



Mi Universidad

LIBRO

Nombre de la materia: *Análisis de circuitos eléctricos*

Nombre de la Licenciatura: *Ingeniería en sistemas computacionales*

Cuatrimestre: *Cuarto*

Periodo: *Septiembre-Diciembre*

Marco Estratégico de Referencia

Antecedentes históricos

Nuestra Universidad tiene sus antecedentes de formación en el año de 1979 con el inicio de actividades de la normal de educadoras “Edgar Robledo Santiago”, que en su momento marcó un nuevo rumbo para la educación de Comitán y del estado de Chiapas. Nuestra escuela fue fundada por el Profesor Manuel Albores Salazar con la idea de traer educación a Comitán, ya que esto representaba una forma de apoyar a muchas familias de la región para que siguieran estudiando.

En el año 1984 inicia actividades el CBTiS Moctezuma Ilhuicamina, que fue el primer bachillerato tecnológico particular del estado de Chiapas, manteniendo con esto la visión en grande de traer educación a nuestro municipio, esta institución fue creada para que la gente que trabajaba por la mañana tuviera la opción de estudiar por las tardes.

La Maestra Martha Ruth Alcázar Mellanes es la madre de los tres integrantes de la familia Albores Alcázar que se fueron integrando poco a poco a la escuela formada por su padre, el Profesor Manuel Albores Salazar; Víctor Manuel Albores Alcázar en julio de 1996 como chofer de transporte escolar, Karla Fabiola Albores Alcázar se integró en la docencia en 1998, Martha Patricia Albores Alcázar en el departamento de cobranza en 1999.

En el año 2002, Víctor Manuel Albores Alcázar formó el Grupo Educativo Albores Alcázar S.C. para darle un nuevo rumbo y sentido empresarial al negocio familiar y en el año 2004 funda la Universidad Del Sureste.

La formación de nuestra Universidad se da principalmente porque en Comitán y en toda la región no existía una verdadera oferta Educativa, por lo que se veía urgente la creación de una institución de Educación superior, pero que estuviera a la altura de las exigencias de los

jóvenes que tenían intención de seguir estudiando o de los profesionistas para seguir preparándose a través de estudios de posgrado.

Nuestra Universidad inició sus actividades el 18 de agosto del 2004 en las instalaciones de la 4ª avenida oriente sur no. 24, con la licenciatura en Puericultura, contando con dos grupos de cuarenta alumnos cada uno. En el año 2005 nos trasladamos a nuestras propias instalaciones en la carretera Comitán – Tzimol km. 57 donde actualmente se encuentra el campus Comitán y el corporativo UDS, este último, es el encargado de estandarizar y controlar todos los procesos operativos y educativos de los diferentes campus, así como de crear los diferentes planes estratégicos de expansión de la marca.

Misión

Satisfacer la necesidad de Educación que promueva el espíritu emprendedor, aplicando altos estándares de calidad académica, que propicien el desarrollo de nuestros alumnos, Profesores, colaboradores y la sociedad, a través de la incorporación de tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Visión

Ser la mejor oferta académica en cada región de influencia, y a través de nuestra plataforma virtual tener una cobertura global, con un crecimiento sostenible y las ofertas académicas innovadoras con pertinencia para la sociedad.

Valores

- Disciplina
- Honestidad
- Equidad
- Libertad

Escudo



El escudo del Grupo Educativo Albores Alcázar S.C. está constituido por tres líneas curvas que nacen de izquierda a derecha formando los escalones al éxito. En la parte superior está situado un cuadro motivo de la abstracción de la forma de un libro abierto.

Eslogan

“Mi Universidad”

ALBORES



Es nuestra mascota, un Jaguar. Su piel es negra y se distingue por ser líder, trabaja en equipo y obtiene lo que desea. El ímpetu, extremo valor y fortaleza son los rasgos que distinguen.

Análisis de circuitos eléctricos

Objetivo de la asignatura

Analizar, diseñar, simular e implementar circuitos eléctricos de corriente directa y alterna básicos con elementos pasivos y activos lineales para su aplicación en sistemas eléctricos.

UNIDAD I: MANEJO DE PAQUETES COMPUTACIONALES PARA LA SIMULACIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

1.1.- Modelado y simulación de circuitos eléctricos con el paquete de software disponible (CircuitMaker, Orcad, Multisim, PSPICE, Proteus, Labview).

1.1.1.- Instalación del software que se va utilizar durante el curso

1.1.2.- Manejo de las herramientas del software.

1.1.3.- Hoja de Trabajo.

1.2.- Simulación y diseño de circuitos impresos.

UNIDAD II: CONCEPTOS BÁSICOS DE CIRCUITOS

2.1.- Tipos y características de las señales eléctricas.

2.1.1.- Señales directas.

2.1.2.- Señales alternas.

2.1.2.1.- Senoidal, cuadrada, triangular, diente de sierra, escalón, impulso.

2.1.2.2 Frecuencia, período, amplitud, fase, valor promedio, valor eficaz, valor pico, valor pico a pico.

2.2.- Fuentes de alimentación en corriente directa y alterna.

2.2.1.- Fuentes independientes.

2.2.2.- Fuentes dependientes.

UNIDAD III: ANÁLISIS DE CIRCUITOS DE CORRIENTE DIRECTA

3.1.- Circuito resistivo.

3.1.1.- Ley de Ohm.

3.1.2.- Conexiones serie, paralelo, mixto, estrella y delta.

3.1.3.- Divisor de voltaje.

- 3.1.4.- Divisor de corriente.
- 3.1.5.- Leyes de Kirchhoff.
- 3.1.6.- Teorema de Superposición.
- 3.1.7.- Teorema de Thevenin.
- 3.1.8.- Teorema de Norton.
- 3.1.9.- Teorema de máxima. Transferencia de potencia.
- 3.2.- Análisis transitorio del circuito inductivo, RL.
- 3.3.- Análisis transitorio del circuito capacitivo, RC.
- 3.4.- Análisis transitorio del circuito RLC.

UNIDAD IV: ANÁLISIS DE CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA

- 4.1.- Representación de la función en el tiempo.
 - 4.1.1.- Ángulo de adelanto.
 - 4.1.2.- Ángulo de atraso.
- 4.2.- Fasores y diagramas fasoriales.
- 4.3.- Leyes y Teoremas.
 - 4.3.1.- Ohm.
 - 4.3.2.- Mallas.
 - 4.3.3.- Nodos.
 - 4.3.4.- Superposición.
 - 4.3.5.- Thevenin y Norton.
- 4.4.- Potencia.
 - 4.4.1.- Potencia instantánea.
 - 4.4.2.- Valor medio y eficaz.
 - 4.4.3.- Factor de potencia y corrección del factor de potencia.
 - 4.4.4.- Potencia compleja.
 - 4.4.5.- Máxima transferencia de potencia.
- 4.5.- Circuitos polifásicos.
- 4.6.- Fuente trifásica.
- 4.7.- Cargas delta y estrella.
- 4.8.- Análisis de cargas balaceadas.
- 4.9.- Análisis de cargas desbalanceadas.
- 4.10.- Potencia trifásica.

INDICE

UNIDAD I: MANEJO DE PAQUETES COMPUTACIONALES PARA LA SIMULACIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS.....	12
1.1.- Modelado y simulación de circuitos eléctricos con el paquete de software disponible (CircuitMaker, Orcad, Multisim, PSPICE, Proteus, Labview).....	12
1.1.1.- Instalación del software que se va utilizar durante el curso.....	19
1.1.2.- Manejo de las herramientas del software.....	27
1.1.3.- Hoja de Trabajo.....	27
1.2.- Simulación y diseño de circuitos impresos.....	27
 UNIDAD II: CONCEPTOS BÁSICOS DE CIRCUITOS.....	29
2.1.- Tipos y características de las señales eléctricas.....	29
2.1.1.- Señales directas.....	35
2.1.2.- Señales alternas.....	36
2.1.2.1.- Senoidal, cuadrada, triangular, diente de sierra, escalón, impulso.....	36
2.1.2.2 Frecuencia, período, amplitud, fase, valor promedio, valor eficaz, valor pico a pico.....	40
2.2.- Fuentes de alimentación en corriente directa y alterna.....	44
2.2.1.- Fuentes independientes.....	46
2.2.2.- Fuentes dependientes.....	46
 UNIDAD III: ANÁLISIS DE CIRCUITOS DE CORRIENTE DIRECTA.....	48
3.1.- Circuito resistivo.....	48
3.1.1.- Ley de Ohm.....	50
3.1.2.- Conexiones serie, paralelo, mixto, estrella y delta.....	55
3.1.3.- Divisor de voltaje.....	61
3.1.4.- Divisor de corriente.....	63
3.1.5.- Leyes de Kirchhoff.....	65
3.1.6.- Teorema de Superposición.....	69
3.1.7.- Teorema de Thevenin.....	70
3.1.8.- Teorema de Norton.....	72
3.1.9.- Teorema de máxima. transferencia de potencia.....	73

3.2.- Análisis transitorio del circuito inductivo, RL.....	75
3.3.- Análisis transitorio del circuito capacitivo, RC.....	76
3.4.- Análisis transitorio del circuito RLC.....	77

UNIDAD IV: ANÁLISIS DE CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA.....79

4.1.- Representación de la función en el tiempo.....	82
4.1.1.- Ángulo de adelanto.....	84
4.1.2.- Ángulo de atraso.....	85
4.2.- Fasores y diagramas fasoriales.....	86
4.3.- Leyes y Teoremas.....	88
4.3.1.- Ohm.....	88
4.3.2.- Mallas.....	88
4.3.3.- Nodos.....	90
4.3.4.- Superposición.....	91
4.3.5.- Thevenin y Norton.....	95
4.4.- Potencia.....	98
4.4.1.- Potencia instantánea.....	99
4.4.2.- Valor medio y eficaz.....	100
4.4.3.- Factor de potencia y corrección del factor de potencia.....	102
4.4.4.- Potencia compleja.....	105
4.4.5.- Máxima transferencia de potencia.....	107
4.5.- Circuitos polifásicos.....	108
4.6.- Fuente trifásica.....	109
4.7.- Cargas delta y estrella.....	111
4.8.- Análisis de cargas balaceadas.....	113
4.9.- Análisis de cargas desbalanceadas.....	113
4.10.- Potencia trifásica.....	114

UNIDAD I: MANEJO DE PAQUETES COMPUTACIONALES PARA LA SIMULACIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Objetivo: Indagar, conocer y utilizar software de uso libre para el diseño y simulación de circuitos eléctricos.

I.1.- Modelado y simulación de circuitos eléctricos con el paquete de software disponible (CircuitMaker, Orcad, Multisim, PSPICE, Proteus, Labview).

Los sistemas de simulación de circuitos son lo primero que se nos ocurre cuando queremos facilitar un desarrollo de diseño. Esto reduce la necesidad de unir las piezas individuales para ver cómo funciona. Solo toma unas pocas teclas y movimientos del mouse para ver el resultado de tu proyecto. El mundo está en línea hoy, al igual que los sistemas de modelado, las herramientas de modelado digital te ayudan a modelar y probar circuitos sin tener que montarlos en el disco de tu computadora.

Todo estudiante, técnico e ingeniero electrónico tiene instalado en su computadora un programa para simular circuitos electrónicos, una excelente herramienta para conocer de manera preliminar cómo funcionará nuestro proyecto cuando ya esté montado con componentes físicos, reduciendo significativamente el daño de nuestras piezas electrónicas.

El mercado de estos softwares se ha incrementado y muchos se han actualizado con grandes mejoras que puedes aprovechar.

CircuitMaker

CircuitMaker es la herramienta de captura y simulación esquemática más potente y fácil de usar en su clase. Utilizando las posibilidades de esquema avanzado de CircuitMaker, usted puede diseñar circuitos electrónicos y listas de salida de red para TraxMaker y otras herramientas de diseño de PCB y autorouters. También puede realizar simulaciones de circuitos digitales, analógicos y mixtos de manera rápida y precisa utilizando el simulador Berkeley basado en SPICE3f5/XSpice de CircuitMaker.

Orcad

OrCAD es la herramienta más potente e intuitiva para el diseño de circuitos electrónicos impresos. La versión de demostración ofrece la posibilidad de evaluar las siguientes utilidades: OrCAD Capture, OrCAD Capture CIS Option, PSpice A/D, PSpice A/A, OrCAD PCB Editor y SPECCTRA.

A grandes rasgos, los pasos básicos que se han de seguir para diseñar una placa de circuito impreso en OrCAD son:

1. Diseña el circuito creando el esquemático en el módulo "Capture".
2. Genera la lista de nodos (*netlist*) del circuito.
3. Importa la lista de nodos a "LayoutPlus".
4. Sitúa los componentes y traza las pistas.
5. Genera los archivos de tu diseño.

Una vez finalizado el diseño del trazado de las pistas de cobre sobre la placa, en OrCAD, y simulado su comportamiento, se procederá a la fabricación de la PCB a partir de un soporte aislante, por ejemplo, una placa de fibra de vidrio fotosensible.

Multisim

NI Multisim (antes conocido como Electronic Workbench) es el entorno por excelencia para diseñar circuitos electrónicos y realizar simulaciones.

Con NI Multisim podrás diseñar un circuito electrónico desde cero. Permite crear un circuito utilizando todo tipo de componentes, simular su funcionamiento y analizar cada una de sus secciones.

Dispone de una importante base de datos de componentes electrónicos, esquemas predefinidos, módulos de simulación SPICE y VHDL, soporte para circuitos de radiofrecuencia, generador de placas PCB, entre otras funcionalidades.

Además, NI Multisim permite cargar módulos adicionales para realizar procesos determinados como, por ejemplo, programar microcontroladores utilizando ASM o C.

En definitiva, NI Multisim es un excelente entorno para diseñar, analizar y crear circuitos electrónicos. Una potente herramienta esencial para ingenieros o técnicos electrónicos.

Pspice

PSpice es un simulador que analiza el comportamiento de una placa de circuitos, utilizando el método *Smoke* para detectar los componentes que tienen riesgo de fallo por sobreuso, y el método *Monte Carlo* para determinar el rendimiento de los componentes y cómo interactúan.

Además, incluye una tecnología avanzada de simulación, que sirve para ahorrar tiempo y conseguir mayor fiabilidad con diseños de gran tamaño.

Proteus

Se trata de uno de los *packs* de herramientas electrónicas más completos del mercado ya que en su versión 8.5 (la más nueva de todas) nos permite crear desde nuestro PC todo tipo de PCBs o placas de circuito impreso utilizando casi 800 microcontroladores diferentes, y simular su funcionamiento real directamente desde la vista esquemática del circuito. Y como no podía ser de otra manera, con los tiempos que corren, integra herramientas con las que diseñar y simular dentro del entorno Arduino, una de las placas más populares del momento.

Los componentes principales de Proteus Design Suite:

Este software consta de dos componentes principales en torno a los cuales gira todo el funcionamiento del mismo:

- **ISIS:** son las siglas de *Intelligent Schematic Input System* o Sistema de Enrutado de Esquemas Inteligente y es el programa que nos permite realizar el diseño en el plano eléctrico del circuito, incluyendo todo tipo de componentes electrónicos como

resistencias, bobinas, condensadores, fuentes de alimentación e incluso microprocesadores.

- **ARES:** son las siglas de *Advanced Routing and Editing Software* o Software de Edición y Rutado Avanzado y es la herramienta dedicada al diseño de placas de circuito impreso o PCBs, con funciones de enrutado, ubicación y edición de componentes electrónicos.

Labview

LabVIEW permite establecer las comunicaciones necesarias entre toda clase de instrumentos y tu PC: sensores, sistemas de medición, de monitorización, etc. Desarrolla aplicaciones a medida, de automatización o para realizar todo tipo de pruebas.

Características

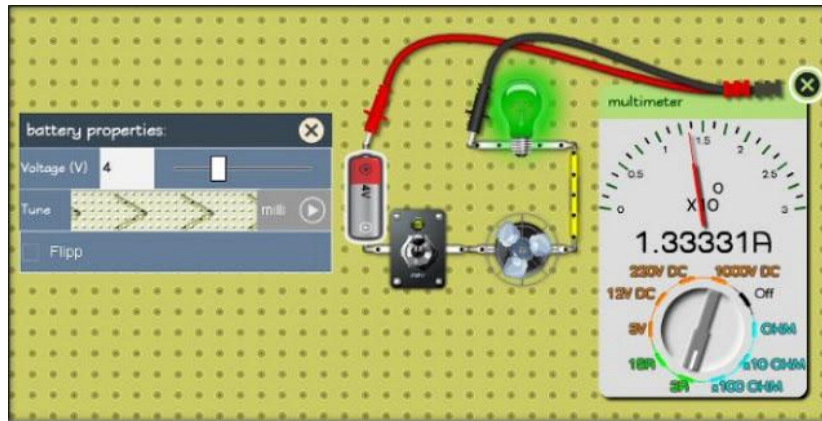
- Entorno gráfico de programación especializado en tareas de instrumentación electrónica.
- Diseña circuitos electrónicos para todo tipo de necesidades.
- Reduce los costes de implementación de los sistemas gracias a su fórmula de trabajo.
- Visualiza, analiza y comparte datos.
- Amplia compatibilidad.
- Bibliotecas integradas y específicas para el campo de la ingeniería software.

Aplicaciones prácticas

LabVIEW ha sido la herramienta utilizada en muchos casos prácticos donde se requería de sus posibilidades, por ejemplo, para la medición de temperaturas y la creación de informes en industrias alimentarias, para automatizar líneas de producción de telefonía móvil, para el control de transformadores de potencia, para la detección de errores en maquinaria.

OTROS PROGRAMAS SUGERIDOS

I. DcAcLad

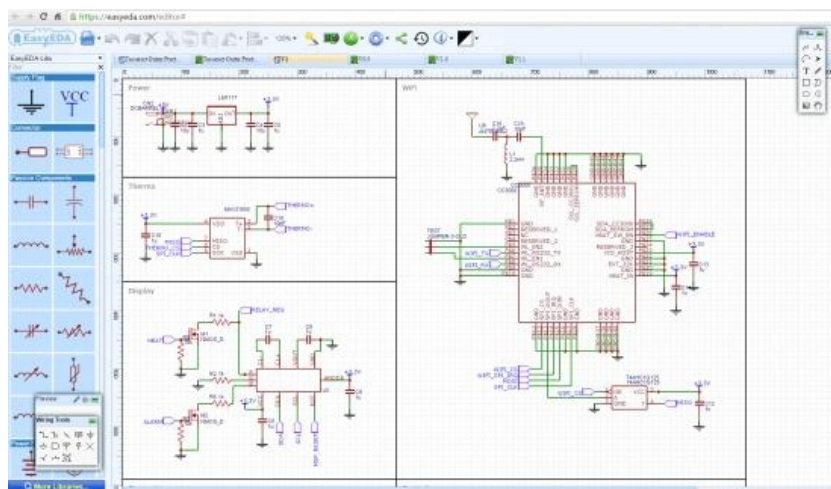


Cuenta con gráficos atractivos e intuitivos, muy fácil de usar.

Los componentes están prefabricados y no permite diseñar los circuitos impresos, la simulación del circuito es muy limitada.

[Descargar DcAcLad](#)

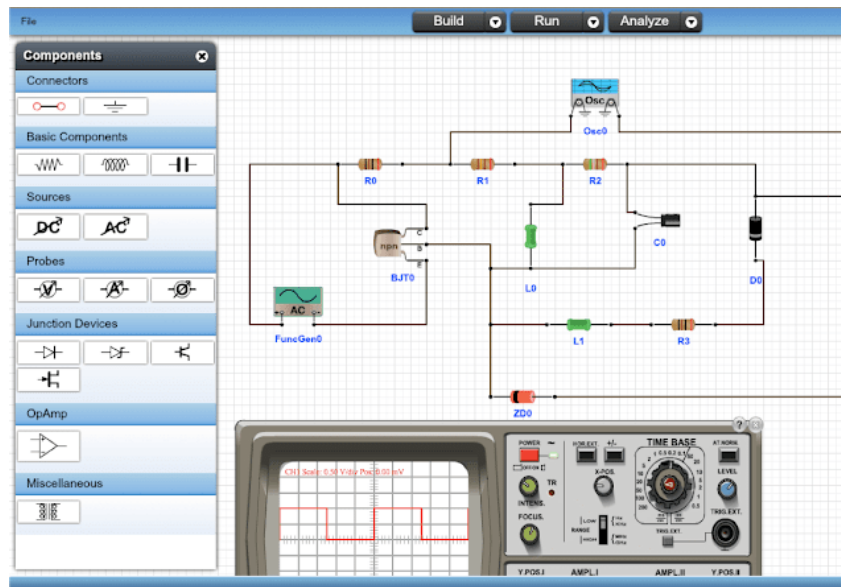
2. EasyEDA



Es un excelente simulador de circuitos en línea gratis. Es un programa de diseño complejo basado en web, muy apetecido por los profesionales de la electrónica. Con DcAcLad es posible crear diseños esquemáticos, cuando estemos seguros del circuito funciona correctamente, podemos enviar a fabricar el circuito impreso. En la plataforma se pueden encontrar un gran número de proyectos realizado por otros usuarios ya que es una herramienta de Hardware público y abierto para todos.

[Ingresar a EasyEDA](#)

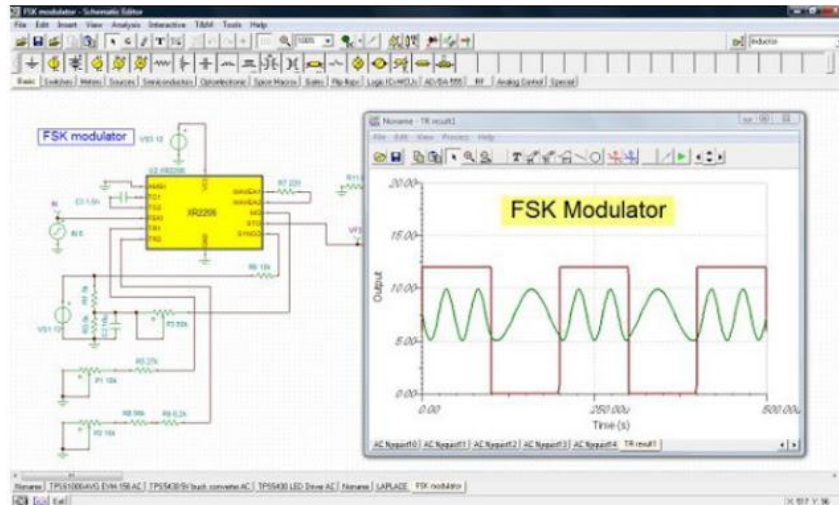
3. DoCircuits



Muy intuitivo y completo, la primera impresión genera confusiones, pero solo es cuestión de experimentar, dispone de muchos ejemplos, las mediciones de los parámetros del circuito electrónico se muestran con instrumentos virtuales realistas.

[Ingresar DoCircuits](#)

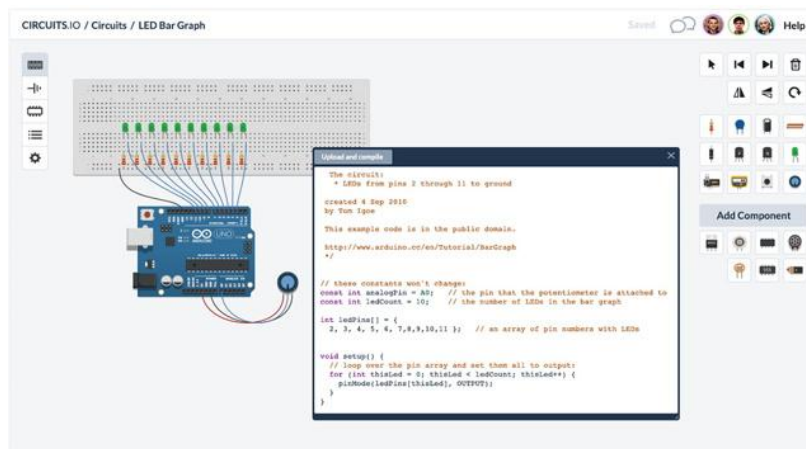
4. TinaCloud



Es un programa que no solo permite simular, sino que brinda la excelente opción de inyectar señales, utilizar microprocesadores, VHDL, fuentes de alimentación SMPS y circuitos de radio frecuencia. La velocidad de simulación es de alta calidad gracias a sus sofisticadas herramientas.

[Descargar TinaCloud](#)

5. I23D Circuits

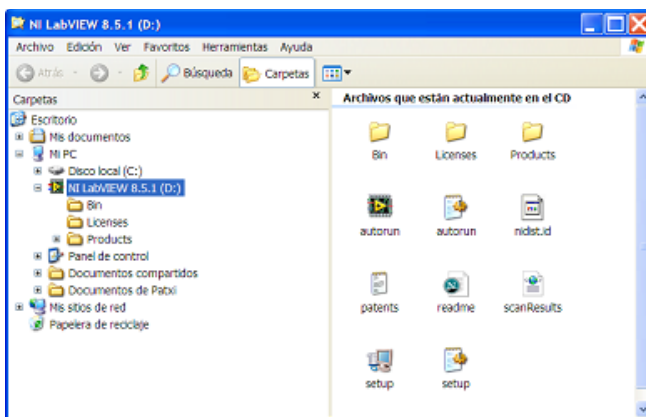


De este listado consideramos que es el mejor. Es un software desarrollado por Autodesk , lo que permite crear circuitos, ver en Protoboar, Utilizar la plataforma Arduino, simular el circuito electrónico y crear el PCB. Los componentes se muestran de forma real en 3D y brinda la novedosa posibilidad de programar el Arduino directamente desde el software de simulación.

1.1.1.- Instalación del software que se va utilizar durante el curso

Paso 1. La instalación de LabVIEW comienza insertando el CD-ROM en el lector correspondiente del ordenador habitual. Con ello, se ejecutará automáticamente el programa autorun de instalación. Si no fuera así, habría que visualizar el contenido del CD-ROM y hacer doble click sobre el icono del archivo autorun.exe.

