



Fejlesztési napló

Projekt címe:

Vertikális tengelyű, állítható fesztávolságú szélgenerátor fejlesztés

Beszámolási időszak:

2020. május 01.- 2020. szeptember 30.

Fejlesztésvezető:

Jávorka Zsolt

Jelentést összeállította:

Miklós Zsolt

Lektorálta:

Jávorka Zsolt



A fejlesztésben résztvevők:

1. Jávorka Zsolt - Net'96 Kft ügyvezető – Fejlesztésvezető
2. Miklós Zsolt – Fejlesztési koordinátor
3. Borbás Péter - Gépésztechnikus
4. Jenák Attila – Technikus
5. Ujfalvi Barnabás – CNC programozó
6. Mózs László – Szakmunkás

A projekt rövid bemutatása:

Jelen kutatás-fejlesztési projekt célja innovatív 1,2 és 3 kW-os vertikális tengelyű, állítható fesztávolságú szélgenerátor fejlesztése. A hagyományos, köztudatban jobban jelenlévő horizontális szélturbinák lakott területtől távol eső, széljárta helyeken telepíthetők, mely erősen leszűkíti a felhasználók körét. A hagyományos rendszerekkel ellentétben a modern technológiát képviselő vertikális rendszer előnye, hogy nem függ a széliránytól, így bármilyen irányból érkező szél energiájának felhasználására alkalmas, illetve az oldalról érkező széllelőkések, viharos szelek sem fordítják ki a szélgenerátort a szélirányból. A technológia előnye, hogy vidéki, városi környezetben is felhasználható, így jelentős piaci igény kielégítésére alkalmas. További előny a vízszintes tengelyű megoldásokkal szemben a biztonság: jobban megfelel az életvédelmi és biztonsági előírásoknak, így nem szükséges úgynevezett biztonsági védőtávolságot hagyni körülötte, ami szintén alkalmassá teszi városias környezetben való elhelyezésre. Műszaki szempontból fentiekén túl a technológiát az teszi igazán versenyképpé, hogy abban az esetben is képes a szélgenerátor folyamatos energiatermelésre, amikor alacsony a szélesebesség, így kevésbé függ a környezeti adottságoktól, időjárási viszonyoktól hagyományosabb versenytársainál. A városi szélturbinák a napelemes rendszerekhez hasonlóan tetőre szerelhetők, esztétikus kialakításuknak köszönhetően a tető szerkezetéhez simulnak, nem rontják az épület látványát. A mikro szélturbinák működése közben a tető síkja által összegyűjtött és felgyorsított levegő kerül bevezetésre a turbinába, így már kisebb szélesebességnél is képes a rendszer energiát termelni. A jelenleg ismert technológia hátránya a mikro szélgenerátorok területén, hogy bár alacsony szélesebesség mellett is működnek, azonban nagy szélesebesség mellett gyakran túlpörögnek, leállnak, így állandó működésük nem biztosított, mely kiszámíthatatlanná teszi az energiatermelés, a befektetések megtérülésének számítását, így elterjedésük lassabb ütemű, mint a hasonló megoldást kínáló háztartási méretű napelemes rendszereké. Jelen beruházás eredményeképpen egy olyan szélgenerátor jön létre, melynek kialakítása, mechanikája, technológiája újdonságtartalmat hordoz az alábbi tekintetben:

- (1) A szélgenerátor zajkibocsátása 40dB zajtartomány alatt lesz
- (2) A szélgenerátor átmérője működés közben automatikusan állítható lesz, ezzel garantálva az optimális működést és teljesítményt szélesebességtől függetlenül.

A projekt újdonságtartalma tehát alapvetően a szélgenerátor mechanikájában, valamint a hozzá tartozó vezérlésben rejlik, mely lehetővé teszi a szélgenerátor átmérőjének működés közbeni automatikus állíthatóságát. Ennek előnye:

- (1) Folytonos, egyenletes teljesítményű működés
- (2) Ebből következően kalkulálható megtérülés, energia kiváltás
- (3) A kiszámíthatóságból adódóan a korábbinál piacképesebb termék

A fejlesztés eredményeképpen létrejövő termék tehát egy 1,2 és egy 3 kW-os vertikális tengelyű, állítható fesztávolságú szélgenerátor, mely a következő jellemzőkkel bír majd előzetes elképzeléseink szerint, melyek természetesen a tényleges kísérleti fejlesztés során körvonalazódnak majd. A rotor magasság mind a 1,2 kW-os, mind pedig a 3kW-os szélgenerátor esetében 3 méteres lesz előzetes elképzeléseink szerint, a rotor átmérője pedig 1,8 méter (1,2 kW) és 3,7 méter (3 kW). A rotor anyaga egységesen carbon-üvegszál kompozitból készül majd, a szélgenerátor szerkezete pedig szerkezeti acélból, előreláthatólag S355 szerkezeti acélból, mely az általános rendeltetésű, ferrit-perlit szövetszerkezetű ötvöztelen szerkezeti acél egyik fajtája, a minőségi csoport tekintetében a tényleges kísérleti fejlesztés során hozunk majd döntést. A szélgenerátor tömege várhatóan 180 kg lesz a 1,2 kW-os szélgenerátor esetében, 260 kg-os a 3 kW-os szélgenerátor esetében.

A projekt egy olyan automatikusan vezérelt változtatható átmérőjű szélgenerátor megvalósítását tűzte ki célul, ami légmozgás energiáját elektromos áram előállításának céljából hasznosítja. Fontos szempont a széleskörű alkalmazhatóság, mind a szélesebbesség, mind a hőmérsékleti viszonyok tekintetében. Hosszú távú lehetőségként került meghatározásra a működési zaj teljes spektrumban történő csökkentése, illetve a madárbarát kialakítás. Amennyiben a jövőbeni visszajelzések ezt lehetővé teszik, úgy ezek további lehetőséget képeznek a fejlesztésre.

A 2019.05.01. – 2020.09.30. tartó időszakban elvégzett fejlesztés (ek), menetének leírása:

Az első prototípus gyártásánál tapasztaltak felhasználásával, áttervezésre került a berendezés. Az átalakított szerkezet a prototípus 2 nevet kapta. Ebben a tervben módosítani kellett a nyomórúd kialakítását, valamint a csapágyazást is. Beépítésre került egy alternatív aktuátor is. Megtervezésre került a 3kW teljesítményű szélgenerátor szerkezete is, mely nagymértékben alumíniumból készül.

Elkészült a komplett vezérlő elektronika terve, valamint a szerkezetekhez szükséges elektronikai tokozás is. Az elektronika a következő főbb funkciókat foglalja magába:

- vezérli a szélgenerátor átmérőjét a szélesség függvényében
- méréseket végez, adatot gyűjt és továbbít
- rendelkezik nagy-hatótávolságú (1,5 km) vezeték nélküli kommunikációs modullal
- kommunikál az inverterrel

A felsorolásból kitűnik, hogy a vezérlő elektronika alkalmas arra, hogy a szélgenerátor átmérő szabályozását, illetve a biztonsági rendszerek működését megvalósítsa. A rendszer rendelkezik nagy-hatótávolságú vezeték nélküli kommunikációval, mely akár alapja lehet mikro-szélerőmű parkok működésének összehangolására is.

A prototípusok gyártási folyamatosan történik. A készenlétek mellett hosszú távú tesztek zajlanak. Ezek szükségessége elengedhetetlen a jövőben történő sorozatgyártás szempontjából.

Az első prototípusnál a következők kerültek megállapításra, melyek miatt áttervezésre került a berendezés:

A szerkezet saját frekvenciája bizonyos esetekben egybe esik a szél által generált impulzusával. Ez a karok nem kívánt 5Hz környéki rezgését idézi elő, amely káros hatással lehet a teherviselő elemek élettartamára. A folyamatos kismértékű állásszög változás negatívan befolyásolja a hatásfokot a lapát profiljain kialakuló korai kontrollálatlan határréteg leválás következtében.

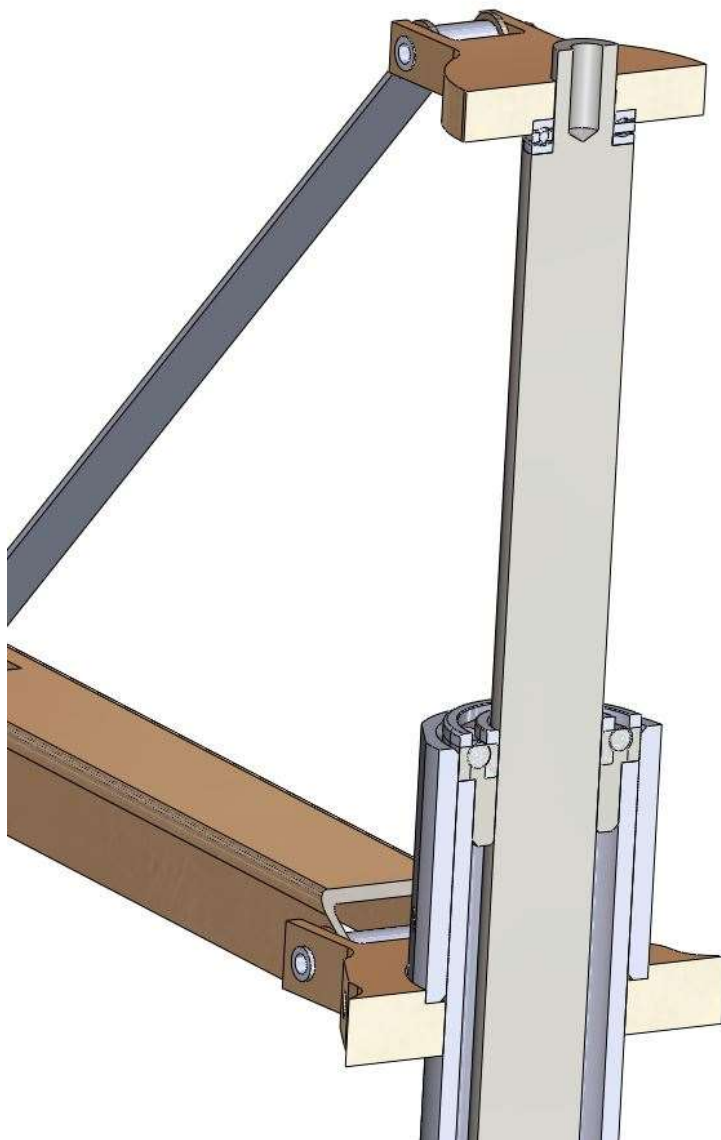
A javasolt változtatás, a jelenleg használatban lévő kovácsolt tartóelemek, X,Y irányban nagyobb másodrendű nyomatékkal rendelkező, ez által az ébredő csavaró erőknek jobban ellenálló profilra történő cseréje. Ennek további előnye lehet a tömegcsökkentés és a hatásfok növekedése, a gyártási idő és költség növekedése nélkül.

A csapágyazással kapcsolatban a módosítás lehetősége két alapvető szempontból merült fel. az első, hogy csökkenthető a belső ellenállás a támasztócsapágyak helyzetének és számának áttervezésével. A másik, hogy növelhető a várható élettartam a környezeti kitétség minimalizálásával. Ez magában foglalja a fémszerkezeten, a kondenzáció során keletkező víz csapágyakba történő bejutásának megakadályozását, illetve a csapadék károsító hatásának kiküszöbölését.

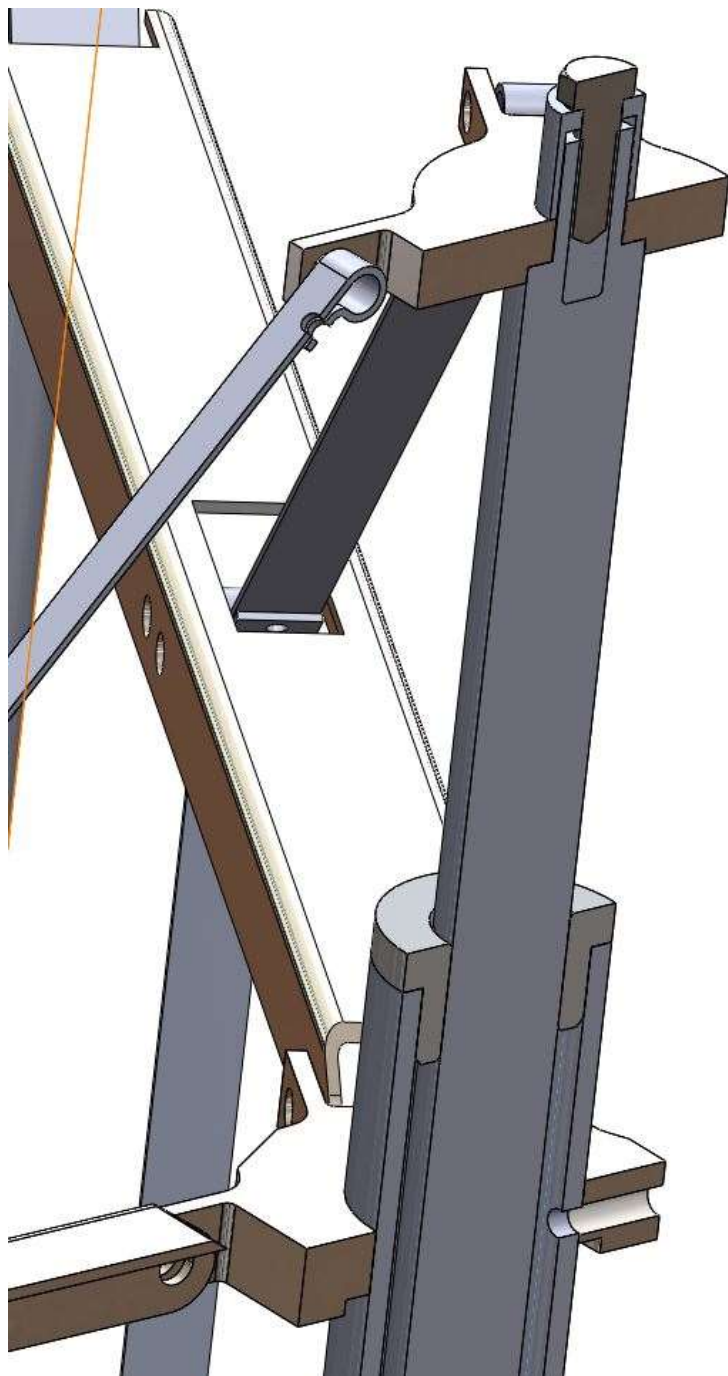
Prototípus-2, módosítások bemutatása

A felsoroltak figyelembevételével módosításra kerültek az alábbi részegységek:

