

INTRODUCCIÓN

Como se decía antes, un generador simple sin conmutador producirá una corriente eléctrica que cambia de dirección a medida que gira la armadura. Este tipo de corriente alterna es ventajosa para la transmisión de potencia eléctrica, por lo que la mayoría de los generadores eléctricos son de este tipo. En su forma más simple, un generador de corriente alterna se diferencia de uno de corriente continua en sólo dos aspectos: los extremos de la bobina de su armadura están sacados a los anillos colectores sólidos sin segmentos del árbol del generador en lugar de los conmutadores, y las bobinas de campo se excitan mediante una fuente externa de corriente continua más que con el generador en sí. Los generadores de corriente alterna de baja velocidad se fabrican con hasta 100 polos, para mejorar su eficiencia y para lograr con más facilidad la frecuencia deseada. Los alternadores accionados por turbinas de alta velocidad, sin embargo, son a menudo máquinas de dos polos. La frecuencia de la corriente que suministra un generador de corriente alterna es igual a la mitad del producto del número de polos y el número de revoluciones por segundo de la armadura.

HISTORIA DE LOS CIRCUITOS TRIFÁSICOS

Nikola Tesla, un inventor Serbio–Americano fue quien descubrió el principio del campo magnético rotatorio en 1882, el cual es la base de la maquinaria de corriente alterna.

Él inventó el sistema de motores y generadores de corriente alterna polifásica que da energía al planeta. Sin sus inventos el día de hoy no sería posible la electrificación que impulsa al crecimiento de la industria y al desarrollo de las comunidades.



El descubrimiento de el campo magnético rotatorio producido por las interacciones de corrientes de dos y tres fases en un motor fue uno de sus más grandes logros y fue la base para la creación de su motor de inducción y el sistema polifásico de generación y distribución de electricidad.

Gracias a esto, grandes cantidades de energía eléctrica pueden ser generadas y distribuidas eficientemente a lo largo de grandes distancias, desde las plantas generadoras hasta las poblaciones que alimentan. Aún en estos días se continúa utilizando la forma trifásica de el sistema polifásico de Tesla para la transmisión de la electricidad, además la conversión de electricidad en energía mecánica es posible debido a versiones mejoradas de los motores trifásicos de Tesla.



En Mayo de 1885, George Westinghouse, cabeza de la compañía de electricidad Westinghouse compró las patentes del sistema polifásico de generadores, transformadores y motores de corriente alterna de Tesla.

En octubre de 1893 la comisión de las cataratas del Niagara otorgó a Westinghouse un contrato para construir la planta generadora en las cataratas, la cual sería alimentada por los primeros dos de diez generadores que Tesla diseñó. Dichos dinamos de 5000 caballos de fuerza fueron los más grandes construidos hasta el momento. General Electric registró algunas de las patentes de Tesla y recibió un contrato para construir 22 millas de líneas de transmisión hasta Buffalo. Para este proyecto se utilizó el sistema polifásico de Tesla. Los primeros tres generadores de corriente alterna en el Niagara fueron puestos en marcha el 16 de noviembre de 1896.

