



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE MISIONES



FACULTAD
DE INGENIERÍA
UNaM

2024 - año de la defensa de la vida, la libertad y la propiedad

ACTUADORES ELECTROMECAÓNICOS

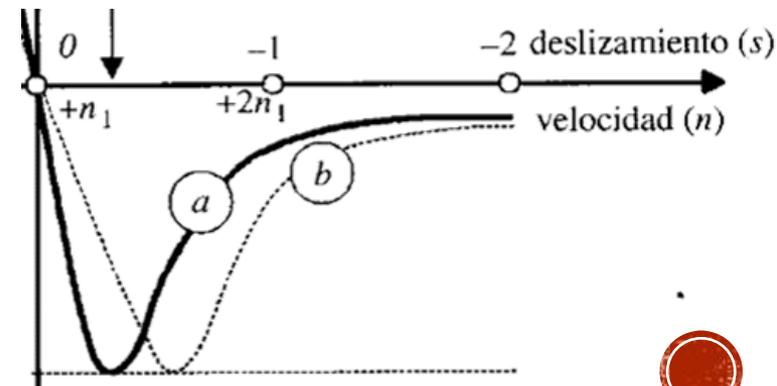
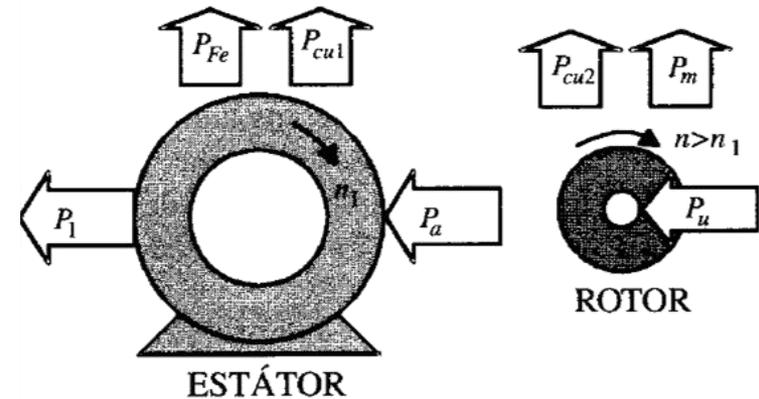
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



GENERADOR ASÍNCRONO

Para que la máquina asíncrona funcione como generador debemos proporcionarle velocidades superiores a la de sincronismo.

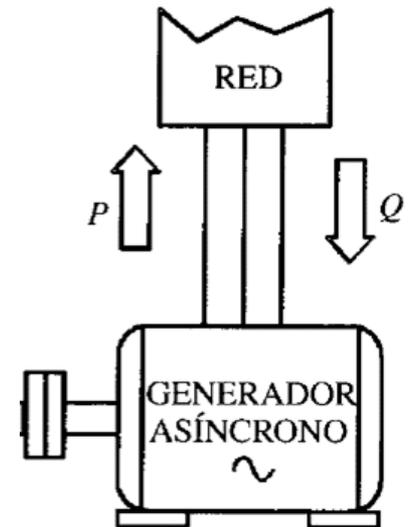
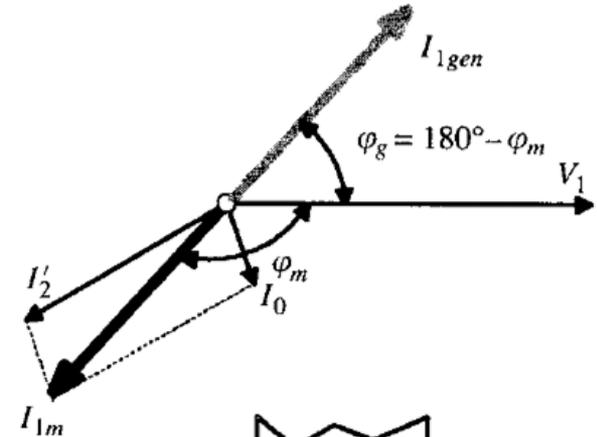
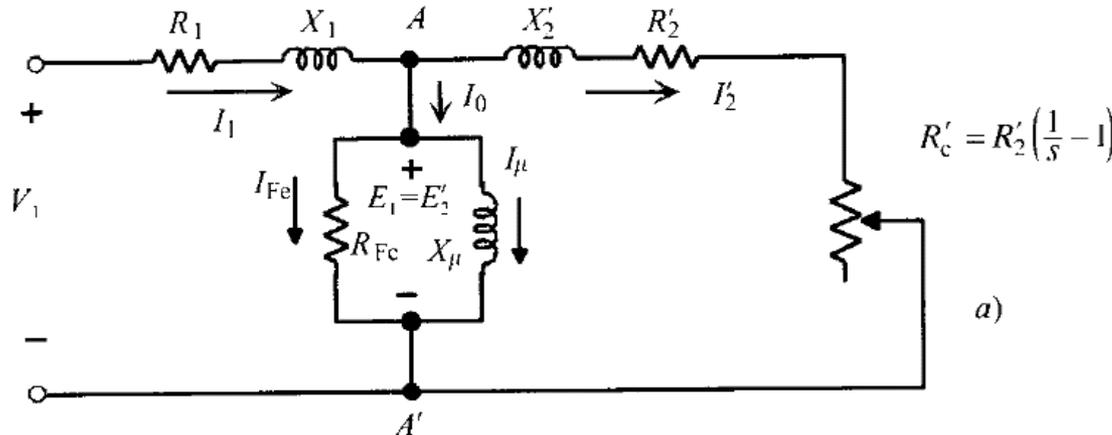
- La potencia mecánica interna se hace negativa. La máquina absorbe potencia mecánica a través del eje por medio de un motor primario.
- La potencia en el entrehierro se hace negativa.
- La máquina entrega energía a la red a través del estator.



