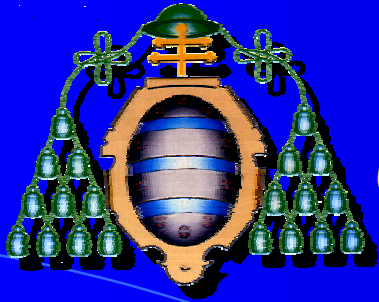




Universidad de Oviedo

Tema VIII: La máquina síncrona

***Dpto. de Ingeniería Eléctrica,
Electrónica de Computadores y
Sistemas***

8.1. La máquina síncrona: generalidades I

La máquina síncrona utiliza un estator constituido por un devanado trifásico distribuido a 120° idéntico a la máquina asíncrona

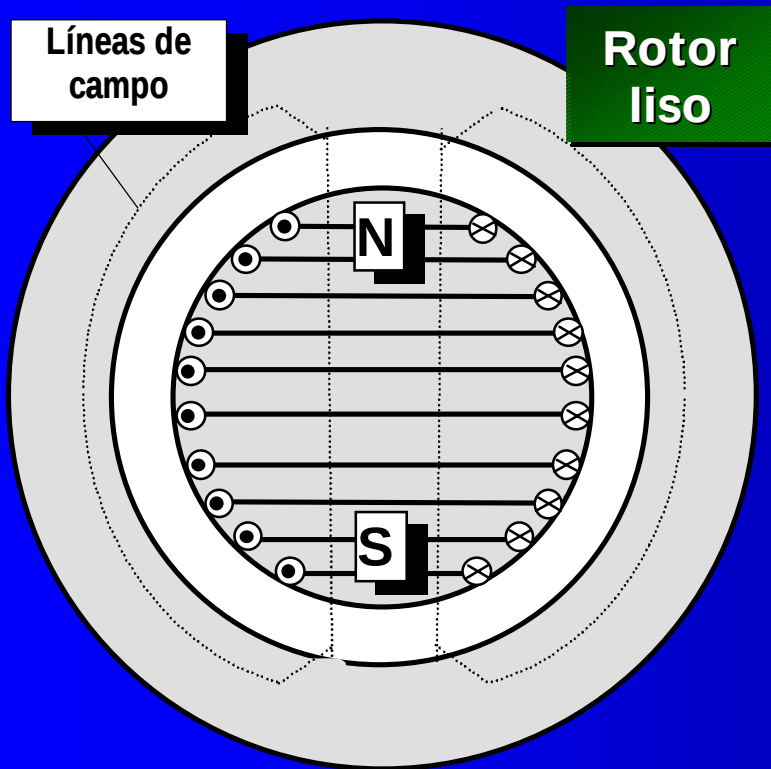
El rotor puede ser liso o de polos salientes

El rotor está formado por un devanado alimentado desde el exterior a través de escobillas y anillos rozantes mediante corriente continua

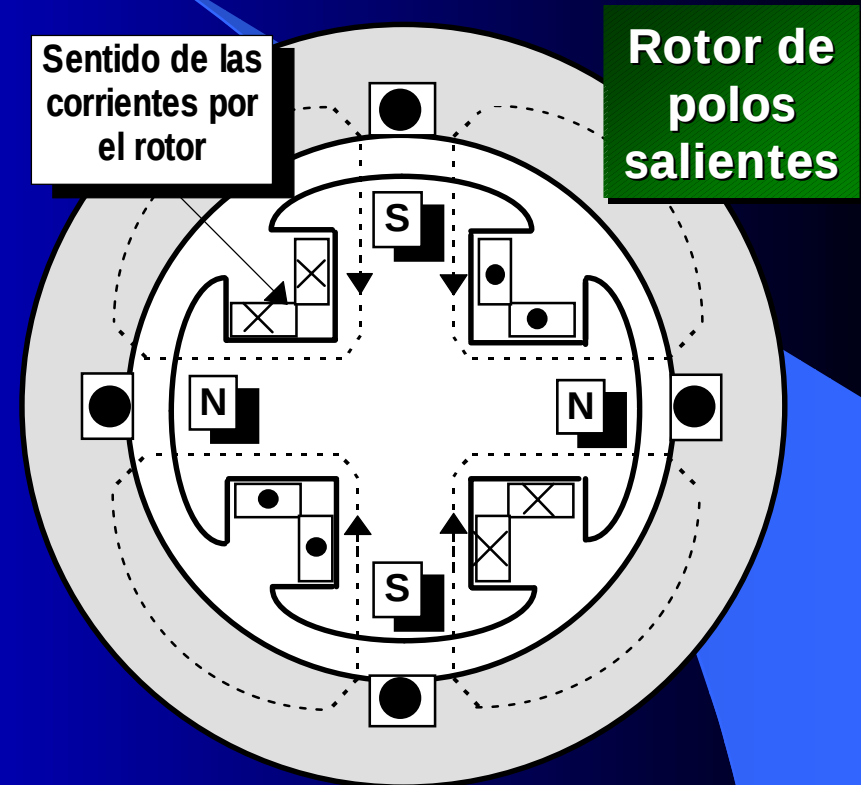
Industrialmente es el generador utilizado en la mayoría de las centrales eléctricas: turboalternadores y grandes alternadores hidráulicos

Como motor se usa principalmente cuando la potencia demandada es muy elevada >1 MW

