



Escuela Técnica Superior de Ingeniería ICAI
Ingeniería Electromecánica

Circuitos eléctricos de un aerogenerador offshore

Autor: Javier Correonero Bordería

Director: Juan Antonio Talavera Martín

Junio 2015



AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN ACCESO ABIERTO (RESTRINGIDO) DE DOCUMENTACIÓN

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. _____ , como _____ de la UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS (COMILLAS), **DECLARA**

que es el titular de los derechos de propiedad intelectual, objeto de la presente cesión, en relación _____ con _____ la obra _____

_____¹, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual como titular único o cotitular de la obra.

En caso de ser cotitular, el autor (firmante) declara asimismo que cuenta con el consentimiento de los restantes titulares para hacer la presente cesión. En caso de previa cesión a terceros de derechos de explotación de la obra, el autor declara que tiene la oportuna autorización de dichos titulares de derechos a los fines de esta cesión o bien que retiene la facultad de ceder estos derechos en la forma prevista en la presente cesión y así lo acredita.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad y hacer posible su utilización de *forma libre y gratuita* (*con las limitaciones que más adelante se detallan*) por todos los usuarios del repositorio y del portal e-ciencia, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución, de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra (a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión.

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia, el repositorio institucional podrá:

(a) Transformarla para adaptarla a cualquier tecnología susceptible de incorporarla a internet; realizar adaptaciones para hacer posible la utilización de la obra en formatos electrónicos, así

¹ Especificar si es una tesis doctoral, proyecto fin de carrera, proyecto fin de Máster o cualquier otro trabajo que deba ser objeto de evaluación académica



como incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.

(b) Reproducir la en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato. .

(c) Comunicarla y ponerla a disposición del público a través de un archivo abierto institucional, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.²

(d) Distribuir copias electrónicas de la obra a los usuarios en un soporte digital.³

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra que cede con carácter no exclusivo a la Universidad por medio de su registro en el Repositorio Institucional tiene derecho a:

a) A que la Universidad identifique claramente su nombre como el autor o propietario de los derechos del documento.

b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.

c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada. A tal fin deberá ponerse en contacto con el vicerrector/a de investigación (curiarte@rec.upcomillas.es).

d) Autorizar expresamente a COMILLAS para, en su caso, realizar los trámites necesarios para la obtención del ISBN.

d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

² En el supuesto de que el autor opte por el acceso restringido, este apartado quedaría redactado en los siguientes términos:

(c) Comunicarla y ponerla a disposición del público a través de un archivo institucional, accesible de modo restringido, en los términos previstos en el Reglamento del Repositorio Institucional

³ En el supuesto de que el autor opte por el acceso restringido, este apartado quedaría eliminado.



El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.
- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

a) Deberes del repositorio Institucional:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

b) Derechos que se reserva el Repositorio institucional respecto de las obras en él registradas:

- retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a de de

ACEPTA

Fdo.....



Proyecto realizado por el alumno/a:

Javier Correnero Bordería

Fdo.: Fecha://

Autorizada la entrega del proyecto cuya información no es de carácter confidencial

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Juan Antonio Talavera Martín

Fdo.: Fecha://

Vº Bº del Coordinador de Proyectos

Fernando de Cuadra

Fdo.: Fecha://



Índice

Introducción y motivación del proyecto	9
Abstract	13
PARTE I MEMORIA	15
1 Sistema de paso	17
1.1 Introducción	17
1.2 Motor y variador de velocidad	18
1.3 Control de la potencia activa generada	21
1.4 Stall control vs Pitch control.....	24
2 SAI del sistema de paso.....	27
2.1 Definición y tipos de SAI.....	27
2.2 SAI Online. Modos de actuación y dimensionamiento	28
3 Convertidor de potencia	31
3.1 Funcionamiento y elección	31
3.2 Compensación de potencia reactiva	32
4 Línea eléctrica	35
4.1 Introducción	35
4.2 Cableado del generador al convertidor	36
4.3 Cableado del convertidor al transformador.....	37
4.4 Línea entre aerogeneradores.....	38
4.5 Línea submarina	39
4.6 Línea enterrada hasta subestación	40
4.7 Transformador de distribución	41
4.8 Formulario de REE.....	41
5 Conexión, protecciones y otros equipos.....	43
5.1 Introducción	43
5.2 Estudio de faltas para dimensionamiento de interruptor automático principal	44
5.3 Falta trifásica en Caso 1.....	48
5.4 Falta trifásica en Caso 2.....	49
5.5 Interruptor automático principal	49
5.6 Interruptor de servicios auxiliares.....	51
5.7 Resto de protecciones.....	52



5.8	Selectividad de los interruptores	53
5.9	Celdas de MT	55
6	Bibliografía	58
	PARTE II PRESUPUESTO	59
	PARTE III CATÁLOGOS	61



Introducción y motivación del proyecto

La tecnología eólica marina se trata de una vertiente de la industria energética que ha ganado importancia en los últimos 20 años. Su principal ventaja respecto a los parques terrestres es que producen una mayor cantidad de energía. En primer lugar porque se trata de máquinas de gran tamaño que tienen una mayor capacidad de generación, así se compensa, en parte, su mayor coste de producción e instalación. En segundo lugar porque en las zonas marinas se calcula una velocidad de 1 m/s por encima de las zonas costeras próximas debido a que no hay obstáculos y a que la rugosidad del suelo es menor, esto significa que en un parque eólico offshore la producción de electricidad a lo largo del año es del orden de un 20% más que en tierra. Su principal desventaja es la inversión necesaria para realizar la instalación, ya que el mar no es un medio idóneo para la instalación de aerogeneradores.

Esta tecnología aún no funciona en España, pero está dando buenos resultados en otros países como Dinamarca o Reino Unido y es idónea para países con alta densidad de población o con problemas de suministro energético que deseen fomentar las energías renovables. Otra ventaja es que las zonas costeras suelen estar muy habitadas y por lo tanto son las que más electricidad consumen, de forma que las pérdidas en el transporte serían mucho menores al ser la distancia menor.

El mantenimiento y la instalación son más caros en la aerogeneración offshore, pero esto se contrarresta con una vida útil mucho más larga y una velocidad del viento mayor. De hecho se han realizado cálculos de cómo sería el resultado de realizar una instalación eólica offshore en Ribeira (A Coruña) y los resultados económicos serían mejores que los de un parque eólico tipo en España, aunque el periodo de retorno de la inversión es mayor.

Cada vez son más los países que están estudiando la construcción de parques eólicos marinos para producción de energía renovable, especialmente en la Unión Europea. Dinamarca, Reino Unido y otros países del norte están llevando a cabo políticas de energías renovables donde la aerogeneración marina juega un papel importante.

En la actualidad existen numerosos parques marinos en Europa:

El parque London Array, situado en el perímetro exterior del estuario del Támesis, en Reino Unido, es el mayor parque eólico marino operativo hasta la fecha. Su capacidad de generación es de 630MW.



El parque eólico marino Greater Gabbard es el segundo mayor del mundo por capacidad instalada, situado a 25 kilómetros de la costa de Suffolk en el Mar del Norte, Reino Unido. Su capacidad de generación es de 500MW

Bard Offshore 1, ubicado a 100 kilómetros al noroeste de la isla de Borkum en el Mar del Norte, es actualmente el tercer mayor parque eólico marino del mundo con 80 turbinas de 5 MW cada una. Su capacidad de generación es de 400MW.

Uno de los países pioneros en la producción de energía eólica marina es Dinamarca, en donde el 57% de la producción total del país proviene del viento.

Este proyecto consiste en un parque eólico marino de dos aerogeneradores. Ambos generadores pueden proporcionar una potencia de 5MW, y cuentan con la tecnología más puntera a día de hoy en parques eólicos. Se encuentran a 3.6km de la costa y el transporte de la energía se realizará mediante cables submarinos. Una vez los cables lleguen a tierra se llevarán hasta al subestación más cercana mediante conductores subterráneos.

Se estudiará el sistema de paso variable o pitch control de los aerogeneradores, los sistemas de alimentación ininterrumpida del sistema de paso, la línea de evacuación junto con otros cableados de importancia y algunas de las protecciones.

El sistema de paso o pitch control es el sistema que controla el giro de las palas sobre si mismas. A día de hoy pocos parque eólicos cuentan con sistemas de este tipo, ya que son caros y no es rentable instalarlos en aerogeneradores de potencias medias como suelen ser los de tierra. Sin embargo instalarlo en un parque offshore es una inversión justificada, ya que al tener grandes costes interesa poder extraer el máximo de potencia. Este sistema permitirá obtener una curva de potencia mucho más regular y estable que con otros sistemas y permitirá detener los aerogeneradores de una manera segura en caso de que sea necesario.

El sistema de alimentación ininterrumpida tiene por misión poder alimentar el sistema de paso durante unos minutos si se produce alguna avería. Su misión no es alimentar el sistema de paso durante un tiempo muy largo si se produce algún fallo en la alimentación, si no que tengan la autonomía suficiente para detener los aerogeneradores de una manera segura y evitar que se puedan dañar.

Es común que en los parques eólicos haya un aerogenerador a partir del cual se realiza el transporte de la energía eléctrica, pues es mucho más barato construir una única línea de transporte que una individual para cada generador. En este caso se llevará la electricidad de un aerogenerador al otro y desde éste se realizará el transporte submarino común de ambos.



Por último se dimensionarán las protecciones más importantes como el interruptor automático principal y el de servicios auxiliares y se analizarán las celdas de media tensión.

El motivo que me llevó a elegir este proyecto fue que se trata de un tema en auge y con futuro que podría serme útil en el futuro. El desarrollo de este proyecto seguro me ayudará en mi carrera como ingeniero, pues se trata de un tema práctico y útil en el que se están llevando a cabo numerosos planes de investigación.



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)



Abstract

Wind offshore generation is a part of energetic industry that has gained a lot of importance in the last 20 years. Its main advantage in comparison to onshore wind farms is that they produce a higher amount of energy. First of all because the electric machines used in this type of farms are much bigger than the onshore ones and produce more electricity. In this way, the higher investment done in offshore farms is in some way balanced.

Secondly because in the sea the wind speed is in average 1m/s higher than in ground, due to the absence of obstacles and the lower rugosity of the surface. This means that the production in an offshore park is a 20% higher than in an onshore one. Its main disadvantage is that the investment required is much higher. The reason is that the sea is not the most optimal place to build a wind farm.

This technology is not working in Spain yet, but it is giving very good results in some other European countries such as United Kingdom or Denmark and it is a good way of producing energy for countries with a high density of population or with supplying problems that want to promote renewable energies. Another advantage of this system is that coastal zones are highly populated, so the losses in transport would be much lower than carrying energy to a place inland.

The installation and the maintenance are higher in offshore farms, but this is counteracted with a longer life of the turbines and a higher wind speed. Some calculations have been done to watch the installation of an offshore farm in A Riberia (Coruña), and the economic results were better than the ones obtained in a typical wind farm in Spain, although the time for recovering the investment is longer.

The number of countries that are studying the installation of offshore wind farms is getting higher and higher, especially in Europe. Denmark, United Kingdom and other northern countries are carrying development policies in offshore generation.

There are many sea wind parks in Europe:

The London Array, which is located in the external area of the Thames, in United Kingdom, it is the hugest offshore park operating in the world. Its generation capacity is 630MW.

The offshore farm Greater Gabbard is the second hugest in the world. It is located in the coast of Suffolk, in the North Sea. Its generation capacity its 500MW.



Bard Offshore 1, placed 100km north-west from Borkum in the North Sea, is the third most important sea farm in the world with 80 turbines of 5MW each. Its generation capacity is 400MW.

One of the pioneers in investigating this technology is Denmark, where they obtain the 57% of their supply from wind.

This project studies an offshore wind farm with two generators. Both of them are able to supply a power of 5MW and they have the most developed technology for wind generators. They are situated 3.6km from the coast and the electricity transport will be done with submarine cables. Once the cables reach the ground, they will go to the closest substation by underground conductors.

The pitch control system of the generator will be studied together with the Uninterruptible Power Supplies, the electric line and some protections.

The pitch control system is the one that controls the spin of the blades over their own axis. Nowadays very few wind farms have pitch control. This is because it is a very expensive system and it may not be profitable to install it in medium-power generators like the ones onshore. But installing it in an offshore park is a very good investment. The reason is that a sea farm has very high costs and it is worthwhile extracting all the electric power that you can. The pitch control will allow the generator obtaining a much more regular and stable power curve and will permit stopping the generator in a safe way if necessary.

The UPS has the function of supplying the pitch control system for some minutes if there is any breakdown. Its objective is not supplying the pitch for a long time but giving the sufficient energy to move the blades to the correct position to stop the generator in a safe way.

In wind farms, it is quite common to have a generator from which the transport of the energy is done. This is because it is much cheaper to build a unique line than building an individual one for each generator. In this case the electricity will be carried from one generator to the other and the transport will be done by the same line.

To conclude, the most important electric protections will be studied, like the main circuit breaker or the ancillary services one. The Medium Voltage cells will also be part of the project.

The main reason that motivated me to choose this project was that it is about an interesting and actual issue that could be useful for me in the future. The development of this project will surely help me in my career as an engineer. It is a useful and practical matter in which many development investigation plans are being carried.



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

PARTE I MEMORIA



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)



1 Sistema de paso

1.1 Introducción

El sistema de regulación por cambio del ángulo de paso de la pala, también conocido como sistema de paso variable o Pitch Control, permite girar las palas del aerogenerador alrededor de su eje longitudinal de manera que, dependiendo de las condiciones del viento, se pueda maximizar la eficiencia del rotor. Este sistema será muy útil a bajas velocidades (que es donde más horas de producción suele haber), ya que nos permitirá extraer el máximo de potencia.

Si el sistema de paso variable funciona mediante motores eléctricos (en este caso, motores de inducción de jaula de ardilla), será necesario que sean autónomos en caso de haber cualquier desconexión o problema con la alimentación. Para ello contarán con una serie de baterías que permitirán que los motores sigan funcionando en caso de producirse cualquier fallo o problema. Una vez el sistema haya sido restaurado no será necesaria la utilización de estas baterías hasta que se produzca una nueva avería.

Existen dos tipos de sistemas de paso o pitch:

Sistema de pitch independiente: un accionamiento eléctrico para cada pala

Sistema de pitch dependiente: un único accionamiento para las tres palas

El sistema de paso elegido será un sistema de Pitch independiente. Esto tiene numerosas ventajas con respecto a un sistema de Pitch dependiente. En el caso de un sistema dependiente, solamente se utiliza un accionamiento para las tres palas, lo que abarataría el coste del aerogenerador. Sin embargo, en caso de velocidades excesivas del viento, si se quisiera parar el aerogenerador por motivos de seguridad y el accionamiento de paso estuviera estropeado, habría que utilizar un freno mecánico para detener el rotor.

El sistema independiente permite la extracción de potencia nominal para velocidades de viento mayores a la nominal. Además, cuando la potencia generada es excesiva, las palas pueden girar sobre su eje longitudinal hasta adoptar la posición de bandera (se ponen "paralelas" al viento). En este caso, la resistencia al viento es mínima, y también lo son el par ejercido y la potencia generada, por lo que el aerogenerador se pararía sin necesidad de utilizar otros frenos.

Además, si fallase el accionamiento de una de las palas las otras dos podrían ir a posición de bandera y esto sería suficiente para detener el aerogenerador.



1.2 Motor y variador de velocidad

El sistema de paso será accionado mediante un motor de inducción unido a un variador de velocidad. Ambos, mediante un control V/f y una reductora harán girar cada una de las palas del generador.

El motor elegido para accionar cada una de las palas será un motor de inducción de jaula de ardilla M2AA 200 MLB 2 de la marca ABB. Sus características son las siguientes.

P_N	37kW
U_N	400V
f_N	50Hz
n_N	2947rpm
I_N	63.4A
Factor de potencia	0.89
Par nominal	119Nm
Rendimiento	92.45%
Peso	186kg

Este motor irá unido a una reductora. Ambos harán girar un piñón que engrana con una corona dentada solidaria a la pala (corona de paso). Existe una corona para cada pala.

La intensidad que tendrá que soportar este motor será de:

$$I = \frac{37kW}{400 * \sqrt{3} * 0.9} = 59.34A$$

Esta intensidad es menor que la I_N del motor (63.4A), por lo que en condiciones nominales no habrá ninguna sobreintensidad.

El cable que conectará la máquina de inducción de jaula de ardilla con el variador de velocidad será el siguiente:

Fabricante	General Cable
Modelo	GENLIS-F H07V-K
Código	1174113
Aislamiento	Policloruro de vinilo
Sección	35mm ²
Intensidad admisible	86A
Peso	340 kg/km
Máxima temperatura de operación	70°C



La intensidad admisible de este cable viene diseñada para trabajar a 40°C, sin embargo, se podrán llegar a producir temperaturas de 50°C en el interior de la góndola, por lo que habrá que aplicar el siguiente factor de corrección a los cables:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40}} = \sqrt{\frac{70 - 50}{70 - 40}} = 0.8165$$

Por lo que la máxima intensidad admisible por el cable es de:

$$I = 86 * 0.8165 = 70.22A$$

Se utilizará por tanto un único cable por fase.

Por otra parte, se quiere que la velocidad de giro de las palas sea variable, y esto puede lograrse de dos maneras:

- Tener dos generadores con sus respectivas reductoras que funcionen a velocidades distintas
- Contar con un sistema de variación de velocidad de giro

Se ha optado por elegir un sistema con el que se pueda controlar la velocidad de giro de las palas. De esta manera, se podrán realizar modificaciones del ángulo a la velocidad deseada para poder corregir con la máxima precisión la posición de las palas.

