

ELECTRICIDAD BÁSICA

EDUCACIÓN CONTINUA

CURSO DE DESARROLLO PROFESIONAL



Instrucciones de impresión y guardado

Lo mejor que puede hacer es descargar este documento pdf en el escritorio de su computadora y abrirlo con Adobe Acrobat DC Reader.

Adobe Acrobat DC Reader es un programa de software gratuito y puede encontrarlo en el sitio web de Adobe Acrobat.

Puede completar el curso viendo los materiales del curso en su computadora o puede imprimirlo. Le damos permiso para imprimir este documento.

Instrucciones de impresión: Si va a imprimir este documento, este documento está diseñado para imprimirse a doble cara o a dos caras, pero puede ser de una sola cara.

Este folleto del curso no tiene la tarea. Visite nuestro sitio web y descargue la tarea también.

Enlace de Internet a la tarea... [***http://www.abctlc.com/PDF/BasicElectricityAss.pdf***](http://www.abctlc.com/PDF/BasicElectricityAss.pdf)

Enlace de listado de aprobación estatal, verifique si su estado acepta o ha aprobado previamente este curso. No se enumeran todos los estados. No se enumeran todos los cursos.

Si el curso no es aceptado para crédito CEU, te daremos el curso gratis si le pides a tu Estado que lo acepte para crédito y recibimos la carta de aprobación.

Ingenieros Profesionales; La mayoría de los estados aceptarán nuestros cursos para crédito, pero no enumeramos oficialmente la aceptación o aprobación de los estados o agencias.

URL del listado de aprobación estatal... [***http://www.tlch2o.com/PDF/CEU%20State%20Approvals.pdf***](http://www.tlch2o.com/PDF/CEU%20State%20Approvals.pdf)

Puede obtener una versión impresa de TLC por \$ 69.95 adicionales más los gastos de envío.

Seguridad Siempre

1. Sea consciente de la seguridad

Trabajar con circuitos eléctricos puede ser peligroso si no se toman ciertas precauciones de seguridad. Una descarga eléctrica no solo puede lesionarlo sino también matarlo. ¡Practica la seguridad cuando trabajes en cualquier circuito y reduce la velocidad! Cuando se apresura en un proyecto, hay una mayor posibilidad de que ocurra un accidente.

2. Apague la alimentación

Desconecte siempre la alimentación de un circuito o dispositivo en el que vaya a trabajar. Esto es lo primero que debe hacer antes de trabajar en cualquier circuito eléctrico. No conozco a nadie que haya recibido una descarga eléctrica por un circuito que no está energizado.

3. Pruebe el circuito

Después de apagar un circuito, es una buena idea revisarlo con un probador para asegurarse de que, efectivamente, esté apagado. ¡Nunca asuma que el circuito está apagado!

4. Escaleras

Las escaleras son necesarias para realizar algunos trabajos eléctricos. Nunca use una escalera de aluminio en ningún proyecto eléctrico. Siempre use una escalera de fibra de vidrio aislada para mantenerse a salvo.

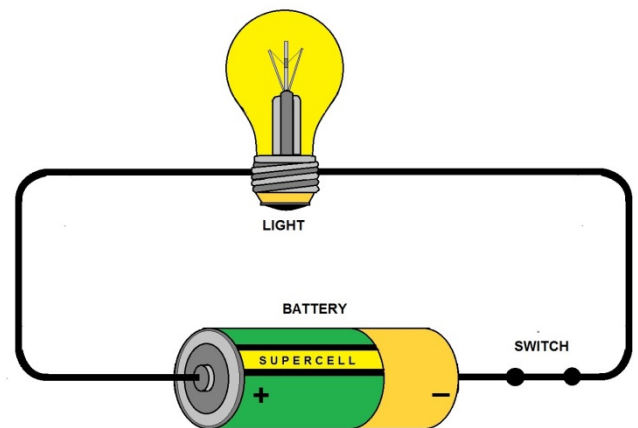
5. Lugares húmedos

Evite las áreas mojadas cuando trabaje con o en cualquier cosa eléctrica. Si hay una razón por la que tiene que estar en esa situación, use botas de goma y guantes para disminuir la posibilidad de recibir una descarga eléctrica. Las herramientas y los electrodomésticos deben conectarse a un tomacorriente GFCI o a un cable de extensión GFCI.

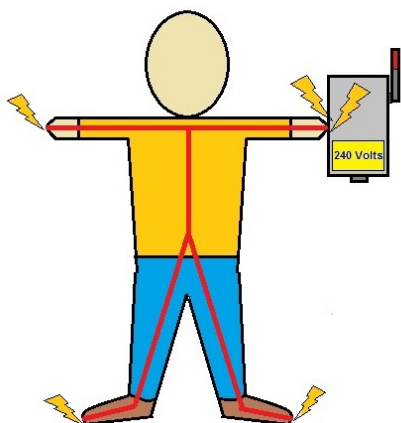
No olvides secarte las manos antes de agarrar cualquier cable para enchufarlo o desenchufarlo. Las manos mojadas y un cordón deshilachado no se mezclan. Te agachas para agarrar el cable y así, ¡te has sorprendido! Lo creas o no, sucede.

6. Etiquetas de advertencia

Finalmente, si está trabajando en el panel de servicio o en un circuito, asegúrese de colocar una etiqueta de advertencia en la parte frontal del panel. Esto le advertirá a alguien que no encienda el circuito en el que está trabajando. No hay nada peor que apagar la energía, verificar que esté apagada y comenzar a trabajar en el circuito, solo para que alguien venga detrás de usted y vuelva a encender el circuito. Siempre piense y haga preguntas antes de encender un interruptor que esté apagado. Tal vez alguien esté trabajando en el otro extremo.



BASIC ELECTRICAL CIRCUIT



mA	Effects on the Human Body
0.5 - 3	Tingling sensations
3 - 10	Muscle contractions and some pain
10 - 40	"Let - Go" Threshold
30 - 75	Respiratory paralysis
100 - 200	Ventricular Fibrillation
200 - 500	The Heart clamps tight
1500 +	Tissue and Organs begin to burn

THE EFFECTS OF ELECTRICITY AND THE HUMAN BODY

Editores colaboradores

Joseph Camerata tiene una licenciatura en administración con honores (magna cum laude). Se jubiló como químico en 2006 después de haber trabajado en el campo del muestreo y análisis de higiene industrial, ambiental y química durante 40 años. Ha sido presentador profesional en una conferencia analítica de la EPA en Biosphere en Arizona y presentador en una conferencia de AWWA en Mesa, Arizona. También enseñó clases de seguridad en Honeywell y en la ciudad de Phoenix, y es un orador motivacional/inspirador a nivel nacional e internacional.

Dr. Eric Pearce SME, revisión química y biológica.

Dr. Pete Greer, SME, instructor de biología jubilado.

Jack White, PYME, experto en medioambiente, salud y seguridad. Créditos de arte.

Información importante sobre este manual

Descargo de responsabilidad

Este manual de capacitación de CEU ha sido preparado para ayudar a los empleados en el conocimiento general del sistema eléctrico peligroso, tratando con procedimientos y requisitos a menudo complejos para el manejo seguro de energía peligrosa. El alcance del material es bastante amplio, lo que requiere un gran esfuerzo para controlarlo. La salud y la seguridad de los empleados, así como la del público, dependen de la aplicación cuidadosa de las normas federales y estatales y de los procedimientos de trabajo seguros.

Este curso cubrirá las leyes eléctricas generales y las reglas de trabajo relacionadas con los principios eléctricos. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que las reglamentaciones federales y estatales son un proceso continuo y están sujetas a cambios con el tiempo. Este manual es un documento de orientación para los empleados que están aprendiendo principios eléctricos generales. No está diseñado para cumplir con todos los requisitos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) o las reglas y regulaciones del Departamento de Trabajo-Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA). Solo se debe permitir que electricistas autorizados calificados trabajen en cualquiera o en todas las instalaciones o componentes eléctricos. Este curso no lo calificará para trabajar en ningún tipo de sistema o componente eléctrico.

Este manual del curso proporcionará una guía general y no debe utilizarse como base preliminar para desarrollar ningún tipo de plan o procedimiento eléctrico o de seguridad. Este documento no es un procedimiento eléctrico detallado o un libro de texto de seguridad eléctrica o un libro de consulta completo sobre seguridad eléctrica o códigos de construcción y normas y reglamentos. Technical Learning College no ofrece ninguna garantía o representación en cuanto a la absoluta corrección o idoneidad de la información de este manual y no asume ninguna responsabilidad en relación con la implementación de esta información.

No se puede asumir que este manual contiene todas las medidas y conceptos necesarios para condiciones o circunstancias específicas. Este documento debe usarse como guía y no se considera un documento legal. Las personas responsables de las reparaciones o instalaciones eléctricas y de la salud y seguridad de los trabajadores deben obtener y cumplir con las reglamentaciones federales, estatales y locales más recientes pertinentes a estos sitios y se les insta a consultar con la OSHA, la EPA y otras autoridades federales, estatales y locales apropiadas. agencias estatales y locales.

Aviso de copyright

©2012 Colegio de Aprendizaje Técnico (TLC). Ninguna parte de este trabajo puede reproducirse o distribuirse de ninguna forma o por ningún medio sin la aprobación previa por escrito de TLC. Se ha solicitado permiso para todas las imágenes y textos en los que creemos que existen derechos de autor y en los que se puede rastrear y contactar al titular de los derechos de autor. Todo el material que no está acreditado o reconocido es propiedad intelectual de Technical Learning College. Esta información es solo para usos educativos.

La mayoría de las fotografías no acreditadas han sido tomadas por instructores de TLC o estudiantes de TLC. Estaremos encantados de escuchar a cualquier titular de derechos de autor y haremos la atribución adecuada para su trabajo si se cometieron infracciones de derechos de autor no intencionales tan pronto como estos problemas se notifiquen al editor.

Se hace todo lo posible para garantizar que toda la información proporcionada en este curso sea precisa. Todo el material escrito, gráfico, fotográfico o de otro tipo se proporciona únicamente a título informativo. Por lo tanto, Technical Learning College (TLC) no acepta responsabilidad alguna por la aplicación o mal uso de cualquier información incluida en este documento. Las solicitudes de reconocimiento o permiso para hacer copias deben hacerse a la siguiente dirección:

TLC, PO Box 3060, Chino Valley, AZ 86323

La información de este documento está sujeta a cambios sin previo aviso. TLC no es responsable de los errores u omisiones que aparezcan en este documento.

Alcance y función de Technical Learning College

Technical Learning College (TLC) ofrece educación continua asequible para los profesionales que trabajan hoy en día y necesitan mantener licencias o certificaciones. TLC tiene aproximadamente ochenta aprobaciones gubernamentales diferentes para otorgar créditos de educación continua.

El método de entrega de educación continua de TLC puede incluir tipos tradicionales de conferencias en el aula y cursos a distancia o estudio independiente. La mayoría de los cursos de estudio independiente o a distancia de TLC se ofrecen en formato impreso y puede examinar este material en su computadora sin compromiso. Nuestros cursos están diseñados para ser flexibles y para que termines el material en tu tiempo libre. Los estudiantes también pueden recibir materiales del curso por correo. El curso o manual electrónico de CEU contendrá todas sus lecciones, actividades y tareas.

La mayoría de los cursos CEU permiten a los estudiantes enviar lecciones por correo electrónico o fax; sin embargo, algunos cursos requieren que los estudiantes envíen las lecciones por correo postal. (Consulte la descripción del curso para obtener más información). Los estudiantes tienen contacto directo con su instructor, principalmente por correo electrónico. Los cursos CEU de TLC pueden usar tecnologías tales como la World Wide Web, correo electrónico, CD-ROM, cintas de video y copias impresas. (Consulte la descripción del curso). Asegúrese de tener acceso al equipo necesario antes de inscribirse, es decir, impresora, Microsoft Word y/o Adobe Acrobat Reader. Algunos cursos pueden requerir exámenes supervisados según los requisitos de su estado.

Aprendizaje flexible

En TLC, no hay sesiones en línea programadas con las que deba lidiar, ni se requiere que participe en equipos o grupos de aprendizaje diseñados para el estudiante más joven "típico" del campus. Trabaja a su propio ritmo, completando las tareas en los plazos que mejor se adapten a sus necesidades. El método de instrucción individualizada flexible de TLC está diseñado para proporcionar a cada estudiante la orientación y el apoyo necesarios para completar con éxito el curso. Superamos el precio de cualquier otro competidor de formación por el mismo material CEU o formación presencial. La satisfacción de los estudiantes está garantizada.

Estructura del curso

Los cursos en línea de TLC combinan lo mejor de la entrega en línea y los libros de texto universitarios tradicionales. En línea encontrará el plan de estudios del curso, el contenido del curso, las tareas y los exámenes de libro abierto en línea. Este diseño de curso amigable para los estudiantes le permite la mayor flexibilidad para elegir cuándo y dónde estudiará.

Aula de uno

TLC Online le ofrece lo mejor de ambos mundos. Aprendes en tus propios términos, en tu propio tiempo, pero nunca estás solo. Una vez inscrito, se le asignará un Representante de Servicios Estudiantiles personal que trabajará con usted de forma individualizada a lo largo de su programa de estudio. Los miembros de la facultad específicos del curso se asignan al comienzo de cada curso y brindan el apoyo académico que necesita para completar con éxito cada curso.

Satisfacción garantizada

Nuestra garantía sin riesgos y sin riesgos asegura que serás otro estudiante satisfecho de TLC.

Tenemos muchos años de experiencia, tratando con miles de estudiantes. Le aseguramos que la satisfacción de nuestros clientes es insuperable. Esta es una de las razones por las que hemos enseñado a más de 20.000 estudiantes.

Nuestro personal administrativo está capacitado para brindar el mejor servicio al cliente en la ciudad. Parte de esa capacitación es saber cómo resolver la mayoría de los problemas en el acto con un cambio o reembolso.

Desarrollo de material del curso de educación continua de TLC

El desarrollo del material del curso de educación continua de Technical Learning College (TLC) se basó en varios factores; extensa investigación académica, asesoramiento de expertos en la materia, análisis de datos, análisis de tareas e información del proceso de evaluación de necesidades de capacitación recopilada de otros estados.



Servicio de clasificación urgente

Si necesita que se califique esta tarea y que se le envíen los resultados por correo dentro de un período de 48 horas, prepárese para pagar una tarifa de manejo de servicio urgente adicional de \$50.00. Es posible que esta tarifa no cubra los gastos de envío. Si necesita este servicio, simplemente escriba RUSH en la parte superior de su formulario de registro. Lo ubicaremos al frente de la línea de clasificación y procesamiento.

Por motivos de seguridad, envíe por fax o correo electrónico una copia de su licencia de conducir y siempre llámenos para confirmar que hemos recibido su asignación y para confirmar su identidad.

Gracias...

Envíe por fax o correo electrónico la clave de respuesta a TLC

Fax del campus occidental (928) 272-0747 Fax de respaldo (928) 468-0675.

Descripción del curso CEU de TLC

CURSO DE FORMACIÓN BÁSICA DE ELECTRICIDAD CEU

Revisión de energía y sistemas eléctricos y fundamentos eléctricos/matemáticos relacionados. Este curso cubrirá la ley de Ohm, energía monofásica y trifásica y principios eléctricos generales.

- Cómo se relaciona la carga eléctrica con el voltaje, la corriente y la
- resistencia. ¿Qué voltaje, corriente y resistencia son?
- Qué es la Ley de Ohm y cómo usarla para comprender la electricidad.

No necesitará ningún otro material para este curso.

El público objetivo de este curso incluye trabajadores de distribución de agua, perforadores de pozos, instaladores de bombas, operadores de tratamiento de agua y operadores de aguas residuales. También se incluyen personas interesadas en trabajar en una instalación de tratamiento o distribución de agua/tratamiento de aguas residuales y/o que deseen mantener CEU para obtener una licencia de certificación o aprender a realizar su trabajo de manera segura y eficaz, y/o satisfacer las necesidades de educación para la promoción. No hay requisitos previos y no se necesitan otros materiales para este curso.

Procedimientos del curso para registro y soporte

Todos los cursos por correspondencia de Technical Learning College ofrecen servicios completos de registro y apoyo. La entrega de los servicios incluirá soporte por correo electrónico, sitio web, teléfono, fax y correo. TLC intentará un servicio inmediato y rápido.

Cuando un alumno se matricula en un curso a distancia o por correspondencia, se le asigna una fecha de inicio y una fecha de finalización. Es responsabilidad del estudiante anotar las fechas de las asignaciones y mantenerse al día con el trabajo del curso. Si un estudiante se atrasa, debe comunicarse con TLC y solicitar una extensión de la fecha de finalización para completar el curso. Es prerrogativa de TLC decidir si concede la solicitud. Todos los estudiantes serán rastreados por un número único asignado al estudiante.

Instrucciones para tareas escritas

El curso de Formación Básica de Electricidad CEU utiliza una clave de respuestas de opción múltiple. Si necesita ayuda, envíe un correo electrónico con todas las inquietudes y la prueba final a: info@tlch2o.com.

Puede escribir sus respuestas o escribir su propia clave de respuestas. TLC preferiría que utilice la clave de respuesta que se encuentra en el sitio web de TLC en Tareas y envíe por correo electrónico la clave de respuesta a TLC, pero no es obligatorio. También puede enviar por fax la clave de respuesta. Por favor llámenos un par de horas más tarde para asegurarse de que recibimos su información.

Mecanismo de retroalimentación (procedimientos de examen)

Cada estudiante recibirá un formulario de comentarios como parte de su paquete de estudio. Podrá encontrar este formulario al frente de la tarea o lección del curso.

Seguridad e Integridad

Todos los estudiantes deben hacer su propio trabajo. Todas las hojas de lecciones y exámenes finales no se devuelven al estudiante para desalentar el intercambio de respuestas. Cualquier fraude o engaño y el estudiante perderá todas las tarifas y se notificará a la agencia correspondiente.

Criterio de evaluación

TLC le ofrecerá al estudiante aprobar/reprobar o una tarea de calificación de letra estándar. Si no se notifica a TLC, solo recibirá un aviso de aprobación/reprobación.

Textos Requeridos

El curso de Electricidad Básica CEU Training no requerirá ninguna otra materia. Este curso viene completo. No se necesitan otros materiales.

Prácticas de mantenimiento de registros y presentación de informes

TLC conservará todos los expedientes de los estudiantes durante un mínimo de siete años. Es responsabilidad del estudiante entregar el certificado de finalización a las agencias correspondientes.

Cumplimiento de ADA

TLC hará adaptaciones razonables para las personas con discapacidades documentadas.

Los estudiantes deben notificar a TLC y a sus instructores sobre cualquier necesidad especial. El contenido del curso puede variar de este esquema para satisfacer las necesidades de este grupo en particular.

Tendrá 90 días a partir de la recepción de este manual para completarlo a fin de recibir sus Unidades de Educación Continua (**CEU**) o Horas de desarrollo profesional (**PDH**). Se necesita una puntuación de 70% o más para aprobar este curso.

Misión Educativa

La misión educativa de TLC es:

Proporcionar a los estudiantes de TLC una formación integral y continua en la teoría y las habilidades necesarias para el campo de la educación ambiental,

Proporcionar a los estudiantes de TLC oportunidades para aplicar y comprender la teoría y las habilidades necesarias para la certificación de operador,

Brindar oportunidades para que los estudiantes de TLC aprendan y practiquen habilidades educativas ambientales con miembros de la comunidad con el fin de compartir diversas perspectivas y experiencias.

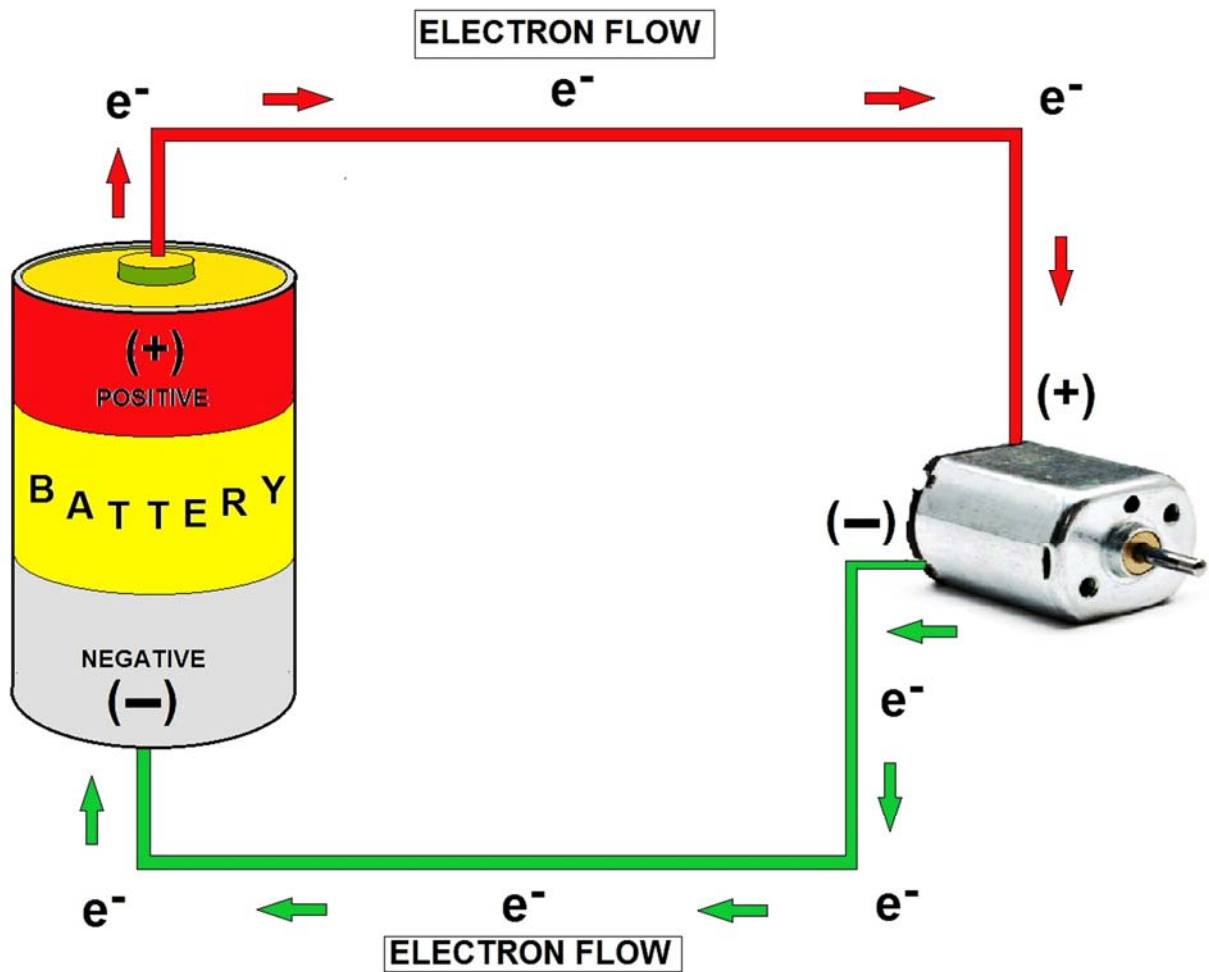
Proporcionar un foro en el que los estudiantes puedan intercambiar experiencias e ideas relacionadas con la educación ambiental,

Proporcionar un foro para la recopilación y difusión de información actual relacionada con la educación ambiental y mantener un entorno que fomente el crecimiento académico y personal.

TABLA DE CONTENIDO

Términos eléctricos básicos	13
La maravilla de la electricidad	17
Cómo se genera la electricidad.....	19
Fundación Energía.....	23
Julios.....	27
Transmisión Eléctrica	29
Principios eléctricos.....	31
Ecuaciones Eléctricas	33
Electricidad Estática y Corriente.....	35
Imanes y Electricidad	41
Electromagnetismo.....	43
Carga eléctrica.....	45
Principios de energía de la batería	69
Principios de agua y electricidad	75
Teoría eléctrica	83
Comprender el voltaje.....	85
Ley de Faraday	87
Ecuación de Maxwell-Faraday	91
Operación del Generador Eléctrico	93
Comprensión de la resistencia.....	95
Experimento de Ohm	101
La contribución de Kirchoff.....	103
Potencia, Resistencia, Corriente.....	127
Entendiendo AC versus DC.....	131
Circuitos, Bobinas y Condensadores.....	133
Circuitos en paralelo	139
Protección de circuitos	143
Resistencia en Circuitos Paralelos	145
Impedancia y resistencia	149
Comprensión de la monofásica	153
Comprensión trifásica	155
Generación de energía de CA	163
Onda sinusoidal.....	167
Transformadores.....	171
El Sistema Edison	193
Monofásico de 3 Fases	205
Cargas de conexión	207
fasores.....	213
Factores de potencia.....	217
Fuentes de alimentación monofásicas y trifásicas	219
Transformadores Trifásicos	231
Identificación y conexión de cables.....	237
Interruptores de circuito	241
Sección de motores.....	243

Lubricación del motor.....	248
Motores de corriente alterna	253
Repaso de los principios motores	255
Motor síncrono	261
Motor de par	263
Motor paso a paso.....	264
Motor rotatorio	265
Motor lineal.....	266
Glosario.....	269
Referencias.....	289



EXAMPLE OF DIRECT CURRENT

Términos eléctricos básicos

CA y CC: Abreviaturas de corriente alterna y corriente continua respectivamente.

Actual-Un movimiento de electricidad análogo al flujo de una corriente de agua. **Corriente continua**-Una corriente eléctrica que fluye en una sola dirección (es decir, la corriente producida usando una batería).

Corriente alterna-una corriente eléctrica periódica que invierte su dirección a intervalos regulares.

Accesible: Tres usos comunes de accesible: (Métodos de cableado) - Capaz de ser removido o expuesto sin dañar la estructura del edificio o acabado, o no encerrado permanentemente por tal. Los cables en canalizaciones ocultas no se consideran accesibles. (Equipo) -Admitiendo acercamiento cercano; no protegido por puertas cerradas u otros medios efectivos.

Fácilmente accesible-Capaz de ser alcanzado rápidamente para operación, renovación o inspecciones sin necesidad de trepar o quitar obstáculos o usar escaleras portátiles, sillas, etc.

Amperio Amperio: La unidad de intensidad de la corriente eléctrica (la medida del flujo eléctrico), se abrevia a o A.

Caja: Un recinto diseñado para proporcionar acceso al sistema de cableado eléctrico. Los usos incluyen, pero no se limitan a, proporcionar salidas de dispositivos e iluminación y puntos de unión del sistema de cableado. Se requieren cajas especialmente diseñadas para soportar ventiladores de techo listados que pesen menos de 35 lb (15 kg). Los ventiladores que excedan este límite de peso deben sostenerse independientemente de la caja de salida.

Cortacircuitos: Un dispositivo diseñado para abrir y cerrar un circuito por medios no automáticos y para abrir el circuito automáticamente en una sobrecorriente predeterminada sin dañarse cuando se opera de acuerdo con su clasificación.

Circuito: Un camino completo desde la fuente de energía a través de los cuerpos conductores y de regreso a la fuente de energía.

Conductor: una sustancia o cuerpo capaz de transmitir electricidad. **Desnudo:** Un conductor que no tiene cubierta ni aislamiento eléctrico alguno.

Cubierto-Un conductor encerrado dentro de un material de composición o espesor que no es reconocido por el NEC como aislamiento eléctrico.

Aislado-Un conductor encerrado dentro de un material de composición o espesor reconocido por NEC como aislamiento eléctrico.

Dispositivo: Una unidad de un sistema eléctrico que está destinada a transportar pero no utilizar electricidad.

Equipo: Un término general que incluye material, accesorios, dispositivos, alianzas, accesorios, aparatos y elementos similares utilizados como parte de una instalación eléctrica o en conexión con ella.

Fusible:Un dispositivo de protección contra sobrecorriente con una parte de apertura de circuito que se calienta y se rompe por el paso de una sobrecorriente a través de él.

ICFT(Interruptor de circuito por falla a tierra): Un dispositivo destinado a la protección del personal que desactiva un circuito o parte de un circuito cuando la corriente a tierra excede un valor preestablecido. "*Falla a tierra*" es el nombre que se aplica a esta condición de circuito no deseada. En las unidades de vivienda (por ejemplo, casas, apartamentos), actualmente se requiere protección GFCI en baños, garajes, exteriores, sótanos sin terminar, cocinas y fregaderos de bar húmedo. Es posible que se requieran otras instalaciones y/o áreas específicas. también requieren la necesidad de protección

Terrestre: Una conexión conductora, intencional o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y la tierra, o algún cuerpo conductor que sirve en lugar de la tierra. Otros términos asociados son:
Conductor puesto a tierra - Un sistema o conductor de circuito que está intencionalmente conectado a tierra. A este conductor también se le conoce como el *neutral* conductor común. Conductor de puesta a tierra: un conductor utilizado para conectar equipos o el circuito puesto a tierra de un sistema de cableado al (los) electrodo(s) de puesta a tierra. Conductor sin conexión a tierra - Un conductor que transporta corriente no conectado a tierra.

kilovatio-hora: Trabajo realizado a razón constante equivalente a 1000 watts en una hora. Las empresas de servicios públicos de energía basan su facturación en la cantidad de kilovatios-hora (KWH) consumidos.

Etiquetado: Equipo o materiales a los que se ha adherido una etiqueta u otra marca de identificación de una organización listada.

Lámpara: Un término general para varios dispositivos para producir luz artificialmente.

listado: Equipos y/o materiales incluidos en una lista publicada por una organización interesada en la evaluación de productos y la producción de artículos enumerados. La lista indica si el artículo cumple con los estándares designados o si es adecuado para su uso de una manera específica. Las organizaciones de listado aceptables para las autoridades jurisdiccionales incluyen Underwriters' Laboratories (UL) y CSA.

Comité ejecutivo nacional(Código Eléctrico Nacional): un documento producido por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios con el propósito de la protección práctica de las personas y la propiedad de los peligros que surgen del uso de la electricidad. Las autoridades que tienen jurisdicción legal sobre las instalaciones eléctricas adoptan el código para su aplicación obligatoria (es decir, incorporan el código a la ley).

Ohm: La unidad de resistencia e impedancia eléctrica, abreviada con el símbolo omega, W. La resistencia es la oposición que ofrece una sustancia al paso de la corriente eléctrica. La impedancia es la resistencia aparente en un circuito al flujo de corriente alterna.

Ley de Ohm: Una declaración de la relación, descubierta por el científico alemán GS Ohm, entre el voltaje, el amperaje y la resistencia de un circuito. Establece que el voltaje de un circuito en voltios es igual al producto del amperaje en amperios y la resistencia en ohmios. $E=IR$

sobre corriente: Cualquier corriente que exceda la corriente nominal o la ampacidad. Puede deberse a una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra.

Sobrecarga: Operación superior a la clasificación normal de carga completa o la ampacidad nominal que podría causar daños o un sobrecalentamiento peligroso si continúa durante un tiempo suficiente. Una falla, como un cortocircuito o una falla a tierra, no es una sobrecarga. Consulte "Sobrecorriente".

Fase: el punto o etapa en el período al que ha avanzado la rotación, oscilación o variación con respecto a una posición estándar o punto de partida. *eléctricamente*, una de las fuentes de voltaje de un sistema eléctrico de corriente alterna cuyo estado de voltaje se mide en relación con un punto estándar.

pista de rodadura: Un canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos diseñado expresamente para sostener alambres, cables o barras colectoras. Algunos ejemplos son los tubos metálicos eléctricos (EMT), flexibles

Receptáculo: un dispositivo instalado para la conexión de un solo dispositivo de contacto. Los receptáculos proporcionan un medio para conectar aparatos que utilizan electricidad al sistema de cableado.

Servicio: los conductores y equipos para suministrar energía eléctrica desde el sistema de suministro (por ejemplo, la empresa de energía eléctrica) hasta el sistema de cableado de las instalaciones servidas.

Fase única: un sistema de potencia de corriente alterna donde la relación de fase entre conductores no puestos a tierra es de 0 o 10 grados.

Tres fases: un sistema de potencia de corriente alterna donde la relación de fase entre conductores no puestos a tierra es de 0 o 120 grados.

Transformador: Un aparato para convertir una corriente eléctrica alterna de un potencial alto a uno bajo (voltaje) o viceversa. Los usos de los transformadores incluyen, entre otros, la conversión del voltaje de transmisión de servicios públicos al voltaje del sistema de cableado de las instalaciones y la conversión de voltaje para uso con campanillas, sistemas de alarma y *baja tensión*. Encendiendo. Los transformadores también se pueden usar para compensar variaciones menores en los requisitos de voltaje del equipo. Los transformadores solo cambian el voltaje y el amperaje.

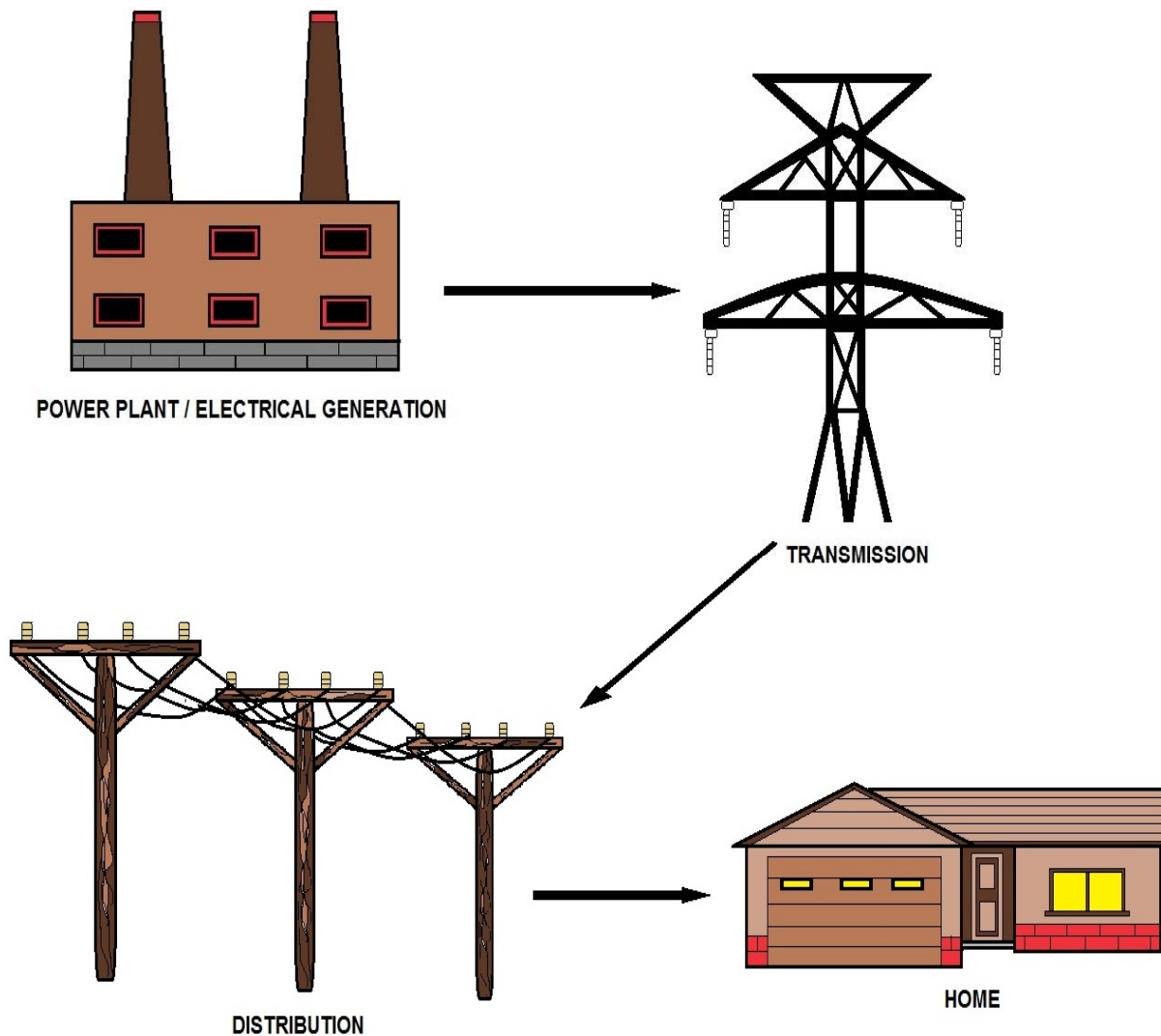
Voltio: la unidad de fuerza electromotriz, la medida de la presión eléctrica, se abrevia v o V, y el voltaje se representa con I. El voltaje (de un circuito) es la diferencia de potencial efectiva (la mayor raíz cuadrada media) entre dos conductores cualesquiera de el circuito en cuestión.

Algunos sistemas, como los trifásicos de 4 hilos y los monofásicos de 3 hilos, pueden tener múltiples circuitos de diferentes voltajes. El Voltaje nominal el valor asignado a un circuito para designar convenientemente su clase de tensión (por ejemplo, 120 voltios, 240 voltios, 480 voltios). *El actua* El voltaje del circuito puede variar.

Vatio: la unidad de potencia o tasa de trabajo representada por una corriente de un amperio bajo una presión de un voltio (abreviado w o W). La potencia inglesa es aproximadamente igual a 846 vatios. Las clasificaciones de potencia de las lámparas en realidad miden el consumo de energía, no la capacidad de iluminación.

Créditos

Muchas de las definiciones utilizadas se basan en la información contenida en el Código Eléctrico Nacional publicado por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios y el Diccionario del Nuevo Mundo de Webster.

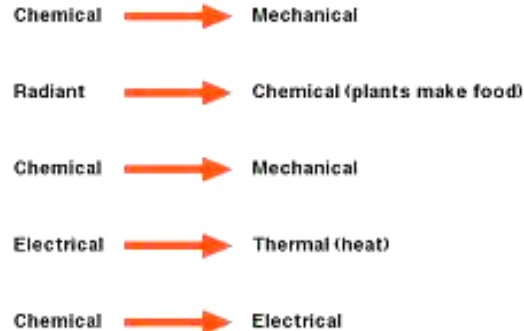


HOW ELECTRICITY GETS TO CONSUMERS (USERS)

La maravilla de la electricidad

La electricidad es el conjunto de fenómenos físicos asociados a la presencia y flujo de carga eléctrica. La electricidad produce una amplia variedad de efectos bien conocidos, como rayos, electricidad estática, inducción electromagnética y corriente eléctrica. Además, la electricidad permite la creación y recepción de radiación electromagnética como las ondas de radio.

ENERGY TRANSFORMATIONS



La tarea comienza aquí Pregunta 1

En electricidad, las cargas producen campos electromagnéticos que actúan sobre otras cargas. La electricidad se produce debido a varios tipos de física:

- carga eléctrica: una propiedad de algunas partículas subatómicas, que determina sus interacciones electromagnéticas. La materia cargada eléctricamente está influenciada por campos electromagnéticos y los produce.
- campo eléctrico (ver electrostática): un tipo especialmente simple de campo electromagnético producido por una carga eléctrica incluso cuando no se mueve (es decir, no hay corriente eléctrica). El campo eléctrico produce una fuerza sobre otras cargas en su vecindad. potencial eléctrico: la
- capacidad de un campo eléctrico para realizar trabajo sobre una carga eléctrica, normalmente medida en voltios.
- corriente eléctrica: un movimiento o flujo de partículas cargadas eléctricamente, típicamente medido en amperios.
- Electroimanes: Las cargas en movimiento producen un campo magnético. Las corrientes eléctricas generan campos magnéticos, y los campos magnéticos cambiantes generan corrientes eléctricas.

En ingeniería eléctrica, la electricidad se utiliza para:

- energía eléctrica donde la corriente eléctrica se utiliza para energizar equipos;
- electrónica que se ocupa de los circuitos eléctricos que involucran componentes eléctricos activos como tubos de vacío, transistores, diodos y circuitos integrados, y tecnologías de interconexión pasiva asociadas.

Los fenómenos eléctricos han sido estudiados desde la antigüedad; aunque el progreso en la comprensión teórica siguió siendo lento hasta los siglos XVII y XVIII. Incluso entonces, las aplicaciones prácticas de la electricidad eran pocas, y no sería hasta finales del siglo XIX que los ingenieros pudieron ponerla en uso industrial y residencial. La rápida expansión de la tecnología eléctrica en este momento transformó la industria y la sociedad. La extraordinaria versatilidad de la electricidad significa que puede destinarse a un conjunto casi ilimitado de aplicaciones que incluyen transporte, calefacción, iluminación, comunicaciones y computación. La energía eléctrica es ahora la columna vertebral de la sociedad industrial moderna.

Al comenzar a explorar el mundo de la electricidad y la electrónica, es vital comenzar por comprender los conceptos básicos de voltaje, corriente y resistencia. Estos son los tres componentes básicos necesarios para manipular y utilizar la electricidad.

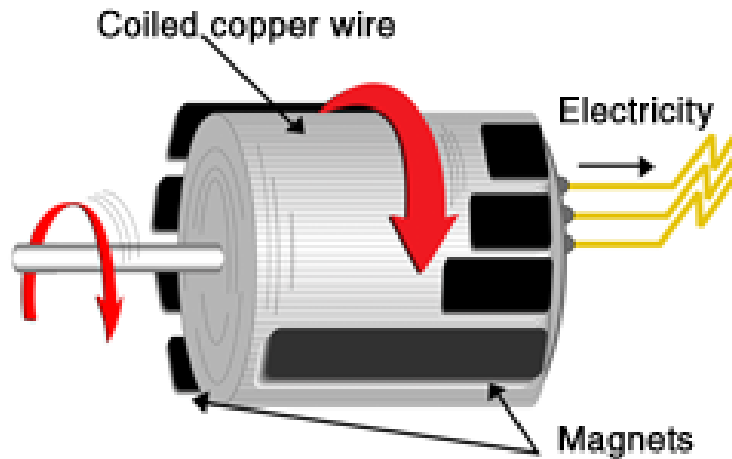
Al principio, estos conceptos pueden ser difíciles de entender porque no podemos “verlos”. Uno no puede ver a simple vista la energía que fluye a través de un cable o el voltaje de una batería que se encuentra sobre una mesa.

Incluso los relámpagos en el cielo, si bien son visibles, no son realmente el intercambio de energía que ocurre entre las nubes y la tierra, sino una reacción en el aire a la energía que pasa a través de él. Para detectar esta transferencia de energía, debemos usar herramientas de medición como multímetros, analizadores de espectro y osciloscopios para visualizar qué está sucediendo con la carga en un sistema. Sin embargo, no temas, este tutorial te dará la comprensión básica del voltaje, la corriente y la resistencia y cómo los tres se relacionan entre sí.



Jorge Ohm

Cómo se genera la electricidad



Generador de turbina

Un generador es un dispositivo que convierte la energía mecánica en energía eléctrica. El proceso se basa en la relación entre el magnetismo y la electricidad. En 1831, el científico Michael Faraday descubrió que cuando un imán se mueve dentro de una bobina de alambre, la corriente eléctrica fluye por el alambre.

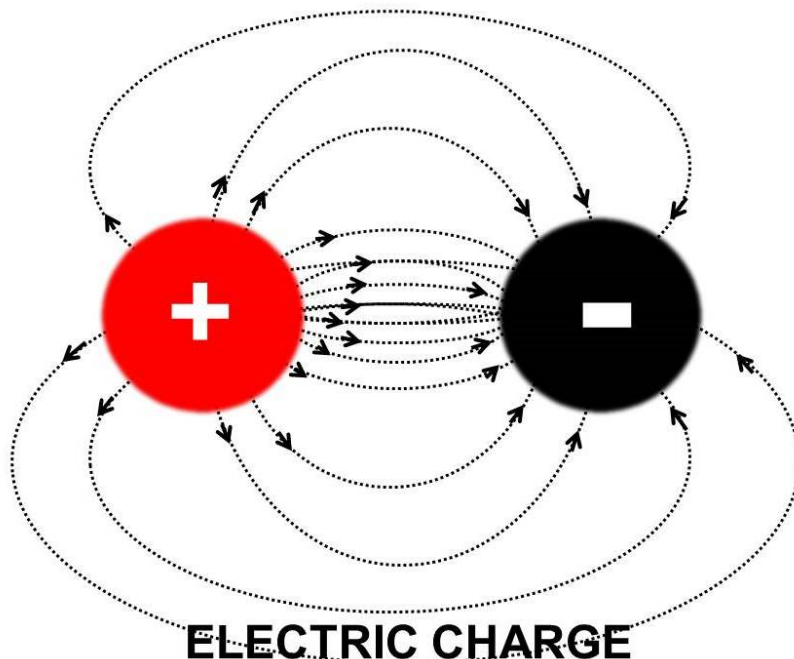
Un generador típico en una central eléctrica utiliza un electroimán, un imán producido por la electricidad. — no un imán tradicional. El generador tiene una serie de bobinas de alambre aisladas que forman un cilindro estacionario. Este cilindro rodea un eje electromagnético giratorio. Cuando el eje electromagnético gira, induce una pequeña corriente eléctrica en cada sección de la bobina de alambre. Cada sección del cable se convierte en un pequeño conductor eléctrico separado. Las pequeñas corrientes de secciones individuales se suman para formar una gran corriente. Esta corriente es la energía eléctrica que se transmite de la compañía eléctrica al consumidor.

Una central eléctrica de servicios públicos utiliza una turbina, un motor, una rueda hidráulica u otra máquina similar para impulsar un generador eléctrico, un dispositivo que convierte la energía mecánica o química en electricidad. Las turbinas de vapor, los motores de combustión interna, las turbinas de combustión de gas, las turbinas de agua y las turbinas eólicas son los métodos más comunes para generar electricidad.

Las centrales eléctricas de turbinas de vapor alimentadas por carbón y energía nuclear producen alrededor del 70% de la electricidad utilizada en los Estados Unidos. Estas plantas tienen una eficiencia de alrededor del 35%. Eso significa que por cada 100 unidades de energía térmica primaria que ingresan a una planta, solo 35 unidades se convierten en energía eléctrica utilizable. La mayor parte de la electricidad en los Estados Unidos se produce mediante turbinas de vapor.

Una turbina convierte la energía cinética de un fluido en movimiento (líquido o gas) en energía mecánica. En una turbina de vapor, el vapor se fuerza contra una serie de álabes montados en un eje, lo que hace girar el eje conectado al generador. El generador, a su vez, convierte su energía mecánica en energía eléctrica basándose en la relación entre el magnetismo y la electricidad.

En las turbinas de vapor impulsadas por combustibles fósiles, como carbón, petróleo (petróleo) y gas natural, el combustible se quema en un horno para calentar agua en una caldera para producir vapor.



Los combustibles fósiles generan la mayor parte de la electricidad en EE.UU.

En 2012, el carbón se usó para aproximadamente el 37 % de los 4 billones de kilovatios-hora de electricidad generada en los Estados Unidos.

Más datos

El gas natural, además de quemarse para calentar agua y producir vapor, también puede quemarse para producir gases de combustión calientes que pasan directamente a través de una turbina, haciendo girar las aspas de la turbina para generar electricidad. Las turbinas de gas se usan comúnmente cuando el uso de servicios públicos de electricidad tiene una gran demanda. En 2012, el 30% de la electricidad de los EE. UU. fue alimentada por gas natural.

El petróleo se puede quemar para producir gases de combustión calientes para hacer girar una turbina o para producir vapor para hacer girar una turbina. El fuel oil residual, un producto refinado del petróleo crudo, es a menudo el producto del petróleo que se usa en las plantas eléctricas que usan petróleo para producir vapor. El petróleo se utilizó para generar menos del 1% de toda la electricidad en los Estados Unidos en 2012.

La energía nuclear proporciona alrededor de una quinta parte de la electricidad de EE.UU.

La energía nuclear es un método en el que se produce vapor calentando agua a través de un proceso llamado fisión nuclear. En una planta de energía nuclear, un reactor contiene un núcleo de combustible nuclear, principalmente uranio. Cuando los átomos de combustible de uranio son golpeados por neutrones, se fisionan (dividen) liberando calor y más neutrones.

Bajo condiciones controladas, estos otros neutrones pueden chocar con más átomos de uranio, dividir más átomos, y así sucesivamente. Por lo tanto, puede tener lugar una fisión continua, creando una reacción en cadena que libera calor. El calor se utiliza para convertir el agua en vapor, que, a su vez, hace girar una turbina que genera electricidad. La energía nuclear se utilizó para generar alrededor del 19% de toda la electricidad de EE. UU. en 2012.

Las fuentes de energía renovables componen el resto

La energía hidroeléctrica, la fuente de casi el 7 % de la generación de electricidad de EE. UU. en 2012, es un proceso en el que se utiliza agua corriente para hacer girar una turbina conectada a un generador. Hay dos tipos básicos de sistemas hidroeléctricos que producen electricidad.

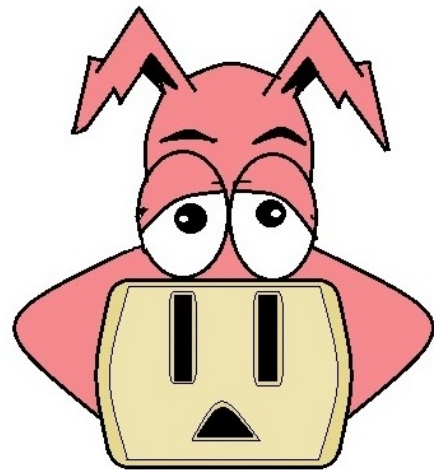
En el primer sistema, el agua corriente se acumula en embalses creados por presas. El agua cae a través de una tubería llamada tubería forzada y aplica presión contra las palas de la turbina para impulsar el generador y producir electricidad.

En el segundo sistema, llamado de pasada, el agua se desvía de un río mediante una presa o presa relativamente baja hacia tuberías forzadas y turbinas. La presa no almacena un gran volumen de agua en un embalse. Las centrales eléctricas de pasada dependen más de los caudales de los ríos que las centrales hidroeléctricas con embalses para almacenar agua que pueden producir electricidad incluso cuando los caudales naturales de los ríos son bajos.

Biomasa

La biomasa es material derivado de plantas o animales (es decir, biogénico) e incluye desechos de la industria maderera y papelería; restos de comida, pasto, hojas, papel y madera en los desechos sólidos municipales (basura); y residuos forestales y agrícolas como astillas de madera, mazorcas de maíz y paja de trigo.

Estos materiales pueden quemarse directamente en centrales eléctricas de vapor o convertirse en gas que puede quemarse en generadores de vapor, turbinas de gas o motores-generadores de combustión interna. La biomasa representó alrededor del 1% de la electricidad generada en los Estados Unidos en 2012.



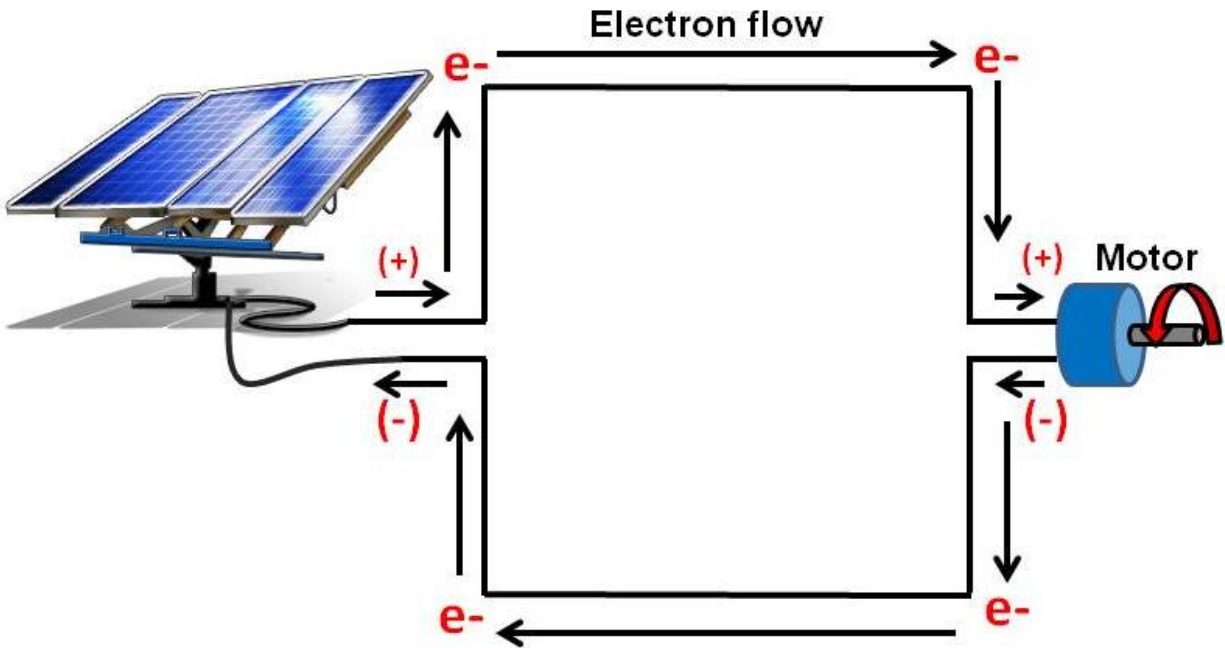
ENERGY PIG

Energía eólica

La energía eólica se produce al convertir la energía eólica en electricidad. La generación de electricidad a partir del viento ha aumentó significativamente en los Estados Unidos desde 1970, pero la energía eólica sigue siendo una pequeña fracción de la generación de electricidad de los Estados Unidos, alrededor del 3% en 2012.

Energía geotérmica

La energía geotérmica proviene de la energía térmica enterrada bajo la superficie de la tierra. En algunas áreas de los Estados Unidos, sube suficiente calor cerca de la superficie de la tierra para calentar el agua subterránea y convertirla en vapor, que puede ser aprovechado para su uso en plantas de turbinas de vapor. Esta fuente de energía generó menos del 1% de la electricidad en los Estados Unidos en 2012.



Solar Cell Circuit

Energía solar

La energía solar se deriva de la energía del sol. Hay dos tipos principales de tecnologías para convertir la energía solar en electricidad: fotovoltaica (PV) y solar térmica eléctrica. La conversión fotovoltaica produce electricidad directamente de la luz solar en una celda fotovoltaica (solar).

Los generadores eléctricos solares térmicos concentran la energía solar para calentar un fluido y producir vapor para impulsar turbinas. En 2012, menos del 1% de la generación de electricidad de EE. UU. provino de energía solar.

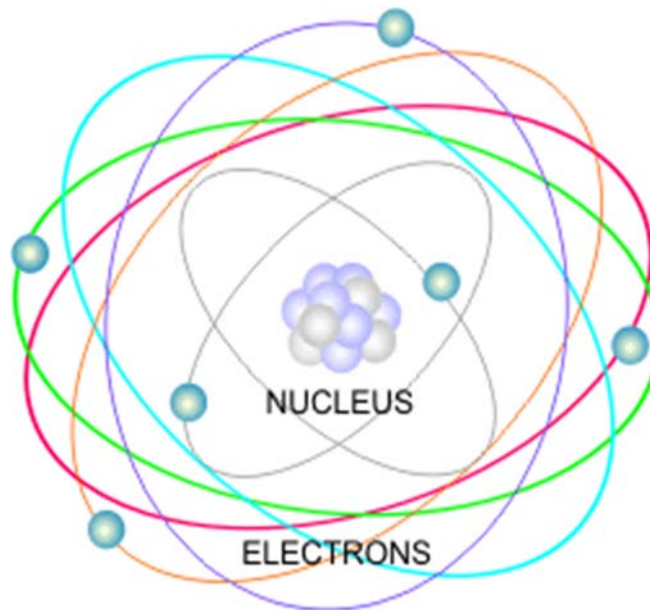
Fundación Energía

Todo está hecho de átomos

Para entender la electricidad, necesitamos saber algo sobre los átomos. Todo en el universo está hecho de átomos: cada estrella, cada árbol, cada animal. El cuerpo humano está hecho de átomos. El aire y el agua también lo son. Los átomos son los bloques de construcción del universo. Los átomos son tan pequeños que millones de ellos cabrían en la cabeza de un alfiler.

Los átomos están hechos de partículas aún más pequeñas

El centro de un átomo se llama **núcleo**. Está hecho de partículas llamadas **protones** y **neutrones**. Los protones y los neutrones son muy pequeños, pero los electrones son mucho, mucho más pequeños. **electrones** giran alrededor del núcleo en capas a una gran distancia del núcleo. Si el núcleo fuera del tamaño de una pelota de tenis, el átomo sería del tamaño del Empire State Building. Los átomos son en su mayoría espacio vacío.



Si pudieras ver un átomo, se vería un poco como un pequeño centro de bolas rodeado de gigantescas burbujas invisibles (o caparazones). Los electrones estarían en la superficie de las burbujas, girando y moviéndose constantemente para mantenerse lo más lejos posible entre sí. Los electrones se mantienen en sus capas por una fuerza eléctrica.

Los protones y electrones de un átomo se atraen entre sí. Ambos llevan una carga eléctrica. Los protones tienen carga positiva (+) y los electrones tienen carga negativa (-). La carga positiva de los protones es igual a la carga negativa de los electrones. Las cargas opuestas se atraen. Un átomo está en equilibrio cuando tiene el mismo número de protones y electrones. Los neutrones no llevan carga y su número puede variar.

El número de protones en un átomo determina el tipo de átomo o elemento que es. Un elemento es una sustancia que consta de un tipo de átomo (la tabla periódica muestra todos los elementos conocidos), todos con el mismo número de protones. Cada átomo de hidrógeno, por ejemplo, tiene un protón y cada átomo de carbono tiene seis protones. El número de protones determina qué elemento es.

Periodic Table of the Elements

Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope.

Note: The subgroup numbers 1-18 were adopted in 1954 by the International Union of Pure and Applied Chemistry. The names of elements 112-118 are the Latin equivalents of those numbers.

Tabla periódica

La tabla periódica es un arreglo tabular de los elementos químicos, organizados sobre la base de sus números atómicos, configuraciones electrónicas (modelo de capa de electrones) y propiedades químicas recurrentes. Los elementos se presentan en orden creciente de número atómico (el número de protones en el núcleo).

La forma estándar de la tabla consiste en una cuadrícula de elementos dispuestos en 18 columnas y 7 filas, con una fila doble de elementos debajo. La mesa también se puede dividir en cuatro bloques rectangulares: el bloque s a la izquierda, el bloque p a la derecha, el bloque d en el medio y el bloque f debajo.

Las filas de la tabla se denominan períodos; las columnas se denominan grupos, algunos de los cuales tienen nombres como halógenos o gases nobles. Dado que, por definición, una tabla periódica incorpora tendencias recurrentes, cualquier tabla de este tipo se puede utilizar para derivar relaciones entre las propiedades de los elementos y predecir las propiedades de elementos nuevos, aún por descubrir o sintetizar.

Como resultado, una tabla periódica, ya sea en forma estándar o alguna otra variante, proporciona un marco útil para analizar el comportamiento químico, y dichas tablas se usan ampliamente en química y otras ciencias.

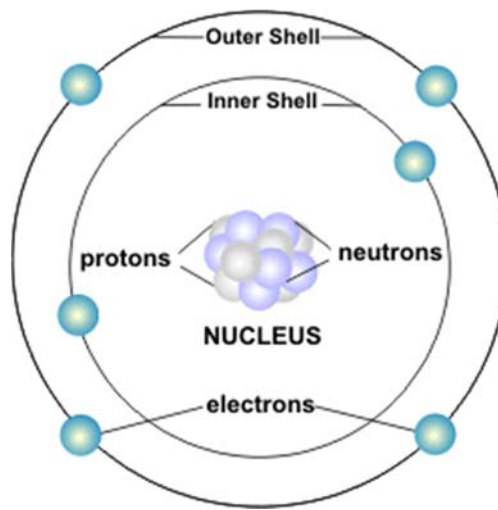
La electricidad es el movimiento de electrones entre átomos

Electrones, electricidad, electrónica y otras palabras que comienzan con "electr..." todas se originan de la palabra griega "elektor", que significa "sol radiante". En griego, "electron" es la palabra para ámbar.

Los antiguos griegos descubrieron que el ámbar se comportaba de manera extraña, como atraer plumas, cuando se frotaba con pieles u otros objetos. No sabían qué era lo que causaba este fenómeno. Pero el

Los griegos habían descubierto uno de los primeros ejemplos de electricidad estática.

La palabra latina, electricus, significa "producir a partir de ámbar por fricción". Entonces, obtenemos nuestra palabra en inglés electricidad de las palabras griegas y latinas que se refieren al ámbar.



Los electrones suelen permanecer a una distancia constante del núcleo en capas precisas. La capa más cercana al núcleo puede contener dos electrones. El siguiente caparazón puede contener hasta ocho. Las capas exteriores pueden contener aún más. Algunos átomos con muchos protones pueden tener hasta siete capas con electrones en ellas.

Los electrones en las capas más cercanas al núcleo tienen una fuerte fuerza de atracción hacia los protones. A veces, los electrones en las capas más externas de un átomo no lo hacen. Estos electrones pueden ser empujados fuera de sus órbitas. Aplicar una fuerza puede hacer que se muevan de un átomo a otro. Estos electrones en movimiento son electricidad.

Hay muchos tipos diferentes de átomos, uno para cada tipo de elemento. Un átomo es una sola parte que forma un elemento. ¡Hay 118 elementos diferentes conocidos que componen todo! Algunos elementos como el oxígeno que respiramos son esenciales para la vida.

Cada átomo tiene un número específico de electrones, protones y neutrones. Pero no importa cuántas partículas tenga un átomo, la cantidad de electrones generalmente debe ser la misma que la cantidad de protones. Si los números son iguales, el átomo se llama equilibrado y es muy estable.

Entonces, si un átomo tiene seis protones, también debe tener seis electrones. El elemento con seis protones y seis electrones se llama carbono. El carbono se encuentra en abundancia en el sol, las estrellas, los cometas, las atmósferas de la mayoría de los planetas y los alimentos que comemos. El carbón está hecho de carbono; también lo son los diamantes.

iones

Algunos tipos de átomos tienen electrones sueltos. Un átomo que pierde electrones tiene más protones que electrones y está cargado positivamente. Un átomo que gana electrones tiene más partículas negativas y tiene carga negativa. Un átomo "cargado" se llama "ion".

Los electrones pueden moverse de un átomo a otro. Cuando esos electrones se mueven entre los átomos, se crea una corriente de electricidad. Los electrones se mueven de un átomo a otro en un "flujo". Un electrón se une y otro electrón se pierde.

Esta cadena es similar a las brigadas de baldes de los bomberos en la antigüedad. Pero en lugar de pasar un balde desde el principio de la fila de personas hasta el otro extremo, cada persona tendría un balde de agua para verter de un balde a otro. El resultado fue mucha agua derramada y poca agua para apagar el fuego. Es una situación muy similar a la electricidad que pasa por un cable y un circuito. La carga se pasa de un átomo a otro cuando se "pasa" la electricidad.

Los científicos e ingenieros han aprendido muchas formas de sacar electrones de los átomos. Eso significa que cuando sumas los electrones y los protones, terminarías con un protón más en lugar de estar balanceado.

Como todos los átomos quieren equilibrarse, el átomo que ha sido "desequilibrado" buscará un electrón libre para ocupar el lugar del que falta. Decimos que este átomo desequilibrado tiene una "carga positiva" (+) porque tiene demasiados protones.

Desde que se inició, el electrón libre se mueve esperando que un átomo desequilibrado le dé un hogar. La carga del electrón libre es negativa y no tiene un protón que la equilibre, por lo que decimos que tiene una "carga negativa" (-).

Entonces, ¿qué tienen que ver las cargas positivas y negativas con la electricidad?

Los científicos e ingenieros han encontrado varias formas de crear grandes cantidades de átomos positivos y electrones negativos libres.

Dado que los átomos positivos necesitan electrones negativos para poder equilibrarse, tienen una fuerte atracción por los electrones. Los electrones también quieren formar parte de un átomo equilibrado, por lo que tienen una fuerte atracción por los átomos positivos.

Entonces, lo positivo atrae a lo negativo para equilibrarse.

Cuanto más átomos positivos o electrones negativos tengas, más fuerte será la atracción por el otro. Dado que tenemos grupos cargados tanto positivos como negativos atraídos entre sí, llamamos "carga" a la atracción total.

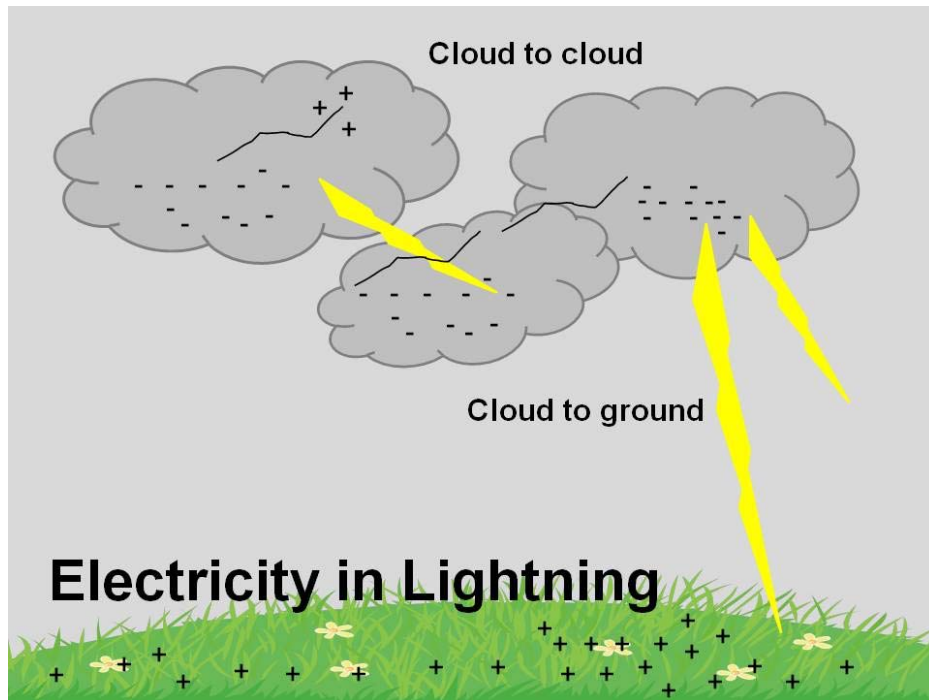
Joules Pregunta 12

La energía también se puede medir en julios. Joules suena exactamente como la palabra joyas, como en diamantes y esmeraldas. Mil julios es igual a una unidad térmica británica. Cuando los electrones se mueven entre los átomos de la materia, se crea una corriente eléctrica. Esto es lo que sucede en un trozo de alambre. Los electrones pasan de un átomo a otro, creando una corriente eléctrica de un extremo al otro, como en la imagen.

La electricidad se conduce a través de algunas cosas mejor que otras. Su resistencia mide qué tan bien algo conduce la electricidad. Algunas cosas retienen sus electrones con mucha fuerza. Los electrones no se mueven muy bien a través de ellos. Estas cosas se llaman aislantes. El caucho, el plástico, la tela, el vidrio y el aire seco son buenos aislantes y tienen una resistencia muy alta.

Conductores

Otros materiales tienen algunos electrones sueltos, que se mueven a través de ellos muy fácilmente. Estos se llaman conductores. La mayoría de los metales, como el cobre, el aluminio o el acero, son buenos conductores.



La electricidad estática existe en la naturaleza

El relámpago es una forma de electricidad. Son electrones moviéndose de una nube a otra o saltando de una nube al suelo. ¿Alguna vez ha sentido un shock al tocar un objeto después de caminar sobre una alfombra? Una corriente de electrones saltó hacia ti desde ese objeto. Esto se llama electricidad estática.

¿Alguna vez has hecho que tu cabello se erice frotándolo con un globo? Si es así, frotaste algunos electrones del globo. Los electrones se trasladaron a tu cabello desde el globo. Intentaron alejarse el uno del otro moviéndose hacia las puntas de su cabello. Se empujaban entre sí y hacían que tu cabello se moviera, se repelían entre sí. Así como las cargas opuestas se atraen, las cargas iguales se repelen.

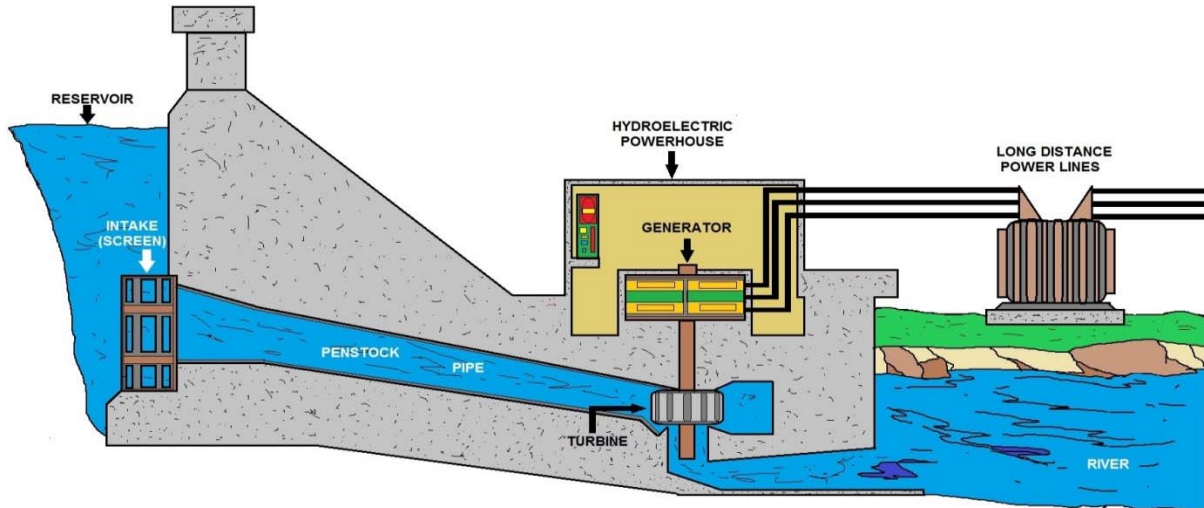


Joule de James Prescott (24 de diciembre de 1818 - 11 de octubre de 1889) fue un físico y cervecero inglés nacido en Salford, Lancashire. Joule estudió la naturaleza del calor y descubrió su relación con el trabajo mecánico.

Esto condujo a la Ley de conservación de la energía, y esto condujo al desarrollo de la Primera ley de la termodinámica. La unidad de energía derivada del SI, el joule, lleva el nombre de James Joule. Trabajó con Lord Kelvin para desarrollar la escala absoluta de temperatura.

Joule también hizo observaciones de magnetoestricción y encontró la relación entre la corriente a través de una resistencia y el calor disipado, que ahora se llama la primera ley de Joule.

Más sobre Generación y Transmisión Eléctrica



HYDROELECTRIC PLANT

Generación y Transmisión de Energía Eléctrica Pregunta 17

Si bien este método, ahora conocido como efecto triboeléctrico, puede levantar objetos livianos y generar chispas, es extremadamente ineficiente. No fue hasta la invención de la pila voltaica en el siglo XVIII que se dispuso de una fuente viable de electricidad. La pila voltaica y su descendiente moderno, la batería eléctrica, almacenan energía químicamente y la hacen disponible bajo demanda en forma de energía eléctrica.

La batería es una fuente de energía versátil y muy común que es ideal para muchas aplicaciones, pero su almacenamiento de energía es finito y, una vez descargada, debe desecharse o recargarse. Para grandes demandas eléctricas, la energía eléctrica debe generarse y transmitirse continuamente a través de líneas de transmisión conductoras.

La energía eléctrica generalmente se genera mediante generadores electromecánicos impulsados por vapor producido a partir de la combustión de combustibles fósiles o el calor liberado por reacciones nucleares; o de otras fuentes, como la energía cinética extraída del viento o del agua corriente. La turbina de vapor moderna inventada por Sir Charles Parsons en 1884 genera hoy alrededor del 80 por ciento de la energía eléctrica en el mundo usando una variedad de fuentes de calor.

Generador de discos homopolares de Faraday

Dichos generadores no se parecen al generador de disco homopolar de Faraday de 1831, pero aún se basan en su principio electromagnético de que un conductor que une un campo magnético cambiante induce una diferencia de potencial entre sus extremos. La invención a fines del siglo XIX del transformador significó que la energía eléctrica podría transmitirse de manera más eficiente a un voltaje más alto pero a una corriente más baja. La transmisión eléctrica eficiente significaba, a su vez, que la electricidad podía generarse en centrales eléctricas centralizadas, donde se beneficiaba de economías de escala, y luego enviarse a distancias relativamente largas hasta donde se necesitaba.

Dado que la energía eléctrica no se puede almacenar fácilmente en cantidades lo suficientemente grandes como para satisfacer la demanda a escala nacional, en todo momento se debe producir exactamente la cantidad que se requiere.

Esto requiere que las empresas de servicios públicos de electricidad hagan predicciones cuidadosas de sus cargas eléctricas y mantengan una coordinación constante con sus centrales eléctricas. Siempre se debe mantener en reserva una cierta cantidad de generación para amortiguar una red eléctrica contra perturbaciones y pérdidas inevitables.

La demanda de electricidad crece con gran rapidez a medida que una nación se moderniza y su economía se desarrolla. Estados Unidos mostró un aumento de la demanda del 12% durante cada año de las tres primeras décadas del siglo XX, un ritmo de crecimiento que ahora están experimentando economías emergentes como las de India o China. Históricamente, la tasa de crecimiento de la demanda de electricidad ha superado a la de otras formas de energía.

Las preocupaciones ambientales con la generación de electricidad han llevado a un mayor enfoque en la generación a partir de fuentes renovables, en particular de energía eólica e hidroeléctrica. Si bien se puede esperar que continúe el debate sobre el impacto ambiental de los diferentes medios de producción de electricidad, su forma final es relativamente limpia.

Aplicaciones

La electricidad es una forma muy conveniente de transferir energía y se ha adaptado a un número enorme y creciente de usos. La invención de una práctica bombilla incandescente en la década de 1870 hizo que la iluminación se convirtiera en una de las primeras aplicaciones de energía eléctrica disponibles al público. Aunque la electrificación trajo consigo sus propios peligros, reemplazar las llamas desnudas de la iluminación de gas redujo en gran medida los riesgos de incendio dentro de los hogares y las fábricas. Se establecieron empresas de servicios públicos en muchas ciudades dirigidas al floreciente mercado de la iluminación eléctrica.

El efecto de calentamiento Joule empleado en la bombilla también tiene un uso más directo en la calefacción eléctrica. Si bien esto es versátil y controlable, puede verse como un desperdicio, ya que la mayor parte de la generación eléctrica ya ha requerido la producción de calor en una central eléctrica. Varios países, como Dinamarca, han promulgado leyes que restringen o prohíben el uso de calefacción eléctrica en edificios nuevos. Sin embargo, la electricidad es una fuente de energía muy práctica para la refrigeración, y el aire acondicionado representa un sector en crecimiento para la demanda de electricidad, cuyos efectos las empresas eléctricas se ven cada vez más obligadas a adaptarse.

La electricidad se utiliza en las telecomunicaciones y, de hecho, el telégrafo eléctrico, demostrado comercialmente en 1837 por Cooke y Wheatstone, fue una de sus primeras aplicaciones. Con la construcción de los primeros sistemas de telégrafo intercontinentales y luego transatlánticos en la década de 1860, la electricidad había permitido las comunicaciones en minutos en todo el mundo. La fibra óptica y la tecnología de comunicaciones satelitales se han hecho con una parte del mercado de los sistemas de comunicaciones, pero cabe esperar que la electricidad siga siendo una parte esencial del proceso.

Los efectos del electromagnetismo se emplean más visiblemente en el motor eléctrico, que proporciona un medio limpio y eficiente de fuerza motriz. Un motor estacionario, como un cabrestante, recibe fácilmente un suministro de energía, pero un motor que se mueve con su aplicación, como un vehículo eléctrico, está obligado a transportar una fuente de energía, como una batería, o a recolectar corriente de un contacto deslizante como un pantógrafo.

Los dispositivos electrónicos utilizan el transistor, quizás uno de los inventos más importantes del siglo XX, y un componente fundamental de todos los circuitos modernos.

Sección de Principios Eléctricos y Aplicaciones

Un circuito eléctrico se forma cuando se crea un camino conductor para permitir que los electrones libres se muevan continuamente. Este movimiento continuo de electrones libres a través de los conductores de un circuito se llama *Actual*, y a menudo se lo denomina en términos de "flujo", como el flujo de un líquido a través de una tubería hueca.

La fuerza que motiva a los electrones a "fluir" en un circuito se llama *Voltaje*. El voltaje es una medida específica de energía potencial que siempre es relativa entre dos puntos. Cuando hablamos de cierta cantidad de voltaje presente en un circuito, nos referimos a la medida de cuánto *potencia* existe energía para mover electrones desde un punto particular en ese circuito a otro punto particular. sin referencia a *dos* puntos particulares, el término "voltaje" no tiene significado.

Los electrones libres tienden a moverse a través de conductores con cierto grado de fricción u oposición al movimiento. Esta oposición al movimiento se llama más propiamente *resistencia*. La cantidad de corriente en un circuito depende de la cantidad de voltaje disponible para motivar a los electrones y también de la cantidad de resistencia en el circuito para oponerse al flujo de electrones. Al igual que el voltaje, la resistencia es una cantidad relativa entre dos puntos. Por esta razón, las cantidades de voltaje y resistencia a menudo se expresan como "entre" o "a través" de dos puntos en un circuito.

Para poder hacer afirmaciones significativas sobre estas cantidades en los circuitos, debemos poder describir sus cantidades de la misma manera que podríamos cuantificar la masa, la temperatura, el volumen, la longitud o cualquier otro tipo de cantidad física. Para la masa podríamos usar las unidades de "kilogramo" o "gramo". Para la temperatura podríamos usar grados Fahrenheit o grados Celsius. Aquí están las unidades estándar de medida para corriente eléctrica, voltaje y resistencia:

Quantity	Symbol	Unit of Measurement	Unit Abbreviation
Current	I	Ampere ("Amp")	A
Voltage	E or V	Volt	V
Resistance	R	Ohm	Ω

El "símbolo" dado para cada cantidad es la letra alfabética estándar que se usa para representar esa cantidad en una ecuación algebraica. Las letras estandarizadas como estas son comunes en las disciplinas de la física y la ingeniería, y son reconocidas internacionalmente. La "abreviatura de unidad" para cada cantidad representa el símbolo alfabético utilizado como notación abreviada para su unidad de medida particular. Y, sí, ese símbolo de "herradura" de aspecto extraño es la letra griega mayúscula Ω .

Cada unidad de medida lleva el nombre de un famoso experimentador en electricidad: El *amperio* después del francés André M. Ampere, el *voltio* tras el italiano Alessandro Volta, y el *ohmio* después del alemán Georg Simon Ohm.

El símbolo matemático para cada cantidad también es significativo. La "R" de resistencia y la "V" de voltaje se explican por sí mismas, mientras que la "I" de corriente parece un poco rara.

Se cree que la "I" representaba la "intensidad" (del flujo de electrones), y el otro símbolo de voltaje, "E", significa "fuerza electromotriz". Según la investigación que he podido hacer, parece haber cierta disputa sobre el significado de "yo". Los símbolos "E" y "V" son intercambiables en su mayor parte, aunque algunos textos reservan "E" para representar el voltaje en una fuente (como una batería o un generador) y "V" para representar el voltaje en cualquier otra cosa.

Todos estos símbolos se expresan con letras mayúsculas, excepto en los casos en que una cantidad (especialmente voltaje o corriente) se describe en términos de un breve período de tiempo (llamado valor "instantáneo"). Por ejemplo, el voltaje de una batería, que es estable durante un largo período de tiempo, se simbolizará con una letra "E" mayúscula, mientras que el pico de voltaje de un rayo en el mismo instante en que golpea una línea eléctrica probablemente simbolizarse con una letra "e" minúscula (o "v" minúscula) para designar ese valor como correspondiente a un solo momento en el tiempo. Esta misma convención de minúsculas también es válida para la corriente, la letra minúscula "i" representa la corriente en algún instante en el tiempo.

Sin embargo, la mayoría de las mediciones de corriente continua (CC), al ser estables en el tiempo, se simbolizarán con letras mayúsculas.

Una unidad fundamental de medida eléctrica, que a menudo se enseña al comienzo de los cursos de electrónica pero que se usa con poca frecuencia después, es la unidad de *culombio*, que es una medida de la carga eléctrica proporcional al número de electrones en un estado de desequilibrio.

Un culombio de carga es igual a 6.250.000.000.000.000 electrones. El símbolo de la cantidad de carga eléctrica es la letra mayúscula "Q", con la unidad de culombios abreviada por la letra mayúscula "C".

Sucede que la unidad para el flujo de electrones, el amperio, es igual a 1 coulomb de electrones que pasan por un punto dado en un circuito en 1 segundo de tiempo.

Emitido en estos términos, la corriente es la *tasa de movimiento de carga eléctrica* a través de un conductor.

Como se dijo antes, el voltaje es la medida de *energía potencial por unidad de carga* disponibles para motivar electrones de un punto a otro. Antes de que podamos definir con precisión qué es un "voltio", debemos entender cómo medir esta cantidad que llamamos "energía potencial". La unidad métrica general para la energía de cualquier tipo es el *joule*, igual a la cantidad de trabajo realizado por una fuerza de 1 newton ejercida a través de un movimiento de 1 metro (en la misma dirección).

En unidades británicas, esto es un poco menos de 3/4 de libra de fuerza ejercida sobre una distancia de 1 pie. Dicho en términos comunes, se necesita alrededor de 1 julio de energía para levantar un peso de 3/4 de libra a 1 pie del suelo, o para arrastrar algo a una distancia de 1 pie usando una fuerza de tracción paralela de 3/4 de libra.

Definido en estos términos científicos, 1 voltio es igual a 1 julio de energía potencial eléctrica por (dividido por) 1 culombio de carga. Por lo tanto, una batería de 9 voltios libera 9 julios de energía por cada culombio de electrones que se mueven a través de un circuito.

Las unidades eléctricas comunes utilizadas en fórmulas y ecuaciones son:

- **Voltio**-unidad de potencial eléctrico o fuerza motriz: se requiere potencial para enviar un amperio de corriente a través de un ohmio de resistencia
- **Ohm**-unidad de resistencia - un ohm es la resistencia que se ofrece al paso de un amperio cuando es impulsado por un voltio
- **Amperio**-unidades de corriente - un amperio es la corriente que un voltio puede enviar a través de una resistencia de un ohmio
- **Vatio**-unidad de energía o potencia eléctrica - un vatio es el producto de un amperio y un voltio - un amperio de corriente que fluye bajo la fuerza de un voltio da un vatio de energía
- **Voltio Amperio**-producto de voltios y amperios como lo muestra un voltímetro y un amperímetro - en sistemas de corriente continua, el voltamperio es lo mismo que los vatios o la energía entregada - en sistemas de corriente alterna - los voltios y amperios pueden o no ser 100% sincrónicos - cuando son sincrónicos los voltios amperios son iguales a los vatios en un vatímetro - cuando no los voltios amperios síncronos exceden los vatios - potencia reactiva
- **Kilovoltio Amperio**-un kilovoltio amperio - KVA - es igual a 1000 voltios amperios **Factor de potencia**-relación de vatios a voltios amperios

Fórmulas de energía eléctrica

$$P = VI \quad (1a)$$

$$P = RI^2 \quad (1b)$$

$$PAG = V^2 / R \quad (1c)$$

donde

P = potencia (vatios, W) V =
voltaje (voltios, V) I =
corriente (amperios, A) R =
resistencia (ohmios, Ω)

Fórmulas de corriente eléctrica yo

$$= V / R \quad (2a)$$

$$yo = p/v \quad (2b)$$

$$Yo = (P/R)^{1/2} \quad (2c)$$

Fórmulas de resistencia eléctrica $R =$

$$V / yo \quad (3a)$$

$$R = V^2 / PAG \quad (3b)$$

$$R = P / yo^2 \quad (3c)$$

Fórmulas de potencial eléctrico - Ley de Ohms La

ley de Ohm se puede expresar como: $V = RI$

$$(4a)$$

$$V = P / yo \quad (4b)$$

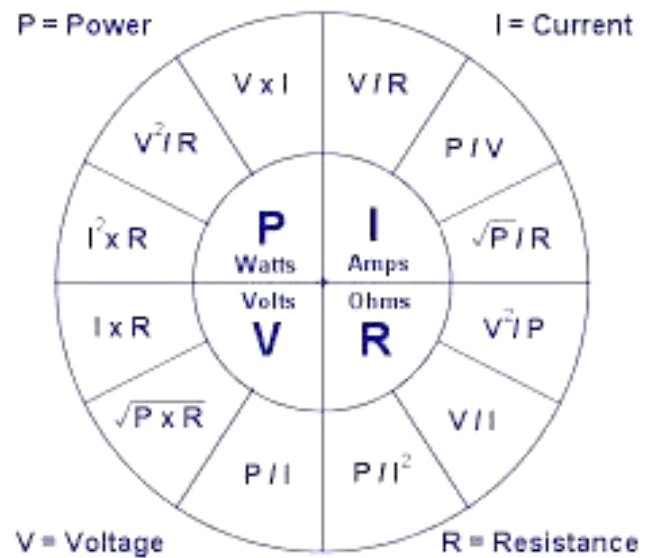
$$V = (RP)^{1/2} \quad (4c)$$

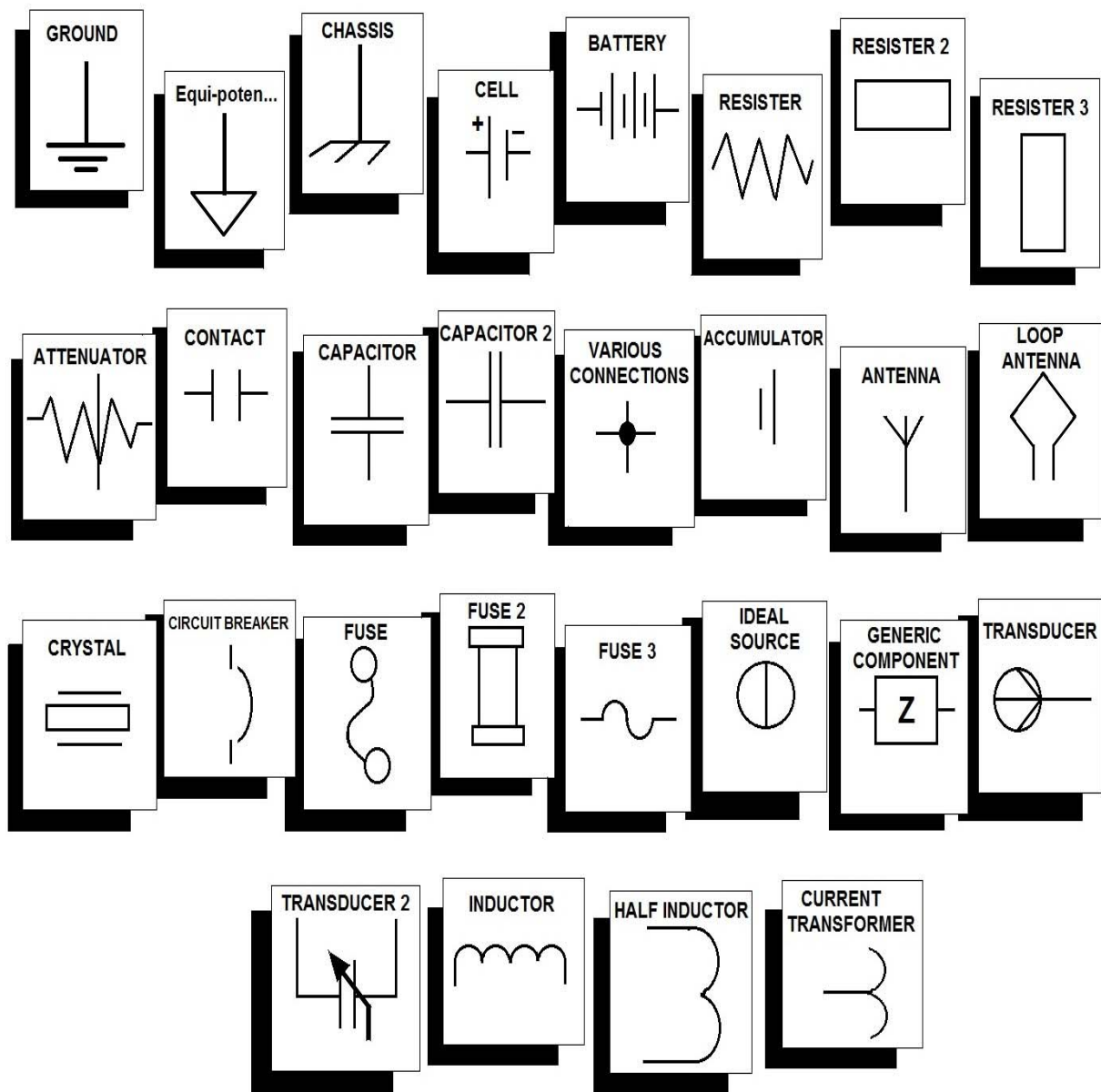
Ejemplo - Ley de Ohm

A 12 voltios La batería suministra energía a una resistencia de 18 ohmios.

$$Yo = (12 V) / (18 \Omega)$$

$$= 0,67 (A)$$

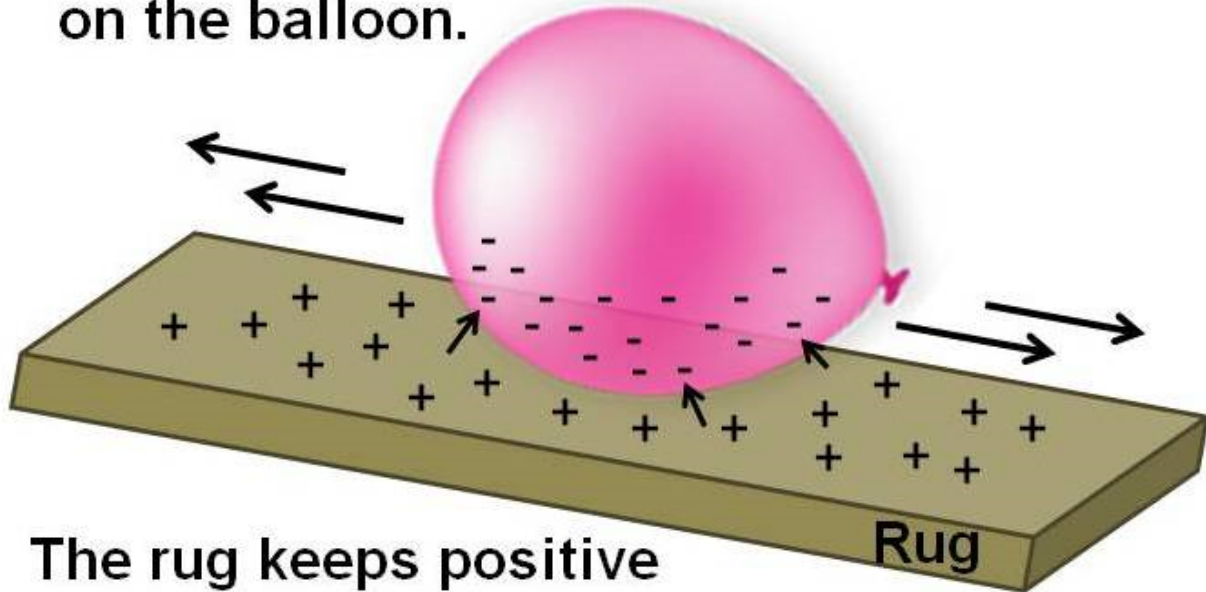




Símbolos eléctricos básicos

Electricidad Estática y Corriente

The rug leaves electrons on the balloon.



The rug keeps positive charges and loses electrons.

Pregunta 33

La electricidad estática es un desequilibrio de cargas eléctricas dentro o sobre la superficie de un material. La carga permanece hasta que es capaz de alejarse por medio de una corriente eléctrica o descarga eléctrica. La electricidad estática se nombra en contraste con la electricidad corriente, que fluye a través de cables u otros conductores y transmite energía.

Se crea una carga eléctrica estática cada vez que dos superficies se ponen en contacto y se separan, y al menos una de las superficies tiene una alta resistencia a la corriente eléctrica (y por lo tanto es un aislante eléctrico).

Los efectos de la electricidad estática son familiares para la mayoría de las personas porque pueden sentir, escuchar e incluso ver la chispa a medida que el exceso de carga se neutraliza cuando se acerca a un conductor eléctrico grande (por ejemplo, un camino a tierra) o una región con un exceso de carga de polaridad opuesta (positiva o negativa). El fenómeno familiar de un choque estático, más específicamente, una descarga electrostática, es causado por la neutralización de la carga.

Causas de la electricidad estática

Los materiales están hechos de átomos que normalmente son eléctricamente neutros porque contienen cantidades iguales de cargas positivas (protones en sus núcleos) y cargas negativas (electrones en "capas" que rodean el núcleo). El fenómeno de la electricidad estática requiere una separación de cargas positivas y negativas. Cuando dos materiales están en contacto, los electrones pueden moverse de un material al otro, lo que deja un exceso de carga positiva en un material y una carga negativa igual en el otro. Cuando los materiales se separan, conservan este desequilibrio de carga.

Separación de carga inducida por contacto

Los electrones pueden intercambiarse entre materiales en contacto; los materiales con electrones débilmente enlazados tienden a perderlos, mientras que los materiales con capas externas escasamente llenas tienden a ganarlos. Esto se conoce como efecto triboeléctrico y da como resultado que un material se cargue positivamente y el otro se cargue negativamente. La polaridad y la fuerza de la carga en un material una vez que se separan depende de sus posiciones relativas en la serie triboeléctrica. El efecto triboeléctrico es la causa principal de la electricidad estática como se observa en la vida cotidiana y en las demostraciones científicas comunes de la escuela secundaria que implican frotar diferentes materiales (por ejemplo, pieles contra una barra de acrílico). La separación de carga inducida por contacto hace que su cabello se erice y provoca "adherencia estática" (por ejemplo, un globo que se frota contra el cabello se carga negativamente;

Separación de carga inducida por presión

La tensión mecánica aplicada genera una separación de carga en ciertos tipos de cristales y moléculas de cerámica.

Separación de carga inducida por calor

El calentamiento genera una separación de carga en los átomos o moléculas de ciertos materiales. Todos los materiales piroeléctricos también son piezoeléctricos. Las propiedades atómicas o moleculares de la respuesta de calor y presión están estrechamente relacionadas.

Separación de carga inducida por carga

Un objeto cargado que se acerca a un objeto eléctricamente neutro provoca una separación de carga dentro del objeto neutro. Las cargas de la misma polaridad se repelen y las cargas de polaridad opuesta se atraen. Como la fuerza debida a la interacción de las cargas eléctricas disminuye rápidamente al aumentar la distancia, el efecto de las cargas más cercanas (polaridad opuesta) es mayor y los dos objetos sienten una fuerza de atracción. El efecto es más pronunciado cuando el objeto neutro es un conductor eléctrico ya que las cargas tienen más libertad para moverse. La conexión a tierra cuidadosa de parte de un objeto con una separación de carga inducida por carga puede agregar o eliminar electrones de forma permanente, dejando el objeto con una carga permanente global. Este proceso es parte integral del funcionamiento del generador Van de Graaff,

Electrostática y Electrodinámica

La estática y la corriente son dos formas en que se pueden comportar las cargas eléctricas. Si dijéramos que la Ciencia Eléctrica se divide en dos campos de investigación llamados Electrostática y Electrodinámica, estaríamos en lo correcto.

Michael Faraday presentó por primera vez un estudio en 1833 (publicado en 1839) donde concluyó que todas las diferentes "formas" de electricidad tenían una causa idéntica. Para el título de esta publicación eligió... "Identidad de las Electricidades". Ver vol.1, p360 en su libro "Investigaciones Experimentales en Electricidad".

Faraday examinó las siguientes cinco situaciones:

1. Pilas Voltaicas (Electricidad Actual)
2. Generadores electrostáticos y carga friccional (Electricidad Estática)
3. Bobinas e inducción magnética (Electricidad Actual)
4. Termoelectricidad (efecto Seebeck)
5. Bioelectricidad (rayo "torpedo" y anguila eléctrica)

Faraday concluyó que todas estas eran simplemente situaciones en las que la carga y la corriente tenían valores diferentes. Creemos lo mismo hoy: por ejemplo, la llamada "electricidad estática" involucra alto voltaje con poca o ninguna corriente. ¿Son las baterías una fuente de "electricidad actual"? Bueno, apila suficientes baterías en serie, y las del extremo atraerán pelusa, producirán descargas de corona y harán que el cabello se erice. Y conecte suficientes máquinas VandeGraaff en paralelo, y podrá encender un tubo fluorescente estándar.

Pero supón que no confías en autoridades como Faraday. Bueno, en lugar de eso, examinemos la situación en sí. Primero, tenga en cuenta que el estudio de *aguase* divide en Hidrostática e Hidrodinámica, sin embargo, no andamos discutiendo constantemente sobre un tipo especial de agua llamada "agua estática", ni pensamos que el "agua corriente" es un tipo de energía invisible. El agua se puede mover y se puede presurizar, pero sigue siendo solo un tipo de agua. Lo mismo se aplica a las cargas eléctricas.

Para aquellos de nosotros que insisten en que la "electricidad estática" y la "electricidad actual" son dos tipos separados de electricidad, explique lo siguiente. Cada vez que las cargas positivas y negativas se ven obligadas a separarse a medida que fluyen a lo largo de un par de cables, esos cables se cargan electrostáticamente... pero las cargas son *no estático*. En cambio, están fluyendo.

"Electricidad estática" es un nombre inapropiado. La "estática" en realidad se compone de cargas opuestas *separadas* a la fuerza, y si esas cargas separadas fluyen, todavía se comportan como "electricidad estática", independientemente de su movimiento. La clave es la separación de los cargos... *mientras que su "estática-ness" no es importante*. Por esta razón, las cargas pueden comportarse como "electricidad estática" y "electricidad actual" al mismo tiempo.

Esto no es tan terrible, ya que el agua se comporta de manera similar: el agua puede presurizarse y puede fluir al mismo tiempo. Un flujo de agua a alta presión cae simultáneamente bajo los dos temas de "hidrostática" e "hidrodinámica". Afortunadamente, no confundimos a los estudiantes llamando al agua a alta presión con el nombre de "agua estática". Tal vez deberíamos cambiar el nombre de "Electricidad estática" a algo sensato, como "desequilibrio de carga" o "electricidad presurizada". Acabaría con mucha confusión.

Entonces, para resumir... las cargas pueden fluir, y las cargas opuestas pueden ser forzadas a separarse y no cancelarse, pero esto no significa que la "electricidad que fluye" sea diferente. *amable* de forma gratuita que la "electricidad separada". La separación y el flujo son dos comportamientos eléctricos; no son dos "tipos de electricidad".

Flujo de carga

La corriente eléctrica no es un flujo de energía; es un flujo de carga. Carga y energía son dos cosas muy diferentes.

Una corriente eléctrica es un movimiento fluido de partículas cargadas, y las partículas no llevan energía con ellas mientras se mueven. Una corriente se define como un flujo de carga por $I=Q/T$; Los amperios son culombios de carga que fluyen por unidad de tiempo. El término "Corriente eléctrica" significa lo mismo que "flujo de carga". La corriente eléctrica es muy lento flujo de cargas, mientras que la energía fluye rápido. Además, durante la corriente alterna de CA, la *cargos* muévase ligeramente hacia adelante y hacia atrás mientras *energía* avanza rápidamente.

La energía eléctrica es bastante diferente a la carga. La energía que viaja a través de una corriente eléctrica se compone de ondas en campos electromagnéticos y se mueve MUY rápido.

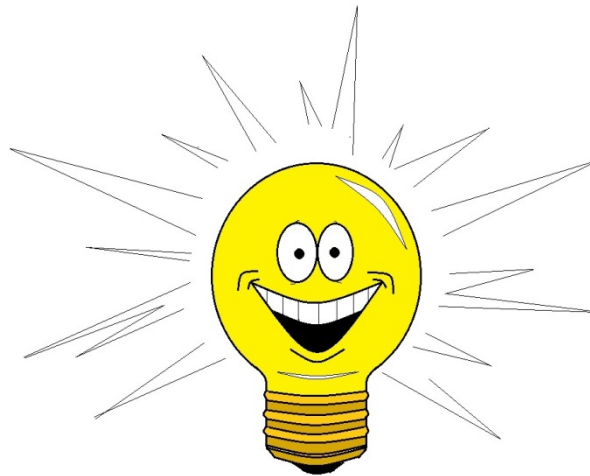
La energía eléctrica se mueve a una velocidad completamente diferente a la corriente eléctrica y, obviamente, son dos cosas diferentes que fluyen en los cables al mismo tiempo. A menos que nos demos cuenta de que fluyen dos cosas diferentes, no entenderemos cómo funcionan los circuitos. De hecho, si creemos en una sola "electricidad" que fluye, tendremos poca comprensión de la ciencia eléctrica básica.

En un circuito eléctrico, la trayectoria de las cargas eléctricas es circular, mientras que la trayectoria de la energía no lo es. Una batería puede enviar energía eléctrica a una bombilla, y la bombilla convierte la energía eléctrica en luz. La energía *hace no* fluir de nuevo a la batería de nuevo. Al mismo tiempo, la corriente eléctrica es diferente; es un flujo circular muy lento, y las cargas eléctricas fluyen a través del filamento de la bombilla y todas vuelven a salir. Vuelven a la batería.

La energía eléctrica puede incluso fluir en una dirección *opuesta* a la de la corriente eléctrica. En un solo cable, la energía eléctrica puede moverse continuamente hacia adelante mientras que la dirección de la corriente eléctrica es lentamente hacia atrás. En los circuitos de CA, la energía fluye continuamente hacia adelante mientras las cargas se alternan de un lado a otro a alta frecuencia. Las cargas se mueven mientras la energía fluye hacia adelante; la corriente eléctrica no es un flujo de energía.

Aquí hay una forma de aclarar los conceptos confusos: si la corriente eléctrica es como el viento, entonces la energía eléctrica es como algunas ondas de sonido y los electrones son como las moléculas del aire.

Por ejemplo, el sonido puede viajar a través de una tubería si la tubería está llena de moléculas de aire, y la energía eléctrica puede fluir a lo largo de un cable porque el cable está lleno de cargas móviles.



El sonido se mueve mucho más rápido que el viento, ¿correcto?

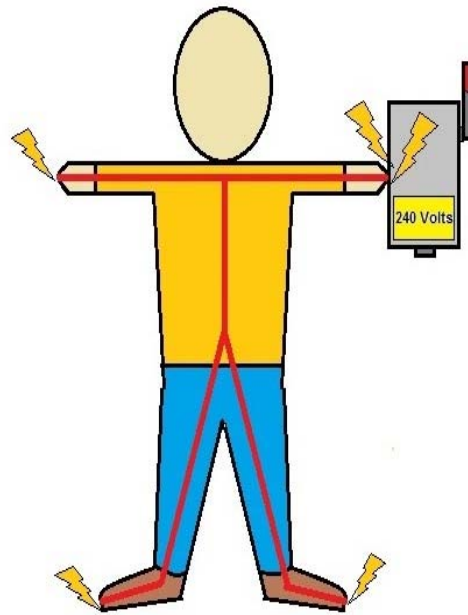
Y la energía eléctrica se mueve mucho más rápido que la corriente eléctrica por la misma razón. El aire en una tubería puede fluir rápido o lento, mientras que las ondas de sonido siempre se mueven a la misma velocidad muy alta.

Las cargas en un cable pueden fluir rápido o lento, mientras que la energía eléctrica siempre fluye a lo largo del cable a una velocidad increíblemente alta. Cada vez que el sonido fluye a través de una tubería, las moléculas de aire en esa tubería vibran de un lado a otro.

Y cuando las ondas de energía eléctrica de CA fluyen a lo largo de un cable, los electrones en ese cable vibran de un lado a otro 60 veces por segundo.

El sonido puede fluir dentro de un tubo lleno de aire, mientras que la energía eléctrica siempre fluye en el espacio fuera de los cables y no viaja dentro de los cables metálicos. Sin embargo, la energía eléctrica está acoplada con ondas de compresión en los electrones del cable. Las ondas de electrones viajan dentro de los cables, pero la energía que transportan está en los campos invisibles que rodean los cables.