8.1. La máquina síncrona: generalidades II



Elevadas velocidades de giro: turboalternadores

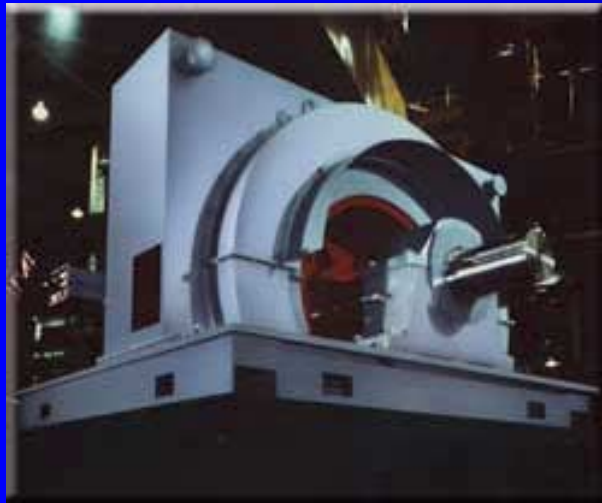


Velocidades de giro bajas

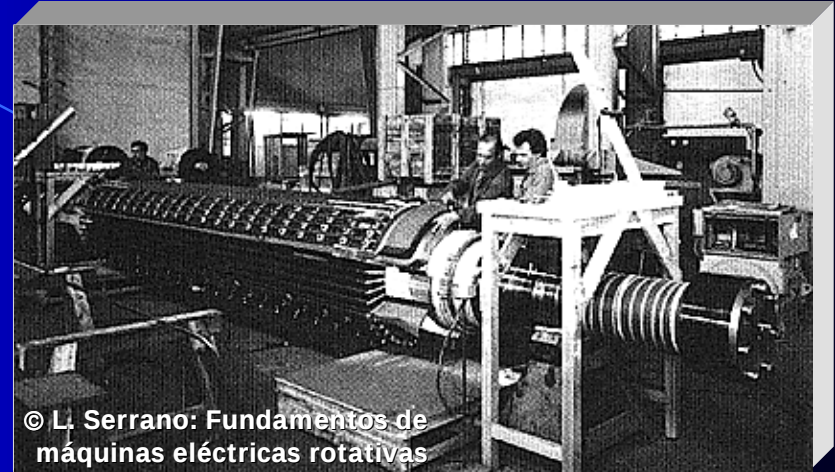
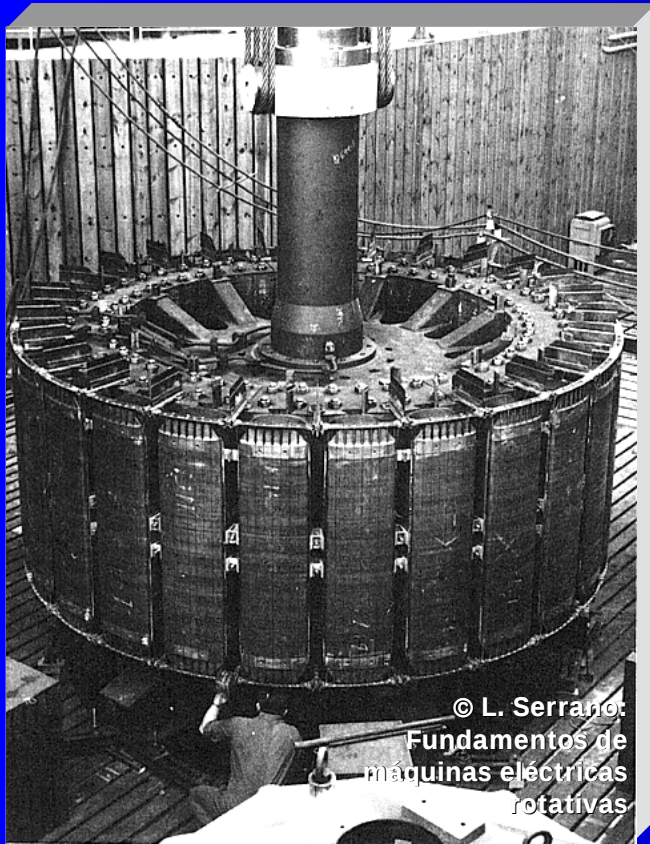
Motores síncronos



Catálogos comerciales

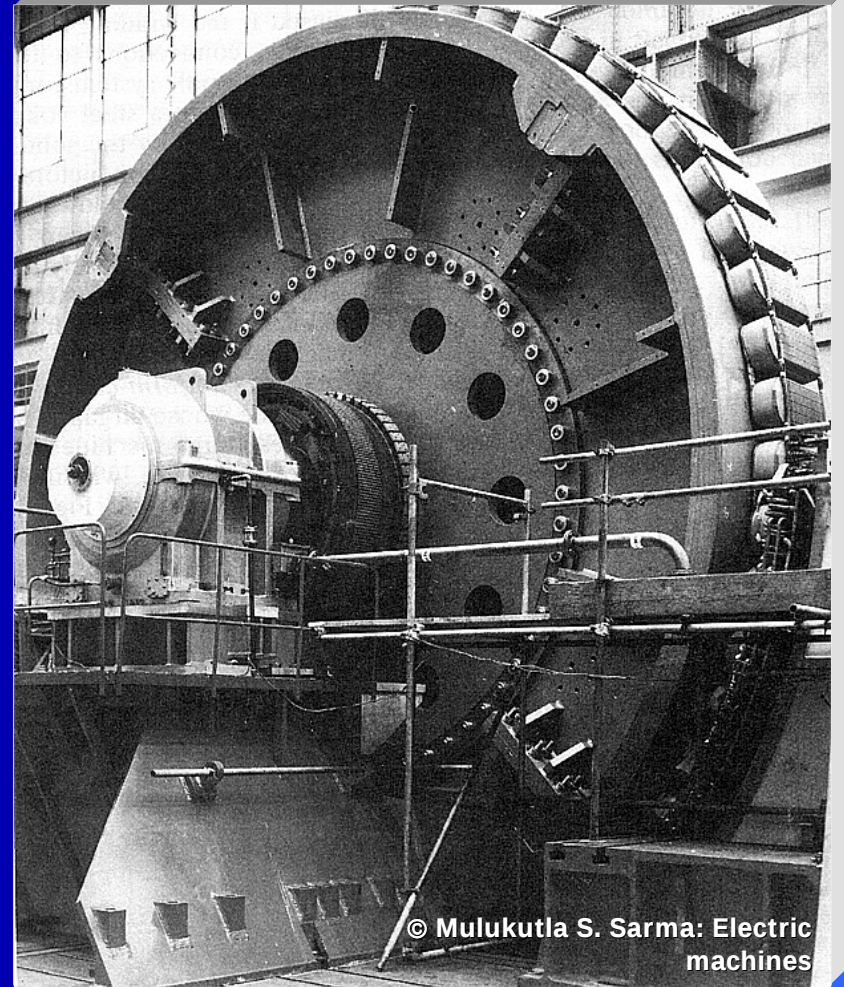
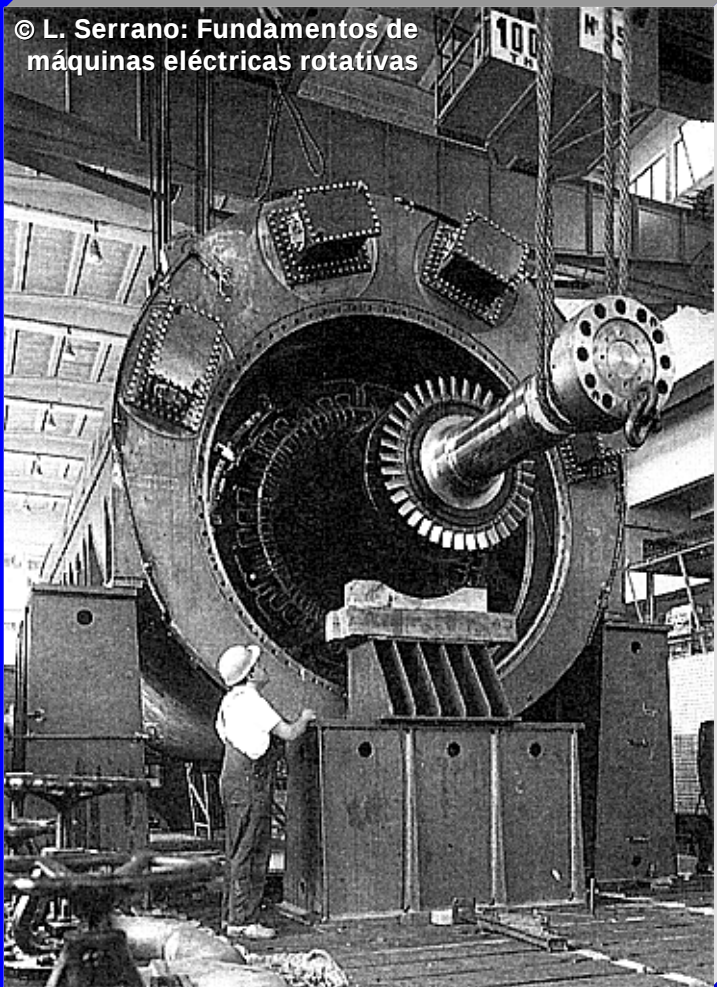


