

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

***PROYECTO DE DISEÑO DE LA
TRANSMISIÓN DE UN AEROGENERADOR***

RESUMEN

Alumno/Alumna: Hurtado, Taboada, Aingeru

Director/Directora: Santos, Pera, Juan Antonio

Curso: 2017-2018

Fecha: <23, Julio, 2018>

RESUMEN

1. OBJETIVO DEL TRABAJO	1
2. DATOS DE PARTIDA	2
3. CALCULOS	3
4. PLANOS	5
5. PRESUPUESTO.....	6
6. BIBLIOGRAFIA.....	7

1. OBJETIVO DEL TRABAJO

El objetivo de este proyecto será llevar a cabo el diseño y los cálculos de un aerogenerador tripala de eje horizontal de 2MW de potencia. Para ello, empezando por los datos de partida ofrecidos por el cliente, se tendrán en cuenta los elementos que toman parte en la transmisión del giro creado por las palas hacia el generador con un incremento de velocidad.

Primero de todo, el viento a consecuencia del perfil de las palas, crea unas fuerzas en estas y por ello las palas comienzan a girar. En cuanto esto pasa, como los tornillos del buje están unidos a la brida, esto hace que el eje de baja velocidad comience a girar.

El eje de baja velocidad (el que gira a 17,8 *r.p.m.*) es la primera sección de la transmisión, la cual mediante un eje estriado estará conectado a la caja multiplicadora. La multiplicadora se encargara de aumentar los 17,8 *r.p.m.* hasta 1500 *r.p.m.*

Para llevar a cabo ese aumento de velocidad, la multiplicadora estará formada por tres etapas. Las dos primeras serán etapas planetarias, estarán formadas por un engranaje corona, tres engranajes planeta y un engranaje sol. La 3ª y última etapa será una etapa de ejes paralelos, la cual tendrá un engranaje helicoidal grande y otro pequeño. Este último será parte del eje de alta velocidad.

El eje de alta velocidad, es el final de la caja multiplicadora y el final de la transmisión. Este eje girara a 1500 *r.p.m.* y mediante un acoplamiento elástico, se conectara a el generador eléctrico.

Por último, para que el dispositivo de transmisión sea adecuado y para que la dirección de las palas también sea la idónea, se ha seleccionado un sistema de orientación, en este caso, un rodamiento de grandes dimensiones con dentado interior.

2. DATOS DE PARTIDA

Los datos de partida utilizados para el cálculo de la transmisión son los siguientes:

- Ubicación: Parque eólico del Monte Oiz, Markina-Xemein, Vizcaya
- Aerogenerador de eje horizontal con 3 palas
- Orientado a favor del aire (*Barlovento*)
- Potencia nominal: 2MW
- Velocidad nominal: 14m/s
- Velocidad de arranque: 3 m/s
- Velocidad de desconexión: 25 m/s
- Velocidad de eje principal (eje de baja velocidad): 9,6-17,8 r.p.m.
- Velocidad de eje secundario (eje de alta velocidad): 1500 r.p.m.
- Altura de la torre: 90m

3. CALCULOS

Antes de comenzar con los cálculos de los componentes de la transmisión del aerogenerador, se deben conocer las fuerzas que generan las palas en el rotor. Las fuerzas que tendrán influencia en la transmisión serán la fuerza vertical, fuerza axial, momento flector y momento torsor.

Para ello se analizarán las combinaciones de carga que aparecen en la norma IEC-61400-1, primero se calcularán las cargas estáticas y seguido se estudiarán los elementos a fatiga. Sabiendo esas cargas, se hará el dimensionamiento del eje de baja velocidad, fijando la ubicación de los rodamientos y llevando a cabo su selección. Una vez fijado el eje de baja velocidad, para acoplarlo a la caja multiplicadora, se mecanizarán unas estrías en el extremo del eje siguiendo la norma DIN 5480.

La multiplicadora, tal y como se ha mencionado, transformará la velocidad del eje lento que es de 17,8 *r.p.m* a 1500 *r.p.m* que será la velocidad del eje de alta velocidad que se acoplará al de generador. Al realizar los cálculos de la multiplicadora, se han dimensionado cada uno de los engranajes de las tres etapas, siendo las siguientes tablas sus resúmenes.

