

ÍNDICE

Introducción

Conceptos
generales de
Electrónica de
Potencia

Electrónica de
Potencia en los
generadores
eólicos.

Electrónica de
Potencia en la
transmisión de
energía en el
mar

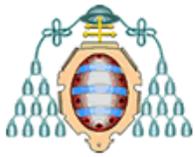
Conclusiones

LA ELECTRÓNICA DE POTENCIA Y SU APLICACIÓN EN EL CAMPO DE LA ENERGÍA EÓLICA OFFSHORE

Manuel Rico Secades
Doctor Ingeniero Industrial
Catedrático de Universidad
Área de Tecnología Electrónica

Leído en la solemne entrega de diplomas académicos
Ingenieros Industriales de la 26ª promoción
Ingenieros Informáticos de la 17ª promoción
Ingenieros de Telecomunicación de la 5ª promoción
Titulados en los Máster de TICRM e Ingeniería Mecatrónica

Gijón, 4 de junio de 2010



ÍNDICE

Introducción

Conceptos generales de Electrónica de Potencia

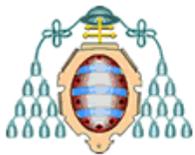
Electrónica de Potencia en los generadores eólicos.

Electrónica de Potencia en la transmisión de energía en el mar

Conclusiones

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL ESPAÑA





ÍNDICE

Introducción

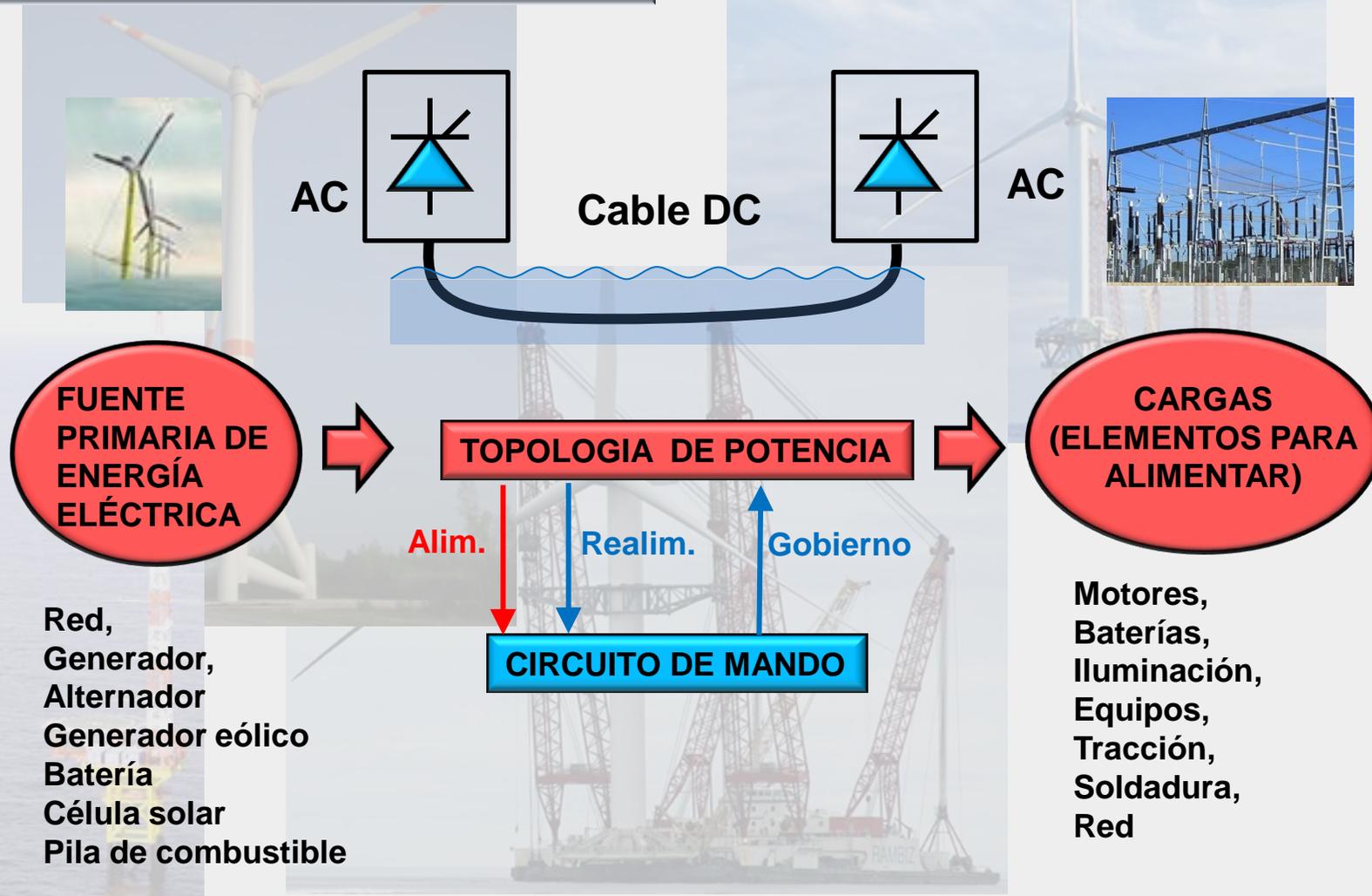
Conceptos generales de Electrónica de Potencia

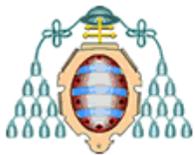
Electrónica de Potencia en los generadores eólicos.

Electrónica de Potencia en la transmisión de energía en el mar

Conclusiones

ELECTRONICA DE POTENCIA





ÍNDICE

Introducción

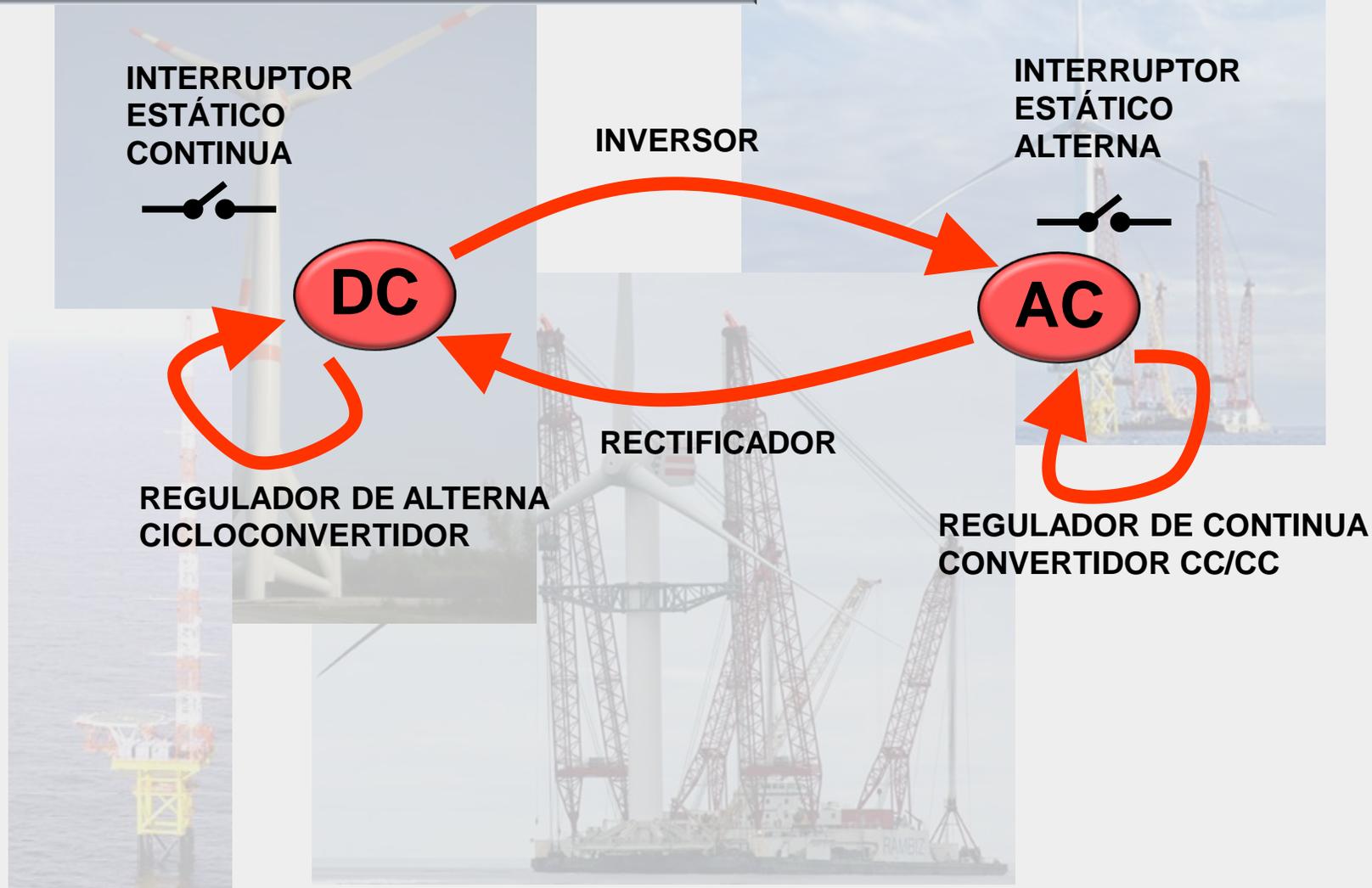
Conceptos generales de Electrónica de Potencia