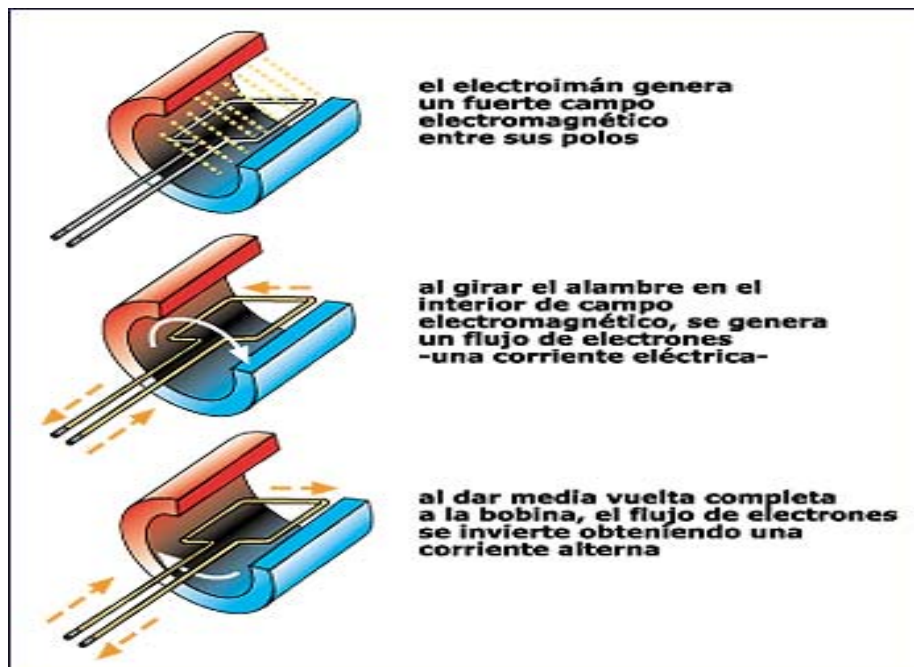
ALTERNADORES TRIFÁSICOS

Los alternadores denominados trifásicos, en los que la corriente inducida sale del alternador por seis cables o hilos que, al tratarse de corriente alterna, se hacen innecesarias las seis salidas, reduciéndose éstas a tres fases, ya que en este tipo de máquinas las polaridades se alternan al haber mayor número de polos y tratarse de este tipo de energía.

CÓMO FUNCIONA

UN GENERADOR DE CORRIENTE:

LA INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA



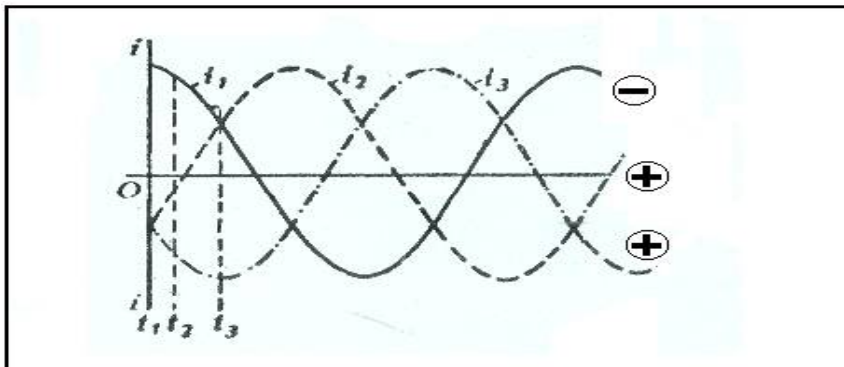
PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Partimos de la base de que si un conductor eléctrico corta las líneas de fuerza de un campo magnético, se origina en dicho conductor una corriente eléctrica. La generación de corriente trifásica tiene lugar en los alternadores, en relación con un movimiento giratorio. Según este principio, existen tres arrollamientos iguales independientes entre sí, dispuestos de modo que se encuentran desplazados entre sí 120° . Según el principio, de la inducción, al dar vueltas el motor (imanes polares con devanado de excitación en la parte giratoria) se generan en los arrollamientos tensiones alternas senoidales y respectivamente corrientes alternas, desfasadas también 120° entre sí, por lo cual quedan desfasadas igualmente en cuanto a tiempo. De esa forma tiene lugar un ciclo que se repite constantemente, produciendo la corriente alterna trifásica.

Todos los generadores trifásicos utilizan un campo magnético giratorio. En el dibujo hemos instalado tres electroimanes alrededor de un círculo. Cada uno de los tres imanes está conectado a su propia fase en la red eléctrica trifásica. Como puede ver, cada electroimán produce alternativamente un polo norte y un polo sur hacia el centro.