1ª ETAPA	SOL	PLANETAS	CORONA
Módulo (m)		25 mm	
Número de dientes (z)	20	35	90
Diámetro primitivo (D_P)	500 mm	875 mm	2.250 mm
Diámetro Interior (D_I)	437,5 mm	812,5 mm	2.187,5 mm
Diámetro Exterior (D_E)	550 mm	925 mm	2.300 mm
Anchura (b)		500 mm	
Addendum		25 mm	
Deddendum		31,25 mm	
Angulo de contacto (α)		20°	

2ª ETAPA	SOL	PLANETAS	CORONA
Módulo (m)		20 mm	
Número de dientes (z)	20	35	90
Diámetro primitivo (D_P)	400 mm	700 mm	1.800 mm
Diámetro Interior (D_I)	350 mm	650 mm	1.750 mm
Diámetro Exterior (D_E)	440 mm	740 mm	1.840 mm
Anchura (b)		400 mm	
Addendum		20 mm	
Deddendum		25 mm	
Angulo de contacto (α)		20°	

3º ETAPA		Engranaje grande (7)	Engranaje pequeño (8)
Angulo de presión real	α_r		20°
Angulo de presión aparente	α_a		21,17°
Angulo de inclinación real	β_r		18,75°
Angulo de inclinación aparente	β_a		20°
Número de dientes	Z	53	19
Diámetro primitivo	D_P	901 mm	323 mm
Diámetro exterior	D_E	973 mm	395 mm
Diámetro interior	D_I	861 mm	283 mm
Módulo real	m_n		16 mm
Módulo aparente	m_a		17 mm
Anchura	b		320 mm

Una vez calculados los engranajes, se han llevado a cabo los cálculos de sus ejes y se han calculado y seleccionado los rodamientos que llevarán.

Cuando ya se hayan calculado todos los elementos internos de la caja multiplicadora, se calculará el grosor de la caja multiplicadora y el lubricante que esta llevará.

Una vez calculada la caja multiplicadora al completo, se comenzará con el dimensionamiento del eje de alta velocidad, teniendo en cuenta las fuerzas que actuarán en él. También se seleccionará el sistema de acoplamiento que conectará el eje de alta velocidad con el generador, siendo en este caso un acoplamiento elástico.

Por último, se elegirá el sistema de orientación del catálogo Rothe Erde, teniendo en cuenta el momento y la fuerza vertical que soportará. El sistema elegido, es un rodamiento de grandes dimensiones con dentado interno.

4. PLANOS

Este proyecto, tiene los planos del conjunto de la transmisión y del conjunto de la caja multiplicadora, el cual muestra las piezas que componen los componentes de la transmisión. Además, se han implementado los planos de los elementos de la multiplicadora que se han calculado, mostrando así todos los elementos de la transmisión en planos.