GENERADOR ASÍNCRONO

- Si tenemos en cuenta el circuito equivalente aproximado, y al ser negativo el deslizamiento, la impedancia de la rama secundaria tendrá parte real negativa, como consecuencia de ello, la corriente secundaria se retrasará más de 90° respecto de la tensión aplicada. Por lo tanto la potencia suministrada a la red es:

$$P_1 = m_1 V_1 \cos \varphi_1; |I_{1g}| = |I_{1m}|$$



GENERADOR ASÍNCRONO

- La principal limitación del generador asíncrono es que para mantener el campo magnético se requiere que la red suministre energía reactiva, debido a que no posee un circuito de excitación independiente.
- La ventaja principal es su sencillez a la hora de poner en funcionamiento, ya que con solamente superar la velocidad de sincronismo el sistema esta listo para generar.
- Para hacer que el generador trabaje de forma aislada es necesario acoplar una batería de condensadores. La capacidad del banco aumenta la tensión en bornes, siendo esta ultima limitada por la saturación del circuito magnético.



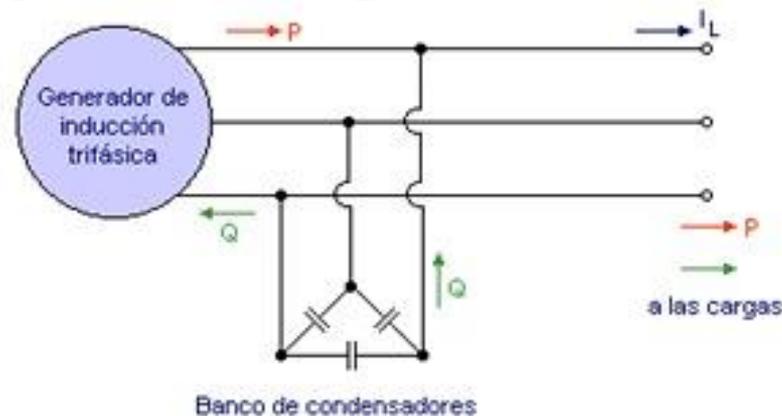
GENERADOR ASÍNCRONO

- **Trabajo como generador aislado de la red**
- Para ello se conecta una batería de condensadores a los bornes del motor que también se unen a la carga eléctrica receptora externa. Se dice entonces que el generador trabaja en régimen de autoexcitación. La frecuencia del generador es algo menor de la que corresponde a la velocidad de rotación.
- La tensión en bornes aumenta con la capacidad, que está limitada por la saturación del circuito magnético de hierro.
- Si la capacidad es insuficiente no aparecerá tensión en el generador.



