



UNIVERSIDAD NACIONAL **DE CÓRDOBA**

MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA

TEMAS

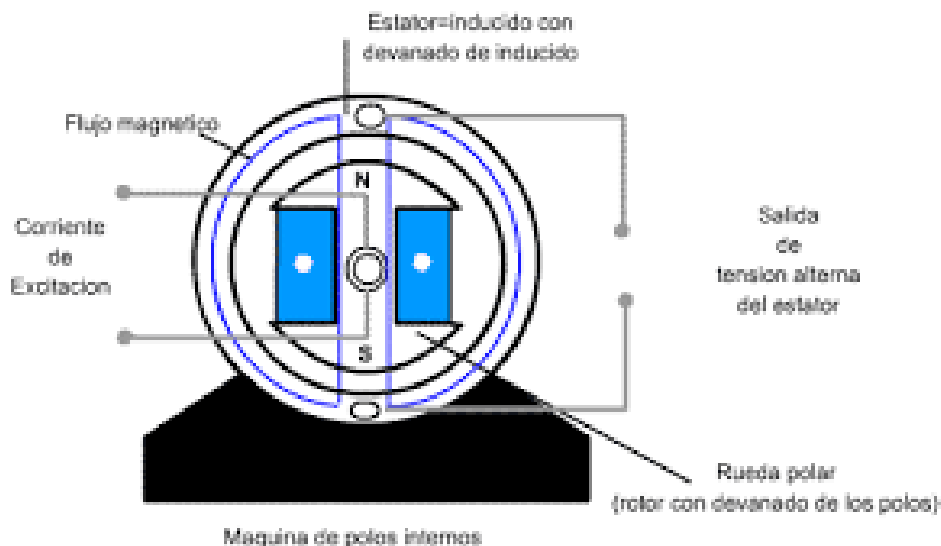
GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA SINCRONOS

Autor: Ing. Gabriel Serra.

CONSTITUCION Y PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Los generadores síncronos, o alternadores, es la maquina eléctrica que permite generar tensión alterna, y potencia alterna, partiendo de una potencia mecánica, la cual se ingresa en su eje.

Este tipo de máquinas, posee en el rotor el inductor, es quien provee el campo magnético, y en el estator es donde estarán ubicadas las bobinas, las cuales son el inducido, en general trifásicas, las cuales permitirán obtener la tensión alterna trifásica.



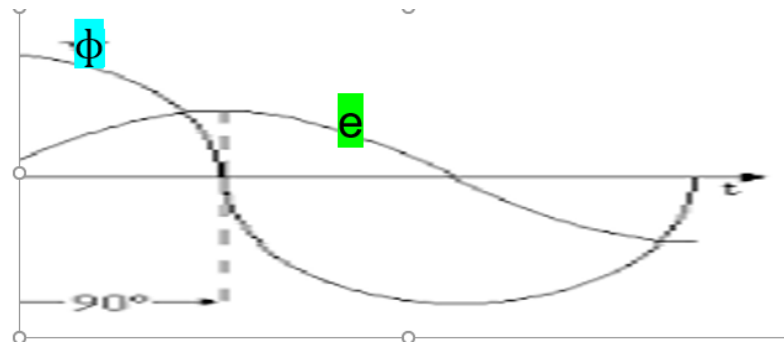
La construcción de esta forma es mas simple, dado que deberemos solo alimentar de tensión continua al rotor, a fin de establecer la corriente de excitación, que nos permitirá generar el flujo magnético, muchas veces esta tensión es generada por la misma maquina en un generador de cc, acoplado en el mismo eje, llamado excitatriz, y estando en el estator, las bobinas del inducido donde obtendremos la potencia eléctrica.

La forma de campo a generar por el rotor, o inductor, deberá ser del tipo senoidal, analizada la misma sobre el perímetro del mismo, dado que teníamos que:

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

Al ser generada por un flujo de variación senoidal, la tensión inducida será del tipo cosenoidal, la forma de onda de una tensión alterna.

$$V(t) = V_{\max} \cos (wt)$$



La razón por la que se llama generador síncrono, es la igualdad entre la frecuencia eléctrica, con la frecuencia angular, donde el rotor del generador girara a la velocidad constante, quien generara un campo magnético rotante constante en velocidad, el cual generara en sincronismo la tensión.