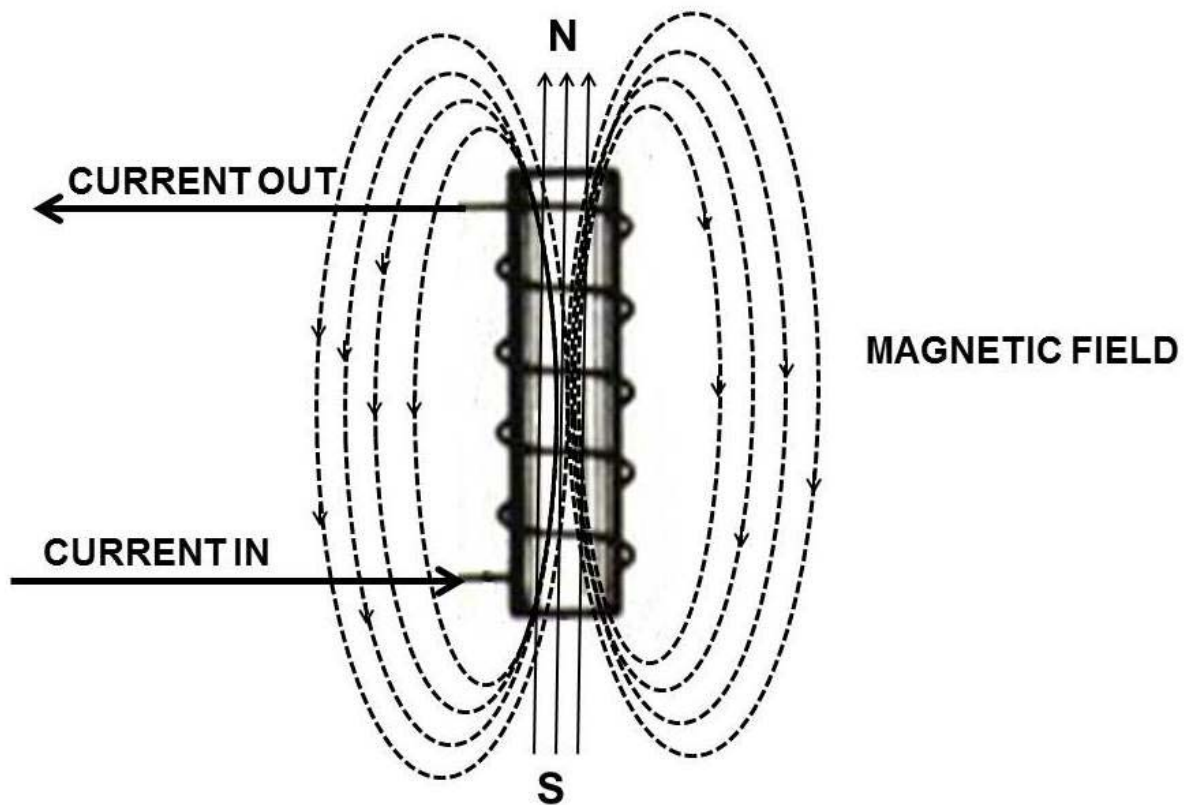
CARGA ELÉCTRICA	---	ENERGÍA EM
Fluye muy lentamente, e incluso puede detenerse.	-----	Siempre fluye increíblemente rápido, casi a la velocidad de la luz.
El flujo se llama "corriente eléctrica", medida en amperios.	-----	El flujo se llama "energía eléctrica", medida en vatios.
Fluye a través de bombillas	---	Consumido por bombillas (y convertido en luz)
En los cables de CA, se mueve de un lado a otro.	---	En los cables de CA, fluye continuamente hacia adelante
Suministrado por metales (y por todos los demás conductores)	---	Suministrado por generadores, baterías, etc.
es un componente de la materia	---	Una forma de energía
No suele salir de un circuito.	---	Una "Fuente" lo inyecta en un circuito, mientras que una "carga" lo elimina nuevamente.
Compuesto por cargas móviles de átomos conductores.	---	Compuesto por campos electromagnéticos.
Los electrones y protones son partículas de CARGA	---	Los fotones son partículas de energía EM.
Flujos dentro de los cables.	---	Flujos en el espacio adyacente a los cables.
Los generadores lo bombean a través de ellos mismos	---	Los generadores lo crean
Flujo circular. Fluye alrededor y alrededor del circuito, y nunca lo abandona.	---	Flujo unidireccional, de una "fuente" a una "carga".
VISIBLE: es la parte plateada de un metal	---	INVISIBLE: la energía EM solo se puede ver si usa limaduras de hierro, etc.
Se mide en unidades llamadas Culombios	---	Se mide en unidades llamadas Joules
ocurre naturalmente	---	Producido y vendido por compañías eléctricas.
Los científicos de antaño lo llamaron "electricidad".	---	Hoy, las compañías eléctricas lo llaman "electricidad".



mA	Effects on the Human Body
0.5 - 3	Tingling sensations
3 - 10	Muscle contractions and some pain
10 - 40	"Let - Go" Threshold
30 - 75	Respiratory paralysis
100 - 200	Ventricular Fibrillation
200 - 500	The Heart clamps tight
1500 +	Tissue and Organs begin to burn

THE EFFECTS OF ELECTRICITY AND THE HUMAN BODY

Imanes y Electricidad



Campo magnético alrededor de un imán de barra

El giro de los electrones alrededor del núcleo de un átomo crea un pequeño campo magnético. La mayoría de los objetos no son magnéticos porque sus electrones giran en diferentes direcciones aleatorias y se anulan entre sí.

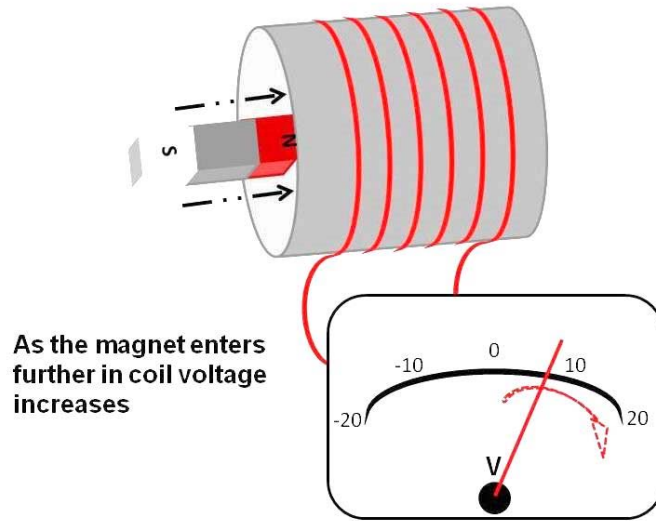
Los imanes son diferentes; las moléculas en los imanes están dispuestas de modo que sus electrones giren en la misma dirección. Esta disposición de átomos crea dos polos en un imán, un polo que busca el norte y un polo que busca el sur.

Los imanes tienen campos magnéticos

La fuerza magnética en un imán fluye del polo norte al polo sur. Esto crea un campo magnético alrededor de un imán. ¿Alguna vez has sostenido dos imanes uno cerca del otro?

No actúan como la mayoría de los objetos.

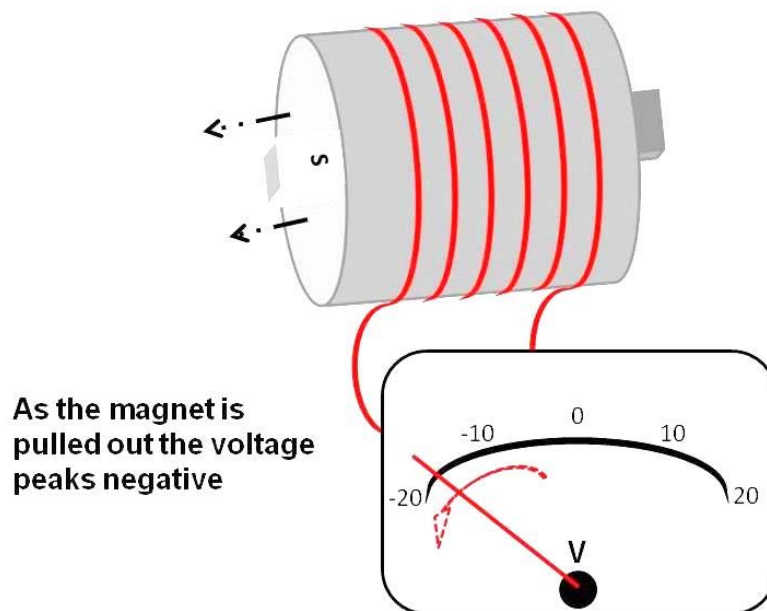
Si intentas juntar los polos sur, se repelen entre sí. Dos polos norte también se repelen entre sí. Gira un imán y los polos norte (N) y sur (S) se atraen entre sí. Al igual que los protones y los electrones, los opuestos se atraen.



Electromagnetic Induction

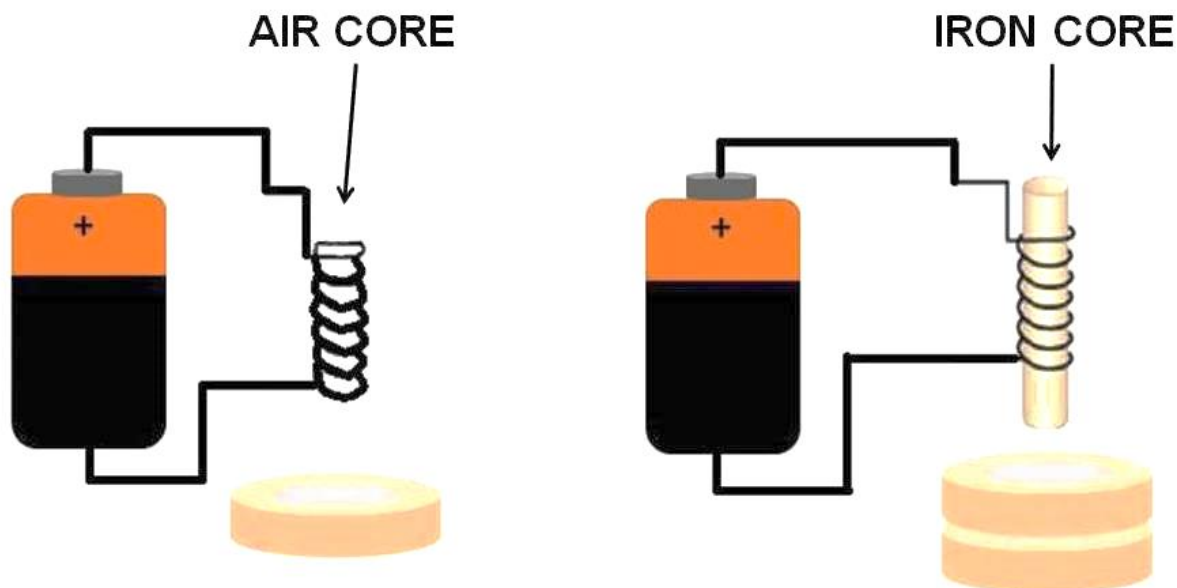
Los campos magnéticos se pueden usar para generar electricidad

Las propiedades de los imanes se pueden utilizar para generar electricidad. Los campos magnéticos en movimiento pueden jalar y empujar electrones. Los metales como el cobre tienen electrones que se mantienen sueltos. Entonces, los electrones en los cables de cobre pueden ser empujados fácilmente fuera de sus capas moviendo imanes. Al usar imanes en movimiento y alambre de cobre juntos, los generadores eléctricos crean electricidad. Los generadores eléctricos esencialmente convierten la energía cinética (la energía del movimiento) en energía eléctrica.



Electromagnetic Induction

Electroimanes y Electromagnetismo



Círculos de campo magnético alrededor de una corriente

El descubrimiento de Ørsted en 1821 de que existía un campo magnético alrededor de todos los lados de un cable que transportaba una corriente eléctrica indicó que había una relación directa entre la electricidad y el magnetismo. Además, la interacción parecía diferente de las fuerzas gravitatorias y electrostáticas, las dos fuerzas de la naturaleza conocidas entonces. La fuerza sobre la aguja de la brújula no la dirigía hacia o desde el cable que transportaba corriente, sino que actuaba en ángulo recto con respecto a él. Las palabras ligeramente oscuras de Ørsted fueron que "el conflicto eléctrico actúa de manera giratoria". La fuerza también dependía de la dirección de la corriente, porque si el flujo se invertía, la fuerza también lo hacía.

Ørsted no entendió completamente su descubrimiento, pero observó que el efecto era recíproco: una corriente ejerce una fuerza sobre un imán y un campo magnético ejerce una fuerza sobre una corriente. El fenómeno fue investigado más a fondo por Ampère, quien descubrió que dos cables paralelos que llevan corriente ejercen una fuerza entre sí: dos cables que conducen corrientes en la misma dirección se atraen entre sí, mientras que los cables que contienen corrientes en direcciones opuestas se separan. La interacción está mediada por el campo magnético que produce cada corriente y forma la base para la definición internacional del amperio.

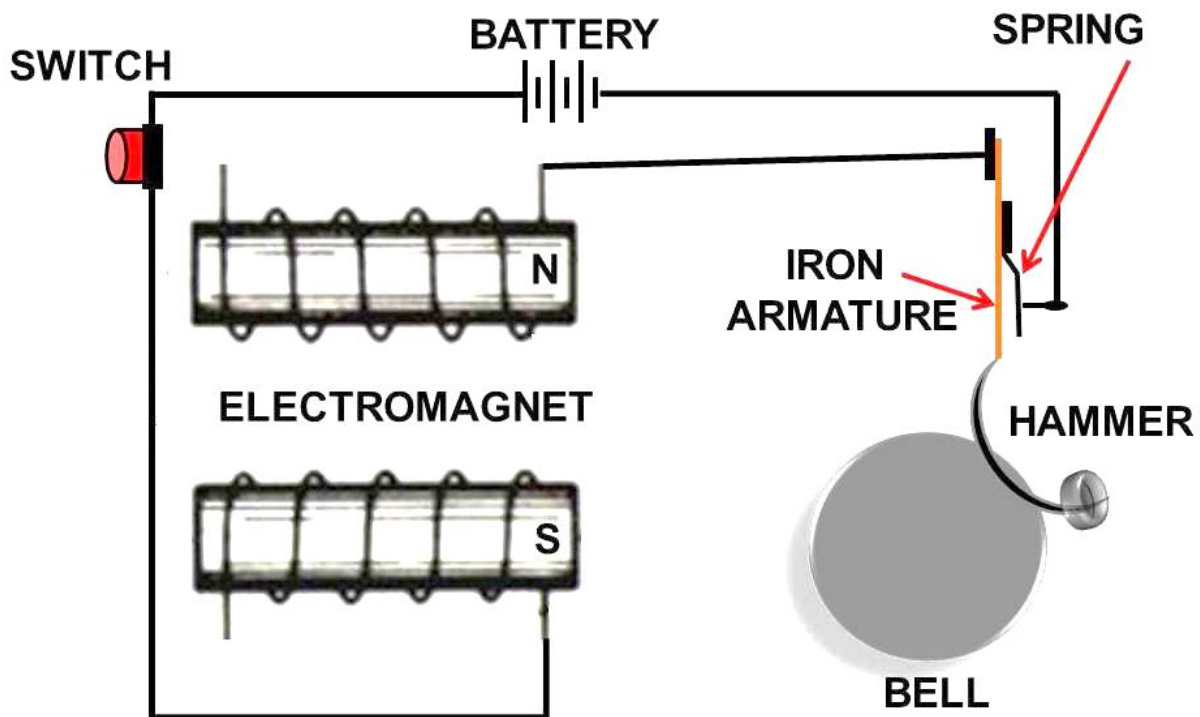
El motor eléctrico explota un efecto importante del electromagnetismo: una corriente a través de un campo magnético experimenta una fuerza en ángulo recto tanto con el campo como con la corriente.

Esta relación entre los campos magnéticos y las corrientes es extremadamente importante, ya que condujo a la invención del motor eléctrico de Michael Faraday en 1821. El motor homopolar de Faraday consistía en un imán permanente sentado en una piscina de mercurio.

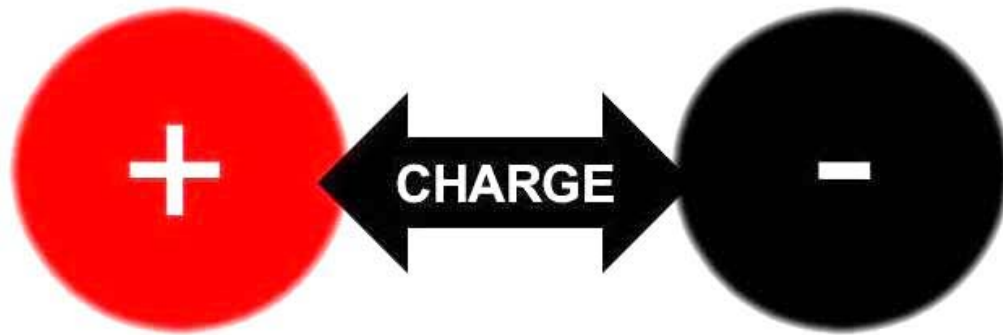
Se permitió una corriente a través de un cable suspendido de un pivote sobre el imán y sumergido en el mercurio. El imán ejerció una fuerza tangencial sobre el alambre, haciéndolo girar alrededor del imán mientras se mantuvo la corriente.

La experimentación de Faraday en 1831 reveló que un alambre que se movía perpendicularmente a un campo magnético desarrollaba una diferencia de potencial entre sus extremos. Un análisis posterior de este proceso, conocido como inducción electromagnética, le permitió establecer el principio, ahora conocido como ley de inducción de Faraday, de que la diferencia de potencial inducida en un circuito cerrado es proporcional a la tasa de cambio del flujo magnético a través del bucle.

La explotación de este descubrimiento le permitió inventar el primer generador eléctrico en 1831, en el que convirtió la energía mecánica de un disco de cobre giratorio en energía eléctrica. El disco de Faraday era ineficaz y sin utilidad como generador práctico, pero mostraba la posibilidad de generar energía eléctrica a partir del magnetismo, posibilidad que sería retomada por quienes siguieron su trabajo.



Comprender la carga eléctrica



POSITIVE CHARGE

NEGATIVE CHARGE

La presencia de carga da lugar a una fuerza electrostática: las cargas ejercen una fuerza entre sí, un efecto que se conocía, aunque no se entendía, en la antigüedad. Una bola liviana suspendida de una cuerda puede cargarse tocándola con una varilla de vidrio que a su vez ha sido cargada frotando con un paño. Si una bola similar es cargada por la misma barra de vidrio, se encuentra que repele a la primera: la carga actúa para separar las dos bolas. Dos bolas cargadas con una barra de ámbar frotada también se repelen. Sin embargo, si una bola se carga con la barra de vidrio y la otra con una barra de ámbar, se encuentra que las dos bolas se atraen entre sí. Estos fenómenos fueron investigados a finales del siglo XVIII por Charles-Augustin de Coulomb, quien dedujo que la carga se manifiesta de dos formas opuestas. Este descubrimiento condujo al conocido axioma:

La fuerza actúa sobre las propias partículas cargadas, por lo que la carga tiende a distribuirse lo más uniformemente posible sobre una superficie conductora. La magnitud de la fuerza electromagnética, ya sea de atracción o de repulsión, viene dada por la ley de Coulomb, que relaciona la fuerza con el producto de las cargas y tiene una relación inversa al cuadrado de la distancia entre ellas. La fuerza electromagnética es muy fuerte, solo superada en fuerza por la interacción fuerte, pero a diferencia de esa fuerza, opera en todas las distancias. En comparación con la fuerza gravitacional mucho más débil, la fuerza electromagnética que separa dos electrones es 10^{42} (10 elevado a 42) multiplicado por la atracción gravitatoria que los une.

El estudio ha demostrado que el origen de la carga proviene de ciertos tipos de partículas subatómicas que tienen la propiedad de carga eléctrica. La carga eléctrica genera e interactúa con la fuerza electromagnética, una de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza. Los portadores de carga eléctrica más familiares son el electrón y el protón.

Los experimentos han demostrado que la carga es una cantidad conservada, es decir, la carga neta dentro de un sistema aislado siempre permanecerá constante independientemente de los cambios que se produzcan dentro de ese sistema. Dentro del sistema, la carga puede transferirse entre cuerpos, ya sea por contacto directo o pasando a lo largo de un material conductor, como un cable. El término informal electricidad estática se refiere a la presencia neta (o 'desequilibrio') de carga en un cuerpo, generalmente causada cuando se frotan materiales diferentes, transfiriendo carga de uno a otro.

Corriente eléctrica Pregunta 43

El movimiento de carga eléctrica se conoce como corriente eléctrica, cuya intensidad suele medirse en amperios. La corriente puede consistir en cualquier partícula cargada en movimiento; más comúnmente estos son electrones, pero cualquier carga en movimiento constituye una corriente.

Por convención histórica, una corriente positiva se define como aquella que tiene la misma dirección de flujo que cualquier carga positiva que contenga, o que fluya desde la parte más positiva de un circuito hacia la parte más negativa.

La corriente definida de esta manera se llama corriente convencional. El movimiento de electrones cargados negativamente alrededor de un circuito eléctrico, una de las formas de corriente más conocidas, se considera positivo en la dirección opuesta a la de los electrones.

Sin embargo, dependiendo de las condiciones, una corriente eléctrica puede consistir en un flujo de partículas cargadas en cualquier dirección, o incluso en ambas direcciones a la vez. La convención de positivo a negativo se usa ampliamente para simplificar esta situación.

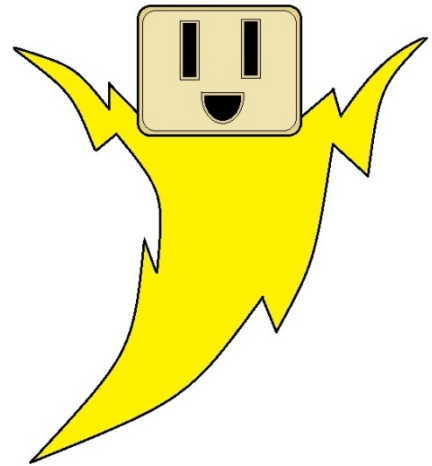
El proceso por el cual la corriente eléctrica pasa a través de un material se denomina conducción eléctrica y su naturaleza varía con la de las partículas cargadas y el material a través del cual viajan.

Los ejemplos de corrientes eléctricas incluyen la conducción metálica, donde los electrones fluyen a través de un conductor como el metal, y la electrólisis, donde los iones (átomos cargados) fluyen a través de líquidos o plasmas, como chispas eléctricas. Si bien las partículas en sí pueden moverse con bastante lentitud, a veces con una velocidad de deriva promedio de solo fracciones de milímetro por segundo, el campo eléctrico que las impulsa se propaga a una velocidad cercana a la de la luz, lo que permite que las señales eléctricas pasen rápidamente a lo largo de los cables.

La corriente provoca varios efectos observables, que históricamente fueron el medio para reconocer su presencia. Nicholson y Carlisle descubrieron en 1800 que el agua podía ser descompuesta por la corriente de una pila voltaica, un proceso que ahora se conoce como electrólisis. Michael Faraday amplió enormemente su trabajo en 1833. La corriente a través de una resistencia provoca un calentamiento localizado, un efecto que James Prescott Joule estudió matemáticamente en 1840.

Uno de los descubrimientos más importantes relacionados con la corriente lo hizo accidentalmente Hans Christian Ørsted en 1820, cuando, mientras preparaba una conferencia, fue testigo de cómo la corriente en un cable perturbaba la aguja de una brújula magnética. Había descubierto el electromagnetismo, una interacción fundamental entre la electricidad y el magnetismo.

El nivel de emisiones electromagnéticas generadas por arcos eléctricos es lo suficientemente alto como para producir interferencias electromagnéticas, que pueden ser perjudiciales para el funcionamiento de los equipos adyacentes.



Descarga eléctrica

La descarga eléctrica ocurre cuando una parte del cuerpo (humano) entra en contacto con cualquier fuente de electricidad que genere una corriente suficiente a través de la piel, los músculos o el cabello. Por lo general, la expresión se usa para describir una exposición perjudicial a la electricidad.

Las corrientes muy pequeñas pueden ser imperceptibles. Una corriente más grande que pasa a través del cuerpo puede hacer que sea imposible que una víctima de descarga suelte un objeto energizado. Corrientes aún mayores pueden causar fibrilación del corazón y daño a los tejidos. La muerte causada por una descarga eléctrica se llama electrocución. El cableado u otra estructura metálica que tiene un voltaje peligroso que puede constituir un riesgo de descarga eléctrica se denomina "vivo", como en "cable vivo".

Magnitud

La corriente mínima que un ser humano puede sentir depende del tipo de corriente (CA o CC) y la frecuencia. Una persona puede sentir al menos 1 mA (rms) de CA a 60 Hz, mientras que al menos 5 mA para CC. Con alrededor de 10 miliamperios, la corriente alterna que pasa por el brazo de un ser humano de 68 kg (150 lb) puede provocar fuertes contracciones musculares; la víctima no puede controlar voluntariamente los músculos y no puede soltar un objeto electrificado. Esto se conoce como el "umbral de liberación" y es un criterio para el riesgo de descarga eléctrica en las reglamentaciones eléctricas.

La corriente puede, si es lo suficientemente alta, causar daño tisular o fibrilación que provoque un paro cardíaco; más de 30 mA de CA (rms, 60 Hz) o 300 – 500 mA de CC pueden causar fibrilación. Una descarga eléctrica sostenida de CA a 120 V, 60 Hz es una fuente especialmente peligrosa de fibrilación ventricular porque, por lo general, supera el umbral de liberación y no proporciona suficiente energía inicial para impulsar a la persona lejos de la fuente. Sin embargo, la gravedad potencial del choque depende de los caminos que toman las corrientes a través del cuerpo.

Si el voltaje es inferior a 200 V, entonces la piel humana, más precisamente el estrato córneo, es el principal contribuyente a la impedancia del cuerpo en el caso de un macrochoque: el paso de corriente entre dos puntos de contacto en la piel. Sin embargo, las características de la piel no son lineales. Si el voltaje está por encima de 450 a 600 V, se produce una ruptura dieléctrica de la piel. La protección que ofrece la piel se reduce con la transpiración, y esta se acelera si la electricidad hace que los músculos se contraigan por encima del umbral de liberación durante un período sostenido de tiempo.

Si se establece un circuito eléctrico mediante electrodos introducidos en el cuerpo, sin pasar por la piel, entonces el potencial de letalidad es mucho mayor si se establece un circuito a través del corazón. Esto se conoce como microshock. Corrientes de solo 10 μ A pueden ser suficientes para causar fibrilación en este caso.

Signos y síntomas

quemaduras

El calentamiento debido a la resistencia puede causar quemaduras extensas y profundas. Los niveles de voltaje de 500 a 1000 voltios tienden a causar quemaduras internas debido a la gran cantidad de energía (que es proporcional a la duración multiplicada por el cuadrado del voltaje dividido por la resistencia) disponible en la fuente. El daño debido a la corriente es a través del calentamiento del tejido.

Para la mayoría de los casos de trauma eléctrico de alta energía, el calentamiento Joule en los tejidos más profundos a lo largo de la extremidad alcanzará temperaturas dañinas en unos pocos segundos.

Peligros de arco eléctrico

El arco eléctrico en una falla eléctrica produce el mismo tipo de radiación de luz de la cual los soldadores eléctricos se protegen usando protectores faciales con vidrio oscuro, guantes de cuero grueso y ropa que cubre todo el cuerpo. El calor producido puede causar quemaduras graves, especialmente en la carne sin protección. *Él explosión de arco* producido por la vaporización de componentes metálicos puede romper huesos y dañar órganos internos. El grado de peligro presente en un lugar en particular se puede determinar mediante un análisis detallado del sistema eléctrico y el uso de la protección adecuada si el trabajo eléctrico se debe realizar con la electricidad encendida.

Resistencia del cuerpo

El voltaje necesario para la electrocución depende de la corriente a través del cuerpo y de la duración de la corriente. La ley de Ohm establece que la corriente consumida depende de la resistencia del cuerpo.

La resistencia de la piel humana varía de persona a persona y fluctúa entre las diferentes horas del día. El NIOSH afirma que "en condiciones secas, la resistencia que ofrece el cuerpo humano puede ser de hasta 100 000 ohmios. La piel mojada o rota puede reducir la resistencia del cuerpo a 1000 ohmios", y agrega que "la energía eléctrica de alto voltaje descompone rápidamente la piel humana"., reduciendo la resistencia del cuerpo humano a 500 ohmios".

Punto de entrada

- **macrochoque:** Corriente a través de la piel intacta ya través del cuerpo. Es probable que la corriente de un brazo a otro, o entre un brazo y un pie, atraviese el corazón, por lo que es mucho más peligrosa que la corriente entre una pierna y el suelo. Este tipo de choque, por definición, debe pasar al cuerpo a través de la piel.
- **microshock:** Fuente de corriente muy pequeña con una vía conectada directamente al tejido del corazón. Se requiere que la descarga se administre desde el interior de la piel, directamente al corazón, es decir, un cable de marcapasos, o un cable guía, un catéter conductor, etc., conectado a una fuente de corriente. Este es un peligro en gran medida teórico, ya que los dispositivos modernos que se utilizan en estas situaciones incluyen protecciones contra tales corrientes.

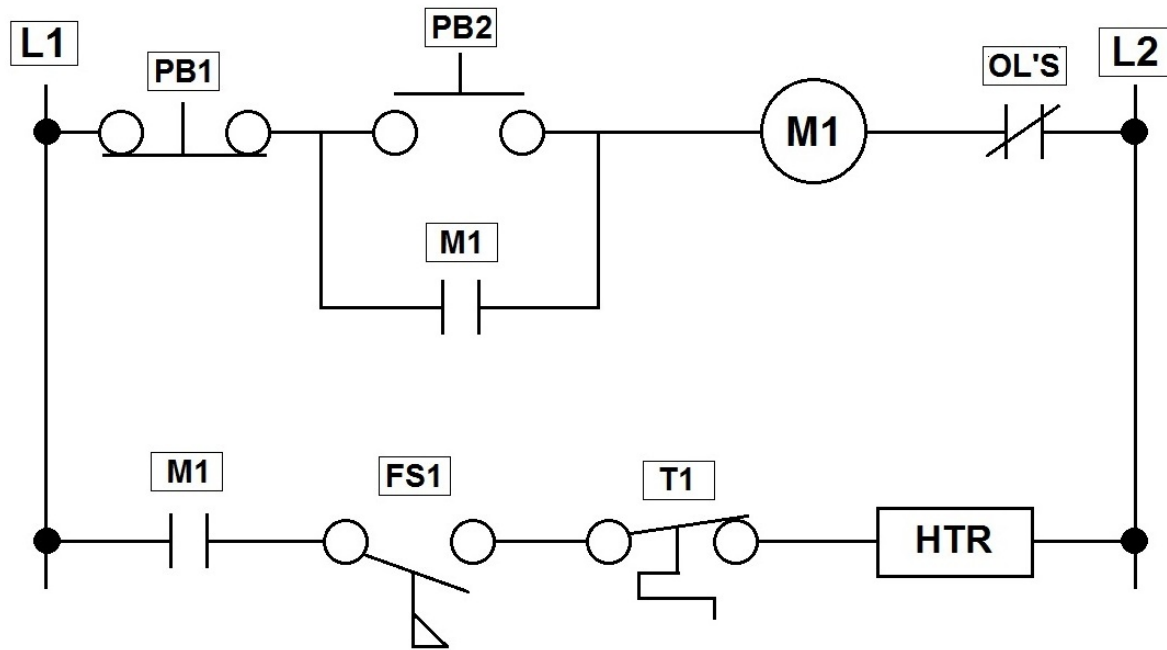
Electrocución

El término "electrocución", acuñado en la época del primer uso de la silla eléctrica en 1890, se refería originalmente solo a **eléctrico** **ica**. **execorte** (de la cual es una palabra abreviada), y no a muertes eléctricas accidentales o suicidas.

Sin embargo, dado que no había una palabra en inglés disponible para las muertes no judiciales debidas a una descarga eléctrica, la palabra "electrocución" eventualmente se convirtió en una descripción de todas las circunstancias de muerte eléctrica por la nueva electricidad comercial. La palabra a menudo se usa incorrectamente como sinónimo de descarga eléctrica.

Electrónica

La electrónica se ocupa de los circuitos eléctricos que involucran componentes eléctricos activos, como tubos de vacío, transistores, diodos y circuitos integrados, y tecnologías de interconexión pasiva asociadas. El comportamiento no lineal de los componentes activos y su capacidad para controlar los flujos de electrones hace posible la amplificación de señales débiles y la electrónica se usa ampliamente en el procesamiento de información, telecomunicaciones y procesamiento de señales. La capacidad de los dispositivos electrónicos para actuar como interruptores hace posible el procesamiento de información digital. Las tecnologías de interconexión, como las placas de circuitos, la tecnología de empaquetado de productos electrónicos y otras formas variadas de infraestructura de comunicación, completan la funcionalidad del circuito y transforman los componentes mixtos en un sistema de trabajo regular.



La electrónica es distinta de la ciencia y tecnología eléctrica y electromecánica, que se ocupa de la generación, distribución, conmutación, almacenamiento y conversión de energía eléctrica hacia y desde otras formas de energía utilizando cables, motores, generadores, baterías, interruptores, relés, transformadores, resistencias y otros componentes pasivos.

Esta distinción comenzó alrededor de 1906 con la invención de Lee De Forest del triodo, que hizo posible la amplificación eléctrica de señales de radio débiles y señales de audio con un dispositivo no mecánico. Hasta 1950, este campo se denominó "tecnología de radio" porque su aplicación principal era el diseño y la teoría de transmisores de radio, receptores y tubos de vacío.

Hoy en día, la mayoría de los dispositivos electrónicos utilizan componentes semiconductores para realizar el control de electrones. El estudio de los dispositivos semiconductores y la tecnología relacionada se considera una rama de la física del estado sólido, mientras que el diseño y la construcción de circuitos electrónicos para resolver problemas prácticos pertenecen a la ingeniería electrónica.

Radio

El trabajo de Faraday y Ampère mostró que un campo magnético variable en el tiempo actuaba como fuente de un campo eléctrico, y un campo eléctrico variable en el tiempo era una fuente de campo magnético. Por lo tanto, cuando cualquiera de los campos cambia en el tiempo, necesariamente se induce un campo del otro. Tal fenómeno tiene las propiedades de una onda y, naturalmente, se denomina onda electromagnética. Las ondas electromagnéticas fueron analizadas teóricamente por James Clerk Maxwell en 1864.

Maxwell desarrolló un conjunto de ecuaciones que podrían describir sin ambigüedades la interrelación entre el campo eléctrico, el campo magnético, la carga eléctrica y la corriente eléctrica. Además, pudo demostrar que tal onda viajaría necesariamente a la velocidad de la luz y, por lo tanto, la luz misma era una forma de radiación electromagnética. Las Leyes de Maxwell, que unifican luz, campos y carga, son uno de los grandes hitos de la física teórica.

Así, el trabajo de muchos investigadores permitió el uso de la electrónica para convertir señales en corrientes oscilantes de alta frecuencia y, a través de conductores de forma adecuada, la electricidad permite la transmisión y recepción de estas señales a través de ondas de radio en distancias muy largas.

Factores en la letalidad de una descarga eléctrica

La letalidad de una descarga eléctrica depende de varias variables:

- Actual. Cuanto mayor sea la corriente, más probable es que sea letal. Dado que la corriente es proporcional al voltaje cuando la resistencia es fija (ley de ohm), el alto voltaje es un riesgo indirecto de producir corrientes más altas.
- Duración. Cuanto mayor sea la duración, más probable es que sea letal: los interruptores de seguridad pueden limitar el tiempo del flujo de corriente
- Ruta. Si la corriente fluye a través del músculo cardíaco, es más probable que sea letal. Alto voltaje
- (más de 600 voltios). Además de un mayor flujo de corriente, el alto voltaje puede provocar una ruptura dieléctrica en la piel, lo que reduce la resistencia de la piel y permite un mayor flujo de corriente.

Otros problemas que afectan la letalidad son la frecuencia, que es un problema que causa un paro cardíaco o espasmos musculares. La corriente eléctrica de muy alta frecuencia causa quemaduras en los tejidos, pero no penetra en el cuerpo lo suficiente como para causar un paro cardíaco. También es importante la vía: si la corriente pasa por el pecho o la cabeza, existe una mayor probabilidad de muerte. Desde un circuito principal o un panel de distribución de energía, es más probable que el daño sea interno y provoque un paro cardíaco. Otro factor es que el tejido cardíaco tiene una cronaxia (tiempo de respuesta) de aproximadamente 3 milisegundos, por lo que la electricidad a frecuencias superiores a aproximadamente 333 Hz requiere más corriente para causar fibrilación que la que se requiere a frecuencias más bajas.

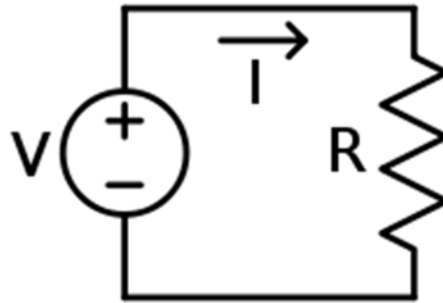
La comparación entre los peligros de la corriente alterna en las frecuencias típicas de transmisión de energía (es decir, 50 o 60 Hz) y la corriente continua ha sido un tema de debate desde la Guerra de las Corrientes en la década de 1880. Los experimentos con animales realizados durante este tiempo sugirieron que la corriente alterna era aproximadamente el doble de peligrosa que la corriente continua por unidad de flujo de corriente (o por unidad de voltaje aplicado).

A veces se sugiere que la letalidad humana es más común con corriente alterna de 100 a 250 voltios; sin embargo, se han producido muertes por debajo de este rango, con suministros tan bajos como 32 voltios. Suponiendo un flujo de corriente constante (a diferencia de una descarga de un condensador o de electricidad estática), las descargas superiores a 2700 voltios suelen ser fatales, y las superiores a 11 000 voltios suelen ser fatales.

Circuitos electrónicos

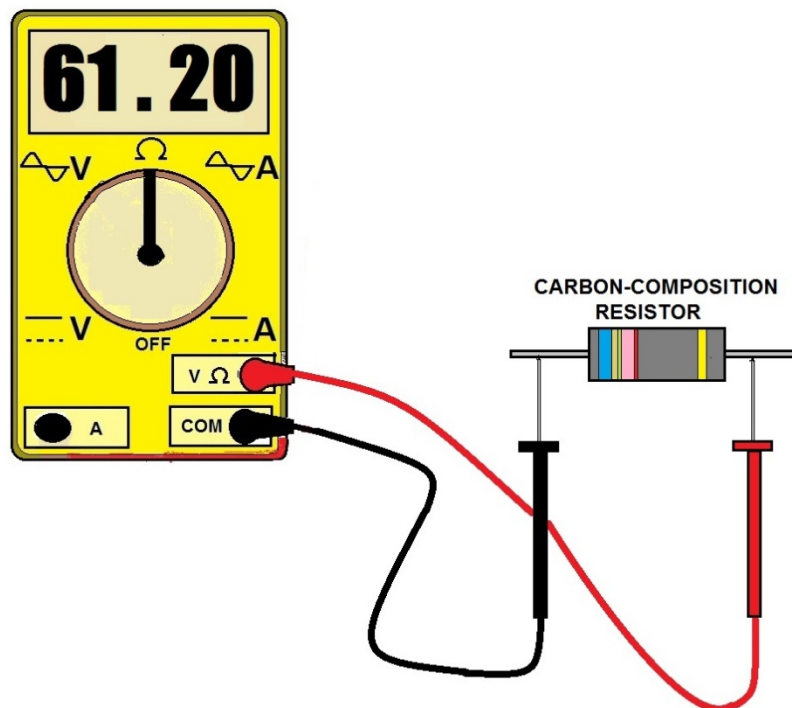
Un circuito eléctrico básico

La fuente de voltaje V de la izquierda impulsa una corriente I alrededor del circuito, entregando energía eléctrica a la resistencia R . Desde la resistencia, la corriente regresa a la fuente, completando el circuito.



Un circuito eléctrico es una interconexión de componentes eléctricos de modo que la carga eléctrica fluya a lo largo de un camino cerrado (un circuito), generalmente para realizar alguna tarea útil.

Los componentes de un circuito eléctrico pueden adoptar muchas formas, que pueden incluir elementos como resistencias, condensadores, interruptores, transformadores y componentes electrónicos. Los circuitos electrónicos contienen componentes activos, normalmente semiconductores, y suelen mostrar un comportamiento no lineal, lo que requiere un análisis complejo. Los componentes eléctricos más simples son los que se denominan pasivos y lineales: si bien pueden almacenar energía temporalmente, no contienen fuentes de ella y exhiben respuestas lineales a los estímulos.



TESTING A RESISTOR

La resistencia es quizás el más simple de los elementos de un circuito pasivo: como sugiere su nombre, resiste la corriente a través de ella, disipando su energía en forma de calor. La resistencia es una consecuencia del movimiento de carga a través de un conductor: en los metales, por ejemplo, la resistencia se debe principalmente a colisiones entre electrones e iones.

La ley de Ohm es una ley básica de la teoría de circuitos, que establece que la corriente que pasa a través de una resistencia es directamente proporcional a la diferencia de potencial a través de ella. La resistencia de la mayoría de los materiales es relativamente constante en un rango de temperaturas y corrientes; los materiales en estas condiciones se conocen como 'óhmicos'.

El ohm, la unidad de resistencia, fue nombrado en honor a Georg Ohm, y está simbolizado por la letra griega Ω . 1 Ω es la resistencia que producirá una diferencia de potencial de un voltio en respuesta a una corriente de un amperio

El condensador es un desarrollo de la botella de Leyden y es un dispositivo que puede almacenar carga y, por lo tanto, almacenar energía eléctrica en el campo resultante. Consta de dos placas conductoras separadas por una fina capa dieléctrica aislante; en la práctica, las láminas metálicas delgadas se enrollan juntas, lo que aumenta el área superficial por unidad de volumen y, por lo tanto, la capacitancia.

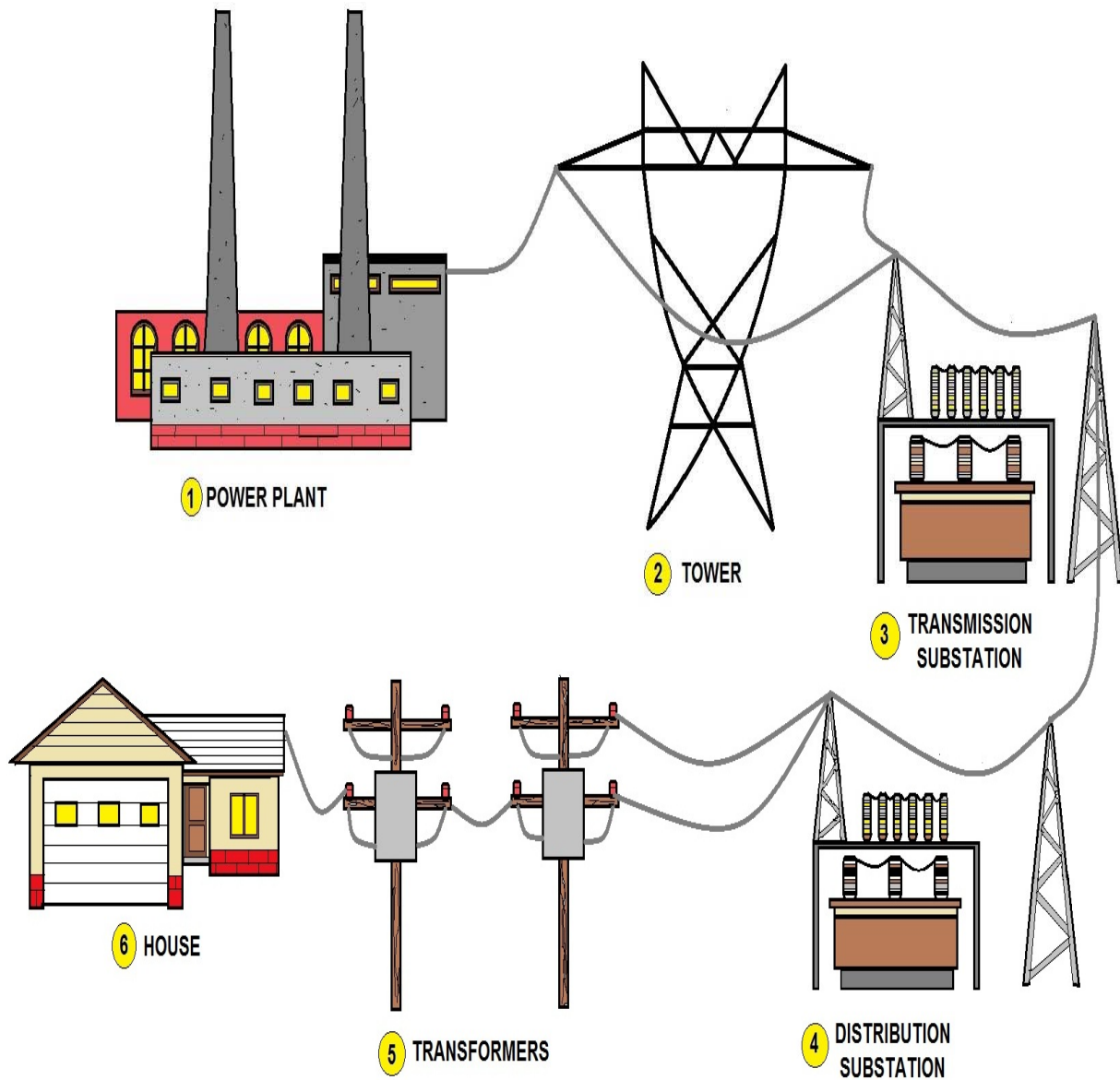
La unidad de capacitancia es el farad, llamado así por Michael Faraday, y dado por el símbolo F: un faradio es la capacitancia que desarrolla una diferencia de potencial de un voltio cuando almacena una carga de un coulombio.

Un capacitor conectado a una fuente de voltaje genera inicialmente una corriente a medida que acumula carga; sin embargo, esta corriente decaerá con el tiempo a medida que el condensador se llene, y eventualmente caerá a cero. Por lo tanto, un condensador no permitirá una corriente de estado estable, sino que la bloqueará.

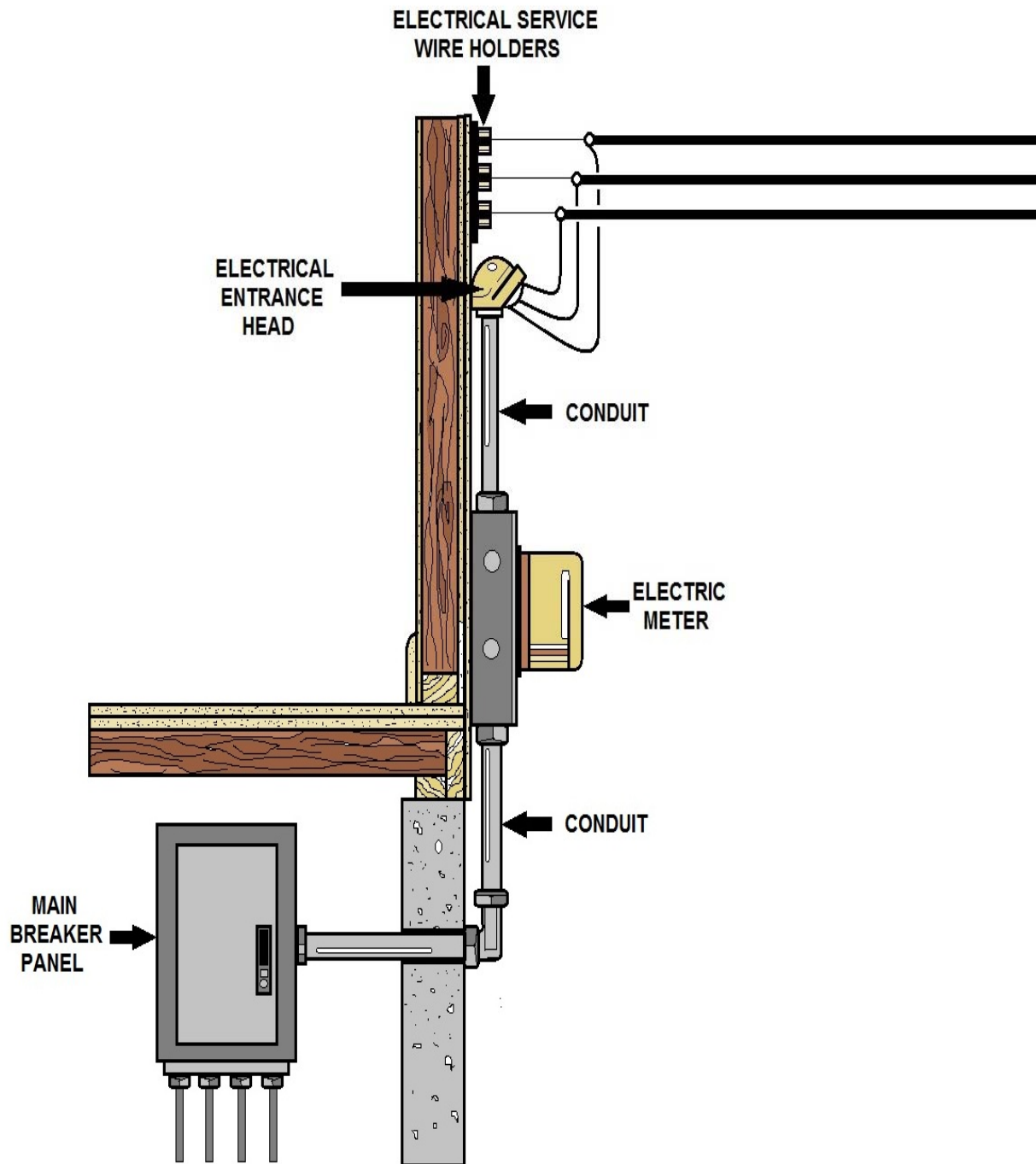
El inductor es un conductor, generalmente una bobina de alambre, que almacena energía en un campo magnético en respuesta a la corriente que lo atraviesa. Cuando la corriente cambia, el campo magnético también lo hace, induciendo un voltaje entre los extremos del conductor. El voltaje inducido es proporcional a la tasa de cambio de la corriente en el tiempo.

La constante de proporcionalidad se denomina inductancia. La unidad de inductancia es el Henry, llamado así por Joseph Henry, un contemporáneo de Faraday.

Un henry es la inductancia que inducirá una diferencia de potencial de un voltio si la corriente que lo atraviesa cambia a razón de un amperio por segundo. El comportamiento del inductor es, en algunos aspectos, inverso al del condensador: permitirá libremente una corriente invariable, pero se opone a una que cambia rápidamente.



POWER - TO - HOME



BASIC HOME ELECTRICITY

¿Qué es la Energía Eléctrica?

La potencia eléctrica es la velocidad a la que la energía eléctrica es transferida por un circuito eléctrico. La unidad SI de potencia es el vatio, un julio por segundo.

La energía eléctrica, como la energía mecánica, es la tasa de trabajo, medida en vatios y representada por la letra *PAG*. El término *potencia* se usa coloquialmente para significar "energía eléctrica en vatios". La potencia eléctrica en vatios producida por una corriente eléctrica y consistente en un cargo de q culombios cada t segundos que pasan a través de una diferencia de potencial eléctrico (voltaje) de V es

$$P = \text{work done per unit time} = \frac{QV}{t} = IV$$

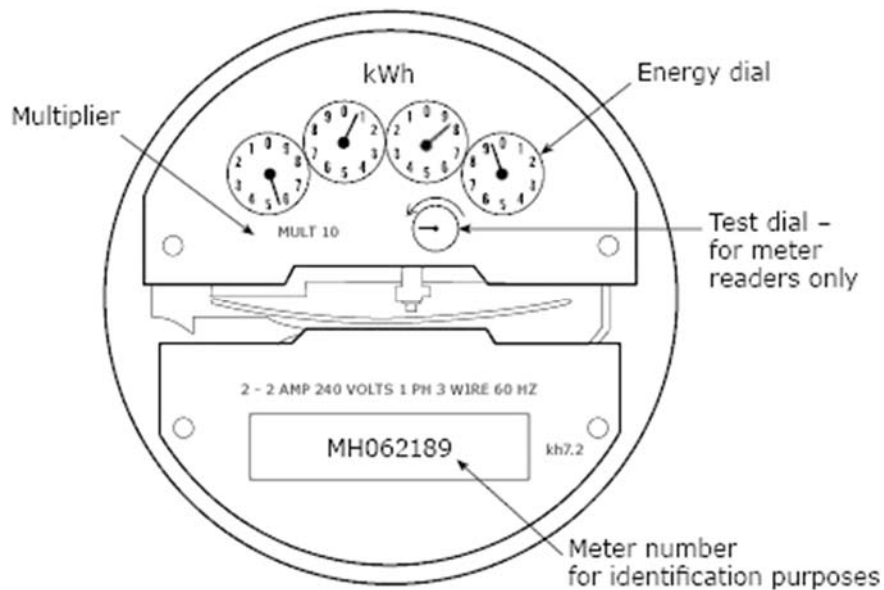
donde

q es la carga eléctrica en culombios t es el

tiempo en segundos

I es la corriente eléctrica en amperios

V es potencial eléctrico o voltaje en voltios



La generación de electricidad a menudo se realiza con generadores eléctricos, pero también puede ser suministrada por fuentes químicas como baterías eléctricas o por otros medios a partir de una amplia variedad de fuentes de energía.

La energía eléctrica generalmente es suministrada a empresas y hogares por la industria de energía eléctrica.

La electricidad generalmente se vende por kilovatio hora (3,6 MJ), que es el producto de la potencia en kilovatios multiplicado por el tiempo de funcionamiento en horas. Las empresas de servicios eléctricos miden la energía utilizando medidores de electricidad, que mantienen un total actualizado de la energía eléctrica entregada a un cliente.

Seguridad primero

Peligros ocultos de la electricidad y los componentes eléctricos

Hay algunos proyectos en los que es mucho más peligroso trabajar, como medidores eléctricos, desconexiones y paneles. Si no se siente cómodo trabajando con circuitos eléctricos o simplemente no está seguro de sus conocimientos eléctricos, algunos de estos proyectos más difíciles deben dejarse en manos de profesionales. Después de todo, están específicamente capacitados para trabajar con voltajes domésticos, sin mencionar los voltajes de aplicaciones comerciales e industriales.

Equipo de seguridad apropiado

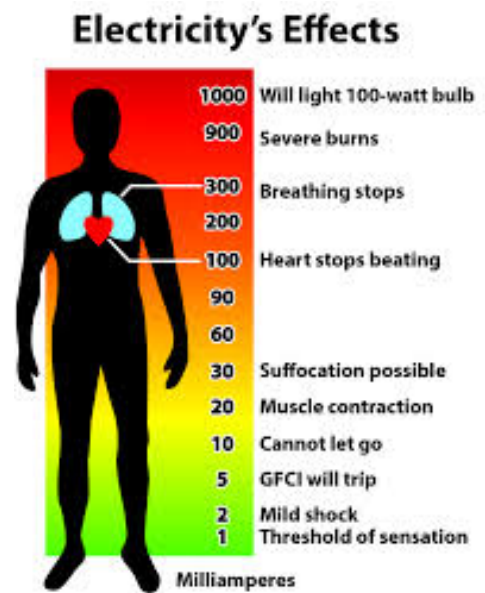
Para evitar lesiones graves por trabajar con electricidad, dispositivos eléctricos, herramientas, cajas, cables, paneles y equipos, use siempre el equipo de seguridad adecuado. Estos incluyen gafas de seguridad, zapatos con suela de goma, guantes y máscaras contra el polvo. Aquí hay siete consejos rápidos de seguridad para tener en cuenta cuando se enfrenta a un proyecto eléctrico.

El primer paso para la seguridad eléctrica es apagar la energía

Primero, siempre desconecte la alimentación del circuito en el que estará trabajando en el panel de servicio principal o desconecte la alimentación del circuito en el que estará trabajando. Recuerde, si no hay energía en el circuito, significa que está seguro para proceder a trabajar en ese circuito o dispositivo conectado a él. Pero, ¿cómo sé con certeza que el circuito está apagado?

Probadores y pruebas eléctricas

Eso me lleva a mi siguiente paso, la prueba. Siempre debe probar dispositivos, paneles; etc... antes de tocar cualquier cosa para asegurarse de que esté apagado. Un probador de voltaje sin contacto puede detectar si el circuito está encendido antes de que saque un interruptor o un tomacorriente de la caja y exponga los cables. Simplemente retire la cubierta y sosténgala junto al dispositivo. Algunos de estos probadores requieren que mantenga presionado un botón para funcionar, así que pruebe el probador en algo que sepa que funciona antes de realizar esta prueba, como el cable de una lámpara.



Seguridad al encender los disyuntores

Y hablando de seguridad, no olvidemos un gran consejo sobre cómo encender y apagar los interruptores en un panel eléctrico. Siempre párese a un lado del panel y gire la cabeza cuando encienda el disyuntor en caso de que algo explote o destelle chispas.

Proteja sus manos alrededor de la electricidad

La protección de las manos es el siguiente método de seguridad. Los guantes pueden proteger las manos de los bordes afilados de cables, cajas, paneles y herramientas. Los guantes también protegen sus manos del clima frío, el agua y las condiciones extremas. Los guantes de goma y los guantes de alto voltaje pueden protegerlo de descargas eléctricas.

Gafas de seguridad para seguridad eléctrica

Las gafas de seguridad protegen sus ojos del polvo y los escombros al serrar y taladrar. Esto es especialmente cierto cuando se trabaja por encima de la cabeza. También pueden proteger sus ojos de fragmentos y cosas al cortar cables.

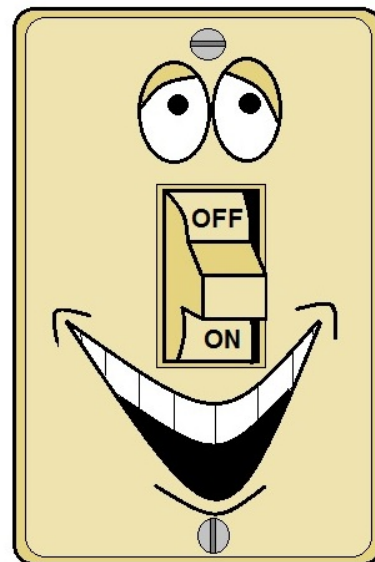
Distribución de electricidad

Distribución de electricidades la etapa final en la entrega de electricidad a los usuarios finales. La red de un sistema de distribución transporta electricidad desde el sistema de transmisión y la entrega a los consumidores. Por lo general, la red incluiría líneas eléctricas de voltaje medio (2 kV a 34,5 kV), subestaciones y transformadores montados en postes, cableado de distribución de voltaje bajo (menos de 1 kV) y, a veces, medidores.

El sistema de distribución moderno comienza cuando el circuito primario sale de la subestación y termina cuando el servicio secundario ingresa al enchufe del medidor del cliente a través de una caída de servicio. Los circuitos de distribución sirven a muchos clientes. El voltaje utilizado es apropiado para la distancia más corta y varía de 2300 a aproximadamente 35 000 voltios, según la práctica estándar de la empresa de servicios públicos, la distancia y la carga a atender. Los circuitos de distribución se alimentan de un transformador. ubicado en una subestación eléctrica, donde se reduce el voltaje de los altos valores utilizados para la transmisión de energía.

Los conductores para la distribución pueden transportarse en líneas de postes aéreos o en áreas densamente pobladas, enterrados bajo tierra. La distribución urbana y suburbana se realiza con sistemas trifásicos para atender cargas residenciales, comerciales e industriales. La distribución en áreas rurales puede ser solo monofásica si no es económico instalar energía trifásica para clientes relativamente pocos y pequeños.

Solo los grandes consumidores se alimentan directamente de los voltajes de distribución; la mayoría de los clientes de servicios públicos están conectados a un transformador, que reduce el voltaje de distribución al voltaje relativamente bajo que utilizan los sistemas de iluminación y cableado interior. El transformador puede montarse en un poste o colocarse en el suelo en un recinto protector. En áreas rurales, un transformador de montaje en poste puede servir solo a una cliente, pero en áreas más urbanizadas se pueden conectar múltiples clientes. En áreas urbanas muy densas, se puede formar una red secundaria con muchos transformadores que alimentan un bus común en el voltaje de utilización. Cada cliente dispone de una bajada de servicio y un contador para la facturación. (Algunas cargas muy pequeñas, como las luces de jardín, pueden ser demasiado pequeñas para medirlas y, por lo tanto, solo se les cobra una tarifa mensual).



Normalmente se proporciona una conexión a tierra a la tierra local para el sistema del cliente, así como para el equipo propiedad de la empresa de servicios públicos. El propósito de conectar el sistema del cliente a tierra es limitar el voltaje que puede desarrollarse si los conductores de alto voltaje caen sobre conductores de voltaje más bajo que generalmente se montan más abajo del suelo, o si ocurre una falla dentro de un transformador de distribución. Si todos los objetos conductores están conectados al mismo sistema de puesta a tierra, se minimiza el riesgo de descarga eléctrica. Sin embargo, las conexiones múltiples entre la conexión a tierra de la red pública y la conexión a tierra del cliente pueden provocar problemas de tensión parásita; Las tuberías del cliente, las piscinas u otros equipos pueden desarrollar voltajes objetables.

Estos problemas pueden ser difíciles de resolver ya que a menudo se originan en lugares distintos a las instalaciones del cliente.

Las redes de distribución suelen ser de dos tipos, radiales o interconectadas. Una red radial sale de la estación y pasa por el área de la red sin conexión normal a ningún otro suministro.

Esto es típico de largas líneas rurales con áreas de carga aisladas. Una red interconectada generalmente se encuentra en áreas más urbanas y tendrá múltiples conexiones a otros puntos de suministro. Estos puntos de conexión normalmente están abiertos pero permiten varias configuraciones por parte de la utilidad operativa al cerrar y abrir interruptores.

La operación de estos interruptores puede ser por control remoto desde un centro de control o por un liniero. El beneficio del modelo interconectado es que, en caso de falla o mantenimiento requerido, se puede aislar una pequeña área de la red y mantener el resto con suministro.

Dentro de estas redes puede haber una combinación de construcción de líneas aéreas que utilizan postes y cables de servicios públicos tradicionales y, cada vez más, construcción subterránea con cables y subestaciones interiores o en gabinetes. Sin embargo, la distribución subterránea es significativamente más costosa que la construcción aérea. En parte para reducir este costo, las líneas eléctricas subterráneas a veces se ubican junto con otras líneas de servicios públicos en lo que se denominan conductos de servicios públicos comunes. Los alimentadores de distribución que emanan de una subestación generalmente están controlados por un interruptor automático que se abrirá cuando se detecte una falla. Se pueden instalar reconectores automáticos de circuito para segregarse aún más el alimentador, minimizando así el impacto de las fallas.

Los alimentadores largos experimentan una caída de tensión que requiere la instalación de condensadores o reguladores de tensión.

Las características del suministro que se da a los clientes son generalmente obligatorias por contrato entre el proveedor y el cliente. Las variables de la oferta incluyen:

- CA o CC: prácticamente todos los suministros públicos de electricidad son CA en la actualidad. Los usuarios de grandes cantidades de energía de CC, como algunos ferrocarriles eléctricos, centrales telefónicas y procesos industriales como la fundición de aluminio, generalmente operan por su cuenta o tienen equipos de generación dedicados adyacentes, o usan rectificadores para derivar CC del suministro de CA público
- Voltaje nominal y tolerancia (por ejemplo, ± 5 por ciento)
- Frecuencia, comúnmente 50 o 60 Hz, 16,7 Hz y 25 Hz para algunos ferrocarriles y, en algunos lugares industriales y mineros más antiguos, 25 Hz.
- Configuración de fase (monofásica, polifásica incluyendo bifásica y trifásica) Demanda máxima
- (algunos proveedores de energía la miden como la mayor potencia media entregada en un período de 15 o 30 minutos durante un período de facturación)
- Factor de carga, expresado como una relación entre la carga promedio y la carga máxima durante un período de tiempo. El factor de carga indica el grado de utilización efectiva del equipo (y la inversión de capital) de la línea o sistema de distribución.
- Factor de potencia de la carga conectada
- Sistemas de puesta a tierra: TT, TN-S, TN-CS o TN-C
- Posible corriente de cortocircuito
- Nivel máximo y frecuencia de ocurrencia de transitorios

La reconfiguración, mediante el intercambio de enlaces funcionales entre los elementos del sistema, representa una de las medidas más importantes que pueden mejorar el rendimiento operativo de un sistema de distribución. El problema de optimización a través de la reconfiguración de un sistema de distribución de energía, en términos de su definición, es un problema histórico de un solo objetivo con restricciones. Desde 1975, cuando Merlin y Back introdujeron la idea de la reconfiguración del sistema de distribución para la reducción de pérdidas de potencia activa, hasta la actualidad, muchos investigadores han propuesto diversos métodos y algoritmos para resolver el problema de la reconfiguración como un problema de objetivo único.

Historia de la teoría electromagnética

Originalmente se pensaba que la electricidad y el magnetismo eran dos fuerzas separadas. Este punto de vista cambió, sin embargo, con la publicación de 1873 de James Clerk Maxwell. *Tratado de Electricidad y Magnetismo* en el que se demostró que las interacciones de las cargas positivas y negativas están reguladas por una fuerza. Hay cuatro efectos principales resultantes de estas interacciones, todos los cuales han sido claramente demostrados mediante experimentos:

1. Las cargas eléctricas se atraen o se repelen con una fuerza inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas: las cargas diferentes se atraen, las iguales se repelen.
2. Los polos magnéticos (o estados de polarización en puntos individuales) se atraen o se repelen de manera similar y siempre vienen en pares: cada polo norte está unido a un polo sur.
3. Una corriente eléctrica en un alambre crea un campo magnético circular alrededor del alambre, su dirección (hacia la derecha o hacia la izquierda) depende de la corriente.
4. Se induce una corriente en una espira de alambre cuando se acerca o se aleja de un campo magnético, o se acerca o se aleja un imán, dependiendo la dirección de la corriente de la del movimiento.

Mientras se preparaba para una conferencia vespertina el 21 de abril de 1820, Hans Christian Ørsted hizo una observación sorprendente. Mientras preparaba sus materiales, notó que la aguja de una brújula se desviaba del norte magnético cuando la corriente eléctrica de la batería que estaba usando se encendía y apagaba. Esta desviación lo convenció de que los campos magnéticos irradian desde todos los lados de un cable que transporta una corriente eléctrica, al igual que lo hacen la luz y el calor, y que confirmaba una relación directa entre la electricidad y el magnetismo.

En el momento del descubrimiento, Ørsted no sugirió ninguna explicación satisfactoria del fenómeno, ni trató de representar el fenómeno en un marco matemático. Sin embargo, tres meses después inició investigaciones más intensas. Poco después publicó sus hallazgos, demostrando que una corriente eléctrica produce un campo magnético cuando fluye a través de un cable. La unidad CGS de inducción magnética (oersted) recibe su nombre en honor a sus contribuciones al campo del electromagnetismo.

Sus hallazgos dieron como resultado una intensa investigación en toda la comunidad científica en electrodinámica. Influyeron en los desarrollos del físico francés André-Marie Ampère de una sola forma matemática para representar las fuerzas magnéticas entre los conductores que transportan corriente. El descubrimiento de Ørsted también representó un gran paso hacia un concepto unificado de energía.

Esta unificación, que fue observada por Michael Faraday, ampliada por James Clerk Maxwell y parcialmente reformulada por Oliver Heaviside y Heinrich Hertz, es uno de los logros clave de la física matemática del siglo XIX. Tuvo consecuencias de largo alcance, una de las cuales fue la comprensión de la naturaleza de la luz.

A diferencia de lo que se propuso en Electromagnetismo, actualmente se considera que la luz y otras ondas electromagnéticas toman la forma de perturbaciones de campo electromagnético oscilatorio cuantificadas y autopropagantes que se han denominado fotones. Las diferentes frecuencias de oscilación dan lugar a las diferentes formas de radiación electromagnética, desde las ondas de radio en las frecuencias más bajas hasta la luz visible en las frecuencias intermedias y los rayos gamma en las frecuencias más altas.

Ørsted no fue la única persona que examinó la relación entre la electricidad y el magnetismo. En 1802, Gian Domenico Romagnosi, un jurista italiano, desvió una aguja magnética mediante cargas electrostáticas. En realidad, no existía corriente galvánica en la configuración y, por lo tanto, no había electromagnetismo. En 1802 se publicó un relato del descubrimiento en un periódico italiano, pero la comunidad científica contemporánea lo pasó por alto en gran medida.

Descripción general

La fuerza electromagnética es una de las cuatro fuerzas fundamentales conocidas. Las otras fuerzas fundamentales son:

- la fuerza nuclear débil, que se une a todas las partículas conocidas en el modelo estándar y provoca ciertas formas de desintegración radiactiva. (Sin embargo, en la física de partículas, la interacción electrodébil es la descripción unificada de dos de las cuatro interacciones fundamentales conocidas de la naturaleza: el electromagnetismo y la interacción débil);
- la fuerza nuclear fuerte, que une a los quarks para formar nucleones, y une a los nucleones para formar núcleos
- la fuerza gravitatoria.

Todas las demás fuerzas (p. ej., la fricción) se derivan en última instancia de estas fuerzas fundamentales y del impulso que lleva el movimiento de las partículas.

La fuerza electromagnética es la responsable de prácticamente todos los fenómenos que encontramos en la vida cotidiana por encima de la escala nuclear, a excepción de la gravedad. En términos generales, todas las fuerzas involucradas en las interacciones entre los átomos pueden explicarse por la fuerza electromagnética que actúa sobre los núcleos atómicos cargados eléctricamente y los electrones dentro y alrededor de los átomos, junto con la forma en que estas partículas transportan el impulso por su movimiento. Esto incluye las fuerzas que experimentamos al "empujar" o "jalar" objetos materiales ordinarios, que provienen de las fuerzas intermoleculares entre las moléculas individuales de nuestro cuerpo y las de los objetos. También incluye todas las formas de fenómenos químicos.

Una parte necesaria para comprender las fuerzas intraatómicas e intermoleculares es la fuerza efectiva generada por el momento del movimiento de los electrones, y que los electrones se mueven entre los átomos que interactúan, llevando consigo el momento. A medida que una colección de electrones se vuelve más confinada, su momento mínimo necesariamente aumenta debido al principio de exclusión de Pauli. El comportamiento de la materia a escala molecular, incluida su densidad, está determinado por el equilibrio entre la fuerza electromagnética y la fuerza generada por el intercambio de momento que llevan los propios electrones.

Electrodinámica clásica

El científico William Gilbert propuso, en su *Magneto* (1600), que la electricidad y el magnetismo, aunque ambos capaces de causar atracción y repulsión de objetos, eran efectos distintos. Los marineros habían notado que los rayos tenían la capacidad de perturbar la aguja de una brújula, pero el vínculo entre los rayos y la electricidad no se confirmó hasta los experimentos propuestos por Benjamin Franklin en 1752. Uno de los primeros en descubrir y publicar un vínculo entre la corriente eléctrica artificial y magnetismo fue Romagnosi, quien en 1802 notó que al conectar un cable a través de una pila voltaica se desviaba la aguja de una brújula cercana.

Sin embargo, el efecto no se hizo ampliamente conocido hasta 1820, cuando Ørsted realizó un experimento similar. El trabajo de Ørsted influyó en Ampère para producir una teoría del electromagnetismo que estableció el tema sobre una base matemática.

Varios físicos desarrollaron una teoría del electromagnetismo, conocida como electromagnetismo clásico, a lo largo del siglo XIX, que culminó con el trabajo de James Clerk Maxwell, quien unificó los desarrollos anteriores en una sola teoría y descubrió la naturaleza electromagnética de la luz. En el electromagnetismo clásico, el campo electromagnético obedece a un conjunto de ecuaciones conocidas como ecuaciones de Maxwell, y la fuerza electromagnética viene dada por la ley de fuerza de Lorentz.

Una de las peculiaridades del electromagnetismo clásico es que es difícil de reconciliar con la mecánica clásica, pero es compatible con la relatividad especial. Según las ecuaciones de Maxwell, la velocidad de la luz en el vacío es una constante universal, que depende únicamente de la permitividad eléctrica y la permeabilidad magnética del espacio libre.

Esto viola la invariancia de Galileo, una piedra angular de larga data de la mecánica clásica. Una forma de reconciliar las dos teorías (electromagnetismo y mecánica clásica) es asumir la existencia de un éter luminífero a través del cual se propaga la luz. Sin embargo, los esfuerzos experimentales posteriores no lograron detectar la presencia del éter.

Tras importantes aportes de Hendrik Lorentz y Henri Poincaré, en 1905, Albert Einstein resolvió el problema con la introducción de la relatividad especial, que reemplaza la cinemática clásica por una nueva teoría de la cinemática compatible con el electromagnetismo clásico.

Además, la teoría de la relatividad muestra que en marcos de referencia móviles, un campo magnético se transforma en un campo con un componente eléctrico distinto de cero y viceversa; mostrando así firmemente que son dos caras de la misma moneda, y por lo tanto el término "electromagnetismo".

Efecto fotoeléctrico

En otro artículo publicado ese mismo año, Albert Einstein socavó los cimientos mismos del electromagnetismo clásico. En su teoría del efecto fotoeléctrico (por la que ganó el premio Nobel de física) e inspirado por la idea de los "cuantos" de Max Planck, postuló que la luz también podría existir en cantidades discretas similares a partículas, lo que más tarde llegó a ser conocidos como fotones.

La teoría del efecto fotoeléctrico de Einstein amplió las ideas que aparecieron en la solución de la catástrofe ultravioleta presentada por Max Planck en 1900.

En su trabajo, Planck demostró que los objetos calientes emiten radiación electromagnética en paquetes discretos ("cuantos"), lo que conduce a una energía total finita emitida como radiación de cuerpo negro. Ambos resultados estaban en contradicción directa con la visión clásica de la luz como una onda continua.

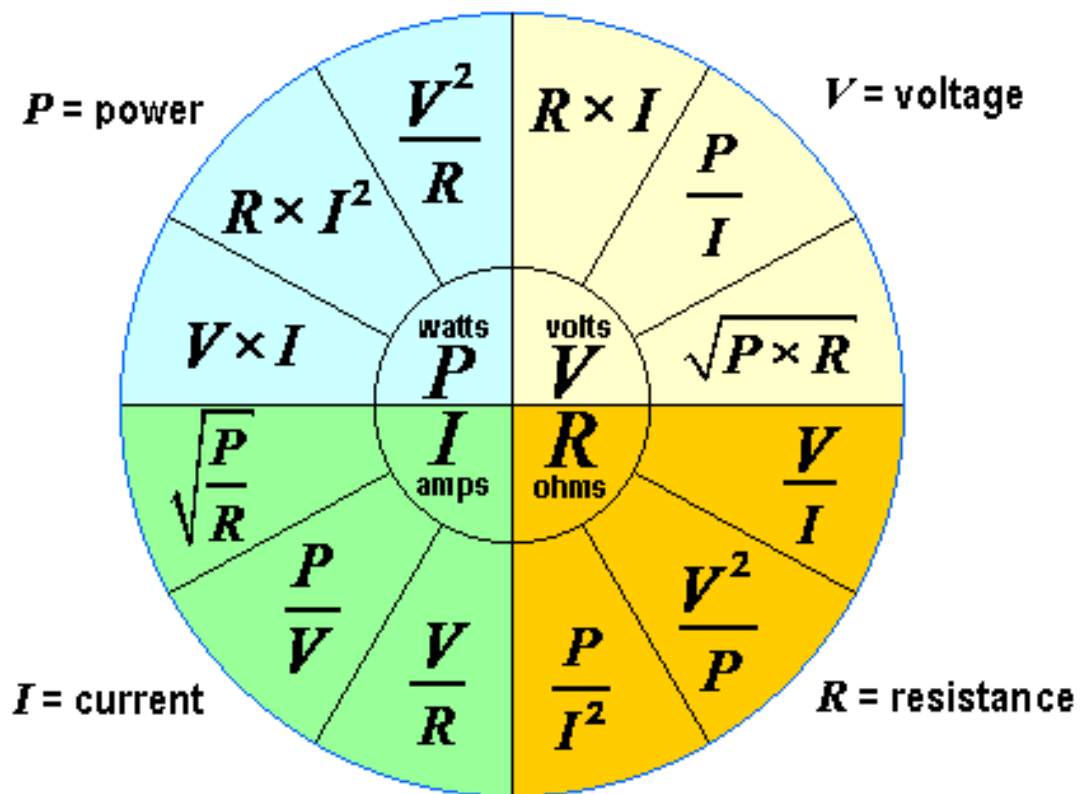
Las teorías de Planck y Einstein fueron precursoras de la mecánica cuántica, que, cuando se formuló en 1925, requirió la invención de una teoría cuántica del electromagnetismo.

Esta teoría, completada en las décadas de 1940 y 1950, se conoce como electrodinámica cuántica (o "QED") y, en situaciones en las que se aplica la teoría de perturbaciones, es una de las teorías más precisas conocidas por la física.

Cantidades y Unidades

Las unidades electromagnéticas son parte de un sistema de unidades eléctricas basado principalmente en las propiedades magnéticas de las corrientes eléctricas, siendo la unidad SI fundamental el amperio. Las unidades son:

- amperio (corriente eléctrica)
- culombio (carga eléctrica)
- farad (capacitancia)
- enrique (inductancia)
- ohmio (resistencia)
- tesla (densidad de flujo magnético)
- voltio (potencial eléctrico)
- vatio (potencia)
- weber (flujo magnético)



Unidades de electromagnetismo SI

Símbolo	Nombre de la cantidad	Unidades derivadas	Unidad	Unidades base
y	corriente eléctrica	amperio (unidad base SI)	Un	A (= W/V = C/s)
q	carga eléctrica	culombio	C	A·s
$tu, \Delta V, \Delta \varphi$	diferencia de potencial; mi fuerza electromotriz	voltio	V	kg·metro ² ·s ⁻³ ·A ⁻¹ (= J/C)
R, Z, X	resistencia eléctrica; impedancia; resistencia reactiva	ohm	Ω	kg·metro ² ·s ⁻³ ·A ⁻² (=V/A)
ρ	resistividad	medidor de ohmios	Ω -metro	kg·metro ³ ·s ⁻³ ·A ⁻²
PAG	energía eléctrica	vatio	W	kg·metro ² ·s ⁻³ (=V·A) kg ⁻¹ ·
C	capacidad	faradio	F	metro ⁻² ·s ⁴ ·A ² (= C/V) kg·
mi	fuerza del campo eléctrico	voltios por metro	V/m	metro·s ⁻³ ·A ⁻¹ (= N/C)
D	campo de desplazamiento eléctrico	culombio por cuadrado metro	Cm ² A·s·metro ⁻²	
ϵ	permitividad	farad por metro	F/m	kg ⁻¹ ·metro ⁻³ ·s ⁴ ·A ²
X_{mi}	susceptibilidad eléctrica	(adimensional)	– –	
$GRAMO, Y, B$	conductancia; entrada; susceptancia	siemens	S	kg ⁻¹ ·metro ⁻² ·s ³ ·A ² (= Ω^{-1})
k, γ, σ	conductividad	siemens por metro	S/m	kg ⁻¹ ·metro ⁻³ ·s ³ ·A ²
B	densidad de flujo magnético, inducción magnética	tesla	T	kg·s ⁻² ·A ⁻¹ (= Wb/m ² = norte· A ⁻¹ ·metro ⁻¹)
Φ	flujo magnético	Weber	Wb	kg·metro ² ·s ⁻² ·A ⁻¹ (=V·s) un·
H	intensidad del campo magnético	amperio por metro	Soy	metro ⁻¹
$L, METRO$	inductancia	Enrique	H	kg·metro ² ·s ⁻² ·A ⁻² (= Wb/A = V·s/a)
m	permeabilidad	Enrique por metro	H/m	kg·metro·s ⁻² ·A ⁻²
X	Susceptibilidad magnética	(adimensional)	– –	

Las fórmulas de las leyes físicas del electromagnetismo (como las ecuaciones de Maxwell) deben ajustarse según el sistema de unidades que se utilice. Esto se debe a que no existe una correspondencia biunívoca entre las unidades electromagnéticas del SI y las del CGS, como es el caso de las unidades mecánicas.

Además, dentro de CGS, hay varias opciones plausibles de unidades electromagnéticas, lo que lleva a diferentes "subsistemas" de unidades, incluidos Gaussian, "ESU", "EMU" y Heaviside-Lorentz. Entre estas opciones, las unidades gaussianas son las más comunes en la actualidad y, de hecho, la frase "unidades CGS" se usa a menudo para referirse específicamente a las unidades gaussianas CGS.

Corriente alterna

En corriente alterna (CA, también CA), el movimiento de la carga eléctrica invierte periódicamente la dirección. En corriente continua (DC, también dc), el flujo de carga eléctrica es solo en una dirección.

AC es la forma en que se entrega la energía eléctrica a las empresas y residencias. La forma de onda habitual de un circuito de alimentación de CA es una onda sinusoidal. En ciertas aplicaciones, se utilizan diferentes formas de onda, como ondas triangulares o cuadradas. Las señales de audio y radio transportadas por cables eléctricos también son ejemplos de corriente alterna. En estas aplicaciones, un objetivo importante suele ser la recuperación de información codificada (o modulada) en la señal de CA.

Ocurrencias

Los ejemplos naturales observables de corriente eléctrica incluyen relámpagos, electricidad estática y el viento solar, la fuente de las auroras polares.

Las ocurrencias de corriente eléctrica hechas por el hombre incluyen el flujo de electrones de conducción en cables metálicos, como las líneas eléctricas aéreas que entregan energía eléctrica a largas distancias y los cables más pequeños dentro de los equipos eléctricos y electrónicos. Las corrientes de Foucault son corrientes eléctricas que ocurren en conductores expuestos a campos magnéticos cambiantes. De manera similar, se producen corrientes eléctricas, particularmente en la superficie, de conductores expuestos a ondas electromagnéticas. Cuando las corrientes eléctricas oscilantes fluyen a los voltajes correctos dentro de las antenas de radio, se generan ondas de radio.

En electrónica, otras formas de corriente eléctrica incluyen el flujo de electrones a través de resistencias o a través del vacío en un tubo de vacío, el flujo de iones dentro de una batería o una neurona y el flujo de agujeros dentro de un semiconductor.

Medida de corriente

A nivel de circuito, existen varias técnicas que se pueden utilizar para medir la corriente:

- Resistencias de derivación
- Transductores de sensor de corriente de efecto Hall
- Transformadores (sin embargo, no se puede medir CC)
- Sensores de campo magnetorresistivos

Calentamiento resistivo

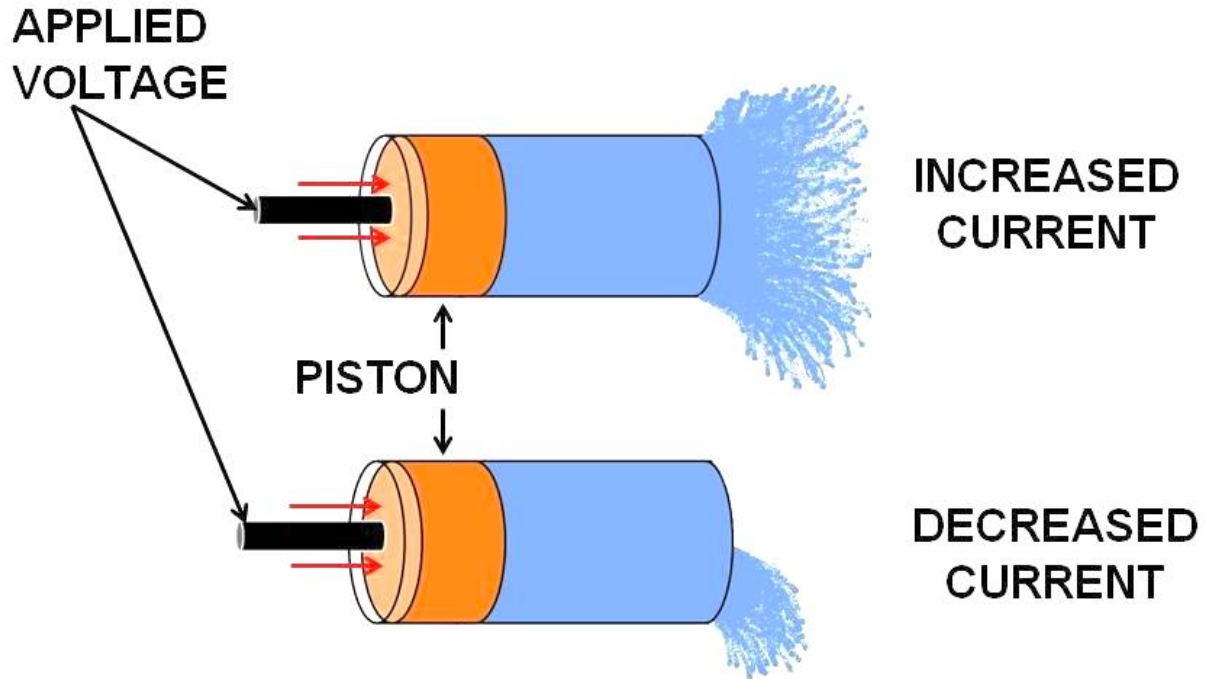
Calentamiento Joule, también conocido como *calentamiento óhmico* o *calentamiento resistivo*, es el proceso por el cual al paso de una corriente eléctrica a través de un conductor se desprende calor. Fue estudiado por primera vez por James Prescott Joule en 1841. Joule sumergió un trozo de cable en una masa fija de agua y midió el aumento de temperatura debido a una corriente conocida a través del cable durante un período de 30 minutos. Al variar la corriente y la longitud del cable, dedujo que el calor producido era proporcional al cuadrado de la corriente multiplicado por la resistencia eléctrica del cable.

$$Q \propto I^2 R$$

Esta relación se conoce como la Primera Ley de Joule. Posteriormente, la unidad de energía SI se denominó joule y se le dio el símbolo J . La unidad de potencia comúnmente conocida, el vatio, equivale a un julio por segundo.

Voltio

El **voltio** (símbolo: **V**) es la unidad derivada del SI para potencial eléctrico (voltaje), diferencia de potencial eléctrico y fuerza electromotriz. El voltio recibe su nombre en honor al físico italiano Alessandro Volta (1745–1827), quien inventó la pila voltaica, posiblemente la primera batería química.



VOLTAGE AND CURRENT

Definición

Un solo voltio se define como la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de un cable conductor cuando una corriente eléctrica de un amperio disipa un vatio de potencia entre esos puntos. También es igual a la diferencia de potencial entre dos planos infinitos paralelos separados por 1 metro que crean un campo eléctrico de 1 newton por coulomb. Además, es la diferencia de potencial entre dos puntos lo que impartirá un joule de energía por culombio de carga que lo atraviese. Se puede expresar en términos de unidades básicas del SI (m, kg, s y A) como:

$$V = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{A} \cdot \text{s}^3}.$$

También se puede expresar como amperios $\times$ ohmios (ley de Ohm), potencia por unidad de corriente (ley de Joule) o energía por unidad de carga:

$$V = A \cdot \Omega = \frac{W}{A} = \frac{J}{C}.$$

Definición de cruce de Josephson

Entre 1990 y 1997, el voltio se calibró usando el efecto Josephson para la conversión exacta de voltaje a frecuencia, combinado con la referencia de tiempo de cesio-133, según lo decidido por la 18ª Conferencia General sobre Pesos y Medidas. Se utiliza el siguiente valor para la constante de Josephson:

$$k_{J-90} = 2\pi e/h = 0,4835979 \text{ GHz}/\mu\text{V},$$

donde e es la carga elemental y h es la constante de Planck.

Esto se usa típicamente con una matriz de varios miles o decenas de miles de uniones, excitadas por señales de microondas entre 10 y 80 GHz (según el diseño de la matriz). Empíricamente, varios experimentos han demostrado que el método es independiente del diseño del dispositivo, material, configuración de medición, etc., y no se requieren términos de corrección en una implementación práctica.

Historia



Alejandro Volta

En 1800, como resultado de un desacuerdo profesional sobre la respuesta galvánica preconizada por Luigi Galvani, Alessandro Volta desarrolló la llamada pila voltaica, precursora de la batería, que producía una corriente eléctrica constante. Volta había determinado que el par de metales disímiles más eficaz para producir electricidad es el zinc y la plata. En la década de 1880, el Congreso Eléctrico Internacional, ahora la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), aprobó el voltio como unidad de fuerza electromotriz. Hicieron el voltio igual a 10^8 cgs unidades de voltaje, siendo el sistema cgs en ese momento el sistema de unidades habitual en la ciencia. Eligieron tal relación porque la unidad cgs de voltaje es inconvenientemente pequeña y un voltio en esta definición es aproximadamente la fem de una celda Daniell, la fuente estándar de voltaje en los sistemas de telégrafo de la época. En ese momento, el voltio se definía como la diferencia de potencial [es decir, lo que hoy en día se denomina "voltaje (diferencia)"] a través de un conductor cuando una corriente de un amperio disipa un vatio de potencia.

El voltio internacional se definió en 1893 como $1/1,434$ de la fem de una celda Clark. Esta definición se abandonó en 1908 en favor de una definición basada en el ohmio internacional y el amperio internacional hasta que se abandonó todo el conjunto de "unidades reproducibles" en 1948. Antes del desarrollo del estándar de voltaje de unión de Josephson, el voltio se mantuvo en el estándar nacional. laboratorios que utilizan baterías especialmente construidas llamadas celdas estándar. Estados Unidos utilizó un diseño llamado celda Weston desde 1905 hasta 1972.

Amperio

El **Amperio** (símbolo de la unidad SI: A; Símbolo de dimensión SI: I), a menudo abreviado como **amperio**, es la unidad SI de corriente eléctrica (símbolo de cantidad: i , I) y es una de las siete unidades básicas del SI. Lleva el nombre de André-Marie Ampère (1775–1836), matemático y físico francés, considerado el padre de la electrodinámica.

En términos prácticos, el Amperio es una medida de la cantidad de carga eléctrica que pasa por un punto de un circuito eléctrico por unidad de tiempo, con 6.241×10^{18} electrones (o un culombio) por segundo constituyendo un amperio.

La definición práctica puede generar confusión con la definición de coulomb (es decir, 1 amperiosegundo) y amperio-hora (A·h), pero en términos prácticos esto significa que las medidas de una corriente constante (p. ej., el flujo nominal de carga por segundo a través de un circuito simple) se definirá en amperios (p. ej., "un circuito de 20 mA") y el flujo de carga a través de un circuito durante un período de tiempo se definirá en culombios (p. ej., "un circuito de corriente variable que fluye un total de 10 culombios en 5 segundos"). De esta forma, los amperios pueden verse como un caudal, es decir, el número de partículas (cargadas) que transitan por unidad de tiempo, y los culombios simplemente como el número de partículas.

Definición

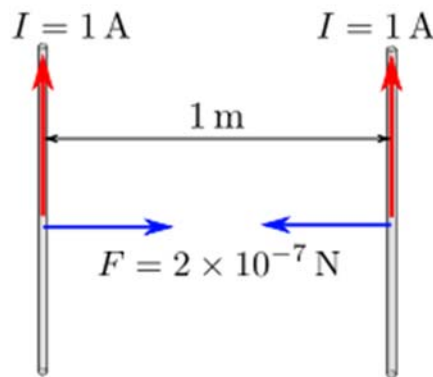


Ilustración de la definición de la unidad de amperios

La ley de fuerza de Ampère establece que existe una fuerza atractiva o repulsiva entre dos cables paralelos que transportan una corriente eléctrica. Esta fuerza se utiliza en la definición formal del amperio, que establece que es "la corriente constante que producirá una fuerza de atracción de 2×10^{-7} newton por metro de longitud entre dos conductores rectos paralelos de longitud infinita y sección transversal circular despreciable colocados a un metro de distancia en el vacío".

La unidad SI de carga, el culombio, "es la cantidad de electricidad transportada en 1 segundo por una corriente de 1 amperio". Por el contrario, una corriente de un amperio es un culombio de carga que pasa por un punto dado por segundo:

$$1 \text{ A} = 1 \frac{\text{C}}{\text{s}}.$$

En general, la carga q está determinada por la corriente constante i y el tiempo t como $q = i t$.

Historia

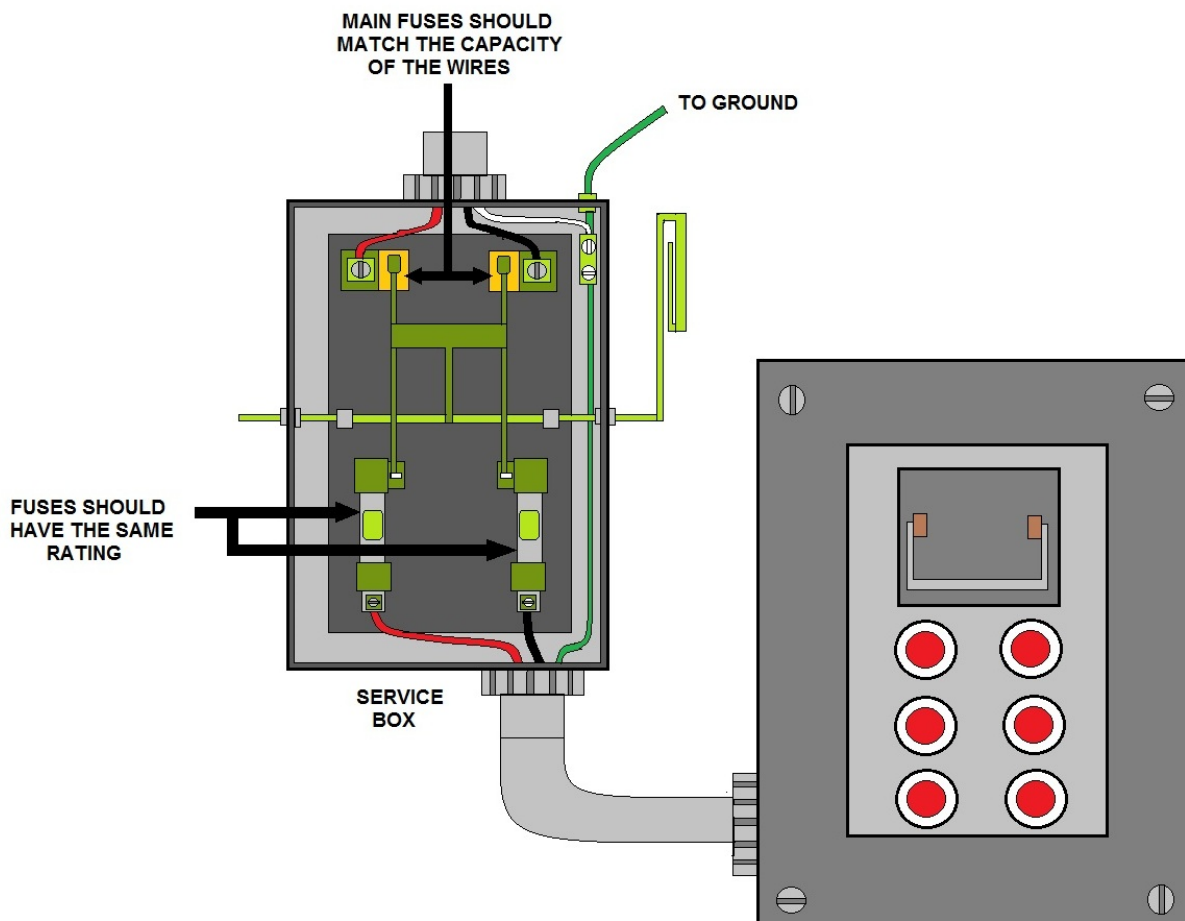
El amperio se definió originalmente como una décima parte de la unidad de corriente electromagnética del sistema CGS (ahora conocida como abampere), la cantidad de corriente que genera una fuerza de dos dinas por centímetro de longitud entre dos cables separados por un centímetro. El tamaño de la unidad se eligió para que las unidades derivadas de ella en el sistema MKSA tuvieran un tamaño conveniente.

El "amperio internacional" fue una realización temprana del amperio, definido como la corriente que depositaría 0,001118 gramos de plata por segundo a partir de una solución de nitrato de plata. Posteriormente, mediciones más precisas revelaron que esta corriente es de 0,99985 A.

Realización

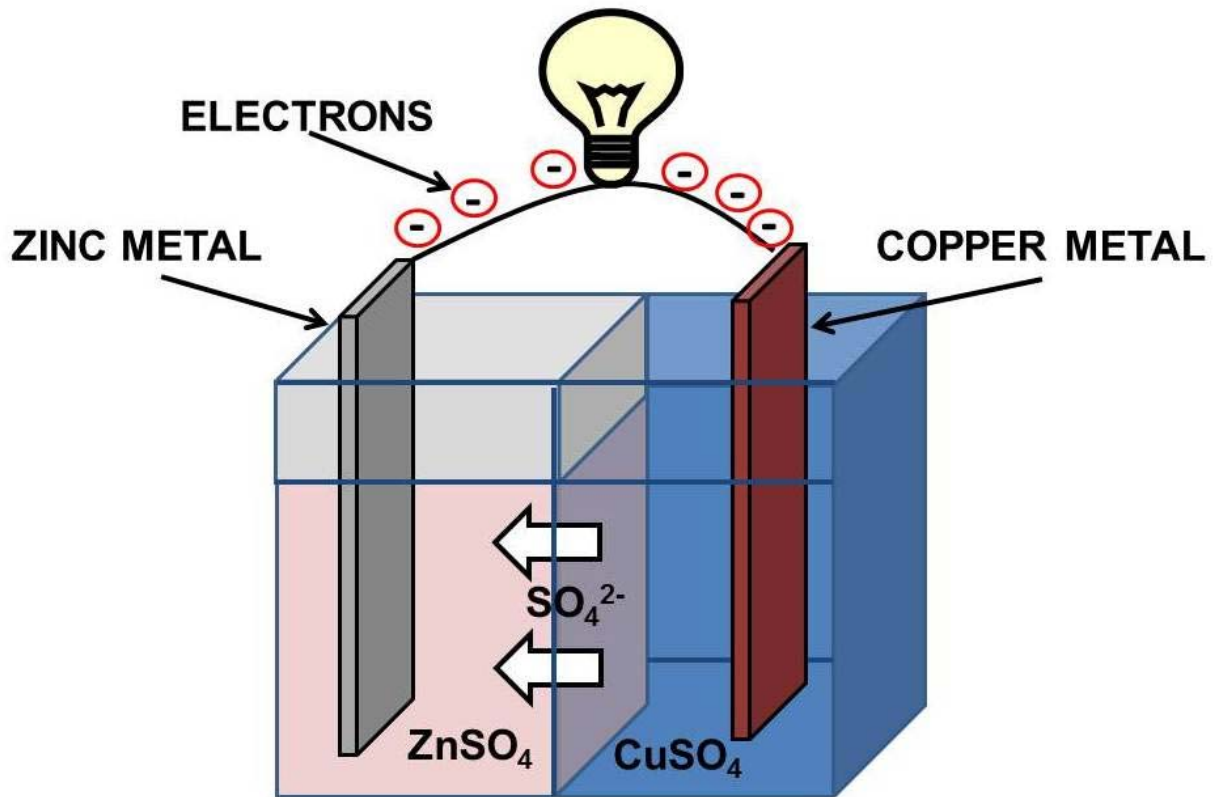
El amperio estándar se obtiene con mayor precisión utilizando un balance de vatios, pero en la práctica se mantiene a través de la ley de Ohm a partir de las unidades de fuerza y resistencia electromotriz, el voltio y el ohmio, ya que los dos últimos pueden relacionarse con fenómenos físicos que son relativamente fáciles de determinar: reproducir, la unión de Josephson y el efecto Hall cuántico, respectivamente.

En la actualidad, las técnicas para establecer la realización de un amperio tienen una incertidumbre relativa de aproximadamente unas pocas partes en 10^7 , e implican realizaciones del vatio, el ohmio y el voltio.



PROPERLY SIZING FUSES

Las baterías producen electricidad



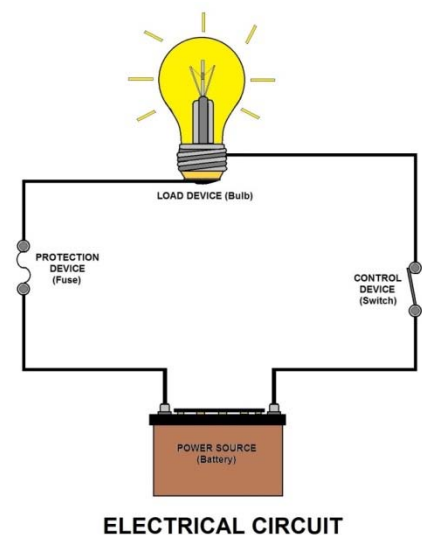
ELECTROCHEMICAL CELL

Una batería produce electricidad usando dos metales diferentes en una solución química. Una reacción química entre los metales y los químicos libera más electrones en un metal que en el otro. Un extremo de la batería está unido a uno de los metales; el otro extremo está unido al otro metal.

El extremo que libera más electrones desarrolla una carga positiva y el otro extremo desarrolla una carga negativa. Si se conecta un cable de un extremo de la batería al otro, los electrones fluyen a través del cable para equilibrar la carga eléctrica.

Una carga es un dispositivo que funciona o realiza un trabajo. Si se coloca una carga, como una bombilla, a lo largo del cable, la electricidad puede hacer trabajo a medida que fluye a través del cable.

Los electrones fluyen desde el extremo negativo de la batería a través del cable hasta la bombilla. La electricidad fluye a través del cable de la bombilla y regresa al extremo positivo de la batería.

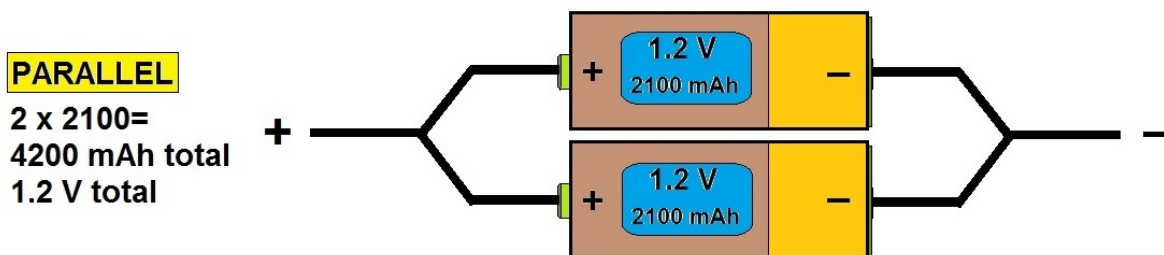
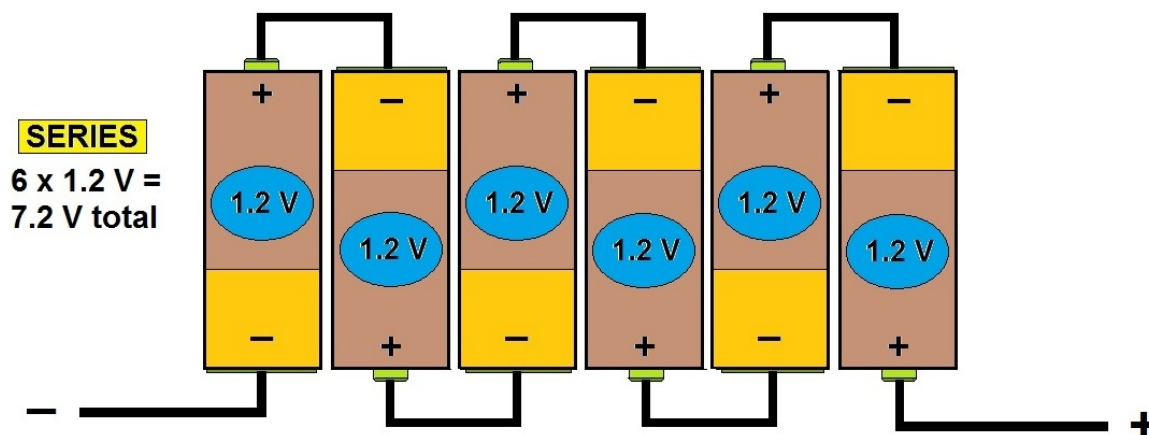


Viajes de electricidad en circuitos

La electricidad viaja en bucles o circuitos cerrados. Debe tener un camino completo antes de que los electrones puedan moverse. Si un circuito está abierto, los electrones no pueden fluir. Cuando encendemos un interruptor de luz, cerramos un circuito. La electricidad fluye desde un cable eléctrico, a través de la bombilla y de regreso por otro cable.

Cuando apagamos el interruptor, abrimos el circuito. No fluye electricidad hacia la luz. Cuando encendemos un interruptor de luz, la electricidad fluye a través de un pequeño cable en la bombilla. El alambre se calienta mucho. Hace que el gas de la bombilla brille. Cuando la bombilla se quema, el pequeño cable se ha roto. El camino a través de la bombilla se ha ido.

Cuando encendemos el televisor, la electricidad fluye a través de los cables dentro del televisor, produciendo imágenes y sonido. A veces, la electricidad hace funcionar los motores, en lavadoras o batidoras. La electricidad hace mucho trabajo por nosotros muchas veces al día.



BATTERY CELL CONNECTIONS

Probadores y cómo funcionan

Si la idea de trabajar en un circuito eléctrico lo hace temblar porque el circuito aún puede estar encendido o "caliente", entonces invertir en un multímetro, voltímetro o un probador de luz de neón debería ser su primera orden del día. Estos probadores son relativamente económicos y pueden protegerlo de descargas eléctricas.

Los probadores de neón, voltímetros y rastreadores de garrapatas consisten en una bombilla de luz de neón que está unida a dos cables que se usan para verificar un circuito. Cuando presiona estos dos cables en un tomacorriente, la bombilla se encenderá si el circuito está "caliente" o encendido. Si no se enciende, entonces el circuito está "muerto" o apagado. Los multímetros vienen en pantalla analógica o digital. Prueban el voltaje, los ohmios y el amperaje mientras muestran los resultados en una pantalla o dial.

Siempre verifique si el probador está funcionando correctamente al verificar un circuito que sepa que funciona correctamente antes de continuar. Para verificar dos veces que una toma de corriente esté realmente apagada, retire la cubierta de la toma de corriente y pruebe los tornillos a los lados de la toma de corriente. También puede enchufar una lámpara o una aspiradora en el tomacorriente solo para tranquilizarse.

Puntos de venta y pruebas

Una salida típica tiene tres orificios integrados. La ranura recta más corta es el plomo "caliente". La ranura recta más larga es el cable "neutro". La ranura que parece un pequeño agujero circular es el suelo.

Para probar la tierra, pruebe entre las ranuras "caliente" y "tierra". Si el circuito está funcionando y tiene una buena conexión a "tierra", el probador se encenderá. El probador también se encenderá si prueba entre las ranuras "caliente" y "neutral".

Hay probadores de circuitos enchufables disponibles que probarán su circuito por usted a través de tres luces de neón. Prueban si hay un neutro abierto, falta de conexión a tierra, cables en los terminales incorrectos y falta de energía.

Interruptores y Pruebas

Para probar un interruptor, retire la placa de cubierta y verifique desde uno de los tornillos en el costado del interruptor hasta el cable de cobre desnudo (tierra) o la caja de metal. Tenga en cuenta que es posible que la caja no esté conectada a tierra, especialmente si es una caja de plástico.

Prueba de lámparas

Cuando verifique el cableado de la lámpara, apague la luz y use un "marcador de garrapatas", pruebe el circuito para ver si funciona. Este probador se enciende cuando lo coloca cerca de un cable por el que fluye corriente.

Para volver a verificar el circuito, primero desconecte la alimentación de ese circuito. Ahora, retire las tuercas para cables de los cables negros "activos" y los cables blancos "neutros". Separe estos conjuntos de cables para que no se toquen entre sí.

Vuelva a encender el circuito y verifique entre los cables blanco y negro con el voltímetro o el probador de neón. Tenga cuidado de no tocar los cables expuestos. El voltímetro debe mostrar una lectura de alrededor de 120 voltios. Asimismo, el probador de neón debe encenderse si el circuito funciona correctamente.