GENERADOR ASÍNCRONO

- **Necesidad de un banco de condensadores como fuente de reactiva**
- Para poder hacer trabajar una máquina asíncrona como generador, aisladamente de cualquier otra red, es necesario disponer un banco trifásico de condensadores en bornes del generador de inducción que le proporcione la potencia reactiva necesaria para mantener el flujo en la máquina.



GENERADOR ASÍNCRONO

- **Proceso de autoexcitación**
- 1ª Fase: Cuando se hace girar el generador asíncrono, el campo magnético remanente que existe en el hierro del rotor induce sobre los devanados del estátor una pequeña tensión alterna de frecuencia igual a la correspondiente a la velocidad que gire el motor y al número de polos de la máquina.
- 2ª Fase: Al conectar la batería de condensadores en los devanados del estátor, circulará una corriente capacitiva alterna que hará la función de corriente de magnetización de la máquina, creándose un campo magnético giratorio que inducirá sobre el rotor unas corrientes.



GENERADOR ASÍNCRONO

- **Proceso de autoexcitación**
- Estas corrientes inducidas en el rotor refuerzan el campo magnético remanente, lo cual refuerza la tensión en el estátor, incrementándose aún más la corriente capacitiva y así sucesivamente se va autoexcitando el generador hasta alcanzar el punto de equilibrio.
- *Si no hay flujo residual en el rotor del generador asíncrono, entonces su tensión no se formará y en tal caso deberá energizarse sucesiva y momentáneamente, poniéndolo a trabajar como motor asíncrono.*