Generadores síncronos I



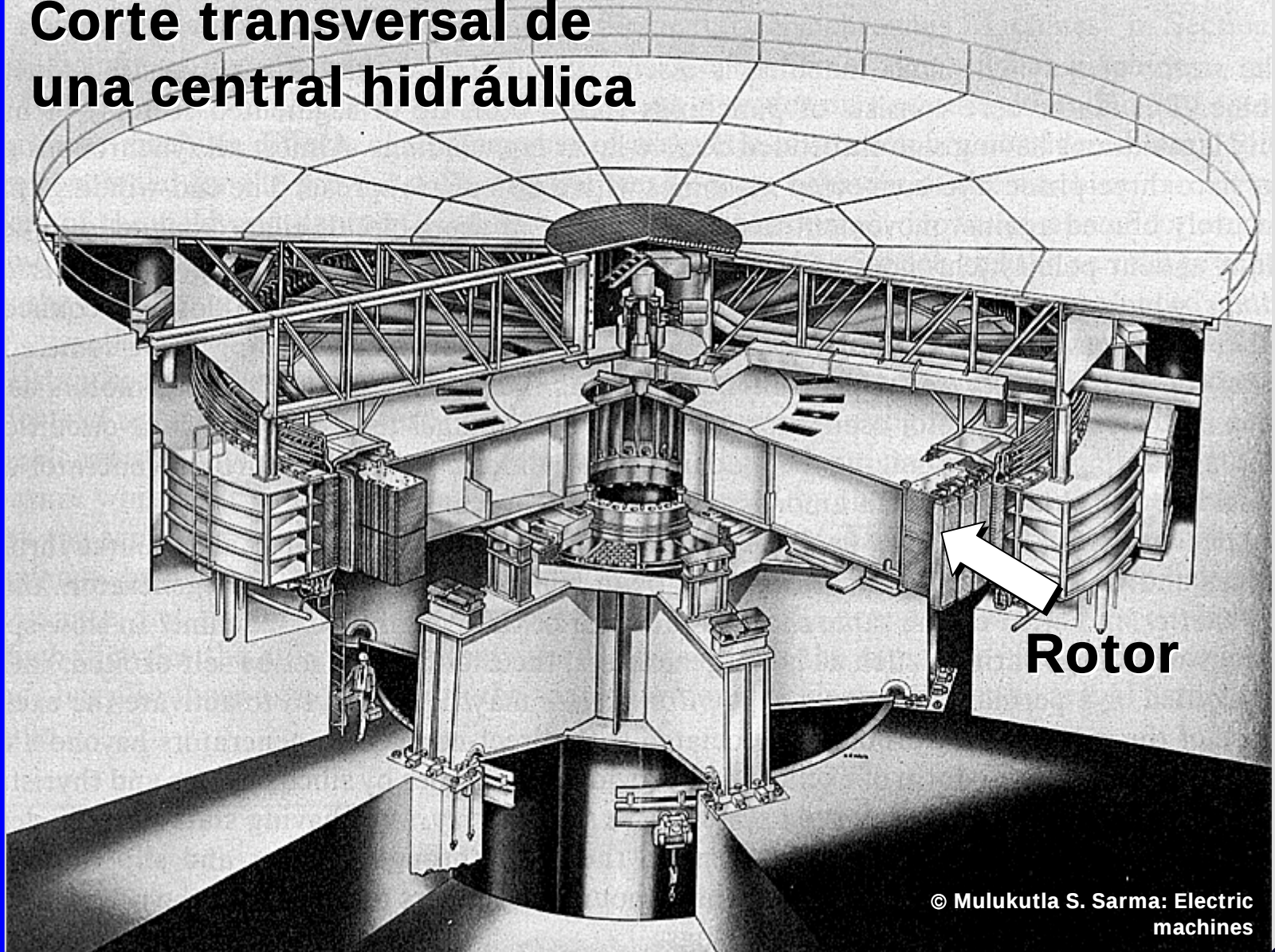
Generadores síncronos II

© L. Serrano: Fundamentos de máquinas eléctricas rotativas



© Mulukutla S. Sarma: Electric machines

Corte transversal de una central hidráulica



8.2. Principio de funcionamiento: motor

EL ROTOR GIRA A LA MISMA VELOCIDAD QUE EL CAMPO: VELOCIDAD DE SINCRONISMO

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

Controlando la excitación (tensión de alimentación del rotor) se consigue que la máquina trabaje con cualquier factor de potencia: PUEDE ABSORBER O CEDER Q

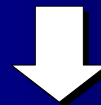
ESTATOR= Devanado trifásico distribuido alimentado con un sistema trifásico de tensiones



CAMPO MAGNÉTICO GIRATORIO



ROTOR= Devanado alimentado con corriente continua que crea un campo magnético fijo



INTERACCIÓN ROTOR - ESTATOR



PAR MOTOR Y GIRO DE LA MÁQUINA

8.3. Principio de funcionamiento: generador

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

P = PARES DE POLOS
N = VELOCIDAD DE GIRO

Para conectar el generador a una red es necesario que gire a la velocidad de sincronismo correspondiente a la frecuencia de dicha red

Controlando la excitación (tensión de alimentación del rotor) se consigue que la máquina trabaje con cualquier factor de potencia: PUEDE ABSORBER O CEDER Q

ESTATOR= Devanado trifásico distribuido conectado a la carga o red que se desea alimentar

