

TEMÁTICA

Distribución B.T

ESTUDIO DIRIGIDO N°0.3

Objetivo principal o Problemática	« Adaptar un producto en el marco de una producción de energía por aeromotor »		DR
Objetivo 1	Determinación de la potencia reactiva necesaria para el sistema de producción		
Objetivo 2	Diseño del sistema de compensación de la energía reactiva según producción		1/2
Objetivo 3	Valoración del sistema de compensación de energía reactiva		
Objetivo 4			
Objetivo 5			
Recursos y Condiciones de adquisición	Ambiente y Equipo	Distribución B.T	
	Computo y Software	x	
	Expediente técnico (DT)	« Parque eólico PLOUARZEL » DT1-Contactores LC1-D.K DT2-Fusibles Gg DT3-Unidades de control NSX100-250	
	Equipos de medición	x	
	Herramientas	x	
Criterios de evaluación	Ver tabla de evaluación		
Duración	4h00		
 SEGURIDAD	Para el desarrollo de esta guía es necesario ...		

Sistema de producción eólico

Regulación del factor de potencia (Compensador varmétrico)

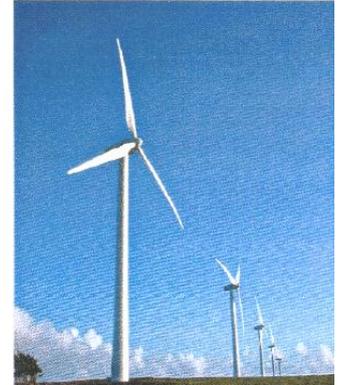
1. PUESTA EN SITUACIÓN

« Adaptar un producto en el marco de una producción de energía por aeromotor »

El parque eólico de **PLOUARZEL**, de una potencia total de **3,3 MW**, pertenece al primer tramo del programa de desarrollo **EOLE**. Su realización requirió una inversión total de 3,4 millones de euros.

Iniciado por la comisión de gobierno de **PLOUARZEL** en 1994, el proyecto se seleccionó finalmente en el marco del programa **EOLE 2005** en octubre de 1997.

Su realización y su explotación se confiaron a la sociedad « **la COMPAÑÍA del VIENTO** ». La obra, cuya construcción duró 6 meses, se puso en servicio el 30 de octubre de 2000 y se inauguró el 2 de febrero de 2001.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS del PARQUE

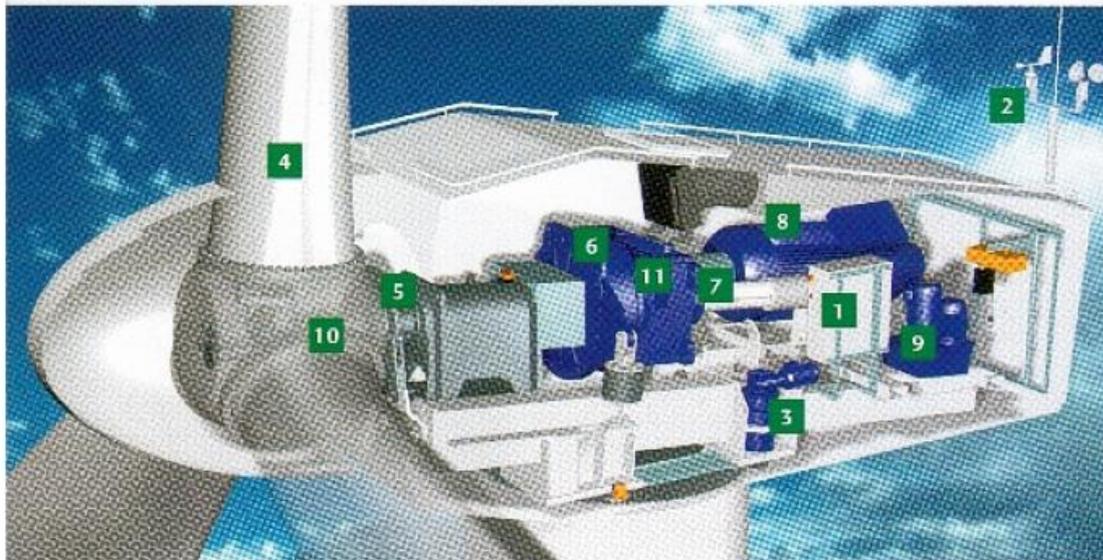
- **Implantación:** El parque eólico se establece en la punta del *Norte Finisterre*, ante los vientos dominantes.
- **Producción anual:** La producción anual del parque es aproximadamente de **9,8 millones de kWh**, para una potencia total de **3,3 MW**. Esta producción corresponde al equivalente del consumo eléctrico de los 4000 habitantes de los municipios de *Plouarzel* y *Lampaul-Plouarzel*.
- **Constitución:** El parque está constituido por 5 aeromotores de 3 palas de tipo **VESTAS V47-660kW**.