Para ello, se utilizará el variador electrónico de velocidad VAT300 de la compañía General Electric, cuyas características son las siguientes:

Modelo	VAT300-Variador CA multifunción
UN	400V
Servicio normal: Potencia de entrada	51KVA
Servicio normal: Intensidad de salida	73A
Servicio normal: Potencia motor	37KW
Servicio normal: Pérdidas	1000W
Peso	23Kg

El variador, mediante un control V/f, controlará la velocidad del motor de inducción para controlar, implícitamente, la velocidad de giro de las palas. Con este sistema, lo que se consigue, es poder controlar la frecuencia eléctrica manteniendo el flujo λ de la máquina en valor 1pu, ya que si el flujo es mayor a este valor, la máquina se satura, y si es inferior se estaría desaprovechando la máquina. Por lo tanto, siempre que se varíe



la frecuencia se variará la tensión y viceversa. Al controlar la frecuencia eléctrica, se controla la velocidad del motor y por tanto la frecuencia mecánica de giro, ya que:

$$\omega_{mec} = \frac{\omega_{elec}}{P}$$

Donde P es el número de pares de polos de la máquina de inducción.

El variador admite una sobrecarga del 120% durante 60 segundos y un rango de frecuencias hasta 65Hz, que si se pasa a valores unitarios da una frecuencia de 1.3 pu. La gráfica V/f del sistema motor+variador será así:

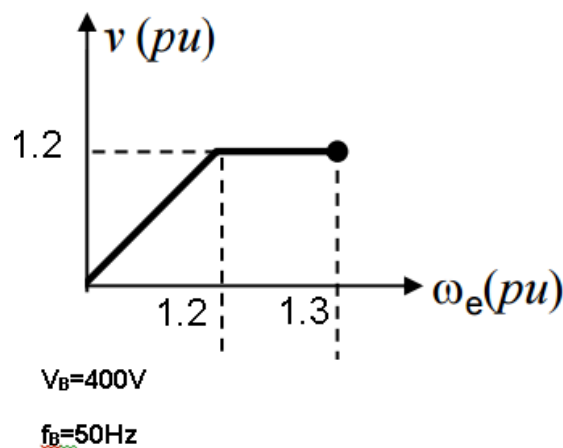


Fig1. Gráfica V/F motor+variador

El variador VAT300 tiene unas pérdidas de 1000W, algo que habrá que tener en cuenta a la hora de dimensionar el SAI. Estas pérdidas se deben al autoconsumo del variador para funciones como la ventilación y a las propias pérdidas eléctricas ya que su eficiencia no es del 100%.

El sistema de regulación de paso está basado en la utilización de un PLC (computadora usada en la ingeniería para automatizar procesos electromecánicos). Mediante este sistema de control se podrá conocer el estado del aerogenerador en todo momento, y en función de ello, tomar las decisiones adecuadas.

El sistema de control posee sensores que monitorizarán las variables más relevantes como pueden ser la velocidad del viento, revoluciones por minuto en el eje, vibraciones o perturbaciones. Dependiendo de estas variables, se obtendrá el ángulo óptimo de la pala mediante un algoritmo que proporcionará un control PI



(Proporcional integral). Una vez recogidos los datos en el sistema de control, se enviarán las órdenes más adecuadas.

En lo sucesivo, el sistema de control no se mencionará ni estudiará a fondo ya que no es el objeto de este proyecto.

1.3 Control de la potencia activa generada

Aunque el generador principal no es parte de este proyecto, se presentarán algunas de sus características para un mejor entendimiento de este capítulo:

Generador	Síncrono de imanes permanentes
Potencia nominal	5MW
Velocidad nominal	12rpm
Necesidad de reductora/multiplicadora	NO

La potencia producida por el viento en un aerogenerador depende de la siguiente fórmula:

$$P = C_p \times \eta \times \frac{1}{2} \rho \times \pi R^2 \times V^3$$

Donde ρ es la densidad del aire, πR^2 es el área barrida por las palas del aerogenerador, V es la velocidad del viento en metros por segundo, η es el rendimiento del conjunto generador y C_p es el coeficiente de potencia (la fracción de energía eólica que se convierte en energía eléctrica)

Al ser el generador de imanes permanentes de baja velocidad, la turbina y el generador se hallan unidos de manera estructural, de manera que no hay que incluir ninguna multiplicadora, como sería en el caso de un generador asíncrono. Esto repercute en un menor desgaste, lo cual reduce los requerimientos de mantenimiento, rebaja los costes del ciclo de vida y repercute en una mayor duración de la máquina. El conjunto tendrá una mayor eficiencia, ya que se eliminan las pérdidas que pudieran producirse debido al rendimiento de la multiplicadora, será más robusto y tendrá una mayor fiabilidad.

Es importante controlar la velocidad a la que gira el rotor, ya que la fuerza centrífuga que sufren las aspas depende cuadráticamente de la velocidad, lo que hace que éstas sean sensibles a la sobrevelocidad. En caso de que el eje comience a sufrir sobrevelocidad, es importante contar con un sistema que pueda frenar la velocidad de giro.



El sistema de paso o Pitch será el encargado de controlar la velocidad de giro del rotor. El sistema de paso, como ya se ha mencionado anteriormente, cuenta con un sistema formado por un motor de inducción junto con un variador, que puede girar las palas del aerogenerador a placer.

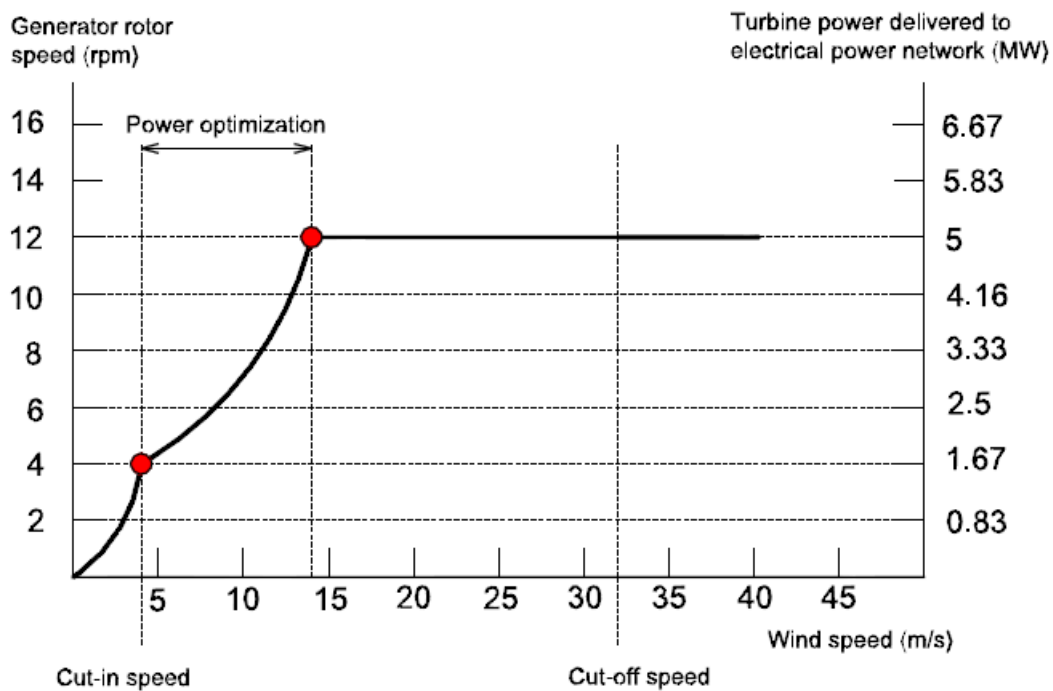


Fig2. Curva de potencia extraída con sistema de Pitch

El generador principal está diseñado de tal manera que por debajo de una determinada velocidad del viento (cut-in speed, que en este caso es 4m/s) no se pone en marcha. Cuando se alcanza el punto de cut-in speed, el sistema de paso del aerogenerador gira las palas y las pone a ángulo de paso 0°, que es el ángulo donde se maximiza la obtención de energía del viento. Durante todo el proceso de optimización, las palas permanecen en su ángulo óptimo 0°. Esto se debe a que el proceso de arrancar el generador es el que más trabajo conlleva, y es por ello que las palas se sitúan en el ángulo óptimo, para poder arrancar e ir aumentando la velocidad a medida que aumenta la velocidad del viento.

Cuando el viento sopla a 14m/s, el generador síncrono de imanes permanentes girará a 12 rpm, velocidad para la cual el generador da su potencia nominal (5MW). A partir de este momento, las palas comienzan a aumentar su ángulo de paso para poder mantener la velocidad de la máquina constante, es decir, dejan de estar en su ángulo



óptimo. Se puede llegar a pensar que esto es un desaprovechamiento del generador, sin embargo, si a partir de ese punto las palas se mantuvieran en su ángulo óptimo, el aerogenerador podría entrar en sobrevelocidad lo que conllevaría un riesgo para muchos de sus componentes.

Con esta variación del ángulo de paso, se consigue mantener la velocidad y la potencia generada constantes. Para la velocidad de 30m/s, el ángulo de paso de las palas se encuentra en unos 25°. Si el viento comienza a soplar a una velocidad superior a 30-32m/s, el aerogenerador llegará a la cut-off speed. Al llegar a este punto, las palas se situarán en posición de bandera a 90° (paralelas al viento). Esto hará que la fuerza que el viento ejerce sobre las aspas sea mínima y este se parará sin necesidad de emplear ningún freno de tipo mecánico o bloqueo.

No obstante, el generador cuenta con un freno mecánico de seguridad por si el sistema de paso fallara, por lo que tendrá un sistema de freno aerodinámico (sistema de paso) y un sistema de freno mecánico.

Obsérvese que durante la “optimización de la potencia extraída” la forma de la curva es cúbica. Esto se debe a que la potencia extraída depende cúbicamente de la velocidad, según la fórmula vista arriba.

En las siguientes figuras se puede ver la sección de la pala del aerogenerador para las posiciones óptima y de bandera con respecto al viento:

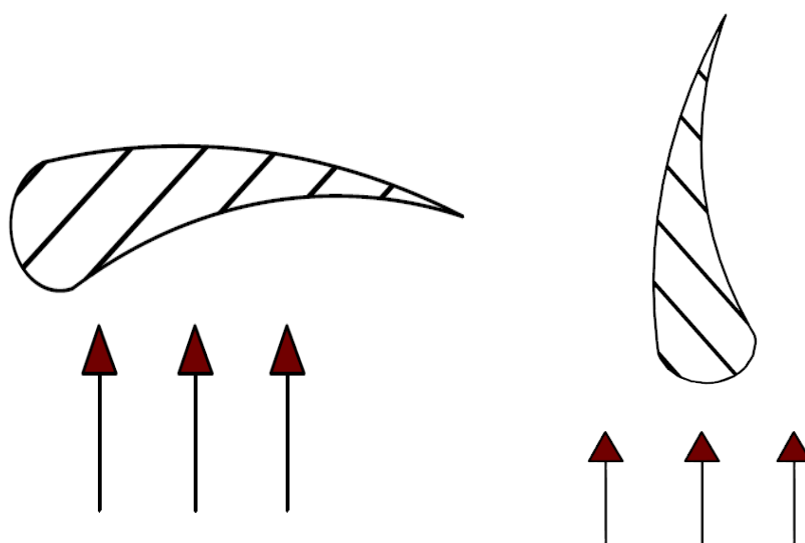


Fig 3. Posiciones de ángulo óptimo de paso (izda) y de bandera (dcha)



Ambas figuras están representando distintas posiciones de la sección de la pala con respecto al viento.

En la figura de la izquierda la pala se encuentra en su posición óptima con ángulo de paso 0° , es decir, es la posición en la que se encuentra durante el arranque y durante el proceso de optimización.

En la figura de la derecha la pala se encuentra en posición de bandera con ángulo de paso 90° . Esta es la posición a la que se llevan las palas cuando se quiere que hagan resistencia “cero” con respecto al viento, es decir, es la posición a la que se llevan las palas cuando se quiere detener el aerogenerador.

Que el ángulo de la posición óptima de la pala se llame ángulo de paso 0° y el ángulo de posición de bandera se denomine de 90° puede ser confuso, ya que en la imagen se ve claramente como el viento incide de manera perpendicular y paralela a la pala, respectivamente.

Esto se debe a que el ángulo de paso se establece respecto al plano de rotación, y no respecto al ángulo de incidencia con el viento.

1.4 Stall control vs Pitch control

Los aerogeneradores de este parque contarán con el sistema de pitch mencionado anteriormente. Este sistema se suele utilizar en aerogeneradores de gran potencia o en parques de muy alta calidad para maximizar la potencia extraída. Sin embargo, no todos los parques cuentan con este sistema, ya sea porque no es necesario instalarlo dadas las características del parque o porque la empresa que lo construye no ve rentable una inversión de un sistema tan caro.

La mayoría de los parques eólicos actuales cuentan con aerogeneradores que se regulan mediante el sistema de stall control o pérdida aerodinámica.

Con este sistema se consigue que cuando la velocidad del viento supere la nominal, a la cual se extrae la potencia nominal, el aerogenerador comience a entrar en pérdida de manera que limite la potencia a extraer.

Este tipo de regulación se utiliza generalmente en máquinas de velocidad constante con generador asíncrono. Actualmente la mayoría de los aerogeneradores tripala de media potencia regulan la potencia eléctrica de salida de ésta manera. Este sistema obliga a utilizar aerofrenos para evitar posibles embalamientos ya sea por excesiva velocidad de viento o por mal funcionamiento. Los aerofrenos son dispositivos situados en la punta de la pala, que se abren cuando la velocidad del rotor supera un valor de seguridad, siendo su cierre automático desde el sistema de control. Estos



dispositivos ofrecen la resistencia aerodinámica suficiente para reducir la velocidad de rotación a un nivel seguro.

Las ventajas de este sistema son la ausencia de sistemas hidráulicos o eléctricos y de grandes partes móviles, con el aumento de fiabilidad y disminución de costes que ello conlleva. Este sistema permite el diseño de bujes más sencillos y palas de una única pieza. Como inconveniente está la obtención de una curva de potencia menos regular para valores de viento superiores al nominal si lo comparamos con sistemas de regulación de paso variable.

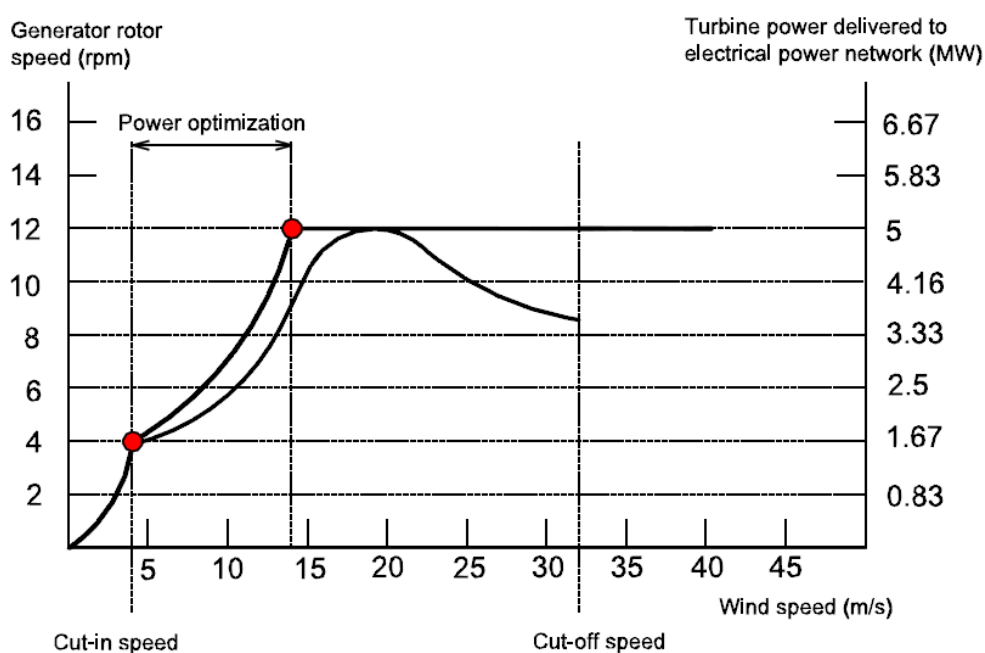


Fig 4 Curva de Potencia Pitch Control vs Stall Control

Como se observa en la imagen, aproximadamente a partir de la velocidad nominal de viento el aerogenerador comienza a entrar en pérdida aerodinámica, esto no es más que otro método de disminución de la velocidad de rotación para poder proteger los componentes del generador, sin embargo presenta el inconveniente de que para altas velocidades de viento la extracción de potencia es menor a la nominal.

La instalación de un sistema de pitch en el parque offshore que se está tratando está completamente justificada, ya que al tratarse de aerogeneradores de gran potencia que se encuentran en un lugar poco accesible se tratará de maximizar la potencia extraída. Además de esto, las condiciones de viento en el mar son mejores y más regulares que en tierra, algo que hace que la utilización de este sistema en el mar sea óptima.



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)



2 SAI del sistema de paso

2.1 Definición y tipos de SAI

Como ya se ha mencionado anteriormente, será necesario un sistema de baterías o alimentación ininterrumpida para el sistema de paso por si se produjera algún incidente en la red.

Un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI ó UPS) es un dispositivo que gracias a sus baterías u otros elementos almacenadores de energía, puede proporcionar energía eléctrica durante un tiempo limitado a todos los dispositivos que tenga conectados en caso de corte de energía, caída de tensión u otras faltas como inestabilidad de la frecuencia, picos de tensión o sobretensiones. Otras de las funciones que tienen estos dispositivos es la de mejorar la calidad de la energía eléctrica que llega a las cargas, filtrando subidas y bajadas de tensión y eliminando armónicos de la red en el caso de usar corriente alterna.

