,0 \text{ VA}/41,3 \text{ V} = 0,39 \text{ A}$$

$$FP = P/S = 16,0 \text{ W}/16,0 \text{ VA} = 1,00$$

Los valores calculados anteriormente son válidos únicamente si la tensión de la fuente E_F es 41,3 V. Sabiendo que la tensión real E_F de la fuente es 100 V, la tensión E_R asumida en el resistor debe multiplicarse por el factor $E_{F,real}/E_{F,asumida}$ para obtener la tensión real E_R del resistor. La tensión real E_R del resistor es entonces igual a:

$$E_R = E_{R,asumida} \cdot (E_{F,real}/E_{F,asumida}) = 40,0 \text{ V} \cdot (100 \text{ V}/41,3 \text{ V}) = 96,9 \text{ V}$$

Todo el circuito puede ahora resolverse con el valor real de la tensión E_R .

$$I_R = E_R/R = 96,9 \text{ V}/100 \Omega = 0,97 \text{ A}$$

$$P_R = E_R \cdot I_R = 96,9 \text{ V} \cdot 0,97 \text{ A} = 94,0 \text{ W}$$

$$I_{C2} = E_{C2}/X_{C2} = 96,9 \text{ V}/200 \Omega = 0,48 \text{ A}$$

$$Q_{C2} = E_{C2} \cdot I_{C2} = 96,9 \text{ V} \cdot 0,48 \text{ A} = 46,5 \text{ var}$$

$$S_{R-C2} = \sqrt{P_R^2 + Q_{C2}^2} = \sqrt{(94,0 \text{ W})^2 + (46,5 \text{ var})^2} = 105 \text{ VA}$$

$$I_L = S_{R-C2}/E_R = 105 \text{ VA}/96,9 \text{ V} = 1,08 \text{ A}$$

$$E_L = I_L \cdot X_L = 1,08 \text{ A} \cdot 86 \Omega = 92,9 \text{ V}$$

$$Q_L = E_L \cdot I_L = 92,9 \text{ V} \cdot 1,08 \text{ A} = 100 \text{ var}$$

$$S_{R-L-C2} = \sqrt{P_R^2 + (Q_L - Q_{C2})^2} = \sqrt{(94,0 \text{ W})^2 + (100 \text{ var} - 46,5 \text{ var})^2} = 108 \text{ VA}$$

$$E_F = S_{R-L-C2}/I_L = 108 \text{ VA}/1,08 \text{ A} = 100 \text{ V}$$

El valor de la tensión de fuente E_F obtenida en el paso anterior confirma que la tensión real E_F de la fuente es efectivamente igual a 100 V cuando la tensión del resistor E_R es 96,9 V. Los parámetros de circuito restantes pueden calcularse entonces como:

$$I_{C1} = E_F/X_{C1} = 100 \text{ V}/171 \Omega = 0,58 \text{ A}$$

$$Q_{C1} = E_F \cdot I_{C1} = 100 \text{ V} \cdot 0,58 \text{ A} = 58,0 \text{ var}$$

$$P = P_R = 94,0 \text{ W}$$

$$Q = Q_L - (Q_{C1} + Q_{C2}) = 100 \text{ var} - (58,0 \text{ var} + 46,5 \text{ var}) = -4,50 \text{ var}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{(94,0 \text{ W})^2 + (-4,50 \text{ var})^2} = 94,1 \text{ VA}$$

$$I_F = S/E_F = 94,1 \text{ VA}/100 \text{ V} = 0,94 \text{ A}$$

$$FP = P/S = 94,0 \text{ W}/94,1 \text{ VA} = 1,00$$

RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

El Procedimiento está dividido en las secciones siguientes:

- Montaje y conexiones
- Solución de un circuito ca utilizando el método del triángulo de potencias

PROCEDIMIENTO



Durante este ejercicio de laboratorio estará en presencia de tensiones elevadas. No realice ni modifique ninguna conexión con las fichas tipo banana en los circuitos bajo tensión, salvo indicación contraria.

Montaje y conexiones

En esta sección, conectará un circuito ca compuesto por dos resistores, un inductor y un condensador y configurará el equipo necesario para medir todos los parámetros del circuito.

1. Consulte la tabla de utilización del equipo del Apéndice A con el fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio.

Instale el equipo necesario en el [Puesto de trabajo](#).

2. Asegúrese de que el interruptor de alimentación principal del [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) está en la posición **O** (apagado) y luego conecte la [Entrada de alimentación](#) a un tomacorriente ca.

Conecte la [Alimentación](#) de la [Interfaz de adquisición de datos y de control](#) a la fuente de alimentación de 24 V ca. Encienda la fuente de alimentación de 24 V ca.

3. Conecte el puerto USB de la [Interfaz de adquisición de datos y de control](#) a un puerto USB de la computadora.

Conecte el puerto USB del [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) al puerto USB de la computadora.

4. Encienda el [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), luego coloque el selector [Modo de operación](#) en [Fuente de alimentación](#).

Property of Festo Didactic

Sale and/or reproduction forbidden

5. Encienda la computadora y luego inicie el programa LVDAC-EMS.

En la ventana **Arranque de LVDAC-EMS**, asegúrese de que la **Interfaz de adquisición de datos y de control** y el **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes** hayan sido detectados. Asegúrese de que la función **Instrumentación computarizada** para la **Interfaz de adquisición de datos y de control** esté disponible. Además, seleccione la tensión y frecuencia que corresponden a la red ca local y luego haga clic en el botón **ACEPTAR** para cerrar la ventana **Arranque de LVDAC-EMS**.

6. Monte el circuito mostrado en la figura 4-9.

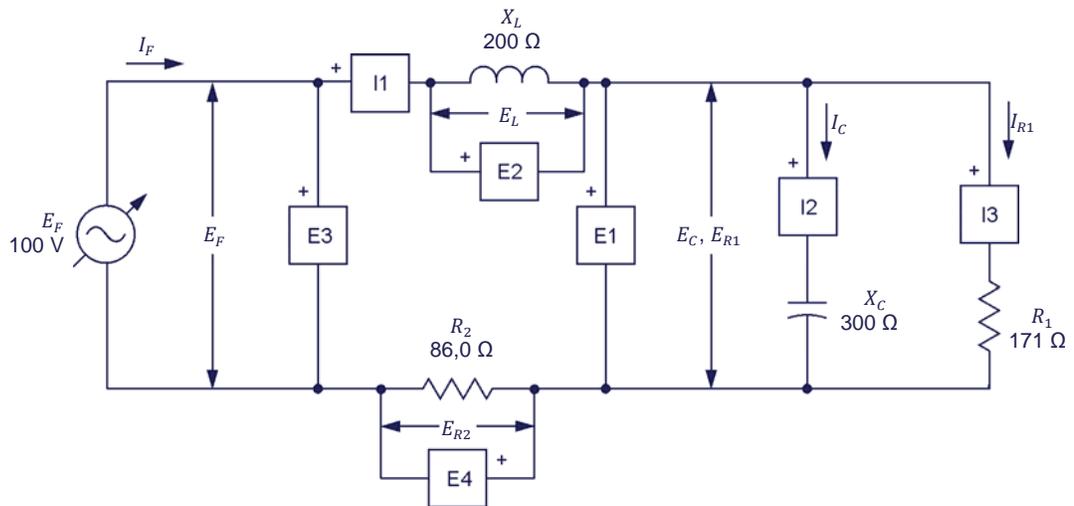


Figura 4-9. Circuito ca con dos resistores, un inductor y un condensador y configuración requerida para el análisis del circuito.