VESTAS V47-660		
Altura de la torre		38,4m
Torre tubular en acero	Ø base	3m
	Ø cabeza	2m
Masa	Torre	28,9 t
	Nacela	20,4 t
	Rotor	7,2 t

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS de la GENERADORA ASINCRÓNICA

VESTAS V47-660	
Potencia	660 kW
Índice de protección	IP 54
Tensión nominal	690 V
Frecuencia	50 Hz
Número de polos	4
Factor de potencia	0,88
Eficiencia	96,5 %
Corriente nominal	628 A
Corriente en vacío	215 A
Perdidas hierro	4 000 W
Perdidas mecánicas	3 000 W
Velocidad de rotación	1515 a 1615 rpm

PRINCIPIO de FUNCIONAMIENTO del AEROMOTOR VESTAS VA47-660 kW



Cuando el viento se levanta, el calculador (1), gracias a la veleta (2) situada en la parte de la barquilla, pide a los motores de orientación (3) de colocar el aeromotor ante el viento. Las tres palas (4) son puestas en movimiento por la única fuerza del viento. Implican con ellas el eje lento (5), el multiplicador (6), el eje rápido (7) y la generadora asincrónica (8).

En cuanto la velocidad del viento es suficiente (15 km/h), el aeromotor puede acoplarse a la red. Las palas giran entonces aproximadamente a 30 rpm e implican la generadora a 1515 rpm. Esta velocidad de rotación seguirá siendo constante a lo largo del período de producción.

Cuando la velocidad del viento alcanza 50 km/h, el aeromotor proporciona su potencia nominal. La generadora entrega entonces una corriente eléctrica alterna bajo una tensión de 690 V cuya intensidad varía en función de la velocidad del viento. Así pues, cuando la velocidad del viento crece, la fuerza de sustentación ejerciéndose sobre las palas aumenta y la potencia entregada por la generadora aumenta.

Para velocidades de viento superiores a los 50 km/h, la potencia se mantiene constante reduciendo progresivamente la fuerza de sustentación de las palas. La unidad hidráulica (9) controla la fuerza de sustentación modificando el ángulo de calado de las palas que giran sobre sus rodamientos (10).

Cuando la velocidad del viento sobrepasa 90 km/h, las palas se ponen en bandera (paralelas a la dirección del viento) y su fuerza de sustentación se vuelve casi nula. El aeromotor deja entonces de girar: no produce más electricidad. Mientras la velocidad del viento sigue siendo superior a 90 km/h, el rotor vuelve «en rueda libre» y la generadora se desconecta de la red. En cuanto la velocidad del viento disminuye, el aeromotor se vuelve a poner en producción.

Todas estas operaciones son enteramente automáticas y administradas por ordenador. En caso de paro urgente, un freno a disco (11) situado sobre el eje rápido permite poner el aeromotor en seguridad.

Al pie de cada aeromotor, un transformador convierte la tensión de 690 V en 20 000 V, tensión de la red nacional de Electricidad de Francia sobre la cual se vierte toda la electricidad producida.

LUGAR (ES) "PROVEEDORES"

<http://www.vestas.fr/>

<http://www.alpestechnologies.com/>

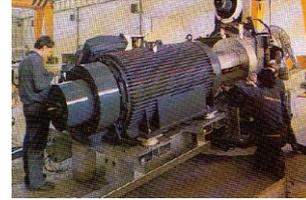
2. TRABAJO PROPUESTO

2.1. Determinación de la potencia reactiva necesaria para el sistema de producción

Después lectura de la puesta en situación § « Principio de funcionamiento del aeromotor VESTAS VA47-660 kW »...