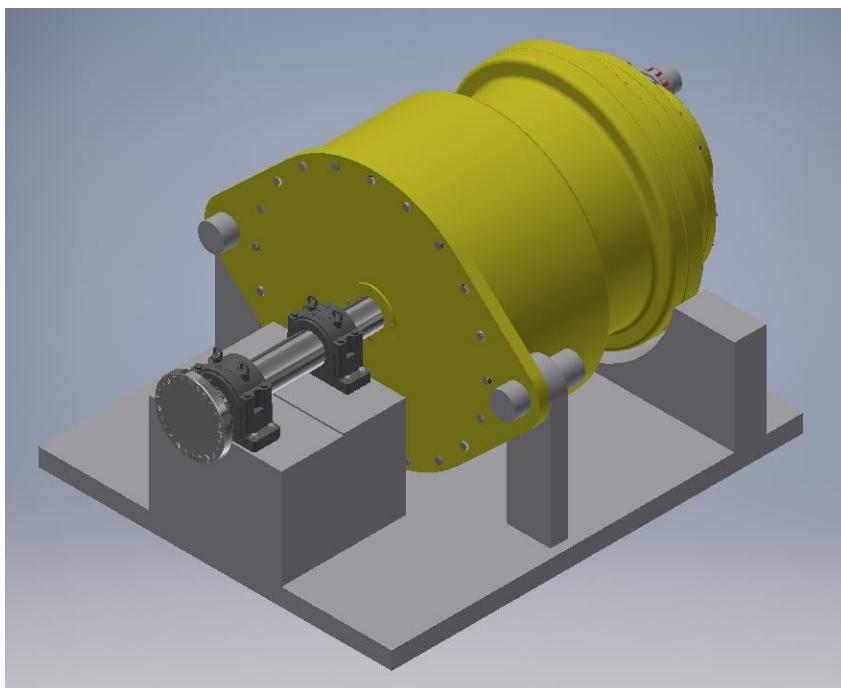


Imagen 1: Transmisión de un aerogenerador de eje horizontal de 2MW

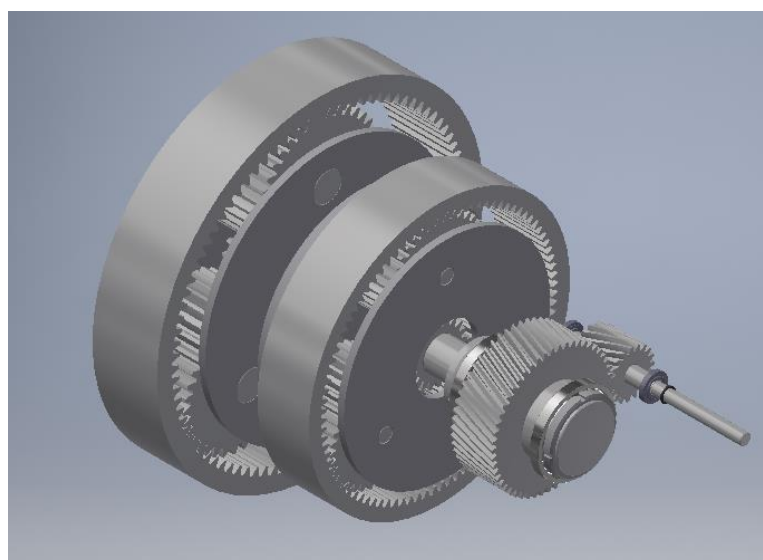


Imagen 2: Componentes de la multiplicadora

5. PRESUPUESTO

El presupuesto del proyecto teniendo en cuenta los materiales, la fabricación, los elementos comerciales y la mano de obra será el siguiente:

Presupuesto de ejecución.....	146.897,15€
Remuneración.....	7.350€
Total.....	154.247,15€

PRESUPUESTO TOTAL: 154.247,15€

El coste del presupuesto total es: Ciento cincuenta y cuatro mil doscientos cuarenta y siete euros con quince céntimos.

6. BIBLIOGRAFIA

LIBROS:

- MIGUEL VILLARUBIA “La ingeniería de la energía eólica” 1ª Edición, Barcelona 2012.
- MIGUEL VILLARUBIA “Energía Eólica” Madrid 2004
- Bernad J. Hamrock.Bo o. Jakobson, Steven R. Schmid “Elementos de máquinas” Editorial McGraw
- “Manual de diseño de Estructuras de acero” 2ª Edición. Icha 2008
- Decker “Elementos de máquinas” Editorial Urmo. Bilbao
- Robert L. Norton “Diseño de máquinas” Editorial Pearson, México
- Richard G. Budynas y J. Keith Nijbett “Diseño en ingeniería mecánica se Shidley” Editorial McGraw México 2004
- Mikel Abasolo Bilbao, Santiago Navalpotro Cuenca, Edurne Iriondo Plaza: “Diseño de máquinas”. Euiti Bilbao; Universidad del País Vasco
- POMPER, VICTOR: “Mandos hidráulicos en las máquinas herramientas”. Editorial Blume, Barcelona 1969.
- Jose Antonio Garcia Poggio “Aceros de alta resistencia” Editorial Montecorvo, Madrid.

CATÁLOGOS:

- TIMKEN Catálogo de rodamientos de rodillos cilíndricos
- TIMKEN Catálogo de rodamientos de rodillos cónicos
- SACK Catálogo de aceros
- ALMESA Catálogo de tubos de acero
- ROTHE ERDE Catálogo de rodamientos de grandes dimensiones
- EPIDOR Catálogo de retenes
- OPAC Catálogo de chavetas
- BENERI Catálogo de anillos de seguridad
- KTR Catálogo de acoplamientos elásticos para ejes

INGENIERITZA MEKANIKOKO GRADUA GRADU AMAIERAKO LANA

AEROSORGAILU BATEN TRANSMISIOAREN DISEINU PROIEKTUA

LABURPENA

Ikaslea: Hurtado, Taboada, Aingeru

Zuzendaria: Santos, Pera, Juan Antonio

Ikastaroa: 2017-2018

Data: <2018, Uztaila, 23>

LABURPENA

1.LANAREN HELBURUA	1
2. ABIAPUNTUAK	2
3.KALKULUAK	3
4.PLANOAK	5
5.AURREKONTUA	6
6.BIBLIOGRAFIA.....	7

1.LANAREN HELBURUA

Lan honen helburua 2MW ardatz horizontaleko aerosorgailu hirupalaren transmisioa kalkulatzea eta diseinatzea da. Horretarako, bezeroak eskainitako datuetatik abiarazita, transmisioan parte hartzen duten osagaiak kontutan hartuko dira palek sortutako biraketa abiadura sorgailura transmititu ahal izateko abiadura handitze batekin.

Lehenik haizeak palen perfila dela eta, indar batzuk eragiten dute paletan eta hauek birak ematen hasten dira. Palak biratzen hasten diren momentuan bridan dauden torlojuak bujeari lotuta daudenez, ardatz geldoa biratzen hasiko da.