Ajuste los interruptores de la **Carga resistiva** y de la **Carga inductiva** y **Carga capacitiva** (o del módulo **Cargas inductivas y capacitivas**) para obtener los valores requeridos de resistencia, reactancia inductiva y reactancia capacitiva.

Utilice las entradas **E1**, **E2**, **E3** y **E4** de la **Interfaz de adquisición de datos y de control** para medir la tensión de la fuente E_F , la tensión del inductor E_L , la tensión del condensador E_C ($E_C = E_{R1}$) y la tensión E_{R2} del resistor R_2 , respectivamente. Utilice las entradas **I1**, **I2** e **I3** para medir la corriente de la fuente I_F ($I_F = I_L = I_{R2}$), la corriente del condensador I_C y la corriente I_{R1} del resistor R_1 , respectivamente.

7. En el programa LVDAC-EMS, abra la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes** y luego haga los ajustes siguientes:

- Ajuste el parámetro **Función** como **Fuente de alimentación ca**.
- Asegúrese de que el parámetro **Control de la tensión** esté ajustado en **Perilla**. Esto permite controlar manualmente la fuente de alimentación ca.

- Ajuste el parámetro *Tensión en vacío* en 100 V.
- Ajuste el parámetro *Frecuencia* a la misma frecuencia de la red ca local.
- No modifique los demás parámetros.

Solución de un circuito ca utilizando el método del triángulo de potencias

En esta sección, utilizará el método del triángulo de potencias para resolver el circuito configurado en la sección anterior. Luego, medirá los parámetros del circuito y comparará estos valores con los calculados.

8. Resuelva el circuito de la figura 4-9 utilizando el método del triángulo de potencias. Asuma que la tensión del condensador E_C ($E_C = E_{R1}$) es igual a 50,0 V.

Corriente del resistor $I_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$ A

Potencia activa $P_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$ W

Corriente del condensador $I_C = \underline{\hspace{2cm}}$ A

Potencia reactiva $Q_C = \underline{\hspace{2cm}}$ var

Potencia aparente $S_{R1-C} = \underline{\hspace{2cm}}$ VA

Corriente de la fuente $I_F = I_L = I_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$ A

Tensión del inductor $E_L = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Potencia reactiva $Q_L = \underline{\hspace{2cm}}$ var

Tensión del resistor $E_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Potencia activa $P_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$ W

Potencia activa $P = \underline{\hspace{2cm}}$ W

Potencia reactiva $Q = \underline{\hspace{2cm}}$ var

Potencia aparente $S = \underline{\hspace{2cm}}$ VA

Tensión de la fuente $E_F = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Factor de potencia $FP = \underline{\hspace{2cm}}$

9. En el programa LVDAC-EMS, abra la ventana **Aparatos de medición**. Ajuste el medidor **E3** para medir el valor rms de la tensión de la fuente de alimentación, E_F .

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, active la fuente de alimentación ca. Reajuste el valor del parámetro **Tensión en vacío** para que la tensión de la fuente de alimentación ca, E_F , (indicada por el medidor **E3** en la ventana **Aparatos de medición**) sea de 100 V.

10. En la ventana **Aparatos de medición**, ajuste los instrumentos para medir los parámetros siguientes:

Tensión del resistor $E_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Tensión del condensador $E_C = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Tensión del inductor $E_L = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Tensión de la fuente $E_F = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Tensión del resistor $E_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$ V

Corriente de la fuente $I_F = \underline{\hspace{2cm}}$ A

Corriente del condensador $I_C = \underline{\hspace{2cm}}$ A

Corriente del resistor $I_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$ A

Potencia activa $P_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$ W

Potencia activa $P_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$ W

Potencia reactiva $Q_L = \underline{\hspace{2cm}}$ var

Potencia reactiva $Q_C = \underline{\hspace{2cm}}$ var

Potencia activa $P = \underline{\hspace{2cm}}$ W

Potencia reactiva $Q = \underline{\hspace{2cm}}$ var

Potencia aparente $S = \underline{\hspace{2cm}}$ VA

Factor de potencia $FP = \underline{\hspace{2cm}}$

11. Compare los parámetros del circuito medidos en el paso anterior con los parámetros calculados en el paso 8. ¿Los valores son similares?

Sí No

2. Calcule la tensión de la fuente E_F del circuito de la figura 4-10, asumiendo que la tensión del resistor E_R sigue siendo 60 V.

3. Calcule la potencia reactiva Q real del circuito de la figura 4-10 utilizando los parámetros calculados en las preguntas anteriores.

4. Calcule la tensión real E_F de la fuente en el circuito ca de la figura 4-10 utilizando los parámetros calculados en las preguntas anteriores.

5. Calcule el factor de potencia FP del circuito ca de la figura 4-10 utilizando los parámetros calculados en las preguntas anteriores.

Examen de la unidad

Las primeras tres preguntas de este examen están relacionadas con la siguiente figura:

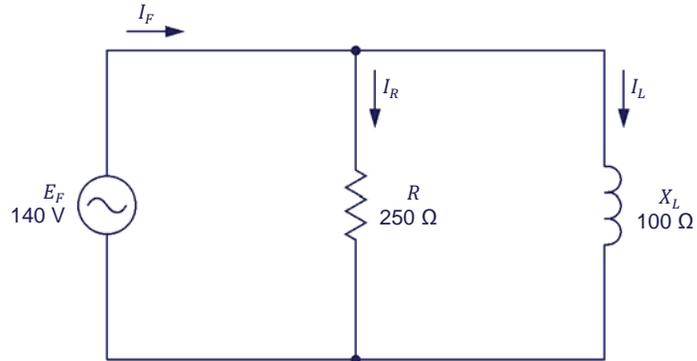


Figura 4-11. Circuito ca paralelo compuesto por un resistor y un inductor.