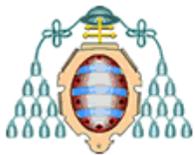
Electrónica de Potencia en los generadores eólicos.

Electrónica de Potencia en la transmisión de energía en el mar

Conclusiones

CONVERSIONES ENERGÉTICAS BÁSICAS





ÍNDICE

Introducción

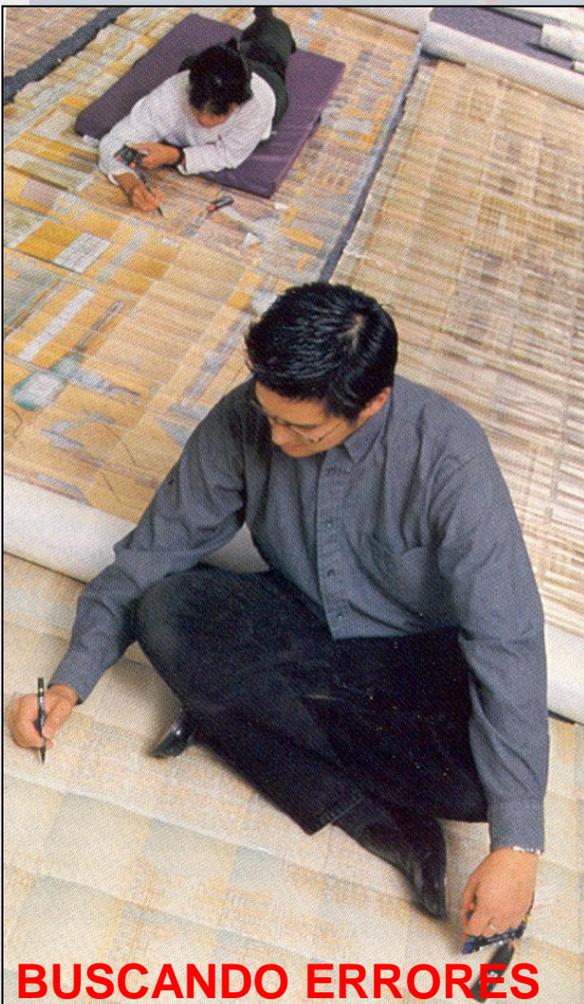
Conceptos
generales de
Electrónica de
Potencia

Electrónica de
Potencia en los
generadores
eólicos.

Electrónica de
Potencia en la
transmisión de
energía en el
mar

Conclusiones

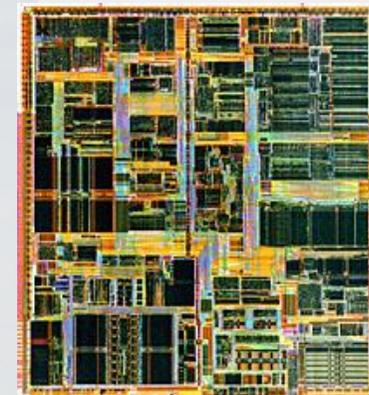
LO PEQUEÑO Y LO GRANDE

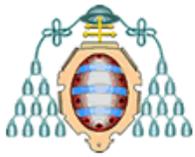


**LOS CIRCUITOS INTEGRADOS PUEDEN
LLEGAR A TENER MUCHÍSIMOS
COMPONENTES REALIZADOS SOBRE EL
MISMO CIRCUITO INTEGRADO**



PENTIUM IV





ÍNDICE

Introducción

Conceptos generales de Electrónica de Potencia

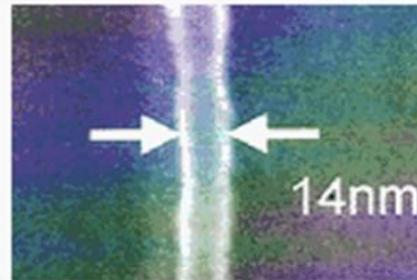
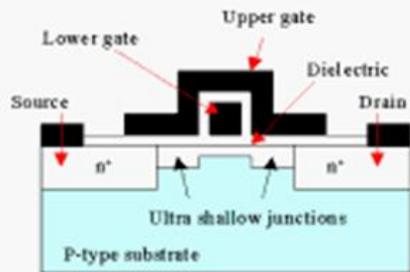
Electrónica de Potencia en los generadores eólicos.

Electrónica de Potencia en la transmisión de energía en el mar

Conclusiones

LO PEQUEÑO Y LO GRANDE

UNO PEQUEÑO



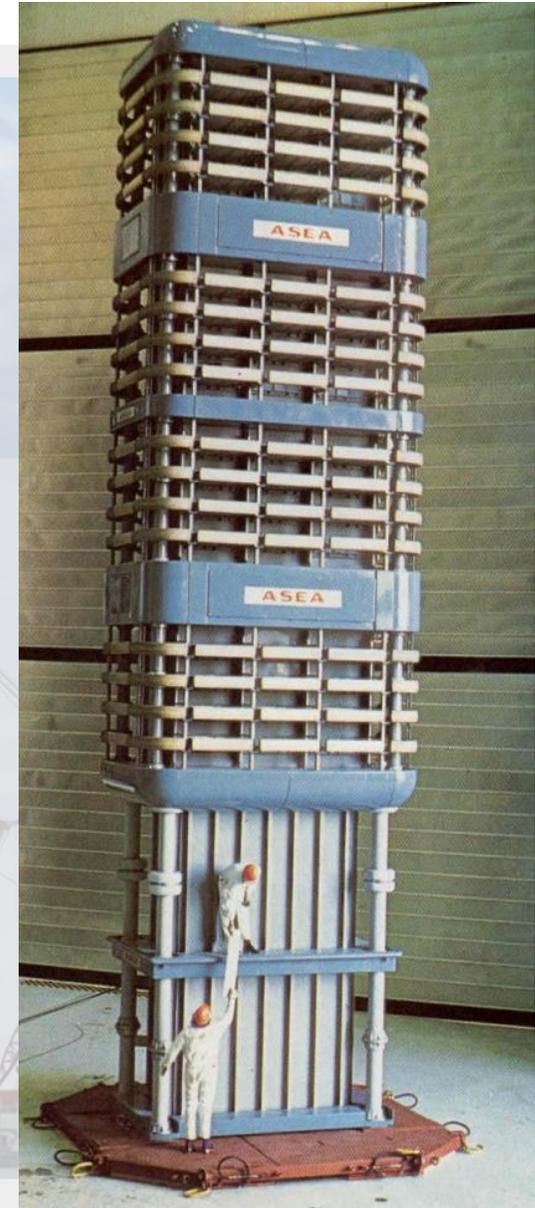
0.014 micron lower gate width

Photo courtesy: NEC Corporation

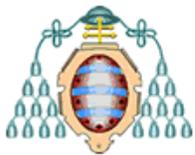
Cortesía de NEC

UNO GRANDE

Uno de los 12 SCR para un "pequeño" rectificador trifásico de 500 MVA y 500 KV (Inga-Shaba, ZAIRE)