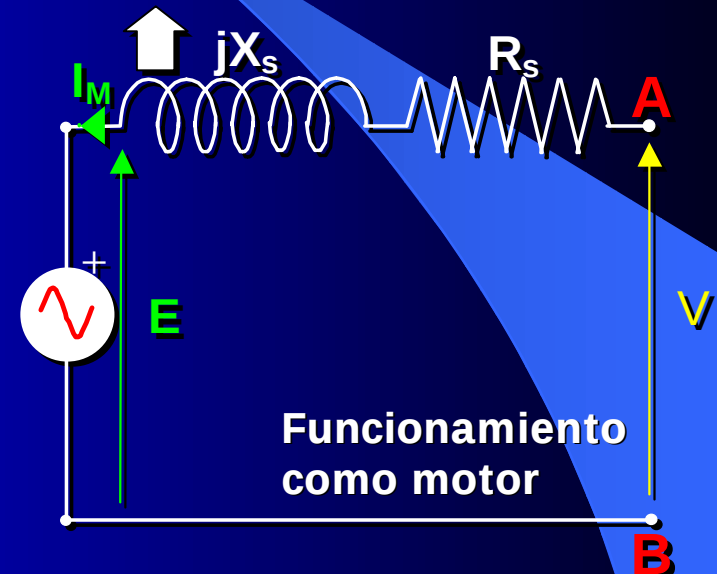
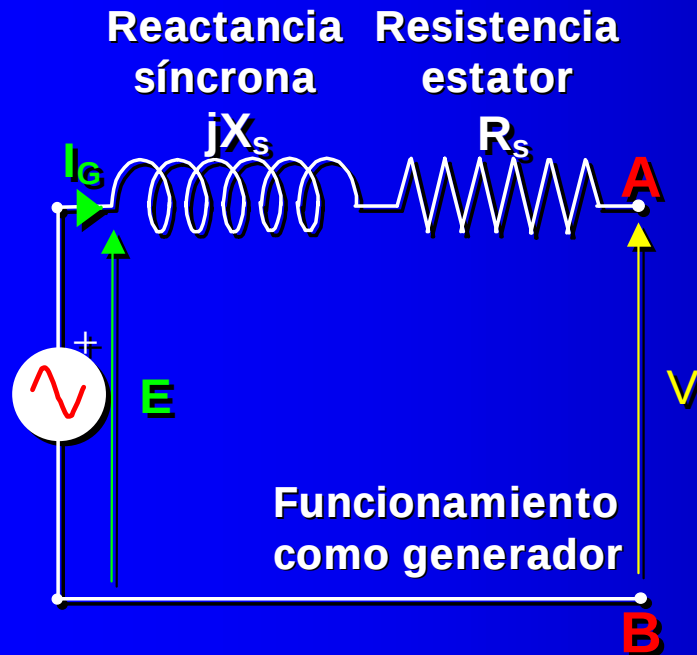
ROTOR= Devanado alimentado con corriente continua que crea un campo magnético fijo. Se hace girar por un medio externo

El campo creado por el rotor, al girar, induce FEM en el estator y, por tanto, hace circular corriente por la carga

TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA MECÁNICA EN ENERGÍA ELÉCTRICA

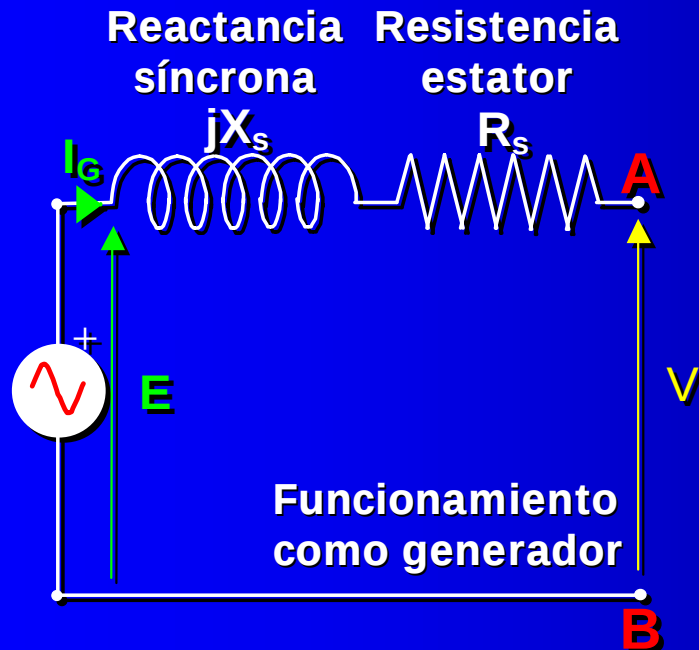
8.4. Circuito equivalente (por fase) de la máquina síncrona

Reactancia síncrona = reactancia dispersión estator + efecto de reacción de inducido



La FEM E es proporcional a la corriente de excitación del rotor. En funcionamiento como generador representa a la tensión que se induce en el estator y en funcionamiento como motor a la fuerza contraelectromotriz que es necesario “vencer” para que circule la corriente que alimenta al motor

8.5. El generador síncrono en vacío

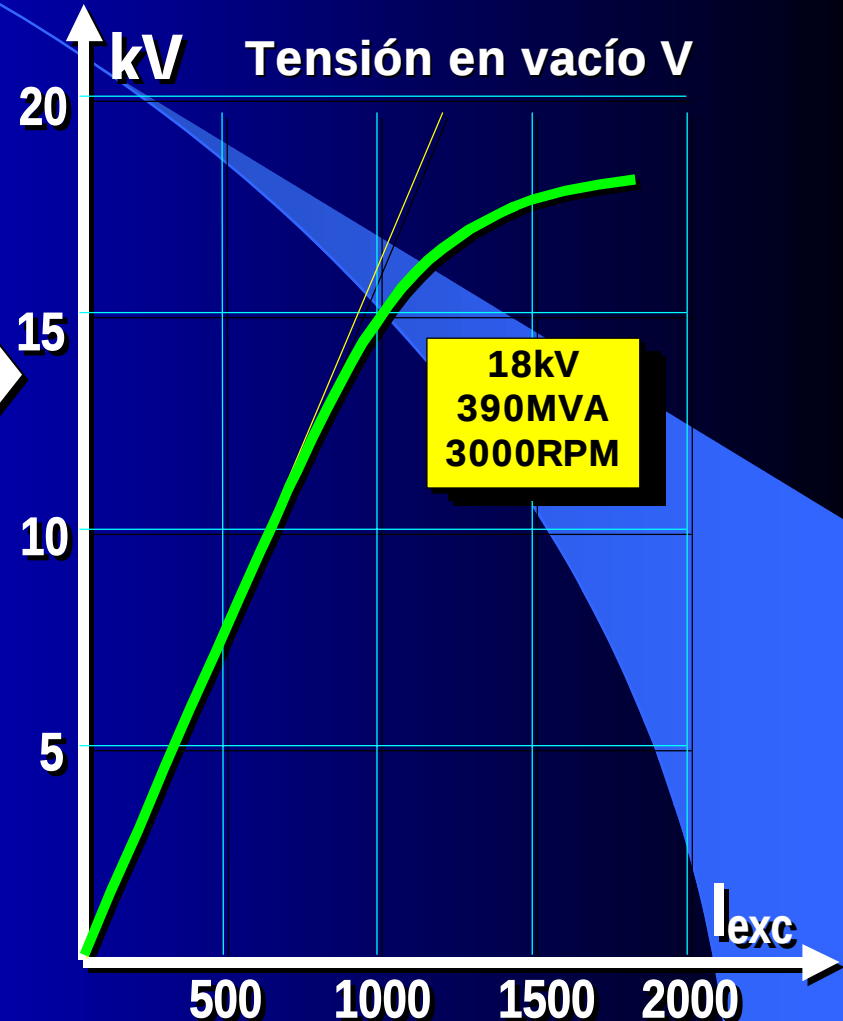


Cuando el generador trabaja en vacío no hay caída de tensión: la tensión de salida coincide con la FEM E

