



INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO PELILEO

MÁQUINAS ELÉCTRICAS



MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Directorio editorial institucional

Dr. Rodrigo Mena Mg. Rector
Mg. Sandra Cando Coordinadora Institucional
Mg. Oscar Toapanta Coordinador de I+D+i
Ing. Johanna Iza Líder de Publicaciones

Diseño y diagramación

Mg. Belén Chávez
Mg. Santiago Mayorga

Revisión técnica de pares académicos

Mg. Fabricio Cherres
IST PELILEO
Correo: acherres@institutos.gob.ec
Mg. Johanna Iza
IST PELILEO
Correo: jeiza@institutos.gob.ec
ISBN: 978-9942-686-12-1

Primera edición

Agosto 2024

<https://istp.edu.ec>

Usted es libre de compartir, copiar la presente guía en cualquier medio o formato, citando la fuente, bajo los siguientes términos: Debe dar crédito de manera adecuada, bajo normas APA vigentes, fecha, página/s. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma arbitraria sin hacer uso de fines de lucro o propósitos comerciales; debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original. No puede aplicar restricciones digitales que limiten legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia. Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).





Ing. Paúl López

DOCENTE

Paúl Mauricio López Bautista se graduó como Ingeniero Eléctrico en Potencia en la Escuela Politécnica Nacional de la ciudad de Quito.

Trabajó en diseños de proyectos eléctricos en la Dirección de Proyectos Especiales de la Empresa Eléctrica Quito. Posteriormente prestó sus servicios profesionales como Residente de obra Eléctrico en la Empresa "SCO INGENIERÍA ELÉCTRICA". Paso a prestar su contingente profesional en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte en la **Sección de Alumbrado Público** del Departamento de Distribución de Energía Eléctrica.

Actualmente presta sus servicios profesionales como docente del Instituto Tecnológico Superior Pelileo, Campus Baños.

Sus áreas de interés son en la planificación, diseño y construcción de redes eléctricas, de medio y bajo voltaje, análisis y evaluación de parámetros en sistemas eléctricos de potencia.

PRÓLOGO

En un entorno donde la energía impulsa nuestro avance, las máquinas eléctricas se destacan como los protagonistas discretos que aceleran el progreso tecnológico e industrial. Desde los albores de la revolución industrial hasta la actual era digital, estas máquinas han revolucionado nuestra forma de vivir, trabajar y pensar. Su influencia es tan significativa que, a menudo, no valoramos adecuadamente la sofisticación y el ingenio detrás de cada generador, motor o transformador presente en nuestra vida diaria.

Desde las primeras innovaciones con corriente continua hasta los últimos avances en corriente alterna y sistemas de control, el propósito es ofrecer una perspectiva completa que integre teoría y práctica.

Al adentrarnos en el estudio de las máquinas eléctricas, es crucial entender que no se trata solo de componentes mecánicos o dispositivos de alto rendimiento, sino de la culminación de siglos de investigación, pruebas y creatividad. Representan nuestra habilidad para comprender y aplicar las leyes de la física y, al mismo tiempo, nuestra capacidad para imaginar y construir el futuro.

Este contenido está pensado para estudiantes y profesionales que desean profundizar en el campo, así como para entusiastas de la tecnología interesados en apreciar la complejidad y el ingenio detrás de estas maravillas electromecánicas. Con una mezcla de teoría detallada, ejemplos prácticos y un enfoque histórico, esperamos inspirar y educar a quienes comparten la fascinación por la electricidad y la ingeniería.





**INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO PELILEO**

TOMO 1:

Máquinas Eléctricas

Ing. Paúl López B.



CONTENIDOS

01

CAPÍTULO UNO

CIRCUITOS MAGNÉTICOS

Introducción

Excitación de núcleos ferromagnéticos con corriente continua

Ley de ohm para circuitos magnéticos

Curva de magnetización y saturación

LEY DE INDUCCIÓN DE FARADAY

Regla de la mano izquierda

Inductancia magnética

Diseño de bobinas

Forma de núcleos ferromagnéticos

Excitación senoidal en circuitos magnéticos

Aplicaciones de los circuitos magnéticos

PRINCIPIOS FÍSICOS DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Principio del generador eléctrico

Principio del motor

Principio físico de motores rotativos

Generación de un campo giratorio

02

CAPÍTULO DOS

ESTUDIO DE TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS

Problemas de diseño

Introducción

Estructura del transformador

F.E.M. inducida

Relación de transformación

Deducción del circuito equivalente

Análisis de comportamiento bajo distintas cargas

Por ciento y por unidad de impedancia

Autotransformadores

03

CAPÍTULO TRES

MOTOR DE INDUCCIÓN POLIFÁSICO

Introducción

Principios básicos del motor de inducción trifásico

Principio de funcionamiento del campo magnético rotatorio trifásico

Circuito equivalente para el motor de inducción

CONTENIDOS

MÁQUINAS SÍNCRONAS

Introducción

Clasificación y construcción física

Circuito equivalente de la máquina síncrona

EL GENERADOR SÍNCRONO

Introducción

Tipos de rotores

Sistemas de excitación

Devanado de estator y de rotor

Cálculo del factor de paso

Cálculo de factor de distribución

Velocidad síncrona

04

CAPÍTULO CUATRO

MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA

Introducción

Partes principales de las máquinas de c.c

Clasificación de las máquinas de c.c

Motor de c.c en serie

Motor de c.c de excitación separada y en derivación

Motor de c.c compuesto

BIBLIOGRAFÍA

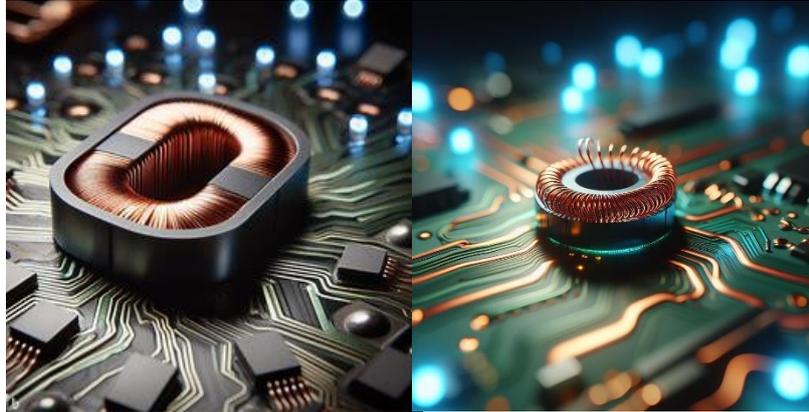


01

CIRCUITOS MAGNÉTICOS

CAPÍTULO UNO

CIRCUITOS MAGNÉTICOS



Introducción

Los campos magnéticos son fenómenos físicos creados a través de la presencia de corrientes eléctricas o por el movimiento de partículas cargadas eléctricamente. Estos campos magnéticos son invisibles, pero tienen efectos medibles y pueden ser representados mediante líneas de campo magnético.

La relación entre los campos magnéticos y las máquinas eléctricas es fundamental, ya que las máquinas eléctricas funcionan mediante la interacción de campos magnéticos y corriente eléctrica.

Los motores eléctricos convierten la energía eléctrica en energía mecánica. Esto se logra mediante la interacción entre un campo magnético y una corriente eléctrica. Un campo magnético se genera sustancialmente en el interior del motor mediante imanes permanentes o electroimanes, y una corriente eléctrica fluye a través de una bobina de alambre ubicada en un rotor o armadura. Cuando la corriente eléctrica fluye a través de la bobina, se crea una fuerza electromotriz que hace que

el rotor gire debido a un campo magnético. Esto produce el movimiento mecánico del motor.



Figura 1
Motor eléctrico

[https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_el%C3%A9ctrico#/media/Archivo:Rotterdam_Ahoy_Europort_2011_\(14\).JPG](https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_el%C3%A9ctrico#/media/Archivo:Rotterdam_Ahoy_Europort_2011_(14).JPG)

Los generadores eléctricos operan según el principio de la inducción electromagnética, que establece que un cambio en el flujo magnético a través de un circuito conductor inducirá una fuerza electromotriz (fem) en el circuito.

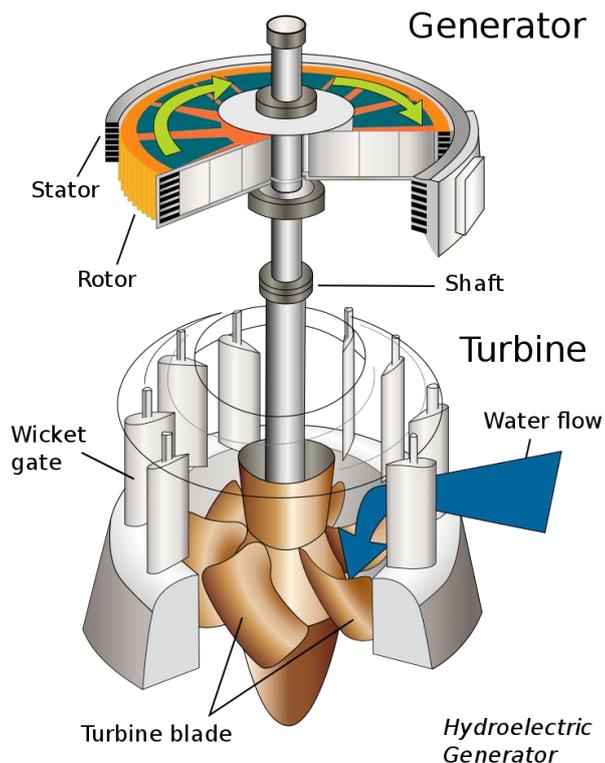


Figura 2
Una típica turbina de agua y un generador eléctrico.

https://es.wikipedia.org/wiki/Hidroelectricidad#/media/Archivo:Water_turbine_-_edit1.svg

Los principios fundamentales de la inducción electromagnética establecen cuatro leyes fundamentales

Principio de la Ley de Faraday: esta ley menciona que un cambio en el flujo magnético de un circuito produce una fuerza electromotriz, y esta genera una corriente eléctrica. En las máquinas eléctricas, este principio se utiliza en generadores para transformar energía mecánica en eléctrica.

Principio de la Fuerza de Lorentz: se establece que cuando existe una corriente esta producirá una fuerza, lo cual es el principio de los motores. En los motores eléctricos, se aprovecha este principio para generar un movimiento mecánico.

Diseño de los componentes magnéticos: para máquinas eléctricas como motores y generadores máquinas eléctricas, como

motores y generadores, se utilizan imanes permanentes o electroimanes para generar campos magnéticos. Esto es de principal importancia para el diseño electromecánico del rotor y estator de dichas máquinas.

Control y regulación: En algunas máquinas eléctricas, como motores eléctricos, es factible controlar la velocidad y el par mecánico mediante la variación del campo magnético. Esto se logra a través de la manipulación electromecánica de la corriente que fluye a través de las bobinas del campo o el control de la corriente en el rotor, lo que afecta la fuerza y la velocidad de giro.

Excitación de núcleos ferromagnéticos

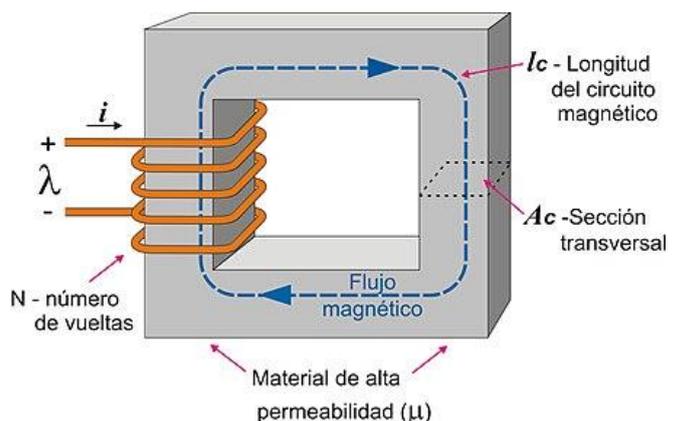


Figura 3
Estructura de un circuito magnético simple
https://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_magn%C3%A9tico

La excitación de núcleos ferromagnéticos se refiere al proceso de inducir magnetización en núcleos de materiales ferromagnéticos, como el hierro o el níquel, a través de la implementación de un campo magnético externo, (los núcleos ferromagnéticos son de hierro con aleaciones de cobalto, níquel, tungsteno y trazas de materiales magnéticos ideales para la construcción de motores, transformadores y generadores).

La excitación de núcleos ferromagnéticos se lleva a cabo utilizando bobinas o electroimanes para crear un campo

magnético en el núcleo, lo que a su vez modifica sus propiedades magnéticas.

Ley de ohm para circuitos magnéticos

Las teorías sobre circuitos eléctricos están intrínsecamente relacionadas con los circuitos magnéticos, es decir las mismos principios y técnicas son también establecidas para la resolución de circuitos magnéticos.

Para circuitos magnéticos también obedecen a la ley de Ohm:

$$\Phi = \frac{F}{R}$$

Donde:

Φ : es el flujo magnético expresado en wber, análogo con la intensidad en circuito eléctrico

F: Representa la fuerza magnetomtriz (fmm) expresado en ampere - vuelta, análogo al voltaje.

R: es la reluctancia expresado en Henry⁻¹, similar a la resistencia eléctrica.

La diferencia fundamental radica en la relación de los circuitos eléctricos y magnéticos en que en el primero no circula una corriente eléctrica cuando este está en estado de circuito abierto, mientras que en el segundo circulará un flujo magnético a través del aire así este esté en estado de circuito abierto.

Se debe hacer hincapié en lo siguiente: La reluctancia es una propiedad física que se refiere a la tendencia de un material a resistirse al flujo magnético q circula por este. En el contexto de la teoría electromagnética y los circuitos eléctricos, se utiliza para describir la oposición de un material al magnetismo. La reluctancia se mide en unidades llamadas ampere-vuelta por weber (A·turn/Wb) y está relacionada con la permeabilidad magnética del material y la longitud del camino a través del cual el flujo magnético se está propagando. Es una parte importante en el análisis de circuitos

magnéticos y dispositivos como transformadores y motores eléctricos

$$R = \frac{l}{\mu A}$$

Donde

R= es la reluctancia expresado en Henry⁻¹, análoga a la resistencia eléctrica.

l= Longitud del núcleo del circuito.

μ = permeabilidad

$$\mu = \mu R \mu_0$$

μR = Permeabilidad relativa

$\mu_0 = 4 \times 10^{-7}$ Wb/ Am

A= Representa a una sección transversal del núcleo

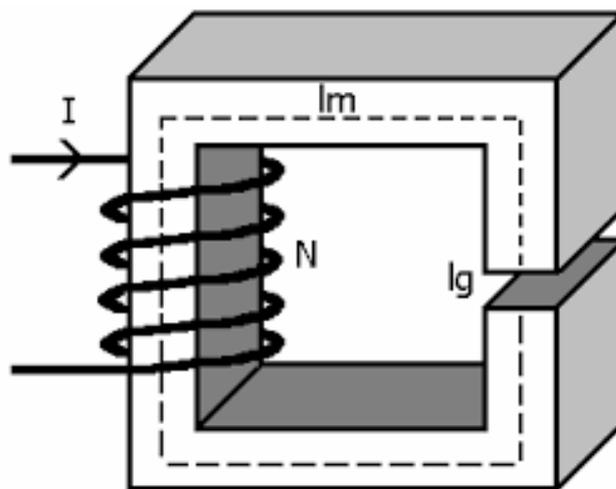


Figura 4 Circuito magnético en donde se puede observar los parámetros a calcular por la reluctancia.

https://quintans.webs.uvigo.es/recursos/Web_electromagnetismo/electromagnetismo_circuitosmagneticos.htm

Curva de magnetización y saturación

Anteriormente se mencionó sobre la excitación de núcleos ferromagnéticos que es el principio fundamental para el funcionamiento de las maquinas eléctricas como motores, generadores y transformadores. De aquí se deriva un fenómeno fundamental que permitirá

entender lo que es histéresis y curva de magnetización, lo cual permitirá diseñar y operar eficientemente las máquinas eléctricas

Histéresis, se refiere a la aplicación de un campo magnético en un material ferromagnético, la magnetización del material aumenta, pero cuando se elimina el campo magnético, la magnetización no vuelve a cero inmediatamente; en su lugar, sigue siendo positiva a un cierto nivel. Solo después de aplicar un campo magnético en la dirección opuesta, la magnetización disminuirá por completo.

El concepto anterior se lo puede representar a través de un gráfico que repes la relación entre el campo magnético y la magnetización del material, a esta representación se la denomina curva de histéresis

La curva de histéresis se puede apreciar cómo la magnetización del material cambia a medida que se aplica y se retira un campo magnético. Esta curva es típicamente en forma de bucle y muestra la dependencia de la magnetización en la historia previa de cambios en el campo magnético.

El comportamiento de los materiales y sistemas en los que se produce la histéresis, como los materiales magnéticos, los dispositivos electromagnéticos y otros sistemas con comportamientos asimétricos en respuesta a cambios en las variables.