Cortesía de ABB



ÍNDICE

Introducción

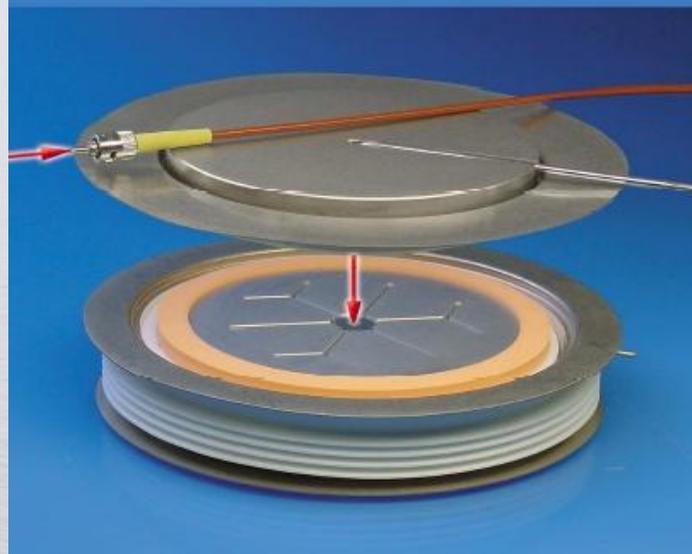
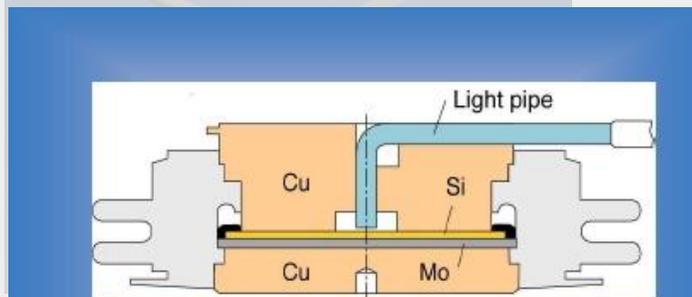
Conceptos
generales de
Electrónica de
Potencia

Electrónica de
Potencia en los
generadores
eólicos.

Electrónica de
Potencia en la
transmisión de
energía en el
mar

Conclusiones

LO PEQUEÑO Y LO GRANDE



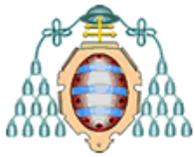
Cortesía de Siemens

EL SCR ES EL COMPONENTE
ELECTRÓNICO MAS ROBUSTO

Disparo por fibra óptica

Tensión de bloqueo de 8 kV

Corriente de 3700 A



SEMICONDUCTORES

EN ELECTRONICA DE POTENCIA
SEMICONDUCTOR = INTERRUPTOR

SEMICONDUCTORES BASICOS

- **DIODO**
- **SCR (Silicon Controlled Rectifier) (thyristor)**
- GTO (Gate Turn Off thyristor)
- **IGCT (Integrated Gate Commutated Thyristors)**
- BJT.s (Bipolar Junction Transistor),
- MOSFET.s (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)
- **IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)**

Switch type	GTO	IGCT	BJT	MOSFET	IGBT
Voltage (V)	6000	4500	1200	1000	3300
Current (A)	4000	2000	800	28	2000
Switched-off time (µs)	10-25	2-5	15-25	0.3-0.5	1-4
Pulse bandwidth (kHz)	0.2-1	1-3	0.5-5	5-100	2-20
Drive requirements	High	Low	Medium	Low	Low

ÍNDICE

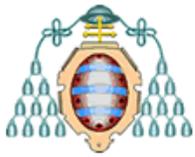
Introducción

Conceptos
generales de
Electrónica de
Potencia

Electrónica de
Potencia en los
generadores
eólicos.

Electrónica de
Potencia en la
transmisión de
energía en el
mar

Conclusiones



SEMICONDUCTORES

ÍNDICE

Introducción

Conceptos
generales de
Electrónica de
Potencia

Electrónica de
Potencia en los
generadores
eólicos.

Electrónica de
Potencia en la
transmisión de
energía en el
mar

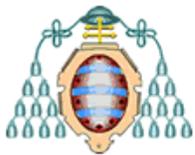
Conclusiones

IGCT (Integrated Gate Commutated Thyristors)



Cortesía de ABB

SON UNA EVOLUCIÓN DE LOS GTO



SEMICONDUCTORES

ÍNDICE

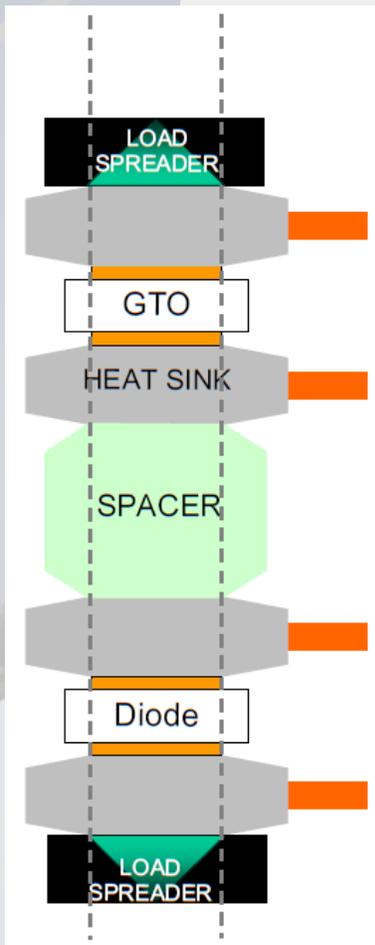
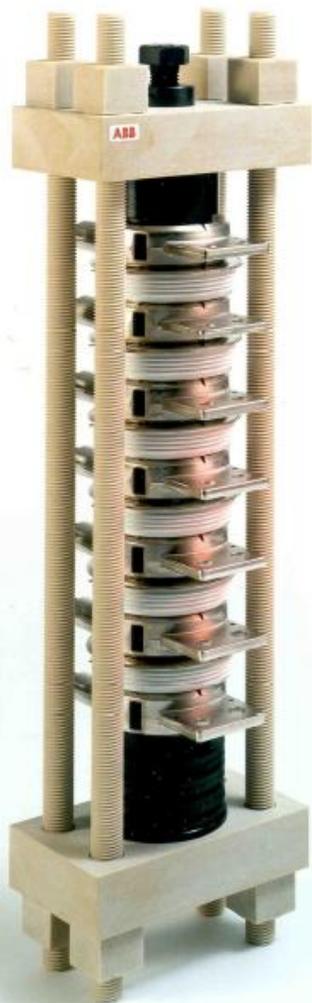
Introducción

Conceptos
generales de
Electrónica de
Potencia

Electrónica de
Potencia en los
generadores
eólicos.