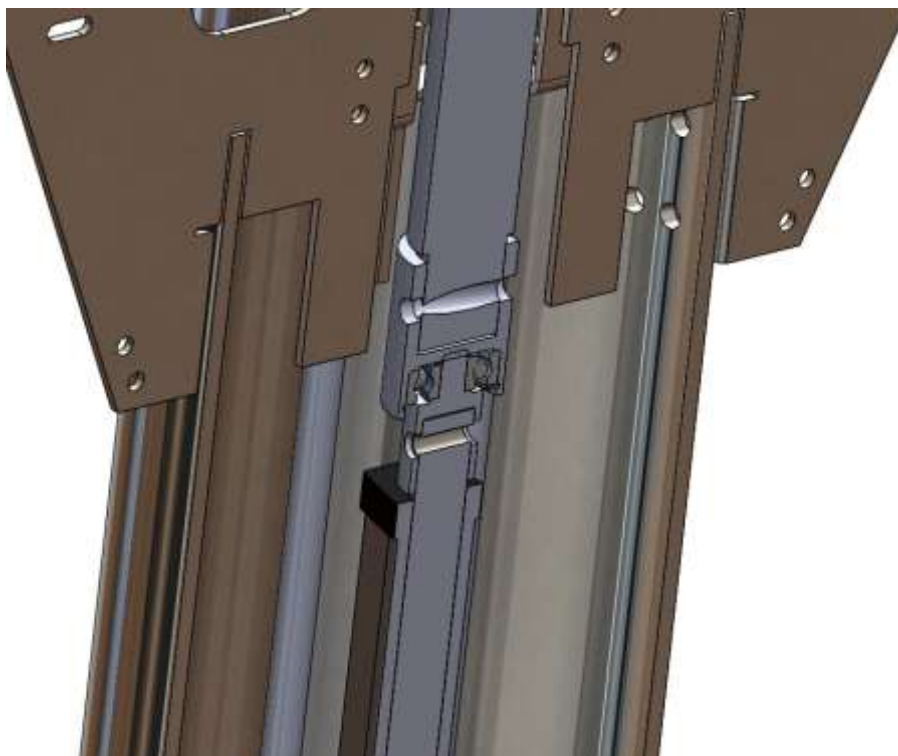
1. A nyomórúd megvezetése, csapágyazása.



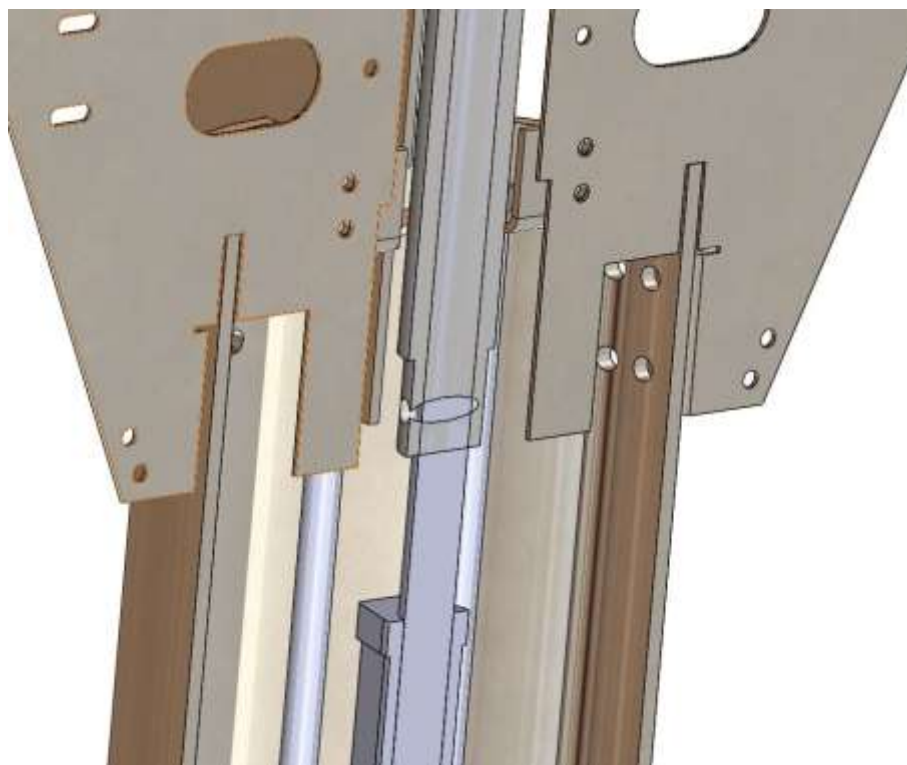
A vezető csapágyazás első változata



A vezető csapágyazás módosított változata



Nyomórúd csatlakozás módosított



Nyomórúd csatlakozás első változat

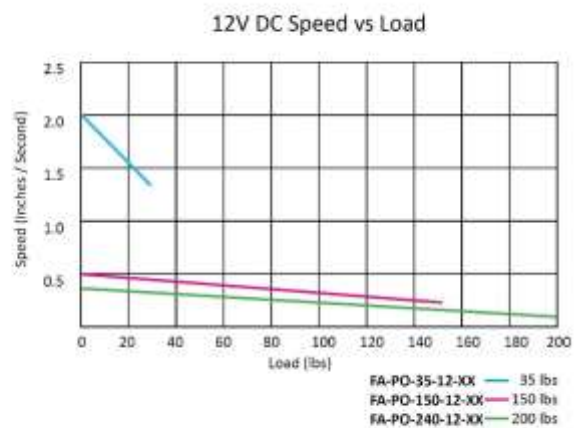
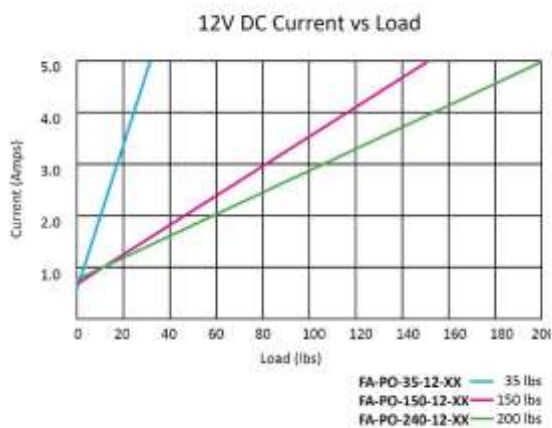
További módosításként beépítésre került egy alternatív lineáris aktuátor, amely az igénybevételhez jobban illeszkedő jelleggörbével rendelkezik. Jelen esetben azonos terheléshez és sebességhez kisebb áramfelvétel társul. Ez azért kívánatos, mivel így szigetüzemű használat esetén a telepekből kivett elektromos áram mértéke csökkenthető. Lökésszerű légmozgás esetén ennek jelentősége megnövekszik, így a teljes rendszer hatékonysága emelhető.

Az alapparaméterei az alábbiak:

Lökethossz: 400 mm

Sebesség: 10mm/s

Maximális erő: 900 N



Áram- terhelés, sebesség-terhelés diagram

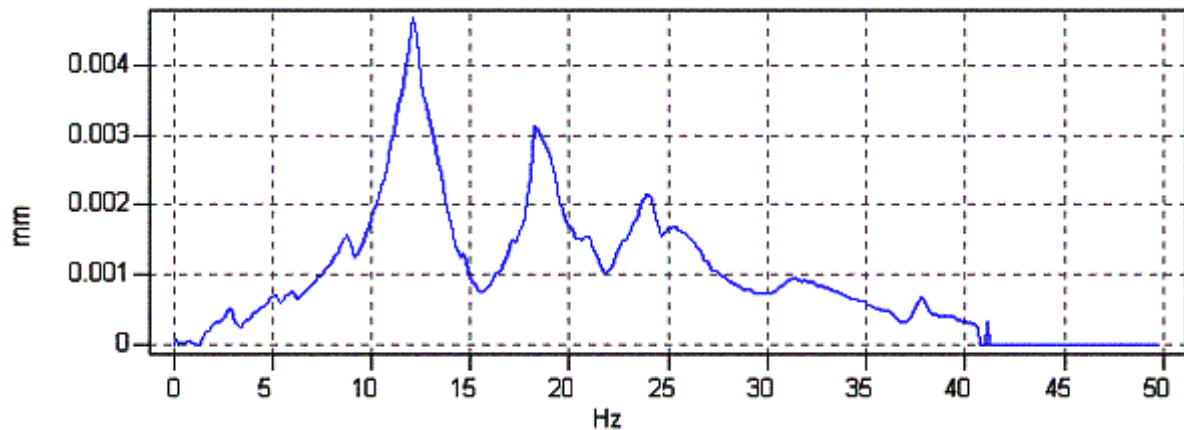
Ismételt megvalósítás

A módosított alkatrészek megvalósítása, gyártástechnológiai szempontból nem igényel speciális felkészültséget, így azok legyártása a már említett eszközökön történik.

Ismételt tesztelés, véleményezés

A módosított elemekből összeállított második prototípus vizsgálata a részegységek működésére kiemelten koncentrált. Ennek megfelelően a rezonancia vizsgálat hosszú távú vizsgálata a mérés adagyűjtő kiértékelése után a következőképpen alakul.

Az oszlop tengelyére merőlegesen a 12,3 Hz rezonancia frekvencián is mindössze 0.0048 mm kitérés mutatkozik, tehát sikerült lecsillapítani az első változatnál tapasztalt jelenséget.

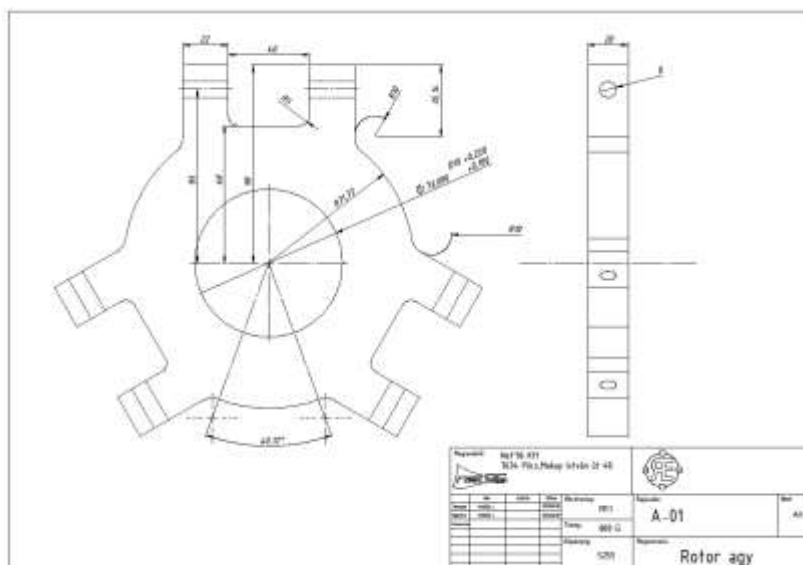
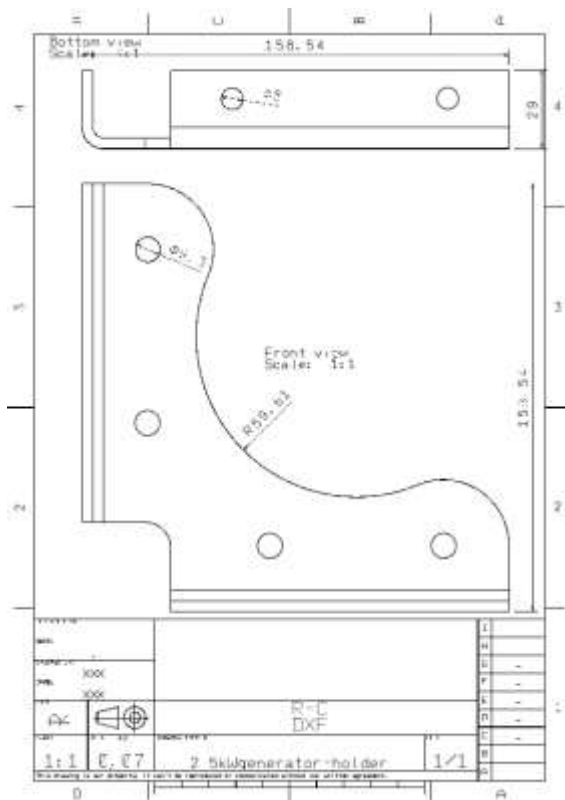


