

ХИБРИДЕН ВЪЗОбНОВЯЕМ ЕНЕРГИЕН ИЗТОЧНИК

проф. д-р инж. Радостин Долчинков
инж. Виктор Атанасов
Бургаски свободен университет

HYBRID RENEWABLE ENERGY SOURCE

Prof. Eng. Radostin Dolchinkov, PhD
Eng. Victor Atanasov
Burgas Free University

Abstract: *Turbines with a vertical axis of rotation have a much greater variety of construction and operation. Developments of this type are known since the 30s of the last century / Darios, Savonis and others. authors / for whom there is information for making samples, but never entered the application. Their main disadvantage is their lower efficiency / about 25-30% / compared to propeller structures, which reach 40% efficiency and the low torque they can create. Their only advantages remain the simple construction and their independence from the wind direction.*

The authors present a new idea for a rotary turbine with a vertical axis of rotation. The principle of operation of this turbine is transferred from sailing by drawing a parallel between a rotor turbine and a yacht, or a group of yachts moving in a circle and connected in a common center, and instead of a skipper directing the sails at an active angle to the wind direction, a mechanism called a guide apparatus.

The development includes the creation of a new type of planetary, two-stage belt reducer with four operating outputs. This type of reducer allows its incorporation into the supporting structure of the rotor and improves the overall design of the turbine and proven to have the highest operating efficiency of other transmissions. It does not require lubrication, no maintenance and has a large resource / life /, as it does not perform any power functions.

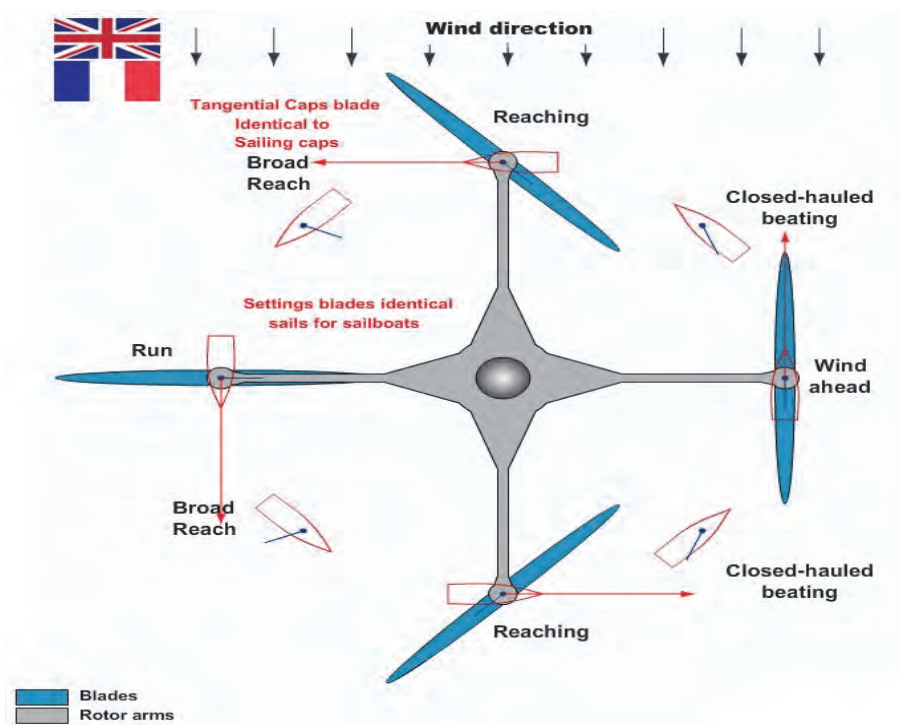
The non-standard solution is used, namely the creation of a new electric machine to pursue the goals set from the beginning, namely low cost and high efficiency. The idea is to create a low-speed, non-contact and without excitation windings and elements right current generator.

Key words: *Turbines with vertical axis of rotation, planetary two- stage belt reducer.*

Все повече потребители търсят задоволяване на енергийните си потребности чрез използване на ВЕИ не само по екологични подбуди, но и по финансови. Това са и част от мотивите в БСУ да се открие такава специалност, за да се подготвят кадри с нужната компетентност и умения за работа в този отрасъл на енергетиката.

В рамките на учебната програма и извън програмните занимания се сформира работна група от студенти, преподаватели и представители на бизнеса със задача, установяване на техническото ниво на пазара на ВЕИ и възможности за намиране на нови решения по-специално в областта на ветрогенераторите. Първото заключение бе, в отсъствието на такова производство на агрегати в сегмента на средна и малка мощност за задоволяване на индивидуалните потребности от енергия, а не за енергийния пазар.