$$E = K \cdot \phi \cdot N$$

VELOCIDAD DE GIRO

FLUJO $\rightarrow$ PROPORCIONAL A I_{EXC}



8.6. El generador síncrono en carga: reacción de inducido I

Cuando el alternador trabaja en vacío el único flujo existente es el producido por la corriente continua de excitación del rotor

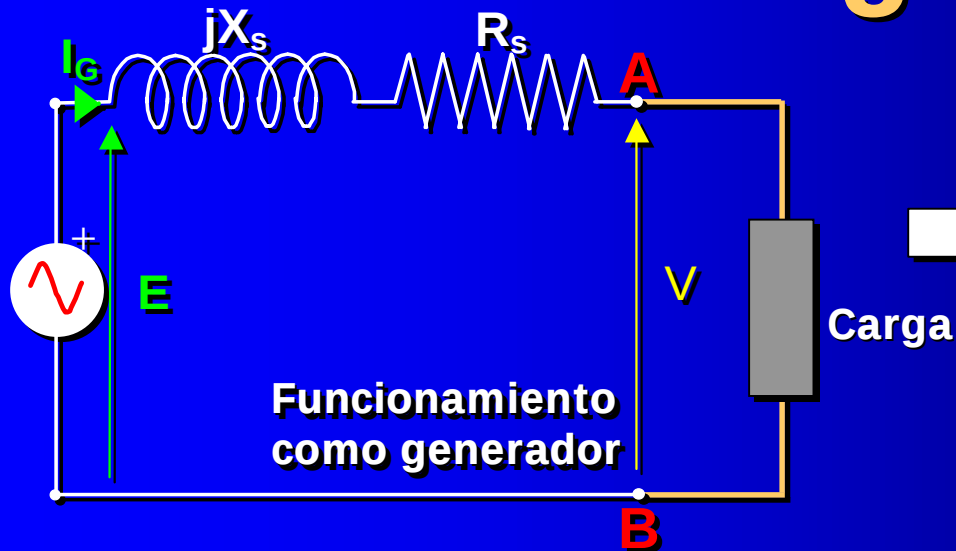
Cuando suministra corriente a una carga, dicha corriente produce un campo magnético giratorio al circular por los devanados del estator.

Este campo produce un par opuesto al de giro de la máquina, que es necesario contrarrestar mediante la aportación exterior de potencia mecánica.

El flujo total de la máquina se verá disminuido o aumentado dependiendo que la carga sea inductiva o capacitiva

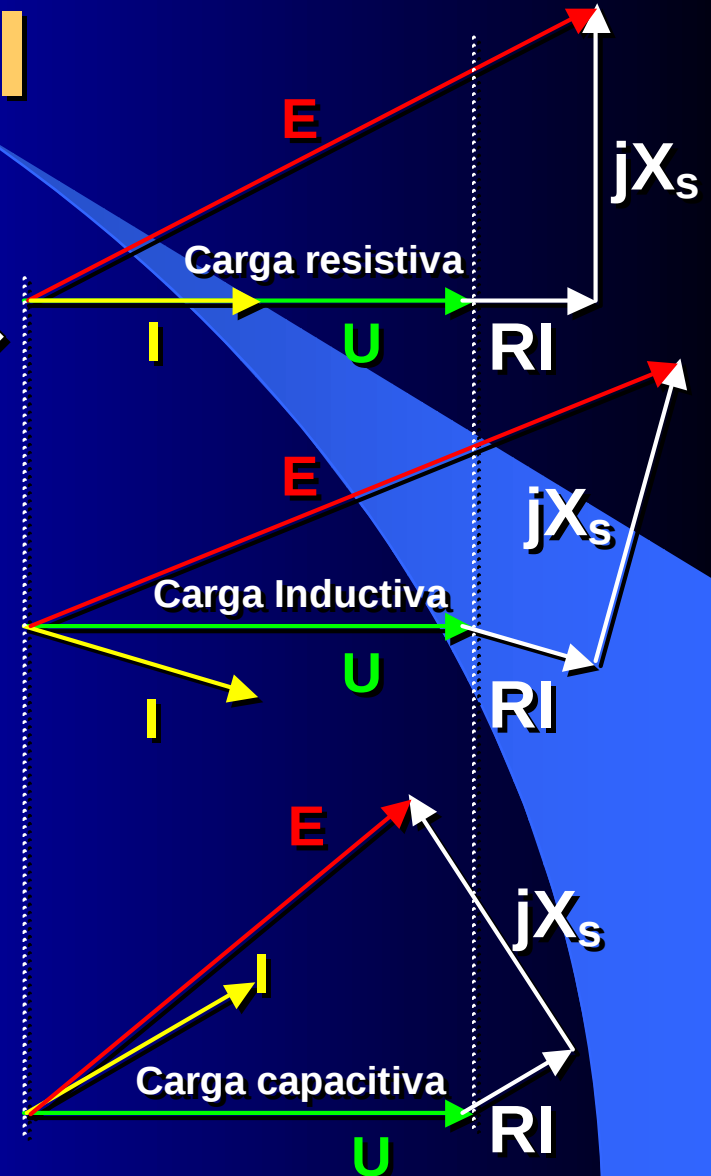
A este efecto creado por el campo del estator se le conoce con el nombre de *“reacción de inducido”*