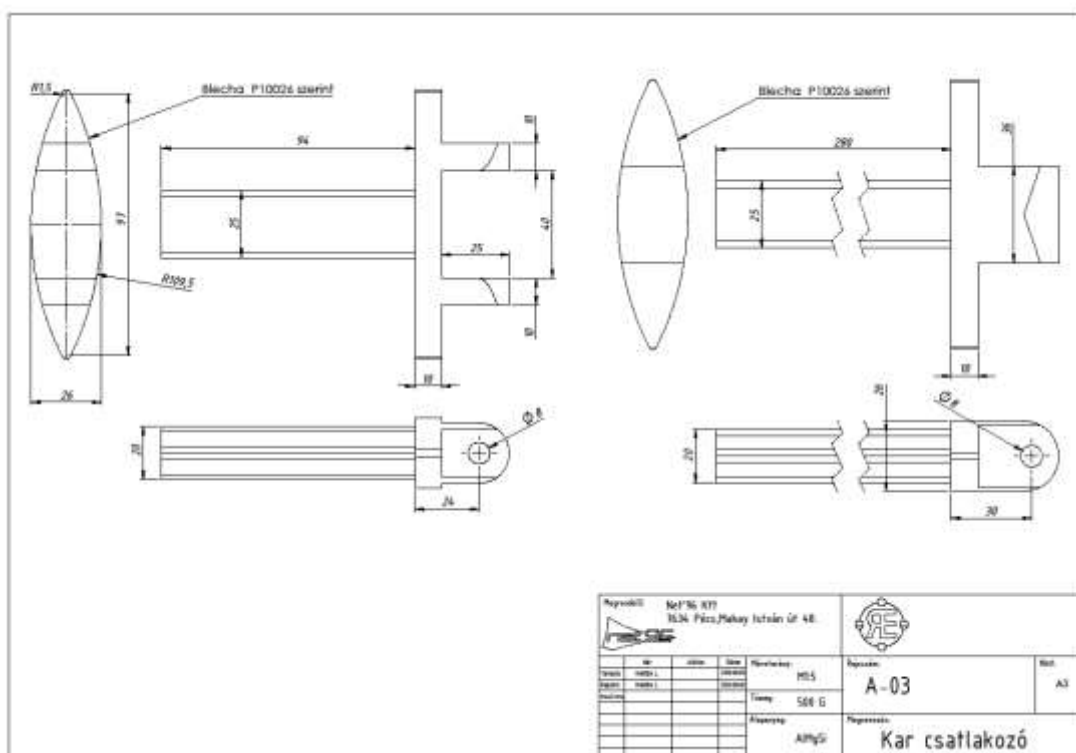
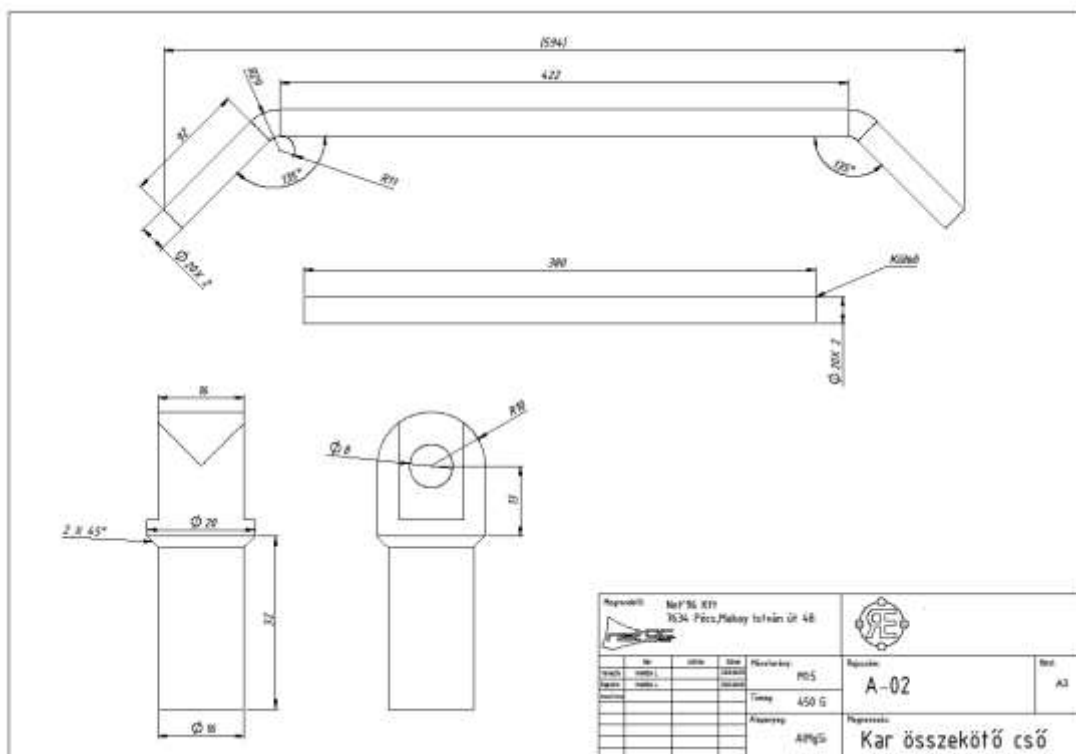
Rezgésmérés a módosított támasztókarokkal (amplitúdó, frekvencia)

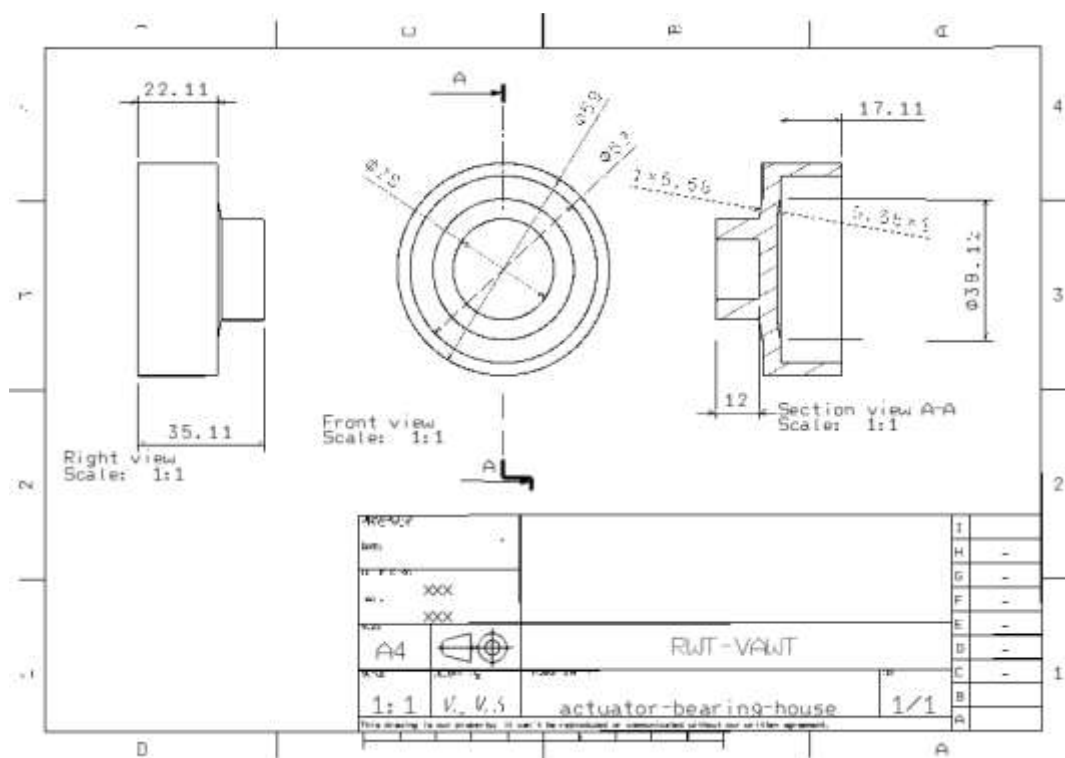
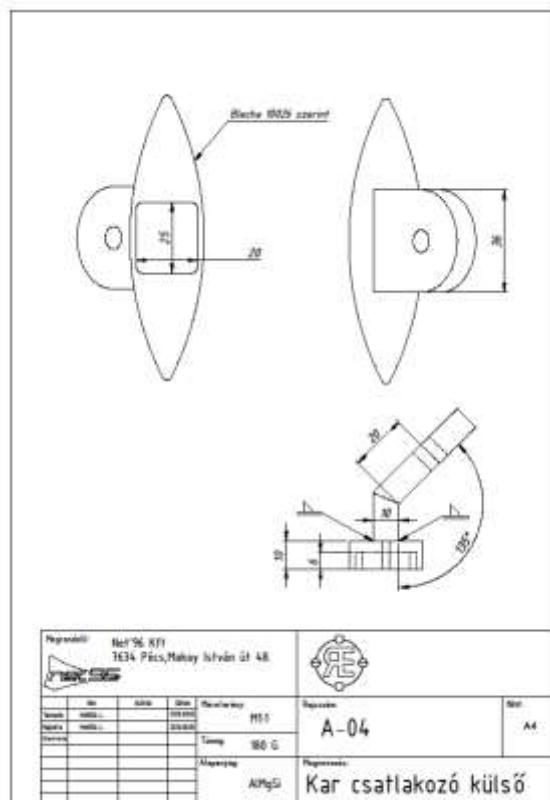
Gyártás előkészítés

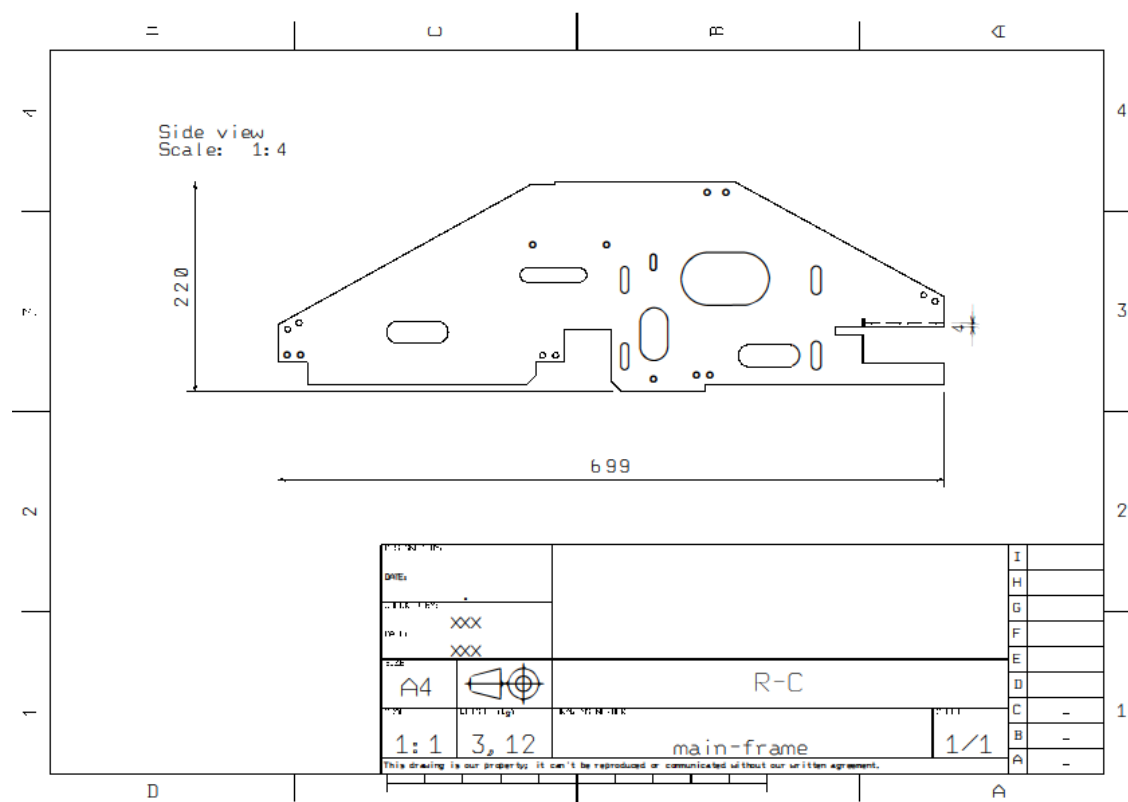
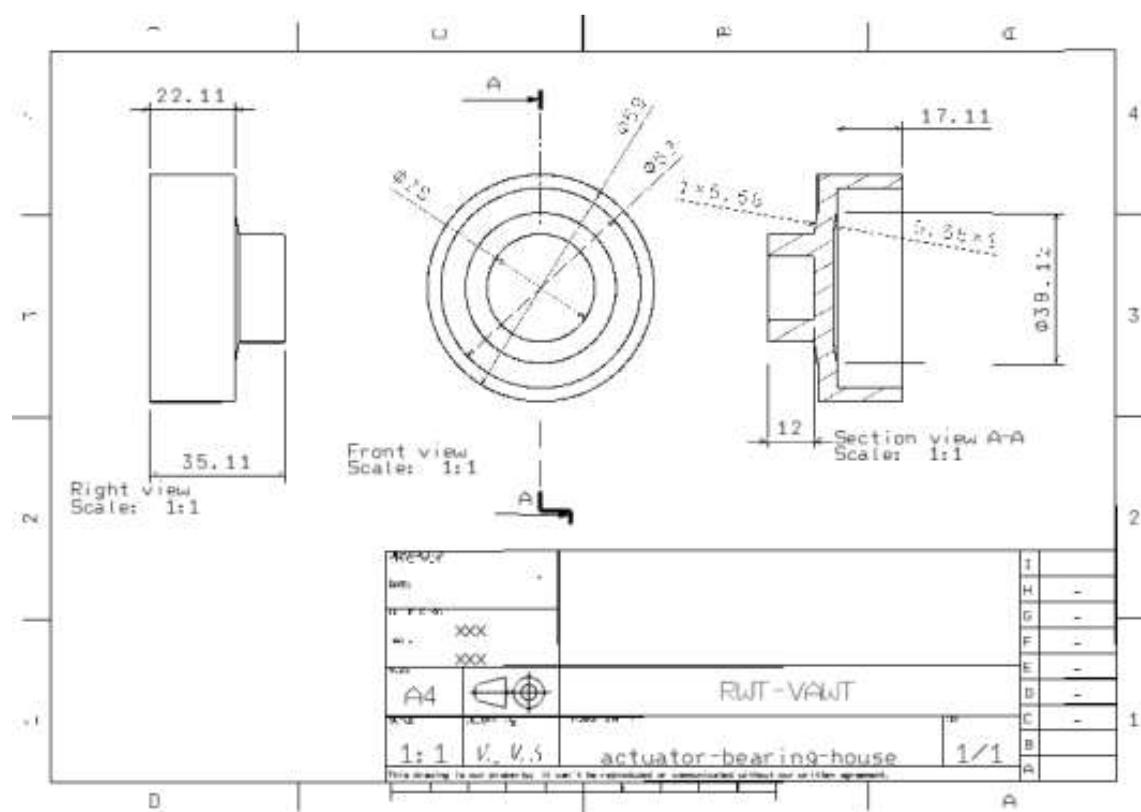
Az előkészítés folyamata a megfelelő dokumentáció előállításával kezdődik. Ezek az alábbiak:

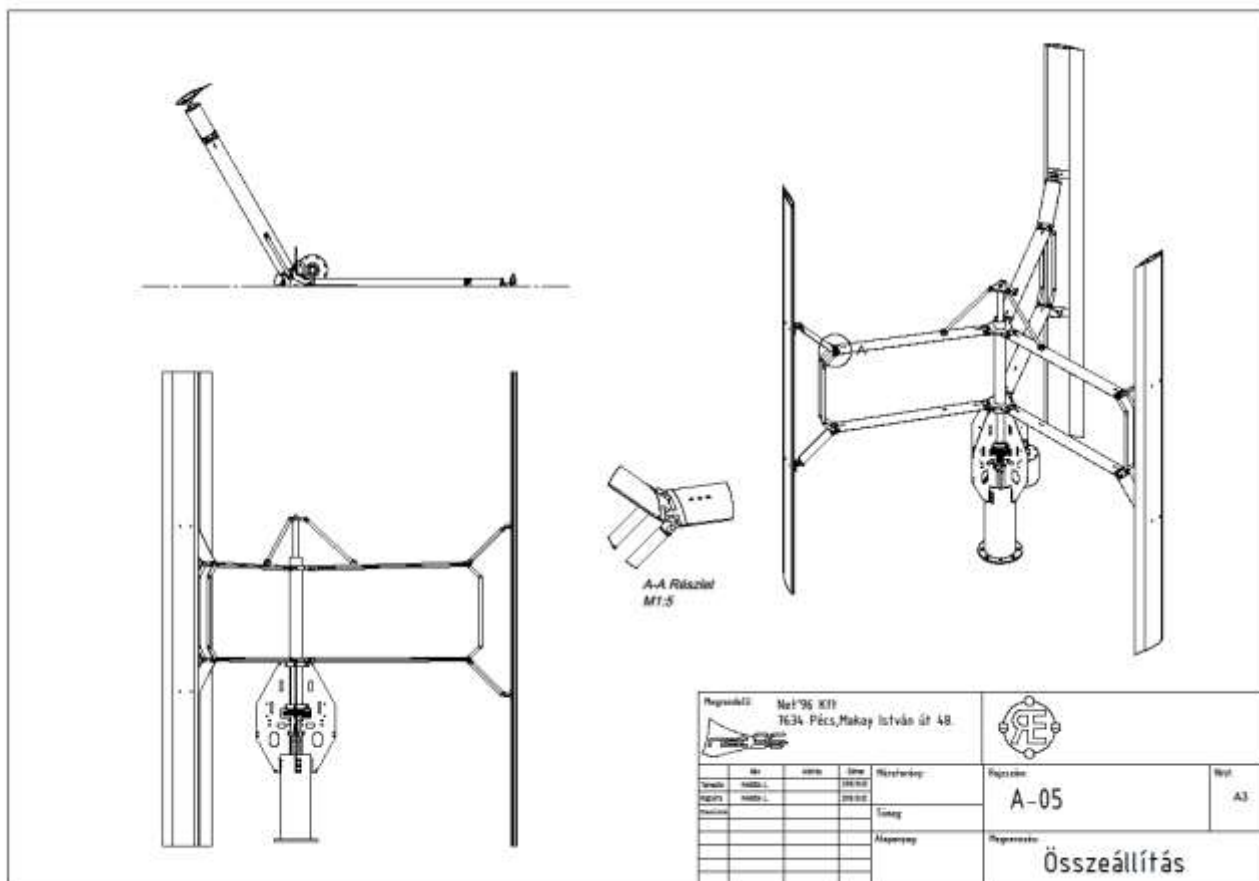
- Alkatrészrajzok, műhelyrajzok.
- Összeállítási rajzok, szükség esetén darabjegyzékkel.
- Gyártástechnológiai utasítások, amik optimalizáltak a meglévő kapacitásra és az elérhető szerszámgépekre.
- Összeszerelési utasítások, amelyek egyszerűen és átláthatóan szemléltetik a szerelés menetét.











A gyártás során felmerült optimalizálás eredményeként felmerült változtatások (Prototípus 1&2)

A tartókar-tartót nem csavaros rögzítéssel, hanem hegesztéssel lett rögzítve a tengelyhez:



A mozgató tengelyt műanyagból (poliamid) alumíniumra lett cserélve, a tengely bonyolult megmunkálása és a várható üzem közbeni deformációk miatt (pl. páratartalom érzékenység).



A belső lapát tartón található kivágást hosszabbra kellett bővíteni.

- A kinematikai modell emiatt pontosításra szorul, de a mozgástartomány ezzel meg lett növelve, így pozitív irányban befolyásolja a konstrukciót.
- A mozgató karokat laposvas helyett 20x20 T-szelvényre cseréltük ki.
- A lapát tartó lemez profilképe megváltozott, mivel a lapátok szélesebb kivitelűek.

- Új rögzítést készítettünk a beérkezett aktuátorhoz.



Módosított konstrukció

A gyártási javaslatokat megvizsgálva, a tervek módosításra kerültek, így a teljes tervdokumentáció frissítésre került.

Összegzés

A véges elemes modellezés és szimuláció során ellenőrzésre került a szerkezet kialakításának az erőhatások függvényében való deformációja. Amennyiben a von Mises erőhatások a kritikus értéket elérik (tartós alakváltozás), úgy a szerkezet módosítása szükséges. Erre nem került sor, mivel az alakváltozás mindenhol a kritikus értékek alatt marad.

SZÉLGENERÁTOR ELEKTRONIKAI TERVE

Az új prototípus módosításai mellett, a szélgenerátor elektronikai tervezését is elkészítette a Technoorg Linda Kft. A részletes terv tartalmazza komponenseket, a vezérlést, és a villamos rendszer leírását is, tesztekkel, teljesítménymutatókkal alátámasztva.



Komponensek

Generátor

A generátor WindZilla típusú, 12V-os, névleges teljesítménye 1200 W:

<https://www.ebay.com/itm/WindZilla-12-V-AC-Permanent-Magnet-Alternator-Wind-Turbine-Generator-PMA-/130664472144>

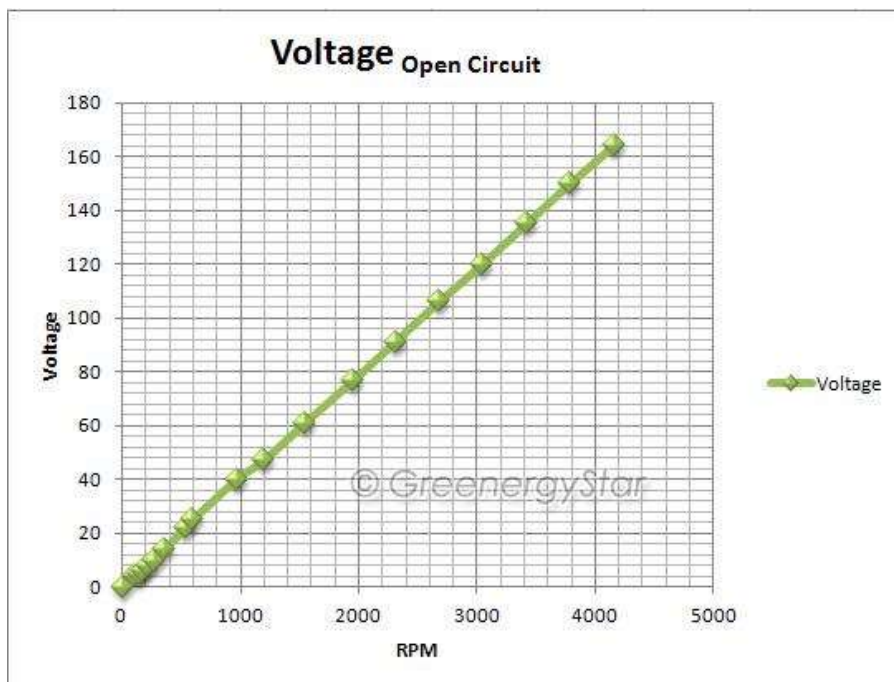
1. A generátorok élettartama hosszabb, mint az egyenáramú motoroké. Az egyetlen dolog, ami elhasználódik, a csapágy (körülbelül 20 év). És egy egyszerű csapágycserével lehetővé teszi, hogy turbina további 20 évig megy

2. A generátorok hatékonyabbak, mint az egyenáramú motorok, mivel éppen a villamosenergia-előállításához készültek. Ezenkívül kevesebb feszültségcsökkenés lesz a váltakozó áramú elektromos áram terhelésében, mint a DC-ben. Alternatív megoldásként az egyenáramú motorok generátorként vagy motorként is működhetnek.

A piacon vannak olyan generátorok, amelyek 12 V-os teljesítményt érnek, akár 150 ford / perc sebességgel. Az áramerősség kimenet azonban nem lesz azonos, mert a feszültség emelése érdekében vékony vezetőket kell használni a generátor tekercsében, amelyek erős szélben befolyásolják a kimenetet. Fogyasztóként ez egy kompromisszum, amelyet el kell döntenie. A Windzilla generátor az áram maximalizálására fókuszál, és ezért eléri a 12 V-ot: 300 fordulat / percnél.

Mivel a szélesség növekszik a magassággal, a toronymagassághoz való növekedés a szélturbina által generált villamos energia mennyiségének hatalmas növekedését jelentheti.

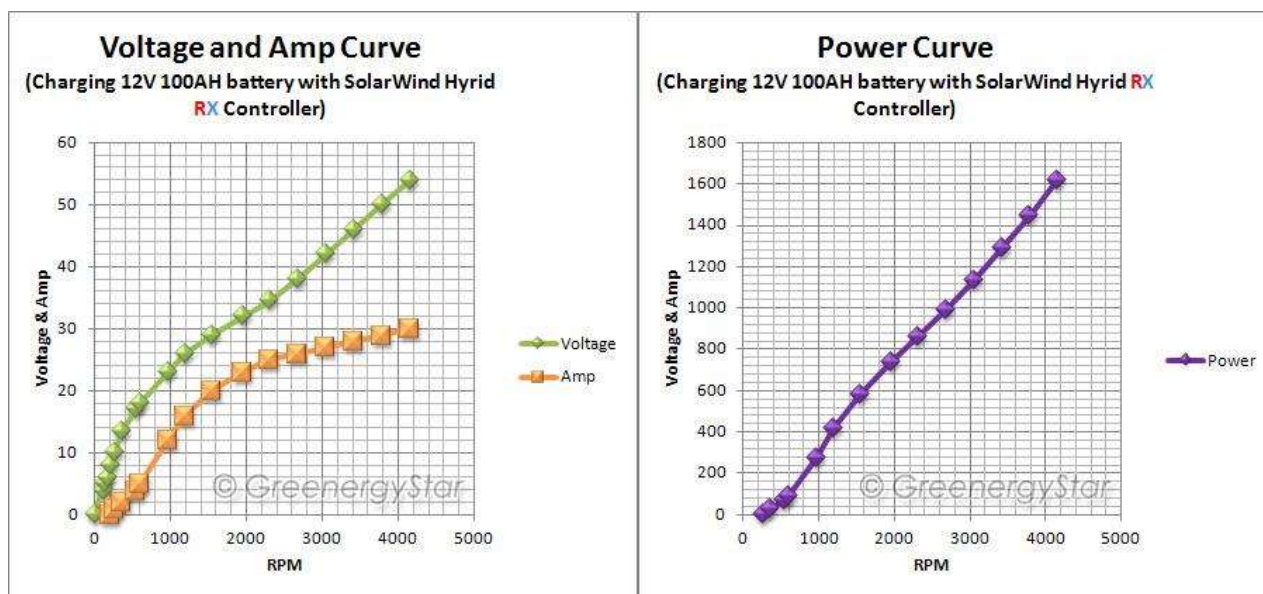




1. ábra, A generátor terheletlen feszültségkimenete (Open Circuit Voltage) a fordulatszámmal arányosan

A Windzilla generátor eléri a 12 V feszültséget 300 RPM fordulaton.