Ardatz geldoa (17,8 *r.p.m.* abiadurarekin biratzen duena) transmisioaren lehen atala da, zeinek artekatuaren bidez biderkatzaileari konektatuta egongo da. Biderkatzaileak 17,8 *r.p.m.* horiek 97,9 *r.p.m.*-tara handituko ditu.

Abiadura hori handitzeko biderkatzailea hiru etapaz osatuta egongo da. Lehenengo eta bigarren etapa, etapa planetarioak izango dira etapa bakoitzak kanpo engranaje koroa, hiru planeta engranaje eta eguzki engranaje bakarra izango dute. Azkeneko etapa paraleloa izango da, gurpil handi bat izango duena eta gurpil txikiago bat izango duena. Azken hau ardatz arinaren parte izango da.

Ardatz arina biderkatzailearen amaiera eta transmisioaren bukaera da. Ardatz honek 1500 *r.p.m.* -tara egingo du bira eta akoplamendu elastikoaren bidez, sorgailu elektriko batera konektatu ahalko da.

Azkenik, transmisioaren disposizioa egokia izateko eta palen norabidea egokia izateko, transmisioaren orientazio sistema aukeratu da, kasu honetan, barne horzduneko dimentsio handiko errodamendua izango dena.

2. ABIAPUNTUAK

Transmisioaren kalkuluak burutzeko abiapuntu giza hartu diren datuak, honakoak dira:

- Kokapena: Oiz Mendiaren Parke eolikoa, Markina-Xemein, Bizkaia.
- Ardatz horizontaleko hirupaladun aerosorgailua
- Haizealde orientatuta (*Barlovento*)
- Potentzia nominala: 2MW
- Abiadura nominala: 14m/s
- Abiarazte abiadura: 3 m/s
- Deskonexio abiadura: 25 m/s
- Sarrerako ardatzaren abiadura (ardatz geldoa): 9,6-17,8 r.p.m.
- Irteerako ardatzaren abiadura (ardatz arina): 1500 r.p.m.
- Dorrearen altuera: 90m

3.KALKULUAK

Transmisioa osatzen duten osagaien kalkuluak burutu baino lehen, palek errotorean eragiten duten indarrak ezagutu behar dira. Transmisioan eragina izango duten indarrak, indar bertikala, indar axiala, momentu flektorea eta momentu tortsorea izango dira.

Horretarako IEC 61400-1 arauak ezartzen dituen konbinazio karga aztertuko da, lehenik karga estatikoak lortuko dira eta ondoren elementuak nekera aztertuko diren. Karga horiek jakinda, ardatz geldoaren dimentsionamendua egingo da, errodamenduen kokapena finkatuz eta hauen aukeraketa eginez. Ardatz geldoa finkatuta dagoenean, biderkatzailearekin akoplatzeko, DIN 5480 araua jarraitzen duen artekatua erabiliko da.

Biderkatzaileak aipatu den moduan, 17,8 *r.p.m* -tik 1500 *r.p.m* -tara handitu beharko du ardatzaren abiadura. Biderkatzailearen kalkuluak burutzerakoan, etapa bakoitzaren engranajeen dimentsionamendua egin da, ondorengo datuak laburpena izanda.

1.ETAPA PLANETARIO	EGUZKI	PLANETAK	KOROA
Modulua (m)		25 mm	
Hortz kopurua (z)	20	35	90
Diametro primitiboa (D_P)	500 mm	875 mm	2.250 mm
Barne diametroa (D_B)	437,5 mm	812,5 mm	2.187,5 mm
Kanpo diametroa (D_K)	550 mm	925 mm	2.300 mm
Zabalera (b)		500 mm	
Addendum		25 mm	
Deddendum		31,25 mm	
Kontaktu angelua (α)		20°	

2.ETAPA PLANETARIO	EGUZKI	PLANETAK	KOROA
Modulua (m)		20 mm	
Hortz kopurua (z)	20	35	90
Diametro primitiboa (D_P)	400 mm	700 mm	1.800 mm
Barne diametroa (D_B)	350 mm	650 mm	1.750 mm
Kanpo diametroa (D_K)	440 mm	740 mm	1.840 mm
Zabalera (b)		400 mm	
Addendum		20 mm	
Deddendum		25 mm	
Kontaktu angelua (α)		20°	

3. ETAPA		Engranaje handia (7)	Engranaje txikia (8)
Presio angelu erreala	α_r		20°
Presio angelu aparentea	α_a		21,17°
Inklinazio angelu erreala	β_r		18,75°
Inklinazio angelu aparentea	β_a		20°
Hortz kopurua	Z	53	19
Diametro primitiboa	D_P	901 mm	323 mm
Kanpo diametroa	D_K	973 mm	395 mm
Barne diametroa	D_B	861 mm	283 mm
Modulu erreala	m_n		16 mm
Modulu aparentea	m_a		17 mm
Zabalera	b		320 mm

Biderkatzailearen engranajeak kalkulatuta, hauen ardatzak eta eramango dituzten errodamenduak kalkulatu eta aukeratu dira.