8.6. El generador síncrono en carga II

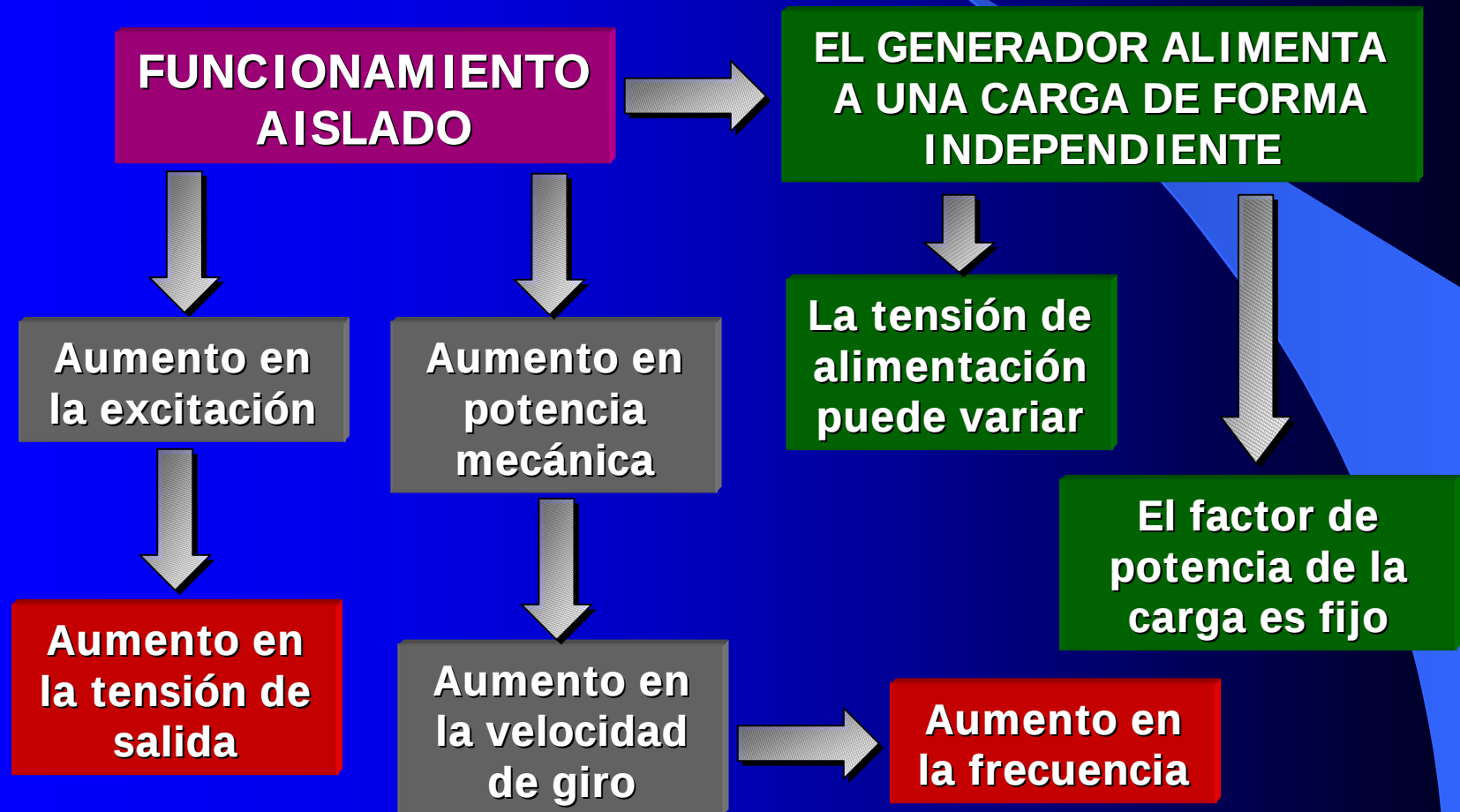


PARA UNA MISMA TENSIÓN DE SALIDA EL GENERADOR PUEDE CEDER O ABSORBER POTENCIA REACTIVA DEPENDIENDO DE QUE LA CARGA SEA INDUCTIVA O CAPACITIVA

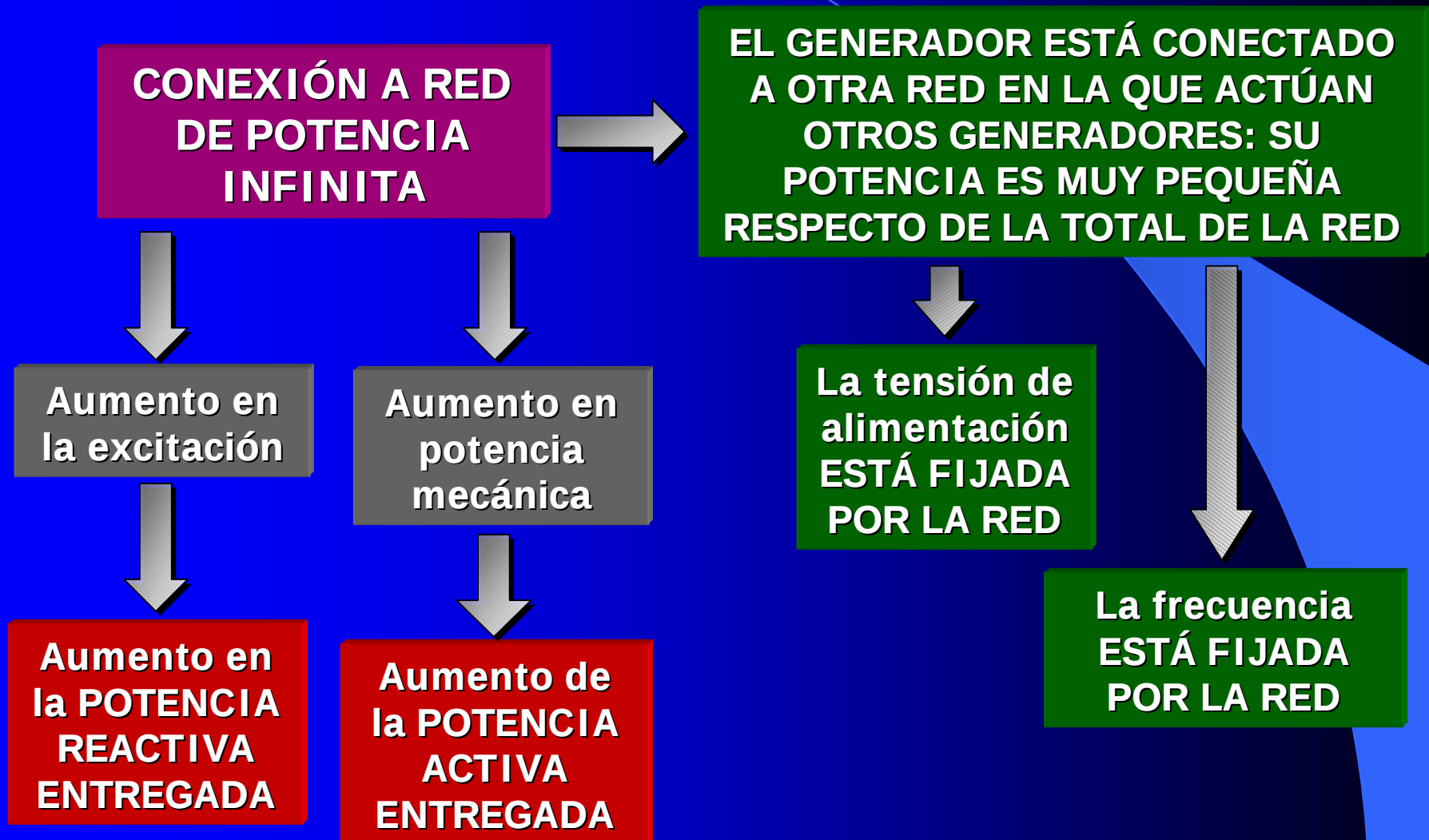
Para conseguirlo basta modificar el valor de la E (modificando el campo de excitación)