A leadott teljesítmény a következőképpen alakul:



2. ábra A fenti akkumulátor töltési teljesítménygörbét egy 12 V 88Ah akkumulátor-bank töltéséből kapjuk, a SolarWind hibrid töltésvezérlővel

A generátor tulajdonságai:

Feszültség	3 fázis, 12 VAC
Állandó mágnes	Rare Earth Neodymium magnets
Moisture /Corrosion Resistance	Yes, sealed exterior, ball bearing, coated rotor
Tengely átmérő	16mm
RPM at 12V	300RPM
Body Material	Aluminium Alloy & Steel
Rotor Diameter	14.8cm (5.8 inches)
Length	7.2cm (2.8 inches)
Tömeg	3.0kg (6.6 lbs)
Mount	Yes, Foot Mount
Cable Length	approx. 18cm (7inch)
Forgatási irány	kétirányú, ajánlott óra járással megegyezően

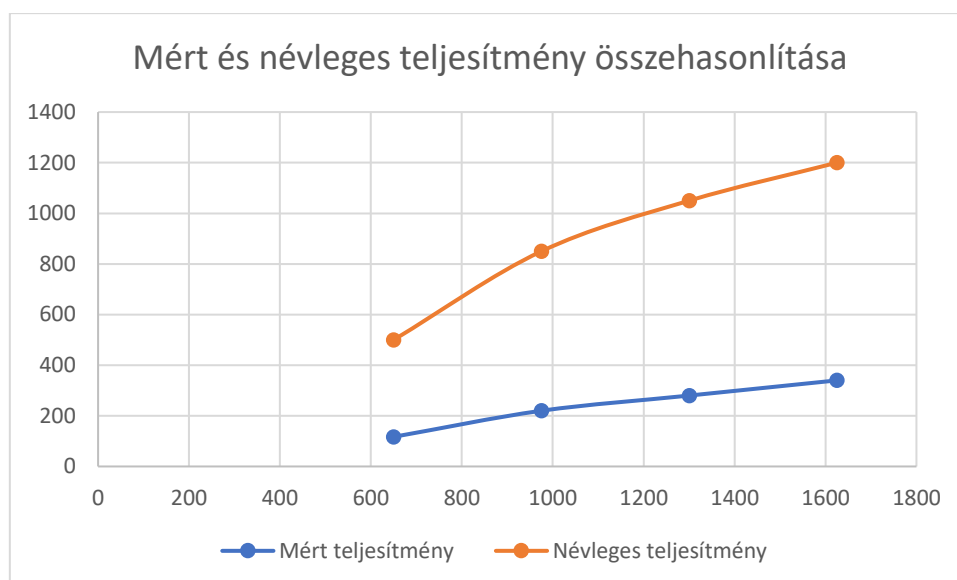
A generátor tesztelésére saját méréseket végeztünk melyre felépítettünk egy tesztpadot. A teszt során egy 1500 W –os aszinkron elektromotorral hajtottuk meg a generátort, a fordulatszám egy frekvenciaváltóval volt szabályozva. A rendszert egy 12V-os ólomsavas akkumulátorra kötöttük, amely a termelt energiát felveszi, illetve emellett 2 db 12V-on 250W-os hőleadással rendelkező teljesítmény-ellenállással disszipáltuk el az energiát. A tesztrendszer mérés közben a következő képen látható:



Saját méréseink alapján az alacsony fordulati feszültség, amely az 1 kW körüli leadott teljesítményhez kapcsolódik, a generátor adatlapja szerint 1300 ford/perc-nél adódik. Várhatóan mérési hiba okán a generátor teljesítménye ennél a fordulathoz esetünkben 280 W volt. A hibát a mérőeszköz, vagy a bekötés módja okozhatta, mivel esetünkben az egyenirányító diódát a töltésvezérlő elé helyeztük, de annak az adatlapja szerint a generátor 3 fázisát akár közvetlenül is rá lehet kötni. Viszont a 3 fázist egyszerre nem tudtuk volna mérni, így ez elmaradt. A szélgenerátor tesztüzemében a leadott teljesítményt a töltésvezérlő kimenetén is lehetne mérni, amely végülis a használható energia mérését biztosíthatja.

WindZilla generátor mérése				
Teszt hajtó kerék fordulatszám (56 fog)	Hajtott kerék (gen) fordulatszám (22 fog)	Egyenirányított feszültség (V)	Leadott teljesítmény (W)	Adatlap szerinti teljesítmény (W)
260	650	15,38	117	
390	975	16,43	220	
520	1300	17,17	280	
szélgenerátor áttétellel (64 fog)				
Rotor fordulatszám	Generátor fordulatszám		Mért teljesítmény	Névleges teljesítmény
224,137931	650	15,38	117	500
336,2068966	975	16,43	220	850
448,2758621	1300	17,17	280	1050
560	1625		340	1200

A mért és a névleges fordulatszám-teljesítmény diagram a következő ábrán látható:



Töltésvezérlő

A töltésvezérlő a generátor modellhez ajánlott típus, a következő képen látható:



Jellemzők:

- GreenergyStar Apollo, Patriot, WindZilla Phoenix és MegaShark szélturbinák
- Kompatibilis a GreenergyStar márkájú inverterekkel
- Rendszerfeszültség: 12 V névleges
- Mikroprocesszoros vezérlőelektronika a töltés, a kimenetek és a terhelés vezérléséhez
- Intuitív LED-kijelző, amely a rendszer állapotát tükrözi
- Az akkumulátort optimálisan feltöltött állapotban tartja
- Kiváló minőségű, bordázott alumínium ház, amely védi a belső teret és elosztja a hőt

Védelem:

- A dump terhelést mindig csatlakoztatni kell a töltővezérlő védelme érdekében, nincs dump terhelés = nincs garancia
- Legalább 1,2 órás 600 W-os ellenállású terhelés szükséges a dump load terminálhoz történő csatlakoztatáshoz
- A dump terhelés akkor aktiválódik, ha az AC turbina ≥ 35 V
- A kiürített teher aktiválása lelassítja az AC turbina működését és csökkenti a feszültség szintet.
- Túlfeszültség-védelem: Az összes kimenet le lesz vágva, ha a bemeneti feszültség meghaladja a 30 V-ot
- A DUMMY LED pirosra vált, ha a dump terhelést aktiválta

A töltésvezérlő tulajdonságai:

Operating temperature range	-25'C - 80'C
Weight	610g
Dimension (L x W x H)	15.1 x 13.1 x 6.9 cm
Mounting	Wall Mount at base
Cooling	Passive
Casing	Kiváló minőségű húzott alumínium, amely hűtőbordaként szolgál a gyors hőelvezetéshez
Maximum Amperage on Terminals	DUMP LOAD: 28A LOAD: 10A BATTERY: 15A

Aktuátor

PNCE 50-BS-2010-400-S

A PNCE precíziós gömbcsavarral ellátott elektromos henger. Az elektromos henger az ISO 15552 szabványon alapszik. Külső kialakítása és méretei nagyon hasonlítanak a pneumatikus hengerekhez. A nagy teljesítményű jellemzőket, például a nagy sebességet, a jó pozicionálási pontosságot és a nagy megismételhetőséget egy precíziós gömbcsavar biztosítja, csökkentett visszacsúszással (kérésre előterheléssel) a gömbanya és a nem forgó dugattyúrúd. A hosszú élettartam érdekében az utánkenés elvégezhető kenőcsonkon keresztül.

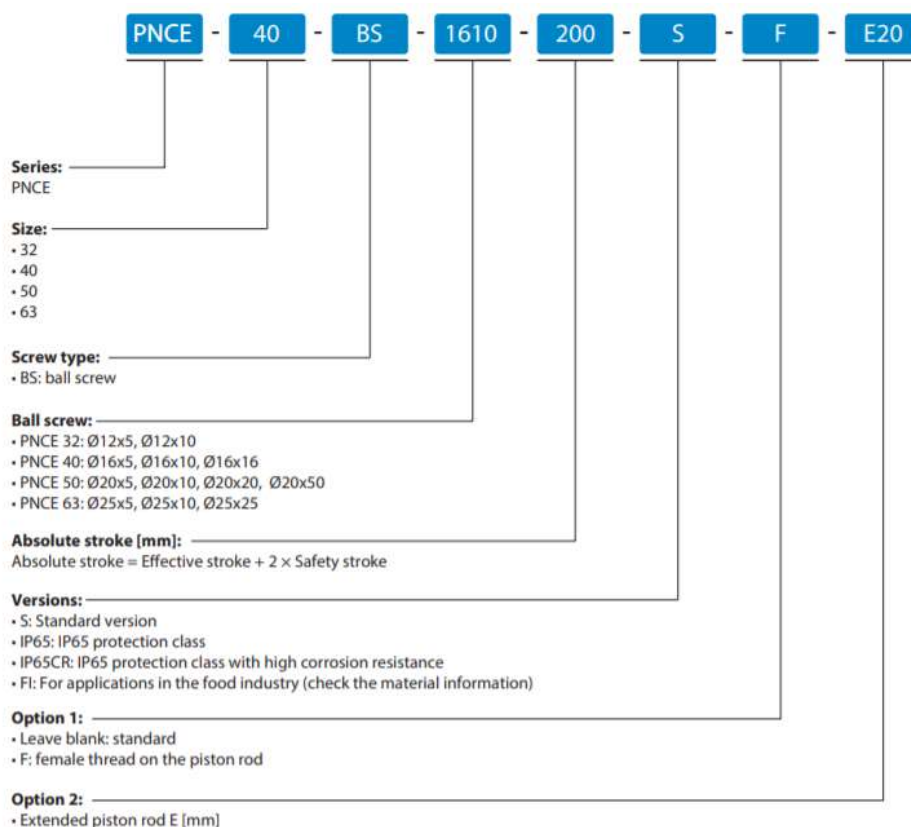
A sima felületű kialakítás lehetővé teszi a henger egyszerű tisztítását. A H1 kenőanyaggal kombinálva élelmiszer és ital alkalmazásra is alkalmas. Ezenkívül kapcsolókkal és ISO szabványos kiegészítőkkal is felszerelhető.

A hengerben lévő alkatrészek kiváló tömítése biztosítja az IP65 védettségi osztályt, és megvédi a henger belsejét a portól, a víztől és más szennyeződésektől. Az IP65CR verzió magas korrózióállóságot nyújt nehéz körülmények között is.

Az alumínium profilokat az EN 12020-2 szabvány szerint gyártják



A PNCE aktuátorok kiválasztása:



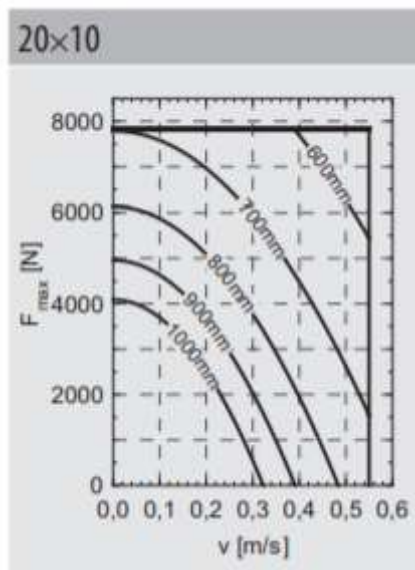
A PNCE 50-BS-2010-400-S

50 mm széles, 20x10-as golyósorsót tartalmaz, 400 mm lökettek rendelkezik, és standard verzióban IP44-es minősítéssel rendelkezik.

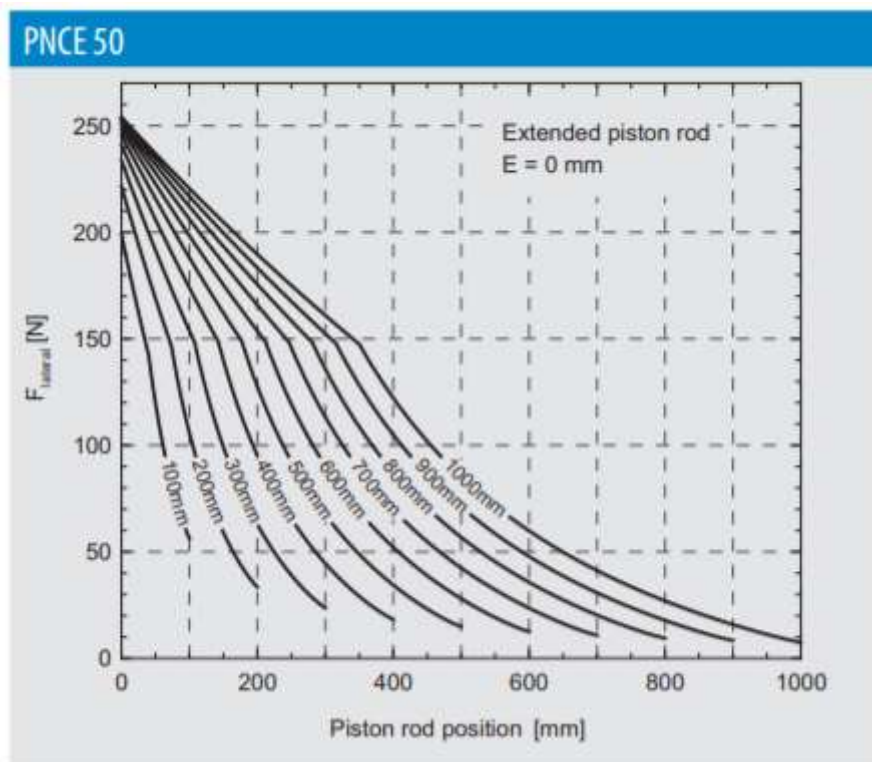
Az aktuátorra ható maximális terhelések:

PNCE	Ball screw	Dynamic * load capacity	Maximum axial load **	Maximum drive torque	Maximum travel speed ***	Max. rotational speed	No load torque	Minimum stroke	Maximum stroke	Axial backlash	Maximum acceleration
	d x l [mm]	C [N]	F _{max} [N]	M _e [Nm]	v _{max} [m/s]	n _{max} [min ⁻¹]	M ₀ [Nm]	s _{min} [mm]	s _{max} [mm]	[mm]	[m/s ²]
32	12x5	5000	2540	2,2	0,48	5800	0,10	30	800	< 0,02	20
	12x10	3800	1270		0,97		0,15	30			
40	16x5	13150	6020	5,3	0,35	4200	0,15	40	900	< 0,02	20
	16x10	11550	3010		0,70		0,20	35			
	16x16	8170	1880		1,12		0,25	35			
50	20x5	14800	14600	12,9	0,28	3300	0,30	50	1000	< 0,02	20
	20x10	15900	7830		0,55		0,35	55			
	20x20	16250	3900	13,9	1,10	3000	0,40	50			
	20x50	13000	1560		2,5		0,50	30			

Maximális axiális terhelés a haladási sebesség függvényében az abszolút löket különböző értékeinél:



Maximális oldalirányú erő a munkahenger pozíciójának függvényében:



Vezérlés

A vezérlés fő feladata a szélturbina átmérőjének változtatása. Egy általános VAWT turbinának nincs vezérlője – hacsak a töltésvezérlőt nem tekintjük annak – de a kifejlesztett termék esetében a széltartomány magasabb kihasználhatóságának érdekében egy az átmérőt változtatni képes aktuátor lett beszerelve.