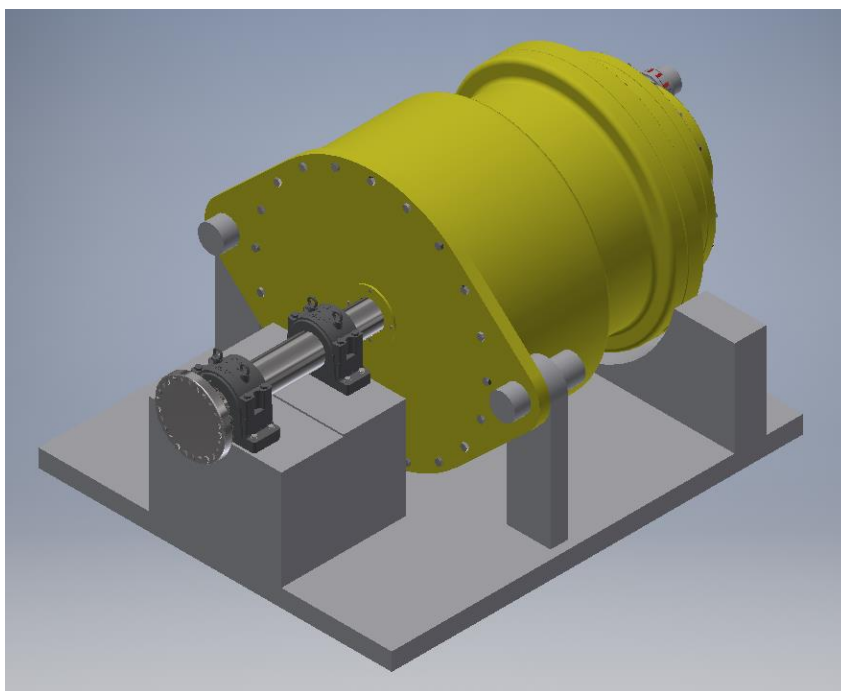
Biderkatzailearen barneko osagaiak kalkulatu direnean, biderkatzailearen karkasaren lodiera eta honek eramango duen lubrifikazioaren deskribapena egin da.

Biderkatzailea kalkulatu delarik, ardatz arinaren dimentsionamendua burutu da, ardatz horretan egongo diren indarrak kontutan izanda. Baita ere, ardatz arina eta sorgailua konektatuko duen akoplamendu sistema aukeratu da, kasu honetan akoplamendu elastikoa.

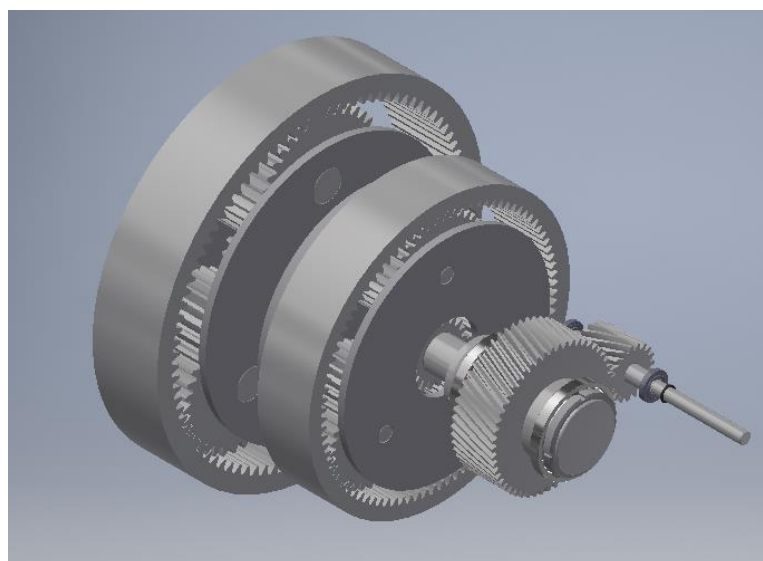
Azkenik, orientazio sistema aukeratu da Rothe Erde katalogotik, jasango diren momentua eta indar bertikalak kontutan izanda. Hartutako sistema, barne horzdun dimentsio handiko errodamenduak izan dira.