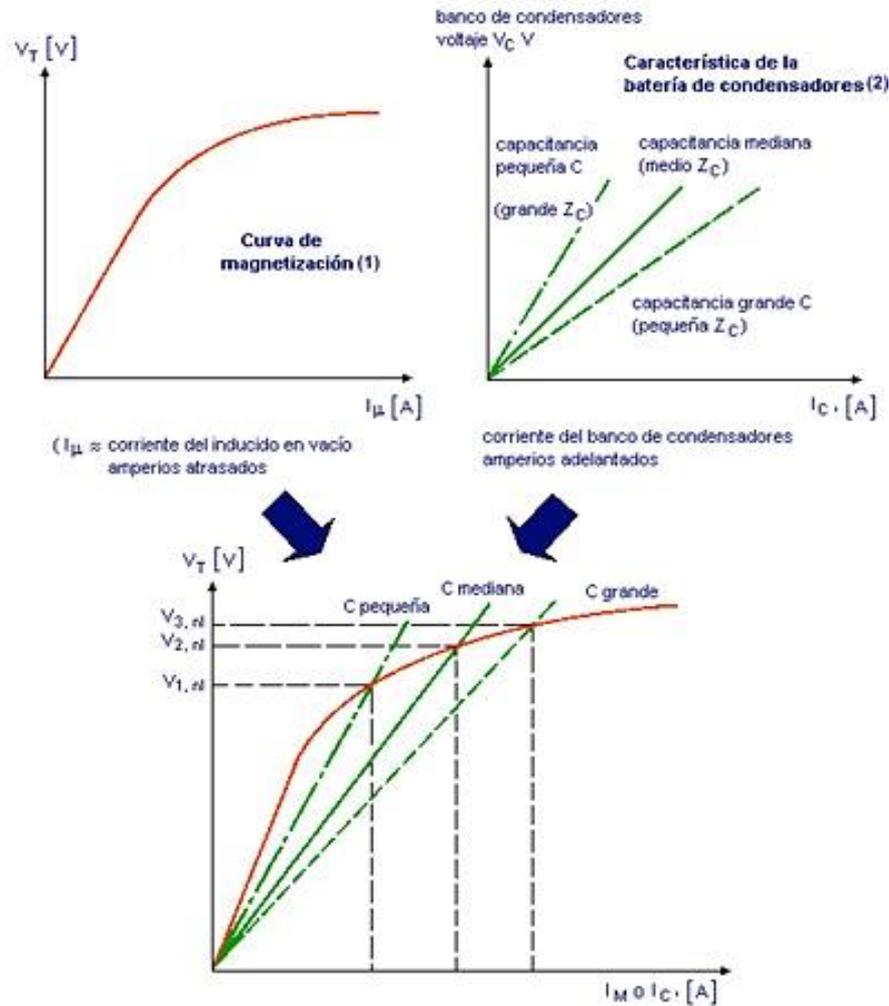
GENERADOR ASÍNCRONO

- **Tensión en bornes del motor**
- La tensión en bornes del generador asíncrono en vacío puede hallarse representado la curva de magnetización del rotor y la característica voltaje-corriente de la batería de condensadores en un mismo eje de coordenadas. La intersección de ambas curvas indica el punto en el que la batería de condensadores suministra la potencia reactiva exigida exactamente por el generador y en tal punto se determina la tensión en vacío en bornes del generador.



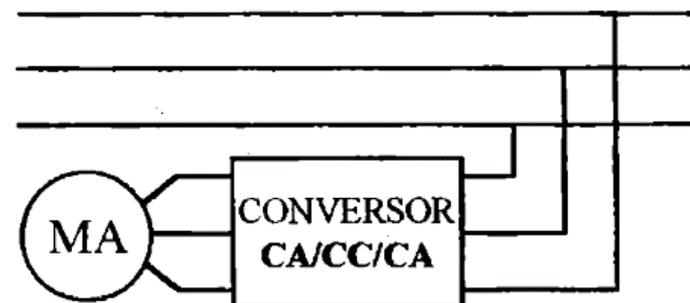
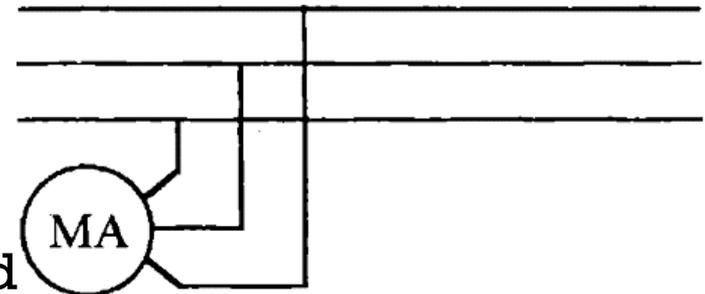
2024 - año de la defensa de la vida, la libertad y la propiedad

GENERADOR ASÍNCRONO



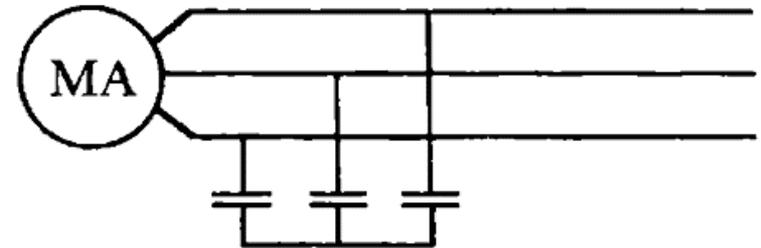
GENERADOR ASÍNCRONO

- **Distintas configuraciones de excitación de un GA**
- Excitación a Través de una Fuente de Tensión Externa
- Si se opera a frecuencia constante, la MA se conecta directamente a la red y se controla la potencia generada variando el deslizamiento (diferencia entre la velocidad del rotor y la de sincronismo). Esto se logra ajustando la velocidad de la turbina (y del generador) a través del control del ángulo de los alabes. Si el GA opera con frecuencia variable, la conexión con la red debe realizarse a través de un convertor estático CA/CC/a través del cual se controla la potencia inyectada en el sistema eléctrico.