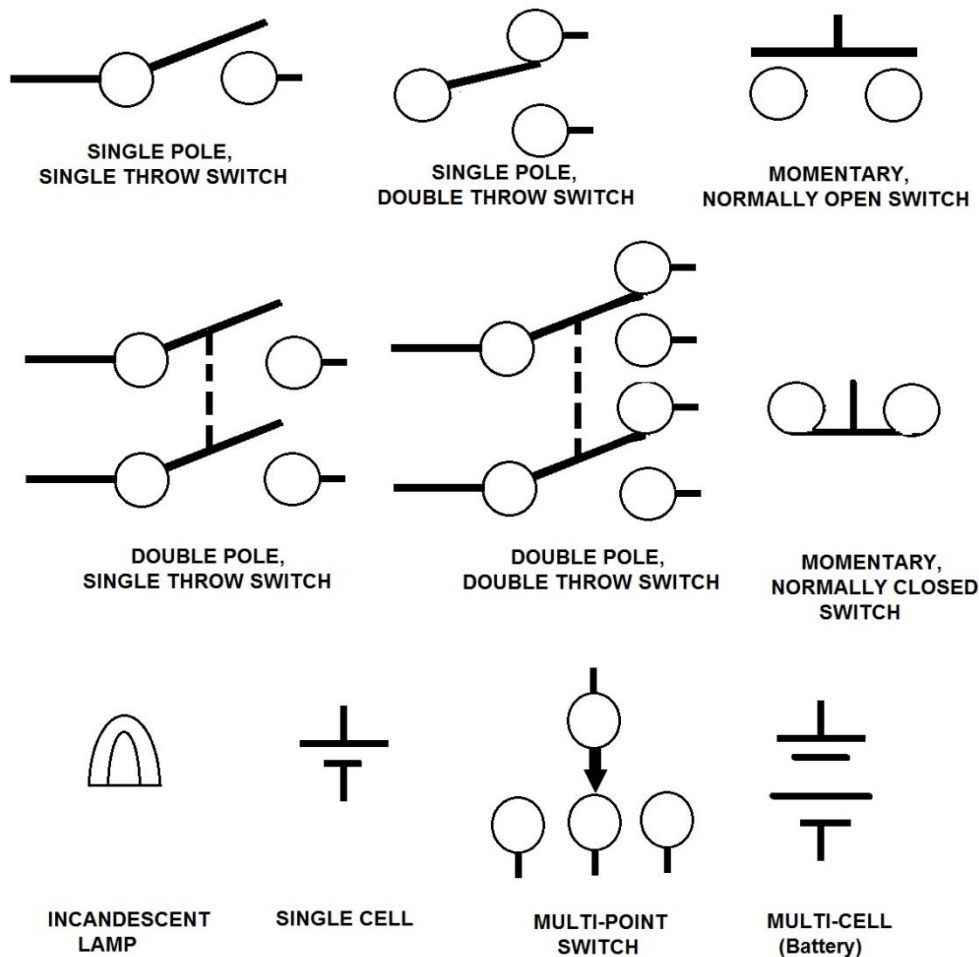
Una de las formas más sencillas de verificar si hay dispositivos y piezas defectuosas es usar un probador múltiple, a veces llamado multímetro. Probar la continuidad usando la configuración de ohmios le dirá si la conexión a través del dispositivo está completa o si se ha abierto y ya no se puede usar.

Por ejemplo, si coloca uno de los cables de prueba en un lado de un fusible y el otro cable en el otro lado del fusible, debería mostrar un cortocircuito o 0 ohmios. Si su medidor muestra una resistencia infinita, el fusible está dañado y debe reemplazarse.

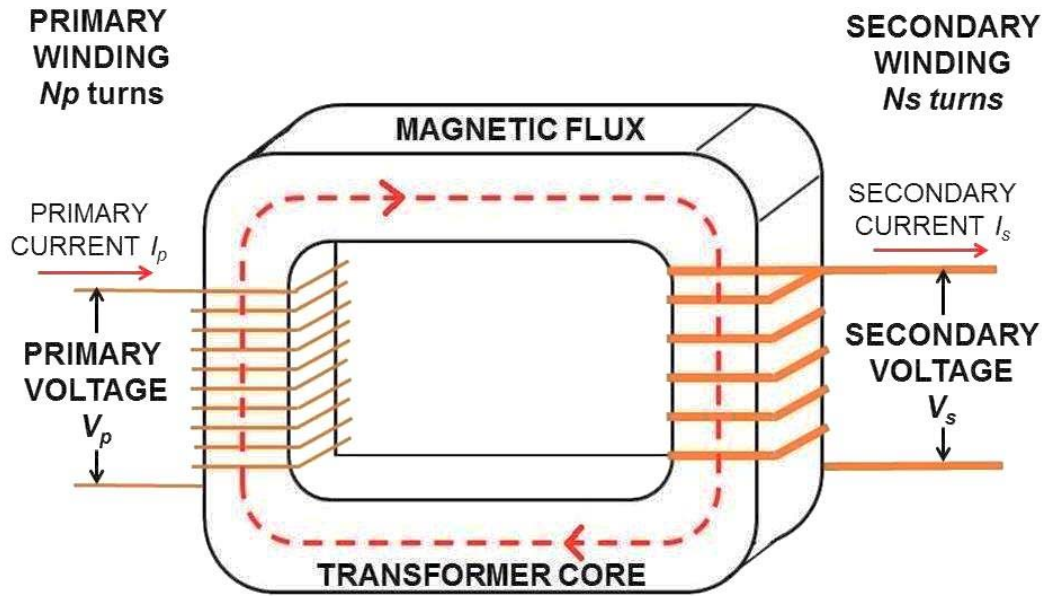
Para probar algo, gire el dial del probador a la configuración de ohmios. Esta parte del dial tiene marcas como X1, X10, XK1, etc... Esto simplemente significa que en la configuración X1, el valor de los ohmios que se muestra en el dial se multiplica por 1 y esa es la cantidad de ohmios. Digamos que muestra 50 ohmios. Eso significa $50 \times 1 = 50$ ohmios. Con el dial configurado en X10, si el dial muestra 50, $50 \times 10 = 500$ ohmios. Puedes ver la teoría aquí. Al ajustar el dial a otra configuración, los múltiplos aumentan.

Con los cables de prueba separados y sin tocarse, la aguja del medidor debe estar completamente hacia la derecha, mostrando el máximo de ohmios. En un medidor digital, la pantalla mostrará una resistencia infinita.

Al tocar los dos cables de prueba, cualquiera de los probadores debe mostrar una lectura de 0 ohmios. El digital probablemente mostrará una lectura de 0.00. A veces, los medidores tienen una configuración de continuidad audible que parece un diodo. Con esta configuración, cuando los cables de prueba se tocan, el medidor mostrará la lectura y sonará una alarma audible. Mi probador tiene un pitido constante.



ELECTRICITY SYMBOLS



TRANSFORMER

Los transformadores ayudan a mover la electricidad de manera eficiente a largas distancias

Para resolver el problema del envío de electricidad a largas distancias, William Stanley desarrolló un dispositivo llamado transformador. El transformador permitió que la electricidad se transmitiera de manera eficiente a largas distancias. Este mayor rango de entrega permitió suministrar energía eléctrica a viviendas y comercios ubicados lejos de la planta de generación eléctrica.

La electricidad producida por un generador viaja a través de cables hasta un transformador, que cambia la electricidad de bajo voltaje a alto voltaje. La electricidad se puede mover largas distancias de manera más eficiente usando alto voltaje. Las líneas de transmisión se utilizan para llevar la electricidad a una subestación. Las subestaciones tienen transformadores que transforman la electricidad de alto voltaje en electricidad de menor voltaje. Desde la subestación, las líneas de distribución llevan la electricidad a los hogares, oficinas y fábricas, que requieren electricidad de bajo voltaje.

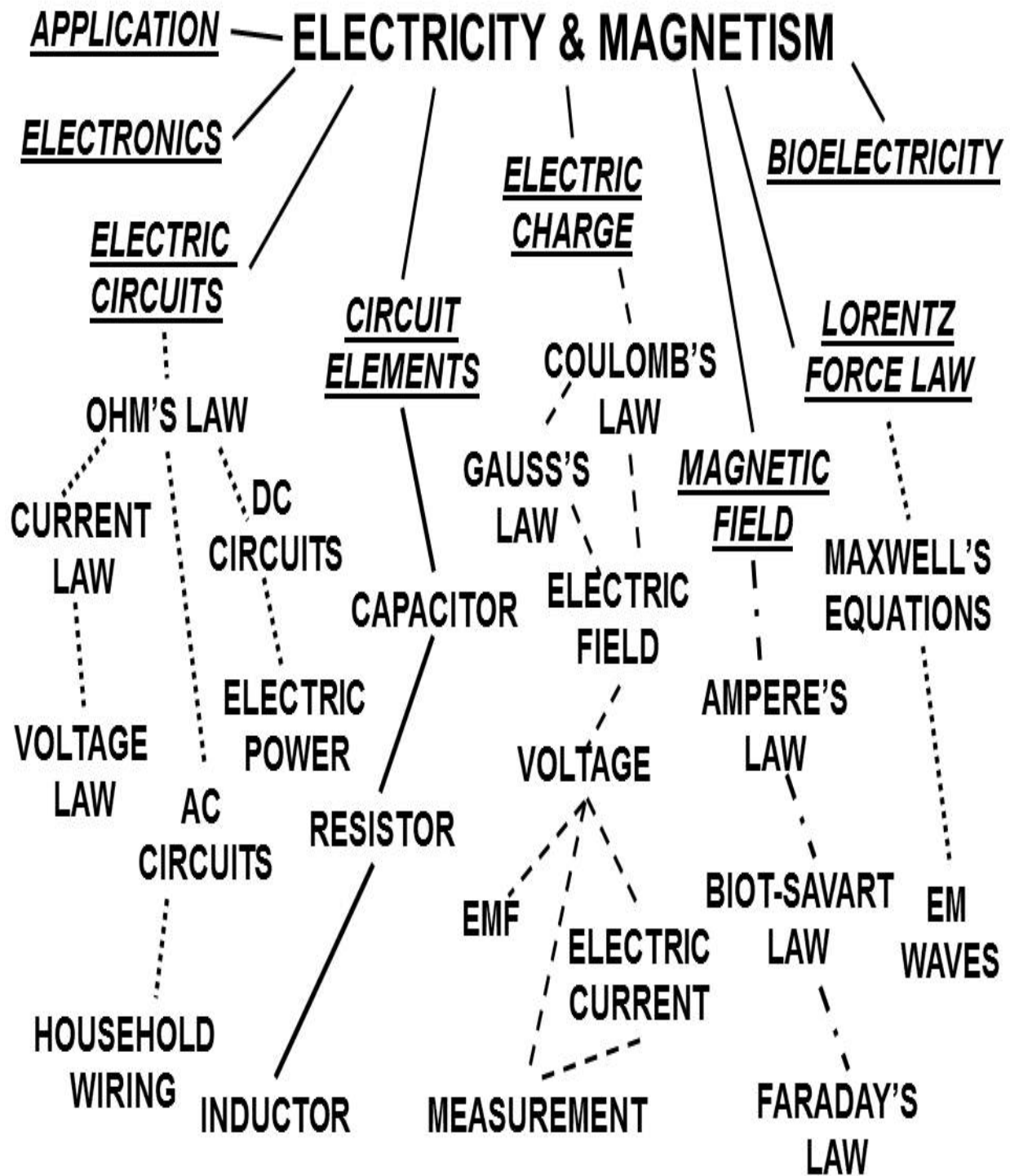
La electricidad se mide en vatios y kilovatios

La electricidad se mide en unidades de potencia llamadas vatios. Fue nombrado en honor a James Watt, el inventor de la máquina de vapor. Un vatio es una cantidad muy pequeña de energía. Requeriría casi 750 vatios para igualar un caballo de fuerza. Un kilovatio es lo mismo que 1.000 vatios.

El uso de electricidad a lo largo del tiempo se mide en kilovatios-hora

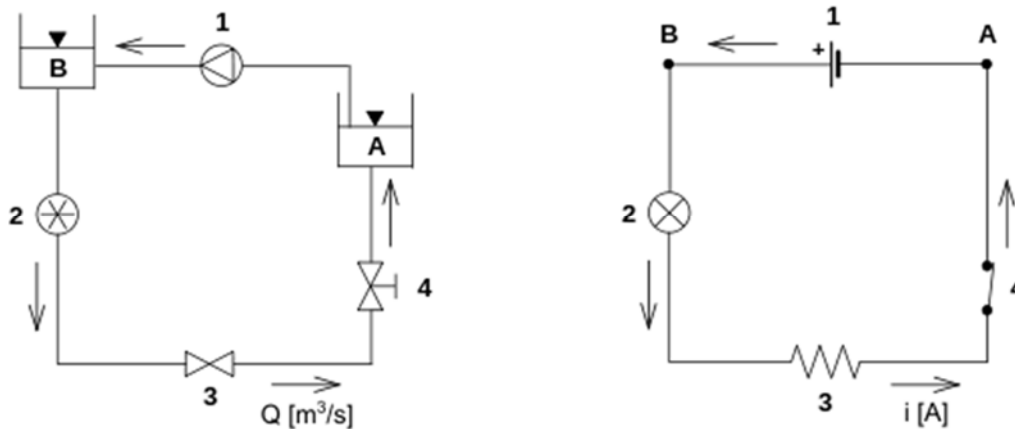
Un kilovatio-hora (kWh) es igual a la energía de 1.000 vatios trabajando durante una hora. La cantidad de electricidad que genera una central eléctrica o que utiliza un cliente durante un período de tiempo se mide en kilovatios-hora (kWh). Los kilovatios-hora se determinan multiplicando el número de kilovatios necesarios por el número de horas de uso.

Por ejemplo, si usa una bombilla de 40 vatios durante 5 horas, ha usado 200 vatios-hora, o 0,2 kilovatios-hora, de energía eléctrica.

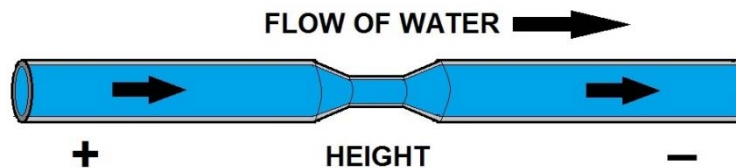


Los principios del agua y la electricidad son muy similares

El electrónico-**analogía hidráulica** (denominado burlescamente como el **teoría de la tubería de drenaje** por Oliver Heaviside) es la analogía más utilizada para "fluido de electrones" en un conductor metálico. Dado que la corriente eléctrica es invisible y los procesos que intervienen en la electrónica suelen ser difíciles de demostrar, los diversos componentes electrónicos se representan mediante equivalentes hidráulicos. La electricidad (así como el calor) se entendió originalmente como un tipo de fluido, y los nombres de ciertas cantidades eléctricas (como la corriente) se derivan de equivalentes hidráulicos. Como todas las analogías, exige una comprensión intuitiva y competente de los paradigmas básicos (electrónica e hidráulica).

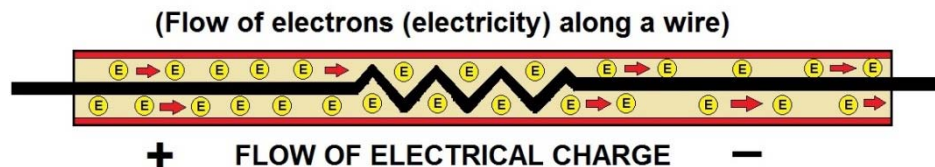


Analogía entre un circuito hidráulico (izquierda) y un circuito electrónico (derecha).



Electricity flow can be compared to flow of water:

- When pressure is applied at one end of a pipe (or wire) then, water (or electricity) will come out the other end.



BASIC ELECTRICITY CONCEPT

Ideas básicas Pregunta 58 Hay dos paradigmas básicos:

- Versión con presión inducida por gravedad. Los grandes tanques de agua se mantienen en alto o se llenan a diferentes niveles de agua, y la energía potencial del cabezal de agua es la fuente de presión. Esto recuerda a los diagramas eléctricos con una flecha hacia arriba que apunta a +V, pines conectados a tierra que, de lo contrario, no se muestran conectados a nada, y así sucesivamente. Versión completamente
- cerrada con bombas que solo proporcionan presión; sin gravedad. Esto recuerda a un diagrama de circuito en el que se muestra una fuente de voltaje y los cables realmente completan un circuito.

Aplicaciones: Las variables de flujo y presión se pueden calcular en una red de flujo de fluidos con el uso de la analogía del ohmio hidráulico. El método se puede aplicar tanto a situaciones de flujo constante como transitorio.

Equivalentes de componentes

alambres

Una tubería relativamente ancha completamente llena de agua equivale a un trozo de alambre. Cuando se compara con un trozo de alambre, se debe considerar que la tubería tiene tapas semipermanentes en los extremos. Conectar un extremo de un cable a un circuito es equivalente a destapar a la fuerza un extremo de la tubería y conectarlo a otra tubería. Con pocas excepciones (como una fuente de alimentación de alto voltaje), un cable con un solo extremo conectado a un circuito no hará nada; la tubería permanece tapada en el extremo libre y, por lo tanto, no agrega nada al circuito.

Potencial eléctrico

En general, es equivalente a la cabeza hidráulica. En este artículo, se supone que el agua fluye horizontalmente, por lo que se puede ignorar la fuerza de la gravedad, y luego el potencial eléctrico es equivalente a la presión.

Voltaje

También llamada caída de voltaje o *diferencia de potencial*. Una diferencia de presión entre dos puntos. Normalmente se mide en voltios.

Carga eléctrica

Equivalente a una cantidad de agua.

Actual

Equivalente a un caudal volumétrico hidráulico; es decir, la cantidad volumétrica de agua que fluye a lo largo del tiempo. Normalmente se mide en amperios.

Fuente de voltaje ideal o batería ideal

Una bomba dinámica con control de retroalimentación. Un medidor de presión en ambos lados muestra que, independientemente de la corriente que se produzca, este tipo de bomba produce una diferencia de presión constante. Si una terminal se mantiene fija en el suelo, otra analogía es una gran masa de agua a gran altura, lo suficientemente grande como para que el agua extraída no afecte el nivel del agua.

Fuente de corriente ideal

Una bomba de desplazamiento positivo. Un medidor de corriente (pequeña rueda de paletas) muestra que cuando este tipo de bomba se acciona a una velocidad constante, mantiene constante la velocidad de la pequeña rueda de paletas.

Resistor

Una constricción en el interior de la tubería que requiere más presión para pasar la misma cantidad de agua. Todas las tuberías tienen cierta resistencia al flujo, al igual que todos los cables tienen cierta resistencia a la corriente.

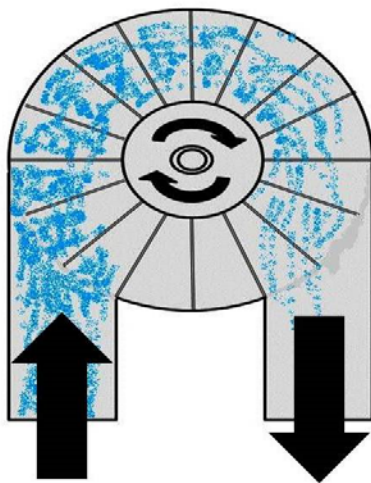
Condensador

Un tanque con una conexión en cada extremo y una lámina de goma que divide el tanque en dos longitudinalmente (un acumulador hidráulico). Cuando el agua es forzada a entrar en una tubería, la misma agua es expulsada simultáneamente por la otra tubería, pero el agua no puede penetrar el diafragma de goma. La energía se almacena mediante el estiramiento del caucho. A medida que fluye más corriente "a través" del capacitor, la contrapresión (voltaje) se vuelve mayor, por lo que la corriente "conduce" al voltaje en un capacitor. A medida que la contrapresión del caucho estirado se acerca a la presión aplicada, la corriente se vuelve cada vez menor. Por lo tanto, los condensadores "filtran" las diferencias de presión constantes y las diferencias de presión de baja frecuencia que varían lentamente, al tiempo que permiten que pasen cambios rápidos en la presión.

Tenga en cuenta que el dispositivo descrito pasará todos los cambios en la presión "a través" igualmente bien, independientemente de la tasa de cambio, tal como lo hará un capacitor eléctrico. Cualquier dispositivo en serie debe obedecer la Ley de Corriente (eléctrica) de Kirchhoff, o su equivalente hidráulico. Teniendo en cuenta la acción de "filtro", una analogía mejor y más exacta es el acumulador hidráulico "tanque de presión", como se describe, pero con una vejiga de aire presurizada cerrada y una sola conexión de agua. Dichos acumuladores se usan comúnmente en sistemas de energía hidráulica exactamente con el fin de amortiguar los picos de presión y los "martillos" debidos a la apertura y cierre de las válvulas.

Inductor

Una pesada rueda de paletas colocada en la corriente. La masa de la rueda y el tamaño de las aspas restringen la capacidad del agua para cambiar rápidamente su velocidad de flujo (corriente) a través de la rueda debido a los efectos de la inercia, pero, con el tiempo, una corriente de flujo constante pasará casi sin obstáculos a través de la rueda. Rueda, ya que gira a la misma velocidad que el flujo de agua. La masa y el área superficial de la rueda y sus palas son análogas a la inductancia, y la fricción entre su eje y los cojinetes del eje corresponde a la resistencia que acompaña a cualquier inductor no superconductor.



TURBINE INDUCTOR PADDLE

Los inductores son análogos a una turbina/rueda de paletas pesada colocada en la corriente.

Un modelo de inductor alternativo es simplemente un tubo largo, tal vez enrollado en espiral por conveniencia. Este dispositivo de inercia de fluidos se usa en la vida real como un componente esencial de un ariete hidráulico. La inercia del agua que circula por la tubería produce el efecto de inductancia; Los inductores "filtran" los cambios rápidos en el flujo, al tiempo que permiten el paso de variaciones lentas en la corriente. El arrastre impuesto por las paredes de la tubería es algo análogo a la resistencia parásita.

En cualquier modelo, la diferencia de presión (voltaje) a través del dispositivo debe estar presente antes de que la corriente comience a moverse, por lo tanto, en los inductores, el voltaje "conduce" la corriente. A medida que aumenta la corriente, acercándose a los límites impuestos por su propia fricción interna y de la corriente que puede proporcionar el resto del circuito, la caída de presión en el dispositivo se vuelve cada vez menor.

Diodo

Equivalente a una válvula de retención unidireccional con un asiento de válvula con fugas leves. Al igual que con un diodo, se necesita una pequeña diferencia de presión antes de que se abra la válvula. Y como un diodo, demasiada polarización inversa puede dañar o destruir el conjunto de la válvula.

Transistor

Una válvula en la que un diafragma, controlado por una señal de baja corriente (ya sea corriente constante para un BJT o presión constante para un FET), mueve un émbolo que afecta la corriente a través de otra sección de tubería.

CMOS

Una combinación de dos transistores MOSFET. A medida que cambia la presión de entrada, los pistones permiten que la salida se conecte a presión cero o positiva.

Memristor

Una válvula de aguja operada por un medidor de flujo. A medida que el agua fluye hacia adelante, la válvula de aguja restringe más el flujo; a medida que el agua fluye en la otra dirección, la válvula de aguja se abre aún más y proporciona menos resistencia.

equivalentes de principios

Velocidad de onda EM (velocidad de propagación)

Velocidad del sonido en el agua. Cuando se acciona un interruptor de luz, la onda eléctrica viaja muy rápidamente a través de los cables.

Velocidad de flujo de carga (velocidad de deriva)

Velocidad de partícula del agua. Las cargas en movimiento se mueven con bastante lentitud.

corriente continua

Flujo constante de agua en un circuito de tubería.

CA de baja frecuencia

Agua que oscila de un lado a otro en una tubería.

Líneas de transmisión y CA de alta frecuencia

El sonido se transmite a través de las tuberías de agua: tenga en cuenta que esto no refleja correctamente la inversión cíclica de la corriente eléctrica alterna. Como se describió, el flujo de fluido transmite fluctuaciones de presión, pero los fluidos "no" se invierten a altas tasas en los sistemas hidráulicos, que la entrada de "baja frecuencia" anterior describe con precisión. Un mejor concepto (si las ondas de sonido van a ser el fenómeno) es el de corriente continua con "ondulación" de alta frecuencia superpuesta.

chispa inductiva

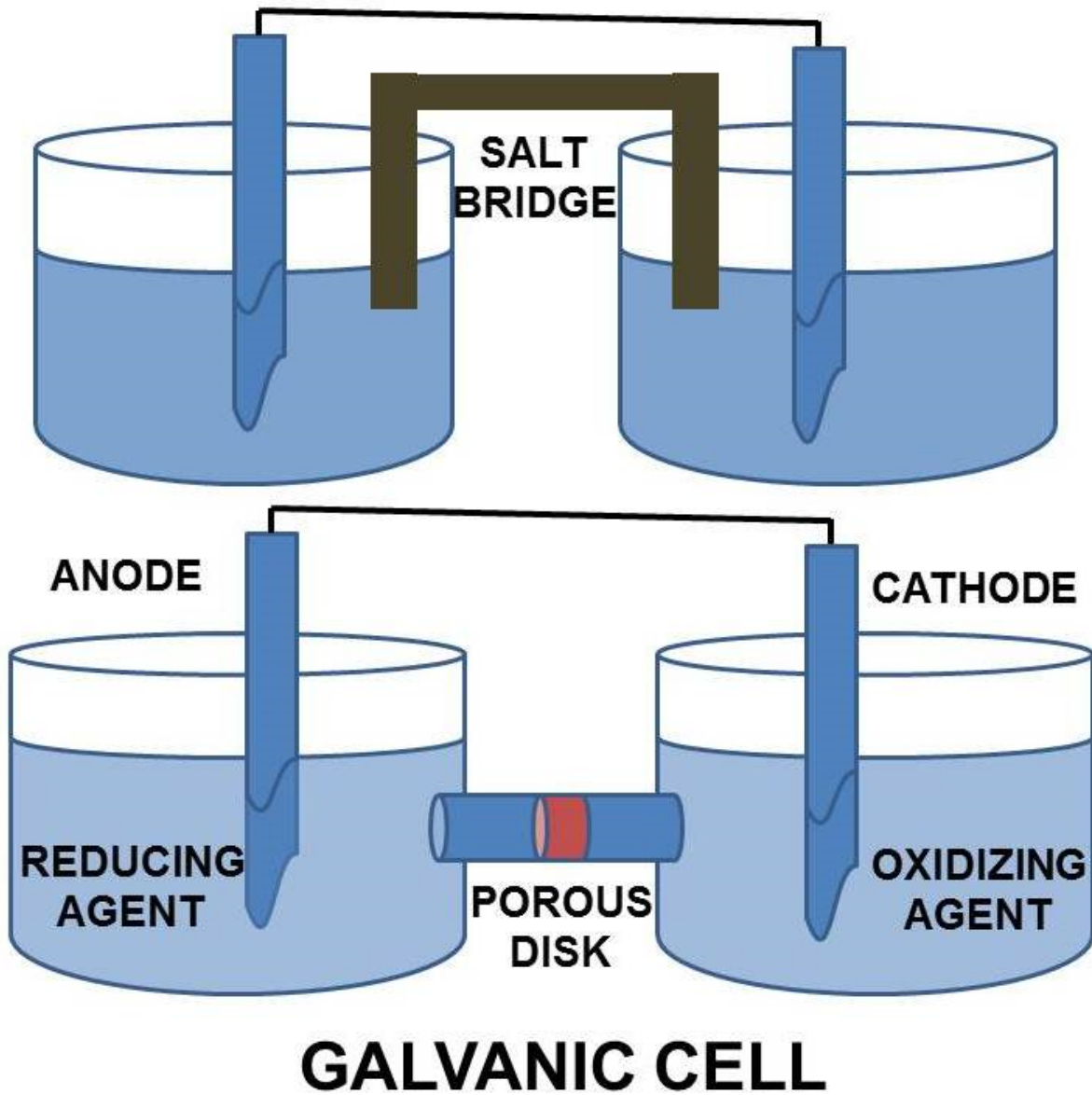
Utilizado en bobinas de inducción, similar al golpe de ariete, provocado por la inercia del agua.

Ejemplos de ecuaciones

Algunos ejemplos de ecuaciones eléctricas e hidráulicas equivalentes:

escribe	hidráulico	eléctrico	térmico	mecánico
cantidad	volume V [m ³]	charge q [C]	heat Q [J]	momentum P [Ns]
potencial	pressure P [Pa=J/m ³]	potential ϕ [V=J/C]	temperature T [K=J/ k_B]	velocity v [m/segundo]
flujo	Volumetric flow rate Φ_V [m ³ /s]	current I [A=C/s]	heat transfer rate $\dot{Q}$ [J/s]	force F [N]
flujo densidad	velocity v [m/s]	current density j [C/(m ² ·s) = A/m ²]	heat flux $\dot{Q}''$ [W/m ²]	stress σ [N/metro ² = Pa]
lineal modelo	Poiseuille's law $\Phi_V = \frac{\pi r^4 \Delta p^*}{8\eta \ell}$	Ohm's law $j = -\sigma \nabla \phi$	Fourier's law $\dot{Q}'' = \kappa \nabla T$	Dashpot $\sigma = c \Delta v$

Si las ecuaciones diferenciales tienen la misma forma, la respuesta será similar.



Límites de la analogía

Si se lleva demasiado lejos, la analogía del agua puede crear conceptos erróneos. Para que sea útil, debemos ser conscientes de las regiones donde la electricidad y el agua se comportan de manera muy diferente.

Campos (ecuaciones de Maxwell, Inductancia)

Los electrones pueden empujar o jalar otros electrones distantes a través de sus campos, mientras que las moléculas de agua experimentan fuerzas solo por el contacto directo con otras moléculas. Por esta razón, las ondas en el agua viajan a la velocidad del sonido, pero las ondas en un mar de carga viajarán mucho más rápido ya que las fuerzas de un electrón se aplican a muchos electrones distantes y no solo a los vecinos en contacto directo. En una línea de transmisión hidráulica, la energía fluye como ondas mecánicas a través del agua, pero en una línea de transmisión eléctrica, la energía fluye como campos en el espacio que rodea los cables y no fluye dentro del metal. Además, un electrón acelerado arrastrará a sus vecinos mientras los atrae, ambos debido a las fuerzas magnéticas.

Cargar

A diferencia del agua, los portadores de carga móviles pueden ser positivos o negativos, y los conductores pueden exhibir una carga neta total positiva o negativa. Los portadores móviles en las corrientes eléctricas suelen ser electrones, pero a veces tienen carga positiva, como H⁺iones en conductores de protones o agujeros en semiconductores de tipo p y algunos (muy raros) conductores.

Tuberías con fugas

La carga eléctrica de un circuito eléctrico y sus elementos suele ser casi igual a cero, por lo que es (casi) constante. Esto se formaliza en la ley actual de Kirchhoff, que no tiene analogía con los sistemas hidráulicos, donde la cantidad de líquido no suele ser constante. Incluso con líquido incompresible, el sistema puede contener elementos tales como pistones y piscinas abiertas, por lo que el volumen de líquido contenido en una parte del sistema puede cambiar. Por esta razón, las corrientes eléctricas continuas requieren circuitos cerrados en lugar de la fuente/sumidero abierto de la hidráulica que se asemeja a grifos y baldes.

James Thurber habló así de su abuela materna:

Ella vino naturalmente por sus miedos confusos e infundados, porque su propia madre vivió los últimos años de su vida con la horrible sospecha de que la electricidad goteaba invisiblemente por toda la casa. - Mi vida y tiempos difíciles (1933).

Velocidad del fluido y resistencia de los metales.

Al igual que con las mangueras de agua, la velocidad de deriva del portador en los conductores es directamente proporcional a la corriente. Sin embargo, el agua solo experimenta arrastre a través de la superficie interna de las tuberías, mientras que las cargas se ralentizan en todos los puntos dentro de un metal. Además, la velocidad típica de los portadores de carga dentro de un conductor es inferior a centímetros por minuto, y la "fricción eléctrica" es extremadamente alta. Si las cargas alguna vez fluyeran tan rápido como el agua puede fluir en las tuberías, la corriente eléctrica sería inmensa y los conductores se volverían incandescentes y quizás se vaporizarían.

Para modelar la resistencia y la velocidad de carga de los metales, tal vez una tubería llena de esponja o una pajilla estrecha llena de jarabe sería una mejor analogía que una tubería de agua de gran diámetro. La resistencia en la mayoría de los conductores eléctricos es una función lineal: a medida que aumenta la corriente, la caída de voltaje aumenta proporcionalmente (Ley de Ohm). La resistencia de los líquidos en las tuberías no es lineal con el volumen, ya que varía con el cuadrado del flujo volumétrico (consulte la ecuación de Darcy-Weisbach).

Mecánica cuántica

Los conductores y aisladores contienen cargas en más de un nivel discreto de energía de órbita atómica, mientras que el agua en una región de una tubería solo puede tener un único valor de presión. Por esta razón, no existe una explicación hidráulica para cosas tales como la capacidad de bombeo de carga de una batería, la caída de voltaje de un diodo, las funciones de las celdas solares, el efecto Peltier, etc. Sin embargo, se pueden diseñar dispositivos equivalentes que muestren respuestas similares, aunque algunos de los mecanismos serían solo sirven para regular las curvas de flujo en lugar de contribuir a la función principal del componente.

La utilidad requiere que el lector o estudiante tenga una comprensión sustancial de los principios del sistema modelo (hidráulico). También requiere que los principios se puedan transferir al sistema (eléctrico) de destino. Los sistemas hidráulicos son engañosamente simples: el fenómeno de la cavitación de la bomba es un problema conocido y complejo que pocas personas fuera de las industrias de energía hidráulica o riego entenderían. Para aquellos que lo hacen, la analogía hidráulica es divertida, ya que no existe un equivalente de "cavitación" en la ingeniería eléctrica. La analogía hidráulica puede dar un sentido erróneo de comprensión que se expondrá una vez que se requiera una descripción detallada de la teoría del circuito eléctrico.

También se deben considerar las dificultades para tratar de hacer que la analogía funcione. El ejemplo anterior de "fricción eléctrica", donde el análogo hidráulico es una tubería llena de material esponjoso, ilustra el problema: el modelo debe incrementarse en complejidad más allá de cualquier escenario realista.

Mediciones y Equipos Eléctricos

Molécula de líquido → electrón de la electricidad

Caudal (gpm) → corriente (amperios) I, A

Presión (psi) → potencial (V)

Caída de presión → caída de voltaje

Bomba → generador

Teoría Eléctrica

Historia

Henry Cavendish y el primer contador eléctrico

En 1799, Cavendish diseñó una investigación para describir cualitativamente la conductividad de diferentes metales. Usó una técnica muy simple al descargar un aparato eléctrico a través de un cable a su propio cuerpo. Cavendish hizo girar un generador de fricción con un número fijo de vueltas para producir la misma cantidad de carga en cada ensayo, y pudo ordenar correctamente la conductividad de los metales por la intensidad del choque que recibió del generador. Cavendish, cuyos resultados nunca se publicaron en su época, comparaba cualitativamente la resistencia de diferentes materiales a los efectos de la corriente.

Este tipo de análisis cualitativo fue un pasatiempo entretenido en algunas cocinas y salones del siglo XVIII: en las pinturas se han representado niños pequeños y mujeres pasando descargas de máquinas electrostáticas a través de la conocida "cadena humana" de resistencia. Además del riesgo obvio, desde los primeros tiempos se demostró que la resistencia depende de la longitud del conductor. Además, el espacio de chispa y el choque fisiológico podrían estar relacionados con la intensidad de la distribución de carga.

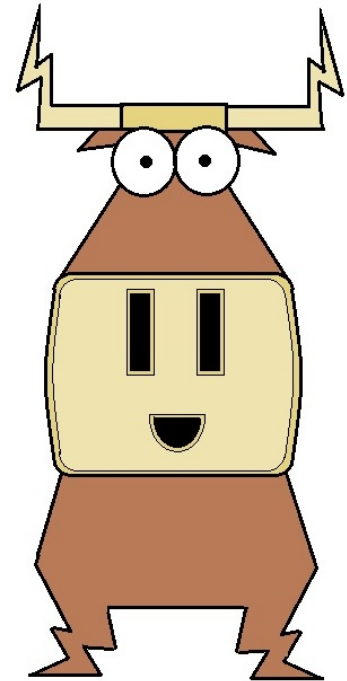
Por ejemplo, considere una esfera cargada por un número fijo de vueltas. Cuando se descarga, podría producir una chispa a través de un espacio medible. Si usamos una esfera más pequeña cargada con el mismo número de vueltas, observamos que la chispa salta un espacio mayor. En otras palabras, la misma cantidad de carga en un volumen menor tiene una "intensidad" mayor.

Esta intensidad, o "tensión", podría medirse con mayor precisión con un electroscopio y, después de la invención de Volta de la pila eléctrica en 1800; se intentó relacionar la electricidad estática con otros tipos de electricidad.

La batería de Volta marca un cambio conceptual significativo en nuestra comprensión del fenómeno eléctrico.

La batería permanece inactiva hasta que un conductor externo proporciona un camino a través del cual se transporta la electricidad. Por lo tanto, se hizo imperativo revelar las características y la influencia del conductor externo. Sin embargo, en este momento, ningún instrumento (otro que la sensación humana) que podía medir o determinar los fenómenos asociados con el conductor.

Afortunadamente, el papel de Cavendish como medidor humano ya no era necesario en 1820 con el descubrimiento de Oersted de la desviación de la aguja de una brújula por una corriente eléctrica. Poco después, Schweigger usó una bobina para pasar una corriente repetidamente sobre una brújula para fabricar un instrumento más sensible para detectar y comparar los efectos electromagnéticos de varias corrientes.



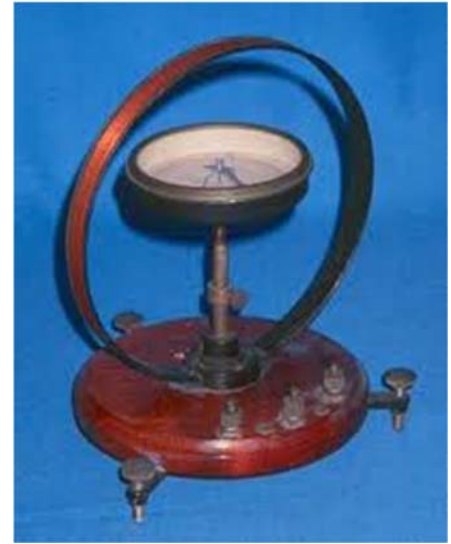
El galvanómetro tangente

La primera referencia a un galvanómetro tangente apareció en un artículo de 1837 de Claude Servais Mathias Pouillet (1790–1868). Pouillet usó el galvanómetro tangente para investigar la Ley de Ohm y más tarde, James Joule, en 1841, sumergió diferentes longitudes de cable en cilindros de agua para investigar la relación entre la tasa de disipación de calor y la corriente.

El galvanómetro tangente fue modificado por Hermann von Helmholtz (1821-1894) en 1849.

Sugirió que dos bobinas portadoras de corriente idénticas se colocaran paralelas entre sí para formar la disposición que ahora se conoce como bobinas de Helmholtz. En esta disposición, el campo magnético es esencialmente uniforme.

Para medir la corriente, Joule usó un galvanómetro tangente, que estaba alineado con el meridiano Norte-Sur de tal manera que el campo magnético de la bobina era perpendicular al campo magnético de la Tierra. La desviación de la aguja de la brújula es la suma vectorial de los efectos magnéticos de la Tierra y el campo de la espira.



Por lo tanto,

$$\tan \theta = \frac{B_{\text{loop}}}{B_{\text{earth}}}$$

Ya que B_{tierra} es constante, se sigue que $\tan \theta \propto B_{\text{circulo}}$. Al aumentar el número de bucles y, por lo tanto, la corriente que pasa por un punto dado, también podemos establecer que $I \propto B_{\text{circulo}}$, y por lo tanto $\tan \theta \propto I$ y $\tan \theta$ pueden usarse como una medida de corriente.

El galvanómetro tangente de Joule demostró ser una medida confiable de corriente, que todavía podemos usar hoy. El uso de un galvanómetro tangente tiene la ventaja adicional de proporcionar una base probatoria para el galvanómetro y el amperímetro modernos.

Comprender la pregunta de voltaje 80

Voltaje, diferencia de potencial eléctrico, tensión eléctrica o presión eléctrica (denotado ΔV) y medido en unidades de potencial eléctrico: voltios o julios por coulomb es la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, o la diferencia de energía potencial eléctrica de una unidad de carga transportada entre dos puntos.

El voltaje es igual al trabajo realizado por unidad de carga contra un campo eléctrico estático para mover la carga entre dos puntos. Un voltaje puede representar una fuente de energía (fuerza electromotriz) o energía perdida, usada o almacenada (caída de potencial). Se puede usar un voltímetro para medir el voltaje (o la diferencia de potencial) entre dos puntos en un sistema; por lo general, se utiliza como uno de los puntos un potencial de referencia común, como la tierra del sistema. El voltaje puede ser causado por campos eléctricos estáticos, por corriente eléctrica a través de un campo magnético, por campos magnéticos variables en el tiempo o alguna combinación de estos tres.

Dados dos puntos en el espacio, llamados A y B, el voltaje es la diferencia de potenciales eléctricos entre esos dos puntos. De la definición de potencial eléctrico se sigue que:

$$\begin{aligned}\Delta V_{BA} &= V_B - V_A = - \int_{r_0}^B \vec{E} \cdot d\vec{l} - \left(- \int_{r_0}^A \vec{E} \cdot d\vec{l} \right) \\ &= \int_B^{r_0} \vec{E} \cdot d\vec{l} + \int_{r_0}^A \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_B^A \vec{E} \cdot d\vec{l}\end{aligned}$$

El voltaje es energía potencial eléctrica por unidad de carga, medida en julios por culombio (= voltios). A menudo se lo denomina "potencial eléctrico", que luego debe distinguirse de la energía potencial eléctrica al señalar que el "potencial" es una cantidad "por unidad de carga".

Al igual que la energía potencial mecánica, el cero de potencial se puede elegir en cualquier punto, por lo que la diferencia de voltaje es la cantidad que tiene significado físico. La diferencia de voltaje medida al pasar del punto A al punto B es igual al trabajo que tendría que realizarse, por unidad de carga, contra el campo eléctrico para mover la carga de A a B. El voltaje entre los dos extremos de un camino es la energía total requerida para mover una pequeña carga eléctrica a lo largo de ese camino, dividida por la magnitud de la carga.

Matemáticamente, esto se expresa como la integral de línea del campo eléctrico y la tasa de cambio de tiempo del campo magnético a lo largo de ese camino. En el caso general, tanto un campo eléctrico estático (invariable) como un campo electromagnético dinámico (variable en el tiempo) deben incluirse para determinar el voltaje entre dos puntos.

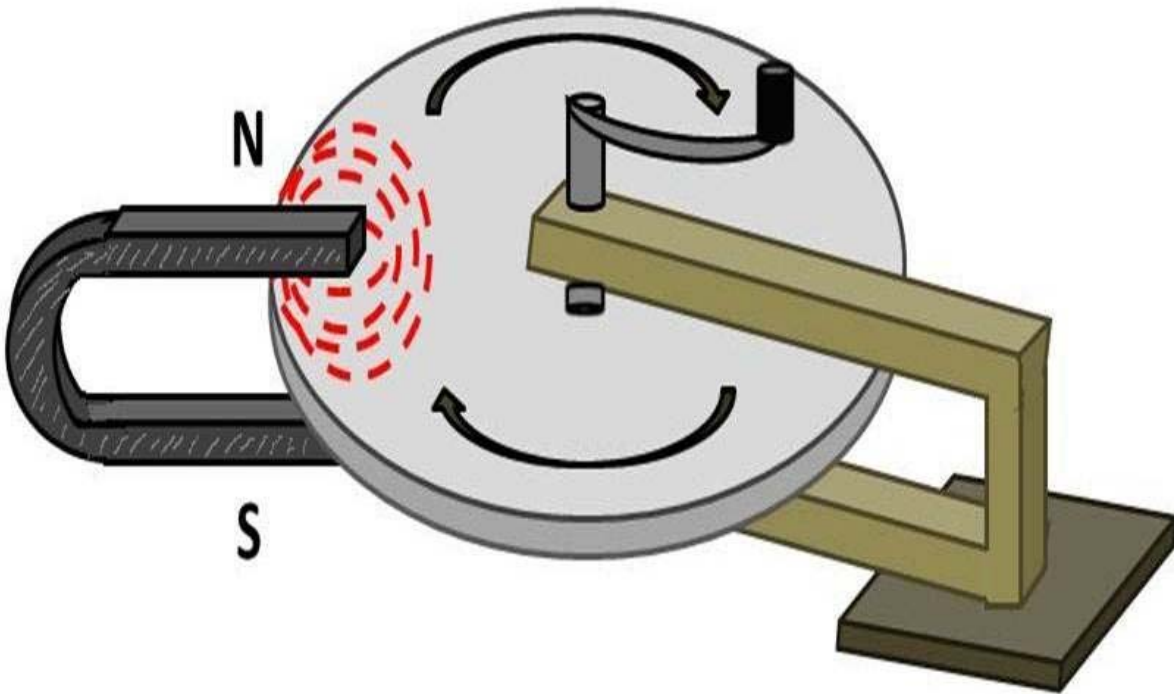
Históricamente a esta cantidad también se le ha llamado "tensión" y "presión". La presión ahora está obsoleta, pero la tensión todavía se usa, por ejemplo, dentro de la frase "alta tensión" (HT), que se usa comúnmente en la electrónica basada en válvulas termoiónicas (tubos de vacío).

El voltaje se define de modo que los objetos cargados negativamente sean atraídos hacia voltajes más altos, mientras que los objetos cargados positivamente sean atraídos hacia voltajes más bajos. Por lo tanto, la corriente convencional en un alambre o resistencia siempre fluye de un voltaje más alto a un voltaje más bajo.

La corriente puede fluir de un voltaje más bajo a un voltaje más alto, pero solo cuando una fuente de energía está presente para "empujarla" contra el campo eléctrico opuesto. Por ejemplo, dentro de una batería, las reacciones químicas proporcionan la energía necesaria para que la corriente fluya desde el terminal negativo al positivo.

Técnicamente, en un material, el campo eléctrico no es el único factor que determina el flujo de carga, y diferentes materiales desarrollan naturalmente diferencias de potencial eléctrico en el equilibrio (potenciales de Galvani). El potencial eléctrico de un material ni siquiera es una cantidad bien definida, ya que varía en la escala subatómica.

En cambio, se puede encontrar una definición más conveniente de 'voltaje' en el concepto de nivel de Fermi. En este caso el voltaje entre dos cuerpos es el trabajo termodinámico requerido para mover una unidad de carga entre ellos. Esta definición es práctica ya que un voltímetro real en realidad mide este trabajo, no las diferencias en el potencial eléctrico.



FARADAY'S DISC

Ley de Faraday



Cualquier cambio en el entorno magnético de una bobina de alambre hará que se "induzca" un voltaje (EMF) en la bobina. No importa cómo se produzca el cambio, se generará el voltaje. El cambio podría producirse modificando la fuerza del campo magnético, moviendo un imán hacia o desde la bobina, moviendo la bobina dentro o fuera del campo magnético, girando la bobina en relación con el imán, etc.

$$EMF = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\int_S \nabla \times \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B}(t) \cdot d\mathbf{S} = \int_S \frac{-d\mathbf{B}(t)}{dt} \cdot d\mathbf{S}$$

$$\Rightarrow \nabla \times \mathbf{E} = \frac{-\partial \mathbf{B}(t)}{\partial t}$$

Ley de Faraday

Ley de Lenz Pregunta 80

Cuando se genera una FEM por un cambio en el flujo magnético según la Ley de Faraday, la polaridad de la fem inducida es tal que produce una corriente cuyo campo magnético se opone al cambio que la produce. El campo magnético inducido dentro de cualquier bucle de alambre siempre actúa para mantener constante el flujo magnético en el bucle. En los ejemplos siguientes, si el campo B aumenta, el campo inducido actúa en oposición a él. Si es decreciente, el campo inducido actúa en la dirección del campo aplicado para tratar de mantenerlo constante.

Imán y bobina

Cuando un imán se mueve dentro de una bobina de alambre, cambiando el campo magnético y el flujo magnético a través de la bobina, se generará un voltaje en la bobina de acuerdo con la Ley de Faraday. Cuando el imán se mueve hacia la bobina, el galvanómetro se desvía hacia la izquierda en respuesta al aumento del campo. Cuando se retira el imán, el galvanómetro se desvía hacia la derecha en respuesta a la disminución del campo. La polaridad de la FEM inducida es tal que produce una corriente cuyo campo magnético se opone al cambio que la produce. El campo magnético inducido dentro de cualquier bucle de alambre siempre actúa para mantener constante el flujo magnético en el bucle. Este comportamiento inherente de los campos magnéticos generados se resume en la Ley de Lenz.

Volver a la Ley de Faraday

La versión más extendida de la ley de Faraday establece:

La fuerza electromotriz inducida en cualquier circuito cerrado es igual al negativo de la tasa de cambio en el tiempo del flujo magnético a través del circuito.

Esta versión de la ley de Faraday se cumple estrictamente solo cuando el circuito cerrado es un bucle de alambre infinitamente delgado y no es válida en otras circunstancias, como se explica a continuación.

Cuantitativo



La definición de integral de superficie se basa en dividir la superficie Σ en pequeños elementos de superficie. Cada elemento está asociado a un vector $d\mathbf{A}$ de magnitud igual al área del elemento y con dirección normal al elemento y apuntando "hacia afuera" (con respecto a la orientación de la superficie).

La ley de inducción de Faraday hace uso del flujo magnético Φ_B a través de una superficie hipotética Σ cuyo límite es un bucle de alambre. Dado que el bucle de alambre puede estar moviéndose, escribimos $\Sigma(t)$ para la superficie. El flujo magnético se define mediante una integral de superficie:

$$\Phi_B = \iint_{\Sigma(t)} \mathbf{B}(\mathbf{r}, t) \cdot d\mathbf{A} ,$$

donde $d\mathbf{A}$ es un elemento del área superficial de la superficie móvil $\Sigma(t)$, $\mathbf{B}$ es el campo magnético y $\mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$ es un producto escalar vectorial (la cantidad infinitesimal de flujo magnético). En términos más visuales, el flujo magnético a través del bucle de alambre es proporcional al número de líneas de flujo magnético que pasan por el bucle.

Cuando el flujo cambia, porque $\mathbf{B}$ cambia, o porque el lazo de alambre se movió o deformó, o ambos: la ley de inducción de Faraday dice que el lazo de alambre adquiere una FEM, definida como la $\mathcal{E}$ energía disponible de una unidad de carga que ha viajado una vez alrededor del lazo de alambre. De manera equivalente, es el voltaje que se mediría cortando el cable para crear un circuito abierto y conectando un voltímetro a los cables. De acuerdo con la ley de fuerza de Lorentz (en unidades SI),

$$\mathbf{F} = q (\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

la FEM en un bucle de alambre es:

$$\mathcal{E} = \frac{1}{q} \oint_{\text{wire}} \mathbf{F} \cdot d\boldsymbol{\ell} = \oint_{\text{wire}} (\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot d\boldsymbol{\ell}$$

donde $\mathbf{E}$ es el campo eléctrico, $\mathbf{B}$ es el campo magnético (también conocido como densidad de flujo magnético, inducción magnética), $d\boldsymbol{\ell}$ es una longitud de arco infinitesimal a lo largo del cable, y la integral de línea se evalúa a lo largo del cable (a lo largo de la curva que coincide con la forma del cable).

La EMF también está dada por la tasa de cambio del flujo magnético:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt} ,$$

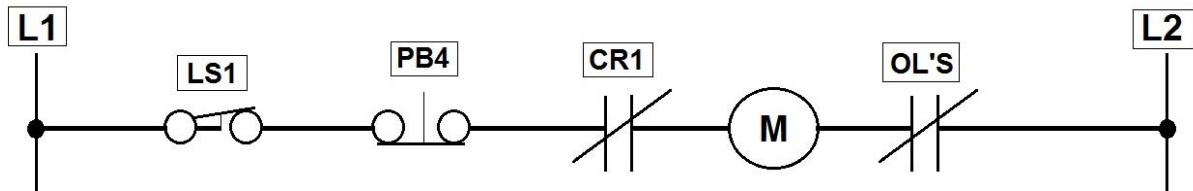
donde $\mathcal{E}$ es la fuerza electromotriz (EMF) en voltios y Φ_B es el flujo magnético en webers. La dirección de la fuerza electromotriz viene dada por la ley de Lenz.

Para una bobina de alambre fuertemente enrollada, compuesta de N vueltas idénticas, cada una con el mismo Φ_B ,

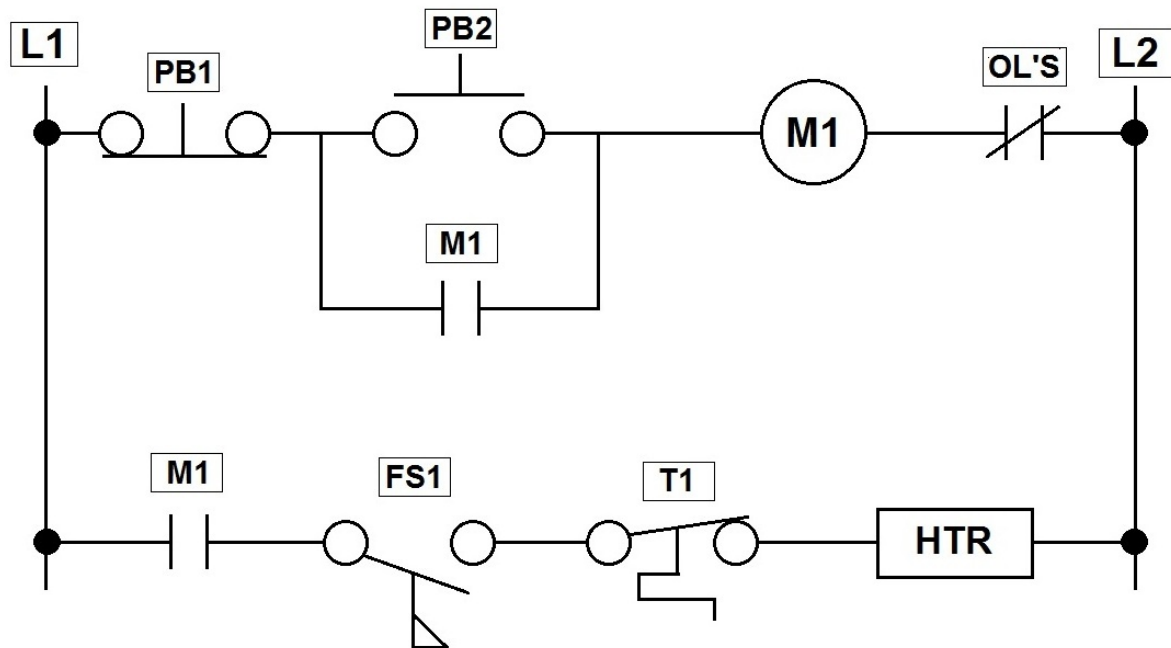
La ley de inducción de Faraday establece que

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

donde N es el número de vueltas de alambre y Φ_B es el flujo magnético en webers a través de un *único* círculo.



1. El voltaje de control es de 120 voltios. Suponga que se ha disparado una sobrecarga en el motor. ¿Qué voltaje esperaría encontrar a través de la bobina M (punto A al punto 8) en este circuito? ¿Qué leerían a tierra los puntos A y B?



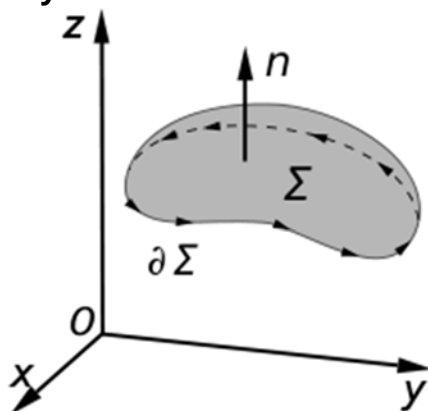
En el circuito de arriba, el motor del ventilador funciona pero el calentador no funciona. ¿Qué probarías primero?

- A. la resistencia de los contactos M1 en el peldaño con el calentador.
- B. la corriente en la línea al calentador con el motor en marcha.
- C. el voltaje en el lado T1 del calentador con el motor en marcha.
- D. el voltaje entre FS1 y T1 con el motor parado.

2. En el circuito anterior, el problema es que el calentador siempre se enciende al mismo tiempo que el motor, excepto cuando el calentador está a la temperatura adecuada. La causa debe ser:

- A. los contactos M 1 se están cerrando demasiado pronto.
- B. FS1 está atascado cerrado.
- C. T1 está desajustado.
- D. los contactos M1 se abren cuando se activa FS1.

Ecuación de Maxwell-Faraday



Una ilustración del teorema de Kelvin-Stokes con superficie Σ su límite $\partial\Sigma$ y orientación **norte** establecido por la regla de la mano derecha.

La ecuación de Maxwell-Faraday es una generalización de la ley de Faraday que establece que un campo magnético que varía en el tiempo siempre está acompañado por un campo eléctrico no conservativo que varía espacialmente, y viceversa.

La ecuación de Maxwell-Faraday es

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

(en unidades SI) donde $\nabla \times$ es el operador curl y otra vez $\mathbf{E}(\mathbf{r}, t)$ es el campo eléctrico y $\mathbf{B}(\mathbf{r}, t)$ es el campo magnético. Estos campos generalmente pueden ser funciones de posición y tiempo.

La ecuación de Maxwell-Faraday es una de las cuatro ecuaciones de Maxwell y, por lo tanto, juega un papel fundamental en la teoría del electromagnetismo clásico. También se puede escribir en un **forma integral** por el teorema de Kelvin-Stokes:

$$\oint_{\partial\Sigma} \mathbf{E} \cdot d\boldsymbol{\ell} = - \int_{\Sigma} \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \cdot d\mathbf{A}$$

donde, como se indica en la figura:

Σ es una superficie limitada por el contorno cerrado $\partial\Sigma$,

$\mathbf{E}$ es el campo eléctrico, $\mathbf{B}$ es el campo magnético.

$d\boldsymbol{\ell}$ es un elemento vectorial infinitesimal del contorno $\partial\Sigma$,

$d\mathbf{A}$ es un elemento vectorial infinitesimal de superficie Σ . Si su dirección es ortogonal a ese parche de superficie, la magnitud es el área de un parche infinitesimal de superficie.

Ambos $\oint$ y $\int$ pueden tener una ambigüedad de signo; para obtener el signo correcto se utiliza la regla de la mano derecha, como se explica en el artículo Teorema de Kelvin-Stokes. Para una superficie plana Σ , un elemento de camino positivo $d\ell$ de la curva $\partial\Sigma$ está definida por la regla de la mano derecha como aquella que apunta con los dedos de la mano derecha cuando el pulgar apunta en la dirección de la normal $\mathbf{n}$ a la superficie Σ .

La integral alrededor $\partial\Sigma$ se llama una *integral de trayectoria* o *integral de línea*.

Observe que una integral de trayectoria distinta de cero para $\mathbf{E}$ es diferente al comportamiento del campo eléctrico generado por las cargas. Una carga generada $\mathbf{E}$ -field se puede expresar como el gradiente de un campo escalar que es una solución a la ecuación de Poisson y tiene una integral de trayectoria cero. Ver teorema del gradiente.

La ecuación integral es cierta para *cualquier* camino $\partial\Sigma$ a través del espacio, y cualquier superficie Σ para el cual ese camino es un límite.

si el camino Σ no cambia con el tiempo, la ecuación se puede reescribir:

$$\oint_{\partial\Sigma} \mathbf{E} \cdot d\ell = -\frac{d}{dt} \int_{\Sigma} \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}.$$

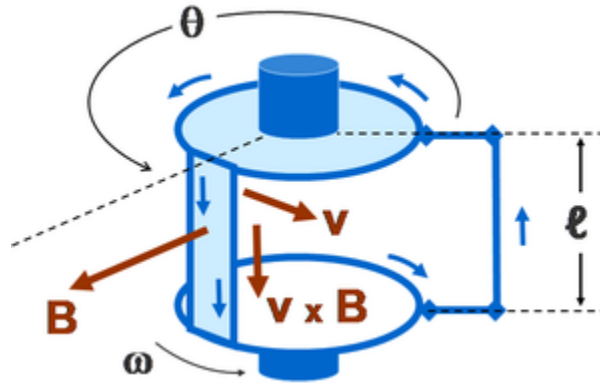
La integral de superficie del lado derecho es la expresión explícita del flujo magnético Φ_B mediante Σ .

Aplicaciones Faraday

Los principios de la inducción electromagnética se aplican en muchos dispositivos y sistemas, entre ellos:

- Pinza amperimétrica
- Generadores eléctricos
- Tableta gráfica de formación
- electromagnética
- medidores de efecto hall
- Cocinas de inducción
- Motores de inducción
- Sellado por inducción
- Soldadura por inducción
- **Carga inductiva**
- inductores
- Caudalímetros magnéticos
- Pastillas de linterna accionadas
- mecánicamente
- Anillo Rowland
- Transformadores de estimulación
- magnética transcraneal
- Transferencia de energía inalámbrica

Operación del generador eléctrico



Bucle de alambre rectangular que gira a una velocidad angular ω en un campo magnético que apunta radialmente hacia afuera B de magnitud fija. El circuito se completa con escobillas que hacen contacto deslizante con los discos superior e inferior, que tienen bordes conductores. Esta es una versión simplificada del *generador de tambor*.

La EMF generada por la ley de inducción de Faraday debido al movimiento relativo de un circuito y un campo magnético es el fenómeno subyacente a los generadores eléctricos. Cuando un imán permanente se mueve en relación con un conductor, o viceversa, se crea una fuerza electromotriz. Si el cable está conectado a través de una carga eléctrica, la corriente fluirá y, por lo tanto, se generará energía eléctrica, convirtiendo la energía mecánica del movimiento en energía eléctrica.

En el ejemplo del disco de Faraday, el disco gira en un campo magnético uniforme perpendicular al disco, lo que hace que fluya una corriente en el brazo radial debido a la fuerza de Lorentz. Es interesante entender cómo surge que el trabajo mecánico es necesario para conducir esta corriente. Cuando la corriente generada fluye a través del borde conductor, esta corriente genera un campo magnético a través de la ley del circuito de Ampère. La llanta se convierte así en un electroimán que resiste la rotación del disco (un ejemplo de la ley de Lenz).

La corriente de retorno fluye desde el brazo giratorio a través del lado opuesto del borde hasta el cepillo inferior. El campo B inducido por esta corriente de retorno se opone al campo B aplicado, tendiendo a *disminuir* el flujo a través de ese lado del circuito, opuesto al *aumento* en flujo debido a la rotación.

En el lado cercano de la figura, la corriente de retorno fluye desde el brazo giratorio a través del lado cercano del borde hasta el cepillo inferior. El campo B inducido *aumenta* el flujo en este lado del circuito, opuesto al *disminuir* el flujo debido a la rotación. Así, ambos lados del circuito generan una FEM que se opone a la rotación. La energía requerida para mantener el disco en movimiento, a pesar de esta fuerza reactiva, es exactamente igual a la energía eléctrica generada (más la energía desperdiciada debido a la fricción, el calentamiento Joule y otras ineficiencias). Este comportamiento es común a todos los generadores que convierten energía mecánica en energía eléctrica.

Transformador eléctrico

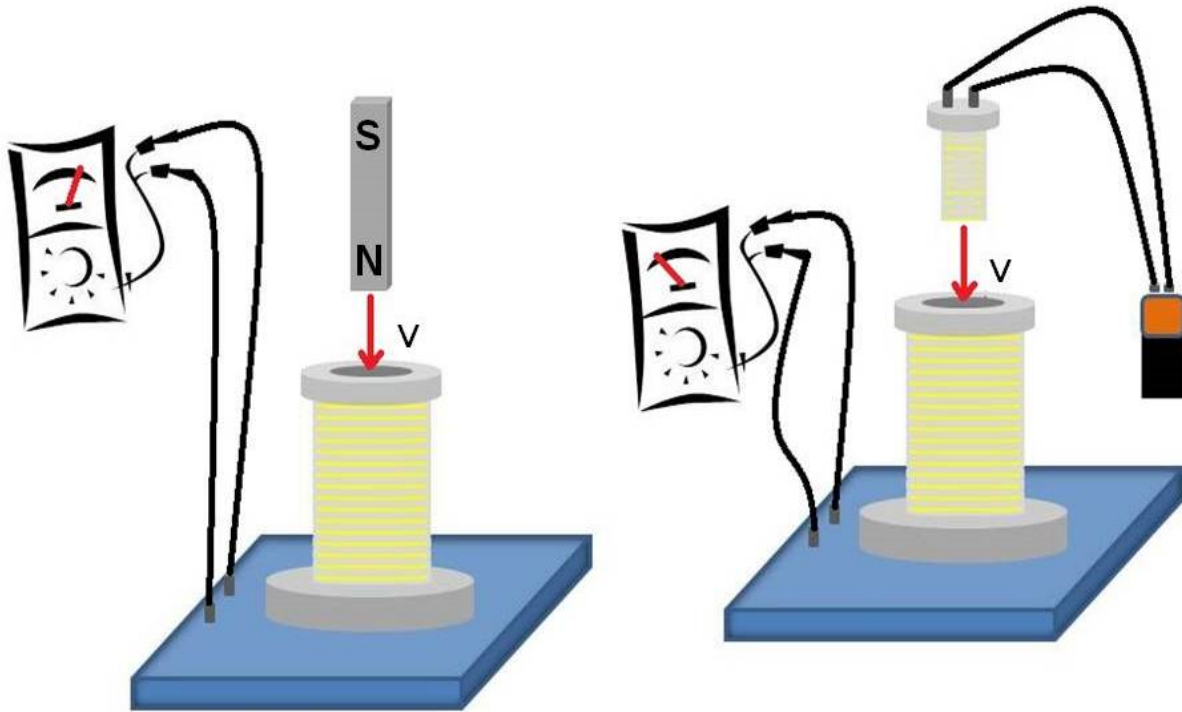
La EMF predicha por la ley de Faraday también es responsable de los transformadores eléctricos. Cuando cambia la corriente eléctrica en un bucle de alambre, la corriente cambiante crea un campo magnético cambiante. Un segundo cable al alcance de este campo magnético experimentará este cambio en el campo magnético como un cambio en su flujo magnético acoplado, $d\Phi_B/dt$. Por lo tanto, se establece una fuerza electromotriz en el segundo bucle llamado **campos electromagnéticos inducidos** o **transformador CEM**. Si los dos extremos de este bucle están conectados a través de una carga eléctrica, fluirá corriente.

Medidor de flujo magnético

La ley de Faraday se utiliza para medir el flujo de líquidos y todos eléctricamente conductores. Dichos instrumentos se denominan medidores de flujo magnéticos. El voltaje inducido generado en el campo magnético. Debido a un líquido conductor que se mueve a una velocidad v por tanto viene dada por:

$$\mathcal{E} = -B\ell v,$$

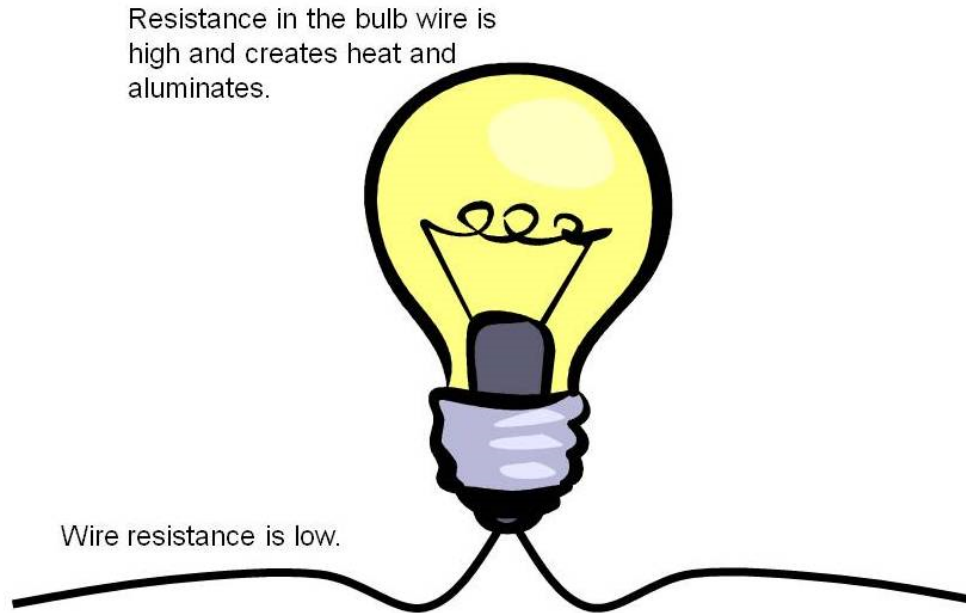
donde ℓ es la distancia entre electrodos en el medidor de flujo magnético.



FARADAY'S EXPERIMENT

Comprender la resistencia Pregunta 106

Excepto en materiales superconductores especiales, los electrones generalmente no fluyen libremente. En los aisladores, como ciertas cerámicas y plásticos, los electrones están fuertemente unidos a sus átomos. Ningún electrón se mueve en absoluto hasta que el voltaje o EMF es muy alto, típicamente miles de voltios. Es por eso que los aisladores se utilizan para contener la electricidad de manera segura. En cualquier conductor, el más mínimo voltaje moverá electrones. En aquellos materiales con alta resistencia. Sin embargo, pocos se moverán. En materiales con baja resistencia, muchos electrones se moverán con voltajes muy pequeños.

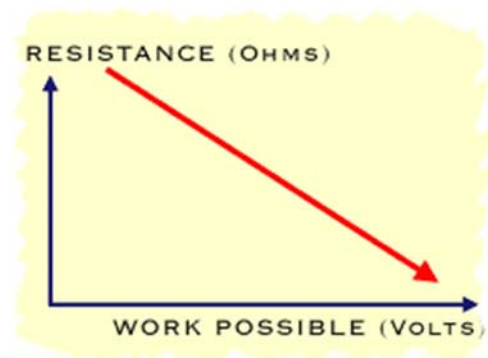


ELECTRICAL RESISTANCE

La resistencia se mide en ohmios y se designa con el símbolo Ω (omega).

Medición de resistencia

El símbolo "V" se usa para representar algo llamado **diferencia de potencial**. La diferencia de potencial es la cantidad de trabajo realizado al mover una carga entre dos puntos, dividida por el tamaño de la carga. Sin embargo, eso es un poco complicado. Puedes pensar en el potencial como altura eléctrica. El alto potencial (carga casi positiva) es como estar en la cima de una colina. El potencial bajo (carga casi negativa) es como estar en un valle. Entonces, la diferencia de potencial indica la diferencia en la altura eléctrica entre dos puntos. Cuanto mayor sea esa diferencia, más probable es que la carga se mueva.



La diferencia de potencial se mide en voltios, y el potencial se conoce comúnmente como voltaje. "I" es el símbolo de corriente y "R" es el símbolo de la resistencia del sistema. La corriente se mide en amperios y la resistencia en ohmios.

Ley de Ohm

Esta sección describirá qué es la electricidad, cómo se genera y cómo se comporta. En esta lección se explican el voltaje, la corriente, la resistencia y la potencia, y se usa la Ley de Ohm para explicar su relación en un circuito eléctrico.

La Ley de Ohm explica la relación entre la corriente de voltaje y la resistencia en un circuito. Si conocemos el valor de cualquiera de los dos, podemos calcular el tercero.

LEY DE OHM: $E = I \times R$

En la fórmula:

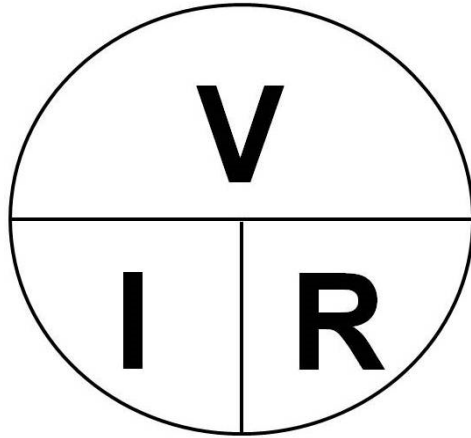
mies la fuerza electromotriz o la diferencia de potencial, en voltios, que mueve la corriente a través del conductor.

yoes la intensidad del flujo de electrones, o corriente, en amperios, moviéndose a través del conductor.

Res Resistencia, en ohmios, u oposición al flujo de electrones en el conductor.

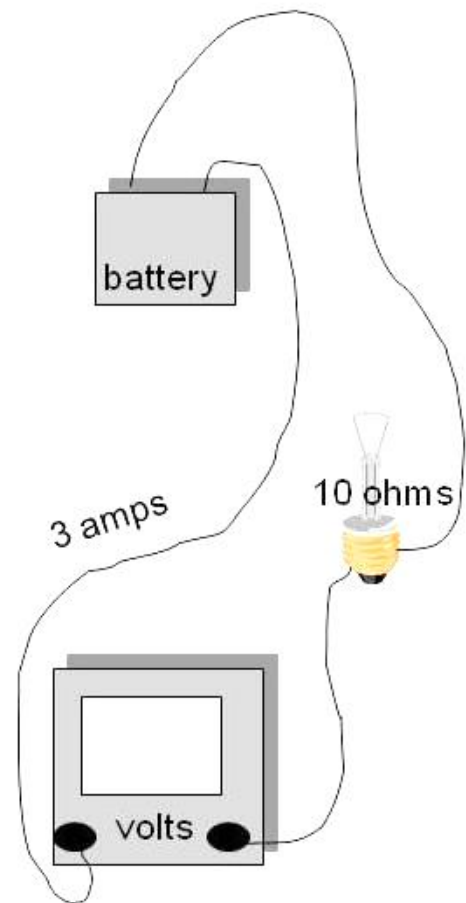
La Ley de Ohm nos dice que:

- a) La corriente es inversamente proporcional a la resistencia. Si aumenta la resistencia, disminuye la corriente; si la resistencia disminuye, la corriente aumenta.
- b) La corriente es directamente proporcional al voltaje. Es decir, si sube el voltaje, también sube la corriente; si el voltaje baja, también lo hace la corriente.



Ahora resuelve los siguientes problemas usando la Ley de Ohm.

1. ¿Cuánta corriente consumirá la carga?
2. ¿Cuál es la resistencia de la carga?
3. ¿Cuál es el voltaje de la fuente?



Símbolos comunes:
 E =VOLTIOS ~o~ (V = VOLTIOS) P
 =WATTS ~o~ (W = WATTS) R =
 OHMIOS ~o~ (R = RESISTENCIA) I
 =AMPERIOS ~o~ (A = AMPERIOS)
 HP = CABALLOS DE FUERZA
 PF = FACTOR DE POTENCIA
 kW = kilovatios
 kWh = kilovatios hora
 VA = VOLTIOS-AMPEROS
 kVA = KILOVOLTIOS-AMPEROS
 C = CAPACITANCIA
 EFF = EFICIENCIA (expresada como decimal)

FÓRMULAS DE CORRIENTE CONTINUA

AMPERIOS=	VATIOS÷VOLTIOS	$I = P \div E$	$A = W \div V$
VATIOS=	VOLTIOS x AMPERIOS	$P = E \times I$	$W = V \times A$
VOLTIOS=	VATIOS ÷ AMPERIOS	$E = P \div I$	$V = W \div A$
CABALLOS DE FUERZA=	$(V \times A \times \text{EFF}) \div 746$		
EFICIENCIA=	$(746 \times \text{HP}) \div (V \times A)$		

FÓRMULAS AC MONOFÁSICAS

AMPERIOS=	$VATIOS \div (VOLTIOS \times PF)$	$I = P \div (E \times PF)$	$A = W \div (V \times PF)$
VATIOS=	VOLTIOS x AMPERIOS x FP	$P = E \times I \times FP$	$W = V \times A \times FP$
VOLTIOS=	VATIOS ÷ AMPERIOS	$E = P \div I$	$V = W \div A$
VOLTIOS-AMPES=	VOLTIOS x AMPERIOS	$VA = E \times I$	$VA = V \times A$
CABALLOS DE FUERZA=	$(V \times A \times \text{EFF} \times PF) \div 746$		
FACTOR DE POTENCIA=	WATTS DE ENTRADA÷(V x A)		
EFICIENCIA=	$(746 \times \text{HP}) \div (V \times A \times PF)$		

FÓRMULAS AC TRIFÁSICAS

AMPERIOS=	$VATIOS \div (1.732 \times VOLTIOS \times FP)$	$Y_o = P \div (1.732 \times E \times FP)$
VATIOS=	$1.732 \times VOLTIOS \times AMPERIOS \times FP$	$P = 1.732 \times E \times I \times PF$
VOLTIOS=	VATIOS ÷ AMPERIOS	$E = P \div I$
VOLTIOS-AMPES=	$1.732 \times VOLTIOS \times AMPERIOS$	$VA = 1.732 \times E \times I$
CABALLOS DE FUERZA=	$(1.732 \times V \times A \times \text{EFF} \times PF) \div 746$	
FACTOR DE POTENCIA=	WATTS DE ENTRADA÷(1.732 x V x A)	
EFICIENCIA=	$(746 \times \text{HP}) \div (1.732 \times V \times A \times PF)$	

¿Qué es la resistencia eléctrica?

La **resistencia eléctrica** de un conductor eléctrico es la oposición al paso de una corriente eléctrica a través de ese conductor; la cantidad inversa es **conductancia eléctrica**, la facilidad con que pasa una corriente eléctrica.

La resistencia eléctrica comparte algunos paralelos conceptuales con la noción mecánica de fricción.

La unidad SI de resistencia eléctrica es el ohmio (Ω), mientras que la conductancia eléctrica se mide en siemens (S).

Un objeto de sección transversal uniforme tiene una resistencia proporcional a su resistividad y longitud e inversamente proporcional al área de su sección transversal. Todos los materiales muestran cierta resistencia, excepto los superconductores, que tienen una resistencia de cero.

La resistencia (R) de un objeto se define como la relación de voltaje a través de él (V) a la corriente a través de él (I), mientras que la conductancia (G) es la inversa:

$$R = \frac{V}{I}, \quad G = \frac{I}{V}, \quad G = \frac{1}{R}$$

Para una amplia variedad de materiales y condiciones, V e I son directamente proporcionales entre sí, por lo que R y G son constantes (aunque pueden depender de otros factores como la temperatura o la tensión). Esta proporcionalidad se denomina ley de Ohm, y los materiales que la satisfacen se denominan materiales "óhmicos".

En otros casos, como un diodo o una batería, V no está directamente proporcional a I, es decir, la I-V curva no es una línea recta a través del origen, y la ley de Ohm no se cumple.

En este caso, la resistencia y la conductancia son conceptos menos útiles y más difíciles de definir.

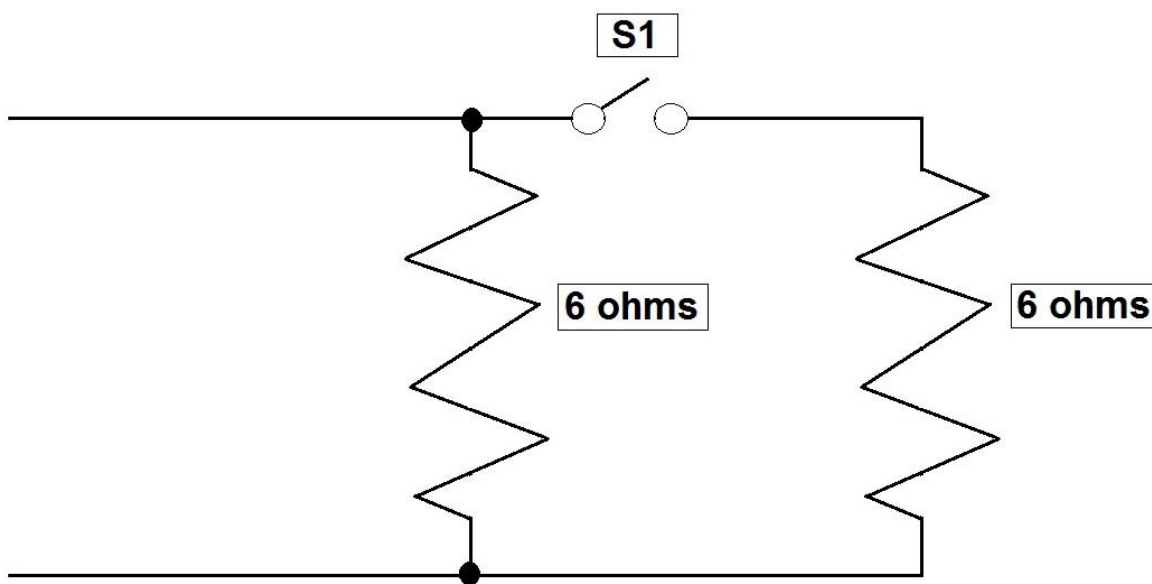
La relación V/I a veces sigue siendo útil y se denomina "resistencia de cuerda" o "resistencia estática", ya que corresponde a la pendiente inversa de una cuerda entre el origen y un I-V curva.

En otras situaciones, la resistencia $\frac{dV}{dI}$ puede ser de lo más útil; esto se llama el "diferencial derivada".

idea de ohm

Un galvanómetro de tangente confiable se puede construir fácilmente enrollando un cable alrededor de una plataforma que soporta una brújula. Se conectan diferentes longitudes de alambre de resistencia al galvanómetro tangente de manera similar a los experimentos reales de Ohm. Para mayor comodidad, se puede colocar un alambre de resistencia de nicromo a través de una regla de un metro y, usando un contacto deslizante, se pueden obtener fácilmente diferentes longitudes de alambre.

El campo magnético del bucle se alinea en dirección norte-sur y las tangentes de las desviaciones de la aguja de la brújula (corriente) se representan gráficamente frente a la resistencia (medida por longitud) para confirmar que la corriente es inversamente proporcional a la resistencia del circuito.



¿Qué resistencia esperarías medir en el interruptor abierto S1?

experimento de ohm

1. Configure el aparato como se muestra. Deje abierta una conexión en la batería (o use un interruptor para encender y apagar la corriente).
2. Prepare varias longitudes de cable de resistencia o use una conexión deslizante a un cable de resistencia de 1 metro de largo.
3. Comenzando con el cable más largo primero, conecte el circuito y mida la desviación de la brújula. Asegúrese de que la aguja de su brújula se mueva libremente (puede tocar ligeramente la plataforma para verificar). Nota: desconecte la batería tan pronto como registre la desviación de la aguja de la brújula. Dejar la batería conectada podría calentar los cables y cambiar la resistencia.

Tabla de datos

Resistencia Longitud (m)	0.20	0.40	0,60	0.80	1.00
(grados)					
Broncearse					

4. Grafique la corriente ($\tan^2$) frente a la resistencia (longitud del cable).
5. "Endereza" la curva para determinar la relación entre la corriente y la resistencia.
6. ¿Qué representa la constante?
7. Repita el experimento usando un amperímetro en lugar de un galvanómetro tangente.

Conclusión

Hemos demostrado que

$$y_o = \frac{a}{R}$$

donde y_o es actual, R es la resistencia total y a es una constante $RT = b + x$, donde x es el cable de resistencia y b es la resistencia fija del circuito.

puedes calcular b en términos de longitud? proporción de la resistencia total?

Ohm repitió el experimento con una diferencia de temperatura diferente y encontró un valor diferente para a . El constante a debe estar asociado con la batería, pero lo que significaba se dejó para que Kirchhoff lo determinara 25 años después. Kirchhoff sintetizó la ley de Coulomb, la energía potencial eléctrica entre dos cargas, el experimento de Joule y los experimentos de Ohm en una teoría matemática coherente.



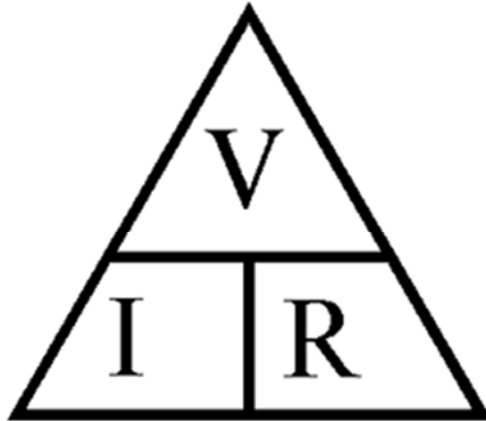
Georg Ohm

Georg Ohm midiendo la corriente que pasa por la tira de cobre. La corriente es generada por el termopar de cobre bismuto. Una unión de metal se sumerge en hielo y la otra en agua hirviendo. Debido a que hay una diferencia de temperatura constante, la EMF no varía.

La contribución de Kirchoff

Mediante experimentación, Ohm descubrió que en un circuito eléctrico...

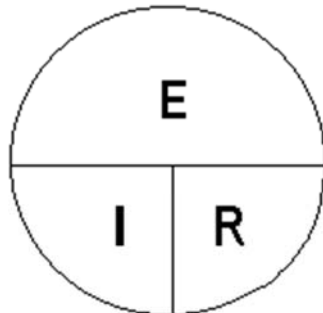
Ohm's Triangle



Cover the variable you want to find and perform the resulting calculation (*Multiplication/Division*) as indicated.

O también expresado como

OHM's LAW



E = Electromotive Force
measured in VOLTS

I = Current
measured in AMPS

R = Resistance
measured in OHM's

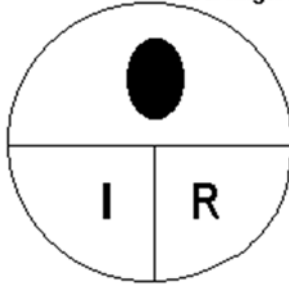
$$E = I \times R \quad I = E \div R \quad R = E \div I$$

HINT: The letters are placed on the circle in alphabetical order

HOW TO USE THE CIRCLE FOR OHM's LAW

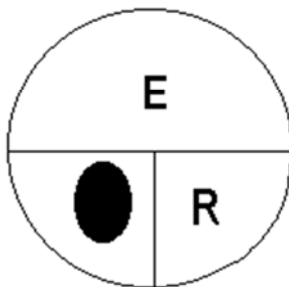
Cover the Letter that is needed to be solved with your finger

Your finger is represented by the  below



$$E = I \times R$$

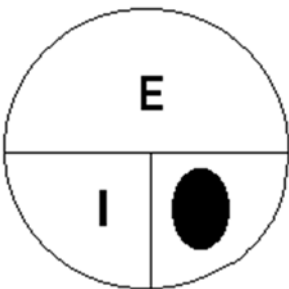
EMF (in VOLTS) =
Current times Resistance, or
AMPS times OHMS



$$I = E \div R$$

$$\text{(also)} \quad I = \frac{E}{R}$$

CURRENT (in AMPS) =
EMF divided by Resistance, or
VOLTS divided by OHM's



$$R = E \div I$$

$$\text{(also)} \quad R = \frac{E}{I}$$

RESISTANCE (in OHM's) =
EMF divided by Current, or
VOLTS divided by AMPS

V proviene de "voltaje" y **m** de "fuerza electromotriz". **m** significa también **energía**, así que **V** esta elegido.

Energía = voltaje × carga. **m** = **V** × **q**. A algunos les gusta más apegarse a **m** en vez de **V**, así que hazlo.

Voltaje **V** = $y_o \times R = PAG / y_o = \sqrt{(PAG \times R)}$ en voltios V
/ R en amperios A

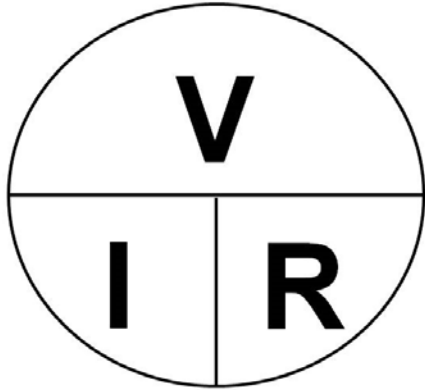
Actual **y_o** = $V / R = PAG / V = \sqrt{(PAG / R)}$

Resistencia **R** = $V / y_o = PAG / y_o^2 = V^2 / PAG$ en ohmios Ω
Ren vatios W

Poder **PAG** = $V \times y_o = \times y_o^2 = V^2 / R$

Las ruedas de memoria proporcionan una manera fácil de recordar la relación en la Ley de Ohm. Si cubre la V (E a veces se usa para EMF, fuerza motriz eléctrica), la rueda le dice que "V" (voltaje) es igual a "I" (corriente o amperaje) multiplicado por "R" (resistencia).

Al cubrir I o R dividirías por V, por ejemplo:



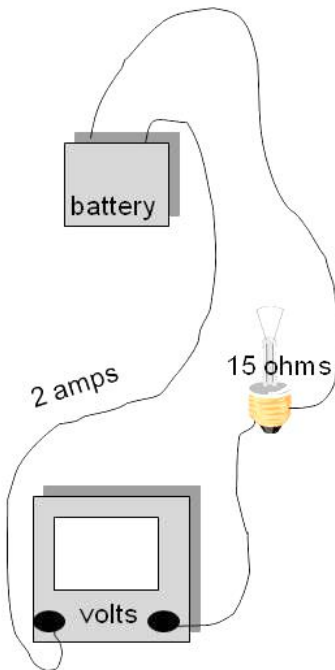
$$V = I \times R$$

$$R = V \div I$$

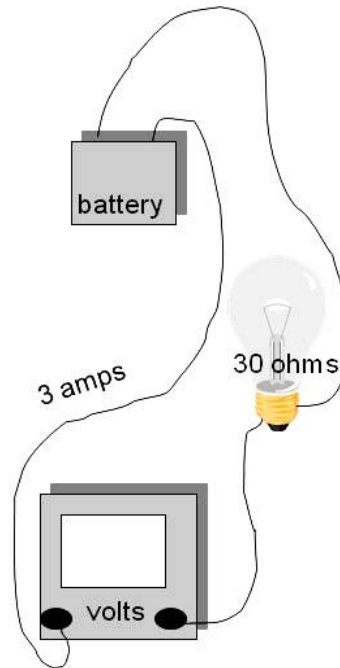
$$I = V \div R$$

Ahora resuelve los siguientes problemas usando la Ley de Ohm. Algunas de las respuestas tendrán puntos decimales.

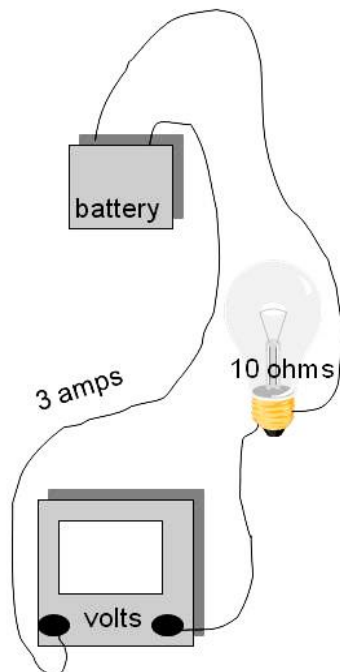
Ejercicio práctico



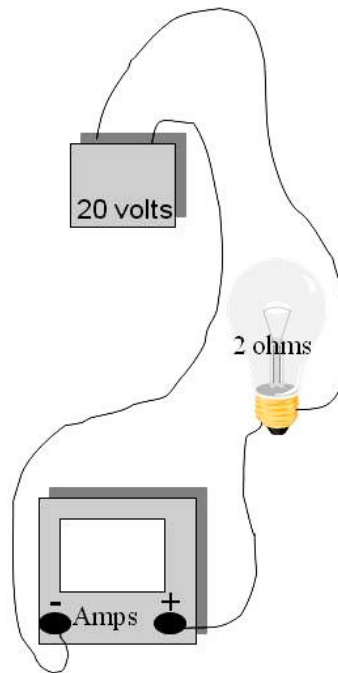
1. ¿Cuál es el voltaje para lo anterior? ____



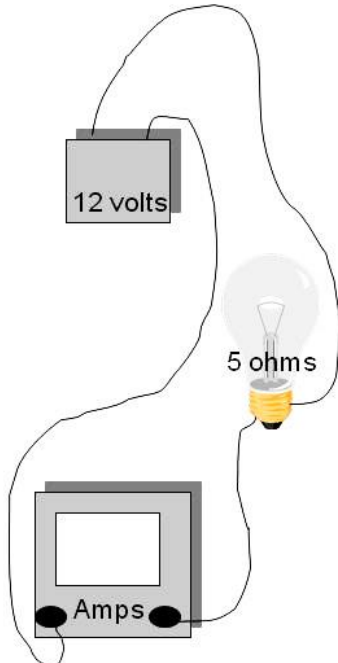
2. ¿Cuál es el voltaje para lo anterior? ____



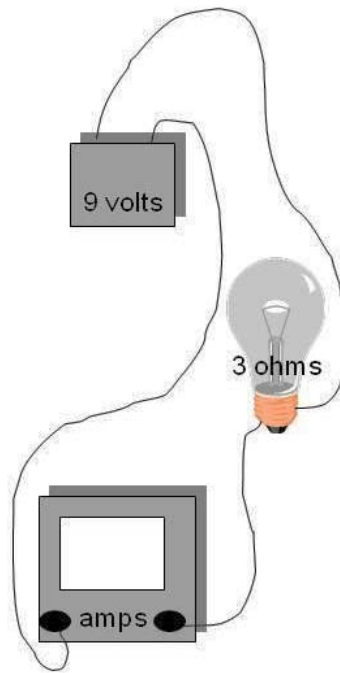
3. ¿Cuál es el voltaje para lo anterior? ____



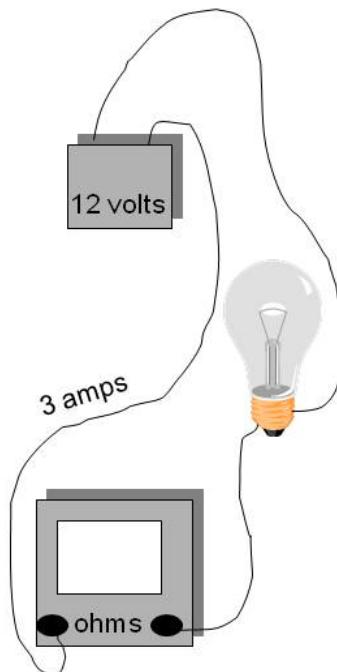
4. ¿Cuánta corriente consumirá la carga? ____



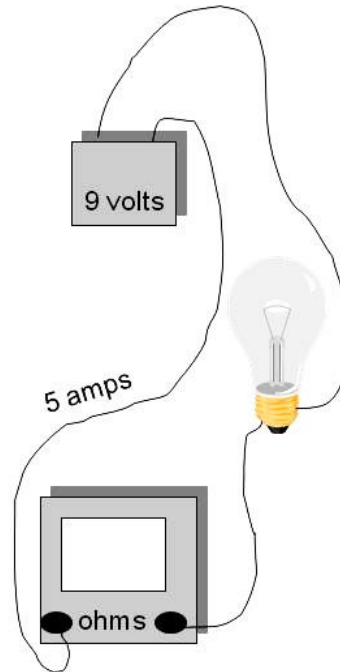
5. ¿Cuánta corriente consumirá la carga? ____



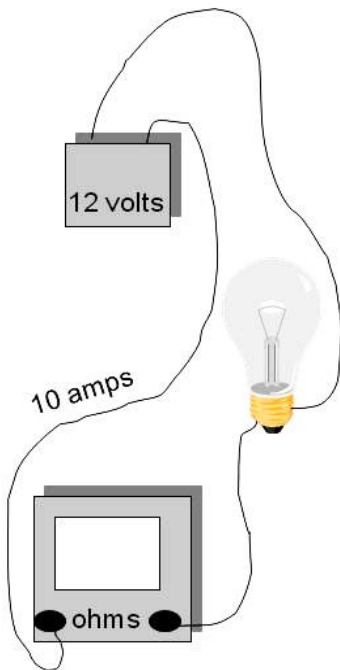
6. ¿Cuánta corriente consumirá la carga? ____



7. ¿Cuál es la resistencia de esta carga? ____



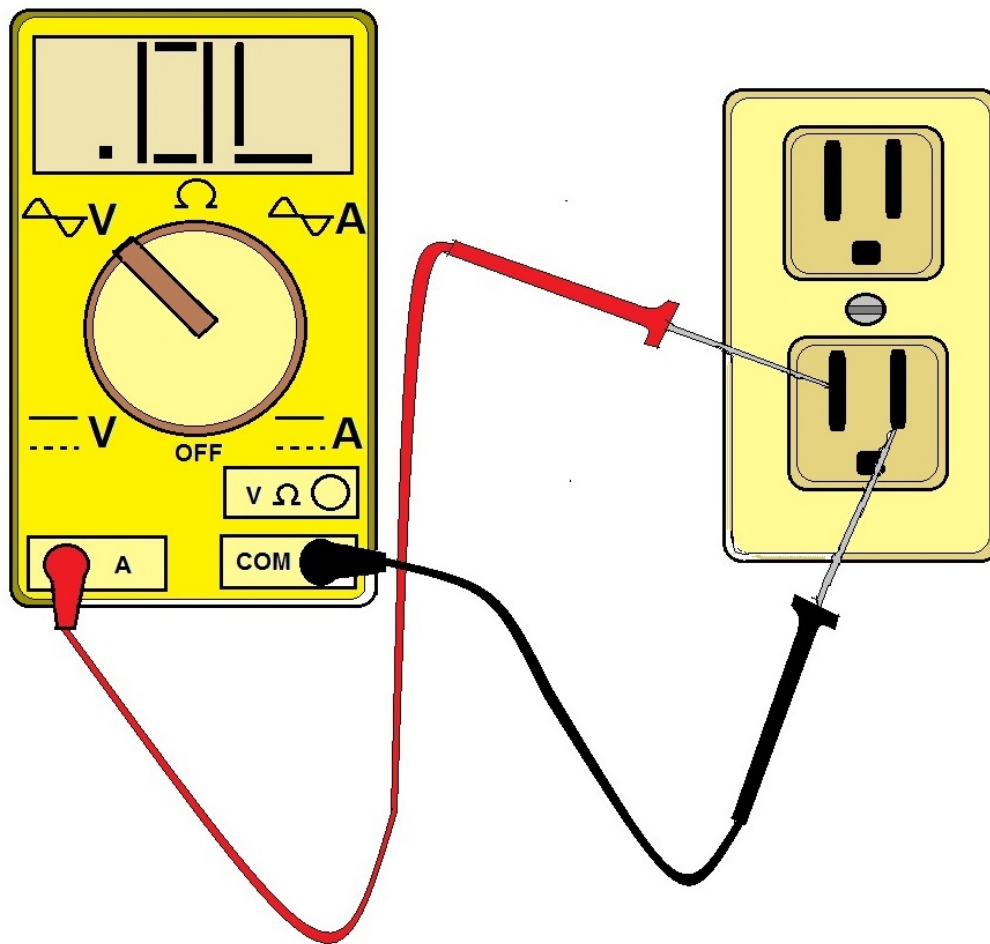
8. ¿Cuál es la resistencia de esta carga? ____



9. ¿Cuál es la resistencia de esta carga? ____

Respuestas para el ejercicio de práctica 1-9

1. $2 \text{ I} \times 15 \text{ R} = 30 \text{ V}$
2. $3 \text{ I} \times 30 \text{ R} = 90 \text{ V}$
3. $3 \text{ I} \times 10 \text{ R} = 30 \text{ V}$
4. $20 \text{ V} \div 2 \text{ R} = 10 \text{ I (amperios)}$
5. $12 \text{ V} \div 5 \text{ R} = 2,4 \text{ I (amperios)}$
6. $9 \text{ V} \div 3 \text{ R} = 3 \text{ I (amperios)}$
7. $12 \text{ V} \div 3 \text{ I} = 4 \text{ R}$
8. $9 \text{ V} \div 5 \text{ I} = 1,8 \text{ R}$
9. $12 \text{ V} \div 10 \text{ I} = 1,2 \text{ R}$

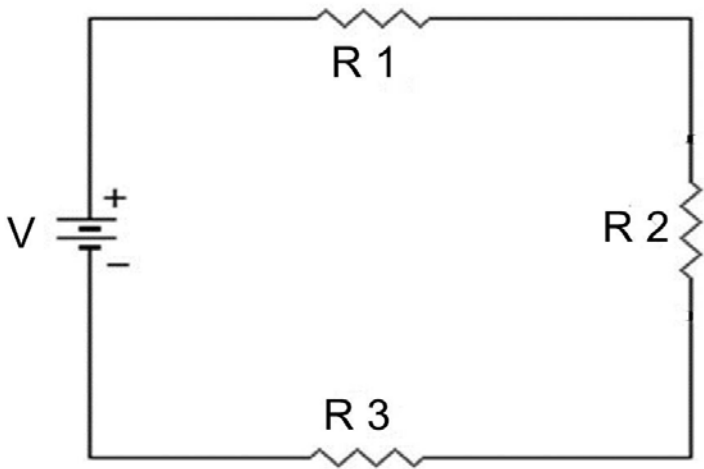


SHORT CIRCUIT

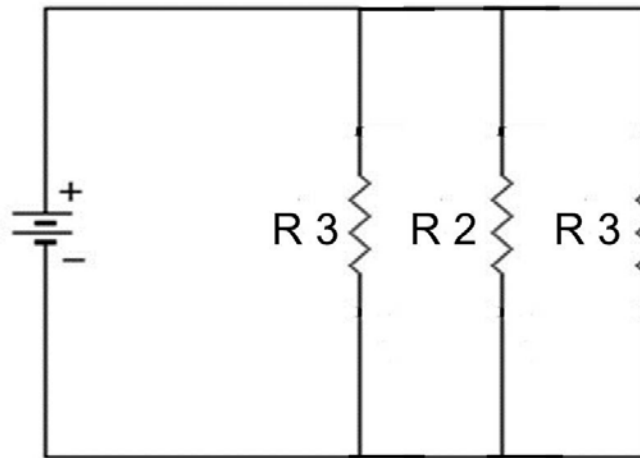
Fórmulas de circuitos en serie y en paralelo

Resistencia en serie	
Método para TODAS las resistencias en serie	$R_t = R_1 + R_2 + R_3 \dots$
Total actual	$y_o t = y_{o1} = y_{o2} = y_{o3}$
Voltaje total	$V_t = V_1 + V_2 + V_3$
Potencia total	Punto = $P_1 + P_2 + P_3$
Resistencia paralela	
Método para SOLO 2 resistencias	$R_t = (R_1 \times R_2) / (R_1 + R_2)$
Método para resistencias múltiples	$R_t \text{ or } R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots}$
Total actual	$y_o t = y_{o1} + y_{o2} + y_{o3}$
Voltaje total	$V_t = E_1 = E_2 = E_3$
Potencia total	Punto = $P_1 + P_2 + P_3$

Circuito en serie

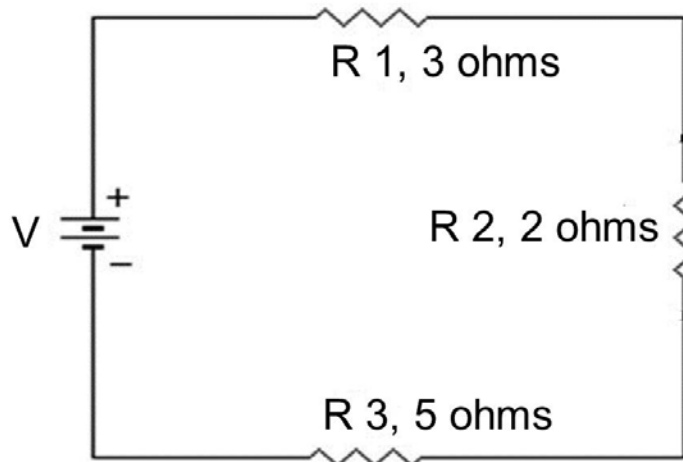


Circuito paralelo



Ejemplos de cómo resolver circuitos en serie usando la fórmula:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 \dots$$



$$R_t = 3 R + 2 R + 5 R$$

$$R_t = 10 R$$

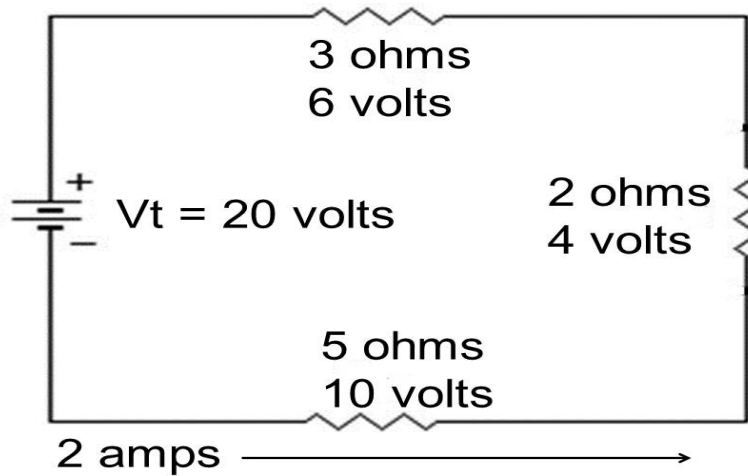
Como puede ver, es un proceso fácil, solo siga la fórmula. Para nuestro próximo ejemplo, eliminaremos la numeración de la "R" y solo indicaremos el valor.

Veamos cómo funciona el voltaje y el amperaje en un circuito en serie:

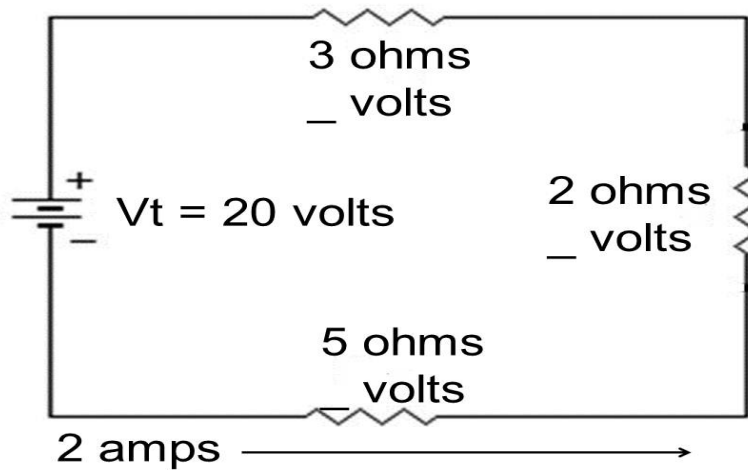
$$V_t = V_1 + V_2 + V_3$$

$$I_t = I_1 = I_2 = I_3$$

Así quedaría el circuito:



Si los amperios permanecen iguales en todo el circuito, entonces tendría una caída de voltaje en cada carga de resistencia. Esto se hace usando la Ley de Ohm. Echemos un vistazo de cerca y veamos qué sucede cuando tomamos las caídas de voltaje.



$5 \text{ R} \times 2 \text{ I} = 10 \text{ V}$, $2 \text{ R} \times 2 \text{ I} = 4 \text{ V}$ y $3 \text{ R} \times 2 \text{ I} = 6 \text{ V}$ suma todos los voltios y obtienes 20. Siempre que resuelvas cualquier tipo de circuito, ten tus fórmulas escritas en algún lugar a mano.