4.PLANOAK

Proiektu honek, transmisioaren multzoaren eta biderkatzaile multzoaren planoak dauzka, zeinek transmisioaren osagaiak osatzen dituzten piezak aurkezten dituzte. Gainera, biderkatzailean kalkulatu diren osagaien planoak inplementatu dira, transmisioaren osagaien plano guztiak aurkeztuz.



Irudia 1: 2MW ardatz horizontaleko aerosorgailu transmisioa



Irudia 2: Biderkatzailearen osagaiak

5.AURREKONTUA

Proiektua materialen, fabrikazioaren, elementu komertzialen eta eskulanen kostuarekin kontatuko du, zeinen aurrekontua honakoa da:

Egitearen Aurrekontua.....	146.897,15€
Proiektuaren ordainsariak.....	7.350€
Totala.....	154.247,15€

AURRERKONTU OSOA: 154.247,15€

Aurrekontu osoaren balioa: Ehun eta berrogeita hamabost mila berrehun eta berrogeita zazpi euro koma hamabost zentimo .

6.BIBLIOGRAFIA

LIBURUAK:

- MIGUEL VILLARUBIA “La ingeniería de la energía eólica” 1. Edizioa, Bartzelona 2012.
- MIGUEL VILLARUBIA “Energía Eólica” Madrid 2004
- Bernad J. Hamrock.Bo o. Jakobson, Steven R. Schmid “Elementos de máquinas” Editorial McGraw
- “Manual de diseño de Estructuras de acero” 2. Edizioa. Icha 2008
- Decker “Elementos de máquinas” Editorial Urmo. Bilbo
- Robert L. Norton “Diseño de máquinas” Editorial Pearson, México
- Richard G. Budynas y J. Keith Nijbett “Diseño en ingeniería mecánica se Shidley” Editorial McGraw México 2004
- Mikel Abasolo Bilbao, Santiago Navalpotro Cuenca, Edurne Iriondo Plaza: “Diseño de máquinas”. Euiti Bilbao; Euskal Herriko Unibertsitatea
- POMPER, VICTOR: “Mandos hidráulicos en las máquinas herramientas”. Editorial Blume, Bartzelona 1969.
- Jose Antonio Garcia Poggio “Aceros de alta resistencia” Editorial Montecorvo, Madrid.

KATALOGOAK:

- TIMKEN errodamendu konikoen katalogoa
- TIMKEN errodamendu zilindrikoen katalogoa
- SACK altzairu katalogoa
- ALMESA altzairu hodian katalogoa
- ROTHE ERDE dimensio handiko errodamendu katalogoa
- EPIDOR erreten katalogoa
- OPAC txabeten katalogoa
- BENERI segurtasun eraztun katalogoa
- KTR akoplamendu elastiko katalogoa

DEGREE IN MECHANICAL ENGINEERING
FINAL DEGREE PROJECT

***DESIGN PROJECT FOR THE
TRANSMISSION OF A WIND TURBINE***

SUMMARY

Student: Hurtado, Taboada, Aingeru

Director: Santos, Pera, Juan Antonio

Course: 2017-2018

Date: <23, July, 2018>

SUMMARY

1. PURPOSE OF THE WORK.....	1
2. INITIAL DATA	2
3. CALCULATIONS	3
4. DRAWINGS.....	5
5. BUDGET.....	6
6. BIBLIOGRAPHY	7

1. PURPOSE OF THE WORK

The objective of this project will be to carry out the design and calculations of a three-bladed horizontal axis wind turbine of 2MW of power. For this, starting from the starting data provided by the customer, the elements involved in the transmission of the rotation created by the blades to the generator with an increase in speed will be taken into account.

First of all, the wind, as a result of the profile of the blades, creates a force in them and therefore the blades begin to rotate. As soon as this happens, as the hub bolts are attached to the flange, this causes that the low speed shaft start rotating.

The low speed shaft (which rotates at 17,8 *r.p.m.*) is the first section of the transmission, which is connected to the gearbox by a splined shaft. The gearbox will increase the rotation speed from 17,8 *r.p.m.* to 1500 *r.p.m.*

To carry out this speed increase, the gearbox will be made up of three stages. The first two will be planetary stages, consisting of a crown gear, three planet gears and one sun gear. The 3rd and last stage will be a parallel shaft stage, which will have a large and a small worm gear. This will be part of the high-speed axis.

The high speed shaft is the end of the gearbox and the end of the transmission. This shaft will rotate at 1500 *r.p.m.*, and by means of an elastic coupling, it will be connected to the electric generator.

Finally, in order to ensure that the transmission device is suitable and that the blade direction is also suitable, an orientation system has been selected, in this case a large-sized bearing with internal teeth.