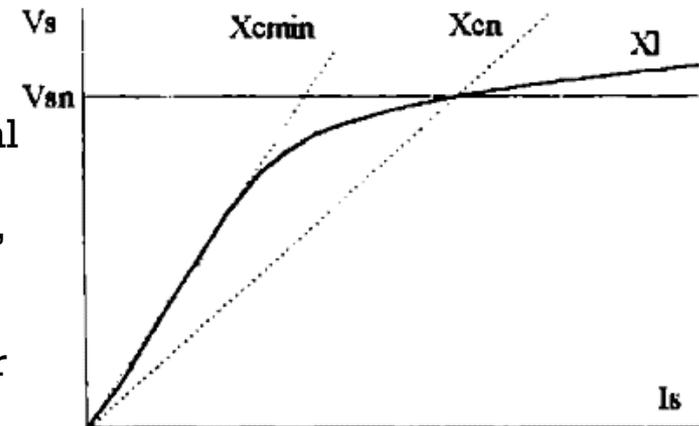
GENERADOR ASÍNCRONO

- **Distintas configuraciones de excitación de un GA**
- Capacitores en Paralelo
- La forma más simple y conocida de excitar un GA cuando no se dispone de una fuente de tensión convencional, es conectando un banco de capacitores en paralelo con la máquina. En este caso, el punto de trabajo (y la tensión generada) depende de las características de la MA y del banco de capacitores.



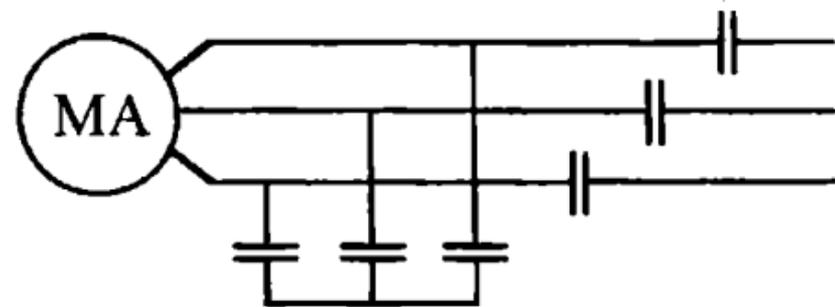
GENERADOR ASÍNCRONO

- **Distintas configuraciones de excitación de un GA**
- Capacitores en Paralelo
- Este sistema de excitación provee muy mala regulación de tensión debido tanto a las variaciones de la carga como a las variaciones de la velocidad del rotor. Por otro lado, para que se produzca la autoexcitación del GA debe existir una tensión inicial en el banco de capacitores o un magnetismo remanente en el hierro de la máquina. En la práctica, la existencia o no del magnetismo remanente depende de las condiciones de parada de la máquina. En el caso que la máquina se desexcite por un aumento excesivo de la carga o por una disminución de la velocidad, se produce su total desmagnetización lo que impide que ésta vuelva a autoexcitarse. En este último caso, para volver a excitar la máquina se debe crear un flujo magnético inyectando una corriente en las bobinas del estator o en el banco de capacitores.



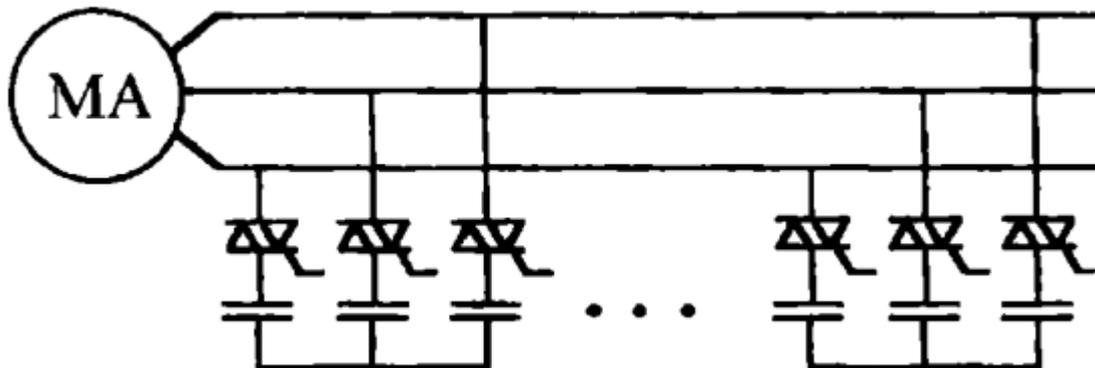
GENERADOR ASÍNCRONO

- **Distintas configuraciones de excitación de un GA**
- Bancos de Capacitores Paralelo-Serie:
- Para mejorar la regulación de tensión, puede incluirse un banco de capacitores en serie con la carga. Esto produce alguna mejora en la regulación de tensión para diferentes cargas y velocidades del rotor (frecuencia generada). Persisten en este caso las dificultades para lograr la autoexcitación.