Contenido del CD-ROM de LabVIEW 8.5 Student Edition

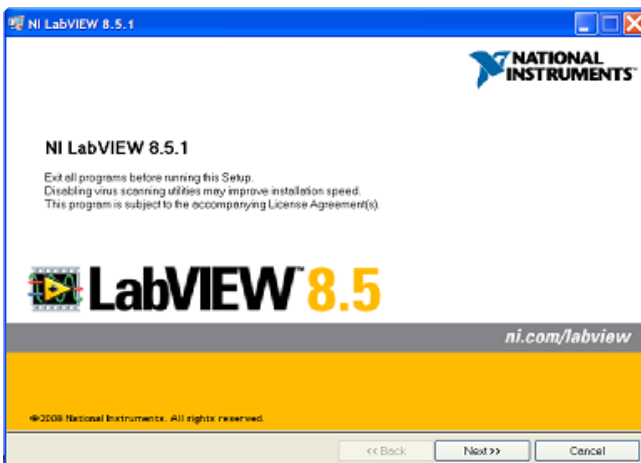


Paso 2. A continuación, aparece la ventana inicial de instalación, donde se hace click sobre Install NI LabVIEW 8.5.1 para que comience la instalación de LabVIEW.

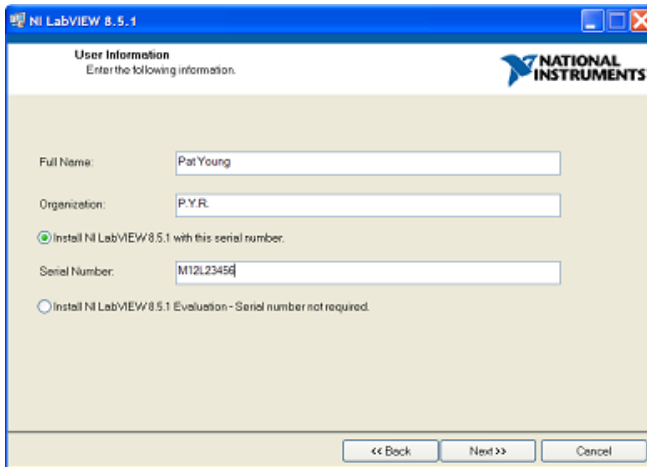


Ventana de instalación

Paso 3. Tras ello aparece la ventana de inicio de instalación, en la que hay que hacer click sobre Next para que continúe el proceso.

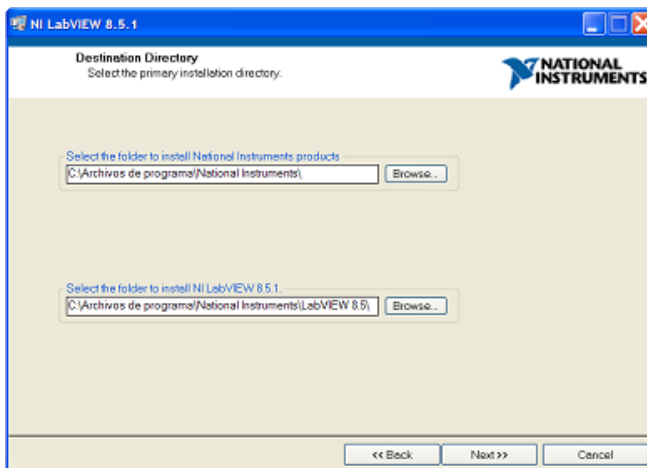


Paso 4. Acto seguido, aparece en pantalla la ventana que solicita los datos del usuario y el número de serie del software (impreso sobre el CD-ROM). Lo lógico es que los datos de usuario coincidan con los del propio ordenador. Se elegirá la opción Install NI LabVIEW 8.5.1 with this serial number y se pulsará con el ratón sobre Next. La otra opción (no es la nuestra), permite hacer una instalación de evaluación, sin que para ello sea necesario introducir el número de serie.

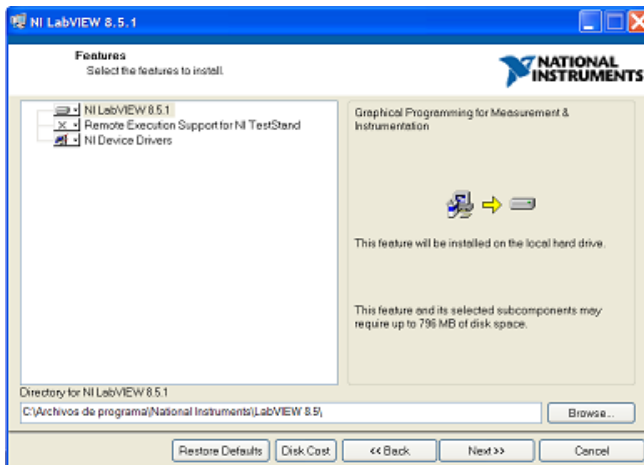


Pantalla de entrada de datos de usuario

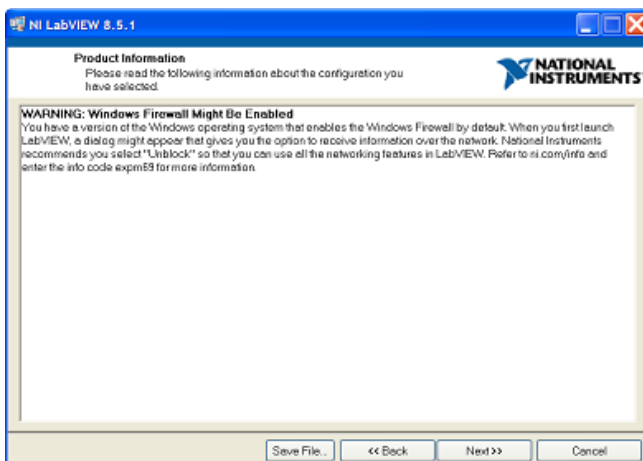
Paso 5. La pantalla de [link] nos muestra las ubicaciones por defecto sobre disco duro que se crearán para la instalación de LabVIEW. Salvo que se quieran cambiar (utilizando para ello Browse...), se pulsará sobre Next.



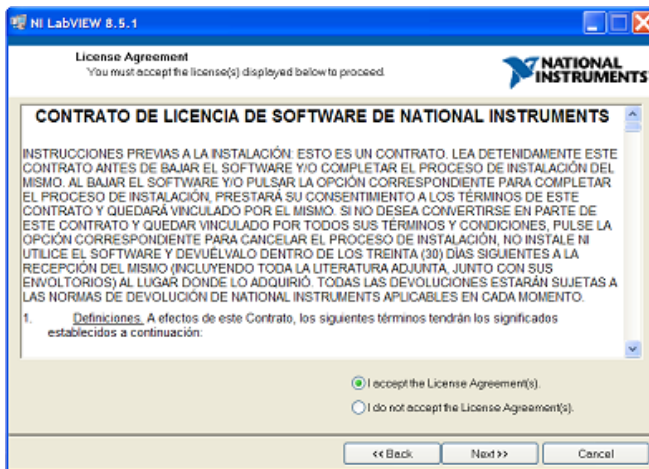
Paso 6. En la ventana que aparece en [link], se muestra el software que compone la instalación básica oficial de LabVIEW, donde indica qué cantidad de disco duro necesita la misma. Pulsar sobre Next para continuar.



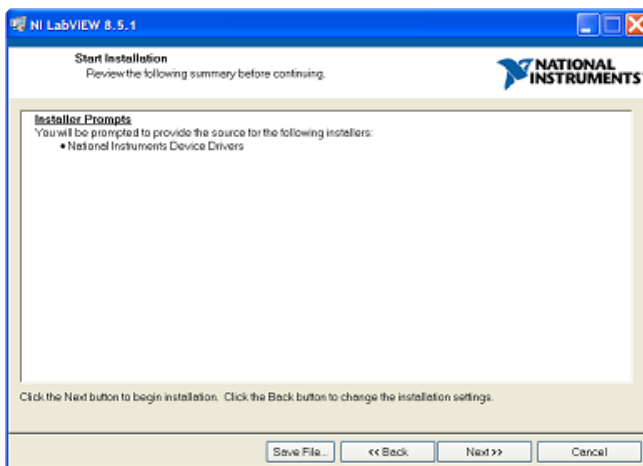
Paso 7. La ventana de [link] produce el aviso que recomienda desbloquear el cortafuegos de red detectado, para no tener problemas en la conexión por red con National Instruments durante la activación de la licencia.



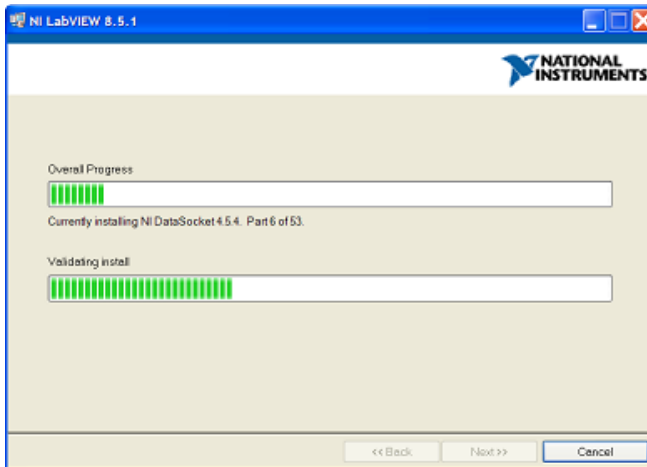
Paso 8. La ventana de [link] nos muestra las condiciones del contrato de la licencia de LabVIEW. Es imprescindible estar de acuerdo con estas condiciones para poder continuar con la instalación, para lo cual se selecciona la opción I accept the License agreement(s) y se pulsa sobre Next.



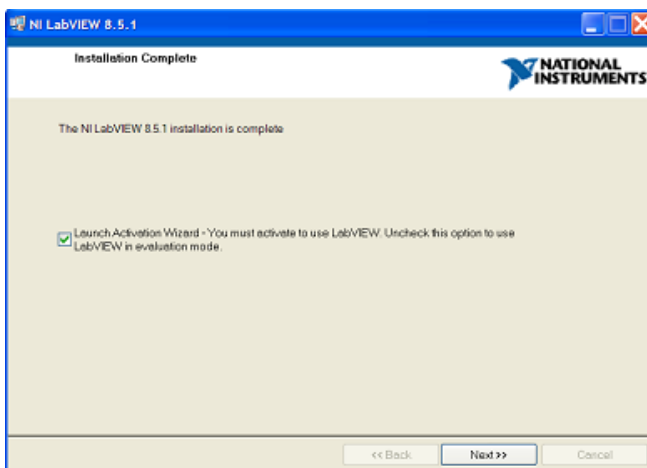
Paso 9. La ventana de [link], nos indica que estemos al tanto del proceso de la instalación, ya que durante la misma se nos pedirá la inserción del CD que contiene unos drivers, aunque en nuestro caso no será necesario hacerlo. Pulsando Next, es cuando comienza realmente la instalación de LabVIEW.



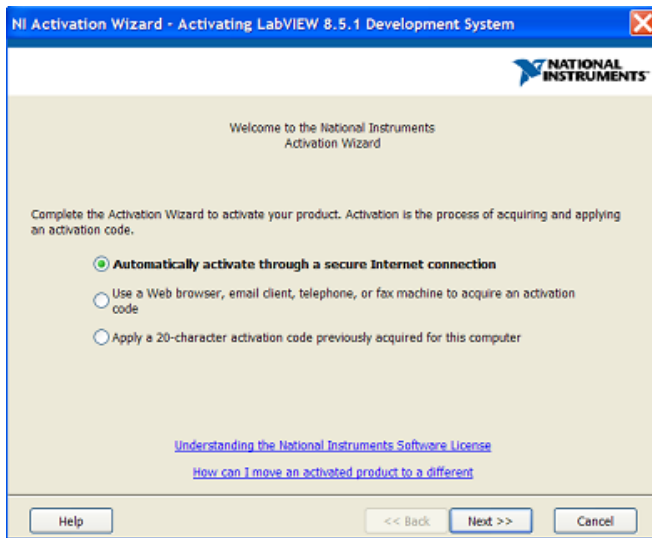
Paso 10. La instalación de LabVIEW muestra el aspecto que muestra la [link] y puede tardar entre 30 y 60 minutos.



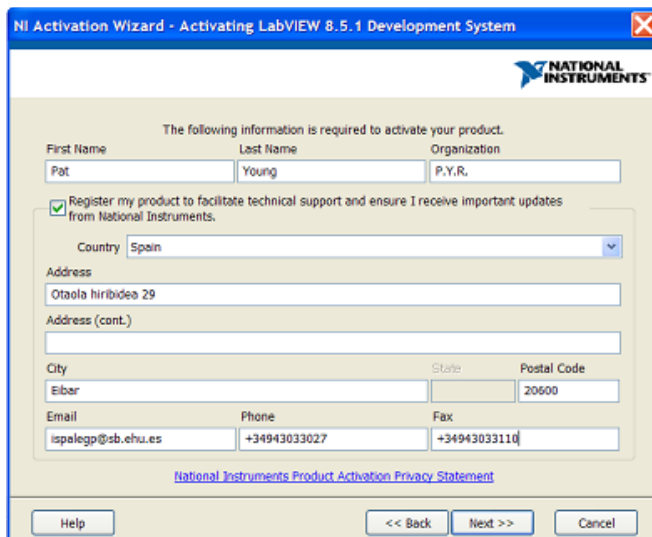
Paso 11. Cuando culmina la instalación, aparece la ventana de finalización de la instalación donde la opción Launch Activation Wizard estará activada (en nuestro caso).



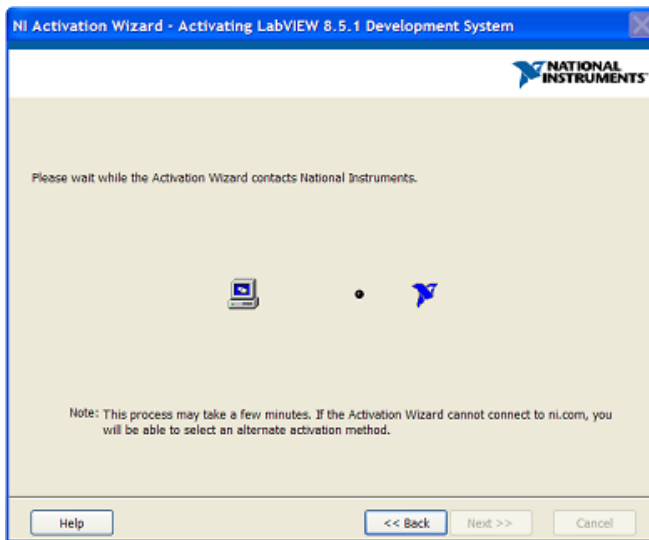
Paso 12. Esta opción permite activar la instalación con licencia por parte de National Instruments, para lo cual se ofrecen tres posibles formas para ponerse en contacto la empresa creadora de LabVIEW. En nuestro caso, la opción elegida es la de internet Automatically activated through a secure internet connection, tal y como se muestra en [link], tras lo cual se pulsará Next.



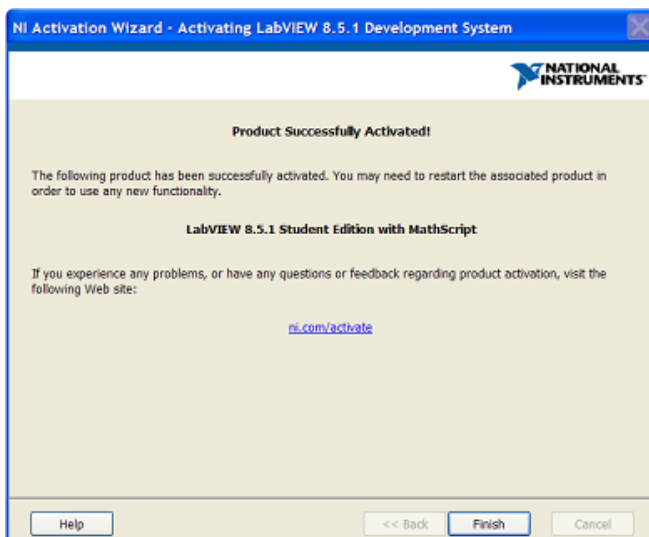
Paso 13. En la ventana de [link], hay que introducir los datos de usuario, y pulsar Next.



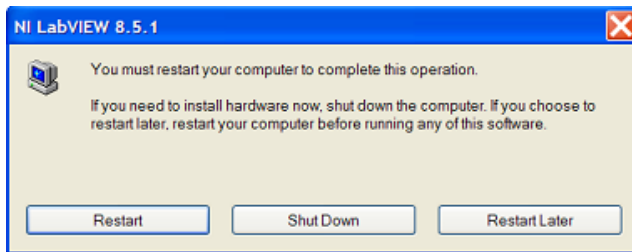
Paso 14. A continuación se confirma la solicitud de activación pulsando Next y aparece la ventana de [link], donde nos indica que este paso puede llevar unos pocos minutos.



Paso 15. Al finalizar la activación, se podrá ver la ventana de [link] donde nos indica que la activación se ha llevado a cabo con éxito, y una dirección de internet donde acudir por si tenemos algún problema. Pulsar Finish.



Paso 16. Después de la instalación, se nos pedirá reiniciar el ordenador, para lo cual hay que pulsar sobre Restart, [link].



Tras el reinicio del ordenador, en Inicio/Todos los Programas de Windows, podremos comprobar cómo LabVIEW ha sido instalado correctamente.

1.1.2.- Manejo de las herramientas del software.

LabVIEW contiene varios menús Pull-Down (Desplegables), los cuales contienen opciones comunes para la mayoría de las aplicaciones tales como ABRIR, GUARDAR GRABAR, COPIAR Y PEGAR y muchos otros. En el siguiente enlace podrás descargar el manual completo el cual te guía paso a paso para la utilización de esta herramienta:

https://www.researchgate.net/publication/328404013_Manual_de_programacion_LabVIEW_90

1.1.3.- Hoja de Trabajo.

Las hojas de trabajo son las simulaciones que el alumno tiene que idealizar dentro del programa Labview, las cuales serán otorgadas por el profesor inmediato en base al grado de aprendizaje del educando. Sin embargo para reformar los conocimientos se adjunta al presente un enlace sobre una hoja de trabajo de un estudiante de la universidad del valle de Guatemala sobre simulación de circuitos y simulación de PCBs, y su visualización en Labview:

<https://www.youtube.com/watch?v=KQNhSVfVyiI>

1.2.- Simulación y diseño de circuitos.

Diseñar y probar circuitos de manera física es una tarea ardua y difícil, pero con la ayuda de estos programas vamos a ser capaces de probar primero nuestros diseños antes de implementarlos para poder asegurarnos de que todo funciona como queremos evitando así

cualquier tipo de fallo y sobre costes. En el siguiente enlace podrás visualizar una simulación de circuitos elaborados en el software Labview, el cual se plantea para la realización de simulaciones dentro de la materia: <https://www.youtube.com/watch?v=Tav7MHEQB30>

RECURSOS EXTRAS

[Manual de Labview:](#)

https://www.researchgate.net/publication/328404013_Manual_de_programacion_LabVIEW_90

[Hoja de trabajo en Labview:](#)

<https://www.youtube.com/watch?v=KQNhSVfVyiI>

[Simulación de un Circuito RLC en LabVIEW](#)

<https://www.youtube.com/watch?v=Tav7MHEQB30>

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

CUADRO SINÓPTICO

Realice un cuadro sinóptico de la unidad número uno; véase manual básico de actividades en plataforma UDS.

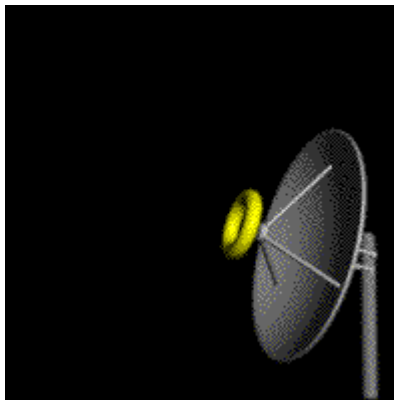
UNIDAD II: CONCEPTOS BÁSICOS DE CIRCUITOS

Objetivo: Identificar los conceptos básicos de circuitos y corrientes eléctricas.

2.1.- Tipos y características de las señales eléctricas.

Una señal eléctrica es un tipo de señal generada por algún fenómeno electromagnético. Estas señales pueden ser analógicas, si varían de forma continua en el tiempo, o digitales si varían de forma discreta (con valores dados como 0 y 1).

Entenderemos por señal eléctrica a una magnitud eléctrica cuyo valoro intensidad depende del tiempo.



Las señales eléctricas son llamadas también señales analógicas. Pueden tener cualquier lectura dentro del rango y sólo están limitadas por las características de los instrumentos registradores e indicadores. Transmiten al controlador en forma continua los valores.

Una señal eléctrica estándar es la señal de corriente de 4 a 20 mA. La señal de 4mA corresponde al nivel más bajo de la variable medida y la señal de 20 mA corresponde al nivel más alto de dicha variable.

Existen diferentes tipos de medidores para señales eléctricas, uno de ellos y el más práctico es el Multímetro y el Osciloscopio. Un claro ejemplo de este tipo de señal son las Cámaras de Seguridad, las cuales son utilizadas para verificar el comportamiento o instalaciones de una empresa, una tienda e incluso de un hogar propio.

Señales constantes y variables.

Como su nombre lo indica, las señales constantes son aquellas que no varían en el tiempo. Tal es el caso del voltaje en bornes de una batería. Su representación gráfica es por lo tanto una línea recta horizontal.

Las señales variantes son aquellas que cambian su valor de alguna manera con el tiempo.

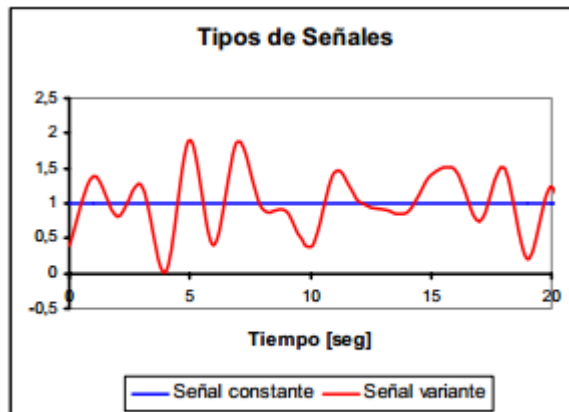


Figura 1

Señales continuas y alternas.

Desde el punto de vista gráfico, las señales continuas son aquellas que siempre tienen el mismo signo, es decir, son siempre positivas o nulas, o siempre negativas o nulas. En el caso de una corriente, esto significa que la misma siempre circulará en el mismo sentido, aunque pueda variar su intensidad. Si la señal es de voltaje, debe interpretarse que la fuente intenta forzar la circulación de corriente siempre en el mismo sentido, aunque pueda variar su fuerza. Una señal continua, entonces, puede o no ser constante. Las señales de la figura 1 son ambas señales continuas, aunque una sea variante.

Las señales alternas son aquellas que, por el contrario a las continuas, varían el signo de su magnitud. Una señal alterna nunca puede ser constante.

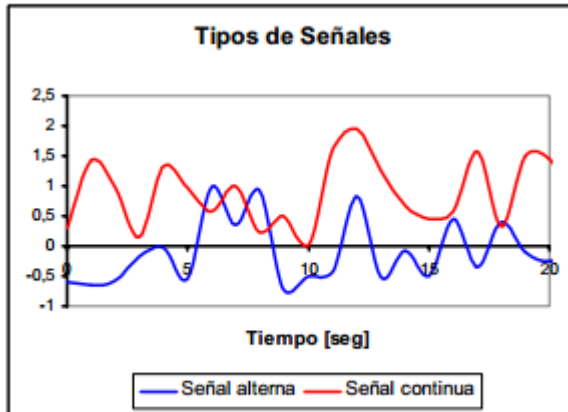


Figura 2

Señales periódicas.

Las señales periódicas son aquellas a las cuales se les puede encontrar un patrón de repetición, es decir, que después de un determinado tiempo, vuelve a repetirse uno a uno los valores anteriores, una y otra vez. A este patrón se lo reconoce como ciclo de la onda. El tiempo que demora un ciclo en desarrollarse se denomina período, y por supuesto, se mide en segundos.

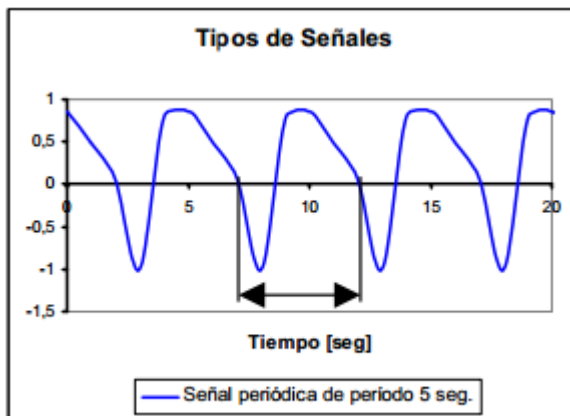


Figura 3

Se denomina frecuencia de la señal a la cantidad de ciclos que pueden desarrollarse en un segundo. Se mide en ciclos por segundo o Hertz, abreviado, Hz. La relación existente entre la frecuencia y el período de una señal es: $F=1/T$.

Las señales aperiódicas son aquellas a las cuales es imposible definirles un ciclo. Por lo general son señales aleatorias, como ser las señales de audio. Las señales variantes de las figuras 1 y 2 son señales aperiódicas.

Características particulares de las señales periódicas

Se pueden definir otros parámetros que identifican a una señal periódica:

Amplitud de pico: es el valor máximo que tiene una señal, considerada desde el valor '0'.

Amplitud pico a pico: es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de una señal.