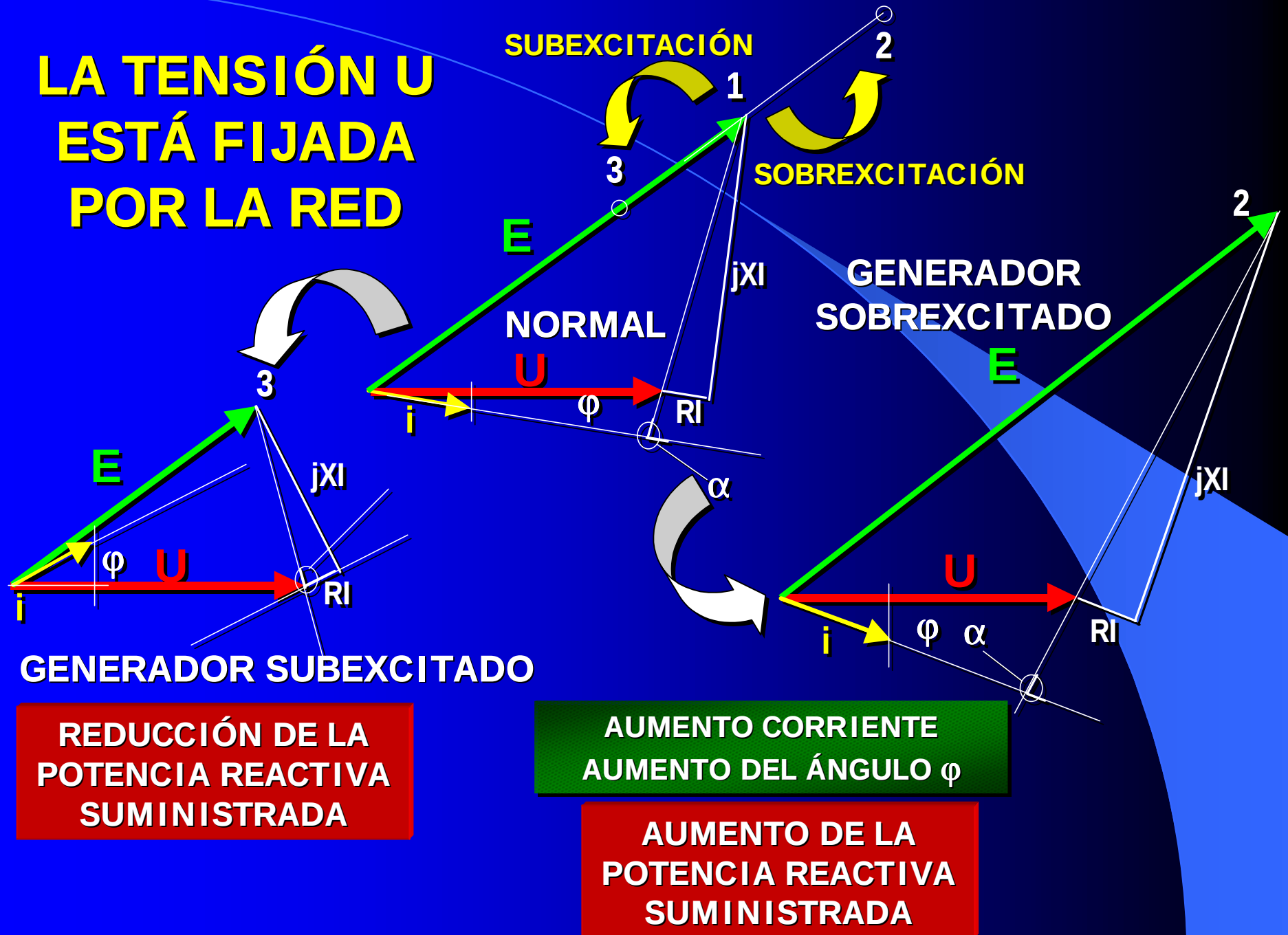
8.6.1. El generador síncrono en carga: funcionamiento aislado



8.6.1. El generador síncrono en carga: conexión a red de P. infinita



LA TENSIÓN U ESTÁ FIJADA POR LA RED



8.7. Variación de la velocidad en los motores síncronos

El motor síncrono gira a la velocidad de sincronismo
 $60 * f / p$

PARA VARIAR LA VELOCIDAD ES NECESARIO VARIAR LA FRECUENCIA DE ALIMENTACIÓN

CICLOCONVERTIDORES

APLICACIONES DE ELEVA-DA POTENCIA (>1 MW): GRANDES MÁQUINAS (Soplantes, compresores, etc.) Y PROPULSIÓN ELÉCTRICA BUQUES