Electrónica de
Potencia en la
transmisión de
energía en el
mar

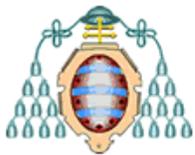
Conclusiones



MULTIDISCIPLINAR



Cortesía de ABB



INDUCTANCIAS Y TRANSFORMADORES TAMPOCO SE QUEDAN ATRAS

ÍNDICE

Introducción

Conceptos
generales de
Electrónica de
Potencia

Electrónica de
Potencia en los
generadores
eólicos.

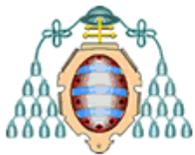
Electrónica de
Potencia en la
transmisión de
energía en el
mar

Conclusiones



INDUCTANCIA DE AIRE
150 mH
500 kV DC
1800 A

Cortesía de Siemens



HASTA LOS CABLES SON ALTA TECNOLOGÍA

ÍNDICE

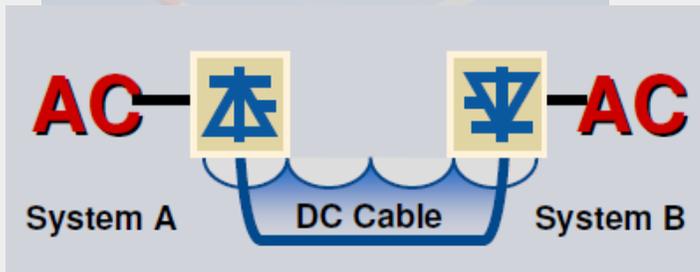
Introducción

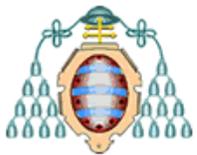
Conceptos
generales de
Electrónica de
Potencia

Electrónica de
Potencia en los
generadores
eólicos.

Electrónica de
Potencia en la
transmisión de
energía en el
mar

Conclusiones





ÍNDICE

Introducción

Conceptos
generales de
Electrónica de
Potencia

Electrónica de
Potencia en los
generadores
eólicos.

Electrónica de
Potencia en la
transmisión de
energía en el
mar

Conclusiones

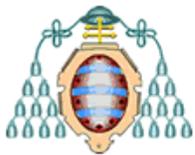
¿DONDE ESTÁ LA ELECTRÓNICA DE POTENCIA EN LOS PARQUE EÓLICOS OFFSHORE?



**EN LA ÍNYECCIÓN DE
LA ENERGÍA A LA RED**

**EN EL
CONTROL
DE LAS
TURBINAS**

**EN LAS CONVERSIONES NECESARIAS PARA
EL TRANSPORTE DE LA ENERGIA**



ÍNDICE

Introducción

Conceptos generales de Electrónica de Potencia

Electrónica de Potencia en los generadores eólicos.

Electrónica de Potencia en la transmisión de energía en el mar

Conclusiones

ELECTRÓNICA DE POTENCIA EN LAS TURBINAS EÓLICAS

ASINCRONO DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARDILLA
(SQUIRREL CAGE INDUCTION GENERATOR)

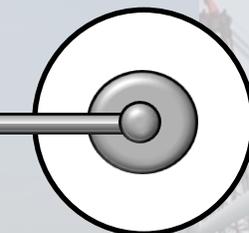
ROTOR TRES PALAS
(THREE BLADED ROTOR)

GENERADOR ASINCRONO
(ASYNCHRONOUS GENERATOR)

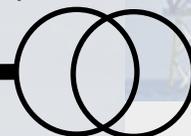
TRANSFORMADOR
(TRANSFORMER)



REDUCTORA
(GEAR BOX)



VARIADOR DE FRECUENCIA
(FREQUENCY CONVERTER)

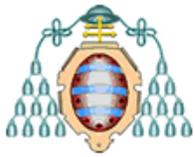


RED ELECTRICA
(GRID)

ROTOR DE JAULA
(CAGE ROTOR)

VELOCIDAD VARIABLE
(control total)
VELOCIDAD FIJA
(solo compensación de reactiva)
(VARIABLE OR FIXED SPEED)

Ejemplo:
Turbinas del fabricante
Wind World
(Velocidad fija)



ÍNDICE

Introducción

Conceptos generales de Electrónica de Potencia

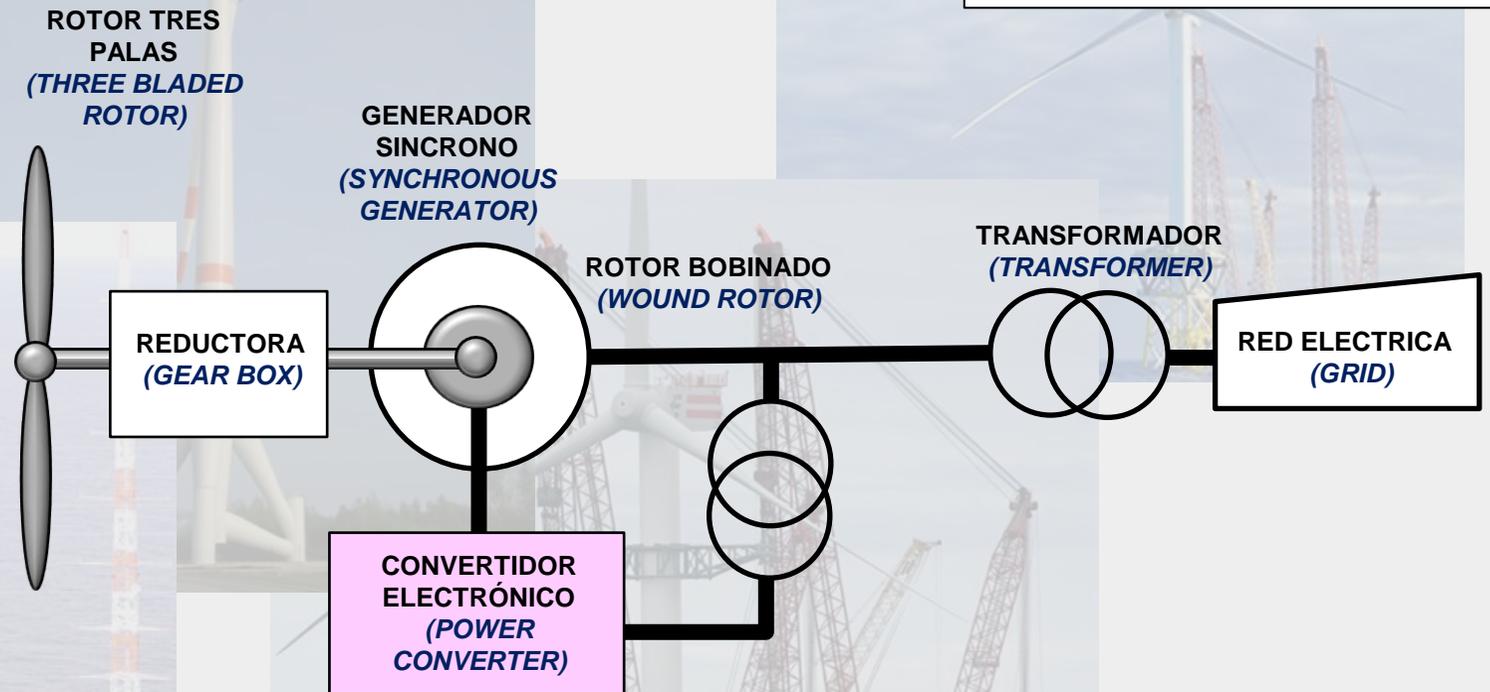
Electrónica de Potencia en los generadores eólicos.

Electrónica de Potencia en la transmisión de energía en el mar

Conclusiones

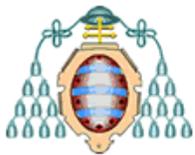
ELECTRÓNICA DE POTENCIA EN LAS TURBINAS EÓLICAS

ROTOR DOBLEMENTE ALIMENTADO



**VELOCIDAD VARIABLE
(VARIABLE SPEED)**

Ejemplo:
Turbinas del fabricante GAMESA



ÍNDICE

Introducción

Conceptos generales de Electrónica de Potencia

Electrónica de Potencia en los generadores eólicos.