Valor eficaz: es el valor equivalente al de una señal continua constante capaz de desarrollar la misma potencia que la señal periódica.

Valor medio: es el promedio de todos los valores de una señal tomados en un ciclo. Para señales simétricas como la senoidal, el valor medio es nulo.

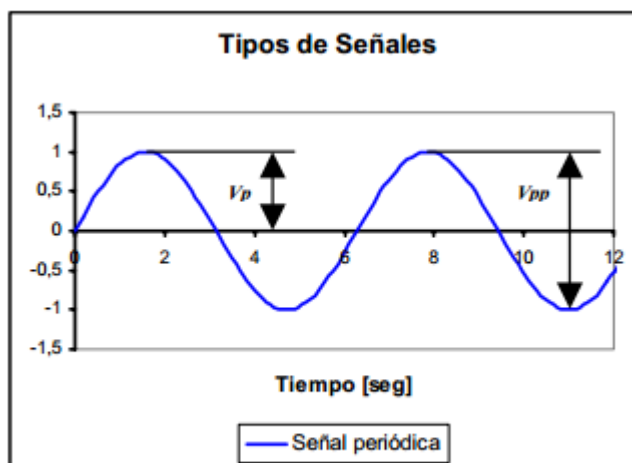


Figura 4

Desfasaje: cuando una señal es comparada con una referencia (por ejemplo, otra señal), es posible observar un corrimiento horizontal; se denomina ángulo de desfasaje o simplemente desfasaje al valor de este corrimiento medido en grados sexagesimales.

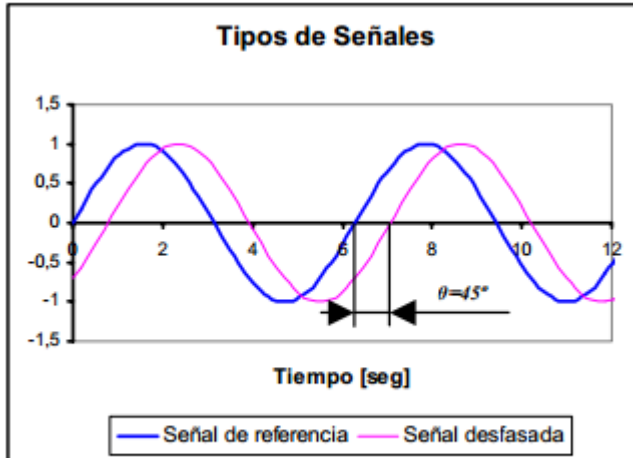


Figura 5

Siempre se considera que un período equivale a 360° sin importar el valor particular del mismo. El desfase puede ser en adelanto, si el corrimiento se hace hacia la izquierda, o en atraso, si el corrimiento se hace hacia la derecha de la referencia.

Señal senoidal

La señal senoidal es la más común de las señales de prueba. Para ella son válidas todas las definiciones anteriores (Ver figuras 4 y 5). A esta señal se le puede atribuir una doble simetría: una respecto al eje tiempo, y otra respecto al punto medio de la onda (simetría impar). Ambos semi-ciclos son idénticos, variando solo en el signo. Esto provoca que su valor medio sea nulo. Si a una señal senoidal se la desfasa 90° en adelante se obtiene una nueva señal denominada cosenoidal. Se dice que ambas se encuentran en cuadratura.

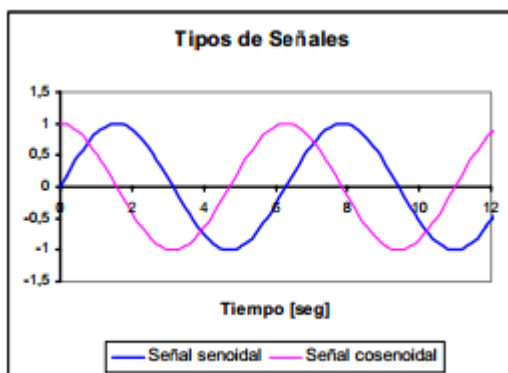


Figura 6

Formas de onda

Las magnitudes fundamentales que se van a calcular en un circuito son tensiones y corrientes. Estas magnitudes son provocadas por los elementos activos existentes en el circuito y su valor dependerá de la función que siga la tensión en las fuentes de tensión (o la intensidad en las fuentes de intensidad), además del resto de elementos pasivos que constituyan el circuito.

A estas magnitudes le llamaremos señales, así tendremos señales de tensión y señales de corriente. Estas señales que pueden tomarse directamente de las fuentes, o de cualquier punto del circuito estarán constituidas por valores de tensión o de corriente que variarán con el tiempo, cuya representación dará lugar a una curva que obedecerá a una función más o menos compleja. A la forma de esa curva es a lo que llamaremos forma de onda de señal.

Señal con forma de onda constante

Las fuentes que presentan una señal constante en el tiempo, reciben el nombre de fuentes de continua. Así mismo a los circuitos que solo tengan fuentes de continua, les llamaremos circuitos de continua, en los que todas las corrientes y tensiones serán constantes en el tiempo. En este tipo de circuitos solo tendremos resistencias como elementos pasivos.

Señales con forma de onda periódica

A las señales que no son constantes les llamaremos señales variables en el tiempo, las cuales tendrán su correspondiente forma de onda. De las cuales destacaremos en primer lugar las que cumplen la condición de ser periódicas, es decir, hay un intervalo de tiempo y por tanto una porción de la onda que se repite continuamente.

De las señales periódicas, menciono especial tienen las que responden a la función seno o coseno. Las fuentes que proporcionan esta forma de onda reciben el nombre de fuentes de alterna o generadores de alterna, llamados también alternadores. Esta señal es la que proporciona la máquina eléctrica generadora básica y su forma se debe al ser generada por un elemento rotativo de la máquina, que estudiaremos en el siguiente tema. En los centros de producción de energía eléctrica se utiliza este sistema, por lo que la forma de onda de la tensión en los sistemas de suministro, transporte y consumo es periódica, alterna y senoidal.

.A los circuitos que solo tengan fuentes de alterna, les llamaremos circuitos de alterna, en los que todas las corrientes y tensiones serán de este tipo. Debido a la importancia de este tipo de circuitos, será con estos con los que estudiaremos todos los métodos de análisis.

En los circuitos en los que exista una fuente con forma de onda periódica pero no senoidal, aplicaremos un método de análisis en el que la función periódica se puede descomponer en señales senoidales superpuestas, aplicando a cada una de ellas los métodos estudiados. Hay un tema dedicado a este tipo de señales.

Señal con forma de onda no periódica

Las fuentes que presentan una señal variable pero no periódica, corresponden a formas de onda complejas, de las que se pueden distinguir formas simples, como cambios de la señal en un tiempo breve. Estos cambios breves provocaran:

Señal o función periódica. - Es aquella cuya forma de onda va tomando valores que se repiten en el tiempo cada cierto intervalo llamado periodo T.

$$f(t) = f(t + T) = f(t + nT) \quad n = \text{número entero}$$

Forma de onda. - Es la curva que representa en cada instante la evolución de la tensión (o la intensidad). Respuestas en los circuitos que veremos al estudiar el régimen transitorio de los circuitos eléctricos. Como ejemplo de este tipo de señales son: la señal pulso, el escalón, la rampa, etc.

2.1.1.- Señales directas.

Una señal continua o directa es una señal que puede expresarse como una función cuyo dominio se encuentra en el conjunto de los números reales, y normalmente es el tiempo. La función del tiempo no tiene que ser necesariamente una función continua.

La señal es definida sobre un dominio que puede ser o no finito, sobre el cual a cada posible valor del dominio le corresponde un único valor de la señal. La continuidad de la variable del tiempo implica que el valor de la señal puede precisarse para cualquier punto arbitrario del tiempo perteneciente al dominio. Un ejemplo típico de una señal continua: Son las pilas eléctricas

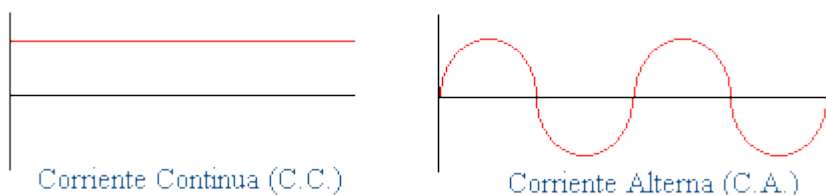
2.1.2.- Señales alternas.

2.1.2.1.- Senoidal, cuadrada, triangular, diente de sierra, escalón, impulso.

Un componente pasivo se comporta diferente si circula sobre él una corriente continua o una corriente alterna. Por eso es necesario entender el funcionamiento en cada una de ellas. Por lo que conviene entender la diferencia de este tipo de corriente alterna con la corriente continua.

La corriente continúa. - Es aquella que mantiene constante su valor de tensión y no tiene cambio de polaridad, ejemplo de ella puede ser la batería que se utiliza en los automóviles o las pilas que alimentamos nuestros juguetes o calculadoras electrónicas. A este tipo de corriente se la conoce como C.C. (Corriente Continua) o también como D.C (Corriente Directa).

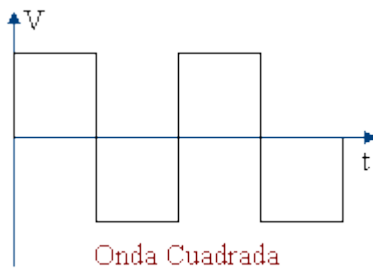
La corriente alterna. - Mantiene una diferencia de potencial constante, pero su polaridad varía con el tiempo. Se le llama A.C (Corriente Alterna).



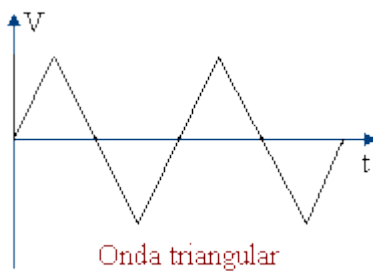
Otros tipos de corriente alterna

En electrónica se utilizan muchos de tipos de señales, pero haremos referencia solamente a las más comunes. Por ejemplo, la senoidal es usada en la electrónica analógica y se usa para

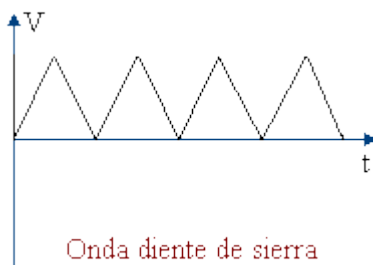
hacerlo aumentar en amplitud o modificarlo en frecuencia. La señal digital es una forma de onda continua que varía entre dos estados de 5 voltios y cero voltios, esta es usada para generar circuitos lógicos que puedan resolver operaciones matemáticas en las calculadoras o de programación en las computadoras. Aquí un ejemplo de onda pulsatoria (también llamada onda cuadrada). Tal como se ve en la siguiente figura:



Otra onda utilizada en electrónica es la onda triangular:



y también está la onda diente de sierra:



Cabe mencionar que existió en un momento una guerra por imponer la corriente directa o la corriente alterna para uso doméstico. Hoy en día sabemos que los dos son importantes y que cada uno de ellos tiene un área de aplicación. Por ejemplo, la corriente alterna AC es

usada más para generar, transportar y repartir esta energía a las casas. Es algo que la corriente directa no podría hacer. Pero la corriente directa es muy útil en los equipos electrónicos, radios, televisores computadoras y otros. Entonces cada uno de ellos tiene una aplicación muy importante en la vida de nosotros.

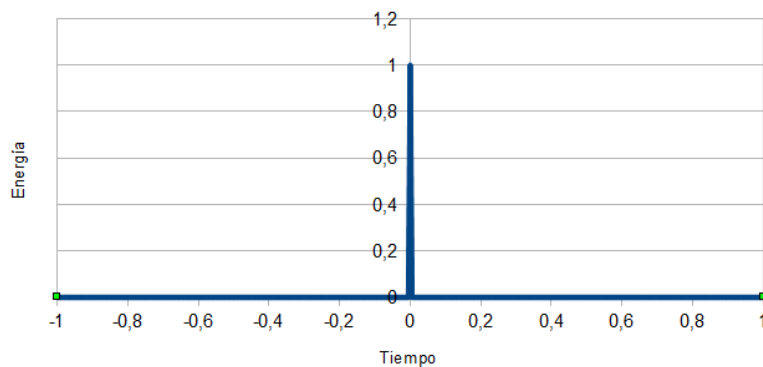
Impulso

La señal impulso es muy importante, a pesar de solo ser una señal teórica, esta señal simplemente representa una cantidad de energía finita en un instante de tiempo infinitesimal. El impulso unitario se representa por δ y posee energía “uno”, está dado por:

$$\delta(t) = \begin{cases} 1 & t = 0 \\ 0 & \text{para todo } t \neq 0 \end{cases}$$

se puede graficar de la siguiente manera:

Gráfica de la señal impulso

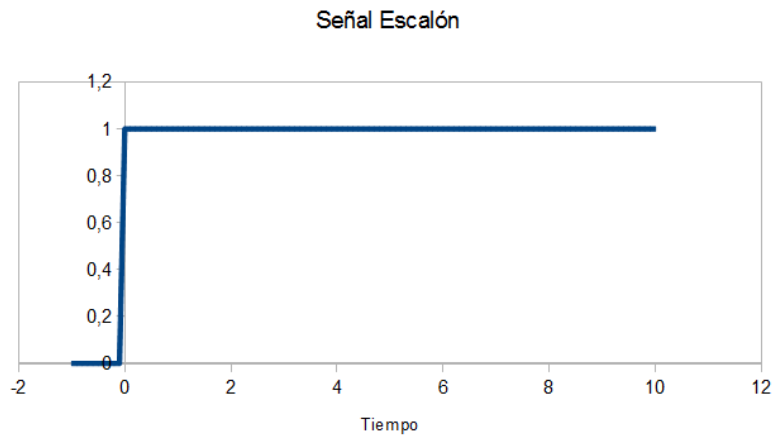


Esta señal tiene una gran importancia, ya que por propiedad de la convolución:

$$\delta(t) * f(t) = \int_0^t \delta(\tau) f(t-\tau) d\tau = f(t)$$

Escalón

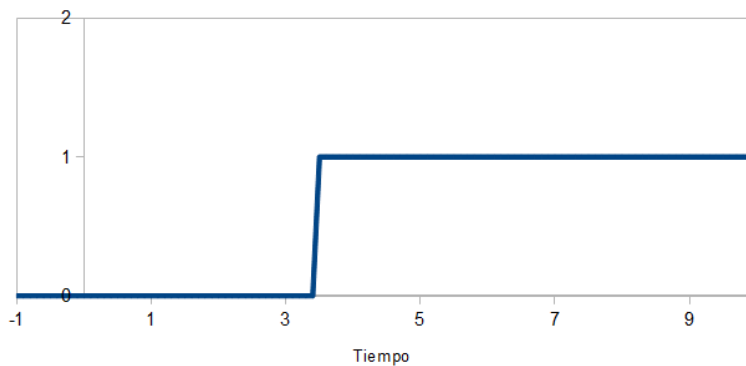
La señal escalón es una de las más utilizadas en control. Ya que se puede construir cualquier señal a partir de sumatorias de señales escalón. Sea



$$u_s(t) = \begin{cases} 1 & t > 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$

Esta función escalón cumple con todas las propiedades de funciones, por ejemplo:

$u_s(t-3.5) = u_s(3.5)$ será la traslación de $u_s(t)$ en 3,5 segundo a la derecha.

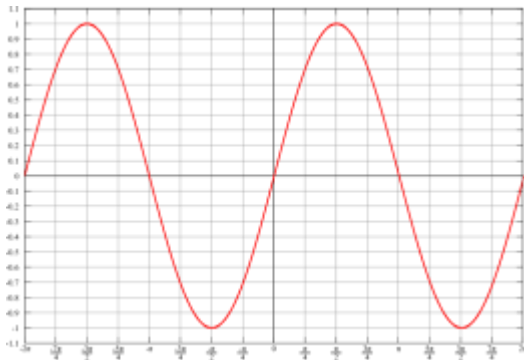


Transformada de Laplace:

$$F(s) = \mathcal{L}[u_s(t)] = \int_0^{\infty} u_s(t)e^{-st} dt = \int_0^{\infty} (1)e^{-st} dt = -\frac{1}{s}e^{-st} \Big|_0^{\infty} = \frac{1}{s}$$

Senoidal

Onda senoidal representa el valor de la tensión de la Corriente alterna a través de un tiempo continuamente variable, en un par de ejes cartesianos marcados en amplitud y tiempo. Responde a la corriente de canalización generada en las grandes plantas eléctricas del mundo. También responden a la misma forma, todas las corrientes destinadas a generar los campos electromagnéticos de las ondas de radio.



2.1.2.2 Frecuencia, período, amplitud, fase, valor promedio, valor eficaz, valor pico, valor pico a pico.

Frecuencia

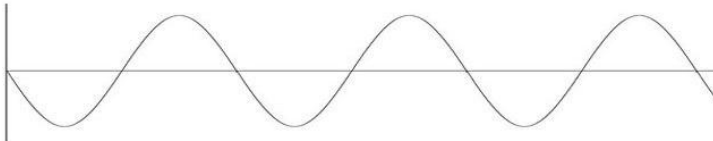
La frecuencia es una magnitud la cual contabiliza las repeticiones por unidad de tiempo de cualquier suceso periódico, para calcular esta magnitud se toman en cuenta un número de ocurrencias de este teniendo en cuenta un intervalo temporal, luego estas repeticiones se dividen por el tiempo transcurrido.

la frecuencia se mide en hercios (Hz), esto en honor a Heinrich Rudolf Hertz. Un hercio es la representación de un suceso repetido una vez por segundo, esto se puede ver en la siguiente formula.

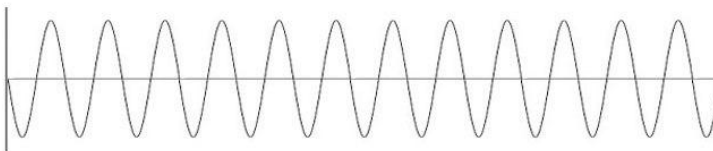
$$1 \text{ Hz} = \frac{1}{\text{s}}$$

La frecuencia puede dividirse en alta frecuencia y baja frecuencia, entre menos sucesos sucedan en un periodo, la frecuencia será más baja, por el contrario, si existen más sucesos en el mismo periodo la frecuencia será alta, un ejemplo de esto se ve en las siguientes gráficas.

Onda de frecuencia baja



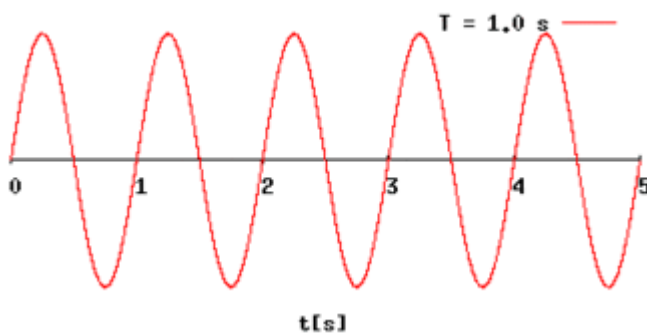
Onda de frecuencia alta



Frecuencia alta y frecuencia baja

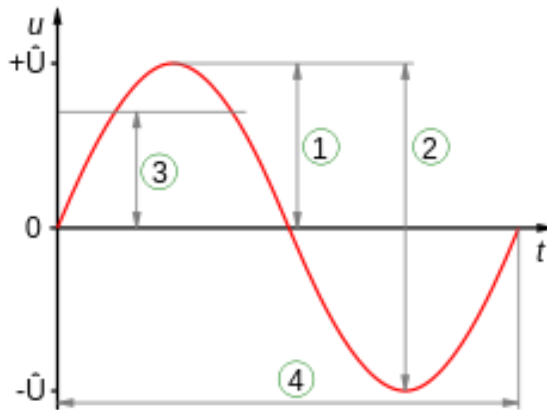
Período

El periodo de una onda comúnmente es representado por la letra “T” y no es otra cosa más que el tiempo transcurrido entre 2 puntos equivalentes de la onda.



Amplitud

En física la amplitud (del latín *amplitūdo*) de un movimiento oscilatorio, ondulatorio o señal electromagnética es una medida de la variación máxima del desplazamiento u otra magnitud física que varía periódica o cuasi periódicamente en el tiempo. Es la distancia entre el punto más alejado de una onda y el punto de equilibrio o medio.



- 1 = Amplitud,
- 2 = Amplitud de pico a pico,
- 3 = Media cuadrática,
- 4 = Periodo.

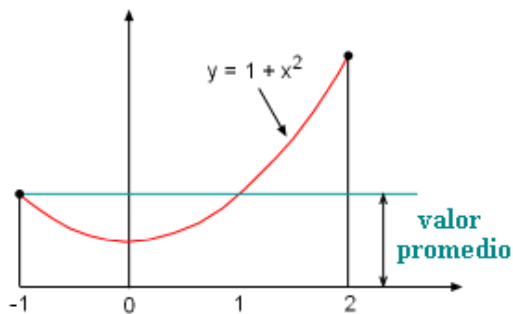
Fase

En el contexto de la electricidad, se denomina fase a la intensidad o el valor de la fuerza electromotriz, en un cierto momento, de una corriente alterna. En el caso de una corriente polifásica, se le dice fase a la corriente alterna.

Relación de tiempo existente entre tensiones y/o corrientes alternas independientemente de sus magnitudes.

Valor promedio

El valor promedio de un ciclo completo de voltaje o corriente es cero (0). Si se toma en cuenta solo un semi ciclo (supongamos el positivo) el valor promedio es: $V_{PR} = V_{PICO} \times 0.636$. La relación que existe entre los valores RMS y promedio es: $V_{RMS} = V_{PR} \times 1.11$ $V_{PR} = V_{RMS} \times 0.9$.

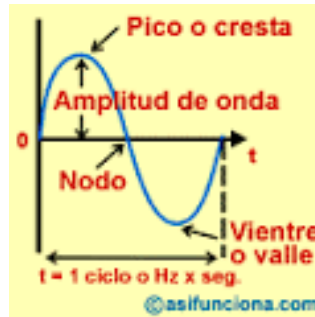


Valor eficaz

El valor eficaz o también llamado RMS (Root Mean Square – Raíz Media Cuadrática) como su nombre lo indica intentan encontrar un valor que sea eficiente, esto se puede notar claramente cuando se dice que una casa está alimentada a 110 V, que la casa este alimentada a ese voltaje implica que el valor suministrado es eficaz. Además de esta definición, también se puede llegar a la conclusión de que el valor RMS es el valor del voltaje o corriente en Corriente alterna que produce un efecto de disipación de calor que su equivalente de voltaje o corriente directa.

Valor máximo o Pico

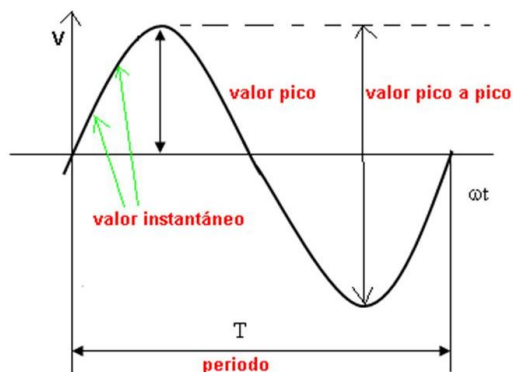
No hay mucho pierde en esta definición ya que es el valor de la tensión en cada “cresta” o “valle” de la señal.



Valor pico a pico

El valor pico por lo general se entiende de 2 maneras, en corriente directa el valor pico se representa con “A0”, y no es más que la amplitud y el valor máximo dela misma.

En el caso de la corriente alterna el valor de pico a pico se representado como “App”, a diferencia de la corriente directa, la alterna presenta picos tanto negativos como positivos y por tal se deduce que el valor pico a pico es la diferencia entre su pico o máximo positivo y su pico negativo.



2.2.- Fuentes de alimentación en corriente directa y alterna.

La fuente de poder o de alimentación (*PSU* en inglés) es el dispositivo que se encarga de transformar la corriente alterna de la línea eléctrica comercial que se recibe en los domicilios (220 volts en la Argentina) en corriente continua o directa; que es la que utilizan los dispositivos electrónicos tales como televisores y computadoras, suministrando los diferentes voltajes requeridos por los componentes, incluyendo usualmente protección frente a eventuales inconvenientes en el suministro eléctrico, como la sobretensión.

Las fuentes de alimentación pueden ser lineales o conmutativas:

Fuentes lineales. Siguen el esquema de transformador (reductor de tensión), rectificador (conversión de voltaje alterno a onda completa), filtro (conversión de onda completa a continua) y regulación (mantenimiento del voltaje de salida ante variaciones en la carga).

Fuentes conmutativas. Estas, en cambio, convierten la energía eléctrica por medio de conmutación de alta frecuencia sobre transistores de potencia. Las fuentes lineales son típicamente de regulación ineficiente, comparadas con fuentes conmutativas de similar potencia. Estas últimas son las más utilizadas cuando se requiere un diseño compacto y de bajo costo.

Funciones de las fuentes de alimentación

Las funciones esenciales de la fuente son cuatro:

- **Transformación.** Allí se consigue reducir la tensión de entrada a la fuente (220 v o 125 v), que son las que suministra la red eléctrica. Allí participa un transformador en bobina. La salida de este proceso generará de 5 a 12 voltios.
- **Rectificación.** Tiene el objetivo de asegurar que no se produzcan oscilaciones de voltaje en el tiempo. Se intenta con esta fase pasar de corriente alterna a corriente continua a través de un componente que se llama puente rectificador o de Graetz. Esto permite que el voltaje no baje de 0 voltios, y siempre se mantenga por encima de esta cifra.
- **Filtrado.** En esta fase se aplanan al máximo la señal, eso se consigue con uno o varios condensadores, que retienen la corriente y la dejan pasar lentamente, con lo que se logra el efecto deseado.
- **Estabilización.** Cuando se dispone ya de la señal continua y casi del todo plana, solo resta estabilizarla por completo.