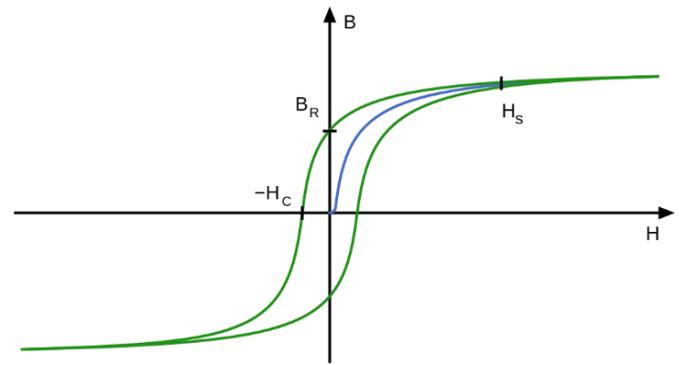


Figura 5 Curva de histéresis de magnetización <https://es.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%A9resis#/media/Archivo:Hysteresiskurve.svg>



Figura 6 En esta figura se presentan dominios magnéticos orientados al azar (parte izquierda) y dominios magnéticos orientados ante la acción de un campo magnético externo.

<https://es.quora.com/C%C3%B3mo-es-posible-grabar-datos-mediante-campos-magn%C3%A9ticos>

Ley de inducción de Faraday



Figura 7 Michael Faraday (Newington, Gran Bretaña, 1791 - Londres, 1867).

<https://www.biografiasyvidas.com/biografia/f/faraday.htm>

En su forma más básica, La ley de inducción de Faraday se expresa de la siguiente manera

"La fuerza electromotriz inducida (fem) en un circuito es igual al negativo de la velocidad de cambio del flujo magnético a través del circuito." Se puede expresar de la siguiente manera:

$$e_{ind} = Bv l$$

Donde l es la longitud del generador eléctrico; B es la densidad de flujo; v es la velocidad del conductor dentro del campo magnético.

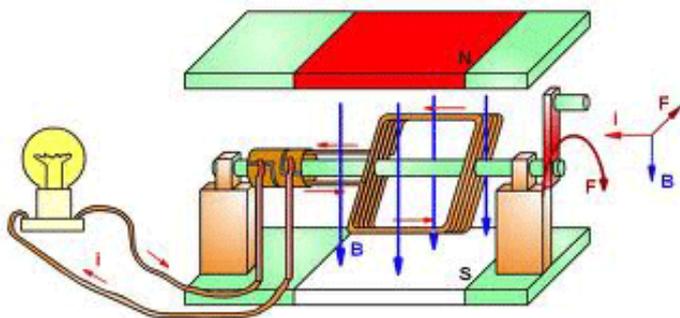


Figura 8 Esquema del funcionamiento de un generador eléctrico.

<https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/fsancac/2014/03/12/generadores-de-electricidad-ley-de-faraday-lentz/>

El momento que circula una corriente por un conductor o bobina este genera una fuerza inducida, cuya expresión matemática es la siguiente:

$$F = iB$$

En donde i es la intensidad que circula por la bobina, este es el principio de funcionamiento del motor eléctrico.

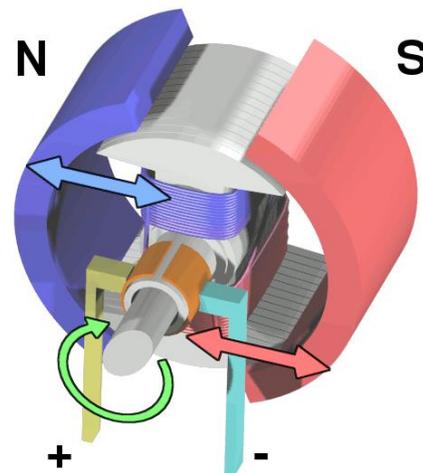


Figura 9 Esquema del funcionamiento de un motor eléctrico.

<https://comofuncionanlostrenes.blogspot.com/2013/02/como-funciona-una-locomotora-electrica.html>

Cuando una intensidad en forma sinusoidal es decir en corriente alterna circula a través de un conductor, se origina un campo magnético variable en el tiempo alrededor del mismo. Si otro conductor se encuentra en la región de influencia de este campo magnético, se inducirá una fuerza electromotriz (f.e.m.) en el conductor, como se ilustra en la figura. El valor de esta f.e.m. se calcula de la siguiente manera:

$$V = - \frac{d\phi}{dt}$$

En donde, ϕ flujo de la espira. Si $\varphi = N \phi$ es el flujo por cada bobina, siendo N número de vueltas de cada bobina, entonces el voltaje inducido en una bobina está dado por:

$$V = - \frac{d\varphi}{dt}$$

En resumen, esta ley es fundamental para el entendimiento de motores, transformadores y generadores eléctricos, es básicamente como funciona nuestro mundo.

En un generador, la corriente que resulta del voltaje generado y fluye a través del circuito de carga crea una fuerza que se opone al movimiento que genera el voltaje. Esta fuerza de oposición es directamente proporcional a la corriente de carga y es la razón por la cual un generador necesita más energía de excitación a medida que aumenta la carga eléctrica.

Para un motor, el par generado es proporcional a la corriente que proviene de la fuente de energía eléctrica. Al mismo tiempo, el motor genera un voltaje en sentido contrario, según la regla de Fleming de la mano derecha, que se opone a la dirección del voltaje de línea. En consecuencia, el motor opera a la velocidad necesaria para producir el voltaje de oposición preciso que limita la corriente, suministrando así el par exacto requerido.

Inductancia magnética

Es una propiedad que muestra la resistencia de una bobina ante cualquier cambio en la corriente eléctrica. Este parámetro es de gran importancia para calcular tanto la corriente como el voltaje en el circuito.

La forma de calcular la inductancia propia de una bobina es de la siguiente manera:

$$L = \frac{N\phi}{i} = \frac{NBA}{i} = \frac{NuHA}{i}$$

Similar a los condensadores y las resistencias, el inductor también es un componente pasivo. En términos simples, un inductor es elaborado a base arrollamientos de material conductor que se opone a los cambios de flujo de intensidad.

Cuando se produce un cambio en la corriente en una bobina o un cable enrollado (inductor), esto se opone a dicho cambio generando o induciendo una fuerza electromotriz (FEM) en sí mismo y en materiales conductores cercanos.

La capacitancia se refiere a la capacidad de un conductor para almacenar carga eléctrica, es decir, energía en un campo eléctrico. Por otro lado, la inductancia de un conductor eléctrico mide su capacidad para almacenar carga magnética, es decir, energía en un campo magnético.

Un inductor almacena energía en forma de un campo magnético. Dado que el campo magnético está relacionado con el flujo de corriente, la inductancia depende del material conductor. La inductancia de una bobina es directamente proporcional al número de vueltas en la bobina.

Los materiales dieléctricos como plástico, madera y vidrio tienen la inductancia más baja, mientras que las sustancias magnéticas ferrosas (como hierro, alnico y ferróxido de cromo) tienen una inductancia alta.

La unidad de medida de la inductancia es el henrio (H), que también se puede expresar en microhenrios (μH), milihenrios (mH), entre otros. También se puede medir en webers por amperio (Wb/A). La relación entre webers y henrios es $1\text{H} = 1 \text{Wb/A}$.

Para comprender la inductancia de una bobina, es importante conocer la Ley de Lenz, que explica cómo se induce una fuerza electromotriz en un inductor. Según la Ley de Lenz, "la polaridad de los campos electromagnéticos inducidos debido a un cambio en el flujo magnético es tal que genera una corriente cuyo campo

magnético se opone al cambio en el flujo que lo origina".

Otra forma de definir la inductancia es como "la fuerza electromotriz producida en una bobina cuando se aplica un voltaje de 1 voltio y es igual a un henrio o 1 amperio por segundo".

Diseño de bobinas



Figura 10 Esquema del funcionamiento de un motor eléctrico.

<https://www.onubaelectronica.es/inductores/>

Un inductor o bobina se compone de una cierta cantidad de vueltas de alambre magnético enrollado alrededor de un núcleo, ya sea de aire o de un material ferromagnético. A pesar de su importancia en diversas aplicaciones domésticas e industriales, estas bobinas no se encuentran disponibles comercialmente en una amplia variedad de propiedades, sino que se diseñan y construyen para aplicaciones específicas.

En máquinas eléctricas, se suelen utilizar núcleos de aleaciones de hierro en bajas frecuencias (2 kHz o menos para transformadores) debido a las altas pérdidas por calentamiento causadas por las corrientes de Eddy. Estas aleaciones de hierro se laminan para reducir dichas pérdidas. Además, se construyen núcleos magnéticos a partir de hierro en polvo y aleaciones de hierro

en polvo para reducir las corrientes de Eddy en frecuencias altas.

Otro tipo de núcleo son los núcleos de ferrita, que consisten en una mezcla de óxidos de hierro y otros materiales magnéticos. Tienen una alta resistividad eléctrica, pero se saturan rápidamente. Las ferritas tienen pérdidas mínimas por histéresis, y las pérdidas por corrientes de Eddy se deben principalmente a la resistividad eléctrica del material y son insignificantes, lo que los hace adecuados para circuitos de alta frecuencia.

Para los devanados de las bobinas en máquinas eléctricas, se utilizan conductores de cobre debido a su alta conductividad y facilidad para enrollar alrededor del núcleo. Esto reduce el volumen de conductores y minimiza las pérdidas por calentamiento. Es importante controlar la temperatura, ya que un aumento en la temperatura de los devanados y el núcleo ferromagnético reduce la eficiencia de las máquinas, ya que la resistividad del conductor aumenta con la temperatura y el material del núcleo magnético incrementa sus pérdidas a temperaturas ligeramente superiores a 100 grados Celsius.

Forma de núcleos ferromagnéticos

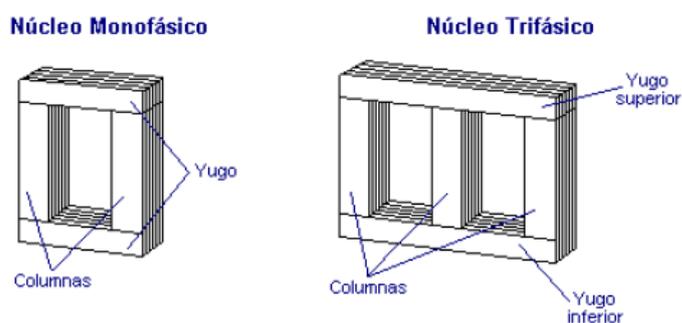


Figura 11 Núcleos Ferromagnéticos

<https://www.onubaelectronica.es/inductores/>

Dado que los materiales ferromagnéticos son esenciales para la construcción de motores, generadores y transformadores, es esencial para reducir pérdidas de histéresis y de Foucault y también las pérdidas en el hierro del núcleo. Estos núcleos deben ser diseñados

para que puedo soportar todas las exigencias que de mande su funcionamiento. Para transformadores estos núcleos deben ser laminado para reducir las pérdidas eléctricas y son tipo columna y acorazados



Figura 12 Núcleos de ferritas para inductores de potencia
<http://splmagneticcores.com/3-4-ee-magnetic-material/>

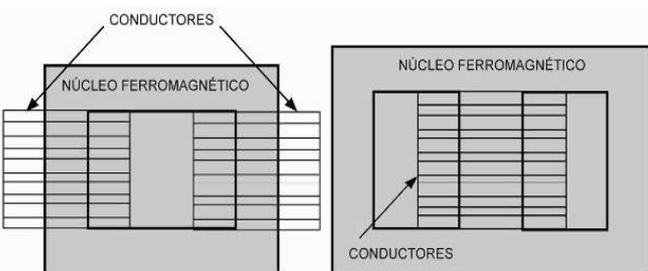


Figura 13 Tipo de núcleos ferromagnéticos
<http://splmagneticcores.com/3-4-ee-magnetic-material/>

Reluctancia

La reluctancia es un término que se utiliza en física e ingeniería eléctrica, particularmente en el estudio de circuitos magnéticos. Describe la resistencia que ofrece un material al paso de un campo magnético a través de él. Es similar a la resistencia en los circuitos eléctricos, pero en lugar de oponerse al flujo de corriente eléctrica, la reluctancia se opone al flujo de líneas de campo magnético. La reluctancia R_m en un circuito magnético se calcula de manera análoga a

la resistencia en un circuito eléctrico, usando la fórmula:

$$R_m = \frac{l}{uA}$$

donde:

- l es la longitud del trayecto del flujo magnético,
- u es la permeabilidad del material (que indica cuán fácilmente un material puede ser magnetizado),
- A es el área transversal del trayecto del flujo magnético.

En materiales con alta permeabilidad, la reluctancia es baja, permitiendo así un flujo magnético más fácil. Por el contrario, los materiales con baja permeabilidad tienen una alta reluctancia, lo que dificulta el flujo magnético.

Excitación en corriente alterna de circuitos magnéticos

El funcionamiento de todos los circuitos eléctricos opera mayoritariamente con señales en corriente alterna. Sin embargo, este tipo de excitación ocasiona o genera que los núcleos y los bobinados de las máquinas eléctricas se calienten debido a la circulación de la corriente y que esta genera un campo magnético lo cual ocasionará una dispersión de flujo magnético entorno al núcleo de las máquinas eléctricas.

Cuando se tiene una fuente de excitación en corriente alterna, como en voltaje y flujo magnético que varían en el tiempo ya que estas están intrínsecamente ligadas, lo que provocara el fenómeno de la inducción electromagnética

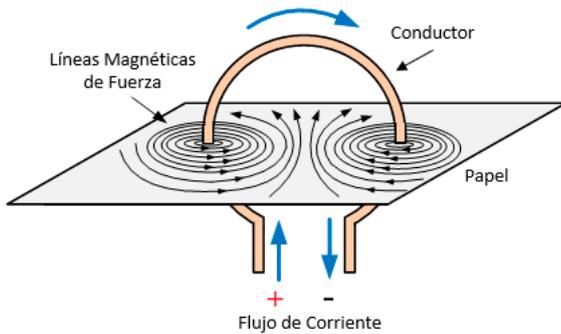


Figura 14 Tipo de núcleos ferromagnéticos
<https://www.ingenierosespecialistas.com/>

Algunas aplicaciones de circuitos magnéticos

En la figura 15 se puede apreciar un transformador de tipo ideal, significa que en este tipo de transformador no se consideran las pérdidas respectivas que demanda eléctricamente.

Tanto motores, generadores y transformadores utilizan el principio de la inducción electromagnética tanto como para generar un trabajo mecánico, electricidad o en el caso particular del transformador se lo utiliza para aumentar o reducir los niveles de voltaje en cualquiera que se lo pretenda utilizar.

Otro caso particular es el uso de los contactores electromecánicos que en si utilizan el principio de la inducción electromagnética para abrir o cerrar sus contactos principales o realizar algún tipo de enclavamiento, su utilización tiene un amplio campos de aplicaciones como en puertas eléctrica, ascensores, máquinas para mover bandas transportadoras, etc.

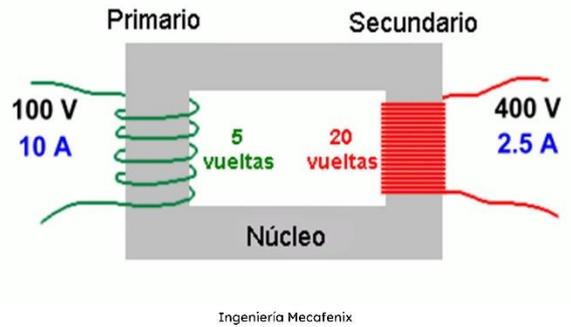


Figura 15 circuito magnéticos de un transformador

<https://www.ingmecafenix.com/electronica/componentes/transformador-electrico/>

El campo magnético también se utiliza para aplicaciones médicas, como la obtención de imágenes del cuerpo con fines de diagnóstico y tratamiento, conocidas como imágenes por resonancia magnética.

Principios físicos de las máquinas eléctricas

Generador Eléctrico

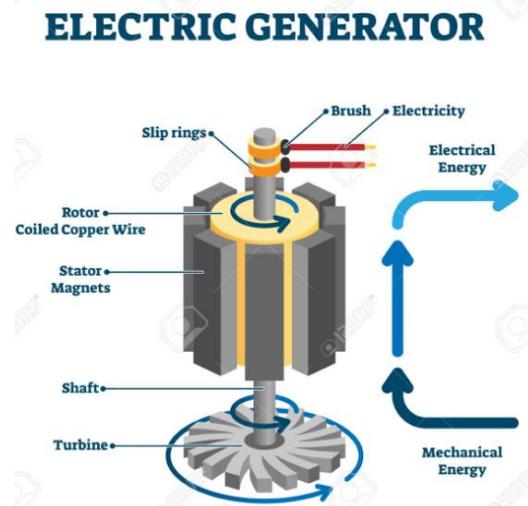


Figura 16 Esquema de un generador eléctrico
<https://previews.123rf.com/images/normaals/normaals2002/normaals200200059/141113396-dibujo-del-generador-el%C3%A9ctrico-ilustraci%C3%B3n-vectorial-plana-turbina-eje-y-rotor-rotaci%C3%B3n-de.jpg>

Un generador es un dispositivo eléctrico rotativo que convierte la energía mecánica

en energía eléctrica. Logra este proceso mediante la interacción de sus elementos fundamentales: el rotor, que constituye la parte giratoria, y el estator, que conforma la parte estática.