Electrónica de Potencia en la transmisión de energía en el mar

Conclusiones

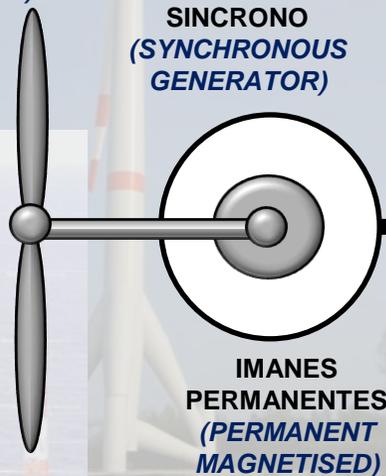
ELECTRÓNICA DE POTENCIA EN LAS TURBINAS EÓLICAS

ACCIONAMIENTO DIRECTO (*DIRECT DRIVE*)

ROTOR TRES PALAS
(*THREE BLADED ROTOR*)

GENERADOR SINCRONO
(*SYNCHRONOUS GENERATOR*)

NUEVA GENERACIÓN



CONVERTIDOR ELECTRÓNICO
(*POWER CONVERTER*)

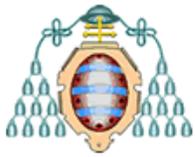
SALIDA EN CONTINUA
(*DC OUTPUT*)

RED ELECTRICA
(*GRID*)

VELOCIDAD VARIABLE
(*VARIABLE SPEED*)

Ejemplo:

PROPUESTA WINDFORMER DE ABB
ENERCON MULTIPOLE 3.5 MW PMG
DIODE RECTIFIER
21 kV DC



ÍNDICE

Introducción

Conceptos generales de Electrónica de Potencia

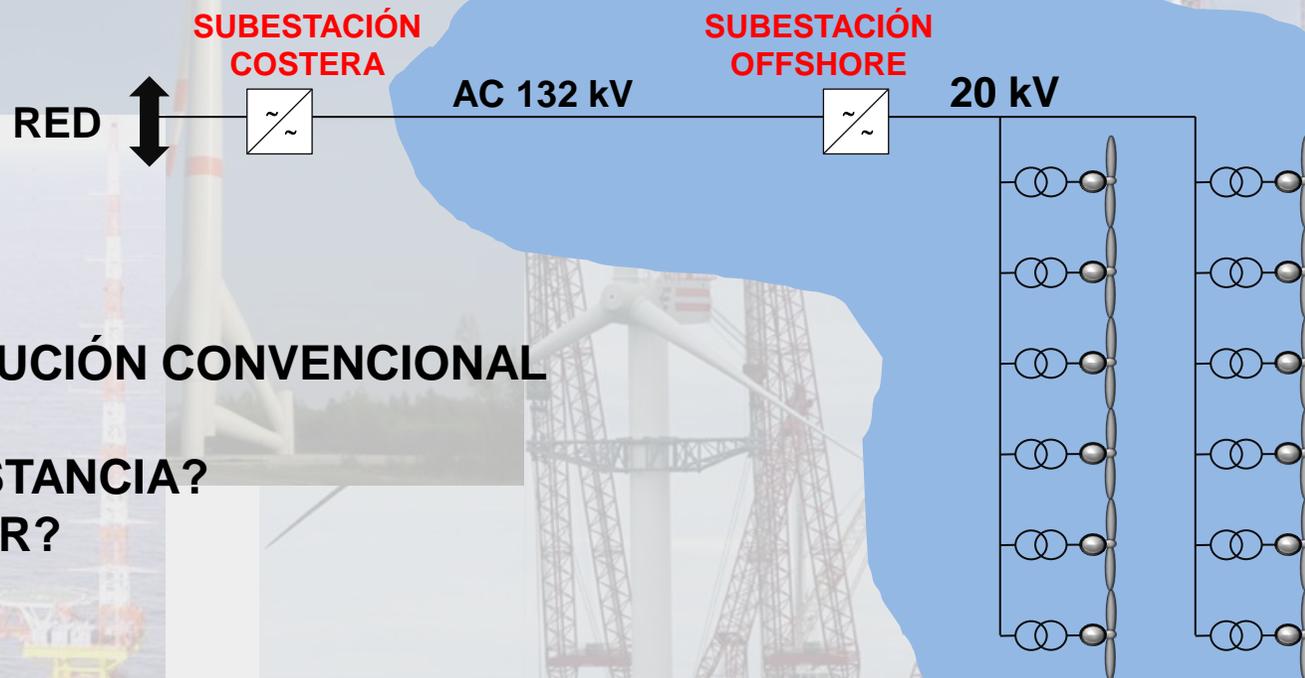
Electrónica de Potencia en los generadores eólicos.

Electrónica de Potencia en la transmisión de energía en el mar

Conclusiones

ELECTRÓNICA DE POTENCIA EN EL TRANSPORTE DE LA ENERGÍA A TIERRA

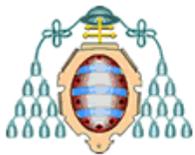
TRANSMISIÓN EN ALTERNA (HVAC)



SOLUCIÓN CONVENCIONAL

¿DISTANCIA?
¿MAR?

AQUÍ NO HAY DEMASIADA ELECTRÓNICA



ÍNDICE

Introducción

Conceptos generales de Electrónica de Potencia

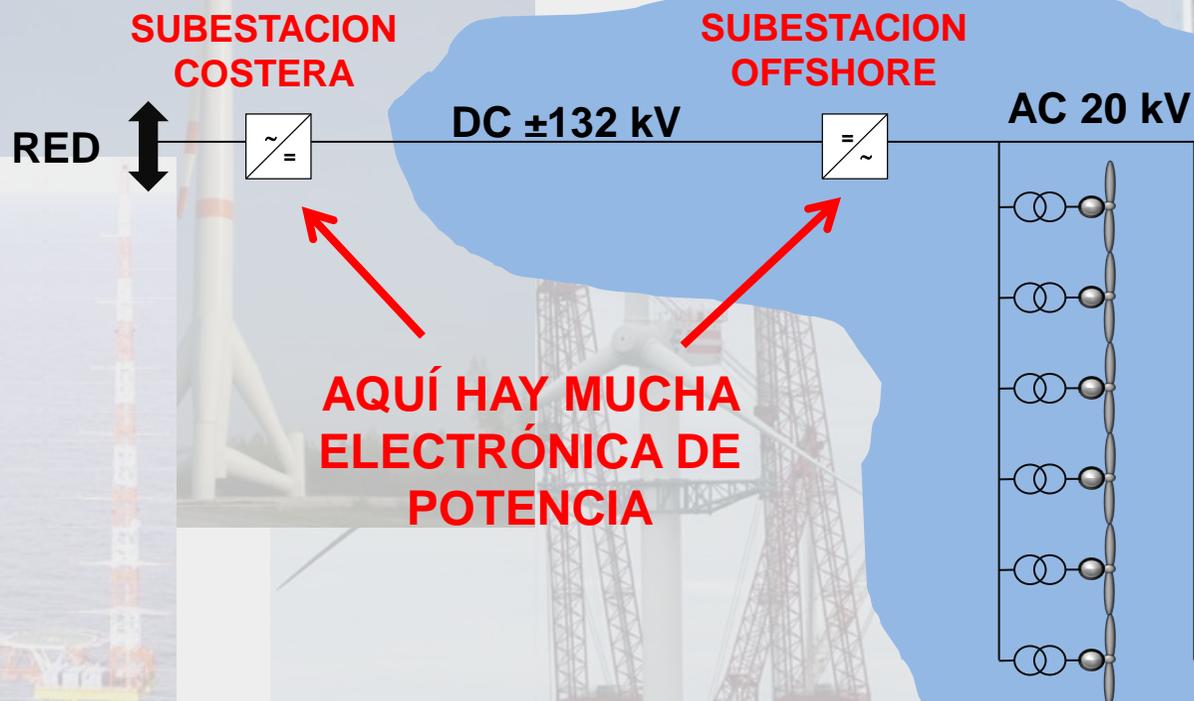
Electrónica de Potencia en los generadores eólicos.