Las letras están en negro cuando el magnetismo es fuerte, y en gris claro cuando es débil. La fluctuación en el magnetismo corresponde exactamente a la fluctuación en la tensión de cada fase. Cuando una de las fases alcanza su máximo, la corriente en las otras dos está circulando en sentido opuesto y a la mitad de tensión. Dado que la duración de la corriente en cada imán es un tercio de la de un ciclo aislado, el campo magnético dará una vuelta completa por ciclo.

Aunque las tres corrientes son de igual frecuencia e intensidad, la suma de los valores instantáneos de las fuerzas electromotrices de las tres fases, es en cada momento igual a cero, lo mismo que la suma de los valores instantáneos de cada una de las fases, en cada instante, como podemos ver en la siguiente figura



Aquí mostramos las tres fases, ya desfasadas sobre un mismo eje a 120° . La línea negra del gráfico representa la corriente de distinta polaridad, es decir, en este caso el negativo de la fase 1, corriente opuesta a las fases 2 y 3 que son por su naturaleza de polaridad positiva.

¿Porqué se usan los circuitos trifásicos?

La principal aplicación para los circuitos trifásicos se encuentra en la distribución de la energía eléctrica por parte de la compañía de luz a la población. Nikola Tesla probó que la mejor manera de producir, transmitir y consumir energía eléctrica era usando circuitos trifásicos.

Algunas de las razones por las que la energía trifásica es superior a la monofásica son :

La potencia en KVA (Kilo Volts Ampere) de un motor trifásico es aproximadamente 150% mayor que la de un motor monofásico.

En un sistema trifásico balanceado los conductores necesitan ser el 75% del tamaño que necesitarían para un sistema monofásico con la misma potencia en VA por lo que esto ayuda a disminuir los costos y por lo tanto a justificar el tercer cable requerido.

La potencia proporcionada por un sistema monofásico cae tres veces por ciclo. La potencia proporcionada por un sistema trifásico nunca cae a cero por lo que la potencia enviada a la carga es siempre la misma.

PARTES DE UN ALTERNADOR

Una máquina eléctrica rotativa está compuesta de los siguientes partes:

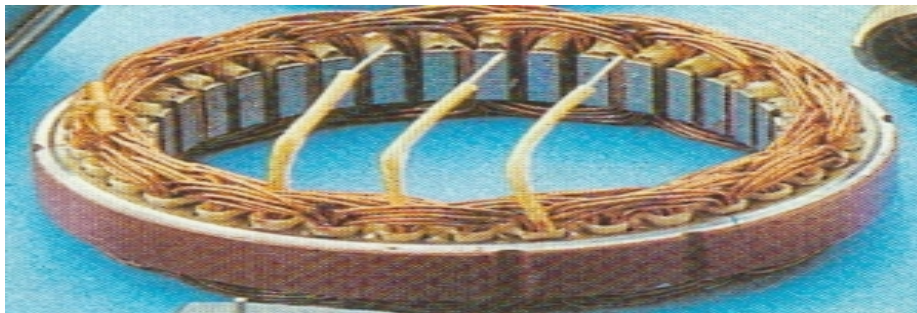
Un circuito magnético

- Estator. Parte fija.
- Rotor. Parte móvil que gira dentro del estator.
- Entrehierro. Espacio de aire que separa el estator del rotor y que permite que pueda existir movimiento. Debe ser lo más reducido posible.
-

Dos circuitos eléctricos. uno en el rotor y otro en el estator.

- Arrollamiento o devanado de excitación o inductor. Uno de los devanados, al ser recorrido por una corriente eléctrica produce una fuerza magnetomotriz que crea un flujo magnético.
- Inducido. El otro devanado, en el que se induce una f.e.m. que da lugar a un par motor (si se trata de un motor) o en el que se induce una f.c.e.m. que da lugar a un par resistente (si se trata de un generador).

En **el estator** se alojan tres bobinas, desfasadas entre si 120° . Cada una de las bobinas se conecta a una de las fases de un sistema trifásico y dan lugar a un campo magnético giratorio:



La velocidad del campo magnético giratorio se denomina velocidad síncrona (*s) y depende de la frecuencia de la red eléctrica a la que esté conectado el motor.