A kontroller: Arduino MKR 1000 WIFI

Az Arduino MKR WiFi 1000 a legegyszerűbb belépési pont az alapvető IoT és pico-hálózati alkalmazások tervezéséhez. Akár egy irodai vagy otthoni útválasztóhoz csatlakoztatott érzékelő hálózat kiépítését tervezi, akár egy BLE eszközt szeretne létrehozni, amely adatokat küld egy mobiltelefonra, az MKR WiFi 1010 egyablakos megoldás számos alapvető IoT alkalmazás számára.



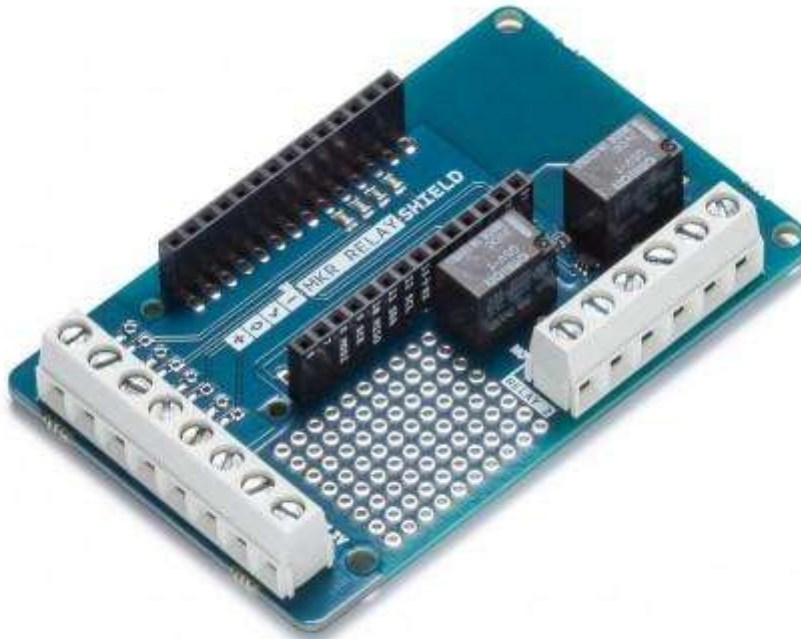
A tábla fő processzora alacsony fogyasztású Arm® Cortex®-M0 32 bites SAMD21, hasonlóan az Arduino MKR család többi lapjához. A WiFi és a Bluetooth® kapcsolatot az u-blox moduljával, a NINA-W10-zel hajtják végre, amely egy 2,4 GHz-es tartományban működő alacsony fogyasztású chipset. Ezeken felül a biztonságos kommunikációt a Microchip® ECC508 kriptográf chip biztosítja. Emellett található fedélzeten egy akkumulátortöltő és egy irányítható RGB LED.

Microcontroller	SAMD21 Cortex®-M0+ 32bit low power ARM MCU (datasheet)
Radio module	u-blox NINA-W102 (datasheet)
Board Power Supply (USB/VIN)	5V
Secure Element	ATECC508 (datasheet)
Supported Battery	Li-Po Single Cell, 3.7V, 1024mAh Minimum
Circuit Operating Voltage	3.3V
Digital I/O Pins	8
PWM Pins	13 (0 .. 8, 10, 12, 18 / A3, 19 / A4)
UART	1
SPI	1
I2C	1
Analog Input Pins	7 (ADC 8/10/12 bit)
Analog Output Pins	1 (DAC 10 bit)
External Interrupts	8 (0, 1, 4, 5, 6, 7, 8, 16 / A1, 17 / A2)
DC Current per I/O Pin	7 mA
CPU Flash Memory	256 KB (internal)
SRAM	32 KB
EEPROM	no
Clock Speed	32.768 kHz (RTC), 48 MHz
LED_BUILTIN	6

WIFI chip technikai tulajdonságai:

	NINA-W101	NINA-W102
Grade		
Automotive		
Professional	•	•
Standard		
Radio		
Bluetooth qualification	v4.2	
Bluetooth profiles	S, G, A2, AV, HF, HS	
Bluetooth BR/EDR	•	•
Bluetooth low energy	•	•
Bluetooth output power EIRP [dBm]	8	8
Wi-Fi 2.4 / 5 [GHz]	2.4	2.4
Wi-Fi IEEE 802.11 standards	b/g/n	b/g/n
Wi-Fi output power EIRP [dBm]	18	18
Max Wi-Fi range [meters]	500	400
Antenna type	p	i
Application software		
Open CPU for embedded customer applications	•	•
Interfaces		
UART	♦	♦
SPI	♦	♦
I ² C	♦	♦
I ² S	♦	♦
RMII	♦	♦
GPIO pins	20	20
AD converters (ADC)	♦	♦

Relé modul



Az MKR Relay Protoshield segítségével könnyedén hozzáadhat relét az MKR táblalapú projektjéhez.

A shield két RELAY1 és RELAY2 nevű relét (adatlap) biztosít, amelyeket az 1. és a 2. érintkező parancsol.

Az árnyékolás csavaros sorkapcsok révén könnyű összekapcsolást biztosít az A1-től A4-ig terjedő analóg bemenetekhez, az I2C-hez és a tápfeszültségekhez.

- Üzemi feszültség 3, V (az alaplapról táplálva)
- Két relé NO, COM és NC csatlakozással
- Akkumulátoros táblával működik
- 8 pozíciós csavaros sorkapcsok a könnyű csatlakoztatáshoz A1-től A4-ig Analóg bemenet, SCL, SDA, I2C, GND és 3.3V kimenet
- 6 pozíciós csavaros kapocs (NO, COM, NC minden reléhez)
- Szállító áram: 2 A
- Max. üzemi feszültség: 24 VAC, 50 VDC
- Max. üzemi áram: 1 A
- Max. kapcsolási kapacitás: 62,50 VA, 30 W
- Proto terület

Fordulatszám mérése

A fordulatszámot a generátor feszültségének mérésével lehet meghatározni, mivel azok egyenesen arányosak. A tesztmérések alapján az alábbi párosításban látható a generátor-fordulatszám és a feszültség viszonya.

Hajtott kerék (gen) fordulatszám (22 fog)	Egyenirányított feszültség (V)
650	15,38
975	16,43
1300	17,17

Abból lehet kiindulni, hogy a VAWT főtengelyének a fordulatszáma az 1000 ford/perc-et nem fogja elérni, vagyis a generátor fordulatszámának kb 2500 ford/perc a maximuma. Ennél az értéknél a feszültség 19,5 V-nál alakul. A mérés tekintetében a mérésintervallum maximumát az egyszerűség kedvéért 20 V-ban lehet megadni, így egy 200 és 40 Ohm-os ellenálláspárból létrehozott feszültségosztóval 3,3 V-ra tudjuk redukálni a max feszültséget. Így még biztonsági tartalék is van a rendszerben, mivel a controller ADC-je 3,7 V-os.

Inputs

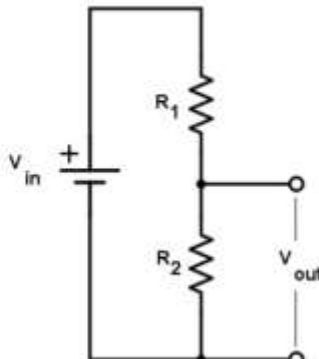
Voltage Input (V_{in}) Volts (V)

Resistance 1 (R_1) Ohms (Ω)

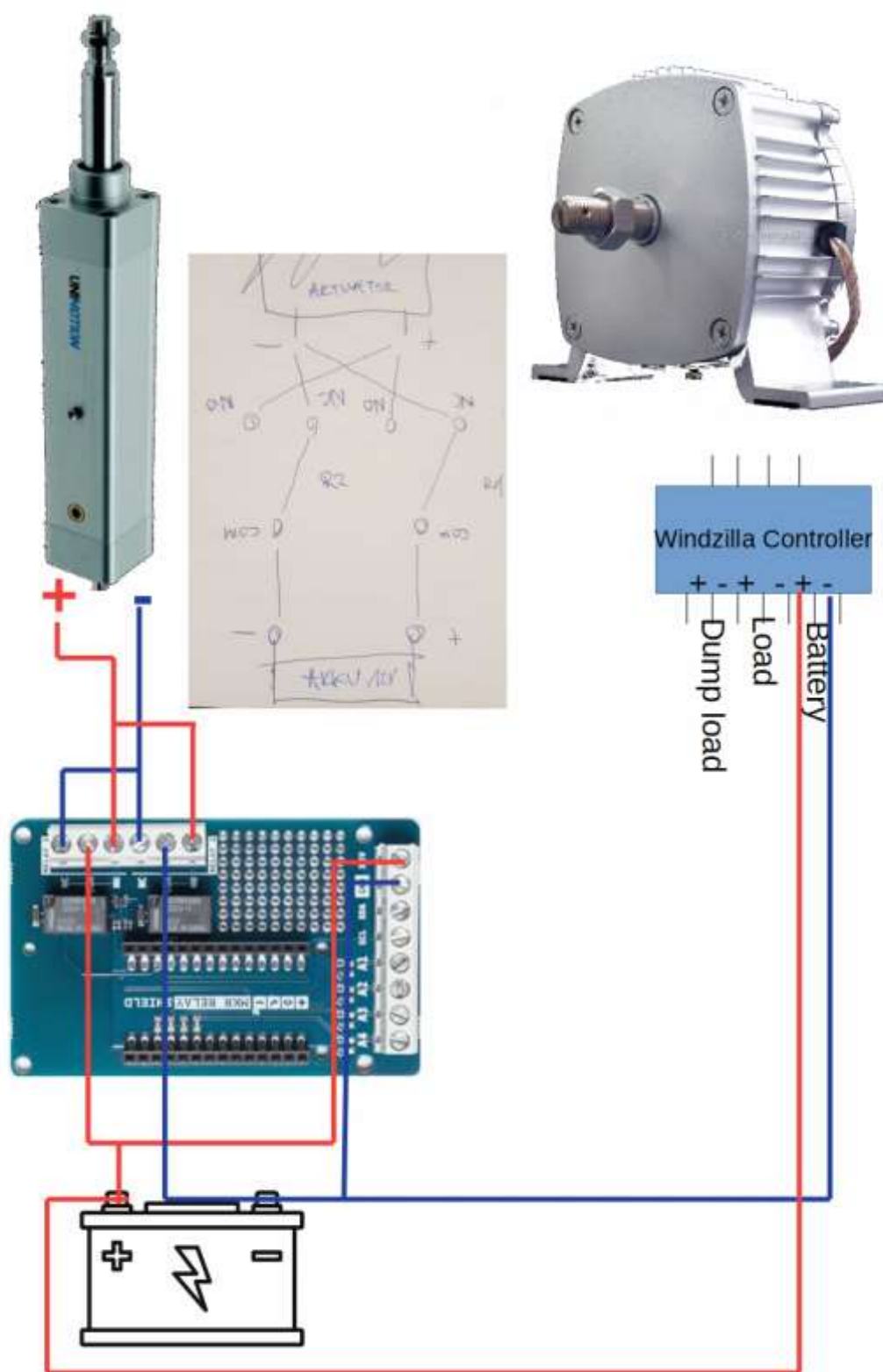
Resistance 2 (R_2) Ohms (Ω)

Outputs

Output Voltage (V_{out}) Volts (V)



Kapcsolási rajz



Algoritmus

//First the generatorvoltage is measured.

```
generatorvoltage_now = analogRead(A1) * (3.3 / 1023.0) * 11.02;
```

```
Serial.print(generatorvoltage_now); Serial.println(" Generátor feszultseg (V)");
```

//The control of the actuator has to be realized.

```
if ( generatorvoltage_now > 17 && generatorvoltage_now - generatorvoltage_prev > 0.1 &&
actuator_cycle_counter < 10) {
```

```
    digitalWrite(relay1, HIGH); actuator_cycle_counter++;}
```

```
if ( generatorvoltage_now > 15 && generatorvoltage_now - generatorvoltage_prev < -0.1 &&
actuator_cycle_counter > -5) {
```

```
    digitalWrite(relay2, HIGH); actuator_cycle_counter--;}


```

```
if (digitalRead(relay1) == LOW && digitalRead(relay2) == LOW) {
```

```
    actuator_cycle_counter=0;}
```

```
    Serial.print(actuator_cycle_counter); Serial.println(" Actuator cycle counter");
```

```
delay(10000);
```

```
generatorvoltage_prev = generatorvoltage_now;
```