След задълбочено проучване на съществуващите решения, работната група се спря на едно сравнително ново творение на френския изобретател Пиер Дайдон от 2006 год., радиална вятърна турбина /с вертикална ос на ротация/.



Фиг.1. Вятърна турбина/с вертикална ос на ротация

Достойнствата на тази турбина според автора са простата конструкция, безшумната работа и високата ефективност, до 60% и достъпност до урбанизирана среда.

При по-нататъшните проучвания се откриха няколко конструктивни разработки на автори от различни страни. Всички те, макар със своето различие, носеха едни и същи недостатъци, а именно изпълнението на схемата на турбината се реализира с наличните на пазара машинни елементи и механизми, а получената турбина свързват с различни генератори чрез увеличаваща предавка или обичаен демултипликатор за постигане на зададен оборотен режим на ел. машината. Всичко това води до увеличени вътрешни загуби.

За авторите недостатъците се приеха като предизвикателството да се реализират няколко иновативни теми и решения, а именно:

- за изпълнението на функцията на направляващ апарат на работните крила, да се създаде нов тип планетарен, двустепенен ремъчен редуктор;

- за да се осъществи принципа на свързване на генератора с турбината директ драйф (Д.Д., куплиране на генератора с турбината), да се създаде нов тип електрическа машина, а именно ниско оборотен, безконтактен постоянно токов генератор.

Друга особеност, отнасяща се за всички видове ВЕИ е непостоянството на работата, силно зависещи от метеорологичните или климатичните промени на времето, кое-

Съвременни управленски практики XI - БСУ, 2021
ИНТЕЛИГЕНТНА СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ В ДЕСЕТИЛЕТИЕТО
НА СВЪРЗАНОСТТА И АВТОМАТИЗАЦИЯТА

то води до необходимостта от известно преоразмеряване на системите за компенсация за времето на престой или ниско производство на енергия. И още нещо, известна реципрочност на условията на работа на два от видовете ВЕИ, а именно ветрогенераторите и фотоволтаичните системи. При хубаво време приоритетно работят фотоволтаичните системи, а при лошо, ветрогенераторите, като са възможни и ситуации и двете да работят ефективно и много рядко да не работи нито едното. Тази особеност роди и идеята да се създаде хибриден ВЕИ, състоящ се от два основни модула. Това автоматично води до рязко повишаване на вероятността за почти непрекъснат добив на енергия, отпадайки и необходимостта от преоразмеряване. От друга страна, при подходящо оразмеряване на работното напрежение, те ще могат да се окомплектоват с обща акумулаторна група и електроника. Всичко това пък би довело до намаляване на инвестиционните тежести при изработката.

На пазара съществуват много производители на турбини с хоризонтална ос на ротация, пропелерен тип, с две или три лопатки. Повечето производители предлагат такива турбини за ветрогенератори проектирани за средна и голяма мощност, със цел производство на ел. енергия за енергийния пазар. Има много малко производители на ветро-генератори за средна и малка мощност, а и вече е доказано, че за този диапазон на мощности ефективността им е много ниска или слаба.

Турбините с вертикална ос на ротация са с много по-голямо разнообразие на конструкция и действие. Известни са разработки от този тип още от 30.те години на миналият век, /Дариос, Савонис и др. автори/, за които има информация за изработка на образци, но никога не влезли в приложение. Основният им недостатък се оказва пониската им ефективност /около 25-30 % / в сравнение с пропелерните конструкции, които достигат до 40% ефективност и ниският въртящ момент който могат да създадат. Единствените им предимства остават простата конструкция и независимостта им от посоката на вятъра. Малкият въртящ момент и ниската ефективност навярно са причините да не влязат в по-масово приложение.