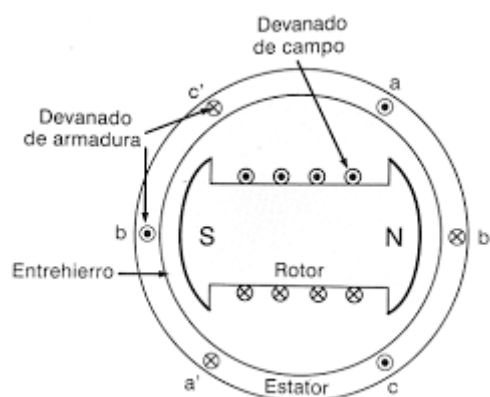
La frecuencia del sistema, dependerá de la velocidad de giro del rotor y la cantidad de polos que disponga el mismo, la cual bien dada por la siguiente relación:

$$f = \frac{P \cdot n}{60}$$

Donde P son la cantidad de pares de polos y n la velocidad de rotación en rpm.

Las frecuencias usuales a nivel mundial son 50 o 60 Hz, lo cual establecerá que para un solo par de polos n será de 3000 o 3600 rpm, con la mínima cantidad de polos, al aumentar el numero de los mismos, disminuye n.

La manera de obtener una tensión trifásica, consiste en desfasar en el rotor la ubicación de las mismas, en caso de P=1, el desfase de las mismas deberá de ser 120°. Si incrementamos P, el ángulo de desfase disminuye proporcionalmente al aumento de P, siendo este 120/P.



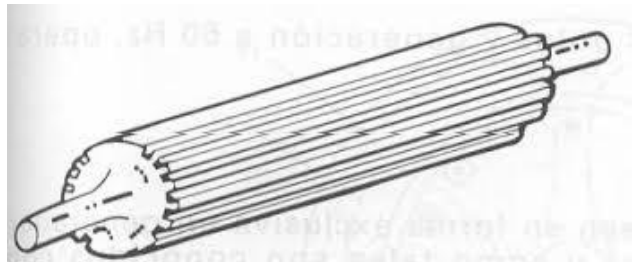
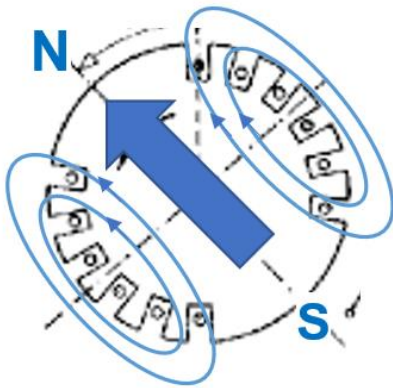
Con más de un par de polos, se dispondrán tantos juegos de bobinas como número de pares de polos, P, lo cual permitirá la conexión de las mismas en serie o paralelo, conforme a condiciones de diseño del generador.

CLASIFICACION DE LOS GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA.

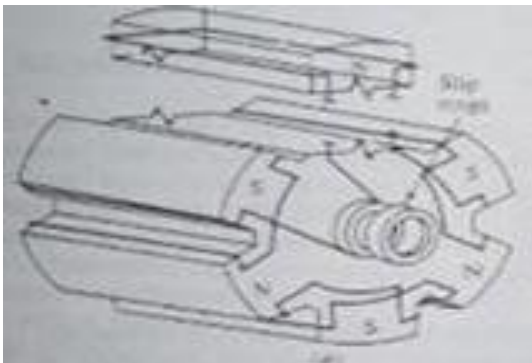
Los alternadores en general se clasifican en 2 grandes grupos, siendo estos:

- TURBOGENERADORES.
- GENERADORES A ZAPATAS SALIENTES.

Los turbogeneradores, en general son de un solo par de polos, y su rotor es de forma cilíndrica, llegando a tener como máximo 1 metro de diámetro, donde la forma del campo se logra con la distribución de las ranuras donde se alojará el bobinado inductor, el cual se alimentará con corriente continua. Estos generadores, son alimentados por turbinas de gas, turbinas de vapor, motores a combustión o turbinas hidráulicas de bajo caudal y gran desnivel de agua.



Los generadores a zapatas salientes, su rotor está conformado por zapatas polares salientes, alternadas norte y sur, logrando la forma de campo senoidal con la variación del entrehierro, entre inductor e inducido. Estos generadores poseen rotores de varios metros, donde P es de diez o más, siendo alimentados por turbinas de agua de gran caudal y bajo desnivel.