Los SAI dan energía eléctrica a equipos llamados cargas críticas, como pueden ser aparatos industriales. Las cargas críticas requieren tener siempre alimentación de calidad, debido a la necesidad de estar en todo momento operativos y sin fallos (picos o caídas de tensión). En este caso las cargas críticas serán el motor y el variador del sistema de paso, pues se requerirá que puedan funcionar en cualquier momento por motivos de seguridad.

El SAI posee en su interior una serie de baterías que son las que proporcionarán la autonomía del sistema en caso de cualquier falta. Las baterías funcionan con corriente continua, por lo que el SAI contará con un inversor que permitirá transformarla en alterna para poder alimentar el motor y el convertidor.

Actualmente se pueden encontrar tres tipos de SAI:

- SAI offline
- SAI interactivo
- SAI online

El SAI offline únicamente empezará a funcionar cuando detecte un fallo de corriente. En ese momento comenzará a suministrar la energía que ha ido almacenando en sus baterías. Estos SAI son recomendables para las zonas que disponen de una red estable ya que al no realizar ningún filtrado de la corriente, solo protegen ante una interrupción brusca de la corriente (apagón eléctrico). Se descarta para esta aplicación ya que el mar es un lugar de difícil acceso y puede haber condiciones poco estables.



Un SAI Interactivo es parecido al SAI Off-Line pero incorpora un microprocesador que controla las fluctuaciones de la red en $\pm 15\%$, regulando la tensión de salida (AVR Integrado). Este proceso de filtrado y mejora continua de la corriente que llega a los dispositivos conectados al SAI se realiza sin que entren a funcionar las baterías, por lo que la protección con un SAI interactivo es mayor aún sin sufrir apagones. Es el considerado como adecuado para equipos de gama baja y media.

El SAI On-Line realiza una doble conversión de la energía eléctrica que recibe, transformándola en continua y después a alterna de nuevo (re-generan la onda alterna continuamente), eliminando de esta manera posibles problemas como desplazamientos de frecuencia. Un SAI On-Line siempre proporciona energía eléctrica directamente desde sus baterías mientras estas se van cargando de la red, y esto es lo que garantiza que la protección contra cualquier problema de la red eléctrica sea total. Tiene muy alta fiabilidad y por ello se destina para proteger servidores o equipos industriales.

Se tomará por tanto un SAI On-Line que lleve integrado un AVR (Automatic Voltage Regulator). Un AVR es un un equipo que acepta un rango de voltaje de entrada variable pero suministra una tensión constante en su salida.

2.2 SAI Online. Modos de actuación y dimensionamiento

El esquema que se muestra debajo es el esquema típico de un SAI-Online. Como se puede observar, el SAI cuenta con tres líneas o modos:

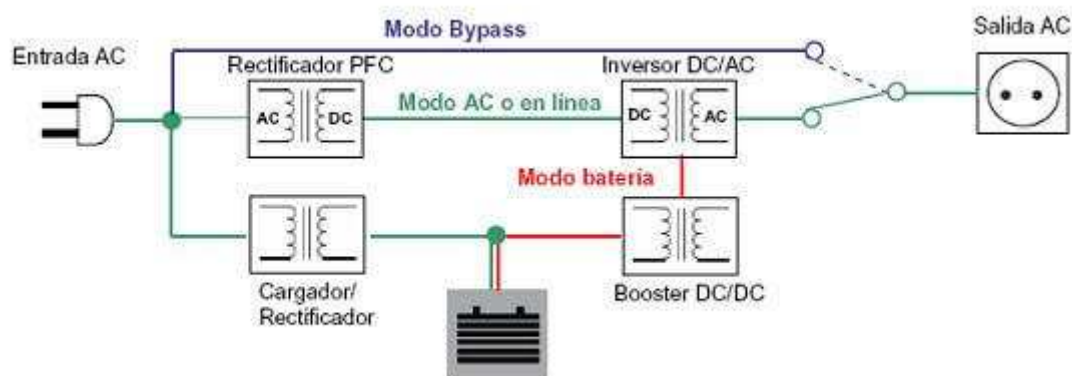


Fig 5 . Esquema típico de un SAI Online



Modo Bypass: el modo bypass no es más que la conexión directa de la red a la carga. El modo Bypass se utiliza cuando el inversor no puede seguir alimentando la carga por alguno de los siguientes motivos:

- Hay un daño el Inversor
- Hay una sobrecarga en el inversor
- Hay sobretemperatura en el equipo

Si alguna de estas situaciones se produjese, el interruptor que se encuentra a la derecha se conectaría a la línea de bypass para dejar descansar al equipo y las cargas quedarían directamente conectadas a la red.

Modo AC o en línea: en este modo, la tensión que llega de la red es transformada a corriente continua en el rectificador, para más adelante volver a ser convertida en corriente alterna en el inversor. La finalidad de esto es eliminar cualquier tipo de perturbación que pueda haber en la red.

Modo batería: esta línea será la que se utilizará en caso de que haya un apagón en la red y sea necesario utilizar el sistema de baterías. Cuenta con un Cargador/Rectificador y un Booster DC/DC. El cargador/rectificador hará que se derive constantemente una pequeña corriente de salida que mantendrá las baterías cargadas. El convertidor de Boost o Booster DC/DC es un convertidor que da a su salida una tensión regulada continua mayor que a su entrada. Una vez la corriente ha pasado por el Booster, se dirige al inversor para poder ser transformada en corriente alterna para la posterior alimentación de las cargas.

La capacidad de suministro del SAI deberá ser la del total de las cargas que tenga conectadas más un 20% de ese consumo debido a posibles picos que puedan aparecer. En este caso, el SAI tendrá conectado un motor de inducción de 37kW y un variador que presenta unas pérdidas pequeñas. Por tanto la potencia que deberá tener el sistemas de alimentación ininterrumpida será:

$$P = S * \cos \phi \rightarrow S = \frac{P}{0.9} = 41.11\text{KVA}$$

La potencia total mínima que debe tener el SAI debe ser de:

$$S = 41.11 + 20\% = 49.332\text{kVA}$$

El SAI escogido será el FluxPower HPI de la compañía AEG Power Solutions, con las siguientes características.



Compañía	AEG Power Solutions
Modelo	FluxPower HPI
Potencia	60kVA
Tensión de entrada	400V (seleccionable)
Tensión de salida	400V(seleccionable)
Frecuencia	50-60Hz (seleccionable)
Sobrecarga	100-125% -10min; 150%-1min;
Rendimiento (on-line)	94.6%
Factor de potencia	0.99
Medidas (mm)	815 x 1670 x 825

Se instalarán en total tres SAI, uno por cada pala, lo que dará una potencia total de 180kVA. Estos tres sistemas tendrán una autonomía suficiente para garantizar que el aerogenerador podrá ser llevado a parada mecánica en caso de cualquier avería, ya que el sistema de paso tiene una importancia relevante en este asunto.



3 Convertidor de potencia

3.1 Funcionamiento y elección

El constante progreso y evolución de la ciencia y la tecnología ha provocado en los últimos años un fuerte cambio en la conexión de cargas a la red eléctrica. Desde la década de los 70, son cada vez más los equipos que utilizan los convertidores como nexo con la red eléctrica.

Los convertidores son elementos capaces de alterar las características de tensión y la corriente que reciben, transformándola de manera optimizada.

Un convertidor es un dispositivo que permite transformar unas señales eléctricas de entrada en otras señales eléctricas de salida con características diferentes. Lo que hace este convertidor es transformar la corriente alterna variable del generador en corriente continua, y a continuación en corriente alterna fija de 50Hz. El generador funcionará a una velocidad variable comprendida entre 6 y 12rpm. Esto implica que la frecuencia de giro será variable, y por lo tanto también lo serán la tensión y la frecuencia, por lo que será necesario un convertidor que pueda estabilizar los valores de ambas magnitudes para poder conectar el sistema a la red. El convertidor fijará la tensión de salida a 690V y la frecuencia a 50Hz, que es la frecuencia de red. A continuación habrá un transformador elevador de tensión para la distribución.

Un convertidor funciona básicamente como un conjunto rectificador-inversor, en el que el rectificador transforma la corriente a DC para que más tarde el inversor la vuelva a transformar a AC. De esta manera, se logra eliminar las imperfecciones que pueda tener la corriente al transformarla a DC, y se obtiene una señal AC de buena calidad.

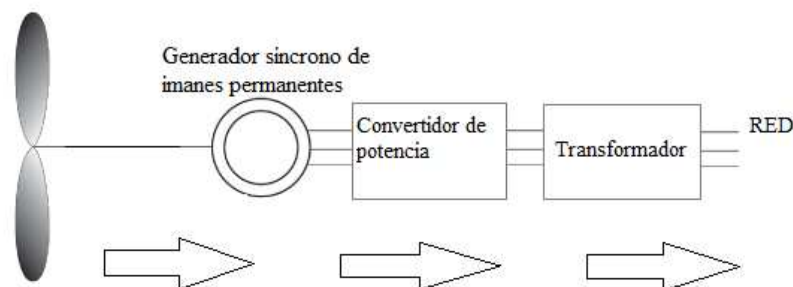


Fig 6. Esquema básico de generación con convertidor



Aquí se puede ver una imagen de la conexión de la turbina con el generador, el convertidor y el transformador. Tras el generador síncrono se encuentra el convertidor de potencia y más adelante el transformador para elevar la tensión y proceder a su distribución por la red. El flujo de energía en el caso de generación de energía eléctrica es el indicado en las flechas de la imagen.

El convertidor elegido ha sido el ACS800-67LC de la compañía ABB, diseñado especialmente para aerogeneradores. Sus características son las siguientes:

Modelo	ACS800-87LC
Un	690V
Pn	6MW
Eficiencia	96.5%
Refrigeración	Líquida
Frecuencia	50/60Hz

La intensidad admisible por este convertidor será:

$$I = \frac{6MW}{\sqrt{3} * 690} = 5020A$$

Bastará con instalar un único convertidor, ya que la intensidad que soporta es mayor que la nominal.

El convertidor será capaz de registrar una referencia de par, referencia de potencia activa generada, referencia de potencia reactiva, referencia de tensión, valor instantáneo del par, velocidad, potencia activa y potencia reactiva, detección de faltas y tendrá capacidad para dar la alarma ante cualquier fallo. A través de la comunicación remota y del software específico de este convertidor, se podrán monitorizar todas las variables mencionadas en un ordenador.

3.2 Compensación de potencia reactiva

Muchos sistemas necesitan también un compensador de potencia reactiva que iría situado entre el generador y el transformador. Algunos de los problemas que puede ocasionar la reactiva son:

- Incremento de pérdidas en los conductores debido a su calentamiento, lo que acelera el deterioro de los aislamientos.



- Sobrecarga de transformadores y generadores. El exceso de corriente debido a un bajo factor de potencia origina que generadores y transformadores trabajen con cierto grado de sobrecarga
- Aumento de la caída de tensión. El aumento de la intensidad de corriente debido al bajo factor de potencia puede producir una mayor caída de tensión, resultando un insuficiente suministro de potencia a las cargas.

El convertidor de potencia ACS800-87LC ya incluye un sistema de compensación de reactiva, por lo que no será necesario instalar uno.

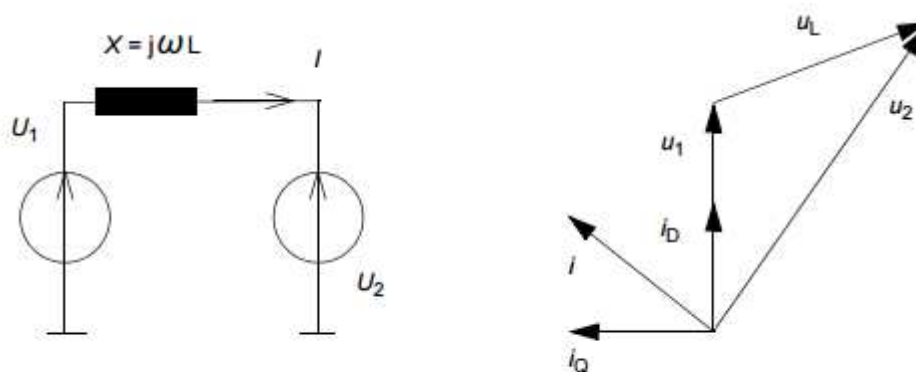


Fig 7. Diagrama fasorial para comprensión de potencia reactiva

En la imagen, una de las fuentes se corresponde con la red eléctrica, y la otra se corresponde con el lado-red del convertidor. Los voltajes e intensidades se presentan como vectores. Cuando la potencia reactiva transferida entre los dos puntos es cero, el vector intensidad y el vector tensión de la red tienen la misma dirección. En la figura que se muestra, la intensidad tiene carácter capacitivo, ya que va adelantada con respecto a la tensión.

La función principal del convertidor es controlar la transferencia de potencia entre la red y el lado generador. El sistema de control está dividido en dos partes.

- Controlador de flujo: el controlador de flujo controla la longitud del vector flujo (que es la integral del vector tensión) que tiene influencia en la potencia reactiva.
- Controlador de par: básicamente controla el ángulo de transferencia de potencia (ángulo δ entre U_1 y U_2).



$$P = \frac{U_1 U_2}{X} \sin \delta \quad Q = \frac{U_1^2}{X} - \frac{U_1 U_2}{X} \cos \delta$$

Si el ángulo δ es cero, U_1 y U_2 serán iguales, y tanto las pérdidas por potencia activa como por reactiva serán cero.



4 Línea eléctrica

4.1 Introducción

La línea de evacuación de este parque eólico se realizará con una configuración de aerogenerador de fin de línea. Las líneas de ambos generadores se encontrarán en un punto común desde el cual se realizará el transporte a MT hasta tierra firme y una vez ahí se llevará una línea subterránea hasta la subestación más cercana.

Las longitudes de las líneas son:

Submarina entre aerogeneradores	786m
Submarina entre primero y tierra	3609m
Subterránea hasta subestación	1078m

El transporte se realiza a MT 20 kV en corriente alterna con el objetivo de reducir las pérdidas y la caída de tensión. También se podría haber realizado a alta tensión (220kV ó 400kV), pero al tratarse de una línea no demasiado larga la opción de 20 kV es aceptable.

El transporte se podría haber realizado en corriente continua, pero para que esta solución fuese rentable se tendría que haber transportado la corriente a muy alto voltaje (400kV) y en largas distancias. Al tratarse de una línea de unos escasos 4km, el transporte se realizará en corriente alterna.

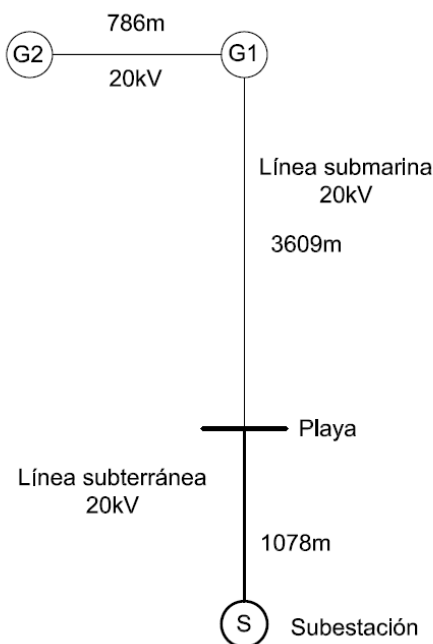


Fig 8. Distribución espacial de los aerogeneradores



4.2 Cableado del generador al convertidor

El generador posee una tensión nominal de 690V, por lo que la intensidad por fase que circulará en las inmediaciones del generador en condiciones nominales será:

$$P = U_f * I * \cos \phi$$

Siendo:

$$U_{ff} = 690V$$

$$U_f = 400V$$

$$\cos \phi = 0.9$$

$$P = 5/3MW = 400 * I * 0.9$$

$$I = 4630A$$

Esta intensidad será la que circulará desde el generador al convertidor por cada fase.

En esta parte del circuito se tomará un cable con las siguientes especificaciones:

Fabricante	General Cable
Modelo	Exzhellent XXI RZ1-K
Código	1992123
Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE)
Sección	500mm ²
Intensidad admisible	889A
Peso	5055 kg/km
Máxima temperatura de operación	90°C

La intensidad admisible de este cable viene diseñada para trabajar a 40°C, sin embargo, se podrán llegar a producir temperaturas de 50°C en el interior de la góndola, por lo que habrá que aplicar el siguiente factor de corrección a los cables:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40}} = \sqrt{\frac{90 - 50}{90 - 40}} = 0.894$$

Por lo que la máxima intensidad admisible por el cable será:

$$I = 889 * 0.894 = 794.76A$$

Al tratarse de una intensidad muy grande, se realizará un paralelo de cables para repartir la intensidad. El número de conductores necesarios será:



$$\frac{4630}{794.76} = 5.82$$

Se requerirán 6 cables en paralelo por fase por cada uno de los cuales circularán 771.66A

4.3 Cableado del convertidor al transformador

El convertidor hará que la tensión y la frecuencia sean constantes una vez hayan pasado por él, ajustandólos a los valores de 690V y 50Hz respectivamente. La intensidad que circulará por cada una de las fases será de:

$$P = U_f * I * \cos \phi$$

$$U_{ff} = 690V$$

$$U_f = 400V$$

$$\cos \phi = 0.9$$

$$P = 5/3MW = 400 * I * 0.9$$

$$I = 4630 A$$

Esta intensidad es la que circulará entre el convertidor y el transformador de distribución. Al tratarse de una intensidad muy grande, se realizará un paralelo de cables con la finalidad de poder repartir esta intensidad.