En el ejemplo anterior por cada periodo de la red el campo dará una vuelta.

$n_s = 60 f$ Sólo se creaban un par de polos magnéticos.

En general se pueden originar p pares de polos. Para un devanado con p pares de polos:

(velocidad de giro del campo magnético, velocidad de sincronismo en r.p.m.)

El rotor, es la parte móvil giratoria que se localiza en el interior del estator. Está hecho a base de placas apiladas y montado sobre el eje del motor. Dispone de unas ranuras donde van colocados los conductores que forman la bobina de inducido que están cerrados sobre sí mismos constituyendo un circuito cerrado. Al ser afectados los conductores por un campo magnético variable se generan en ellos f.e.m. que dan lugar a corrientes eléctricas. Al circular las corrientes eléctricas por unos conductores dentro de un campo magnético, aparecen fuerzas que obligan al rotor a moverse siguiendo al campo magnético.

Desde el punto de vista constructivo se pueden distinguir dos formas típicas de rotor:

§ **Rotor de jaula de ardilla.** Está constituido por barras de cobre o de aluminio y unidas en sus extremos a dos anillos del mismo material.

§ **Rotor bobinado o de anillos rozantes.** El rotor está constituido por tres devanados de hilo de cobre conectados en un punto común. Los extremos pueden estar conectados a tres anillos de cobre que giran solidariamente con el eje (anillos rozantes). Haciendo contacto con estos tres anillos se encuentran unas escobillas que permiten conectar a estos devanados unas resistencias que permiten regular la velocidad de giro del motor. Son más caros y necesitan un mayor mantenimiento.

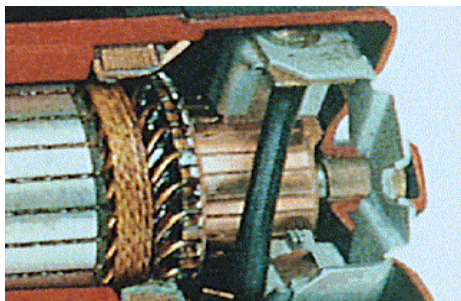
Un componente clave del generador asíncrono es el rotor de jaula. (Solía llamarse rotor de jaula de ardilla.

Este es el rotor que hace que el generador asíncrono sea diferente del generador síncrono. El rotor consta de un cierto número de barras de cobre o de aluminio, conectadas eléctricamente por anillos de aluminio finales.

En el dibujo del principio de la página puede verse el rotor provisto de un núcleo de "hierro", utilizando un apilamiento de finas láminas de acero aisladas, con agujeros para las barras conductoras de aluminio. El rotor se sitúa en el centro del estator, que en este caso se trata de nuevo de un estator tetrapolar, conectado directamente a las tres fases de la red eléctrica.

Escobillas o Carbones

Las escobillas están fabricadas de carbón prensado y calentado a una temperatura de 1200°C.