Las fórmulas de circuito en serie que usamos donde:

$$\begin{aligned} V &= I \times R \\ V_t &= V_1 + V_2 + V_3 \\ I_t &= I_1 = I_2 = I_3 \\ R_t &= R_1 + R_2 + R_3 \end{aligned}$$

En un circuito paralelo usamos las siguientes fórmulas para voltaje y amperaje:

$$V_t = E_1 = E_2 = E_3$$

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$

La resistencia es un poco más complicada:

$$R_t \text{ or } R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots}$$

La "eq" es equivalente, en esta fórmula se divide 1 por fracciones y cada fracción se suma. Recuerda simplificar todos los números antes de dividir lo que está arriba de lo que está abajo. ¿Ya te perdí? Intentémoslo con números:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_{20}} + \frac{1}{R_{30}} + \frac{1}{R_{40}} + \dots}$$

$$\frac{1}{20} = .05 \quad \frac{1}{30} = .0333 \quad \frac{1}{40} = .025$$

$$.05 + .0333 + .025 = .1083$$

$$R_{t \ 9.23} = \frac{1}{.1083}$$

Cuando la corriente viaja a través de una carga o resistencia, entra y sale.

Pregunta de Mecánica Clásica 120

Los objetos pueden poseer una propiedad conocida como carga eléctrica. Un campo eléctrico ejerce una fuerza sobre objetos cargados. Si el objeto cargado tiene una carga positiva, la fuerza estará en la dirección del vector del campo eléctrico en ese punto. La fuerza será en la dirección opuesta si la carga es negativa. La magnitud de la fuerza viene dada por la cantidad de carga multiplicada por la magnitud del vector del campo eléctrico.

Una fuerza neta que actúa sobre un objeto hará que se acelere, como lo explica la mecánica clásica que explora conceptos como fuerza, energía, potencial, etc. El potencial eléctrico (o simplemente potencial) en un punto de un campo eléctrico se define como el trabajo hecho al mover una unidad de carga positiva desde el infinito hasta ese punto. Se supone que el potencial eléctrico en el infinito es cero.

La fuerza y la energía potencial están directamente relacionadas. A medida que un objeto se mueve en la dirección en que la fuerza lo acelera, su energía potencial disminuye. Por ejemplo, la energía potencial gravitatoria de una bala de cañón en la cima de una colina es mayor que en la base de la colina. A medida que el objeto cae, esa energía potencial disminuye y se traduce en movimiento o energía inercial (cinética).

Para ciertos campos de fuerza, es posible definir el "potencial" de un campo tal que la energía potencial de un objeto debido a un campo depende únicamente de la posición del objeto con respecto al campo. Esas fuerzas deben afectar a los objetos dependiendo únicamente de las propiedades intrínsecas del objeto (p. ej., masa o carga) y la posición del objeto, y obedecer ciertas otras reglas matemáticas.

Más tarde, Joule demostró que $W = q\Delta V$. Ambos experimentos son ejemplos de leyes científicas desarrolladas inductivamente a partir de observaciones del comportamiento de circuitos eléctricos. Además, ambos experimentos están relacionados con cargas en movimiento. Kirchoff comenzó con las consideraciones energéticas de las cargas estáticas y mostró lo siguiente.

Potencial eléctrico

El potencial eléctrico es la energía potencial eléctrica *por unidad de carga*.

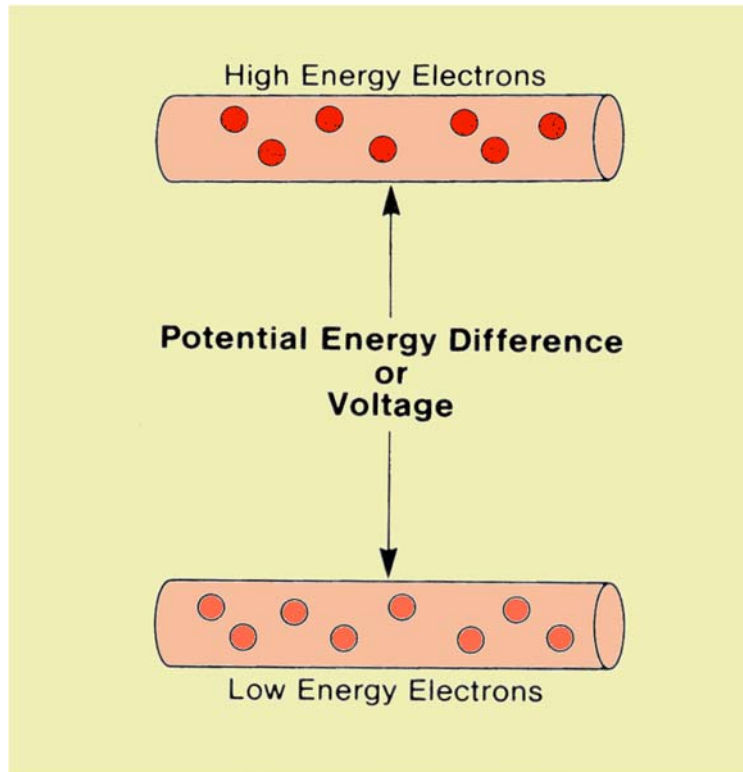
$$V = \frac{W}{Q} \quad \text{or} \quad V = \frac{E}{Q}$$

V = Potential Difference (Voltage)

W = Work done

E = Energy

Q = Charge



Así, Kirchoff demostró que si la constante en la Ley de Ohm era el voltaje, todo lo que sabíamos sobre electricidad estática y dinámica encajaba en un sistema teórico y práctico coherente (en otras palabras, es una buena teoría).

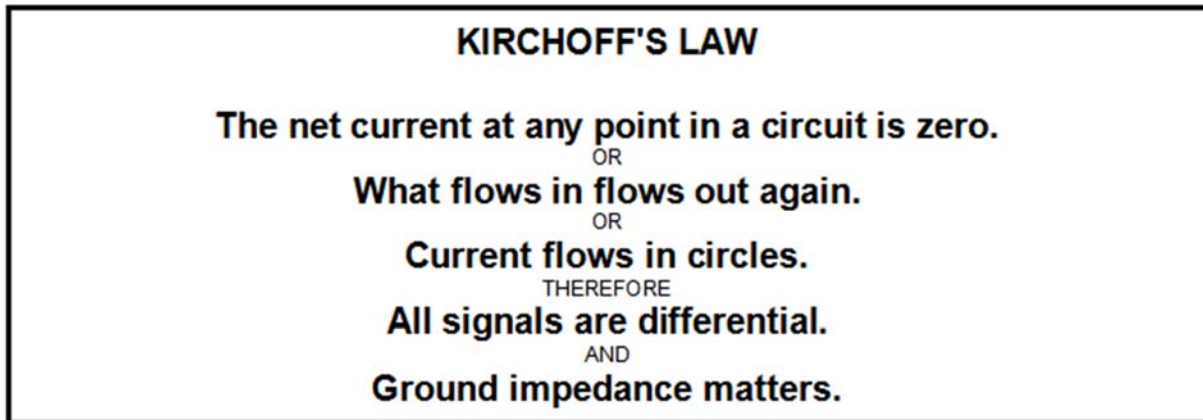
Esta parte de la unidad contiene muchos lugares fáciles para desarrollar malentendidos.

Todos se han abordado anteriormente en esta página, pero aquí hay una lista rápida de ellos.

Por favor, haga todo lo posible para evitar que esto se convierta en un malentendido para usted:

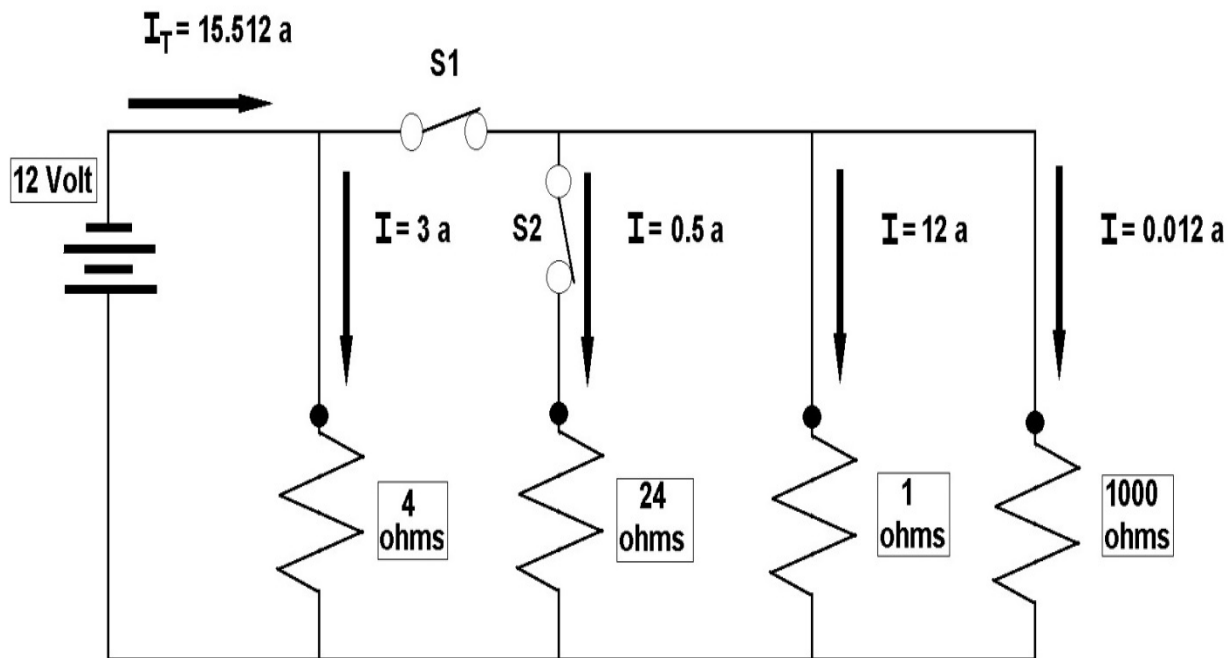
- La energía potencial eléctrica **esno** lo mismo que potencial eléctrico.
 - o El potencial eléctrico también se puede describir mediante los términos diferencia de potencial, voltaje, caída de potencial, aumento de potencial, fuerza electromotriz y EMF. Estos términos pueden diferir ligeramente en significado dependiendo de la situación.
- La variable que usamos para la diferencia de potencial es V y la unidad para la diferencia de potencial también es V (voltios). No dejes que eso te confunda cuando veas $V = 1.5V$
- El electrón voltio no es una unidad más pequeña del voltio, es una unidad más pequeña del Joule.

Determinar la resistencia, la corriente, el voltaje y la potencia para redes en serie, en paralelo y combinadas.



El análisis de circuitos comenzaría con series simples y circuitos paralelos simples. El siguiente es un ejemplo del análisis de una red combinada o circuito complejo.

En el siguiente circuito, determine la corriente, la caída de voltaje y la potencia consumida por cada resistencia.



Diferencia de potencial

La diferencia de voltaje entre dos puntos cualesquiera de un circuito se conoce como **Diferencia de potencial**, **p.d.** o **Caída de voltaje** es la diferencia entre estos dos puntos lo que hace que fluya la corriente. A diferencia de la corriente que fluye alrededor de un circuito en forma de carga eléctrica, la diferencia de potencial no se mueve cuando se aplica.

La unidad de diferencia de potencial es el **voltio** y se define como la diferencia de potencial a través de una resistencia de un ohm que conduce una corriente de un amperio. En otras palabras, $V = IR$

Ley de Ohm establece que para un circuito lineal, la corriente que fluye a través de él es proporcional a la diferencia de potencial a través de él, por lo que cuanto mayor sea la diferencia de potencial entre dos puntos, mayor será la corriente que fluye a través de él.

Por ejemplo, si el voltaje en un lado de una resistencia de $10\ \Omega$ mide 8 V y en el otro lado de la resistencia mide 5 V, entonces la diferencia de potencial a través de la resistencia sería de 3 V (8 - 5), lo que provocaría que fluya una corriente de 0,3 A. .

Sin embargo, si el voltaje en un lado se aumentó de 8 V a 40 V, la diferencia de potencial a través de la resistencia ahora sería de $40\text{ V} - 5\text{ V} = 35\text{ V}$, lo que provocaría que fluya una corriente de 3,5 A. Tenga en cuenta que el voltaje en cualquier punto de un circuito siempre se mide con respecto a un punto común, generalmente 0V.

Para los circuitos eléctricos, el potencial de tierra o tierra generalmente se toma como cero voltios (0V) y todo está referenciado a ese punto común en un circuito. Esto es similar en teoría a medir la altura. Medimos la altura de las colinas de manera similar diciendo que el nivel del mar está a cero pies y luego comparamos otros puntos de la colina o montaña a ese nivel.

De manera muy similar, podemos llamar al punto común en un circuito cero voltios y darle el nombre de tierra, cero voltios o tierra, luego todos los demás puntos de voltaje en el circuito se comparan o se refieren a ese punto de tierra.

Como las unidades de medida de **Diferencia de potencial** son voltios, la diferencia de potencial se llama principalmente **Voltaje**. Los voltajes individuales conectados en serie se pueden sumar para darnos una suma de "voltaje total" del circuito como se ve en el tutorial de resistencias en serie. Los voltajes entre los componentes que están conectados en paralelo siempre tendrán el mismo valor que se ve en el tutorial de resistencias en paralelo, por ejemplo.

para tensiones conectadas en serie,

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 \dots \text{etc}$$

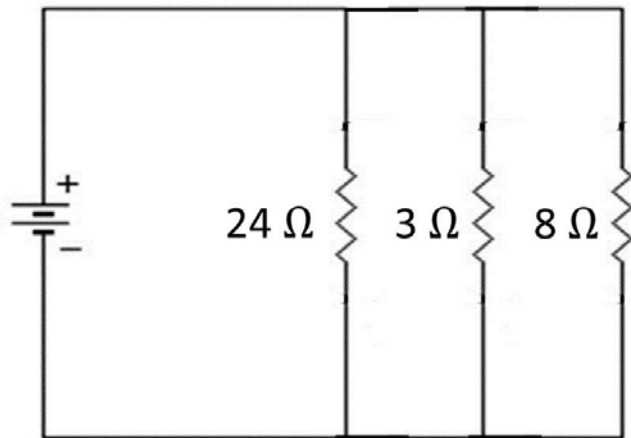
para voltajes conectados en paralelo,

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 \dots \text{etc}$$

El circuito no es una simple serie ni una simple conexión en paralelo de resistencias. Contiene ambas agrupaciones, por lo que es un ejemplo de un circuito complejo.

Generalmente, es necesario determinar la resistencia total o equivalente del circuito antes de poder calcular otras magnitudes eléctricas. En un circuito tan complejo, es necesario identificar las resistencias que están en serie entre sí y las que están en paralelo entre sí. Estos grupos de resistencias se pueden sumar para reducir el número de resistencias en el circuito. Este proceso continúa hasta que el circuito se reduce a una sola resistencia.

Por lo general, comience mirando las resistencias más alejadas de la fuente. En este caso, las resistencias de $2\ \Omega$ y $6\ \Omega$ están en serie y pueden combinarse en un solo valor de $8\ \Omega$. Al mismo tiempo, $20\ \Omega$ y $4\ \Omega$ pueden combinarse para dar $24\ \Omega$.



$$R_t \text{ or } R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots}$$

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{24 \, \Omega} + \frac{1}{3 \, \Omega} + \frac{1}{8 \, \Omega}}$$

$$R_t = \frac{1}{.0416 + .3333 + .125}$$

$$R_t = \frac{1}{.4999}$$

$$R_t = 2 \, \Omega$$

El circuito ahora consta de tres resistencias en serie. La resistencia total de todo el circuito es $R_T = 1 + 2 + 7 = 10 \Omega$.

Esto a menudo se denomina resistencia equivalente, y este circuito simple, que consta de una sola fuente y una sola resistencia, se conoce como circuito equivalente.

La resistencia equivalente de 10Ω extrae la misma cantidad de corriente de la fuente de alimentación que la red compleja original.

Para completar el análisis, trabajamos hacia atrás hasta el circuito original, aplicando las leyes de Kirchoff:

- Ley de la corriente de Kirchoff: La suma de las corrientes que entran en un cruce debe ser igual a la suma de las corrientes que salen de ese cruce.
- Ley de voltaje de Kirchoff: La suma de caídas de potencial alrededor de un circuito debe ser igual a la suma de aumentos de potencial alrededor del circuito.

Una vez calculada la resistencia total, encuentre la corriente total que sale y regresa al

$$I = \frac{V = 30 \text{ voltios}}{R = 10 \text{ ohmios}}$$

Esto se llama la línea principal del circuito ya que tiene la corriente total en ella. Es útil dibujar esto en el circuito.

Esta corriente total pasa a través de las resistencias de 1Ω y 7Ω . Esto da como resultado una caída de voltaje en cada uno de ellos.

$$V_{\text{soltar}} = I R = (3A)(1 \Omega) = 3V$$

$$V_{\text{soltar}} = (3A)(7 \Omega) = 21V$$

La caída de voltaje que queda para el resto del circuito es $30V - 24V = 6V$.
este $6V$ aparece en las tres ramas paralelas para que se pueda determinar la corriente en cada rama.
Dado que los voltajes a través de las resistencias en paralelo son los mismos:

$$I = \frac{V = 6 \text{ voltios}}{R = 24 \Omega} = 0,25A$$

$$I = \frac{V = 6 \text{ voltios}}{R = 3 \Omega} = 2A$$

$$I = \frac{V = 6 \text{ voltios}}{R = 8 \text{ ohmios}} = 0,75A$$

Se puede calcular la caída de tensión en las resistencias de $20\ \Omega$ y $4\ \Omega$.

$$V_{\text{soltar}} = \text{infrarrojos} = (0.25\text{ A})(20\ \Omega) = 5\text{ V a través de la resistencia de } 20\ \Omega$$

La caída de voltaje a través de la resistencia de $4\ \Omega$ se puede encontrar de la misma manera o usando el método de Kirchoff.

Ley de voltaje. Desde el 6 V aparece en ambas resistencias y la resistencia de $20\ \Omega$ tiene una caída de 5 V a través de él, entonces la resistencia de $4\ \Omega$ tiene una caída de $6\text{ V} - 5\text{ V} = 1\text{ V}$.

Se puede usar un método similar para encontrar las caídas de voltaje en las resistencias de $2\ \Omega$ y $6\ \Omega$. Para la resistencia de $2\ \Omega$: $V_{\text{gota}} = \text{infrarrojos} = (0.75\text{ A})(2\ \Omega) = 1.5\text{ V}$. La caída de voltaje a través de la resistencia de $6\ \Omega$ es $6\text{ V} - 1.5\text{ V} = 4.5\text{ V}$.

Use la Ley de Watt o sus dos variaciones para encontrar la potencia consumida por cada resistencia:

Para las resistencias en serie de $1\ \Omega$ y $7\ \Omega$ en la línea principal del circuito:

$$P = VI = (3\text{ A})(1\ \Omega) = 3\text{ W}$$

$$P = VI = (3\text{ A})(7\ \Omega) = 21\text{ W}$$

Para las resistencias de $20\ \Omega$ y $4\ \Omega$ que están en serie entre sí, pero forman parte del grupo paralelo:

$$P_{AG} = I^2 R = (0.25\text{ A})^2 (20\ \Omega) = 1.25\text{ W}$$

$$P_{AG} = I^2 R = (0.25\text{ A})^2 (4\ \Omega) = 0.25\text{ W}$$

La resistencia de $3\ \Omega$ tiene una caída de voltaje de 6 V a través de él.

$$P_{AG} = I^2 R = (0.75\text{ A})^2 (2\ \Omega) = 1.125\text{ W}$$

$$P_{AG} = I^2 R = (0.75\text{ A})^2 (6\ \Omega) = 3.375\text{ W}$$

Los resistores de 2 Ω y 6 Ω están en serie y tienen la misma corriente a través de ellos.

$$P_{AG=yO_2R} = (0.75A)^2(2\ \Omega) = 1.125\ W$$

$$P_{AG=yO_2R} = (0.75A)^2(6\ \Omega) = 3.375\ W$$

Tenga en cuenta que estos valores se pueden obtener de diferentes maneras utilizando diferentes variaciones de la ley de Watt, la ley de Ohm o las leyes de Kirchoff. Esto proporciona a los estudiantes una excelente práctica de resolución de problemas.

También tenga en cuenta que en este ejemplo no se han seguido las convenciones relativas a las cifras significativas. Esto permite verificar los resultados obtenidos por diferentes métodos de cálculo.

Ley de Ohm				
MÉTODO	Resistencia	Actual	Voltaje	Poder
1	V/y_o	V/R	$R \times I$	$V \times I$
2	p/y_o^2	p/v	PI	$y_o^2 \times R$
3	V^2 / P	$(P/R)^{.5}$	$(P \times R)^{.5}$	V^2 / R

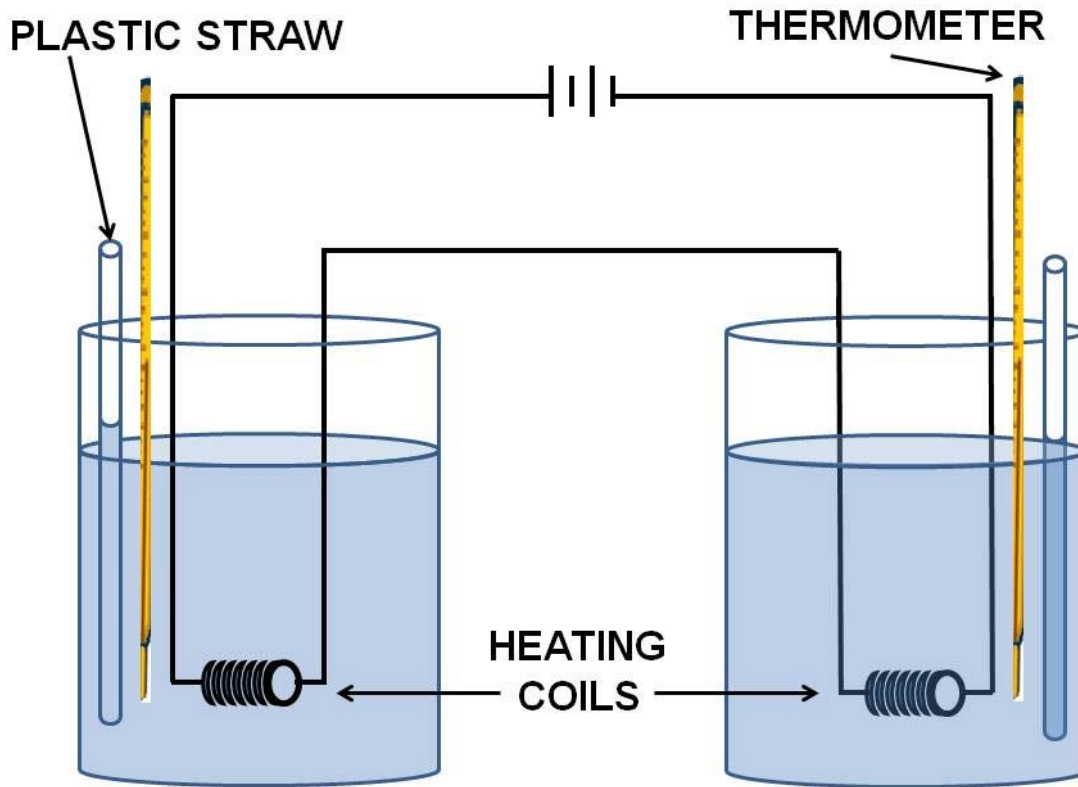
Resistencia paralela	
Método para SOLO 2 resistencias	$R_t = (R_1 \times R_2) / (R_1 + R_2)$
Método para múltiples resistencias	
Total actual	$y_o t = y_{o1} + y_{o2} + y_{o3} y_o$
Voltaje total	$V_t = E_1 = E_2 = E_3$
Potencia total	$P_{unto} = P_1 + P_2 + P_3$

Resistencia en serie	
Método para TODAS las resistencias en Serie	$R_t = R_1 + R_2 + R_3 \dots R_n$
Total actual	$y_o t = y_{o1} = y_{o2} = y_{o3}$
Voltaje total	$V_t = V_1 + V_2 + V_3$
Potencia total	$P_{total} = P_1 + P_2 + P_3$

Capacitancia en serie	
Método para SOLO 2 condensadores	$C_t = (C_1 \times C_2) / (C_1 + C_2)$
Método para múltiples condensadores	$1 / C_t = [(1 / C_1) + (1 / C_2) + \dots (1 / C_n)]$

Capacitancia paralela	
Método para TODOS los condensadores en serie	$C_t = C_1 + C_2 + C_3 \dots c_n$

Potencia, resistencia y corriente



JOULE EXPERIMENT

Introducción

James Prescott Joule exploró por primera vez las relaciones entre potencia, resistencia y corriente eléctrica en 1841. Intentaremos duplicar sus esfuerzos con este experimento.

Cuando la corriente pasa a través de una bobina de alambre, genera calor. El calor se transfiere al agua en un calorímetro simple (copa Styrofoam™). Calcularás el calor ganado por el agua y la potencia de la bobina de calentamiento. A continuación, puede determinar las relaciones gráficamente.

Parte 1: Aparatos de potencia y resistencia

- Batería de 6V o 12V
- bobinas de calentamiento de nicromo
- Vasos y tapas de Styrofoam™
- termómetros
- mirar
- pajitas de plástico
- Graduado de 100 ml
- latiguillos
- ohmímetro

Procedimiento

- 1. Antes del experimento, permita que suficiente agua alcance la temperatura ambiente.
- 2. Vierta exactamente 100 mL de agua en cada vaso de Styrofoam™. Esto proporcionará 100 g de agua para calentar.
- 3. Mida la resistencia de cada bobina. Registro en la tabla de datos.
- 4. Ensamble la batería y las bobinas de calentamiento en serie para proporcionar una corriente idéntica a través de cada bobina. Deje una conexión abierta hasta que esté listo para comenzar el experimento.
- 5. Registre la temperatura inicial, con una precisión de 0,1 °C, para cada muestra de agua. Registro en la tabla.
- 6. Complete el circuito para permitir que la corriente pase a través de las bobinas. A intervalos de un minuto, revuelva suavemente las muestras de agua con sus pajillas. Observe las temperaturas.
- 7. Después de que se haya producido suficiente calentamiento, registre el tiempo transcurrido y las temperaturas finales de cada muestra.
- 8. Calcular el calor desarrollado a partir de:

Calor = masa (g) x calor específico x diferencia de temperatura (°C)
H = mcΔT

El agua tiene un calor específico de 4,2 J/g°C

Determinar el poder:

Potencia = Energía (calor)/tiempo (El tiempo debe medirse en segundos).

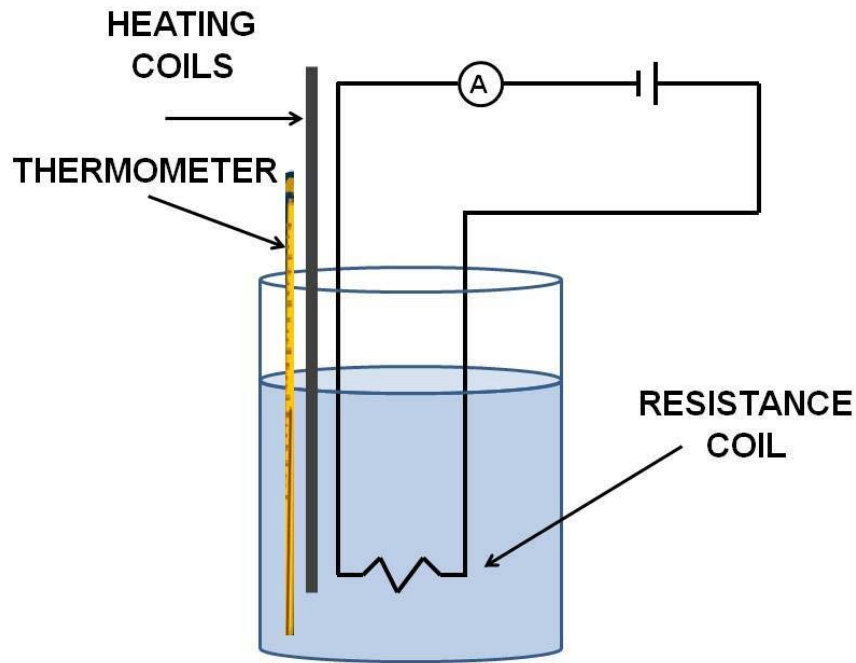
- 9. Trace una gráfica de potencia frente a resistencia y determine gráficamente la relación.

	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia
Poder				
Poder				
Poder				
Poder				
Poder				

Potencia y corriente

Aparato

- Batería de 6V
- bobinas de calentamiento de idéntica resistencia
- bobina de resistencia
- latiguillos
- amperímetro
- termómetro
- reloj (o termómetro digital y LabPro)
- Probeta graduada de 100 ml
- Vasos y tapas de Styrofoam™



JOULE EXPERIMENT

Procedimiento

1. Antes del experimento, deje que aproximadamente un litro de agua alcance la temperatura ambiente.
2. Vierta exactamente 100 mL de agua en cada vaso de Styrofoam™. Coloque el serpentín de calentamiento y la disposición del termómetro en el agua y obtenga una lectura de temperatura inicial con una aproximación de 0,1 °C.
3. Prepare el circuito para suministrar corriente a la bobina de calentamiento y la bobina de resistencia en paralelo. Asegúrese de conectar el amperímetro en serie solo con la bobina de calentamiento.
4. Conecte la celda D y comience a registrar lecturas de tiempo, corriente y temperatura cada minuto. Revuelva suavemente el agua durante unos segundos antes de leer el termómetro. Recopile datos hasta que se note un aumento de la temperatura de al menos unos pocos grados. Registro en la tabla de datos.
5. Use una muestra fresca de agua y otro serpentín de calentamiento. Ajuste la bobina de resistencia a un valor diferente para que pase una corriente diferente a través de la bobina de calentamiento. Repita el paso 4 anterior. Realice varias pruebas diferentes, utilizando corrientes muy diferentes en bobinas de calentamiento idénticas.

6. Calcular el calor desarrollado a partir de:

$$\text{Calor} = \text{masa (g)} \times \text{diferencia de calor específica} \times \text{temperatura (°C)}$$

$$H = mc\Delta T$$

El agua tiene un calor específico de 4,2 J/g °C

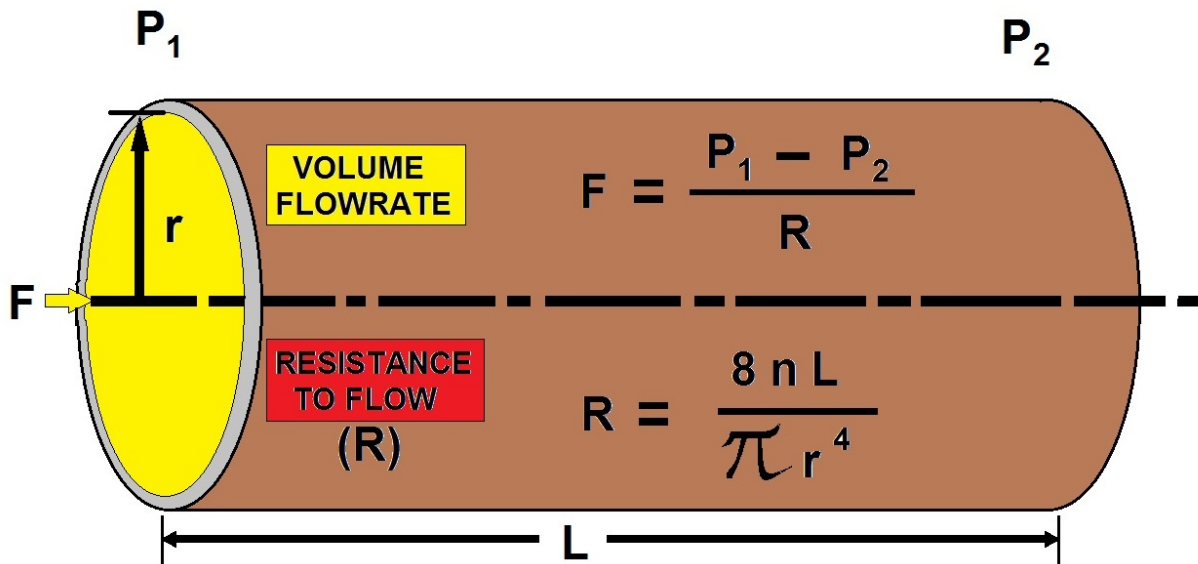
7. Determinar la potencia:

$$\text{Potencia} = \text{Energía (calor)} / \text{tiempo (El tiempo debe medirse en segundos).}$$

8. Trace un gráfico de potencia frente a corriente. Realice manipulaciones gráficas según sea necesario para determinar la relación entre potencia y corriente.

Tabla de datos: potencia y corriente

	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual
Poder						
Poder						
Poder						
Poder						
Poder						
Poder						



HAGEN-POISEULLE LAW

Comprender la corriente continua (CC) o la corriente alterna (CA)

En aplicaciones domésticas o de ingeniería, la corriente a menudo se describe como corriente continua (CC) o corriente alterna (CA). Estos términos se refieren a cómo varía la corriente en el tiempo. La corriente continua, como la que se produce, por ejemplo, a partir de una batería y la que requieren la mayoría de los dispositivos electrónicos, es un flujo unidireccional desde la parte positiva de un circuito hacia la negativa. Si, como es más común, este flujo es transportado por electrones, estarán viajando en la dirección opuesta. La corriente alterna es cualquier corriente que invierte la dirección repetidamente; casi siempre esto toma la forma de una onda sinusoidal. Por lo tanto, la corriente alterna pulsa de un lado a otro dentro de un conductor sin que la carga se mueva ninguna distancia neta con el tiempo. El valor promediado en el tiempo de una corriente alterna es cero, pero entrega energía primero en una dirección y luego en la inversa.

La corriente alterna se ve afectada por propiedades eléctricas que no se observan en corriente continua de estado estable, como la inductancia y la capacitancia. Sin embargo, estas propiedades pueden volverse importantes cuando los circuitos están sujetos a transitorios, como cuando se activan por primera vez.

Campo eléctrico Pregunta 136

Michael Faraday introdujo el concepto de campo eléctrico. Un campo eléctrico es creado por un cuerpo cargado en el espacio que lo rodea y da como resultado una fuerza ejercida sobre cualquier otra carga colocada dentro del campo. El campo eléctrico actúa entre dos cargas de manera similar a como actúa el campo gravitatorio entre dos masas, y como este, se extiende hacia el infinito y muestra una relación inversa al cuadrado con la distancia. Sin embargo, hay una diferencia importante. La gravedad siempre actúa en atracción, juntando dos masas, mientras que el campo eléctrico puede resultar en atracción o repulsión. Dado que los cuerpos grandes, como los planetas, generalmente no tienen carga neta, el campo eléctrico a distancia suele ser cero. Así, la gravedad es la fuerza dominante a distancia en el universo, a pesar de ser mucho más débil.

Un campo eléctrico generalmente varía en el espacio, y su intensidad en cualquier punto se define como la fuerza (por unidad de carga) que sentiría una carga estacionaria e insignificante si se colocara en ese punto. La carga conceptual, denominada "carga de prueba", debe ser extremadamente pequeña para evitar que su propio campo eléctrico altere el campo principal y también debe ser estacionaria para evitar el efecto de los campos magnéticos. Como el campo eléctrico se define en términos de fuerza, y la fuerza es un vector, se sigue que un campo eléctrico también es un vector, que tiene tanto magnitud como dirección. Específicamente, es un campo vectorial.

El estudio de los campos eléctricos creados por cargas estacionarias se llama electrostática. El campo puede visualizarse mediante un conjunto de líneas imaginarias cuya dirección en cualquier punto es la misma que la del campo. Este concepto fue introducido por Faraday, cuyo término 'líneas de fuerza' todavía se usa a veces. Las líneas de campo son los caminos que una carga positiva puntual buscaría hacer al ser forzada a moverse dentro del campo; sin embargo, son un concepto imaginario sin existencia física, y el campo impregna todo el espacio intermedio entre las líneas. Las líneas de campo que emanan de cargas estacionarias tienen varias propiedades clave: primero, que se originan en cargas positivas y terminan en cargas negativas; segundo, que deben entrar en cualquier buen conductor en ángulo recto, y tercero, que nunca se cruzan ni se cierran sobre sí mismos.

Un cuerpo conductor hueco lleva toda su carga en su superficie exterior. Por lo tanto, el campo es cero en todos los lugares dentro del cuerpo. Este es el principio operativo de la jaula de Faraday, una carcasa de metal conductor que aísla su interior de los efectos eléctricos externos. Los principios de la electrostática son importantes cuando se diseñan elementos de equipos de alto voltaje. Existe un límite finito para la intensidad del campo eléctrico que puede soportar cualquier medio.

Más allá de este punto, se produce una ruptura eléctrica y un arco eléctrico provoca una descarga disruptiva entre las partes cargadas. El aire, por ejemplo, tiende a formar un arco a través de pequeños espacios con intensidades de campo eléctrico que superan los 30 kV por centímetro. En espacios más grandes, su fuerza de ruptura es más débil, quizás 1 kV por centímetro. La ocurrencia natural más visible de esto es el relámpago, causado cuando la carga se separa en las nubes por columnas de aire ascendentes, y eleva el campo eléctrico en el aire a más de lo que puede soportar. El voltaje de una gran nube de rayos puede ser de hasta 100 MV y tener energías de descarga de hasta 250 kWh.

La intensidad del campo se ve muy afectada por los objetos conductores cercanos, y es particularmente intensa cuando se fuerza a curvarse alrededor de objetos puntiagudos. Este principio se explota en el pararrayos, cuya punta afilada actúa para estimular el desarrollo del rayo allí, en lugar del edificio que sirve para proteger.

Potencial eléctrico

El concepto de potencial eléctrico está íntimamente ligado al de campo eléctrico. Una pequeña carga colocada dentro de un campo eléctrico experimenta una fuerza, y llevar esa carga a ese punto contra la fuerza requiere trabajo. El potencial eléctrico en cualquier punto se define como la energía requerida para llevar una carga de prueba unitaria desde una distancia infinita lentamente hasta ese punto. Por lo general, se mide en voltios, y un voltio es el potencial por el cual se debe gastar un julio de trabajo para traer una carga de un culombio desde el infinito. Esta definición de potencial, aunque formal, tiene poca aplicación práctica, y un concepto más útil es el de diferencia de potencial eléctrico, y es la energía requerida para mover una unidad de carga entre dos puntos específicos.

Un campo eléctrico tiene la propiedad especial de que es conservativo, lo que significa que el camino seguido por la carga de prueba es irrelevante: todos los caminos entre dos puntos específicos consumen la misma energía y, por lo tanto, se puede establecer un valor único para la diferencia de potencial. El voltio está tan fuertemente identificado como la unidad de elección para medir y describir la diferencia de potencial eléctrico que el término voltaje tiene un mayor uso diario.

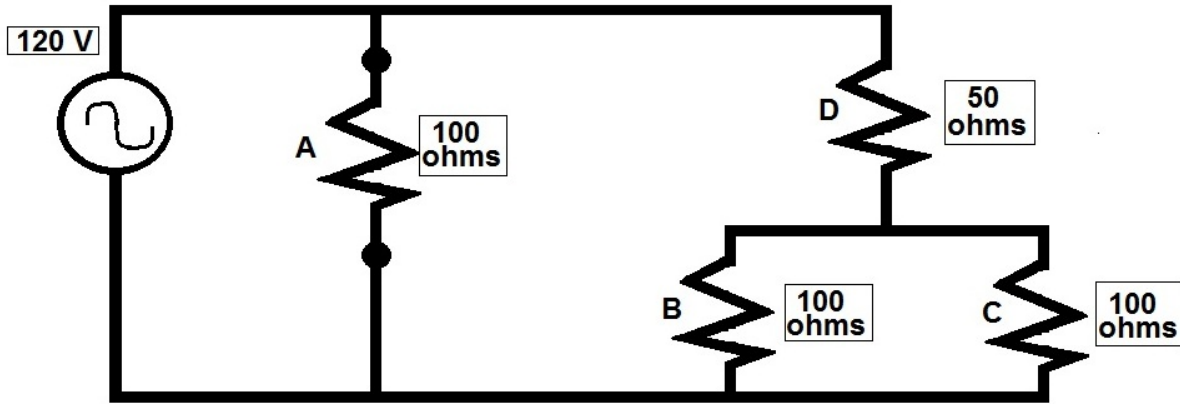
A efectos prácticos, es útil definir un punto de referencia común con el que se puedan expresar y comparar los potenciales. Si bien esto podría estar en el infinito, una referencia mucho más útil es la Tierra misma, que se supone que tiene el mismo potencial en todas partes. Este punto de referencia toma naturalmente el nombre de tierra o terreno. Se supone que la Tierra es una fuente infinita de cantidades iguales de carga positiva y negativa y, por lo tanto, no tiene carga eléctrica ni carga.

El potencial eléctrico es una cantidad escalar, es decir, solo tiene magnitud y no dirección. Puede verse como algo análogo a la altura: así como un objeto liberado caerá a través de una diferencia de alturas causada por un campo gravitacional, una carga 'caerá' a través del voltaje causado por un campo eléctrico. Como los mapas en relieve muestran líneas de contorno que marcan puntos de igual altura, se puede dibujar un conjunto de líneas que marcan puntos de igual potencial (conocidas como equipotenciales) alrededor de un objeto con carga electrostática. Las equipotenciales cruzan todas las líneas de fuerza en ángulo recto. También deben estar paralelos a la superficie de un conductor; de lo contrario, esto produciría una fuerza que moverá los portadores de carga hasta igualar el potencial de la superficie.

El campo eléctrico se definió formalmente como la fuerza ejercida por unidad de carga, pero el concepto de potencial permite una definición más útil y equivalente: el campo eléctrico es el gradiente local del potencial eléctrico. Usualmente expresada en voltios por metro, la dirección del vector del campo es la línea de mayor pendiente de potencial, y donde las equipotenciales se encuentran más juntas.

Circuitos, Bobinas y Capacitores

Examinaremos las relaciones entre corriente, voltaje y resistencia en circuitos en serie y en paralelo, corriente y voltaje en capacitores e inductores, y explicaremos los efectos prácticos de la impedancia y la reactancia en los circuitos.



Ejercicio práctico

1. ¿Cuál es la resistencia equivalente de este circuito?" _____

2. ¿Cuál es la corriente total consumida? _____

3. ¿Cuál es el voltaje en cada rama del circuito original?

Sucursal A _____

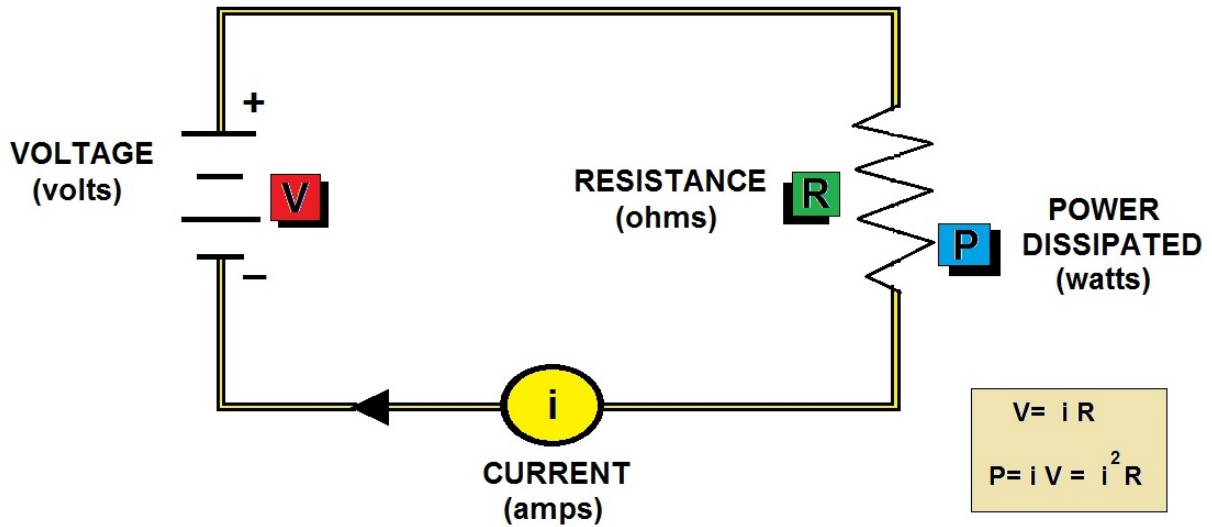
Sucursal BC _____

Sucursal D _____

4. En este circuito, ¿cuánta potencia se consume? _____

A excepción de los nuevos superconductores, cualquier material por el que fluya corriente eléctrica tiene resistencia.

Siempre que la corriente fluye en una resistencia, el voltaje a través de la resistencia en voltios es igual a la corriente en amperios por la resistencia en ohmios ($E = I \times R$). Esta es la Ley de Ohm.

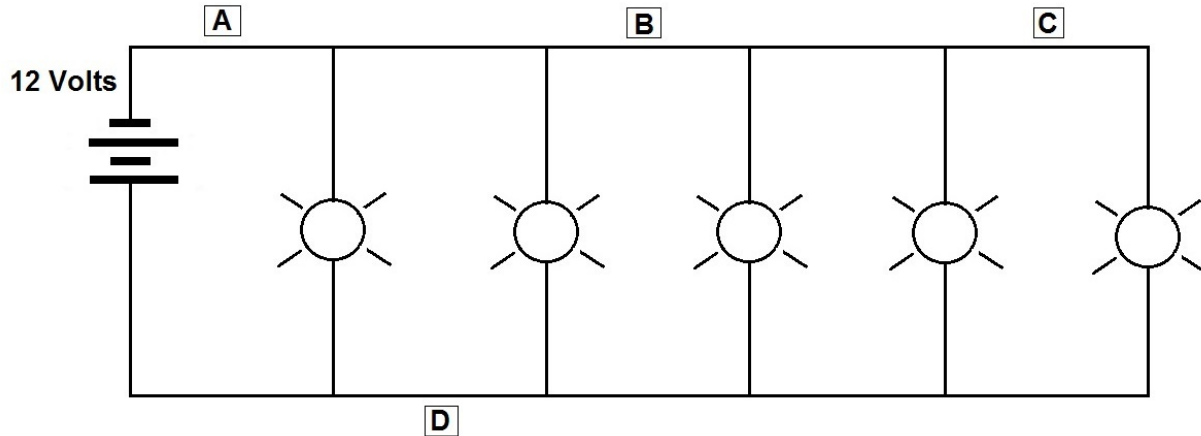


Ohm's Law

La Ley de Ohm se puede utilizar para comprender el comportamiento de la electricidad en componentes individuales, así como en circuitos completos. Sin embargo, el uso correcto de la Ley de Ohm depende de la comprensión de las diferencias entre los dos arreglos de circuitos eléctricos comunes, los circuitos en serie y los circuitos en paralelo.

Circuito en serie

En un circuito en serie, los componentes están conectados de extremo a extremo, de modo que todos los electrones que salen de la fuente en una corriente pasan a través de todos los componentes, uno tras otro, antes de regresar a la fuente. La misma corriente, en amperios, fluye a través de todas las cargas.

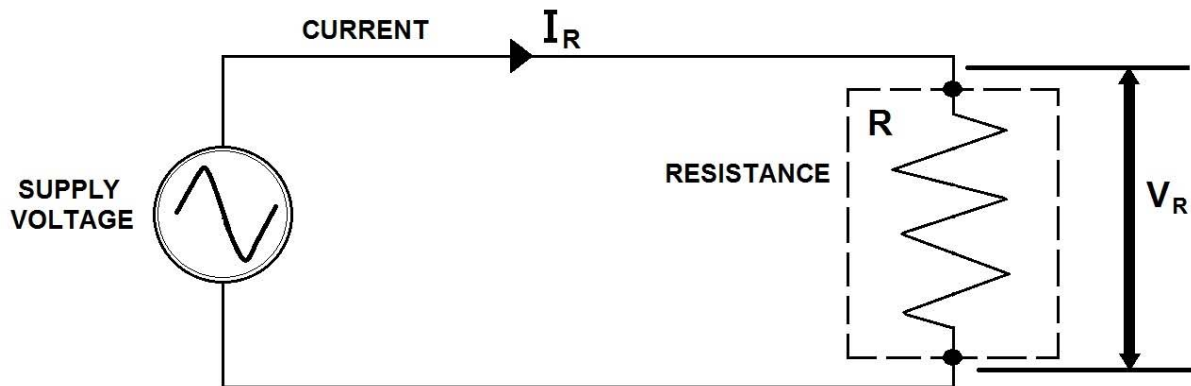


(Lo anterior es un circuito paralelo, no un circuito en serie).

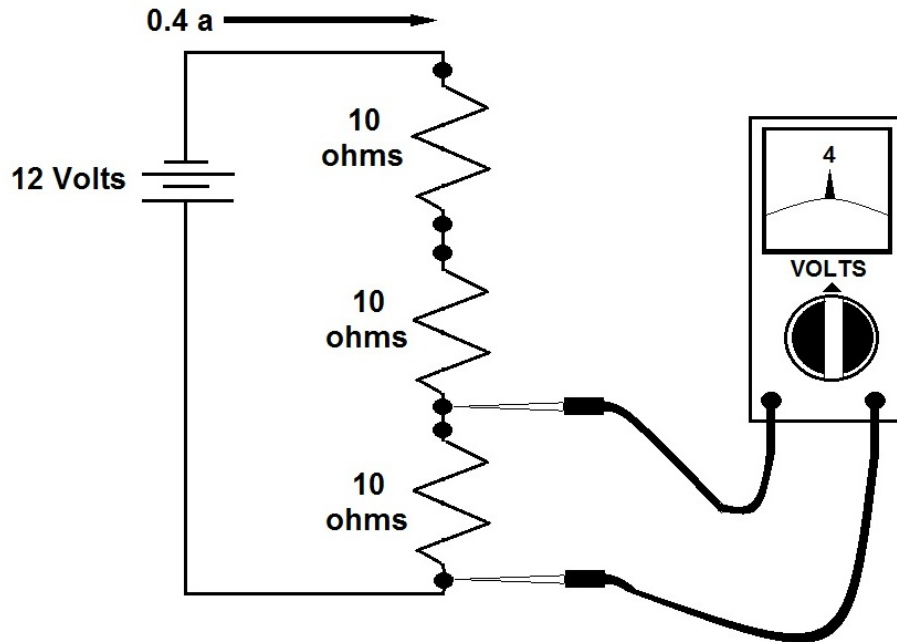
Si la corriente se interrumpe en cualquier parte del circuito (un "circuito abierto"), no fluirá corriente en ninguna parte.

Esto es lo que sucede cuando se abre un interruptor, o cuando una de las cargas se quema; todas las cargas dejarán de funcionar, ya que no hay forma de que la corriente complete el circuito de regreso a la fuente.

La corriente del circuito depende, según la Ley de Ohm, del voltaje de la fuente y de la resistencia del circuito. La resistencia de un circuito en serie es la suma de las resistencias de todas las cargas.



ALTERNATING CURRENT



En este ejemplo, tres cargas de 10 ohmios están conectadas en serie. La resistencia total del circuito es $10 + 10 + 10 = 30$ ohmios.

La batería de 12 voltios impulsará $12 \text{ voltios} / 30 \text{ ohmios} = 0,4$ amperios a través de todas las cargas. La Ley de Ohm también se aplica a cada resistencia individual. $0,4$ amperios a través de una resistencia de 10 ohmios produce una caída de tensión de 4 voltios.

La caída de tensión en estas tres resistencias de diez ohmios es $4 + 4 + 4 = 12$ voltios. En un circuito en serie, las caídas de voltaje en cada carga se suman al voltaje de la fuente.



Ejercicio práctico

En una linterna de dos celdas, cada celda produce 1,5 voltios. El interruptor está encendido, pero los contactos están seriamente corroídos y tienen una resistencia de 5 ohmios. La resistencia de la bombilla es de 1 ohm.

1. El voltaje medido a través de las celdas será --_____
2. El voltaje medido a través del interruptor será --_____
3. El voltaje medido a través de la bombilla será --_____

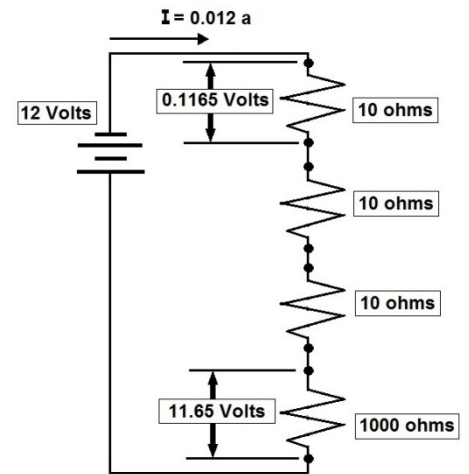
R, I y V en circuitos en serie

- Si al circuito anterior le sumamos una carga de 1000 ohmios: La resistencia total del circuito será de 1030 ohmios. La corriente total del circuito será
 $12 \text{ voltios} / 1030 \text{ ohmios} = 0,01165 \text{ amperios}$.

La caída de tensión en cada carga de 10 ohmios es de
 $0,01165 \text{ amperios} \times 10 \text{ ohmios} = 0,1165 \text{ voltios}$.

La caída de tensión en la carga de 1000 ohmios es de
 $0,01165 \text{ amperios} \times 1000 \text{ ohmios} = 11,65 \text{ voltios}$.

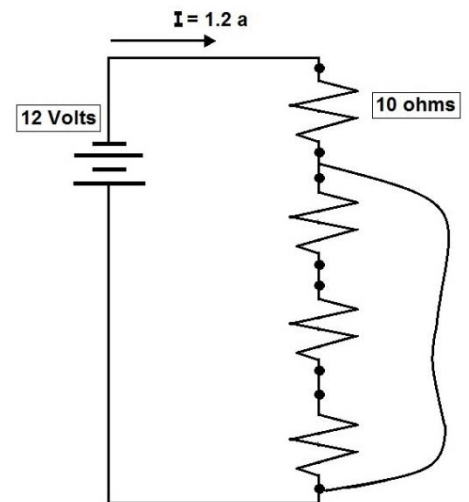
Las caídas de voltaje en todas las cargas aún se suman al voltaje de la fuente, 12 voltios. Observe que prácticamente todo el voltaje de la fuente está en la resistencia de 1000 ohmios. La caída de tensión es proporcional a la resistencia.



- Si hacemos un "cortocircuito" en todas menos una de las cargas de 10 ohmios con un cable alrededor de ellas:

La corriente en la carga de 10 ohmios y el resto del circuito será simplemente de $12 \text{ voltios} / 10 \text{ ohmios} = 1,2 \text{ amperios}$. El voltaje total de la fuente será a través de esta carga.

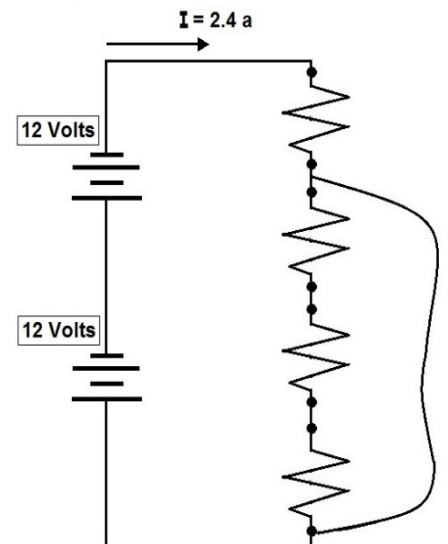
La corriente en las otras cargas y el voltaje a través de ellas será prácticamente cero, ya que la corriente total del circuito de 1,2 amperios pasa por el cable de baja resistencia en lugar de las cargas; están fuera del circuito.



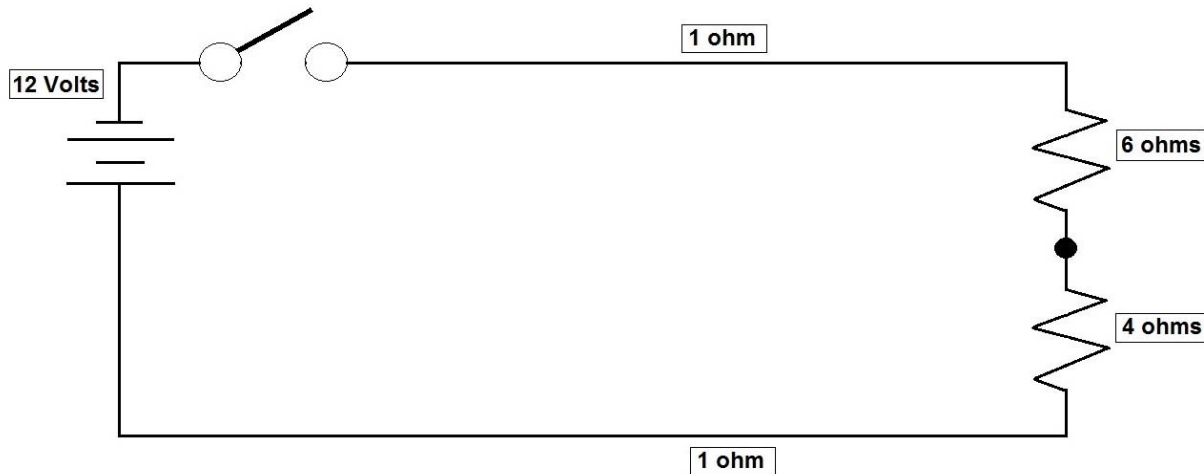
- Si añadimos otra fuente en serie:

La resistencia total del circuito es la misma. Pero el voltaje de la fuente se duplica, ya que los electrones pasan por un aumento de potencial de 12 voltios en la primera fuente y otro aumento de potencial de 12 voltios en la segunda.

La corriente del circuito será de $24 \text{ voltios} / 10 \text{ ohmios} = 2,4 \text{ amperios}$. 2,4 amperios fluirán a través de una resistencia de 10 ohmios, ambas fuentes en serie y los cables que conectan todos los componentes.



Ejercicio práctico



En el circuito anterior, ¿cuál es

1. ¿El voltaje en cada carga cuando el interruptor está abierto? _____
2. la corriente a través del interruptor cuando el interruptor está cerrado? _____
3. la caída de voltaje en los conductores entre la fuente y la carga? _____
4. ¿La caída de voltaje en cada carga? _____

Desventajas de los circuitos en serie

Las cargas rara vez se conectan en serie porque:

- las cargas no se pueden controlar individualmente.
- una carga quemada apaga todo el circuito.
- dado que la corriente es la misma en todo el circuito, todas las cargas deben estar clasificadas para la misma corriente.
- y, como puede ver en el último ejercicio de práctica, el voltaje se divide entre las cargas, lo que dificulta proporcionar el voltaje adecuado a todas las cargas.

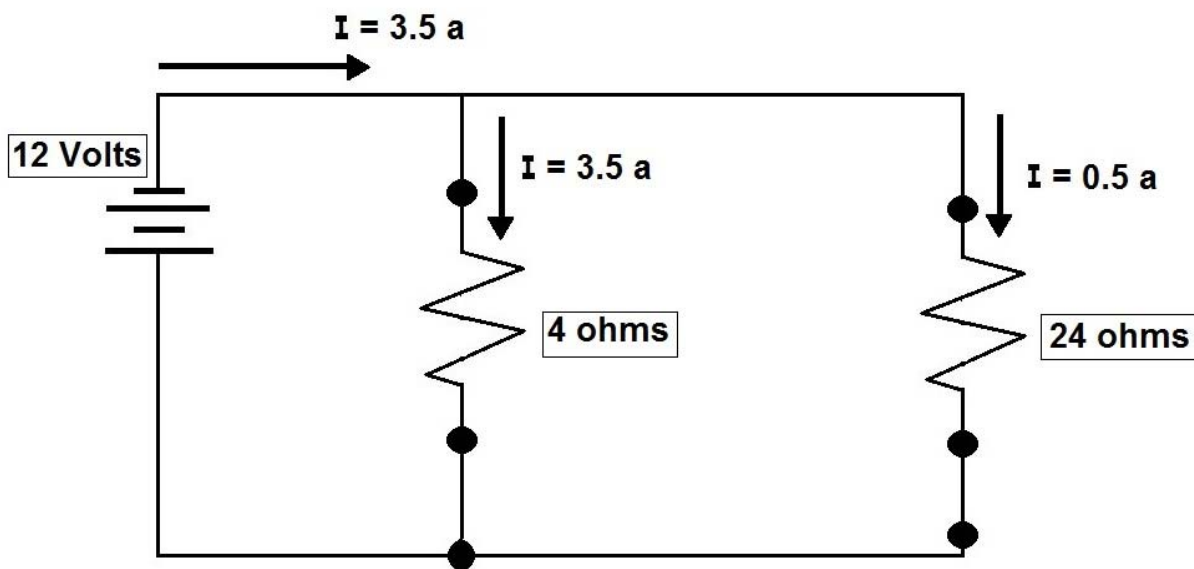
Circuitos Paralelos

Las cargas normalmente se disponen en paralelo entre sí:

- Las cargas pueden operar y ser controladas individualmente.
- Si una carga se quema, las demás no se ven afectadas.
- El voltaje a través de cada carga es el voltaje de la fuente, por lo que cada carga recibe el voltaje que requiere.
- La corriente en cada rama está determinada por la resistencia de la carga en esa rama en particular, por lo que se pueden usar cargas de diferentes amperajes en el circuito.

Corriente en Circuitos Paralelos

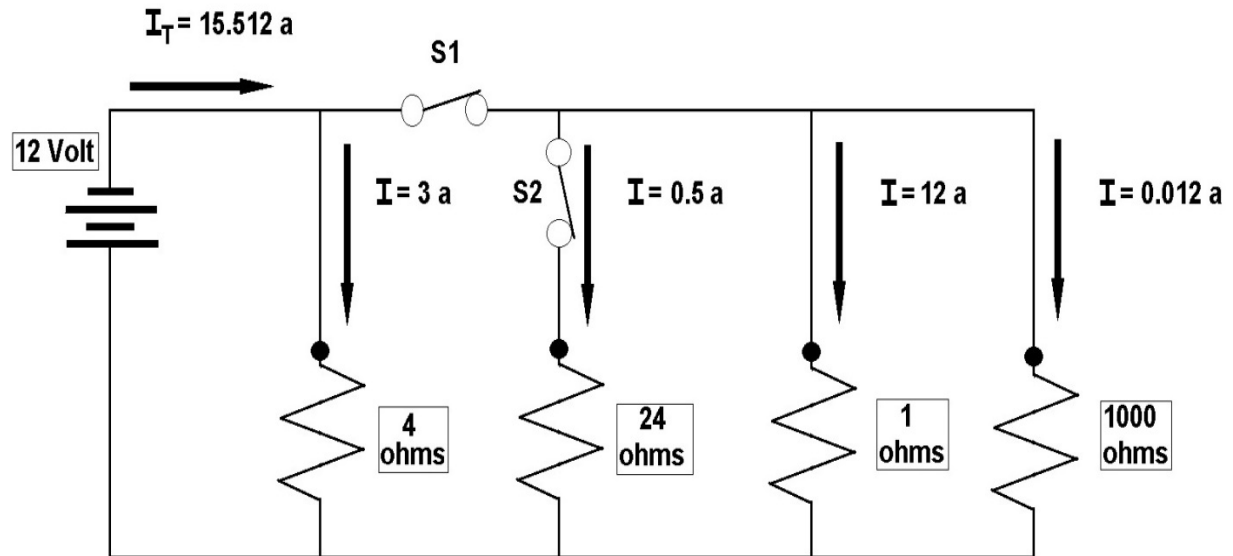
En un circuito paralelo, la corriente extraída de la fuente es la suma de las corrientes en todas las cargas.



La Ley de Ohm nos permite encontrar la corriente en cada carga individual.

En este ejemplo, la corriente en la carga de 4 ohmios es el voltaje del sistema, 12 voltios, dividido por 4 ohmios o 3 amperios. La corriente en la carga de 24 ohmios es de 12 voltios/24 ohmios = 0,5 amperios. La corriente total de la fuente es $3 + 0,5 = 3,5$ amperios.

¿Qué sucede si cambiamos el circuito?

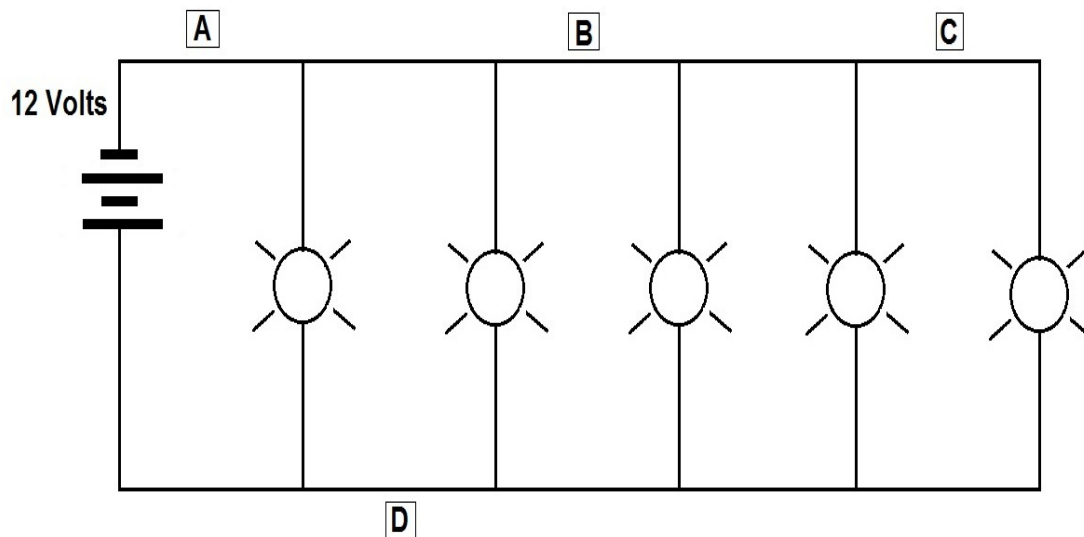


A. Suponga que se agregan una carga de 1 ohm y una carga de 1000 ohm en paralelo con las cargas de 4 ohm y 24 ohm. La corriente en la carga de 1 ohmio será de $12 \text{ voltios} / 1 \text{ ohmio} = 12 \text{ amperios}$. La corriente en la carga de 1000 ohmios será de $12 \text{ voltios} / 1000 \text{ ohmios} = 0,012 \text{ amperios}$. La corriente total del circuito será ahora $3 + 0,5 + 12 + 0,012 = 15,512 \text{ amperios}$.

B. Suponga que la carga de 24 ohmios se quema. La corriente en la carga caerá a cero y la corriente total del circuito caerá a $15.512 - 0.5 = 15.012$.

C. Suponga que el interruptor 1 está abierto. Las cargas AU pero la carga de 4 ohmios están desconectadas del voltaje de la fuente. La carga de 4 ohmios no se ve afectada. La corriente de la fuente cae a 3 amperios.

D. Suponga que el interruptor 2 está abierto. La carga de 24 ohmios solo está apagada. El efecto es el mismo que en B.



Ejercicio práctico

Una batería de 12 voltios alimenta cinco luces indicadoras de 4 vatios en paralelo. ¿Cuál es la corriente en los puntos A, B, C y D cuando todas las luces están encendidas?

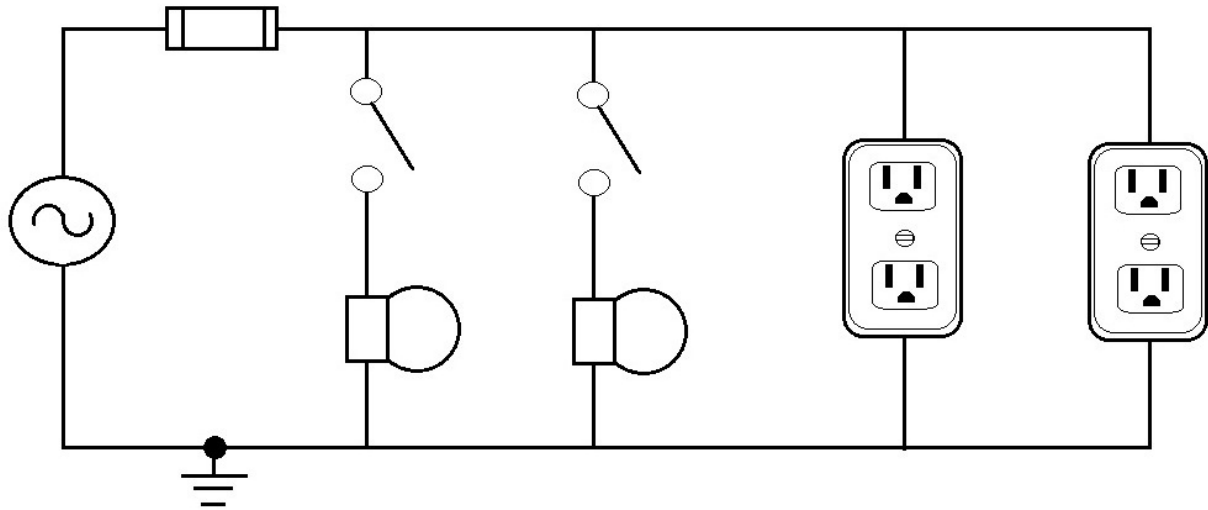
Punto A = ____ amperios

Punto B = ____ amperios

Punto C = ____ amperios

Punto D = ____ amperios

Protección de circuitos en circuitos paralelos



TYPICAL HOUSEHOLD RECEPTACLE AND LIGHT CIRCUIT

Este es un receptáculo doméstico típico de uso general y un circuito de luz.

Un fusible, en la fuente y en serie con la combinación de cargas en paralelo, protege todos los componentes y conductores del circuito.

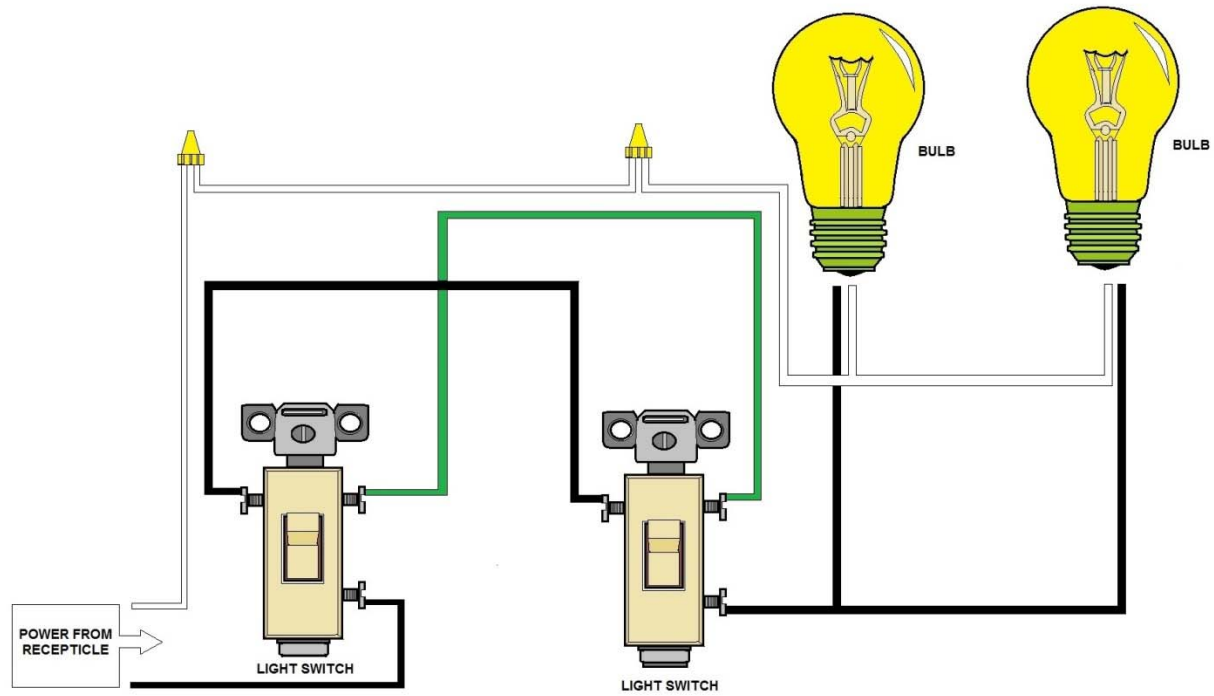
Si una carga que tomó toda la corriente nominal del fusible se enchufa en cualquier receptáculo, todos los cables que conectan el fusible y ese receptáculo transportarán la corriente máxima del circuito.

Por lo tanto, TODOS los cables en este tipo de circuito deben ser capaces de transportar la corriente nominal completa del fusible sin sufrir daños.

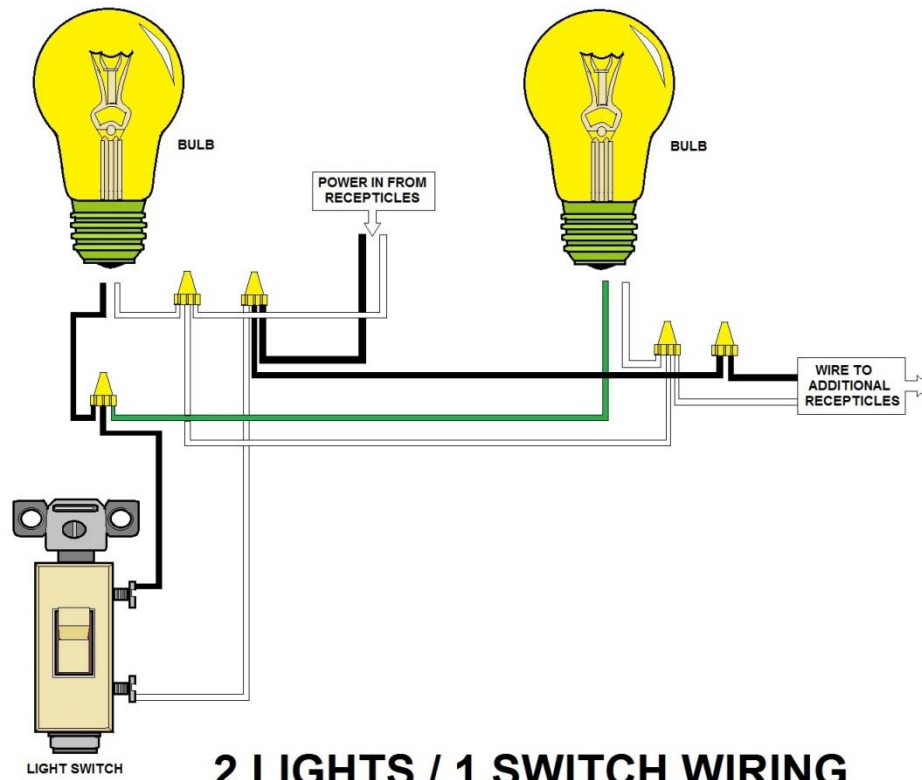
Observe que el fusible se inserta en serie con el conductor de suministro justo en la fuente, de modo que pueda proteger todos los cables del circuito. Observe también que el fusible está en el conductor caliente, no en el conductor puesto a tierra. Esto es para asegurar que no haya voltaje en ninguna línea después de que se funda.

Los conductores puestos a tierra no deben estar protegidos por fusibles.

Los interruptores también están siempre cableados para interrumpir el conductor caliente, en lugar del conductor conectado a tierra, por lo que los componentes que están apagados no tendrán voltaje.



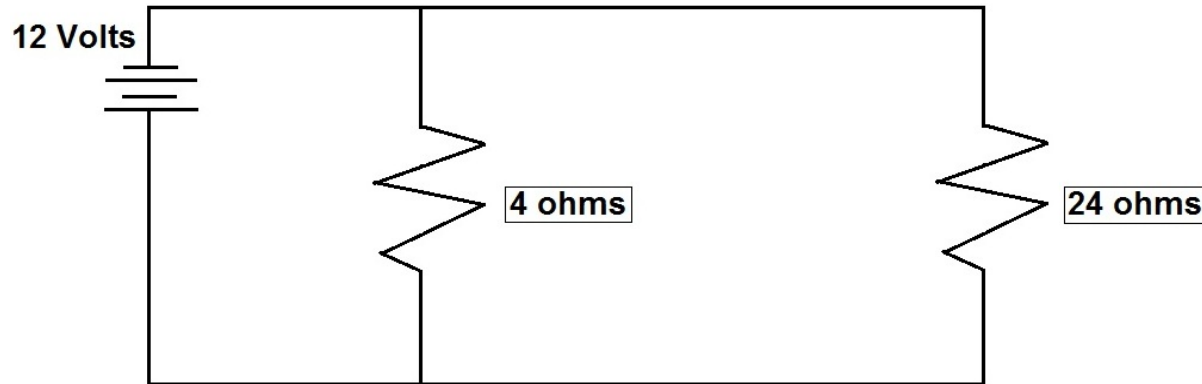
3-WAY LIGHT SWITCH WIRING



2 LIGHTS / 1 SWITCH WIRING

Resistencia en Circuitos Paralelos

A diferencia de un circuito en serie, la resistencia total de un circuito en paralelo NO es la suma de las resistencias de carga. La resistencia de este circuito NO es de 4 ohmios + 24 ohmios = 28 ohmios. En realidad, es de 3,43 ohmios, que es menos que la resistencia más pequeña del circuito.



La fórmula comúnmente utilizada para calcular la resistencia total (R_T) de cargas cableadas es

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

En esta fórmula, la resistencia de cada carga en el circuito está representada por R_1 , R_2 , R_3 y así sucesivamente. Para encontrar la resistencia total de un circuito en paralelo, divide 1 por cada resistencia y luego suma tus resultados. Este total es la conductancia total del circuito, medida en siemens. Una vez que conozca la conductancia total, divida 1 por ese total para obtener la resistencia total.

Estos cálculos se pueden hacer con una calculadora de bolsillo en tres pasos. Por ejemplo, en el circuito anterior:

Divide 1 por cada resistencia. El uso de una calculadora de bolsillo le da automáticamente un número decimal.

$$\begin{aligned} 1 \div 4 &= .25 \\ 1 \div 24 &= .0416 \end{aligned}$$

Suma los números decimales juntos. (Esta es la conductancia total, en siemens.)

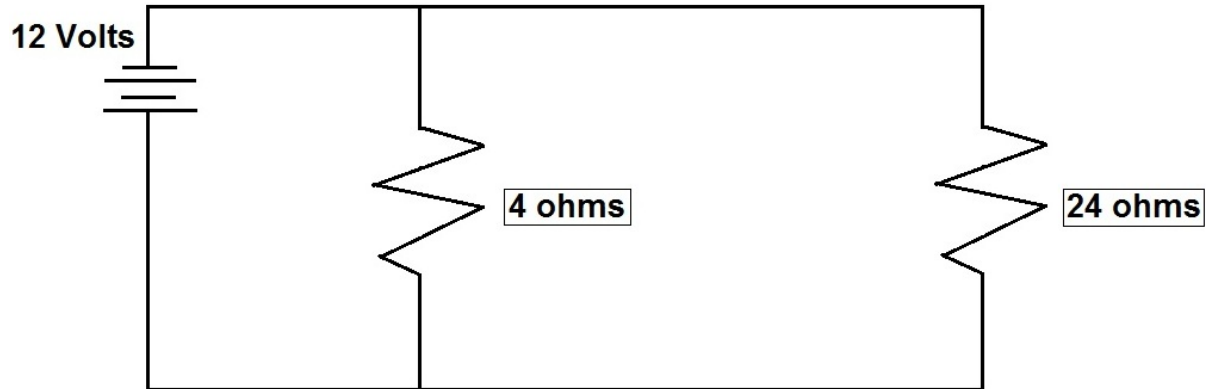
$$.25 + .0416 = .2916$$

Divide 1 por tu respuesta. (Esta es la resistencia total, en ohmios).

$$1 \div .2916 = 3.4282$$

3,428 ohmios es la resistencia total del circuito.

La conductancia es una medida de cuánta corriente conducirá un circuito. Es el recíproco de la resistencia. Esto significa, por ejemplo, que una resistencia de 4 ohmios tiene una conductancia de 1/4 o 0,25 siemen. Para encontrar la conductancia total de un circuito, sume las conductancias individuales.



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

$$1 \div 4 = .25$$

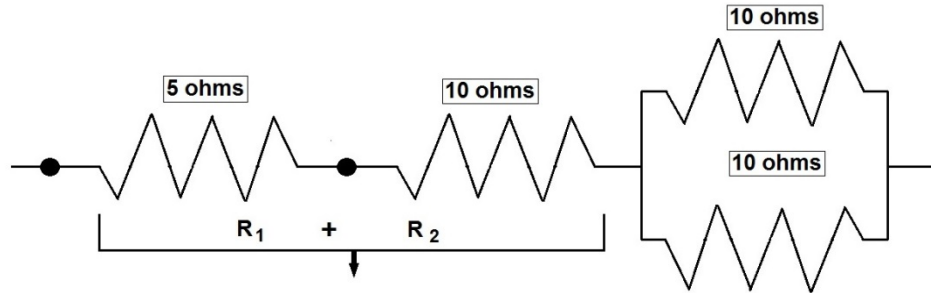
$$1 \div 24 = .0416$$

$$.25 + .0416 = .2916$$

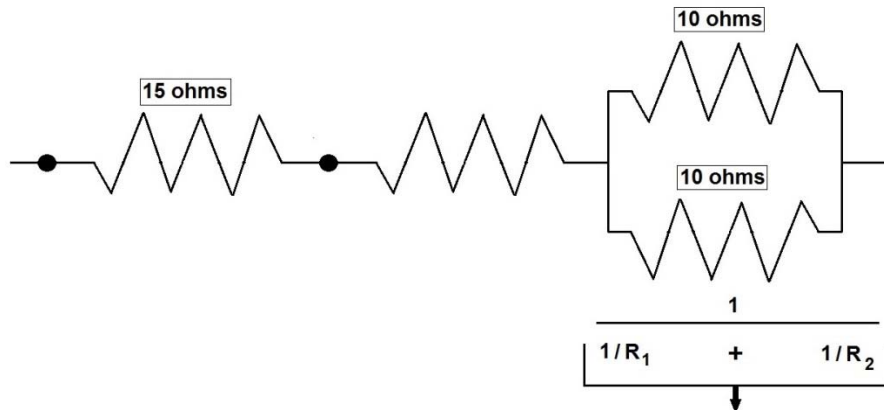
$$1 \div .2916 = 3.4282$$

Circuitos equivalentes

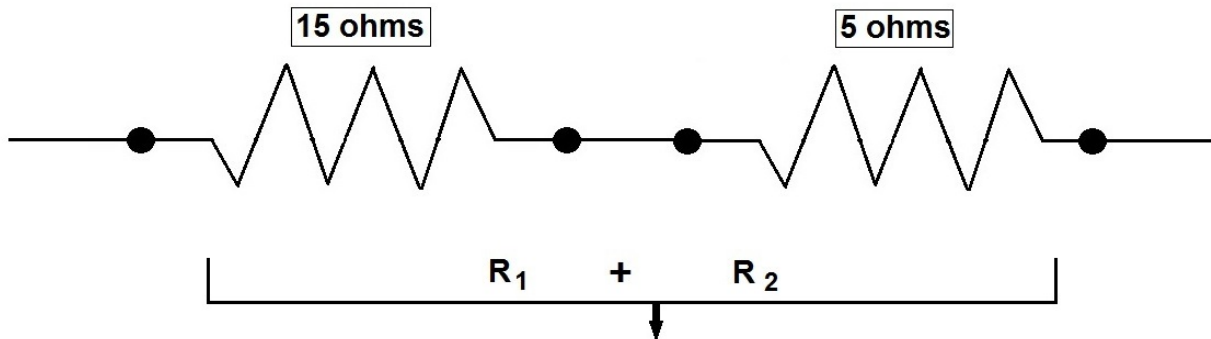
Con frecuencia, los circuitos complejos incluyen componentes en ambas series y paralela. Para calcular el tamaño del fusible o del conductor, a menudo es necesario encontrar la corriente total. Por lo general, la forma más fácil de hacer esto es reducir el circuito a una sola carga equivalente y calcular la corriente en él. El procedimiento consta de varios pasos:



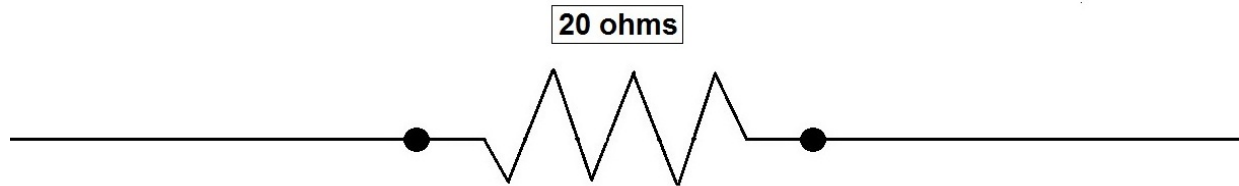
1. Primero, reemplace dos componentes cualesquiera que estén conectados en serie con un solo componente que tenga una resistencia igual a la suma de sus resistencias. En otras palabras, si encuentra dos componentes unidos en serie y nada más está conectado a su unión, sume sus resistencias y reemplácelas con un solo componente equivalente.



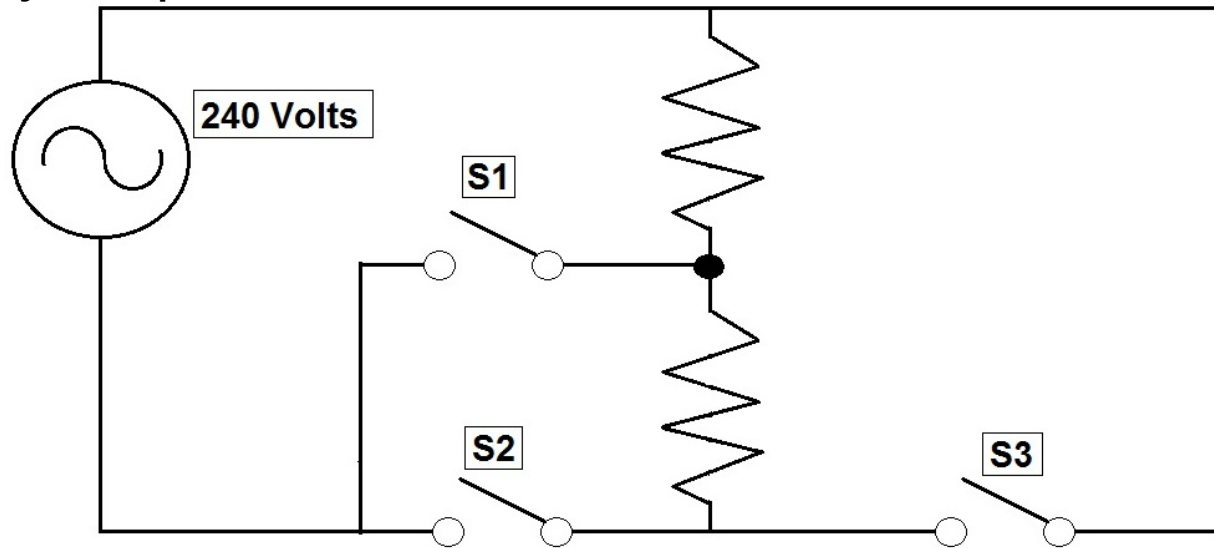
2. Segundo, reemplace dos componentes cualesquiera que estén conectados en paralelo con un solo componente que tenga una conductancia igual a la suma de sus conductancias. Deberá volver a convertir la conductancia equivalente en una resistencia antes de agregarla a la resistencia de otro componente en serie.



3. Repita este procedimiento tantas veces como sea necesario hasta que todas las combinaciones de componentes hayan sido reemplazadas por un equivalente.



Ejercicio práctico



Dos elementos del horno están dispuestos con tres interruptores para proporcionar tres configuraciones de calor: alto, medio y bajo. En baja, los dos elementos están conectados en serie entre 240 voltios. En medio, uno está conectado a 240 voltios y el otro no está conectado. En alta, ambos elementos están conectados a través de 240 voltios en paralelo.

A. Encierre en un círculo el interruptor o interruptores que deben estar cerrados en cada configuración.

Bajo: 1,2,3

Medio: 1, 2, 3

Alto: 1,2,3

B. ¿Qué interruptores nunca deben cerrarse al mismo tiempo? ¿Por qué?

Sección de Impedancia y Resistencia

En los circuitos de CA y CC que contienen cargas puramente resistivas, como luces y calentadores, se puede aplicar la Ley de Ohm para calcular la corriente, el voltaje y la resistencia. Sin embargo, cuando los circuitos de CA contienen bobinas o condensadores, se altera el comportamiento de la corriente y el voltaje.

Por ejemplo, puede medir la resistencia de una bobina en 2 ohmios. De acuerdo con la Ley de Ohm, esperaría que fluyan 12 amperios cuando coloque 24 voltios en la bobina, y esto es lo que mediría si los 24 voltios fueran CC. Sin embargo, si es CA y mide la corriente, encontrará que es mucho menor. La Ley de Ohm no parece estar funcionando.

IMPEDANCIA = RESISTENCIA Y REACTANCIA.

La razón es que las bobinas y los capacitores en los circuitos de CA se oponen al flujo de corriente con una fuerza llamada Reactancia. Tanto la reactancia como la resistencia impiden la corriente en estos circuitos.

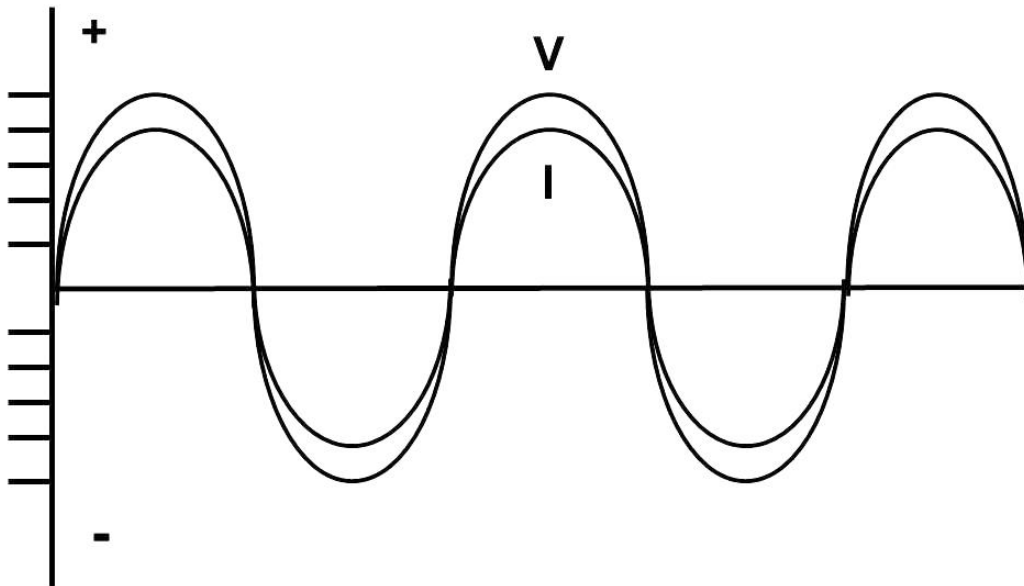
El término Impedancia, representado por la letra Z, se usa para incluir tanto la reactancia como la resistencia, y reemplaza la "R" en la Ley de Ohm.

$$Z = V / I$$

La impedancia, Z, de un componente o circuito es su oposición total al flujo de corriente.

Resistencia

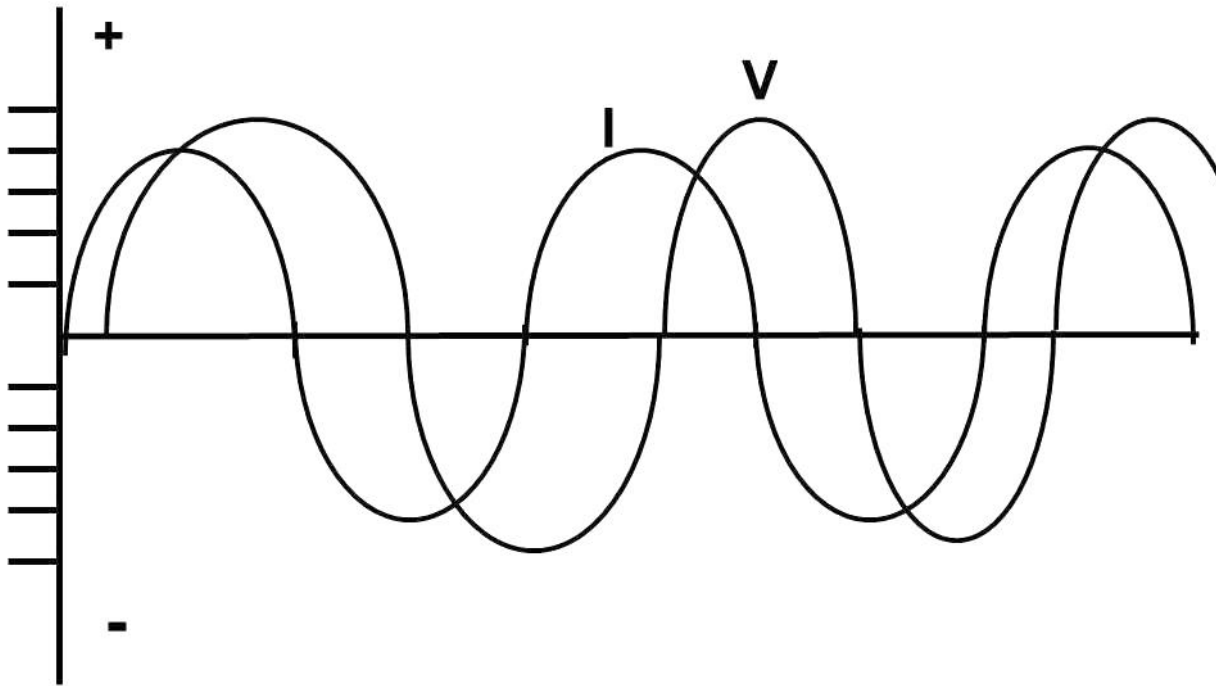
Cuando se aplica voltaje alterno a cualquier componente resistivo, la corriente producida alterna exactamente en sincronía con el voltaje.



Tanto la corriente como el voltaje siguen un patrón de onda sinusoidal, con picos de voltaje y corriente positivos y negativos que ocurren exactamente al mismo tiempo.

Reactancia inductiva

En bobinas, o inductores, la corriente va a la zaga del voltaje en 90°.



La inductancia electromagnética, como vimos en la lección 2, es la generación de un voltaje cada vez que la corriente cambia su valor en un cable. Cuando se enrolla el alambre, el efecto se intensifica.

El voltaje inducido en una bobina se llama Counter EMF. Su polaridad es opuesta a la polaridad del voltaje aplicado, por lo que en realidad funciona en contra del voltaje aplicado y se opone al cambio en el nivel de corriente. Counter EMF puede representarse como una fuerza que la corriente debe vencer. El efecto es que la corriente se ralentiza en relación con el voltaje aplicado. Su flujo se ve impedido y se queda atrás del voltaje aplicado.

Esta es la fórmula para calcular la reactancia inductiva de una bobina:

$$X_L = 6.28 \times f \times L$$

En los casos en que la resistencia de una bobina es baja, X es también la impedancia, en ohmios, de la bobina, ya que se puede ignorar la baja resistencia. L es la inductancia de la bobina, medida en Henrys. Cuanto mayor sea el diámetro de la bobina, y cuantas más vueltas tenga, mayor será su inductancia.

f representa la frecuencia de CA, normalmente 50 o 60 Hertz.

Ejercicio práctico

1. Una bobina tiene una capacidad nominal de 500 milihenrys y se usará en un circuito de 60 Hertz. ¿Cuál será su impedancia?
2. El voltaje a través de una bobina en un circuito de 50 hercios es de 240v. Un amperímetro indica que por él circulan 3 amperios de corriente. ¿Cuál es su impedancia?

Combinación de impedancias en serie y paralelo

Anteriormente, vimos cómo combinar resistencias en serie y en paralelo en una sola resistencia equivalente.

El mismo procedimiento funcionará para combinar la reactancia en cualquier circuito en serie o en paralelo si los componentes son todos condensadores o todas bobinas. En otras palabras:

1. Para encontrar una reactancia equivalente para la reactancia inductiva de bobinas en serie y condensadores en serie, sume sus reactancias.
2. para encontrar una reactancia equivalente para reactancias paralelas, divídalas en 1, sume los resultados y luego divida los resultados en 1 nuevamente para obtener una sola reactancia equivalente.

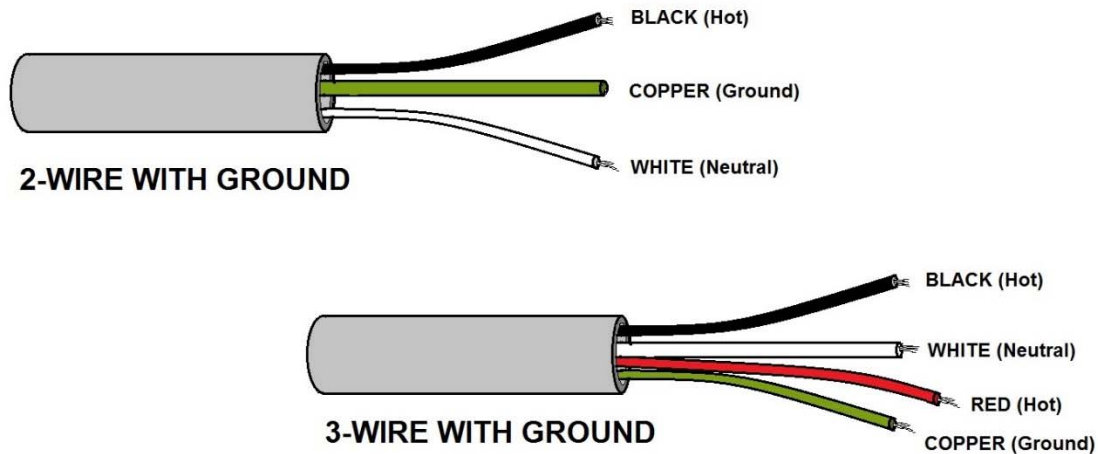
En los circuitos donde se mezclan bobinas, capacitores y resistencias, el procedimiento es más complicado, ya que la tensión y la corriente están en fase en la resistencia, y desfasadas en sentido contrario en capacitores y bobinas.

Ejercicio práctico

Asumir 60 ciclos AC:

1. ¿Cuál es la reactancia de esta combinación en serie de dos bobinas de 2 milihenrios?
 2. ¿Cuál es la corriente de la fuente en este circuito de dos condensadores de 10 microfaradios en paralelo?
- Nota: 1 faradio = 1 000 000 microfaradios.

Comprensión de la energía monofásica



TYPES OF SHEATHED WIRE

Pregunta 162

En ingeniería eléctrica, la energía eléctrica monofásica se refiere a la distribución de energía eléctrica de corriente alterna mediante un sistema en el que todos los voltajes del suministro varían al unísono. La distribución monofásica se utiliza cuando las cargas son principalmente de iluminación y calefacción, con pocos motores eléctricos grandes. Un suministro monofásico conectado a un motor eléctrico de corriente alterna no produce un campo magnético giratorio; Los motores monofásicos necesitan circuitos adicionales para el arranque, y dichos motores son poco comunes por encima de 10 o 20 kW en la clasificación.

En cambio, en un sistema trifásico, las corrientes en cada conductor alcanzan sus valores máximos instantáneos de forma secuencial, no simultánea; en cada ciclo de la frecuencia industrial, primero uno, luego el segundo, luego el tercero alcanza su valor máximo. Las formas de onda de los tres conductores de alimentación están desplazadas entre sí en el tiempo (retrasadas en fase) en un tercio de su período. Cuando las tres fases están conectadas a bobinados alrededor del interior del estator de un motor, producen un campo magnético giratorio; dichos motores son de arranque automático.

Frecuencias estándar de potencia monofásica

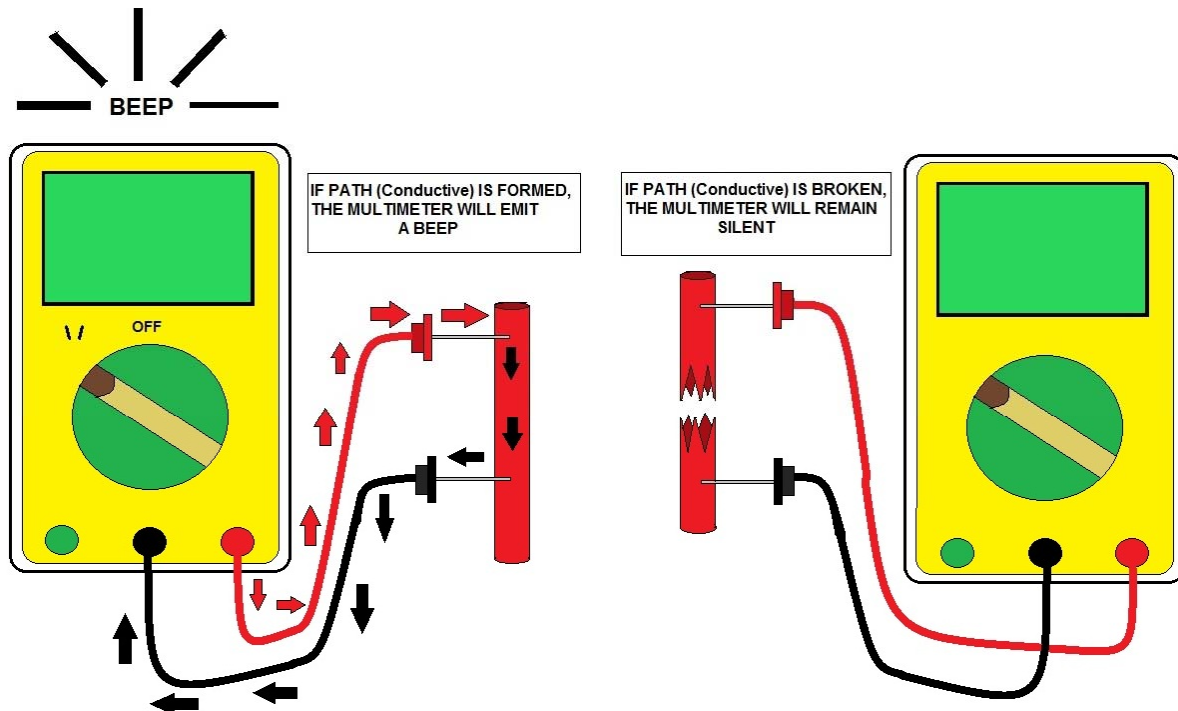
Las frecuencias estándar de los sistemas de energía monofásicos son 50 o 60 Hz. Las redes especiales de energía de tracción monofásica pueden operar a 16,67 Hz u otras frecuencias para alimentar los ferrocarriles eléctricos. En algunos países, como los Estados Unidos, la fase única se suele dividir por la mitad para crear energía eléctrica de fase dividida para electrodomésticos e iluminación.

La distribución de energía monofásica se usa ampliamente, especialmente en áreas rurales, donde el costo de una red de distribución trifásica es alto y las cargas del motor son pequeñas y poco comunes.

Los sistemas de alta potencia, digamos, cientos de kVA o más, son casi siempre trifásicos. El suministro más grande normalmente disponible como monofásico varía según los estándares de la empresa eléctrica. En el Reino Unido, un suministro doméstico monofásico puede tener una clasificación de 100 A o incluso 125 A, lo que significa que hay poca necesidad de trifásico en un entorno doméstico o comercial pequeño.

Gran parte del resto de Europa ha tenido tradicionalmente límites mucho más pequeños en el tamaño de los suministros monofásicos, lo que ha dado como resultado que incluso las casas reciban suministro trifásico (en áreas urbanas con redes de suministro trifásico).

En América del Norte, las residencias individuales y los pequeños edificios comerciales con servicios de hasta aproximadamente 100 kVA (417 amperios a 240 voltios) generalmente tendrán distribución monofásica de tres hilos, a menudo con un solo cliente por transformador de distribución. En casos excepcionales, se pueden proporcionar servicios trifilares monofásicos más grandes, generalmente solo en áreas remotas donde la distribución polifásica no está disponible.



MUTLTIMETER CONTINUITY TEST

En las zonas rurales, los agricultores que deseen utilizar motores trifásicos pueden instalar un convertidor de fase si solo hay disponible un suministro monofásico. Los consumidores más grandes, como grandes edificios, centros comerciales, fábricas, bloques de oficinas y bloques de apartamentos de unidades múltiples, tendrán un servicio trifásico. En áreas densamente pobladas de las ciudades, la red de distribución de energía se usa con muchos clientes y muchos transformadores de suministro conectados para proporcionar cientos o miles de kVA, una carga concentrada en unos pocos cientos de metros cuadrados.

Comprender la energía trifásica

La energía eléctrica trifásica es un método común de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica de corriente alterna. Es un tipo de sistema polifásico y es el método más común utilizado por las redes eléctricas en todo el mundo para transferir energía. También se utiliza para alimentar grandes motores y otras cargas pesadas. Un sistema trifásico es generalmente más económico que otros porque utiliza menos material conductor para transmitir energía eléctrica que los sistemas monofásicos o bifásicos equivalentes al mismo voltaje. El sistema trifásico fue introducido y patentado por Nikola Tesla en 1887 y 1888.

En un sistema trifásico, tres conductores de circuito transportan tres corrientes alternas (de la misma frecuencia) que alcanzan sus valores máximos instantáneos en momentos diferentes. Tomando un conductor como referencia, las otras dos corrientes se retrasan en el tiempo entre un tercio y dos tercios de un ciclo de la corriente eléctrica. Este retraso entre fases tiene el efecto de proporcionar una transferencia de potencia constante en cada ciclo de la corriente y también hace posible producir un campo magnético giratorio en un motor eléctrico.

Los sistemas trifásicos pueden tener un cable neutro. Un cable neutro permite que el sistema trifásico use un voltaje más alto mientras admite electrodomésticos monofásicos de voltaje más bajo. En situaciones de distribución de alta tensión, es común no tener un cable neutro ya que las cargas pueden conectarse simplemente entre fases (conexión fase-fase).