Tipos de fuentes de alimentación

Las fuentes de poder que alimentan a las PC se encuentran en el interior del gabinete y por lo general son de tipo AT o ATX. Las fuentes de alimentación AT se usaron

aproximadamente hasta que apareció el Pentium MMX, momento en que se comenzaron a usar las ATX.

Las fuentes AT tienen conectores a placa base (esto las diferencia de las ATX) y además, la fuente se activa a través de un interruptor en el que hay un voltaje de 220 v, lo que supone un riesgo al manipular el PC. Tecnológicamente son bastante rudimentarias y ya casi no se usan. Asimismo, se daba el problema de que al tener dos conectores que había que conectar a placa base, eran frecuentes las confusiones y los cortocircuitos.

En las fuentes ATX el circuito de la fuente es más moderno y siempre está activo, o sea, la fuente siempre está alimentada con una tensión pequeña para mantenerla en espera. Una ventaja adicional de las fuentes de poder ATX es que no disponen de un interruptor de encendido/apagado, sino que trabajan con un pulsador conectado a la placa base, esto facilita las conexiones/desconexiones. Según su potencia y el tipo de caja, se clasifican en fuentes sobre mesa AT (150-200 W), semitorre (200-300), torre (230-250 W), Slim (75-100 W), sobre mesa ATX (200-250 W).

2.2.1.- Fuentes independientes.

Son fuentes independientes Aquellas cuya tensión o corriente es proporcional a la tensión o corriente por alguna rama del circuito. o Una fuente dependiente es una fuente de corriente o de tensión que depende de la tensión o de la corriente de otro elemento en el circuito o Importante: Las fuentes de tensión o corriente independiente o dependiente generalmente suministran potencia a circuito.

Tipos de fuentes independientes

Fuente de tensión o voltaje: Aquella en la que el valor de su voltaje es independiente del valor o dirección de la corriente que lo atraviesa. Impone el voltaje en sus bornes, pero la corriente que lo atraviesa estará impuesta por la red o circuito al que esté conectado.

Fuente de Corriente: Son aquellas en las que el valor y la dirección de la corriente que circula a través de ella es independiente del valor y polaridad del voltaje en sus terminales. impone la corriente de rama, pero el voltaje en sus bornas estará impuesto por la red a la que esté conectado.

2.2.2.- Fuentes dependientes.

Fuente Dependiente De Voltaje:

Es una fuente en la que el voltaje entre sus terminales está determinado por un voltaje o una corriente que existe en otro lugar del circuito.

El voltaje depende de la variable x que puede ser una corriente o un voltaje en cualquier punto del circuito.

Fuente de voltaje controlada por voltaje (FVCV)

b = tiene unidades volt/volt v_c = voltaje de control

Fuente de voltaje controlada por corriente (FVCC)

r = Tiene unidades de volt/ampere

i_c = Corriente de control

Fuente Dependiente De Corriente:

Es una fuente en la que la corriente entre sus terminales, está determinada por una corriente o un voltaje que existe en otro lugar del circuito.

La corriente depende de la variable x que puede ser una corriente o un voltaje en cualquier punto del circuito.

Fuente de corriente controlada por voltaje (FCCV)

G = constante con unidades ampere/volts A/V

V_c = Voltaje de control

RECURSOS EXTRA

Introducción a los circuitos eléctricos: <https://www.youtube.com/watch?v=bbJsodTrO8A>

Conceptos Fundamentales de circuitos: <https://www.youtube.com/watch?v=ZLMu9T1OpnM>

Circuitos eléctricos: Conceptos básicos: <https://www.youtube.com/watch?v=S5-iBTrDuRs>

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

SÚPER NOTA

Realice una súper nota de la unidad numero dos; véase manual básico de actividades en plataforma UDS.

UNIDAD III: ANÁLISIS DE CIRCUITOS DE CORRIENTE DIRECTA

Objetivo: Conocer la importancia de los circuitos recesivos como parte fundamental de la corriente eléctrica y la importancia del teorema de Thevenin y Norton.

3.1. Circuito resistivo.

Los circuitos eléctricos son representaciones graficas de elementos conectados entre sí para formar una trayectoria por la cual circula una corriente eléctrica, en la que la fuente de energía y el dispositivo consumidor de energía están conectados por medio de cables conductores, a través de los cuales circula la carga.

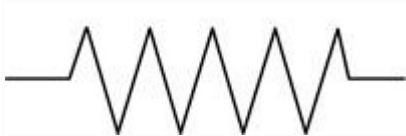
Un circuito eléctrico resistivo, consiste en una serie de conexiones que conforman un circuito de resistencias, corriente y una fuente de voltaje o energía. Los análisis de circuitos resistivos, son más sencillos, a comparación de otros tipos de circuitos. Esto, debido a que solo contienen resistencias, a diferencia de otros, donde se incluyen, capacitores, inductores, etc.

Circuitos eléctricos resistivos

Los circuitos eléctricos están conformados por elementos conectados entre sí, los cuales permiten circular a la corriente eléctrica. En cada circuito, tanto la fuente de energía, como el

dispositivo consumidor de energía están conectados por medio de materiales conductores. Los circuitos eléctricos resistivos, se caracterizan por no tener más elementos durante la trayectoria de la energía, más que solo resistencias.

En un circuito eléctrico resistivo, solo 3 elementos serán necesarios para permitir el fluido eléctrico. La representación gráfica de las resistencias contenidas en cada uno, serán representadas simbólicamente por la siguiente.



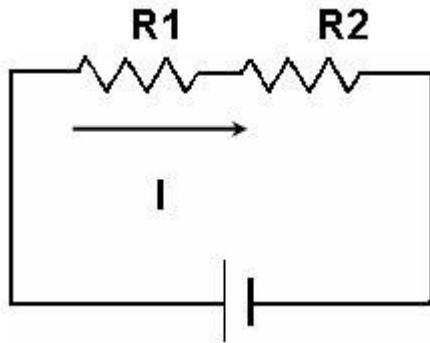
El hecho que los circuitos eléctricos resistivos, solo contengan resistencia como elemento adicional a la fuente de energía y energía, no los excluye de poder formar tipos de circuitos.

Debido a que los circuitos en serie, paralelo o mixto se caracterizan por la forma en que fluye la energía y contener resistencias, los circuitos eléctricos resistivos pueden presentarse como de estos tipos o ser características propias de los tipos de circuitos.

Circuitos resistivos: Circuitos eléctricos en Serie

Las corrientes eléctricas contenidas en cada circuito eléctrico en serie, es la misma en todos sus elementos. De igual forma, el voltaje total del circuito, proporcionado por la fuente de energía, es igual a la sumatoria de todos los voltajes individuales.

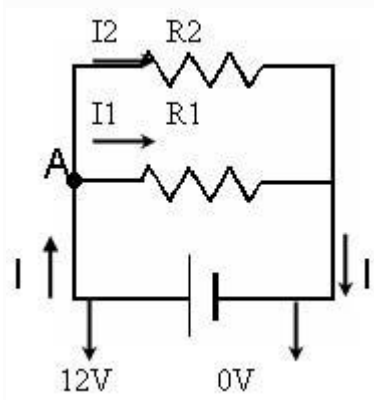
Los circuitos eléctricos resistivos en serie, contienen una resistencia equivaldrá a la sumatoria de todos los valores de cada resistencia contenida en los elementos.



Circuitos resistivos: Circuitos eléctricos en paralelo

El voltaje en los circuitos eléctricos en paralelo, equivale al de todos sus elementos. La corriente eléctrica total, también será igual al total de todas las corrientes individuales que la conforman.

En los circuitos eléctricos en paralelo, que son también circuitos resistivos, si contienen algún tipo de resistencia, esta última, equivaldrá al inverso del total algebraico de las resistencias que integran el circuito. Además, que su valor será inferior a cualquiera de las resistencias que forman parte del circuito.

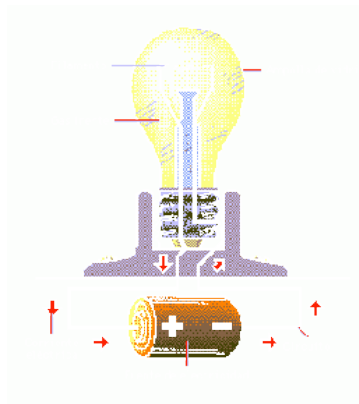


Circuitos resistivos: Circuitos eléctricos mixtos

La intensidad total de la corriente en un circuito eléctrico mixto, depende de la resistencia total en un circuito, cuando es suministrada por una fuente de voltaje.

3.1.1. Ley de OHM.

Esta ley tiene el nombre del físico alemán Georg Ohm, que en un tratado publicado en 1827, halló valores de tensión y corriente que pasaba a través de unos circuitos eléctricos simples que contenían una gran cantidad de cables. El presentó una ecuación para explicar sus resultados experimentales. Esta ecuación es conocida como la Ley de Ohm, la cual relaciona el valor de la resistencia de un conductor con la intensidad de corriente que lo atraviesa y con la diferencia de potencial entre sus extremos.



La Ley de Ohm afirma que la corriente que circula por un conductor eléctrico es directamente proporcional a la tensión e inversamente proporcional a la resistencia siempre y cuando su temperatura se mantenga constante. La ecuación matemática que describe esta relación es $I = V / R$.

Donde, I es la corriente que pasa a través del objeto en amperios, Véase la diferencia de potencial de las terminales del objeto en voltios, y R es la resistencia en ohmios (Ω). Específicamente, la ley de Ohm dice que la R en esta relación es constante, independientemente de la corriente. Esto se puede entender con facilidad si se analiza un circuito donde están en serie, una fuente de voltaje (una batería de 12 voltios) y un resistor de 6 ohm (ohmios). Se puede establecer una relación entre el voltaje de la batería, el valor del resistor y la corriente que entrega la batería y que circula a través del resistor. Entonces la corriente que circula por el circuito (por el resistor) es: I es igual a 12 Voltios entre 6 ohms es igual 2 Amperios. De la misma fórmula se puede despejar el voltaje en función de la corriente y la resistencia, entonces la Ley de Ohm queda: $V = I \times R$

Entonces, si se conoce la corriente y el valor del resistor se puede obtener el voltaje entre los terminales del resistor, así: V es igual 2 Amperios por 6 ohms es igual a 12 Voltios Al igual que en el caso anterior, si se despeja la resistencia en función del voltaje y la corriente, se obtiene la Ley de Ohm de la forma: $R = V / I$ Entonces si se conoce el voltaje en el resistor y la corriente que pasa por él se obtiene: R es igual a 12 Voltios entre 2 Amperios que es igual a 6 ohms Es interesante ver que la relación entre la corriente y el voltaje en un resistor es siempre lineal y la pendiente de esta línea está directamente relacionada con el valor del resistor. Así, a mayor resistencia mayor pendiente.

Para recordar las tres expresiones de la Ley de Ohm se utiliza el triángulo que tiene mucha similitud con las fórmulas analizadas anteriormente y pueden darse tres casos:

- Con un valor de resistencia fijo: La corriente sigue al voltaje. Un incremento del voltaje, significa un incremento en la corriente y un incremento en la corriente significa un incremento en el voltaje.
- Con el voltaje fijo: Un incremento en la corriente, causa una disminución en la resistencia y un incremento en la resistencia causa una disminución en la corriente
- Con la corriente fija: El voltaje sigue a la resistencia. Un incremento en la resistencia, causa un incremento en el voltaje y un incremento en el voltaje causa un incremento en la resistencia

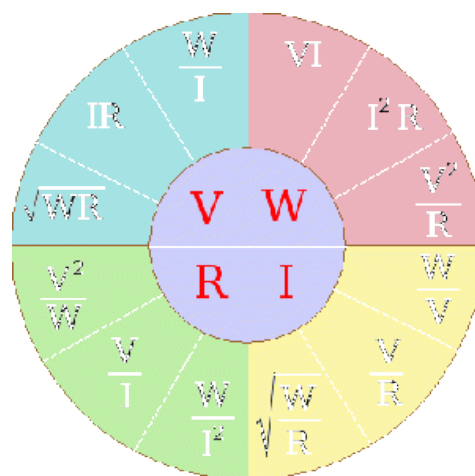
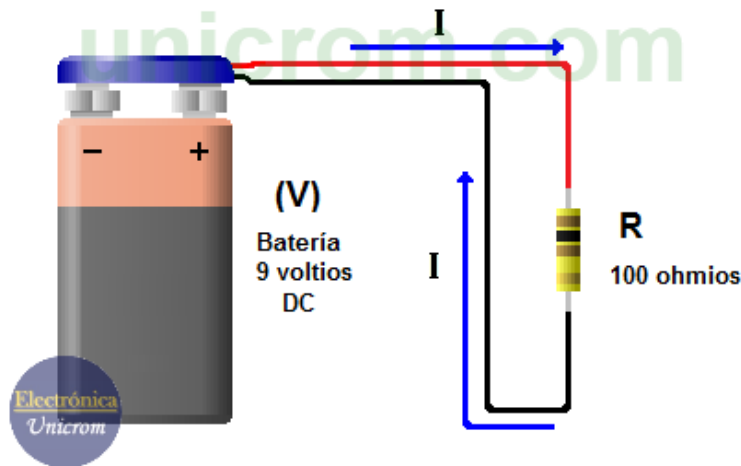


Gráfico de sectores entre la corriente, voltaje, resistencia y potencia

Fórmula de la ley de Ohm y ejemplos de cálculo

Esta relación es: $I = V/R$ y es la fórmula de la Ley de Ohm.

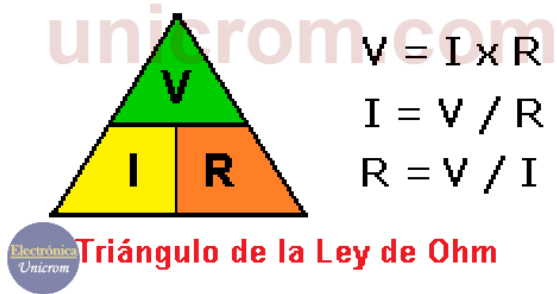
- Entonces si usamos la fórmula anterior $I = V/R$, la corriente que circula por el circuito (por la resistencia) es: $I = 9 \text{ Voltios} / 100 \text{ ohms} = 0.09 \text{ Amperios}$ (90 mA).



- De la misma fórmula se puede despejar el voltaje en función de la corriente y la resistencia, entonces la Ley de Ohm queda: $V = I \times R$. Entonces, conociendo la corriente y el valor de la resistencia se puede obtener el voltaje en la resistencia, así: $V = 0.09 \text{ Amperios} \times 100 \text{ ohms} = 9 \text{ Voltios}$.
- Al igual que en el caso anterior, si se despeja la resistencia en función del voltaje y la corriente, se obtiene la Ley de Ohm de la forma: $R = V / I$. Entonces conociendo el voltaje en la resistencia y la corriente que pasa por ella se obtiene el valor de la resistencia: $R = 9 \text{ Voltios} / 0.09 \text{ Amperios} = 100 \text{ ohms}$.

El triángulo de la Ley de Ohm

Para recordar las tres expresiones de la Ley de Ohm se utiliza el triángulo de la figura siguiente que tiene mucha similitud con las 3 fórmulas analizadas anteriormente.



Relación lineal entre la corriente y el voltaje en una resistencia

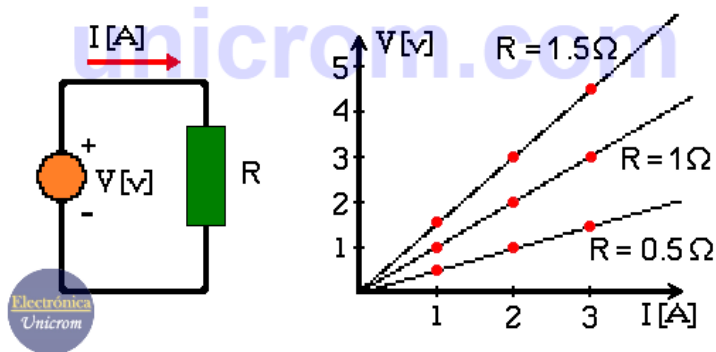
Es interesante ver que la relación entre la corriente y el voltaje en un resistor es siempre lineal y la pendiente de esta línea está directamente relacionada con el valor del resistor. Así, a mayor resistencia mayor pendiente. Ver gráfico.

Se dan 3 casos:

- Con un valor de resistencia fijo: La corriente sigue al voltaje. Un incremento del voltaje, significa un incremento en la corriente y un incremento en la corriente significa un incremento en el voltaje.
- Con el voltaje fijo: Un incremento en la corriente, causa una disminución en la resistencia y un incremento en la resistencia causa una disminución en la corriente
- Con la corriente fija: El voltaje sigue a la resistencia. Un incremento en la resistencia, causa un incremento en el voltaje y un incremento en el voltaje causa un incremento en la resistencia

Representación gráfica de la resistencia

Para tres valores de resistencia diferentes, un valor en el eje vertical (corriente) corresponde un valor en el eje horizontal (voltaje). Las pendientes de estas líneas rectas representan el valor de la resistencia.



Con ayuda de estos gráficos se puede obtener un valor de corriente para un resistor y un voltaje dados. Igualmente, para un voltaje y un resistor dados se puede obtener la corriente.

3.1.2. Conexiones serie, paralelo, mixto, estrella y delta.

Conexión en serie: Los circuitos en serie son aquellos que disponen de dos o más Los operadores se conectan uno al otro, es decir, en el mismo cable o conductor. Dicho de otra forma, en este tipo de circuitos para pasar de un punto a otro (del polo $-$ al polo $+$), la corriente eléctrica se ve en la necesidad de atravesar todos los operadores.

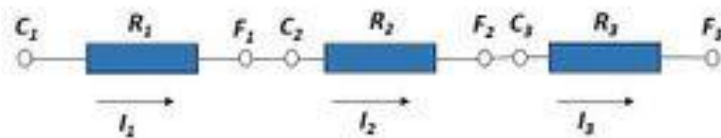
En los circuitos conectados en serie se pueden ver los siguientes efectos:

- A medida que el número de Usuarios que se conectan aumenta su intensidad luminosa.
- Cuando esté en la raíz, por favor, desconexión, etc., los elementos también se dejarán de funcionar, es decir, cada uno de ellos se puede apagar como un interruptor.

En los circuitos en serie se cumplen las siguientes condiciones:

- La intensidad que circula por el circuito es siempre la misma.
- La resistencia total del circuito es la suma de las resistencias de los receptores.
- El voltaje total del circuito es la suma de los voltajes de cada receptor.

Conexiones paralelas: Un circuito en paralelo es aquel que dispone de dos o más operadores conectados en distintos cables. Dicho de otra forma, en ellos, para pasar de un punto a otro del circuito (del polo – al polo +), la corriente eléctrica dispone de varios caminos alternativos, por lo que ésta sólo atravesará aquellos operadores que se encuentren en su recorrido.



En los circuitos conectados en paralelo podemos observar los siguientes efectos:

- Los operadores (en este caso lámparas) funcionan con la misma intensidad luminosa.
- La desconexión o avería de un operador no influye en el funcionamiento del resto.

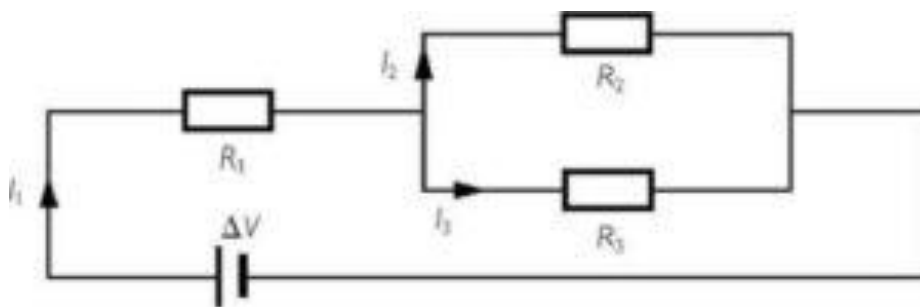
En los circuitos en paralelo se cumplen las siguientes condiciones:

- La intensidad que circula por el circuito no es la misma, ya que atraviesa caminos distintos.
- El voltaje es el mismo en todo el circuito.
- La inversa de la resistencia total del circuito es igual a la suma de las inversas de las resistencias de cada operador.

Conexiones mixtas: comprende y aplica los conceptos de los circuitos electrónicos, la conexión serie paralelo y su aplicación mixta.

Un circuito eléctrico mixto es aquel que resulta de la combinación de dos configuraciones básicas: circuitos en serie y circuitos en paralelo. Se trata de los montajes más comunes en la vida cotidiana, ya que las redes eléctricas convencionales resultan de la mezcla de circuitos secuenciales y paralelos entre sí.

Para calcular los valores equivalentes de cada componente (resistencias, condensadores, inductores, etc.), se recomienda simplificar el análisis reduciendo el circuito a su expresión más simple. Es factible calcular las caídas de tensión y el flujo de corriente a través de cada uno de los receptores.



De esta forma se logra simplificar los componentes conectados en serie y en paralelo, hasta obtener un circuito equivalente simple. Los circuitos eléctricos mixtos son sumamente útiles al momento de reducir la caída de tensión sobre algún componente en particular. Para ello se realizan arreglos en serie y en paralelo para inducir el efecto deseado.

Características

Dada la infinidad de combinaciones posibles entre circuitos en serie y en paralelo, los circuitos eléctricos mixtos son ideales para establecer enlaces y conmutaciones diversas a lo largo de toda la conexión. Las características más representativas de los circuitos eléctricos mixtos son las siguientes:

Los terminales de los elementos se conectan según el diseño y la función deseada

Los circuitos mixtos no se limitan a un único estilo de conexión, ya que son diseñados para cumplir con un objetivo determinado, según la interacción de los receptores del circuito.

Por ejemplo: la caída de tensión puede hacer que en un circuito mixto de bombillos algunos de estos brillen con más intensidad que otros, debido al juego de las resistencias en serie y en paralelo.

La caída de tensión entre nodos puede ser variable

Análogo al caso anterior, la libertad del circuito mixto permite obtener dos resultados posibles sobre cada conexión.

Si los elementos están conectados en serie, el voltaje total será la suma algebraica de los voltajes parciales, siempre y cuando la conexión se realice respetando la conexión alterna de las polaridades.

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

En cambio, si la conexión es en paralelo, las tensiones entre nodos será siempre la misma:

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$$

Este análisis debe aplicarse a cada sección del circuito de manera independiente, dada la naturaleza de las conexiones.

La intensidad de la corriente varía dependiendo de la conexión. En cada malla del circuito se cumple el precepto de que la corriente es la misma sobre todos los puntos, siempre que no existan ramificaciones adicionales dentro de la configuración inicial.

En ese caso, la corriente eléctrica de la malla es única, y es la misma que atraviesa a cada uno de los receptores dentro del circuito:

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$$

Si, por el contrario, la corriente se divide cada vez que pasa por un nodo, entonces la corriente total será la suma de todas las corrientes de bifurcación del circuito:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

Es importante destacar que estas corrientes de ramificación no son iguales necesariamente. La intensidad de las mismas va a depender de la resistencia que exista en cada ramal.

La resistencia total equivalente del circuito no tiene una fórmula única

El valor de la resistencia total equivalente de un circuito eléctrico mixto no obedece a una fórmula específica; por el contrario, va a depender directamente del tipo de conexión, y su obtención es diferente en cada caso.

El circuito debe simplificarse tratando de ir de lo más complejo a lo más simple. Para ello se recomienda primero calcular las resistencias equivalentes de todos los segmentos en paralelo, mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Luego, cuando se haya reducido el sistema a una conexión de varias resistencias en serie, el cálculo de la resistencia total del circuito sería la suma de todos los valores obtenidos, mediante la siguiente fórmula:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

¿Cómo funciona?

Generalmente los circuitos mixtos tienen al alimentador conectado en serie con un interruptor que energiza a todo el sistema por igual.

Luego de este alimentador, suelen presentarse varios circuitos secundarios cuya configuración varía según la disposición de los receptores: secuencias y paralelismos sin un patrón específico.

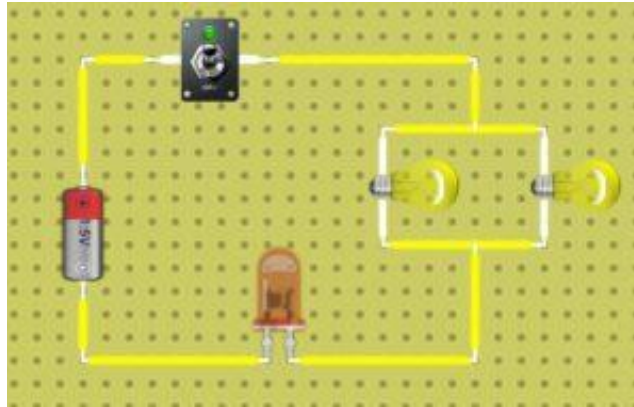
Incluso es factible apreciar conmutaciones; es decir, cambios de conexión alternados entre un circuito secundario u otro, dependiendo del diseño del sistema.

En el caso de las conexiones que se encuentren en serie, al desconectar una parte de este lazo o malla todo el circuito adyacente quedará desincorporado del montaje automáticamente.

En cambio, si se trata de circuitos secundarios en paralelo, en caso de que uno de los componentes se funda y se genere un punto abierto, el otro ramal seguirá funcionando de manera independiente.

¿Cómo hacerlo?

Hacer un montaje de un circuito eléctrico mixto puede ser muy sencillo. El efecto se logra incorporando dos resistencias en paralelo dentro de un lazo en serie.