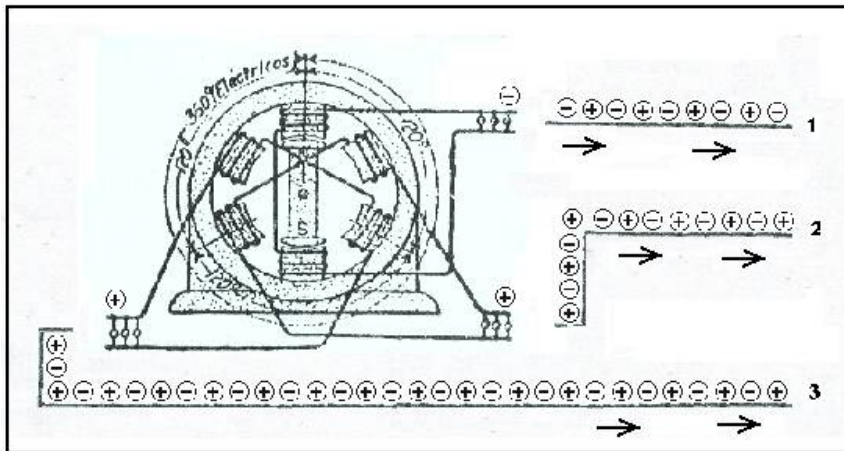


Se apoyan rozando contra el colector gracias a la acción de unos resortes, que se incluyen para hacer que la escobilla esté rozando continuamente contra el colector. El material con que están fabricadas las escobillas producen un roce suave equivalente a una lubricación.

Porta Carbones

Son elementos que sujetan y canalizan el movimiento de los carbones. Los se deslizan libremente en su caja siendo obligadas a apoyarse sobre el colector por medio de un resorte que carga al carbón con una tensión determinada.

LA CORRIENTE DE SALIDA DE UN ALTERNADOR TRIFÁSICO.



En el siguiente diagrama mostramos la forma de la corriente suministrada por esta clase de máquinas y su equivalencia en los tres cables de salida o en cada una de las fases figura

Como se forman las tres fases ya desfasadas, aquí el periodo de salida de cada vuelta es de más menos o de menos más (+ -) o (- +) aunque los tres cables llevan la doble polaridad, dos lo hace en positivo y uno de los cables lo hace en negativo, por ejemplo el numero 1 lo hace en negativo y el 2 y 3 en positivo o el 1 y 2 lo hacen en positivo y el 3 en negativo, de esta forma siempre hay en las tres fases una de distinta polaridad.

El flujo de la corriente alterna, por este motivo esta corriente se define de esta forma, por que el inducido recoge en cada vuelta completa la doble polaridad que posee el inductor.

Cuando gira en sentido contrario la polaridad cambia y los motores funcionan en sentido contrario. es decir al revés de cómo funcionaban.

En los **alternadores los inductores** están alimentados por una excitatriz, esta es una corriente adicional producida por una dinamo (corriente continua) para alimentar los electroimanes o polos electromagnéticos que forman el campo magnético del alternador, como éste no tiene imanes lo tiene que hacer con electroimanes que tiene más potencia e intensidad de flujo que los imanes. En esta maquinas la tensión llega a ser muy alta, al ser alterna lleva cada cable la doble polaridad, lo que la convierte en muy peligrosa para su manipulación.

Así podemos comprender que cuando pasan las espiras de alambre de una parte de la armadura frente a una zona del inductor o polo electromagnético, arranca una copia de esa determinada polaridad y la introduce por el correspondiente cable de salida.

La electricidad se comporta como un fluido ya que se diferencia poco de este, lo que si interviene siempre es la doble polaridad.

Se llama polo positivo al que, por su naturaleza, posee un potencial eléctrico y polo negativo aquel en que ese potencial se manifiesta como vacío

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS:

En toda máquina se pueden distinguir tres tipos de materiales:

- Materiales activos:
- Materiales magnéticos de alta permeabilidad, hierro, acero, chapa al silicio,...
- Materiales eléctricos conductores, cobre, aluminio,...
- Aislantes, que se encargan de canalizar las corrientes y evitar fugas.

Materiales para la lubricación, ventilación, transmisiones mecánicas.

CLASIFICACION DE LAS MAQUINAS ROTATIVAS

UN GENERADOR TETRAPOLAR

La velocidad de un generador (o motor) que está directamente conectado a una red trifásica es constante y está impuesta por la frecuencia de la red, tal y como vimos en la página anterior.

Sin embargo, si dobla el número de imanes que hay en el estator, puede asegurar que el campo magnético girará a la mitad de la velocidad.

En el dibujo se ve como el campo magnético se mueve ahora en el sentido de las agujas del reloj durante media revolución antes de alcanzar de nuevo el mismo polo magnético. Simplemente hemos conectado los seis imanes a las tres fases en el sentido de las agujas del reloj.