Pregunta 180

La trifásica tiene propiedades que la hacen muy deseable en los sistemas eléctricos de potencia:

- Las corrientes de fase tienden a cancelarse entre sí, sumando cero en el caso de una carga balanceada lineal. Esto permite eliminar o reducir el tamaño del conductor neutro; todos los conductores de fase transportan la misma corriente y, por lo tanto, pueden tener el mismo tamaño, para una carga equilibrada.
- La transferencia de energía a una carga balanceada lineal es constante, lo que ayuda a reducir las vibraciones del motor y del generador.
- Los sistemas trifásicos pueden producir un campo magnético que gira en una dirección específica, lo que simplifica el diseño de motores eléctricos.
- Tres es el orden de fase más bajo para exhibir todas estas propiedades.

La mayoría de las cargas domésticas son monofásicas. En América del Norte y algunos otros lugares, la energía trifásica generalmente no ingresa a los hogares. Incluso en áreas donde lo hace, generalmente se divide en el tablero de distribución principal y las cargas individuales se alimentan desde una sola fase. A veces se utiliza para alimentar estufas eléctricas y secadoras de ropa eléctricas.

3 o 4 hilos

Los circuitos trifásicos se presentan en dos variedades: tres hilos y cuatro hilos. Ambos tipos tienen tres cables energizados ("calientes" o "vivos"), pero el circuito de 4 cables también tiene un cable neutro. El sistema de tres hilos se utiliza cuando las cargas en los 3 hilos vivos se van a equilibrar, por ejemplo, en motores o elementos calefactores con 3 bobinas idénticas. El cable neutro se utiliza cuando existe la posibilidad de que las cargas no estén equilibradas. Un ejemplo común de esto es la distribución local en Europa, donde cada casa estará conectada a solo uno de los cables vivos, pero todos conectados al mismo neutro.

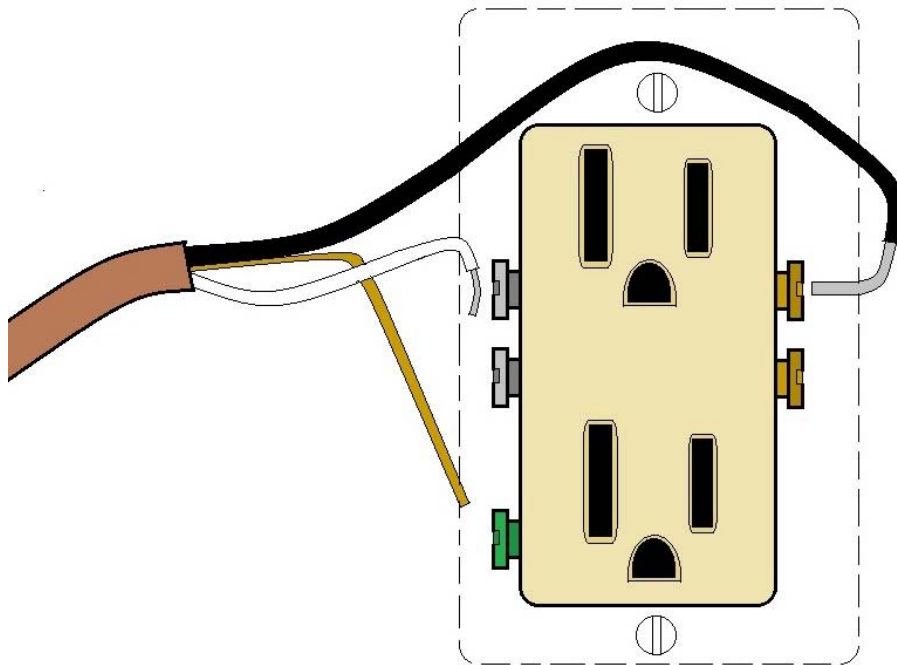
El neutro lleva el "desequilibrio" entre la potencia transportada por los 3 cables vivos. Por lo tanto, los ingenieros eléctricos trabajan arduamente para asegurarse de que la energía se comparta por igual, de modo que el cable neutro lleve la menor cantidad de energía posible y, por lo tanto, se pueda hacer mucho más pequeño que los otros 3.

Las designaciones de '3 hilos' y '4 hilos' no cuentan el cable de tierra que se usa en muchas líneas de transmisión, ya que es únicamente para protección contra fallas y rayos y no sirve para suministrar energía eléctrica.

La clase más importante de carga trifásica es el motor eléctrico. Un motor de inducción trifásico tiene un diseño simple, un par de arranque inherentemente alto y una alta eficiencia. Dichos motores se aplican en la industria para bombas, ventiladores, sopladores, compresores, accionamientos de transportadores, vehículos eléctricos y muchos otros tipos de equipos accionados por motor. Un motor trifásico es más compacto y menos costoso que un motor monofásico de la misma clase de voltaje y capacidad nominal, y los motores de CA monofásicos de más de 10 HP (7,5 kW) son poco comunes. Los motores trifásicos también vibran menos y por lo tanto duran más que los motores monofásicos de la misma potencia utilizados en las mismas condiciones.

Las cargas de calefacción por resistencia, como calderas eléctricas o calefacción de espacios, pueden conectarse a sistemas trifásicos. La iluminación eléctrica también se puede conectar de manera similar. Estos tipos de cargas no requieren el campo magnético giratorio característico de los motores trifásicos, pero aprovechan el mayor nivel de voltaje y potencia generalmente asociado con la distribución trifásica. Los sistemas de iluminación fluorescente monofásicos heredados también se benefician de un parpadeo reducido en una habitación si los accesorios adyacentes se alimentan de diferentes fases.

Los grandes sistemas rectificadores pueden tener entradas trifásicas; la CC resultante es más fácil de filtrar (suave) que la salida de un rectificador monofásico. Dichos rectificadores pueden usarse para cargar baterías, procesos de electrólisis como la producción de aluminio o para operar motores de corriente continua.



TYPICAL COLOR CODING FOR 120 VOLT WIRING

Más sobre energía eléctrica trifásica

En ingeniería eléctrica, **tres fases** Los sistemas eléctricos de potencia tienen al menos tres conductores que transportan tensiones de corriente alterna que están desfasadas en el tiempo en un tercio del periodo. Un sistema trifásico se puede organizar en triángulo (Δ) o estrella (Y) (también denominado estrella en algunas áreas). Un sistema en estrella permite el uso de dos voltajes diferentes de las tres fases, como un sistema de 230/400 V que proporciona 230 V entre el neutro (hub central) y cualquiera de las fases, y 400 V en cualquiera de las dos fases. Un arreglo de sistema delta solo proporciona una magnitud de voltaje, sin embargo, tiene una mayor redundancia ya que puede continuar operando normalmente con uno de los tres devanados de suministro fuera de línea, aunque al 57.7% de la capacidad total. Las corrientes armónicas en el neutro pueden volverse muy grandes si se conectan cargas no lineales.

Definiciones

En una topología conectada en estrella (estrella), con secuencia de rotación L1 - L2 - L3, las tensiones instantáneas variables en el tiempo se pueden calcular para cada fase A, C, B respectivamente mediante:

$$\begin{aligned} V_{L1-N} &= \sin(\theta) * V_P \\ V_{L2-N} &= \sin\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) * V_P = \sin\left(\theta + \frac{4}{3}\pi\right) * V_P \\ V_{L3-N} &= \sin\left(\theta - \frac{4}{3}\pi\right) * V_P = \sin\left(\theta + \frac{2}{3}\pi\right) * V_P \end{aligned}$$

donde:

V_P es el voltaje pico,

$\theta = 2\pi ft$ es el ángulo de fase en radianes

t es el tiempo en segundos

f es la frecuencia en ciclos por segundo y

las tensiones L1-N, L2-N y L3-N están referenciadas al punto de conexión en estrella.

Cargas Balanceadas

En general, en los sistemas de energía eléctrica, las cargas se distribuyen de la manera más uniforme posible entre las fases. Es una práctica habitual analizar primero un sistema equilibrado y luego describir los efectos de los sistemas desequilibrados como desviaciones del caso elemental.

Transferencia de potencia constante

Una propiedad importante de la potencia trifásica es que la potencia disponible para una carga resistiva,

$P = VI = \frac{1}{R} V^2$, es constante en todo momento.

$$\begin{aligned} P_{Li} &= \frac{V_{Li}^2}{R} \\ P_{TOT} &= \sum_i P_{Li} \end{aligned}$$

Para simplificar las matemáticas, definimos una potencia no dimensional para intermedia

cálculos,

$$p = \frac{1}{V_P^2} P_{TOT} R$$

$$p = \sin^2 \theta + \sin^2 \left(\theta - \frac{2}{3}\pi \right) + \sin^2 \left(\theta - \frac{4}{3}\pi \right) = \frac{3}{2}$$

Por lo tanto (sustituyendo de nuevo):

$$P_{TOT} = \frac{3V_P^2}{2R}$$

como hemos eliminado θ podemos ver que la potencia total no varía con el tiempo. Esto es esencial para mantener grandes generadores y motores funcionando sin problemas. En realidad, la carga no necesita ser resistiva para lograr una potencia instantánea constante ya que, siempre que esté balanceada o sea la misma para todas las fases, se puede escribir como

$$Z = |Z|e^{j\varphi}$$

de modo que la corriente máxima es

$$I_P = \frac{V_P}{|Z|}$$

para todas las fases y las corrientes instantáneas son

$$\begin{aligned} I_{L1} &= I_P \sin(\theta - \varphi) \\ I_{L2} &= I_P \sin\left(\theta - \frac{2}{3}\pi - \varphi\right) \\ I_{L3} &= I_P \sin\left(\theta - \frac{4}{3}\pi - \varphi\right) \end{aligned}$$

Ahora las potencias instantáneas en las fases son

$$\begin{aligned} P_{L1} &= V_{L1}I_{L1} = V_P I_P \sin(\theta) \sin(\theta - \varphi) \\ P_{L2} &= V_{L2}I_{L2} = V_P I_P \sin\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) \sin\left(\theta - \frac{2}{3}\pi - \varphi\right) \\ P_{L3} &= V_{L3}I_{L3} = V_P I_P \sin\left(\theta - \frac{4}{3}\pi\right) \sin\left(\theta - \frac{4}{3}\pi - \varphi\right) \end{aligned}$$

Usando fórmulas de resta de ángulos:

$$\begin{aligned} P_{L1} &= \frac{V_P I_P}{2} [\cos \varphi - \cos(2\theta - \varphi)] \\ P_{L2} &= \frac{V_P I_P}{2} \left[\cos \varphi - \cos\left(2\theta - \frac{4}{3}\pi - \varphi\right) \right] \\ P_{L3} &= \frac{V_P I_P}{2} \left[\cos \varphi - \cos\left(2\theta - \frac{8}{3}\pi - \varphi\right) \right] \end{aligned}$$

que se suman para una potencia instantánea total

$$P_{TOT} = \frac{V_P I_P}{2} \left\{ 3 \cos \varphi - \left[\cos(2\theta - \varphi) + \cos\left(2\theta - \frac{4}{3}\pi - \varphi\right) + \cos\left(2\theta - \frac{8}{3}\pi - \varphi\right) \right] \right\}$$

Dado que los tres términos encerrados entre corchetes son un sistema trifásico, suman cero y la potencia total se convierte en

$$P_{TOT} = \frac{3V_P I_P}{2} \cos \varphi$$

o

$$P_{TOT} = \frac{3V_P^2}{2|Z|} \cos \varphi$$

Sin corriente neutra

Para el caso de cargas iguales en cada una de las tres fases, no fluye corriente neta en el neutro. La corriente neutra es la suma vectorial invertida de las corrientes de línea. Véanse las leyes de los circuitos de Kirchhoff.

$$I_{L1} = \frac{V_{L1-N}}{R}, I_{L2} = \frac{V_{L2-N}}{R}, I_{L3} = \frac{V_{L3-N}}{R}$$

$$-I_N = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3}$$

$$i = \frac{I_N R}{V_P}$$

Definimos una corriente no dimensionalizada,

$$i = \sin \theta + \sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) + \sin\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$= \sin \theta + 2 \sin \theta \cos \frac{2\pi}{3}$$

$$= \sin \theta - \sin \theta$$

$$= 0$$

Como hemos demostrado que la corriente neutral es cero, podemos ver que quitar el núcleo neutral no tendrá ningún efecto en el circuito, siempre que el sistema esté balanceado. Estas conexiones generalmente se utilizan solo cuando la carga en las tres fases es parte del mismo equipo (por ejemplo, un motor trifásico), ya que, de lo contrario, la conmutación de cargas y ligeros desequilibrios provocarían grandes fluctuaciones de tensión.

Sistemas desequilibrados

En la práctica, los sistemas rara vez tienen cargas, corrientes, tensiones e impedancias perfectamente equilibradas en las tres fases. El análisis de casos desequilibrados se simplifica enormemente mediante el uso de técnicas de componentes simétricos. Un sistema desbalanceado se analiza como la superposición de tres sistemas balanceados, cada uno con la secuencia positiva, negativa o cero de voltajes balanceados.

Al especificar tamaños de cableado en un sistema trifásico, solo necesitamos saber la magnitud de las corrientes de fase y neutro. La corriente neutra se puede determinar sumando las corrientes trifásicas juntas como números complejos y luego convirtiendo de rectangular a polar co-ordenadas. Si las corrientes trifásicas RMS (Root Mean Square) son I_{L1} , I_{L2} y I_{L3} , la corriente RMS neutra es:

$$I_{L1} + I_{L2} * \cos \frac{2}{3}\pi + j * I_{L2} * \sin \frac{2}{3}\pi + I_{L3} * \cos \frac{4}{3}\pi + j * I_{L3} * \sin \frac{4}{3}\pi$$

que resuelve a

$$I_{L1} - I_{L2} * 0.5 - I_{L3} * 0.5 + j * \frac{\sqrt{3}}{2} * (I_{L2} - I_{L3})$$

La magnitud polar de esto es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las partes real e imaginaria, que se reduce a

$$\sqrt{I_{L1}^2 + I_{L2}^2 + I_{L3}^2 - I_{L1} * I_{L2} - I_{L1} * I_{L3} - I_{L2} * I_{L3}}$$

Cargas no lineales

Con cargas lineales, el neutro solo lleva la corriente debido al desequilibrio entre las fases. Los dispositivos que utilizan el extremo frontal del rectificador-condensador, como fuentes de alimentación conmutadas, computadoras, equipos de oficina y similares, producen armónicos de tercer orden. Tercero, la corriente está en fase en todas las fases de suministro. Los terceros armónicos se suman en el neutro, lo que puede causar que la corriente del neutro en un sistema en estrella exceda la corriente de fase.

Campo magnético giratorio

Cualquier sistema polifásico, en virtud del desplazamiento temporal de las corrientes en las fases, permite generar fácilmente un campo magnético que gira a la frecuencia de línea. Tal campo magnético giratorio hace posibles los motores de inducción polifásicos. De hecho, cuando los motores de inducción deben funcionar con energía monofásica (como la que normalmente se distribuye en los hogares), el motor debe contener algún mecanismo para producir un campo giratorio; de lo contrario, el motor no puede generar ningún par de parada y no arrancará. El campo producido por un devanado monofásico puede proporcionar energía a un motor que ya está girando, pero sin mecanismos auxiliares, el motor no acelerará cuando esté parado cuando esté energizado.

Un campo magnético giratorio de amplitud constante requiere que las corrientes trifásicas sean iguales en magnitud y se desplacen con precisión un tercio de un ciclo en fase. El funcionamiento desequilibrado provoca efectos no deseados en motores y generadores.

Conversión a otros sistemas de fase

Siempre que dos formas de onda de voltaje tengan al menos algún desplazamiento relativo en el eje del tiempo, que no sea un múltiplo de medio ciclo, se puede obtener cualquier otro conjunto polifásico de voltajes mediante una matriz de transformadores pasivos. Dichos arreglos equilibrarán uniformemente la carga polifásica entre las fases del sistema fuente. Por ejemplo, se puede obtener energía bifásica balanceada de una red trifásica usando dos transformadores especialmente contruidos, con derivaciones al 50% y al 86,6% del voltaje primario. Esto *scott t*La conexión produce un verdadero sistema de dos fases con una diferencia de tiempo de 90° entre las fases. Otro ejemplo es la generación de sistemas de mayor orden de fase para grandes sistemas rectificadores, para producir una salida de CC más suave y reducir las corrientes armónicas en el suministro.

Cuando se necesita trifásico pero el proveedor de electricidad solo dispone de monofásico, se puede usar un convertidor de fase para generar energía trifásica a partir del suministro monofásico.

Medidas del sistema

Es posible medir la potencia en un sistema trifásico utilizando dos transductores cuando no hay neutro, o tres transductores cuando hay neutro. El teorema de Blondel establece que el número de elementos de medición necesarios es uno menos que el número de conductores que transportan corriente.

Convertidores de fase Pregunta 197

Ocasionalmente, las ventajas de los motores trifásicos hacen que valga la pena convertir la energía monofásica en trifásica. Es posible que los clientes pequeños, como las propiedades residenciales o agrícolas, no tengan acceso a un suministro trifásico o no deseen pagar el costo adicional de un servicio trifásico, pero aún deseen utilizar equipos trifásicos. Dichos convertidores también pueden permitir variar la frecuencia (resíntesis) permitiendo el control de la velocidad. Algunas locomotoras ferroviarias se están pasando a motores multifásicos accionados por dichos sistemas, aunque el suministro entrante a una locomotora casi siempre es CC o CA monofásica.

Debido a que la energía monofásica llega a cero en cada momento en que el voltaje cruza cero, pero la energía trifásica entrega energía continuamente, cualquier convertidor de este tipo debe tener una forma de almacenar la energía necesaria durante una fracción de segundo.

Un método para usar equipos trifásicos en un suministro monofásico es con un convertidor de fase rotatorio, esencialmente un motor trifásico con arreglos de arranque especiales y corrección del factor de potencia que produce voltajes trifásicos balanceados. Cuando se diseñan correctamente, estos convertidores rotativos pueden permitir el funcionamiento satisfactorio de equipos trifásicos, como máquinas herramienta, en un suministro monofásico. En tal dispositivo, el almacenamiento de energía se realiza por la inercia mecánica (efecto volante) de los componentes giratorios. A veces se encuentra un volante externo en uno o ambos extremos del eje.

Un segundo método que fue popular en las décadas de 1940 y 1950 fue el método del transformador. En ese momento, los condensadores eran más caros que los transformadores, por lo que se utilizó un autotransformador para aplicar más potencia a través de menos condensadores. Este método funciona bien y tiene partidarios, incluso hoy. El uso del método del transformador de nombre lo separó de otro método común, el convertidor estático, ya que ambos métodos no tienen partes móviles, lo que los separa de los convertidores rotativos.

Otro método que se intenta a menudo es con un dispositivo denominado convertidor de fase estática. Este método de hacer funcionar equipos trifásicos se intenta comúnmente con cargas de motor, aunque solo suministra energía y puede hacer que las cargas del motor se calienten y, en algunos casos, se sobrecalienten. Este método no funciona cuando se trata de circuitos sensibles, como dispositivos CNC o en cargas de inducción y de tipo rectificador.

Un generador trifásico puede ser accionado por un motor monofásico. Esta combinación de motor y generador puede proporcionar una función de cambiador de frecuencia así como conversión de fase, pero requiere dos máquinas con todos sus gastos y pérdidas. El método de motor-generador también puede formar una fuente de alimentación ininterrumpida cuando se usa junto con un volante grande y un grupo electrógeno de reserva.

Se fabrican algunos dispositivos que crean una imitación trifásica a partir de suministros monofásicos de tres hilos. Esto se hace creando una tercera "subfase" entre los dos conductores vivos, lo que da como resultado una separación de fase de $180^\circ - 90^\circ = 90^\circ$. Muchos dispositivos trifásicos pueden funcionar con esta configuración pero con menor eficiencia.

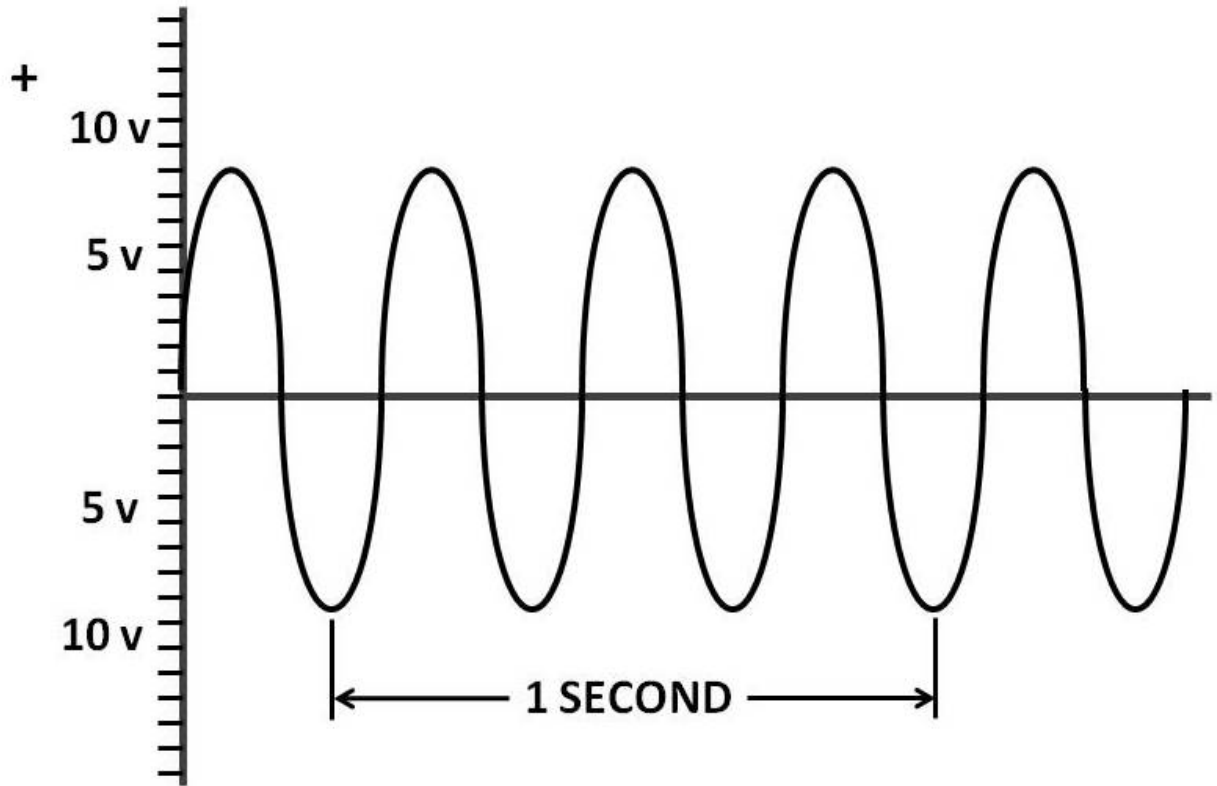
Los variadores de frecuencia (también conocidos como inversores de estado sólido) se utilizan para proporcionar un control preciso de la velocidad y el par de los motores trifásicos. Algunos modelos pueden ser alimentados por un suministro monofásico. Los VFD funcionan convirtiendo el voltaje de suministro a CC y luego convirtiendo la CC en una fuente trifásica adecuada para el motor.

Los convertidores de fase digitales están diseñados para operación de frecuencia fija desde una fuente monofásica. Al igual que una unidad de frecuencia variable, utilizan un microprocesador para controlar los componentes de conmutación de energía de estado sólido para mantener voltajes trifásicos equilibrados.

Alternativas a la Trifásica

- La energía eléctrica de fase dividida se usa cuando la energía trifásica no está disponible y permite que se suministre el doble del voltaje de utilización normal para cargas de alta potencia.
- La energía eléctrica bifásica, como la trifásica, proporciona una transferencia de potencia constante a una carga lineal. Para las cargas que conectan cada fase al neutro, asumiendo que la carga tiene el mismo consumo de energía, el sistema de dos hilos tiene una corriente neutra que es mayor que la corriente neutra en un sistema trifásico. Además, los motores no son completamente lineales, lo que significa que, a pesar de la teoría, los motores que funcionan con tres fases tienden a funcionar más suavemente que los que funcionan con dos fases. Los generadores de la central eléctrica Adams en las cataratas del Niágara que se instalaron en 1895 eran los generadores más grandes del mundo en ese momento y eran máquinas de dos fases. La verdadera distribución de energía bifásica es básicamente obsoleta. Los sistemas de propósito especial pueden usar un sistema de dos fases para el control.
- La energía monocíclica era un nombre para un sistema de energía de dos fases modificado asimétrico utilizado por General Electric alrededor de 1897, defendido por Charles Proteus Steinmetz y Elihu Thomson. Este sistema fue ideado para evitar la infracción de patentes. En este sistema, un generador estaba devanado con un devanado monofásico de voltaje completo destinado a cargas de iluminación y con una pequeña fracción (generalmente $\frac{1}{4}$ del voltaje de la línea) devanado que producía un voltaje en cuadratura con los devanados principales. La intención era utilizar este devanado adicional de "cable de alimentación" para proporcionar par de arranque para motores de inducción, con el devanado principal proporcionando energía para cargas de iluminación. Después de la expiración de las patentes de Westinghouse sobre sistemas de distribución de energía simétricos de dos y tres fases, el sistema monocíclico dejó de usarse;
- Se han construido y probado sistemas de alto orden de fase para la transmisión de energía. Tales líneas de transmisión usan seis (bipolares, trifásicas) o doce (bipolares, seifásicas) y emplean prácticas de diseño características de las líneas de transmisión de voltaje extra alto. Las líneas de transmisión de alto orden de fase pueden permitir la transferencia de más energía a través de un derecho de paso de línea de transmisión determinado sin el gasto de un convertidor de corriente continua de alto voltaje (HVDC) en cada extremo de la línea.

Generación y transmisión de energía CA



A partir del gráfico de onda sinusoidal anterior, determine:

A. la frecuencia de la CA. _____

B. el voltaje pico. _____

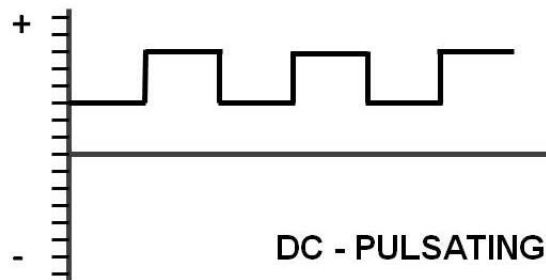
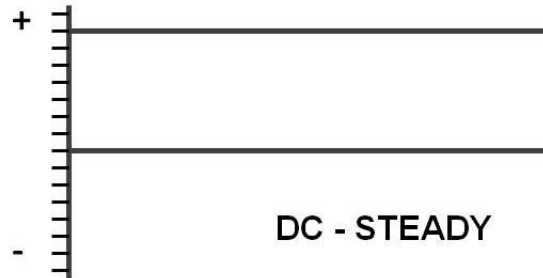
C. el valor RMS del voltaje. _____

D. cuánto tarda el voltaje en completar un ciclo. _____

Corriente continua frente a corriente alterna Pregunta 216

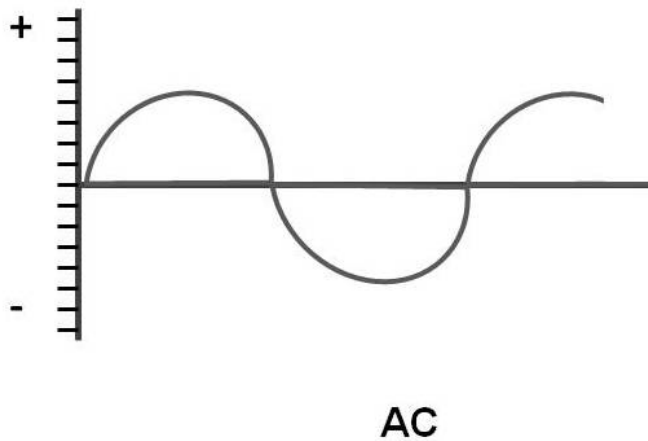
La corriente continua fluye en una sola dirección. En un gráfico o en la pantalla de un osciloscopio siempre aparece a un lado del eje cero, porque su polaridad no cambia.

La corriente continua que no cambia en magnitud (o nivel de corriente) se llama CC constante. Las baterías producen CC constante.



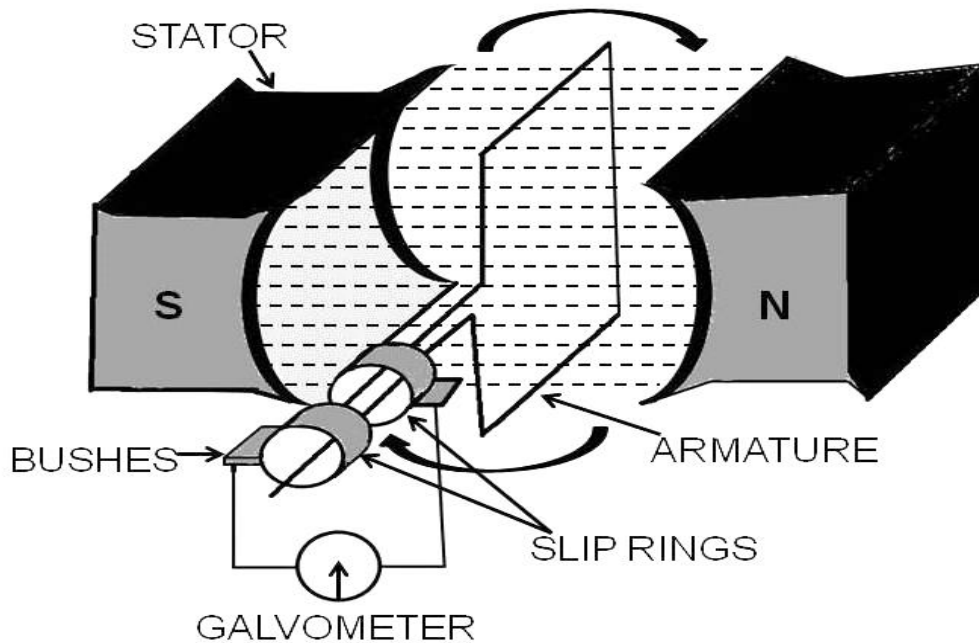
La CC pulsante cambia en magnitud. Pero también aparece siempre del mismo lado del eje cero de un osciloscopio, porque su polaridad es constante.

Cambios de corriente alterna tanto en magnitud como en dirección. En un osciloscopio, el voltaje y la corriente aparecen en ambos lados del eje cero, ya que la polaridad del voltaje se alterna y la corriente cambia de dirección.



Este ciclo de aumento, disminución y reversión ocurre regularmente.

Inducción de electroimán



PRODUCTION OF AC CURRENT

La corriente alterna se genera a través de un efecto eléctrico llamado inducción electromagnética..

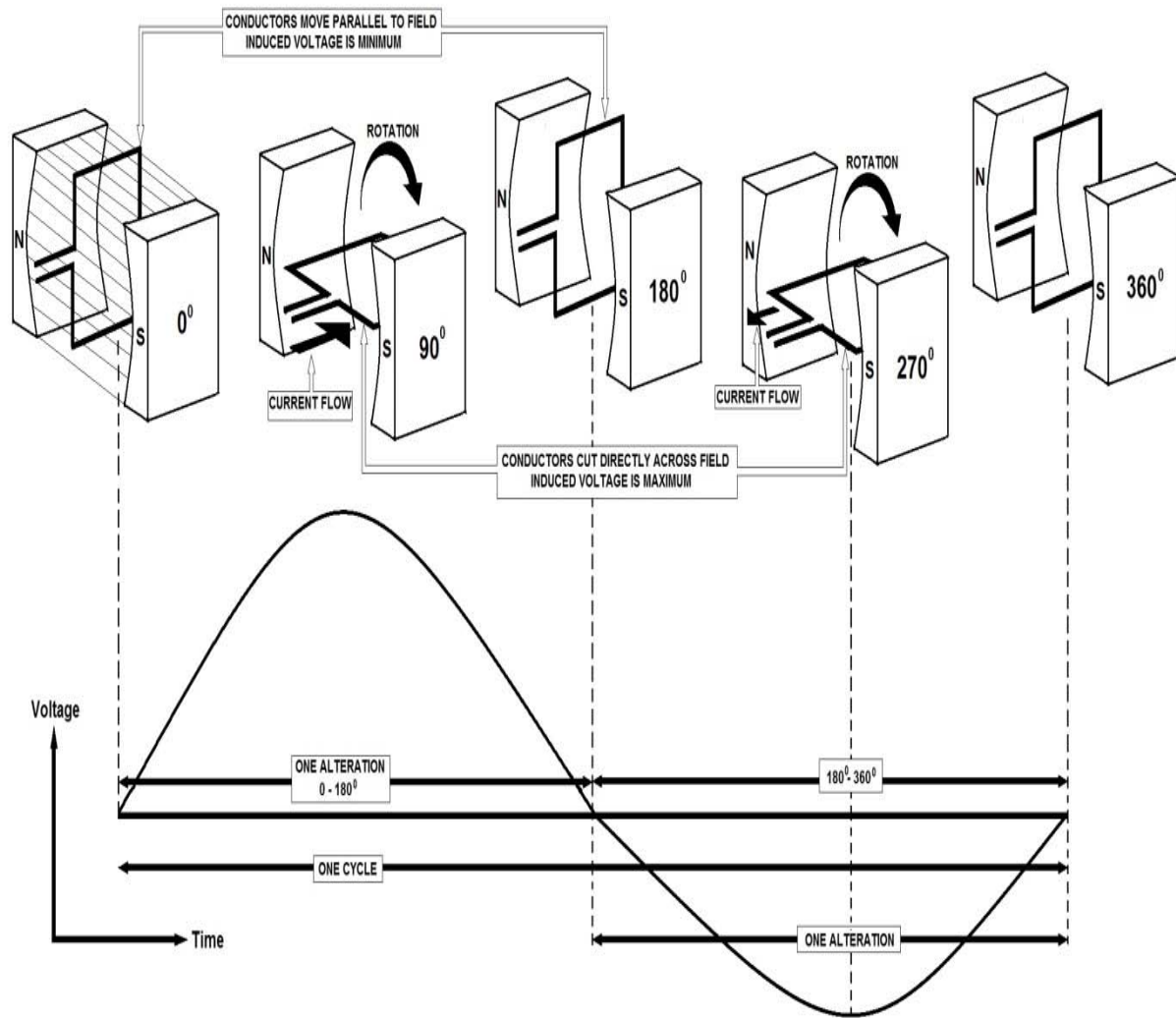
La inducción electromagnética es la capacidad de un campo magnético para generar un voltaje o corriente en un conductor sin contacto físico.

Cuando el conductor se convierte en parte de un circuito, la corriente fluye en el circuito.

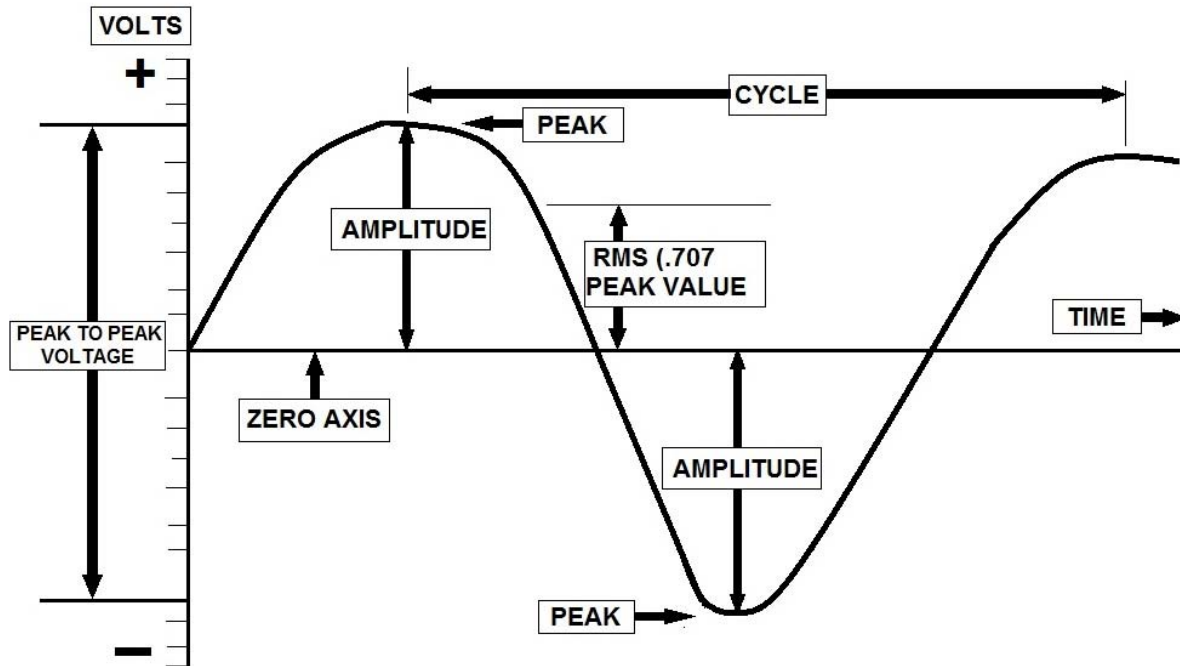
Los generadores convierten el movimiento de rotación en flujo de corriente. A medida que las bobinas giran a través de un magnetismo rotacional, se genera voltaje.

Los motores de CA también dependen de la inducción electromagnética. Convierten el flujo de corriente en movimiento de rotación.

El conductor y el campo magnético no están conectados físicamente, pero se induce un voltaje en el conductor cuando el conductor se mueve a través del campo magnético, o cuando el campo magnético se mueve a través del conductor.



Onda sinusoidal para CA



El voltaje y la corriente alternos generados por el movimiento giratorio toman la forma de una onda sinusoidal. Es la forma más común de corriente alterna y voltaje. A medida que el conductor gira a través del campo magnético, corta las líneas de fuerza magnéticas a una velocidad variable. Como resultado, el voltaje varía en un patrón regular y repetitivo.

Las ondas sinusoidales se miden y comparan mediante ciertas características

1. La AMPLITUD de la onda sinusoidal te indica el valor máximo de corriente o voltaje; puede ser positivo o negativo.
2. UN CICLO es una repetición completa de la forma de onda. Es producido por una revolución completa-360°-del conductor a través del campo magnético. En cada ciclo, hay dos inversiones y dos máximos.

La onda sinusoidal alcanza su punto máximo en la dirección positiva a 90°, cruza el eje cero en 180°, picos en la dirección negativa en 270°, luego llega a cero nuevamente en 360°.

3. FRECUENCIA es el número de ciclos por segundo. Cuanto mayor sea el número de ciclos por segundo, mayor será la frecuencia. Cuanto mayor sea la frecuencia, menor será la cantidad de tiempo para un ciclo. La mayoría de CA se genera a 60 ciclos o 50 ciclos por segundo.

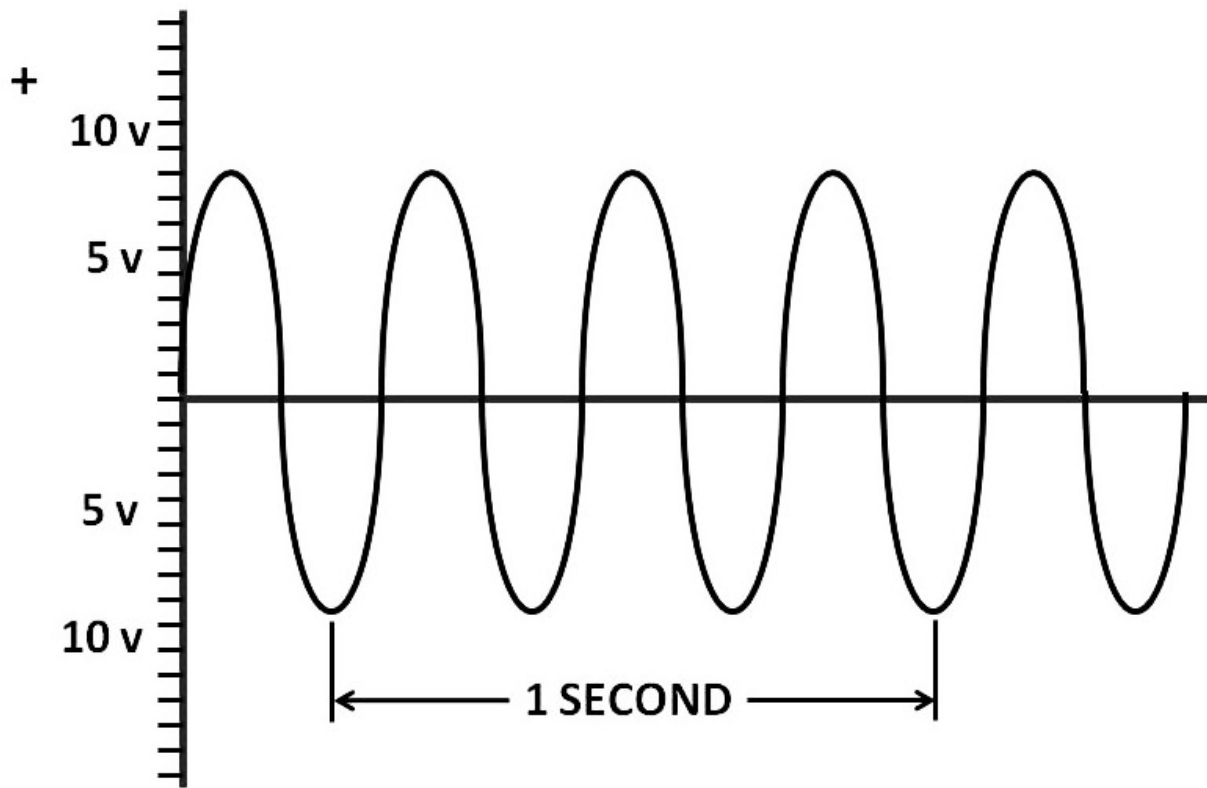
Nota: La amplitud y la frecuencia son independientes. Dos ondas pueden tener la misma amplitud y frecuencia, la misma amplitud pero diferente frecuencia, diferente amplitud pero la misma frecuencia, y diferente amplitud y diferente frecuencia.

4. HERTZ es el término usado para ciclos por (segundo. 60 Hertz = 60 ciclos por segundo.
5. El voltaje PICO a PICO es el voltaje medido entre los puntos máximo positivo y máximo negativo en la onda sinusoidal. Es el doble de la amplitud.
6. El voltaje o corriente RMS (raíz cuadrática media) es un medio estándar para medir voltaje o corriente alterna. $RMS = 0,707 \times \text{valor máximo (la amplitud de la onda sinusoidal)}$.
7. Una línea horizontal a través del centro de la onda sinusoidal es el EJE CERO.

una. Todos los valores por encima del eje cero son valores POSITIVOS; todos los valores por debajo del eje cero son valores NEGATIVOS.

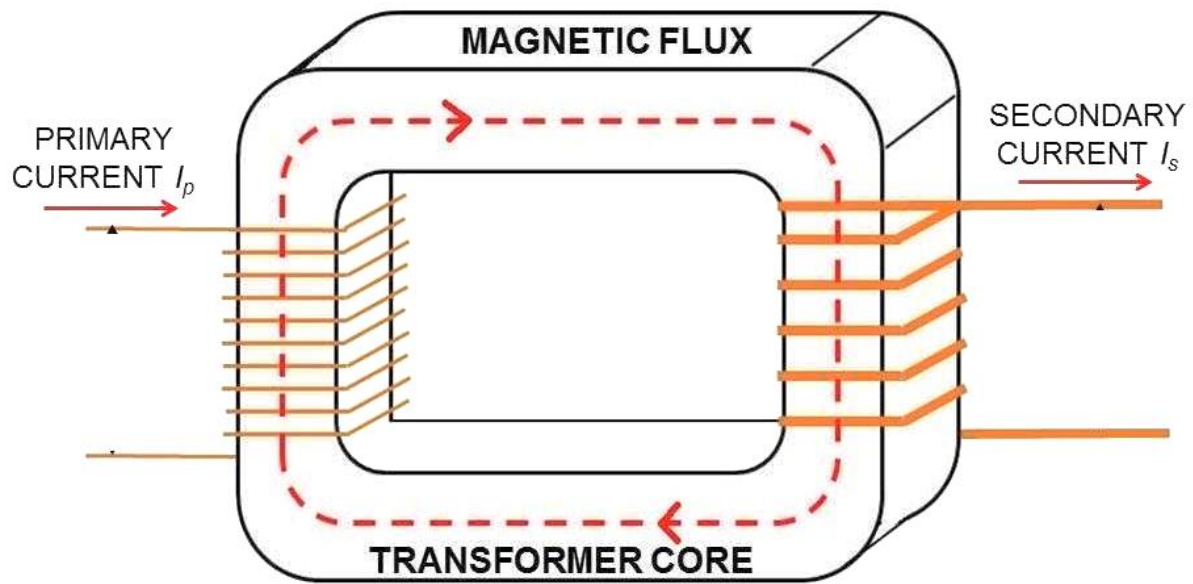
b. La corriente y el voltaje NEGATIVO hacen tanto trabajo como el voltaje y la corriente positivos. La única diferencia es que la polaridad del voltaje es opuesta y el flujo de corriente es en la dirección opuesta. Producen exactamente la misma cantidad de energía que la corriente y el voltaje positivos.

Ejercicio práctico



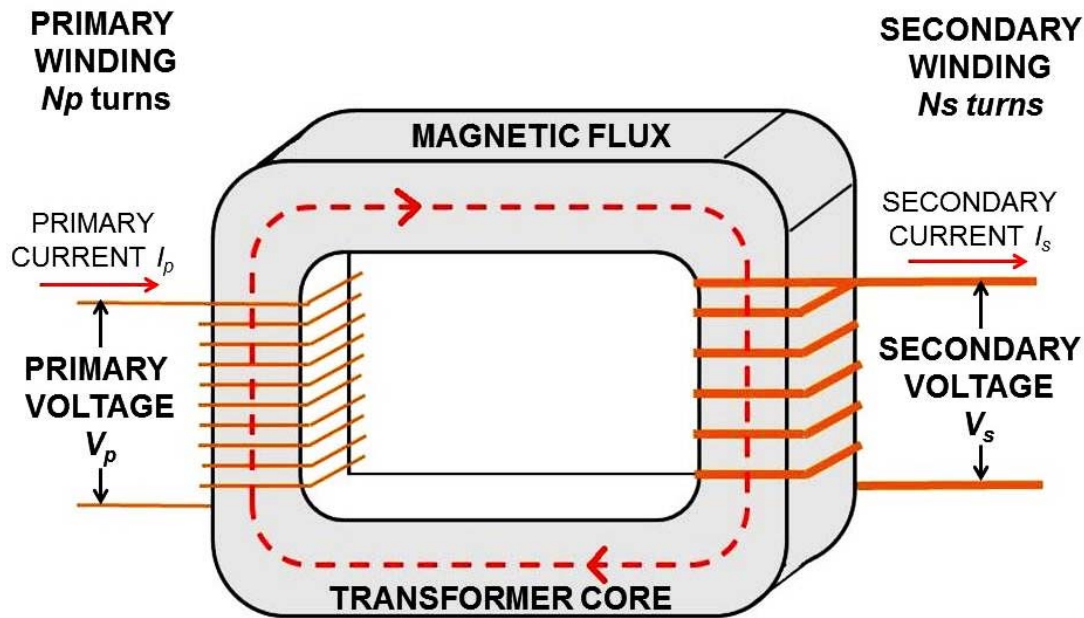
A partir del gráfico de onda sinusoidal anterior, determine:

- A. la frecuencia de la CA. _____
- B. el voltaje pico. _____
- C. el valor RMS del voltaje. _____
- D. cuánto tarda el voltaje en completar un ciclo. _____



Ejercicio práctico

Sección del transformador



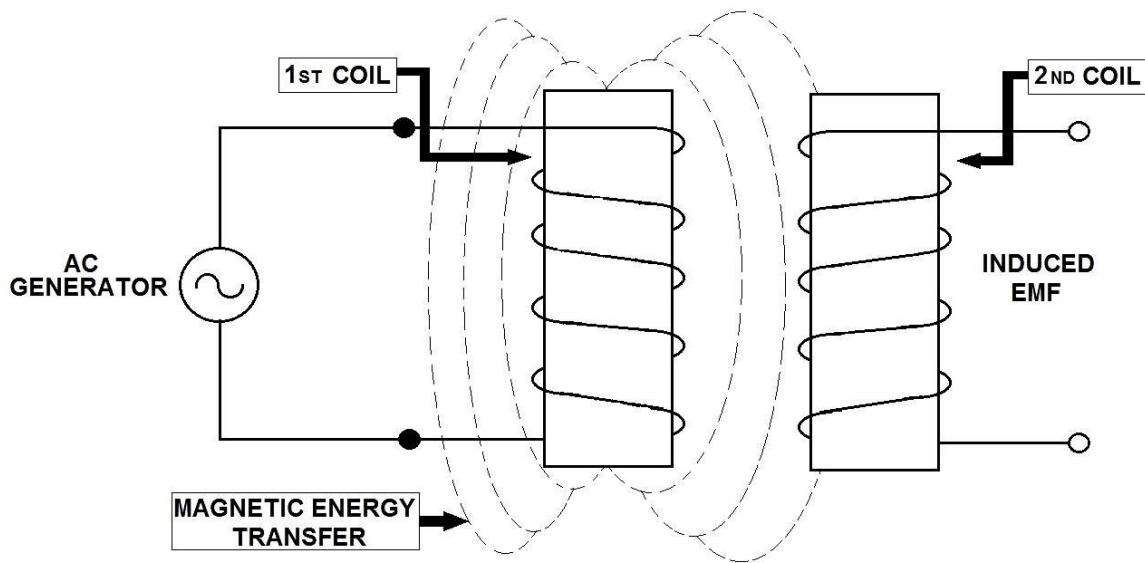
TRANSFORMER

Los **transformadores** son un dispositivo eléctrico que transfiere energía entre dos circuitos a través de la inducción electromagnética. Los transformadores se pueden usar en la conversión de voltaje para transformar un voltaje de CA de un nivel de voltaje en la entrada del dispositivo a otro nivel en los terminales de salida, para satisfacer diferentes requisitos de nivel de corriente como fuente de corriente alterna, o se pueden usar para Adaptación de impedancia entre circuitos eléctricos no coincidentes para efectuar la máxima transferencia de potencia entre los circuitos.

Los transformadores se utilizan para aumentar el voltaje antes de transmitir energía eléctrica a largas distancias a través de cables. Los cables tienen una resistencia que pierde energía a través del calentamiento en joules a una velocidad correspondiente al cuadrado de la corriente. Al transformar la energía a un voltaje más alto, los transformadores permiten una transmisión económica de energía y distribución. En consecuencia, los transformadores han dado forma a la industria de suministro de electricidad, permitiendo que la generación esté ubicada de forma remota desde los puntos de demanda. Todo menos una pequeña fracción de la energía eléctrica del mundo ha pasado a través de una serie de transformadores en el momento en que llega al consumidor.

Los transformadores también se utilizan ampliamente en productos electrónicos para reducir el voltaje de suministro a un nivel adecuado para los circuitos de bajo voltaje que contienen. El transformador también aísla eléctricamente al usuario final del contacto con la tensión de alimentación.

Los transformadores de señal y audio se utilizan para acoplar etapas de amplificadores y para conectar dispositivos como micrófonos y tocadiscos a la entrada de los amplificadores. Los transformadores de audio permitieron que los circuitos telefónicos mantuvieran una conversación bidireccional a través de un solo par de cables. Un transformador balun convierte una señal que está referenciada a tierra en una señal que tiene voltajes balanceados a tierra, como entre cables externos y circuitos internos.



TRANSFORMER

Un transformador generalmente consta de dos devanados de alambre enrollados alrededor de un núcleo común para efectuar un acoplamiento electromagnético ajustado entre los devanados. El material del núcleo suele ser un núcleo de hierro laminado. La bobina que recibe la energía eléctrica de entrada se denomina devanado primario, mientras que la bobina de salida se denomina devanado secundario.

Una corriente eléctrica alterna que fluye a través del devanado primario (bobina) de un transformador genera un campo electromagnético en su entorno y un flujo magnético variable en el núcleo del transformador.

Por inducción electromagnética, este flujo magnético genera una fuerza electromotriz variable en el devanado secundario, lo que genera un voltaje en los terminales de salida. Si se conecta una impedancia de carga a través del devanado secundario, fluye una corriente a través del devanado secundario extrayendo energía del devanado primario y su fuente de energía.

Un transformador no puede funcionar con corriente continua, pero produce un pulso de salida corto a medida que aumenta el voltaje cuando se conecta a la fuente de CC.

Parámetros de clasificación de transformadores

Los transformadores se pueden clasificar de muchas maneras, como las siguientes:

- *Capacidad de potencia:* Desde una fracción de voltioamperio (VA) hasta más de mil MVA. *Deber de un transformador:* Continuo, de corta duración, intermitente, periódico, variable. *Rango de frecuencia:* Frecuencia industrial, frecuencia de audio o frecuencia de radio. *Clase de tensión:* Desde unos pocos voltios hasta cientos de kilovoltios.
- *Tipo de refrigeración:* Seco y sumergido en líquido - autoenfriado, enfriado por aire forzado; sumergido en líquido - enfriado por aceite forzado, enfriado por agua.
- *aplicación de circuito:* Como fuente de alimentación, adaptación de impedancia, voltaje de salida y estabilizador de corriente o aislamiento de circuito.
- *Utilización:* Pulso, potencia, distribución, rectificador, horno de arco, salida de amplificador, etc.. *forma magnética básica:* Forma de núcleo, forma de caparazón.
- *Descriptor de transformador de potencial constante:* Step-up, step-down, aislamiento.
- *Configuración general de bobinado:* Por grupo de vectores EIC: varias combinaciones posibles de dos devanados de las designaciones de fase delta, estrella o estrella, y zigzag o estrella interconectada; otro - autotransformador, Scott-T, devanado del transformador de puesta a tierra en zigzag.
- *Configuración del devanado de cambio de fase del rectificador:* 2 devanados, 6 pulsos; 3 devanados, 12 pulsos; . . . devanado n, [n-1]*6 pulsos; polígono; etc..

Tipos de transformadores

Varios diseños de aplicaciones eléctricas específicas requieren una variedad de tipos de transformadores. Aunque todos comparten los principios característicos básicos de los transformadores, su construcción o propiedades eléctricas se personalizan para ciertos requisitos de instalación o condiciones del circuito.

- *Autotransformador:* Transformador en el que parte del devanado es común tanto al circuito primario como al secundario.
- *Transformador de voltaje de condensador:* Transformador en el que se utiliza un divisor de condensadores para reducir el alto voltaje antes de aplicarlo al devanado primario.
- *Transformador de distribución, transformador de potencia:* Las normas internacionales distinguen entre los transformadores de distribución que se utilizan para distribuir energía desde las líneas y redes de transmisión para consumo local y los transformadores de potencia que se utilizan para transferir energía eléctrica entre el generador y los circuitos primarios de distribución.
- *Transformador regulador de ángulo de fase:* Transformador especializado utilizado para controlar el flujo de potencia real en redes de transmisión de electricidad trifásicas.
- *Transformador Scott-T:* Transformador utilizado para la transformación de fase de trifásico a bifásico y viceversa.
- *Transformador polifásico:* Cualquier transformador con más de una fase.
- *Transformador de puesta a tierra:* Transformador utilizado para poner a tierra circuitos trifásicos para crear un neutro en un sistema de tres hilos, usando un transformador estrella-triángulo, o más comúnmente, un devanado de puesta a tierra en zigzag.
- *Transformador de fugas:* Transformador que tiene devanados débilmente acoplados.
- *transformador resonante:* Transformador que utiliza resonancia para generar un alto voltaje secundario.
- *Transformador de audio:* Transformador utilizado en equipos de audio.
- *Transformador de salida:* Transformador utilizado para hacer coincidir la salida de un amplificador de válvula con su carga. *Transformador de instrumentos:* Transformador de corriente o potencial utilizado para representar con precisión y seguridad la tensión, la corriente o la posición de fase de circuitos de alta tensión o alta potencia.

Aplicaciones de transformadores

Los transformadores realizan la conversión de voltaje; protección de aislamiento; y adaptación de impedancia. En términos de conversión de voltaje, los transformadores pueden aumentar el voltaje/reducir la corriente de los generadores a las líneas de transmisión de alto voltaje, y reducir el voltaje/eleva la corriente a los circuitos de distribución locales o clientes industriales.

El transformador elevador se usa para aumentar el voltaje secundario en relación con el voltaje primario, mientras que el transformador reductor se usa para disminuir el voltaje secundario en relación con el voltaje primario. Los transformadores varían en tamaño desde miniaturas utilizadas en micrófonos hasta unidades que pesan cientos de toneladas que se interconectan a la red eléctrica. Se utiliza una amplia gama de diseños de transformadores en aplicaciones de energía eléctrica y electrónica, incluidos transformadores de conversión de energía en miniatura, de audio, de aislamiento, de alta frecuencia, etc.

Principios básicos del transformador

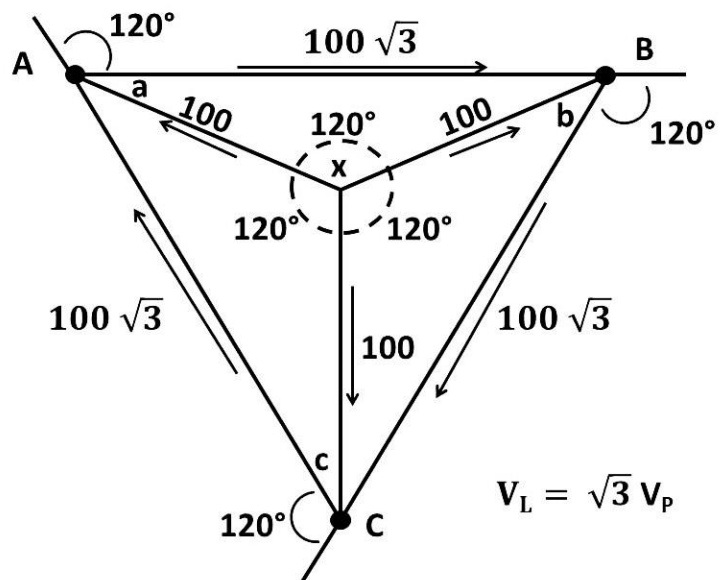
El funcionamiento de un transformador se basa en dos principios de las leyes de la inducción electromagnética: una corriente eléctrica a través de un conductor, como un cable, produce un campo magnético que rodea al cable, y un campo magnético cambiante en la vecindad de un cable induce un voltaje a través de los extremos de ese cable.

El campo magnético excitado en la bobina primaria da lugar a la autoinducción así como a la inducción mutua entre bobinas.

Esta autoinducción contrarresta el campo excitado hasta tal punto que la corriente resultante a través del devanado primario es muy pequeña cuando ninguna carga extrae energía del devanado secundario.

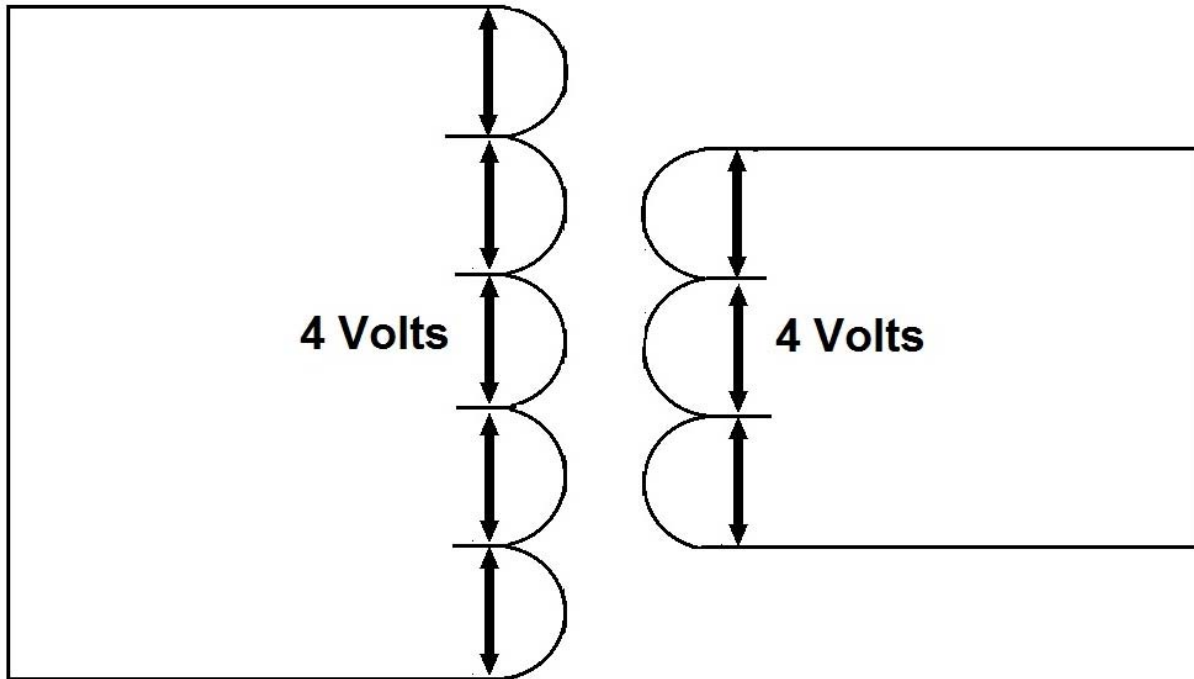
Los principios físicos del comportamiento inductivo del transformador se comprenden y formalizan más fácilmente cuando se hacen algunas suposiciones para construir un modelo simple que se denomina *transformador ideal*.

Este modelo se diferencia de *transformadores reales* suponiendo que el transformador está perfectamente construido y despreciando que se produzcan pérdidas eléctricas o magnéticas en los materiales utilizados para construir el dispositivo.



Transformadores Pregunta 237

- Hacer posible la transmisión y distribución de energía CA.
- Transformar valores de tensión y corriente.
- Funciona según el principio de inducción electromagnética.
- Por lo general, transfiere voltajes de CA de un circuito a otro.



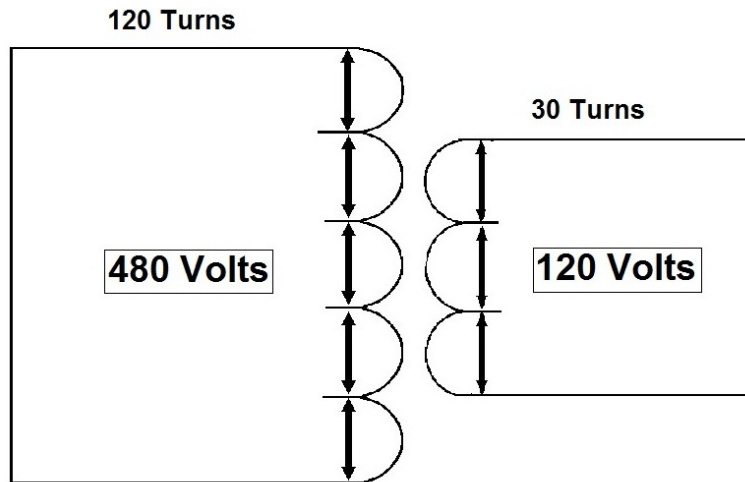
La mayoría de los transformadores están diseñados para subir o bajar el voltaje, aunque algunos se usan solo para aislar un voltaje de otro.

Los transformadores funcionan porque la corriente eléctrica genera un campo magnético alrededor de su conductor. Si el flujo de corriente es estable, como en CC, el campo magnético es constante. Pero en CA, a medida que la corriente cambia de dirección, el campo magnético continúa expandiéndose y colapsándose.

Los transformadores constan de un devanado primario o bobina conectada al circuito fuente y un devanado secundario conectado al circuito de carga. Cuando la CA fluye a través del primario, su campo magnético colapsado y expandido induce un voltaje y una corriente en el secundario a medida que las líneas de fuerza siguen cortando los devanados de la bobina secundaria.

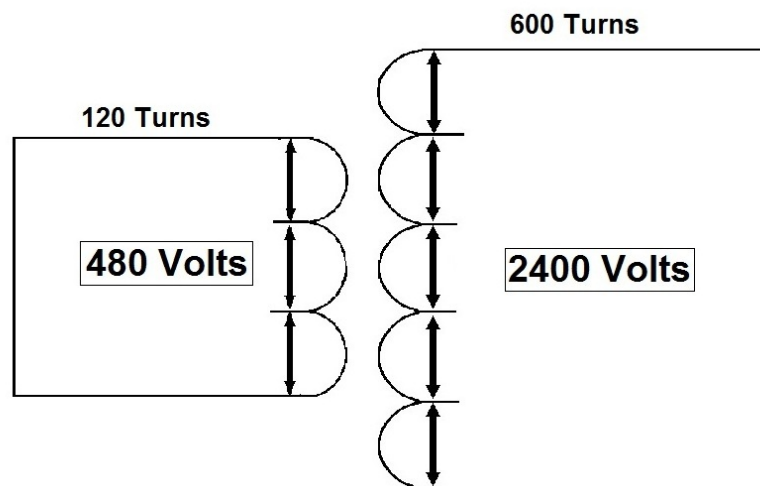
Cada vuelta de cable en la bobina primaria tiene una parte igual en el voltaje primario a través de ella.

Se induce el mismo voltaje en cada vuelta de la bobina secundaria. Entonces, si cada vuelta en la bobina primaria tiene 4 voltios, cada vuelta en la secundaria también tendrá 4 voltios.



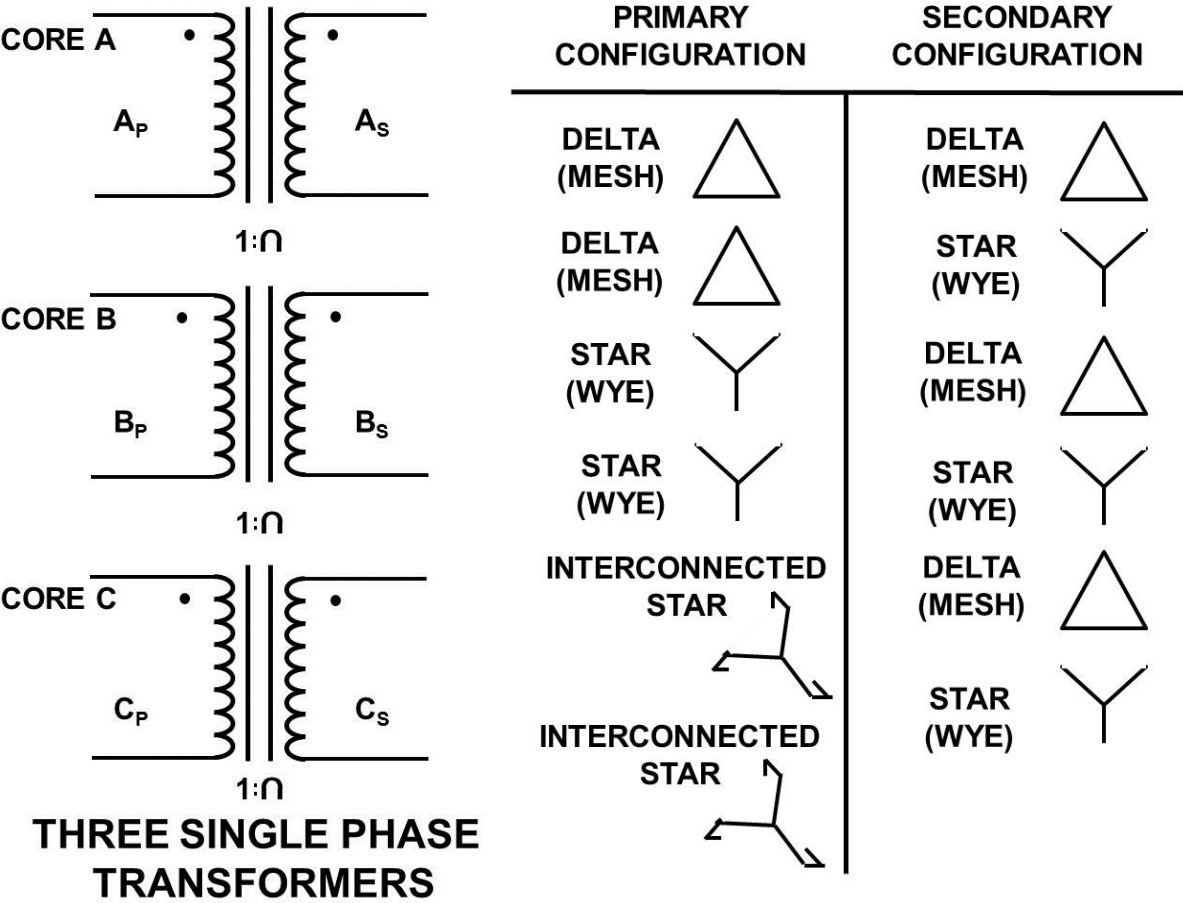
Transformadores reductores

Si hay menos vueltas en el secundario, el voltaje secundario será menor que el primario.

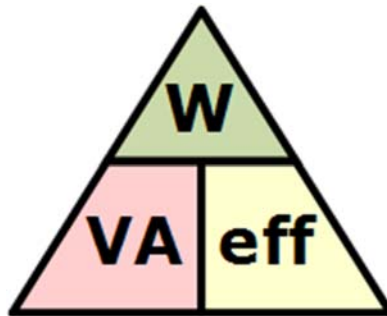


Transformadores elevadores

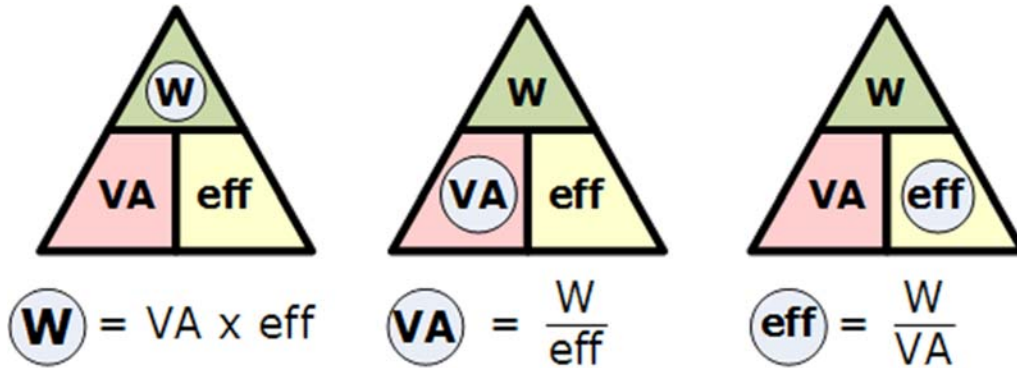
Si hay más vueltas en la bobina secundaria que en la primaria, el voltaje será mayor en el circuito secundario.



Triángulo de eficiencia del transformador



y la transposición de las cantidades triangulares anteriores nos da las siguientes combinaciones de la misma ecuación:



Entonces, para encontrar Watts (salida) = $VA \times \text{eff}$., o para encontrar VA (entrada) = W/eff ., o para encontrar Eficiencia, $\text{eff.} = W/VA$, etc.

Cálculo de voltaje

La relación entre el número de vueltas en el secundario y el primario se llama relación de vueltas. Esta fórmula le permite calcular el voltaje secundario cuando conoce el voltaje primario y la relación de vueltas.

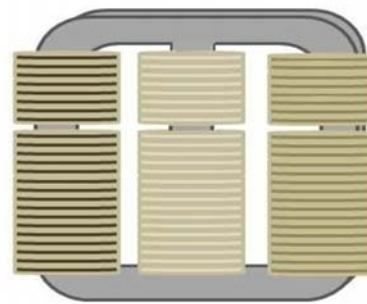
$$V_s = V_p \times \frac{\text{secondary turns}}{\text{primary turns}}$$

Para nuestro transformador elevador

$$V_s = 480v \times \frac{600}{120} \text{ or simplify } \frac{5}{1}$$

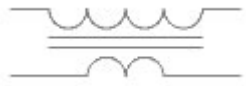
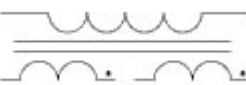
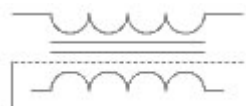
$$V_s = 480v \times 5$$

$$V_s = 2400 v$$



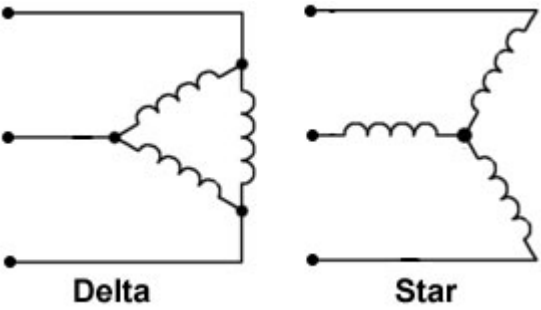
THREE PHASE TRANSFORMER

Símbolos de circuito

	Dos devanados y un núcleo de hierro, elevadores o reductores como devanados son proporciones diferentes.
	Transformador con dos devanados y núcleo de hierro.
	Transformador con tres devanados, dos devanados secundarios.
	Transformador con pantalla de tierra.

Símbolos de circuitos trifásicos

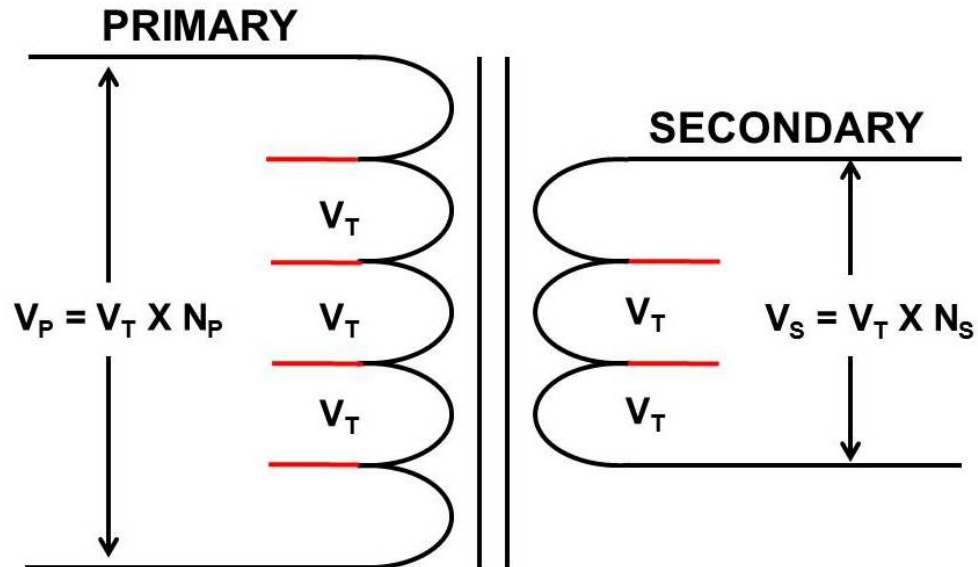
Los tres devanados primarios están conectados entre sí y los tres devanados secundarios están juntos. Esto también se conoce a veces como un transformador polifásico.



Las conexiones más comunes son YA, AY, AA e YY.

Hay muchas configuraciones posibles que pueden implicar más o menos de seis devanados y varias conexiones de derivaciones.

La conexión de transformadores requiere saber cómo calcular el voltaje, la corriente y la potencia.



N = number of turns in winding

El voltaje a través del primario será el voltaje en cada vuelta multiplicado por el número de vueltas. El voltaje a través del secundario será el voltaje en cada vuelta multiplicado por el número de vueltas en el secundario.

La relación entre el voltaje en un devanado y el voltaje en el otro devanado es la misma que la relación de vueltas entre los devanados:

La relación de vueltas de un transformador a menudo se especifica como el número de vueltas en el secundario dividido por el número de vueltas en el primario.

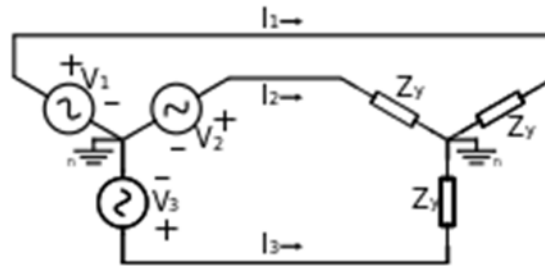
$$\frac{V_S}{V_L} = \frac{T_S}{T_P} = \text{TURNS RATIO}$$

1) Si se conocen la relación de vueltas y el voltaje primario, la tensión secundaria es simplemente la tensión primaria multiplicada por la relación de vueltas.

2) Sin embargo, la corriente secundaria es la corriente primaria dividida por la relación de vueltas.

3) Los transformadores generalmente se clasifican en KVA (kilovoltios amperios). La corriente multiplicada por el voltaje entregado a una carga es casi igual a la corriente multiplicada por el voltaje en el primario, aunque hay alguna pérdida en forma de calor.

Y



Generador de CA trifásico conectado como fuente en estrella a una carga conectada en estrella.

Para el caso de estrella, todas las cargas ven sus respectivos voltajes de línea, y así:

$$I_1 = \frac{V_1}{|Z_{total}|} \angle(-\theta)$$

$$I_2 = \frac{V_2}{|Z_{total}|} \angle(-120^\circ - \theta)$$

$$I_3 = \frac{V_3}{|Z_{total}|} \angle(120^\circ - \theta)$$

donde Z_{total} es la suma de las impedancias de línea y carga ($Z_{total} = Z_{LN} + Z_Y$), y θ es la fase de la impedancia total (Z_{total}).

La diferencia del ángulo de fase entre la tensión y la corriente de cada fase no es necesariamente 0 y depende del tipo de impedancia de carga, Z_Y . Las cargas inductivas y capacitivas harán que la corriente se retrase o se adelante con respecto al voltaje. Sin embargo, el ángulo de fase relativo entre cada par de líneas (1 a 2, 2 a 3 y 3 a 1) seguirá siendo de -120 grados.

Al aplicar la ley de corriente de Kirchhoff (KCL) en el nodo neutro, las corrientes trifásicas se suman a la corriente total en la línea neutra. En el caso balanceado:

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_n = 0$$

Delta

En el circuito delta, las cargas están conectadas a través de las líneas y, por lo tanto, las cargas ven voltajes de línea a línea:

$$\begin{aligned} V_{12} &= V_1 - V_2 = (V_{LN} \angle 0^\circ) - (V_{LN} \angle -120^\circ) \\ &= \sqrt{3} V_{LN} \angle 30^\circ = \sqrt{3} V_1 \angle (\text{phase}_{V_1} + 30^\circ) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{23} &= V_2 - V_3 = (V_{LN} \angle -120^\circ) - (V_{LN} \angle 120^\circ) \\ &= \sqrt{3} V_{LN} \angle -90^\circ = \sqrt{3} V_2 \angle (\text{phase}_{V_2} + 30^\circ) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{31} &= V_3 - V_1 = (V_{LN} \angle 120^\circ) - (V_{LN} \angle 0^\circ) \\ &= \sqrt{3} V_{LN} \angle 150^\circ = \sqrt{3} V_3 \angle (\text{phase}_{V_3} + 30^\circ) \end{aligned}$$

Más:

$$\begin{aligned} I_{12} &= \frac{V_{12}}{|Z_\Delta|} \angle (30^\circ - \theta) \\ I_{23} &= \frac{V_{23}}{|Z_\Delta|} \angle (-90^\circ - \theta) \\ I_{31} &= \frac{V_{31}}{|Z_\Delta|} \angle (150^\circ - \theta) \end{aligned}$$

donde θ es la fase de la impedancia delta (Z_Δ).

Los ángulos relativos se conservan, por lo que I_{12} se retrasa 30° y I_{23} se retrasa 90° por 120 grados. El cálculo de las corrientes de línea mediante el uso de KCL en cada nodo delta da:

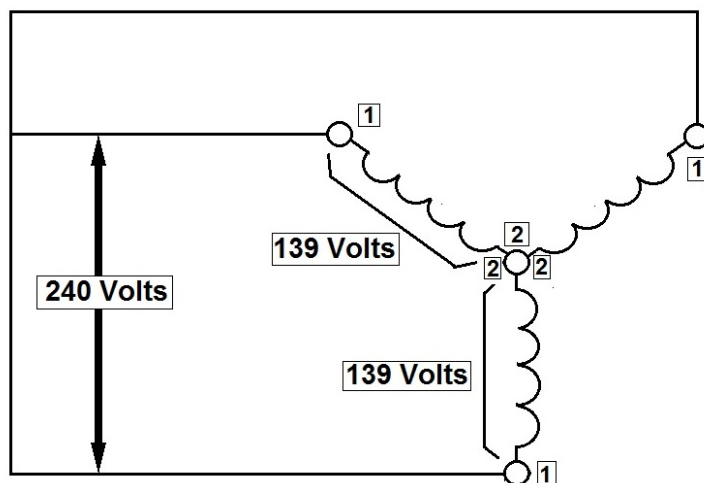
$$\begin{aligned} I_1 &= I_{12} - I_{31} = I_{12} - I_{12} \angle 120^\circ \\ &= \sqrt{3} I_{12} \angle (\text{phase}_{I_{12}} - 30^\circ) = \sqrt{3} I_{12} \angle (-\theta) \end{aligned}$$

Y de manera similar para cada otra línea:

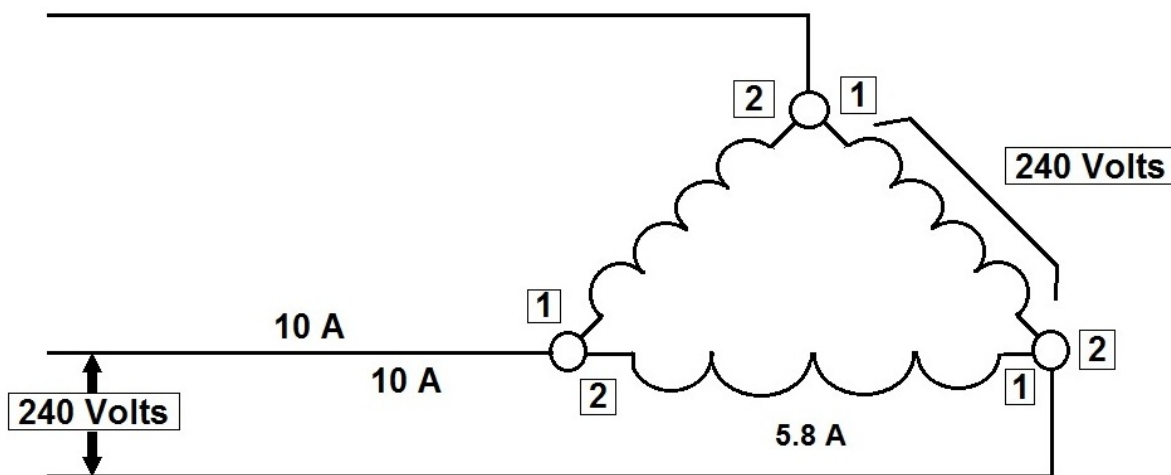
$$\begin{aligned} I_2 &= \sqrt{3} I_{23} \angle (\text{phase}_{I_{23}} - 30^\circ) = \sqrt{3} I_{23} \angle (-120^\circ - \theta) \\ I_3 &= \sqrt{3} I_{31} \angle (\text{phase}_{I_{31}} - 30^\circ) = \sqrt{3} I_{31} \angle (120^\circ - \theta) \end{aligned}$$

otra vez, θ es la fase de la impedancia delta (Z_Δ).

Estrellas y triángulos trifásicos



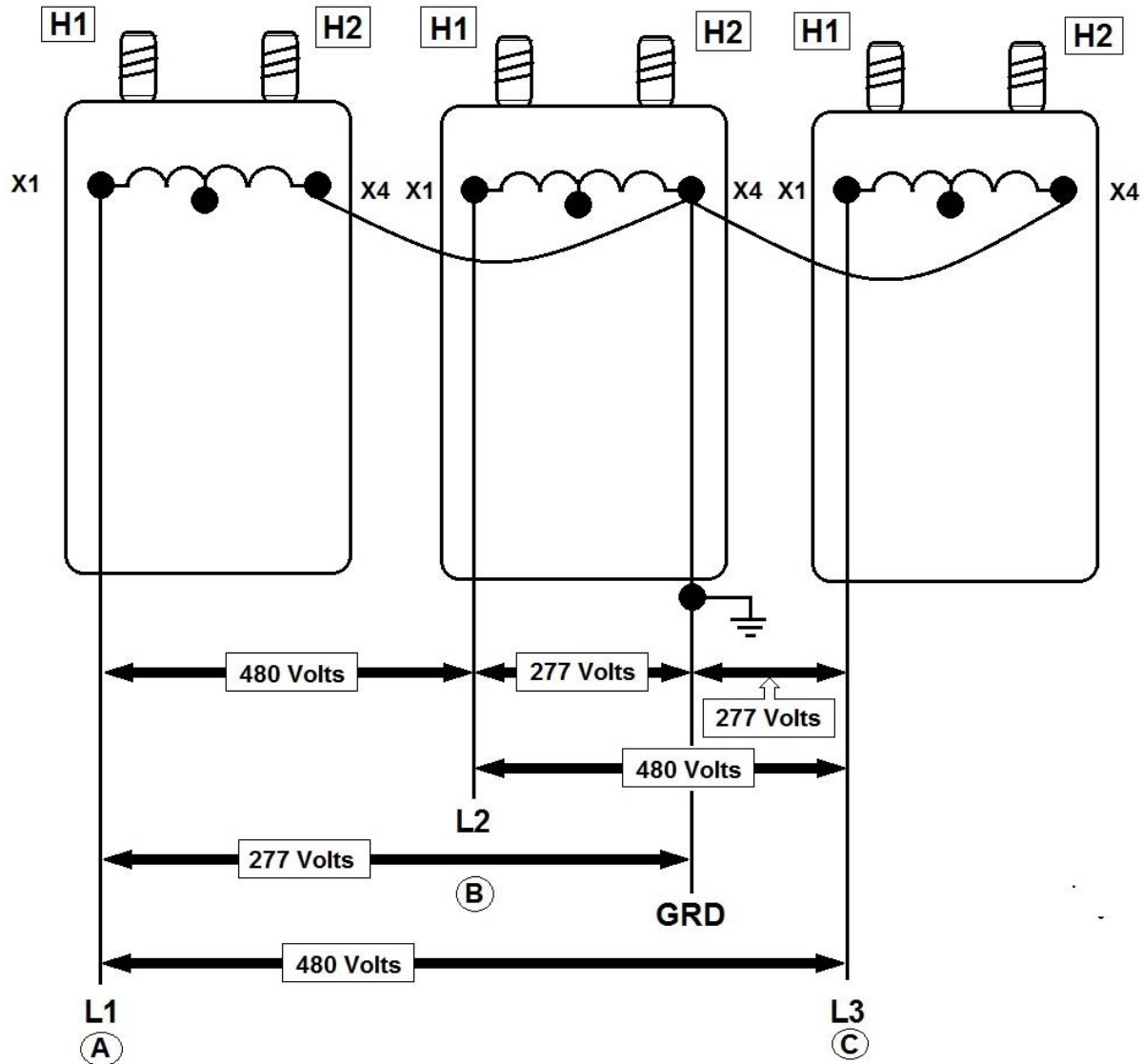
Los voltajes trifásicos se pueden generar y transformar como Wye o Delta. Wye y Delta se refieren a las conexiones entre los devanados monofásicos que se conectan para crear voltajes trifásicos. Observe la polaridad de cada devanado en los puntos de conexión. En una estrella, todos los extremos o 2 están conectados entre sí, mientras que los comienzos o 1 están conectados a la fuente de alimentación trifásica, L1, L2 y L3. En un delta, el final (2) de un devanado está conectado al comienzo (1) de otro devanado. La energía trifásica está conectada a cada uno de estos 1,2 puntos de unión.



Cada sistema, Wye y Delta, tiene un propósito útil. El flujo de voltaje afecta a cada sistema. diferente debido a la polaridad y la relación física de cada devanado con otro.

En un sistema Wye, el voltaje de fase a fase es 1,73 veces mayor que el voltaje de fase a tierra.

El 1,73 se deriva de la raíz cuadrada de tres. Esto explica la relación de los tres voltajes monofásicos diferentes. En un sistema Delta, la corriente de fase a fase es 1,73 veces mayor que la corriente en cada fase o devanado individual.



El sistema Wye es bastante popular para edificios comerciales e industriales nuevos y más grandes.

Los sistemas Wye siempre deben estar conectados a tierra para estabilizar los niveles de voltaje. 480 voltios es uno de los mejores voltajes para operar motores trifásicos. 277 voltios es uno de los mejores voltajes para operar iluminación de descarga de alta intensidad. Un sistema Wye puede entregar ambos voltajes. Fase a fase el voltaje es 480. Fase a tierra el voltaje es 277.

Para que cualquier sistema trifásico funcione de manera eficiente, las cargas monofásicas deben estar equilibradas.

La corriente entregada en la Fase A debe ser igual a la corriente entregada en la Fase B.

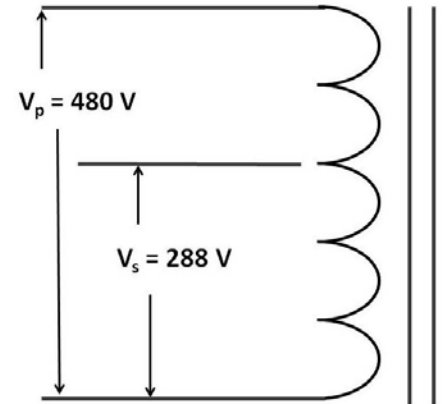
La corriente entregada en la Fase B debe ser igual a la corriente entregada en la Fase C.

Por supuesto, ningún sistema estará perfectamente equilibrado debido a la variación de las cargas monofásicas. Sin embargo, el objetivo es equilibrar las cargas lo más cerca posible.

Autotransformadores

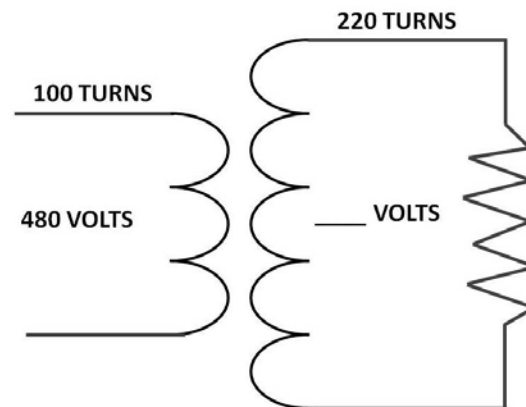
La mayoría de los transformadores tienen bobinas primarias y secundarias que están aisladas entre sí. Sin embargo, en los autotransformadores, el primario y el secundario comparten un devanado común.

- La parte del devanado conectada a la fuente es el devanado primario.
- La parte del devanado conectada a la carga es el devanado secundario.
- El devanado se puede derivar en cualquier punto para formar la parte primaria o secundaria del devanado.
- La ubicación de la derivación determina el número de vueltas en los devanados primario o secundario.

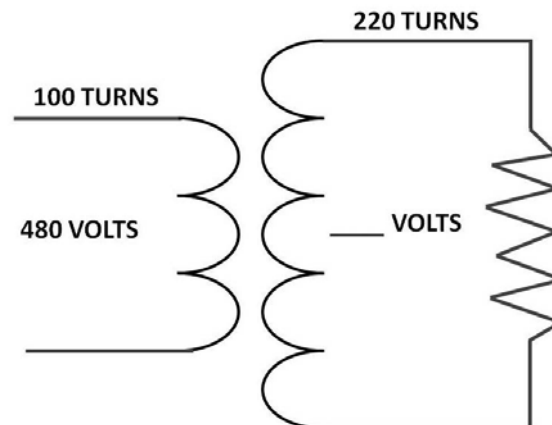


Ejercicio práctico

- (a) ¿Es este un transformador elevador o reductor?
 (b) ¿Cuál es el voltaje en el secundario?



- (a) ¿Cuál es el voltaje a través del secundario de 220 vueltas?
 (b) ¿Cuál es el voltaje por vuelta en el secundario?
 (c) Si la carga es de 100 ohmios, ¿cuál es la corriente en el lado secundario del transformador?



Energía a través de un transformador

Los transformadores son muy eficientes. La potencia de salida del secundario es casi la misma que la potencia que la fuente pone en el primario.

$$P_s = P_p$$

Dado que la potencia es igual a la corriente por el voltaje, la corriente secundaria x. tensión secundaria = corriente primaria x tensión primaria.

$$I_s V_s = I_p V_p$$

Esto significa que a medida que el voltaje aumenta o disminuye en el secundario, la corriente cambia en la dirección opuesta.

Si se reduce el voltaje, la corriente debe aumentar.

$$I_s V_s = I_p V_p$$

$$100 \text{ amperios} \times 600 \text{ voltios} = 20 \text{ amperios} \times 3000 \text{ voltios}$$

Pérdida de línea Pregunta 253

Los transformadores son esenciales para transmitir energía de manera eficiente. Siempre que se envía energía a través de líneas de transmisión, la resistencia de las líneas da como resultado una pérdida de energía en forma de calor. La fórmula para la pérdida de energía: muestra el gran efecto que tiene el nivel de corriente en la pérdida de energía.

$$P = I^2 R$$

Las pérdidas de línea se pueden reducir enormemente al reducir la corriente. En la estación generadora se utilizan transformadores elevadores para elevar el voltaje a niveles extremadamente altos, a veces más de 100.000 voltios. La corriente se vuelve baja y las pérdidas de línea se reducen al mínimo.

En las subestaciones y caídas de servicio, los transformadores reductores invierten el proceso y reducen el voltaje a niveles utilizables.

Sistema Polifásico

Un **sistema polifásico** es un medio de distribución de energía eléctrica de corriente alterna. Los sistemas polifásicos tienen tres o más conductores eléctricos energizados que transportan corrientes alternas con un desplazamiento de tiempo definido entre las ondas de voltaje en cada conductor. Los sistemas polifásicos son particularmente útiles para transmitir potencia a motores eléctricos.

El ejemplo más común es el sistema de energía trifásico utilizado para aplicaciones industriales y para la transmisión de energía. La ventaja más obvia de la transmisión de energía trifásica con tres cables, en comparación con la transmisión de energía monofásica con dos cables, es que la energía transmitida en el sistema trifásico es el voltaje multiplicado por la corriente en cada cable por el cuadrado raíz de tres (aproximadamente 1,73). La potencia transmitida por el sistema monofásico es simplemente el voltaje multiplicado por la corriente. Así, el sistema trifásico transmite un 73 % más de potencia pero utiliza sólo un 50 % más de cable.

Etapas

En los primeros días de la energía eléctrica comercial, algunas instalaciones usaban sistemas bifásicos de cuatro hilos para motores. La principal ventaja de estos era que la configuración del devanado era la misma que la de un motor de arranque por condensador monofásico y, mediante el uso de un sistema de cuatro hilos, las fases eran conceptualmente independientes y fáciles de analizar con las herramientas matemáticas disponibles en ese momento.

Los sistemas bifásicos también se pueden implementar utilizando tres cables (dos "calientes" más un neutro común). Sin embargo, esto introduce asimetría; la caída de tensión en el neutro hace que las fases no estén separadas exactamente 90 grados.

Los sistemas bifásicos han sido reemplazados por sistemas trifásicos. Un suministro bifásico con 90 grados entre fases se puede derivar de un sistema trifásico utilizando un transformador conectado a Scott.

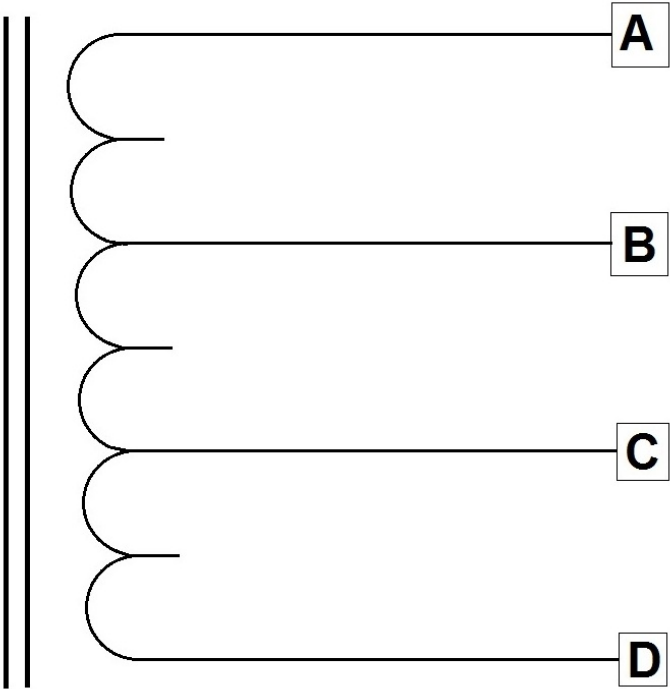
Un sistema polifásico debe proporcionar una dirección definida de rotación de fase, por lo que los voltajes de imagen especular no cuentan para el orden de fase. Un sistema de 3 hilos con conductores bifásicos separados 180 grados sigue siendo solo monofásico. Dichos sistemas a veces se describen como de fase dividida.

motores

La energía polifásica es particularmente útil en motores de CA, como el motor de inducción, donde genera un campo magnético giratorio. Cuando un suministro de tres o más fases completa un ciclo completo, el campo magnético de un motor de dos polos por fase ha girado 360° en el espacio físico; los motores con más de dos polos por fase requieren más ciclos de suministro de energía para completar una revolución física del campo magnético, por lo que estos motores funcionan más lentamente. Los motores de inducción que utilizan un campo magnético giratorio fueron inventados de forma independiente por Galileo Ferraris y Nikola Tesla (1885 - 1887) y desarrollados en forma trifásica por Mikhail Dolivo-Dobrovolsky en 1889.

Anteriormente todos los motores comerciales eran de corriente continua, con conmutadores costosos, escobillas de alto mantenimiento y características no aptas para operar en una red de corriente alterna. Los motores polifásicos son fáciles de construir, arrancan automáticamente y tienen poca vibración en comparación con los motores monofásicos.

Ejercicio práctico

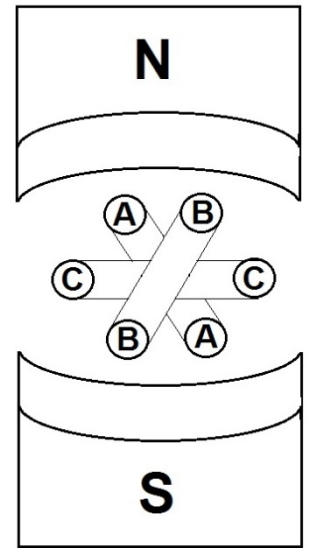
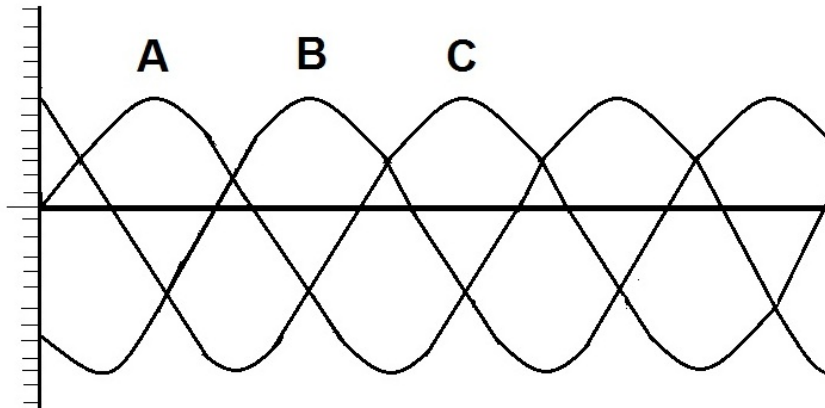


El autotransformador que se muestra arriba tiene dos tomas, igualmente espaciadas en el devanado. ¿En qué puntos se deben realizar las conexiones primarias y secundarias para:

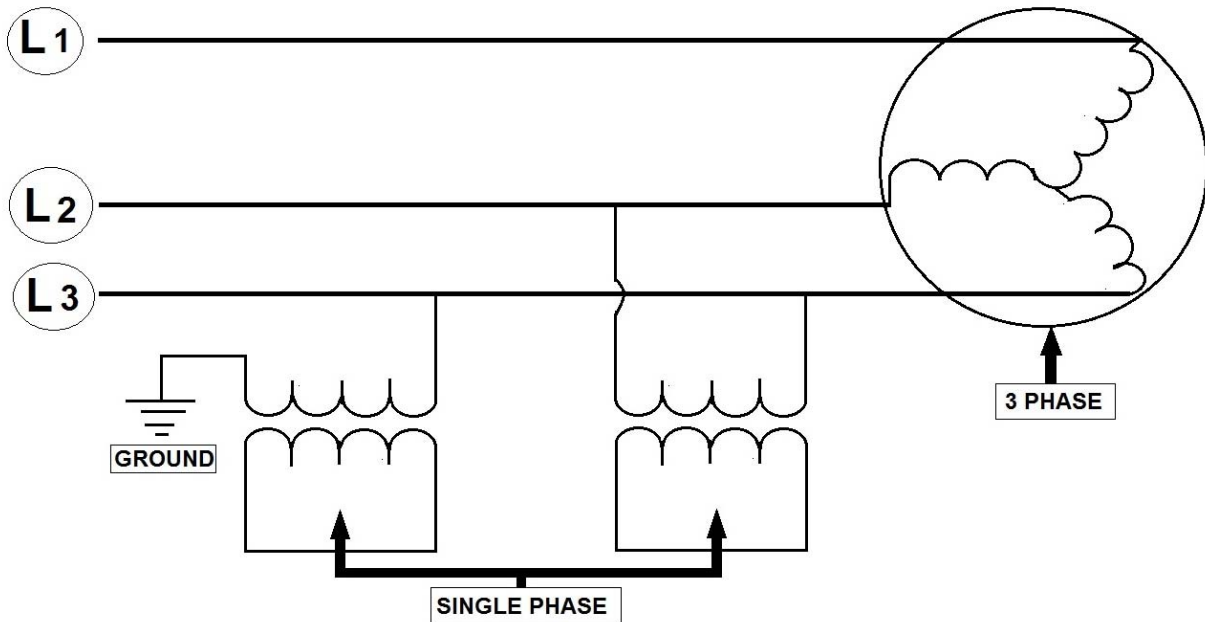
	Primario	Secundario
1. paso 240 voltios hasta 480 voltios.	_____	_____
2. paso 240 voltios a 160 voltios.	_____	_____
3. proporcione 30 amperios de salida con 10 amperios de entrada.	_____	_____

Energía trifásica

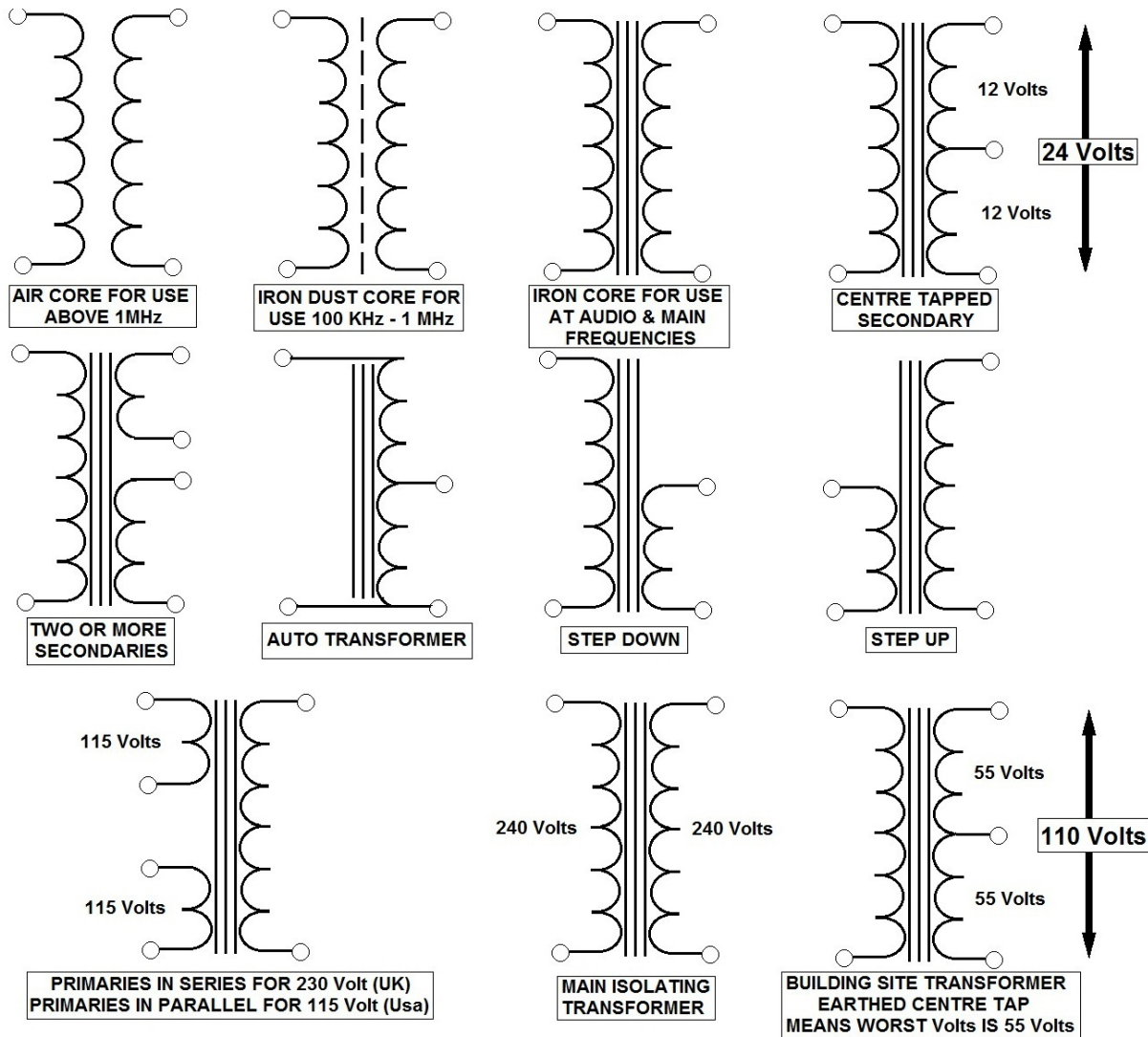
La mayor parte de la energía se distribuye en forma de CA trifásica. Básicamente, en lugar de una sola bobina girando en un generador, hay tres bobinas, separadas 120 grados.



A medida que las bobinas giran a través del campo magnético, se envía energía a través de tres líneas. Se generan tres ondas sinusoidales de corriente y tensión, desfasadas 120 grados entre sí. Cada onda sinusoidal representa la corriente o el voltaje en una de las fases.



La electricidad trifásica alimenta grandes cargas industriales de manera más eficiente que la electricidad monofásica. Cuando se necesita electricidad monofásica, está disponible entre dos fases o, en algunos sistemas, entre una de las fases y tierra.