Electrónica de Potencia en la transmisión de energía en el mar

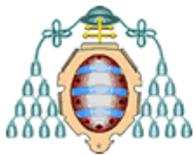
Conclusiones

ELECTRÓNICA DE POTENCIA EN EL TRANSPORTE DE LA ENERGÍA A TIERRA

TRANSMISIÓN EN CONTINUA (HVDC)



SOLUCIÓN EN CONTINUA



ÍNDICE

Introducción

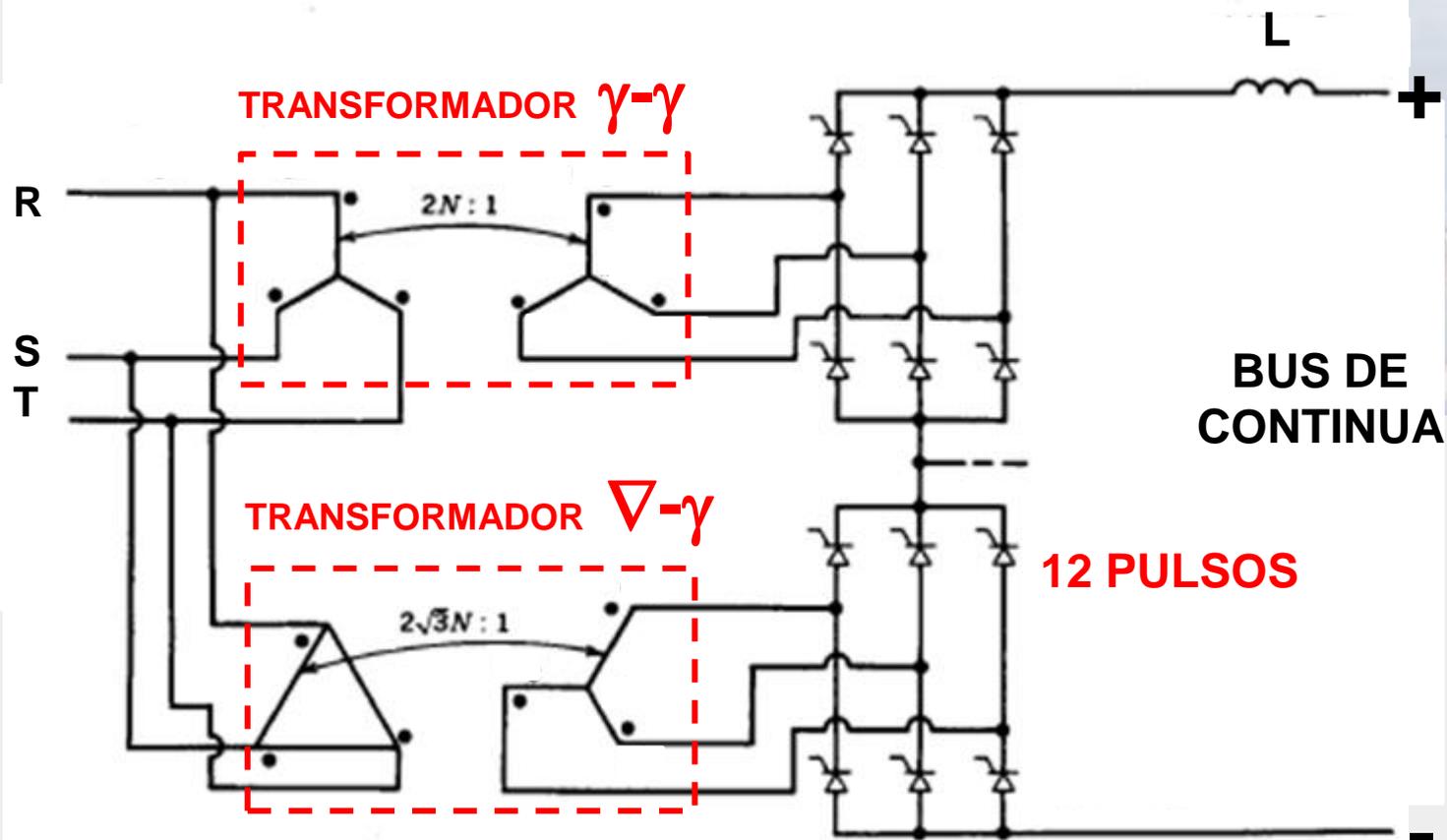
Conceptos generales de Electrónica de Potencia

Electrónica de Potencia en los generadores eólicos.

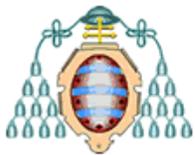
Electrónica de Potencia en la transmisión de energía en el mar

Conclusiones

ELECTRÓNICA DE POTENCIA EN EL TRANSPORTE DE LA ENERGÍA A TIERRA



**INTRODUCCIMOS TRANSFORMADORES
PARA MEJORAR LA CORRIENTE EN LA RED**



ELECTRÓNICA DE POTENCIA EN EL TRANSPORTE DE LA ENERGÍA A TIERRA

ÍNDICE

Introducción

Conceptos generales de Electrónica de Potencia

Electrónica de Potencia en los generadores eólicos.

Electrónica de Potencia en la transmisión de energía en el mar

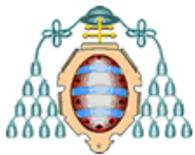
Conclusiones

Datos Principales: _

- Tecnología LCC
- 250 km
- Dos polos +/- 250 kV
- 400 MW
- Cable de retorno 25 kV