- Calcular el rango de velocidad del viento (en m/s) para la cual la generadora se acopla a la red. ¿Para qué velocidad (en m/s) se obtiene la producción nominal?

Las condiciones técnicas de conexión a la red pública de las instalaciones de producción autónoma de energía eléctrica menor a **1 MW** están definidas por decreto. Este decreto indica las obligaciones de los productores de energía eléctrica en cuanto al suministro de la energía reactiva necesaria para el funcionamiento de los generadores.



- estipula, en particular, que en el marco general del suministro de energía eléctrica a la red nacional, el suministro de la energía reactiva indispensable para el funcionamiento de la máquina incumbe al productor.
- hace obligación al productor de proporcionar una potencia reactiva nominal **Qn**, como **Qn < 0,4. Pn**, fórmula en la cual **Pn** representa la potencia activa nominal de la instalación.
- precisa que si la instalación de producción implica generadoras asincrónicas, el suministro de potencia reactiva se hará con ayuda de baterías de condensadores, que podrán instalarse directamente en el productor o en el puesto fuente del distribuidor.
- por fin, con el fin de evitar el riesgo de sobretensiones en el desacoplamiento de la red, impone que las generadoras asincrónicas no permanezcan nunca aisladas sobre condensadores sin carga.

A partir de las características técnicas de la generadora asincrónica...

- Especificar la potencia activa (**Pa**) proporcionada por la generadora en régimen nominal. Calcular la potencia reactiva absorbida por la generadora (**Qa**) para el régimen nominal. Deducir en consecuencia la relación **Qa/Pa = tangente φ1**. Concluir sobre el cumplimiento conforme a la reglamentación vigente.

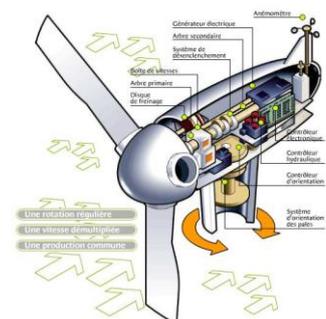
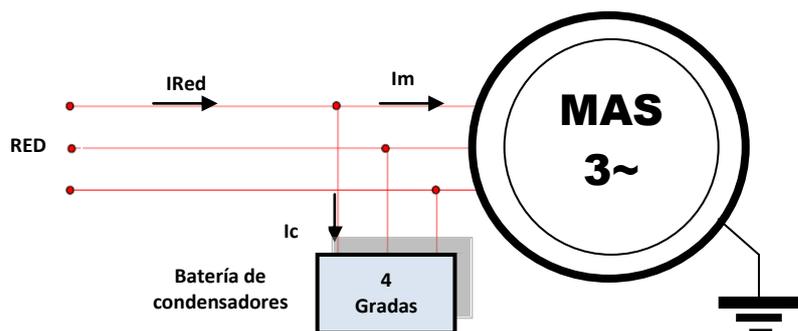
Para el cumplimiento de la reglamentación vigente, se desea obtener una relación Qa/Pa igual a 0,4...

- Calcular la potencia reactiva mínima **Qc = Pa.(tg φ1 - tg φ2)** necesaria a la máquina para cumplir con esta condición.

2.3. Diseño del sistema de compensación de la energía reactiva según producción

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

La compensación de energía reactiva se realizara por **4 « gradas de condensadores »** insertadas en el circuito en función de la potencia activa proporcionada a la red por la generadora asincrónica. Un dispositivo de control permanente del factor de potencia controlará la inserción de las gradas para **mantener un factor de potencia cercano de 0,96**.



Para cumplir con las especificaciones técnicas...

- Calcular y Reportar en la tabla del documento respuesta 1 la potencia reactiva **Qc** a suministrar a la generadora asincrónica en modo de producción. Se considerará un factor de potencia constante para la generadora asincrónica e igual a **0,88** sobre la gama de velocidad del aeromotor (velocidad mínima a nominal).