La conexión es fácil y práctica. A continuación, te enseñamos cómo hacer un circuito eléctrico mixto en siete fáciles pasos:

- 1- Fija una base de madera para que esta sea la plataforma sobre la cual conectes todos los componentes del circuito.
- 2- Ubica la fuente de tensión. Para ello emplea una pila de 9 voltios y fíjala a la base de madera con cinta adhesiva aislante.
- 3- Instala el interruptor del circuito al lado del terminal positivo de la batería.
- 4- Atornilla tres portas bombillos sobre la base del circuito, y coloca los bombillos donde corresponde. Dos estarán en paralelo frente a la batería y el último quedará en serie con la pila, justo para ser conectado en el terminal negativo de esta.
- 5- Fija el tamaño de los cables según las distancias existentes entre cada componente y según el diseño original de la instalación.
- 6- Conecta la fuente de tensión y todos los receptores del circuito entre sí.
- 7- Finalmente, activa el interruptor para certificar el funcionamiento del circuito.

Ejemplos

La gran mayoría de los aparatos electrónicos y los electrodomésticos están fabricados con base en circuitos mixtos.

Esto implica que los teléfonos celulares, las computadoras, los televisores, los hornos microondas y demás implementos de esta rama cuentan con circuitos eléctricos mixtos como parte fundamental de sus conexiones internas.

Conexión estrella: En un sistema conectado en configuración “Estrella”, el voltaje de línea $V_l = \sqrt{3}V_f$, es decir el voltaje de fase V_f es raíz de 3 veces menor que el voltaje de línea V_l . En una conexión “Estrella” la corriente de línea es igual a la corriente de fase. Los sistemas conectados en “Estrella”, requieren un menor nivel de aislamiento. Los sistemas de conexión “Estrella”, se usan cuando se requiere una baja corriente de arranque.

Conexión delta: En un sistema conectado en configuración “Delta”, el voltaje de línea V_l es igual al voltaje de fase V_f . Mientras que la corriente de fase es raíz de 3 veces menor que la corriente de línea I_l nivel de aislamiento, es alto, ya que el voltaje de línea V_l es igual al voltaje de fase. Este tipo de conexión, generalmente se emplea cuando se requiere un alto torque de arranque.

3.1.3 Divisor de voltaje.

Un divisor de voltaje es un circuito simple que reparte la tensión de una fuente entre una o más impedancias conectadas. Con sólo dos resistencias en serie y un voltaje de entrada, se puede obtener un voltaje de salida equivalente a una fracción del de entrada. En otras palabras, su utilidad está en poder cambiar un voltaje fijo a voluntad o establecer un voltaje de referencia para otros circuitos. Permite calcular el voltaje de cada resistencia (caída de voltaje).

Para tener un divisor de voltaje es necesario tener dos o más resistencias en serie, los componentes están conectados en una secuencia, mediante sus terminales (la salida de un componente se conecta a la entrada del siguiente, y así sucesivamente).

Para obtener el voltaje en la resistencia deseada (V_{Rx}) se multiplica el voltaje de la fuente (V_f) por la resistencia deseada (R_x), dividido entre la resistencia total (R_t , que es igual a la suma de todas las resistencias).

$$VR_x = (V_f * R_x) / R_t$$

La ecuación del divisor de voltaje

Sigamos considerando un circuito puramente resistivo. Sabemos que la corriente I que atraviesa un circuito de resistencias en serie conectadas a una fuente como se muestra en la figura 1, es la misma. Y según la ley de Ohm y la segunda ley de Kirchhoff:

$$V = IR_1 + IR_2 + IR_3 + \dots + IR_i$$

Donde $R_1, R_2 \dots R_i$ representa cada resistencia en serie del circuito. Por lo tanto:

$$V = I \sum R_i$$

Entonces la corriente resulta ser:

$$I = V / \sum R_i$$

Ahora calculemos el voltaje en una de las resistencias, la resistencia R_i , por ejemplo:

$$V_i = (V / \sum R_i) R_i$$

La ecuación anterior se reescribe de la siguiente forma y ya tenemos lista la regla del divisor de voltaje para una batería y N resistencias en serie:

$$V_i = \left(\frac{R_i}{\sum_{i=1}^N R_i} \right) V$$

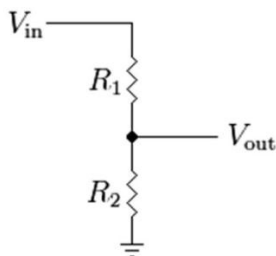
Divisor de tensión con 2 resistencias

Si tenemos un circuito divisor de tensión con 2 resistencias, la ecuación anterior se transforma en:

$$V_i = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V$$

Y en el caso especial en el que $R_1 = R_2$, $V_i = V/2$, independientemente de la corriente, tal como se dijo al principio. Este es el divisor de voltaje más sencillo de todos.

En la siguiente figura está el esquema de este divisor, donde V , el voltaje de entrada, se simboliza como V_{in} , y V_i es el voltaje obtenido al dividir el voltaje entre las resistencias R_1 y R_2 .



3.1.4. Divisor de corriente.

Un divisor de corriente es un montaje muy simple de electrónica que permite obtener una corriente de un valor proporcional a otra corriente. El principio del divisor de corriente es similar al del divisor de voltaje.

¿En qué circuitos se presenta?

Dicha configuración está presente en circuitos eléctricos donde se *fragmenta la corriente eléctrica de una fuente* que actúa de forma activa entre diferentes resistencias o impedancias conectadas en paralelo.

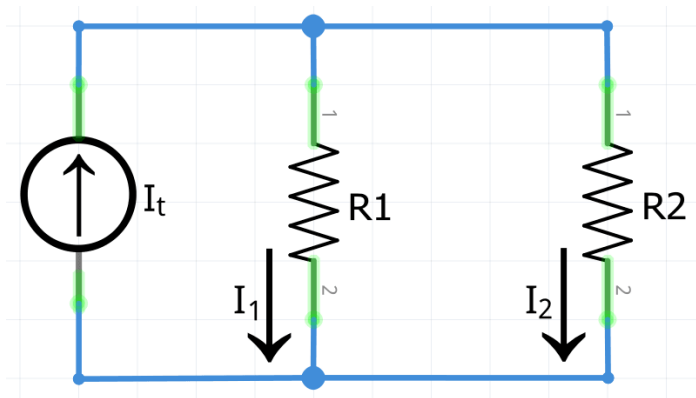
¿Para qué se utiliza un divisor de corriente?

El método de Divisor de Corriente se utiliza para determinar la caída de corriente de una resistencia o impedancia en específico de cualquier circuito.

La corriente eléctrica en un circuito en paralelo se divide. La regla del divisor de corriente explica la forma en que la corriente en cualquier nodo se divide entre las diferentes ramas.

Fórmula

Considere un circuito eléctrico que contiene una sola fuente de corriente y dos resistencias en paralelo. La corriente de la fuente ingresa al nodo superior. Un circuito paralelo tiene el mismo voltaje en todos los componentes, pero la corriente siempre se divide.



Cuando se tiene un circuito como el anterior, es posible calcular la corriente que pasa por una de las dos resistencias (ya sea \$R_1\$ o \$R_2\$).

La fórmula del Divisor de Corriente en un circuito reducido como el anterior es la siguiente:

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I_t$$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I_t$$

3.1.5. Leyes de Kirchhoff.

Las leyes de Kirchhoff fueron formuladas por el físico prusiano Gustav Kirchhoff (1824-1887) en 1845, mientras este aún era estudiante. Es responsable de dos conjuntos de leyes fundamentales en la teoría clásica de circuitos eléctricos y en la emisión térmica. Aunque ambas se denominan leyes de Kirchhoff, probablemente esta denominación es más común en el caso de las leyes de Kirchhoff de la ingeniería eléctrica las que surgen de la aplicación de la ley de conservación de la energía. Estas leyes permiten resolver los circuitos electrónicos utilizando el conjunto de ecuaciones al que ellos responden.

Las leyes de Kirchhoff están fundamentadas en la ley de la conservación de la energía, y permiten analizar las variables inherentes a los circuitos eléctricos. Ambos preceptos los enunció el físico prusiano Gustav Robert Kirchhoff a mediados de 1845, y son usadas en la actualidad en las ingenierías eléctrica y electrónica, para el cálculo de corriente y tensión.

La primera ley dice que la suma de las corrientes que ingresan en un nodo del circuito debe ser igual a la suma de todas las corrientes que se expulsan del nodo. La segunda ley enuncia que la suma de todas las tensiones positivas en una malla debe igualarse a la suma de las tensiones negativas (las caídas de tensión con sentido contrario).

Las leyes de Kirchhoff, junto con la Ley de Ohm, son las principales herramientas con las cuales se cuenta para analizar el valor de los parámetros eléctricos de un circuito.

Mediante el análisis de nodos (primera ley) o de mallas (segunda ley) es factible hallar los valores de las corrientes y las caídas de tensión que se presenten en cualquier punto del montaje.

Lo anterior es válido debido al fundamento de las dos leyes: la ley de conservación de la energía y la ley de conservación de la carga eléctrica. Ambos métodos se complementan, e incluso pueden emplearse simultáneamente como métodos de comprobación mutuos de un mismo circuito eléctrico.

Sin embargo, para su correcto empleo es importante velar por las polaridades de las fuentes y los elementos interconectados, así como por el sentido de circulación de la corriente.

Una falla en el sistema de referencias empleado puede modificar totalmente el desenvolvimiento de los cálculos y proporcionar una resolución errada al circuito analizado.

Primera Ley de Kirchhoff

La primera ley de Kirchhoff se fundamenta en la ley de la conservación de la energía; más específicamente, en el balance del flujo de corriente a través de un nodo en el circuito.

Esta ley se aplica de igual forma en circuitos de corriente continua y alterna, todo fundamentado en la ley de la conservación de la energía, ya que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma.

Esta ley establece que la suma de todas las corrientes que ingresan a un nodo se iguala en magnitud con la suma de las corrientes que se expulsan de dicho nodo.

Por ende, la corriente eléctrica no puede aparecer de la nada, todo se fundamenta en la conservación de la energía. La corriente que ingresa a un nodo debe distribuirse entre los ramales de ese nodo. La primera ley de Kirchhoff puede expresarse matemáticamente de la siguiente forma:

$$\sum \text{Corrientes de Entrada} = \sum \text{Corrientes de Salida}$$

Es decir, la suma de las corrientes entrantes a un nodo es igual a la suma de las corrientes salientes.

El nodo no puede producir electrones ni eliminarlos deliberadamente del circuito eléctrico; es decir, el flujo total de electrones se mantiene constante y se distribuye a través del nodo.

Ahora bien, la distribución de las corrientes a partir de un nodo puede variar dependiendo de la resistencia a la circulación de la corriente que tenga cada derivación.

La resistencia se mide en ohmios [Ω], y en tanto mayor sea la resistencia a la circulación de corriente, menor será la intensidad de la corriente eléctrica que fluye a través de esa derivación.

Dependiendo de las características del circuito, y de cada uno de los componentes eléctricos que lo conforman, la corriente tomará diferentes caminos de circulación.

El flujo de electrones encontrará más o menos resistencia en cada camino, y esto influirá directamente en el número de electrones que circularán a través de cada ramal.

Así, la magnitud de la corriente eléctrica en cada ramal puede variar, dependiendo de la resistencia eléctrica que esté presente en cada ramificación.

Segunda Ley de Kirchhoff

La segunda ley de Kirchhoff indica que la suma algebraica de todos los voltajes en una malla o bucle cerrado debe ser igual a cero. Expresada matemáticamente, la segunda ley de Kirchhoff se resume de la siguiente forma:

$$\sum \text{Voltajes del bucle cerrado} = 0$$

El hecho de que se refiera a la suma algebraica implica el cuidado de las polaridades de las fuentes de energía, así como los signos de las caídas de tensión sobre cada componente eléctrico del circuito.

Por ende, al momento de aplicar esta ley hay que ser muy precavidos en el sentido de circulación de la corriente y, en consecuencia, con los signos de los voltajes contenidos dentro de la malla.

Esta ley está igualmente fundamentada en la ley de conservación de la energía, ya que se establece que cada malla es un camino conductor cerrado, en el cual no se genera ni se pierde potencial.

En consecuencia, la suma de todos los voltajes alrededor de este camino debe ser nula, para honrar al balance energético del circuito dentro del lazo.

Ley de conservación de la carga

La segunda ley de Kirchhoff también obedece a la ley de conservación de la carga, ya que a medida que los electrones fluyen por un circuito, pasan a través de uno o varios componentes.

Estos componentes (resistencias, inductores, capacitores, etc.), ganan o pierden energía dependiendo del tipo de elemento. Lo anterior se debe a la elaboración de un trabajo debido a la acción de fuerzas eléctricas microscópicas.

La ocurrencia de una caída de potencial, se debe a la ejecución de un trabajo dentro de cada componente como respuesta a la energía suministrada por una fuente, bien sea en corriente continua o alterna.

De manera empírica —es decir, gracias a resultados obtenidos experimentalmente—, el principio de conservación de la carga eléctrica establece que este tipo de carga no se crea ni se destruye.

Cuando un sistema se ve sujeto a interactuar con campos electromagnéticos, la carga relacionada en una malla o bucle cerrado se mantiene en su totalidad.

Así, al sumar todos los voltajes en un lazo cerrado, considerando la tensión de la fuente generadora (si es el caso) y las caídas de tensión sobre cada componente, el resultado debe ser nulo.

3.1.6. Teorema de superposición.

El indicador del teorema de superposición establece que, en un circuito lineal con varias fuentes, la corriente y el voltaje para cualquier elemento en el circuito es la suma de las corrientes y voltajes producidos por cada fuente que actúa de manera independiente.

Para calcular la contribución de cada fuente de forma independiente, todas las demás fuentes deben eliminarse y reemplazarse sin afectar el resultado final. Al eliminar una fuente de voltaje, su voltaje debe establecerse en cero, lo que equivale a reemplazar la fuente de voltaje con un cortocircuito. Al eliminar una fuente de corriente, su corriente debe establecerse en cero, lo que equivale a reemplazar la fuente de corriente con un circuito abierto.

Cuando suma las contribuciones de las fuentes, debe tener cuidado de tener en cuenta sus signos. Es mejor asignar una dirección de referencia a cada cantidad desconocida, si aún no se ha dado.

El voltaje o corriente total se calcula como la suma algebraica de las contribuciones de las fuentes. Si una contribución de una fuente tiene la misma dirección que la dirección de referencia, tiene un signo positivo en la suma; si tiene la dirección opuesta, entonces un signo negativo.

Tenga en cuenta que, si las fuentes de voltaje o corriente tienen resistencia interna, debe permanecer en el circuito y aún debe considerarse. En TINA, puede asignar una resistencia interna al voltaje de CC y las fuentes de corriente, mientras usa el mismo símbolo esquemático. Por lo tanto, si desea ilustrar el teorema de superposición y al mismo tiempo utilizar fuentes con resistencia interna, solo debe establecer el voltaje (o corriente) de la fuente en cero, lo que deja intacta la resistencia interna de la fuente. Alternativamente, puede reemplazar la fuente con una resistencia igual a su resistencia interna.

Para usar el teorema de superposición con corrientes y voltajes de circuito, todos los componentes deben ser lineales; es decir, para todos los componentes resistivos, la corriente debe ser proporcional al voltaje aplicado (satisfaciendo la ley de Ohm).

Tenga en cuenta que el teorema de superposición no es aplicable a la potencia, ya que la potencia no es una cantidad lineal. La potencia total entregada a un componente resistivo debe determinarse utilizando la corriente total o el voltaje total a través del componente y no puede determinarse mediante una simple suma de las potencias producidas por las fuentes de forma independiente.

3.1.7.- Teorema de Thevenin.

En la teoría de circuitos eléctricos, el teorema de Thévenin establece que si una parte de un circuito eléctrico lineal está comprendida entre dos terminales A y B, esta parte en cuestión puede sustituirse por un circuito equivalente que esté constituido únicamente por un generador de tensión en serie con una resistencia, de forma que al conectar un elemento entre los dos terminales A y B, la tensión que queda en él y la intensidad que circula son las mismas tanto en el circuito real como en el equivalente.

El teorema de Thévenin fue enunciado por primera vez por el científico alemán Hermann von Helmholtz en el año 1853,¹ pero fue redescubierto en 1883 por el ingeniero de telégrafos francés Léon Charles Thévenin (1857–1926), de quien toma su nombre.²³ El teorema de Thévenin es el dual del teorema de Norton.

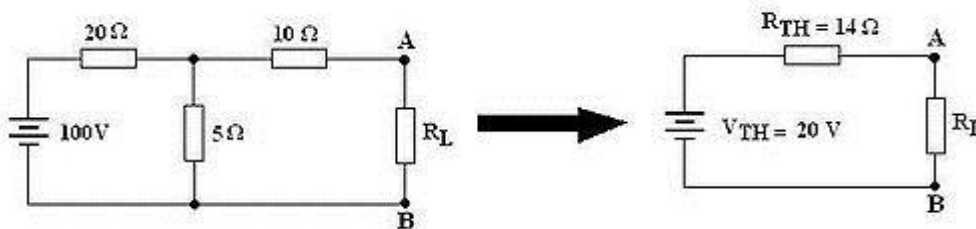
Calculo de la tensión de Thevenin

Para calcular la tensión de Thévenin, V_{th} , se desconecta la carga (es decir, la resistencia de la carga) y se calcula V_{AB} . Al desconectar la carga, la intensidad que atraviesa R_{th} en el circuito equivalente es nula y por tanto la tensión de R_{th} también es nula, por lo que ahora $V_{AB} = V_{th}$ por la segunda ley de Kirchhoff.

Debido a que la tensión de Thévenin se define como la tensión que aparece entre los terminales de la carga cuando se desconecta la resistencia de la carga también se puede denominar tensión en circuito abierto.

Para calcular la resistencia de Thévenin, se desconecta la resistencia de carga, se cortocircuitan las fuentes de tensión y se abren las fuentes de corriente. Se calcula la resistencia que se ve desde los terminales AB y esa resistencia R_{AB} es la resistencia de Thevenin buscada $R_{th} = R_{AB}$

Ejemplo:



En primer lugar, se calcula la tensión de Thévenin entre los terminales A y B de la carga; para ello, se desconecta R_L del circuito (queda un circuito abierto entre A y B). Una vez hecho esto, podemos observar que la resistencia de 10Ω está en circuito abierto y no circula corriente a través de ella, con lo que no produce ninguna caída de tensión. En estos momentos, el circuito que se necesita estudiar para calcular la tensión de Thévenin está formado únicamente por la fuente de tensión de 100 V en serie con dos resistencias, una de 20Ω y otra de 5Ω . Como la carga R_L está en paralelo con la resistencia de 5Ω (recordar que no circula intensidad a través de la resistencia de 10Ω), la diferencia de potencial entre los terminales A y B es igual que la tensión que cae en la resistencia de 5Ω (ver también Divisor de tensión), con lo que la tensión de Thévenin resulta:

$$V_{TH} = \frac{5}{20 + 5} \cdot 100 \text{ V} = 20 \text{ V}$$

Para calcular la resistencia de Thévenin, se desconecta la carga R_L del circuito y se anula la fuente de tensión sustituyéndola por un cortocircuito. Si se colocara una fuente de tensión (de cualquier valor) entre los terminales A y B, veríamos que las tres resistencias soportarían una intensidad. Por lo tanto, se halla la equivalente a las tres: las resistencias de 20Ω y 5Ω

están conectadas en paralelo y estas están conectadas en serie con la resistencia de 10Ω , entonces:

$$R_{TH} = \frac{20 \cdot 5}{20 + 5} + 10 \Omega = 14 \Omega$$

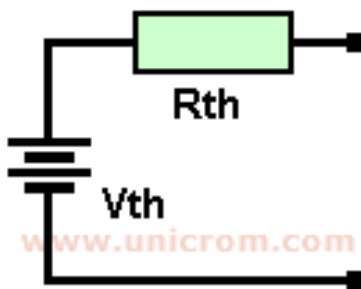
3.1.8.- Teorema de Norton.

El teorema de Norton tiene ese nombre en honor al ingeniero Edward Lawry Norton, de los Laboratorios Bell, que lo publicó en un informe interno en el año 1926.

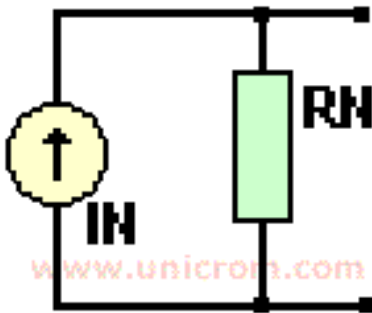
El Teorema de Norton establece que cualquier circuito lineal puede ser sustituido por una fuente equivalente de intensidad en paralelo con una impedancia equivalente.

El teorema de Norton tiene un propósito muy similar al que tiene Teorema de Thevenin.

En el caso del Teorema de Thevenin se puede ver que el circuito equivalente (que se ve en el primer diagrama) es una fuente de tensión (tensión o voltaje de Thevenin: V_{th}) en serie con una resistencia (resistencia de Thevenin: R_{th})



El teorema de Norton dice que el circuito equivalente de un circuito es una combinación de una fuente de corriente (I_N) en paralelo con una resistencia (R_N)



Para obtener los valores de la fuente de corriente y de la resistencia del circuito equivalente de Norton cuando se tienen los datos del circuito equivalente de Thevenin, se utilizan las siguientes fórmulas:

- Fuente de corriente: $I_N = V_{th} / R_{th}$
- Resistencia: $R_N = R_{th}$

Nota: Es posible obtener los datos del circuito equivalente de Thevenin cuando se tienen los datos del circuito equivalente de Norton, utilizando las siguientes fórmulas:

- Fuente de tensión: $V_{th} = I_N * R_N$
- Resistencia: $R_{th} = R_N$

3.1.9.- Teorema de máxima transferencia de potencia.

En ingeniería eléctrica, electricidad y electrónica, el teorema de máxima transferencia de potencia establece que, dada una fuente, con una resistencia de fuente fijada de antemano, la resistencia de carga que maximiza la transferencia de potencia es aquella con un valor óhmico igual a la resistencia de fuente. También este ayuda a encontrar el teorema de Thevenin y Norton.

El teorema establece cómo escoger (para maximizar la transferencia de potencia) la resistencia de carga, una vez que la resistencia de fuente ha sido fijada, no lo contrario. No dice cómo escoger la resistencia de fuente, una vez que la resistencia de carga ha sido fijada.

Dada una cierta resistencia de carga, la resistencia de fuente que maximiza la transferencia de potencia es siempre cero, independientemente del valor de la resistencia de carga.

Se dice que Moritz von Jacobi fue el primero en descubrir este resultado, también conocido como Ley de Jacobi.

Las fuentes de voltaje reales tienen el circuito equivalente como la de la imagen inferior, donde $V = I \times R_i + V_L$.

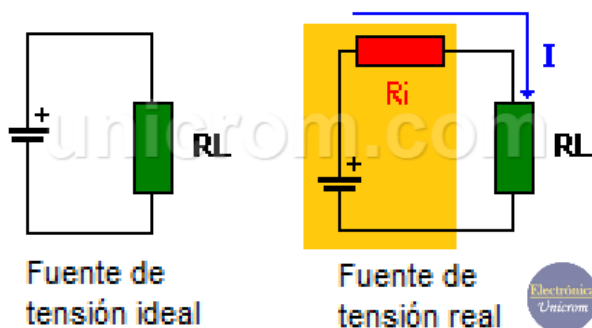
Si el valor de R_i (resistencia interna en las fuentes de alimentación) es alto, en la carga aparecerá solamente una pequeña parte del voltaje debido a la caída que hay en la resistencia interna de la fuente.

Si la caída en la resistencia interna R_i es pequeña (el caso de la fuente de tensión nuevas con R_i pequeña) casi todo el voltaje aparece en la carga.

Si en el circuito $R_i = 8$ ohmios, $R_L = 8$ ohmios y $V = 24$ voltios, entonces $I = V / R_i + R_L = 24 / 16 = 1.5$ amperios. Esto significa que la tensión en R_L es: $V_{R_L} = I \times R = 1.5 \times 8 = 12$ Voltios.

Este dato nos dice que cuando la resistencia interna R_i y R_L son iguales solo la mitad de la tensión original aparece en la carga (R_L).

La potencia en R_L será: $P = I^2 \times R_L = 1.5^2 \times 8 = 18$ watts (vatios), lo que significa que en la resistencia interna se pierde la misma potencia.



Resistencia interna de fuente de tensión / voltaje

Si ahora se aumenta y disminuye el valor de la resistencia de carga y se realizan los mismos cálculos anteriores para averiguar la potencia entregada a la carga, se puede ver que esta siempre es menor a los 18 Watts que se obtienen cuando $R_L = R_i$ (recordar que R_i siempre es igual a 8 ohmios).

Si $R_L = 4$ ohmios

- $I = V / R_i + R_L = 24 / 12 = 2$ amperios
- $P = I^2 \times R_L = 2^2 \times 4 = 16$ watts

Si $R_L = 12$ ohmios

- $I = V / R_i + R_L = 24 / 20 = 1.2$ amperios
- $P = I^2 \times R_L = 1.2^2 \times 12 = 17.28$ watts

Así se concluye que el teorema de máxima entrega de potencia dice:

“La potencia máxima será desarrollada en la carga cuando la resistencia de carga R_L sea igual a la resistencia interna de la fuente R_i ”

Nota: Cuando es importante obtener la máxima transferencia de potencia, la resistencia de carga debe adaptarse a la resistencia interna en las fuentes de voltaje.

3.2.- Análisis transitorio del circuito inductivo, R_L .

Los circuitos inductivos funcionan al revés que los capacitivos. En un primer instante la corriente encuentra cierta dificultad para circular (mientras se crea el campo magnético). Luego el inductor funciona prácticamente como un conductor, siendo la corriente igual al voltaje dividido la resistencia.