En esta parte del circuito se tomará un cable con las siguientes especificaciones:

Fabricante	General Cable
Modelo	Exzhellent XXI RZ1-K
Código	1992123
Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE)
Sección	500mm ²
Intensidad admisible	889A
Peso	5055 kg/km
Máxima temperatura de operación	90°C

La intensidad admisible de este cable viene diseñada para trabajar a 40°C, sin embargo, se podrán llegar a producir temperaturas de 50°C en el interior de la góndola, por lo que habrá que aplicar el siguiente factor de corrección a los cables:



$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40}} = \sqrt{\frac{90 - 50}{90 - 40}} = 0.894$$

Por lo que la máxima intensidad admisible por el cable es de:

$$I = 889 * 0.894 = 794.76A$$

El número de conductores necesarios será de:

$$\frac{4630}{794.76} = 5.82$$

Se requerirán 6 cables por fase por cada uno de los cuales circularán 771.6A

4.4 Línea entre aerogeneradores

El transporte de la energía eléctrica se realizará en una sola línea común, por lo que las líneas de ambos aerogeneradores se juntarán en un punto común a partir del cual comenzará la línea submarina. Habrá por tanto otra línea de menor longitud que llevará el cableado de un aerogenerador al otro.

$$P = U_f * I * \cos \phi$$

$$P = 5/3 MW$$

$$U_f = 20 kV$$

$$U_f = 11.54 kV$$

$$\cos \phi = 0.9$$

$$I = 160.5 A$$

Circularán 160.5A por cada fase.

En esta parte del circuito se tomará un cable con las siguientes especificaciones:

Fabricante	General Cable
Modelo	EXZHELLENT-MAR P1/P8 TFOU
Código	7472314
Aislamiento	Polietileno reticulado LSF
Sección	3x50mm ²
Intensidad admisible	167 A
Peso	2245 kg/km
Máxima temperatura de operación	90°C



La intensidad admisible de este cable viene diseñada para trabajar a 40°C, sin embargo, la temperatura máxima del agua será de 26°C, por lo que habrá que aplicar un factor de corrección para temperatura ambiente distinta de 40°C:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40}} = \sqrt{\frac{90 - 26}{90 - 40}} = 1.131$$

Por lo que la máxima intensidad admisible por el cable será de:

$$I = 167 * 1.131 = 188.9A$$

Se utilizará por tanto un conductor por fase. La longitud de esta línea será de 786m

4.5 Línea submarina

Una vez que la línea de ambos aerogeneradores se hayan unido, habrá una línea de 3609m hasta la costa más cercana.

Esto quiere decir que las intensidades por fase de ambos aerogeneradores se sumarán, lo que hará que se tenga una intensidad de 321A por fase.

Para el cableado de esta línea se utilizarán los mismos conductores del apartado anterior con la única diferencia de que la sección será de 120mm².

Fabricante	General Cable
Modelo	EXZHELLENT-MAR P1/P8 TFOU
Código	7472317
Aislamiento	Polietileno reticulado LSF
Sección	3x120mm ²
Intensidad admisible	301 A
Peso	5630 kg/km
Máxima temperatura de operación	90°C

La intensidad admisible de este cable viene diseñada para trabajar a 40°C, sin embargo, la temperatura del agua será como máximo de 26°C, por lo que habrá que aplicar un factor de corrección para temperatura ambiente distinta de 40°C:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40}} = \sqrt{\frac{90 - 26}{90 - 40}} = 1.131$$



Por lo que la máxima intensidad admisible por el cable será de:

$$I = 301 * 1.131 = 340.4A$$

Se utilizará por tanto un único cable por fase. La longitud de estos cables será de 3609m

4.6 Línea enterrada hasta subestación

La línea desde la llegada a la costa hasta la subestación más cercana se realizará entubada y enterrada y tendrá una longitud de 1078m.

Para el cableado de esta línea se utilizarán el siguiente conductor:

Fabricante	General Cable
Modelo	HERSATENE FOC RHZ1-OL
Código	7352116
Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE)
Sección	3x120mm ²
Intensidad admisible	385 A
Peso	1725 kg/km
Máxima temperatura de operación	90°C

Al tratarse de una instalación enterrada, habrá que aplicar los siguientes factores de corrección:

- **Factor de corrección por resistividad térmica del terreno:**

Los cables irán enterrados y entubados en asfalto

Resistividad térmica asfalto: 1.25 K.m/W

$$F=0.915$$

- **Factor de corrección por profundidad de instalación:**

Los cables irán enterrados a 1m de profundidad

$$F=0.97$$

- **Factor de corrección para temperatura del terreno:**

A 1m de profundidad la temperatura será de 15°C

$$F=1.07$$

La intensidad admisible que podrá circular por el cable será:

$$I=385*0.915*0.97*1.07=365.63A$$



La intensidad por fase también será de 321A, por lo que se utilizará un único conductor por fase. Los cables irán entubados en un tubo de 160mm de diámetro.

4.7 Transformador de distribución

Es vital la inclusión de un transformador que eleve la tensión a un valor razonable para poder realizar el transporte de energía, ya que de esta manera se reducirán las pérdidas y la caída de tensión de la línea. En este caso se ha optado por elevar la tensión a 20kV.

El transformador elegido es el transformador de resina seca Resiglas de Schneider Electric. Sus características son:

Fabricante	Schneider Electric
Modelo	Resiglas
Potencia	5.5MVA
Tensión en el lado de alta	20kV
Tensión en el lado de baja	690V
Refrigeración	Ventilación natural o forzada
Frecuencia	50/60Hz

4.8 Formulario de REE

Este formulario es de aplicación obligada por REE para las instalaciones de generación mediante fuentes renovables, cogeneración y residuos.

Deberán cursar solicitud de la aceptabilidad de acceso, a través del Gestor de la Red de Distribución, instalaciones con conexión a la red de distribución que tengan una afección significativa.

Este formulario solo se ha cumplimentado para la línea submarina de distribución ya que es la de mayor importancia.



Denominación de la línea	Línea submarina
Nudo del extremo de la red	Subestación
Nudo del extremo de generación	Generador 1
Longitud	3,609 km
Resistencia de la línea	0.123Ω/km (0.445Ω)
Inductancia de la línea	0.236mH/km (0.851mH)
Tensión nominal de funcionamiento	20kV
Capacidad nominal de transporte	15.38MVA
Temperatura máxima de funcionamiento del conductor	90°C

La capacidad nominal de transporte se ha hallado como:

$$S = \delta \times S(\text{Sección}) \times 20kV \times \sqrt{3} = 15.38MVA$$

$$\delta = 3.8A/mm^2$$

$$S=120mm^2$$

Siendo δ la densidad máxima de corriente admisible que depende de la sección y el material del cable, S la sección del cable y 20kV la tensión nominal de la línea. Esta línea transporta 11.11MVA (10MW/cos ϕ), por lo que podría cargarse un 38.43% más.

5 Conexión, protecciones y otros equipos

5.1 Introducción

En este capítulo se estudiarán los esquemas eléctricos de los aerogeneradores junto con el convertidor de potencia, el transformador de distribución, los servicios auxiliares y la red (supuesta como infinita). Se estudiarán diversas faltas con el fin de poder dimensionar los elementos de protección y maniobra (interruptores, seccionadores, fusibles) para poder proteger a los equipos.

También se estudiará la conexión entre los dos únicos aerogeneradores de los que dispone el parque offshore. El transporte de electricidad se realizará a través de una red de distribución de 20kV común para ambos aerogeneradores, es decir, habrá un aerogenerador de fin de línea a partir del cual se realizará el transporte en MT. Ambos generadores se conectarán a través de celdas de media tensión en las cuales se ubicarán los elementos de maniobra que permitirán recibir y distribuir la energía eléctrica.

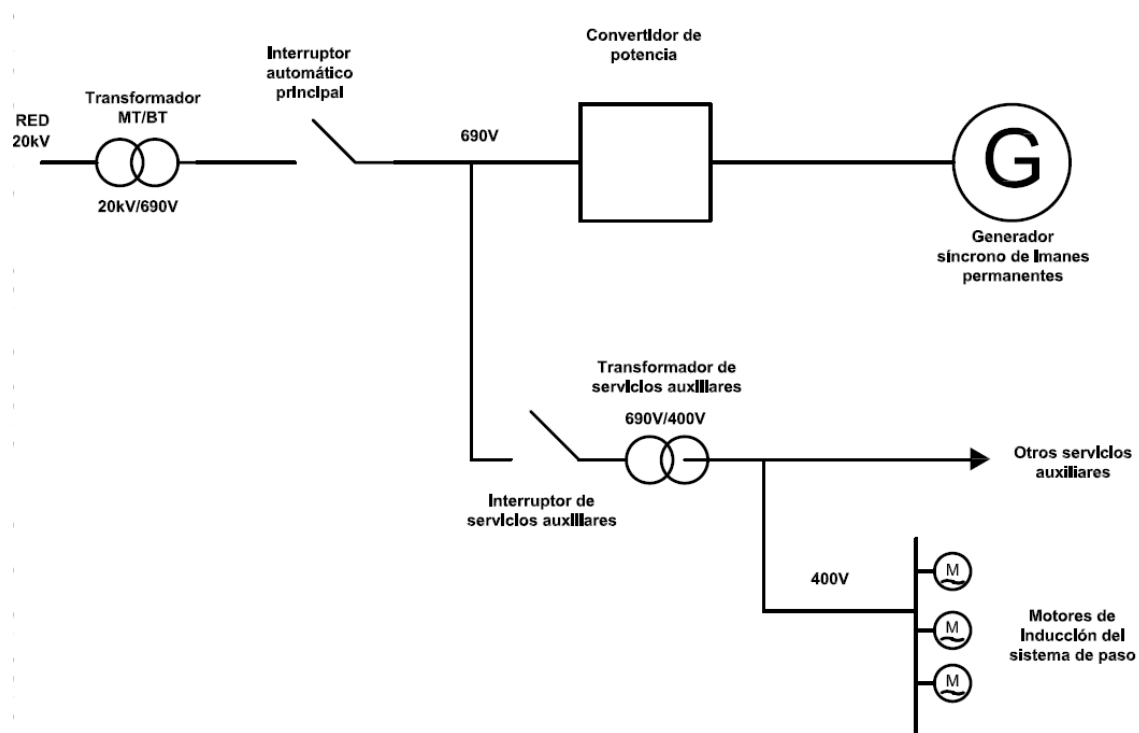


Fig 9. Esquema eléctrico en las inmediaciones del generador



Se trata del esquema unifilar de uno de los aerogeneradores. En el diagrama hay tres niveles de tensión:

Un nivel de media tensión a 20kV. Se trata de la red de distribución mediante la cual se realiza el transporte de la energía eléctrica. Para los cálculos de faltas la red se ha supuesto infinita.

Un nivel de baja tensión de 690V. En este nivel de tensión funcionará el generador, el convertidor de potencia ACS800-87LC y los interruptores automáticos.

Un nivel de baja tensión de 400V. En este nivel de tensión funcionarán los motores de inducción del sistema de paso con sus respectivos variadores de frecuencia y sus sistemas de alimentación ininterrumpida, que no han sido representados en el diagrama por simplificación.

Los cambios de tensión se realizarán con dos transformadores.

5.2 Estudio de faltas para dimensionamiento de interruptor automático principal

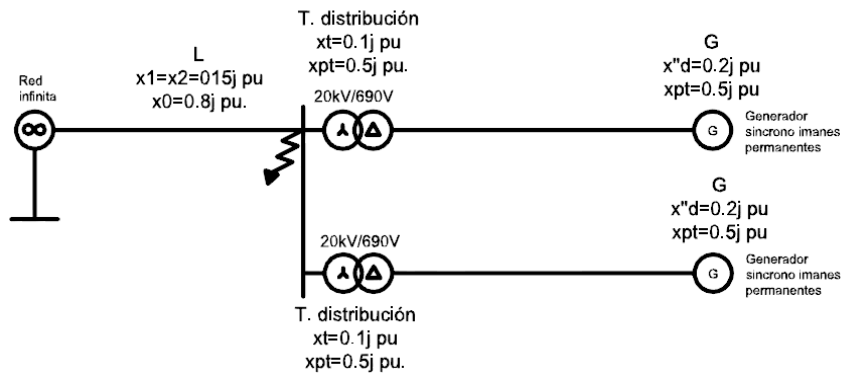
Es posible que durante el funcionamiento de la instalación pudieran producirse faltas eléctricas tanto en la red como en los aerogeneradores, por lo que será necesario seleccionar los interruptores automáticos adecuados que permitan proteger los elementos del circuito.

En este apartado se realiza el estudio de faltas en dos lugares distintos, suponiendo unos valores típicos de impedancia para generador, transformador y línea.

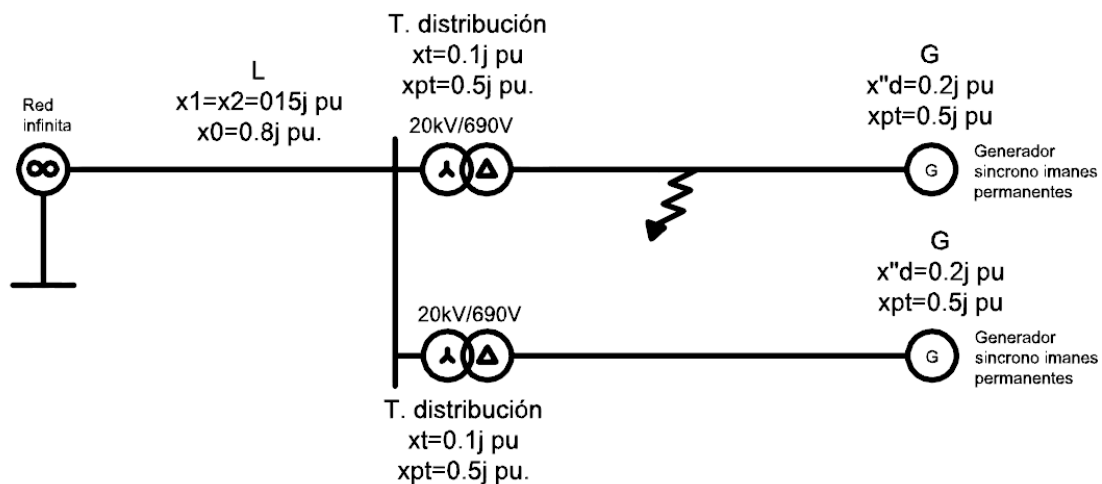
Obsérvese que se han eliminado los servicios auxiliares de ambos transformadores para que el estudio resulte más sencillo. Obsérvese también que para el Caso 2 solo se ha estudiado la falta en uno de los aerogeneradores, ya que los resultados realizando la falta en el otro aerogenerador habrían sido exactamente los mismos.



Caso 1: La falta se produce justo al comienzo de la línea de distribución de media tensión.



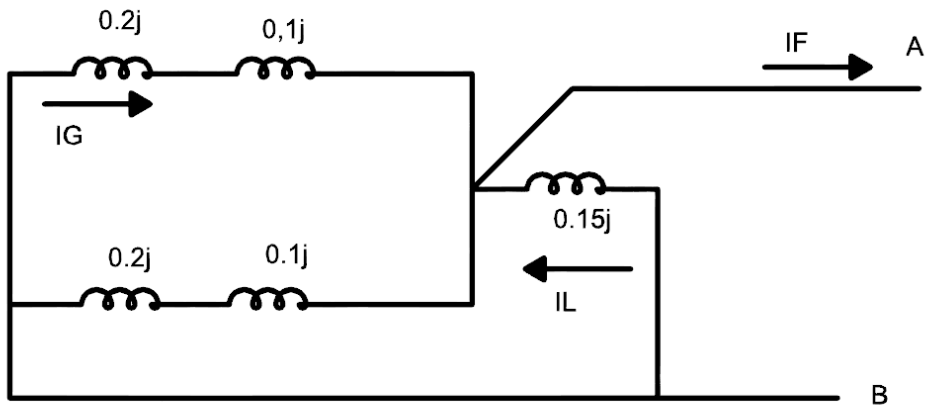
Caso 2: La falta se produce en bornes de uno de los generadores.