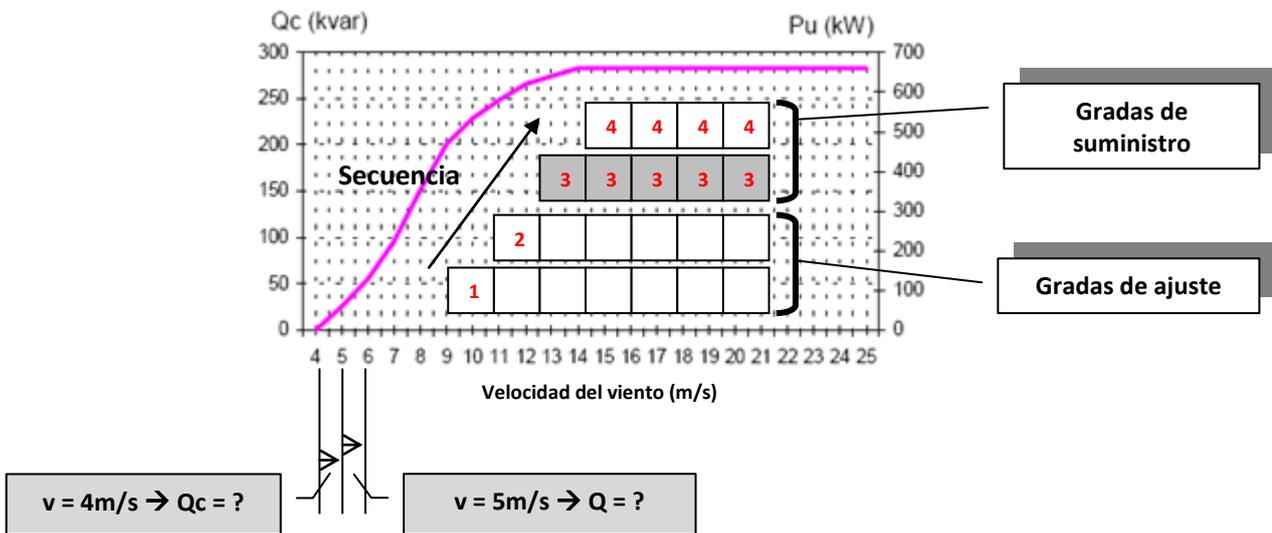
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

El programa de inserción de gradas es **1.2.3.4.4.4.4**.

La secuencia lineal se realiza a partir de la tercera grada dado que se utiliza las 2 primeras gradas como gradas de ajuste (el regulador empieza siempre por enganchar o desenganchar la primera grada y luego la segunda).

A partir del expediente técnico « Parque eólico PLOUARZEL » - documento técnico nº4 ALPES Tecnología...

- Seleccionar adecuadamente las 4 gradas (1 a 4), constitutivas de la batería de condensadores, para garantizar la compensación de energía reactiva. Se indicara las referencias «fabricante» correspondientes.



- Trazar, en el documento respuesta 1, la característica **Qc = f (v)** sobre la curva de producción de la generadora en función de la velocidad **v** del viento para mantener un factor de potencia cercano de **0,96**.

En producción nominal...

- Calcular la intensidad **Ic** de la corriente suministrada por la batería de condensadores, la intensidad **IRED** de la corriente absorbida por el conjunto generadora-batería de condensadores y la intensidad **Im** de la corriente absorbida por la máquina. ¿Cuál es en consecuencia el efecto producido por las gradas de condensador sobre la intensidad de la corriente en línea (**Ir**)?

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

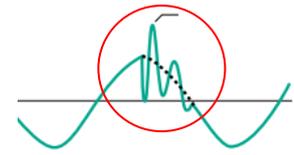
La puesta en servicio de las « gradas de condensadores » de la batería se realiza por contactores electromecánicos.

A partir del expediente técnico « Parque eólico PLOUARZEL » - documento técnico nº5 SCHNEIDER Electric...

- Determinar la referencia de los contactores que garantizan la puesta en servicio de las gradas y esto para una temperatura ambiente **θa** de **30°C**.



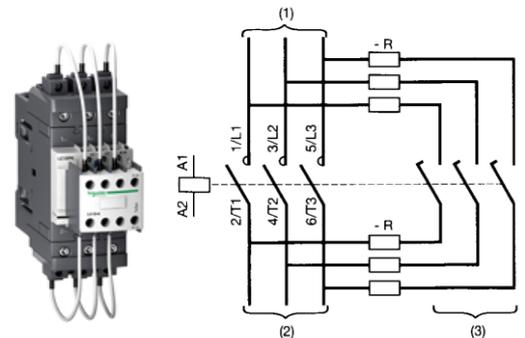
El enganche o desenganche de condensadores se acompaña de un régimen transitorio en corriente y tensión provocando una sobreintensidad y sobretensión en la red cuya amplitud depende de las características de la red aguas arriba y del número de gradas de condensadores.