Program feature-ok

WIFI csatlakozás és web szerver

```
WiFiClient client = server.available(); // listen for incoming clients
```

```
if (client) {
```

```
    Serial.println("new client");
```

```
    // an http request ends with a blank line
```

```
    boolean currentLineIsBlank = true;
```

```
    while (client.connected()) {
```

```
        if (client.available()) {
```

```
            char c = client.read();
```

```
            Serial.write(c);
```

```
            // if you've gotten to the end of the line (received a newline
```

```
            // character) and the line is blank, the http request has ended,
```

```
            // so you can send a reply
```



```
if (c == '\n' && currentLineIsBlank) {  
    // send a standard http response header  
    client.println("HTTP/1.1 200 OK");  
    client.println("Content-Type: text/html");  
    client.println("Connection: close"); // the connection will be closed after completion of the  
response  
    client.println("Refresh: 5"); // refresh the page automatically every 5 sec  
    client.println();  
    client.println("<!DOCTYPE HTML>");  
    client.println("<html>");  
    // output the value of each analog input pin  
    for (int analogChannel = 0; analogChannel < 6; analogChannel++) {  
        int sensorReading = analogRead(analogChannel);  
        client.print("analog input ");  
        client.print(analogChannel);  
        client.print(" is ");  
        client.print(sensorReading);  
        client.println("<br />");  
    }  
    client.println(20);  
    client.print(rtc.getYear());  
    client.print("/");  
    client.print(rtc.getMonth());  
    client.print("/");  
    client.print(rtc.getDay());  
    client.print(", ");  
    client.println(rtc.getHours() + GMT);  
    client.print(":");  
    client.println(rtc.getMinutes() );  
    client.println("<br />");  
    client.println("Temperature in Celsius: ");
```

```

    client.println(temp_ok);

    client.println("<br />");

    client.println("Altitude in meters: ");

    client.println(altm);

    client.println("Generatorvoltage: ");

    client.println(generatorvoltage_now);


    client.println("<br><br>");

    //pushbutton elements

    client.println("<a href=\""/LED=ON\""><button>ON</button></a>");

    client.println("<a href=\""/LED=OFF\""><button>OFF</button></a></p>");

    client.println("</html>");

    client.println("</html>");

    break;

}

if (c == '\n') {

    // you're starting a new line

    currentLineIsBlank = true;

} else if (c != '\r') {

    // you've gotten a character on the current line

    currentLineIsBlank = false;

}

}

}

// give the web browser time to receive the data

```

Elasticsearch push üzenetek

```

if (client.connect("176.63.202.64", 51123) && elastic_counter == 360) {

    //example URL parametering: index=test-
index3&params=test1;test2;test3;test4&test1=2:float&test2=3:float&test3=5:float&test4=asd:text

    String postStr = "index=renergy-wind-transformer";

    postStr += "&params=temperature;generatorvoltage;pressure";

```

```
Serial.println("asd");

postStr += "&temperature=";
postStr += String(temp_ok);
postStr += ":float";

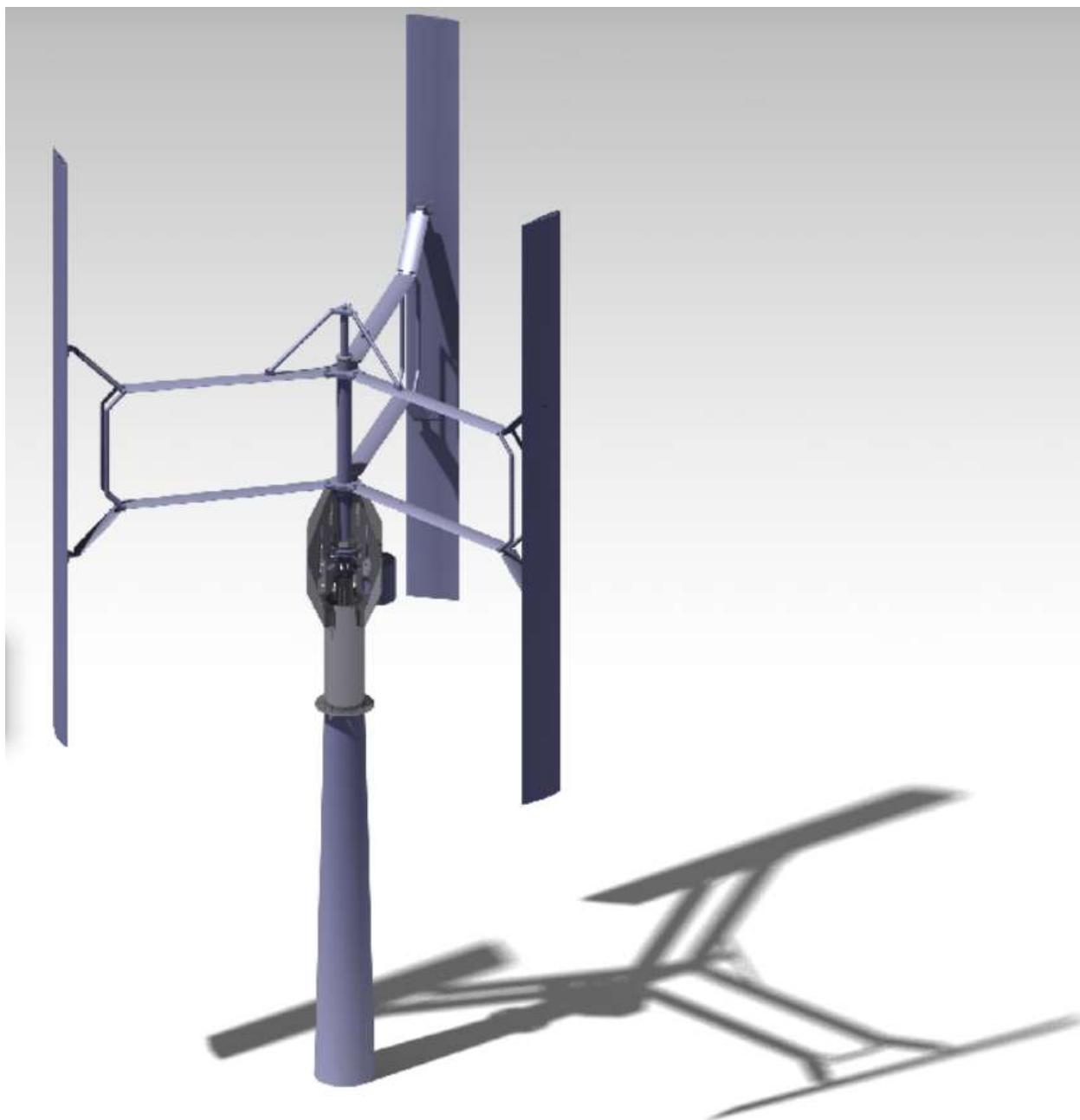
postStr += "&generatorvoltage=";
postStr += String(generatorvoltage_now);
postStr += ":float";

postStr += "&pressure=";
postStr += String(pascals);
postStr += ":float";

//postStr += "\r\n\r\n";

client.print("POST /?" + postStr + " HTTP/1.1\n");
//client.print("Host: 192.168.0.211\n");
client.print("Connection: close\n");
client.print("application/x-www-form-urlencoded\n");
client.print("Content-Length: 0\n\n");
//client.print(postStr.length());
//client.print("\n\n");
//client.print(postStr);
elastic_counter=0;
}
client.stop();
elastic_counter++;
}
```

RWT-VAWT-3kW villamos rendszer módosítások



A termék eddig szigetüzemben volt tesztelve, de a késztermékhez hálózatra kapcsolt lehetőséggel is kell rendelkeznie, amelyhez más elektronikai konfiguráció szükséges. Emellett a lapát-átmérő állítás elektronikai megvalósítása ugyanaz, így ezt nem részletezzük.

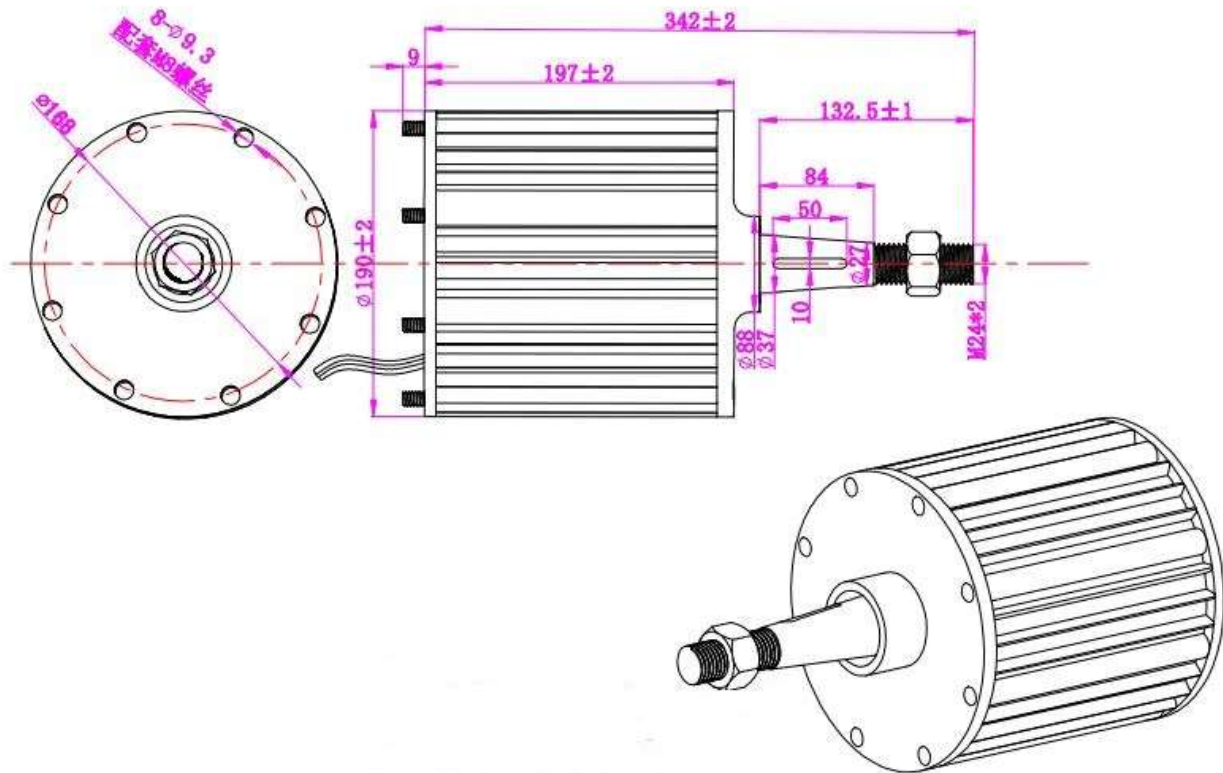
Generátor

A generátor egy BLDC típusú egység, amely 380V névleges feszültség mellett 2500W névleges teljesítménnyel rendelkezik, de a várt fordulatszám tartományánál várhatóan 3kW feletti teljesítményt ad le.



Generátor adatok

Névleges teljesítmény (W)	2500 (3000)
Névleges feszültség (V)	380 V
Névleges fordulatszám (rpm)	500 R/min
Tömeg (kg)	23 kg
Típus	3 fázisú állandó mágneses szinkron (AC) generátor
Szigetelés	IP54
Mágnes típus	NdFeB
Üzemi hőmérséklet	- 40°C - 80°C
Csapágy	HRB



Egyenirányító

3 fázisú teljesítmény egyenirányító, névleges áram: 75 A, U (RRM) 800 V, POWERSEM PSDS 63-08. Az egyenirányító dióda a generátor által leadott 3 fázisú váltóáramot konvertálja egyenárammá. Ez azért szükséges, mert az inverter csak egyenáramot tud átalakítani és szinkronizálni a hálózati frekvenciára.



Műszaki adatok

Gyártói szám	PSDS 63-08
Gyártó	POWERSEM
Konfiguráció (dióda)	Háromfázisú
U_{RRM} (V)	800 V
Nyitó irányú áram I(F)	75 A
Nyitó irányú feszültség U(F)	1.3 V
Átengedő feszültség referencia	75 A
I_{FSM} 50Hz (A)	1000 A
I_{FSM} 60Hz (A)	1100 A
Üzemi hőmérséklet (min.)	-40 °C
Üzemi hőmérséklet (max.)	+150 °C
Kivitel	Műszerdobozok
Szélesség	40 mm
Magasság	17 mm
Hossz	72 mm
RoHS konform	Igen

Névleges áram	75 A
Típus	PSDS 63-08
Ház típus	Fig. 23
Termék típus	Híd egyenirányító

Inverter

A magyarországi lehetőségek korlátozottak inverter kapcsán, mivel a rendszerszolgáltatók csak a saját maguk által bevizsgált invertereket engedélyezik. A 3kW-os szélgenerátor konfigurációhoz a megfelelő inverter a Solis Mini 3kW-os egysége, mivel ennek a nyitófeszültsége az 50V-tal várhatóan jelen szélgenerátoros alkalmazásra a választható lehetősége közül a legjobb hatásfokot biztosítja.

A Solis Mini része a 700–3600 W-os inverterek sorozatának, számos védelmi funkcióval. Az IP65 kialakítás vizuálisan kellemes otthoni környezet számára.



A Solis Mini több mint 96% Max hatékonysággal büszkélkedhet, rendkívül alacsony feszültségű indítással, precíz MPPT algoritmussal és vezérelt PWM inverter technológiával, valamint számos megfigyelési lehetőséggel RS485, WIFI és GPRS interfészen keresztül. Mindezek a funkciók nagyon népszerűvé tették a Solis Mini sorozatot az ügyfelek körében.