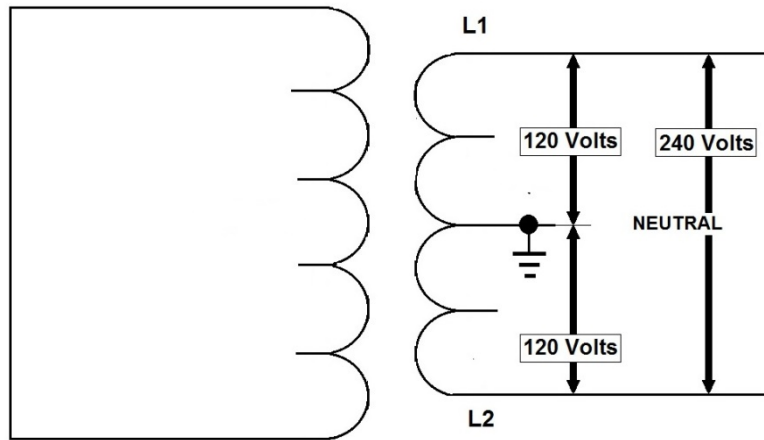
TYPES OF TRANSFORMERS

Orden de fase superior

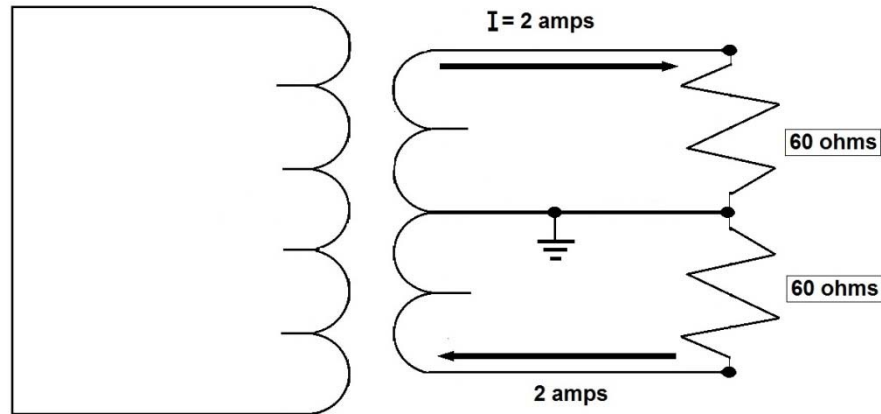
Se han utilizado números de fase superiores a tres. Una práctica común para las instalaciones de rectificadores y en los convertidores HVDC es proporcionar seis fases, con un espaciado de fase de 60 grados, para reducir la generación de armónicos en el sistema de suministro de CA y proporcionar una corriente continua más uniforme.

Se han construido líneas experimentales de transmisión de alto orden de fase con hasta 12 fases. Estos permiten la aplicación de reglas de diseño de voltaje extra alto (EHV) a voltajes más bajos y permitirían una mayor transferencia de energía en el mismo ancho de corredor de línea de transmisión.

El sistema Edison



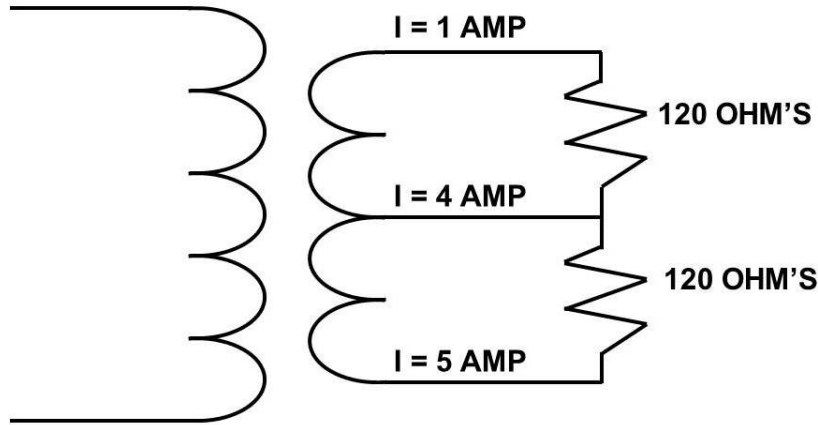
La mayoría de las CA monofásicas se suministran desde un SISTEMA EDISON 3 hilos. Hay dos conductores calientes y un conductor neutro conectado a tierra. En un sistema de 120/240 voltios, el voltaje entre cada cable vivo y el neutro es de 120 voltios. El voltaje entre los dos cables calientes es de 240 voltios. En un sistema de 240/480 voltios, los voltajes disponibles son 240 voltios y 480 voltios.



Una de las principales ventajas del sistema Edison es que el voltaje completo de línea a línea está disponible para aparatos y equipos que consumen mucha energía, pero el voltaje a tierra es solo la mitad del voltaje de línea a línea. Cuanto menor sea el voltaje a tierra en cualquier sistema eléctrico, es menos probable que haya cortocircuitos, incendios y descargas eléctricas.

Cargas equilibradas y desequilibradas en el sistema Edison

Cuando las cargas están balanceadas, es decir, cuando tienen la misma resistencia, la misma corriente fluye en cada alambre caliente. Pero en cualquier instante las corrientes en los cables calientes fluyen en dirección opuesta. Entonces, la corriente que fluye a través de una carga continúa a través de la otra, y no fluye corriente en el neutro.



Cuando las cargas no están balanceadas, la resistencia de una es mayor que la otra, la corriente fluye en el neutro. El neutro lleva la diferencia entre la corriente en la primera carga y la corriente en la segunda carga.

puesta a tierra del sistema

La mayoría de los sistemas de suministro eléctrico, tanto de CA como de CC, están conectados a tierra en algún punto como medida de seguridad. "Puesta a tierra" o "puesta a tierra" significa conectar algo con un conductor eléctrico a tierra.

Todos los conductores o piezas metálicas (conductos, barras colectoras de tierra, envolventes de equipos, cajas de empalmes, bastidores de máquinas) que están conectados a tierra en algún punto tienen tensión cero con respecto a tierra. No hay posibilidad de que fluya corriente entre ellos y cualquier cosa que los toque. No pueden proporcionar choques.

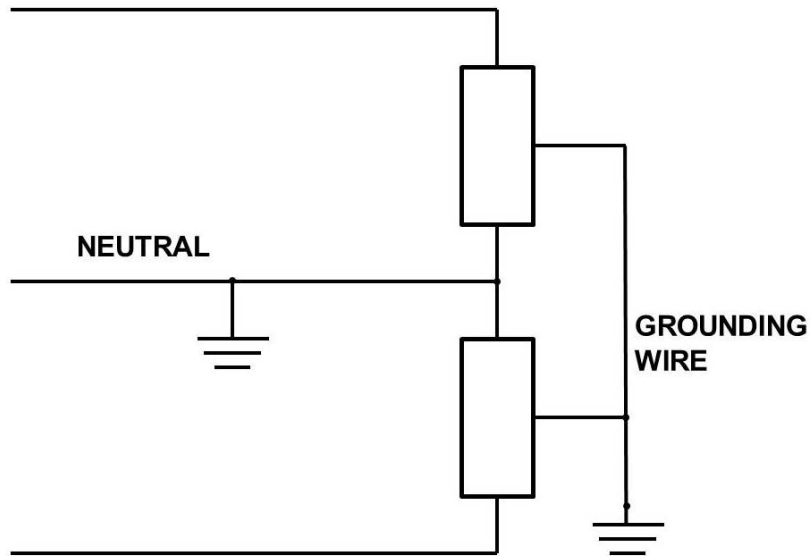
En los sistemas puestos a tierra, las fallas de aislamiento o los cortocircuitos a tierra en los conductores calientes llevarán alta corriente y quemarán los fusibles o los interruptores automáticos. Así es como se supone que funciona el sistema.

Sin embargo, si se interrumpe la conexión a tierra, es posible que una falla de aislamiento o un cortocircuito a tierra en un conductor caliente no abra un fusible o disyuntor, ni afecte la operación del sistema en absoluto.

Pero el voltaje en todos los conductores y partes que se supone que deben estar conectados a tierra aumentará hasta el voltaje total del sistema, ¡una situación muy peligrosa! En efecto, el corto a tierra en los conductores activos ha puesto a tierra el sistema allí, y ha invertido las partes activas y supuestamente conectadas a tierra. Por lo tanto, es importante que todos los conductores y piezas que se supone que deben estar conectados a tierra estén conectados a tierra sin resistencia.

También es importante reconocer la diferencia entre un conductor puesto a tierra y un cable de puesta a tierra.

Un conductor puesto a tierra es cualquier conductor que está puesto a tierra en la fuente y transporta corriente de carga.



Por ejemplo, el neutro en un sistema Edison de 3 hilos es un conductor conectado a tierra, porque normalmente se espera que transporte corriente de carga siempre que las cargas estén desequilibradas. Normalmente no debe usarse para conectar a tierra piezas o equipos. Si se desarrollara resistencia en sus conexiones, cualquier cosa conectada a tierra por él tendría voltaje.

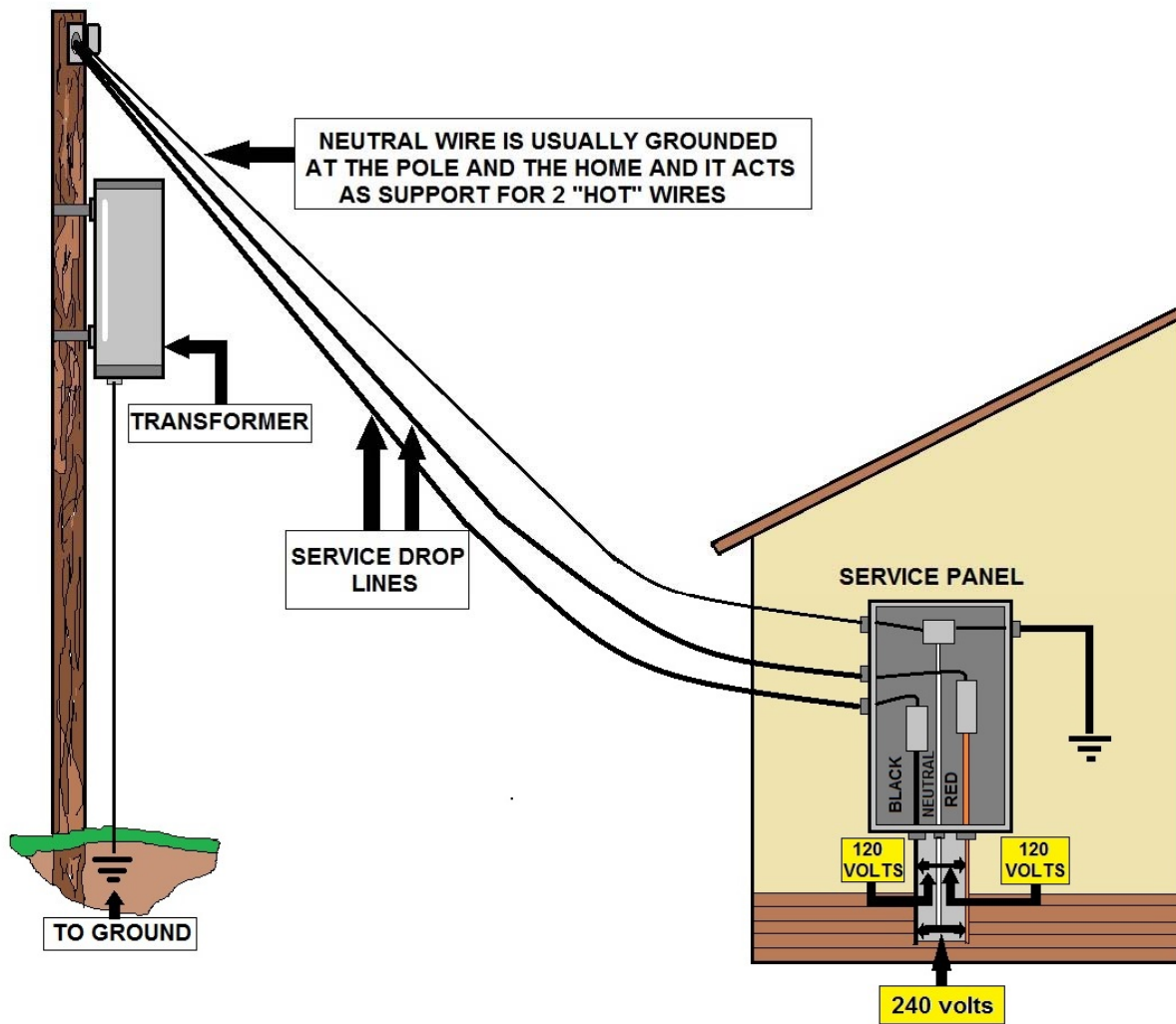
Los conductores puestos a tierra suelen estar aislados, ya que existe la posibilidad de tensión sobre ellos en caso de una mala conexión.

Un cable de conexión a tierra, por otro lado, conecta las partes metálicas del equipo que no conducen corriente a tierra. Tendrá corriente en él solo cuando ocurra una falla, y luego solo brevemente hasta que se funda un fusible o se dispare el interruptor. Por lo general, no está dimensionado para transportar corriente de carga completa. No conecte cargas entre un conductor caliente y un cable de puesta a tierra. Los cables de puesta a tierra a menudo no están aislados.

A menudo, las piezas metálicas se conectan a tierra a través del conducto, las bandejas de cables, los conductos de barras o los marcos metálicos del equipo, y es posible que no haya un cable de conexión a tierra del equipo por separado. La conexión a tierra a menudo se encuentra en una tubería de agua o en un marco de construcción de acero. Algunas instalaciones incluyen una varilla de puesta a tierra clavada en la tierra. Ni un cable de conexión a tierra ni un conductor puesto a tierra deben fusionarse, cambiarse o romperse de ninguna manera. La conexión a tierra debe ser segura y permanente.

Codificación de color

- El cable de retorno a tierra NEUTRO siempre es BLANCO o GRIS.
- Los cables VIVOS suelen ser NEGROS o ROJOS.
- El cable de PUESTA A TIERRA, si se utiliza, es VERDE o no está aislado.



BASIC HOME ELECTRICITY (120/240 volts)

Principios básicos del transformador

Un transformador simple consta de dos conductores eléctricos llamados **devanado primario** y **devanado secundario**, y un núcleo de acero que los une magnéticamente.

Estos dos devanados se pueden considerar como un par de bobinas acopladas entre sí. La energía se acopla entre los devanados por el campo magnético que une los devanados primario y secundario.

Transformador ideal

Los supuestos para caracterizar el transformador ideal son:

- Los devanados del transformador no tienen resistencia. Por lo tanto, no hay pérdida de cobre en el devanado y, por lo tanto, no hay caída de voltaje.
- El flujo está confinado dentro del núcleo magnético. Por lo tanto, es el mismo flujo el que une los devanados de entrada y salida.
- La permeabilidad del núcleo es infinitamente alta, lo que implica que la mmf neta (amperios-vueltas) debe ser cero (de lo contrario, habría un flujo infinito), por lo tanto, $y_{OPAG} - Y_{OSnortes} = 0$.
- El núcleo del transformador no sufre histéresis magnética ni corrientes de Foucault, que provocan pérdidas inductivas.

Si el devanado secundario de un transformador ideal no tiene carga, no fluye corriente en el devanado primario.

El diagrama de circuito (derecha) muestra las convenciones utilizadas para un transformador ideal, es decir, sin pérdidas y perfectamente acoplado, que tiene devanados primario y secundario con N_{PAG} y $N_{svueltas}$, respectivamente.

El transformador ideal induce voltaje secundario. Como una proporción de la tensión primaria V_{PAG} y vueltas de bobinado respectivas dadas por la ecuación

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} = a,$$

donde,

a es el devanado relación de vueltas, siendo el valor de estas relaciones respectivamente superior e inferior a la unidad para transformadores reductores y elevadores,

V_{PAG} designa el voltaje impreso de la fuente, V_S designa el voltaje de salida, y,

Según este formalismo, cuando el número de vueltas en la bobina primaria es mayor que el número de vueltas en la bobina secundaria, la tensión secundaria es menor que la tensión primaria. Por otro lado, cuando el número de vueltas en la bobina primaria es menor que el número de vueltas en la secundaria, el voltaje secundario es mayor que el voltaje primario.

Cualquier impedancia de carga Z_L conectado al devanado secundario del transformador ideal permite que la energía fluya sin pérdidas desde los circuitos primarios a los secundarios. La potencia aparente de entrada y salida resultante es igual a la dada por la ecuación

$$I_P V_P = I_S V_S.$$

La combinación de las dos ecuaciones produce la siguiente identidad de transformador ideal

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{I_S}{I_P} = a.$$

Esta fórmula es una aproximación razonable para el transformador comercial típico, con la relación de tensión y la relación de espiras del devanado inversamente proporcionales a la relación de corriente correspondiente.

La impedancia de carga Z_L y voltaje secundario V_S determinar la corriente secundaria I_S como sigue

$$I_S = \frac{V_S}{Z_L}.$$

La impedancia aparente Z'_L de esta carga del circuito secundario *referido* al circuito de devanado primario se rige por una relación de factor de multiplicación de relación de vueltas al cuadrado derivada de la siguiente manera

$$Z'_L = \frac{V_P}{I_P} = \frac{aV_S}{I_S/a} = a^2 \frac{V_S}{I_S} = a^2 Z_L.$$

Para un transformador ideal, la potencia suministrada al primario y la potencia disipada por la carga son iguales. Si $Z_L = R_L$ donde R_L es una resistencia pura entonces la potencia viene dada por:

$$P = \frac{V_S^2}{R_L} = \frac{V_P^2}{a^2 R_L}$$

La corriente primaria viene dada por la siguiente ecuación:

$$I_P = \frac{V_P}{a^2 Z_L}$$

Ley de inducción

Una corriente eléctrica variable que pasa a través de la bobina primaria crea un campo magnético variable alrededor de la bobina que induce un voltaje en el devanado secundario. Los devanados primario y secundario están envueltos alrededor de un núcleo de permeabilidad magnética muy alta, generalmente de hierro, de modo que la mayor parte del flujo magnético pasa a través de las bobinas primaria y secundaria. La corriente a través de una carga conectada al devanado secundario y el voltaje a través de ella están en las direcciones indicadas en la figura.

Transformador ideal y ley de inducción.

El voltaje inducido a través de la bobina secundaria se puede calcular a partir de la ley de inducción de Faraday, que establece que:

$$V_S = N_S \frac{d\Phi}{dt}.$$

donde

V_S es el voltaje instantáneo, N_S es el número de vueltas en la bobina secundaria y $d\Phi/dt$ es la derivada del flujo magnético Φ a través de una vuelta de la bobina. Si las vueltas de la bobina están orientadas perpendicularmente a las líneas del campo magnético, el flujo es el producto de la densidad de flujo magnético B y el área A por donde corta. El área es constante, igual al área de la sección transversal del núcleo del transformador, mientras que el campo magnético varía con el tiempo según la excitación del primario.

Dado que el mismo flujo magnético pasa a través de las bobinas primaria y secundaria en un transformador ideal, el voltaje instantáneo a través del devanado primario es igual a

$$V_P = N_P \frac{d\Phi}{dt}.$$

Tomando la relación de las dos ecuaciones anteriores, se obtiene la misma relación de voltaje y relación de vueltas que se muestra arriba, es decir,

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} = a.$$

El campo magnético cambiante induce una fem en cada devanado. La fem primaria, que actúa en oposición al voltaje primario, a veces se denomina fem contraria. Esto está de acuerdo con la ley de Lenz, que establece que la inducción de fem siempre se opone al desarrollo de cualquier cambio en el campo magnético.

Como aún sin pérdidas y perfectamente acoplado, el transformador aún se comporta como se describe anteriormente en el transformador ideal.

Polaridad

Las relaciones de polaridad instantánea en cada una de las terminales de los devanados de un transformador dependen de la dirección en que los devanados estén enrollados alrededor del núcleo. Los devanados con devanados idénticos producen la misma polaridad de voltaje en los terminales correspondientes. Esta relación generalmente se indica mediante la convención de puntos en los diagramas de circuito del transformador, las placas de identificación y las marcas de terminales, que marcan las terminales que tienen una relación en fase.

Transformador real

El modelo de transformador ideal descuida los siguientes aspectos lineales básicos en transformadores reales. Las pérdidas en el núcleo, denominadas colectivamente pérdidas por corriente de magnetización, consisten en

- Pérdidas por histéresis debidas a la aplicación no lineal de la tensión aplicada en el núcleo del transformador, y
- Pérdidas por corrientes de Foucault debidas al calentamiento en joules en el núcleo que son proporcionales al cuadrado del voltaje aplicado al transformador.

Mientras que los devanados en el modelo ideal no tienen impedancia, los devanados en un transformador real tienen impedancias finitas distintas de cero en la forma de:

- Pérdidas en julios debido a la resistencia en los devanados primario y secundario.
- Flujo de fuga que escapa del núcleo y pasa a través de un solo devanado, lo que da como resultado una impedancia reactiva primaria y secundaria.

Si se aplica un voltaje a través de las terminales primarias de un transformador real mientras el devanado secundario está abierto sin carga, el transformador real debe verse como un inductor simple con una impedancia Z :

$$\begin{aligned} Z_P &= j\omega L_P \\ I_P &= V_P / Z_P. \end{aligned}$$

Transformador delta-estrella

Un **transformador delta-estrella** es un tipo de diseño de transformador de energía eléctrica trifásico que emplea devanados conectados en triángulo en su primario y devanados conectados en estrella/estrella en su secundario. Se puede proporcionar un cable neutro en el lado de salida en estrella. Puede ser un solo transformador trifásico, o construido a partir de tres unidades monofásicas independientes. Un término equivalente es **transformador estrella delta**.

Los transformadores delta-estrella son comunes en ubicaciones comerciales, industriales y residenciales de alta densidad para suministrar sistemas de distribución trifásicos.

Un ejemplo sería un transformador de distribución con un primario en triángulo, funcionando en tres fases de 11 kV sin necesidad de neutro o tierra, y un secundario en estrella (o en estrella) que proporcione un suministro trifásico de 415 V, con el voltaje doméstico de 240 disponible entre cada fase y el punto neutro conectado a tierra.

El devanado delta permite que las corrientes de tercer armónico circulen dentro del transformador y evita que las corrientes de tercer armónico fluyan en la línea de suministro. Los devanados conectados en triángulo no son comunes para voltajes de transmisión más altos (138 kV y más) debido al mayor costo de aislamiento en comparación con una conexión en estrella.

Los transformadores delta-estrella introducen un cambio de fase de 30, 150, 270 o 330 grados. Por lo tanto, no pueden conectarse en paralelo con transformadores estrella-estrella (o triángulo-triángulo). Sin embargo, se pueden conectar en paralelo con configuraciones idénticas y algunas configuraciones diferentes de otros transformadores delta-estrella (o estrella-triángulo con algo de atención).

Clasificaciones de transformadores

Los transformadores se adaptan a numerosas aplicaciones de ingeniería y se pueden clasificar de muchas formas:

- Por nivel de potencia (desde fracción de un VA hasta más de mil MVA),
- Por aplicación (fuente de alimentación, adaptación de impedancia, aislamiento de circuito),
- Por rango de frecuencia (potencia, audio, RF)
- Por clase de tensión (de unos pocos voltios a unos 750 kilovoltios)
- Por tipo de enfriamiento (refrigerado por aire, lleno de aceite, enfriado por ventilador, enfriado por agua, etc.)
- Por propósito (rectificador, horno de arco, salida de amplificador, etc.)
- Por relación del número de vueltas en las bobinas -
 - o **Aumentar**
 - o **Reducir**
 - o **aislar**
 - o **Variable**

Cargas Monofásicas

Las cargas monofásicas se pueden conectar a través de dos fases, o una carga se puede conectar de fase a neutro. La distribución de cargas monofásicas entre las fases de un sistema trifásico equilibra la carga y hace que el uso de conductores y transformadores sea más económico.

En un sistema en estrella trifásico simétrico de cuatro hilos, los conductores trifásicos tienen el mismo voltaje que el neutro del sistema.

La tensión entre los conductores de línea es $\sqrt{3}$ veces la tensión entre el conductor de fase y el neutro.

$$V_{LL} = \sqrt{3} V_{LN}$$

Todas las corrientes que regresan de las instalaciones de los clientes al transformador de suministro comparten el cable neutro. Si las cargas se distribuyen uniformemente en las tres fases, la suma de las corrientes de retorno en el cable neutro es aproximadamente cero. Cualquier carga de fase desequilibrada en el lado secundario del transformador utilizará la capacidad del transformador de manera ineficiente.

Si se interrumpe el suministro neutro, ya no se mantiene el voltaje de fase a neutro. Las fases con una carga relativa más alta experimentarán un voltaje reducido y las fases con una carga relativa más baja experimentarán un voltaje elevado, hasta el voltaje de fase a fase.

Un delta de tramo alto proporciona una relación de fase a neutro de $V_{LL} = 2 V_{LN}$, sin embargo, la carga LN se impone en una fase.

La página de un fabricante de transformadores sugiere que la carga de LN no exceda el 5% de la capacidad del transformador.

$\sqrt{3} \approx 1.73$, entonces si V_{LN} se definió como 100%, V_{LL} sería $\approx 100\% \times 1.73 = 173\%$. Si V_{LL} se estableció como 100%, entonces $V_{LN} \approx 57.7\%$

Cargas desequilibradas

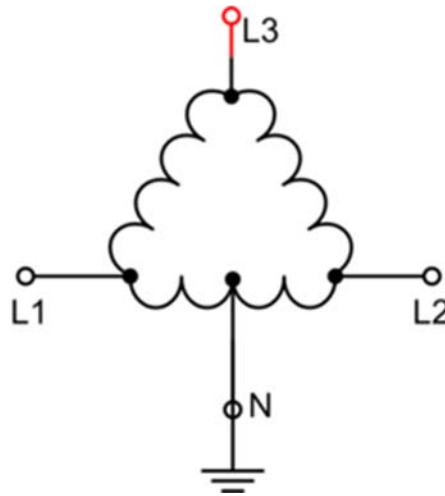
Cuando las corrientes en los tres cables vivos de un sistema trifásico no son iguales o no tienen un ángulo de fase exacto de 120° , la pérdida de potencia es mayor que en un sistema perfectamente equilibrado. El grado de desequilibrio se expresa mediante componentes simétricos.

Los sistemas trifásicos se evalúan en las centrales y subestaciones generadoras en función de estos tres componentes, de los cuales dos son cero en un sistema perfectamente equilibrado.

Cargas no lineales

Con cargas lineales, el neutro solo lleva la corriente debido al desequilibrio entre las fases. Los dispositivos que utilizan un rectificador-condensador frontal, como fuentes de alimentación conmutadas, computadoras, equipos de oficina y similares, producen armónicos de tercer orden que están en fase en todas las fases de suministro. En consecuencia, dichas corrientes armónicas se suman al neutro, lo que puede causar que la corriente del neutro exceda la corriente de fase.

Cargas Trifásicas



Un transformador para un sistema delta de pierna alta; Los motores trifásicos de 200 V se conectarían a L1, L2 y L3. La carga monofásica de 200 V se conectaría L1 y L2. Carga monofásica de 100 V entre L1 o L2 y neutro (N). L3 (tramo salvaje o alto) será de 173,2 V a neutro.

Una clase importante de carga trifásica es el motor eléctrico. Un motor de inducción trifásico tiene un diseño simple, un par de arranque inherentemente alto y una alta eficiencia. Dichos motores se aplican en la industria para muchas aplicaciones.

Un motor trifásico es más compacto y menos costoso que un motor monofásico de la misma clase de voltaje y capacidad nominal, y los motores de CA monofásicos de más de 10 HP (7,5 kW) son poco comunes. Los motores trifásicos también vibran menos y por lo tanto duran más que los motores monofásicos de la misma potencia utilizados en las mismas condiciones.

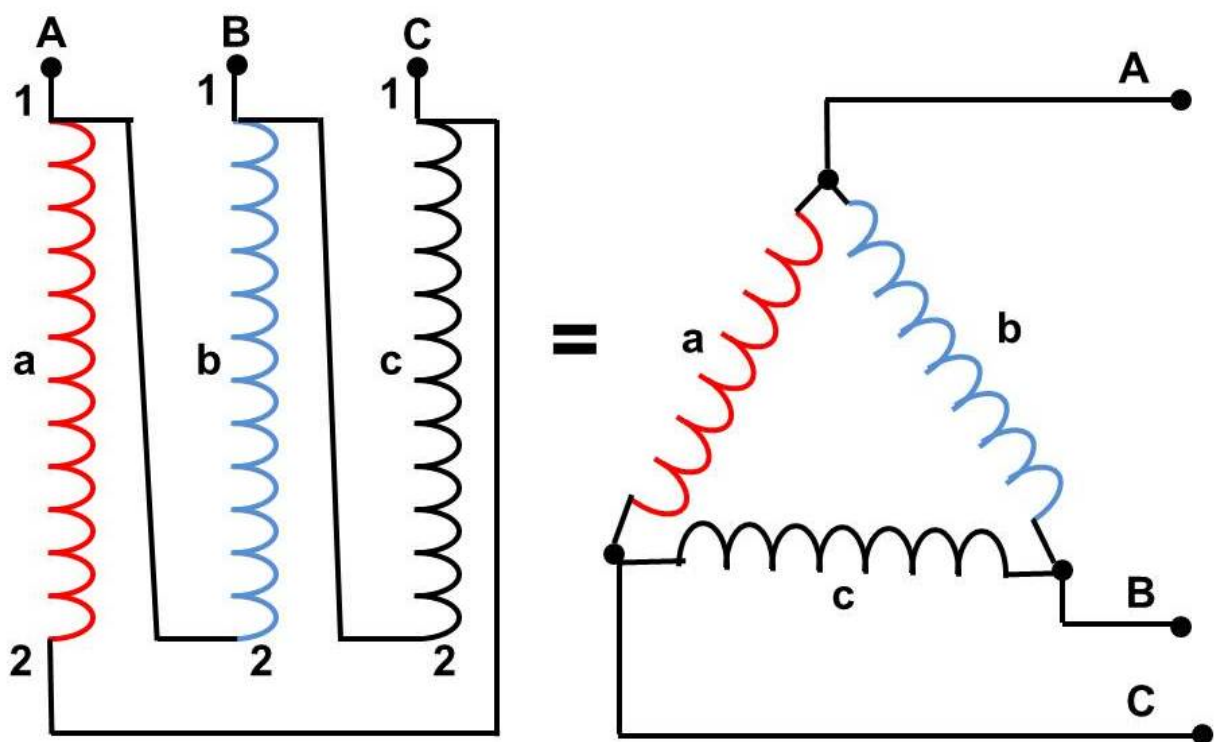
El parpadeo de frecuencia de línea en la luz se puede reducir distribuyendo uniformemente tres fases a través de las fuentes de luz operadas por frecuencia de línea para que el área iluminada reciba luz de las tres fases. El efecto del parpadeo de la frecuencia de línea es perjudicial para las cámaras de cámara superlenta utilizadas en la transmisión de eventos deportivos.

La iluminación trifásica se aplicó con éxito en los Juegos Olímpicos de Beijing 2008 para proporcionar un nivel de luz uniforme para cada fotograma de las cámaras SSM. Las cargas de calefacción por resistencia, como calderas eléctricas o calefacción de espacios, pueden conectarse a sistemas trifásicos. La iluminación eléctrica también se puede conectar de manera similar.

Los rectificadores pueden usar una fuente trifásica para producir una salida de CC de seis pulsos. La salida de tales rectificadores es mucho más suave que la monofásica rectificada y, a diferencia de la monofásica, no cae a cero entre pulsos. Dichos rectificadores pueden usarse para cargar baterías, procesos de electrólisis como la producción de aluminio o para operar motores de corriente continua. Los transformadores "zig-zag" pueden hacer el equivalente a la rectificación de onda completa de seis fases, doce pulsos por ciclo, y este método se emplea ocasionalmente para reducir el costo de los componentes de filtrado, al tiempo que mejora la calidad de la CC resultante.

Alternativas a la Trifásica

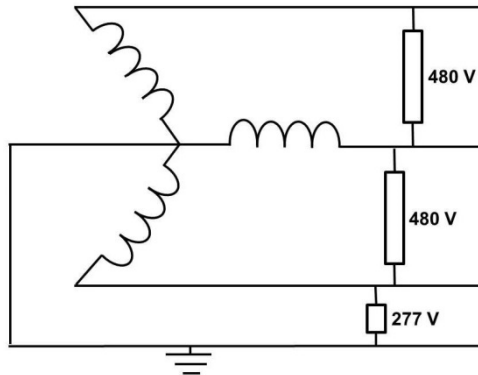
- La energía eléctrica de fase dividida se usa cuando la energía trifásica no está disponible y permite que se suministre el doble del voltaje de utilización normal para cargas de alta potencia.
- La energía eléctrica bifásica, como la trifásica, proporciona una transferencia de potencia constante a una carga lineal. Para las cargas que conectan cada fase al neutro, asumiendo que la carga tiene el mismo consumo de energía, el sistema de dos hilos tiene una corriente neutra que es mayor que la corriente neutra en un sistema trifásico. Además, los motores no son completamente lineales, lo que significa que, a pesar de la teoría, los motores que funcionan con tres fases tienden a funcionar más suavemente que los que funcionan con dos fases. Los generadores de la central eléctrica Adams en las Cataratas del Niágara que se instalaron en 1895 eran los generadores más grandes del mundo en ese momento y eran máquinas de dos fases. La verdadera distribución de energía de dos fases está obsoleta para aplicaciones de "trabajo nuevo", pero todavía existe para aplicaciones de "trabajo antiguo", quizás más particularmente en Buffalo y Niagara Falls, NY, Toronto y Niagara Falls, Ontario, Filadelfia y Reading, PA, y Camden, NJ. Las instalaciones trifásicas de "trabajo nuevo" pueden ser alimentadas por alimentadores bifásicos antiguos, y las instalaciones bifásicas de "trabajo antiguo" pueden ser alimentadas por alimentadores trifásicos nuevos que utilizan un transformador Scott-T, inventado por Charles F. Scott. Los sistemas de propósito especial pueden usar un sistema de dos fases para el control de frecuencia.
- *Energía monocíclica* era el nombre de un sistema de energía de dos fases modificado asimétrico utilizado por General Electric alrededor de 1897, defendido por Charles Proteus Steinmetz y Elihu Thomson. Este sistema fue ideado para evitar la infracción de patentes. En este sistema, un generador se devanaba con un devanado monofásico de voltaje completo destinado a cargas de iluminación y con una pequeña fracción (generalmente 1/4 del voltaje de línea) devanado que producía un voltaje en cuadratura con los devanados principales. La intención era utilizar este devanado adicional de "cable de alimentación" para proporcionar par de arranque para motores de inducción, con el devanado principal proporcionando energía para cargas de iluminación. Después de la expiración de las patentes de Westinghouse sobre sistemas de distribución de energía simétricos de dos y tres fases, el sistema monocíclico dejó de usarse;
- Se han construido y probado sistemas de alto orden de fase para la transmisión de energía. Estas líneas de transmisión normalmente utilizarían seis o doce fases. Las líneas de transmisión de alto orden de fase permiten la transferencia de una potencia ligeramente inferior a la proporcionalmente mayor a través de un volumen dado sin el gasto de un convertidor de corriente continua de alto voltaje (HVDC) en cada extremo de la línea. Sin embargo, requieren correspondientemente más equipos.



DELTA CONNECTION

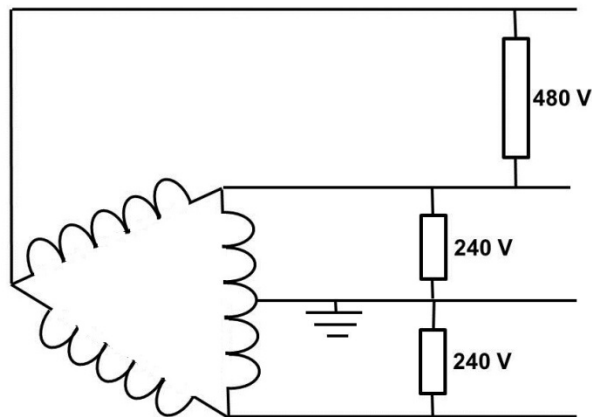
Alimentación de cargas monofásicas desde sistemas trifásicos

Cualquier sistema trifásico tiene voltaje monofásico entre las líneas eléctricas que se puede usar para alimentar cargas monofásicas a voltaje de línea a línea, o a algún otro voltaje si se usa un transformador monofásico.



Estrella de cuatro hilos

Si un conductor neutro conectado a tierra está conectado a una unión en estrella, el sistema se denomina estrella de cuatro hilos. Las cargas monofásicas se pueden conectar entre cualquier línea eléctrica y el neutro puesto a tierra. El voltaje disponible es el voltaje de línea a línea dividido por 1,73.



Delta de cuatro hilos **Pregunta 278**

Un sistema delta de cuatro hilos tiene un conductor neutro conectado a tierra conectado a una derivación central en un devanado secundario.

El voltaje monofásico igual a la mitad del voltaje de línea a línea está disponible entre la línea eléctrica en cualquiera de los extremos de ese devanado y el neutro conectado a tierra.

El voltaje entre el otro conductor de fase y el neutro conectado a tierra será considerablemente más alto que la mitad del voltaje de línea a línea. Esta 'pata alta' o 'voltaje bastardo' normalmente no se usa para alimentar cargas monofásicas.

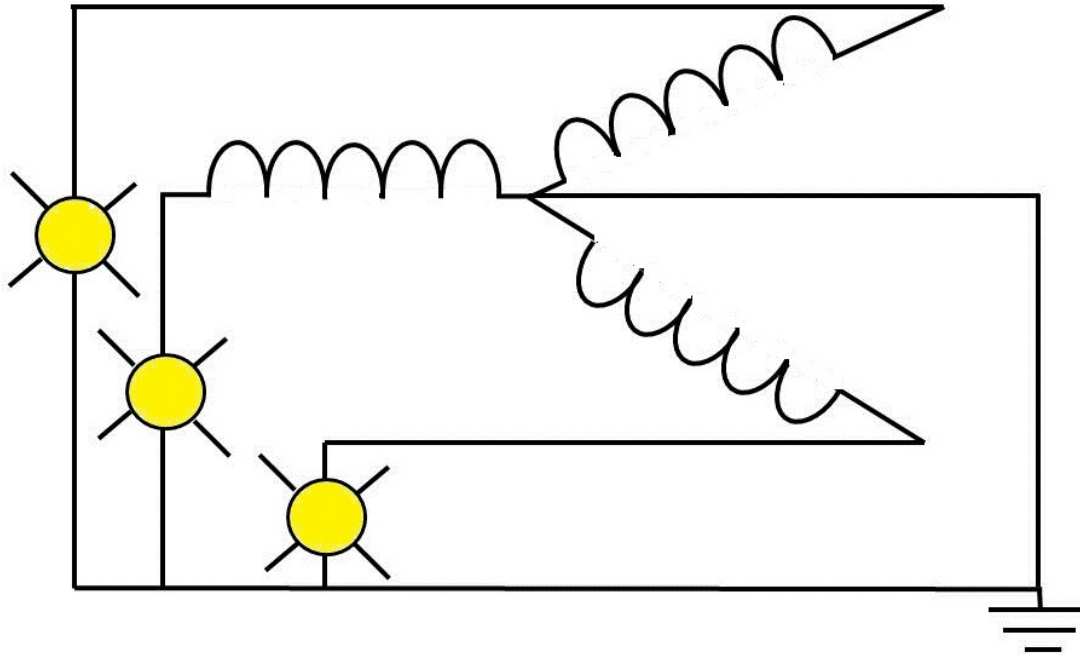
¡Mida los voltajes de fase a tierra antes de conectar cargas monofásicas entre un conductor de fase y un conductor neutro en cualquier sistema de 4 hilos! Si no hay conductor neutro, ¡no intente conectar una carga monofásica entre uno de los conductores de fase y tierra!

Las cargas monofásicas alimentadas por un sistema trifásico deben equilibrarse entre las líneas tanto como sea posible. En otras palabras, las cargas deben disponerse de modo que la corriente en los conductores trifásicos sea lo más igual posible.

La corriente en el neutro será cero si las cargas monofásicas conectadas entre las líneas de fase y un neutro puesto a tierra están perfectamente equilibradas.

Ejercicio práctico

Las cargas de iluminación monofásicas se conectan entre las líneas de fase y un neutro conectado a tierra de un sistema en estrella de 4 hilos.



1. Si se corta el conductor neutro,

- A. Todas las luces se apagarán.
- B. Los voltajes de las luces serán desiguales a menos que estén perfectamente equilibrados.
- C. El sistema funcionará normalmente porque la tierra transportará la corriente desequilibrada.
- D. Cada luz recibirá energía trifásica en lugar de monofásica.

2. Si la tierra neutra en el transformador está desconectada,

- A. El sistema funcionará normalmente.
- B. Todas las luces se apagarán.
- C. Las corrientes desequilibradas no se cancelarán.
- D. El voltaje a tierra en las tres fases aumenta hasta el voltaje de línea a línea.

Conexión de cargas

1. La mayoría de las luces requieren energía monofásica. Por lo general, solo hay dos terminales de suministro o cables. Uno, generalmente negro, se designa para el conductor caliente y el otro, blanco o gris, para el neutro conectado a tierra.

Los calentadores, hornos y secadores industriales pueden requerir energía monofásica o trifásica. La conexión suele ser sencilla, aunque los dispositivos de doble voltaje pueden necesitar que se agreguen o retiren puentes. No hay complicaciones de secuencia de fase o polaridad.

2. Muchos motores monofásicos, de una sola velocidad y pequeños pueden funcionar con 115 o 230 voltios conectando diferentes terminales, o agregando o quitando un puente.

Si hay una opción de qué voltaje usar, conecte el motor para 230 voltios; consumirá solo la mitad de la corriente con el voltaje más alto y las pérdidas en la línea serán menores.

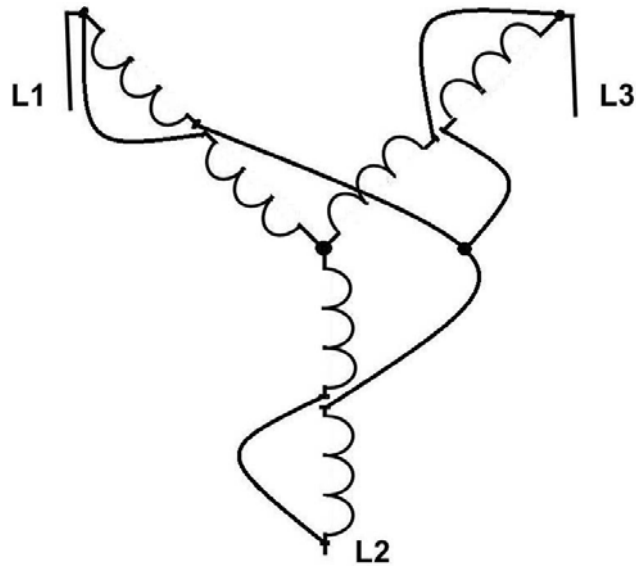
Ambos conductores al motor estarán calientes. La polaridad por lo general no hace ninguna diferencia; el motor funcionará igualmente bien y en la misma dirección con los cables invertidos.

Si está conectado para 115 voltios, un conductor estará conectado a tierra. Uno de los conductores o terminales puede designarse para el conductor puesto a tierra debido a la forma en que se aísla el motor.

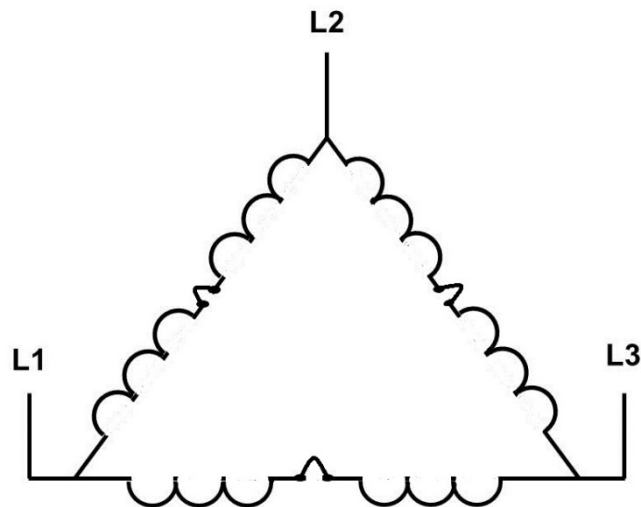
Los motores monofásicos de varias velocidades pueden tener seis o más terminales o conductores. Un esquema de los devanados del motor y un diagrama de las conexiones de cables o terminales es esencial para un cableado correcto.

3. Los motores trifásicos deben tener tres voltajes adecuadamente secuenciados de la polaridad correcta.

Los motores de inducción trifásicos más comunes son unidades de doble voltaje. Cada uno de los tres devanados está dividido, de modo que hay un par de devanados para cada fase. Los devanados se pueden conectar internamente en estrella o delta. En ambos casos hay nueve terminales o conductores.



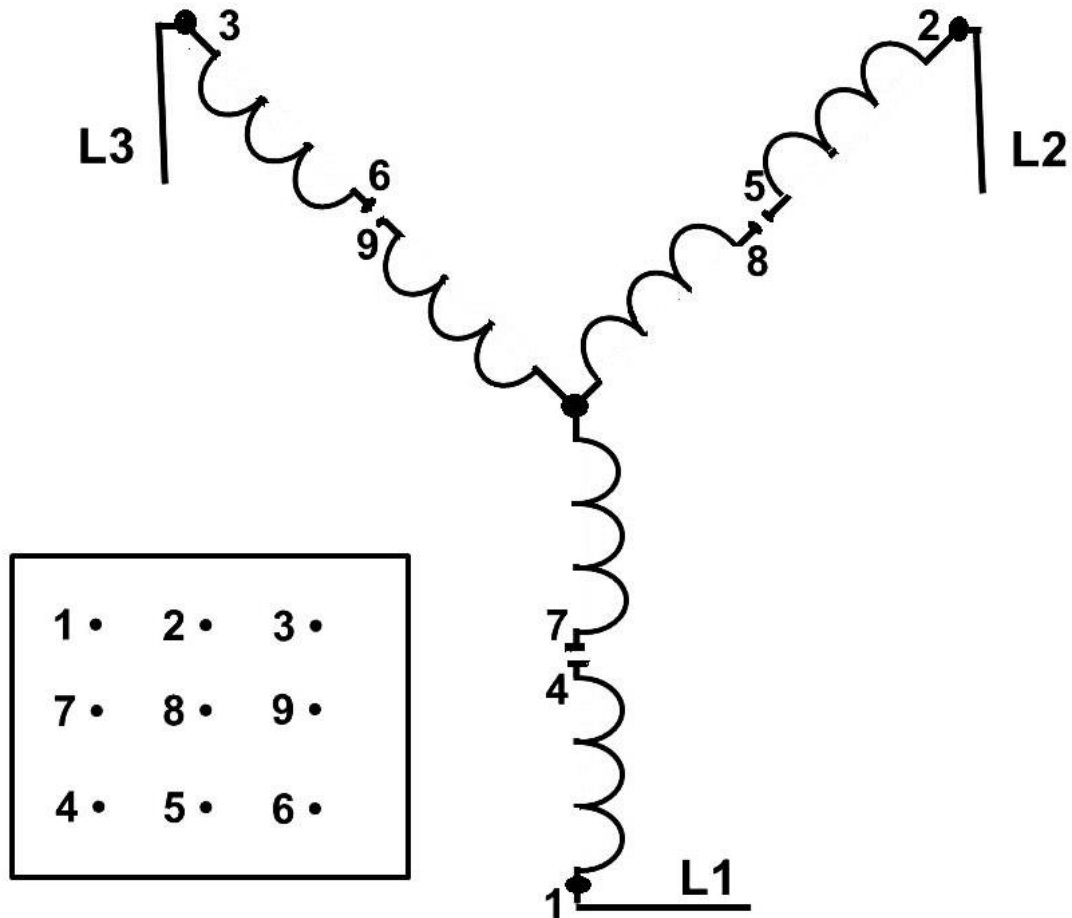
Para baja tensión, los cables o terminales están puenteados para conectar los pares de devanados en paralelo, como se ilustra en este motor en estrella.



Para alta tensión, los cables o terminales están puenteados para conectar los devanados en serie, como se ilustra en este motor delta.

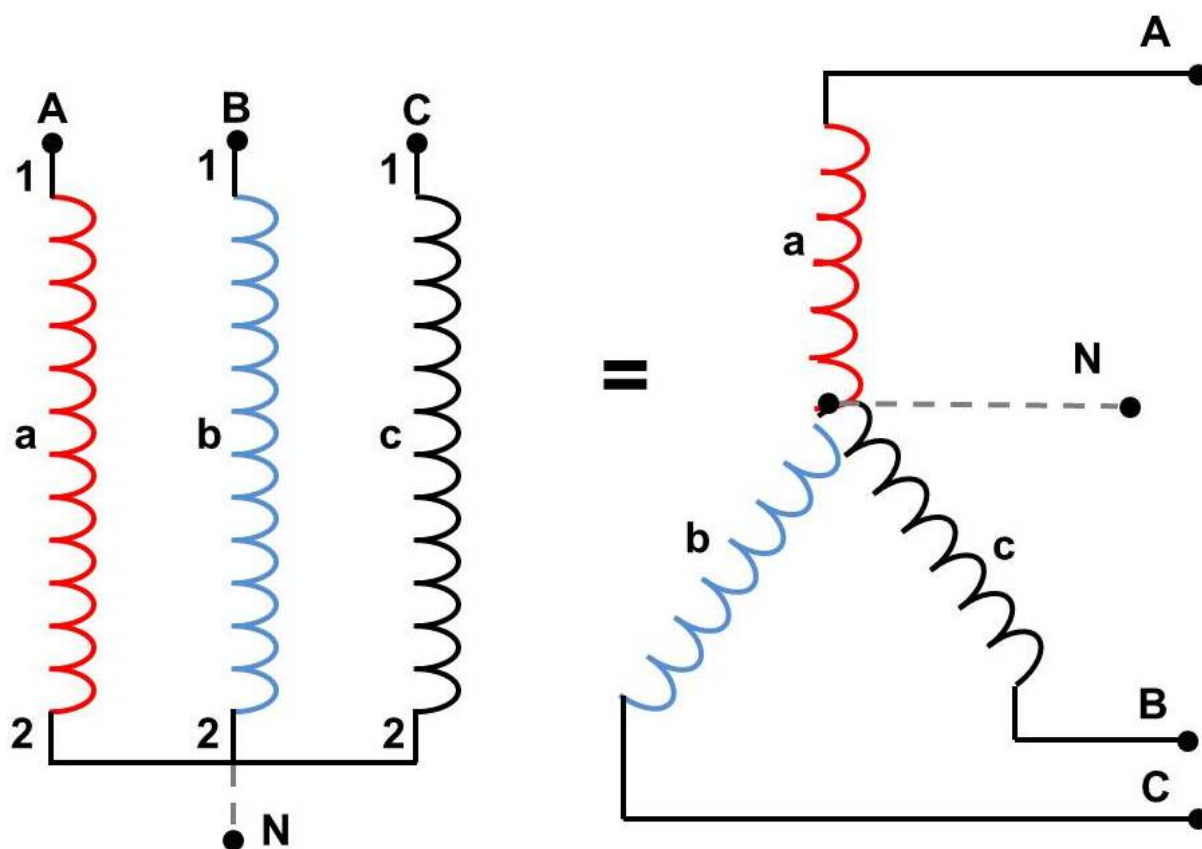
Por lo general, los terminales o conductores están bien marcados, aunque en ocasiones puede ser necesario determinar qué conductores o terminales son cuáles.

Ejercicio práctico



Arriba está el esquema de un motor conectado en estrella de doble voltaje y su tablero de terminales.

Conecte el motor para alta tensión. Muestre las conexiones tanto en el esquema del motor, conectando los devanados entre sí, como en el tablero de terminales dibujando los puentes correctos y las líneas trifásicas.



STAR CONNECTION

Convertidor de fase

Aconvertidor de fase es un dispositivo que convierte la energía eléctrica suministrada como monofásica a multifásica o viceversa. La mayoría de los convertidores de fase se utilizan para producir energía eléctrica trifásica a partir de una fuente monofásica, lo que permite la operación de equipos trifásicos en un sitio que solo tiene servicio eléctrico monofásico. Los convertidores de fase se utilizan cuando el servicio trifásico no está disponible en la empresa de servicios públicos o es demasiado costoso de instalar debido a una ubicación remota. Una empresa de servicios públicos generalmente cobrará una tarifa más alta por un servicio trifásico debido al equipo adicional para transformadores y medidores y el cable de transmisión adicional.

Sistemas de conversión

Los motores de inducción trifásicos pueden funcionar adecuadamente con un suministro desequilibrado si no están muy cargados. Esto permite utilizar varias técnicas imperfectas. Un motor monofásico puede impulsar un generador trifásico, lo que producirá una fuente trifásica de alta calidad pero con un alto costo para los aparatos. Existen varios métodos para hacer funcionar motores trifásicos desde un suministro monofásico, estos en general se pueden clasificar como:

- Medios electrónicos de creación trifásica donde se rectifica la potencia de entrada, y se sintetiza la potencia trifásica con electrónica. Los dispositivos electrónicos de potencia producen directamente una forma de onda trifásica a partir de energía monofásica, utilizando una combinación de rectificador e inversor. Esto también ofrece la ventaja de la frecuencia variable.
- Un convertidor de fase digital utiliza un rectificador y un inversor para crear un solo voltaje con electrónica de potencia, que se agrega a las dos patas de la fuente monofásica para crear energía trifásica. A diferencia de un VFD de conversión de fase, no puede variar la frecuencia y la velocidad del motor ya que genera solo una rama que debe coincidir con el voltaje y la frecuencia del suministro monofásico. Tiene la ventaja de un voltaje de salida de onda sinusoidal y un excelente equilibrio de voltaje entre las fases.
- Convertidores de fase rotativos contruidos a partir de un motor eléctrico trifásico o un generador "desocupado". Estos normalmente requieren algún tipo de ayuda de arranque y condensadores para mejorar el equilibrio de fase y el factor de potencia. Esta es una solución de dos motores. Un motor no está conectado a una carga y produce la energía trifásica; el segundo motor que impulsa la carga funciona con la potencia producida.
- Técnicas de conversión estática en las que el motor funciona con una eficiencia inferior a la máxima, principalmente en dos de las patas del motor trifásico. A veces se inyecta corriente en el tercer tramo con arreglos de capacitor o transformador que proporcionan un cambio de fase imperfecto. En estos sistemas, el motor debe reducirse.
- Métodos en los que la conexión de los devanados del motor, normalmente configuraciones en estrella y/o triángulo, se sustituyen por conexiones novedosas. Estas técnicas están cubiertas por las patentes del Dr. Otto JM Smith, como la patente estadounidense 5.545.965.

Convertidor de fase digital

Aconvertidor de fase digital crea una fuente de alimentación trifásica a partir de una fuente monofásica. Se utiliza un procesador de señal digital (DSP) para controlar dispositivos electrónicos de potencia para generar un tercer voltaje, que junto con el voltaje único del suministro crea un suministro de energía trifásico balanceado.

La energía de CA de la red pública se convierte en CC y luego vuelve a ser CA. Los dispositivos de conmutación de potencia utilizados en este proceso son transistores bipolares de puerta aislada (IGBT).

En un tipo de convertidor de fase digital, el rectificador de entrada consta de IGBT en serie con inductores.

Los IGBT están controlados por software en el DSP para extraer corriente de la línea monofásica de manera sinusoidal, cargando capacitores en un bus de CC de voltaje constante. Debido a que la corriente entrante es sinusoidal, no se generan armónicos significativos en la línea como ocurre con los rectificadores que se encuentran en la mayoría de los VFD. La entrada del rectificador controlado permite la corrección del factor de potencia.

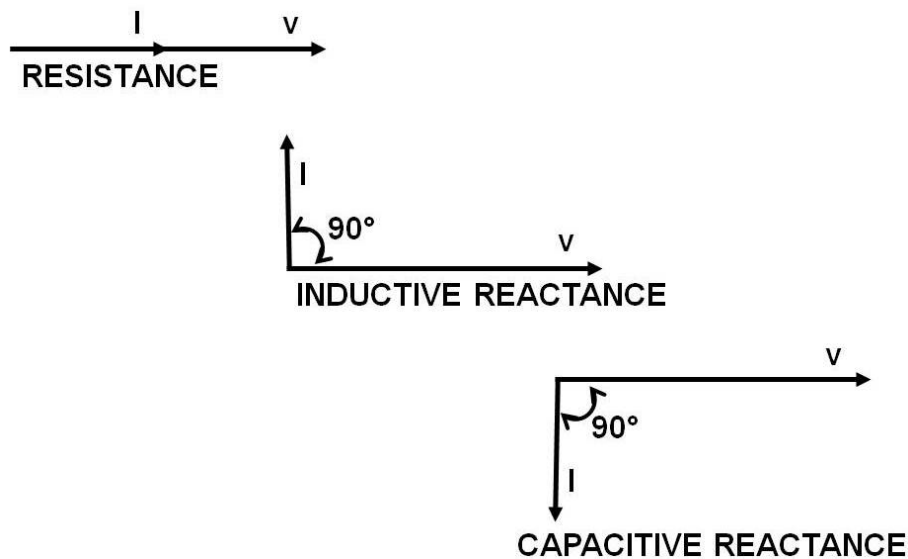
El inversor de salida consta de IGBT que utilizan la potencia del bus de CC para crear un voltaje de CA. Un voltaje creado por dispositivos de conmutación de energía como los IGBT no es sinusoidal. Es una forma de onda modulada por ancho de pulso (PWM) muy alta en distorsión armónica. Este voltaje PWM luego pasa a través de un sistema de filtro de inductor/capacitor que produce un voltaje de onda sinusoidal con menos del 3 % de distorsión armónica total (los estándares para la potencia de grado informático permiten hasta un 5 % de THD).

Por el contrario, los VFD generan un voltaje PWM que limita su versatilidad y los hace inadecuados para muchas aplicaciones. El software en el DSP monitorea y ajusta continuamente este voltaje generado para producir una salida trifásica balanceada en todo momento. También proporciona funciones de protección al apagarse en caso de sobrevoltaje y bajo voltaje de la red pública o falla. Con la capacidad de adaptarse a condiciones cambiantes y mantener el equilibrio de voltaje, un convertidor de fase digital puede operar de manera segura y eficiente prácticamente cualquier tipo de equipo trifásico o cualquier cantidad de cargas múltiples.

fasores

La impedancia de los circuitos que combinan componentes reactivos y resistivos se puede calcular utilizando fasores. Un fasor es una flecha o un vector que se puede utilizar para representar gráficamente la impedancia o la corriente.

1. La longitud de la flecha del fasor en el gráfico es proporcional a la impedancia, corriente o voltaje.
2. La dirección de la flecha del fasor representa la relación de fase. Si se toma como referencia el voltaje a través de un componente, el fasor de corriente apuntará de la misma manera si el componente es una resistencia, ya que el voltaje y la corriente están en fase.



Entonces, si el fasor de voltaje apunta, como la manecilla de un reloj, a las 3:00 en punto, el fasor de corriente también apuntará a las 3:00.

Pero el fasor de corriente apuntará hacia arriba a las 12:00 si el componente es una bobina, y hacia abajo a las 6:00 si el componente es un capacitor. Esto tiene sentido si recuerdas que el actual en una bobina seguirá 90 grados por detrás, y la corriente en un capacitor está 90 grados por delante del voltaje.

Al dibujar fasores, recuerda que:

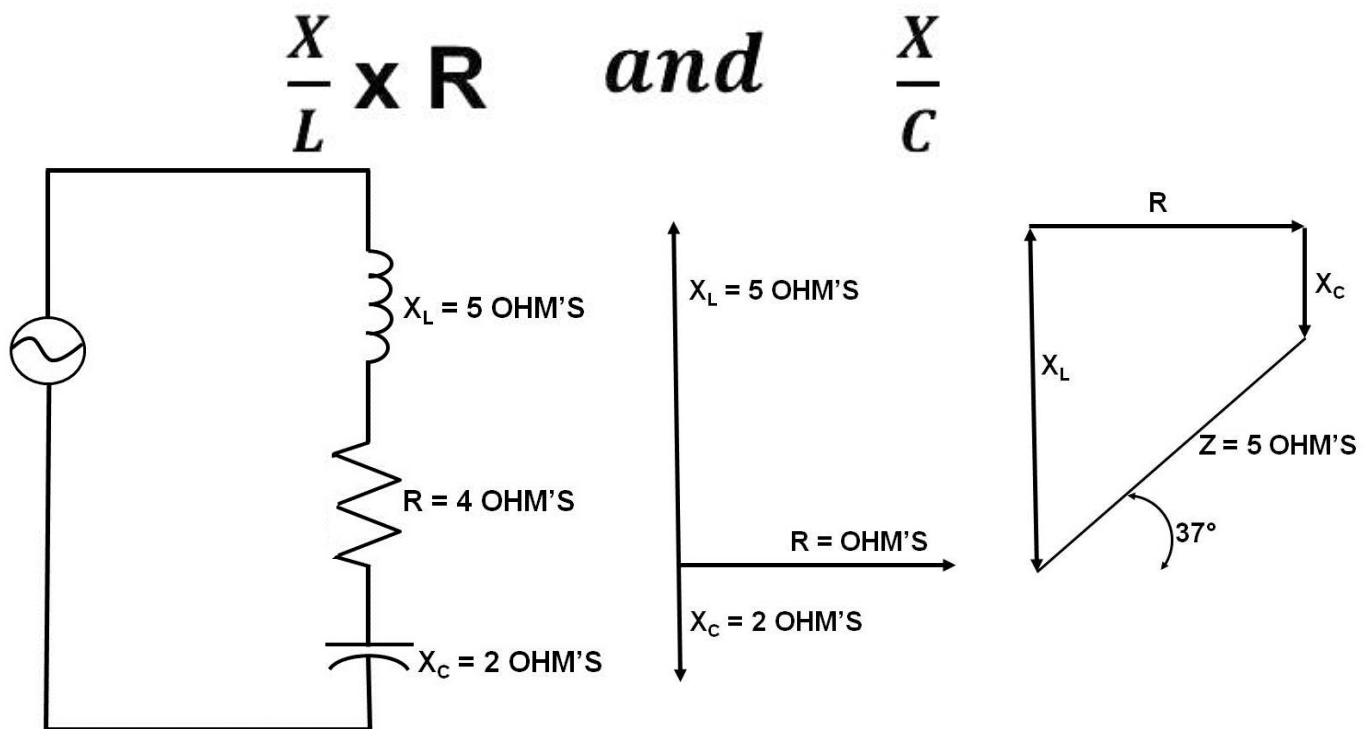
3. Las flechas fasoriales se pueden colocar en el gráfico de principio a fin en cualquier orden, siempre que su longitud y dirección sean correctas.
4. La combinación de flechas fasoriales es una sola flecha desde la cola de la primera flecha hasta la punta de la última flecha.

Para encontrar la impedancia equivalente de un circuito que incluye diferentes tipos de reactancias y resistencias, use fasores de impedancia. Al igual que los fasores de corriente, donde se toma como referencia el voltaje,

- la impedancia de un componente resistivo se muestra con una flecha que apunta hacia la derecha.
- la impedancia de un componente inductivo se muestra con una flecha que apunta hacia arriba.
- la impedancia de un componente capacitivo se muestra con una flecha que apunta hacia abajo.

Ejemplo:

Las impedancias del inductor, del resistor y del capacitor están representadas por las flechas fasoriales rotuladas



- Conecte las flechas de la punta a la cola en cualquier orden.
- Conecte el punto de partida a la punta de la última flecha.
- Mida la longitud de la flecha del fasor resultante; esto representa la impedancia del circuito, en ohmios.
- Medir el ángulo del ángulo fasorial resultante; este ángulo representa el ángulo de la corriente y el voltaje.

En otras palabras, esta combinación en serie de componentes tiene una impedancia de 5 ohmios, y la corriente en el circuito se retrasará con respecto al voltaje unos 37 grados.

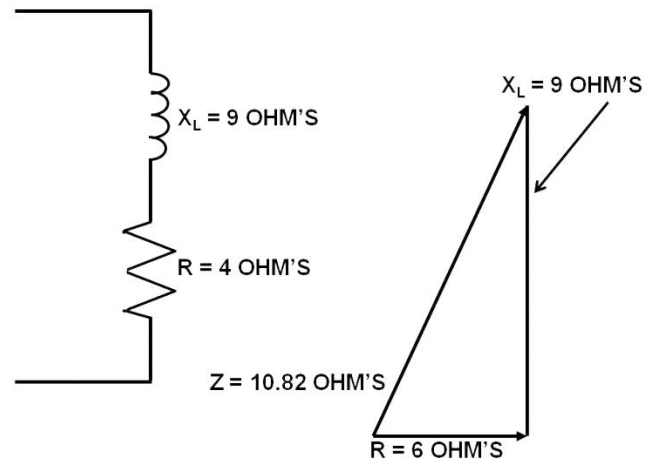
Si conoce la parte resistiva de la impedancia y la parte reactiva, puede calcular la impedancia total a partir de la fórmula

$$Z^2 = R^2 + \frac{X^2}{L}$$

En un circuito como este, por ejemplo, la impedancia total de 9 ohmios, Z sería igual a la raíz cuadrada de 6 ohmios al cuadrado más 9 ohmios al cuadrado, o 10,82 ohmios

$$Z^2 = 6^2 + 9^2$$

$$Z = 10.82 \text{ OHM'S}$$



Potencia en circuitos reactivos

En una carga puramente resistiva, la corriente siempre está en fase con el voltaje. Esto significa que si mide el voltaje a través de un calentador y mide la corriente que se extrae, no puede usar la fórmula

$$P = I \times V$$

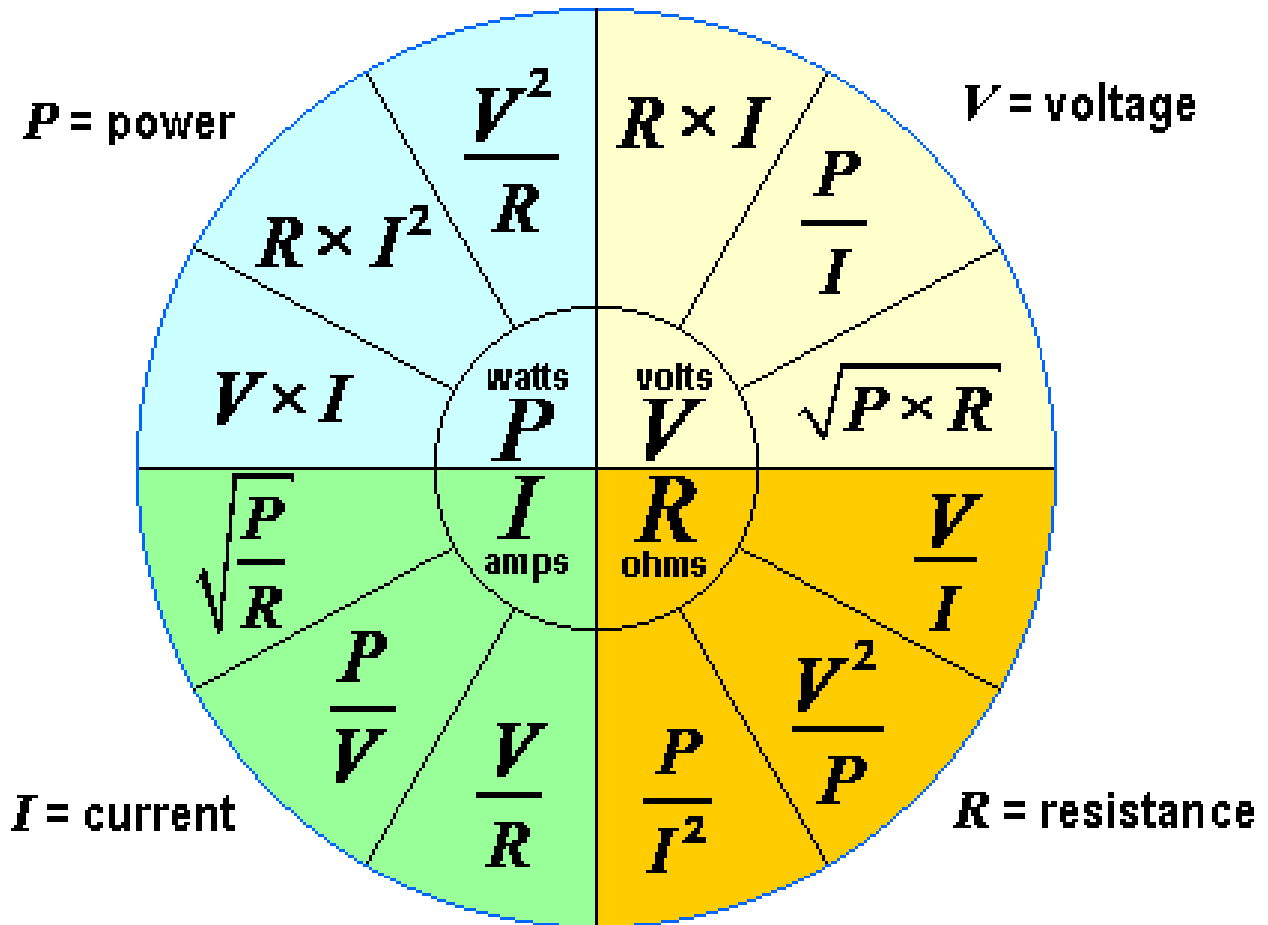
para determinar cuántos vatios de potencia se están consumiendo.

Sin embargo, si tomó medidas en un motor u otra carga reactiva, encontrará que multiplicar la corriente por el voltaje daría un resultado mayor que la potencia real que se consume. Si comprobara su respuesta con un vatímetro, descubriría una diferencia significativa.

La razón es que la corriente y el voltaje en la reactancia inductiva del motor no contribuyen al consumo de energía.

Simplemente multiplicando las lecturas de corriente y voltaje en el motor resultará en Poder aparente, no el poder real.

La lectura más baja del vatímetro es la Poder real siendo consumido por la impedancia resistiva del motor.



Factor de potencia

El factor de potencia es la relación entre la potencia real y la potencia aparente. También es la relación entre la parte resistiva de la impedancia y la impedancia total.

$$\text{POWER FACTOR} = \frac{\text{REAL POWER}}{\text{APPARENT POWER}} = \frac{R}{Z}$$

Cuando la impedancia de carga no es puramente resistiva (factor de potencia = 1) hay corriente desfasada en las líneas que no realiza trabajo. Esta corriente adicional aumenta las pérdidas de línea. Se necesitan generadores y conductores más grandes para producirlo y enviarlo.

Las compañías eléctricas a veces cobran una tarifa de penalización por la corriente fuera de fase. Por lo tanto, los usuarios avanzados intentan mantener su factor de potencia lo más cerca posible de 1.

El factor de potencia se puede leer directamente con un medidor de factor de potencia. También se puede calcular a partir de las lecturas del medidor de tensión, corriente y potencia.

$$\text{POWER FACTOR} = \frac{\text{REAL POWER}}{\text{APPARENT POWER}} = \frac{\text{WATTS}}{I(A) \times V} = \frac{1920 \text{ W}}{5 \text{ A} \times 480 \text{ V}} = 0.8$$

Por ejemplo, si un vatímetro muestra un motor que consume 1920 vatios, pero un amperímetro y un voltímetro muestran 5 amperios a 480 voltios, el factor de potencia sería 0,8.

- La mayoría de las cargas reactivas en la industria son bobinas, por lo que la corriente se retrasa con respecto a la tensión. Para acercar el factor de potencia a 1, los condensadores del valor correcto se conectan en paralelo con los circuitos del motor. Su reactancia capacitiva, donde la corriente supera al voltaje, compensa la reactancia inductiva de las llamadas.

Respuestas a los ejercicios de práctica

Ejercicio de práctica A

1. La reactancia inductiva de una bobina es 6,28 veces la frecuencia multiplicada por la inductancia de la bobina en henrys. Como 500 milihenrys = 0,5 henry, el cálculo es:

$$X_L = 6,28 \times 60 \times 0,5 = 188,4 \text{ ohmios}$$

Esto supone que la resistencia de la bobina es despreciable. Si no es así, entonces la resistencia tendría que calcularse en la impedancia total.

2. La impedancia de cualquier circuito, cualquiera que sea la frecuencia de la CA, es simplemente el voltaje dividido por la corriente.

$$Z = V/I = 240/3 = 80 \text{ ohmios}$$

Ejercicio de práctica B

El capacitor b, con una capacitancia de 650 microfaradios} tiene una reactancia capacitiva más baja que el capacitor a, con 350 microfaradios. La fórmula para la reactancia capacitiva es

$$X_C = \frac{1}{6,28 \times f \times C}$$

Entonces, cuanto mayor sea la capacitancia, menor será la reactancia capacitiva y más CA fluye a través de él con un voltaje dado.

Ejercicio de práctica C

1. Cada bobina de 2 milihenrios tendrá una reactancia de $6,28 \times 60 \times 0,002 = 0,7536$ ohmios.

La reactancia, como todo lo que se mide en ohmios, se suma en los circuitos en serie, por lo que la combinación de las dos bobinas será $0,7536 + 0,7536 = 1,5072$ ohmios

2. Cada capacitor de 10 mfd tendrá una reactancia capacitiva de

$$1/6,28 \times 60 \times 0,00001 = 265,4 \text{ ohmios.}$$

La corriente en cada condensador será el voltaje de la fuente dividido por 265,4 ohmios ($600/265,4 = 2,26$ amperios). La corriente total será la suma de ambas corrientes, $2,26 + 2,26 = 4,52$ amperios.

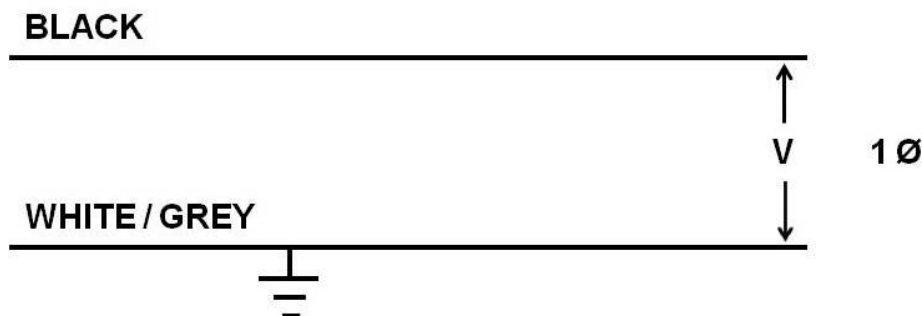
NOTA: Las inductancias de las bobinas se suman en serie como la resistencia, por lo que podríamos haber calculado la reactancia de una sola bobina de 4 milihenrios. En paralelo, las inductancias deben dividirse en 1 antes de sumarse, como las resistencias. Sin embargo, la capacitancia de los capacitores *agrega en paralelo*, entonces podríamos haber tratado los 2 capacitores como un capacitor de 20 mfd. En serie, a diferencia de la inductancia y la resistencia, la capacitancia debe dividirse en 1 antes de sumarse.

Fuentes de alimentación monofásicas y trifásicas

Antes de que pueda conectar cualquier cosa (una carga, un dispositivo de control o un transformador) a las líneas de alimentación de CA, debe saber si tiene energía monofásica o trifásica y qué tipo de fuente la produce.

En última instancia, la fuente de la mayor parte de la alimentación de CA es un alternador. En la práctica, la fuente local es casi siempre el lado secundario de un sistema transformador. Los transformadores de distribución en la subestación local o de planta generalmente proporcionan de 1100 a 13 600 voltios. Los transformadores de bajada de servicio de baja tensión proporcionan tensiones entre 120 y 600.

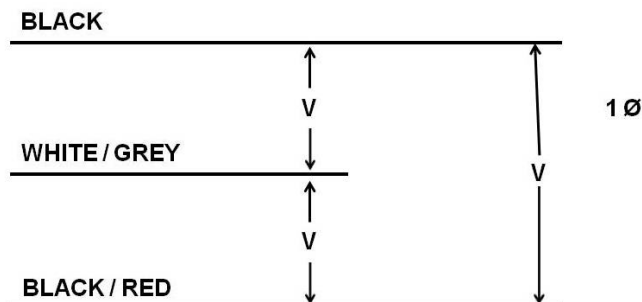
Puede encontrar una de varias combinaciones de líneas de suministro:



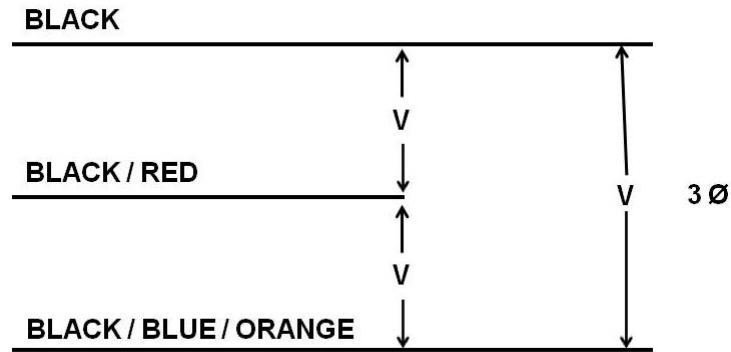
a) Si sólo hay un conductor vivo (generalmente negro) y + un conductor puesto a tierra (blanco o gris), entre ellos hay disponible alimentación monofásica.



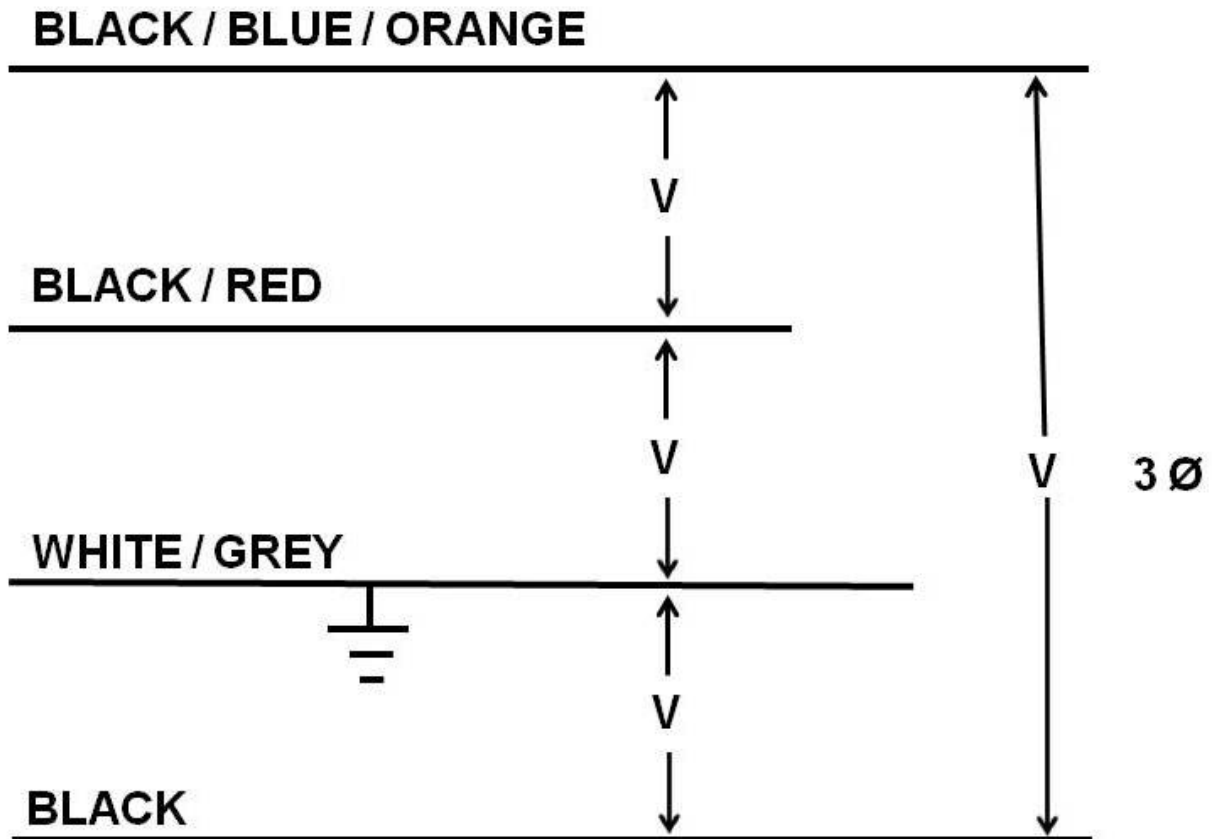
b) Si hay dos conductores calientes (ambos negros, o uno negro, uno negro y uno rojo), entre ellos se dispone de alimentación monofásica.



c) Si hay dos conductores calientes y un conductor neutro conectado a tierra, hay energía monofásica disponible entre los conductores calientes y (a un voltaje más bajo) entre cualquiera de los conductores calientes y el conductor neutro. Este es el sistema Edison monofásico de 3 hilos.



d) Si hay tres conductores calientes, la fuente es trifásica. La energía monofásica está disponible entre cualquiera de los dos conductores negros. La conexión de cargas trifásicas a los tres conductores calientes proporciona energía trifásica. El voltaje entre cada par de conductores debe medir lo mismo, pero los voltajes estarán desfasados 120 grados.



e) Si hay tres conductores calientes y un conductor neutro puesto a tierra, también se dispone de alimentación monofásica entre dos o tres de los conductores calientes y el neutro. Este es un sistema trifásico de 4 hilos.

Energía Eléctrica Trifásica

Energía eléctrica trifásica es un método común de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica de corriente alterna. Es un tipo de sistema polifásico y es el método más común utilizado por las redes eléctricas en todo el mundo para transferir energía. También se utiliza para alimentar grandes motores y otras cargas pesadas. Un sistema trifásico suele ser más económico que un sistema monofásico o bifásico equivalente al mismo voltaje porque utiliza menos material conductor para transmitir energía eléctrica. El sistema trifásico fue inventado de forma independiente por Galileo Ferraris, Mikhail Dolivo-Dobrovolsky y Nikola Tesla a fines de la década de 1880.

En un sistema trifásico, tres conductores de circuito transportan tres corrientes alternas (de la misma frecuencia) que alcanzan sus valores máximos instantáneos a un tercio de ciclo entre sí. Tomando una corriente como referencia, las otras dos corrientes se retrasan en el tiempo un tercio y dos tercios de un ciclo de la corriente eléctrica. Este retraso entre fases tiene el efecto de proporcionar una transferencia de potencia constante en cada ciclo de la corriente y también hace posible producir un campo magnético giratorio en un motor eléctrico.

Los sistemas trifásicos pueden tener un cable neutro. Un cable neutro permite que el sistema trifásico use un voltaje más alto mientras soporta cargas monofásicas de voltaje más bajo. En situaciones de distribución de alta tensión, es común no tener un cable neutro ya que las cargas pueden conectarse simplemente entre fases (conexión fase-fase).

La trifásica tiene propiedades que la hacen muy deseable en los sistemas eléctricos de potencia:

- Las corrientes de fase tienden a cancelarse entre sí, sumando cero en el caso de una carga balanceada lineal. Esto hace posible reducir el tamaño del conductor neutro porque lleva poca o ninguna corriente; todos los conductores de fase transportan la misma corriente y, por lo tanto, pueden tener el mismo tamaño, para una carga equilibrada.
- La transferencia de energía a una carga balanceada lineal es constante, lo que ayuda a reducir las vibraciones del motor y del generador.
- Los sistemas trifásicos pueden producir un campo magnético giratorio con una dirección específica y una magnitud constante, lo que simplifica el diseño de motores eléctricos.

La mayoría de las cargas domésticas son monofásicas. En las residencias de América del Norte, la energía trifásica puede alimentar un bloque de apartamentos de varias unidades, pero cada unidad solo recibe alimentación de una de las fases. En áreas de menor densidad, solo se puede usar una sola fase para la distribución. Algunos electrodomésticos europeos grandes pueden funcionar con energía trifásica, como estufas eléctricas y secadoras de ropa.

El cableado de las tres fases suele identificarse mediante códigos de color que varían según el país. Se requiere la conexión de las fases en el orden correcto para garantizar el sentido de rotación previsto de los motores trifásicos. Por ejemplo, es posible que las bombas y los ventiladores no funcionen a la inversa. Se requiere mantener la identidad de las fases si existe alguna posibilidad de que se puedan conectar dos fuentes al mismo tiempo; una interconexión directa entre dos fases diferentes es un cortocircuito.

Generación y Distribución

En la central eléctrica, un generador eléctrico convierte la energía mecánica en un conjunto de tres corrientes eléctricas de CA, una de cada bobina (o devanado) del generador. Los devanados están dispuestos de manera que las corrientes varíen sinusoidalmente a la misma frecuencia pero con los picos y valles de sus formas de onda desplazados para proporcionar tres corrientes complementarias con una separación de fase de un tercio de ciclo (120° o $2\pi/3$ radianes). La frecuencia del generador suele ser de 50 o 60 Hz, y varía según el país.

Conexiones del transformador

Un devanado de transformador conectado en "triángulo" está conectado entre fases de un sistema trifásico. Un transformador "estrella" ("estrella") conecta cada devanado desde un cable de fase a un punto neutro común.

En un sistema de "triángulo abierto" o "V", solo se utilizan dos juegos de transformadores. Un sistema delta cerrado puede operar como un delta abierto si uno de los transformadores ha fallado o necesita ser removido. En triángulo abierto, cada transformador debe llevar corriente para sus respectivas fases así como corriente para la tercera fase, por lo que la capacidad se reduce al 87%. Si falta uno de los tres transformadores y los dos restantes tienen una eficiencia del 87 %, la capacidad es del 58 % ($(2/3) \times 87 \%$).

Cuando un sistema alimentado en delta deba conectarse a tierra para protegerlo de sobretensiones, se puede conectar un transformador de puesta a tierra (generalmente un transformador en zigzag) para permitir que las corrientes de falla a tierra regresen de cualquier fase a tierra. Otra variación es un sistema delta "con conexión a tierra en esquina", que es un delta cerrado que está conectado a tierra en una de las uniones de los transformadores.

Circuitos de tres y cuatro hilos

Hay dos configuraciones trifásicas básicas: delta y estrella (estrella). Cualquiera de los dos tipos se puede cablear para tres o cuatro hilos. El cuarto cable, si está presente, se proporciona como neutro. Las designaciones de '3 hilos' y '4 hilos' no cuentan el cable de tierra utilizado en muchas líneas de transmisión, que es únicamente para protección contra fallas y no transporta corriente en condiciones sin fallas.

Se obtiene un sistema de cuatro hilos con voltajes simétricos entre fase y neutro cuando el neutro está conectado al "punto estrella común" de todos los devanados de suministro. Las tres fases tendrán la misma magnitud de voltajes al neutro en dicho sistema. Se han utilizado otros sistemas no simétricos. En un sistema delta de tramo alto, un devanado de un transformador delta que alimenta el sistema tiene una derivación central y se conecta al neutro. Esta configuración produce tres voltajes. Si el voltaje entre la derivación central y las dos fases adyacentes es del 100 %, el voltaje en cualquiera de las dos fases es del 200 % y entre el neutro y el "tramo alto" es $\approx 173 \%$.

Los sistemas de distribución de tres hilos necesitan un conductor menos y ayudan a redistribuir la carga desequilibrada durante la transformación que regresa a la fuente de generación.

El sistema en estrella de cuatro hilos se usa cuando se requieren voltajes referenciados a tierra o la flexibilidad de más selecciones de voltaje. Las fallas en una fase a tierra provocarán un evento de protección (fusible o disyuntor abierto) localmente y no involucrarán otras fases u otros equipos conectados. Un ejemplo de aplicación es una distribución local en Europa, donde a cada cliente se le alimenta una fase y un neutro. Cuando un conjunto de clientes que comparten el neutro atraen corrientes desiguales, el cable neutro común lleva una corriente como resultado del desequilibrio. Los ingenieros eléctricos intentan diseñar el sistema para que las cargas estén lo más equilibradas posible. Al distribuir una gran cantidad de casas en las tres fases, en promedio se observa una carga casi equilibrada en el punto de suministro.

en untrifásico, cuatro hilos, delta(delta de rama alta), el neutro es una derivación central en uno de los devanados de suministro de fase delta. Esto también puede ser alimentado por dos transformadores monofásicos en un V formación (delta abierta).

Circuitos de potencia trifásicos

Ejemplo: El voltaje en el primario de un transformador reductor de 15 a 1 es de 7200 voltios. ¿Cuál es el voltaje en la carga?

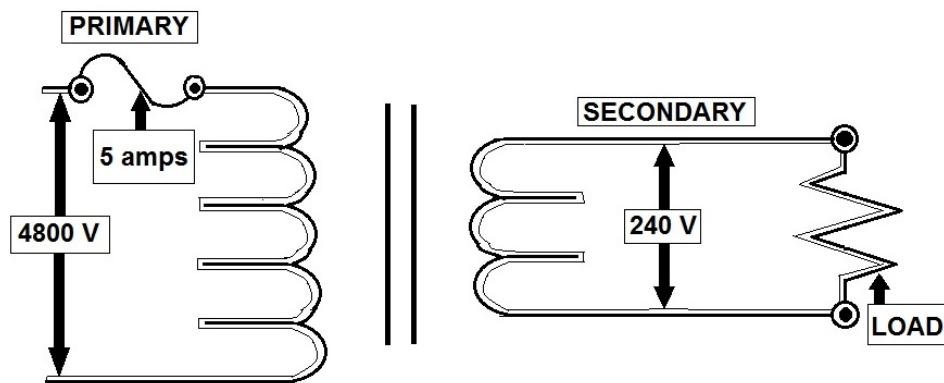
Si la carga consume 30 amperes, ¿cuánta corriente hay en el primario y cuántos KVA se entregan a la carga?

El voltaje entregado a la carga es $7200/15 = 480$ voltios.

La corriente en el primario es $30/15 = 2$ amperios.

Los KVA entregados a la carga son casi $2 \times 7200 = 30 \times 480 = 14,4$ KVA.

Si supusiéramos una eficiencia inferior al 100% de corriente y KVA en el primario sería algo superior.



Ejercicio de práctica A

Un transformador destinado a bajar 4800 voltios a 240 tiene un fusible en la línea de entrada al primario que se quemará a 5 amperios.

- A. ¿Cuál es la relación de vueltas secundaria a primaria? _____
- B. ¿Cuál ES la corriente máxima que puede suministrar el secundario? _____
- C. ¿Cuál es la salida máxima de KVA? _____

Ejercicio de práctica B

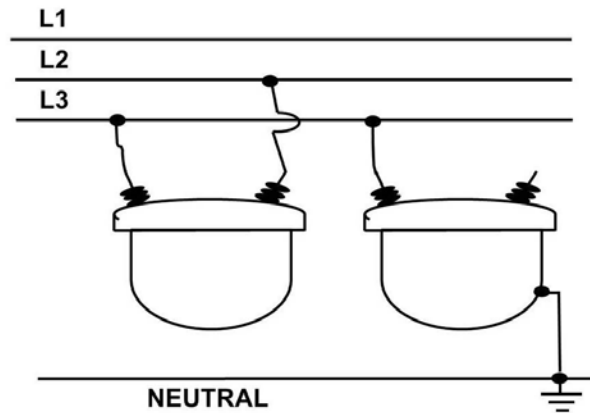
Un transformador delta-estrella produce 120 voltios de cualquier línea al neutro. El voltaje primario de línea a línea es 2400. Calcular:

- A. La relación de vueltas. _____
- B. Primaria *Devanado* actual si la corriente de la línea secundaria es de 40 amperios. _____
- C. Voltaje secundario de línea a línea. _____
- D. Corriente de línea primaria si la corriente de línea secundaria es de 40 amperios. _____

Conexiones de transformadores para potencia monofásica

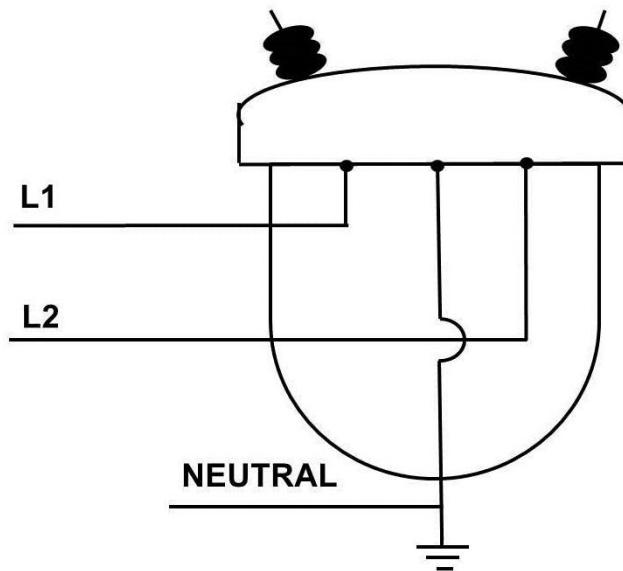
Al conectar cualquier transformador a las líneas eléctricas, asegúrese siempre de que:

- la relación de espiras dará -la tensión secundaria deseada.
- no se exceda la tensión nominal del primario del transformador.
- No se excederá la clasificación de KVA del transformador.



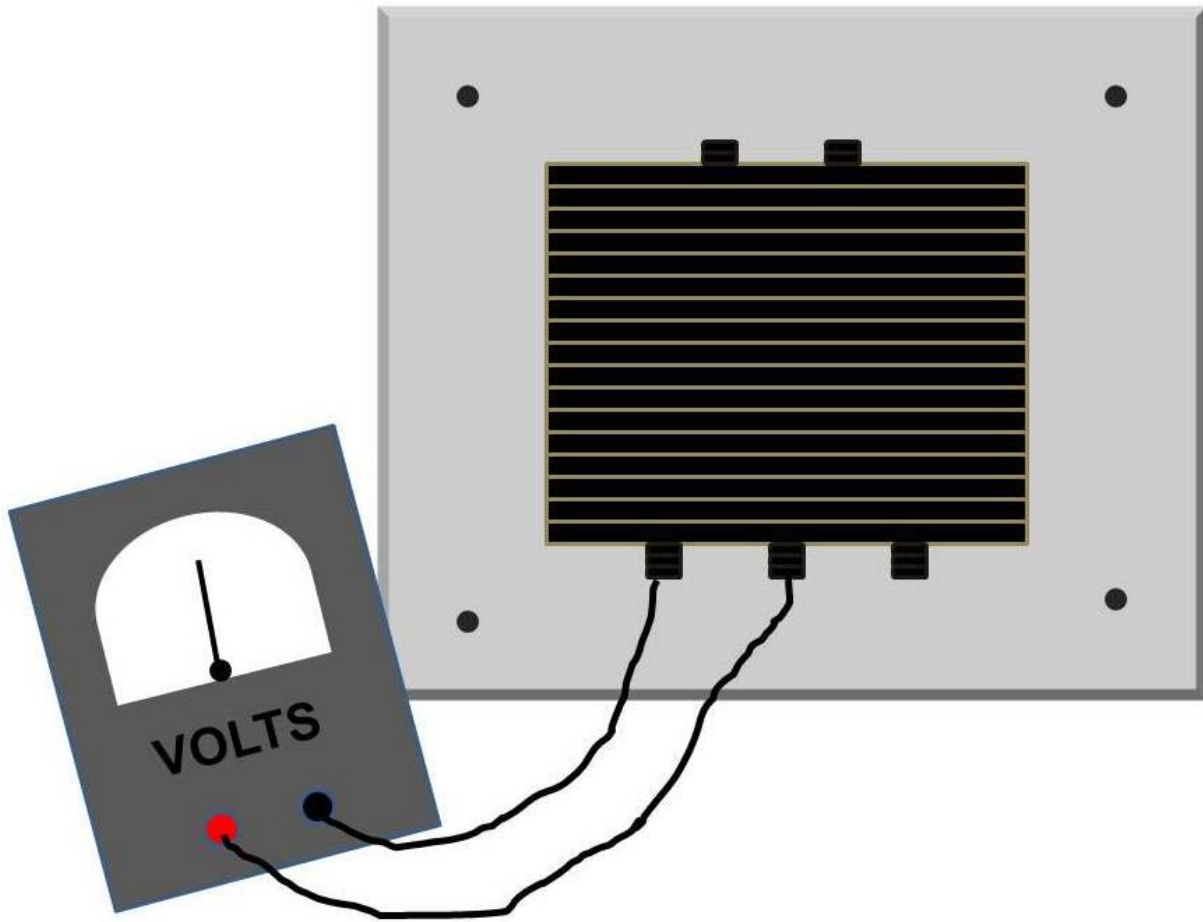
Primario. Los transformadores monofásicos con dos terminales primarios o conductores aislados para alta tensión pueden conectarse entre dos conductores calientes o entre un conductor caliente y el neutro.

Los transformadores con un solo terminal primario aislado para alta tensión deben conectarse entre un conductor caliente y el neutro.



Secundario. Si un devanado secundario tiene tres terminales, el del medio probablemente sea una derivación central en el devanado.

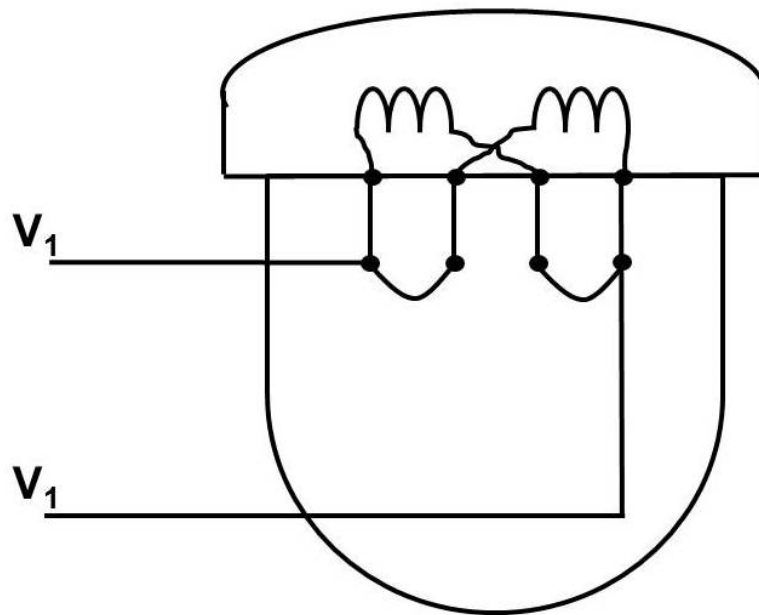
El terminal de derivación central generalmente está conectado a tierra. Si se van a suministrar cargas de media tensión además de tensión plena, se conecta un conductor neutro conectado a tierra al terminal central.



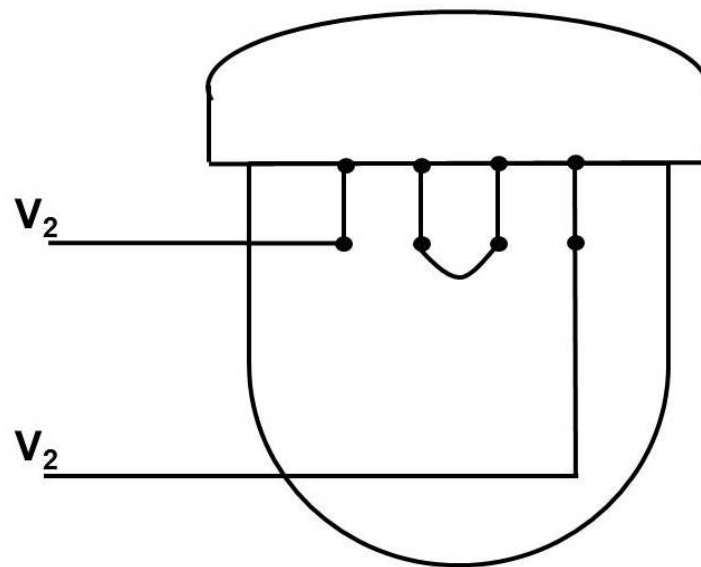
Si el secundario tiene tres terminales y no está seguro de cuál es la derivación central, aplique un voltaje de prueba al primario y mida el voltaje entre los pares de terminales del secundario. El terminal de derivación central leerá la mitad del voltaje a cualquiera de los otros.

$$\frac{V_S}{V_L} = \frac{T_S}{T_P} = \text{TURNS RATIO}$$

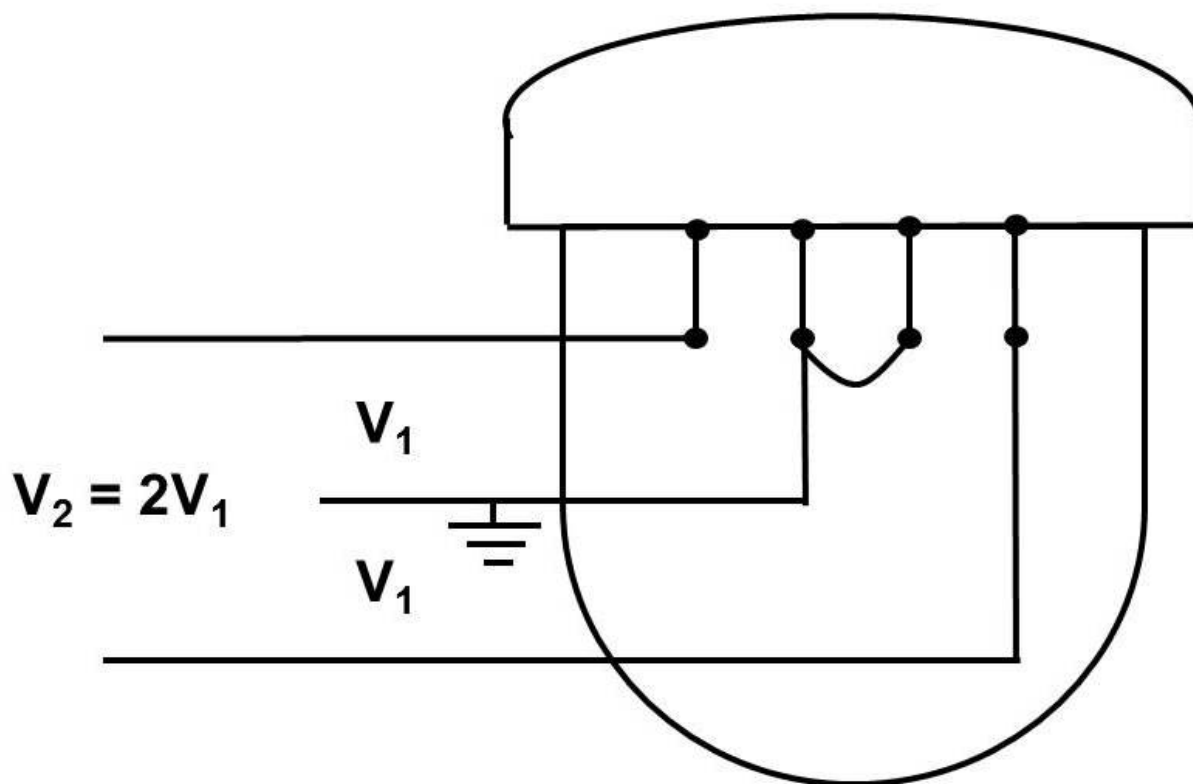
A menudo hay dos devanados secundarios separados y cuatro terminales o conductores.



a) Si solo se van a suministrar cargas de media tensión, conecte los devanados secundarios en paralelo.



b) Si solo se van a suministrar cargas de tensión completa, conecte los devanados en serie.



c) Si se van a suministrar cargas tanto de media tensión como de plena tensión, conecte los devanados en serie y agregue un conductor neutro puesto a tierra en la unión de los devanados.

Los terminales de los transformadores generalmente se organizan de manera que al conectar los terminales centrales los devanados estén en serie, y al conectar los pares de terminales adyacentes los devanados estén en paralelo. Sin embargo, si tiene alguna duda, pruebe el transformador:

Primero: Identifique los devanados con un ohmímetro. Si dos terminales o conductores están conectados internamente a través de un devanado, la lectura de resistencia entre ellos será bastante baja.

NO CONECTE ESTOS TERMINALES JUNTOS EXTERNAMENTE.

Esto provocaría un cortocircuito en el devanado.

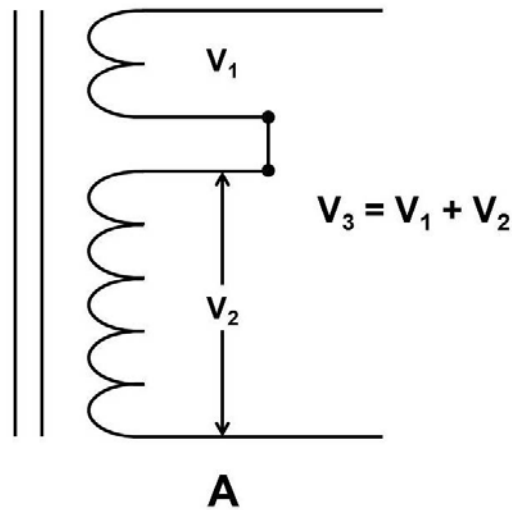
Si la lectura entre dos terminales es infinita, están en devanados separados.

Segundo: Conecte un cable o terminal de cada devanado secundario juntos. Aplique un voltaje de prueba de CA al primario y mida el voltaje entre los dos conductores o terminales secundarios restantes.

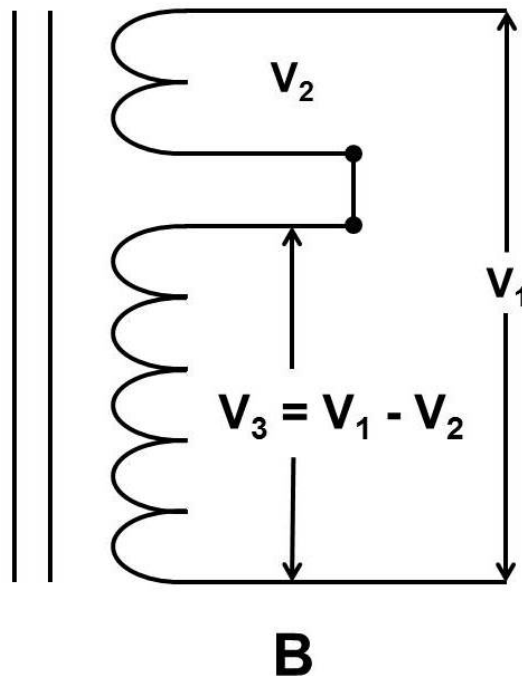
Si el voltaje es cero, los terminales se pueden conectar para operación en paralelo. Si es el doble del voltaje en un devanado individualmente, los devanados están en serie. Invierta una de las conexiones del devanado secundario para paralelo.