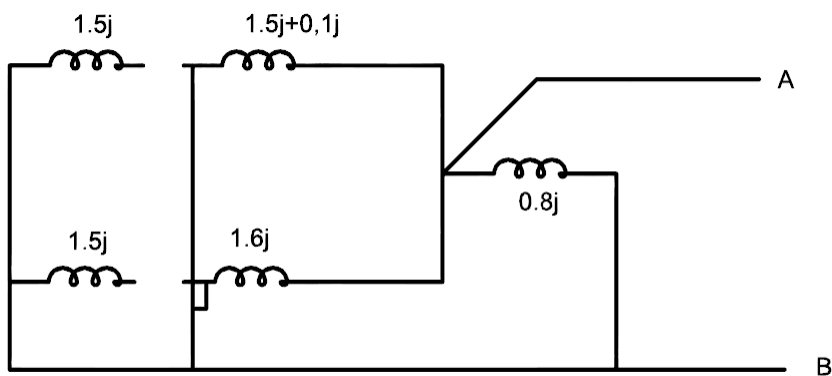


Circuitos en componentes simétricas:

Circuito directo e inverso Caso 1:

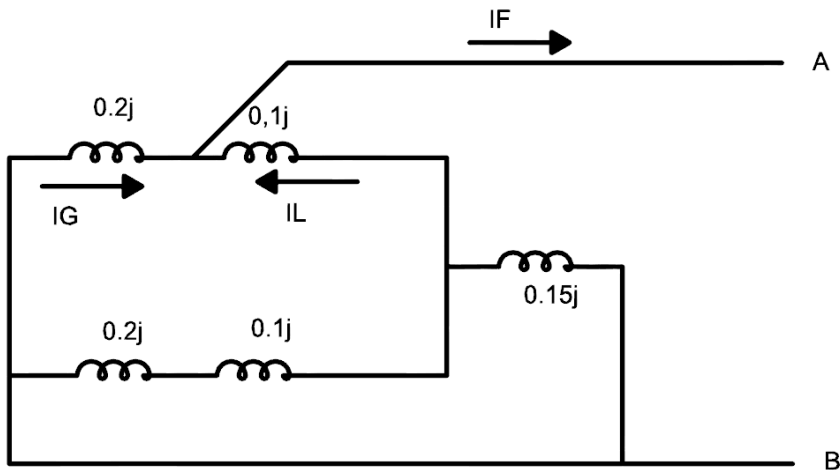


Circuito homopolar Caso 1:

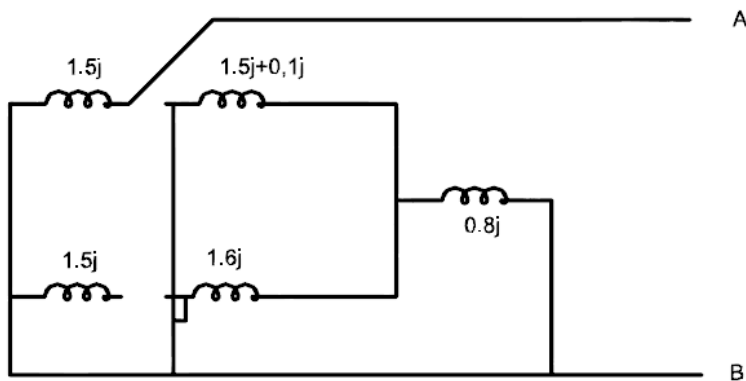




Circuito directo e inverso Caso 2:



Circuito homopolar Caso 2:



Parámetro	Caso 1	Caso 2
Z_0 (homopolar)	0.4j pu	1.5j pu
$Z_1=Z_2$ (directo e inverso)	0.075j pu	0.1jpu

Una vez calculados los circuitos directo, inverso y homopolar para ambos casos se realizó el estudio de dos tipos de faltas. Falta bifásica franca y falta trifásica. La situación más desfavorable se dio para falta trifásica en ambos casos.

Se estudiará en cual de los dos casos la intensidad es mayor en el lado del generador (que es donde va situado el interruptor automático principal) y en función de ello se seleccionará el interruptor.



5.3 Falta trifásica en Caso 1

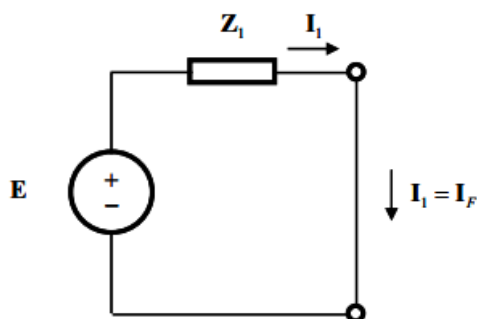


Fig 10. Circuito equivalente fase-neutro en falta trifásica

$$I_1 = I_F = \frac{E}{Z_1} = \frac{1}{0.075j} = -13.33j \text{ pu}$$

Es decir, en el caso de que se produjera una falta trifásica la intensidad sería 13.33 veces la intensidad base. La intensidad en el lado del generador, según los esquemas vistos arriba es:

$$I_G = 13.33 * \frac{\frac{1}{0.3}}{\frac{1}{0.3} + \frac{1}{0.3} + \frac{1}{0.15}} = 3.33 \text{ pu}$$

Que en magnitudes reales en el lado del generador son:

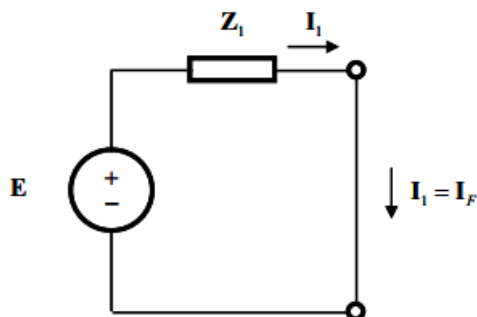
$$I_G = 3.333 * 4630A = 15433A \text{ por fase}$$

Recordar que al ser la intensidad nominal de 4630A por fase se decidieron utilizar 6 cables para repartirla. La intensidad que va a soportar cada cable en caso de falta trifásica es de:

$$I = \frac{15433}{6} = 2572A$$



5.4 Falta trifásica en Caso 2



$$I_1 = I_F = \frac{E}{Z_1} = \frac{1}{0.1j} = -10j \text{ pu}$$

Es decir, en el caso de que se produjera una falta trifásica la intensidad sería 10 veces la intensidad base. La intensidad en el lado del generador, según los esquemas vistos arriba es:

$$I_G = 10 * \frac{(0.15 || 0.3 + 0.1)}{(0.15 || 0.3 + 0.1 + 0.2)} = 5 \text{ pu}$$

Que en magnitudes reales en el lado del generador son:

$$I_G = 5 * 4630A = 23150A \text{ por fase}$$

Recordar que al ser la intensidad nominal de 4630A por fase se decidieron utilizar 6 cables para repartirla. La intensidad que va a soportar cada cable en caso de falta trifásica es de:

$$I = \frac{23150}{6} = 3858.3A$$

5.5 Interruptor automático principal

El caso 2 es el más desfavorable, ya que es en el que hay una mayor intensidad en el lado del interruptor automático. Se instalarán 6 interruptores por fase. Cada interruptor deberá ser capaz de cortar 3.858kA.

El interruptor elegido es el Compact NSX de Schneider Electric. A continuación se muestra una tabla con sus características y la curva de protección térmica.



Fabricante	Schneider Electric
Modelo	Compact NSX
Intensidad nominal	14 – 630A
Tensión nominal	Hasta 690V
Poder de corte	36kA – 200kA
Tipos de protección	Magnetotérmica, electrónica y electrónica avanzada

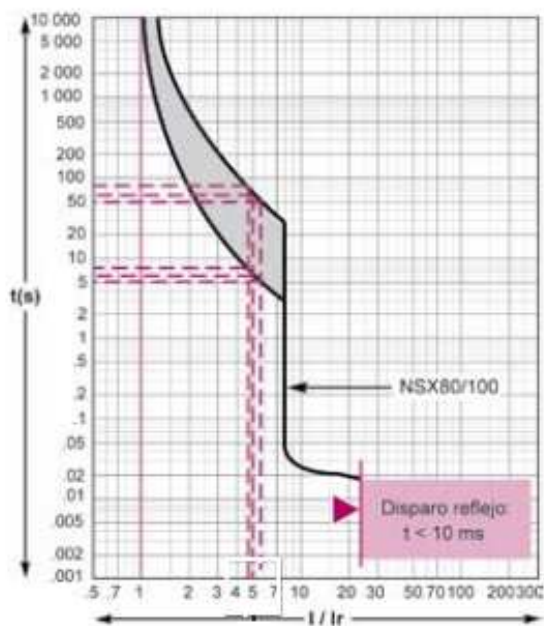


Fig 11. Curva de protección magnetotérmica del interruptor Compact NSX

El interruptor Compact NSX se trata de un interruptor de tiempo inverso. En la figura se representa el tiempo de reacción del interruptor en el eje de ordenadas, y en el eje de abscisas la relación I/I_r . (I es la intensidad que circula por el interruptor en caso de falta e I_r es la intensidad a la que se ha configurado el interruptor, que en este caso es la nominal)

Estos interruptores están configurados de tal manera que actúan en función de la sobreintensidad en un determinado tiempo. Es decir, tardará más tiempo en actuar si la sobreintensidad es menor y viceversa. Esto tiene una gran utilidad por ejemplo en un arranque, donde la intensidad será superior a la nominal. Si el interruptor detectase esa intensidad como una falta no se podría arrancar el aerogenerador, ya que cada vez que se hiciera el interruptor saltaría. Además, en el caso de un



aerogenerador offshore conviene que el interruptor solo salte cuando haya certeza de una falta, ya que el acceso por mar hasta estas máquinas es complicado.

Se instalarán 6 interruptores por fase, que quedarán configurados de la siguiente forma.

Interruptor Compact NSX	
$I_{NOM}=I_r$	771.6A
I	3858A
I/I_r	5
Tiempo de actuación	5 segundos

5.6 Interruptor de servicios auxiliares

Los servicios auxiliares de un aerogenerador son diversos (sistema de paso, sistema de orientación, alimentación del control etc). Sin embargo para este apartado solamente se tendrán en cuenta como servicios auxiliares los 3 motores de inducción que accionan el sistema de paso ya que es el único sistema que se ha estudiado.

La potencia de los 3 motores del sistema de paso es de $3 \times 37 = 111 \text{ kW}$, que llevado a potencia aparente:

$$S = \frac{P}{\cos \phi} = \frac{111}{0.9} = 123.33 \text{ kVA}$$

Esta será la potencia mínima que deberá tener el transformador de servicios auxiliares. Considerando que la única impedancia es la del transformador 690/400V, la intensidad de cortocircuito será:

$$I_{cc} = \frac{S}{\sqrt{3} \times X_{cc} \times U_s}$$

Siendo:

S: Potencia del transformador en kVA=**123.33kVA**

Xcc: Impedancia porcentual de cortocircuito del transformador=**5%**

Us: Tension secundaria en carga en voltios=**400V**

Icc: Intensidad de cortocircuito secundaria en kA= **3560A**



La intensidad de cortocircuito será de 3560A por fase, que es 20 veces la intensidad nominal que hay en los servicios auxiliares:

$$I_n = \frac{37kW}{230 \times 0.9} = 178A$$

La intensidad a cortar será de 3.56kA. Bastará por tanto con un único interruptor automático por fase (modelo Compact NSX ya utilizado como interruptor automático principal)

5.7 Resto de protecciones

Aunque en este proyecto solamente se ha estudiado la protección principal, un generador cuenta con una gran cantidad de protecciones. En la siguiente figura se muestra el esquema clásico de protecciones de un generador.

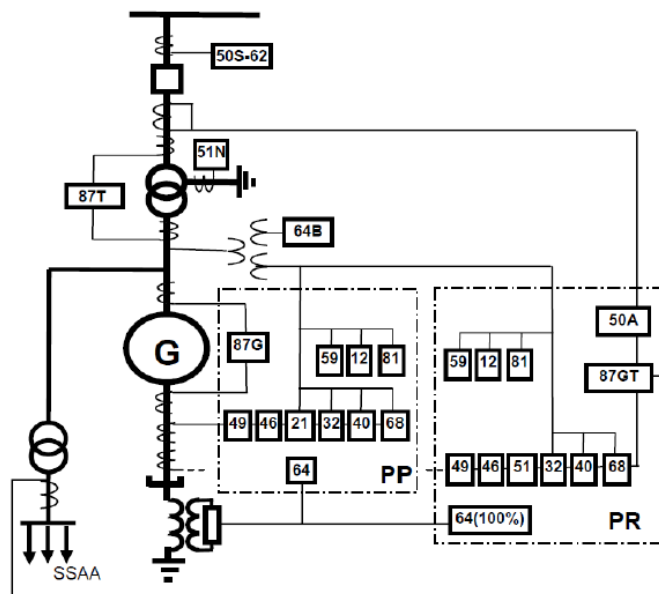


Fig 12. Esquema clásico de protecciones de un generador



Protección	Función
51N	Para falta a tierra
87T	Protección diferencial del transformador
87G	Protección diferencial del generador
50A	Protección contra cortocircuito
59	Protección de sobrevoltaje
46	Relé de equilibrio de fases
49	Relé térmico
21	Relé de distancia
32	Relé de potencia inversa
12	Dispositivo de exceso de velocidad
81	Relé de frecuencia

Estas protecciones no se estudiarán más a fondo ya que no es el objeto del proyecto

5.8 Selectividad de los interruptores

Es importante que los interruptores estén configurados de tal manera que solo actúen cuando sea necesario. Esto quiere decir que si se produce una falta en los servicios auxiliares, el resto de la instalación pueda seguir funcionando aunque sea sin los servicios auxiliares.

En este caso se tienen dos interruptores. Si se produjera una falta en los servicios auxiliares, se tendría un esquema del siguiente tipo.

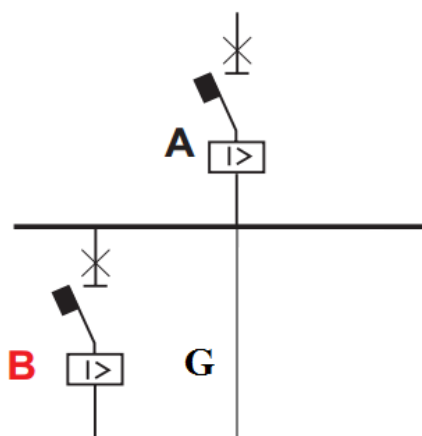


Fig 13. Interruptor principal y de servicios auxiliares



Donde B sería el interruptor de servicios auxiliares, A el interruptor automático principal y G la zona del generador. En este caso la intensidad en el interruptor automático principal sería $I_A = I_B + I_G$

Las curvas de protección serían de la siguiente manera.

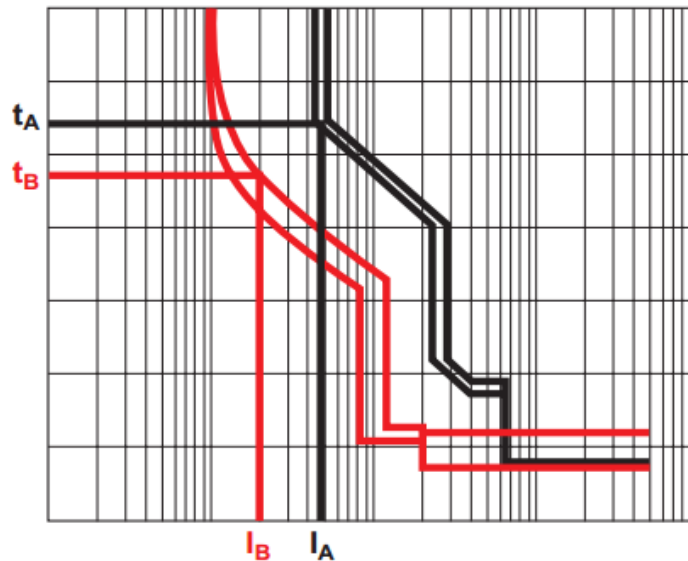


Fig 14. Selectividad para el caso propuesto

Como se puede observar en la gráfica, el interruptor IB se diseñaría para que saltara a una intensidad I_B en un tiempo t_B . El interruptor principal, se diseñaría de tal manera que saltara para una intensidad $I_A = I_B + I_G$ en un tiempo t_A mayor que t_B . De esta manera, si se produjera una falta en los servicios auxiliares, el interruptor de servicios auxiliares actuaría mientras que el interruptor automático principal no y permitiría que el resto de la instalación siguiera funcionando correctamente.

En el momento en que se cortara la falta en los servicios auxiliares, la intensidad I_B desaparecería y la intensidad I_A sería la intensidad del aerogenerador.

5.9 Celdas de MT

Como ya se ha dicho anteriormente, ambos generadores se conectarán a través de celdas de media tensión en las cuales se ubicarán los elementos de maniobra que permitirán recibir y distribuir la energía eléctrica.

Se utilizarán celdas modulares, que son ligeramente más caras, pero presentan ventajas en las tareas de mantenimiento ya que sus menores dimensiones facilitan el paso por la puerta de la torre, y en caso de avería de una posición no será necesaria la sustitución de todo el conjunto de celdas (incluso en algunas averías se podrá dejar en servicio el otro aerogenerador).

Serán celdas con aislamiento SF6 debido a la reducción de dimensiones con respecto al aislamiento con aire, así como la inalterabilidad que presentan en su funcionamiento ante condiciones ambientales diversas, como por ejemplo el grado de humedad, que en el caso de un aerogenerador offshore tendrá un nivel muy alto.

La configuración de las celdas será del tipo 0L+1L+1P (entrada de línea, protección de línea y protección del transformador). Se estudiarán dos casos, uno de ellos con fusible y otro con interruptor automático.