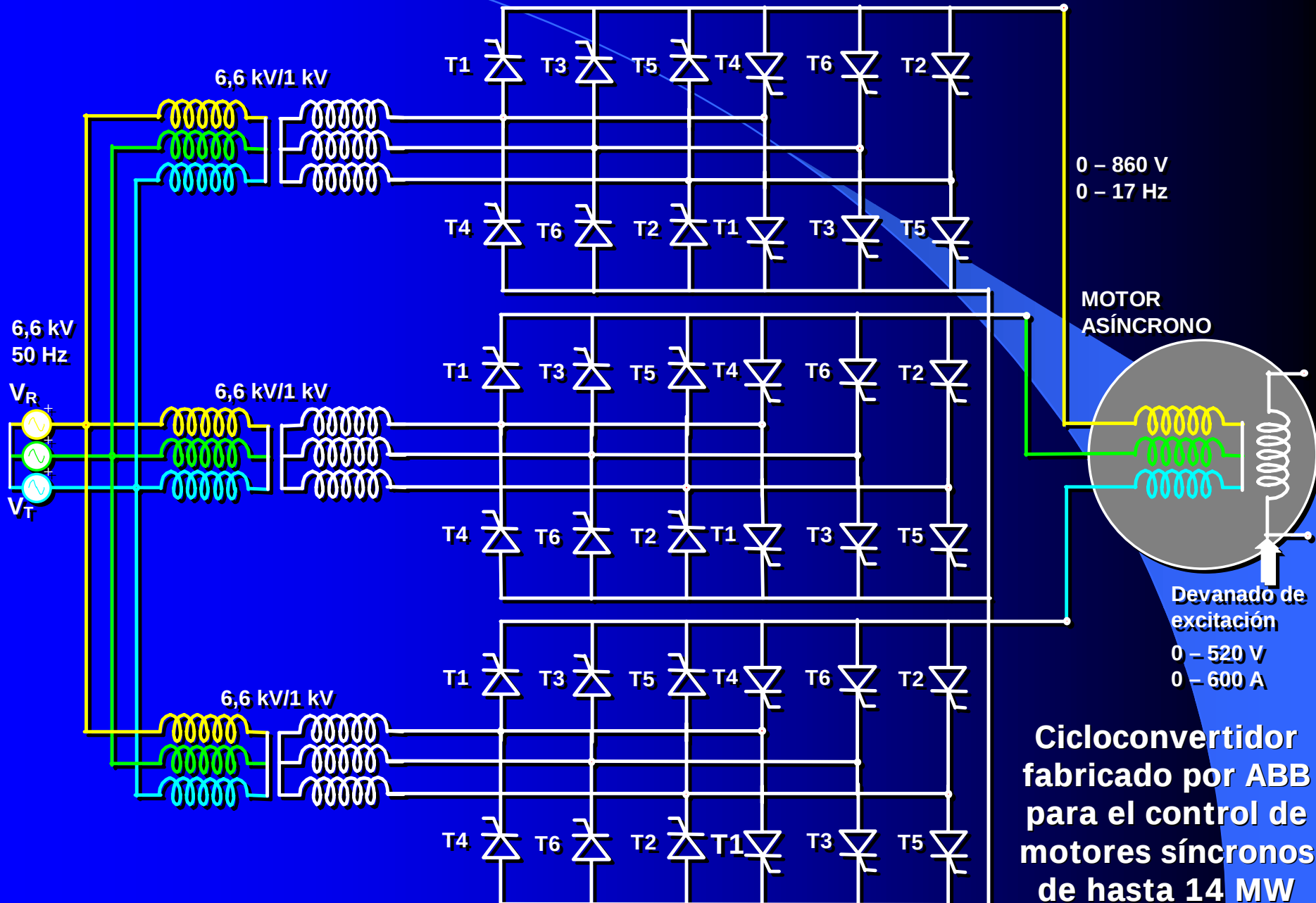
Motores gran potencia

INVERSORES

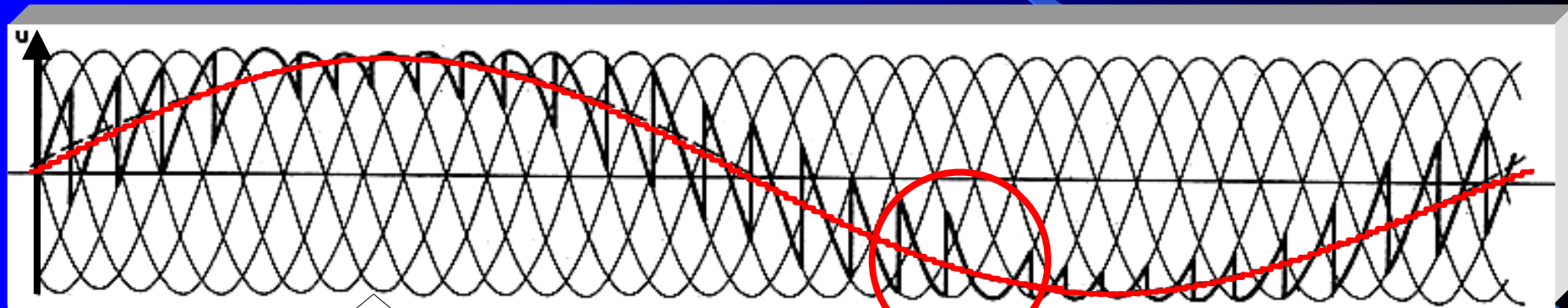
Motores baja potencia

UTILIZACIÓN DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS

Cicloconvertidores



8.8. Funcionamiento del cicloconvertidor



**SISTEMA DE TENSIONES
TRIFÁSICO QUE
ALIMENTA AL
CICLOCONVERTIDOR**

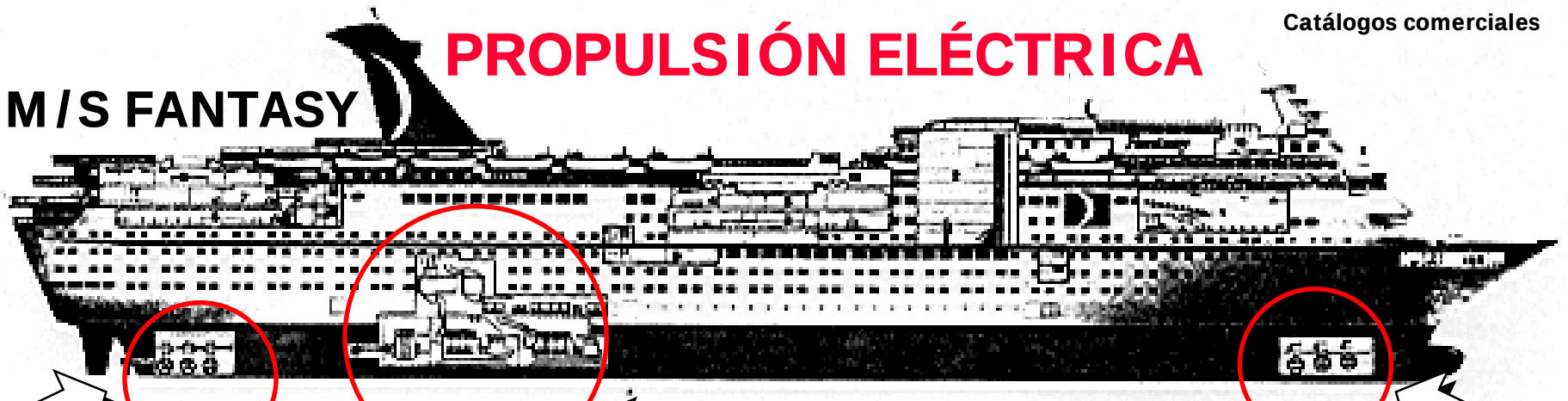
(Frecuencia de red y
amplitud constante)

**TENSIÓN RESULTANTE DE LA
CONMUTACIÓN DEL
CICLOCONVERTIDOR**

(Frecuencia y amplitud variables)

PROPULSIÓN ELÉCTRICA

M/S FANTASY



Motores
transversales

Planta
generadora

Motores
transversales

Tipo de propulsión:

- Diesel-eléctrica
- 4 Motores principales
- 2 Motores auxiliares
- Hélices de paso variable

Planta generadora:

- 4 Generadores síncronos de 10,3 MVA
- 2 Generadores síncronos de 6,8 MVA
- Tensión = 6,6 kV

Motores:

- Síncronos de doble devanado controlados con cicloconvertidores
- 2 Motores principales de 14 MW refrigerados por agua
- 6 Motores transversales de 1,5 MW