Principio de motor

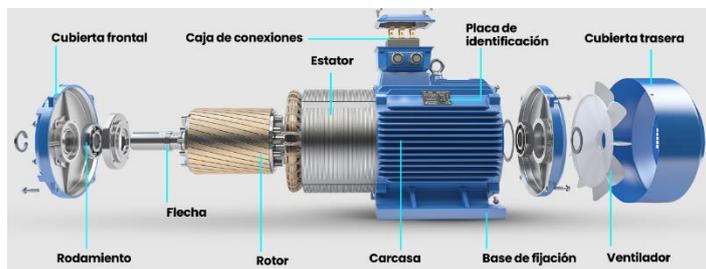


Figura 17 Esquema de un motor eléctrico
<https://bimgix.traction.com/Partes-del-motor-electrico.png>

El motor eléctrico es una máquina rotativa que convierte energía eléctrica en energía mecánica debido a la interacción de la parte móvil y la parte estática que son el rotor y el estator respectivamente.

Principios físicos de motores rotativos

Una máquina rotativa es un mecanismo que convierte la energía cinética en otra forma de energía, o la transforma en energía potencial, presentándola de manera diferente a través de un proceso que implica el almacenamiento en un campo magnético. Estas máquinas se dividen generalmente en tres categorías principales: generadores, motores y transformadores.

Un motor de inducción es uno de los motores eléctricos más habituales y flexibles, empleado en diversas aplicaciones. A continuación, se describen los principios fundamentales que sustentan su funcionamiento:

Principios Fundamentales de un Motor de Inducción

1. Campos Electromagnéticos:

El motor de inducción funciona basándose en el electromagnetismo. Emplea campos magnéticos generados por corrientes eléctricas en el estator (la parte fija) y el rotor (la parte móvil).

2. Composición del Motor:

Estator: Es la parte fija del motor, que contiene el devanado de corriente alterna (CA). Este devanado produce un campo magnético giratorio cuando se le aplica corriente CA.

Rotor: Es la parte móvil del motor, ubicada dentro del estator. Puede ser de tipo jaula de ardilla (más común) o de devanado.

3. Campo Magnético Giratorio:

Al aplicar corriente alterna al devanado del estator, se crea un campo magnético giratorio que se desplaza a una velocidad conocida como velocidad sincrónica.

4. Inducción Electromagnética:

El campo magnético giratorio del estator induce una corriente en el rotor, fenómeno descrito por Michael Faraday. Esta corriente en el rotor produce su propio campo magnético.

5. Fuerza Electromagnética:

La interacción entre el campo magnético del estator y el campo del rotor genera una fuerza que hace girar el rotor. La fuerza depende de la interacción entre ambos campos magnéticos y la corriente inducida en el rotor.

6. Deslizamiento:

El rotor gira a una velocidad ligeramente inferior a la del campo magnético del estator, lo que se denomina "deslizamiento". Esta diferencia de velocidad es necesaria para que el rotor genere corriente y, por lo tanto, torque.

7. Velocidad Sincrónica y Velocidad del Rotor:

Velocidad Síncrona (N_s): Es la velocidad a la que gira el campo magnético del estator

Velocidad del Rotor (N_r): Es la velocidad real del rotor. La diferencia entre la velocidad síncrona y la velocidad del rotor da lugar al deslizamiento.

8. Torque y Potencia:

El motor de inducción genera torque basado en la corriente inducida en el rotor y su interacción con el campo magnético giratorio. La potencia del motor resulta de la combinación de torque y velocidad.

Generación de un campo giratorio

Un campo magnético rotativo, también conocido como campo magnético giratorio, es un fenómeno magnético en donde el campo magnético rota a una velocidad constante, idealmente. Este tipo de campo magnético se origina a partir de una corriente eléctrica alterna trifásica.

Resumen

El estator crea un campo magnético giratorio.

Este campo induce una corriente en el rotor.

La interacción entre los campos magnéticos del estator y el rotor produce un torque que hace girar el rotor.

El rotor gira a una velocidad ligeramente menor que la del campo magnético giratorio (deslizamiento).

Estos principios aseguran que los motores de inducción sean eficientes y confiables para una amplia variedad de aplicaciones industriales y comerciales.

Los motores de inducción son extremadamente versátiles y se emplean en una amplia gama de aplicaciones gracias a su durabilidad, confiabilidad y eficiencia. A continuación, se presentan algunos usos comunes de los motores de inducción en distintos sectores:

1. Electrodomésticos:

- Ventiladores de Techo: Estos motores impulsan las aspas para proporcionar ventilación en entornos residenciales.

- Aspiradoras: Equipadas con motores de inducción, ofrecen la potencia necesaria para aspirar y limpiar eficazmente.

2. Industria y Manufactura:

- Bombeo de Agua: Se utilizan en bombas para sistemas de suministro de agua, riego y tratamiento de aguas.

- Compresores: En sistemas de refrigeración y aire acondicionado, los motores de inducción mueven los compresores para comprimir refrigerantes.

- Cintas Transportadoras: Motores de inducción mueven materiales a lo largo de las líneas de producción.

3. Transporte:

- Trenes Eléctricos: Algunos trenes utilizan motores de inducción para propulsarse, aprovechando su resistencia y bajo mantenimiento.

- Ascensores y Escaleras Mecánicas: Estos motores accionan tanto ascensores como escaleras mecánicas en edificios comerciales y públicos.

4. Agricultura:

- Tractores: Utilizan motores de inducción para operar diversos implementos agrícolas, como cultivadores y segadoras.

- Sistemas de Riego: Motores de inducción impulsan bombas que proporcionan agua para el riego de cultivos.

5. Electrónica y Equipos de Oficina:

- Impresoras: Muchas impresoras láser y multifuncionales usan motores de inducción

para mover rodillos y otros componentes internos.

- Equipos de Aire Acondicionado: Los motores de inducción se emplean en las unidades de aire acondicionado para accionar los ventiladores internos.

6. Automatización y Robótica:

- Sistemas Automatizados de Almacenamiento: Motores de inducción mueven productos dentro de centros de distribución y estanterías automáticas.

- Robots Industriales: Algunos robots industriales utilizan estos motores para operaciones precisas en brazos y componentes móviles.

7. Sistemas de Ventilación y Climatización:

- Aire Acondicionado y Sistemas HVAC: Impulsan los ventiladores en sistemas de calefacción, ventilación y aire

acondicionado para la circulación del aire en edificios.

8. Herramientas Eléctricas:

- Sierras de Cinta: Estas herramientas eléctricas utilizan motores de inducción para su funcionamiento.

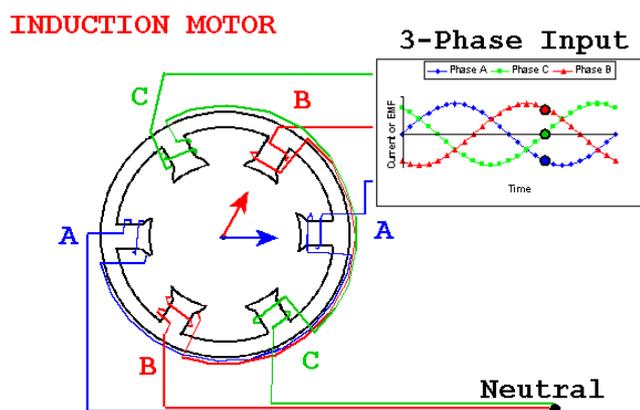


Figura 18 Esquema de un motor eléctrico
<https://www.areatecnologia.com/electricidad/>



Cuestionario

Capítulo I

CUESTIONARIO CAPITULO 1

1. Definiciones Básicas:

- a. ¿Cómo se define un circuito magnético?
- b. Explique el concepto de reluctancia en un circuito magnético.

2. Componentes del Circuito Magnético:

- a. Describa la función del núcleo magnético en un circuito magnético.
- b. ¿Cuál es la importancia de los materiales ferromagnéticos en la construcción de circuitos magnéticos?

3. Leyes Magnéticas:

- a. ¿Cuál es la Ley de Ampère y cómo se aplica en un circuito magnético?
- b. Explique la Ley de Faraday y su relación con los circuitos magnéticos.

4. Inductancia y Flujo Magnético:

- a. Defina el término "inductancia" en el contexto de un circuito magnético.
- b. ¿Cómo se relaciona el flujo magnético con la inductancia en un inductor?

5. Transformadores:

- a. Describa el principio de funcionamiento de un transformador.
- b. ¿Cómo se puede calcular la relación de transformación en un transformador?

6. Pérdidas en Circuitos Magnéticos:

- a. Enumere y explique las principales fuentes de pérdidas en un circuito magnético.
- b. ¿Cómo se pueden minimizar las pérdidas en un transformador?

7. Aplicaciones Prácticas:

- a. Mencione al menos dos aplicaciones prácticas de circuitos magnéticos en la vida cotidiana.
- b. ¿Cómo se utilizan los circuitos magnéticos en la industria de la energía eléctrica?

8. Tendencias y Desarrollos:

- a. Investigue y mencione una tendencia actual en la mejora de circuitos magnéticos.
- b. ¿Cómo podría afectar la introducción de nuevos materiales en el diseño de circuitos magnéticos?



02

ESTUDIO DE TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS

CAPÍTULO DOS

Estudio de Transformadores Eléctricos

Introducción

El término "transformador", tal como se utiliza comúnmente, se refiere a dispositivos que se basan en los efectos físicos de dos o más bobinas estacionarias vinculadas mediante un campo magnético compartido. Estos transformadores pueden incorporar núcleos de aire, ferrita o materiales ferrosos. La elección del material para el núcleo está principalmente determinada por la frecuencia específica de la aplicación a la que se destine su uso. En el caso de frecuencias utilizadas para el manejo de altas potencias y para audiofrecuencias, se utilizan predominantemente núcleos de acero de silicio laminado.

Principios de Funcionamiento

Principio de Inducción Electromagnética:

Los transformadores funcionan según el principio de inducción electromagnética, que fue descrito por Michael Faraday. Cuando una corriente alterna fluye a través del devanado primario, se genera un campo magnético que induce una corriente en el devanado secundario.

Cambio de Voltaje:

El voltaje puede aumentar o disminuir en función de la cantidad de vueltas en los devanados primario y secundario. La relación de transformación está dada por la fórmula:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Donde:

V1: voltaje en el devanado primario

V2: voltaje en el devanado secundario

N1: número de vueltas en el devanado primario del transformador

N2: número de vueltas en el devanado secundario del transformador

Componentes Principales

Devanado Primario:

Este conjunto de bobinas recibe la corriente alterna y genera el campo magnético necesario para inducir voltaje en el devanado secundario.

Devanado Secundario:

Es el conjunto de bobinas donde se obtiene el voltaje transformado. El voltaje en el secundario depende de la proporción entre el número de vueltas en el devanado primario y el secundario.

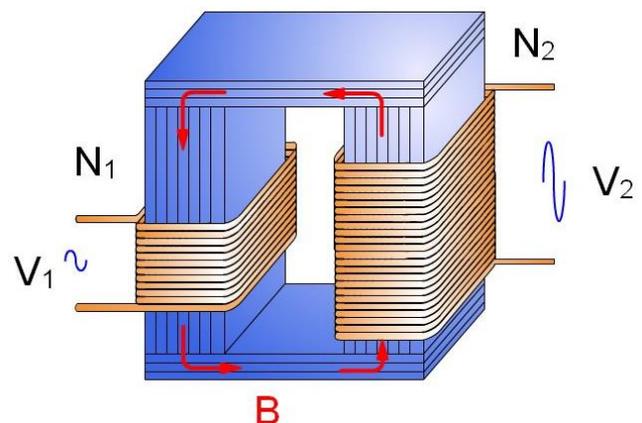


Figura 19 Esquema de un transformador eléctrico.

https://mgmdenia.files.wordpress.com/2015/03/transformador_3d.jpg

Núcleo:

El núcleo, hecho comúnmente de hierro o acero laminado, canaliza el campo magnético generado por el devanado primario hacia el devanado secundario, mejorando la eficiencia del transformador al minimizar las pérdidas energéticas.

Aislamiento:

El aislamiento entre los devanados primario y secundario es esencial para prevenir cortocircuitos y garantizar la seguridad del transformador. También protege contra descargas eléctricas y daños.

Materiales con los que son hechos los transformadores

Los transformadores eléctricos están fabricados con materiales específicos que garantizan su eficacia y durabilidad. Los principales materiales empleados en su construcción son:

1. Material del Núcleo

- Hierro Silíceo (Acero al Silicio):

Descripción: El núcleo de un transformador generalmente está compuesto de acero al silicio, una aleación de hierro con una pequeña cantidad de silicio.

Propósito: Este material presenta una alta permeabilidad magnética, lo que reduce las pérdidas por histéresis y corrientes parásitas, y mejora la eficiencia del transformador.

- Núcleo de Ferrita:

Descripción: En transformadores destinados a altas frecuencias, como los de radiofrecuencia (RF), se puede usar ferrita en lugar de acero al silicio.

Propósito: La ferrita es un material cerámico que ofrece alta permeabilidad magnética y bajas pérdidas de energía a frecuencias elevadas.

2. Material de las Bobinas

- Cobre:

Descripción: El material más común para las bobinas de transformadores es el cobre, debido a su excelente conductividad eléctrica.

Propósito: Facilita una transmisión eficiente de la corriente eléctrica con mínimas pérdidas resistivas.

- Aluminio:

Descripción: Algunos transformadores, especialmente los de mayor tamaño y más económicos, utilizan aluminio en lugar de cobre.

Propósito: Aunque el aluminio tiene menor conductividad eléctrica comparado con el cobre, es más ligero y menos costoso, lo que es ventajoso en transformadores grandes.

3. Materiales Aislantes

- Papel Impregnado con Aceite:

Descripción: En transformadores de potencia grandes, se emplea papel de celulosa impregnado con aceite dieléctrico.

Propósito: El aceite actúa como aislante y refrigerante, mientras que el papel proporciona soporte estructural y aislamiento adicional.

- Resinas Epóxicas y Poliésteres:

Descripción: Para transformadores más pequeños y de distribución, se utilizan resinas epóxicas y poliésteres para encapsular las bobinas.

Propósito: Estas resinas ofrecen aislamiento eléctrico y protegen las bobinas contra la humedad y otros contaminantes.

4. Carcasa o Envoltente

-Acero o Aluminio:

Descripción: La carcasa del transformador suele estar hecha de acero o aluminio.

Propósito: Brinda protección a los componentes internos del transformador, proporciona una estructura sólida y ayuda en la disipación del calor.

5. Materiales de Enfriamiento

- Aceite Dieléctrico:

Descripción: Se utiliza en transformadores de potencia para enfriamiento y aislamiento.

Propósito: Absorbe el calor generado durante la operación y también actúa como aislante eléctrico.

- Aire:

Descripción: En transformadores secos o de baja potencia, el enfriamiento se realiza mediante la convección de aire.

Propósito: Permite la disipación del calor sin el uso de líquidos dieléctricos.

Cada uno de estos materiales es esencial para el funcionamiento eficaz y seguro de los transformadores eléctricos, garantizando que operen a los niveles de voltaje y carga para los que fueron diseñados sin pérdidas significativas de energía ni riesgos de fallas.

Tipos de Transformadores

Transformadores de Potencia:

Se utilizan en estaciones de generación y subestaciones para convertir altos niveles de voltaje en niveles adecuados para su distribución.

Transformadores de Distribución:

Están ubicados en las redes de distribución y reducen el voltaje a niveles apropiados para el uso residencial y comercial.

Transformadores de Medida:

Incluyen transformadores de corriente y de voltaje que permiten medir estos parámetros en sistemas eléctricos sin interrumpir el servicio.

Transformadores de Impedancia:

Se utilizan para ajustar las impedancias entre diferentes etapas de un sistema eléctrico y optimizar el flujo de potencia.

Transformadores de Aislamiento:

Proporcionan aislamiento eléctrico entre dos circuitos, protegiendo equipos sensibles y reduciendo el riesgo de descargas eléctricas.

Aplicaciones

Transmisión de Energía:

Los transformadores facilitan la transmisión eficiente de electricidad a largas distancias al elevar el voltaje y reducir las pérdidas por calor en las líneas de transmisión.

Distribución de Energía:

En las subestaciones, los transformadores disminuyen el voltaje de transmisión a niveles adecuados para su distribución en áreas residenciales e industriales.

Electrodomésticos:

Muchos dispositivos y electrodomésticos incorporan transformadores internos para ajustar el voltaje de la red a niveles seguros para sus componentes.