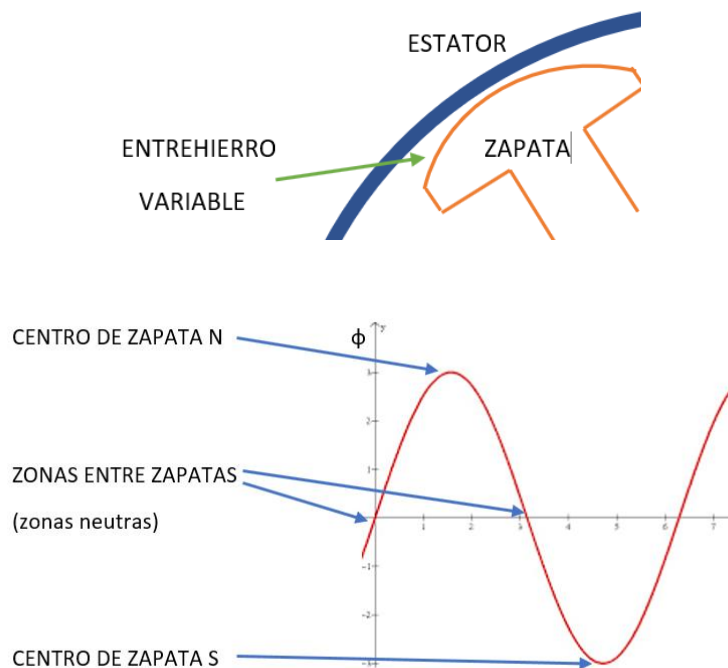
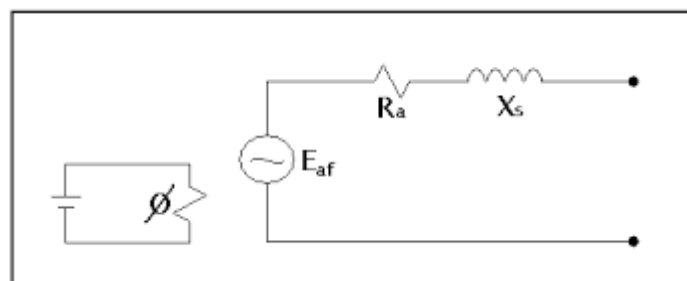


DIAGRAMA VECTORIAL DEL ALTERNADOR.

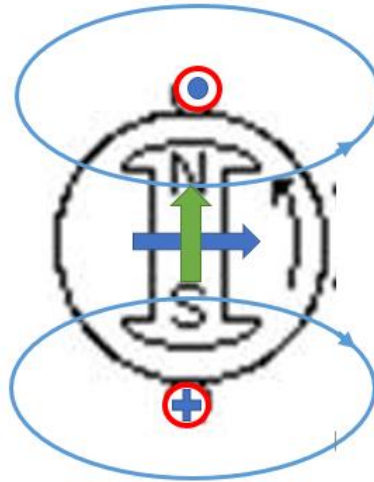
Los generadores de corriente alterna, pueden representarse en su circuito equivalente como el siguiente:



Donde E_{af} es la tensión generada por el inducido, R_a es la resistencia del circuito del inducido y X_s representa la **reactancia síncrona**, la cual involucra dos términos, la reactancia de dispersión, provocada por el flujo disperso generado por la corriente del inducido, más el generado por el flujo de la reacción del inducido, que es la generado por el mismo bobinado inducido, el cual interactúa con el flujo inductor, generando un nuevo flujo resultante, el cual es diferente, generando una diferencia de tensión generada (provocada por esta variación de flujo)

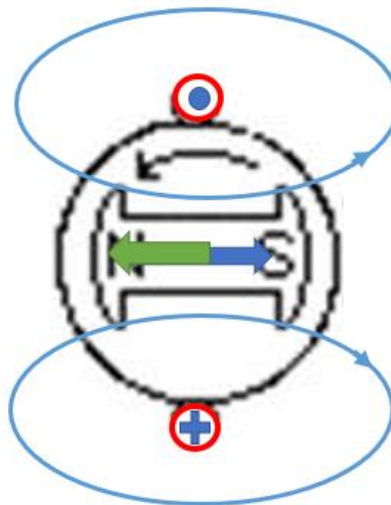
A fin de analizar, como interactúa el flujo principal con el de reacción del inducido, consideraremos una sola espira, con un solo par de polos. Para este análisis, consideraremos tres tipos de cargas, resistiva inductiva y capacitiva.