La red aguas arriba se considera como una inductancia pura tal que: $I_a \cdot \omega = U^2 / S_{cc} = U^2 / (\sqrt{3} \cdot I_{cc})$ con (**U**) Tensión compuesta nominal, (**I_{cc}**) Corriente de cortocircuito trifásico en el punto de conexión de la batería de condensadores y (**S_{cc}**) Potencia de cortocircuito en el punto de conexión de la batería de condensadores.

La conexión entre elemento de corte (contactor) y batería de condensadores es también considerada como una inductancia pura. Esta corriente importante no es soportada por los condensadores y elementos de corte lo que implica el uso de un dispositivo adicional (inductancia de choque) para limitar la corriente de enganche de las gradas.

Los contactores **LC1-D.K** están especialmente diseñados para el control de condensadores. Vienen equipados de contactos de cierre y resistencia de amortización limitando la corriente de enganche. Para la seguridad de las personas, la maniobra manual de los contactores es imposible. Para la seguridad de las instalaciones, las resistencias de amortización (-R) se encuentran desconectadas después enganche de los condensadores. El uso de contactores **LC1-D.K** impide la instalación de inductancia de choque y permite una duración de vida superior a la de una solución clásica.



A partir del documento técnico DT1 « Contactores LC1-D.K »...

- Determinar la referencia completa de los contactores especializados para sustitución en el sistema automático de compensación considerando una tensión de control de 230VAC con contactos auxiliares tipo 1NA + 1NC.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

El control del factor de potencia del aeromotor se realiza por un **regulador varmétrico tipo VARLOGIC R12 SCHNEIDER ELECTRIC**.

- cada grada es puesta en servicio por un contactor de inserción (**K601 à K604**) en **230 VAC**,
- cada grada es protegida por disyuntor **NSX100 (Q851 à Q854)**,
- la salida hacia cada grada está prevista después del dispositivo de protección **Q8**.

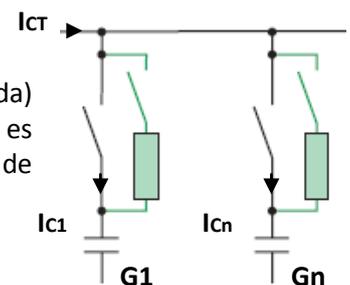


A partir del expediente técnico « Parque eólico PLOUARZEL » - documento técnico n°5 VARLOGIC R12...

- Realizar, en el documento respuesta 2, el esquema de conexión multifilar del sistema automático de compensación de la energía reactiva.

Para las características de las gradas seleccionadas...

- Calcular la intensidad de la corriente absorbida **I_{cn}** (n = numero de grada) por cada una de las gradas constitutivas del compensador. ¿Cuál es entonces la intensidad total **I_{ct}** absorbida por el sistema automático de compensación?



Condiciones de selección de los dispositivos de protección

Protección por fusible tipo gG (uso industrial)			Protección por disyuntor		
Sistema de compensación	Fijo	Calibre > 1,6.lc	Sistema de compensación	Fijo	Calibre > 1,36.lc
	Regulable	Calibre > 1,4.lc		Regulable	
/Gradas		Calibre > 1,6.lc	/Gradas		

A partir del documento técnico DT3 « Unidades de control NSX100-250 »...

- Seleccionar, para cada grada, la unidad de disparo magneto-térmica a instalar en el disyuntor de protección. ¿Cuál debe ser la referencia del dispositivo de protección principal (Disyuntor + Unidad de control)?

2.3. Valoración del sistema de compensación de energía reactiva

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

La conexión entre el conjunto generadora asincrónica-batería de condensadores y el transformador elevador se realiza por un cable aluminio multipolar a aislante elastómero sintético de longitud 50 m.