1. Calcule la potencia activa P disipada por el resistor en el circuito de la figura 4-11.
 - a. $P = 56,0 \text{ W}$
 - b. $P = 92,8 \text{ W}$
 - c. $P = 78,4 \text{ W}$
 - d. $P = 140 \text{ W}$

2. Calcule la impedancia Z del circuito de la figura 4-11.
 - a. $Z = 92,8 \Omega$
 - b. $Z = 269 \Omega$
 - c. $Z = 250 \Omega$
 - d. $Z = 78,4 \Omega$

3. Calcule la potencia aparente S del circuito de la figura 4-11.
 - a. $S = 196 \text{ VA}$
 - b. $S = 78,4 \text{ VA}$
 - c. $S = 350 \text{ VA}$
 - d. $S = 211 \text{ VA}$

De la pregunta cuatro a la número diez de este examen, consulte la siguiente figura:

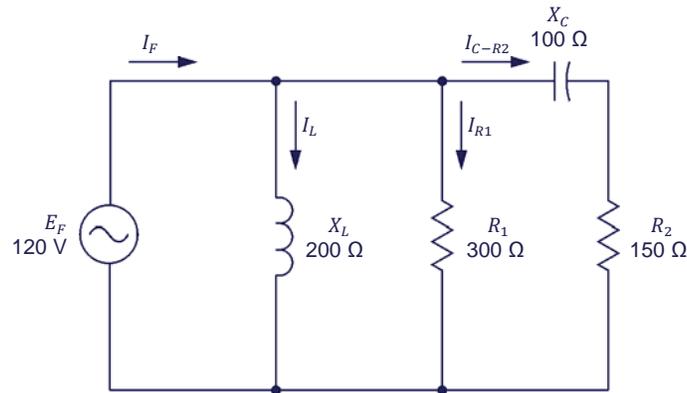


Figura 4-12. Circuito ca con dos resistores, un inductor y un condensador.

4. Calcule la potencia activa P_{R_2} disipada por el segundo resistor (R_2) del circuito de la figura 4-12.
 - a. $P_{R_2} = 66,5 \text{ W}$
 - b. $P_{R_2} = 33,3 \text{ W}$
 - c. $P_{R_2} = 44,4 \text{ W}$
 - d. $P_{R_2} = 48,2 \text{ W}$

5. Calcule la potencia aparente S_{C-R_2} del condensador y el segundo resistor (R_2) en el circuito de la figura 4-12.
 - a. $S_{C-R_2} = 44,4 \text{ VA}$
 - b. $S_{C-R_2} = 79,9 \text{ VA}$
 - c. $S_{C-R_2} = 120 \text{ VA}$
 - d. $S_{C-R_2} = 160 \text{ VA}$

6. Calcule la potencia activa P_{R_1} disipada por el primer resistor (R_1) del circuito de la figura 4-12.
 - a. $P_{R_1} = 66,6 \text{ W}$
 - b. $P_{R_1} = 115 \text{ W}$
 - c. $P_{R_1} = 12,0 \text{ W}$
 - d. $P_{R_1} = 48,0 \text{ W}$

7. Calcule la potencia reactiva total Q del circuito de la figura 4-12.
 - a. $Q = 44,4 \text{ var}$
 - b. $Q = 72,2 \text{ var}$
 - c. $Q = 27,7 \text{ var}$
 - d. $Q = 118 \text{ var}$

8. Calcule la potencia aparente S del circuito de la figura 4-12.
- a. $S = 29,5 \text{ VA}$
 - b. $S = 118 \text{ VA}$
 - c. $S = 164 \text{ VA}$
 - d. $S = 80,1 \text{ VA}$
9. Calcule la corriente de la fuente I_F del circuito de la figura 4-12.
- a. $I_F = 0,98 \text{ A}$
 - b. $I_F = 0,40 \text{ A}$
 - c. $I_F = 0,67 \text{ A}$
 - d. $I_F = 0,60 \text{ A}$
10. Calcule el factor de potencia FP del circuito de la figura 4-12.
- a. $FP = 0,24$
 - b. $FP = 0,85$
 - c. $FP = 0,97$
 - d. $FP = 0,67$

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Tabla de utilización del equipo

Equipo		Ejercicio									
Modelo	Descripción	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	2-3	3-1	3-2	4-1	4-2
8131 ⁽¹⁾	Puesto de trabajo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8311 ⁽²⁾	Carga resistiva	1	1	1			1	1	1	1	1
8321 ⁽³⁾	Carga inductiva		1		1		1	1	1	1	1
8331 ⁽³⁾	Carga capacitiva		1			1	1	1	1	1	1
8333 ⁽⁴⁾	Cargas inductivas y capacitivas		1		1	1	1	1	1	1	1
8951-L	Cables de conexión	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8960-C ⁽⁵⁾	Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8990	Computadora	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9063-B ⁽⁶⁾	Interfaz de adquisición de datos y de control	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30004-2	Fuente de alimentación de 24 V ca	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

- (1) También se pueden utilizar los Puestos de trabajo modelos 8110 y 8134.
- (2) Unidad de carga resistiva de baja tensión nominal (120 V). Utilice la variante del modelo -00, -01, -02 o A0.
- (3) La Carga inductiva, modelo 8321 y la Carga capacitiva, modelo 8331, solo se utilizan cuando la red de alimentación ca es de 120 V – 60 Hz.
- (4) El modulo Cargas inductivas y capacitivas, modelo 8333, solo se utiliza cuando la red de alimentación local ca es de 220 V – 50 Hz, 240 V – 50 Hz, o 220 V – 60 Hz.
- (5) El modelo 8960-C consiste en el Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes, modelo 8960-2, con los conjuntos Funciones estándares (control manual), modelo 8968-1, y Funciones estándares (control computarizado), modelo 8968-2.
- (6) El modelo 9063-B consiste en la Interfaz de adquisición de datos y de control, modelo 9063, con el conjunto de funciones Instrumentación computarizada, modelo 9069-1.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Glosario de términos nuevos

adelanto	Una onda sinusoidal en adelanto es aquella cuyo ángulo de fase es mayor que el de la onda sinusoidal de referencia. En otras palabras, una onda sinusoidal en adelanto se produce antes que la onda sinusoidal de referencia. En una gráfica, o en la pantalla de un osciloscopio, una onda en adelanto está desplazada hacia la izquierda con respecto a la de referencia.
amplitud	La amplitud A de una onda sinusoidal es el valor máximo alcanzado por la onda durante su ciclo. El valor máximo es el mismo para las medias ondas positiva y negativa del ciclo, excepto que su signo, o polaridad, cambia de positivo (+) a negativo (-).
ángulo de fase	El ángulo de fase θ de una onda sinusoidal determina el valor inicial (es decir, el valor en $t = 0$) de la onda. En otras palabras, el ángulo de fase θ determina cuánto la onda sinusoidal se ha alejado del 0 para el tiempo $t = 0$ y, por lo tanto, determina la posición en el tiempo de la onda sinusoidal.
capacitancia	La característica principal de un condensador es su capacitancia C , expresada en microfaradios (μF). La capacitancia es uno de los factores principales que determinan la oposición al flujo de corriente en un condensador, es decir, su reactancia capacitiva X_C .
condensador	Un condensador consiste básicamente en dos placas de un material conductor (generalmente un metal) separadas por un material aislante. En un circuito ca, los condensadores, al igual que los inductores, se oponen al flujo de corriente. La oposición al flujo de corriente de un condensador está determinada por su capacitancia. La corriente que fluye por un condensador se adelanta 90° con respecto a la tensión.
desfase	El desfase entre dos ondas sinusoidales de la misma frecuencia mide la diferencia entre los ángulos de fase de cada una de las ondas sinusoidales. El desfase indica la medida de la separación en el tiempo entre dos ondas sinusoidales, así como la relación entre las mismas, es decir, en adelanto, en retraso o en fase.
factor de potencia	El factor de potencia FP de un circuito es la razón entre la potencia activa P y la potencia aparente S del circuito ($FP = P/S$). El factor de potencia FP de un circuito es una cantidad adimensional que varía entre 0 (indicando un circuito puramente reactivo) y 1 (indicando un circuito puramente resistivo).
fasor	Un fasor es un vector con origen en el centro (0,0) del plano cartesiano. El fasor se utiliza para representar una onda sinusoidal cuya amplitud A , ángulo de fase θ y frecuencia f no varían en el tiempo (por ejemplo, la tensión, la corriente o la potencia de un componente del circuito).
frecuencia	La frecuencia f de una onda sinusoidal, expresada en hercios (Hz), indica el número de veces que la onda repite su ciclo en un segundo. La frecuencia de una onda sinusoidal es inversamente proporcional a su periodo ($f = 1/T$).