Electrónica:

Se utilizan transformadores en adaptadores de corriente para dispositivos electrónicos, proporcionando el voltaje adecuado para su funcionamiento.

Mantenimiento y Seguridad

Inspección Regular:

Los transformadores necesitan inspección y mantenimiento periódicos para garantizar su funcionamiento óptimo y evitar fallos, incluyendo la verificación del aislamiento, niveles de aceite (en transformadores refrigerados por aceite) y la integridad de los devanados.

Protección Contra Sobrecargas:

Están equipados con dispositivos de protección para manejar sobrecargas y prevenir daños.

Enfriamiento:

Los grandes transformadores pueden enfriarse por aire o por aceite. Un enfriamiento adecuado es crucial para mantener la eficiencia y evitar el sobrecalentamiento.

En resumen, los transformadores eléctricos son esenciales para la transmisión y distribución

de energía, ajustando el voltaje para proporcionar un suministro seguro y eficiente en diversas aplicaciones y sectores.

Problemas de diseño

Los problemas de diseño en transformadores se originan prácticamente por varios factores por ejemplo al dimensionamiento del núcleo del transformador, a tratar de reducir la mayor cantidad de pérdidas eléctricas sean por histéresis o por corrientes de Foucault, sobre o sub dimensionamiento de los bobinados primarios y secundarios, etc.

El diseño de un transformador eléctrico presenta varios desafíos técnicos y consideraciones que deben ser manejados con precisión para asegurar su operación eficiente y confiable. Entre los principales problemas de diseño se encuentran:

Pérdidas de Energía

- Pérdidas por Histéresis:

Estas pérdidas se producen en el núcleo debido a la repetida magnetización y desmagnetización del material ferromagnético.

Generan calor y disminuyen la eficiencia del transformador.

- Pérdidas por Corrientes Parásitas:

Las corrientes parásitas, también conocidas como corrientes de Foucault, se inducen en el núcleo y generan calor adicional.

Incrementan las pérdidas de energía y exigen el uso de núcleos laminados para reducirlas.

Sobrecarga y Capacidad

- Dimensionamiento Incorrecto:

El transformador debe estar diseñado para soportar la carga máxima esperada sin sobrecalentarse ni operar fuera de sus especificaciones.

La sobrecarga puede llevar a fallos prematuros y disminuir la vida útil del transformador.

Enfriamiento y Gestión del Calor

- Eficiencia del Sistema de Enfriamiento:

Durante su funcionamiento, el transformador produce calor, por lo que el sistema de enfriamiento debe ser eficiente para mantener temperaturas seguras.

Un mal diseño del sistema de enfriamiento puede causar sobrecalentamiento y dañar los componentes internos.

Aislamiento y Materiales

- Selección de Materiales:

Los materiales aislantes y conductores deben cumplir con los requisitos eléctricos y mecánicos específicos.

La elección incorrecta de materiales puede provocar fallos eléctricos, pérdida de eficiencia o acortar la vida útil del transformador.

- Deterioro del Aislante:

Los materiales aislantes pueden deteriorarse con el tiempo debido a la exposición a calor, humedad o tensiones eléctricas.

Este deterioro puede llevar a cortocircuitos y fallos en el transformador.

Ruidos y Vibraciones

- Generación de Ruido:

Descripción: Los transformadores pueden emitir ruidos debido a la vibración de sus componentes, como el núcleo y las bobinas.

Problema: El ruido puede ser problemático en entornos residenciales o comerciales que requieren bajos niveles de sonido.

Costos y Presupuesto

- Equilibrio de Costos:

Descripción: El diseño debe equilibrar la eficiencia y durabilidad con los costos de fabricación.

Problema: Crear un transformador eficiente y de alta calidad puede ser costoso, por lo que se deben encontrar soluciones que se ajusten al presupuesto sin comprometer el rendimiento.

Regulaciones y Normas

- Cumplimiento de Normas:

Descripción: Los transformadores deben cumplir con normativas y estándares tanto internacionales como locales para asegurar seguridad y eficiencia.

Problema: El incumplimiento de estas normativas puede resultar en sanciones y problemas de seguridad.

Condiciones Ambientales

- Adaptación a Condiciones Ambientales**:

Descripción: El transformador debe operar adecuadamente en las condiciones ambientales para las que está diseñado, incluyendo temperaturas extremas, humedad o contaminación.

Problema: Las condiciones adversas pueden afectar el rendimiento y la durabilidad del transformador.

Interferencias Electromagnéticas

- Protección contra Interferencias:

Descripción: El diseño debe minimizar las interferencias electromagnéticas que puedan afectar otros equipos.

Problema: Las interferencias pueden causar mal funcionamiento en dispositivos cercanos o generar ruido en las líneas de comunicación.

Cada uno de estos problemas de diseño requiere una planificación y atención

minuciosa para asegurar que el transformador funcione de manera eficiente, segura y confiable durante toda su vida útil.

Estructura de un transformador

El transformador ideal se conceptualiza como un modelo sin pérdidas que presenta una entrada y una salida, permitiendo así ilustrar la relación de transformación de voltaje. En la figura 19 se presenta el esquema del transformador ideal.

Un transformador eléctrico es un aparato que se emplea para modificar el voltaje en un circuito eléctrico utilizando principios de electromagnetismo. Su estructura fundamental incluye varios componentes principales:

1. Núcleo

- Descripción: El núcleo es una pieza central fabricada con material ferromagnético, como hierro o acero al silicio, que facilita el paso del campo magnético.

- Propósito: Su función es enfocar y guiar el flujo magnético entre las bobinas primaria y secundaria.

2. Bobina Primaria

- Descripción: Esta es la bobina a la que se aplica el voltaje de entrada, compuesta por un conductor enrollado sobre el núcleo.

- Propósito: Produce un campo magnético variable cuando circula una corriente a través de ella.

3. Bobina Secundaria

- Descripción: Es la bobina que genera el voltaje de salida, y también está formada por un conductor enrollado en torno al núcleo.

- Propósito: Captura el flujo magnético de la bobina primaria y lo convierte en voltaje en la salida.

4. Aislamiento

- Descripción: Material aislante que separa las bobinas primaria y secundaria para

prevenir cortocircuitos y asegurar que el flujo magnético se concentre en el núcleo.

- Propósito: Evita el contacto directo entre las bobinas y reduce las pérdidas de energía.

5. Carcasa o Envoltente

- Descripción: Estructura externa que protege los componentes internos del transformador.

- Propósito: Proporciona seguridad, previene daños mecánicos y facilita la disipación del calor.

Funcionamiento Básico

- Principio de Funcionamiento: El transformador funciona basándose en la inducción electromagnética. Cuando una corriente alterna (CA) fluye a través de la bobina primaria, genera un campo magnético cambiante que induce un voltaje en la bobina secundaria.

- Relación de Transformación: La relación entre los voltajes primario y secundario se determina por la proporción de vueltas en las bobinas primaria y secundaria. La fórmula es:

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

donde:

- V_s es el voltaje en la bobina secundaria,
- V_p es el voltaje en la bobina primaria,
- N_s es el número de vueltas en la bobina secundaria,
- N_p es el número de vueltas en la bobina primaria.

Dependiendo de su diseño, un transformador puede aumentar (transformador elevador) o reducir (transformador reductor) el voltaje,

adaptándose a las necesidades del circuito en el que se utiliza.

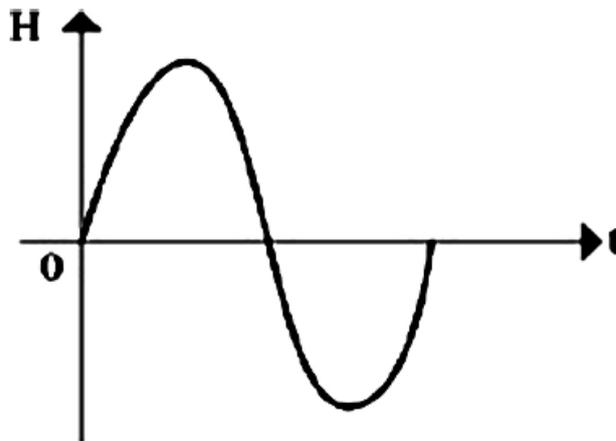


Figura 20 Cambios en la intensidad del campo magnético (en Gauss) generados en un transformador alimentado por una corriente alterna.

<https://mega.nz/file/rEpCES7L#wr6w2DH27uPHU128BkTzKtvtvhZlgss9nFXw6aRG2z0>

F.E.M Inducida

En un transformador, la Fuerza Electromotriz (FEM) solo se induce cuando hay una variación en el flujo magnético que atraviesa una bobina. Esta alteración puede ocurrir mediante un movimiento o al conectar o desconectar el circuito. Sin embargo, si el cambio se produce a través de una onda sinusoidal esta variará constantemente en magnitud y dirección. Este fenómeno resulta en la generación de una FEM inducida que cambia de manera continua. Por lo tanto, el transformador eléctrico es un dispositivo diseñado para que una onda sinusoidal, donde a través de una corriente alterna en la entrada se produce una FEM alterna en la salida.

Cuanto más cercanas estén ubicadas las bobinas entre sí, mejor se logrará que el campo del devanado primario afecte al devanado secundario, reduciendo la dispersión del flujo magnético. La manera más eficiente de lograr esto es unir las bobinas mediante un núcleo de hierro, permitiendo así

un máximo aprovechamiento del campo magnético.

Dado que la tensión aplicada al devanado primario es en formato alterno, es natural que el transformador experimente variaciones periódicas en sus valores. Estas variaciones causarán que el campo magnético generado se expanda y contraiga de acuerdo con las fluctuaciones de la corriente aplicada al primario. En consecuencia, la intensidad del campo H (en Gauss) cambiará de acuerdo con la representación gráfica mostrada en la Figura 20, siendo este campo variable a una frecuencia igual a la Fuerza Electromotriz (FEM) alterna aplicada al transformador.

Relación de transformación

La relación de transformación se define como como la interacción entre el devanado primario y el secundario de un transformador en vacío lo se lo realiza bajo los siguientes criterios:

1. Método del potenciómetro: Este enfoque implica el uso de un potenciómetro para medir la relación entre la tensión de baja y una fracción de la alta tensión. Este método proporciona directamente el valor de la relación de transformación. Además, con ciertos ajustes, es posible determinar el grupo de desfase del transformador y la polaridad correspondiente de los devanados de baja y alta tensión.
2. Método directo: Este enfoque se fundamenta en la definición intrínseca de la relación de transformación. Implica la medición directa de ambas tensiones (primaria y secundaria) del transformador en condiciones de vacío utilizando voltímetros. En este método, no se proporciona información sobre la conexión ni sobre los grupos de desfase.

Deducción del circuito equivalente

El circuito equivalente de un transformador prácticamente se deduce a partir de las

perdidas en el cobre y en el núcleo tanto de lado primario como del lado del secundario, esto se debe a agregar las pérdidas por dispersión de flujo magnético, ya que al momento de circular una corriente este generará un enlace electromagnético entre el devanado primario y secundario lo

A continuación, se presenta el circuito equivalente de un transformador con sus parámetros que caracterizan el devanado primario y secundario.

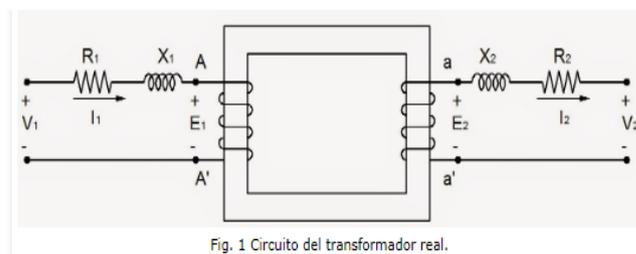


Fig. 1 Circuito del transformador real.

Figura 21 Circuito equivalente de un transformador monofásico

https://www.google.com/search?sca_esv=19239ae0a447a3b4&rlz=1C1UUXU_esEC958EC958&sxsrf=ACQVn09FOqFMzGpKOShFMzFpKYC9JYkUnQ:1708445585067&q=circuito+equivalente+del+transformador+pdf&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKewjj4Nzhp7qEAXWrVTABHWVnCOUQ0pQJegQlCxAB&biw=1366&bih=641&dpr=1#imgrc=ayRolbkZxS9-MM

Análisis de comportamiento bajo distintas cargas

El transformador de potencia funciona como una máquina eléctrica que facilita la elevación o reducción de voltajes. Para analizar ingenierilmente esta red, es necesario calcular los voltajes y corrientes del circuito equivalente, representado en la figura 22, a partir de una de las dos condiciones de restricciones siguientes:

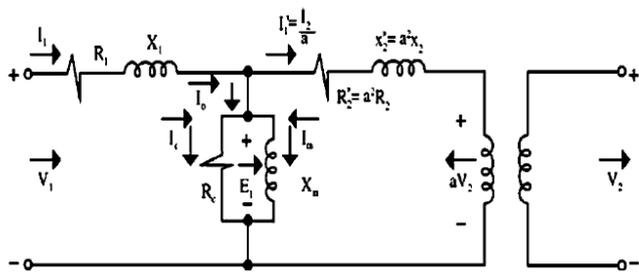


Figura 22 Circuito equivalente de un transformador referido al primario

<https://mega.nz/file/rEpCES7L#wr6w2DH27uPHU128BkTzKtvtvhZlgss9nFXw6aRG2z0>

Por ciento y por unidad de impedancia

En Sistemas Eléctricos de Potencia deben ser operados bajo situaciones de análisis en donde no se pierda información de los parámetros eléctricos de potencia en el momento de cambios de voltaje los cuales están siendo sometidos en los transformadores de potencia.

La ecuación que describe la realización del cambio en cantidad por unida la cual permite realizar cálculos para todo el sistema eléctrico de potencia es:

$$\text{cantidad por unidad} = \frac{\text{Valor Real}}{\text{Valor base de la cantidad}}$$

Donde el significado de Valor Real está dado en voltaje, amperios y watts.

El procedimiento para llevar a cabo los análisis de sistemas por unidad se resume de la siguiente manera:

1. Escoger una base de voltamperios (VA) y un voltaje base en un punto definido del Sistema Eléctrico de Potencia.
2. Transformar las magnitudes al sistema por unidad, utilizando la base de VA seleccionada y un voltaje base común para todos los transformadores. Definir también la relación de vueltas de cualquier transformador que se encuentre a medida que se avanza a través del sistema eléctrico.

3. Ejecutar un estudio eléctrico normalizado con todas las cantidades convertidas al sistema por unidad.
4. Al realizar los análisis, todas las magnitudes pueden ser revertidas a unidades reales multiplicando sus valores en unidades por sus respectivos valores base.

Pruebas eléctricas para transformadores

Las pruebas eléctricas en transformadores son cruciales para garantizar su adecuado funcionamiento, detectar posibles fallos y asegurar su seguridad y eficiencia. Estas pruebas se pueden realizar tanto en fábrica antes de la instalación como en el sitio durante su operación. A continuación, se detallan las principales pruebas eléctricas que se llevan a cabo en transformadores:

1. Pruebas de Aislamiento

Medición de Resistencia de Aislamiento:

- Propósito: Evaluar la efectividad del aislamiento del transformador.
- Método: Se mide la resistencia del aislamiento entre los devanados y la tierra con un megóhmetro. Valores elevados indican un buen aislamiento.
- Valores Comunes: Las resistencias típicas varían de megaohmios a gigaohmios, dependiendo del estado y tipo del transformador.

Prueba de Relación de Transformación:

- Propósito: Asegurar que la relación de transformación cumpla con las especificaciones del fabricante.
- Método: Se mide el voltaje en el primario y el secundario sin carga. La relación de transformación debe seguir la fórmula

$$\frac{V1}{V2} = \frac{N1}{N2}$$

Prueba de Factor de Potencia del Aislamiento:

- Propósito: Evaluar la calidad del aislamiento.
- Método: Se mide el factor de pérdida dieléctrica, o tangente delta. Un aumento en este factor puede señalar deterioro del aislamiento.

2. Pruebas de Resistencia de Bobinado

Medición de Resistencia de Devanados:

- Propósito: Comprobar la resistencia de los devanados para identificar posibles cortocircuitos o fallos de conexión.
- Método: Se mide la resistencia de los devanados con un ohmímetro de precisión. Los resultados deben ajustarse a las tolerancias especificadas por el fabricante.

Prueba de Relación de Cortocircuito:

- Propósito: Detectar desbalances en los devanados y verificar la resistencia de cortocircuito.
- Método: Se aplica una corriente de prueba y se mide la caída de tensión a través de los devanados para asegurar que la relación entre las resistencias sea la correcta.

3. Pruebas de Protección y Control

Prueba de Dispositivos de Protección:

- Propósito: Comprobar el funcionamiento de dispositivos de protección como relés de sobrecorriente y temperatura.
- Método: Se simulan condiciones de sobrecorriente o sobretensión para verificar que los dispositivos respondan y operen según lo especificado.

Prueba de Controles de Carga:

- Propósito: Confirmar el funcionamiento adecuado de los controles automáticos y manuales del transformador.