La constante de tiempo se calcula como:

$$\tau = \frac{L}{R}$$

τ = Constante de tiempo [s]

$L =$ Inductancia [H]

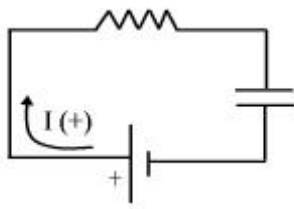
$R =$ Resistencia [Ω]

La constante de tiempo también se mide en segundos. Al igual que en los circuitos capacitivos la corriente final se establece luego de 5 constantes de tiempo.

En corriente continua, una vez establecido el régimen permanente, el inductor se comporta de manera similar a un conductor en cuanto a sus propiedades resistivas. Al desconectar la alimentación, el campo magnético se auto induce en el inductor generando una corriente auto inducida.

3.3.- Análisis transitorio del circuito capacitivo, RC.

Los circuitos RC son los formados por elementos resistivos y capacitivos. En esta sección vamos a analizar el comportamiento de estos circuitos en corriente continua durante el período transitorio.



Carga del capacitor

Cuando se conecta la alimentación en un circuito RC (y en otros tipos de circuitos también) existe un período de tiempo durante el cual se producen variaciones en las corrientes y tensiones. A este período se lo llama régimen transitorio. Luego de un tiempo correspondiente a 5 constantes de tiempo, el circuito adquiere sus características definitivas, período conocido como régimen estable.

La constante de tiempo (τ) en un circuito RC se calcula como:

$$\tau = R \cdot C$$

τ = Constante de tiempo [s]

R = Resistencia [Ω]

C = Capacidad [F]

Al cerrar el circuito, en un primer momento no hay cargas en las placas del capacitor. Las primeras cargas se ubican en las placas con facilidad por lo que la corriente es máxima (el capacitor funciona como un conductor). Por la misma razón no hay diferencia de potencial entre los bornes del capacitor (como no la hay en un conductor).

A medida que van acumulándose más cargas, las mismas encuentran mayor dificultad debido a que son del mismo signo y se repelen. Por lo tanto, la corriente cada vez es menor y aumenta la diferencia de potencial entre los bornes del capacitor.

Llega un momento en el que no hay prácticamente corriente que circule a través del capacitor debido a que la fuente no puede seguir transfiriendo cargas al mismo, comportándose como un circuito abierto. Por lo tanto, la tensión en el capacitor es máxima.

3.4.- Análisis transitorio del circuito RLC.

La resistencia (R), la capacitancia (C) y la inductancia (L) son las componentes básicas de los circuitos lineales. El comportamiento de un circuito compuesto solamente por estos elementos se rige por ecuaciones diferenciales con coeficientes constantes.

El estudio de un circuito RLC requiere la solución de una ecuación diferencial de segundo orden. Por esta razón el circuito se denomina "circuito de segundo orden".

En estos circuitos serie RLC, el interruptor permite simular la aplicación de un escalón de tensión ($E=5V$).

Una simple ecuación de malla permite establecer la ley que rige la evolución de la carga $q(t)$ del condensador:

$$d^2q/dt^2 + (R/L) dq/dt + q/LC = E/L$$

La resolución de una ecuación diferencial da siempre dos tipos de soluciones:

- El régimen transitorio (libre), solución de la ecuación diferencial homogénea: $A.d^2q/dt^2 + B. dq/dt + C.q = 0$
- El régimen permanente, solución particular de la ecuación diferencial no homogénea: $A.d^2q/dt^2 + B. dq/dt + C.q = f(E)$

La respuesta del circuito (solución completa) es la suma de estas dos soluciones individuales. La solución de una ecuación diferencial de segundo grado es siempre exponencial.

Según sea el radicando, tendremos soluciones reales (funciones exponenciales, sobre amortiguamiento) o imaginarias (funciones trigonométricas, oscilaciones amortiguadas).

RECURSOS EXTRA

Resistencias en serie y paralelo, equivalente y circuito mixto

https://www.youtube.com/watch?time_continue=10&v=77RfEK2xnh4&feature=emb_logo

Ley de Kirchhoff

<https://www.youtube.com/watch?v=INC9kGDn7Bg>

Método de Mallas

<https://www.youtube.com/watch?v=4TYP5UI8928>

¿Cómo resolver una malla?

<https://www.youtube.com/watch?v=K2aHGI6-oog>

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

MAPA CONCEPTUAL

Realice un mapa conceptual de la unidad número tres; véase manual básico de actividades en plataforma UDS.

UNIDAD IV: ANÁLISIS DE CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA

Objetivo: Realizar el análisis de los circuitos de corriente alterna y la interpretación de los circuitos polifásicos, así como conocer las leyes y teoremas aplicados en la electricidad.

4. Análisis de circuitos de corriente alterna

El estudio de un circuito de corriente alterna es una rama de árbol de la electrónica que permite el análisis del funcionamiento de los circuitos compuestos por materiales resistores, condensadores e inductores conectados a una fuente de corriente alterna. En cuanto a su análisis, todo lo visto en los circuitos de corriente continua es válido para los de alterna con la salvedad que habrá que operar con números complejos con ecuaciones diferenciales. Además también se usa las transformadas de Laplace y Fourier para poder calcular sus equivalencias. En estos circuitos, las ondas electromagnéticas suelen aparecer caracterizadas como fasores según su módulo y fase, permitiendo un análisis más sencillo. Además, se deberán tener en cuenta las siguientes condiciones:

- Todas las fuentes deben ser sinusoidales.
- Debe estar en régimen estacionario, es decir, después de que los fenómenos transitorios que se producen a la conexión del circuito se hayan atenuado completamente.
- Todos los componentes del circuito deben ser lineales, o trabajar en un régimen tal que puedan considerarse como lineales. Los circuitos con diodos están excluidos y los resultados con inductores con núcleo ferromagnético serán solo aproximaciones.

En la vida cotidiana, la mayoría de las fuentes de electricidad que alimentan las máquinas industriales, los electrodomésticos o los equipos informáticos suministran corriente alterna. El aprovechamiento de este tipo de corriente requiere usar dispositivos adecuados provistos de tres componentes esenciales combinados: resistencias eléctricas, condensadores y elementos de autoinducción.

Circuito con resistencia

La forma más sencilla de circuito de corriente alterna es la compuesta por un alternador y una resistencia simple, que se conoce también por circuito R.

Por convenio, se supone que la fuerza electromotriz (f.e.m.) alterna tiene la forma $\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \cos \omega t$, por lo que la intensidad de corriente equivale a $I = I_0 \cos \omega t$, siendo \mathcal{E}_0 e I_0 los valores máximos de estas dos magnitudes.

La f.e.m. eficaz del circuito es $\mathcal{E}_{\text{ef}} = \frac{\mathcal{E}_0}{\sqrt{2}}$, y la intensidad eficaz se calcula como $I_{\text{ef}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$, siendo además $\mathcal{E}_{\text{ef}} = I_{\text{ef}} R$, siendo R la resistencia del circuito.

El valor de la potencia media o activa de un circuito R es igual a:

$$P_m = \mathcal{E}_{\text{ef}} I_{\text{ef}} = I_{\text{ef}}^2 R$$

Este valor es siempre positivo, porque el circuito sólo absorbe potencia.

Circuito con solenoide

Otra forma simplificada de circuito de corriente alterna es la constituida por un alternador y un solenoide o bobina, de coeficiente de autoinducción L (q se mide en Henrios).

El valor de la intensidad de corriente instantánea en este circuito es:

$$I = \frac{\mathcal{E}_0}{L\omega} \cos \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

De esta fórmula se obtiene que la intensidad máxima es $I_0 = \mathcal{E}_0 / L\omega$, de manera que la variable:

$$X_L = L\omega$$

Se describe con el nombre de reactancia inductiva y se mide en W.

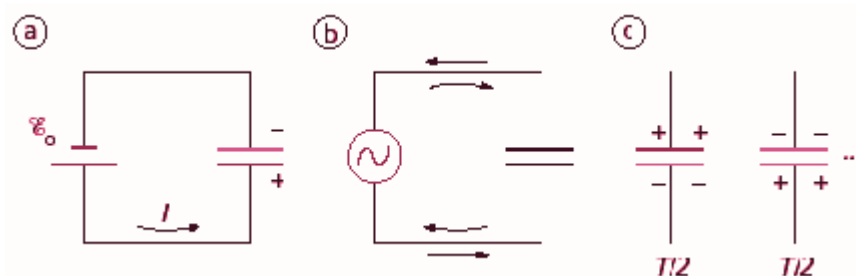
Circuito con condensador

El tercer tipo simple de circuito de corriente alterna está formado por un alternador y un condensador, y se llama también circuito C.

Al comunicar la f.e.m. inicial \mathcal{E}_0 , el condensador almacena una carga máxima $Q_0 = \mathcal{E}_0 C$, siendo C la capacidad del condensador. La intensidad de este circuito toma el valor:

$$I = C\omega \mathcal{E}_0 \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Siendo $I_0 = C\omega \mathcal{E}_0$ la intensidad máxima del circuito. El valor $X_C = 1 / C\omega$ se conoce como reactancia capacitiva (Ω).



Circuito C. (a) Proceso de carga del condensador. (b) Conexión del circuito al alternador. (c) En cada semiperíodo de corriente alterna, las placas del condensador se cargan positiva y negativamente.

Circuito RLC

El circuito de corriente alterna formado por alternador, resistencia, solenoide y condensador (llamado circuito RLC) tiene una f.e.m. eficaz dada por:

$$\mathcal{E}_0 = I_0 \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = I_0 Z$$

Siendo $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ formada por tres componentes:

- resistencia eléctrica R .
- reactancia inductiva X_L .
- reactancia capacitiva X_C .

Frecuencia de resonancia y factor de potencia

En un circuito RLC, la intensidad es máxima para valores mínimos de la impedancia. Para que la impedancia alcance un mínimo, las reactancias inductiva y capacitiva deben ser iguales, con lo cual:

$$L\omega = \frac{1}{C\omega} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Cuando se cumple esta condición, se dice que el circuito ha entrado en resonancia y el valor ω se llama frecuencia de resonancia.

La potencia activa de un circuito RLC es igual a:

$$P_m = \mathcal{E}_{ef} I_{ef} \cos \varphi$$

Donde el valor \cos se llama factor de potencia y φ es el ángulo que forman los factores correspondientes de la f.e.m. y de la intensidad de corriente.

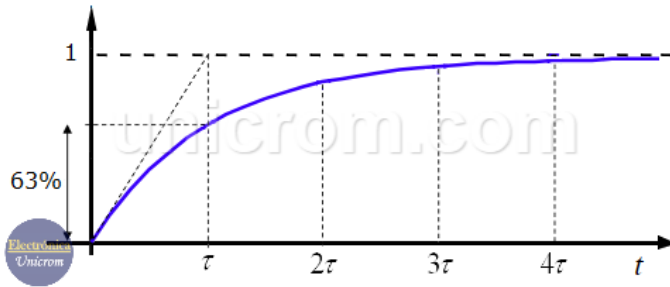
4.1 Representación de la función en el tiempo

La constante de tiempo es un dato muy importante en el análisis temporal (en el tiempo) de circuitos RL (resistencia y bobina) y RC (resistencia y condensador).

Es el tiempo necesario para que:

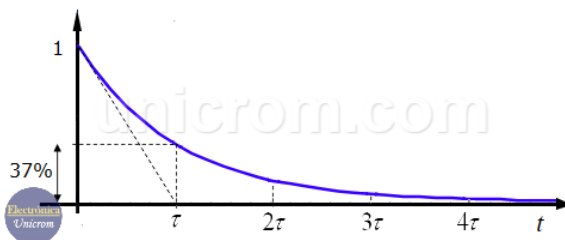
- Un capacitor (condensador) se cargue a un 63.2 % de la carga total (máximo voltaje) después de que una fuente de voltaje en corriente directa se haya conectado a un circuito RC. o ...
- Un inductor (bobina) esté siendo atravesada por el 63.2 % de la corriente total (máxima corriente), después de que una fuente de voltaje de corriente directa se haya conectado a un circuito RL.

Como se ve, ni el condensador alcanza su máxima carga (y voltaje), ni la bobina alcanzan su máxima corriente en una constante de tiempo. Si transcurre una nueva constante de tiempo el condensador se habrá cargado ahora a un 86.5 % de la carga total y por la bobina circulará un 86.5 % de la corriente total.



Esta situación es similar cuando el capacitor e inductor se descargan:

Cuando la fuente de voltaje en CD se retira de un circuito RC o RL y ha transcurrido una constante de tiempo el voltaje en el capacitor ha pasado de un 100% hasta un 36.8 % (se ha perdido un 63.2% de su valor original). Igual sucede con el inductor y la corriente que pasa por él.



La siguiente tabla muestra los valores (en porcentaje) de estos dos casos.

# de constantes de tiempo	% de carga o crecimiento	% de descarga o decrecimiento
1	63.2	36.8
2	86.5	13.5
3	95.0	5.0
4	98.2	1.8
5	99.3	0.7

La constante de tiempo se calcula con las siguientes fórmulas:

- Para los capacitores: $T = R \times C$
- Para los inductores: $T = L / R$

Dónde:

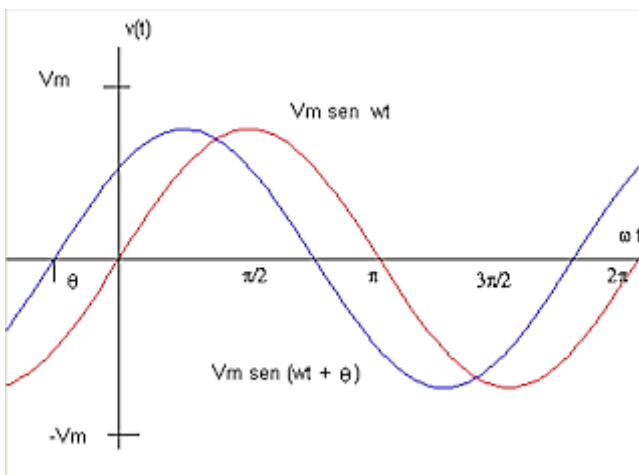
- T: es la constante en segundos
- R: es la resistencia en ohmios
- C: es la capacitancia en faradios
- L: es la inductancia en henrios

4.1.1 Angulo de adelanto

El Angulo de adelanto es el Ángulo entre la corriente y la tensión en un circuito eléctrico predominantemente capacitivo de corriente alterna, cuando la intensidad precede a la tensión.

Sabemos que la forma general de la senoide $v(t) = V_m \text{ sen } (\omega t + \theta)$

Y θ – ángulo de fase.



Se dice que $v(t) = V_m \text{ sen } (\omega t + q)$ adelanta a $v(t) = V_m \text{ sen } (\omega t)$

En q radianes. Las señales se encuentran fuera de fase.

Determinar el ángulo mediante el cual i_1 está retrasada respecto a v_1 , si $v_1 = 120 \cos(120\pi t - 40^\circ)$ e i_1 es igual a $1.4 \sin(120\pi t - 70^\circ)$

$$1.4 \sin(120\pi t - 70^\circ) = 1.4 \cos(120\pi t - 70^\circ - 90^\circ)$$

$$= 1.4 \cos(120\pi t - 160^\circ)$$

la diferencia de fases es

$$120\pi t - 40^\circ - 120\pi t + 160^\circ = 120^\circ$$

por tanto el retraso es de 120° .

4.1.2 Angulo de atraso

Para compensar en atraso el sistema debe de tener características satisfactorias de la respuesta transitoria pero no en estado estable. En este caso la compensación consiste, esencialmente, en incrementar la ganancia en lazo cerrado sin modificar en forma notable las características de la respuesta transitoria. Para evitar un cambio notable en el lugar geométrico de las raíces, la contribución de ángulo de la red de atraso debe limitarse a una cantidad pequeña, menor a 5° . Para asegurar esto, colocamos el polo y el cero de la red de atraso relativamente cerca uno del otro y cerca del origen del plano s . De este modo, los polos en lazo cerrado del sistema compensado sólo se alejarán ligeramente de sus ubicaciones originales y su característica de la respuesta transitoria cambiará muy poco.

Procedimiento de diseño de atraso

1. Con base en las especificaciones de la respuesta transitoria, determine los polos dominantes en lazo cerrado deseados. Estos polos deben de estar sobre el lugar de las raíces.
2. Determine la ganancia necesaria para estar ubicados en los polos dominantes de lazo cerrado.
3. Calcule la constante estática de error utilizando la ganancia obtenida
4. Determine el incremento necesario en la constante estática de error para satisfacer las especificaciones, ésta es la ganancia que deberá aportar el compensador en atraso (β).

5. Determine el polo y el cero del compensador de atraso que producen el incremento necesario en la constante estática de error, sin alterar apreciablemente el lugar geométrico de las raíces original. El cero del compensador se ubica a la décima parte de la parte real del punto deseado. Determine el polo con la (β) . Calcule el ángulo de atraso que aporta el compensador, esta debe ser menor a 5° .
6. Trace el lugar geométrico de las raíces del sistema compensado y localice los polos dominantes en lazo cerrado deseados sobre el lugar geométrico de las raíces. (Si la contribución de ángulo de la red de atraso es muy pequeña, menor a 5° , el lugar geométrico de las raíces original y el nuevo serán casi idénticos.)
7. Ajuste la ganancia K_c del compensador a partir de la condición de magnitud, a fin de que los polos dominantes en lazo cerrado se encuentren en la ubicación deseada.

4.2.- Fasores y diagramas fasoriales.

El Fasor

Es posible suprimir del problema de cálculo la frecuencia del circuito, simplificando así la ecuación para concentrarse en la obtención de la amplitud y fase de los distintos valores. Es aquí donde se introduce el concepto de fasor, que tiene como mayor virtud el poder convertir las ecuaciones integro-diferenciales en ecuaciones algebraicas complejas, más sencillas de resolver que aquellas expuestas en los temas anteriores.

Se estudió en las primeras secciones que el voltaje y la corriente pueden ser representados, respectivamente, como sigue:

$$V_m \cos(\omega t + \phi)$$

$$I_m \cos(\omega t + \phi)$$

Estas representaciones se caracterizan por mostrar:

- Amplitud (V_m e I_m)
- Frecuencia (ω)

- Fase (ϕ)

Si se trabaja con términos cuya frecuencia no varía, ω se puede suprimir de los cálculos temporalmente.

Para la representación fasorial de las fuentes, se utilizará la amplitud de la tensión o corriente (dependiendo de la cantidad que se desee representar) y también un ángulo, el cual tomará como referencia la función coseno.

Se introduce así el concepto de fasor, el cual es un número complejo que representa la magnitud y la fase de una senoide. Es una transformación del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia, que contiene información sobre la magnitud y la fase. Con su uso, los cálculos se vuelven más sencillos.

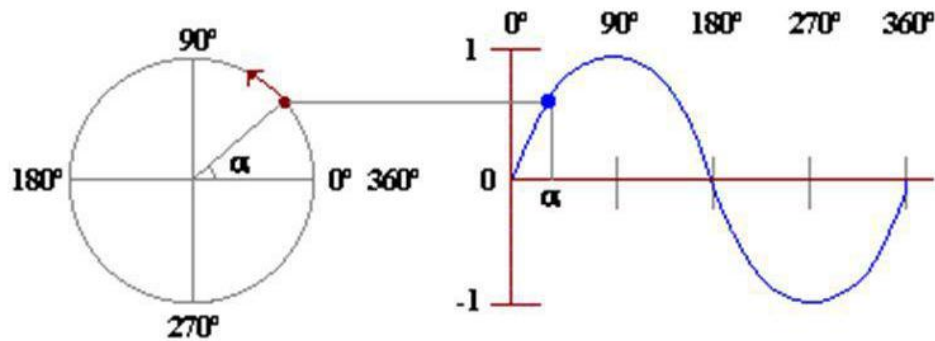
¿Cuándo se representan las cantidades en su forma fasorial?

Se puede usar la representación fasorial cuando:

- El circuito es lineal
- Se busca respuesta de estado estable
- Todas las fuentes independientes senoidales tienen la misma frecuencia

Diagrama Fasorial

Debido a que el fasor se representa como magnitud y fase (magnitud y ángulo), es posible representarlo gráficamente de igual manera que los vectores, aunque estos tengan un significado diferente. Esta representación es conocida como diagrama fasorial, y es muy útil para comprender las relaciones entre diferentes variables eléctricas, facilitando en muchos casos la resolución de problemas de circuitos eléctricos.



4.3.- Leyes y Teoremas.

4.3.1.- Ohm.

El ohm conocido también como ohmio es una unidad de medida de la resistencia eléctrica, derivada del Sistema Internacional de Unidades (SI). Su símbolo es la letra griega Ω (omega).

El ohm recibe este nombre en honor al físico y matemático alemán Georg Simon Ohm (1789-1854). Descubrió una de las leyes fundamentales de los circuitos de corriente eléctrica, conocida como ley de Ohm, que plantea que “la corriente que circula por un circuito eléctrico cerrado, es directamente proporcional a la tensión que tiene aplicada, e inversamente proporcional a la resistencia que ofrece a su paso la carga que tiene conectada. En 1840 estudio las perturbaciones sonoras en el campo de la acústica fisiológica (ley de Ohm-Helmholtz). A partir de 1852 centro su actividad en los estudios de carácter óptico en especial en los fenómenos de interferencia.

Un ohm es la resistencia eléctrica que existe entre dos puntos de un conductor, cuando una diferencia de potencial constante de 1 volt aplicada entre estos dos puntos, produce, en dicho conductor, una corriente de intensidad de 1 amperio (cuando no haya fuerza electromotriz en el conductor)

Formulación: $\Omega = V/A$

El ohm pertenece al Sistema Internacional de Unidades (conocido por las siglas SI), y es nombrado así en honor a Georg Simon Ohm. En las unidades de medida cuya designación proviene del nombre propio de una persona, la primera letra del símbolo se escribe con mayúscula (Ω).

4.3.2.- Mallas.

El Teorema de Mallas es un método con el cual se pueden obtener las intensidades de cada malla que compone a un circuito gracias a la Ley de Voltajes de Kirchhoff. Gracias a éste método es posible obtener de manera más sencilla intensidades, voltajes y resistencias de los componentes que conforman al circuito.

El análisis de mallas es una técnica empleada para resolver circuitos eléctricos planos. Este procedimiento también puede aparecer en la literatura con los nombres de método de las *corrientes circuitales* o método de las *corrientes de malla* (o lazo).

El fundamento de este y otros métodos de análisis de circuitos eléctricos está en las leyes de Kirchhoff y la ley de Ohm. Las leyes de Kirchhoff a su vez, son expresiones de dos principios importantísimos de conservación en la Física para sistemas aislados: tanto la carga eléctrica como la energía se conservan.

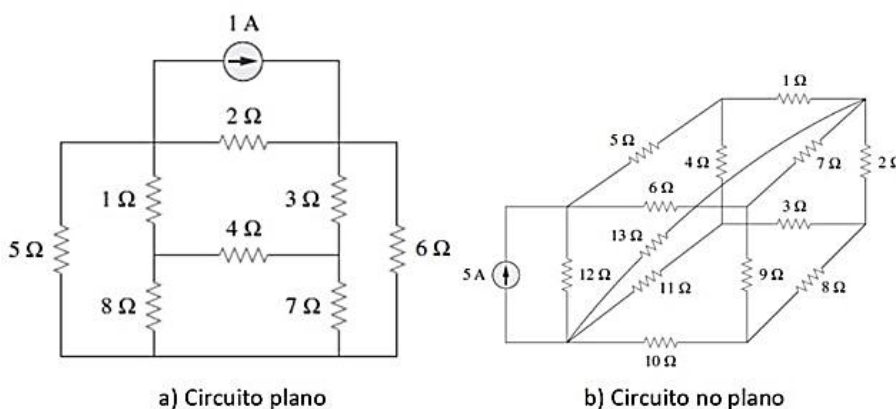
Por un lado, la carga eléctrica está relacionada con la corriente, que es carga en movimiento, mientras que en un circuito la energía está vinculada al voltaje, que es el agente encargado de hacer el trabajo necesario para que mantener la carga en movimiento.

Dichas leyes, aplicadas a un circuito plano, generan un conjunto de ecuaciones simultáneas que deben ser resueltas para obtener los valores de corriente o tensión.

El sistema de ecuaciones puede resolverse con técnicas analíticas ya conocidas, como la *regla de Cramer*, que requiere el cálculo de determinantes para obtener la solución del sistema.

Dependiendo del número de ecuaciones, se resuelven empleando una calculadora científica o un algún software matemático.

El análisis de mallas es un método general que sirve para resolver circuitos cuyos elementos están conectados en serie, en paralelo o de forma mixta, es decir, cuando no se distingue claramente el tipo de conexión. El circuito debe ser plano, o al menos debe ser posible re-dibujarlo como tal.



4.3.3.- Nodos.

En ingeniería eléctrica y electrónica, un nodo es un punto donde dos o más componentes tienen una conexión común. Corresponde a una unión de alambres hechos de material conductor que poseen una resistencia eléctrica cercana a 0.

Sin algún conocimiento previo, es fácil hallar un nodo usando la ley de Ohm o aplicando la ley de Kirchhoff de corrientes teniendo en cuenta las corrientes que entran a un nodo, teniendo en cuenta variables como las impedancias que comparte el nodo con respecto al voltaje que cae sobre el nodo. Cuando miramos el esquema de un circuito, los cables ideales tienen una resistencia de cero (esto no pasa en la vida real, pero es una buena aproximación). Si se asume que no hay cambio de potencial en cualquier parte del cable, todo el cable entre cualquier componente de un circuito es considerado parte del mismo nodo. Así para un

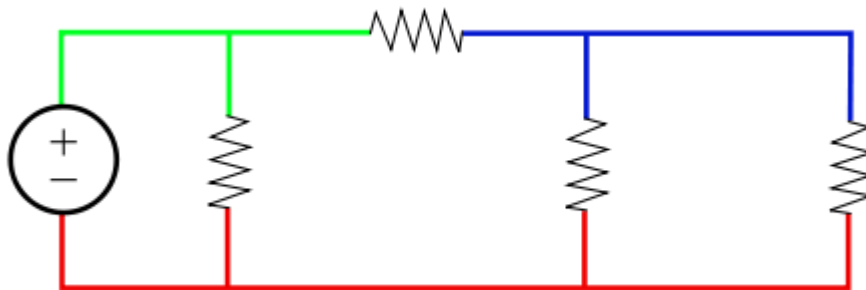
circuito cuyos conductores se consideren materiales óhmicos, la ley de Ohm establece que entre dos puntos cualesquiera se tiene que:

Donde V es la tensión eléctrica (voltaje) entre los puntos, I es la intensidad de corriente de un punto a otro y R la resistencia entre los dos puntos. Cuando la resistencia es 0, reemplazamos:

$$V_{ab} = I * 0 = 0$$

Así que, en cualquiera de los dos puntos del mismo cable, su tensión será 0. Además, el cable tendrá la misma tensión para los elementos conectados al nodo.