2. INITIAL DATA

The starting data used for the calculation of the transmission are the following:

- Location: Oiz Mountain Wind Farm, Markina-Xemein, Vizcaya
- Horizontal axis wind turbine with 3 blades
- Air-facing (*Windward*)
- Rated power: 2MW
- Rated speed: 14m/s
- Starting speed: 3 m/s
- Switch-off speed: 25 m/s
- Main axle speed (low speed axle): 9,6-17,8 r. p. m.
- Secondary shaft speed (high speed shaft): 1500 rpm
- Tower height: 90m

3. CALCULATIONS

Before starting to calculate the wind turbine transmission components, the forces generated by the blades on the rotor must be known. The forces that will influence in the transmission are the vertical force, axial force, bending moment and torsional moment.

For this purpose, the load combinations appearing in the IEC-61400-1 standard will be analyzed, first the static loads will be calculated and then the elements will be studied at fatigue. Knowing these loads, the sizing of the low speed shaft will be done, fixing the location of the bearings and carrying out their selection. Once the low speed shaft is fixed, to fix them to the gearbox some grooves are machined at the end of the shaft in accordance with DIN 5480.

The gearbox, as mentioned above, will transform the speed of the slow shaft from 17,8 *r.p.m* to 1500 *r.p.m* which will be the speed of the high speed shaft that will be coupled to the generator shaft. When the gearbox calculations were made, each of the gears of the three stages were sized, at the following tables being their summaries.

1st STAGE	SUNSHINE	PLANETS	WREATHS
Module (m)		25 mm	
Number of teeth (z)	20	35	90
Primitive diameter (D_p)	500 mm	875 mm	2.250 mm
Inside diameter (D_i)	437,5 mm	812,5 mm	2.187,5 mm
Outside diameter (D_o)	550 mm	925 mm	2.300 mm
Width (b)		500 mm	
Addendum		25 mm	
Deddendum		31,25 mm	
Contact angle (α)		20°	

2nd STAGE	SUNSHINE	PLANETS	WREATHS
Module (m)		20 mm	
Number of teeth (z)	20	35	90
Primitive diameter (D_p)	400 mm	700 mm	1.800 mm
Inside diameter (D_i)	350 mm	650 mm	1.750 mm
Outside diameter (D_o)	440 mm	740 mm	1.840 mm
Width (b)		400 mm	
Addendum		20 mm	
Deddendum		25 mm	
Contact angle (α)		20°	

3rd STAGE		Large gear (7)	Small gear (8)
Real pressure angle	α_r	20°	
Apparent pressure angle	α_a	21,17°	
Real angle of inclination	β_r	18,75°	
Apparent angle of inclination	β_a	20°	
Number of teeth	Z	53	19
Primitive diameter	D_P	901 mm	323 mm
Outside diameter	D_O	973 mm	395 mm
Inside diameter	D_I	861 mm	283 mm
Real module	m_n	16 mm	
Apparent module	m_a	17 mm	
Width	b	320 mm	

Once the gears have been calculated, the calculations of their shafts have been carried out and the bearings they will carry have been calculated and selected.

Then, when all the internal elements of the gearbox have been calculated, it will contain will be calculated the thickness of the gearbox and the lubricant.

Once the complete gearbox has been calculated, the design of the high speed shaft will begin, taking into account the forces acting on it. The coupling system that will connect the high speed shaft to the generator will also be selected, being in this case an elastic coupling.

Finally, the orientation system of the Rothe Erde catalogue will be chosen, taking into account the momentum and the vertical force it will support. The system chosen is a large-sized bearing with internal teeth.

4. DRAWINGS

This project has the plans of the whole transmission and the whole of the gearbox, which shows the parts that make up the components of the transmission. In addition, the plans of the multiplier elements that have been calculated have been implemented, this showing all the elements of the transmission in plans.