Este generador (o motor) tiene cuatro polos en todo momento, dos polos sur y dos polos norte. Dado que un generador sólo completará media revolución por ciclo, obviamente dará 25 revoluciones por segundo en una red de 50 Hz. o 1500 revoluciones por minuto (r.p.m.).

Al doblar el número de polos en el estator de un generador síncrono, tendremos que doblar el número de imanes en el rotor, tal y como se ve en el dibujo. En caso contrario, los polos no irían parejos (podríamos utilizar dos imanes en forma de herradura en este caso).

OTROS NÚMEROS DE POLOS

Obviamente, podemos repetir lo que acabamos de hacer, e introducir otro par de polos, simplemente añadiendo 3 electroimanes más en el estator. Con 9 imanes conseguimos una máquina de 6 polos, que girará a 1000 r.p.m. en una red de 50 Hz. Los resultados generales son los siguientes:

VELOCIDADES DE UN GENERADOR SÍNCRONO (R.P.M)

El término "velocidad del generador síncrono" se refiere a la velocidad del generador cuando está girando de forma síncrona con la frecuencia de red. Esto es aplicable a todo tipo de generadores, sin embargo: en el caso de generadores asíncronos (o de inducción) equivale a la velocidad en vacío del generador.

¿GENERADORES DE BAJA O ALTA VELOCIDAD?

La mayoría de turbinas eólicas usan generadores de 4 ó 6 polos. La razón por la que se utilizan estos generadores de velocidad relativamente alta es por ahorrar en tamaño y en costes.

La fuerza máxima (par torsor) que un generador puede manejar depende del volumen del rotor. Para una

potencia de salida dada, podrá elegir entre un gran generador (y, por lo tanto, caro) de baja velocidad, o un generador más pequeño (más barato) de alta velocidad.

ACOPLAMIENTO DE UN ALTERNADOR TRIFÁSICO A LA RED.

Generalidades

Al igual que le ocurre a las dínamos, a veces es preciso acoplar eléctricamente dos o más alternadores. En nuestro caso el de la compañía suministradora y el que nosotros acoplaremos en el taller. El acoplamiento de los alternadores resulta más complejo que el de las dínamos, debido a la presencia de una nueva característica, **la frecuencia, cuyo valor debe ser rigurosamente igual para todos los alternadores.**

En los alternadores no se usan nunca el acoplamiento en serie por no presentar interés práctico. Además, el funcionamiento de un acoplamiento de alternadores en serie es inestable y peligroso. Por consiguiente, sólo nos referiremos al acoplamiento en paralelo.

Condiciones para el acoplamiento de alternadores en paralelo

Antes de efectuar el acoplamiento en paralelo de un alternador con otro ya en servicio, es preciso estar seguros de que se cumplen las siguientes condiciones:

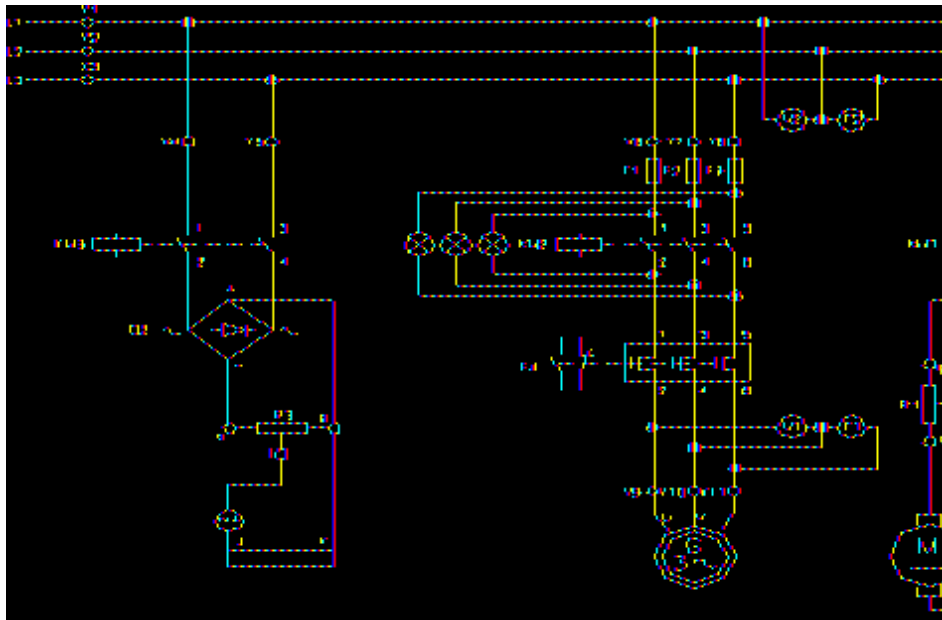
- **Igualdad de las frecuencias, antes citada.**
- **Igualdad de los valores eficaces de las f.e.m.**
- **Identidad de fase de las tensiones correspondientes a las salidas conectadas a un mismo conductor de la red, es decir, igual sucesión de fases.**