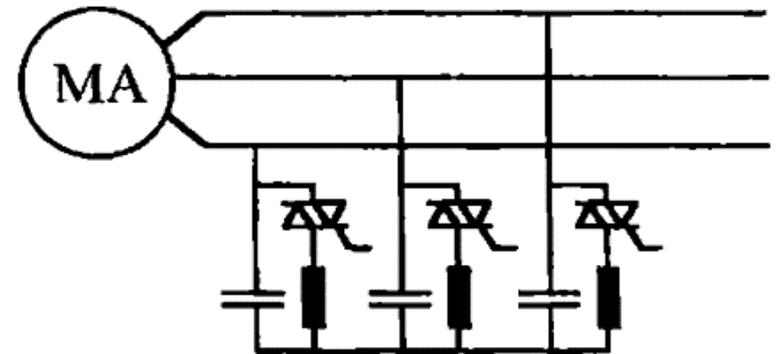
GENERADOR ASÍNCRONO

- **Distintas configuraciones de excitación de un GA**
- Bancos de Capacitores en Paralelo Conmutado:
- Este es otro método propuesto para mejorar la regulación de tensión, requiere de un control activo para conmuta un banco de capacitores. Esto es equivalente a un capacitor variable por pasos en paralelo con la MA.



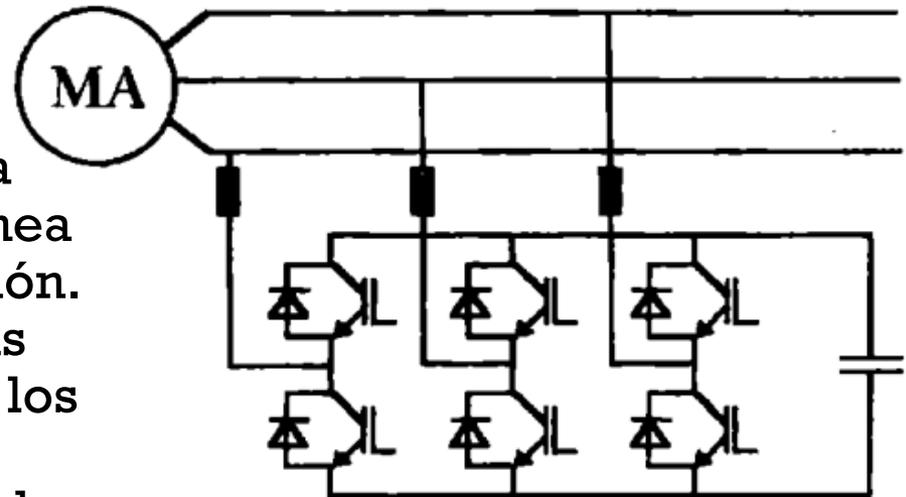
GENERADOR ASÍNCRONO

- **Distintas configuraciones de excitación de un GA**
- Generadores Estáticos de Potencia Reactiva ("Static VAR Generators"):
- Aparte de capacitores, se puede obtener potencia reactiva para la excitación de la MA usando diversas técnicas comunes en la corrección de factor de potencia, como ser: con inductores controlados con tiristores en paralelo con capacitores como se muestra en, o reactores saturables en paralelo con capacitores.



GENERADOR ASÍNCRONO

- **Distintas configuraciones de excitación de un GA**
- Capacitor Activo:
 - se puede emular por medio de un inversor, el comportamiento de un "Capacitor Variable", ésto posibilita variar en forma continua e instantánea el valor de la capacidad de excitación. La topología más común es como las mostrada en la fig. Se diferencia de los Generadores estáticos de potencia reactiva por el algoritmo que controla las llaves electrónicas del inversor y, fundamentalmente, por usar un solo capacitor, de valor mucho menor (menor costo) en el bus de corriente continua.



MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN!

Bibliografía y material audiovisual:

- Jesus Fraile Mora. Maquinas Eléctricas. 5ta edición 2003
- <https://www.youtube.com/watch?v=731ppW4eFaE>
- <https://www.youtube.com/watch?v=Q2NF5hFcBMs>