- Método: Se realizan pruebas operativas de controles, como interruptores y reguladores de voltaje, para asegurar su correcto funcionamiento bajo condiciones normales y de carga.

4. Pruebas de Impedancia y Cortocircuito:

Prueba de Impedancia de Cortocircuito:

- Propósito: Medir la impedancia de cortocircuito para verificar que el transformador funcione según las especificaciones.
- Método: Se aplica una corriente de cortocircuito y se mide la caída de tensión. Los resultados deben coincidir con las especificaciones del fabricante.

Prueba de Impedancia de Secundario:

- Propósito: Determinar la impedancia del devanado secundario y verificar que esté dentro de las tolerancias especificadas.
- Método: Se mide la caída de tensión en el devanado secundario bajo una carga conocida.

5. Pruebas de Carga

Prueba de Carga en Vacío:

- Propósito: Evaluar el comportamiento del transformador sin carga conectada.
- Método: Se aplica el voltaje nominal al primario y se mide el voltaje en el secundario para verificar que cumpla con las especificaciones.

Prueba de Carga Completa:

- Propósito: Evaluar el rendimiento del transformador bajo condiciones de carga total.
- Método: Se aplica una carga a los devanados y se mide la respuesta en términos de voltaje, corriente y temperatura,

comprobando que cumple con las especificaciones del fabricante.

6. Pruebas de Respuesta en Frecuencia:

Prueba de Respuesta en Frecuencia:

- Propósito: Evaluar cómo responde el transformador a distintas frecuencias de operación.
- Método: Se mide la respuesta del transformador a diferentes frecuencias para asegurar que el rendimiento sea adecuado a las frecuencias de operación nominales.

7. Prueba de Pérdidas

Medición de Pérdidas en Vacío:

- Propósito: Determinar las pérdidas de energía cuando el transformador opera sin carga.
- Método: Se mide la potencia absorbida por el transformador con voltaje nominal, pero sin carga conectada.

Medición de Pérdidas por Cortocircuito:

- Propósito: Evaluar las pérdidas de energía bajo condiciones de cortocircuito.
- Método: Se aplica una corriente de cortocircuito y se mide la potencia disipada en los devanados.

8. Pruebas de Enfriamiento

Verificación del Sistema de Enfriamiento:

- Propósito: Asegurar que el sistema de enfriamiento del transformador funcione correctamente.
- Método: Se comprueba el sistema de enfriamiento, ya sea por aire o aceite, y se mide la temperatura del transformador durante su operación.

Autotransformadores



Figura 23 Autotransformador
<https://corpnewline.com/images/variatoroidal-tipo-toroide.jpg>

En algunas aplicaciones, es común tener la necesidad de ajustar ligeramente los niveles de voltaje en una escala muy pequeña. Por ejemplo, podría ser necesario elevar el voltaje de 115 a 120 Vca o de 13.2 a 13.8 [kV]. Estos pequeños ajustes son requeridos a menudo debido a la pérdida de voltaje en un sistema de potencia que está ubicado a una distancia considerable desde la fase de generación.

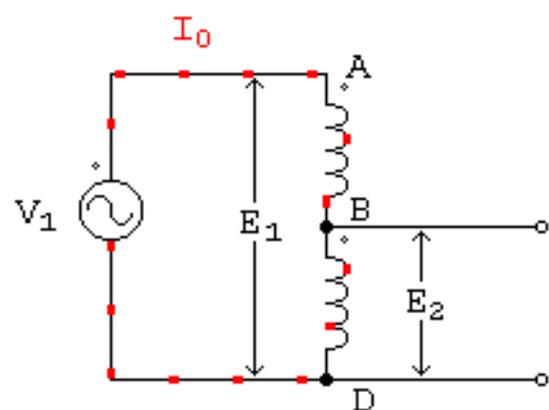


Figura 24 Esquema eléctrico de un Autotransformador

<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR64ntnzTsswwvrCzN78Y03jCeyWW041PqPsw&usqp=CAU>

En este caso, se introduce un enfoque en el cual parte o la totalidad de la corriente de entrada (dependiendo de si se trata de una situación de elevación o reducción de voltaje) transmite directamente a la salida después de pasar por un segmento de bobinado. En consecuencia, el autotransformador no presenta aislamiento eléctrico, y la limitación:

$$\frac{I1}{I2} = \frac{N2}{N1} = \frac{1}{a}$$

La fórmula previamente mencionada sigue siendo una relación válida para las corrientes de entrada y salida de los bobinados de cada lado del autotransformador de los bobinados. El autotransformador se emplea prácticamente en dos aplicaciones muy específicas y concretas, que son:

1. El autotransformador se emplea para realizar compensaciones de voltaje al final de una línea cuando se tenga caídas de tensión.
2. El autotransformador puede entregar una fuente variable de voltaje de manera muy económica, con una densidad de potencia considerablemente alta.

Aplicaciones para autotransformadores

Los autotransformadores son dispositivos versátiles que se utilizan en muchas aplicaciones debido a su capacidad para ajustar la tensión eléctrica de forma eficiente. A continuación, se detallan algunas de sus principales aplicaciones:

1. Regulación de Voltaje:

- Propósito: Ajustar y estabilizar el voltaje en sistemas eléctricos.

- Ejemplo: Se emplean en redes eléctricas para mantener un voltaje constante a pesar de las variaciones en la carga o en la tensión de la red.

2. Transformación de Voltaje en Equipos Eléctricos:

- Propósito: Modificar el voltaje para adecuar los equipos eléctricos a diferentes niveles de tensión.

- Ejemplo: Adaptadores de voltaje para dispositivos electrónicos que requieren una tensión distinta a la suministrada por la red.

3. Arranque de Motores Eléctricos:

- Propósito: Reducir la tensión de arranque de los motores eléctricos, minimizando el impacto en la red y reduciendo el par de arranque.

- Ejemplo: Autotransformadores utilizados en motores grandes en sistemas industriales para limitar la corriente de arranque y evitar picos en la red.

4. Adaptación de Tensión en Sistemas de Iluminación:

- Propósito: Regular la tensión en sistemas de iluminación que necesitan un voltaje específico.

- Ejemplo: Autotransformadores empleados en sistemas de iluminación decorativa que requieren un voltaje menor al de la red eléctrica.

5. Aislamiento en Sistemas de Alimentación:

- Propósito: Prover aislamiento galvánico entre diferentes partes de un sistema eléctrico.

- Ejemplo: Utilizados en aplicaciones donde se necesita separar eléctricamente distintos circuitos, como en algunos equipos de prueba y medición.

6. Corrección del Factor de Potencia:

- Propósito: Mejorar el factor de potencia en sistemas industriales y comerciales.

- Ejemplo: Autotransformadores pueden integrarse en sistemas para corregir el factor de potencia, optimizando el rendimiento energético y reduciendo las pérdidas en la red.

7. Sistema de Transmisión de Energía:

- Propósito: Ajustar voltajes en líneas de transmisión para mejorar la eficiencia y reducir pérdidas.

- Ejemplo: Autotransformadores de elevación o reducción de voltaje en sistemas

de transmisión de energía eléctrica a largas distancias.

8. Equipos de Prueba y Medición:

- Propósito: Ajustar con precisión el voltaje para pruebas y calibraciones de equipos eléctricos.

- Ejemplo: En bancos de pruebas y laboratorios, donde se requiere un ajuste preciso del voltaje para realizar pruebas en equipos electrónicos.

9. Protección de Equipos Electrónicos:

- Propósito: Ofrecer protección contra sobretensiones y variaciones de voltaje.



Cuestionario

Capítulo II

Cuestionario Capítulo II

1. Definiciones básicas:

- ¿Cómo se define un transformador eléctrico?
- ¿Cuál es la función principal de un transformador?
- Explica la diferencia entre el devanado primario y el devanado secundario de un

2. transformador.

Principios de funcionamiento:

- Describa el principio de la inducción electromagnética en un transformador.
- ¿Cómo se clasifican los transformadores según su función principal?

3. Tipos de transformadores:

- Nombra y describe al menos tres tipos diferentes de transformadores.
- ¿En qué se diferencian los transformadores monofásicos de los trifásicos?

4. Eficiencia y regulación:

- Define eficiencia en el contexto de transformadores eléctricos.
- ¿Qué significa la regulación de voltaje en un transformador y por qué es importante?

5. Autotransformadores:

- Explica el principio de funcionamiento de un autotransformador.
- Proporciona dos aplicaciones específicas de autotransformadores.

6. Seguridad y mantenimiento:

- ¿Cuáles son algunas consideraciones de seguridad al trabajar con transformadores?
- ¿Por qué es importante realizar un mantenimiento regular en transformadores eléctricos?

7. Aplicaciones industriales:

- Menciona al menos tres aplicaciones industriales comunes de transformadores eléctricos.
- ¿Cómo los transformadores son fundamentales en la distribución de energía eléctrica?

8. Desafíos y tecnologías emergentes:

- ¿Cuáles son algunos desafíos asociados con la eficiencia energética de los transformadores?
- ¿Qué tecnologías emergentes podrían impactar el diseño y funcionamiento de los transformadores eléctricos?

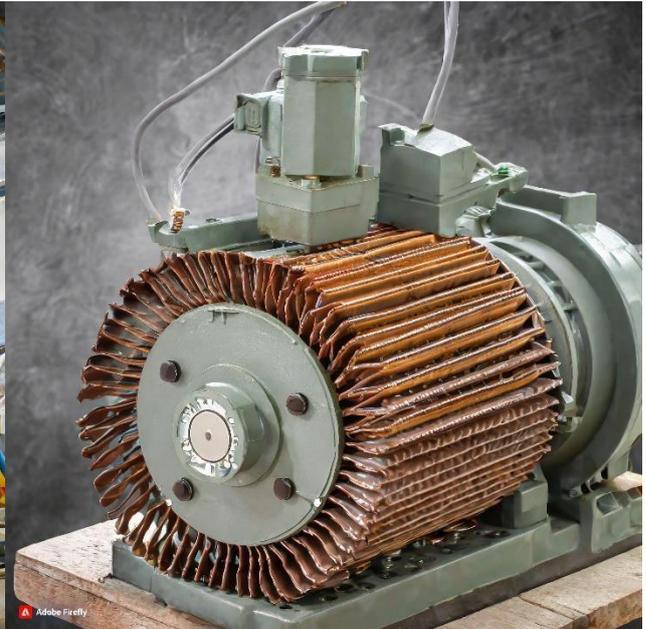
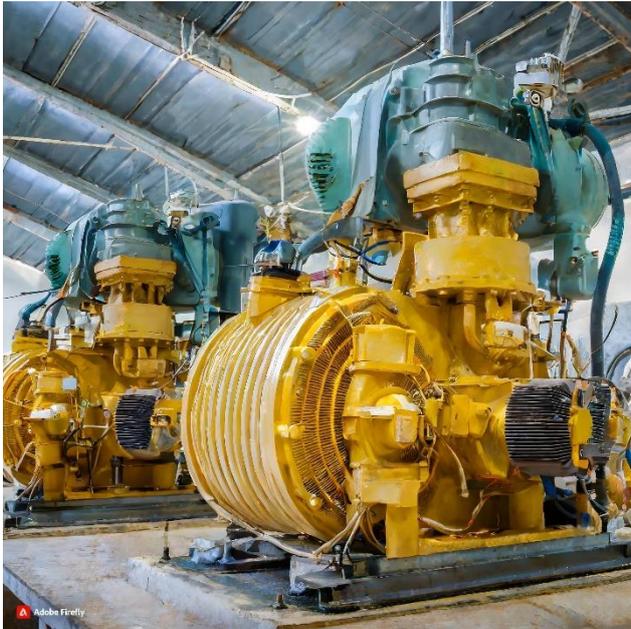


03

MOTORES DE INDUCCIÓN POLIFÁSICO

CAPÍTULO TRES

Motores de Inducción Polifásicos



Introducción

El análisis del motor de jaula de ardilla es de gran relevancia en la actualidad debido a sus características robustas y a su construcción, que permite generar un campo magnético rotatorio. Este campo magnético rota a una velocidad constante, conocida como velocidad de sincronía, determinada por el número de polos magnéticos y la frecuencia de las señales de alimentación aplicadas al estator. Nikola Tesla desarrolló la teoría fundamental para el diseño de este motor en 1887, y desde entonces, la parte esencial de esta teoría ha experimentado pocos cambios significativos.

En el motor jaula de ardilla o de inducción trifásico, la generación de par electromagnético se consigue mediante la sinergia que existe entre conductores que llevan corriente eléctrica y están sometidos en un campo magnético giratorio. Este fenómeno se produce en la parte rotatoria del motor debido a la inducción magnética, entre otras propiedades.

Una clasificación preliminar de estas máquinas trifásicas puede hacerse considerando el tipo de rotor (la parte rotatoria del motor). Al respecto, existen varias clases, como:

Rotor Jaula de Ardilla: Carece de la opción de acceder a cualquier interacción con el rotor, ya que está limitado del estator y de cualquier manipulación con el exterior.

Rotor de Anillos Deslizantes: este tipo de motor permite la interacción de exterior o del profesional que maneje este tipo de máquina con el rotor.

Principios básicos del motor de inducción trifásico

El principio de funcionamiento de una máquina tipo jaula de ardilla empieza con el entendimiento del concepto de deslizamiento, el cual es la interacción entre la velocidad de sincronismo y la velocidad del rotor lo cual garantizará el correcto funcionamiento de la maquinas, a continuación, se definirá la ecuación con la

cual se calculará la velocidad de sincronismo como:

$$N_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \text{ frecuencia}}{\text{número de polos}} = (\text{rpm})$$

A continuación, se muestra la actuación para determinar el deslizamiento en una máquina de inducción

$$s = \left(\frac{N_s - N_r}{N_s} \right) \times 100$$

Considerando que la gran cantidad de motores de inducción que existen en la industria operan con deslizamientos que cumplen la condición $s < 5\%$, se nota que el rango de valores para el deslizamiento es limitado. Dentro de este marco teórico también se pone de manifiesto la siguiente ecuación para calcular la frecuencia del rotor de un motor eléctrico de inducción:

$$f_{\text{rotor}} = \left(\frac{N_s - N_r}{N_s} \right) f_{\text{estator}}$$

Sustituyendo la ecuación anterior:

$$f_{\text{rotor}} = s f_{\text{estator}}$$

Características de funcionamiento del campo magnético rotatorio trifásico

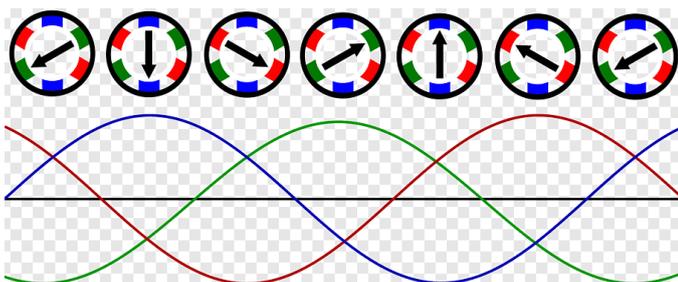


Figura 25 Comportamiento sinusoidal del campo magnético de un motor de inducción trifásico

https://www.google.com/search?sca_esv=fa8fe62a24a75465&rlz=1C1UUXU_esEC958EC958&sxsrf=ACQVn0--U9rlQy_qwAtT_Wo4MKZwbmN6jg:1708554166100&q=campo+magnetico+giratorio+de+un+motor+trifasico&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwin_pihvL2EaxVSkGoFHZHRANlQ0pQJegQIDRAB&biw=1366&bih=641&dpr=1#imgrc=ngG4rZzFDOC3iM

El análisis del campo magnético rotatorio trifásico se puede abordar mediante un análisis del sistema balanceado de corrientes desfasados eléctricamente 120 grados.

Circuito equivalente para el motor de inducción

Ya establecidos la velocidad sincrónica de un motor de inducción y su circuito de campo magnético es posible comenzar con la construcción de un circuito equivalente monofásico en estado permanente para analizar el comportamiento del motor de inducción trifásico.