Un sencillo método permite comprobar la sucesión de fases. Para ello se recurre a un pequeño motor asíncrono trifásico, que se conecta provisionalmente a las barras de la red. Luego se van acoplando sucesivamente, pero uno a uno, los distintos alternadores, pudiendo estar seguros que la sucesión de fases es idéntica para todos ellos cuando el motor gira en el mismo sentido. Una vez terminado el ensayo, se puede retirar el motor de prueba.

Maniobras de acoplamiento

El acoplamiento de un alternador a la red exige la máxima atención por parte del o los operarios encargados de dicha operación.

- Se pone en marcha el motor de corriente continua que acciona el alternador y seguidamente se manobra sobre el regulador de velocidad hasta conseguir que ésta sea lo más aproximada posible a la velocidad síncrona correspondiente a la frecuencia de la red. Para comprobarlo se observa el frecuencímetro conectado a los bornes del generador.
- Se manobra el reostato que regula la intensidad de la corriente de excitación que recorre las bobinas inductoras hasta conseguir que la fuerza electromotriz generada en el bobinado inducido del alternador (medida por su voltímetro V) sea algo superior que la tensión de la red.
- Efectuadas las maniobras anteriores, es preciso afinar la igualdad de frecuencias y tensiones, al mismo tiempo hay que observar el sincronoscopio



CONCLUSION

La corriente que se genera mediante los alternadores descritos más arriba, aumenta hasta un pico, cae hasta cero, desciende hasta un pico negativo y sube otra vez a cero varias veces por segundo, dependiendo de la frecuencia para la que esté diseñada la máquina. Este tipo de corriente se conoce como corriente alterna monofásica. Sin embargo, si la armadura la componen dos bobinas, montadas a 90° una de otra, y con conexiones externas separadas, se producirán dos ondas de corriente, una de las cuales estará en su máximo cuando la otra sea cero. Este tipo de corriente se denomina corriente alterna bifásica. Si se agrupan tres bobinas de armadura en ángulos de 120° , se producirá corriente en forma de onda triple, conocida como corriente alterna trifásica. Se puede obtener un número mayor de fases incrementando el número de bobinas en la armadura, pero en la práctica de la ingeniería eléctrica moderna se usa sobre todo la corriente alterna trifásica, con el alternador trifásico, que es la máquina dinamoeléctrica que se emplea normalmente para generar potencia eléctrica.

Motor de corriente alterna.

Inducción o asíncronos.

(rotor de jaula de ardilla o rotor devanado)

Síncronos

Universales

Motor de corriente continua.

Según la excitación, independiente, serie, shunt, compound

Motores

Alternador.

Monofásico o polifásico.

Polos lisos o salientes.

Dinamo.

Según la excitación, independiente, serie, shunt, compound.

Generadores

C.A.

C.C.

600

500

12

720

600

10

900

750

8

1200

1000

6

1800

1500

4

3600

3000

2

60 Hz

50 Hz

Número de polos