En muchos de los casos, la diferencia de potencial entre un punto en una pieza de metal (como el cable de cobre), y la tensión en otro punto de la misma pieza de metal es tan pequeña que muchas veces es considerada insignificante. Así que el metal puede ser considerado como parte del nodo.



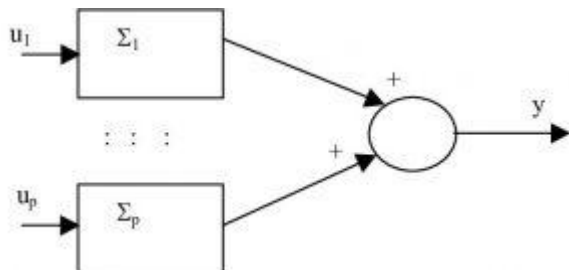
Cada color en el circuito de arriba es un nodo

4.3.4.- Superposición.

El **principio de superposición** es una idea general en la física donde un sistema se encuentra en todos los estados posibles al mismo tiempo. Una vez que se mide, cae a uno de los estados base en los que se forman la superposición, destruyendo la configuración original. Es a través de esta ley que se explica la rareza cuántica observada a través de muchos experimentos de la física moderna.

Mediante la doctrina de superposición, se explican algunos supuestos de la física y las leyes que determinan el funcionamiento del universo. Tal es el caso de la doble rendija. Cuando hay dos rendijas en una barrera que permiten el paso de los electrones, se encontrará un patrón de interferencia no predicho por la mecánica clásica.

A través de los procesos de la superposición es que se explican los procesos de interacción física detrás de la aparición de franjas oscuras y brillantes registradas en los detectores de la salida de los interferómetros ópticos. Del mismo modo, es a través de dicho principio donde se establece una función que se puede ampliar como una combinación lineal de los estados propios normalizados. Siempre que sea un operador en particular que constituyen una base del espacio ocupado.



Si quieres saber más sobre el Principio de superposición y cuál es su aplicación, te invitamos a que te quedes hasta el final del artículo. A continuación, explicaremos en detalle para que todos puedan entender en qué se basa la superposición y cómo afecta a la física en general. ¿Te interesa? ¡Acompáñanos!

¿Qué es el Principio de superposición?

El Principio de superposición, como se ha mencionado anteriormente, es una idea aplicada en la física que establece dos preceptos importantes: Cuando dos o más ondas del mismo tipo se interceptan en algún punto, el desplazamiento resultante en ese punto es igual a la suma de los desplazamientos. Esto debido a cada onda individual.

También se puede definir como un sistema, o función, que responde a la entrada y salida de sistemas lineales. La respuesta neta es causada por dos o más estímulos, siendo la suma de las respuestas que habría sido causada por cada estímulo individualmente.

Gracias al principio de superposición se puede afirmar que cualquier sistema, o función, que respete el principio dicho anteriormente, es un sistema lineal. Y, también, el principio de superposición se aplica a todos los sistemas lineales y funciones. Para tener una visión más amplia, es importante entender que el sistema se define como lineal si cumple una serie de propiedades.

Características del principio de superposición

En el principio de superposición se establece que los desplazamientos se suman vectorialmente. Sin embargo, las vibraciones y las oscilaciones ocurren dentro de un plano individualmente, así que dichos desplazamientos se agregan algebraicamente. Solo hay que incluir los signos de más, dividir y menos.

Otra característica importante del principio es que el comportamiento depende de las líneas del medio. Una vez que pasan por las ondas o cuando las partes del medio poseen un doble desplazamientos. Es cuando este tendrá el doble de fuerza de restauración. En el caso de amplitudes más grandes, se suele romper obteniendo armónicos.

En el caso de las ideas y el lenguaje que se transfieran a ondas electromagnéticas, no habrá desplazamiento mecánico del medio. Y, cuando las olas pasan más allá de ese punto de intersección, separando nuevamente las olas que no cambian por completo. A menos que el medio se haya estirado demasiado.

Una vez que se produzca lo que establece el principio de superposición, las ondas mecánicas lentas se observarán en amplitud. Para ondas que ocurran con mayor frecuencia, como el sonido de las ondas, la intensidad se medirá a través de la energía que es proporcional.

¿Dónde se puede visualizar la superposición?

En general, la superposición se puede ver en cosas mundanas y comunes. Tal es el caso de las ondas en los charcos, ondas de las cuerdas y los auriculares con cancelación del ruido. Cada una de estas cosas muestra una superposición. Una vez que las olas se encuentran, se superponen e interactúan entre sí.

De esta forma se suman más ondas pequeñas hasta que se logre a formar más grande, o cancelándose entre sí. Los dos actos mencionados anteriormente pueden ocurrir al mismo tiempo y ser una combinación de ambos. Los auriculares con cancelación de ruido, escucharán el ruido constante y de su alrededor. Reproduciendo exactamente el sonido opuesto para cancelar los ruidos molestos. Uno de estos ruidos molestos son los motores de los aviones, por no nombrar alguno.

Superposición de las ondas

Cada vez que dos ondas se superponen entre sí, dependerá en cuál fase en el punto de cruce para dar una interferencia constructiva. También si se encuentran en antifases en el punto de cruce, para dar interferencia destructiva.

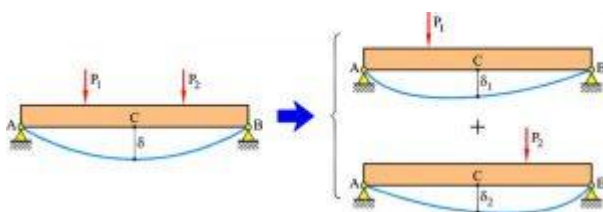
La superposición ocurre en un instante en el tiempo y solo en una ubicación. La amplitud es el mayor del desplazamiento en una sola ubicación. Para visualizarlo mejor, hay que ver un patrón de interferencia fijo o estacionarlo, viendo la amplitud en cualquier punto constante. Mientras que el desplazamiento variará continuamente.

Principio de superposición en la cuántica

En un ámbito más confuso, la superposición y el principio en general, pueden significar algo completamente diferente a lo establecido anteriormente. La superposición cuando ocurre a una escala cuántica, las partículas también se pueden considerar como unas ondas que se superponen entre sí. Dichas partículas existen en diferentes estados y estar en diferentes

posiciones. Asimismo, es normal que las partículas posean diferentes energías o moverse a un grupo desigual de velocidades.

La mecánica cuántica es extraña, así en lugar de pensar en que una partícula se encuentra en un estado en específico o cambiando en varios estados, lo mejor, y lo establecido por los científicos es que estos se encuentran en todos los estados conocidos al mismo tiempo. Tal análisis y evaluación de las partículas hace suponer que se aplique el principio, donde las olas se superponen entre sí.



La situación descrita se conoce como superposición de los estados. Si se piensa en términos de partículas, significa que una partícula puede estar en dos lugares al mismo tiempo. Aunque no tena un sentido intuitivo, es una de las extrañas realidades que se pueden observar en el mundo de la física cuántica.

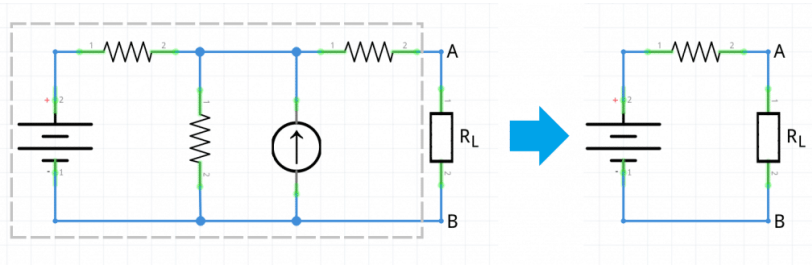
4.3.5.- Thevenin y Norton.

Los circuitos equivalentes de Thévenin y Norton son métodos básicos para analizar circuitos de Corriente Alterna y Corriente Directa. Es importante comprender los pasos necesarios para convertir un circuito a su equivalente de Thévenin o de Norton, pero lo más importante es comprender cómo estas técnicas pueden ayudarlo a analizar y diseñar dispositivos electrónicos reales.

Teorema de Thévenin

El teorema de Thévenin establece que cualquier circuito compuesto de elementos lineales puede simplificarse a una sola fuente de voltaje y una resistencia en serie (o impedancia en serie para el análisis con corriente alterna). En términos prácticos, este teorema establece que se

puede sustituir el circuito por una fuente de voltaje y una impedancia o resistencia conectados en serie.



Corriente Directa

En corriente directa (DC), el teorema de Thévenin establece que cualquier red lineal (con dos fuentes independientes) puede ser reemplazada respecto a dos terminales A y B por un circuito equivalente que conste de una fuente de voltaje (V_{Th}) conectada en serie con una resistencia (R_{Th}).

Cálculo de la tensión de Thévenin

Para calcular la tensión de Thévenin, V_{Th} , se desconecta la carga (es decir, la resistencia de la carga o R_L) y se calcula V_{AB} . Al desconectar la carga, la intensidad que atraviesa R_{Th} en el circuito equivalente es nula y por tanto la tensión de R_{Th} también es nula. Por lo que ahora $V_{AB} = V_{Th}$ por la segunda ley de Kirchhoff.

Cálculo de la resistencia de Thévenin

Para calcular la resistencia de Thévenin, se desconecta la resistencia de carga, se cortocircuitan las fuentes de tensión y se abren las fuentes de corriente. Se calcula la resistencia que se ve desde los terminales AB y esa resistencia R_{AB} es la resistencia de Thevenin buscada: $R_{Th} = R_{AB}$

Corriente Alterna AC

En corriente alterna (AC), El teorema de Thévenin establece que en un circuito con dos terminales se puede sustituir por otro sencillo que consta de un generador de corriente alterna (V_{Th}) y una impedancia en serie (Z_{Th}).

Cálculo del voltaje de Thévenin

Al igual que en corriente directa, para calcular el voltaje de Thévenin, V_{Th} , se debe desconectar la carga (R_L) y se calcula el voltaje entre las terminales A y B (V_{AB}). Al desconectar la carga, la intensidad que atraviesa R_{Th} en el circuito equivalente es nula y por tanto la tensión de R_{Th} también es nula: $V_{AB} = V_{Th}$

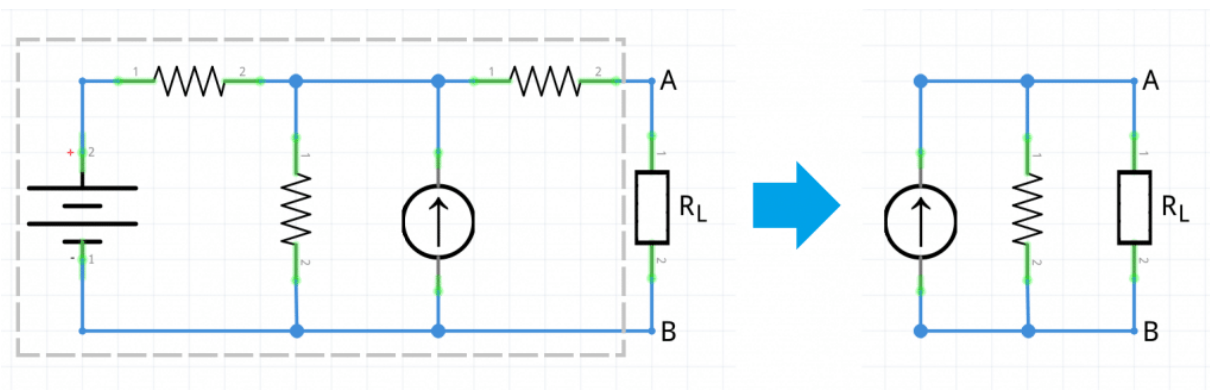
Cálculo de la impedancia de Thévenin

Para calcular la impedancia de Thévenin Z_{Th} , se desconecta la resistencia de carga, se cortocircuitan las fuentes de voltaje y se abren las fuentes de corriente. Se calcula la impedancia que se ve desde los terminales AB y esa impedancia Z_{AB} es la impedancia de Thevenin buscada:

$$Z_{Th} = Z_{AB}$$

Teorema de Norton

El teorema de Norton es el mismo que el de Thévenin, excepto que la fuente de voltaje y la resistencia en serie se reemplazan por una fuente de corriente y resistencia paralela (o impedancia en AC).



Corriente Directa (AC)

En corriente directa, el teorema de Norton establece que cualquier red de corriente directa lineal bilateral de dos terminales puede ser reemplazada por un circuito equivalente que consista de una fuente de corriente (I_N) y una resistencia en paralelo (R_N).

Cálculo de la corriente de Norton

Se calcula la corriente de salida, I_{AB} , cuando se cortocircuita la salida, es decir, cuando se pone una carga (tensión) nula entre A y B. Al colocar un cortocircuito entre A y B toda la intensidad I_N circula por la rama AB, por lo que ahora I_{AB} es igual a I_N .

Cálculo de la resistencia de Norton

Se calcula la tensión de salida, V_{AB} , cuando no se conecta ninguna carga externa, es decir, cuando se pone una resistencia infinita entre A y B. R_N es ahora igual a V_{AB} dividido entre I_N porque toda la intensidad I_N ahora circula a través de R_N y las tensiones de ambas ramas tienen que coincidir.

$$R_N = \frac{V_{AB}}{I_N}$$

Corriente Alterna AC

En corriente alterna, el teorema de Norton establece que cualquier circuito lineal se puede sustituir por una fuente equivalente de corriente (I_N) en paralelo con una impedancia equivalente (Z_N).

Cálculo de la impedancia de Norton

Se calcula la tensión de salida, V_{AB} , cuando no se conecta ninguna carga externa, es decir, cuando se pone una resistencia infinita entre A y B. Z_N es ahora igual a V_{AB} dividido entre I_N porque toda la intensidad I_N ahora circula a través de Z_N y las tensiones de ambas ramas tienen que coincidir.

$$Z_N = \frac{V_{AB}}{I_N}$$

4.4.- Potencia.

La potencia es la cantidad de trabajo que se realiza por unidad de tiempo. Puede asociarse a la velocidad de un cambio de energía dentro de un sistema, o al tiempo que demora la concreción de un trabajo. Por lo tanto, es posible afirmar que la potencia resulta igual a la energía total dividida por el tiempo.

La Potencia eléctrica es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo, es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado. La potencia eléctrica se representa con la letra P y la unidad de medida es el Vatio (Watt).

Para entender qué es la potencia eléctrica es necesario conocer primeramente el concepto de “energía”, no es más que la capacidad que tiene un mecanismo o dispositivo cualquiera para realizar un trabajo.

El desplazamiento de una carga eléctrica (Q) entre dos puntos sometidos a una diferencia de potencial (U) supone la realización de un trabajo eléctrico (Energía) $W = Q \cdot U$, como $Q = I \cdot t$, entonces $W = U \cdot I \cdot t$. donde I es la corriente del circuito y t el tiempo

El trabajo desarrollado en la unidad de tiempo es la potencia P, entonces $P = W/t = U \cdot I \cdot t/t = U \cdot I$. La energía eléctrica se puede producir, ejemplo un alternador, o bien consumir, ejemplo un motor.

Cuando se conecta un equipo o consumidor eléctrico a un circuito alimentado por una fuente de fuerza electromotriz (F.E.M), como puede ser una batería, la energía eléctrica que suministra fluye por el conductor, permitiendo que, por ejemplo, una bombilla de alumbrado, transforme esa energía en luz y calor, o un motor pueda mover una maquinaria, esta energía consumida se mide kWh.

De acuerdo con la definición de la física, “la energía ni se crea ni se destruye, se transforma”. En el caso de la energía eléctrica esa transformación se manifiesta en la obtención de luz,

calor, frío, movimiento, o en otro trabajo útil que realice cualquier dispositivo conectado a un circuito eléctrico cerrado.

4.4.1.- Potencia instantánea.

La potencia instantánea es la resultante del voltaje por la corriente en el tiempo y esto se debe a que cuando se varía la corriente y el voltaje en corriente alterna, la potencia también tendera a variar de forma constante.

La potencia instantánea es el valor límite de la potencia media cuando el intervalo de tiempo Δt se aproxima a cero. En el caso de un cuerpo de pequeñas dimensiones:

$$P(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{W}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \mathbf{F} \cdot \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v}$$

Donde

P es la potencia,

W es el trabajo,

t es el tiempo.

r es el vector de posición.

F es la fuerza.

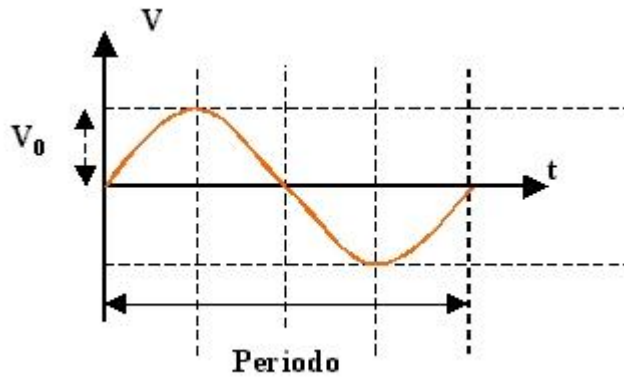
v es la velocidad.

4.4.2.- Valor medio y eficaz.

Valor Medio

Se llama valor medio de una tensión (o corriente) alterna a la media aritmética de todos los valores instantáneos de tensión (o corriente), medidos en un cierto intervalo de tiempo.

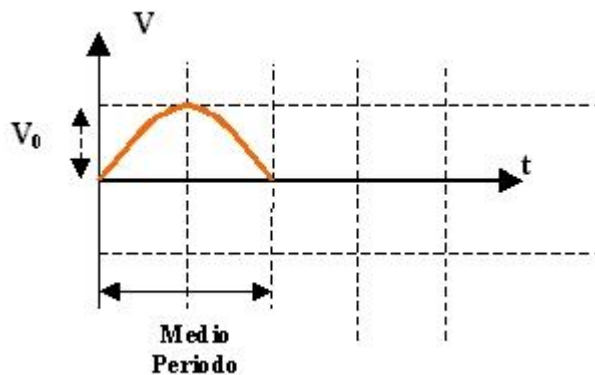
En una corriente alterna sinusoidal, el valor medio durante un período es nulo: en efecto, los valores positivos se compensan con los negativos. $V_m = 0$



En cambio, durante medio periodo, el valor medio es

$$V_m = \frac{2V_0}{\pi}$$

siendo V_0 el valor máximo.



Valor Eficaz

Se llama valor eficaz de una corriente alterna, al valor que tendría una corriente continua que produjera la misma potencia que dicha corriente alterna, al aplicarla sobre una misma resistencia.

Es decir, se conoce el valor máximo de una corriente alterna (I_0).

Se aplica ésta sobre una cierta resistencia y se mide la potencia producida sobre ella.

A continuación, se busca un valor de corriente continua que produzca la misma potencia sobre esa misma resistencia. A este último valor, se le llama valor eficaz de la primera corriente (la alterna).

Para una señal sinusoidal, el valor eficaz de la tensión es:

$$V_{ef} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$$

y del mismo modo para la corriente

$$I_{ef} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

la potencia eficaz resultará ser:

$$P_{ef} = V_{ef} \cdot I_{ef} = \frac{V_0 \cdot I_0}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{2}} = \frac{V_0 \cdot I_0}{2}$$

Es decir que es la mitad de la potencia máxima (o potencia de pico)

La tensión o la potencia eficaz, se nombran muchas veces por las letras RMS. O sea, el decir 10 VRMS ó 15 WRMS significarán 10 voltios eficaces ó 15 vatios eficaces, respectivamente.

4.4.3.- Factor de potencia y corrección del factor de potencia.

Los receptores eléctricos transforman la energía eléctrica en otro tipo de energía, por ejemplo en energía luminosa (una lámpara), calorífica (un radiador o una plancha), motriz o mecánica (un motor) o sonora (un timbre). El problema es que en estos receptores toda la energía eléctrica que consumen, la mayoría de las veces, no se transforma por completo en

energía útil (luz, calor, etc.). "El factor de potencia es una medida de la eficiencia o rendimiento eléctrico de un receptor o sistema eléctrico".

Corrección de factor potencia

En la sección anterior definimos al factor de potencia como una forma de medir el aprovechamiento de la potencia entregada por una fuente de corriente alterna. Un factor de potencia cercano a uno indicaría un máximo aprovechamiento de la fuente.

Para que el factor de potencia se aproxime a uno, la potencia aparente debe ser casi igual a la potencia activa, es decir que debería reducirse la potencia reactiva y de esa forma también el ángulo de desfase.

En la práctica no se busca el valor uno, ya que en caso de sobrecompensación podrían aparecer otros efectos no deseados y por lo tanto se realizan los cálculos para obtener valores tales como 0,9 o 0,95.

Cómo mejorar el factor de potencia

La potencia reactiva aparece debido a las cargas capacitivas y fundamentalmente a cargas inductivas (por ejemplo, motores).

Como muchas veces no es posible reducir las cargas inductivas, lo que podemos hacer es compensarlas con cargas capacitivas, de tal forma de que la diferencia entre ambas reactancias proporcione menor potencia reactiva y por lo tanto un mejor factor de potencia.

Recordemos que la potencia reactiva viene dada por la reactancia total, que se calcula como $(X_L - X_C)$, es decir como la diferencia entre las reactancias inductiva y capacitiva. Por lo tanto para reducir la reactancia total, si no podemos eliminar las reactancias inductivas, lo que debemos hacer es tratar de igualarlas, de tal forma que la diferencia sea cercana a cero.

Ejemplo de corrección del factor de potencia

Una instalación de 220 V y 60 Hz consume una potencia activa de 4,5 kW con un factor de potencia de 0,8 en atraso. Calcular el valor del capacitor que debería conectarse en paralelo con la misma para conseguir un factor de potencia de 0,9.

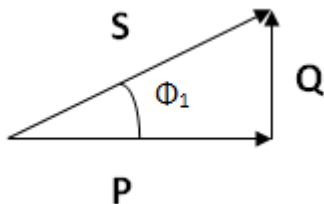
Solución

Lo primero que hacemos es calcular el valor del ángulo de desfasaje inicial (Φ_1) a partir del factor de potencia inicial (Fp_1). Sabemos que el factor de potencia es igual al coseno del ángulo y por lo tanto el ángulo lo calculamos con la función inversa del coseno.

$$Fp_1 = \text{Cos } \Phi_1 = 0,8$$

$$\Phi_1 = \text{Arc Cos}(0,8) = 36,87^\circ$$

El triángulo de potencia inicial lo podemos representar con la siguiente forma:



Calculamos ahora el valor de la potencia reactiva inicial (cateto Q):

$$\text{Tg}(\Phi_1) = \frac{Q_1}{P} \Rightarrow Q_1 = \text{Tg}(\Phi_1) \cdot P$$

$$Q_1 = \text{Tg}(36,87^\circ) \cdot 4,5 \text{ kW} = 3,38 \text{ kVAR}$$

El ejercicio nos dice que se busca un factor de potencia de 0,9, por lo tanto, calculamos el ángulo deseado.

$$Fp_2 = \text{Cos } \Phi_2 = 0,9$$

$$\Phi_2 = \text{Arc Cos}(0,9) = 25,84^\circ$$

Calculamos la potencia reactiva para este nuevo factor de potencia. Recordemos que la

potencia activa no se modifica, por lo tanto, para conseguir el nuevo factor de potencia lo que modificamos es la potencia reactiva.

$$Tg(\phi_2) = \frac{Q_2}{P} \Rightarrow Q_2 = Tg(\phi_2) \cdot P$$

$$Q_2 = Tg(25,84^\circ) \cdot 4,5 \text{ kW} = 2,18 \text{ kVAR}$$

Para conseguir un factor de potencia de 0,9 necesitamos una potencia reactiva de 2,18 kVAR. Sin embargo, la potencia reactiva actual es de 3,38 kVAR. Calculamos la diferencia entre ambas potencias, es decir el número en el que deberíamos reducir la potencia reactiva actual.

$$dif = Q_1 - Q_2 = 3,38 \text{ kVAR} - 2,18 \text{ kVAR} = 1,2 \text{ kVAR}$$

Para reducir la potencia reactiva en 1,2 kVAR utilizamos un capacitor que genere una potencia reactiva de sentido contrario a la inductiva de la instalación.

El valor de la capacidad lo calculamos con la siguiente expresión:

$$C = \frac{P}{V^2 \cdot \omega}$$

Calculamos primero la velocidad angular.

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 376,99 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Calculamos la capacidad:

$$C = \frac{1200 \text{ VAR}}{(220 \text{ v})^2 \cdot 376,99 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 65,77 \text{ uF}$$

4.4.4.- Potencia compleja.

La potencia eléctrica es la proporción por unidad de tiempo, o ritmo, con la cual la energía eléctrica es transferida por un circuito eléctrico, es decir, la cantidad de energía eléctrica entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado. La unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el vatio o *watt* (W).