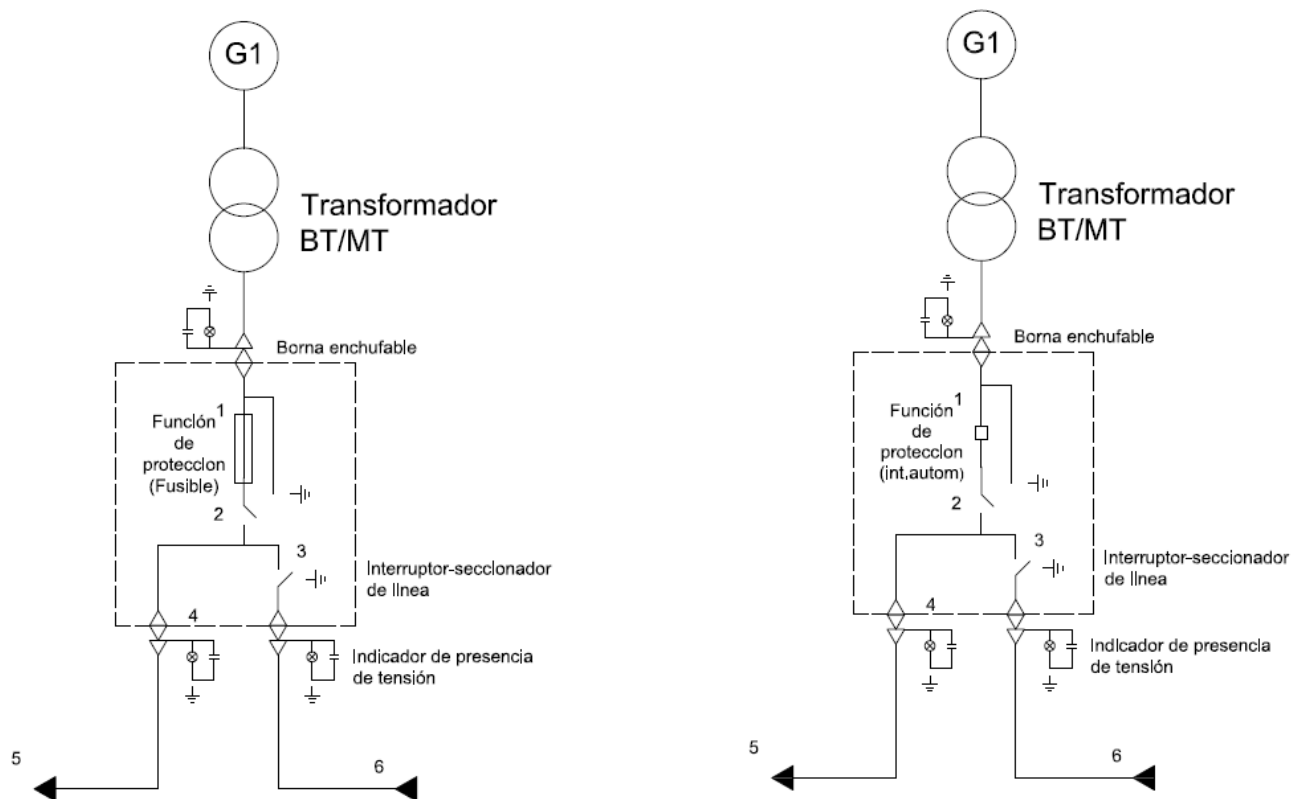


Fig 15. Celdas de MT con interruptor y fusible



Código	Significado
1	Protección del transformador
2	Interruptor-Seccionador de maniobra
3	Interruptor-Seccionador de línea
4	Indicador de presencia de tensión
5	Línea de MT
6	Línea de un aerogenerador al otro

Esta celda permite que los aerogeneradores funcionen de manera conjunta o independiente. Imagínese que hay que realizar alguna tarea de mantenimiento en el aerogenerador que viene por la línea 6 o que éste se encuentra estropeado. Simplemente habría que abrir el interruptor-seccionador número 3 y el otro aerogenerador podría seguir funcionando de manera normal. Por el contrario, si se requiriese alguna tarea en el aerogenerador que se muestra, el que viene por la línea 6 podría seguir funcionando de manera independiente si se cerrara el interruptor-seccionador número 3 y se abre el 2.

La configuración más recomendada para este caso sería la que contiene un interruptor automático. El fusible es un excelente elemento para cortar intensidades de cortocircuito, sin embargo presenta la desventaja de que únicamente tiene un uso, y una vez que haya actuado habrá que reponerlo. Si se tiene en cuenta de que se trata de un aerogenerador en el mar, que es una zona de difícil acceso, la configuración más adecuada será la de interruptor, que no requiere de reposición cada vez que tenga que actuar.

La celda posee unas luces que indicarán la presencia de tensión. Esto no es más que un elemento de ayuda a la hora de comprobar si hay algún tipo de fallo o problema.

El equipo elegido será el RM6 perteneciente al fabricante Manufacturas Eléctricas S.A (MESA).

Celda RM6 MESA	
Potencia máxima a proteger	1600 kVA
Tensión nominal	24 kV
Intensidad nominal	400-630 A
Intensidad nominal corta duración (kA/s)	16/1
Temperatura	-25°C
Int. Autom. Capacidad de corte	50 kA
Aislamiento	SF6



Se trata de celdas compactas con asilamiento de SF6 y dimensiones reducidas. Incluye una envolvente metálica de acero inoxidable sellada que contiene las partes activas, el interruptor-seccionador, el seccionador de tierra y el interruptor automático.

Al tratarse de 2 aerogeneradores de 5MW, la potencia aparente total será de:

$$S = \frac{P}{\cos \phi} = \frac{10}{0.9} = 11.11 MVA$$

$$N^{\circ} \text{ de celdas} = \frac{11.11}{1.6} = 6.94$$

Se instalarán 7 celdas que serán suficientes para satisfacer la potencia total.



6 Bibliografía

- *Sistemas eólicos de producción de energía Eléctrica. J.L. RODRIGUEZ AMENEDO; J.C. BURGOS DIAZ; S. ARNALTE GOMEZ*
- *Ingeniería de la energía Eólica. Miguel Villarrubia López.*
- <http://new.abb.com/motors-generators>
- http://www.imac.unavarra.es/dinaero/Enneko/Dinamica_de_Aerogeneradores_Parte_1.pdf
- https://library.e.abb.com/public/6773f671f12118a6c1257c32003195a8/ES_AC_S800singledrivescatalogRevO.pdf
- <http://www.gamesacorp.com/es/productos-servicios/aerogeneradores/diseño-y-fabricación/velocidad-paso-variable.html>
- <http://www.mesa.es/productos/pdf/MESA%20620-%20Aplicaciones%20E%3%B3licas.pdf>
- <http://www.eolicaoffshore.com/>
- *MANUAL DE ENERGÍA EÓLICA. Investigación, diseño, promoción, construcción y explotación de distinto tipo de instalaciones. José M^a Escudero López*
- <http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/maquinas-electricas/materiales/convertidores.pdf>



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

PARTE II PRESUPUESTO



En esta parte se incluye el presupuesto. Únicamente se han tenido en cuenta las partes estudiadas en este proyecto, lo que excluye mano de obra, logística, costes de fabricación de palas, torre y góndola, sistema de orientación y demás elementos.

El precio del generador síncrono de 5MW se ha tomado de los estudios realizados por el compañero Germán David Pérez Pichel en 2005.

Componente	Unidades	Precio unitario	Precio total
Generador síncrono de imanes permanentes 5MW	1	1.100.000 €	1.100.000 €
Motores de inducción del sistema de paso	3	3.900€	11.700€
Convertidor de potencia ACS800-87LC	1	260.000€	260.000€
Variador VAT 300 General Electric	3	2.850€	8550€
SAI AEG Fluxpower 60kVA	3	39.110€	117.330
Transformador RESIGLAS 5.5MVA	1	210.000€	210.000€
Transformador 690V/400V	1	4.800€	4.800€
Interruptor COMPACT NSX Schneider Electric	18+3	3.200€	67.200€
Celdas RM6 MESA 1.6MVA	7	27.800€	194.600€
Presupuesto Parcial 1			1.798.980€
Componente	Metros necesarios	Precio por metro	Precio total
Exzhellent XXI RZ1-K 500mm2	32	24€	768€
Exzhellent MAR-TFOU 50mm2	786	2,6€	2.043,6€
Exzhellent MAR-TFOU 120mm2	3609	5,4€	19.488,6€
HERSATENE RHZ1-OL 120mm2	1078	18€	19.404€
Presupuesto Parcial 2			41704€
Presupuesto Final			1.840.684€



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

PARTE III CATÁLOGOS

Aquí se incluyen los catálogos que se han utilizado en el proyecto.



1 Motor de inducción de jaula de ardilla

ABB Motors and Generators No requirements

Motor data sheet

M2AA 200 MLB 2

Definition	Data	Unit	Remarks
Product code	3GAA 201 044-**G		
Voltage code	D		
Type/Frame	M2AA 200 MLB 2		
Design	CENELEC		
Efficiency class	IE2		
Rated output P_N	37	kW	
Rated voltage U_N	400	V D	± 5 % (IEC 60034-1)
Rated frequency f_N	50	Hz	± 2 % (IEC 60034-1)
Rated speed n_N	2947	r/min	
Rated current I_N	63.4	A	
Starting current I_S/I_N	7.7		
Nominal torque T_N	119	Nm	
Locked rotor torque T_l/T_N	2.8		
Maximum torque T_b/T_N	3.6		
Efficiency - full load 100%	92.45	%	Acc. to IEC 60034-2-1
Efficiency - 75%	93.02	%	
Efficiency - 50%	92.55	%	
Power factor - full load 100%	0.9		
Bearing DE/NDE	6212-2Z/C3 6209-2Z/C3		
Sound pressure level L_{pA} dB	75	dB(A)	+3dB(A)
Moment of inertia $J = \frac{1}{4} GD^2$ kgm ²	0.12	kg-m ²	
Weight	186	kg	



2 Variador VAT 300

VAT300

Variadores de velocidad

A

B

C

D

E

F

G

H

I

X

H.18



Certificados

Marcado CE, UL, cUL



Variador CA Avanzado multifunción

El VAT300 es un variador de nueva generación y de altas prestaciones que incorpora la última tecnología en software y hardware.

Características

- El nuevo variador, más compacto que el modelo anterior, cubre un rango de potencias de 0,75kW hasta 475 kW en servicio normal, y hasta 400kW en servicio pesado.
- Alto par de arranque, hasta el 200% o superior, que puede ser conseguido incluso con la utilización de motores estándar de inducción.
- El VAT300 es capaz de controlar no sólo motores de inducción estándar, sino también motores de imán permanente PM de nueva generación. En ambos casos con control en lazo cerrado o en lazo abierto "sensorless".
- Además de satisfacer las necesidades de la industria con sus funciones avanzadas y de altas prestaciones, el VAT300 ha sido diseñado respetando el medio ambiente, posee funciones dedicadas exclusivamente al ahorro de energía y, para su fabricación, se ha llevado a cabo una selección de componentes que respetan las directivas europeas.

Ventajas

- **Accionamiento multimodo "todo en uno":**
 - Control V/f para cargas de par constante y cargas cuadráticas.
 - Control vectorial, en lazo cerrado y lazo abierto "sensorless".
 - Control de motores imán permanente PM, en lazo cerrado y lazo abierto "sensorless".
- **Frenado dinámico incorporado hasta 22kW**
- **Funciones avanzadas**
 - PLC interno programable por el usuario
 - Control PID configurable
 - Control multibomba
- **Comunicaciones**
 - ModBus, ProfibusDP, DeviceNet, CANopen, CC-Link
- **Diseño ecológico**
 - Compatible con RoHS
 - Operación alta eficiencia
 - Plástico sin dioxinas perjudiciales
- **Diseño global**
 - Cumplimiento normativas globales UL, cUL, CE
 - Panel LCD multilinguaje



Variador de CA de altas prestaciones

Tensión de entrada ²⁾	Servicio normal Sobrecarga 120%, 60s ³⁾			Servicio pesado Sobrecarga 150%, 60s ³⁾			Grado de protección	Tipo ⁴⁾	Nº Código
	Máxima potencia motor (kW)	Corriente de salida (A)	Capacidad (kVA)	Máxima potencia motor (kW)	Corriente de salida (A)	Capacidad (kVA)			
Con filtro EMI incorporado									
3ph 380-480V 50/60Hz, +/-5%	0.75	2.5	1.7	0.4	1.5	1.0	IP20	U3S000K7F8S	129318
	1.5	3.6	2.5	0.75	2.5	1.7	IP20	U3S001K5F8S	129319
	2.2	5.5	3.8	1.5	3.6	2.5	IP20	U3S002K2F8S	129320
	3.7	8.6	6.0	2.2	5.5	3.8	IP20	U3S004K0F8S	129321
	5.5	13	9.0	3.7	8.6	6.0	IP20	U3S005K5F8S	129322
	7.5	17	12	5.5	13	9.0	IP20	U3S007K5F8S	129323
	11	23	16	7.5	17	12	IP20	U3S011K0F8S	129324
	15	31	21	11	23	16	IP20	U3S015K0F8S	129325
	18.5	37	26	15	31	21	IP20	U3S018K5F8S	129326
	22	44	30	18.5	37	26	IP20	U3S022K0F8S	129327
	30	60	42	22	44	30	IP20	U3S030K0F8S	129328
	Sin filtro EMI								
3ph 380-480V 50/60Hz, +/-5%	0.75	2.5	1.7	0.4	1.5	1.0	IP20	U3S000K7S8S	129329
	1.5	3.6	2.5	0.75	2.5	1.7	IP20	U3S001K5S8S	129330
	2.2	5.5	3.8	1.5	3.6	2.5	IP20	U3S002K2S8S	129331
	3.7	8.6	6.0	2.2	5.5	3.8	IP20	U3S004K0S8S	129332
	5.5	13	9.0	3.7	8.6	6.0	IP20	U3S005K5S8S	129333
	7.5	17	12	5.5	13	9.0	IP20	U3S007K5S8S	129334
	11	23	16	7.5	17	12	IP20	U3S011K0S8S	129335
	15	31	21	11	23	16	IP20	U3S015K0S8S	129336
	18.5	37	26	15	31	21	IP20	U3S018K5S8S	129337
	22	44	30	18.5	37	26	IP20	U3S022K0S8S	129338
	30	60	42	22	44	30	IP20	U3S030K0S8S	129339
	37	73	51	30	60	42	IP00	U3S037K0S8S	129340
	45	87	60	37	73	51	IP00	U3S045K0S8S	129341
	55	108	75	45	87	60	IP00	U3S055K0S8S	129342
	75	147	102	55	108	75	IP00	U3S075K0S8S	129343
	90	179	124	75	147	102	IP00	U3S090K0S8S	129344
	110	214	148	90	179	124	IP00	U3S110K0S8S	129345
	132	249	173	110	214	148	IP00	U3S132K0S8S	129346
160	321	222	132	249	173	IP00	U3S160K0S8S	129347	
200	428	297	160	321	222	IP00	U3S200K0S8S	129348	
250	519	360	200	428	297	IP00	U3S250K0S8S	129349	
315	590	409	250	519	360	IP00	U3S315K0S8S	129350	
400	740	513	315	590	409	IP00	U3S400K0S8S	129351	
475	870	603	400	740	513	IP00	U3S475K0S8S	129352	
Con filtro EMI incorporado									
3ph 200-240V 50/60Hz, +/-5%	0.75	5	1.7	0.4	3	1.0	IP20	U3SN00K7F8S	129300
	1.5	8	2.8	0.75	5	1.7	IP20	U3SN01K5F8S	129301
	2.2	11	3.8	1.5	8	2.8	IP20	U3SN02K2F8S	129302
	3.7	16	5.5	2.2	11	3.8	IP20	U3SN04K0F8S	129303
	5.5	24	8.3	3.7	16	5.5	IP20	U3SN05K5F8S	129304
Sin filtro EMI									
3ph 200-240V 50/60Hz, +/-5%	0.75	5	1.7	0.4	3	1.0	IP20	U3SN00K7S8S	129305
	1.5	8	2.8	0.75	5	1.7	IP20	U3SN01K5S8S	129306
	2.2	11	3.8	1.5	8	2.8	IP20	U3SN02K2S8S	129307
	3.7	16	5.5	2.2	11	3.8	IP20	U3SN04K0S8S	129308
	5.5	24	8.3	3.7	16	5.5	IP20	U3SN05K5S8S	129309
	7.5	33	11	5.5	24	8.3	IP20	U3SN07K5S8S	129310
	11	46	16	7.5	33	11	IP20	U3SN11K0S8S	129311
	15	61	21	11	46	16	IP20	U3SN15K0S8S	129312
	18.5	76	26	15	61	21	IP20	U3SN18K5S8S	129313
	22	88	30	18.5	76	26	IP00	U3SN22K0S8S	129314
	30	118	41	22	88	30	IP00	U3SN30K0S8S	129315
	37	146	51	30	118	41	IP00	U3SN37K0S8S	129316
	45	174	60	37	146	51	IP00	U3SN45K0S8S	129317

- (1) Tolerancia de tensión
Series 380-480V: +/-10% hasta modelo U3SX055K0. Para U3SX075K0 y superiores +5%.
Series 200-240V: +/-10% en toda la gama.
- (2) Servicio normal: 120% durante 60s y 140% durante 2.5s
- Temperatura ambiente entre -10 y 50°C. Para temperaturas superiores a 40°C tenga en cuenta las siguientes limitaciones: Para U3SN005K0, reduzca la corriente de salida un 2% por °C. Para los modelos, U3SN011K0, U3SN005K5 y U3SN015K0, reduzca la corriente de salida un 0.5% por °C.
- Para frecuencias portadoras superiores a 4kHz, tenga en cuenta las siguientes limitaciones: Para la serie 200-240V, reduzca la corriente de salida un 3% por kHz. Para la serie 380-480V, reduzca la corriente de salida un 5% por kHz. Revise el manual de usuario del VAT300 para detalles adicionales.
- (3) Servicio pesado: 150% durante 60s y 175% durante 2.5s
- Temperatura ambiente entre -10 y 50°C, en toda la gama.
- Para frecuencia portadoras superiores a 4kHz, tenga en cuenta las siguientes limitaciones: Para la serie 200-240V, reduzca la corriente de salida un 3% por kHz. Para la serie 380-480V, reduzca la corriente de salida entre un 3 y un 5% por kHz, dependiendo del rango de unidad. Revise el manual de usuario del VAT300 para detalles adicionales.
- (4) Circuito de frenado dinámico
Incorporado como estándar en todos los modelos hasta 22kW [serie 400V] y hasta 18.5kW [serie 200V].
Tipo hasta U3SX022K0 o hasta U3SN018K5.





3 Sistema de alimentación ininterrumpida

FLUXPOWER HPI

60 – 300 KVA

3-phase UPS

Performance and reliability
for any kind of critical applications



Flexible and smart

Fluxpower HPI combines management of THD and power factor, low cost of ownership and power protection in a highly reliable solution guaranteed by the most advanced technology.