Tulajdonságok

50V-400V bemeneti feszültségtartomány - rendkívül alacsony indítás

Több mint 96,7% Max. Hatékonyság

Pontos MPPT algoritmus

IP65 külső telepítéshez

RS485 WiFi / GPRS (opcionális) interfész

Számos védelmi funkció

WiFi felügyelet elérhető - iPhone és Android alkalmazás elérhető

5 év szabványos garancia 20 év opcionális frissítés

SOLIS MINI technikai specifikációk

Model Solis-mini-3000-4G-DC

Energy Source PV

Input Side(DC)

Max. DC input power(kW)	3.5
Max. DC input voltage(V)	600
Start-up voltage(V)	90
MPPT voltage range(V)	80-500
Max. input current(A)	11A
MPPT number/Max input strings number	1/1

Output Side (AC)

Rated output power(kW)	3
Max. apparent output power(kVA)	3.3
Max. output power(kW)	3.3
Rated grid voltage(V)	230
Grid voltage range(V)	160-285
Rated grid frequency(Hz)	50/60
Operation phase	Single
Rated grid output current(A)	13
Max. output current(A)	15.7
Power Factor (at rated output power)	0.8...1...0.8
THDi (at rated output power)	<1.5%
DC injection current(mA)	<20
Grid frequency range(Hz)	47-52 or 57-62

Efficiency	
Max. efficiency	97.5%
EU efficiency	96.8%
MPPT efficiency	>99.5%

Protection

DC reverse-polarity protection	Yes
Short circuit protection	Yes
Output over current protection	Yes
Output over voltage protection	Yes
Insulation resistance monitoring	Yes
Residual current detection	Yes
Surge protection	Yes
Islanding protection	Yes
temperature protection	Yes
Integrated DC switch	Optional

General Data

Dimensions(mm)	310W*373H*160D (mm)
Weight(kg)	7.7
Topology	Transformerless
Self consumption (night)	<1W(Night)
Operating ambient temperature range	-25~60°C
Ingress protection	Ip65
Noise emission{typical}	<20 dBA
Cooling concept	Natural convection
Max.operation altitude	4000m
Designed lifetime	>20years
Grid connection standard	EN50438 G83/2 AS4777.2:2015 VDE0126-1-1 IEC61727 VDE N4105
Relative humidity	0~100%
Safety/EMC standard	IEC62109-1/-2 NB/T 32004EN61000-6-1 EN61000-6-3

Features

DC connection	MC-4mateable
AC connection	Ip67rated plug
Display	LCD2×20 Z.
Communication connections	4 pins RS485 connector
Warranty	5 years standard (extend to 20 years)

A vertikális tengelyű, állítható fesztávolságú szélgenerátor fejlesztési projekt összегzése

Az elmúlt közel két évben mindent megtettünk annak érdekében, hogy a projektben kitűzött célt megvalósítsuk. Kifejlesszünk és megalkossunk egy olyan automatikusan vezérelt változtatható átmérőjű szélgenerátort ami légmozgás energiáját elektromos áram előállításának céljából hasznosítja. Fontos szempontunk volt a széleskörű alkalmazhatóság, mind a szélsébség, mind a hőmérsékleti viszonyok tekintetében.

A Technoorg-Linda Kft bevonásával elkészültek az áramlástani számítások, melynek során meghatározásra kerültek a termék alapvető tulajdonságai, mint például a szélsébség-nyomaték görbe, amely a villamos generátor kiválasztását teszi lehetővé. Ugyanezzel a módszerrel további számítások eredményeként meghatározásra kerültek a termék aero-akusztikai jellemzői, mely eredményeként egy akusztikailag optimalizált terméket lehetett létrehozni, 40dB zajtartomány alatti működéssel.

Ezzel összefüggésben előtanulmány készült a projektben felhasználható szárnyprofilokról, az átmérő-forgatónyomaték kapcsolatról. Áramlástani szimuláció készült a késztermék CAD modelljén, mely során meghatározásra kerültek azok a jellemzők, amelyek az akusztikai tulajdonságokat befolyásolják, és amelyek a korai tervezési fázisban még módosíthatóak voltak.

Megvalósításra került a szerkezettervezés, amely magába foglalja a tartószerkezet, a generátorház, az elektronika tokozás, az átmérő-állító szerkezet és a szélgenerátor lapátjainak tervét is. A tervezés kiterjedt az esetleges gyártószerszámok, sablonok, anyag-rétegrendek megtervezésére és a gyártás menetének leírására is.

Az elkészült 3D CAD terveket, ezek állományait és az alkatrészekről készült műhelyrajzokat, a gyártó részleg rendelkezésére bocsájtottuk.

A szerkezetoptimalizálás (véges elemes vizsgálatok által) kiterjedt a tömeg és szilárdság kapcsolatának meghatározására, amely a mechanikai alkatrészek azonos biztonsági tényezővel való tervezését jelentette.

Ebben a munkafázisban készültek el a végleges, és egyszerűsített CAD modellek Elkészült a véges elemes háló és az explicit feszültségterjedési és sajátfrekvencia számítások is. Megadásra kerültek az anyag és kontaktusmodellek.

Elkészült a vezérlő elektronika tervezése. A kifejlesztett elektronikai rendszer főbb funkciói:

- vezérli a szélgenerátor átmérőjét a szélsébség alapján
- méréseket végez, adatot gyűjt és továbbít (szenzorok: fordulatszám, végállás)
- rendelkezik nagy hatótávolságú (1-1,5 km) vezeték nélküli kommunikációs modullal
- okos telefonnal csatlakozás során a működési paraméterek, naplók lekérhetők.
- kommunikál az inverterrel, ha szükséges.

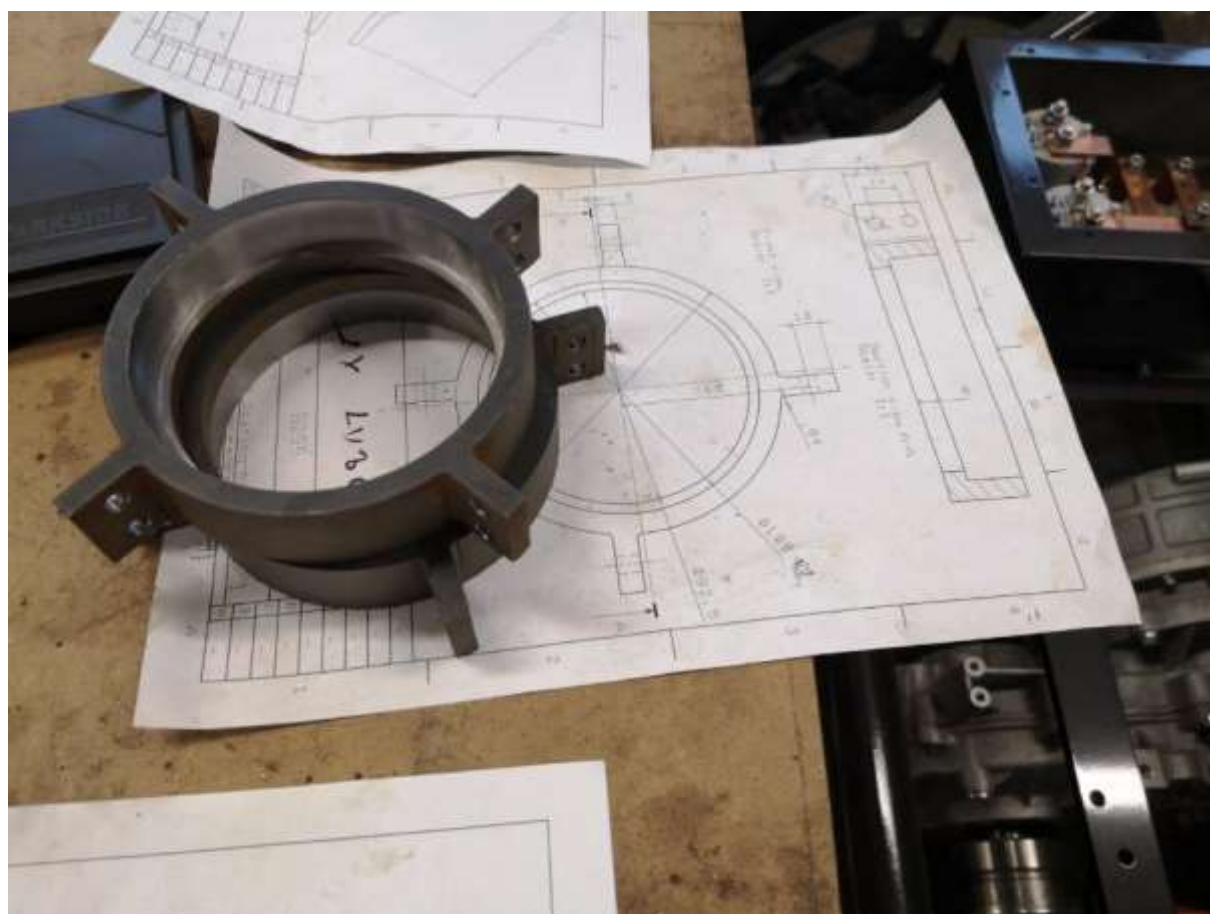
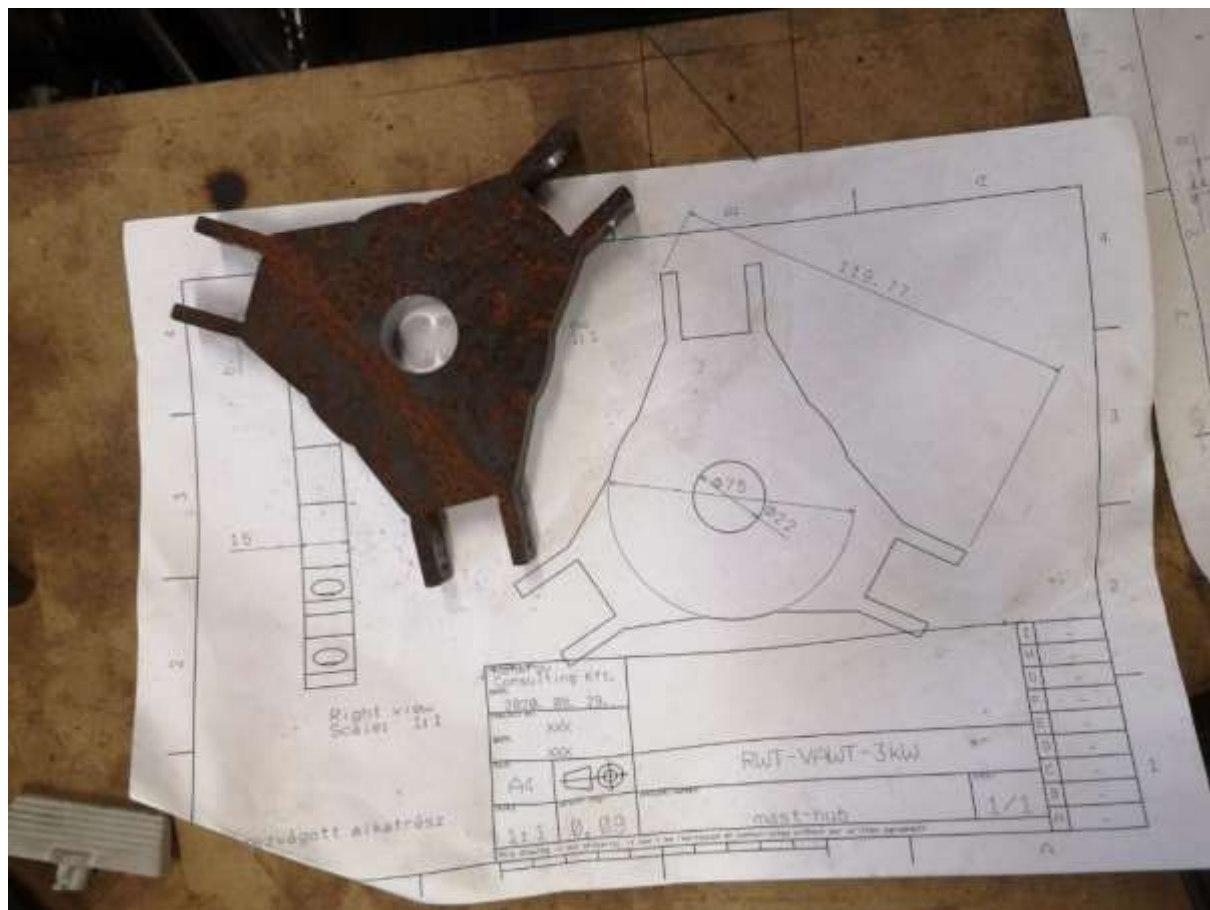
A vezérlő elektronika alkalmas arra, hogy a szélgenerátor átmérő szabályozását, illetve a biztonsági rendszerek működését megvalósítsa. Mikrokontroller alapú IoT-be integrálható rendszert terveztünk nagytávolságú vezeték nélküli kommunikációval, amely az okos rendszerekben való felhasználást illetve az esetleges további kutatási alapként a mikro-szélérőmű parkok összehangolását lehetővé teszi.

A 2020.05.01.-től tartó időszakban elvégeztük a prototípusok gyártását. Az elmúlt időszakban húsznál több alaptervezés alkatrészeit gyártottunk le. Ezek közül több a statikai tesztek „áldozata lett”, hiszen az extrém körülményeket meghaladó mértékű erőhatásokat is szimuláltunk.

Szerkezeti összeszerelésre került hat prototípus, melyből a tesztek és módosítások után, három, az előzetesen meghatározott teljesítményű berendezés komplett összeállítását és összeszerelését készítettük el. A fejlesztett szélgenerátorok üzem közbeni tesztekre kerültek. A tesztüzem jelenleg is tart.

Fotók a gyártási, szerelési, és telepítési folyamatról:















A projekt keretében beszerzett eszközökkel, berendezésekkel, a kialakított kapacitással képesek vagyunk a sorozatgyártásra. A fejlesztett kialakítás révén reális cél az általunk a pénzügyi tervben meghatározott volumen gyártása. A kialakított berendezés szerkezete révén nem csak a gyártás, de a logisztika is költséghatékony, mely szintén hatással van a megtérülésre. A szélgenerátor zajkibocsátása 40dB zajtartomány alatt van, valamint a szélgenerátor átmérője működés közben automatikusan állítható, ezzel garantálva az optimális működést és teljesítményt szélsőségtől függetlenül. Ez jelentős újdonságtartalom, mely növeli piacképességünket is.

A beszerzett berendezések a kifejlesztésre került prototípus műszaki újdonságait meg tudják valósítani. Ilyen például a szélgenerátor mechanikája valamint a hozzá tartozó vezérlés, mely lehetővé teszi a szélgenerátor átmérőjének működés közbeni automatikus állíthatóságát. Ennek előnye a folytonos, egyenletes teljesítményű működés, az ebből következően kalkulálható megtérülés, energia kiváltás. A kiszámíthatóságból adódóan a korábbinál piacképesebb termék. A fejlett technológiával rendelkező eszközök felhasználása a jövőben kiterjeszthető a vállalat fémipari tevékenységeinek elvégzésére is. Ezáltal piaci szerepünk erősödése, stabilitása várható.