impedancia	La impedancia Z es la oposición total al flujo de corriente causada por un conjunto de componentes resistivos y reactivos en un circuito ca. La impedancia se mide en ohmios Ω .
inductancia	La característica principal de un inductor es su inductancia L , expresada en henrios (H). La inductancia es uno de los factores principales que determinan la oposición al flujo de corriente de un inductor, es decir, su reactancia inductiva X_L .
inductor	Un inductor consiste básicamente en un arrollamiento de alambre alrededor de un núcleo de hierro. En un circuito ca, los inductores, al igual que los condensadores, se oponen al flujo de corriente. La oposición al flujo de corriente de un inductor está determinada por su inductancia. La corriente que fluye por un inductor se retrasa aproximadamente 90° en referencia con la tensión a través del mismo.
media onda negativa	La media onda negativa del ciclo de una onda sinusoidal es la porción de onda con un signo o polaridad negativa (-).
media onda positiva	La media onda positiva de una onda sinusoidal es la porción del ciclo de la onda que tiene un signo o polaridad positiva (+).
periodo	El periodo T de una onda sinusoidal, expresado en segundos (s), indica el tiempo requerido por dicha onda para completar un ciclo completo. El periodo de una onda sinusoidal es inversamente proporcional a su frecuencia ($T = 1/f$).
potencia activa	La potencia disipada en un elemento resistivo se denomina potencia activa P y se expresa en vatios (W). La potencia activa, a diferencia de la potencia reactiva, es utilizada por el elemento resistivo para realizar un trabajo y no retorna a la fuente. La cantidad de potencia activa en un componente es igual al promedio de la forma de onda de potencia y se puede determinar multiplicando los valores rms de tensión y corriente del componente relacionado.
potencia aparente	La potencia aparente S en un circuito ca es igual a la suma vectorial de la potencia activa y la potencia reactiva del circuito. La potencia aparente S se expresa en voltio-amperios (VA) y puede calcularse utilizando la siguiente ecuación: $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$.
potencia instantánea	La potencia instantánea P es el producto de los valores rms de tensión y corriente relativos a un componente del circuito en cada instante del ciclo de una onda sinusoidal. La forma de onda de la potencia instantánea P (o forma de onda de potencia) es igual al cuadrado de una onda sinusoidal con una frecuencia igual al doble de la frecuencia de la fuente.
potencia promedio	La potencia promedio $P_{Prom.}$ suministrada a un componente de un circuito corresponde al valor promedio de la onda de potencia relativa al componente y es igual a la potencia activa disipada por el mismo. Por lo tanto, en un componente puramente resistivo, la potencia promedio es igual al producto de sus valores rms de tensión y corriente. En el caso de componentes puramente reactivos, la potencia promedio es nula o cero.

Property of Festo Didactic

Sale and/or reproduction forbidden

potencia reactiva	La potencia de un componente reactivo (un inductor o un condensador) se denomina potencia reactiva Q , y se expresa en voltio-amperios reactivos (var). La potencia reactiva, a diferencia de la potencia activa, no es utilizada por el componente reactivo para realizar un trabajo y, por lo tanto, regresa a la fuente. La cantidad de potencia reactiva en un componente se puede determinar multiplicando sus valores rms de tensión y corriente.
reactancia	En un circuito ca, la reactancia X de un componente determina su oposición al flujo de corriente. La reactancia puede ser de dos tipos, inductiva o capacitiva y se expresa en ohmios (Ω).
reactancia capacitiva	La reactancia capacitiva X_C de un condensador determina su oposición al flujo de corriente en un circuito ca y se expresa en ohmios. La reactancia capacitiva X_C es inversamente proporcional a la capacitancia C del condensador y a la frecuencia f de la fuente de alimentación ca ($X_C = 1/2\pi fC$).
reactancia inductiva	La reactancia inductiva X_L de un inductor determina su oposición al flujo de corriente en un circuito ca y se expresa en ohmios. La reactancia inductiva X_L es directamente proporcional a la inductancia L del inductor y a la frecuencia f de la fuente de alimentación ca ($X_L = 2\pi fL$).
retraso	Una onda sinusoidal en retraso es aquella cuyo ángulo de fase es menor que el de la onda sinusoidal de referencia. En otras palabras, una onda sinusoidal en retraso se produce después que la onda sinusoidal de referencia. En una gráfica, o en la pantalla de un osciloscopio, una onda en retraso está desplazada hacia la derecha con respecto a la de referencia.
triángulo de potencias	El triángulo de potencias de un circuito ca es una representación trigonométrica de la relación entre las potencias activa P , reactiva Q y aparente S (el lado adyacente, el lado opuesto y la hipotenusa de un triángulo rectángulo, respectivamente) del circuito. Al usar las leyes trigonométricas, es posible calcular la longitud de un lado del triángulo si se conocen los otros.
vector	Un vector es la representación gráfica de una cantidad mediante una magnitud y una dirección.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Tabla de impedancia para los módulos de carga

La siguiente tabla lista los valores de impedancia que pueden obtenerse usando la Carga resistiva, modelo 8311, la Carga inductiva, modelo 8321, y la Carga capacitiva, modelo 8331. La figura C-1 muestra los elementos de carga y sus conexiones. Se pueden utilizar otras combinaciones en paralelo para obtener los mismos valores de impedancia listados.

Tabla C-1. Tabla de impedancia para los módulos de carga.