Low THDi and power factor performance

The Fluxpower HPI model UPS uses a completely new IGBT input rectifier design, encompassing an advanced PFC (Power Factor Control) which is capable of keeping input current THDi (Total Harmonic Distortion) at a level of less than 3 % and input power factor within 1 % of unity, even when only small loads are applied.

The key benefits are that the UPS is compatible with the upstream source, the mains or any kind of generator and the transfer of power between source and load is more efficient. This results in a saving in terms of scale of sources, cables and protective devices.

High efficiency reduces overall cost of ownership

Fluxpower HPI has a new Wise ECO function which enables a total operating efficiency of between 95 % and 98 %. This mode, referred to as "Intelligent ECO mode", significantly reduces the utility costs associated with operating a device of this type. Moreover, this increase in efficiency results in the production of less waste heat, minimizing cooling / air-conditioning costs. This represents a double saving to the energy conscious user.

The Wise ECO mode function uses continual monitoring techniques to review the input characteristics of the supply. This means that if the supply line drops or fluctuates outside of acceptable conditions, the UPS uses the internal inverter to support the load. This is achieved through a fast, fully static transition from VFD to VFI mode.



FLUXPOWER
HPI
SPECIFICATION

Model (kVA)	60	80	100	125	160	200	250	300
Capacity rating (kVA)	60	80	100	125	160	200	250	300
Dimensions W x H x D (mm)	815 x 1670 x 825					1200 x 1900 x 860		
Weight (kg)	570	600	625	660	715	970	1090	1170
Input / output connection	Hard wired (dual input)							
Battery	External, 300 – 312 cells							
INPUT								
Nominal voltage	220 / 380, 230 / 400, 240 / 415 VAC single / 3-phase							
Voltage range	-20 %, +15 % at 400 V nominal							
Frequency	50 / 60 Hz (45 – 65 Hz)							
Power factor	0.99							
Current distortion (THDi)	< 3 %							
OUTPUT								
Nominal voltage	220 / 380, 230 / 400, 240 / 415 VAC three phase							
Frequency	50 / 60 Hz							
Voltage regulation	±1 % static; ±5 % dynamic 100 % load change							
PF acceptable without de-rating	Lagging to leading 0.9							
Overload capacity	101 – 125 % for 10 min (on-line), 126 – 150 % for 1 min (on-line), 1000 % for 1 cycle (bypass)							
Efficiency; VFI, double-conversion	≤94.6 %							
Efficiency; Wise ECO mode	95 – 98 %							
OPTIONS								
General	8 x parallel capacity / redundancy, Sync control; Isolation transformer, External bypass, External battery cabinets, Battery switch box, Battery thermal probe, Transformers / auto-transformers for voltage adaption, Top cable entry							
USER INTERFACE								
Front panel	Graphical LCD display, mimic with LED's and keyboard							
Standard communication ports	RS232 serial, USB, Remote Emergency Power Off input, Battery Switch status monitoring, External Manual Bypass status monitoring, Diesel Mode							
Optional communication	Web / SNMP, ModBus, Relay, Modem cards; Remote panel; Monitoring, Managing and shutdown software							
ENVIRONMENTAL								
Operating temperature	0 °C – +40 °C							
Storage temperature	-10 °C – +70 °C							
Altitude	<1000 m; 1% power derating each 100 m above, max. 2000 m							
Audible noise at 1 meter dB(A)	< 60							
STANDARDS AND CERTIFICATION								
Marking and certification	CE, GOST, ECA ETL							
Safety	IEC EN 62040-1							
EMC	IEC EN 62040-2							
Test and Performance	IEC EN 62040-3							
Quality, environment, health and safety	ISO9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007							



4 Convertidor de potencia

Technical data

Converter model	ACS800-67	ACS800-67LC	ACS800-77LC	ACS800-87LC
Converter type	Converter for doubly-fed induction generator (DFIG)		Full power converter for permanent magnet and asynchronous generators	
Generator power range	0.9 to 2.2 MW	1 to 3.8 MW	0.6 to 3.3 MW	1.5 to 6 MW
Optional sub-converter configuration			Available from 1.9 MW	Available from 3.6 MW
Cooling	Air cooling with enclosed cabinet	Liquid cooling with totally enclosed cabinet		
Control principle	direct torque control (DTC)			
Electrical data				
Rated grid voltage	525 to 690 V AC, 3 ph, ±10%			
Rated generator voltage	According to generator, up to 12 kV		0 to 750 V AC	
Nominal frequency	50 ± 3 Hz / 60 ± 3 Hz			
Rotor connection	3-phase symmetrical AC, 0 to max 750 V, frequency 0 to 100 Hz			
Efficiency at converter's rated point	≥ 98%	≥ 97%	≥ 96.5%	
Generator side du/dt	1.0 to 1.4 kV/µs			
Grid harmonics	Max 3%		Max 4%	
Total harmonic current distortion (n = 2 to 40)	with DFIG generator current			
Environmental limits				
Ambient temperature	Transport -40 to +70 °C Storage -40 to +70 °C Operation -30 to +40 °C		Transport -40 to +70 °C Storage -40 to +70 °C Operation -30 to +50 °C	
Optional high ambient temperature	Up to 50 °C			
Coolant inlet temperature		+5 to +45 °C	+5 to +50 °C	+5 to +45 °C
Optional high coolant inlet temperature		Up to +50 °C		Up to +55 °C
Altitude		0 to 1,000 m		
Optional high altitude		Up to 4,000 m		
Degree of protection	IP54R / UL type 12 with air outlet duct IP23	Totally enclosed cabinet IP54 / UL type 12		
Cabling connections	Bottom		Top or bottom	
Cooling connections	Left or right side			
Cabinet configuration	In-line	In-line, back-to-back or several separate		
Control				
Field bus interface	EtherCAT, PROFINET IO, PROFIBUS-DP, CANopen and Modbus, ControlNet, InterBus-S, DeviceNet			
Ethernet interface	Ethernet interface with PC browser is included			
Control tool link	Optical DDCS communication link for communication with PC tools as standard			
Converter supports wind turbine to comply with grid code requirements				
Transmission code 2007, Germany	FRT Grid support*	FRT Grid support*	FRT Grid support	FRT Grid support
REE P.O. 12.3, Spain	FRT Grid support*	FRT Grid support	FRT Grid support	FRT Grid support
Technical regulations TF 3.2.6, Denmark	FRT ***	FRT ***	FRT ***	FRT ***
National Grid Electricity Transmission, Issue 3, Revision 21, July 2007, USA	FRT Grid support*	FRT Grid support*	FRT Grid support	FRT Grid support
111 FERC 61.252	FRT Active current/power**	FRT Active current/power**	FRT Active current/power	FRT Active current/power
111 FERC 61.353, USA	FRT ***	FRT ***	FRT ***	FRT ***
CEPRI	FRT ***	FRT ***	FRT ***	FRT ***
WED-QR-C01-E-06, China	FRT ***	FRT ***	FRT ***	FRT ***
Product compliance				
Product markings	CE UL Classified with IEC standard 61400-1		CE	
Optional		UL508A, UL508C, CSA C22.2 No 14-05		
EMC	2 nd environment, unrestricted distribution, category C3			
EN 61800-3/ A11 (2000), EN 61800-3 (2004)				
Quality assurance system	ISO 9001			
Environmental system	ISO 14001			

* when $U_{gr} > 20\% U_n$
 ** with symmetrical fault when $U_{gr} > 50\% U_n$
 *** grid code does not require grid support
 FRT = fault ride-through



5 Conductor GENLIS-F H07V-K

GENLIS-F H05V-K / H07V-K



Tensión 300/500 V 450/750 V



NORMAS CONSTRUCTIVAS:	NACIONAL/EUROPEA	INTERNACIONAL
UNE 21031-3 HD 21.3 (CENELEC)	UNE-EN 60332-1-2 UNE-EN 50266-2-4	IEC 60332-1-2 IEC 60332-3-24

CONSTRUCCIÓN:

- 1.- **CONDUCTOR:**
Cobre flexible clase 5 para instalación fija (-K).
- 2.- **AISLAMIENTO:**
Policloruro de vinilo (V).



APLICACIONES Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

Los cables GENLIS-F están especialmente indicados para el transporte de energía en los ámbitos doméstico e industrial (oficinas, locales, cableado interno, circuitos de señalización, etc.) para ser instalados en conductos sobre superficie, empotrados o sistemas cerrados análogos.

Los cables GENLIS-F disponen de un aislamiento constituido por una mezcla termoplástica en dos capas concéntricas de PVC totalmente adheridas según el sistema de coextrusión SPEEDY-SKIN®, que consigue un reducido coeficiente de rozamiento y por tanto el máximo deslizamiento en el recorrido del cable por el interior del tubo. Esta característica SUPERDESILIZANTE facilita la eficacia y el ahorro de tiempo durante la instalación.

Los cables GENLIS-F son, hasta la sección de 6 mm² inclusive, No Propagadores del Incendio según UNE-EN 50266 (correspondiente a norma internacional IEC 60332-3).

Los cables GENLIS-F son productos certificados con la marca AENOR <HAR>.

La temperatura máxima del conductor en servicio permanente es de 70 °C.



GENLIS-F H05V-K



Tensión 300/500 V

CÓDIGO	SECCIÓN mm ²	DIÁMETRO EXTERIOR mm	PESO kg/km	RADIO DE CURVATURA mm	INTENSIDAD AL AIRE ⁽¹⁾ A	CAIDA DE TENSIÓN	
						COS $\mu = 0,8$ V/A.km	COS $\mu = 1$ V/A.km
1171103	1x0,5	2,1	10	15	3	64,78	80,82
1171104	1x0,75	2,3	15	15	5	43,22	53,88
1171105	1x1	2,5	15	15	8	32,44	40,41

(1) Intensidades máximas admisibles según norma UNE 21176, Tabla 7 a) - Temperatura ambiente de 40 °C

Nota: presentación en cajas de 200 metros.

GENLIS-F H07V-R

Tensión 450/750 V

CÓDIGO	SECCIÓN mm ²	DIÁMETRO EXTERIOR mm	PESO kg/km	RADIO DE CURVATURA mm	INTENSIDAD AL AIRE ⁽¹⁾ A	CAIDA DE TENSIÓN	
						COS $\mu = 0,8$ V/A.km	COS $\mu = 1$ V/A.km
1174106	1x1,5	2,9	20	20	13	22,16	27,56
1174107	1x2,5	3,5	35	25	18	13,33	16,54
1174108	1x4	4,1	45	25	23	8,302	10,26
1174109	1x6	4,6	65	30	30	5,561	6,839
1174110	1x10	6,0	110	40	40	3,255	3,958
1174111	1x16	7,0	165	45	54	2,090	2,508
1174112	1x25	8,6	250	55	70	1,377	1,616
1174113	1x35	9,7	340	60	86	0,999	1,148
1174114	1x50	11,5	480	70	103	0,720	0,800
1169115	1x70	13,4	675	80	160	0,528	0,564
1169116	1x95	15,4	890	95	194	0,419	0,427
1169117	1x120	17,2	1.120	105	225	0,342	0,334
1169118	1x150	19,0	1.395	115	260	0,290	0,267
1169119	1x185	20,9	1.685	125	297	0,252	0,220
1169120	1x240	24,2	2.255	145	350	0,208	0,166

(1) Intensidades máximas admisibles según norma UNE 20460-5-523, tabla A.52-1 bis, método de instalación A1 para secciones hasta 50 mm² y método de instalación B1 para secciones iguales o superiores a 70 mm² - Temperatura ambiente de 40 °C

Nota: los códigos que empiezan por 1174 corresponden a la presentación en cajas hasta 6 mm² y presentación en rollos a partir de 10 mm² hasta 50 mm² inclusive. Para la presentación en bobina los códigos empiezan por 1169.



6 Conductor Exzhellent XXI RZ1-K

EXZHELLENT XXI 1000V RZ1-K (AS)

TENSIÓN: 0.6/1 kV



NORMAS

UNE 21123-4 - Norma constructiva

IEC 60502-1 - Norma constructiva

UNE-EN 60332-1-2 - No propagador de la llama

UNE-EN 60332-3-24 ó 25 - No propagador del incendio

UNE-EN 60754 - Baja acidez y corrosividad de los gases

UNE-EN 61034 - Baja opacidad de los humos emitidos

IEC 60332-1-2 - No propagador de la llama

IEC 60332-3-24 ó 25 - No propagador del incendio

IEC 60754 - Baja acidez y corrosividad de los gases

IEC 61034 - Baja opacidad de los humos emitidos

CONSTRUCCIÓN

CONDUCTOR:

Cobre, flexible clase 5

AISLAMIENTO:

Polietileno reticulado (XLPE)

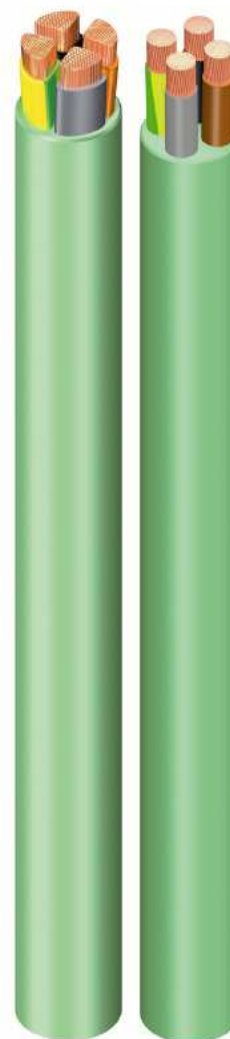
CUBIERTA EXTERIOR:

Polioléfina termoplástica libre de halógenos

APLICACIONES Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

La serie de cables EXZHELLENT XXI está constituida por cables flexibles unipolares y multipolares de 600/1000V. Su designación técnica es RZ1-K. La temperatura máxima de servicio del cable es de 90°C, siendo capaz de trabajar a muy baja temperatura (-40°C)

A partir de la sección de 50 mm² inclusive se ofrece la configuración SECTORFLEX con conductor sectorial flexible que, manteniendo idénticas prestaciones eléctricas y los mismos terminales y accesorios convencionales que el cable circular, consigue un menor diámetro y peso del cable, incrementando significativamente su manejabilidad y facilidad de instalación.













**EXZHELLENT XXI 1000V
 RZ1-K (AS)**

TENSIÓN: 0.6/1 kV



								
	mm ²	mm	kg/km	mm	A	A	V/A.km cosφ=0.8	V/A.km cosφ=1
1992106	1x1.5	5,7	45	25	21	23	23,65	29,37
1992107	1x2.5	6,1	60	25	30	30	14,24	17,62
1992108	1x4	6,7	75	30	40	39	8,673	10,93
1992109	1x6	7,2	95	30	52	48	5,95	7,288
1992110	1x10	8,2	140	35	72	64	3,484	4,218
1992111	1x16	9,2	195	40	97	83	2,24	2,672
1992112	1x25	10,8	285	45	122	106	1,476	1,723
1992113	1x35	11,9	380	50	153	128	1,073	1,224
1992114	1x50	13,5	520	55	188	152	0,773	0,852
1992115	1x70	15,6	715	65	243	187	0,568	0,601
1992116	1x95	17,4	925	70	298	222	0,449	0,455
1992117	1x120	19,4	1165	80	350	253	0,368	0,366
1992118	1x150	21,4	1445	90	401	286	0,311	0,285
1992119	1x185	23,3	1745	95	460	321	0,27	0,234
1992120	1x240	26,6	2295	135	545	370	0,223	0,177
1992121	1x300	30,2	2895	155	638	418	0,193	0,142
1992122	1x400	34,8	3930	175	770	486	0,164	0,107
1992123	1x500	39,5	5055	200	889	547	0,146	0,085
1992206	2x1.5	8,6	100	35	23	27	23,61	29,37
1992207	2x2.5	9,4	130	40	32	35	14,2	17,62
1992208	2x4	10,5	170	45	44	46	8,639	10,93
1992209	2x6	11,6	220	50	57	59	5,919	7,288
1992210	2x10	13,5	330	55	78	77	3,458	4,218
1992211	2x16	15,5	455	65	104	100	2,218	2,672
1992212	2x25	18,8	700	75	135	127	1,458	1,723
1992213	2x35	21,8	985	90	168	154	1,057	1,224
1992214	2x50	21,3	1150	85	204	182	0,759	0,852
1992215	2x70	24,7	1590	100	262	224	0,556	0,601
1992216	2x95	27,7	2060	140	320	266	0,438	0,455
1992217	2x120	31,3	2830	160	373	303	0,358	0,366
1992218	2x150	34,5	3245	175	430	342	0,302	0,285
1992219	2x185	37,8	3935	190	493	383	0,262	0,234
1992220	2x240	43,3	5200	220	583	442	0,215	0,177
1992306	3G1.5	9,0	115	40	23	27	23,61	29,37
1992307	3G2.5	9,9	155	40	32	35	14,2	17,62
1992308	3G4	11,1	205	45	44	46	8,639	10,93
1992309	3G6	12,3	275	50	57	59	5,919	7,288
1992310	3G10	14,3	415	60	78	77	3,458	4,218
1992311	3G16	16,5	600	70	104	100	2,218	2,672
1992311	3x16	16,5	600	70	91	83	2,218	2,672
1992312	3x25	20,0	900	80	115	106	1,458	1,723
1992313	3x35	23,3	1270	95	143	128	1,057	1,224
1998314	3x50	24,9	1550	100	174	152	0,759	0,852
1998315	3x70	29,2	2160	150	223	187	0,556	0,601
1998316	3x95	32,5	2790	165	271	222	0,438	0,455
1998317	3x120	36,7	3555	185	314	253	0,358	0,366
1998318	3x150	40,6	4405	205	359	286	0,302	0,285
1998319	3x185	44,3	5330	225	409	321	0,262	0,234
1998320	3x240	50,8	7035	305	489	370	0,215	0,177
1992406	4G1.5	9,9	140	40	20	23	23,61	29,37
1992407	4G2.5	10,9	185	45	28	30	14,2	17,62



7 Conductor EXZHELLENT-MAR P1/P8 TFOU

EXZHELLENT – MAR Type P1/P8 TFOU



ENERGÍA 0,6/1 kV
 POWER



NORMAS / STANDARDS:

IEC 60092-351
 IEC 60092-353
 IEC 60092-359
 NEK 606:2004

IEC 60754-1
 IEC 60754-2
 IEC 61034

IEC 60332-1
 IEC 60332-3-22

CONSTRUCCIÓN:

- 1.- **CONDUCTOR:**
 Cobre estañado recocido clase 2.
 IEC 60228.
- 2.- **AISLAMIENTO:**
 Polietileno reticulado LSF (HF XLPE).
 IEC 60092-351.
 Identificación de conductores:
 ver página 72.
- 3.- **ASIENTO:**
 Compuesto libre de halógenos.
- 4.- **ARMADURA:**
 Trenza de alambres de cobre estañado.
- 5.- **CUBIERTA EXTERIOR:**
 Compuesto termoestable resistente a los fangos, tipo SHF Mud.
 IEC 60092-359.