Cuando una corriente eléctrica fluye en cualquier circuito, puede transferir energía al hacer un trabajo mecánico o termodinámico. Los dispositivos convierten la energía eléctrica de muchas maneras útiles, como calor, luz (lámpara incandescente), movimiento (motor eléctrico), sonido (altavoz) o procesos químicos. La electricidad se puede producir mecánica o químicamente por la generación de energía eléctrica, o también por la transformación de la luz en las células fotoeléctricas. Por último, se puede almacenar químicamente en baterías.

La tensión eléctrica se puede definir como el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una partícula cargada para moverla entre dos posiciones determinadas. La tensión es independiente del camino recorrido por la carga y depende exclusivamente del potencial eléctrico entre dos puntos del campo eléctrico.

Potencia aparente

En el modelo de números complejos, la potencia debida a los elementos resistivos se indica como la parte real del número, y de hecho es llamada *Potencia Real*. La potencia debida a elementos inductivos o capacitivos se indica como la parte imaginaria del número; esta se llama *Potencia Reactiva*, que no es aprovechada como energía útil, pero es demandada de la red. La potencia reactiva inductiva convencionalmente se considera un número positivo, y la potencia reactiva capacitiva se considera un número negativo. Cuando se dibuja un diagrama vectorial de la potencia, la parte resistiva se indica como un vector horizontal, con la punta de flecha hacia la derecha; en tanto que la potencia reactiva se indica como un vector vertical con la punta de flecha hacia arriba (inductivo) o hacia abajo (capacitivo). La resultante de ambos vectores es otro vector, llamado *Potencia Aparente* o *Potencia Compleja* (S). El módulo de ese vector es el producto: $S = V \cdot I$, siendo V e I los valores eficaces de tensión y corriente.

Factor de potencia

La potencia de los elementos resistivos es la que el circuito aprovecha como trabajo, luz y calor. La potencia reactiva no se aprovecha, pero la red debe suministrarla. De modo que se define un cociente entre la potencia real y la potencia aparente. Este cociente se halla entre 0 y 1, y se conoce como Factor de Potencia. El factor de potencia es uno de los elementos más

tomados en cuenta en el análisis de las redes de CA, por cuanto mientras más cercano sea a la unidad, mejor aprovechamiento energético tiene la red.

La potencia compleja es:

$$\vec{S} = P + Qj$$

Esto se observa en el triángulo de potencias descrito en apartados anteriores:

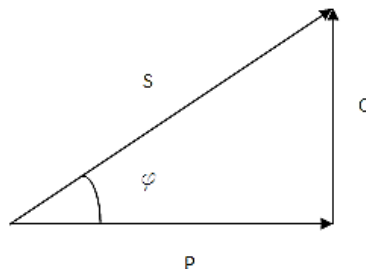


Imagen. Triángulo de potencias.

Esta forma de expresar la potencia tendrá:

- Un módulo que corresponde con: $S=V.I$
- Una parte real que será: la potencia activa
- Una parte imaginaria, siendo: la potencia reactiva

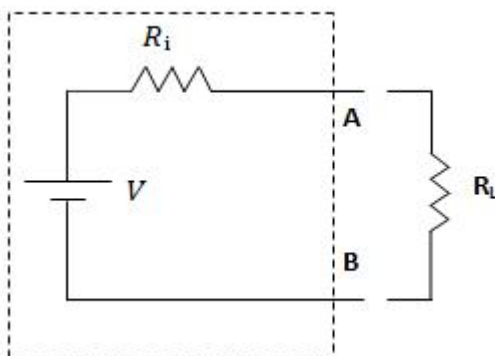
4.4.5.- Máxima transferencia de potencia.

En ingeniería eléctrica, electricidad y electrónica, el teorema de máxima transferencia de potencia establece que, dada una fuente, con una resistencia de fuente fijada de antemano, la resistencia de carga que maximiza la transferencia de potencia es aquella con un valor óhmico igual a la resistencia de fuente. También este ayuda a encontrar el teorema de Thevenin y Norton. El teorema establece cómo escoger (para maximizar la transferencia de potencia) la

resistencia de carga, una vez que la resistencia de fuente ha sido fijada, no lo contrario. No dice cómo escoger la resistencia de fuente, una vez que la resistencia de carga ha sido fijada. Dada una cierta resistencia de carga, la resistencia de fuente que maximiza la transferencia de potencia es siempre cero, independientemente del valor de la resistencia de carga.

Se dice que Moritz von Jacobi fue el primero en descubrir este resultado, también conocido como Ley de Jacobi.

Cualquier circuito o fuente de alimentación posee una resistencia interna. Si consideramos que el valor de la tensión y de la resistencia interna permanecen constantes, podemos calcular cuándo la potencia entregada a la carga es máxima. Esto ocurre cuando la resistencia de carga es igual a la resistencia interna de la fuente.



$$R_i = R_L$$

R_i = Resistencia interna [Ω]

R_L = Resistencia de carga [Ω]

Si la resistencia de carga es más baja que la interna, aumenta la corriente por el circuito, pero la resistencia interna en serie disipa más potencia (al estar en la misma rama la corriente que pasa por ambas es la misma y por lo tanto la resistencia de mayor valor disipa mayor potencia). Si la resistencia de carga es más alta, disipa mayor potencia que la resistencia interna, pero disminuye la corriente total de tal forma de ser menor a la que circula cuando ambas resistencias son del mismo valor y por lo tanto la potencia entregada a la carga es menor.

4.5.- Circuitos polifásicos.

En ingeniería eléctrica un sistema polifásico es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por dos o más tensiones iguales con diferencia de fase constante, que suministran energía a las cargas conectadas a las líneas.

En un sistema bifásico la diferencia de fase entre las tensiones es de 90° , mientras que en los trifásicos dicha diferencia o desfase es de 120° .

Los sistemas trifásicos son los utilizados en la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica para fábricas.

Históricamente han existido sistemas de mayor número de fases, v.g., hexafásicos y dodecafásicos, destinado a alimentar rectificadores de modo de obtener una tensión continua poco ondulada.

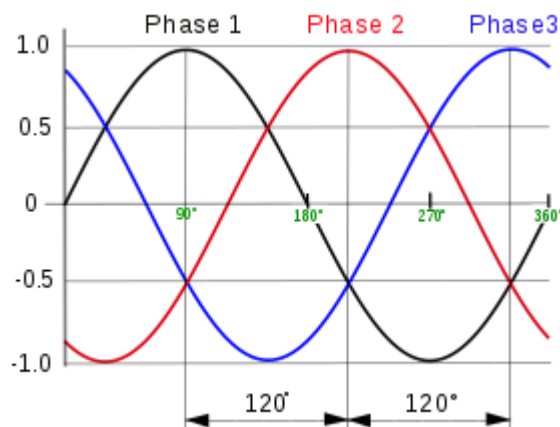
El sistema polifásico más común es el sistema trifásico balanceado. La fuente tiene tres terminales con voltajes senoidales de igual amplitud. Sin embargo, esos voltajes no están en fase; sino cualquiera de los voltajes está 120° desfasado con cualquiera de los otros dos, donde el signo del ángulo de fase dependerá del sentido de los voltajes.

El uso de un mayor número de fases como sistemas de 6 y 12 fases, se limita casi por completo al suministro de energía a grandes rectificadores. Aquí, los rectificadores transforman la corriente alterna en corriente directa, que se necesita para ciertos procesos como la electrólisis. La salida del rectificador es una corriente directa más una componente pulsante más pequeña, o rizo, que disminuye conforme aumenta el número de fases.

Casi sin excepción, en la práctica, los sistemas polifásicos contienen fuentes que se aproximan muy de cerca de las fuentes ideales de voltaje o a las fuentes ideales de voltaje en serie con pequeñas impedancias internas. Las fuentes de corriente trifásica son muy poco comunes.

4.6.- Fuente trifásica.

En ingeniería eléctrica, un sistema trifásico es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud (y por consiguiente valor eficaz), que presentan una diferencia de fase entre ellas de 120° eléctricos, y están dadas en un orden determinado. Cada una de las corrientes monofásicas que forman el sistema se designa con el nombre de fase.



Un sistema trifásico de tensiones se dice que es *equilibrado* cuando sus corrientes tienen magnitudes iguales y están desfasadas simétricamente.

Cuando alguna de las condiciones anteriores no se cumple (corrientes diferentes o distintos desfases entre ellas), el sistema de tensiones está desequilibrado o más comúnmente llamado un *sistema desbalanceado*. Recibe el nombre de sistema de cargas desequilibradas, el conjunto de impedancias distintas que dan lugar a que por el receptor circulen corrientes de amplitudes diferentes o con diferencias de fase entre ellas distintas a 120° , aunque las tensiones del sistema o de la línea sean equilibradas o balanceadas.

El sistema trifásico presenta una serie de ventajas, como son la economía de sus líneas de transporte de energía (hilos de menor sección que en una línea monofásica equivalente) y de los transformadores utilizados, así como su elevado rendimiento de los receptores, especialmente motores, a los que la línea trifásica alimenta con potencia constante.

Los generadores utilizados en centrales eléctricas son trifásicos, dado que la conexión a la red eléctrica debe ser trifásica (salvo para centrales de poca potencia). La trifásica se usa masivamente en industrias, donde las máquinas funcionan con motores trifásicos, pueden

producir los niveles altos de energía necesarias para aplicaciones industriales y científicas. Algunos procesos industriales pueden requerir más de 30.000 voltios para usos tales como la pulverización, recubrimientos delgados precisos de materiales en partes. Otros equipos pueden usar cientos de amperios de corriente de galvanoplastia o soldadura.

4.7.- Cargas delta y estrella.

Conexión delta -delta. Se utiliza esta conexión cuando se desean mínimas interferencias en el sistema. Además, si se tiene cargas desequilibradas, se compensa dicho equilibrio, ya que las corrientes de la carga se distribuyen uniformemente en cada uno de los devanados. La conexión delta-delta de transformadores monofásicos se usa generalmente en sistemas cuyos voltajes no son muy elevados especialmente en aquellos en que se debe mantener la continuidad de unos sistemas. Esta conexión se emplea tanto para elevar la tensión como para reducirla. En caso de falla o reparación de la conexión delta-delta se puede convertir en una conexión delta abierta-delta abierta.

Conexión estrella-delta. La conexión estrella-delta es contraria a la conexión delta-estrella; por ejemplo, en sistema de potencia, la conexión delta-estrella se emplea para elevar voltajes y la conexión estrella-delta para reducirlos. En ambos casos, los devanados conectados en estrella se conectan al circuito de más alto voltaje, fundamentalmente por razones de aislamiento. En sistemas de distribución esta conexión es poco usual, salvo en algunas ocasiones para distribución a tres hilos.

Conexión estrella-estrella. Las corrientes en los devanados en estrella son iguales a las corrientes en la línea. Si las tensiones entre línea y neutro están equilibradas y son sinusoidales, el valor eficaz de las tensiones respecto al neutro es igual al producto de $1/\sqrt{3}$ por el valor eficaz de las tensiones entre línea y línea y existe un desfase de 30° entre las tensiones de línea a línea y de línea a neutro más próxima. Las tensiones entre línea y línea de los primarios y secundarios correspondientes en un banco estrella-estrella, están casi en concordancia de fase.

Por tanto, la conexión en estrella será particularmente adecuada para devanados de alta tensión, en los que el aislamiento es el problema principal, ya que para una tensión de línea determinada las tensiones de fase de la estrella sólo serían iguales al producto $l/\sqrt{3}$ por las tensiones en el triángulo.

Conexión delta-estrella. La conexión delta-estrella, de las más empleadas, se utiliza en los sistemas de potencia para elevar voltajes de generación o de transmisión, en los sistemas de distribución (a 4 hilos) para alimentación de fuerza y alumbrado.

Voltajes fasoriales en estrella y delta

Los diagramas fasoriales son usados para representar en el plano complejo las relaciones existentes entre voltajes y corrientes fasoriales de un determinado circuito. Para representar cualquier voltaje o corriente en el plano complejo es necesario conocer tanto su magnitud como su ángulo de fase y de esta manera poder realizar operaciones entre ellos. Otro uso de los diagramas fasoriales es la representación en el dominio del tiempo y la frecuencia, es decir que sobre un plano se pueden representar las magnitudes (corriente, voltaje, etc.) en el dominio de la frecuencia y del tiempo también y realizar la transformación necesaria. Para transformar una magnitud del dominio de la frecuencia con cierta magnitud y un ángulo de fase, al dominio del tiempo solo es necesario girar el fasor en sentido contrario a las manecillas del reloj a una velocidad angular que está dada en rad/s y tomar su proyección sobre el eje real. Con los diagramas fasorial, es posible observar el comportamiento de los voltajes y corrientes de un circuito en estado senoidal permanente tanto en el dominio de la frecuencia como en el dominio del tiempo.

Cargas balanceadas conectadas en estrella.

Una de las configuraciones típicas de los sistemas trifásicos es conectarle a una fuente trifásica una carga balanceada en estrella, esto es, una carga formada por tres impedancias iguales las cuales tienen una terminal neutra común.

Carga balanceada conectada en delta.

Una segunda configuración típica de los sistemas trifásicos es conectarle a una fuente trifásica una carga balanceada en delta. En esta conexión, una carga formada por tres impedancias iguales se conecta de tal manera que cada una de las impedancias se conecta entre dos de las terminales de línea.

4.8.- Análisis de cargas balanceadas.

Una carga balanceada es aquella que consume la misma cantidad de potencia en cada una de sus tres fases.

para comprender como funcionan los circuitos trifásicos es necesarios primero conocer cómo se denominan las partes que lo componen, así como todos los conceptos relacionados. Sin un claro entendimiento de todo esto se pueden ocasionar confusiones a la hora de resolver un problema con circuitos trifásicos.

Voltajes trifásicos balanceados

Para que los tres voltajes de un sistema trifásico estén balanceados deberán tener amplitudes y frecuencias idénticas y estar fuera de fase entre sí exactamente 120° . Importante: En un sistema trifásico balanceado la suma de los voltajes es igual a cero:

$$V_a + V_b + V_c = 0$$

En cambio, si colocamos tres bobinas separadas por ángulos de 120° se estarán produciendo tres voltajes con una diferencia de fase de 120° cada uno. Un sistema de voltajes trifásico balanceado se compone de tres voltajes monofásicos que tienen la misma amplitud y la misma frecuencia de variación, pero están desfasados en el tiempo 120° cada uno con respecto a los otros dos.

4.9.- Análisis de cargas desbalanceadas.

Los sistemas trifásicos desbalanceados también conocidos como sistemas trifásicos desequilibrados, suelen tener fases desequilibradas o desbalanceadas.

Cuando encontremos una expresión de este estilo quiere decir que no hay 120° de desplazamiento entre las diferentes señales sinodales de fases y puede ser un serio problema porque estaremos cargando a una fase más que a otras.

El desbalance trifásico es el fenómeno que ocurre en sistemas trifásicos donde las tensiones o ángulos entre fases consecutivas no son iguales.

El continuo cambio de cargas presentes en la red, causan una magnitud de desbalance en permanente variación.

Un sistema desbalanceado es producto de dos posibles situaciones:

- Las tensiones de fuente no son iguales en magnitud o difieren en fase en ángulos desiguales.
- Las impedancias de carga son desiguales. Un sistema desbalanceado se debe a fuentes de tensión desbalanceadas o a una carga desbalanceada.

Causas de desbalance de tensiones.

La principal causa son las cargas monofásicas sobre el sistema trifásico, debido a una distribución no homogénea, en especial la de consumidores de baja tensión de índole monofásicos. Para igual dispersión de cargas monofásicas, la configuración del tipo de red de distribución y transmisión incide sobre la propagación del desbalance. La configuración de red radial, mostrará niveles mayores que una red mallada. Las impedancias propias y mutuas entre fases no balanceadas presentarán desbalances en las caídas de tensión aún con cargas simétricas. El efecto de un banco trifásico de capacitores con una fase fuera de servicio presentará un desbalance de compensación de corriente reactiva capacitiva. Los hornos de arcos trifásicos, por su naturaleza de funcionamiento, presentan desbalances de carga variable a lo largo del proceso de fundición.

4.10.- Potencia trifásica.

La potencia trifásica es aquella que se puede contratar en una instalación eléctrica con tres fases y tres corrientes alternas. Esta instalación se caracteriza por dividir el número de kilovatios (kW) contratados en tres partes iguales, una para cada fase.

La instalación trifásica puede soportar potencias superiores a 15 kW, pero no es necesario contar con una potencia tan elevada para disponer de esta instalación. A pesar de que este tipo de instalación suele estar presente en grandes empresas e industrias, las viviendas o edificios que cuenten con un ascensor, un motor de una puerta de garaje o una depuradora de piscina, también deben contar con ella.

Tramos de potencia trifásica y monofásica

Intensidad ICP**	Potencia monofásica	Potencia trifásica
5.0A	1.15kW	3.464kW
7.5A	1.72kW	5.196kW
10A	2.3kW	6.928kW
15A	3.45kW	10.392kW
20A	4.6kW	13.856kW
25A	5.75kW	17.321kW
30A	6.9kW	20.785kW
35A	8.05kW	24.249kW
40A	9.2kW	27.713kW
45A	10.35kW	31.177kW

RECURSOS EXTRA

¿Qué es alterna y continua?

<https://www.youtube.com/watch?v=IKz3QWQMbos&list=PLuzS0jdNRVvqVOIwM-zWOKsOJEbB6THDg>

Análisis de circuitos de corriente alterna

<https://www.youtube.com/watch?v=0DSLigTc4IE>

Ejercicio sobre corriente alterna

https://www.youtube.com/watch?v=Mxznbxkk_ns

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

ENSAYO

Realice un ensayo de la unidad número cuatro; véase manual básico de actividades en plataforma UDS.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Artículo. Mil programas. (2019). Los 7 Mejores Programas Para Simular Circuitos Eléctricos. 2019, de Mil programas Sitio web: <https://milprogramas.net/programas-para-simular-circuitos-electricos/>

Artículo. Full Aprendizaje. (2019). 5 programas para la simulación de circuitos electrónicos online. 2019, de Full Aprendizaje Sitio web: <https://www.fullaprendizaje.com/2016/09/5-programas-para-la-simulacion-de-circuitos-electronicos-online..html>

Artículo. (2020);Qué es la frecuencia? (2020), de Fluke Corporation Sitio web: <https://www.fluke.com/es-mx/informacion/mejores-practicas/aspectos-basicos-de-las-mediciones/electricidad/que-es-la-frecuencia>

Artículo. (2018). Tipos de circuitos resistivos. 2018, de Tecnología Pirineos Sitio web: <http://tecnologiapirineos.blogspot.com/2012/03/electricidad-circuitos-resistivos.html>

Artículo. (2018). ¿CONEXIONES ELÉCTRICAS TIPO ESTRELLA Y DELTA, QUE SON Y PARA QUE NOS SIRVEN? (2018), de Grupo Apse Sitio web: <http://www.apcotech.com/BLOG/uncategorized/conexiones-electricas-tipo-estrella-y-delta-que-son-y-para-que-nos-sirven/>

Artículo. (2010). Circuito RLC - régimen transitorio. 2010, de Studio Sitio web: <https://www.edumedia-sciences.com/es/media/195-circuito-rlc-regimen-transitorio>

Artículo. (2019). Teorema de Thévenin. 20 de noviembre de 2019, de Wikipedia Sitio web: https://es.wikipedia.org/wiki/Teorema_de_Th%C3%A9venin

Artículo. (2018). Circuitos De Corriente Alterna. 2018, de Hiru.eus Sitio web: <https://www.hiru.eus/es/fisica/circuitos-de-corriente-alterna>

Aguilar E. (2017). Señales Eléctricas. 2017, de Telecomunicaciones Sitio web: <https://telecomunicacionesabasolo.blogspot.com/p/senales-electricas.html>

Álvarez R. (2017). Conexión serie paralelo y mixta. 2017, de Circuitos eléctricos Sitio web: <https://circuitoselectricos306776877.wordpress.com/about/>

Alfaro L. (2008). Transitorios en los circuitos. 2008, de Física Practica Sitio web: <https://www.fisicapractica.com/transitorios-rc.php>

Alfaro L. (2008). Transitorios en los circuitos. 2009, de Física Practica Sitio web: <https://www.fisicapractica.com/transitorios-rl.php>

Benítez L. (2005). VALOR MEDIO Y VALOR EFICAZ. 2005, de Lecciones de Electrónica Sitio web: <http://www.ifent.org/lecciones/cap08/cap08-05.asp>

Castro J. (2016). Instalación de LabVIEW. 2016, de CNX Sitio web: <https://archive.cnx.org/contents/c4e8c16e-a979-41d9-96df-2bc1c0f5764d%402/instalaci-n-de-labview>

Enríquez A. (2016). Corriente alterna. 2016, de Proyectos Electrónicos Sitio web: https://viasatelital.com/proyectos_electronicos/voltaje_ac.php

Espinoza C. (2008). Circuitos eléctricos resistivos: ¿Qué son, tipos y características? 2008, de Todo sobre circuitos Sitio web: <https://www.circuitos-electricos.com/resistivos/>

Fernández S. (2019). DIVISOR DE CORRIENTE. 2019, de Tecnología Sitio web: <https://www.areatecnologia.com/electronica/divisor-de-corriente.html>

Fernández S. (2019). FACTOR DE POTENCIA. 2019, de Tecnología Sitio web: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/factor-de-potencia.html>

Gómez, M.P. (2015). Sistema Trifásico Balanceado y Desbalanceado. 28 de marzo de 2015, de Scribd Sitio web: <https://es.scribd.com/document/260232338/Sistema-Trifasico-Balanceado-y-Desbalanceado>

Huerta, I. (2017). El concepto de fasor y diagrama fasorial. 2017, de Tec Digital Sitio web: https://tecdigital.tec.ac.cr/repo/rea/electronica/el-2114/un_1/14_el_concepto_de_fasor_y_diagrama_fasorial.html

Ingromano. (2011). CIRCUITOS POLIFASICOS. 2011, de INGENET Sitio web: <http://comunidad.ingenet.com.mx/ingelectrica/2011/01/06/circuitos-polifasicos/>

López A. (2016). La ley de Ohm. 26 de abril de 2016, de Cuaderno de cultura científica Sitio web: <https://culturacientifica.com/2016/04/26/la-ley-ohm/>

María Estela Raffino (2020). De: Argentina. Para: *Concepto*. De. Disponible en: <https://concepto.de/fuente-de-alimentacion/>. Consultado: 10 de agosto de 2020.

Mérida L. (2016). Valor promedio, valor máximo, valor pico a pico y valor eficaz. 1 de abril de 2016, de Ingeniería Electrónica Sitio web: <https://ingenieriaelectronica.org/valor-promedio-valor-maximo-valor-pico-a-pico-y-valor-eficaz/>

Mérida L. (2016). Definición de Frecuencia, período y amplitud. 29 de marzo de 2016, de Ingeniería Electrónica Sitio web: <https://ingenieriaelectronica.org/definicion-de-frecuencia-periodo-y-amplitud/>

Michel M. (2009). Leyes de Kirchhoff. 2009, de Electrónica completa Sitio web: <http://electronicacompleta.com/lecciones/leyes-de-kirchhoff/>

Navarrete D. (2020). TEOREMA DE LA SUPERPOSICION. 2020, de Designsoft Sitio web: <https://www.tina.com/es/superposition-theorem/>

Perea C. (2019). Teorema de Norton. 2019, de Unicrom Sitio web: <https://unicrom.com/teorema-de-norton/>

Perea C. (2019). Teorema de máxima transferencia de potencia. 2019, de Unicrom Sitio web: <https://unicrom.com/teorema-de-maxima-transferencia-de-potencia/>

Perea C. (2018). Constante de Tiempo en Circuitos RL y RC. 2018, de Unicrom Sitio web: <https://unicrom.com/constante-de-tiempo-en-circuitos-rl-y-rc/>

Pedro J. (2016). Principio de superposición. 2016, de Principio. De Sitio web: <https://www.principiode.com/principio-de-superposicion/>

Revista Ecured (2019). Potencia eléctrica. 2019, de Ecured Sitio web: https://www.ecured.cu/Potencia_el%C3%A9ctrica

Revista Ecured. (2019). Ohm. 2019, de Ecured Sitio web: <https://www.ecured.cu/Ohm>

Soto A. (2018). DIVISOR DE VOLTAJE. 2018, de Factor Evolución Sitio web: <https://www.factor.mx/portal/base-de-conocimiento/divisor-de-voltaje/>

Theairus. (2014). Características y tipos de señales eléctricas. 9 de septiembre de 2014, de Taringa Sitio web: https://www.taringa.net/+ciencia_educacion/caracteristicas-y-tipos-de-senales-electricas_g6wh9

Trianes M. (2020). ¿Cómo calcular la potencia trifásica de tu vivienda o empresa? 27 de abril de 2020, de Comparador Luz Sitio web: <https://comparadorluz.com/tramites/potencia-electrica/trifasica>

Vera S. (2018). Simuladores de Circuitos Eléctricos y Electrónicos. 2018, de Todo sobre circuitos Sitio web: <https://www.circuitos-electricos.com/simulador-de-circuitos-electricos/>

Velázquez B. (2014). Fuentes Independientes. 2014, de Slideshare Sitio web: <https://es.slideshare.net/beatrizavf2/fuentes-independientes>

Vera R. (2017). ¿Qué es el Teorema de Mallas (Análisis de Mallas)?. 2017, de Mi Electrónica Fácil Sitio web: <https://mielelectronicafacil.com/analisis-de-circuitos/teorema-de-mallas/#page-content>

Vera R. (2018). Teorema de Thévenin y Norton. 2018, de Mi electrónica fácil Sitio web: <https://mielelectronicafacil.com/analisis-de-circuitos/teorema-de-thevenin-y-norton/#Corriente-Alternada>

Videla C. (2016). Corrección del factor de potencia. 2016, de Física Practica Sitio web: <https://www.fisicapractica.com/correccion-factor-de-potencia.php>

Videla C. (2016). Teorema de la transferencia máxima de potencia. 2016, de Física Practica Sitio web: <https://www.fisicapractica.com/transferencia.php>