Impedancia (Ω)			Posición de los interruptores								
120 V 60 Hz	220 V 50 Hz/60 Hz	240 V 50 Hz	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1200	4400	4800									
600	2200	2400									
300	1100	1200									
400	1467	1600									
240	880	960									
200	733	800									
171	629	686									
150	550	600									
133	489	533									
120	440	480									
109	400	436									
100	367	400									
92	338	369									
86	314	343									
80	293	320									
75	275	300									
71	259	282									
67	244	267									
63	232	253									
60	220	240									
57	210	229									

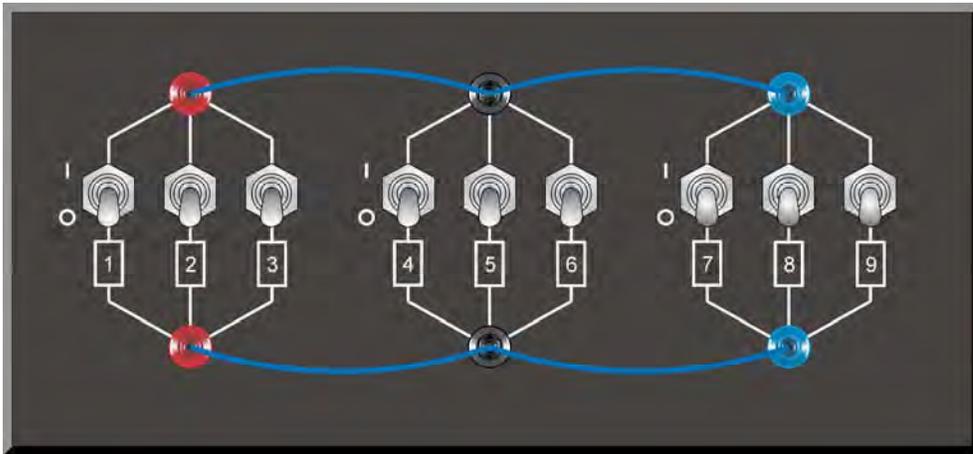


Figura C-1. Ubicación de los elementos de carga en la Carga resistiva, Carga inductiva y Carga capacitiva, modelos 8311, 8321 y 8331, respectivamente.

En la figura C-2 aparecen los elementos de carga y las conexiones cuando se utiliza el módulo Cargas inductivas y capacitivas, modelo 8333. Con este modelo también se pueden obtener todos los valores de impedancia del apéndice C que emplean dos o menos bancos de elementos.

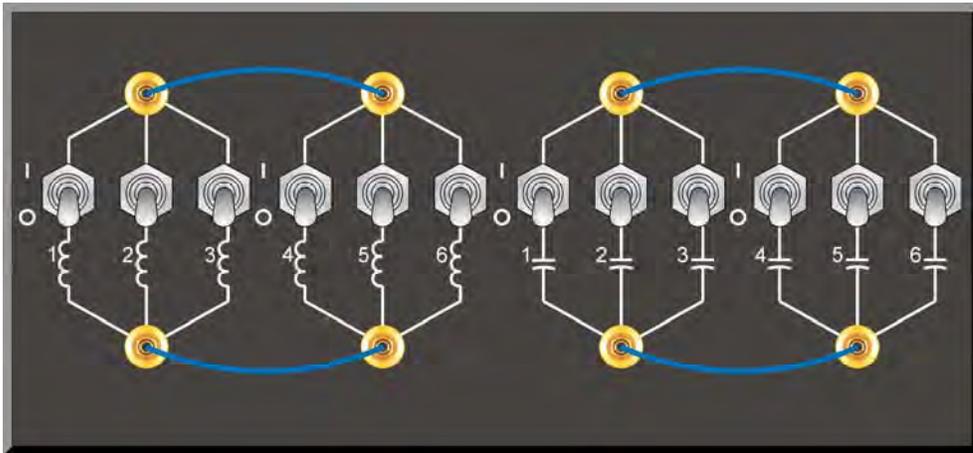


Figura C-2. Ubicación de los elementos de carga en el módulo Cargas inductivas y capacitivas, modelo 8333.

Cálculos vectoriales

Como se mencionó en el Ejercicio 2-3, cada parámetro de un circuito de potencia ca (por ejemplo, tensión, corriente, potencia) puede representarse como un fasor, es decir, un vector con inicio en el origen (0, 0) del plano cartesiano. La longitud del fasor está determinada por la magnitud del parámetro que el fasor representa, mientras que su posición angular (dirección) la determina el ángulo de fase del parámetro. El eje horizontal del plano cartesiano se denomina eje real y el vertical eje imaginario.

Para realizar operaciones matemáticas con uno o más fasores (como se requiere en el Ejercicio 2-3 y en el Ejercicio 3-2), es necesario representar los fasores en su forma polar. Un fasor P se expresa en forma polar del siguiente modo:

$$P = C \angle \theta$$

- donde
- P es el fasor.
 - C es la magnitud escalar del fasor (correspondiente al valor del parámetro que el fasor representa).
 - θ es el ángulo del fasor respecto al eje horizontal, expresado en grados ($^{\circ}$).

Por ejemplo, considere la siguiente figura que muestra los fasores de resistencia R , reactancia inductiva X_L e impedancia Z de un resistor y un inductor conectados en serie.

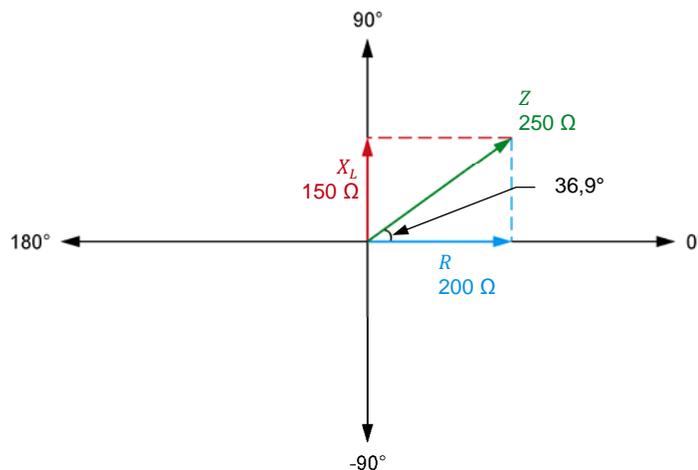


Figura D-1. Diagrama de fasores de la resistencia R , reactancia inductiva X_L e impedancia Z de un resistor y un inductor conectados en serie.

En la figura D-1, la forma polar del fasor de resistencia R es $200 \angle 0^\circ$, mientras que la forma polar del fasor de reactancia inductiva X_L es $150 \angle 90^\circ$. El ángulo θ de la impedancia Z puede calcularse utilizando el Teorema de Pitágoras [$\theta = \tan^{-1}(150/200) = 36,9^\circ$]. La forma polar del fasor de impedancia Z es entonces $250 \angle 36,9^\circ$.

Cuando el valor del ángulo θ de un fasor es negativo, indica que el fasor tiene un valor negativo en el eje vertical. La notación polar de la reactancia capacitiva X_C de un condensador es entonces $X_C \angle -90^\circ$.

División vectorial

En el Ejercicio 2-3, es necesario dividir fasores para obtener los diagramas de fasores de un resistor, un inductor y un condensador. Cuando se dividen dos fasores $P_1 (C \angle \theta_1)$ y $P_2 (D \angle \theta_2)$, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{C \angle \theta_1}{D \angle \theta_2} = \frac{C}{D} \angle (\theta_1 - \theta_2)$$

La figura D-2 muestra el diagrama de fasores de un inductor ideal en un circuito ca.