CONSTRUCTION:

- 1.- **CONDUCTOR:**
 Tinned copper, stranded class 2.
 IEC 60228.
- 2.- **INSULATION:**
 Cross-linked polyethylene LSF (HF XLPE).
 IEC 60092-351.
 Core identification: see page 72.
- 3.- **BEDDING:**
 Halogen free compound.
- 4.- **BRAID ARMOUR:**
 Tinned copper wire braid.
- 5.- **OUTER SHEATH:**
 Thermoset compound mud resistant type SHF Mud.
 IEC 60092-359.

APLICACIONES Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

Cables armados para instalación en plataformas con especiales características de no propagación del incendio y reducida emisión de humos opacos, gases tóxicos y corrosivos.

Libre de halógenos, resistente a los aceites y fangos.

MAIN USES AND FEATURES:

Armoured cables for installation in offshore applications with special performances on flame spread and low emission of smoke and fumes.

Halogen free, oil and mud resistant.

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO:

Temperatura máxima del conductor en servicio permanente 90°C

Tensión nominal: 0,6/1 (1,2) kV.

DESIGN CHARACTERISTICS:

Max. rated conductor temperature in normal operation: 90°C.

Rated voltage: 0,6/1 (1,2) kV.



EXZHELLENT – MAR
Type P1/P8 TFOU



ENERGÍA 0,6/1 kV
 POWER

CÓDIGO	SECCIÓN NOMINAL	DIÁMETRO BAJO ARMADURA NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR NOMINAL	PESO NOMINAL	INTENSIDAD ADMISIBLE AIRE 45°C	CAÍDA TENSIÓN (COS φ=0,8)	INDUCTANZA
CODE	NOMINAL CROSS SECTIONAL AREA	DIAMETER UNDER ARMOUR NOM.	NOMINAL OVERALL DIAMETER	NOMINAL WEIGHT	CURRENT RATING AIR 45° C	VOLTAGE DROP (COS φ=0,8)	INDUCTANCE
	mm ²	mm	mm	kg/km	A	V/km	mH/km
7472206	2x1,5	8,00	11,00	200	23	25,02	0,345
7472207	2x2,5	8,50	12,00	240	31	15,55	0,322
7472208	2x4	9,50	13,00	300	43	9,70	0,304
7472306	3x1,5	8,50	11,50	225	20	21,67	0,345
7472307	3x2,5	9,00	12,50	270	28	13,46	0,322
7472308	3x4	10,00	13,50	345	37	8,40	0,304
7472309	3x6	12,00	15,50	450	47	5,59	0,298
7472310	3x10	15,00	19,00	700	65	3,34	0,276
7472311	3x16	16,00	20,50	945	87	2,14	0,269
7472312	3x25	19,50	24,00	1295	110	1,38	0,269
7472313	3x35	23,00	28,00	1775	137	1,02	0,256
7472314	3x50	25,00	30,00	2245	167	0,77	0,254
7472315	3x70	29,00	34,50	3130	214	0,56	0,245
7472316	3x95	32,50	39,00	4315	259	0,42	0,238
7472317	3x120	38,50	45,50	5630	301	0,35	0,236
7472318	3x150	43,50	50,00	6945	347	0,30	0,235
7472406	4x1,5	9,00	12,50	255	20	21,67	0,345
7472407	4x2,5	10,00	13,50	320	28	13,46	0,322
2472056	5x1,5	10,00	13,50	305	-	21,67	0,345
2472057	5x2,5	11,00	14,50	360	-	13,46	0,322
2472076	7x1,5	11,00	14,50	355	-	21,67	0,345
2472077	7x2,5	12,00	16,00	490	-	13,46	0,322
2472126	12x1,5	14,50	18,50	575	-	21,67	0,345
2472127	12x2,5	16,00	20,50	745	-	13,46	0,322
2472196	19x1,5	17,00	21,50	780	-	21,67	0,345
2472197	19x2,5	19,00	23,50	1015	-	13,46	0,322



8 Conductor HERSATENE FOC RHZ1-OL

HERSATENE FOC RHZ1-OL (S) Cu

TENSIÓN: 12/20 kV



NORMAS

UNE 620-10E - Norma constructiva
UNE-EN 60332-1-2 - No propagador de la llama
UNE-EN 50267 - Baja acidez y corrosividad de los gases emitidos
UNE-EN 61034 - Baja opacidad de los humos emitidos
IEC 60332-1-2 - No propagador de la llama
IEC 60754 - Baja acidez y corrosividad de los gases emitidos
IEC 61034 - Baja opacidad de los humos emitidos

CONSTRUCCIÓN

CONDUCTOR:

Cobre, semirrígido clase 2

AISLAMIENTO:

Polietileno reticulado (XLPE)

PANTALLA:

Corona de hilos de cobre

CUBIERTA EXTERIOR:

Poliolefina termoplástica libre de halógenos

APLICACIONES Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Cables para distribución de energía para instalaciones de media tensión al aire, entubados, enterrados

Cubierta resistente a la abrasión y al desgarro. Mayor facilidad de deslizamiento. Pantalla con obturación longitudinal al paso del agua

Cable no propagador de la llama, libre de halógenos, de reducida acidez y corrosividad de los gases y reducida opacidad de los humos emitidos durante la combustión.





**HERSATENE FOC
 RHZ1-OL (S) Cu**

TENSIÓN: 12/20 kV



									
	mm ²	mm	mm	kg/km	mm	A	A	Ohm/km	μF/km
7352116	95	23,1	31,7	1725	480	335	265	0,127	0,198
7352117	120	24,8	33,4	1990	505	385	300	0,121	0,217
7352118	150	26,1	34,7	2260	525	435	340	0,117	0,233
7352119	185	27,7	36,4	2640	550	500	380	0,113	0,253
7352120	240	29,9	38,6	3255	580	590	440	0,108	0,279
7352121	300	32,3	41,5	3940	625	680	495	0,105	0,306
7352122	400	35,0	43,8	4745	660	790	560	0,101	0,339
7352123	500	38,9	46,4	5775	700	930	630	0,095	0,385
7352124	630	42,8	51,7	7350	780	1110	720	0,094	0,43



9 Transformador Resiglas

Resiglas

Dry Cast Resin Transformer

Up to 5.5 MVA - 36kV

Distribution Transformer





Resiglas



Network users around the world seek solutions that are not only reliable and safe during operation, but are also environmentally friendly.

Nowadays much attention is paid to minimise the negative impact on environment and to maintain the Earth's natural resources.

Schneider Electric wants to meet such expectations by manufacturing products that are safe and environmentally friendly. High quality and reliability make Resiglas transformers ideal solutions for investment projects such as: transformer stations, production plants or public use buildings (shopping centres, subway, etc.)

Resiglas transformers are equipped with UV coils reeled using "wet" technology; the product itself is made of non-flammable and fire retardant materials. Therefore, it is perfect for application where the use of other types of transformers is impossible because of safety and difficult working conditions, e.g. in industrial installations susceptible to fire hazards. Additionally, it is suitable for internal use as a substitute for oil transformers.

Resiglas - A safe and environmentally friendly solution

Resiglas cast resin transformers comply with all the necessary technical requirements. They are available as 3-phase units (or 1-phase at special Customer request).

Power: to 5.5 MVA, voltage: to 36 kV, frequency: 50/60 Hz. Transformers are equipped with natural air cooling for continuous indoor use or forced air cooling, with normal or lowered level of losses and noise.

Customer Benefits

- Low noise level
- High resistance to insulation dampening - full airtight sealing of LV and UV windings
- High dielectrical resistance
- Non-flammable and fire retardant insulation
- Designed for professional power industry and individual consumers
- Space optimisation

Resiglas transformers are produced in accordance with the requirements of IEC standards, specific national standards and GOST requirements

Resiglas



10 Interruptor Compact NSX

Compact NSX 100 a 630 A

Interruptores automáticos en caja moldeada
Interruptores-seccionadores
Medición y comunicación



Schneider
Electric



Curvas de disparo

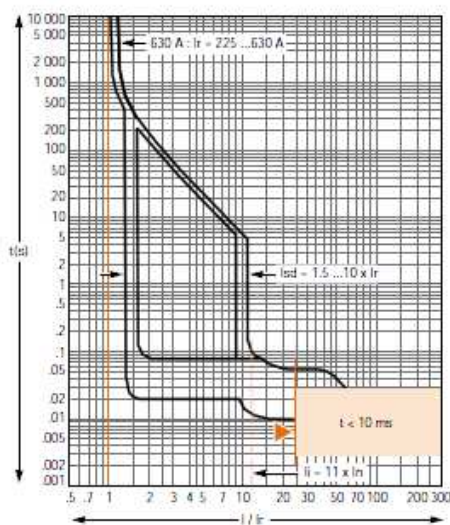
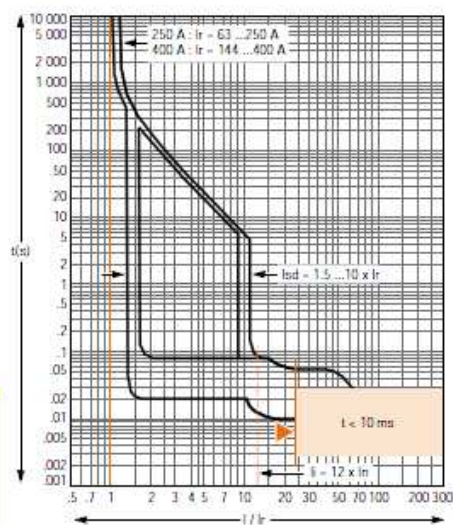
Compact NSX400 a 630. Protección de los sistemas de distribución

Características técnicas

Unidades de control electrónicas Micrologic 2.3, 5.3 y 6.3 A o E

Micrologic 2.3 - 250...400 A

Micrologic 2.3 - 630 A

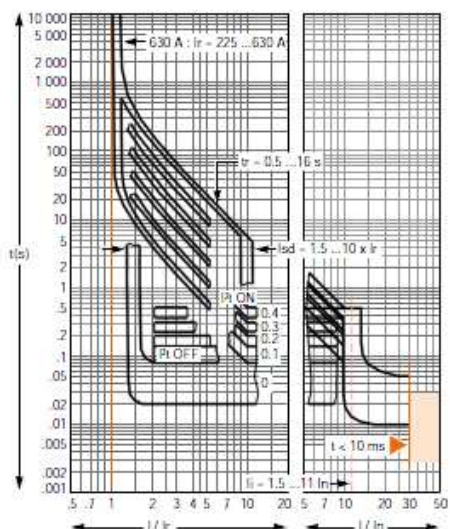
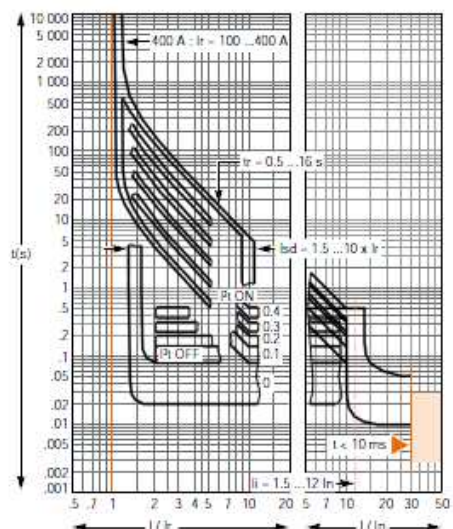


5

Disparo reflejo.

Micrologic 5.3 y 6.3 A o E - 400 A

Micrologic 5.3 y 6.3 A o E - 630 A



Disparo reflejo.

5/8





11 Celdas de MT RM6 MESA S.A

Celdas GIS de aerogenerador



RM6 OL+1L+1A



Celdas RM6 24 kV

La celda RM6 es un equipo prefabricado de arquitectura compacta, con corte y aislamiento en SF6 y dimensiones extremadamente reducidas. Este conjunto monobloque con aislamiento integral incluye una envolvente metálica de acero inoxidable, estanca y sellada de por vida, que contiene las partes activas, el interruptor seccionador, el seccionador de tierra y el interruptor automático.

Esta celda es la solución para aplicaciones en 24 kV con transformadores de potencia mayor a 1600 kVA en 24 kV.

De la misma forma que la celda CAS y DVCAS, esta celda se encuentra en constante proceso de evolución y es instalada por diferentes fabricantes de aerogeneradores, en diferentes países.

La celda RM6 consta de:

- De uno a cuatro compartimentos para cables con pasatapas de conexión.
- Un compartimento de baja tensión.
- Un compartimento de mando.

La celda compacta RM6 responde a la definición de "sistema a presión sellado", conforme con la recomendación IEC.

El interruptor seccionador y el seccionador de tierra ofrecen todas las garantías de maniobra para el usuario:

Estanqueidad

La envolvente está llena de SF6 a una presión relativa de 0,2 bares y queda sellada de por vida después del llenado. Su estanqueidad se verifica sistemáticamente en fábrica y otorga al aparato una esperanza de vida útil de 30 años. Por lo tanto, la celda RM6 no requiere ningún mantenimiento de las partes activas.

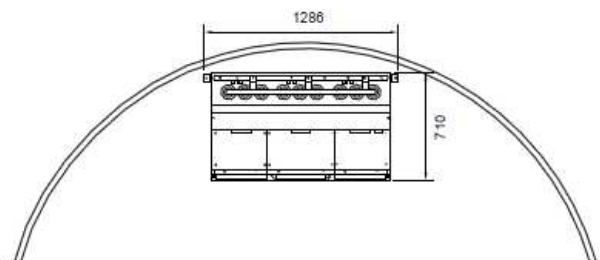
Corte del interruptor seccionador

La extinción del arco eléctrico se obtiene aplicando la técnica de autosoplado de SF6.

Interruptor automático

La extinción del arco eléctrico se obtiene aplicando la técnica del arco giratorio, acompañada de autoexpansión de SF6, lo que provoca el corte de cualquier intensidad hasta la intensidad de cortocircuito.

Vista superior de una celda RM6 OL+1L+1A





Celdas GIS de aerogenerador

Panorama de Celdas GIS de aerogenerador

- Condiciones de funcionamiento y generalidades IEC 62271-1, IEC 60271-200.
- Interruptores automáticos IEC 62271-100.
- Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra IEC 62271-102.
- Interruptores-seccionadores IEC 62271-103.
- IEC 62271-105 Interruptores-fusibles combinados.



Panorama	CAS 24	RM6	CAS 36	DVCAS
Celda				
Potencia máxima a proteger (kVA)	≤1600	■	≤1250	■
Tensión nominal (kV)	24	24	36	36
Intensidad nominal (A)	400-630	400-630	630	630
Intensidad nominal de corta duración (kA/s)	16/1	16/1-20/1	20/1	20/3
Resistencia frente a arco interno IAC AFL (kA/s) ⁽²⁾	16	16/1-20/1	20/1	20/1
Temperatura (°C) ⁽¹⁾	-25	-25	-25	-25
Altitud (m) ⁽⁴⁾	2000	2000	1700 ⁽³⁾	2000
Interruptor automático (1A)				
Intensidad nominal (A)	■	400-630	■	630
Endurancia eléctrica	■	E2	■	E2
Endurancia mecánica	■	M1	■	M1
Capacidad de cierre contra cortocircuito	■	40/50	■	50
Interruptor-seccionador-fusibles (1L)				
Intensidad nominal	400-630	400-630	630	630
Poder de corte en cortocircuito (kA)	40	40-50	50	50
Interruptor-seccionador-fusibles (1Q)				
Intensidad nominal	200	■	200	■
Endurancia eléctrica	E3	■	E3	■
Endurancia mecánica	M1	■	M1	■
Capacidad de cierre contra cortocircuito (kA)	40	■	50	■
Remonte de cables (0L)				
Intensidad nominal	400-630	400-630	630	630
Conectores				
Geometría	T	T	T	T
Perfil interno función protección	Tipo A	Tipo C	Tipo B	Tipo C
Perfil interno función línea o remonte	Tipo C	Tipo C	Tipo C	Tipo C
Conexión atornillada	Enchufable / M16	Enchufable / M16	Enchufable / M16	M16

⁽¹⁾ Para aplicaciones con temperaturas a -30 °, por favor consultar con MESA.

⁽²⁾ Para aplicaciones IAC AFLR por favor consultar con MESA.

⁽³⁾ Ampliable a 2000 m.

⁽⁴⁾ Para altitudes mayores 2000, por favor consultar con MESA.



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)