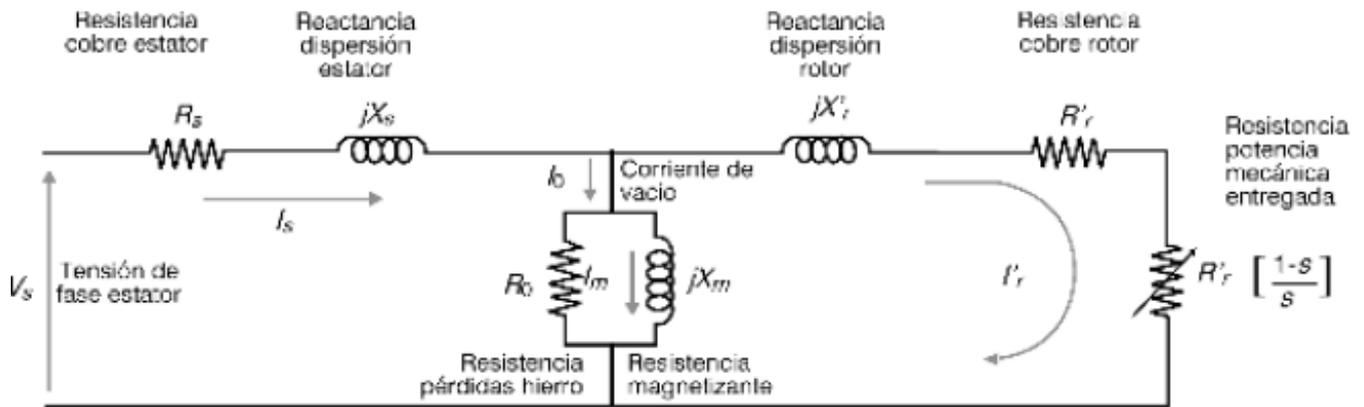


Figura 26 Circuito equivalente monofásico completo

<https://mega.nz/file/rEpCES7L#wr6w2DH27uPHU128BkTzKtvtvhZlgss9nFXw6aRG2z0>

Al implementar esto, se obtiene un circuito monofásico en estado permanente que cumple con las siguientes consideraciones, características comunes en los motores industriales:

En condiciones de operación en vacío (sin carga) con un deslizamiento, el factor de potencia tiende a ser inductivo debido a que la rama del rotor queda en circuito abierto, con un factor de potencia aproximado de 0.23.

El motor a plena carga tiene un bajo deslizamiento con un factor de potencia de 0.8.

La tensión de alimentación en el estator es muy cercana a la fuerza electromotriz (fem) en el rotor.

La intensidad de corriente en el estator es mayor que la corriente en vacío.

Máquinas Síncronas

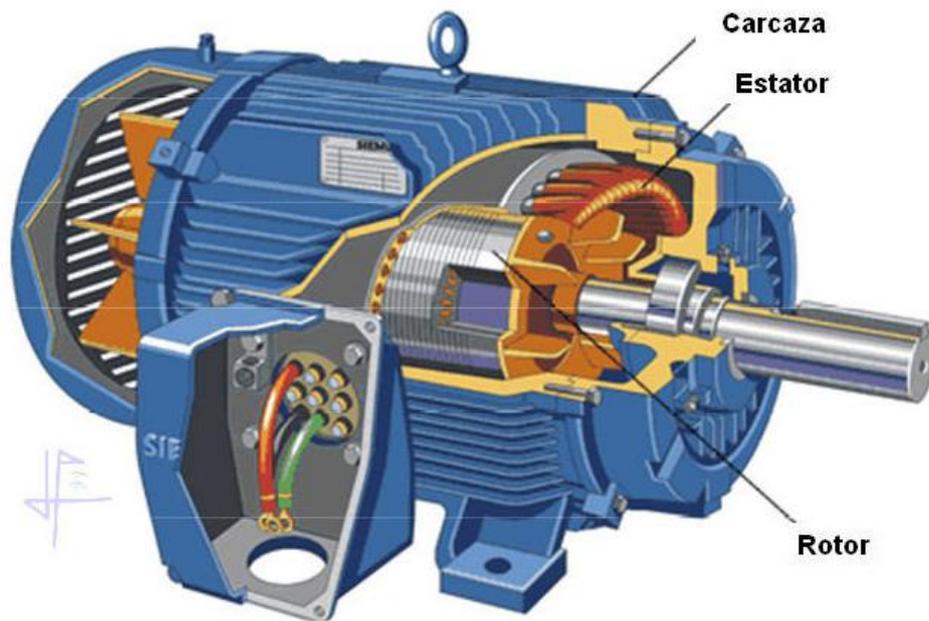


Figura 27 Figura representativa de un motor síncrono trifásico

<https://d18c50a492.cbauil-cdnwnd.com/dfd49f4cda8ae26de38c7e4431d7057b/200000020-b4fa9b5f80/700/partes%20sincrona.jpg?ph=d18c50a492>

Introducción

La mayor parte de la potencia eléctrica utilizada a nivel mundial se genera mediante máquinas síncronas a través de la utilización de turbinas hidráulicas o térmicas, aerogeneradores etc. Cuando se emplean máquinas eléctricas en configuración de motor, el motor de inducción es más común que el motor síncrono, esto es, cuando se convierte energía eléctrica en mecánica. Sin embargo, en el ámbito de la generación eléctrica, la máquina síncrona ocupa un lugar predominante para transformar el trabajo mecánico en energía eléctrica.

En diversas instalaciones de generación de energía, es habitual utilizar generadores síncronos, lo que confiere a estas máquinas una importancia significativa. Los generadores síncronos desempeñan un papel fundamental como fuente principal de energía eléctrica en sistemas de potencia, y

muchos motores síncronos accionan cargas pesadas. Además, en ocasiones, se emplean condensadores síncronos para compensar la potencia reactiva y controlar el voltaje.

La Figura 28 presenta las partes fundamentales de una máquina síncrona trifásica con un par de polos en el campo.

Una máquina síncrona también se le denomina de doble inducción ya que esta alimentado en su armadura por corriente alterna y su devanado de campo esta alimentado por una fuente de corriente continua. La distinción principal radica en el rotor.

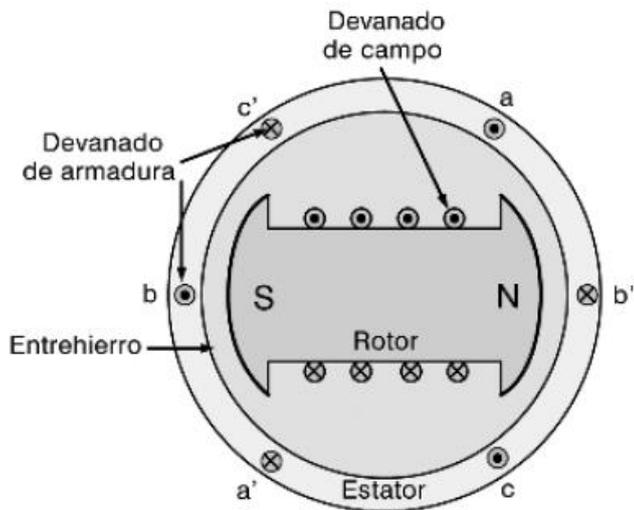


Figura 28 Partes de una máquina síncrona
<https://mega.nz/file/rEpCES7L#wr6w2DH27uPHU128BkTzKtvtvhZlgss9nFXw6aRG2z0>

El devanado de campo requiere utilizar una fuente de corriente CC con la finalidad de poder controlar su campo magnético y así poder enlazar con el devanado de armadura y puedan mantenerse en sincronía.

El estator, es también llamado como devanado de armadura y es parecida al devanado de una máquina de inducción y se alimenta a través de una fuente trifásica:

$$n \sin = \frac{120xf}{p}$$

Donde n_s corresponde a la velocidad de sincronismo, f es la frecuencia de funcionamiento de la máquinas y p es el número de pares de polos del motor.

El rotor, también conocido como bobinado de campo, se alimenta con corriente continua (c.c.) para generar un electroimán, controlando así la magnitud del campo magnético. Existen dos tipos de rotores dependiendo de la velocidad de la máquina: rotores de polos lisos o de alta velocidad, y rotores de polos salientes de poca velocidad.

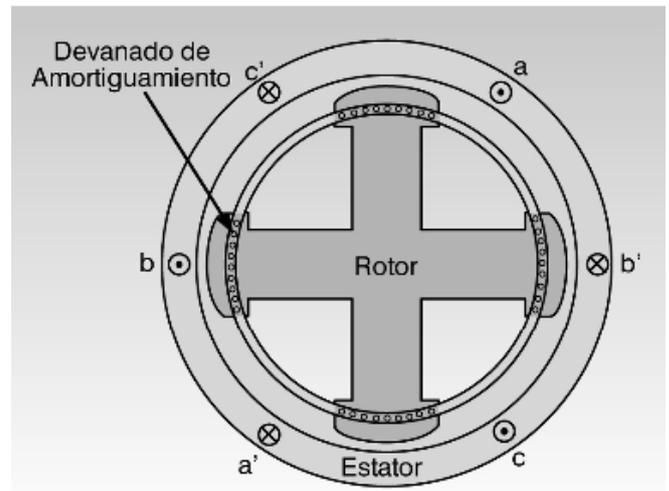


Figura 29 Rotor tipo saliente
<https://mega.nz/file/rEpCES7L#wr6w2DH27uPHU128BkTzKtvtvhZlgss9nFXw6aRG2z0>

Circuito equivalente de la máquina síncrona

El circuito equivalente de la máquina síncrona básicamente tiene tres parámetros que se deben considerar para calcular la reactancia de sincronización, las cuales son la suma de la reactancia de magnetización x_m y y la reactancia de dispersión o fuga x_d .

$$X_s = X_m + X_d$$

En la figura 30, se presenta el esquema equivalente de esta máquina.

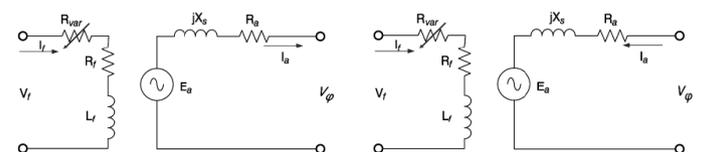


Figura 30 Parámetros y circuito equivalente de una máquina síncrona.
<https://mega.nz/file/rEpCES7L#wr6w2DH27uPHU128BkTzKtvtvhZlgss9nFXw6aRG2z0>

El Generador Síncrono

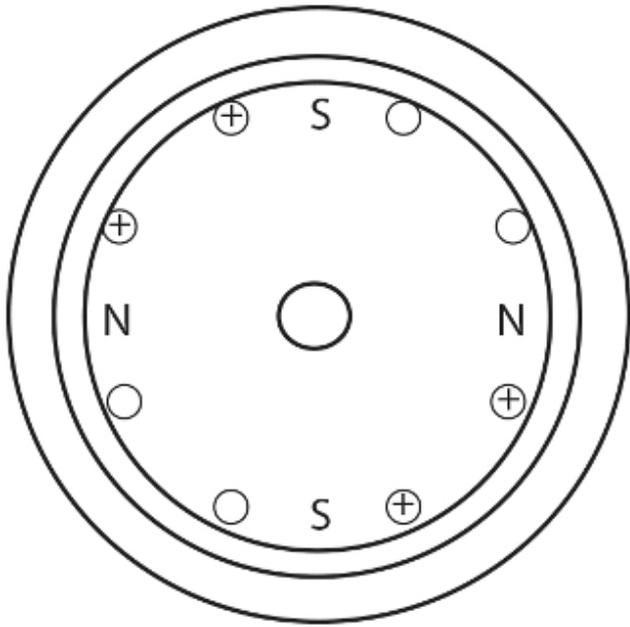


Figura 31 Generador Síncrono
https://0.academia-photos.com/attachment_thumbnails/57861235/mini_magick20181126-14769-j0zgsa.png?1543287287

Introducción

El principio de funcionamiento de un generador síncrono es que básicamente alimentado por fuente de corriente dc al devanado de campo o rotor esto con el propósito que se genere un campo magnético y por medio de una turbina esta permita rotar el campo magnético del rotor induciendo un voltaje en los devanados del estator y así obteniendo voltajes trifásicos.

El rotor de un generador síncrono es fundamentalmente un electroimán de gran tamaño. Los polos magnéticos en el rotor pueden ser salientes o no salientes. El término "saliente" se refiere a algo que sobresale o está proyectado hacia afuera, indicando que un polo saliente es un polo magnético que sobresale de la superficie del rotor. En contraste, un polo no saliente se construye al mismo nivel que la superficie del rotor.

En los campos industriales existen generadores de polos saliente y de rotor cilíndrico, algunas de esta clase de generadores son esencialmente utilizados para centrales de generación hidráulica y termoeléctrica respectivamente, la diferencia radica en que ambos generadores disminuyen o aumentan su velocidad dependiendo del número de polos que contenga la máquina.

Tipos de rotores

Los generadores síncronos se categorizan según el tipo de rotor en dos principales clasificaciones: aquellos con rotores de polos salientes, diseñados para velocidades iguales o inferiores a 1800 rpm, y aquellos con rotores de polos lisos, destinados a velocidades de 3600 rpm.

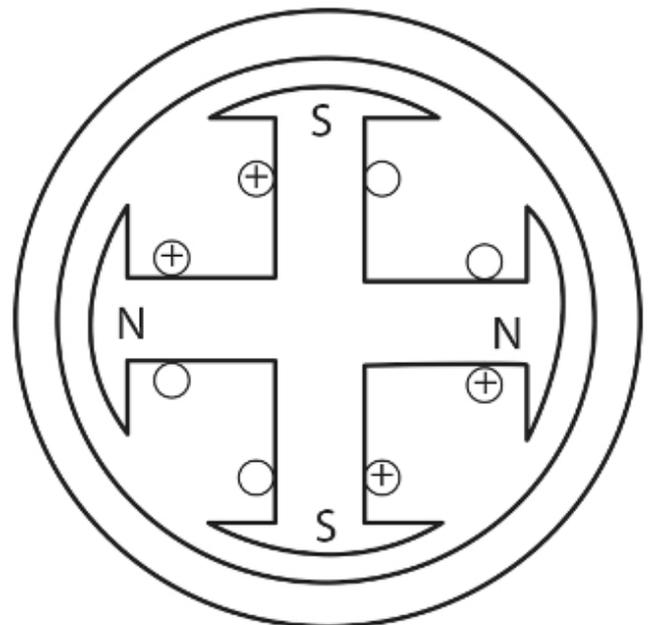


Figura 32 Generador de 4 polos liso
<https://mega.nz/file/rEpCES7L#wr6w2DH27uPHU128BKtZKtvtvhZlgss9nFXw6aRG2z0>

Los motores de 4 polos lisos, como se ilustra en la figura 32, son comúnmente utilizados en la construcción convencional de motores asíncronos y turboalternadores. En estas

máquinas de polos lisos, el conjunto magnético no presenta partes sobresalientes. En lugar de ello, se forman zonas por las cuales el flujo magnético sale de la parte posterior (Polo Norte) o entra después de pasar por la armadura (Polo Sur).

Los generadores de 4 polos salientes se caracterizan por tener núcleos de hierro conectados de manera sólida en la parte posterior, rodeados por bobinas. Estas bobinas, al ser atravesadas por una corriente eléctrica, generan un flujo magnético que polariza la masa de hierro, dando origen a los polos en sus extremos correspondientes.

En este tipo de máquinas, se cierra el circuito magnético con una parte metálica adicional conocida como "armadura". Esta armadura está equipada con ranuras donde se aloja el segundo circuito eléctrico.

Sistemas de excitación

En una máquina síncrona, los flujos de corriente en el devanado del inducido o armadura alternan, mientras que el devanado de campo recibe corriente continua de excitación. El devanado del inducido o armadura, que suele ser trifásico, se encuentra en el estator, mientras que el devanado de campo está en el rotor. La estructura cilíndrica del rotor se utiliza en turbogeneradores tetrapolares y bipolares, mientras que la estructura de polos salientes es más adecuada para generadores hidroeléctricos de baja velocidad y motores síncronos. La potencia continua necesaria para la excitación, que suele ser entre el 1% y el 5% de la capacidad total de la máquina, se entrega a través del sistema de excitación.

En máquinas más antiguas, la corriente de excitación proviene de anillos de tamaño reducido de un excitador de corriente continua montado en el mismo eje que la máquina síncrona. Los sistemas modernos emplean excitadores de corriente alterna y rectificadores de estado sólido, como puentes de diodos o rectificadores de control de fase. A veces, la rectificación se realiza en el marco estacionario y la corriente

rectificada se envía al rotor mediante anillos de desplazamiento. Otros sistemas, conocidos como sistemas de excitación sin escobillas, colocando el alternador del excitador de corriente alterna en el rotor, suministrando la corriente.

Devanado de estator y de rotor

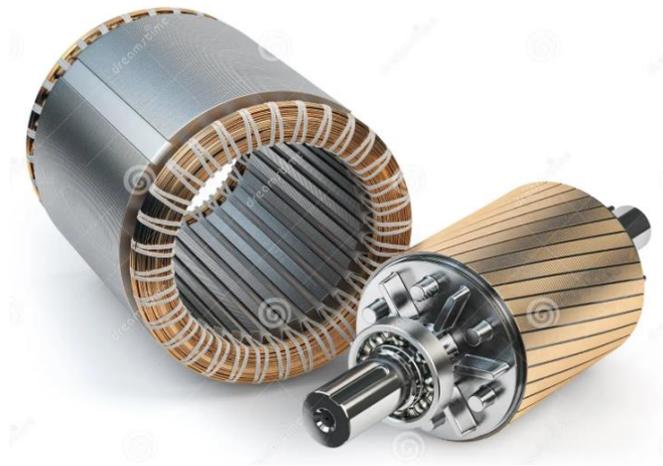


Figura 33 Esquemas de un estator y un rotor
<https://thumbs.dreamstime.com/z/rotor-y-estator-del-motor-el%C3%A9ctrico-aislado-sobre-fondo-blanco-de-en-d-ilustraci%C3%B3n-228516137.jpg>

La fórmula $e = d\lambda/dt$ se usa para calcular los voltajes inducidos por campos magnéticos que cambian con el tiempo. La energía electromagnética se convierte cuando hay variaciones en el flujo magnético λ debido al movimiento mecánico. En las máquinas rotativas, los voltajes se generan en los devanados o bobinas al girar el devanado dentro de un campo magnético, al hacer rotar un campo magnético alrededor del devanado, o al ajustar el circuito magnético para que la reluctancia cambie con la rotación del rotor. Esto provoca que el acoplamiento de una bobina específica cambie cíclicamente, produciendo un voltaje variable en el tiempo.