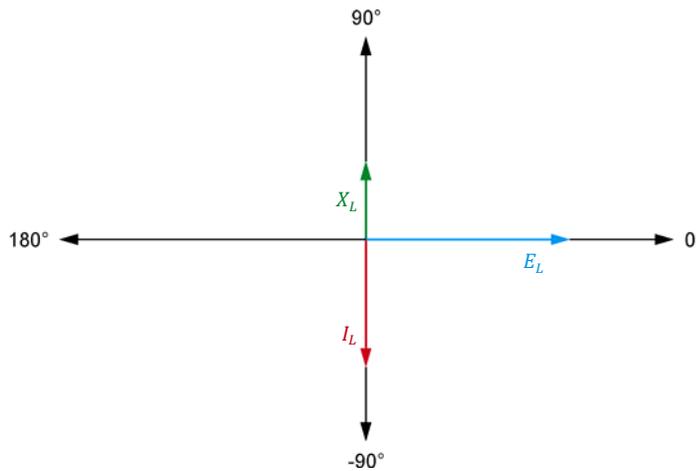


Figura D-2. Diagrama de fasores de la tensión E_L , corriente I_L y reactancia inductiva X_L de un inductor.

La figura D-2 muestra que el fasor de reactancia inductiva X_L está 180° desfasado con respecto al fasor de corriente del inductor I_L . Esto se debe a que la reactancia inductiva X_L resulta de la división entre el fasor de tensión y el fasor de corriente del inductor, como muestran los siguientes cálculos.

$$X_L = \frac{E_L}{I_L} = \frac{E_L \angle 0^\circ}{I_L \angle -90^\circ} = \frac{E_L}{I_L} \angle 0^\circ - (-90^\circ)$$

$$X_L = \frac{E_L}{I_L} \angle 90^\circ$$

Igualmente, el fasor de reactancia capacitiva X_C de un condensador también está 180° desfasado respecto a la corriente del condensador I_C , como muestran los siguientes cálculos.

$$X_C = \frac{E_C}{I_C} = \frac{E_C \angle 0^\circ}{I_C \angle 90^\circ} = \frac{E_C}{I_C} \angle 0^\circ - (90^\circ)$$

$$X_C = \frac{E_C}{I_C} \angle -90^\circ$$

Multiplicación vectorial

En el Ejercicio 3-2, es necesario multiplicar fasores para obtener los diagramas de fasores de potencias activa y reactiva de un circuito ca. Cuando se multiplican dos fasores $P_1 (C \angle \theta_1)$ y $P_2 (D \angle \theta_2)$, se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_1 \cdot P_2 = C \angle \theta_1 \cdot D \angle \theta_2 = (C \cdot D) \angle (\theta_1 + \theta_2)$$

La figura D-3 muestra un circuito ca con un condensador y los diagramas de fasores relativos al condensador.

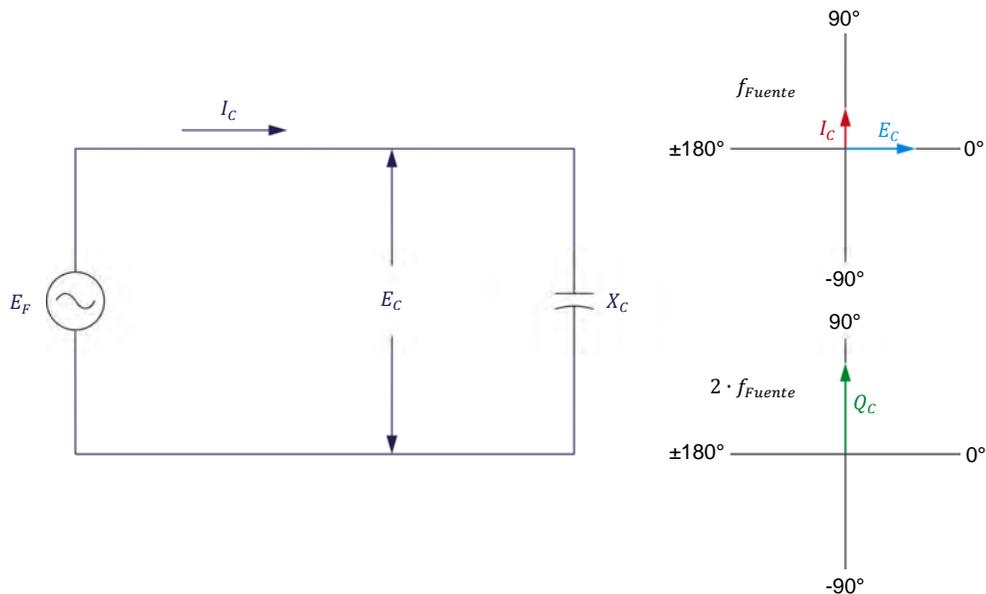


Figura D-3. Circuito ca con un condensador y diagramas de fasores relativos al condensador.

La figura D-3 muestra que el ángulo de fase (90°) del fasor que representa la potencia reactiva Q_C del condensador es igual al del fasor de corriente del condensador I_C . Esto se debe a que la potencia reactiva Q_C resulta de la multiplicación de los fasores de tensión E_C y corriente I_C del condensador, como se muestra en los siguientes cálculos.

$$Q_C = E_C \cdot I_C = E_C \angle 0^\circ \cdot I_C \angle 90^\circ = (E_C \cdot I_C) \angle (0^\circ + 90^\circ)$$

$$Q_C = (E_C \cdot I_C) \angle 90^\circ$$

Igualmente, el ángulo de fase (-90°) del fasor que representa la potencia reactiva Q_L de un inductor es igual al del fasor de corriente del inductor I_L , como se muestra en los siguientes cálculos.

$$Q_L = E_L \cdot I_L = E_L \angle 0^\circ \cdot I_L \angle -90^\circ = (E_L \cdot I_L) \angle [0^\circ + (-90^\circ)]$$

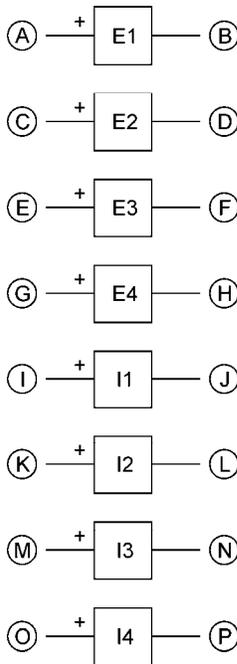
$$Q_L = (E_L \cdot I_L) \angle -90^\circ$$

Símbolos de los diagramas de circuitos

En los diagramas de circuitos de este manual se utilizan diferentes tipos de símbolos. Cada símbolo es la representación funcional de un dispositivo eléctrico específico que se puede implementar con los equipos. El empleo de estos símbolos simplifica de manera importante las interconexiones que se deben mostrar en los diagramas de los circuitos y, por lo tanto, facilita la comprensión del funcionamiento de esos circuitos.

Para cada símbolo, a excepción de los que representan fuentes de alimentación, resistores, inductores y condensadores, este apéndice da el nombre del dispositivo que el símbolo representa así como los equipos requeridos y las conexiones necesarias para conectar adecuadamente cada dispositivo al circuito. Observe que los terminales de cada símbolo están identificados mediante letras encerradas en un círculo. Esas mismas letras identifican los terminales correspondientes del diagrama de Equipos y conexiones. Tenga en cuenta además, que cuando el diagrama de Equipos y conexiones contiene cifras, éstas corresponden a los números de terminales serigrafados en el equipamiento real.