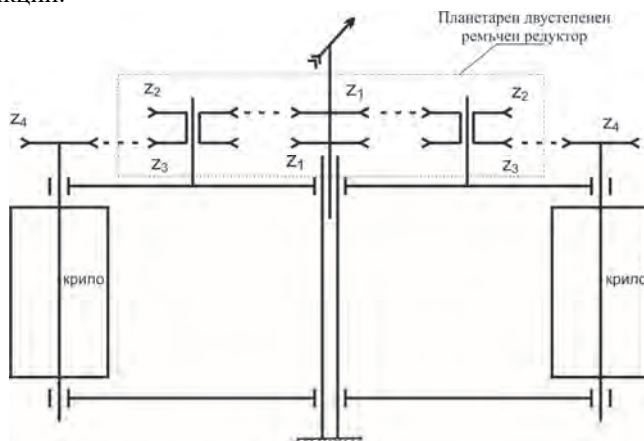


Фиг. 2. Класификация на видовете вятърни турбини

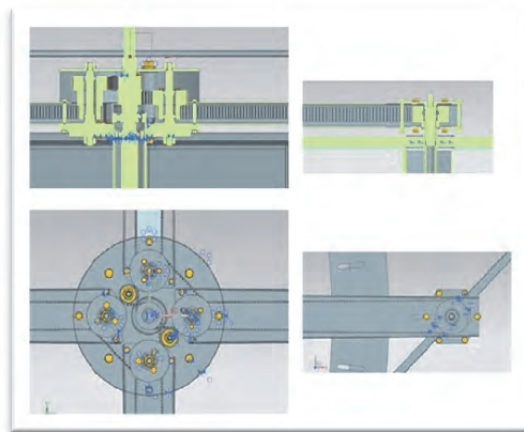
В процеса на подготовка за работа, авторският колектив реши да разгледа агрегата като съставен от две основни машини, а именно ветротурбината и електрически генератор, като и за двете машини се направят необходимите проучвания за съществуващите вече нива на технически и конструктивни решения, наличие на производство и приложение.

За турбината: Създаване на роторна турбина с вертикална ос на ротация.

1/ Създаване на нов тип планетарен, двустепенен ремъчен редуктор с четири работни изхода. Да се използват „ангренажни“ назъбени ремъци и подходящите ремъчни шайби за постигане на необходимото предавателно число и посока на въртене. Всички елементи за неговото изграждане са предмет на редовно производство и налични на пазара, което обуславя и ниската му цена. Този тип редуктор позволява вграждането му в носещата конструкция на ротора и подобрява общия дизайн на турбината и доказано с най-висок КПД на работа от останалите трансмисии. Не изисква мазане, никаква поддръжка и има голям ресурс /живот/, тъй като не изпълнява никакви силови функции.

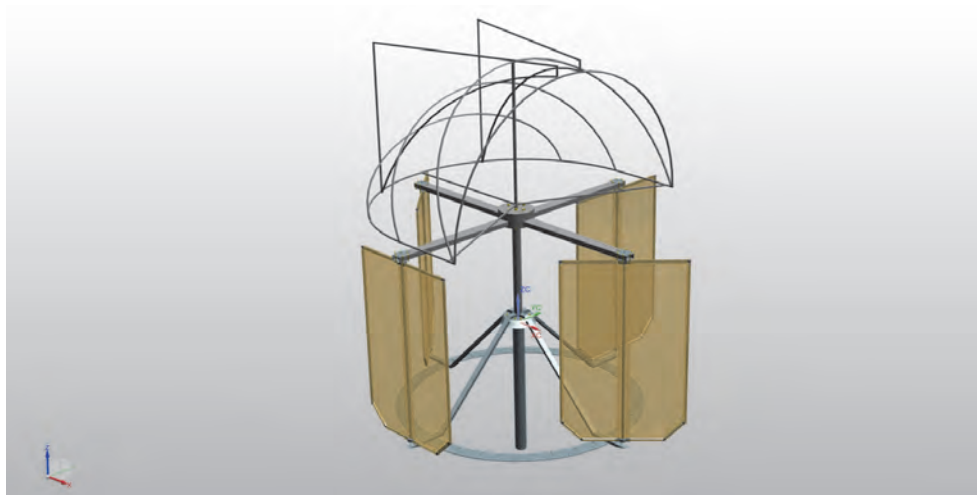


Фиг. 3. Кинематична схема



Фиг. 4. Реална конструкция на двустъпален планетарен ремъчен редуктор в проекция в 3D със Siemens NX

2/ Изграждане на работните крила /платна/, пренасяйки принципите и конструктивните решения при изграждане такелажа на ветроходните съдове, а именно лека носеща конструкция от реи и въжета, а платната от наистина мека и лека материя /примерно винил, устойчив на УВ лъчение и силни ветрове/. Като краен резултат се очаква да се получи изключително лека, здрава и неограничена в размерите конструкция на ротора и неговите работни елементи.