**UN PROYECTO DE HVDC EN ESPAÑA
(PROYECTO RÓMULO – COMETA)
(ENLACE VALENCIA – MALLORCA)
Cortesía de Siemens**



ÍNDICE

Introducción

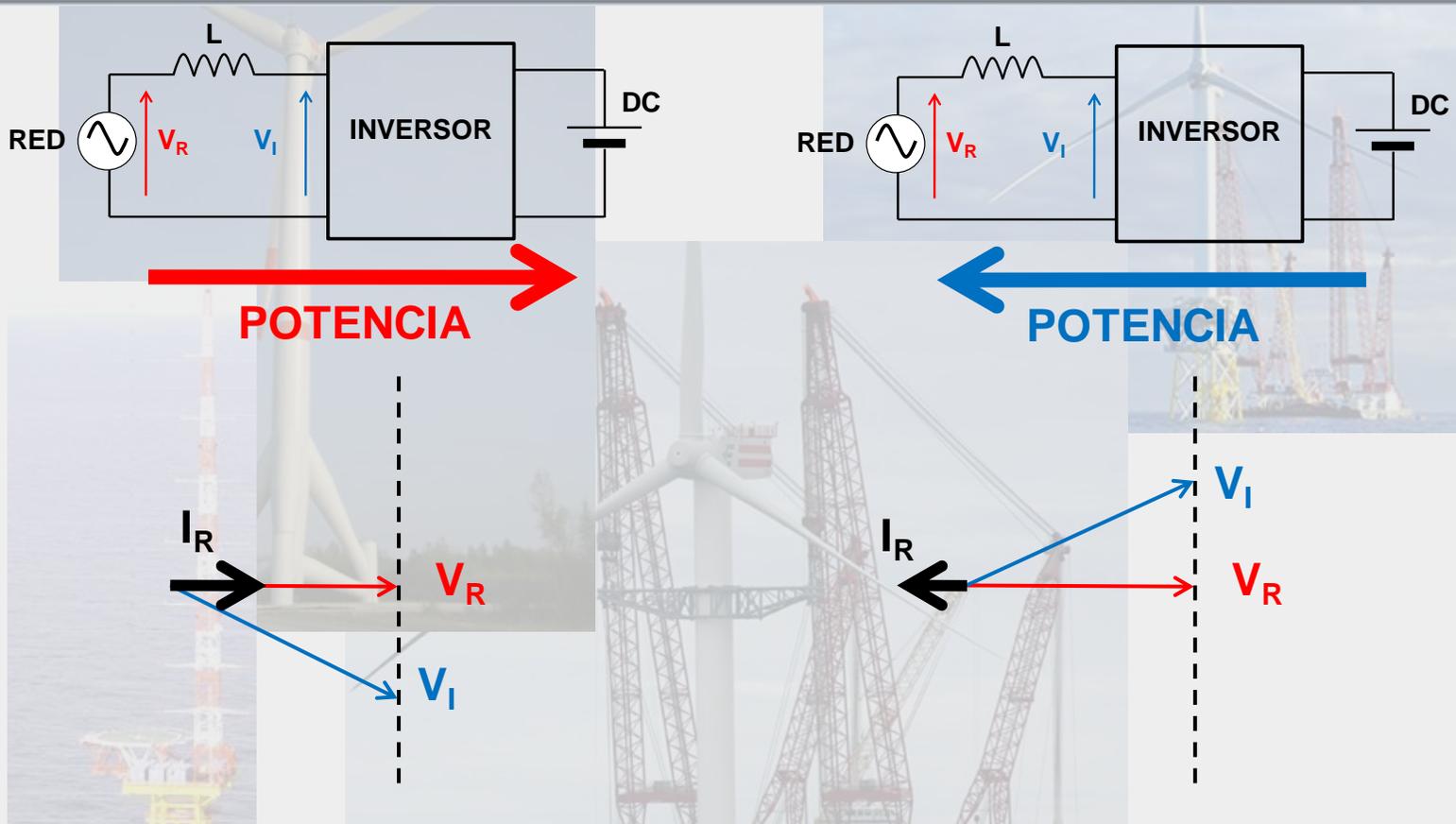
Conceptos generales de Electrónica de Potencia

Electrónica de Potencia en los generadores eólicos.

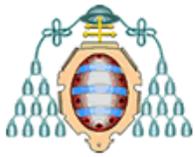
Electrónica de Potencia en la transmisión de energía en el mar

Conclusiones

ELECTRÓNICA DE POTENCIA EN EL TRANSPORTE DE LA ENERGÍA A TIERRA



Uso de un inversor monofásico para extraer energía de la red entregar energía a la red con factor de potencia unidad.



ÍNDICE

Introducción

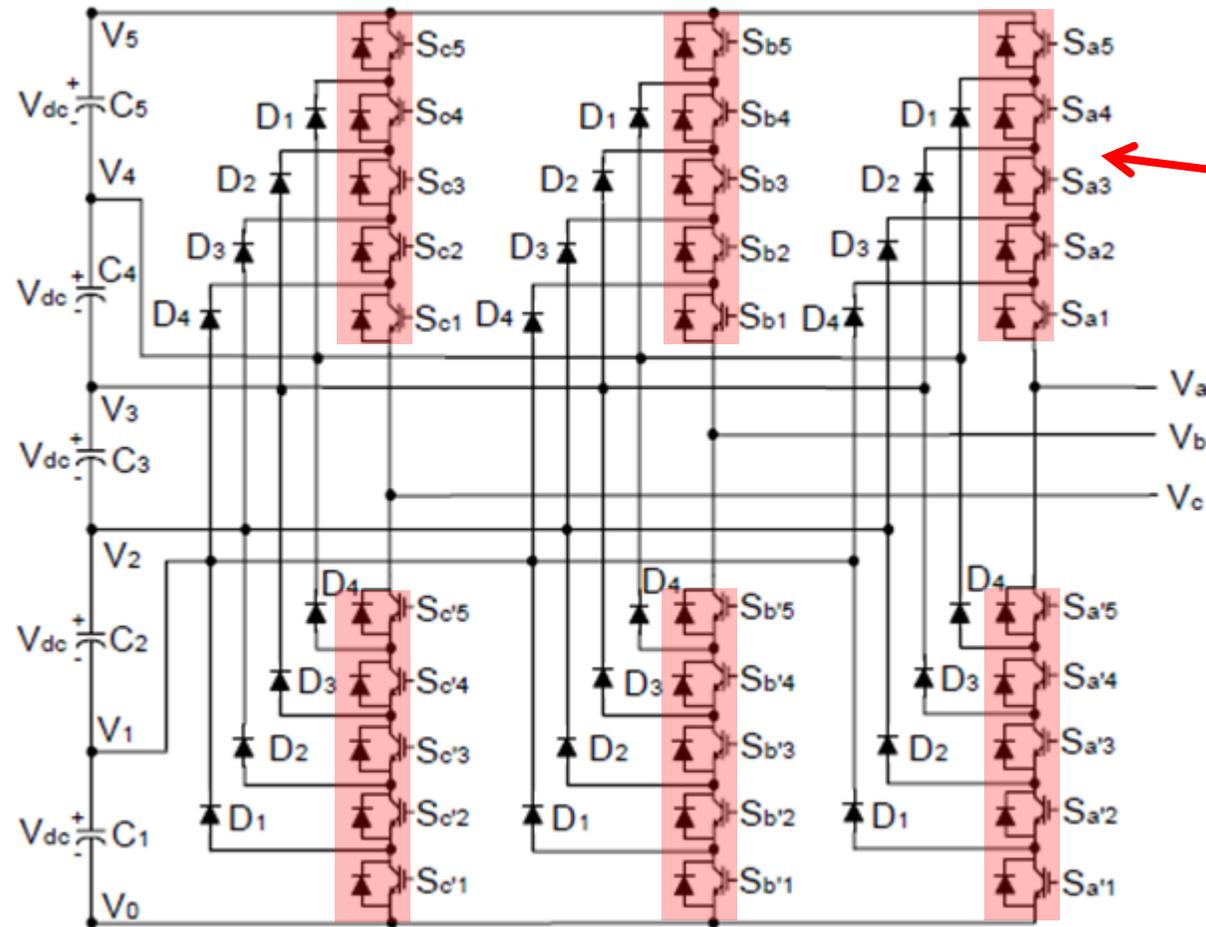
Conceptos generales de Electrónica de Potencia

Electrónica de Potencia en los generadores eólicos.

Electrónica de Potencia en la transmisión de energía en el mar

Conclusiones

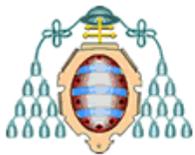
ELECTRÓNICA DE POTENCIA EN EL TRANSPORTE DE LA ENERGÍA A TIERRA



IGBT
PACK

“6 PACK DE
5 IGBT”

INVERSOR MULTINIVELTRIFÁSICO DE SEIS NIVELES (BASADO EN IGBT)