A partir del expediente técnico « Parque eólico PLOUARZEL » - documentos técnicos n°1 y 2 SILEC Cables y para los siguientes casos:

- generadora equipada de una batería de condensadores,
- generadora no equipada de una batería de condensadores.

A. CABLE DE ALIMENTACIÓN

- Escoger y Comparar la sección **S** del cable de conexión entre el aeromotor y el transformador de potencia.

B. TRANSFORMADOR DE POTENCIA

- Calcular y Comparar la potencia aparente **Sa** del transformador de conexión a la red MT.

C. PERDIDAS EN LÍNEA

- Calcular y Comparar las pérdidas en línea para el cable de conexión entre el aeromotor y el transformador de potencia.

D. CAÍDA DE TENSIÓN EN LÍNEA

- Calcular y Comparar las caídas de tensión perdidas en línea para el cable de conexión entre el aeromotor y el transformador de potencia (Sistema trifásico en triangulo).

2.4. FORMALIZACIÓN

Con base al estudio realizado...

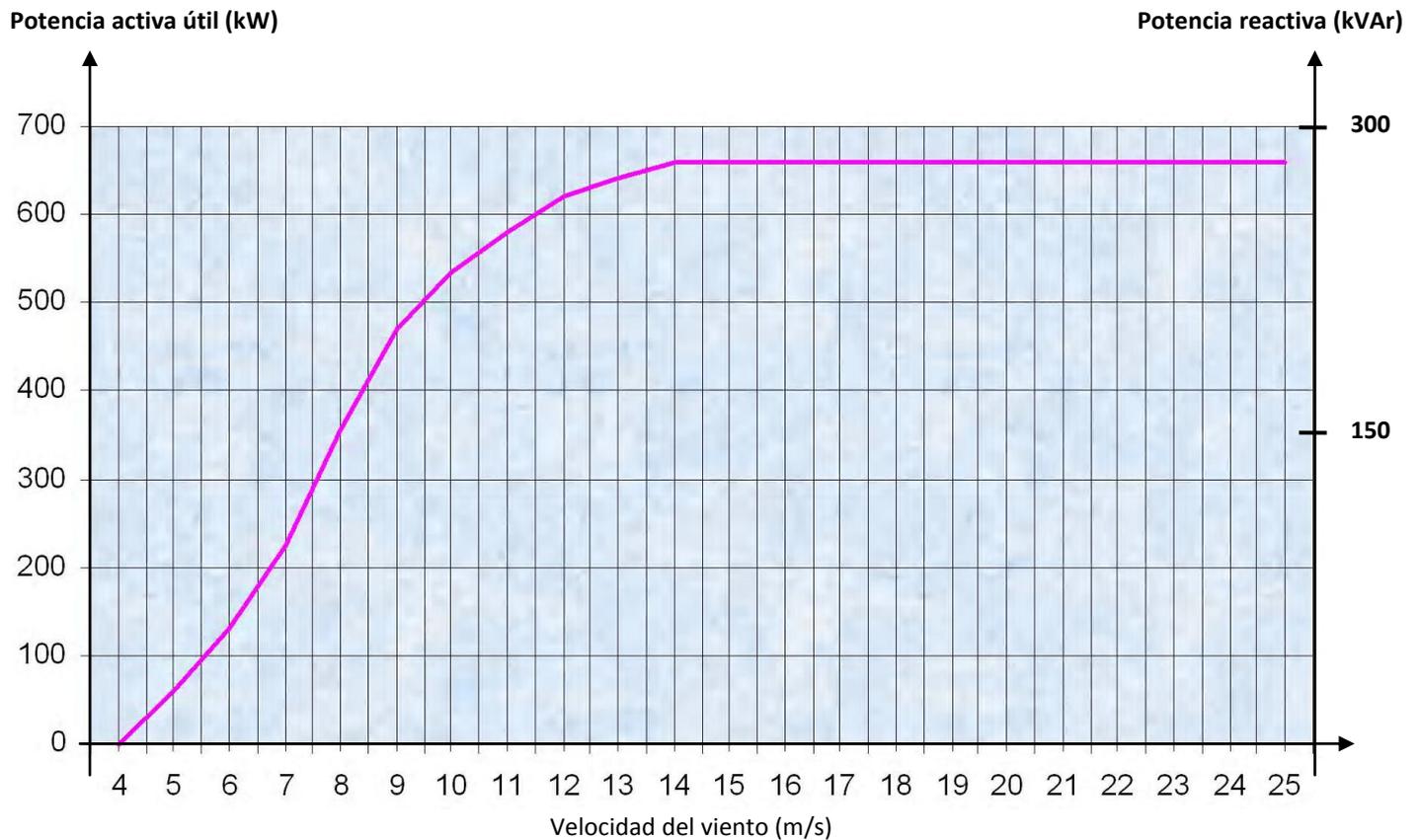
- ☛ Reportar en el esquema las referencias de las gradas de compensación, de los contactores de conmutación y de los dispositivos de protección (Disyuntor + Unidad de control). Se indicara los ajustes a realizar para cada unida de control asociada.
- ☛ Identificar y Justificar el principal interés en instalar un compensador de energía reactiva sobre un sistema de producción de energía eléctrica tipo aeromotor.