El conjunto de bobinas conectadas se denomina devanado de armadura o inducido. Este término se usa para referirse a las bobinas en una máquina rotativa que transportan corrientes alternas. En máquinas de corriente alterna, como las de inducción o

síncrona, el devanado de armadura o inducido está en el estator, la parte fija del motor, ya veces se le llama devanado



Figura 34 Esquema de una excitatriz de un generador síncrono
<https://qph.cf2.quoracdn.net/main-qimg-ff3c20e8f5466855abd06e85a9e6ae6f>

Cálculo del factor de distribución

Dividir el número total de vueltas en bobinas individuales optimiza el uso del espacio interior del estator y refuerza su estructura, ya que las ranuras en el estator pueden ser más pequeñas. Sin embargo, como las vueltas de una fase particular están ubicadas en ángulos distintos, los voltajes resultantes pueden ser ligeros.

Velocidad síncrona

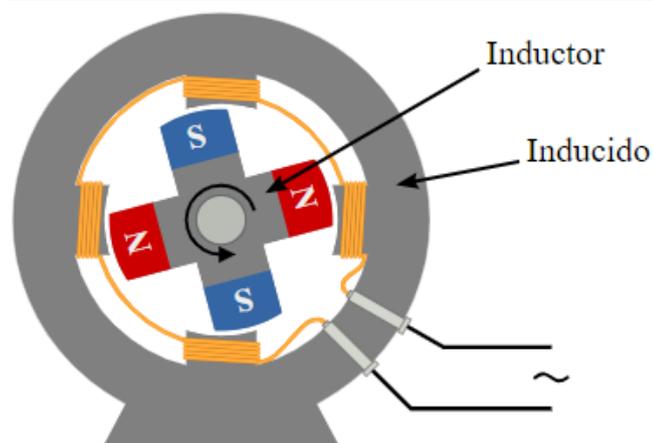


Figura 35 Esquema de un generador síncrono en el cual se observa su inductor e inducido
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/03/Alternador.svg>

De manera similar a los motores trifásicos, la velocidad síncrona de los motores de inducción monofásicos se calcula usando la siguiente ecuación:

$$n_s = \frac{120 * f}{p}$$

Donde:

n_s es la velocidad síncrona en revoluciones por minuto (rpm).
 f es la frecuencia de la fuente en hertzios (Hz).
 p es el número de polos.

Aplicaciones de los generadores síncronos

Los generadores síncronos son dispositivos eléctricos diseñados para transformar energía mecánica en electricidad de corriente alterna (CA). Su habilidad para operar a una velocidad fija y mantener una sincronización exacta con la red eléctrica los convierte en una herramienta ideal para diversas aplicaciones tanto en la industria como en la generación de energía. A continuación, se describen algunas de las principales aplicaciones de los generadores síncronos:

1. Generación de Energía Eléctrica



Figura 36 Esquema de un generador síncrono

https://www.google.com/search?q=imagenes+de+generadores+sincronos&rlz=1C1UUXU_esEC958EC958&oq=imagenes+de+generadores+sincronos&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIHCAEQIRigATIHCAlQIRifBTIHCAmQIRifBTIHCAQQIRifBTIHCAUQIRifBTIHCAyQIRifBTIHCAcQIRifBTIHCAgQIRifBTIHCAkQIRifBdlBCDYwNDlqMGo3qAllsAIB&sourceid=chrome&ie=UTF-8#vhid=rOb-8FQgUChXHM&vssid=1

- Plantas de Energía: Se utilizan ampliamente en centrales hidroeléctricas, termoeléctricas y nucleares. Su capacidad para mantener una velocidad constante es esencial para la estabilidad de la red eléctrica.

- Generadores de Energía de Respaldo: En instalaciones críticas como hospitales y centros de datos, sirven como sistemas de respaldo para garantizar un suministro ininterrumpido de energía en caso de fallos en la red principal.

2. Sistemas de Potencia y Distribución

- Estaciones de Transformación: Ayudan a regular la tensión y equilibrar la carga en la red eléctrica en estaciones de transformación y subestaciones.

- Compensación de Reactivos: Actúan como compensadores de reactivos en redes eléctricas, mejorando el factor de potencia y estabilizando la tensión.

3. Aplicaciones Industriales

- Industrias de Procesos: Proporcionan una fuente de energía constante y confiable en sectores como la fabricación de acero y la industria química.

- Tracción Ferroviaria: Se utilizan en sistemas de tracción ferroviaria, especialmente en trenes eléctricos, para alimentar los motores de tracción.

Generación Distribuida y Energías Renovables

- Energía Eólica: En algunos sistemas eólicos, se integran con sistemas de control para producir electricidad a partir del viento.

- Energía Hidroeléctrica de Pequeña Escala: Son comunes en pequeñas plantas hidroeléctricas, ofreciendo una generación de energía continua y estable.

5. Aplicaciones en Navegación y Aviación

- Barcos y Buques: En la navegación marítima, se usan para proporcionar energía estable a los sistemas de navegación y otros equipos a bordo.

- Aeronaves: En la aviación, se emplean para suministrar energía a los sistemas críticos de las aeronaves, garantizando un suministro eléctrico confiable.

6. Equipos de Prueba y Laboratorio

- Simulación de Redes: Se utilizan en laboratorios para simular redes eléctricas y evaluar el comportamiento de otros equipos eléctricos bajo diversas condiciones de carga.

7. Equipos de Energía de Emergencia

- Sistemas de Energía de Emergencia: Ofrecen un suministro confiable de energía de respaldo en instalaciones de seguridad y telecomunicaciones durante emergencias.

8. Control de Frecuencia y Voltaje

- Control de Red Eléctrica: Contribuyen a regular la frecuencia y el voltaje en la red eléctrica, ayudando a mantener la estabilidad del sistema.



CUESTIONARIO

CAPÍTULO III

CUESTIONARIO CAPÍTULO III

Definiciones básicas:

- ¿Qué es un generador eléctrico?
- Explica la diferencia entre un generador y un motor eléctrico.

Principio de funcionamiento:

- Describe el principio de funcionamiento fundamental de un generador eléctrico.
- ¿Qué es la inducción electromagnética y cómo se aplica en los generadores?

Tipos de generadores:

- Enumera y explica al menos tres tipos de generadores eléctricos.
- Diferencia entre generadores de corriente continua y generadores de corriente alterna.

Partes principales:

- Nombra y describe las partes principales de un generador síncrono.
- ¿Cuál es el propósito del rotor y del estator en un generador?

Conexión y regulación:

- Explica cómo se conecta un generador síncrono en una red eléctrica.
- ¿Qué significa la regulación de voltaje en un generador y por qué es importante?

Aplicaciones y usos:

- Menciona al menos tres aplicaciones comunes de los generadores eléctricos.
- ¿Cuál es la importancia de los generadores en la generación de energía eléctrica a gran escala?

Eficiencia y mantenimiento:

- ¿Cómo se mide la eficiencia de un generador eléctrico?
- Proporciona algunas prácticas recomendadas para el mantenimiento de generadores.

Generadores síncronos vs. asíncronos:

- Compara y contrasta los generadores síncronos y los generadores asíncronos.
- ¿En qué situaciones sería preferible utilizar un tipo sobre el otro?

Impacto ambiental:

- Discute el impacto ambiental de la generación de electricidad mediante generadores.
- ¿Existen tecnologías emergentes que puedan mejorar la sostenibilidad de los generadores eléctricos?



04

MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA

CAPÍTULO CUATRO

MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA



Reseña Histórica de las máquinas de corriente continua

La evolución de las máquinas eléctricas de corriente continua (CC) es una historia cautivadora de avances tecnológicos y progreso científico. A continuación, se ofrece un resumen histórico de su desarrollo:

Inicios y Primeros Avances



Figura 37 Esquema de un motor eléctrico en C.C. en el cual se observa sus partes constitutivas

https://www.academia.edu/11309223/Introducci%C3%B3n_a_la_teor%C3%ADa_de_circuit

os_y_m%C3%A1quinas_el%C3%A9ctricas_Alexandre_Wagemakers

1. Experimentos Iniciales (Siglo XIX):

- 1821: Michael Faraday, un físico británico, llevó a cabo experimentos pioneros en electromagnetismo, descubriendo que una corriente eléctrica podía generar un campo magnético. Este hallazgo fue esencial para el desarrollo de máquinas eléctricas.

- 1831: Faraday descubrió la inducción electromagnética, un principio fundamental que permitió la creación de generadores y motores eléctricos.

2. Primer Motor Eléctrico (1830s-1840s):

- 1832: Joseph Henry, un físico estadounidense, construyó un motor eléctrico primitivo basado en el electromagnetismo. Aunque su diseño no correspondía exactamente a los motores de CC modernos, sus conceptos influyeron en el desarrollo posterior de estos motores.

Desarrollo y Expansión Comercial

3. Primeras Máquinas de CC (1850s-1860s):

- 1856: El ingeniero británico William Sturgeon diseñó un motor de corriente

continua práctico. Aunque su diseño era básico en comparación con los estándares actuales, demostró la viabilidad de las máquinas de CC para usos prácticos.

- 1864: El físico e inventor alemán Werner von Siemens perfeccionó el diseño de los motores eléctricos, creando una versión más eficiente de un motor de CC al incorporar bobinas de campo y un conmutador mejorado.

4. Éxito en el Mercado (1870s-1880s):

-1873: Thomas Edison, un ingeniero estadounidense, desarrolló y comercializó el primer generador de corriente continua. Su compañía, Edison Electric Light Company, fue crucial en la difusión de la electricidad y de los motores de CC en la industria.

- 1879: Edison inventó la lámpara incandescente, que también usaba corriente continua, consolidando el uso de los motores de CC en aplicaciones prácticas.

Confrontación con la Corriente Alterna

5. La Guerra de las Corrientes (1880s-1890s):

- 1886-1891: La llamada "Guerra de las Corrientes" enfrentó a Thomas Edison, defensor de la corriente continua, contra Nikola Tesla y George Westinghouse, promotores de la corriente alterna (CA). La capacidad de la CA para transmitirse a largas distancias prevaleció, pero las máquinas de CC continuaron siendo valiosas para aplicaciones locales y especializadas.

Evolución y Nuevas Aplicaciones

6. Avances Electrónicos (1900s-1950s):

- 1930s: La invención de los transistores y el desarrollo de la electrónica de semiconductores revolucionaron el control y uso de los motores de CC, permitiendo un control más preciso y eficiente.

- 1950s: Los motores de CC empezaron a utilizarse en una gama más amplia de aplicaciones, incluyendo electrodomésticos, herramientas eléctricas y sistemas de automatización.

7. Era Moderna (1960s-Presente):

- 1960: Se introdujeron controladores electrónicos de velocidad, mejorando la adaptabilidad de los motores de CC a diversas aplicaciones.

- 1990s-Presente: Los motores de CC siguen siendo cruciales en aplicaciones donde se requiere un control preciso de la velocidad y el par motor. Aunque el motor de corriente alterna han ganado popularidad por su menor costo y mayor eficiencia, los motores de CC siguen siendo importantes en aplicaciones especializadas y en dispositivos electrónicos.

Conclusión

La historia de las máquinas de corriente continua está marcada por importantes avances en el entendimiento del electromagnetismo, mejoras en el diseño y desarrollos tecnológicos continuos. Aunque enfrentan competencia de los motores de corriente alterna, los motores de CC siguen siendo esenciales en muchas aplicaciones, demostrando la perdurable relevancia de esta tecnología en el campo de la ingeniería eléctrica.

Introducción

Las máquinas de corriente continua (CD) tienen la capacidad de funcionar tanto como generadores, transformando la energía mecánica en electricidad de corriente continua, como motores, convirtiendo electricidad de corriente continua en energía mecánica. Aunque tienen similitudes con las máquinas de corriente alterna (CA), las máquinas de CD producen una salida de corriente continua mediante un componente esencial llamado conmutador, por lo que también se les conoce como maquinaria de colector o de conmutación. Aunque los principios básicos de funcionamiento de las máquinas de CD son relativamente sencillos, la construcción real de estas máquinas puede ser compleja. Este capítulo explora esos principios a través de ejemplos simples y luego

aborda las complicaciones asociadas con las máquinas de CD en la práctica.

Partes principales de las máquinas de C.C.

Teóricamente, las máquinas de corriente continua pueden operar tanto como generadores como motores. En el esquema más básico, se utilizan aspiraciones de cobre situadas en un campo magnético uniforme. En modo generador, al girar estas aspiraciones por una fuerza externa, se genera una tensión inducida en el alambre, la cual se recoge mediante anillos conductores deslizantes. En modo motor, las aspiraciones reciben corriente a través de estos mismos anillos deslizantes, y las fuerzas de Laplace que resultan de su interacción con el campo magnético producen un par de rotación.

Para ilustrar cómo funciona esta máquina, se puede considerar una aspiración simple ubicada en un campo magnético uniforme creado por dos imanes permanentes. Esta aspiración se conecta a un circuito eléctrico mediante un colector de gas, que invierte la polaridad de la aspiración cada media vuelta. En el caso de una única aspiración, el colector se compone de dos medios anillos colocados en el eje de la máquina.

Cada polo de la espira se conecta a una de las dos delgas situadas en el eje de la máquina. El circuito externo al rotor se comunica con los anillos a través de escobillas de carbón conductoras, asegurando una conexión eficiente mientras la espira rota. La generación del campo magnético en el estator puede realizarse con imanes permanentes o con bobinas alimentadas por corriente continua. Este método asegura la creación y el mantenimiento del campo magnético necesario para el funcionamiento de la máquina de corriente continua.

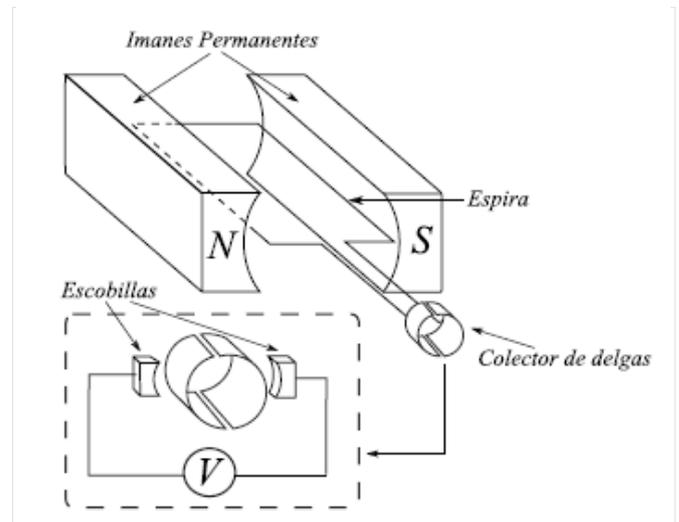


Figura 37 Esquema de un motor eléctrico en C.C. en el cual se observa sus partes constitutivas

https://www.academia.edu/11309223/Introducci%C3%B3n_a_la_teor%C3%ADa_de_circuitos_y_m%C3%A1quinas_el%C3%A9ctricas_Alexandre_Wagemakers

Clasificación de las máquinas de C.C.

Existen cinco principales tipos de motores de corriente continua comúnmente utilizados:

- Motor de Corriente Continua de Excitación Separada: Este motor tiene dos fuentes de corriente continua independientes: una para el devanado del campo (rotor) y otra para el devanado de la armadura.
- Motor de Corriente Continua en Derivación: En este diseño, el devanado del rotor y el devanado de la armadura están conectados en paralelo.
- Motor de Corriente Continua de Imán Permanente: Utiliza un imán permanente para generar el campo magnético necesario, eliminando la necesidad de un devanado adicional para el campo.
- Motor de Corriente Continua en Serie: En este tipo, el devanado de la armadura y el devanado del rotor están conectados en serie y comparten la misma corriente.
- Motor de Corriente Continua Compuesto: Combina características de los motores en

derivación y en serie, incluyendo tanto un devanado en derivación como uno en serie.

La elección del tipo de motor de corriente continua depende de las aplicaciones específicas y los requisitos de rendimiento deseados.