ELECTRÓNICA DE POTENCIA EN EL TRANSPORTE DE LA ENERGÍA A TIERRA

ÍNDICE

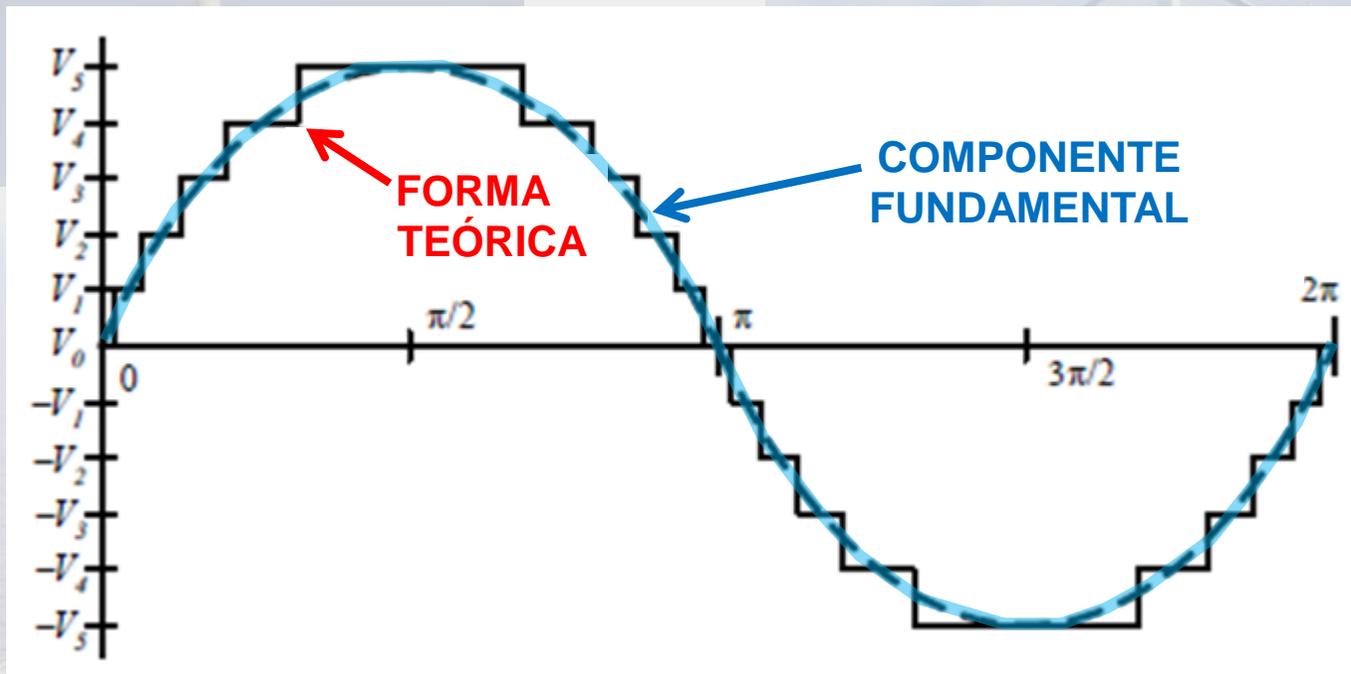
Introducción

Conceptos generales de Electrónica de Potencia

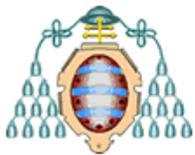
Electrónica de Potencia en los generadores eólicos.

Electrónica de Potencia en la transmisión de energía en el mar

Conclusiones



FORMAS DE ONDA DE UN INVERSOR TRIFÁSICO DE SEIS NIVELES



ÍNDICE

Introducción

Conceptos generales de Electrónica de Potencia

Electrónica de Potencia en los generadores eólicos.

Electrónica de Potencia en la transmisión de energía en el mar

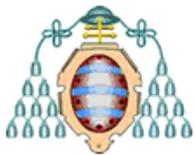
Conclusiones

LAS NUEVAS PROPUESTAS

NUEVOS GENERADORES DE ALTA TENSIÓN CON ACCIONAMIENTO DIRECTO

+ HVDC = FUTURO





ÍNDICE

Introducción

Conceptos
generales de
Electrónica de
Potencia

Electrónica de
Potencia en los
generadores
eólicos.

Electrónica de
Potencia en la
transmisión de
energía en el
mar

Conclusiones

ELECTRÓNICA DE POTENCIA EN EL TRANSPORTE DE LA ENERGÍA A TIERRA

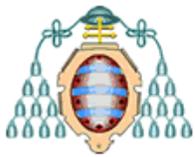
LA VENTANA HACIA EL FUTURO



ABB

La primera interconexión tipo UHVDC (Ultra HVDC) ha sido probada por ABB en su fábrica de Lenzburg (Tensiones de 800 kV y transmisión de potencia por encima de los 7 GW .

Utiliza SCR de 8.5 KV /4000 A de última generación.



LAS OBRAS DE INGENIERIA TAMBIÉN FORMAN PARTE DE NUESTRA CULTURA

ÍNDICE

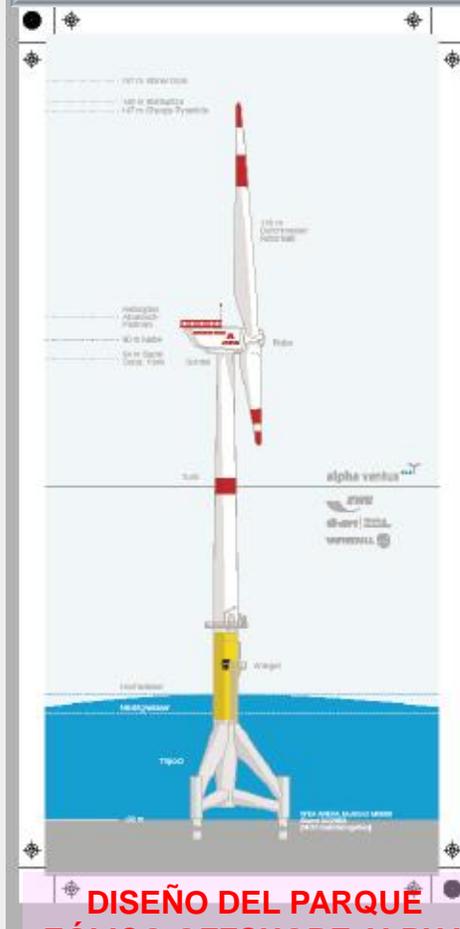
Introducción

Conceptos generales de Electrónica de Potencia

Electrónica de Potencia en los generadores eólicos.

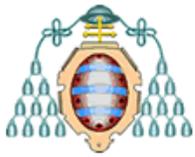
Electrónica de Potencia en la transmisión de energía en el mar

Conclusiones



DISEÑO DEL PARQUE EÓLICO OFFSHORE ALPHA VENTUS (ALEMANIA)





LAS OBRAS DE INGENIERIA TAMBIÉN FORMAN PARTE DE NUESTRA CULTURA

ÍNDICE

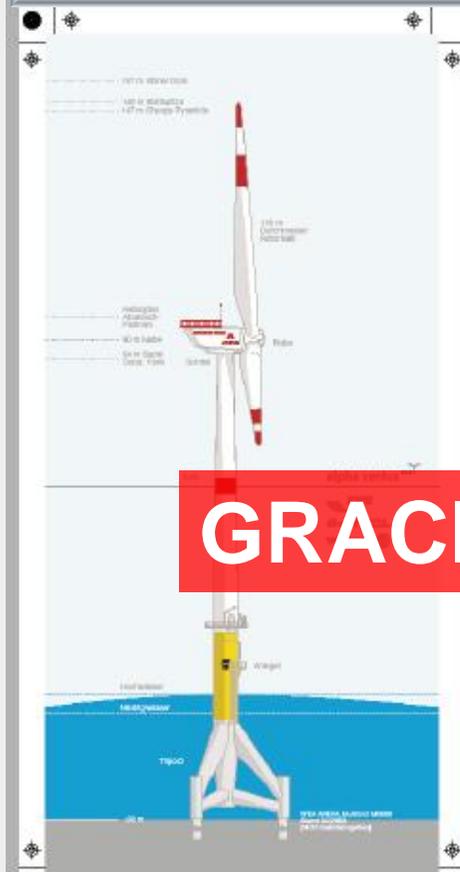
Introducción

Conceptos generales de Electrónica de Potencia

Electrónica de Potencia en los generadores eólicos.

Electrónica de Potencia en la transmisión de energía en el mar

Conclusiones



DISEÑO DEL PARQUE EÓLICO OFFSHORE ALPHA VENTUS (ALEMANIA)



GRACIAS POR LA ATENCIÓN