DOCUMENTO RESPUESTA 1

POTENCIA REACTIVA NECESARIA a la GENERADORA en PRODUCCIÓN

Potencia activa útil (kW)	Potencia reactiva necesaria (kVAr)
100	
200	
300	
400	
500	
600	
660	

PRODUCCIÓN FUNCIÓN de la VELOCIDAD del VIENTO

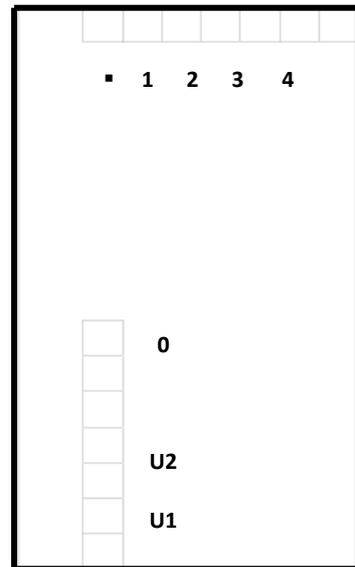
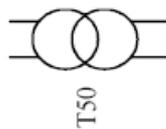
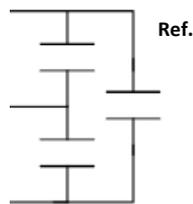
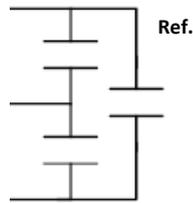
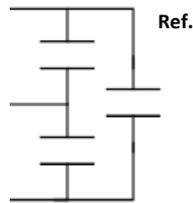
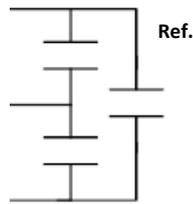
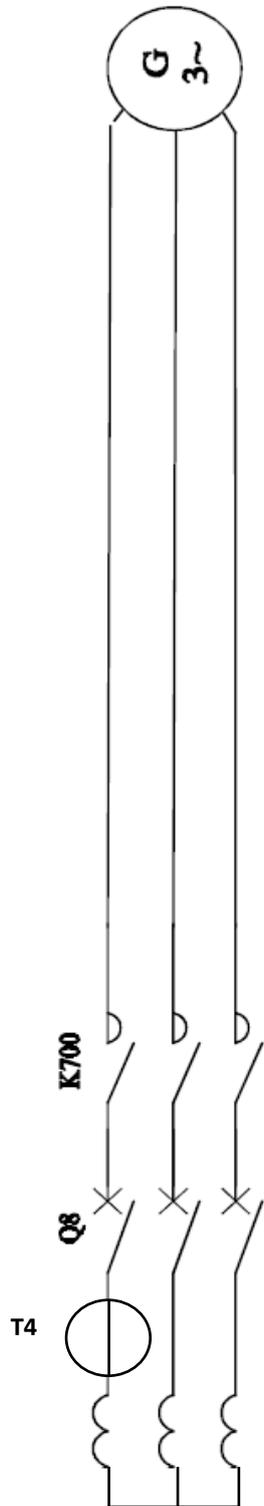


DOCUMENTO RESPUESTA 2

Generadora asincrónica

Gradas

Regulador varmétrico



VARLOGIC NRC12

ESQUEMA de CONEXIÓN del SISTEMA de COMPENSACIÓN AUTOMÁTICO