Motor de C.C en serie

Un motor de corriente continua (CC) en serie es aquel que tiene devanados de campo con relativamente pocas vueltas, y estos devanados están conectados en serie con el circuito del inducido. La figura 37 ilustra el circuito equivalente de un motor CC en serie. En este tipo de motor, la corriente en el inducido, la corriente en el campo y la corriente en la línea son todas iguales. La ecuación que describe la ley de voltaje de Kirchhoff para este tipo de motor es la siguiente:

$$V_T = E_A + I_A(R_A + R_S)$$

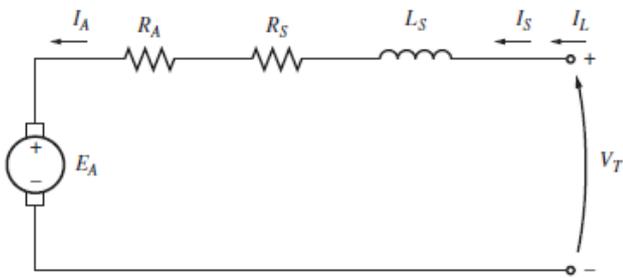


Figura 38 Circuito equivalente de un motor serie C.C.

https://www.academia.edu/31619602/Maquinas_Electricas_Chapman_5ta_edici%C3%B3n

Motor de C.C de excitación separada y en derivación

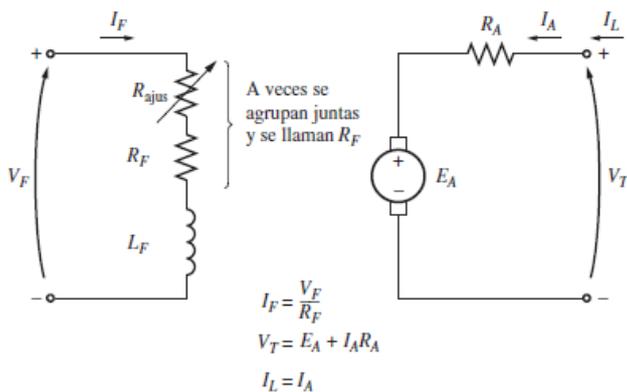


Figura 39 Circuito equivalente de un motor C.C. de excitación separada

https://www.academia.edu/31619602/Maquinas_Electricas_Chapman_5ta_edici%C3%B3n

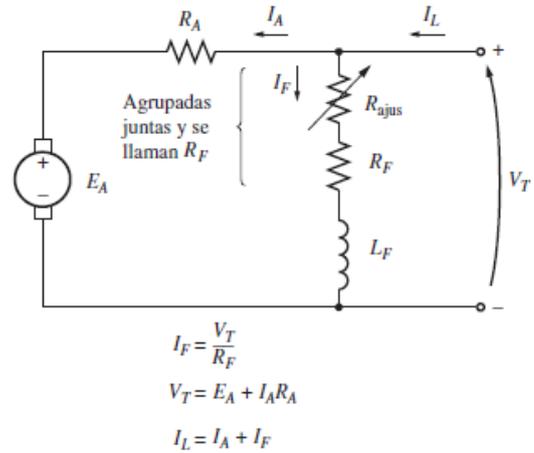


Figura 40 Circuito equivalente de un motor C.C. en derivación

https://www.academia.edu/31619602/Maquinas_Electricas_Chapman_5ta_edici%C3%B3n

En la figura 39 se presenta el circuito equivalente de un motor de corriente continua (CC) con excitación separada, mientras que la figura 39 muestra el circuito equivalente de un motor de CC en derivación. Un motor de CC con excitación separada es aquel cuyo circuito de campo recibe energía de una fuente de voltaje constante independiente, en contraste con un motor de CC en derivación, cuyo circuito de campo se alimenta directamente desde las terminales del inducido del motor. Si se asume que el voltaje suministrado al motor es constante, el comportamiento práctico de ambos tipos de motores es similar. A menos que se indique lo contrario, al describir el funcionamiento de un motor en derivación también se considerará el motor de excitación separada.

Motor de C.C compuesto

Un motor de corriente continua (cd) compuesto incluye tanto un campo en

derivación como un campo en serie. En la figura 41a se muestra un motor de este tipo. Los puntos que aparecen en las dos bobinas de campo tienen el mismo significado que los puntos en un transformador: la corriente que fluye hacia un punto produce una fuerza magnetomotriz positiva. Si la corriente fluye hacia los puntos en ambas bobinas de campo, las fuerzas magnetomotrices resultantes se suman para producir una fuerza magnetomotriz total más grande. Esta situación se conoce como composición acumulativa. Si la corriente fluye hacia el punto en una bobina de campo y hacia afuera del punto en la otra bobina de campo, la fuerza magnetomotriz resultante se resta. En la figura 41b, los puntos redondos corresponden a la composición acumulativa del motor y los cuadrados a la composición diferencial.

$$I_A = I_L + I_F$$

$$I_F = \frac{V_T}{R_F}$$

Pruebas eléctricas en máquinas de corriente continua

Las pruebas de máquinas eléctricas de corriente continua (CC) son fundamentales para asegurar su funcionamiento adecuado, seguridad y longevidad. Estas pruebas se efectúan tanto en el laboratorio durante la fabricación como en el campo durante el uso y el mantenimiento. A continuación, se describen algunas de las pruebas más comunes y sus propósitos:

1. Pruebas de Aislamiento

- Resistencia de aislamiento: Mediante un megóhmetro se evalúa la resistencia de aislamiento entre las bobinas del motor y la carcasa, así como entre las bobinas mismas. Un alto valor indica un buen aislamiento, mientras que valores bajos pueden sugerir problemas como humedad o daños en el aislamiento.

- Continuidad: Se utiliza un multímetro para verificar que no existan circuitos abiertos en las bobinas del motor, comprobando así la integridad de las conexiones eléctricas.

2. Pruebas Eléctricas

- Resistencia de devanados: Se mide la resistencia de los devanados del motor (estator y rotor) para confirmar que estén dentro de los valores especificados por el fabricante. Esta prueba ayuda a detectar cortocircuitos o circuitos abiertos.

- Corriente de fuga: Se mide la corriente que escapa a tierra para identificar posibles problemas con el aislamiento o conexiones defectuosas.

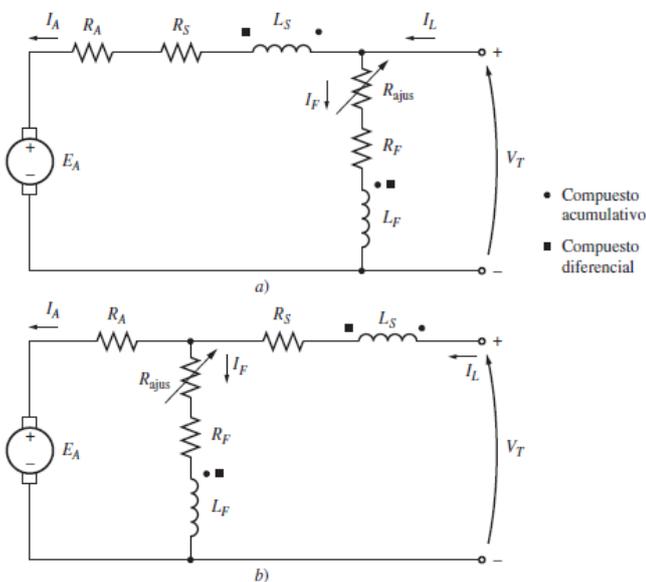


Figura 41 Circuito equivalente de un motor C.C. compuesto

https://www.academia.edu/31619602/Maquinas_Electricas_Chapman_5ta_edicion

La ley de voltaje de Kirchhoff para un motor de corriente continua (cd) compuesto es:

$$V_T = E_A + I_A(R_A + R_S)$$

Las corrientes en el motor compuesto están relacionadas por:

3. Pruebas de Funcionamiento

En vacío: Se opera el motor sin carga para medir su velocidad y voltaje en vacío, lo cual ayuda a verificar el funcionamiento correcto del motor y a identificar problemas de diseño o componentes.

-Con carga: Se conecta una carga al motor para evaluar su rendimiento en condiciones operativas reales, midiendo parámetros como corriente, voltaje, velocidad, par motor y eficiencia. Esto asegura que el motor pueda manejar la carga para la que fue diseñado.

4. Pruebas de Rendimiento

Eficiencia: Se calcula comparando la potencia de entrada con la potencia de salida del motor, para determinar su eficiencia general.

Factor de potencia: Se mide para evaluar la relación entre la potencia activa y la potencia aparente, ayudando a identificar posibles problemas de ajuste o diseño.

5. Pruebas de Calor y Vibración

- Temperatura: Se monitorea la temperatura del motor durante su funcionamiento para asegurar que no se sobrecaliente, ya que temperaturas elevadas pueden indicar problemas como sobrecarga o ventilación insuficiente.

- Vibración: Se mide la vibración del motor para detectar posibles desequilibrios o desalineaciones en los componentes, ya que vibraciones excesivas pueden señalar problemas mecánicos que necesitan corrección.

6. Pruebas de Conmutación

- Conmutador: Se inspecciona el estado del conmutador y las escobillas para asegurar que estén en buen estado y sin desgaste excesivo. También se verifica el contacto adecuado entre las escobillas y el conmutador.

7. Pruebas de Seguridad

- Puesta a tierra: Se comprueba la correcta conexión a tierra del motor para garantizar la protección contra descargas eléctricas.

- Protección: Se revisan dispositivos de protección como interruptores de sobrecorriente y disyuntores para asegurar que funcionen correctamente en caso de fallos.

8. Pruebas de Regeneración

Frenado regenerativo: En aplicaciones específicas, se evalúa la capacidad del motor para operar como generador durante el frenado, recuperando y devolviendo energía al sistema.

Aplicaciones de las máquinas eléctricas C.C

Las máquinas eléctricas de corriente continua (CC) encuentran diversas aplicaciones tanto en la vida diaria como en el ámbito industrial, gracias a sus características específicas como el control de velocidad y el par motor. A continuación, se detallan algunas aplicaciones destacadas:



Figura 42 Aplicaciones en generación distribuida de motores eléctricos C.C
<https://www.edibon.com/es/aplicacion-de-motores-corriente-alterna>

1. Transporte:

- Trenes y tranvías: En muchos sistemas ferroviarios, se utilizan motores de CC para la tracción, especialmente en situaciones donde el control preciso de la velocidad es esencial.

- Automóviles eléctricos: En los primeros vehículos eléctricos, los motores de CC eran bastante comunes. Aunque hoy en día se prefieren los motores de corriente alterna (CA) en la mayoría de los vehículos eléctricos modernos, los motores de CC todavía se emplean en ciertos vehículos especializados y aplicaciones específicas.



Figura 43 Motores eléctricos para trenes y ferrocarriles

https://es.123rf.com/photo_11393622_motor-el%C3%A9ctrico-gigante-del-tren-moderno.html

2. Electrodomésticos:

- Aspiradoras: Muchas aspiradoras utilizan motores de CC por su capacidad para controlar de manera precisa la velocidad y mantener un par constante.

- Secadores de cabello: Los secadores de cabello frecuentemente incorporan motores de CC para regular la velocidad y la potencia del flujo de aire.

3. Herramientas eléctricas:

- Taladros y destornilladores**: Herramientas como los taladros y los destornilladores suelen

usar motores de CC debido a la facilidad para ajustar la velocidad y el par motor.

4. Dispositivos electrónicos:

- Ventiladores de computadoras: Los ventiladores en computadoras y otros aparatos electrónicos a menudo emplean motores de CC para controlar la velocidad del flujo de aire y mantener una temperatura adecuada.

- Discos duros y unidades de almacenamiento: Los motores de CC se utilizan en discos duros y otros dispositivos de almacenamiento para gestionar el movimiento interno de sus componentes.

5. Automatización y robótica:

- Actuadores: En sistemas automatizados y robots, los motores de CC son empleados en actuadores debido a su capacidad para responder rápidamente y ofrecer un control preciso.

6. Electroimanes y sistemas de energía:

- Generadores y alternadores: Algunos sistemas eléctricos, como los generadores de CC, están diseñados para producir corriente continua a partir de energía mecánica.

- Sistemas de respaldo de energía: Los sistemas de respaldo, como las baterías y los sistemas de energía ininterrumpida (UPS), a menudo incluyen motores de CC para manejar la conversión y el almacenamiento de energía.



Figura 44 Motores eléctricos para trenes y ferrocarriles de alta velocidad

<https://hipertextual.com/2018/05/historia-fabrica-cornella-que-fabrica-motores-trenes-mas-rapidos>

7. Aplicaciones en aviación y aeronáutica:

- Sistemas de control y actuadores: En aeronaves, los motores de CC se utilizan en sistemas de control de vuelo y actuadores, ya que ofrecen un control preciso y confiable.

Cada una de estas aplicaciones aprovecha las ventajas de los motores de CC, como su capacidad para ajustar la velocidad y el par motor, así como para proporcionar un funcionamiento suave y controlado. Sin embargo, con el avance tecnológico, el motor de corriente alterna (CA) y otras tecnologías están ganando terreno por sus beneficios en mantenimiento y eficiencia.



CUESTIONARIO

CAPÍTULO IV

CUESTIONARIO CAPITULO IV

1. ¿Qué función cumple una máquina de corriente continua (CC)?

- a) Transforma energía mecánica en energía eléctrica.
- b) Transforma energía eléctrica en energía mecánica.
- c) Transforma energía térmica en energía eléctrica.
- d) Transforma energía hidráulica en energía eléctrica.

2. ¿Cuál es el propósito principal del rotor en una máquina de CC?

- a) Crear un campo magnético.
- b) Producir corriente continua.
- c) Convertir energía eléctrica en energía mecánica.
- d) Regular la tensión de salida.

3. ¿Qué parte de una máquina de CC entra en contacto con el conmutador?

- a) Estátor
- b) Rotor
- c) Campo
- d) Bobina de armadura

4. ¿Qué función tiene el conmutador en una máquina de CC?

- a) Ajustar el voltaje.
- b) Cambiar la dirección de la corriente en el rotor.
- c) Regular la velocidad.
- d) Enfriar la máquina.

5. ¿Cómo se llama el componente que genera el campo magnético en una máquina de CC?

- a) Rotor
- b) Conmutador
- c) Estátor
- d) Armadura

6. ¿Qué ocurre si se invierte la polaridad en la alimentación de una máquina de CC?

- a) Se invierte el sentido de rotación del motor.
- b) El motor deja de operar.
- c) La velocidad del motor se incrementa.
- d) La máquina se sobrecalienta.

7. ¿Qué tipo de máquina de corriente continua se utiliza generalmente para aplicaciones que requieren ajuste de velocidad?

- a) Motor de CC en serie
- b) Motor de CC en paralelo
- c) Motor de CC compuesto
- d) Generador de CC

8. ¿Cómo funciona un generador de corriente continua en términos básicos?

- a) Convierte energía mecánica en energía eléctrica a través de inducción.
- b) Convierte energía térmica en energía eléctrica mediante calor.
- c) Convierte energía eléctrica en energía térmica.
- d) Convierte energía mecánica en energía hidráulica.

9. ¿Qué efecto tiene el aumento de carga sobre el voltaje en los terminales de una máquina de CC?

- a) Incrementa el voltaje.
- b) Reduce el voltaje.
- c) Mantiene el voltaje constante.
- d) El voltaje se vuelve negativo.

10. ¿Cómo se denomina una máquina de CC que combina excitación en serie y en paralelo?

- a) Motor de CC en serie
- b) Motor de CC en paralelo
- c) Motor de CC compuesto
- d) Generador de CC

11. ¿Cuál es el papel del bobinado de campo en una máquina de CC?

- a) Crear el campo magnético necesario para la operación.
- b) Convertir corriente alterna en corriente continua.
- c) Regular la velocidad del rotor.
- d) Aumentar la corriente de salida.

12. ¿Qué efecto tiene una reducción en la resistencia de la armadura de un motor de CC sobre la corriente que circula por ella?

- a) Incrementa la corriente.
- b) Disminuye la corriente.
- c) No afecta la corriente.
- d) Detiene el motor.

13. ¿Cómo se llama la configuración en la que el bobinado de campo está conectado en paralelo con la armadura?

- a) Configuración en serie
- b) Configuración en paralelo
- c) Configuración compuesta
- d) Configuración de anillo

14. ¿Qué hace el conmutador mientras la máquina de CC está operativa?

- a) Cambia la dirección de la corriente en el rotor para mantener la rotación constante.
- b) Modifica el voltaje de salida.
- c) Ajusta la velocidad del rotor.
- d) Enfría el rotor.

Bibliografía

Manzano, J. J, Gómez, A. N., (2019). Máquinas Eléctricas, p66-p67, p68.

Wagemakers A., Escribiano J. F. (2020). Introducción a la Teoría de Circuitos y Máquinas Eléctricas, p291, p320.

Chapman S. J, (2020). Máquinas Eléctricas, Quinta Edición, Mc GRAW-HILL

Cruz P. C., (2016), Máquinas Electricas Técnica Modernas de control, Segundo Edición

Suarez Mganto F., (2019), Devanados de Máquinas Eléctricas, Dextra Editorial



INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO PELILEO

ISBN: 978-9942-686-13-8



Educación gratuita y de calidad