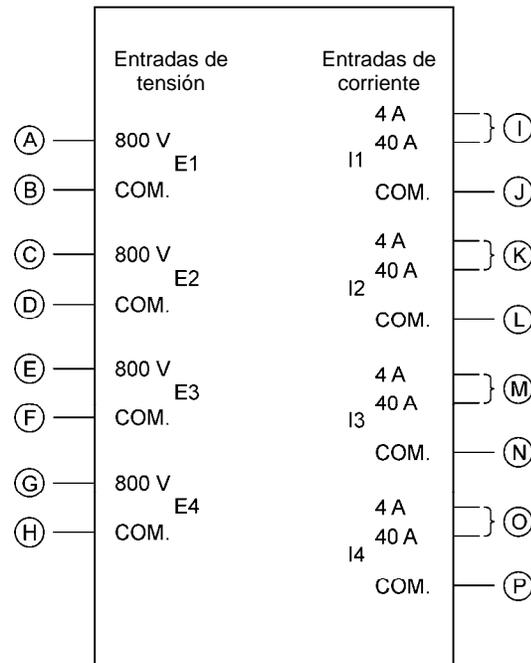
Símbolo



Entradas aisladas para medición de tensión y corriente

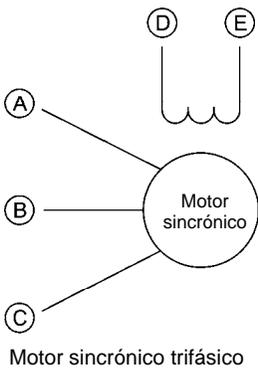
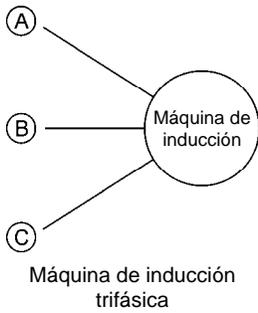
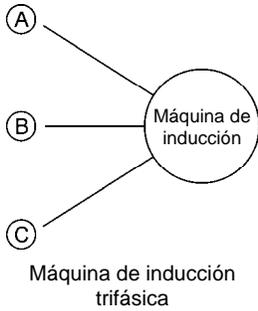
Equipos y conexiones

Interfaz de adquisición de datos y de control (9063)

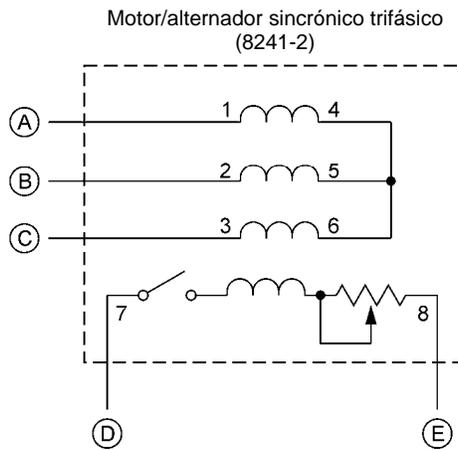
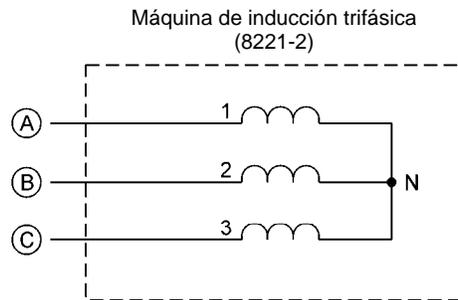
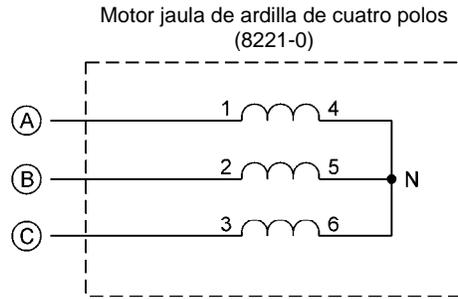


Cuando la corriente de una de las entradas I1, I2, I3 o I4 supera los 4 A de forma permanente o momentánea, utilice el terminal de entrada de 40 A y ajuste el parámetro Gama de la entrada correspondiente en Alta en la pantalla Ajustes de la Interfaz de adquisición de datos y de control del software LVDAC-EMS.

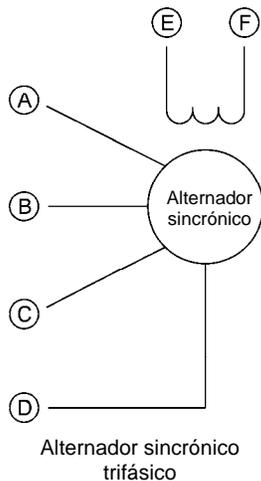
Símbolo



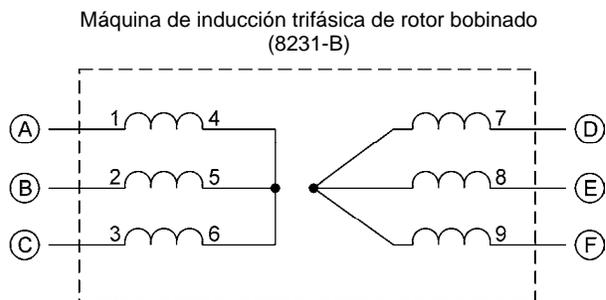
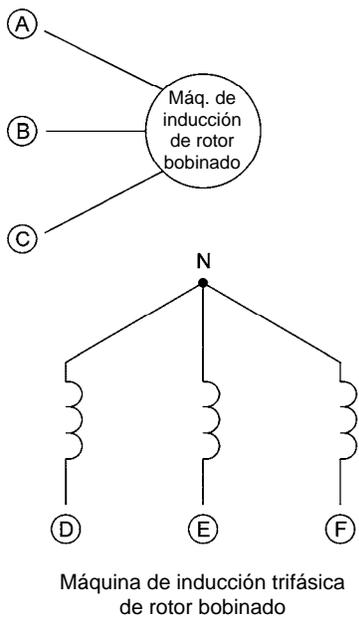
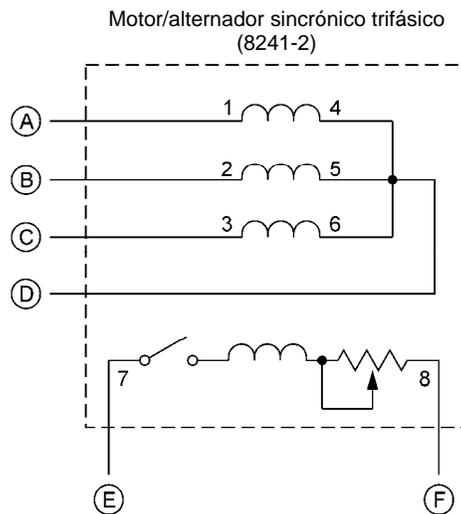
Equipos y conexiones