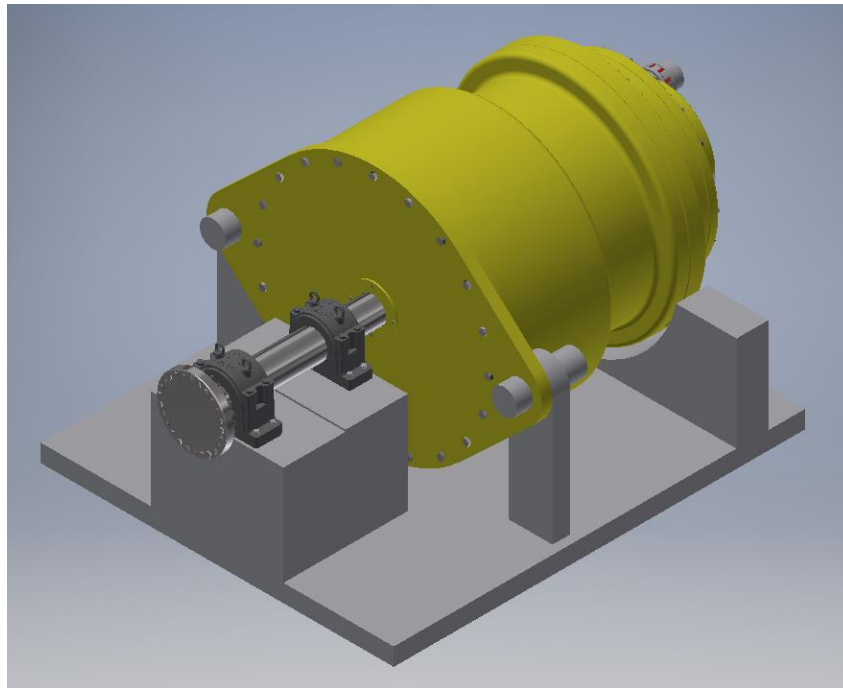


Figure 1: *Wind turbine transmission with horizontal axis and power of 2MW*

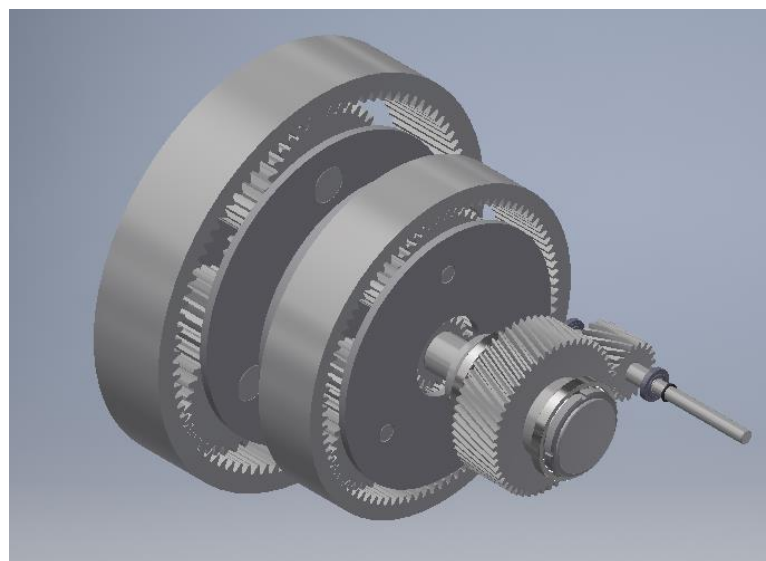


Figure 2: *Components of the gearbox*

5. BUDGET

The project budget taking into account materials, manufacturing, commercial elements and workforce will be as follows:

Implementation budget	146.897,15€
Remuneration.....	7.350€
Total.....	154.247,15€

TOTAL BUDGET: 154. 247,15€

The cost of the total budget is: One hundred and fifty-four thousand two hundred and forty-seven euros and fifteen cents.

6. BIBLIOGRAPHY

BOOKS:

- MIGUEL VILLARUBIA “La ingeniería de la energía eólica” 1st Edition, Barcelona 2012.
- MIGUEL VILLARUBIA “Energía Eólica” Madrid 2004
- Bernad J. Hamrock.Bo o. Jakobson, Steven R. Schmid “Elementos de máquinas” Editorial McGraw
- “Manual de diseño de Estructuras de acero” 2nd Edition. Icha 2008
- Decker “Elementos de máquinas” Editorial Urmo. Bilbao
- Robert L. Norton “Diseño de máquinas” Editorial Pearson, México
- Richard G. Budynas y J. Keith Nijbett “Diseño en ingeniería mecánica se Shidley” Editorial McGraw México 2004
- Mikel Abasolo Bilbao, Santiago Navalpotro Cuenca, Eurne Iriondo Plaza: “Diseño de máquinas”. Euiti Bilbao; Universidad del País Vasco
- POMPER, VICTOR: “Mandos hidráulicos en las máquinas herramientas”. Editorial Blume, Barcelona 1969.
- Jose Antonio Garcia Poggio “Aceros de alta resistencia” Editorial Montecorvo, Madrid.

CATALOGUES:

- TIMKEN Cylindrical Roller Bearings Catalogue
- TIMKEN Tapered roller bearings catalogue
- SACK Steel catalogue
- ALMESA Steel Pipe Catalogue
- ROTHE ERDE Large-sized bearings catalogue
- EPIDOR Seal Catalogue
- OPAC Cotter catalogue
- BENERI Security Rings Catalogue
- KTR Catalogue of flexible shaft couplings