Cuando una carga requiere un voltaje algo diferente del voltaje de línea disponible, los transformadores a veces se usan en una configuración de "reducción/elevación".

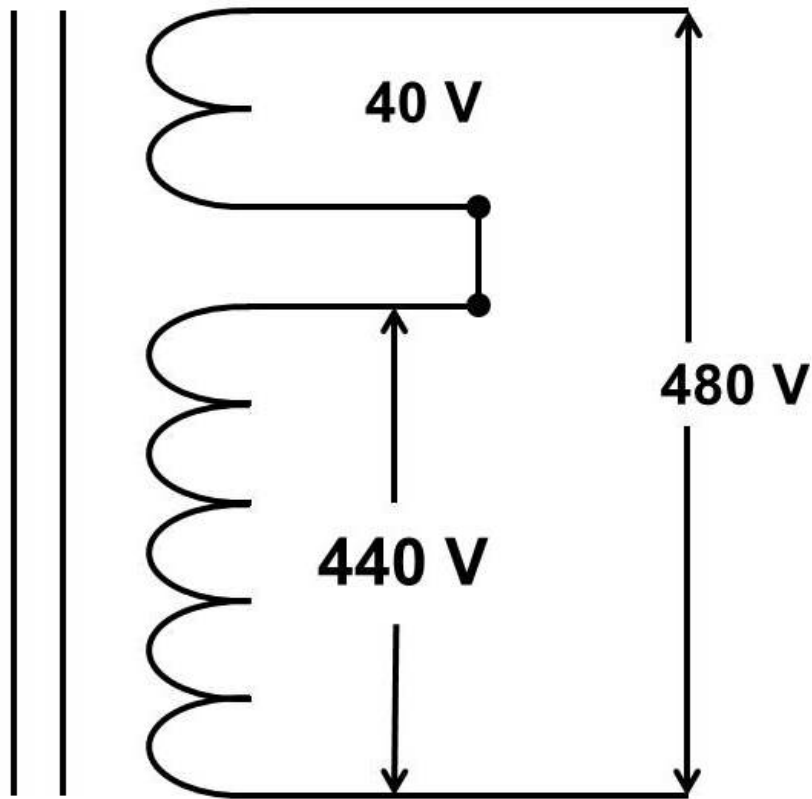
Los transformadores destinados a este tipo de servicio tienen un devanado principal destinado a tomar voltajes de línea y uno o más devanados con relativamente pocas vueltas. Los devanados están conectados entre sí, de modo que el transformador se convierte en un autotransformador, con un solo devanado.



A. Para un voltaje de salida aumentado, el voltaje de entrada se aplica a través del devanado principal y el voltaje de salida se toma a través de ambos devanados en serie.

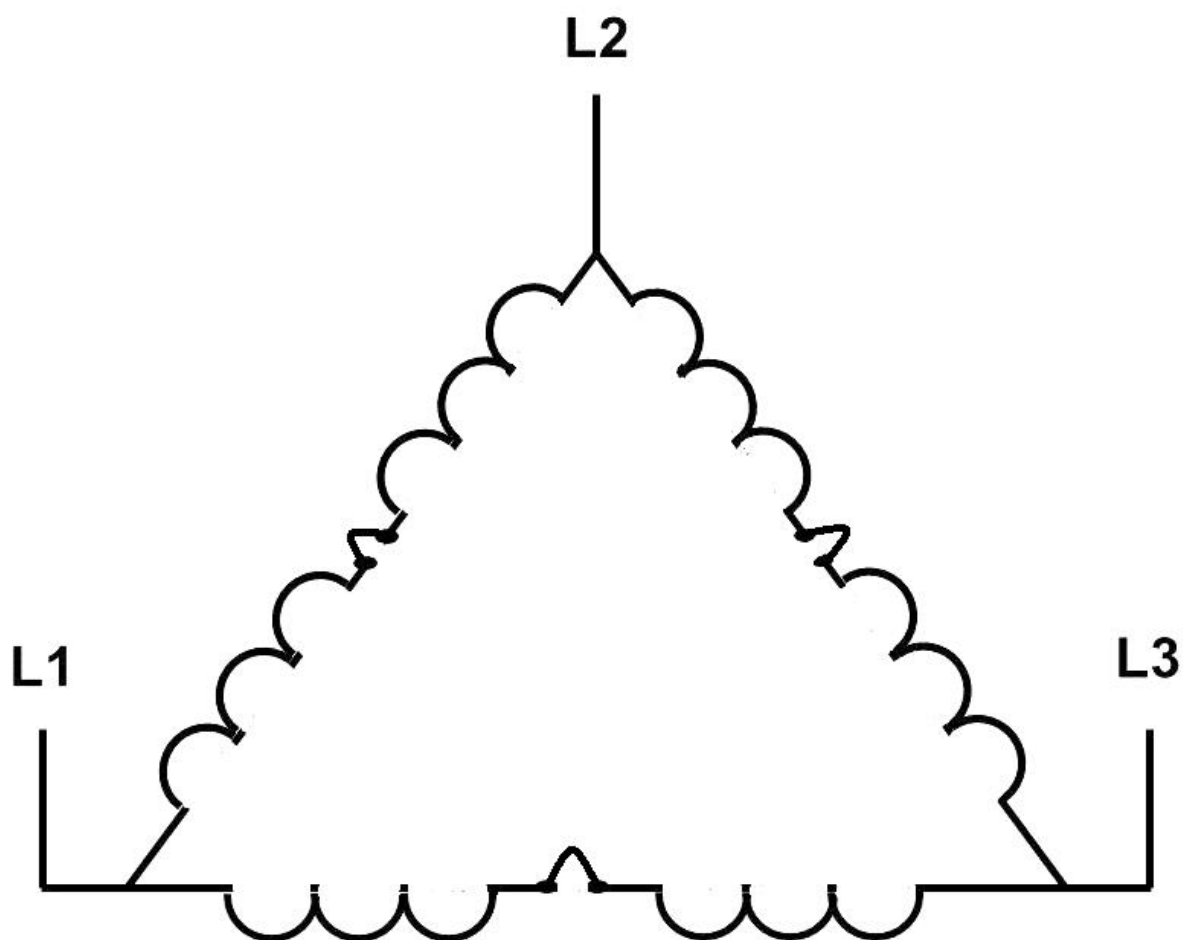


B. Para un voltaje reducido, el voltaje de entrada se aplica a través de ambos devanados en serie y la salida se toma solo del devanado principal.



Si, por ejemplo, las líneas de suministro local proporcionan 440 voltios, pero un motor nuevo tiene una capacidad nominal de 480, se conectaría un transformador reductor/elevador como en A.

$$\frac{V_S}{V_L} = \frac{T_S}{T_P} = \text{TURNS RATIO}$$



Ejercicio práctico

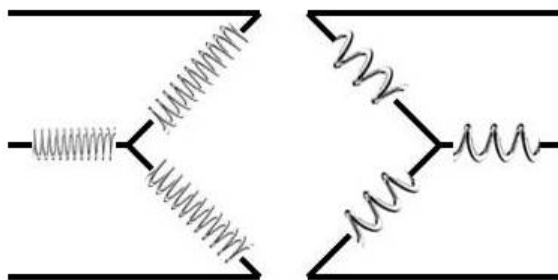
Conexiones de Transformadores para Potencia Trifásica

Muchas instalaciones grandes de transformadores de potencia proporcionan las tres fases, ya sea con un transformador trifásico de una sola unidad o con tres transformadores monofásicos individuales. En ambos casos hay tres devanados primarios y tres devanados secundarios. Los devanados primario y secundario de un sistema de transformador pueden conectarse en ESTRELLA o DELTA.

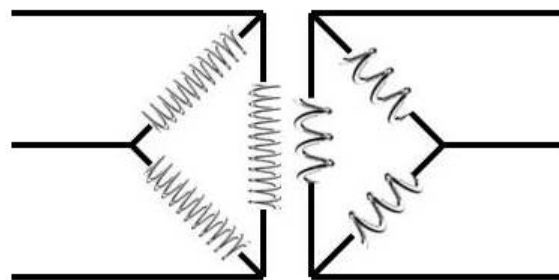
En una conexión en estrella, un extremo de cada uno de los devanados está conectado a una unión neutra. El otro extremo de cada bobinado está conectado a una línea eléctrica.

En una conexión delta, los devanados están conectados entre sí en serie y un conductor caliente está conectado a cada unión.

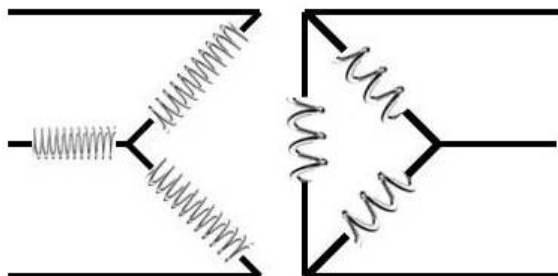
Hay cuatro arreglos posibles de circuitos de transformadores trifásicos:



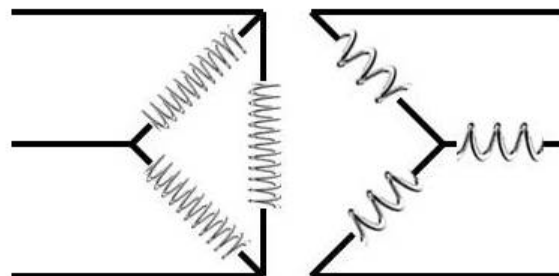
WYE : WYE



DELTA : DELTA



WYE : DELTA

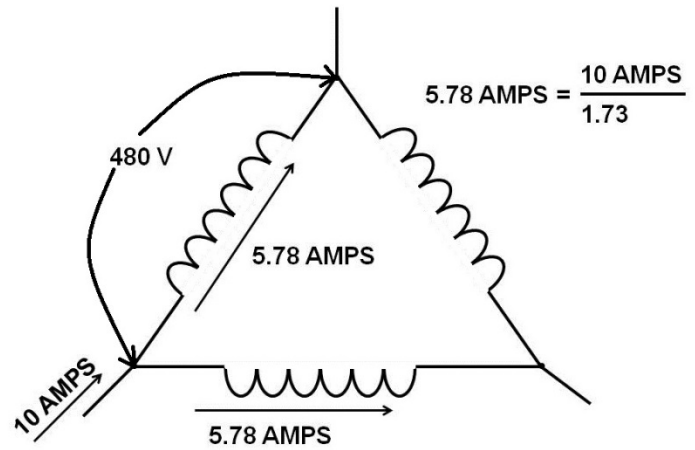


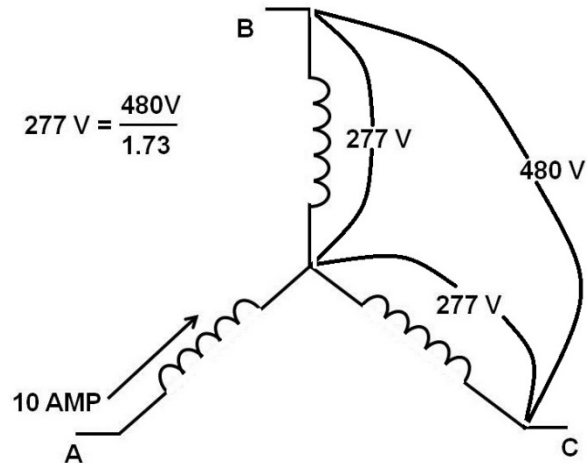
DELTA : WYE

En las conexiones triángulo-triángulo y estrella-estrella, la tensión y la corriente simplemente se transformarán de acuerdo con las reglas de relación de transformación.

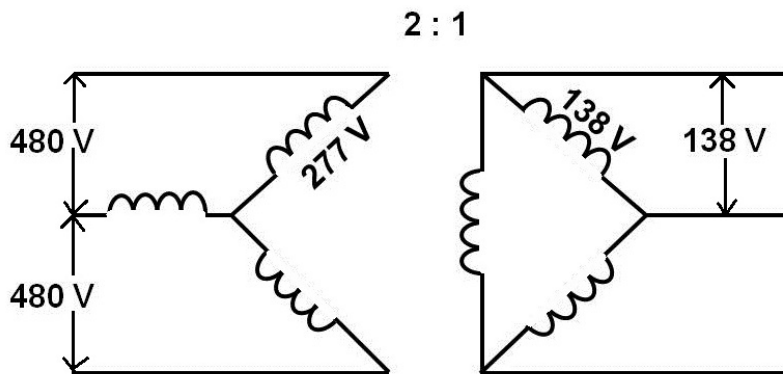
Pero en las conexiones triángulo-estrella y estrella-triángulo, la simple aplicación de la relación de espiras no proporcionará los valores correctos de tensión y corriente secundaria. Se deben tener en cuenta factores adicionales, porque la corriente se divide en delta y el voltaje se divide en estrella.

a) En una conexión delta, el voltaje a través de un devanado es el mismo que el voltaje de línea a línea. Pero la corriente de línea se divide entre los devanados en delta. La corriente en cada devanado la corriente de línea se divide por 1,73.

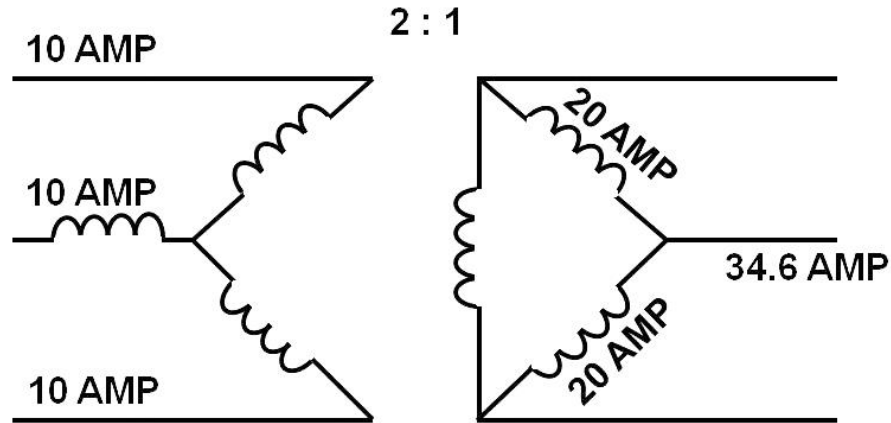




b) En cualquier conexión en estrella, la corriente de línea y la corriente de devanado son las mismas. Pero el voltaje de línea a línea se divide entre dos devanados en estrella. El voltaje en cada devanado es el voltaje de línea a línea dividido por 1,73.



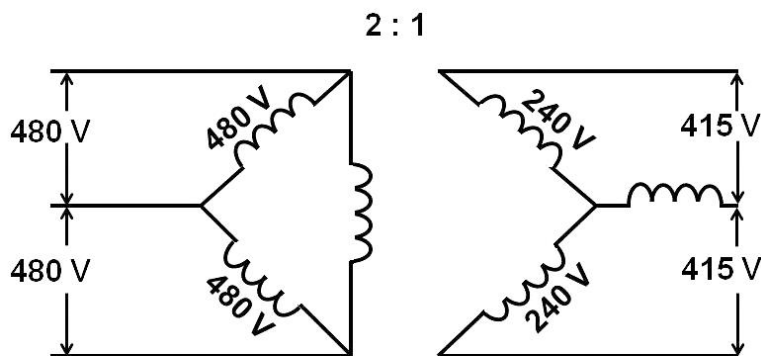
$$\begin{aligned}
 V_S &= V_P \div 1.73 \times \text{TURNS RATIO} \quad \frac{V_S}{V_P} \\
 &= 480 \text{ V} \div 1.73 \times (1/2) \\
 &= 138 \text{ V}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 I_s &= I_p \div \text{TURNS RATIO} \times 1.73 \\
 &= 10 \text{ AMP} \div (1/2) \times 1.73 \\
 &= 34.6 \text{ AMPS}
 \end{aligned}$$

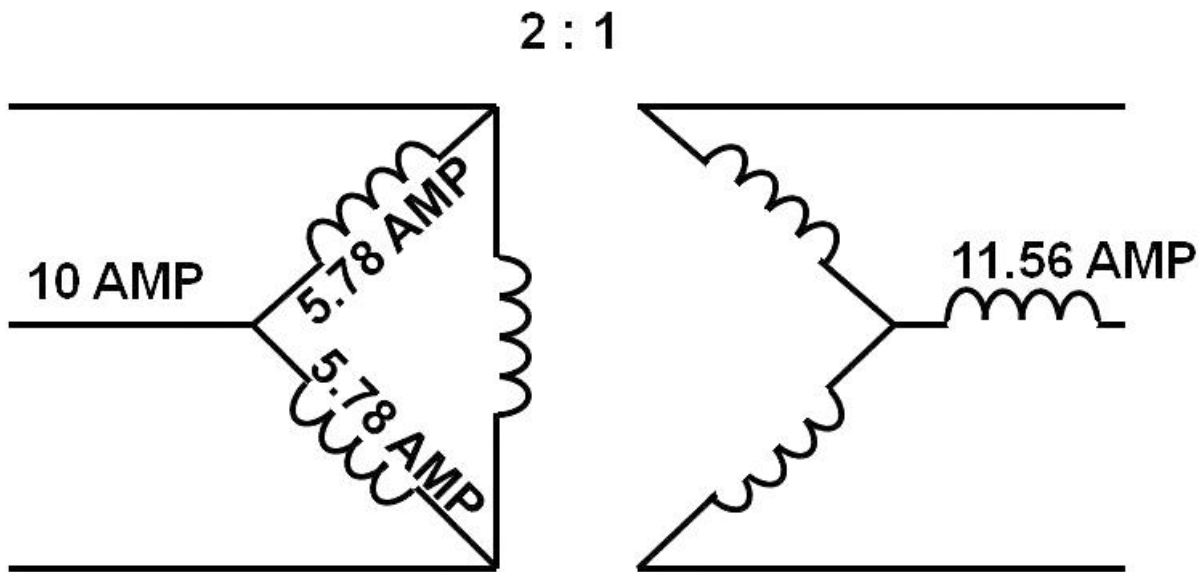
Así que en un transformador estrella-triángulo:

Cada devanado primario tendrá un voltaje de línea a línea dividido por 1,73. Este se transforma de acuerdo con la relación de vueltas al voltaje del devanado secundario. Cada devanado secundario tiene una línea eléctrica conectada a cada extremo, por lo que el voltaje de salida de línea a línea es el mismo que el voltaje del devanado secundario.



$$\begin{aligned}
 V_s &= V_p \times \text{TURNS RATIO} \times 1.73 \\
 &= 480 \text{ V} \times (1/2 \text{ OR } .5) \times 1.73 \\
 &= 415 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Cada devanado primario tendrá corriente de línea en él. Esta se transforma de acuerdo con la relación de vueltas a la corriente del devanado secundario. Dado que la corriente en cada devanado secundario es la corriente de la línea secundaria dividida por 1,73, la corriente de la línea secundaria es la corriente del devanado secundario multiplicada por 1,73.



$$\begin{aligned}
 I_s &= I_p \div 1.73 \div \text{TURNS RATIO} \\
 &= 10 \text{ AMP} \div (1/2 \text{ OR } .5) \div 1.73 \\
 &= 11.5 \text{ AMPS}
 \end{aligned}$$

En un transformador delta-estrella:

El voltaje de línea a línea a través de cada devanado primario se transforma de acuerdo con la relación de vueltas de cada devanado secundario.

Dado que el voltaje del devanado secundario es el voltaje de línea a línea dividido por 1,73, el voltaje de salida de línea a línea es el voltaje del devanado secundario multiplicado por 1,73.

La corriente del devanado primario es la corriente de línea dividida por 1,73. La corriente del devanado se transforma de acuerdo con la relación de vueltas en la corriente del devanado secundario. Dado que cada devanado secundario alimenta una línea eléctrica, la corriente de salida es la corriente del devanado secundario.

Ejercicio práctico

Un transformador delta-estrella produce 120 voltios desde cualquier línea hasta el neutro. El voltaje primario de línea a línea es 2400. Calcule:

- A. La relación de vueltas.
- B. Corriente del devanado primario si la corriente de la línea secundaria es de 40 amperios.
- C. Voltaje secundario de línea a línea.
- D. Corriente de línea primaria si la corriente de línea secundaria es de 40 amperios.

Identificación y conexión de conductores o terminales

1. Energía trifásica de un transformador trifásico de una sola unidad:

Los transformadores trifásicos tendrán al menos tres terminales primarios y tres terminales secundarios.

Los cuartos terminales no aislados en el lado primario o secundario son la unión neutra de una conexión en estrella. Si no hay cuartos terminales, la conexión interna probablemente sea delta.

Un conductor de alto voltaje está conectado a cada terminal primario y un conductor de bajo voltaje está conectado a cada terminal secundario.

Los cuartos terminales suelen estar conectados a tierra y conectados a sus respectivos conductores neutros.

El único problema posible es que la secuencia de fases puede invertirse.

Las fases de un sistema trifásico generalmente se etiquetan como A, B y C correspondientes a las líneas de fuente L 1, L2, L3 y las líneas de carga T1, T2, T3. Cada fase alcanza un pico de tensión en un momento diferente. En secuencia normal: A alcanza su punto máximo primero, seguido de B y luego de C.

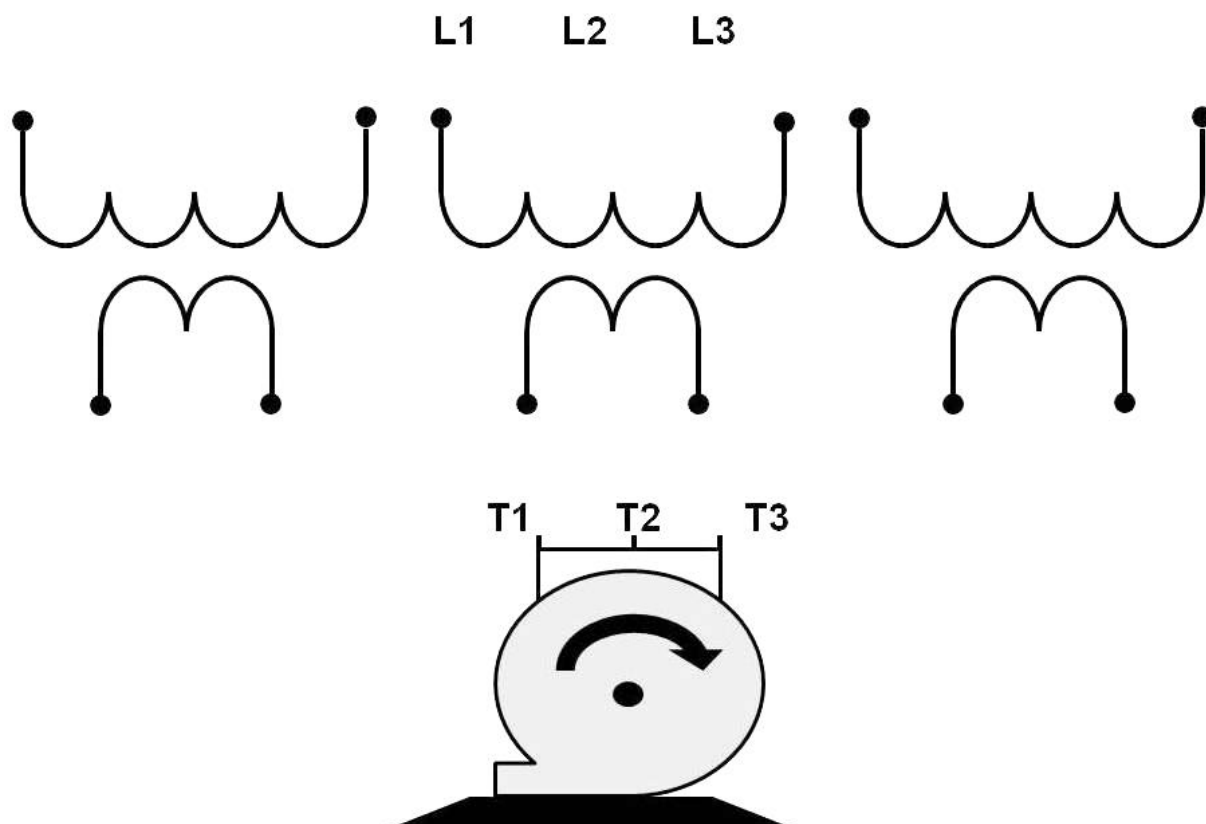
Tensiones y sistemas de distribución de energía que pueden encontrarse en:

120/240	1 fase 3 hilos
120/208	3 fases 4 hilos "Y"
120/208	3 fases 3 hilos "D"
277/480	Fase a tierra/fase a fase en un sistema trifásico de 480 voltios"
347/600	Fase a tierra/fase a fase en un sistema trifásico de 600 voltios"

Si se invierten dos conductores primarios o secundarios cualesquiera, ya sea en el transformador o en el motor, el efecto será que C alcanzará el pico antes que B y 8 antes que A. Los motores funcionarán al revés.

Si no está seguro de las conexiones de fase adecuadas, conecte los conductores primario y secundario en cualquier orden. Sin embargo, antes de aplicar energía, verifique la dirección de rotación de un motor donde la rotación inversa no cause ningún problema. Primero desacople el motor, eso si es necesario. Si el motor gira en la dirección correcta, todos los demás motores alimentados por el mismo transformador también girarán en la dirección correcta.

Si el motor funciona al revés, desconecte la alimentación e intercambie las dos líneas primarias o cualquier línea secundaria. Por convención, las fases A y C se intercambian para invertir la dirección de rotación del motor.



Ejercicio práctico

Energía trifásica de tres transformadores monofásicos

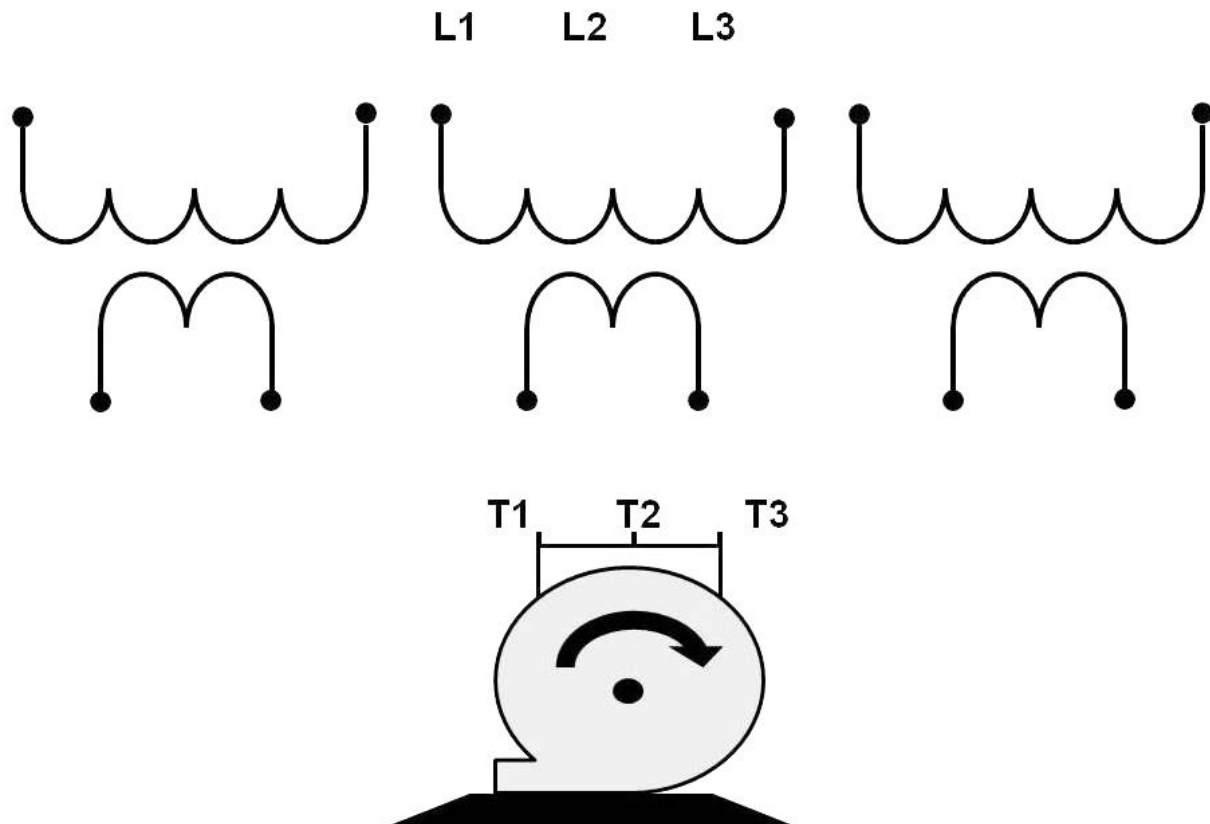
Al igual que en un transformador trifásico de una sola unidad, hay tres devanados primarios y tres secundarios. Sin embargo, hay más posibilidades de que se produzca una conexión incorrecta, porque los devanados secundarios a menudo se dividen en dos partes y todos los terminales o conductores del devanado están disponibles para la conexión.

La polaridad de las conexiones, así como la secuencia de fases, debe ser correcta.

La polaridad se refiere a la relación entre los voltajes primario y secundario.

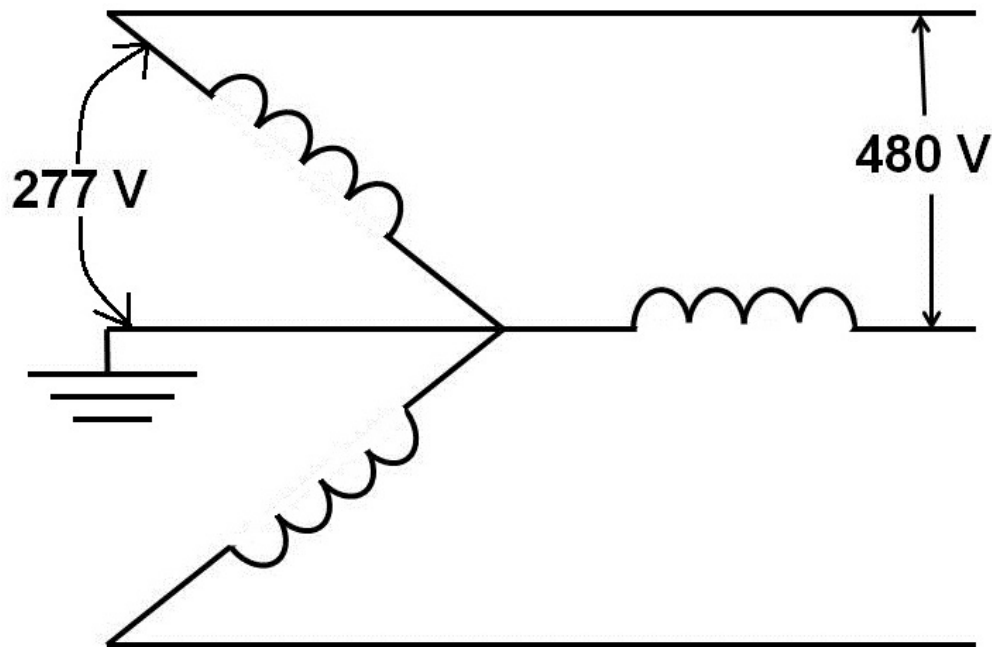
Si se invierte la polaridad de cualquiera de los devanados, se invertirá el voltaje de una fase, disparando rápidamente los disyuntores, quemando los fusibles o dañando los motores.

Por lo general, no habrá problemas de polaridad siempre que L1, L2 y L3 estén conectados de la misma manera a los terminales primario y secundario de transformadores similares.



Conecte los tres transformadores en estrella-estrella y conecte el motor para que funcione en la dirección de avance y sin polaridad de fase inversa.

Puesta a tierra de sistemas trifásicos



Las uniones neutrales de los devanados de transformadores conectados en estrella, tanto primarios como secundarios, generalmente están conectados a tierra. Como resultado, los voltajes a tierra en las líneas eléctricas en un sistema en estrella serán iguales al voltaje de línea a línea dividido por 1,73. El voltaje de línea a línea será igual al voltaje de línea a tierra multiplicado por 1,73. Si los voltajes son diferentes a estos en cualquier línea eléctrica, algo anda mal.

Sistemas Delta

Los sistemas delta no tienen un punto de conexión a tierra conveniente. A veces, se dejan sin conexión a tierra. En este caso, las mediciones de voltaje a tierra en las tres líneas eléctricas principales pueden no ser significativas. Si se usa un voltímetro de baja resistencia, el acto de medir el voltaje pone a tierra la fase y el voltaje puede leerse muy bajo o cero. Si se usa un voltímetro de alta resistencia, el voltaje a tierra en las líneas de fase debe ser aproximadamente igual al voltaje de línea a línea dividido por 1,73, como en los sistemas en estrella.

Si el voltaje es cero o muy bajo en una fase, y el mismo que el voltaje de línea a línea en las otras dos, hay un corto a tierra en la fase de bajo voltaje. El funcionamiento del equipo no se verá afectado por un corto a tierra. Pero si se desarrollara otro corto a tierra, corrientes peligrosas fluirían entre los cortos.

Es importante detectar y reparar los cortos a tierra rápidamente.

Los sistemas delta con conexión a tierra en las esquinas están permanentemente conectados a tierra en una fase.

El voltaje en la fase conectada a tierra será naturalmente cero, y el voltaje a tierra en las otras dos fases será igual al voltaje de línea a línea.

Ya sea que los conductores o transformadores estén conectados a tierra o no, todos los marcos, carcasas, conductos, bandejas de cables, conductos de barras y partes expuestas de los equipos deben conectarse a tierra por seguridad.

Interruptores de circuito

AFCI (interruptores de circuito por falla de arco)

Cuando se abre o cierra un interruptor eléctrico, se produce un arco o descarga de electricidad a través de un circuito. Pueden ocurrir arcos involuntarios en conexiones sueltas o donde los alambres o cables se hayan dañado. Dichos arcos pueden provocar altas temperaturas y chispas, posiblemente inflamando combustibles. Los AFCI (interruptores de circuito por falla de arco) protegen contra incendios al monitorear continuamente la corriente eléctrica en un circuito y apagar el circuito cuando ocurre un arco involuntario. Estos dispositivos están diseñados para discriminar entre arcos no intencionados y el tipo de arco que ocurre cuando se acciona un interruptor.

GFCI (interruptores de circuito de falla a tierra)

Una falla a tierra es una ruta eléctrica no intencional entre una fuente de corriente eléctrica y una superficie conectada a tierra. Puede ocurrir una descarga eléctrica si una persona entra en contacto con una parte energizada. Los GFCI (interruptores de circuito por falla a tierra) pueden reducir en gran medida el riesgo de descarga al apagar inmediatamente un circuito eléctrico cuando ese circuito representa un peligro de descarga (es decir, una persona entra en contacto con un aparato defectuoso junto con una superficie conectada a tierra). Los GFCI se pueden instalar en una placa de panel de disyuntores o directamente en una toma de corriente.

Hechos y Cifras

- **AFCI** la instalación es requerida por el *Código Eléctrico Nacional® (NEC)* en dormitorios de obra nueva residencial (vigente a partir del 1 de enero de 2002). Los dormitorios fueron seleccionados como la primera área en la cual implementar este requisito debido al historial de incendios allí.
- **ICFT** la instalación es requerida por el *Comité ejecutivo nacional* para receptáculos en cocinas, baños, áreas al aire libre, sótanos y garajes en construcciones residenciales nuevas debido a un historial de riesgos de descarga eléctrica en estas áreas.

¿Qué son los interruptores de circuito por falla de arco (AFCI)?

El requisito del National Electrical Code® (NEC®) de 2008 para la protección AFCI amplía considerablemente esta tecnología de prevención de incendios a la mayoría de los circuitos instalados en casas nuevas y renovadas. El tipo de AFCI actualmente disponible comercialmente es un disyuntor de próxima generación que no solo brinda las funciones de seguridad convencionales, sino que su diseño avanzado también detecta rápidamente arcos potencialmente peligrosos y desconecta la energía en el circuito antes de que pueda comenzar un incendio. Los funcionarios de seguridad contra incendios de los Estados Unidos respaldan los AFCI como un importante paso adelante en la seguridad eléctrica contra incendios.

¿Por qué deben instalarse en los hogares?

Los AFCI salvarán vidas y harán que los hogares sean más seguros. Según la Administración de Incendios de EE. UU., cada año, los problemas eléctricos en el hogar provocan alrededor de 70,000 incendios, lo que resulta en 485 muertes y \$868 millones en pérdidas de propiedad.

¿Por qué exigir AFCI para viviendas más nuevas cuando las estadísticas muestran que la mayoría de los problemas han ocurrido en viviendas más antiguas?

Los funcionarios de seguridad contra incendios recomiendan el uso de AFCI en todas las viviendas. Si bien es cierto que las estadísticas de incendios en muchos casos se derivan de viviendas más antiguas, pueden ocurrir daños a los cables de los electrodomésticos o a los cables ocultos en una pared, independientemente de la antigüedad de la casa. Además, las instalaciones eléctricas realizadas incorrectamente pueden ocurrir tanto en casas nuevas como antiguas. A medida que la tecnología evoluciona y el NEC se revisa, el nivel mejorado de seguridad generalmente se requiere solo en construcciones nuevas que están sujetas a la última edición adoptada. Los hogares cableados según el NEC de 2008 tendrán la mayoría de sus circuitos protegidos por AFCI durante la vida útil del sistema eléctrico.

¿Cómo sabe que los AFCI evitarán incendios y salvarán vidas?

Desde 1999, los AFCI se han probado minuciosamente en el campo. Underwriters Laboratories, la Asociación Nacional de Jefes de Bomberos Estatales (NASFM), la Comisión de Seguridad de Productos del Consumidor de EE. UU. y muchos otros expertos han descubierto que los AFCI son confiables y efectivos. Al eliminar una fuente importante de incendios relacionados con la electricidad, las estadísticas futuras demostrarán una reducción en los incendios de origen eléctrico.

¿Son caros los AFCI?

El costo de la protección mejorada está directamente relacionado con el tamaño de la vivienda y la cantidad de circuitos instalados. Los precios minoristas actuales de los interruptores automáticos tipo AFCI en varias cadenas nacionales de suministro de edificios están en el rango de \$35 a \$40 por unidad. Incluso para casas más grandes con más circuitos, el aumento del costo es insignificante en comparación con el costo total de la casa, particularmente cuando se tiene en cuenta el mayor nivel de seguridad.

¿Los AFCI interfieren con las alarmas de humo y los electrodomésticos, y se disparan innecesariamente? Los AFCI no interfieren con la confiabilidad del suministro de energía. Estos dispositivos de última generación identifican problemas contra los que los disyuntores de corriente no están diseñados para proteger, lo que puede resultar en lo que parece ser un disparo inexplicable del disyuntor. Al identificar realmente estos problemas, los residentes están más seguros.

Los departamentos de bomberos de EE. UU. respondieron a un promedio anual estimado de 47,820 incendios en estructuras de viviendas que involucraron fallas eléctricas o mal funcionamiento en 2007-2011. Estos incendios provocaron 455 muertes de civiles, 1518 heridos civiles y \$1500 millones en daños directos a la propiedad.

- Reemplace o repare los cables eléctricos dañados o sueltos.
- Evite pasar cables de extensión a través de puertas o debajo de alfombras.
- En hogares con niños pequeños, asegúrese de que su hogar tenga receptáculos a prueba de manipulaciones (TR).
- Considere que un electricista calificado agregue circuitos o enchufes adicionales para que no tenga que usar cables de extensión.
- Siga las instrucciones del fabricante para enchufar un aparato en un tomacorriente. Evite sobrecargar los tomacorrientes. Enchufe solo un electrodoméstico de alto voltaje en cada tomacorriente a la vez.
- Si los tomacorrientes o interruptores se sienten calientes, problemas frecuentes con fusibles quemados o circuitos que se disparan, o luces parpadeantes o atenuadas, llame a un electricista calificado.
- Coloque las lámparas en superficies niveladas, lejos de cosas que puedan quemarse y use bombillas que coincidan con la potencia recomendada de la lámpara.
- Asegúrese de que su hogar tenga interruptores de circuito de falla a tierra (GFCI, por sus siglas en inglés) en los baños de la cocina, lavandería, sótano y áreas al aire libre.
- Los interruptores de circuito por falla de arco (AFCI, por sus siglas en inglés) deben instalarse en su hogar para proteger los enchufes eléctricos.

Los dispositivos de protección capaces de responder a sobrecargas y cortocircuitos, tales como disyuntores, han estado disponibles durante varios años. Las tecnologías más nuevas ahora brindan una protección mejorada contra arcos o fallas a tierra, lo que puede prevenir incendios o descargas eléctricas.

Sección de motores

Ahora nos referiremos al motor, el acoplamiento y los cojinetes. La fuente de alimentación de la bomba suele ser un motor eléctrico. El motor está conectado por un acoplamiento al eje de la bomba. El propósito de los cojinetes es mantener el eje firmemente en su lugar, pero permitir que gire. La caja de cojinetes soporta los cojinetes y proporciona un depósito para el lubricante. Un impulsor está conectado al eje. El conjunto de la bomba puede tener una configuración vertical u horizontal; los componentes para ambos son básicamente los mismos.

motores

El propósito de esta discusión sobre motores de bombas es identificar y describir los principales tipos de motores, arrancadores, gabinetes y controles de motores, así como brindarle información básica sobre mantenimiento y resolución de problemas. Aunque las bombas pueden ser impulsadas por motores diesel o de gasolina, las bombas impulsadas por motores eléctricos se usan comúnmente en nuestra industria.

Hay dos categorías generales de motores eléctricos:

- Motores de CC, o motores de CA de
- corriente continua, o de corriente alterna

Puede esperar que la mayoría de los motores en las instalaciones sean de tipo CA.

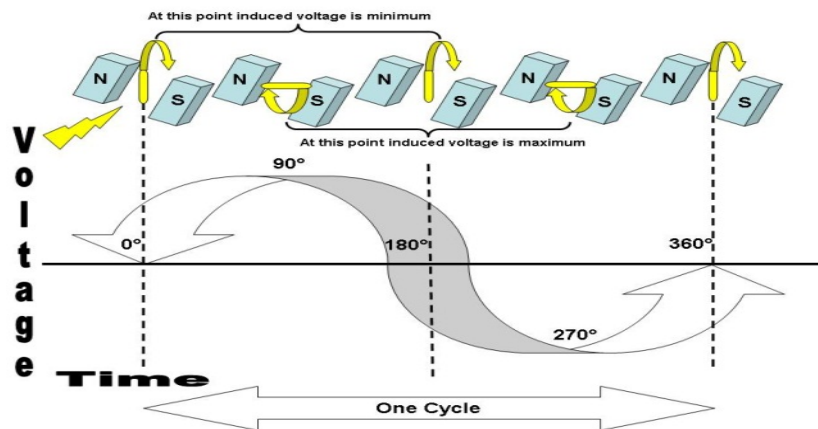
Motores CC

La característica importante del motor de CC es que su velocidad variará con la cantidad de corriente utilizada. Hay muchos tipos diferentes de motores de CC, según cómo estén bobinados y sus características de velocidad/par.



Motores CA

Hay varios tipos diferentes de motores de corriente alterna, como síncronos, de inducción, de rotor bobinado y de jaula de ardilla. El tipo síncrono de motor de CA requiere un equipo de control complejo, ya que utilizan una combinación de CA y CC. Esto también significa que el tipo síncrono de motor de CA se usa en tamaños de caballos de fuerza grandes, generalmente por encima de 250 HP. El motor de tipo de inducción utiliza sólo corriente alterna. El motor de jaula de ardilla proporciona una velocidad relativamente constante. El tipo de rotor bobinado podría usarse como un motor de velocidad variable.



Define los terminos siguientes:

Voltaje:

CEM:

Poder:

Actual:

Resistencia:

Conductor:

Fase:

Fase única:

Tres fases:

Hercios:

Arrancadores de motor

Todos los motores eléctricos, excepto los muy pequeños, como las bombas de alimentación de productos químicos, están equipados con arrancadores, ya sea de voltaje completo o de voltaje reducido. Esto se debe a que los motores consumen una corriente mucho más alta cuando están arrancando y ganando velocidad. El propósito del arrancador de voltaje reducido es evitar que la carga se encienda hasta que el amperaje sea lo suficientemente bajo.

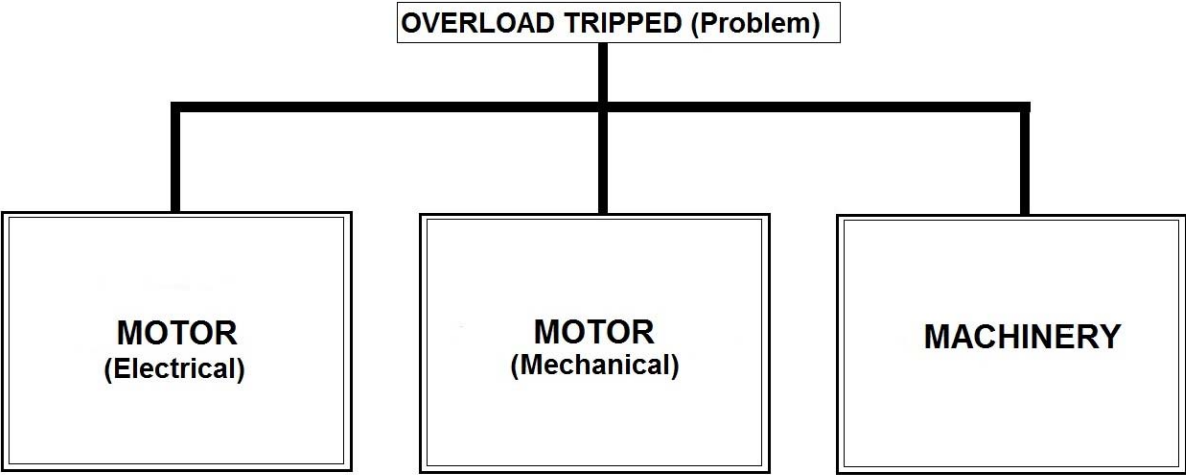
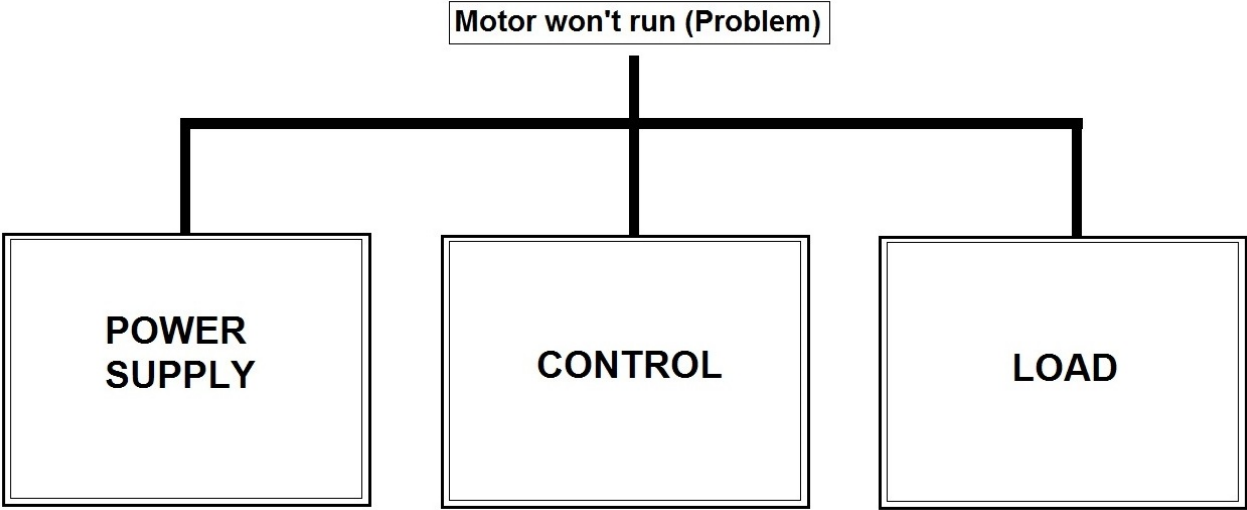
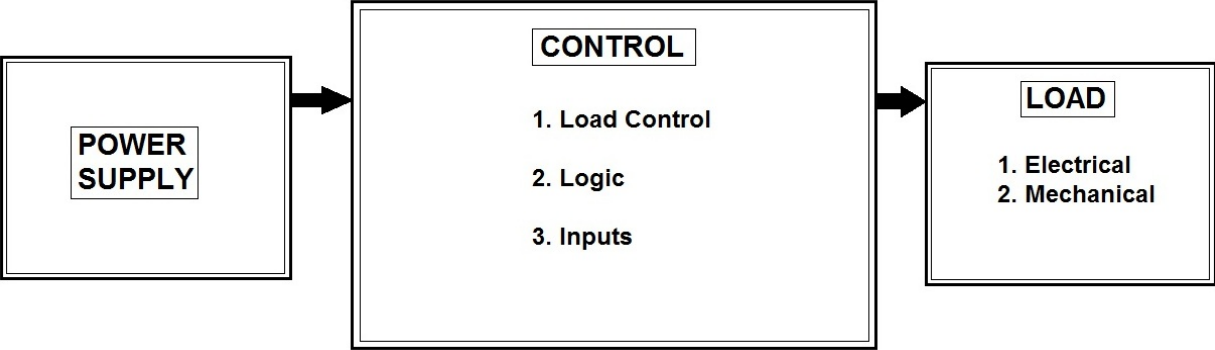
¿Cómo cree que mantener cerrada la válvula de descarga en una bomba centrífuga podría reducir la carga de arranque?

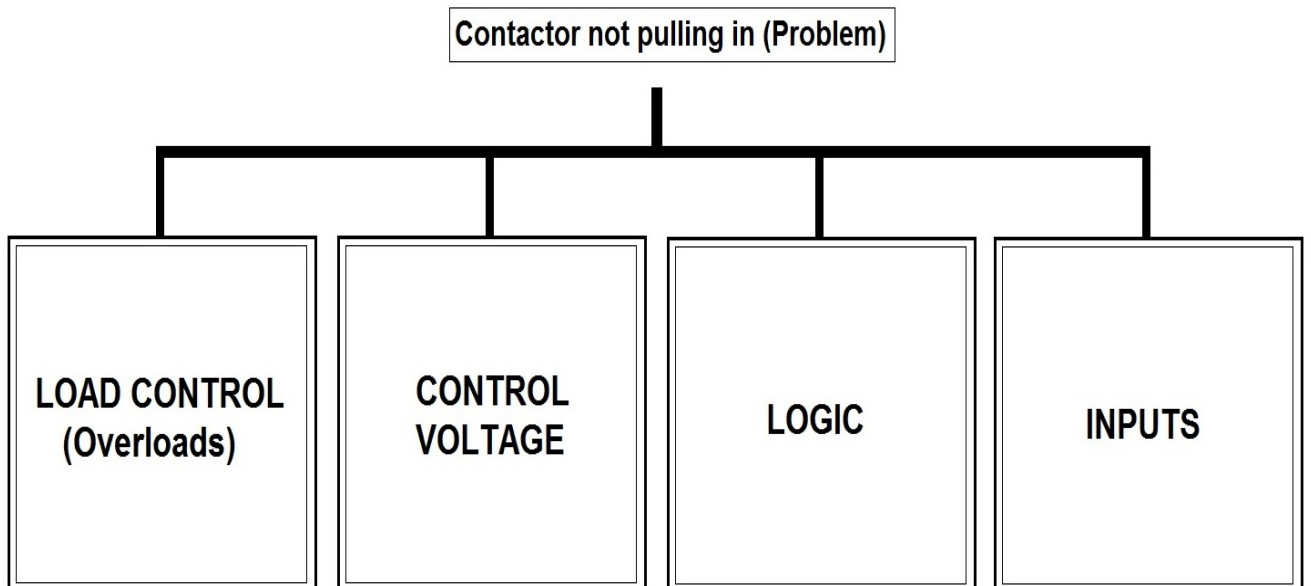
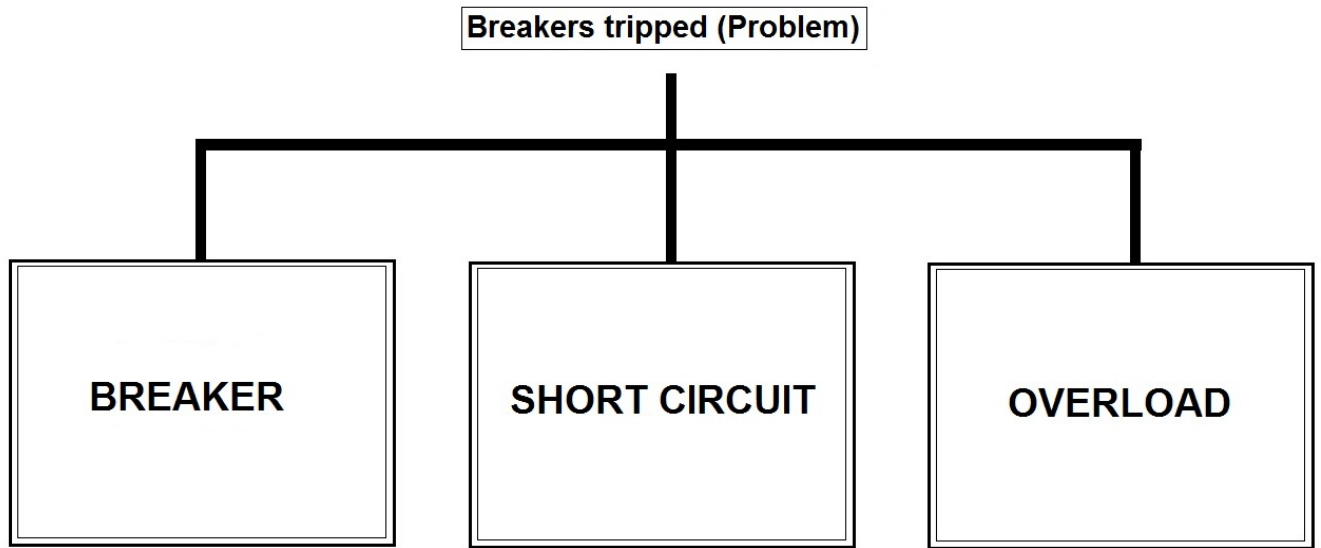
Cajas de motores

Dependiendo de la aplicación, los motores pueden necesitar una protección especial. Algunos motores se conocen como motores abiertos. Permiten el paso del aire para eliminar el calor generado cuando la corriente pasa por los devanados. Otros motores utilizan recintos específicos para entornos especiales o protección de seguridad.



¿Puede pensar en algún lugar dentro de sus instalaciones que requiera recintos especiales?





Dos tipos de motores totalmente cerrados comúnmente utilizados son:

- **TENV**, o motor no ventilado totalmente cerrado **TEFC**, o
- motor enfriado por ventilador totalmente cerrado

Los motores totalmente cerrados incluyen motores a prueba de polvo, agua y explosiones. Se debe proporcionar un recinto a prueba de explosiones en cualquier motor donde se puedan acumular gases peligrosos.

Controles de motores

Todos los motores de las bombas cuentan con algún método de control, generalmente una combinación de manual y automático. Los controles manuales de la bomba se pueden ubicar en el panel de control central de la bomba o en los puntos de succión o descarga del líquido que se bombea.

Hay varias formas de regular el control automático del motor de una bomba:

- Sensores de presión y vacío Intervalos de
- tiempo preestablecidos
- Sensores de flujo
- Sensores de nivel

Dos sensores de nivel típicos son el sensor de flotador y el regulador de burbujas. El sensor de flotador tiene forma de pera y cuelga en el pozo húmedo. A medida que aumenta la altura, el flotador se inclina y el mercurio en el tubo de vidrio fluye hacia el extremo del tubo que tiene dos cables conectados. Cuando el mercurio cubre los cables, cierra el circuito.



Se permite que un suministro de aire a baja presión escape de una tubería de burbujeo en el pozo húmedo. La contrapresión en el suministro de aire variará con el nivel de líquido sobre la tubería. Los interruptores de presión de aire sensibles detectarán este cambio y utilizarán esta información para controlar el funcionamiento de la bomba.

Mantenimiento de motores

Los motores deben mantenerse limpios, libres de humedad y lubricados adecuadamente. La suciedad, el polvo y la mugre obstruirán los espacios de ventilación y, de hecho, pueden formar una capa aislante sobre la superficie metálica del motor.

¿Qué condición ocurriría si la ventilación se bloquea?



Humedad

La humedad daña el aislamiento de los devanados hasta el punto en que es posible que ya no proporcionen el aislamiento necesario para el voltaje aplicado al motor. Además, la humedad en los devanados tiende a absorber vapores ácidos y alcalinos, causando daños tanto al aislamiento como a los metales. Para reducir los problemas causados por la humedad, normalmente se utilizará la carcasa del motor más adecuada para el entorno existente. Se recomienda hacer funcionar los motores de reserva para secar cualquier condensación que se acumule en el motor.

Lubricación de motores

La fricción causará desgaste en todas las piezas móviles y se necesita lubricación para reducir esta fricción. Es muy importante que se sigan estrictamente todos los procedimientos de lubricación recomendados por el fabricante. Debe tener cuidado de no agregar demasiada grasa o aceite, ya que esto podría causar más fricción y generar calor.

Para engrasar los cojinetes del motor, este es el enfoque habitual:

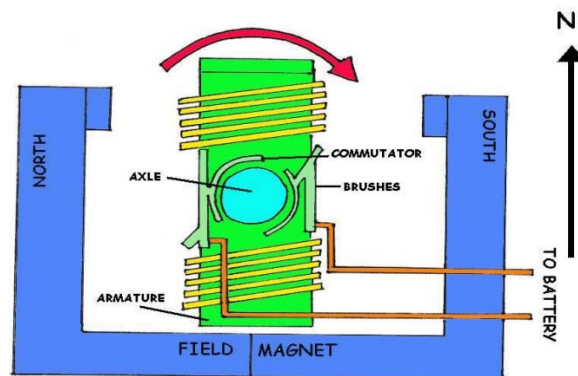
1. Retire los tapones protectores y las tapas de los orificios de entrada y alivio de grasa.
2. Bombee grasa hasta que empiece a salir nueva por el orificio de alivio.

Si no sale grasa nueva por el orificio de alivio, esto podría significar que la grasa se ha bombeado a los devanados del motor. El motor debe ser desarmado y limpiado por un representante de servicio calificado.

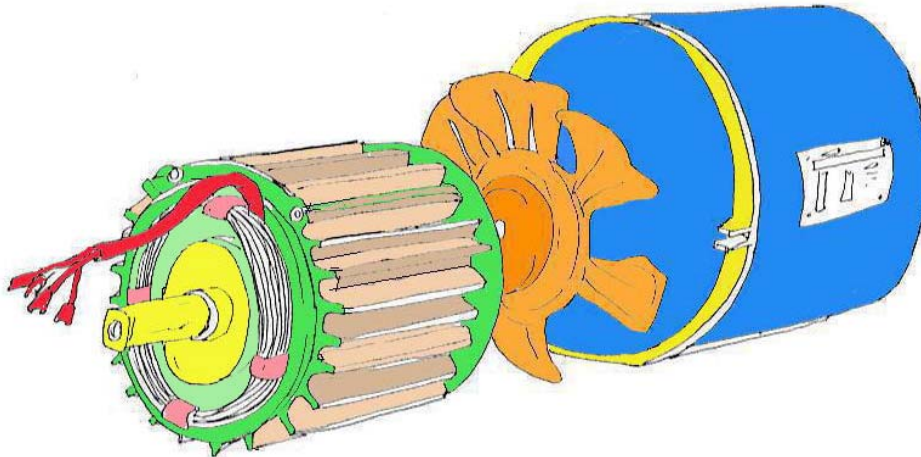
Para cambiar el aceite en un motor lubricado con aceite, este es el enfoque habitual:

1. Retire todos los tapones y deje que se drene el aceite.
2. Compruebe si hay cortes de metal.
3. Vuelva a colocar el drenaje de aceite.
4. Agregue aceite nuevo hasta que llegue al tapón de nivel de aceite.
5. Vuelva a colocar el nivel de aceite y el tapón del filtro.

Nunca mezcle aceites, ya que los aditivos de diferentes aceites cuando se combinan pueden causar la descomposición del aceite.



Información más detallada sobre motores



La división clásica de los motores eléctricos ha sido la de Corriente Continua (**corriente continua**) tipos vs corriente alterna (**C.A.**) tipos. Esta es más una convención de facto que una distinción rígida. Por ejemplo, muchos motores de CC clásicos funcionan sin problemas con alimentación de CA.

La tendencia actual hacia el control electrónico confunde aún más la distinción, ya que los conductores modernos han sacado el conmutador de la carcasa del motor. Para esta nueva generación de motores, se confía en los circuitos impulsores para generar corrientes de accionamiento de CA sinusoidales, o alguna aproximación de ellas. Los dos mejores ejemplos son: el motor de CC sin escobillas y el motor paso a paso, ambos son motores de CA polifásicos que requieren un control electrónico externo.

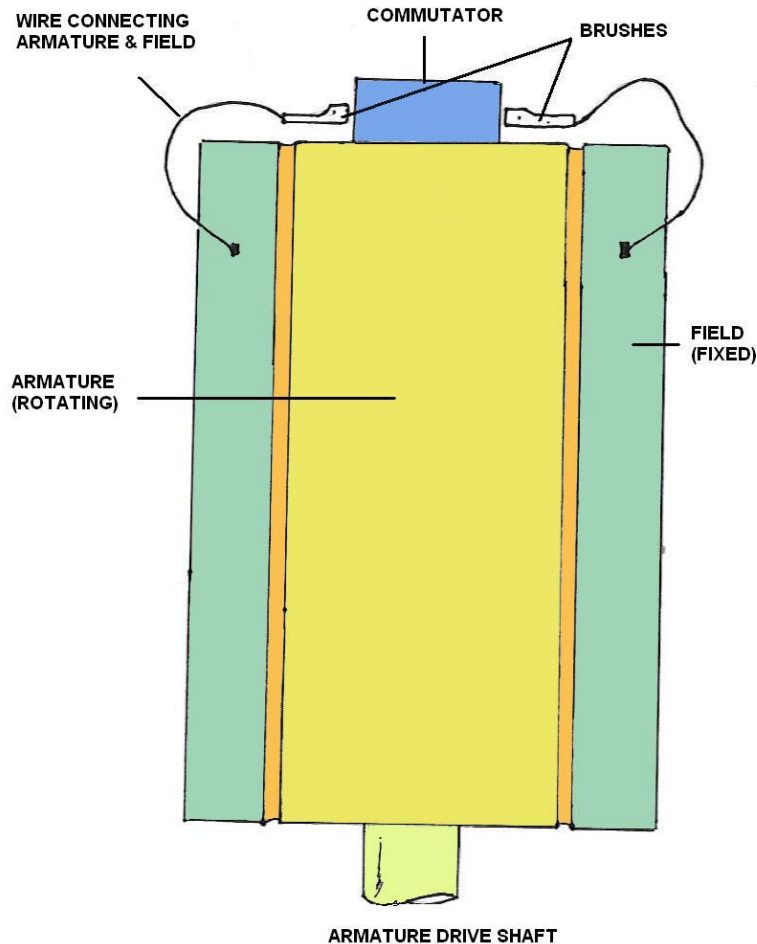
Hay una distinción más clara entre un motor síncrono y tipos asíncronos. En los tipos síncronos, el rotor gira en sincronía con el campo oscilante o la corriente (por ejemplo, motores de imanes permanentes). Por el contrario, un motor asíncrono está diseñado para deslizarse; el ejemplo más omnipresente es el motor de inducción de CA común que debe deslizarse para generar par.

Un motor de CC está diseñado para funcionar con energía eléctrica de CC. Dos ejemplos de diseños de CC pura son el motor homopolar de Michael Faraday (que es poco común) y el motor con rodamiento de bolas, que es (hasta ahora) una novedad. Con mucho, los tipos de motores de CC más comunes son los tipos con escobillas y sin escobillas, que usan conmutación interna y externa respectivamente para crear una corriente de CA oscilante desde la fuente de CC, por lo que no son máquinas puramente de CC en un sentido estricto.

Motores DC con escobillas

El diseño clásico del motor de CC genera una corriente oscilante en un rotor devanado con un conmutador de anillo partido y un estator de imán permanente o devanado. Un rotor consiste en una bobina enrollada alrededor de un rotor que luego es alimentado por cualquier tipo de batería. Muchas de las limitaciones del motor CC con conmutador clásico se deben a la necesidad de que las escobillas presionen contra el conmutador. Esto crea fricción. A velocidades más altas, los cepillos tienen una dificultad cada vez mayor para mantener el contacto. Las escobillas pueden rebotar en las irregularidades de la superficie del conmutador y generar chispas. Esto limita la velocidad máxima de la máquina.

La densidad de corriente por unidad de área de las escobillas limita la salida del motor. El contacto eléctrico imperfecto también provoca ruido eléctrico. Las escobillas eventualmente se desgastan y requieren reemplazo, y el conmutador mismo está sujeto a desgaste y mantenimiento. El montaje del conmutador en una máquina grande es un elemento costoso que requiere un montaje de precisión de muchas piezas.



**DIAGRAM SHOWING MECHANICAL CONSTRUCTION
OF A DC SERIES WOUND MOTOR**

Motores CC sin escobillas

Algunos de los problemas del motor DC con escobillas se eliminan en el diseño sin escobillas. En este motor, el "interruptor giratorio" mecánico o el conjunto de engranajes conmutador/escobilla se reemplaza por un interruptor electrónico externo sincronizado con la posición del rotor. Los motores sin escobillas suelen tener una eficiencia del 85 al 90 %, mientras que los motores de CC con engranajes de escobillas suelen tener una eficiencia del 75 al 80 %.

A medio camino entre los motores de CC comunes y los motores paso a paso se encuentra el reino del motor de CC sin escobillas. Construidos de una manera muy similar a los motores paso a paso, estos a menudo usan un rotor externo de imán permanente, tres fases de bobinas impulsoras, uno o más sensores de efecto Hall para detectar la posición del rotor y la electrónica de accionamiento asociada.

Las bobinas se activan una fase tras otra por la electrónica de accionamiento, según lo indican las señales de los sensores de efecto Hall. En efecto, actúan como motores síncronos trifásicos que contienen su propia electrónica de accionamiento de frecuencia variable. Los motores de CC sin escobillas se usan comúnmente cuando es necesario un control preciso de la velocidad, como en unidades de disco de computadora o en grabadoras de videocasete, los ejes dentro de unidades de CD, CD-ROM (etc.) y mecanismos dentro de productos de oficina como ventiladores, impresoras láser, y fotocopadoras.

Tienen varias ventajas sobre los motores convencionales:

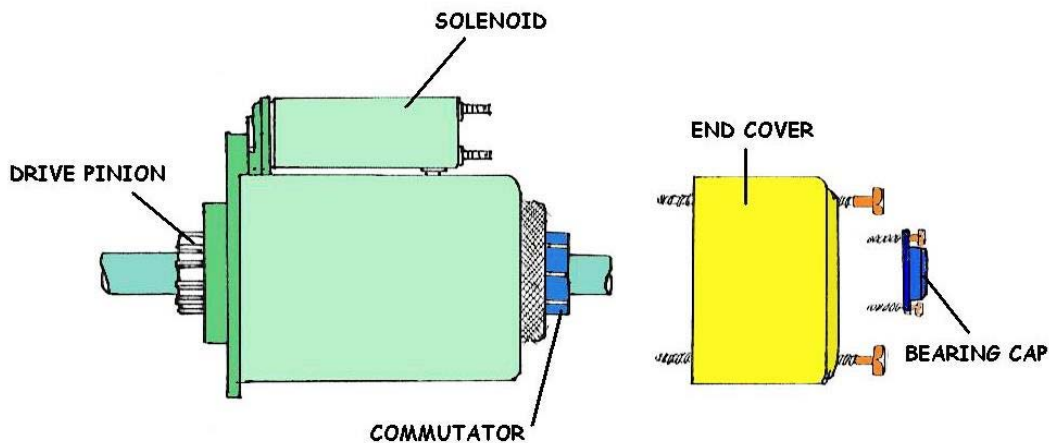
- * En comparación con los ventiladores de CA que utilizan motores de polos sombreados, son muy eficientes y funcionan mucho más fríos que los motores de CA equivalentes. Esta operación fría conduce a una vida mucho mejor de los cojinetes del ventilador.
- * Sin un conmutador que se desgaste, la vida útil de un motor de CC sin escobillas puede ser significativamente más larga en comparación con un motor de CC que usa escobillas y un conmutador. La conmutación también tiende a causar una gran cantidad de ruido eléctrico y de RF; sin conmutador ni escobillas, un motor sin escobillas se puede usar en dispositivos eléctricamente sensibles, como equipos de audio o computadoras.
- * Los mismos sensores de efecto Hall que proporcionan la conmutación también pueden proporcionar una señal de tacómetro conveniente para aplicaciones de control de bucle cerrado (servocontroladas). En los ventiladores, la señal del tacómetro se puede utilizar para derivar una señal de "ventilador en buen estado".
- * El motor se puede sincronizar fácilmente con un reloj interno o externo, lo que permite un control de velocidad preciso.
- * Los motores sin escobillas no tienen posibilidad de generar chispas, a diferencia de los motores con escobillas, lo que los hace más adecuados para entornos con productos químicos y combustibles volátiles.
- * Los motores sin escobillas generalmente se usan en equipos pequeños, como computadoras, y generalmente se usan para eliminar el calor no deseado.
- * Además son motores muy silenciosos, lo que es una ventaja si se utilizan en equipos afectados por vibraciones.

Los motores sin escobillas de CC modernos varían en potencia desde una fracción de vatio hasta muchos kilovatios. Los motores sin escobillas más grandes de hasta aproximadamente 100 kW se utilizan en vehículos eléctricos. También encuentran un uso significativo en modelos de aviones eléctricos de alto rendimiento.

Motores CC sin núcleo

Nada en el diseño de ninguno de los motores descritos anteriormente requiere que las partes de hierro (acero) del rotor realmente giren; el par se ejerce solo sobre los devanados de los electroimanes. Aprovechando este hecho está el motor de CC sin núcleo, una forma especializada de un motor de CC con escobillas o sin escobillas. Optimizados para una aceleración rápida, estos motores tienen un rotor construido sin núcleo de hierro. El rotor puede tomar la forma de un cilindro lleno de bobinado dentro de los imanes del estator, una canasta que rodea los imanes del estator o un panqueque plano (posiblemente formado en una placa de cableado impresa) que corre entre los imanes del estator superior e inferior. Los devanados normalmente se estabilizan al ser impregnados con sistemas eléctricos de encapsulado de epoxi. Epóxicos con carga que tienen una viscosidad mixta moderada y un largo tiempo de gelificación.

Debido a que el rotor tiene un peso (masa) mucho más liviano que un rotor convencional formado por devanados de cobre sobre láminas de acero, el rotor puede acelerar mucho más rápidamente, a menudo logrando una constante de tiempo mecánica por debajo de 1 ms. Esto es especialmente cierto si los devanados usan aluminio en lugar del cobre más pesado. Pero debido a que no hay una masa de metal en el rotor que actúe como disipador de calor, incluso los motores pequeños sin núcleo a menudo deben enfriarse con aire forzado. Estos motores se usaban comúnmente para impulsar los cabrestantes de las unidades de cinta magnética y todavía se usan ampliamente en sistemas servocontrolados de alto rendimiento, como vehículos/aviones controlados por radio, sistemas robóticos humanoides, automatización industrial, dispositivos médicos, etc.



STARTER MOTOR

motores universales

Una variante del motor de corriente continua de campo bobinado es el motor universal. El nombre deriva del hecho de que puede usar corriente de suministro de CA o CC, aunque en la práctica casi siempre se usan con suministros de CA. El principio es que en un motor de CC de campo devanado, la corriente tanto en el campo como en la armadura (y, por lo tanto, los campos magnéticos resultantes) se alternarán (polaridad inversa) al mismo tiempo y, por lo tanto, la fuerza mecánica generada siempre está en la misma dirección. . En la práctica, el motor debe diseñarse especialmente para hacer frente a la corriente alterna (se debe tener en cuenta la impedancia, al igual que la fuerza pulsante), y el motor resultante es generalmente menos eficiente que un motor de CC puro equivalente.

Operando a las frecuencias normales de la línea eléctrica, la salida máxima de los motores universales es limitada y los motores que exceden un kilovatio son raros. Pero los motores universales también forman la base del motor de tracción ferroviaria tradicional en los ferrocarriles eléctricos. En esta aplicación, para mantener alta su eficiencia eléctrica, se operaron con suministros de CA de muy baja frecuencia, siendo común la operación de 25 Hz y 16 2/3 hertz. Debido a que son motores universales, las locomotoras que usaban este diseño también eran comúnmente capaces de operar desde un tercer riel alimentado por CC.

La ventaja del motor universal es que los suministros de CA se pueden usar en motores que tienen las características típicas de los motores de CC, específicamente un alto par de arranque y un diseño muy compacto si se usan altas velocidades de funcionamiento. El aspecto negativo es el mantenimiento y los problemas de vida corta causados por el conmutador. Como resultado, dichos motores se utilizan normalmente en dispositivos de CA, como batidoras de alimentos y herramientas eléctricas, que se utilizan solo de forma intermitente.

El control continuo de la velocidad de un motor universal que funciona con CA se logra muy fácilmente usando un circuito de tiristores, mientras que el control de velocidad escalonado se puede lograr usando múltiples toques en la bobina de campo. Las licuadoras domésticas que anuncian muchas velocidades con frecuencia combinan una bobina de campo con varios grifos y un diodo que se puede insertar en serie con el motor (lo que hace que el motor funcione con CA rectificada de media onda).

Motores CA

En 1882, Nicola Tesla identificó el principio del campo magnético giratorio y fue pionero en el uso de un campo de fuerza giratorio para operar máquinas. Exploró el principio para diseñar un motor de inducción bifásico único en 1883. En 1885, Galileo Ferraris investigó el concepto de forma independiente. En 1888, Ferraris publicó su investigación en un artículo de la Real Academia de Ciencias de Turín.

La introducción del motor de Tesla a partir de 1888 inició lo que a veces se conoce como la Segunda Revolución Industrial, haciendo posible la generación eficiente y la distribución a larga distancia de energía eléctrica utilizando el sistema de transmisión de corriente alterna, también invención de Tesla (1888). Antes de la invención del campo magnético giratorio, los motores funcionaban pasando continuamente un conductor a través de un campo magnético estacionario (como en los motores homopolares). Tesla había sugerido que se podían quitar los conmutadores de una máquina y que el dispositivo podía funcionar en un campo de fuerza giratorio. El profesor Poeschel, su maestro, afirmó que sería similar a construir una máquina de movimiento perpetuo.

Componentes

Un motor de CA típico consta de dos partes:

1. Un estator estacionario exterior que tiene bobinas alimentadas con corriente alterna para producir un campo magnético giratorio, y;
2. Un rotor interior unido al eje de salida que recibe un par de torsión por el campo giratorio.

Motores de torsión

Un motor de torque es una forma especializada de motor de inducción que es capaz de operar indefinidamente en parada (con el rotor bloqueado para que no gire) sin sufrir daños. En este modo, el motor aplicará un par constante a la carga (de ahí el nombre). Una aplicación común de un motor de par serían los motores de carrete de suministro y recogida en una unidad de cinta. En esta aplicación, impulsados desde un voltaje bajo, las características de estos motores permiten que se aplique una tensión ligera relativamente constante a la cinta, ya sea que el cabrestante esté alimentando la cinta o no pasando por los cabezales de la cinta.

Impulsados desde un voltaje más alto (y, por lo tanto, entregando un par más alto), los motores de torque también pueden lograr una operación de avance rápido y rebobinado sin requerir ningún mecanismo adicional, como engranajes o embragues. En el mundo de la informática, los motores de torsión se utilizan con volantes de retroalimentación de fuerza.

Anillo colector

El motor de rotor bobinado o de anillos rozantes es una máquina de inducción en la que el rotor comprende un conjunto de bobinas que terminan en anillos rozantes a los que se pueden conectar impedancias externas. El estator es el mismo que se usa con un motor de jaula de ardilla estándar. Al cambiar la impedancia conectada al circuito del rotor, se pueden alterar las curvas de velocidad/corriente y velocidad/par.

El motor de anillos deslizantes se usa principalmente para arrancar una carga de alta inercia o una carga que requiere un par de arranque muy alto en todo el rango de velocidad. Al seleccionar correctamente las resistencias utilizadas en la resistencia secundaria o el arrancador de anillo deslizante, el motor puede producir un par máximo a una corriente relativamente baja desde velocidad cero hasta velocidad máxima. Un uso secundario del motor de anillos deslizantes es proporcionar un medio de control de velocidad.

Debido a que la curva de par del motor se modifica efectivamente por la resistencia conectada al circuito del rotor, la velocidad del motor puede verse alterada. Al aumentar el valor de la resistencia en el circuito del rotor, la velocidad del par máximo disminuirá.

Si la resistencia conectada al rotor aumenta más allá del punto en el que se produce el par máximo a velocidad cero, el par se reducirá aún más. Cuando se utiliza con una carga que tiene una curva de par que aumenta con la velocidad, el motor funcionará a la velocidad en la que el par desarrollado por el motor sea igual al par de la carga. Reducir la carga hará que el motor se acelere, y aumentar la carga hará que el motor disminuya su velocidad hasta que la carga y el par del motor sean iguales. Operado de esta manera, las pérdidas por deslizamiento se disipan en las resistencias secundarias y pueden ser muy significativas. La regulación de velocidad también es muy pobre.

Motores paso a paso

Estrechamente relacionados en diseño con los motores síncronos de CA trifásicos están los motores paso a paso, en los que un rotor interno que contiene imanes permanentes o un gran núcleo de hierro con polos salientes está controlado por un conjunto de imanes externos que se conmutan electrónicamente.

También se puede pensar en un motor paso a paso como un cruce entre un motor eléctrico de CC y un solenoide. A medida que cada bobina se energiza a su vez, el rotor se alinea con el campo magnético producido por el devanado de campo energizado.

A diferencia de un motor síncrono, en su aplicación, el motor puede no girar continuamente; en cambio, "pasa" de una posición a la siguiente a medida que los devanados de campo se activan y desactivan en secuencia. Dependiendo de la secuencia, el rotor puede girar hacia delante o hacia atrás.

Los controladores de motor paso a paso simples energizan o desenergizan por completo los devanados de campo, lo que lleva al rotor a "engranar" a un número limitado de posiciones; Los controladores más sofisticados pueden controlar proporcionalmente la potencia de los devanados de campo, lo que permite que los rotores se coloquen entre los puntos de engranaje y, por lo tanto, giren con extrema suavidad. Los motores paso a paso controlados por computadora son una de las formas más versátiles de sistemas de posicionamiento, particularmente cuando forman parte de un sistema servocontrolado digital.

Los motores paso a paso se pueden girar a un ángulo específico con facilidad y, por lo tanto, los motores paso a paso se utilizan en unidades de disco de computadora anteriores a los gigabytes, donde la precisión que ofrecían era adecuada para el posicionamiento correcto del cabezal de lectura/escritura de una unidad de disco duro.

A medida que aumentaba la densidad de la unidad, las limitaciones de precisión de los motores paso a paso los hicieron obsoletos para las unidades de disco duro, por lo que las unidades de disco duro más nuevas utilizan sistemas de control de cabeza de lectura/escritura basados en bobinas de voz. Los motores paso a paso se ampliaron para su uso en vehículos eléctricos bajo el término SRM (máquina de reluctancia conmutada).

Sección de revisión de motores

Revisión de motores de CC

Los motores de CC han estado disponibles durante casi 100 años. De hecho, los primeros motores eléctricos se diseñaron y construyeron para funcionar con energía de corriente continua. Los motores de CA son los motores principales básicos para los requisitos de velocidad fija de la industria. Su simplicidad, confiabilidad y robustez básicas hacen que los motores de CA sean la elección natural para la gran mayoría de las aplicaciones de accionamiento industrial.

Un motor eléctrico puede configurarse como un solenoide, un motor paso a paso o una máquina rotativa. Este artículo cubre la máquina rotativa DC. En todas las máquinas rotativas de CC, hay seis componentes que componen el motor eléctrico: eje, rotor o armadura, estator, conmutador, imanes de campo y escobillas.

Para comprender cómo funciona un motor eléctrico de corriente continua (CC), se deben comprender algunos principios básicos. Al igual que en el experimento de Faraday, el motor de CC funciona con campos magnéticos y corriente eléctrica. Hace siglos se descubrió que una piedra encontrada en Asia, conocida como piedra imán, tenía una propiedad inusual que transfería una fuerza invisible a un objeto de hierro cuando la piedra se frotaba contra él. Se descubrió que estas piedras magnéticas se alineaban con el eje norte-sur de la tierra cuando colgaban libremente de una cuerda o flotaban en el agua, y esta propiedad ayudó a los primeros exploradores a navegar alrededor de la tierra.

Más tarde se entendió que esta piedra era un imán permanente con un campo que tenía dos polos de efecto opuesto, denominados norte y sur. Los campos magnéticos, al igual que las cargas eléctricas, tienen fuerzas de efectos opuestos. Las cargas eléctricas son positivas o negativas, mientras que los campos magnéticos tienen una orientación norte-sur. Cuando los campos magnéticos se alinean en polos opuestos o diferentes, ejercerán fuerzas de atracción considerables entre sí, y cuando se alinean en polos iguales o similares, se repelen fuertemente entre sí.

El campo magnético tirará o ejercerá una fuerza sobre un material ferroso (magnético). Si se rocían partículas de hierro en una hoja de papel sobre un imán permanente, la alineación de las partículas de hierro mapea el campo magnético, lo que muestra que este campo sale de un polo y entra en el otro polo con el campo de fuerza intacto. Al igual que con cualquier tipo de campo (eléctrico, magnético o gravitacional), la cantidad total o efecto del campo se denomina flujo, mientras que el empuje que hace que se forme el flujo en el espacio se denomina fuerza. Este campo de fuerza magnética se compone de muchas líneas de flujo, todas comenzando en un polo y regresando al otro polo.

Teoría moderna del magnetismo

La teoría moderna del magnetismo establece que un campo magnético es producido por una carga eléctrica en movimiento. Cuando una carga eléctrica está en movimiento, los electrones que orbitan alrededor del átomo se ven obligados a alinearse y girar uniformemente en la misma dirección. Cuantos más átomos giren uniformemente en la misma dirección, mayor será la fuerza del campo magnético. Cuando miles de millones de átomos tienen órbitas que giran en la misma dirección y el material es capaz de sostener las órbitas de los átomos, se crea un imán permanente.

Cuando dos potentes imanes permanentes se mueven muy cerca uno del otro, es evidente que se ejerce una fuerza muy real que puede proporcionar el potencial para realizar el trabajo. Para que se realice el trabajo, la relación entre los campos magnéticos debe controlarse adecuadamente.

El truco aquí es controlar los campos magnéticos por un medio que no sea simplemente usar el imán permanente. Esto se puede lograr mediante la producción de un campo magnético con un conductor eléctrico que tiene corriente que fluye a través de él.

Casi todos los motores eléctricos aprovechan el uso de un conductor portador de corriente para crear trabajo mecánico. Cuando la corriente fluye a través de un conductor y la carga eléctrica está en movimiento, los electrones que orbitan alrededor de los átomos se ven obligados a alinearse y girar uniformemente en la misma dirección. Esto crea un campo magnético que se forma alrededor del conductor. Cuanto mayor sea la corriente que fluye a través del conductor, más átomos se ven obligados a alinearse y girar en una dirección uniforme.

Esta alineación rotacional de los átomos aumenta la fuerza del campo magnético. Sin embargo, si uno colocara un conductor por el que fluye corriente cerca de un imán permanente, se sentiría decepcionado por lo débil que es esta fuerza. Lo que se necesita es una forma de amplificar el campo de fuerza magnético. Esto se logra tomando el cable conductor y dándole muchas vueltas o vueltas para producir un devanado. Convertir el conductor de un solo cable recto aislado en uno que contiene muchas vueltas formando un devanado amplifica la fuerza magnética muchas veces. La cantidad de amplificación del campo magnético se basa en el número de vueltas en el devanado y la cantidad de corriente que fluye a través del conductor.

En esta configuración, el flujo magnético se mueve a través del aire, que es un mal conductor de la energía magnética, lo que permite que el flujo magnético se extienda por un área muy amplia. Por lo tanto, la desgana del campo magnético cuando se mueve a través del aire es bastante alta. La reluctancia es una medida de lo difícil que es para el flujo magnético completar su circuito, es decir, salir de un polo y entrar en el polo opuesto. Si el flujo magnético se mantiene cerca del imán, tiene menos resistencia u oposición al flujo.

Principios Magnéticos y Teoría Motora

Todos los diseños de máquinas que involucran equipos rotativos se basan en última instancia en la teoría para guiar las opciones de aplicación del ingeniero. Por lo tanto, una revisión muy breve de los principios magnéticos y la teoría del motor siempre es un punto de partida conveniente para cualquier discusión sobre las aplicaciones del motor de CC. Las leyes de la física han bendecido el mundo del diseño de máquinas con la existencia del magnetismo, que es la base de la teoría del motor. En esencia, los imanes, permanentes o electromagnéticos, producen campos de flujo magnético. Estos campos magnéticos pueden producir una FEM inducida a través de una bobina de alambre cuando ocurre un movimiento relativo entre el campo y un conductor que transporta corriente; y si este movimiento es inverso, también lo es la dirección del campo magnético, según la Ley de Faraday. Así, en teoría,

Motores de CC: descripciones físicas y funcionales

Los motores de CC se usan comúnmente en maquinaria industrial debido a sus ventajas inherentes: buen control de velocidad, alto par de arranque, metodología de control confiable, que generalmente compensan los mayores costos de mantenimiento asociados con ellos.

Construcción

El motor de CC genérico se construye con devanados de inducido y de campo, interpolos, un marco o estator, un conmutador segmentado, un conjunto de escobillas y campanas finales. El devanado del inducido giratorio está enrollado en un núcleo laminado, montado en un eje de acero, soportado por cojinetes del eje y conectado al conmutador segmentado que recibe alimentación de CC externa a través del conjunto de escobillas. Las escobillas conducen la corriente desde el circuito de alimentación de CC externo al conmutador y

finalmente a los devanados del inducido. El marco o estator soporta los devanados de campo y los interpolos. Las campanas finales encierran todas las partes del motor en una sola unidad.

Operación

Los motores de CC producen par y movimiento mecánico debido a la interacción de los campos magnéticos de la bobina del inducido giratorio y la bobina de campo estacionaria montada en el marco. El campo magnético cambiante de la armadura es posible mediante el uso de escobillas de carbón conductoras de electricidad, que se montan en el anillo conmutador segmentado; se aplica alimentación de CC externa a las escobillas a través del conmutador a los devanados del inducido. A medida que la corriente fluye a través de la bobina del inducido, se produce un campo magnético. Los devanados de campo montados en el marco también crean un campo magnético. Después de que el inducido giratorio pasa la mitad de una rotación completa, el conmutador cambia la dirección del flujo de corriente, cambiando así la dirección del campo magnético en el devanado del inducido.

Tipos

Los devanados de campo y de armadura de los motores de CC se pueden conectar en serie, en derivación (paralelo) o en serie-derivación para lograr diferentes tipos de características de velocidad-par. Por lo tanto, las tres categorías generales de motores de CC de campo devanado son devanado en derivación, devanado en serie y devanado compuesto. En los motores devanados en serie, la armadura está conectada en serie con el campo para proporcionar un alto par de arranque; sin embargo, no funcionan sin carga: cuando la velocidad disminuye, el par aumenta, lo que puede crear una condición de embalamiento posiblemente insegura. En los motores con devanado en derivación, la armadura y el campo están conectados en paralelo. Esta disposición de cableado produce una relación inversa entre velocidad y par: a medida que aumenta la velocidad, el par disminuye. El devanado compuesto es una combinación de un motor de devanado en serie y en derivación al colocar el devanado de campo en serie con la armadura además de un campo en derivación.

Los motores sin escobillas son un tipo híbrido de motor de CC que no utiliza un conmutador. Más bien, está construido con un rotor de imán permanente, un codificador de eje óptico que brinda información de retroalimentación posicional, un controlador de CC que excita la fase de los devanados del estator necesarios para desarrollar el par en función de la retroalimentación del codificador. Los motores sin escobillas se caracterizan por tener altas velocidades máximas de operación, altas relaciones de torque a peso y son de diseño compacto (fracción de caballos de fuerza). Por lo general, se utilizan en aplicaciones de brazos robóticos.

Controles de estado sólido asociados

Para dar la respuesta, es necesario examinar algunas de las características básicas que se pueden obtener de los motores de CC y sus controles de estado sólido asociados.

1. Amplio rango de velocidad.
2. Buena regulación de velocidad.
3. Tamaño compacto y peso ligero (en relación con la velocidad variable mecánica).
4. Facilidad de control.
5. Bajo mantenimiento.
6. Bajo costo.

Para darse cuenta de cómo un variador de CC tiene la capacidad de proporcionar las características anteriores, el variador de CC debe analizarse como dos elementos que componen el paquete. Estos dos elementos son, por supuesto, el motor y el control. (El "control" se llama más exactamente el "regulador"). Los motores de CC básicos, como se usan en casi todos los variadores compactos, tienen una característica de rendimiento muy simple: el eje gira a una velocidad casi directamente proporcional al voltaje aplicado a la armadura.

Ajuste externo

Además del ajuste externo normal como el potenciómetro de velocidad, hay una serie de ajustes internos comunes que se utilizan en unidades SCR de tipo analógico pequeño y simple (unidad de rectificador controlado por silicio). Algunos de estos ajustes son los siguientes:

- Velocidad mínima
- Velocidad máxima
- Límite de corriente (Límite de par) . Compensación de infrarrojos
- Tiempo de aceleración . Tiempo de desaceleración

La siguiente es una descripción de la función que cumplen estos ajustes individuales y su uso típico.

Velocidad mínima

En la mayoría de los casos, cuando el control se instala inicialmente, el potenciómetro de velocidad se puede bajar a su punto más bajo y el voltaje de salida del control irá a cero, lo que hará que el motor se detenga. Hay muchas situaciones en las que esto no es deseable. Por ejemplo, hay algunas máquinas que quieren mantenerse funcionando a una velocidad mínima y acelerar hasta la velocidad de operación según sea necesario. También existe la posibilidad de que un operador utilice el potenciómetro de velocidad para detener el motor para que trabaje en la máquina. Esta puede ser una situación peligrosa ya que el motor solo se detuvo poniendo a cero el voltaje de la señal de entrada. Una situación más deseable es cuando el motor se detiene abriendo el circuito al motor o alimentando al control usando el interruptor de encendido/apagado. Al ajustar la velocidad mínima hasta algún punto en el que el motor continúa funcionando incluso con el potenciómetro de velocidad configurado en su punto más bajo, el operador debe apagar el control para detener el motor. Esto agrega un poco de seguridad al sistema. El ajuste típico de velocidad mínima es de 0 a 30% de la velocidad base del motor.

Velocidad máxima

El ajuste de velocidad máxima establece la velocidad máxima alcanzable ya sea elevando la señal de entrada a su punto máximo o girando el potenciómetro al punto máximo. Por ejemplo, en un motor de CC típico, la velocidad nominal del motor puede ser de 1750 RPM, pero el control puede funcionar hasta 1850 o 1900 RPM. En algunos casos, es deseable limitar el motor (y la velocidad de la máquina) a algo menos de lo que estaría disponible en esta configuración máxima. El ajuste máximo permite hacer esto. Al girar el potenciómetro interno a un punto más bajo, se limita el voltaje máximo de salida del control. Esto limita la velocidad máxima disponible del motor. En controles típicos como nuestro BC140, el rango de ajuste de la velocidad máxima es del 50 al 110% de la velocidad base del motor.

Límite actual

Una característica muy interesante de los controles electrónicos de velocidad es que el control controla constantemente la corriente que va al motor. Como se mencionó anteriormente, la corriente consumida por la armadura del motor de CC está relacionada con el par que requiere la carga. Dado que este monitoreo y control está disponible, se proporciona un ajuste en el control que limita la corriente de salida a un valor máximo.

Esta función se puede utilizar para establecer un punto de umbral que hará que el motor se detenga en lugar de generar una cantidad excesiva de par. Esta capacidad le da a la combinación de motor/control la capacidad de prevenir daños que de otro modo podrían ocurrir si se dispusiera de valores más altos de torque. Esto es útil en máquinas que podrían atascarse o atascarse. También se puede usar cuando el control está operando un dispositivo como el devanador central donde lo importante es el par en lugar de la velocidad. En este caso, se establece el límite de corriente y la velocidad sube o baja para mantener la tensión 0 del material que se está enrollando.

El límite de corriente normalmente se establece en fábrica al 150 % de la corriente nominal del motor. Esto permite que el motor produzca suficiente par para arrancar y acelerar la carga y, sin embargo, no permitirá que la corriente (y el par) superen el 150 % de su valor nominal cuando esté en marcha. El rango de ajuste es típicamente de 0 a 200% de la corriente nominal del motor.

Compensación de infrarrojos

La compensación IR es un método utilizado para ajustar la caída de la velocidad de un motor debido a la resistencia del inducido. Como se mencionó anteriormente, la compensación IR es una retroalimentación positiva que hace que el voltaje de salida de control aumente ligeramente con el aumento de la corriente de salida. Esto ayudará a estabilizar la velocidad del motor desde una condición sin carga hasta una condición de carga completa. Si el motor está impulsando una carga donde el par es constante o casi constante, entonces este ajuste generalmente no es necesario. Sin embargo, si el motor impulsa una carga con un requisito de par que fluctúa ampliamente y la regulación de la velocidad es fundamental, la compensación IR se puede ajustar para estabilizar la velocidad desde la condición de carga ligera hasta la de carga completa.

Una precaución es que cuando la compensación de IR se ajusta demasiado alto, da como resultado una característica de velocidad creciente. Esto significa que a medida que se aplica la carga, el motor en realidad se verá obligado a funcionar más rápido. Cuando esto sucede, aumenta el voltaje y la corriente al motor, lo que a su vez aumenta aún más la velocidad del motor. Si este ajuste se establece demasiado alto, se produce una condición oscilante o de "caza" inestable que no es deseable.

Ajuste del tiempo de aceleración

El ajuste del Tiempo de Aceleración realiza la función que su nombre indica. Extenderá o acortará la cantidad de tiempo para que el motor pase de velocidad cero a la velocidad establecida. También regula el tiempo que lleva cambiar las velocidades de un ajuste (digamos 50%) a otro ajuste (quizás 100%). Por lo tanto, esta configuración tiene la capacidad de moderar la tasa de aceleración en la unidad.

Un par de notas son importantes: si se solicita un tiempo de aceleración demasiado rápido, el "tiempo de aceleración" será anulado por el límite actual. La aceleración solo ocurrirá a una velocidad permitida por la cantidad de corriente que pasa el control al motor. También es importante tener en cuenta que en la mayoría de los controles pequeños, el tiempo de aceleración no es lineal. Lo que esto significa es que un cambio de 50 RPM puede ocurrir más rápidamente cuando el motor está a baja velocidad que cuando el motor se acerca a la velocidad del punto de ajuste. Es importante saberlo, pero por lo general no es crítico en aplicaciones simples en las que se utilizan estas unidades.

Tiempo de desaceleración

Este es un ajuste que permite reducir la velocidad de las cargas durante un período de tiempo prolongado. Por ejemplo, si se retira la energía del motor y la carga se detiene en 3 segundos, entonces el ajuste del tiempo de desaceleración le permitiría "aumentar ese tiempo y "apagar" la carga durante un período de 4, 5, 6 o más segundos. . Nota: En un variador de CC simple convencional, no permitirá acortar el tiempo por debajo del tiempo de "descanso por inercia".

Resumen de ajuste

La capacidad de ajustar estos seis ajustes brinda una gran flexibilidad al variador de CC económico típico. En la mayoría de los casos, los ajustes predeterminados de fábrica son adecuados y no es necesario cambiarlos, pero en otras aplicaciones puede ser conveniente adaptar las características del control a la aplicación específica. Muchos de estos ajustes están disponibles en otros tipos de controles, como los variadores de frecuencia.

Revisión de motores de CA

Historia del motor de CA

En 1882, Nikola Tesla descubrió el campo magnético giratorio y fue pionero en el uso de un campo de fuerza giratorio para operar máquinas. Explotó el principio para diseñar un motor de inducción bifásico único en 1883. En 1885, Galileo Ferraris investigó el concepto de forma independiente. En 1888, Ferraris publicó su investigación en un artículo de la Real Academia de Ciencias de Turín. Tesla había sugerido que se podían quitar los conmutadores de una máquina y que el dispositivo podía funcionar en un campo de fuerza giratorio. El profesor Poeschel, su maestro, afirmó que sería similar a construir una máquina de movimiento perpetuo.

Michail Osipovich Dolivo-Dobrovolsky desarrolló más tarde un "rotor de jaula" trifásico en 1890. Este tipo de motor ahora se usa para la gran mayoría de las aplicaciones comerciales.

Un motor de CA tiene dos partes: un estator estacionario que tiene bobinas alimentadas con corriente alterna para producir un campo magnético giratorio y un rotor unido al eje de salida que recibe un par de torsión del campo giratorio.

Motor de CA con rotor deslizante

Un motor freno de rotor cónico incorpora el freno como parte integral del rotor deslizante cónico. Cuando el motor está en reposo, un resorte actúa sobre el rotor deslizante y fuerza el anillo del freno contra la tapa del freno en el motor, manteniendo el rotor estacionario. Cuando el motor está energizado, su campo magnético genera una componente tanto axial como radial. El componente axial vence la fuerza del resorte, liberando el freno; mientras que la componente radial hace que el rotor gire. No se requiere un control de freno adicional.

Motor eléctrico síncrono

Un motor eléctrico síncrono es un motor de CA que se distingue por un rotor que gira con bobinas que pasan imanes a la misma velocidad que la corriente alterna y el campo magnético resultante que lo impulsa. Otra forma de decir esto es que tiene deslizamiento cero en condiciones normales de operación. Compare esto con un motor de inducción, que debe deslizarse para producir par. Un tipo de motor síncrono es como un motor de inducción, excepto que el rotor está excitado por un campo de CC. Los anillos deslizantes y las escobillas se utilizan para conducir la corriente al rotor. Los polos del rotor se conectan entre sí y se mueven a la misma velocidad, de ahí el nombre de motor síncrono.

Otro tipo, para torque de carga baja, tiene superficies planas en un rotor de jaula de ardilla convencional para crear polos discretos. Otro más, como el que hizo Hammond para sus relojes anteriores a la Segunda Guerra Mundial, y en los órganos Hammond más antiguos, no tiene devanados de rotor ni polos discretos. No es de arranque automático. El reloj requiere un arranque manual mediante una pequeña perilla en la parte posterior, mientras que los órganos Hammond más antiguos tenían un motor de arranque auxiliar conectado por un interruptor accionado manualmente por resorte.

Por último, los motores síncronos de histéresis suelen ser (esencialmente) motores bifásicos con un condensador de cambio de fase para una fase. Arrancan como motores de inducción, pero cuando la tasa de deslizamiento disminuye lo suficiente, el rotor (un cilindro liso) se magnetiza temporalmente. Sus polos distribuidos hacen que actúe como un motor síncrono de rotor magnético permanente. El material del rotor, como el de un clavo común, permanecerá magnetizado, pero también se puede desmagnetizar con poca dificultad. Una vez en marcha, los polos del rotor permanecen en su lugar; no se desvían.

Los motores sincronizadores síncronos de baja potencia (como los de los relojes eléctricos tradicionales) pueden tener rotores de copa externos de imanes permanentes multipolares y usar bobinas de protección para proporcionar arranque.

esfuerzo de torsión. Los motores de reloj Telechron tienen polos sombreados para el par de arranque y un rotor de anillo de dos radios que funciona como un rotor discreto de dos polos.

Motor de inducción

Un motor de inducción es un motor de CA asíncrono donde la energía se transfiere al rotor por inducción electromagnética, como la acción de un transformador. Un motor de inducción se asemeja a un transformador giratorio, porque el estator (parte estacionaria) es esencialmente el lado primario del transformador y el rotor (parte giratoria) es el lado secundario. Los motores de inducción polifásicos son ampliamente utilizados en la industria.

Los motores de inducción se pueden dividir en motores de jaula de ardilla y motores de rotor bobinado. Los motores de jaula de ardilla tienen un devanado pesado formado por barras sólidas, generalmente de aluminio o cobre, unidas por anillos en los extremos del rotor. Cuando uno considera solo las barras y los anillos como un todo, se parecen mucho a la jaula de ejercicio giratoria de un animal, de ahí el nombre.

Las corrientes inducidas en este devanado proporcionan el campo magnético del rotor. La forma de las barras del rotor determina las características de par-velocidad. A bajas velocidades, la corriente inducida en la jaula de ardilla está casi a la frecuencia de línea y tiende a estar en las partes exteriores de la jaula del rotor. A medida que el motor acelera, la frecuencia de deslizamiento disminuye y hay más corriente en el interior del devanado. Al dar forma a las barras para cambiar la resistencia de las partes de bobinado en las partes interior y exterior de la jaula, se inserta efectivamente una resistencia variable en el circuito del rotor. Sin embargo, la mayoría de estos motores tienen barras uniformes.

En un motor de rotor devanado, el devanado del rotor está hecho de muchas vueltas de alambre aislado y está conectado a anillos deslizantes en el eje del motor. Se puede conectar una resistencia externa u otros dispositivos de control en el circuito del rotor. Las resistencias permiten el control de la velocidad del motor, aunque se disipa una potencia significativa en la resistencia externa. Se puede alimentar un convertidor desde el circuito del rotor y devolver la energía de frecuencia de deslizamiento que de otro modo se desperdiciaría al sistema de energía a través de un inversor o un motor-generador separado.

El motor de inducción de rotor bobinado se usa principalmente para arrancar una carga de alta inercia o una carga que requiere un par de arranque muy alto en todo el rango de velocidad. Al seleccionar correctamente las resistencias utilizadas en la resistencia secundaria o el arrancador de anillo deslizante, el motor puede producir un par máximo a una corriente de suministro relativamente baja desde velocidad cero hasta velocidad máxima. Este tipo de motor también ofrece velocidad controlable.

La velocidad del motor se puede cambiar porque la curva de par del motor se modifica efectivamente por la cantidad de resistencia conectada al circuito del rotor. Al aumentar el valor de la resistencia, se reducirá la velocidad del par máximo. Si la resistencia conectada al rotor aumenta más allá del punto en el que se produce el par máximo a velocidad cero, el par se reducirá aún más.

Cuando se utiliza con una carga que tiene una curva de par que aumenta con la velocidad, el motor funcionará a la velocidad en la que el par desarrollado por el motor sea igual al par de la carga. Reducir la carga hará que el motor se acelere, y aumentar la carga hará que el motor disminuya su velocidad hasta que la carga y el par del motor sean iguales. Operado de esta manera, las pérdidas por deslizamiento se disipan en las resistencias secundarias y pueden ser muy significativas. La regulación de velocidad y la eficiencia neta también son muy pobres. Varias autoridades reguladoras en muchos países han introducido e implementado legislación para fomentar la fabricación y el uso de motores eléctricos de mayor eficiencia.

Motor eléctrico doblemente alimentado

Los motores eléctricos doblemente alimentados tienen dos conjuntos de devanados multifásicos independientes, que aportan potencia activa (es decir, de trabajo) al proceso de conversión de energía, con al menos uno de los conjuntos de devanados controlado electrónicamente para operación de velocidad variable. Dos juegos de devanados multifásicos independientes (es decir, doble armadura) son el máximo proporcionado en un solo paquete sin duplicación de topología. Los motores eléctricos doblemente alimentados son máquinas con un rango de velocidad de par constante efectivo que es el doble de la velocidad síncrona para una frecuencia de excitación dada. Esto es el doble del rango de velocidad de par constante que las máquinas eléctricas alimentadas individualmente, que tienen solo un conjunto de bobinado activo.

Un motor doblemente alimentado permite un convertidor electrónico más pequeño, pero el costo del devanado del rotor y los anillos deslizantes pueden compensar el ahorro en los componentes electrónicos de potencia. Dificultades con el control de la velocidad cerca de las aplicaciones de límite de velocidad síncrono.

Motor eléctrico alimentado individualmente

La mayoría de los motores de CA se alimentan individualmente. Los motores eléctricos de alimentación única tienen un solo juego de devanados multifásicos que está conectado a una fuente de alimentación. Las máquinas eléctricas de alimentación única pueden ser de inducción o síncronas. El conjunto de bobinado activo se puede controlar electrónicamente. Las máquinas eléctricas alimentadas individualmente tienen un rango de velocidad de par constante efectivo hasta la velocidad síncrona para una frecuencia de excitación dada.

Motores de torsión

Un motor de torque (también conocido como motor de torque limitado) es una forma especializada de motor de inducción que es capaz de operar indefinidamente mientras está parado, es decir, con el rotor bloqueado para que no gire, sin sufrir daños. En este modo de operación, el motor aplicará un par constante a la carga (de ahí el nombre).

Una aplicación común de un motor de par serían los motores de carrete de suministro y recogida en una unidad de cinta. En esta aplicación, impulsados desde un voltaje bajo, las características de estos motores permiten que se aplique una tensión ligera relativamente constante a la cinta, ya sea que el cabrestante esté alimentando la cinta por los cabezales de la cinta o no. Impulsados desde un voltaje más alto (y, por lo tanto, entregando un par más alto), los motores de torque también pueden lograr una operación de avance rápido y rebobinado sin requerir ningún mecanismo adicional, como engranajes o embragues. En el mundo de los juegos de computadora, los motores de torsión se utilizan en volantes con retroalimentación de fuerza.

Otra aplicación común es el control del acelerador de un motor de combustión interna junto con un gobernador electrónico. En este uso, el motor funciona contra un resorte de retorno para mover el acelerador de acuerdo con la salida del gobernador. Este último controla la velocidad del motor contando los pulsos eléctricos del sistema de encendido o de un captador magnético y, dependiendo de la velocidad, realiza pequeños ajustes en la cantidad de corriente aplicada al motor.

Si el motor comienza a disminuir la velocidad en relación con la velocidad deseada, la corriente aumentará, el motor desarrollará más par, tirando contra el resorte de retorno y abriendo el acelerador. Si el motor funciona demasiado rápido, el gobernador reducirá la corriente que se aplica al motor, lo que hará que el resorte de retorno retroceda y cierre el acelerador.