Caso resistivo. (corriente y tensión en fase)



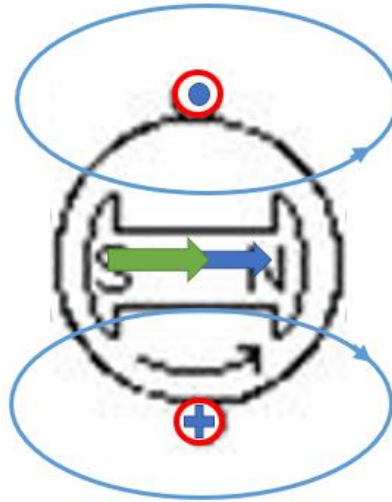
Vemos que el flujo de reacción (flecha azul), es transversal al flujo inductor (flecha verde), el flujo resultante diferirá levemente respecto al principal.

Caso inductivo. (corriente atrasada 90° respecto a tensión)



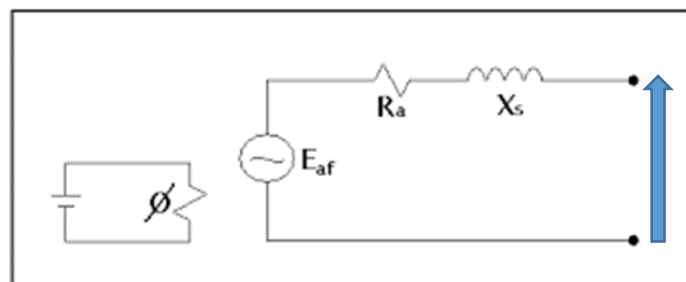
Vemos que el flujo de reacción (flecha azul), es colineal al flujo inductor (flecha verde), pero de sentido opuesto, entonces el flujo resultante resultará disminuido respecto al el flujo principal. Lo que deja en claro es que corriente inductiva genera efecto desmagnetizante.

Caso capacitivo. (corriente adelantada 90° respecto a tensión)

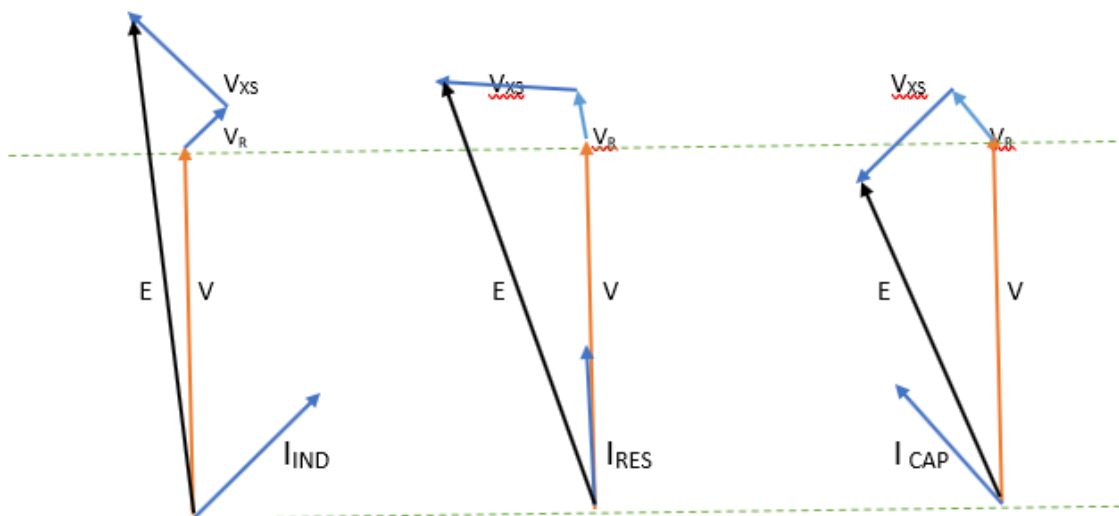


Vemos que el flujo de reacción (flecha azul), es colineal al flujo inductor (flecha verde) y del mismo sentido, entonces el flujo resultante resultará incrementado respecto al flujo principal. Lo que deja en claro es que corriente capacitiva genera efecto magnetizante.

Volviendo al comienzo del tema, donde vamos a volver a graficar nuestro circuito equivalente, donde la flecha azul, representara la tensión V , sobre una carga $Z = R + jX$



Veremos como esquematizamos los diagramas vectoriales, para los tres tipos de cargas, resistiva, resistiva-inductiva y resistiva-capacitiva.