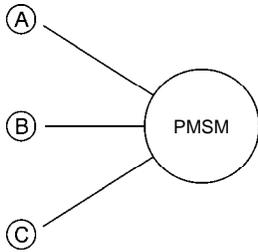
Símbolo



Equipos y conexiones



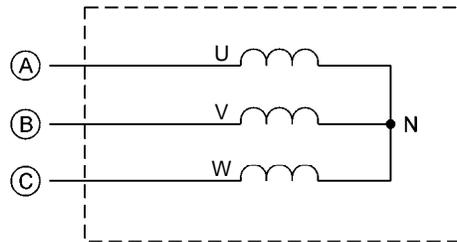
Símbolo



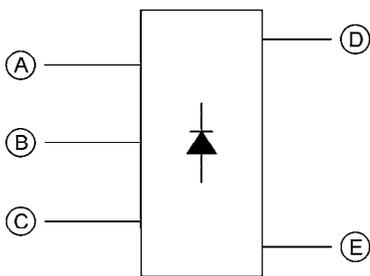
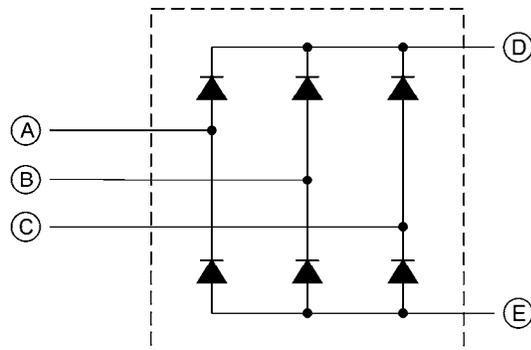
Máquina sincrónica de imán permanente

Equipos y conexiones

Máquina sincrónica de imán permanente (8245)

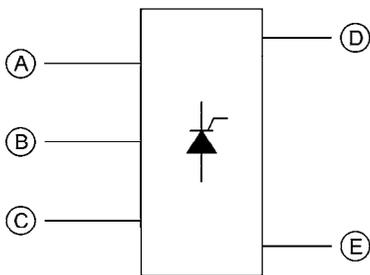
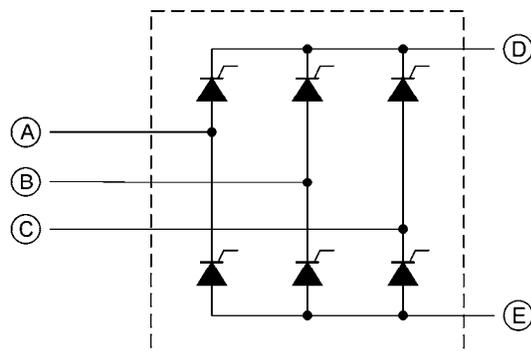


Rectificador y condensadores de filtrado (8842-A)



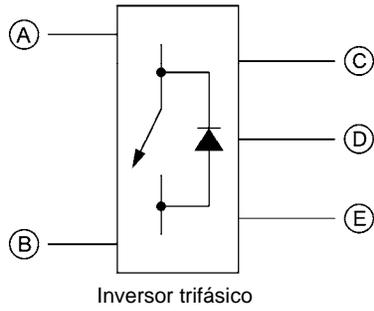
Rectificador trifásico de onda completa con diodos de potencia

Tiristores de potencia (8841)

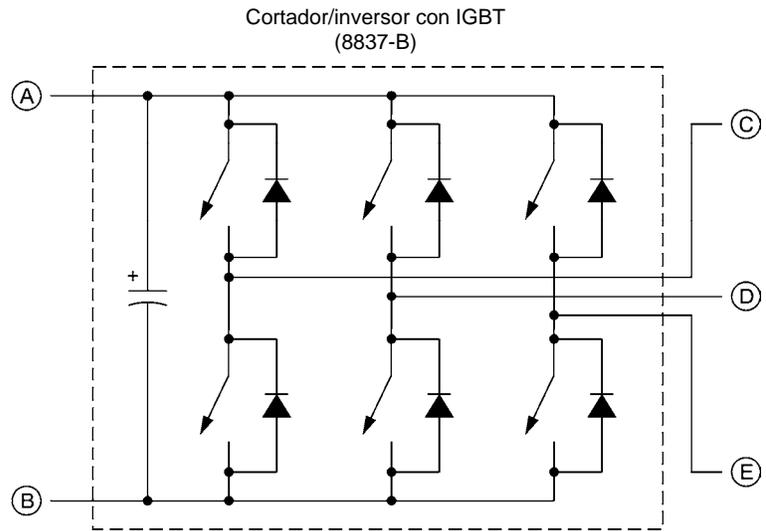


Puente trifásico de tiristores de potencia

Símbolo



Equipos y conexiones



Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Índice de términos nuevos



El número de página en negrita indica la entrada principal. Remítase al Glosario de términos nuevos para las definiciones de los términos correspondientes.

adelanto	21, 23 , 24, 113
amplitud.....	1, 5, 8 , 9, 10, 23
ángulo de fase.....	21 , 22, 23, 24, 71, 111, 112, 113
capacitancia	61
condensador	37, 47 , 48, 49, 61, 76, 143, 145
desfase.....	21, 23 , 24, 47, 52, 62, 95
factor de potencia.....	95, 111, 115 , 129
fasor	5 , 6, 23, 71, 72, 73, 76, 111, 112, 113
frecuencia.....	1, 3 , 5, 8, 11, 23, 24, 36, 47, 51, 61, 95, 98, 111, 112, 113
impedancia.....	49 , 71, 75, 76, 78, 129, 131, 132, 133, 134
inductancia	47, 51 , 52
inductor	37, 47 , 48, 49, 51, 52, 76, 99, 113
media onda negativa.....	2 , 8, 35
media onda positiva	2 , 8, 35
periodo	1, 5, 8 , 11, 23, 24, 36
potencia activa	95 , 97, 98, 99, 100, 111, 114, 115
potencia aparente	95 , 114, 115
potencia instantánea.....	35 , 36, 97, 98, 99
potencia promedio.....	1, 35 , 36, 37, 97, 98, 99
potencia reactiva	95 , 97, 99, 100, 112, 113, 114, 115
reactancia.....	47, 49 , 51, 52, 61, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 131, 133, 143
reactancia capacitiva.....	47, 49 , 61, 73, 74, 133
reactancia inductiva	47, 49 , 51, 52, 61, 72, 73, 74, 76, 131, 133, 143
retraso	21, 23 , 24, 112
triángulo de potencias.....	95 , 111, 115, 129, 143, 144
vector	5 , 71

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Bibliografía

Boylestad, Robert L., *Introductory Circuit Analysis*, 11.^a ed., Upper Saddle River: Prentice Hall, 2006, ISBN 978-0131730441.

Wildi, Theodore, *Electrical Machines, Drives, and Power Systems*, 6.^a ed., Upper Saddle River: Prentice Hall, 2005, ISBN 978-0131776913.