Motores paso a paso

Estrechamente relacionados en diseño con los motores síncronos de CA trifásicos están los motores paso a paso, en los que un rotor interno que contiene imanes permanentes o un rotor magnéticamente suave con polos salientes está controlado por un conjunto de imanes externos que se conmutan electrónicamente. También se puede pensar en un motor paso a paso como un cruce entre un motor eléctrico de CC y un solenoide giratorio. A medida que cada bobina se energiza a su vez, el rotor se alinea con el campo magnético producido por el devanado de campo energizado. A diferencia de un motor síncrono, en su aplicación, el motor paso a paso puede no girar continuamente; en cambio, "da pasos" (arranca y luego se detiene rápidamente) de una posición a la siguiente a medida que los devanados de campo se activan y desactivan en secuencia. Dependiendo de la secuencia, el rotor puede girar hacia adelante o hacia atrás, y puede cambiar de dirección, detenerse,

Los controladores de motor paso a paso simples energizan o desenergizan por completo los devanados de campo, lo que lleva al rotor a "engranar" a un número limitado de posiciones; Los controladores más sofisticados pueden controlar proporcionalmente la potencia de los devanados de campo, lo que permite que los rotores se coloquen entre los puntos de engranaje y, por lo tanto, giren con extrema suavidad. Este modo de operación a menudo se llama microstepping. Los motores paso a paso controlados por computadora son una de las formas más versátiles de sistemas de posicionamiento, particularmente cuando forman parte de un sistema servocontrolado digital.

Los motores paso a paso se pueden girar a un ángulo específico en pasos discretos con facilidad y, por lo tanto, los motores paso a paso se utilizan para el posicionamiento del cabezal de lectura/escritura en unidades de disquete de computadora. Se utilizaron con el mismo propósito en las unidades de disco de computadora anteriores a los gigabytes, donde la precisión y la velocidad que ofrecían eran adecuadas para el posicionamiento correcto del cabezal de lectura/escritura de una unidad de disco duro.

A medida que aumentaba la densidad de la unidad, las limitaciones de precisión y velocidad de los motores paso a paso los hicieron obsoletos para las unidades de disco duro; la limitación de precisión los hizo inutilizables y la limitación de velocidad los hizo poco competitivos; por lo tanto, las unidades de disco duro más nuevas utilizan sistemas de actuador de cabeza basados en bobinas de voz. (El término "bobina de voz" en este sentido es histórico; se refiere a la estructura de un altavoz típico (tipo cónico). Esta estructura se usó durante un tiempo para colocar las cabezas. Las unidades modernas tienen un montaje de bobina pivotante; la bobina oscila de un lado a otro, algo así como las aspas de un ventilador giratorio. Sin embargo, como una bobina de voz, los conductores de la bobina del actuador moderno (el alambre magnético) se mueven perpendicularmente a las líneas de fuerza magnéticas).

Los motores paso a paso se usaban y todavía se usan a menudo en impresoras de computadora, escáneres ópticos y fotocopias digitales para mover el elemento de escaneo óptico, el carro del cabezal de impresión (de las impresoras matriciales y de inyección de tinta) y los rodillos de platina o alimentación. Del mismo modo, muchos trazadores de computadora (que desde principios de la década de 1990 han sido reemplazados por impresoras láser y de inyección de tinta de gran formato) usaban motores paso a paso rotativos para el movimiento de la pluma y la platina; las alternativas típicas aquí eran motores paso a paso lineales o servomotores con sistemas de control analógico de bucle cerrado.

Los llamados relojes de pulsera analógicos de cuarzo contienen los motores paso a paso comunes más pequeños; tienen una bobina, consumen muy poca energía y tienen un rotor de imán permanente. El mismo tipo de motor impulsa los relojes de cuarzo alimentados por batería. Algunos de estos relojes, como los cronógrafos, contienen más de un motor paso a paso.

Giratorio

Los usos incluyen máquinas giratorias como ventiladores, turbinas, taladros, ruedas de automóviles eléctricos, locomotoras y cintas transportadoras. Además, en muchas máquinas vibratorias u oscilantes, un motor eléctrico hace girar una masa desequilibrada, lo que hace que el motor (y su estructura de montaje) vibre. Una aplicación familiar son las alertas vibratorias de teléfonos celulares que se utilizan cuando el usuario desactiva el "timbre" acústico.

Los motores eléctricos también son populares en robótica. Hacen girar las ruedas de los robots vehiculares y los servomotores accionan los brazos de los robots industriales; también mueven brazos y piernas en robots humanoides. En los robots voladores, junto con los helicópteros, un motor hace girar una hélice o palas aerodinámicas del rotor para crear cantidades controlables de sustentación. Los motores eléctricos están reemplazando a los cilindros hidráulicos en aviones y equipo militar.

En los negocios industriales y de fabricación, los motores eléctricos hacen girar las sierras y las cuchillas en los procesos de corte y rebanado; hacen girar las piezas que se tornear en tornos y otras máquinas herramienta, y hacen girar las muelas abrasivas. Los servomotores rápidos y precisos posicionan herramientas y trabajan en modernas máquinas herramienta CNC. Los mezcladores accionados por motor son muy comunes en la fabricación de alimentos. Los motores lineales se utilizan a menudo para empujar productos en contenedores de forma horizontal.

Muchos electrodomésticos de cocina también utilizan motores eléctricos. Los procesadores de alimentos y los molinillos hacen girar las cuchillas para picar y desmenuzar los alimentos. Las licuadoras usan motores eléctricos para mezclar líquidos y los hornos de microondas usan motores para girar la bandeja en la que se asienta la comida. Los hornos tostadores también usan motores eléctricos para girar un transportador para mover los alimentos sobre los elementos de calentamiento.

Servo motor

Un servomotor es un motor, muy a menudo vendido como un módulo completo, que se utiliza dentro de un sistema de control de retroalimentación de control de posición o control de velocidad, principalmente válvulas de control, como válvulas de control accionadas por motor.

Los servomotores se utilizan en aplicaciones como máquinas herramienta, trazadores de pluma y otros sistemas de proceso. Los motores destinados a ser utilizados en un servomecanismo deben tener características bien documentadas de velocidad, par y potencia. La curva de velocidad frente a par es bastante importante y es una relación alta para un servomotor.

Las características de respuesta dinámica como la inductancia del devanado y la inercia del rotor también son importantes; estos factores limitan el rendimiento general del bucle del servomecanismo. Los bucles de servo grandes, potentes pero de respuesta lenta pueden utilizar motores convencionales de CA o CC y sistemas de accionamiento con retroalimentación de posición o velocidad en el motor. A medida que aumentan los requisitos de respuesta dinámica, se utilizan diseños de motores más especializados, como los motores sin núcleo.

Un servosistema se diferencia de algunas aplicaciones de motores paso a paso en que la retroalimentación de posición es continua mientras el motor está funcionando; un sistema paso a paso depende de que el motor no "pierda pasos" para una precisión a corto plazo, aunque un sistema paso a paso puede incluir un interruptor de "inicio" u otro elemento para proporcionar estabilidad de control a largo plazo. Por ejemplo, cuando se inicia una impresora de computadora de matriz de puntos típica, su controlador hace que el motor paso a paso del cabezal de impresión se mueva hasta su límite izquierdo, donde un sensor de posición define la posición inicial y deja de avanzar. Mientras esté encendida, un contador bidireccional en el microprocesador de la impresora realiza un seguimiento de la posición del cabezal de impresión.

motor lineal

Un motor lineal es esencialmente cualquier motor eléctrico que ha sido "desenrollado" para que, en lugar de producir un par (rotación), produzca una fuerza lineal a lo largo de su longitud. Los motores lineales suelen ser motores de inducción o motores paso a paso. Los motores lineales se encuentran comúnmente en muchas montañas rusas donde el movimiento rápido del vagón sin motor está controlado por el riel. También se utilizan en trenes de levitación magnética, donde el tren "vuela" sobre el suelo. En una escala más pequeña, el trazador de pluma HP 7225A, lanzado en 1978, usaba dos motores paso a paso lineales para mover la pluma a lo largo de los ejes X e Y.

Capacidad de par de los tipos de motores

Cuando se diseña de manera óptima dentro de una restricción de saturación de núcleo dada y para una corriente activa (es decir, corriente de par), voltaje, número de pares de polos, frecuencia de excitación (es decir, velocidad síncrona) y densidad de flujo de entrehierro, todas las categorías de motores eléctricos o los generadores exhibirán prácticamente el mismo par de eje continuo máximo (es decir, par de operación) dentro de un área de entrehierro dada con ranuras de bobinado y profundidad de hierro posterior, lo que determina el tamaño físico del núcleo electromagnético. Algunas aplicaciones requieren ráfagas de par más allá del par operativo máximo, como breves ráfagas de par para acelerar un vehículo eléctrico desde parado. Siempre limitado por la saturación del núcleo magnético o el aumento seguro de la temperatura y el voltaje de funcionamiento,

La capacidad para ráfagas de par no debe confundirse con la capacidad de debilitamiento de campo inherente a las máquinas eléctricas totalmente electromagnéticas (se excluyen las máquinas eléctricas de imanes permanentes (PM)). El debilitamiento de campo, que no está disponible con las máquinas eléctricas PM, permite que una máquina eléctrica funcione más allá de la frecuencia de excitación diseñada.

Máquinas eléctricas sin una topología de circuito de transformador, como campo bobinado (es decir, electroimán) o imán permanente (PM) Las máquinas eléctricas síncronas no pueden realizar ráfagas de par superiores al par máximo diseñado sin saturar el núcleo magnético y generar cualquier aumento en la corriente como inútil. Además, el conjunto de imanes permanentes de las máquinas eléctricas síncronas PM puede sufrir daños irreparables si se intentan ráfagas de par que excedan la clasificación de par operativo máximo.

Las máquinas eléctricas con una topología de circuito de transformador, como las máquinas eléctricas de inducción (es decir, asíncronas), las máquinas eléctricas de inducción doblemente alimentadas y las máquinas eléctricas de inducción o de rotor bobinado síncrono doblemente alimentado (WRDF), exhiben ráfagas de par muy altas porque la corriente activa (es decir, Magneto-Motive-Force o el producto de la corriente y las vueltas del devanado) inducidas en cualquier lado del transformador se oponen entre sí y, como resultado, la corriente activa no contribuye en nada a la densidad de flujo del núcleo magnético acoplado del transformador, que de otro modo sería conducir a la saturación del núcleo.

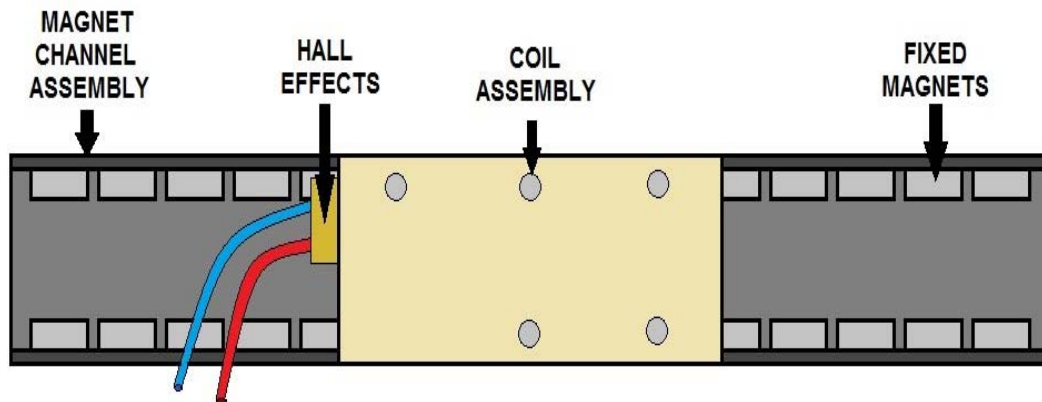
Las máquinas eléctricas que se basan en principios de inducción o asíncronos cortocircuitan un puerto del circuito del transformador y, como resultado, la impedancia reactiva del circuito del transformador se vuelve dominante a medida que aumenta el deslizamiento, lo que limita la magnitud de la corriente activa (es decir, real). Aún así, se pueden realizar ráfagas de par que son dos o tres veces más altas que el par máximo de diseño.

La máquina eléctrica Synchronous WRDF es la única máquina eléctrica con una verdadera topología de circuito de transformador de dos puertos (es decir, ambos puertos excitados de forma independiente sin puerto en cortocircuito). Se sabe que la topología del circuito del transformador de dos puertos es inestable y requiere un conjunto multifásico de escobillas de anillos colectores para propagar una potencia limitada al conjunto de devanados del rotor. Si se dispusiera de un medio de precisión para controlar instantáneamente el ángulo de torsión y el deslizamiento para una operación síncrona durante el motor o la generación y, al mismo tiempo, proporcionar energía sin escobillas al conjunto de bobinado del rotor (ver Máquina eléctrica de doble alimentación con rotor devanado sin escobillas), la corriente activa de la máquina eléctrica Synchronous WRDF sería independiente de la impedancia reactiva del circuito del transformador y serían realizables ráfagas de par significativamente más altas que el par máximo operativo y mucho más allá de la capacidad práctica de cualquier otro tipo de máquina eléctrica. Se han calculado ráfagas de par superiores a ocho veces el par operativo.

Densidad de Torque Continuo

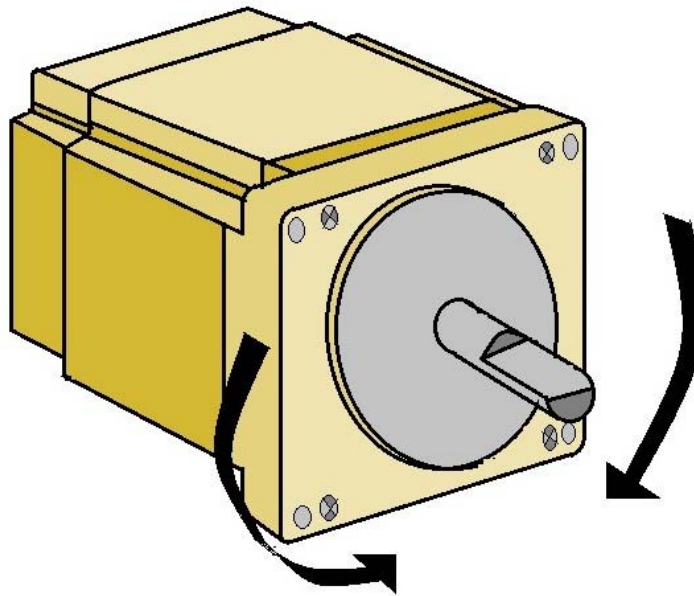
La densidad de par continuo de las máquinas eléctricas convencionales está determinada por el tamaño del área del entrehierro y la profundidad del hierro posterior, que están determinados por la potencia nominal del conjunto de devanado del inducido, la velocidad de la máquina y el aire alcanzable. densidad de flujo de la brecha antes de la saturación del núcleo. A pesar de la alta coercitividad de los imanes permanentes de neodimio o samario-cobalto, la densidad de par continuo es prácticamente la misma entre las máquinas eléctricas con conjuntos de devanados de armadura diseñados de manera óptima.

La densidad de par continua nunca debe confundirse con la densidad de par máxima, que viene con el método de enfriamiento elegido por el fabricante, que está disponible para todos, o el período de operación antes de la destrucción por sobrecalentamiento de los devanados o incluso daño permanente del imán.



LINEAR MOTOR

Electric Induction Motor that produces Straight-Line motion by means of a Linear Stator and Rotor placed in Parallel



STEPPER MOTOR

Brushless, Synchronous Electric Motor that converts digital pulses into shaft rotations

Glosario de Energía

Amperio: La unidad de medida de la corriente eléctrica producida en un circuito por 1 voltio actuando a través de una resistencia de 1 Ohm.

Servicios complementarios: Servicios que aseguran la confiabilidad y respaldan la transmisión de electricidad desde los sitios de generación hasta las cargas de los clientes. Dichos servicios pueden incluir regulación de carga, reserva giratoria, reserva no giratoria, reserva de reemplazo y soporte de voltaje.

Poder aparente: El producto del voltaje (en voltios) y la corriente (en amperios). Comprende tanto potencia activa como reactiva. Se mide en "voltios-amperios" ya menudo se expresa en "kilovoltios-amperios" (kVA) o "megavoltios-amperios" (MVA).

Ceniza: Impurezas que consisten en sílice, hierro, alúmina y otras materias no combustibles que están contenidas en el carbón. La ceniza aumenta el peso del carbón, se suma al costo de manejo y puede afectar sus características de combustión. El contenido de ceniza se mide como un porcentaje en peso de carbón en un "tal como se recibe" o "seco" (sin humedad, generalmente parte de un análisis de laboratorio) base.

Capacidad disponible pero no necesaria: Capacidad neta de las principales unidades generadoras que funcionan pero que no se consideran necesarias para transportar carga y que no pueden conectarse a la carga en 30 minutos.

Ingreso promedio por kilovatio-hora: El ingreso promedio por kilovatio-hora de energía eléctrica vendida por sector (residencial, comercial, industrial u otro) y zona geográfica (Estatad, Censal y nacional) se calcula dividiendo el ingreso total mensual entre el correspondiente total de ventas mensuales por cada sector y área geográfica.

Autoridad de balance (eléctrica): La entidad responsable que integra los planes de recursos con anticipación, mantiene el equilibrio de carga-intercambio-generación dentro de un Área de Autoridad de Equilibrio y apoya la frecuencia de interconexión en tiempo real. Definición de NERC

Barril: Unidad de volumen equivalente a 42 galones estadounidenses.

Carga base: La cantidad mínima de energía eléctrica entregada o requerida durante un período de tiempo determinado a una tasa constante.

Capacidad de carga básica: El equipo generador normalmente operado para servir cargas las 24 horas del día.

Planta de carga base: Una planta, que por lo general alberga unidades eléctricas de vapor de alta eficiencia, que normalmente se opera para tomar toda o parte de la carga mínima de un sistema y que, en consecuencia, produce electricidad a una tasa esencialmente constante y funciona de manera continua. Estas unidades se operan para maximizar la eficiencia mecánica y térmica del sistema y minimizar los costos operativos del sistema.

barril: La abreviatura de barril(es).

bcf: La abreviatura de billones de pies cúbicos.

Acuerdo bilateral: Una declaración escrita firmada por dos partes que especifica los términos para el intercambio de energía.

Transacción bilateral de energía: Una transacción entre dos partes dispuestas que celebran un acuerdo físico o financiero para comercializar productos energéticos. Las transacciones bilaterales implican obligaciones recíprocas y pueden implicar negociaciones directas o tratos realizados a través de intermediarios.

Biomasa: Material orgánico no fósil de origen biológico que constituye una fuente de energía renovable.

Carbón bituminoso: Un carbón denso, generalmente negro, a veces marrón oscuro, a menudo con bandas bien definidas de material brillante y opaco, utilizado principalmente como combustible en la generación de energía eléctrica a vapor, con cantidades sustanciales también utilizadas para aplicaciones de calor y energía en la fabricación y para hacer Coca. El carbón bituminoso es el carbón más abundante en las regiones mineras activas de EE. UU. Su contenido de humedad suele ser inferior al 20 por ciento. El contenido de calor del carbón bituminoso oscila entre 21 y 30 millones de Btu por tonelada sobre una base húmeda y libre de materia mineral. El contenido de calor del carbón bituminoso consumido en los Estados Unidos tiene un promedio de 24 millones de Btu por tonelada, según se recibe (es decir, que contiene tanto humedad inherente como materia mineral).

Caldera: Un dispositivo para generar vapor con fines de energía, procesamiento o calefacción; o agua caliente para fines de calefacción o suministro de agua caliente. El calor de una fuente de combustión externa se transmite a un fluido contenido dentro de los tubos que se encuentran en la carcasa de la caldera. Este fluido se entrega a un usuario final a la presión, temperatura y calidad deseadas.

Unidad Térmica Británica: La cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de 1 libra de agua líquida en 1 grado Fahrenheit a la temperatura a la cual el agua tiene su mayor densidad (aproximadamente 39 grados Fahrenheit).

Paquete de servicios públicos (eléctrico): Un medio de operación mediante el cual los servicios de energía, transmisión y distribución, así como los servicios auxiliares y minoristas, son proporcionados por una sola entidad.

Capacidad: Consulte la capacidad del generador y la capacidad de la placa de identificación del generador (instalado).

Capacidad (comprada): La cantidad de energía y capacidad disponible para comprar desde fuera del sistema.

Cargo por capacidad: Un elemento en un método de fijación de precios de dos partes utilizado en transacciones de capacidad (el cargo por energía es el otro elemento). El cargo por capacidad, a veces denominado Cargo por demanda, se calcula sobre la cantidad de capacidad que se compra.

Circuito: Un conductor o un sistema de conductores a través del cual fluye la corriente eléctrica.

Carbón: Una roca de color negro o negro pardusco fácilmente combustible cuya composición, incluida la humedad inherente, consta de más del 50 por ciento en peso y más del 70 por ciento en volumen de material carbonoso. Se forma a partir de restos de plantas que han sido compactadas, endurecidas, alteradas químicamente y metamorfoseadas por el calor y la presión a lo largo del tiempo geológico.

Sincombustible de carbón: Combustible sólido a base de carbón que ha sido procesado por una planta de combustible sintético de carbón; y combustibles a base de carbón como briquetas, gránulos o extrusiones, que se forman a partir de carbón fresco o reciclado y materiales aglutinantes.

cogenerador: Una instalación generadora que produce electricidad y otra forma de energía térmica útil (como calor o vapor), utilizada con fines industriales, comerciales, de calefacción o de refrigeración. Para recibir el estatus de instalación calificada (QF) bajo la Ley de Políticas de Regulación de Servicios Públicos (PURPA), la instalación debe producir energía eléctrica y "otra forma de energía térmica útil a través del uso secuencial de energía" y cumplir con ciertos requisitos de propiedad, operación y criterios de eficiencia establecidos por la Comisión Federal de Regulación de Energía (FERC). (Consulte el Código de Regulaciones Federales, Título 18, Parte 292).

Demanda coincidente: La suma de dos o más demandas que ocurren en el mismo intervalo de tiempo.

Carga máxima coincidente: La suma de dos o más picos de carga que ocurren en el mismo intervalo de tiempo.

coque (petróleo): Residuo con alto contenido de carbono y bajo contenido de hidrógeno que es el producto final de la descomposición térmica en el proceso de condensación en el craqueo. Este producto se informa como coque comercializable o coque catalizador. La conversión es de 5 barriles (de 42 galones estadounidenses cada uno) por tonelada corta. El coque de petróleo tiene un poder calorífico de 6,024 millones de Btu por barril.

Ciclo combinado: Una tecnología de generación de electricidad en la que la electricidad se produce a partir del calor residual que de otro modo se perdería y que sale de una o más turbinas de gas (combustión). El calor que sale se dirige a una caldera convencional o a un generador de vapor de recuperación de calor para que lo utilice una turbina de vapor en la producción de electricidad. Este proceso aumenta la eficiencia de la unidad generadora de electricidad.

Unidad de ciclo combinado: Una unidad generadora de electricidad que consta de una o más turbinas de combustión y una o más calderas con una parte de la entrada de energía requerida para la(s) caldera(s) proporcionada por los gases de escape de la(s) turbina(s) de combustión.

Planta combinada de calor y electricidad (CHP): Una planta diseñada para producir calor y electricidad a partir de una sola fuente de calor. Nota: Este término se utiliza en lugar del término "cogenerador" que EIA utilizó en el pasado. CHP describe mejor las instalaciones porque algunas de las plantas incluidas no producen calor y electricidad de manera secuencial y, como resultado, no cumplen con la definición legal de cogeneración especificada en la Ley de Políticas Reguladoras de Servicios Públicos (PURPA).

Planta combinada de almacenamiento por bombeo: Una planta de energía hidroeléctrica de almacenamiento por bombeo que utiliza tanto agua bombeada como flujo de corriente natural para producir electricidad.

Cargo de transición competitiva: Un cargo no evitable que se aplica a cada cliente de la empresa de servicios públicos de distribución, incluidos aquellos que son atendidos bajo contratos con proveedores que no son de servicios públicos, para la recuperación de los costos inmovilizados de la empresa de servicios públicos que se desarrollan debido a la competencia.

Congestión: Condición que ocurre cuando no hay suficiente capacidad de transferencia disponible para implementar todos los horarios preferidos para la transmisión de electricidad simultáneamente.

Conservación: Una reducción en el consumo de energía que se corresponde con una reducción en la demanda del servicio. La demanda de servicios puede incluir usos finales del sector de la construcción, como iluminación, refrigeración y calefacción; procesos industriales; o transporte de vehículos. A diferencia de la eficiencia energética, que suele ser una medida tecnológica, la conservación se asocia mejor con el comportamiento. Los ejemplos de conservación incluyen ajustar el termostato para reducir la salida de una unidad de calefacción, usar sensores de ocupación que apaguen las luces o los electrodomésticos, y compartir el automóvil.

Cooperativa de servicios eléctricos: Una empresa de servicios eléctricos legalmente establecida para ser propiedad de y operada en beneficio de quienes utilizan su servicio. La empresa de servicios públicos generará, transmitirá y/o distribuirá suministros de energía eléctrica a un área específica que no esté siendo atendida por otro servicio público. Tales empresas generalmente están exentas de las leyes federales de impuestos sobre la renta. La mayoría de las cooperativas eléctricas han sido inicialmente financiadas por el Servicio de Servicios Públicos Rurales (antes Administración de Electrificación Rural), Departamento de Agricultura de EE.UU.

Tarifas basadas en costos (electricidad): Un concepto de creación de tarifas utilizado para el diseño y desarrollo de listas de tarifas para garantizar que las listas de tarifas fijas recuperen solo el costo de brindar el servicio. definición de FERC

Regulación del costo del servicio: Una regulación de servicios públicos de electricidad tradicional bajo la cual se le permite a un servicio público establecer tarifas basadas en el costo de brindar el servicio a los clientes y el derecho a obtener una ganancia limitada.

Corriente (eléctrica): Un flujo de electrones en un conductor eléctrico. La fuerza o tasa de movimiento de la electricidad se mide en amperios.

Elección del cliente: El derecho de los clientes a comprar energía a un proveedor diferente a su proveedor tradicional o a más de un vendedor en el mercado minorista.

Horario del día anterior: Un programa elaborado por un coordinador de programación o el operador del sistema independiente antes del comienzo de un día de negociación. Este cronograma indica los niveles de generación y demanda programados para cada período de liquidación de ese día de negociación.

Oferta de demanda: Una oferta en el intercambio de energía que indica una cantidad de energía o un servicio auxiliar que un cliente elegible está dispuesto a comprar y, si corresponde, el precio máximo que el cliente está dispuesto a pagar.

Reducir: Una disminución en la capacidad disponible de una unidad generadora de electricidad, comúnmente debido a:

- Una modificación del sistema o equipo
- Consideraciones ambientales, operativas o de confiabilidad. Las causas de las reducciones de capacidad del generador incluyen las altas temperaturas del agua de refrigeración, la degradación del equipo y el rendimiento histórico durante los períodos de máxima demanda. En este contexto, una reducción suele ser temporal y se debe a condiciones transitorias. El término reducción también puede referirse al descuento de una parte de la capacidad de las unidades generadoras con fines de planificación.

Desregulación: La eliminación de algunas o todas las regulaciones de una industria o sector de una industria previamente regulado.

Combustible diesel: Combustible compuesto de destilados obtenidos en operaciones de refinación de petróleo o mezclas de tales destilados con aceite residual usado en vehículos automotores. El punto de ebullición y la gravedad específica son más altos para los combustibles diésel que para la gasolina.

Acceso directo: La capacidad de un cliente minorista de comprar electricidad u otras fuentes de energía directamente de un proveedor que no sea su proveedor tradicional.

Distribución: La entrega de energía a clientes minoristas.

Proveedor de distribución (electricidad): Proporciona y opera los cables entre el sistema de transmisión y el usuario final. Para aquellos clientes de uso final que reciben voltajes de transmisión, el propietario de la transmisión también actúa como proveedor de distribución. Por lo tanto, el Proveedor de Distribución no está definido por un voltaje específico, sino que realiza la función de Distribución a cualquier voltaje.
Definición de NERC

Sistema de distribución: La parte de la transmisión y las instalaciones de un sistema eléctrico que se dedica a entregar energía eléctrica a un usuario final.

Despojo: La separación de una función de utilidad de las demás mediante la venta (escisión) o de alguna otra manera cambiando la propiedad de los activos relacionados con esa función. La separación se asocia más comúnmente con la escisión de los activos de generación, por lo que ya no son propiedad de los accionistas que poseen los activos de transmisión y distribución.

Reestructuración de la industria eléctrica: El proceso de reemplazar un sistema monopolístico de proveedores de servicios públicos de electricidad con vendedores competidores, lo que permite que los clientes minoristas individuales elijan a su proveedor y aún así reciban la entrega a través de las líneas eléctricas de la empresa de servicios públicos local. Incluye la reconfiguración de empresas eléctricas integradas verticalmente.

Planta eléctrica (física): Una instalación que contiene motores primarios, generadores eléctricos y equipos auxiliares para convertir energía mecánica, química y/o de fisión en energía eléctrica.

Cuadro de tarifas eléctricas: Una declaración de la tarifa eléctrica y los términos y condiciones que rigen su aplicación, incluidos los términos y condiciones del contrato correspondiente que hayan sido aceptados por un organismo regulador con la autoridad de supervisión correspondiente.

Utilidad eléctrica: Una corporación, persona, agencia, autoridad u otra entidad legal o instrumento relacionado con las instalaciones de distribución para la entrega de energía eléctrica para uso principalmente del público. Se incluyen las empresas de servicios públicos de propiedad de inversionistas, las empresas de servicios públicos municipales y estatales, las empresas de servicios públicos federales y las cooperativas eléctricas rurales. También se incluyen algunas entidades basadas en tarifas y alineadas corporativamente con empresas que poseen instalaciones de distribución.

Electricidad: Una forma de energía caracterizada por la presencia y el movimiento de partículas cargadas elementales generadas por fricción, inducción o cambio químico.

Corredor de electricidad: Una entidad que organiza la compra y venta de energía eléctrica, la transmisión de electricidad y/u otros servicios relacionados entre compradores y vendedores, pero que no adquiere el título de propiedad de la energía vendida.

Congestión de electricidad: Condición que ocurre cuando no hay suficiente capacidad de transmisión disponible para implementar todas las transacciones deseadas simultáneamente.

Demanda de electricidad: La tasa a la cual la energía es entregada a las cargas y puntos de programación por las instalaciones de generación, transmisión y distribución.

Oferta de demanda de electricidad: Una oferta en el intercambio de energía que indica una cantidad de energía o un servicio auxiliar que un cliente elegible está dispuesto a comprar y, si corresponde, el precio máximo que el cliente está dispuesto a pagar.

Generación eléctrica: El proceso de producción de energía eléctrica o la cantidad de energía eléctrica producida mediante la transformación de otras formas de energía, comúnmente expresada en kilovatios-hora (kWh) o megavatios-hora (MWh).

Planta solo electricidad: Una planta diseñada para producir electricidad únicamente. Véase también Planta combinada de calor y electricidad (CHP).

Electricidad pagada por hogar: El hogar pagó a la compañía de servicios eléctricos directamente por todos los usos domésticos de electricidad (como calentamiento de agua, calefacción de espacios, aire acondicionado, cocina, iluminación y electrodomésticos). Las facturas pagadas por un tercero no se cuentan como pagadas por el familiar.

Ventas de electricidad: La cantidad de kilovatios-hora vendidos en un período de tiempo determinado; generalmente agrupados por clases de servicio, como residencial, comercial, industrial y otros. "Otras" ventas incluye ventas de alumbrado público de calles y carreteras y otras ventas a autoridades públicas, ventas a ferrocarriles y ferrocarriles, y ventas interdepartamentales.

Carga de energía: Aquella porción del cargo por servicio eléctrico basada en la energía eléctrica (kWh) consumida o facturada.

Características de conservación de energía: Esto incluye las características de conservación del armazón del edificio, las características de conservación de HVAC, las características de conservación de iluminación, cualquier característica de conservación y otras características de conservación incorporadas por el edificio. Sin embargo, esta categoría no incluye ninguna participación del programa de gestión del lado de la demanda (DSM) por parte del edificio. Cualquier participación en el programa DSM está incluida en los Programas DSM.

Entregas de energía: Energía generada por un sistema de servicio eléctrico y entregada a otro sistema a través de una o más líneas de transmisión.

Eficiencia energética: Una relación entre el servicio prestado y la entrada de energía (p. ej., lúmenes a vatios en el caso de las bombillas). Los servicios prestados pueden incluir usos finales del sector de la construcción, como iluminación, refrigeración y calefacción: procesos industriales; o transporte de vehículos. A diferencia de la conservación, que implica cierta reducción del servicio, la eficiencia energética proporciona reducciones de energía sin sacrificar el servicio. También puede referirse al uso de tecnología para reducir la energía necesaria para un propósito o servicio determinado.

Eficiencia energética, Electricidad: se refiere a programas que tienen como objetivo reducir la energía utilizada por dispositivos y sistemas de uso final específicos, generalmente sin afectar los servicios prestados. Estos programas reducen el consumo general de electricidad (informado en megavatios hora), a menudo sin tener en cuenta explícitamente el momento de los ahorros inducidos por el programa. Dichos ahorros generalmente se logran mediante la sustitución de equipos tecnológicamente más avanzados para producir el mismo nivel de servicios de uso final (por ejemplo, iluminación, calefacción, accionamiento de motores) con menos electricidad. Los ejemplos incluyen electrodomésticos de alta eficiencia, programas de iluminación eficientes, sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) de alta eficiencia o modificaciones de control, diseño de edificios eficientes, accionamientos de motores eléctricos avanzados y sistemas de recuperación de calor.

Intensidad de la energía: Una relación entre el consumo de energía y otra métrica, típicamente el producto interno bruto nacional en el caso de la intensidad energética de un país. Las intensidades específicas del sector pueden referirse al consumo de energía por hogar, por unidad de superficie comercial, por valor en dólares de envío industrial u otra métrica indicativa de un sector. Mejoras en la intensidad energética

incluyen la eficiencia y la conservación de la energía, así como factores estructurales no relacionados con la tecnología o el comportamiento.

Ley de Política Energética de 1992 (EPACT): Esta legislación crea una nueva clase de generadores de energía, los generadores mayoristas exentos, que están exentos de las disposiciones de la Ley de Sociedades Anónimas Públicas de 1935 y otorga la autoridad a la Comisión Federal Reguladora de Energía para ordenar y condicionar el acceso de las partes elegibles a la red interconectada. red de transmisión.

Recibos de energía: Energía traída a un sitio desde otra ubicación.

Proveedor de servicios de energía: Una entidad de energía que brinda servicio a un cliente minorista o de uso final.

Fuente de energía: Cualquier sustancia o fenómeno natural que pueda ser consumido o transformado para suministrar calor o energía. Los ejemplos incluyen petróleo, carbón, gas natural, nuclear, biomasa, electricidad, viento, luz solar, geotermia, movimiento de agua e hidrógeno en celdas de combustible.

Intercambiar energía: Ver cambio, electricidad.

Poder firme: Potencia o capacidad de producción de energía, destinada a estar disponible en todo momento durante el período cubierto por un compromiso garantizado de entrega, incluso en condiciones adversas.

Colector de partículas de gases de combustión: Equipo utilizado para eliminar las cenizas volantes de los gases de combustión de una planta de calderas antes de su descarga a la atmósfera. Los colectores de partículas incluyen precipitadores electrostáticos, colectores mecánicos (ciclones), filtros de tela (cámaras de bolsas) y depuradores húmedos.

Ceniza voladora: Material particulado procedente principalmente de cenizas de carbón en el que el diámetro de partícula es inferior a 1×104 metros. Esta ceniza se elimina del gas de combustión utilizando colectores de partículas de gas de combustión, como filtros de tela y precipitadores electrostáticos.

corte forzado: El cierre de una unidad generadora, línea de transmisión u otra instalación por razones de emergencia o una condición en la que el equipo generador no está disponible para la carga debido a una avería imprevista.

Combustible fósil: Fuente de energía formada en la corteza terrestre a partir de materia orgánica descompuesta. Los combustibles fósiles comunes son el petróleo, el carbón y el gas natural.

Planta de combustibles fósiles: Planta que utiliza carbón, petróleo o gas como fuente de energía.

Gastos de combustible: Estos costos incluyen el combustible utilizado en la producción de vapor o la conducción de otro motor primario para la generación de electricidad. Otros gastos asociados incluyen la descarga del combustible embarcado y todo el manejo del combustible hasta el punto en que ingresa al primer búnker, tolva, balde, tanque o depósito en la estructura de la sala de calderas.

Apagón forzado total: La capacidad neta de las principales unidades generadoras que no están disponibles para carga por razones de emergencia.

Gas: Una fuente de energía combustible no sólida ni líquida que incluye gas natural, gas de horno de coque, gas de alto horno y gas de refinería.

Planta de turbinas de gas: Una planta en la que el motor principal es una turbina de gas. Una turbina de gas consta típicamente de un compresor de aire de flujo axial y una o más cámaras de combustión donde se quema combustible líquido o gaseoso y los gases calientes pasan a la turbina y donde los gases calientes se expanden impulsan el generador y luego se utilizan para hacer funcionar el compresor.

unidad generadora: Cualquier combinación de generadores, reactores, calderas, turbinas de combustión y otros motores primarios conectados físicamente que funcionan juntos para producir energía eléctrica.

Generación: El proceso de producción de energía eléctrica mediante la transformación de otras formas de energía; además, la cantidad de energía eléctrica producida, expresada en kilovatios-hora.

Empresa de generación: Una entidad que posee u opera plantas generadoras. La empresa de generación puede ser propietaria de las plantas de generación o interactuar con el mercado de corto plazo en representación de los propietarios de las plantas.

Capacidad del generador: La salida máxima, comúnmente expresada en megavatios (MW), que el equipo generador puede suministrar a la carga del sistema, ajustada a las condiciones ambientales.

Capacidad nominal del generador (instalado): La salida nominal máxima de un generador, motor primario u otro equipo de producción de energía eléctrica bajo condiciones específicas designadas por el fabricante. La capacidad instalada en la placa de identificación del generador se expresa comúnmente en megavatios (MW) y generalmente se indica en una placa de identificación adherida físicamente al generador.

Energía geotérmica: Agua caliente o vapor extraído de reservorios geotérmicos en la corteza terrestre. El agua o el vapor extraídos de los depósitos geotérmicos se pueden utilizar para bombas de calor geotérmicas, calentamiento de agua o generación de electricidad.

planta geotérmica: Una planta en la que el motor principal es una turbina de vapor. La turbina es impulsada por vapor producido a partir de agua caliente o por vapor natural que obtiene su energía del calor que se encuentra en la roca.

Gigavatio (GW): Mil millones de vatios o mil megavatios.

Gigavatio-hora (GWh): Mil millones de vatios-hora.

Efecto invernadero: El resultado del vapor de agua, el dióxido de carbono y otros gases atmosféricos que atrapan la energía radiante (infrarroja), manteniendo así la superficie de la tierra más caliente de lo que sería de otro modo. Los gases de efecto invernadero dentro de los niveles inferiores de la atmósfera atrapan esta radiación, que de otro modo escaparía al espacio, y la posterior re-irradiación de parte de esta energía hacia la Tierra mantiene temperaturas superficiales más altas que las que ocurrirían si los gases estuvieran ausentes.

Red: El diseño de un sistema de distribución eléctrica. Véase red eléctrica.

Generación bruta: La cantidad total de energía eléctrica producida por las unidades generadoras y medida en la terminal generadora en kilovatios hora (kWh) o megavatios hora (MWh).

Contenido de calor: La cantidad de energía térmica disponible para ser liberada por la transformación o el uso de una unidad física específica de una forma de energía (por ejemplo, una tonelada de carbón, un barril de petróleo, un kilovatio hora de electricidad, un pie cúbico de gas natural o una libra de vapor).

Energía hidroeléctrica: El uso de agua corriente para producir energía eléctrica.

Hidrógeno: El más ligero de todos los gases, que ocurre principalmente en combinación con oxígeno en el agua; existe también en ácidos, bases, alcoholes, petróleo y otros hidrocarburos.

Tasa de calor implícita: Un cálculo del precio diario de la electricidad dividido por el precio diario del gas natural. La tasa de calor implícita también se conoce como "tasa de calor del mercado de gas natural de equilibrio", porque solo un generador de gas natural con una tasa de calor operativa (medida de la eficiencia de la unidad) por debajo del valor de la tasa de calor implícita puede ganar dinero quemando gas natural para generar energía. Las plantas de gas natural con una tasa de calor operativa más alta no pueden ganar dinero con los precios vigentes de la electricidad y el gas natural.

Productor de energía independiente: Una corporación, persona, agencia, autoridad u otra entidad legal o instrumentalidad que posee u opera instalaciones para la generación de electricidad para uso principalmente del público, y que no es una empresa de servicios públicos de electricidad.

Intercambio (eléctrico): Transferencias de energía que cruzan los límites de la Autoridad de Equilibrio. Definición de NERC

Autoridad de intercambio (eléctrico): La entidad responsable que autoriza la implementación de Horarios de Intercambio válidos y balanceados entre Áreas de Autoridad de Balance, y asegura la comunicación de información de Intercambio para fines de evaluación de confiabilidad. Definición de NERC

Transacción de intercambio (eléctrico): Un acuerdo para transferir energía de un vendedor a un comprador que cruza uno o más límites del Área de Autoridad de Equilibrio. Definición de NERC

Servicio interdepartamental (eléctrico): El servicio interdepartamental incluye los montos cobrados por el departamento de electricidad a tarifa u otras tarifas especificadas por la electricidad suministrada por él a otros departamentos de servicios públicos.

Carga intermedia (sistema eléctrico): El rango desde la carga base hasta un punto entre la carga base y el pico. Este punto puede ser el punto medio, un porcentaje de la carga máxima o la carga durante un período de tiempo específico.

Planta de combustión interna: Una planta en la que el motor principal es un motor de combustión interna. Un motor de combustión interna tiene uno o más cilindros en los que tiene lugar el proceso de combustión, convirtiendo la energía liberada por la combustión rápida de una mezcla de aire y combustible en energía mecánica. Los motores diesel o de gas son los principales tipos utilizados en las plantas eléctricas. La planta suele operar durante los períodos de alta demanda de electricidad.

Gas interrumpible: Gas vendido a clientes con una disposición que permite la reducción o cese del servicio a discreción de la empresa distribuidora bajo ciertas circunstancias, según se especifica en el contrato de servicio.

Carga interrumpible: Esta categoría de Gestión del lado de la demanda representa la carga del consumidor que, de acuerdo con los acuerdos contractuales, puede ser interrumpida en el momento de la carga máxima anual por la acción del consumidor a petición directa del operador del sistema. Este tipo de control generalmente involucra consumidores comerciales e industriales de gran volumen. Carga Interrumpible no incluye Control Directo de Carga.

Carga interrumpible o demanda interrumpible (eléctrica): Demanda que el cliente usuario final pone a disposición de su Entidad Responsable de Carga vía contrato o convenio de reducción Definición NERC

Utilidad propiedad del inversionista (IOU): Empresa eléctrica de propiedad privada cuyas acciones cotizan en bolsa. Es una tasa regulada y autorizada para lograr una tasa de rendimiento permitida.

Kilovatio (kW): Mil vatios.

Kilovatio-hora (kWh): Una medida de electricidad definida como una unidad de trabajo o energía, medida como 1 kilovatio (1.000 vatios) de potencia consumida durante 1 hora. Un kWh equivale a 3.412 Btu.

Lignito: El rango más bajo de carbón, a menudo denominado lignito, utilizado casi exclusivamente como combustible para la generación de energía eléctrica a vapor. Es de color negro pardusco y tiene un alto contenido de humedad inherente, a veces de hasta el 45 por ciento. El contenido de calor del lignito varía de 9 a 17 millones de Btu por tonelada sobre una base húmeda y libre de minerales. El contenido de calor del lignito consumido en los Estados Unidos tiene un promedio de 13 millones de Btu por tonelada, tal como se recibe (es decir, que contiene tanto humedad inherente como materia mineral).

Carga (eléctrica): Un dispositivo de uso final o cliente que recibe energía del sistema eléctrico.

Entidad de servicio de carga (eléctrica): Asegura el servicio de energía y transmisión (y los servicios de operaciones de interconexión relacionados) para atender la demanda eléctrica y los requisitos de energía de sus usuarios finales. Consulte la definición de NERC.

gas manufacturado: Gas obtenido por destilación destructiva del carbón o por descomposición térmica del petróleo, o por la reacción del vapor que pasa a través de un lecho de carbón o coque calentado. Algunos ejemplos son los gases de carbón, los gases de horno de coque, el gas pobre, el gas de alto horno, el gas azul (agua), el gas de agua carburada. El contenido de Btu varía ampliamente.

Máxima demanda: La mayor de todas las demandas de la carga que ha ocurrido dentro de un período de tiempo específico.

Megavatio (MW): Un millón de vatios de electricidad.

Megavatio-hora (MWh): Mil kilovatios-hora o 1 millón de vatios-hora.

Gas nativo: Gas existente en el momento en que se convirtió un yacimiento para usarlo como yacimiento de almacenamiento subterráneo en contraste con los volúmenes de gas inyectados.

Carga nativa (eléctrica): Los clientes usuarios finales que la Entidad Responsable de Carga está obligada a atender. Definición de NERC

Generación neta: La cantidad de generación bruta menos la energía eléctrica consumida en la(s) central(es) generadora(s) para servicio de estación o auxiliares. Nota: La electricidad requerida para el bombeo en plantas de almacenamiento por bombeo se considera como electricidad para el servicio de la estación y se deduce de la generación bruta.

Carga máxima no coincidente: La suma de dos o más picos de carga en sistemas individuales que no ocurren en el mismo intervalo de tiempo. Significativo solo cuando se consideran cargas dentro de un período de tiempo limitado, como un día, una semana, un mes, una temporada de calefacción o refrigeración y, por lo general, durante no más de 1 año.

Energía eléctrica nuclear (energía nuclear): Electricidad generada por el aprovechamiento de la energía térmica liberada por la fisión del combustible nuclear en un reactor.

Combustible nuclear: Materiales fisionables que han sido enriquecidos a tal composición que, cuando se colocan en un reactor nuclear, soportarán una reacción en cadena de fisión autosostenida, produciendo calor de manera controlada para su uso en procesos.

Gasolina fuera de horas pico: Gas que se va a entregar y tomar bajo demanda cuando la demanda no está en su punto máximo.

Ohm: Una medida de la resistencia eléctrica de un material igual a la resistencia de un circuito en el que la diferencia de potencial de 1 voltio produce una corriente de 1 amperio.

Unidad nuclear operable (extranjera): Una unidad de generación nuclear fuera de los Estados Unidos que genera electricidad para una red.

Otra generación: Electricidad procedente de estas fuentes biomasa, pilas de combustible, calor geotérmico, energía solar, residuos, viento y madera.

Corte: El período durante el cual una unidad generadora, línea de transmisión u otra instalación está fuera de servicio.

La demanda máxima: La carga máxima durante un período de tiempo especificado.

Planta de carga máxima: Una planta que generalmente alberga unidades de vapor viejas y de baja eficiencia, turbinas de gas, diesel o equipo hidroeléctrico de almacenamiento por bombeo que normalmente se usa durante los períodos de carga máxima.

Capacidad máxima: Capacidad de los equipos generadores normalmente reservados para operar durante las horas de mayor carga diaria, semanal o estacional. Algunos equipos generadores pueden operar en ciertos momentos como capacidad máxima y en otros momentos para servir cargas las 24 horas del día.

diferencia porcentual: El cambio relativo en una cantidad durante un período de tiempo específico. Se calcula de la siguiente manera: al valor actual se le resta el valor anterior; este nuevo número se divide por el valor absoluto del valor anterior; entonces este nuevo número se multiplica por 100.

Petróleo: Una clase ampliamente definida de mezclas de hidrocarburos líquidos. Se incluyen petróleo crudo, condensado de arriando, aceites sin terminar, productos refinados obtenidos del procesamiento de petróleo crudo y líquidos de plantas de gas natural. Nota: Los volúmenes de productos derivados del petróleo incluyen compuestos que no son hidrocarburos, como aditivos y detergentes, después de haberlos mezclado con los productos.

coque de petroleo: Véase Coca-Cola (petróleo).

generador planificado: Una propuesta de una empresa para instalar equipos de generación eléctrica en una instalación o sitio existente o planificado. La propuesta se basa en que el propietario haya obtenido (1) todas las aprobaciones ambientales y reglamentarias, (2) un contrato firmado para la energía eléctrica, o (3) cierre financiero de la instalación.

Autoridad de planificación (eléctrica): Entidad responsable que coordina e integra los planes de instalaciones y servicios de transmisión, los planes de recursos y los sistemas de protección. Definición de NERC

Planta: Término comúnmente utilizado ya sea como sinónimo de un establecimiento industrial o una instalación de generación o para referirse a un proceso particular dentro de un establecimiento.

uso de la planta: La energía eléctrica utilizada en el funcionamiento de una planta. Se incluye la energía necesaria para el bombeo en plantas de bombeo.

Electricidad de uso de planta: La energía eléctrica utilizada en el funcionamiento de una planta. Este total de energía se resta de la producción bruta de energía de la planta.

Poder: La tasa de producción, transferencia o uso de energía, más comúnmente asociada con la electricidad. La potencia se mide en vatios y, a menudo, se expresa en kilovatios (kW) o megavatios (mW). También conocida como potencia "real" o "activa".

Intercambio de energía: Una entidad que proporciona un mercado spot competitivo para la energía eléctrica a través de subastas de generación y demanda con un día y/o una hora de antelación.

Generación de intercambio de energía: Generación programada por la central eléctrica. Consulte la definición de intercambio de energía.

Carga de intercambio de energía: Carga que ha sido programada por la bolsa de energía y se recibe mediante el uso de instalaciones de transmisión o distribución propiedad de los propietarios de transmisión participantes.

Comercializadores de poder: Entidades comerciales dedicadas a la compra y venta de energía eléctrica. Los comercializadores de energía no suelen ser propietarios de instalaciones de generación o transmisión. Los comercializadores de energía, a diferencia de los corredores, toman posesión de la electricidad y participan en el comercio interestatal. Estas entidades se presentan ante la Comisión Federal Reguladora de Energía (FERC) para obtener el estatus de comercializador de energía.

Grupo de poder: Una asociación de dos o más sistemas eléctricos interconectados que tienen un acuerdo para coordinar las operaciones y la planificación para mejorar la confiabilidad y la eficiencia.

Planta de producción de energía: Todos los terrenos y derechos de propiedad, estructuras y mejoras, equipos de calderas o recipientes de reactores, motores y generadores accionados por motores, unidades de turbogeneradores, equipos eléctricos accesorios y equipos misceláneos de plantas de energía se agrupan para cada instalación individual.

fuerza motriz: El motor, turbina, rueda hidráulica o máquina similar que acciona un generador eléctrico; o, para fines informativos, un dispositivo que convierte la energía en electricidad directamente (por ejemplo, celdas de combustible y energía solar fotovoltaica).

Producción: Ver términos de producción asociados con tipos de energía específicos.

Propano (C₃H₈): Un hidrocarburo saturado (parafínico) de cadena lineal extraído de corrientes de gas natural o gas de refinería, que es gaseoso a temperatura y presión estándar. Es un gas incoloro que hierve a una temperatura de -44 grados Fahrenheit. Incluye todos los productos

designado en la especificación ASTM D1835 y las especificaciones de la Asociación de Procesadores de Gas para propano comercial (HD-5).

Servicio de la autoridad pública a las autoridades públicas: El servicio de la autoridad pública incluye la electricidad suministrada y los servicios prestados a los municipios o divisiones o agencias de los gobiernos estatales o federales bajo contratos especiales, convenios o clasificaciones de servicios aplicables únicamente a las autoridades públicas.

Alumbrado público de calles y carreteras: Electricidad suministrada y servicios prestados con el fin de iluminar calles, carreteras, parques y otros lugares públicos; o para tráfico u otro servicio de sistema de señales, para municipios u otras divisiones o agencias de gobiernos estatales o federales.

Ley de Políticas Reguladoras de Servicios Públicos de 1978: La Ley de Políticas de Regulación de Servicios Públicos de 1978, aprobada por el Congreso de los Estados Unidos. Este estatuto requiere que los estados implementen programas de conservación de servicios públicos y creen mercados especiales para cogeneradores y pequeños productores que cumplan con ciertos estándares, incluido el requisito de que los estados establezcan los precios y las cantidades de energía que los servicios públicos deben comprar de dichas instalaciones.

Central hidroeléctrica de almacenamiento por bombeo: Una planta que generalmente genera energía eléctrica durante los períodos de carga máxima mediante el uso de agua previamente bombeada a un depósito de almacenamiento elevado durante los períodos de menor actividad cuando se dispone de capacidad de generación en exceso para hacerlo. Cuando se necesita capacidad de generación adicional, el agua puede liberarse del depósito a través de un conducto a los generadores de turbina ubicados en una planta de energía a un nivel inferior.

Ajuste de potencia comprada: Cláusula en un cuadro tarifario que prevé ajustes en la factura cuando se adquiere energía de otro sistema eléctrico y su costo varía de una base unitaria determinada.

Central hidroeléctrica pura de almacenamiento por bombeo: Planta que produce energía únicamente a partir de agua que previamente ha sido bombeada a un embalse superior.

Instalación calificada (QF): Una instalación de cogeneración o pequeña producción de energía que cumple con ciertos criterios de propiedad, operación y eficiencia establecidos por la Comisión Federal Reguladora de Energía (FERC) de conformidad con la Ley de Políticas Reguladoras de Servicios Públicos (PURPA).

Servicio eléctrico ferroviario y ferroviario: Electricidad suministrada a vías férreas y vías férreas, interurbanas y urbanas, para uso general ferroviario, incluyendo la propulsión de carros o locomotoras, cuando dicha electricidad se suministre bajo tarifas separadas y diferenciadas.

Tasa base: El valor de la propiedad sobre la cual se le permite a una empresa de servicios públicos obtener una tasa de rendimiento específica según lo establecido por una autoridad reguladora. La tarifa base generalmente representa el valor de la propiedad utilizada por la empresa de servicios públicos para brindar el servicio y puede calcularse mediante uno o una combinación de los siguientes métodos contables: valor justo, inversión prudente, costo de reproducción o costo original. Dependiendo del método que se utilice, la base de la tasa incluye efectivo, capital de trabajo, materiales y suministros, deducciones por provisiones acumuladas para depreciación, contribuciones en ayuda a la construcción, anticipos de clientes para la construcción, impuestos sobre la renta diferidos acumulados y créditos fiscales por inversiones diferidos acumulados.

Tarifa base (eléctrica): El valor de la propiedad, sobre el cual se permite que una empresa de servicios públicos gane una tasa de rendimiento específica según lo establecido por una autoridad reguladora. Consulte la definición de FERC.

autoridad tarifaria: La autoridad legal de una comisión de servicios públicos para fijar, modificar, aprobar o desaprobar tarifas según lo determinen los poderes otorgados a la comisión por una legislatura estatal o federal.

Poder reactivo: La porción de electricidad que establece y mantiene los campos eléctricos y magnéticos de los equipos de corriente alterna. La potencia reactiva debe suministrarse a la mayoría de los tipos de equipos magnéticos, como motores y transformadores. La potencia reactiva es proporcionada por generadores, condensadores síncronos o equipos electrostáticos como condensadores e influye directamente en el voltaje del sistema eléctrico. Es un valor derivado igual a la diferencia vectorial entre la potencia aparente y la potencia real. Por lo general, se expresa como kilovoltios-amperios reactivos (KVAR) o megavoltios-amperios reactivos (MVAR). Véase Potencia aparente, Potencia, Potencia real.

Poder real: El componente de la energía eléctrica que realiza un trabajo, normalmente medido en kilovatios (kW) o megavatios (MW), a veces denominado potencia activa. Los términos "real" o "activo" se utilizan a menudo para modificar el término base "potencia" para diferenciarlo de potencia reactiva y potencia aparente. Consulte Potencia aparente, Potencia, Potencia reactiva.

Grupo de Transmisión Regional: Un concepto de la industria de servicios públicos adoptado por la Comisión Reguladora de Energía Federal (FERC) para la certificación de grupos voluntarios que serían responsables de la planificación y el uso de la transmisión a nivel regional.

Regulación: La función gubernamental de controlar o dirigir las entidades económicas a través del proceso de reglamentación y adjudicación.

Coordinador de confiabilidad (eléctrico): La entidad que es el nivel más alto de autoridad responsable de la operación confiable del Sistema Eléctrico a Granel, tiene la vista de Área Amplia del Sistema Eléctrico a Granel y tiene las herramientas, procesos y procedimientos operativos, incluida la autoridad para prevenir o mitigar las situaciones operativas de emergencia tanto en el análisis del día siguiente como en las operaciones en tiempo real. El Coordinador de Confiabilidad tiene un alcance lo suficientemente amplio como para permitir el cálculo de los Límites Operativos de Confiabilidad de Interconexión, que pueden basarse en los parámetros operativos de los sistemas de transmisión más allá de la visión de cualquier Operador de Transmisión. Consulte la definición de NERC.

Reregulación: El diseño e implementación de prácticas regulatorias a ser aplicadas a los restantes sujetos obligados luego de la reestructuración de la empresa eléctrica integrada verticalmente. Las entidades reguladas restantes serían aquellas que continúan exhibiendo características de un monopolio natural, donde las imperfecciones en el mercado impiden la realización de resultados más competitivos y donde, a la luz de otras consideraciones de política, los resultados competitivos son insatisfactorios en uno o más aspectos. La regulación podría emplear prácticas regulatorias iguales o diferentes a las utilizadas antes de la reestructuración.

Margen de reserva (operativo): La cantidad de capacidad disponible no utilizada de un sistema de energía eléctrica (en carga máxima para un sistema de servicios públicos) como porcentaje de la capacidad total.

Residencial/comercial (categoría de consumo): Unidades de vivienda, negocios mayoristas o minoristas (excepto distribuidores mayoristas de carbón); instituciones de salud (hospitales, instituciones sociales y educativas (escuelas y universidades); y gobiernos federales, estatales y locales (instalaciones militares, prisiones, edificios de oficinas, etc.). Excluye envíos a proyectos federales de energía, como TVA y electrificación rural. cooperativas, distritos de energía y proyectos de energía estatales.

Censo de universo restringido: Esta es la enumeración completa de datos de un subconjunto específicamente definido de entidades que incluyen, por ejemplo, aquellas que exceden un nivel dado de ventas o capacidad nominal del generador.

Reestructuración: El proceso de reemplazar un sistema de monopolio de servicios públicos de electricidad con vendedores en competencia, lo que permite a los clientes minoristas individuales elegir su proveedor de electricidad pero aún así recibir la entrega a través de las líneas eléctricas del servicio público local. Incluye la reconfiguración de la empresa eléctrica integrada verticalmente.

Ventas minoristas (eléctricas): Ventas realizadas directamente al cliente que consume el producto energético.

Ruedas al por menor: El proceso de mover energía eléctrica desde un punto de generación a través de sistemas de transmisión y distribución de propiedad de terceros hasta un cliente minorista.

Ingresos - (electricidad): La cantidad total de dinero que recibe una entidad por la venta de sus productos y/o servicios; ganancias de las ventas o intercambios de activos, intereses y dividendos ganados en inversiones; y otros aumentos del patrimonio neto, excepto los derivados de ajustes de capital.

Derecho de paso (eléctrico): Un corredor de tierra en el que se pueden ubicar las líneas eléctricas. El Titular de la Transmisión puede ser propietario del terreno en canon, servidumbre o tener ciertos derechos de franquicia, prescripción o licencia para construir y mantener líneas. Consulte la definición de NERC.

Capacidad de funcionamiento y de inicio rápido: La capacidad neta de las unidades generadoras que transportan carga o tienen capacidad de arranque rápido. En general, la capacidad de inicio rápido se refiere a unidades generadoras que pueden estar disponibles para carga en un período de 30 minutos.

Ventas para reventa: Un tipo de venta al por mayor que cubre la energía suministrada a otras empresas eléctricas, cooperativas, municipios y agencias eléctricas federales y estatales para su reventa a los consumidores finales.

Ventas para reventa (eléctrico): Un tipo de venta al por mayor que cubre la energía suministrada a otras empresas eléctricas, cooperativas, municipios y agencias eléctricas federales y estatales para su reventa a los consumidores finales. definición de FERC

Interrupción programada: El cierre de una unidad generadora, línea de transmisión u otra instalación para inspección o mantenimiento, de acuerdo con un programa anticipado.

Puesta en seguridad: Una propuesta para emitir bonos que se utilizarían para comprar contratos de energía existentes u otras obligaciones. Los bonos se reembolsarían mediante la designación de una parte de los futuros pagos de facturas de los clientes. Las facturas de los clientes se reducirían, ya que el costo de los pagos de bonos sería menor que los costos del contrato de energía que se evitarían.

Asegurar: Para agregar contratos en un grupo, que luego ofrece acciones para la venta en el mercado de inversión. Esta estrategia diversifica los riesgos de los proyectos de lo que serían si cada proyecto se financiara individualmente, reduciendo así el costo de financiamiento.

Tonelada corta: Unidad de peso equivalente a 2,000 libras.

Pequeño productor de energía (SPP): En virtud de la Ley de Políticas Reguladoras de Servicios Públicos (PURPA), una pequeña instalación de producción de energía (o un pequeño productor de energía) genera electricidad utilizando residuos, energía renovable (biomasa, hidroeléctrica convencional, eólica y solar, y geotérmica) como fuente de energía primaria. Se pueden usar combustibles fósiles, pero los recursos renovables deben proporcionar al menos el 75 por ciento de la entrada total de energía. (Ver Código de Regulaciones Federales, Título 18, Parte 292). Energía solar: La energía radiante del sol, que se puede convertir en otras formas de energía, como calor o electricidad.

Propagación de chispas: Medida de la diferencia entre el precio que puede obtener un generador por vender un megavatio hora (MWh) de electricidad y el costo del gas natural necesario para generar el MWh de electricidad. Spark spread es una medida de la ganancia potencial por generar electricidad en un día en particular. Un componente clave en la ecuación de propagación de chispas es la tasa de calor (medida de eficiencia) de la unidad generadora. Una medida común para la tasa de calor utilizada en la prensa comercial es 7000 Btu/kWh. Esta tasa de calor es ampliamente representativa de la eficiencia de las centrales eléctricas de ciclo combinado de gas natural más nuevas. (A modo de comparación, una planta que tiene una tasa de eficiencia del 50 % tiene una tasa de calor de 6824 Btu/kWh). Las plantas de energía de ciclo combinado de gas natural más eficientes tienen tasas de calor algo por debajo del umbral de 7000 Btu/kWh; pueden ganar dinero incluso cuando la tasa de calor implícita (punto de equilibrio) está un poco por debajo de 7,000 Btu/kWh. Por el contrario, a medida que disminuye el nivel de eficiencia de la planta, la dispersión de la chispa disminuye, por lo que las plantas más viejas y menos eficientes tienen una dispersión de la chispa más baja que aquellas con una tasa de calor de 7000 Btu/kWh.

Reserva para spinning: Aquella capacidad de generación de reserva funcionando a carga cero y sincronizada con el sistema eléctrico.

Compras al contado: Un solo envío de combustible o volúmenes de combustible comprados para entrega dentro de 1 año. Un usuario a menudo realiza compras al contado para cumplir con una cierta parte de los requisitos de energía, para satisfacer necesidades de energía imprevistas o para aprovechar los bajos precios del combustible.

Estabilidad: La propiedad de un sistema o elemento en virtud de la cual su salida finalmente alcanzará un estado estacionario. La cantidad de energía que se puede transferir de una máquina a otra después de una perturbación. La estabilidad de un sistema de potencia es su capacidad para desarrollar fuerzas restauradoras iguales o mayores que las fuerzas perturbadoras para mantener un estado de equilibrio.

Estabilidad (eléctrica): La capacidad de un sistema eléctrico para mantener un estado de equilibrio durante condiciones o perturbaciones normales y anormales. Definición de NERC

Clasificación Industrial Uniforme (SIC): Reemplazado por el Sistema de clasificación industrial de América del Norte. Ver NAICS.

instalación de reserva: Una instalación que admite un sistema de servicios públicos y generalmente funciona sin carga. Está disponible para reemplazar o complementar una instalación normalmente en servicio.

servicio de reserva: Servicio de soporte que está disponible según sea necesario para complementar a un cliente, un sistema de servicios públicos u otro servicio público si un cronograma o un acuerdo autorizan la transacción. El servicio no se utiliza con regularidad.

Central eléctrica a vapor (convencional): Una planta en la que el motor principal es una turbina de vapor. El vapor utilizado para impulsar la turbina se produce en una caldera donde se queman combustibles fósiles.

Beneficios varados: Beneficios asociados con el servicio eléctrico minorista regulado que puede estar en riesgo bajo la competencia minorista de mercado abierto. Los ejemplos incluyen programas de conservación, diversidad de combustibles, confiabilidad del suministro e ingresos fiscales basados en los ingresos de los servicios públicos.

Costos varados: Costos incurridos por una empresa de servicios públicos que pueden no ser recuperables bajo la competencia minorista basada en el mercado. Los ejemplos incluyen instalaciones generadoras no depreciadas, costos diferidos y costos de contratos a largo plazo.

carbón subbituminoso Carbón cuyas propiedades van desde las del lignito hasta las del carbón bituminoso y se utiliza principalmente como combustible para la generación de energía eléctrica a vapor. Puede ser opaco, de marrón oscuro a negro, suave y quebradizo, en el extremo inferior del rango, a brillante, negro azabache, duro y relativamente fuerte, en el extremo superior. El carbón subbituminoso contiene de 20 a 30 por ciento de humedad inherente por peso. El contenido de calor del carbón subbituminoso oscila entre 17 y 24 millones de Btu por tonelada sobre una base húmeda y libre de minerales. El contenido de calor del carbón subbituminoso consumido en los Estados Unidos tiene un promedio de 17 a 18 millones de Btu por tonelada, tal como se recibe (es decir, que contiene tanto humedad inherente como materia mineral).

Subestación: Equipo de instalación que conmuta, cambia o regula el voltaje eléctrico.

Azufre: Un elemento no metálico amarillento, a veces conocido como "azufre". Está presente en varios niveles de concentración en muchos combustibles fósiles cuya combustión libera compuestos de azufre que se consideran nocivos para el medio ambiente. Algunos de los combustibles fósiles más utilizados se clasifican según su contenido de azufre, y los combustibles con menos azufre generalmente se venden a un precio más alto. Nota: actualmente se informa que el combustible destilado n.º 2 tiene un nivel de azufre del 0,05 % o inferior para uso en vehículos de carretera o un nivel de azufre superior al 0,05 % para uso fuera de carretera, aceite para calefacción doméstica y usos comerciales e industriales. El combustible residual, independientemente de su uso, se clasifica como que no tiene más del 1 por ciento de azufre o más del 1 por ciento de azufre.

Control de Supervisión y Adquisición de Datos (eléctrico): Un sistema de control remoto y telemetría utilizado para monitorear y controlar el sistema de transmisión. Definición de NERC

Suministros complementarios de combustibles gaseosos: Gas natural sintético, propano-aire, gas de coquería, gas de refinería, gas de biomasa, aire inyectado para estabilización de Btu y gas manufacturado mezclado y distribuido con gas natural.

Estación de conmutación: Equipo de instalación utilizado para unir dos o más circuitos eléctricos a través de interruptores. Los interruptores están dispuestos selectivamente para permitir que se desconecte un circuito o para cambiar la conexión eléctrica entre los circuitos.

Sistema (eléctrico): Instalaciones de generación, transmisión y distribución conectadas físicamente operadas como una unidad integrada bajo una administración central o supervisión operativa.

Operador del sistema (eléctrico): Un individuo en un centro de control (Autoridad de Balanceo, Operador de Transmisión, Operador de Generador, Coordinador de Confiabilidad) cuya responsabilidad es monitorear y controlar ese sistema eléctrico en tiempo real. Definición de NERC

Telemetría (eléctrica): El proceso por el cual las cantidades eléctricas medibles de las subestaciones y estaciones generadoras se transmiten instantáneamente al centro de control y, por el cual, los comandos operativos del centro de control se transmiten a las subestaciones y estaciones generadoras. Definición de NERC

Teravatio-hora: Un billón de vatios hora.

Calificación térmica (eléctrica): La cantidad máxima de corriente eléctrica que una línea de transmisión o instalación eléctrica puede conducir durante un período de tiempo específico antes de que sufra daños permanentes por sobrecalentamiento o antes de que se hunda hasta el punto de violar los requisitos de seguridad pública. Definición de NERC

Línea de amarre (eléctrica): Un circuito que conecta dos Áreas de Autoridad de Equilibrio. Además, describe circuitos dentro de un sistema eléctrico individual. Definición de NERC

Transformador: Un dispositivo eléctrico para cambiar el voltaje de la corriente alterna.

Transmisión (eléctrica): Conjunto de líneas interconectadas y equipos asociados para el movimiento o transferencia de energía eléctrica entre puntos de suministro y puntos en los que se transforma para su entrega a clientes o se entrega a otros sistemas eléctricos. Definición de NERC

Transmisión (eléctrica) (verbo): El movimiento o transferencia de energía eléctrica a través de un grupo interconectado de líneas y equipos asociados entre puntos de suministro y puntos en los que se transforma para su entrega a los consumidores o se entrega a otros sistemas eléctricos. Se considera que la transmisión finaliza cuando la energía es transformada para su distribución al consumidor.

Restricción de transmisión (eléctrica): Una limitación en uno o más elementos de transmisión que pueden alcanzarse durante las operaciones normales o de contingencia del sistema. Definición de NERC

Línea de transmisión (eléctrica): Un sistema de estructuras, cables, aisladores y hardware asociado que transportan energía eléctrica de un punto a otro en un sistema de energía eléctrica. Las líneas funcionan con voltajes relativamente altos que varían desde 69 kV hasta 765 kV y son capaces de transmitir grandes cantidades de electricidad a largas distancias. Definición de NERC

Operador de transmisión (eléctrico): La entidad responsable de la confiabilidad de su sistema de transmisión localizado, y que opera o dirige las operaciones de las instalaciones de transmisión. Definición de NERC

Propietario de la transmisión (eléctrica): La entidad que posee y mantiene las instalaciones de transmisión. Definición de NERC

Proveedor de servicios de transmisión (eléctrico): La entidad que administra la tarifa de transmisión y proporciona el Servicio de Transmisión a los Clientes de Transmisión bajo los acuerdos de servicio de transmisión aplicables. Definición de NERC

Sistema de transmisión (eléctrico): Un grupo interconectado de líneas de transmisión eléctrica y equipos asociados para mover o transferir energía eléctrica a granel entre los puntos de suministro y los puntos en los que se transforma para su entrega a través de las líneas del sistema de distribución a los consumidores o se entrega a otros sistemas eléctricos.

Utilidad de transmisión: Una entidad regulada que posee y puede construir y mantener cables utilizados para transmitir energía al por mayor. Puede o no manejar las funciones de coordinación y despacho de energía. Está regulado para proporcionar conexiones no discriminatorias, servicio comparable y recuperación de costos.

Turbina: Una máquina para generar potencia mecánica rotatoria a partir de la energía de una corriente de fluido (como agua, vapor o gas caliente). Las turbinas convierten la energía cinética de los fluidos en energía mecánica mediante los principios de impulso y reacción, o una combinación de ambos.

cliente final: Un cliente que compra electricidad para su propio uso y no para la reventa.

desagregación: Separación de las funciones monopólicas integradas verticalmente en sus partes componentes con el fin de ofrecer servicios separados.

sistema uniforme de cuentas: Reglas y reglamentos financieros prescritos establecidos por la Comisión Federal Reguladora de Energía para las empresas de servicios públicos sujetas a su jurisdicción bajo la autoridad otorgada por la Ley Federal de Energía.

Actualizar: Un aumento en la capacidad de potencia de la unidad generadora de electricidad disponible debido a una modificación del sistema o equipo. Una mejora suele ser un aumento permanente en la capacidad de una unidad.

Salida térmica útil: La energía térmica disponible en un sistema combinado de calor y electricidad para su uso en cualquier proceso industrial o comercial, aplicación de calefacción o refrigeración, o entregada a otros usuarios finales, es decir, la energía térmica total disponible para procesos y aplicaciones distintos de generación eléctrica.

Empresas de distribución de servicios públicos: Las entidades que continuarán prestando servicios regulados de distribución de energía eléctrica a los clientes y atenderán a los clientes que no opten por el acceso directo. Independientemente de dónde elija un consumidor comprar energía, la empresa de servicios públicos actual del cliente, también conocida como la empresa de distribución de servicios públicos, entregará la energía al consumidor.

Integración vertical: La combinación dentro de una firma o empresa comercial de una o más etapas de producción o distribución. En la industria eléctrica, se refiere al acuerdo histórico por el cual una empresa de servicios públicos es propietaria de sus propias plantas generadoras, sistema de transmisión y líneas de distribución para brindar todos los aspectos del servicio eléctrico.

Reducción de voltaje: Cualquier reducción intencional del voltaje del sistema en un 3 por ciento o más por motivos de mantenimiento de la continuidad del servicio del sistema de suministro de energía eléctrica a granel.

Carga de hilos volumétricos: Consulte Cantidad de cables cobrados.

Residuos de carbón: Material utilizable que es un subproducto de operaciones de procesamiento de carbón anteriores. El carbón residual generalmente se compone de una mezcla de carbón, suelo y roca (residuos de mina). La mayor parte del carbón residual se quema tal cual en cámaras de combustión de lecho fluidizado no convencionales. Para algunos usos, el carbón residual se puede limpiar parcialmente eliminando algunos componentes no combustibles extraños. Los ejemplos de residuos de carbón incluyen carbón fino, carbón obtenido de un banco de basura o presa de lodos, caña de antracita, gota bituminosa y residuos de lignito.

Aceites usados y alquitrán: Materiales a base de petróleo que no tienen ningún valor para cualquier propósito que no sea el uso de combustible.

vatio (W): La unidad de potencia eléctrica equivalente a un amperio bajo la presión de un voltio. Un vatio es igual a 1/746 caballos de fuerza.

Vatio-hora (Wh): La unidad de medida de energía eléctrica equivalente a un vatio de potencia suministrada o extraída de un circuito eléctrico de manera constante durante una hora.

servicio de ruedas: El movimiento de electricidad de un sistema a otro a través de las instalaciones de transmisión de los sistemas de interconexión. Los contratos de servicio de ruedas se pueden establecer entre dos o más sistemas.

Competencia mayorista: Un sistema por el cual un distribuidor de energía tendría la opción de comprar su energía de una variedad de productores de energía, y los productores de energía podrían competir para vender su energía a una variedad de empresas de distribución.

Mercado mayorista de energía: La compra y venta de electricidad de los generadores a los revendedores (que venden a los clientes minoristas), junto con los servicios auxiliares necesarios para mantener la confiabilidad y la calidad de la energía a nivel de transmisión.

Ventas al por mayor: Energía suministrada a otras empresas eléctricas, cooperativas, municipios y agencias eléctricas federales y estatales para su reventa a los consumidores finales.

Servicios de transmisión al por mayor: La transmisión de energía eléctrica vendida, o por vender, en el mercado mayorista de energía eléctrica.

Energía eólica: Energía cinética presente en el movimiento del viento que puede convertirse en energía mecánica para impulsar bombas, molinos y generadores de energía eléctrica.

Carga de cables: Término amplio que se refiere a las tarifas cobradas a los proveedores de energía o a sus clientes por el uso de los cables de transmisión o distribución.

Referencias

- "Nota de laboratorio n.º 105 Reducción de EMI: sin supresión frente a suprimida". Tecnologías de supresión de arco. abril de 2011.
- "Estado sólido", The Free Dictionary
- "El Premio Nobel de Física 1921". Fundación Nobel.
- Baigrie, Brian (2006), Electricidad y magnetismo: una perspectiva histórica, Greenwood Press, págs. 7-8, ISBN 0-313-33358-0
- Berkson, William (1974) Campos de fuerza: el desarrollo de una visión del mundo desde Faraday hasta Einstein p.148. Routledge, 1974
- Berkson, William (1974), Fields of Force: The Development of a World View from Faraday to Einstein, Routledge, p. 370, ISBN 0-7100-7626-6 Los relatos difieren en cuanto a si esto fue antes, durante o después de una conferencia.
- Bird, John (2007), Tecnología y principios eléctricos y electrónicos, 3.ª edición, Newnes, pág. 11, ISBN 0-978-8556-6
- Bird, John (2007), Tecnología y principios eléctricos y electrónicos, 3.ª edición, Newnes, págs. 206-207, ISBN 0-978-8556-6
- Bird, John (2007), Tecnología y principios eléctricos y electrónicos, 3.ª edición, Newnes, págs. 223-225, ISBN 0-978-8556-6
- Carbon Sequestration Leadership Forum, An Energy Summary of India, archivado desde el original el 5 de diciembre de 2007, consultado el 8 de diciembre de 2007
- Chalmers, Gordon (1937), "La piedra imán y la comprensión de la materia en la Inglaterra del siglo XVII", Filosofía de la ciencia 4 (1): 75-95, doi: 10.1086/286445
- Close, Frank (2007), La nueva cebolla cósmica: los quarks y la naturaleza del universo, CRC Press, p. 51, ISBN 1-58488-798-2
- d'Alroy Jones, Peter, The Consumer Society: A History of American Capitalism, Penguin Books, pág. 211
- Ministerio de Medio Ambiente y Energía de Dinamarca, "F.2 The Heat Supply Act", Segunda Comunicación Nacional de Dinamarca sobre el Cambio Climático,
- Davidovits, Paul (2007), Física en biología y medicina, Academic Press, págs. 204-205, ISBN 978-0-12-369411-9
- Dell, Ronald; Rand, David (2001), "Comprensión de las baterías", Desconocido (Royal Society of Chemistry) 86: 2-4, Bibcode: 1985STIN...8619754M, ISBN 0-85404-605-4
- Duffin, WJ (1980), Electricity and Magnetism, 3.ª edición, McGraw-Hill, pág. 35, ISBN 0-07-084111-X
- Duffin, WJ (1980), Electricity and Magnetism, 3.ª edición, McGraw-Hill, págs. 2-5, ISBN 0-07-084111-X
- Duffin, WJ (1980), Electricity and Magnetism, 3.ª edición, McGraw-Hill, págs. 23 y 24, ISBN 0-07-084111-X
- Duffin, WJ (1980), Electricity and Magnetism, 3.ª edición, McGraw-Hill, pág. 88, ISBN 0-07-084111-X
- Earthscan, págs. 44-48, ISBN 1-85383-341-X
- Edison Electric Institute, History of the Electric Power Industry, archivado desde el original el 13 de noviembre de 2007.
- Edison Electric Institute, Historia de la industria de energía eléctrica de EE. UU., 1882-1991 , consultado el 8 de diciembre de 2007
- Encrenaz, Thérèse (2004), El Sistema Solar, Springer, p. 217, ISBN 3-540-00241-3 Grimnes, Sverre (2000), Bioimpedancia y bioelectricidad básica, Academic Press, págs. 301-309, ISBN 0-12-303260-1

- Herrick, Dennis F. (2003), *Gestión de medios en la era de los gigantes: dinámica empresarial del periodismo*, Blackwell Publishing, ISBN 0-8138-1699-8
- Hertz, Enrique (1887). "Ueber den Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die electrische Entladung". *Annalen der Physik* 267 (8): S. 983–1000. Código Bib:1887AnP...267..983H. doi:10.1002/andp.18872670827.
- Histoire de l'Academie Royal des Sciences, París 1785 "La fuerza de repulsión entre dos pequeñas esferas cargadas con el mismo tipo de electricidad es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre los centros de las dos esferas". Charles-Augustin de Coulomb. Hojjati, B.; Battles, S., *El crecimiento de la demanda de electricidad en los hogares de EE. UU., 1981-2001: Implicaciones para las emisiones de carbono*, consultado el 9 de diciembre de 2007
- Institución de Ingeniería y Tecnología, Michael Faraday: Biografía, consultado el 9 de diciembre de 2007
- Ivancevic, Vladimir & Tijana (2005), *Natural Biodynamics*, World Scientific, p. 602, ISBN 981-256-534-5
- Jones, DA (1991), "Ingeniería eléctrica: la columna vertebral de la sociedad", *Actas de la IEE: ciencia, medición y tecnología* 138 (1): 1–10, doi: 10.1049/ip-a-3.1991.0001
- Joseph, Edminister (1965), *Circuitos eléctricos*, McGraw-Hill, pág. 3, ISBN 07084397X
- Kandel, E.; Schwartz, J.; Jessell, T. (2000), *Principios de la ciencia neuronal*, McGraw-Hill Professional, págs. 27 y 28, ISBN 0-8385-7701-6
- Kirby, Richard S. (1990), *Engineering in History*, Courier Dover Publications, págs. 331–333, ISBN 0-486-26412-2
- Lima-de-Faria, José; Buerger, Martin J. (1990), *Atlas histórico de cristalografía*, Springer, p. 67, ISBN 0-7923-0649-X
- Lipschultz, JH; Hilt, MLJH (2002), *Crime and Local Television News*, Lawrence Erlbaum Associates, pág. 95, ISBN 0-8058-3620-9
- Markovi, Dragana, *La segunda revolución industrial*, consultado el 9 de diciembre de 2007
- McLaren, Peter G. (1984), *Elementary Electric Power and Machines*, Ellis Horwood, págs. 182–183, ISBN 0-85312-269-5
- Morely & Hughes, *Principios de electricidad*, Quinta edición, p. 73, ISBN 0-582-42629-4
- Morely & Hughes, *Principios de electricidad*, quinta edición, págs. 92–93
- Morris, Simon C. (2003), *Life's Solution: Inevitable Humans in a Lonely Universe*, Cambridge University Press, págs. 182–185, ISBN 0-521-82704-3
- Naidu, MS; Kamataru, V. (1982), *Ingeniería de alto voltaje*, Tata McGraw-Hill, p. 2, ISBN 0-07-451786-4
- Naidu, MS; Kamataru, V. (1982), *Ingeniería de alto voltaje*, Tata McGraw-Hill, págs. 201–202, ISBN 0-07-451786-4
- Consejo Nacional de Investigación (1986), *Electricity in Economic Growth*, National Academies Press, p. 16, ISBN 0-309-03677-1
- Consejo Nacional de Investigación (1986), *Electricity in Economic Growth*, National Academies Press, National Research Council (1998), *Physics Through the 1990s*, National Academies Press, págs. 215–216, ISBN 0-309-03576-7
- Patterson, Walter C. (1999), *Transforming Electricity: The Coming Generation of Change*, ReVelle, Charles and Penelope (1992), *The Global Environment: Asegurándose de un futuro sostenible*, Jones & Bartlett, pág. 298, ISBN 0-86720-321-8
- Richard C. Jaeger, Travis N. Blalock, *Diseño de circuitos microelectrónicos*, págs. 46-47, McGraw-Hill Professional, 2003 ISBN 0-07-250503-6.
- Rickards, Teresa (1985), *Thesaurus of Physics*, HarperCollins, p. 167, ISBN 0-06-015214-1
- Saeli, Sue; MacIsaac, Dan (2007), "Uso de analogías gravitacionales para introducir conceptos elementales de teoría de campos eléctricos", *The Physics Teacher* 45 (2): 104, Bibcode:2007PhTea..45..104S, doi:10.1119/1.2432088, consultado el 9 de diciembre de 2007
- Sears, et al., Francis (1982), *University Physics*, sexta edición, Addison Wesley, p. 457, ISBN 0-201-07199-1

- Sears, et al., Francis (1982), University Physics, sexta edición, Addison Wesley, págs. 469–470, ISBN 0-201-07199-1
- Sears, et al., Francis (1982), University Physics, sexta edición, Addison Wesley, pág. 479, ISBN 0-201-07199-1
- Sears, et al., Francis (1982), University Physics, sexta edición, Addison Wesley, págs. 494–498, ISBN 0-201-07199-1
- Sears, et al., Francis (1982), University Physics, sexta edición, Addison Wesley, págs. 696–700, ISBN 0-201-07199-1
- Sears, Francis W., Mark W. Zemansky y Hugh D. Young (1983), University Physics, sexta edición, Addison-Wesley, págs. 843–4. ISBN 0-201-07195-9.
- Serway, Raymond A. (2006), Física universitaria de Serway, Thomson Brooks, pág. 500, ISBN 0-534-99724-4
- Sewell, Tyson (1902), Los elementos de la ingeniería eléctrica, Lockwood, p. 18 La Q originalmente significaba 'cantidad de electricidad', el término 'electricidad' ahora se expresa más comúnmente como 'carga'.
- Shectman, Jonathan (2003), Experimentos, invenciones y descubrimientos científicos revolucionarios del siglo XVIII, Greenwood Press, págs. 87–91, ISBN 0-313-32015-2
- Simpson, Brian (2003), Estimulación eléctrica y alivio de Dolor, Elsevier Health Sciences, págs. 6 y 7, ISBN 0-444-51258-6
- Solymar, L. (1984), Conferencias sobre teoría electromagnética, Oxford University Press, p. 140, ISBN 0-19-856169-5
- Srodes, James (2002), Franklin: The Essential Founding Father, Regnery Publishing, págs. 92–94, ISBN 0-89526-163-4 No se sabe si Franklin llevó a cabo personalmente este experimento, pero popularmente se le atribuye.
- Stewart, Joseph (2001), Teoría electromagnética intermedia, World Scientific, p. 50, ISBN 981-02-4471-1
- La Enciclopedia Americana; una biblioteca de conocimiento universal (1918), Nueva York: Encyclopedia Americana Corp
- Thompson, Silvanus P. (2004), Michael Faraday: Su vida y obra, Elibron Classics, p. 79, ISBN 1-4212-7387-X
- Tleis, Nasser (2008), Modelado de sistemas de potencia y análisis de fallas, Elsevier, págs. 552–554, ISBN 978-0-7506-8074-5
- Trefil, James (2003), La naturaleza de la ciencia: una guía de la A a la Z de las leyes y principios que rigen nuestro universo, Houghton Mifflin Books, pág. 74, ISBN 0-618-31938-7
- Uman, Martin (1987), Todo sobre los rayos (PDF), Dover Publications, ISBN 0-486-25237-X
- Umashankar, Korada (1989), Introducción a la ingeniería de campos electromagnéticos, World Scientific, págs. 77–79, ISBN 9971-5-0921-0
- Van Riper, A. Bowdoin (2002), La ciencia en la cultura popular: una guía de referencia, Westport: Greenwood Press, p. 69, ISBN 0-313-31822-0
- Ward, Robert (1960), Introducción a la Ingeniería Eléctrica, Prentice-Hall, p. 18
- "Un trazador XY digital de alta calidad diseñado para brindar confiabilidad, flexibilidad y bajo costo". Diario de Hewlett-Packard. <http://www.hpl.hp.com/hpjournal/pdfs/IssuePDFs/1979-02.pdf>. Consultado el 9 de febrero de 2012.
- "AOSmith: CA y CC de motores eléctricos" (PDF) . <http://www.aosmithmotors.com/uploadedFiles/AC-DC%20manual.pdf>. Consultado el 7 de diciembre de 2009. "Cobham plc :: Aeroespacial y Seguridad, Comunicaciones Aeroespaciales, Annemassee". Cobham.com. 2011-02-13. <http://www.cobham.com/about-cobham/aerospace-andsecurity/about-us/aerospace-communications/annemassee.aspx>.
- "Encyclopædia Britannica, "Galileo Ferraris"". <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/204963/Galileo-Ferraris>. "Galileo Ferrari". <http://profiles.incredible-people.com/galileo-ferraris/>.

"Cómo funcionan los anillos colectores". www.uea-inc.com. <http://www.uea-inc.com/products/slip-rings/how-theywork.aspx>.

"Conector de anillo colector - Electrónica SenRing". [Senring.com](http://www.senring.com/hnr67.html). <http://www.senring.com/hnr67.html>. Alan Hendrickson, Colin Buckhurst Diseño mecánico para el escenario Focal Press, 2008 ISBN 0-240-80631-X, página 379 con una ilustración de anillos deslizantes tipo panqueque y tambor.

BR Pelly, "Convertidores y cicloconvertidores controlados por fase de tiristores: funcionamiento, control y rendimiento" (Nueva York: John Wiley, 1971).

Bakshi UA y Bakshi VU Fundamentos de Ingeniería Eléctrica. Publicaciones Técnicas Pune. 2008.

Bakshi UA, Godse y Bakshi MV Máquinas Eléctricas y Electrónica. Publicaciones Técnicas Pune, 2009.

Bedford, BD; Hoft, RG et al. (1964). Principios de los circuitos inversores. Nueva York: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-471-06134-4. (Los circuitos inversores se utilizan para el control de velocidad del motor de frecuencia variable)

Obispo, Robert H., Ed. El Manual de Mecatrónica, ISA—La Sociedad de Instrumentación, Sistemas y Automatización, CRC Press, 2002.

Briere D. y Traverse, P. (1993) "Airbus A320/A330/A340 Controles de vuelo eléctricos: una familia de sistemas tolerantes a fallas" Proc. FTCS, págs. 616–623.

Brumbach Michael E. Electricidad Industrial. Aprendizaje de Thomason Delmar, 2005.

Cyril W. Lander, Power Electronics 3.ª edición, McGraw Hill International UK Limited, Londres 1993 ISBN 0-07-707714-8 Capítulo 9-8 Control de motores de inducción de anillos colectores

Deshpande, Motores Eléctricos de MT: Aplicación y Control. PHI Learning Private Ltd., 2010.

Deshpande, Motores eléctricos de media tensión: aplicación y control. PHI Learning Private Ltd., 2010. Donald G. Fink y H. Wayne Beaty, Manual estándar para ingenieros eléctricos, undécima edición, McGraw-Hill, Nueva York, 1978, ISBN 0-07-020974-X.

Edwin J. Houston y Arthur Kennelly, Recent Types of Dynamo-Electric Machinery, copyright American Technical Book Company 1897, publicado por PF Collier and Sons New York, 1902 Los motores eléctricos utilizan el 60 % de la energía eléctrica de China, por ejemplo

Electricidad y magnetismo, traducido del francés de Amédée Guillemin. Rev. y ed. por Silvanus P. Thompson. Londres, MacMillan, 1891

Faraday, Michael (1844). Investigaciones Experimentales en Electricidad. 2. Véase la lámina 4. Fitzgerald/Kingsley/Kusko (Fitzgerald/Kingsley/Umans en años posteriores), Electric Machinery, texto clásico para estudiantes de ingeniería eléctrica junior y senior. Publicado originalmente en 1952, sexta edición publicada en 2002.

Ganot's Physics, 14th Edition, NY, 1893 traducido por Atkinson, pp. 907 y 908. (Sección 899 y Figura 888).

Garrison, Ervan G., "Una historia de ingeniería y tecnología". CRC Press, 1998. ISBN 0-8493-9810-X, 9780849398100. Consultado el 7 de mayo de 2009.

Vaya, William (2004). "Esturión, William (1783-1850)". Diccionario Oxford de biografía nacional. Oxford, Inglaterra: Oxford University Press. doi:10.1093/ref:odnb/26748.

Gill, Pablo. Mantenimiento y Pruebas de Equipos Eléctricos de Potencia. Prensa CRC: Taylor & Francis Group, 2009.

Herman, Stephen L. Control de motores eléctricos. 9ª ed. Delmar Cengage Learning, 2010. Herman, Stephen L. Control de motores industriales. 6ª ed. Delmar Cengage Learning, 2010. <http://books.google.it/books?id=CxQdC6xPFSwC&pg=PA45&lpg=PA45&dq=GALILEO+FERR>

ARIS+AC+MOTOR+INVENTION&source=web&ots=jjeS-hcv2T&sig=cYbNfNNeVwvMIhR-JCP8uReedRU&hl=it&sa=X&oi=book_result&resnum=1&ct=result#v=onepage&q&f=false. <http://www.circuitcellar.com/> Comparación de motores, Revista Circuit Cellar, julio de 2008, Número 216,

Bachiochi, p.78 (Tabla editada en Wikipedia, mayo de 2011) <http://www.daytronic.com/products/trans/t-magpickup.htm>

<http://www.electronicweekly.com/Articles/2010/08/13/46377/dyson-vacuums-104000rpmbrushless-dc-technology.htm>

<http://www.frankfurt.matav.hu/angol/magytud.htm>

<http://www.mpoweruk.com/history.htm>

<http://www.mpoweruk.com/timeline.htm>

<http://www.traveltohungary.com/english/articles/article.php?id=135>

Hughes, Austin. Motores y Accionamientos Eléctricos: fundamentos, tipos y aplicaciones. 3ra ed. Casa Linacre, 2006.

Irwin, David J., Ed. El manual de electrónica industrial. Prensa CRC: Prensa IEEE, 1997. Jiles, David.

Introducción al Magnetismo y los Materiales Magnéticos. Prensa CRC: Taylor Francis Group, 1998.

John N. Chiasson, Modelado y control de alto rendimiento de máquinas eléctricas, Wiley-IEEE Press, Nueva York, 2005, ISBN 0-471-68449-X.

Kuphaldt, Tony R. (2000–2006). "Capítulo 13 MOTORES DE CA". Lecciones de circuitos eléctricos—Volumen II.

http://www.ibiblio.org/obp/electricCircuits/AC/AC_13.html. Consultado el 11 de abril de 2006. Laughton MA y Warne, DF, Eds. Libro de referencia del ingeniero eléctrico. 16ª edición. Elsevier Science, 2003.

Máquinas eléctricas lineales: una visión personal: Eric R. Laithwaite, Actas del IEEE, vol. 63, No. 2, febrero de 1975 página 250

Miller, Rex y Mark R. Miller, Controles de motores y electricidad industrial. McGraw Hill, 2008.

Nature 53. (impreso en 1896) página: 516

Neidhofer, Gerhard. [<http://www.ieee.org/organizations/pes/public/2007/sep/pehistory.html>

"Ganador temprano de energía trifásica en el desarrollo de polifásico ac"].

<http://www.ieee.org/organizations/pes/public/2007/sep/pehistory.html>.

Norte, David. (2000) "Encontrar un terreno común en los sistemas de protección envolvente". Semana de la aviación y tecnología espacial, 28 de agosto, págs. 66–68.

Pansini, Anthony, J (1989). Básico de Motores Eléctricos. Compañía editorial de Pennwell. pag. 45. ISBN 0-13-060070-9.

Patrick, Dale R. and Fardo, Stephen W. Sistemas de distribución eléctrica. 2ª ed. La prensa de Fairmont, 2009.

Patrick, Dale R. y Stephen W. Fardo. Máquinas Eléctricas Rotativas y Sistemas de Potencia. 2ª ed. La prensa de Fairmont, 1997.

Patricio, Dale R; Fardo, Stephen W., Rotating Electrical Machines and Power Systems (2nd Edition) 1997 Fairmont Press, Inc. ISBN 978-0-88173-239-9 capítulo 11

Peter W. Fortescue, John Stark, Graham Swinerd Ingeniería de sistemas de naves espaciales John Wiley and Sons, 2003 ISBN 0-470-85102-3

Rajput RK Ingeniería Básica Eléctrica y Electrónica. Laxmi Publications Ltd., 2007.

Maquinaria de CC y CA de Resenblat & Fienman

Schoenherr, Steven F. (2001), "Historia de los altavoces". Historia de la tecnología de grabación. Consultado el 13 de marzo de 2010.

Shanefield DJ, Electrónica industrial para ingenieros, químicos y técnicos, William Andrew Publishing, Norwich, NY, 2001.

Singh, Yaduvir Dr. y Verma M. Fundamentos de ingeniería eléctrica. Prensa científica universitaria, 2010.

Sivanagaraju S., Reddy y Prasad. Accionamientos de semiconductores de potencia. PHI Learning Private Ltd., 2009.

Unidades de accionamiento de par de baja velocidad

Subrahmanyam, V., Accionamientos eléctricos: conceptos y aplicaciones. 2ª ed. Tata McGraw Hill, 2011. La "bondad" de las pequeñas máquinas eléctricas de imán permanente contemporáneas - DJ Patterson, CW Brice, RA Dougal, D Kovuri

La Universidad de Tokai presenta un motor de CC de 100 W con una eficiencia del 96

% http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS_EN/20090403/168295/

Toliyat, Hamid A. y Kliman GB Manual de motores eléctricos. Marcel Dekker, Inc., 2004. El Departamento de Energía de EE. UU. indica que más de la mitad de la generación de electricidad en EE. UU. es utilizada por motores eléctricos

Wayne Salow. Electricidad, Magnetismo y Luz. Thomson Learning Inc., 2002. Blackwood, OH, Kelly, WC y Bell, RM, General Physics, 4th Edition, Wiley, 1973 Bloomfield, Louis A., How Things Work, The Physics of Everyday Life, 2nd Ed., Wiley, 2001. de Armond, John, "Interruptores de falla a tierra",

<http://personal.cha.bellsouth.net/cha/j/o/johngd/files/rv/gfi.pdf>

Craford, M. George, Holonyak, Nick y Kish, Frederick, "En busca de la última lámpara", Scientific American 284, 62, febrero de 2001.

Denardo, Bruce, Temperatura de un filamento de bombilla, The Physics Teacher 40, 101, febrero de 2002.

Diefenderfer, James y Holton, Brian, Principios de instrumentación electrónica, 2ª ed., Saunders College Publ., 1994.

Diefenderfer, James, Principios de instrumentación electrónica, 2ª ed., WB Saunders, 1979.

Giancoli, Douglas C., Physics, 4th Ed, Prentice Hall, (1995).

Ewell, George W., Transmisores de radar, McGraw-Hill, 1981.

Floyd, Thomas L., Fundamentos de circuitos eléctricos, 2ª edición, Merrill, 1991 Floyd,

Thomas L., Dispositivos electrónicos, 3ª edición, Merrill, 1992

Halliday & Resnick, Fundamentos de Física, 3E, Wiley 1988

Halliday, Resnick & Walker, Fundamentals of Physics, 4th Ed, Extended, Wiley 1993

Horowitz, Paul and Hill, Winfred, The Art of Electronics, Cambridge University Press, 1980

Jackson, JD, Electrodinámica clásica, Wiley (1975).

Jones, Edwin R (Rudy) y Childers, Richard L, Contemporary College Physics, Addison-Wesley, 1990.

Un texto de introducción a la física que no es de cálculo bien ilustrado.

Jung, Walter, Libro de recetas de amplificadores operacionales IC, Howard Sams, 1981

Ladbury, Ray, "Geodynamo gira hacia un campo magnético estable", Physics Today 49, 96 de enero, pág. 17.

Mims, Forrest M, circuitos IC de amplificador operacional, miniportátil de ingeniero, n.º de cat. No. 276-5011A, Radio Shack 1985

Mims, Forrest M., Circuitos lógicos digitales, Radio Shack 1985 Mims,

Forrest M., Introducción a la electrónica, Radio Shack, 1983

Mims, Forrest M., 555 Timer IC Circuits, 3ª edición, miniportátil para ingenieros, Radio Shack Cat. N° 276-5010A, 1992

Mims, Forrest, circuitos optoelectrónicos: Mini-portátil de ingenieros, Radio Shack Cat. No. 276- 5012, 1986. Cuaderno pequeño con detalles prácticos y esquemas de aplicaciones de circuitos.

Nave & Nave, Física para las ciencias de la salud, 3ª ed., WB Saunders, 1985

Ohanian, Hans, Física, 2ª ed. Ampliado, Norton, 1985.

Reitz, J., Milford, F. y Christy, R., Fundamentos de la teoría electromagnética, 4ª edición, Addison-Wesley, 1993.

Rohlf, JW, Modern Physics from a to Z0, Wiley 1994 Schwarz, WM,

Intermediate Electromagnetic Theory, Wiley, 1964. Scott, WT, The

Physics of Electricity and Magnetism, Wiley, 1959.

Sears, FW, Zemansky, MW, Young, HD, Física Universitaria, 6ª edición, Addison-Wesley, 1982.

Serway, RA y Beichner, RJ, Física para científicos e ingenieros, 5ª edición, Saunders College Publishing, 2000.

Serway & Faughn, Facultad de Física, Saunders College, 1985

Simpson, Robert E., Introducción a la electrónica para científicos e ingenieros, 2.ª edición, Allyn y Bacon, 1987

Skilling, HH, Fundamentos de las ondas eléctricas, 2.ª edición, Wiley, 1948

Summit Electrical, base de datos de búsqueda de información técnica sobre productos eléctricos, <http://www.summit.com/site map/search.htm>

Tipler, Paul A., Física para científicos e ingenieros, 3.ª edición, ampliada, Worth Publishers, 1991

Tocci, Ronald J., Sistemas digitales, 5.ª edición, Prentice-Hall, 1991.

Uman, Martin, Todo lo que siempre quiso saber sobre los rayos pero no se atrevió a preguntar, Saturday Review, 13 de mayo de 1972. También envíe un mensaje de texto a Lightning, McGraw Hill, 1969.

Williams, ER, The Electrification of Thunderstorms, Scientific American Nov 88, p88.

Young, Hugh D., Física Universitaria, 8ª Ed., Addison-Wesley, 1992

Brown, Charles E. (2002), Recursos de energía, Springer, ISBN 3-540-42634-5

Wald, Matthew (21 de marzo de 1990), "El uso creciente de la electricidad plantea dudas sobre el suministro", New York Times

Möller, Peter; Kramer, Bernd (diciembre de 1991), "Review: Electric Fish", BioScience (Instituto Americano de Ciencias Biológicas) 41 (11): 794–6 [794], doi:10.2307/1311732, JSTOR 1311732 Baseden, Alan, Lightning Destruction, Diario de Atlanta, 16 de julio de 1991.

Frood, Arran (27 de febrero de 2003), Riddle of 'Baghdad's batterys', BBC, consultado el 16 de febrero de 2008

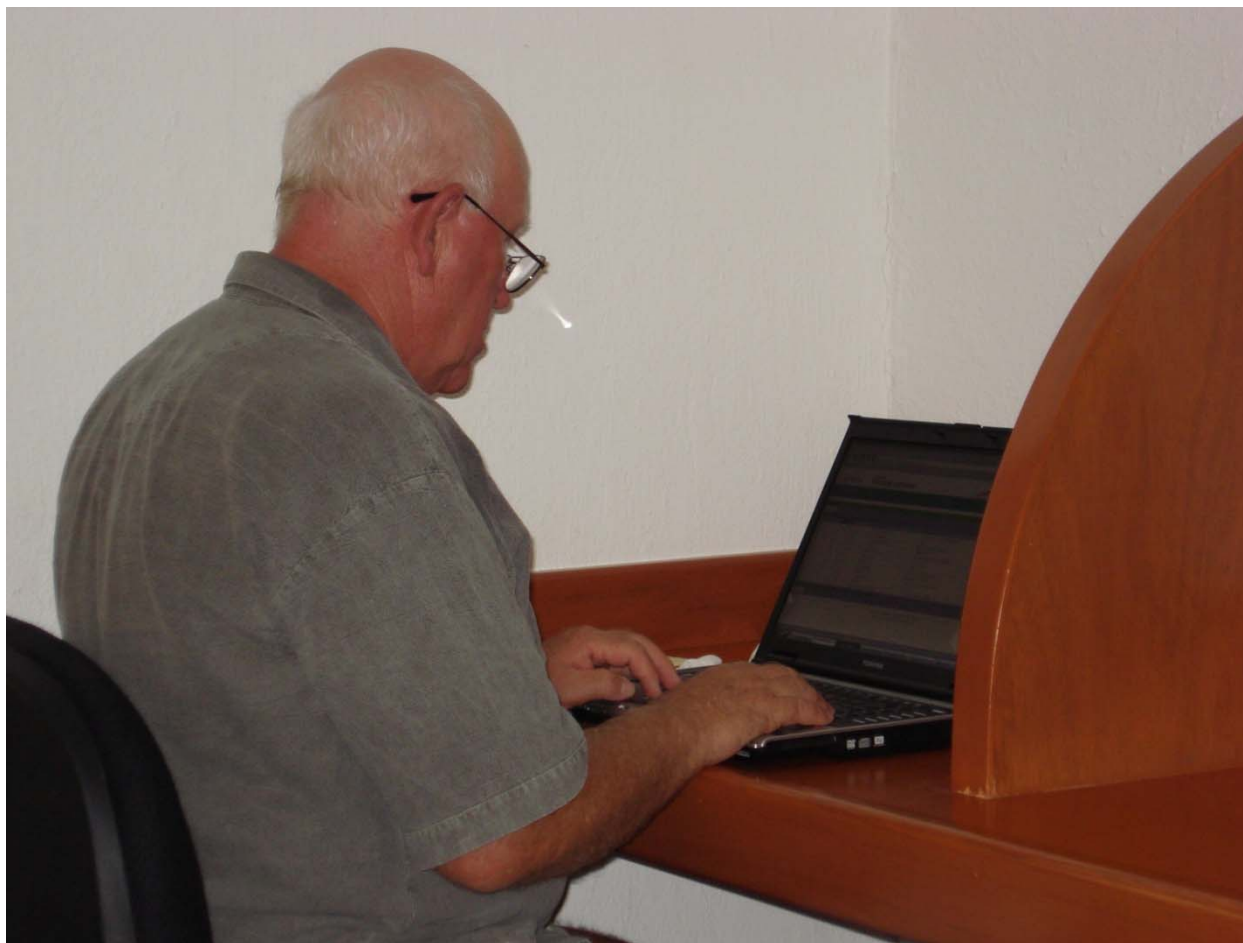
IndexMundi, China Electricity - consumo, consultado el 8 de diciembre de 2007

Das, Saswato R. (2007-12-15), "El pequeño y poderoso transistor", Los Angeles Times

"Preguntas frecuentes sobre el anillo colector". Moog.com. 2009-06-23. <http://www.moog.com/products/slip-rings/slip-rings-faq-s/>. Consultado el 2 de septiembre de 2011.

"Transporte público", Noticias de energía alternativa, 2010-03-10

John Sydney Blakemore, Física del estado sólido, pp.1-3, Cambridge University Press, 1985 ISBN 0-521-31391-0.



Le invitamos a completar la tarea en Microsoft Word. Puede encontrar la asignación en www.abctlc.com.

Una vez completada, simplemente envíenos por fax o correo electrónico la clave de respuesta junto con la página de registro y espere dos semanas para la calificación. Una vez que lo calificamos, le enviaremos un certificado de finalización. Llámanos si necesitas ayuda. Si necesita su certificado dentro de las 48 horas, se le puede solicitar que pague una tarifa de servicio urgente de \$ 50.00.

Puede descargar la tarea en Microsoft Word desde el sitio web de TLC en la página de tareas. www.abctlc.com

Tendrá 90 días para completar con éxito esta tarea con una puntuación del 70 % o superior. Si necesita ayuda, comuníquese con Servicios Estudiantiles de TLC.