Vemos que en los tres tipos de carga, tenemos la misma tensión sobre la carga, representada por V , en las tres tenemos la misma magnitud de corriente, en fase con esta la caída por resistencia del inducido o armadura, $V_R = R_A \times I$, y en cuadratura con la misma la caída por la reactancia de dispersión, $V_{XS} = I \times j X_s$. Como vemos para lograr la misma magnitud de tensión sobre la carga, con el mismo modulo de impedancia, lo cual significa iguales módulos de corriente, necesitamos tres magnitudes de excitación, siendo superior para en caso inductivo, lo cual tiene directa relación con el análisis previo de reacción del inducido, donde la carga inductiva provocaba un efecto desmagnetizante, y el capacitivo un efecto magnetizante.

Esto significa que, para mantener la tensión de salida de nuestro generador, requeriremos variar la magnitud de la excitación, en función no solo de la magnitud de la carga, función de I , además variara conforme a la característica de la carga, ángulo de la carga. Esto nos evidencia que permanentemente deberemos variar la excitación sobre el generador, en función de variación de carga o ángulo de esta.

Los valores de R_a y X_s , son relativamente fácil de medir o determinar por mediciones y ensayos.

OPERACIÓN EN PARALELO

En la actualidad es raro encontrar la existencia de un alternador único que de manera aislada alimente su propia carga. Esto sólo se lo puede encontrar en aplicaciones tales como los generadores de emergencia.

Con objeto de aumentar el rendimiento y fiabilidad del sistema, las diferentes centrales están conectadas entre sí en paralelo, por medio de líneas de transporte y distribución. La red así constituida representa un generador gigantesco en el que prácticamente la tensión y la frecuencia se mantienen constantes.

Esto se debe a que sobre esta gran red, la introducción de un nuevo generador no altera los parámetros básicos anteriores, por representar una potencia muy reducida frente al conjunto total.

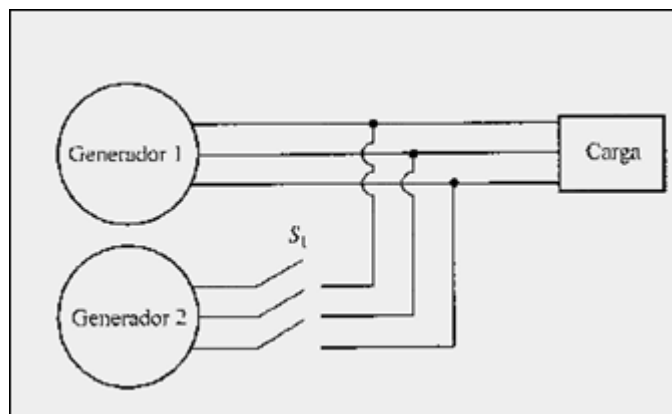
Tener varios generadores incrementa la confiabilidad del sistema de potencia, debido a que la falla de cualquiera de ellos no causa la pérdida total de potencia en la carga.

Tener varios generadores que operan en paralelo permite la remoción de uno o más de ellos para cortes de potencia y mantenimientos preventivos.

Se utiliza un solo generador y este no opera cerca de plena carga, entonces será relativamente ineficiente. Con varias máquinas más pequeñas trabajando en paralelo, es posible operar solo una fracción de ellas. Las que están operando lo hacen casi a plena carga y por lo tanto de manera más eficiente.

La figura muestra un generador síncrono G1 que suministra potencia a una carga con otro generador G2 a punto de conectarse en paralelo con G1 por medio del cierre del interruptor S1.

Si el interruptor se cierra de manera arbitraria en cualquier momento, es posible que los generadores se dañen severamente y que la carga pierda potencia. Si los voltajes no son exactamente iguales en cada uno de los generadores que se conectan juntos, habrá un flujo de corriente muy grande cuando se cierre el interruptor. Para evitar este problema, cada una de las tres fases debe tener exactamente la misma magnitud de voltaje y ángulo de fase que el conductor al que se conectará. En otras palabras, el voltaje de fase a debe ser exactamente igual al voltaje en la fase a" y así en forma sucesiva para las fases b-b" y c-c". Para lograr esto se deben cumplir las siguientes condiciones de puesta en paralelo:



Deben de ser iguales los voltajes de línea rms.

- Los dos generadores deben tener la misma secuencia de fase.
- Los ángulos de fase de los dos generadores deben de ser iguales.
- La frecuencia del generador nuevo, llamado generador en aproximación, debe ser un poco mayor que la frecuencia del sistema en operación.