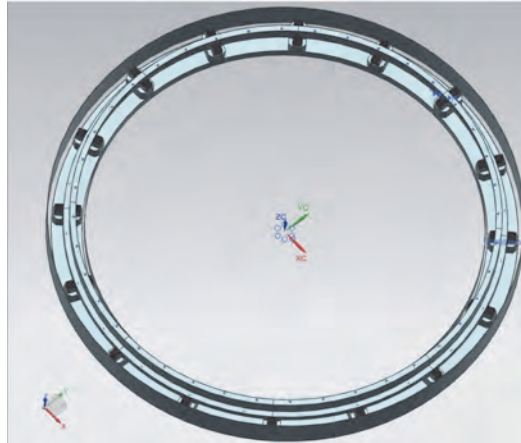


Фиг. 5. 3D модел/ на вятърната турбина

За генератора: Създаване на нова електрическа машина с ниска себестойност висока ефективност на работа създаване на ниско оборотен, безконтактен и без възбудителни намотки и елементи право токов генератор.

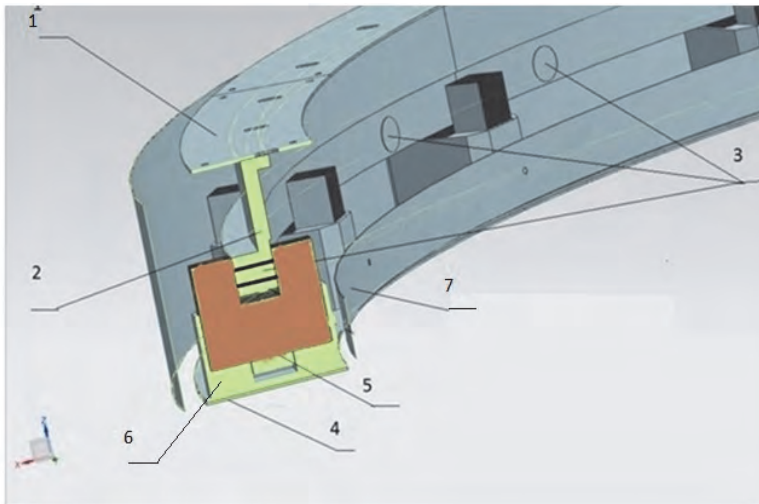
В досегашните реализации, предшестващите автори използват логично съществуващите на пазара електрически машини, правотокови или променливотокови генератори. Всичките изброени машини обаче са оразмерени за определена мощност и минимални обороти на работа, което изисква потребността от трансмисии, състоящи се от редуктор променящ оста на въртене, от вертикална в хоризонтална посока, демултипликатор за увеличаване на оборотите и евентуално вариатор за постоянността им независимо от скоростта на вятъра. Всички тези елементи освен че оскъпяват изделието, но и внасят загуби при работа.

За реализирането е необходимо да се потърси нестандартното решение, а именно създаване на нова електрическа машина, която да преследва поставените от начало цели, а именно ниска себестойност и висока ефективност на работа. Идея за това създаване на ниско оборотен, безконтактен и без възбудителни намотки и елементи право токов генератор.



Фиг. 6. Нискооборотен постоянен ток безконтактен генератор без възбудителна намотка

Това освобождава от изискването за трансмисия между турбината и генератора. Освен това генератора не трябва да е с фиксирана номинална мощност, а с променлива /адаптивна/ мощност, съобразно променящата се мощност на въздушния поток, при това в съответния широк диапазон. Решението може да се намери в подобие на простата динамо машина, с постоянни неодимови магнити вградени в ротора на машината, а котвата да е изградена като съставна конструкция от множество малки независими котви.

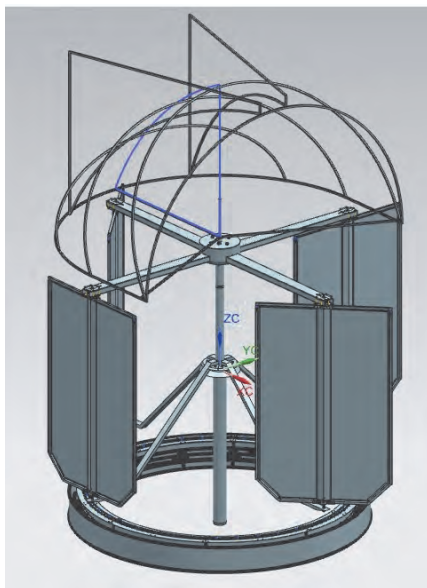


Фиг. 7. Устройство и начин на работа

Последователността и броя на включените съставни котви в работен режим ще се следи от специален контролер, отчитащ промените в силата на вятъра и големината на потребяваната енергия /товара на изхода на генератора/.

Проектирането на агрегата се извърши на CAD системата Solid Edge и Unigrafix. Конструиранието и моделирането на вятърната турбина с помощта на Siemens NX 11 дава възможност за съставяне на пълна техническа документация в 2D и възможността за онагледяване на елементите на турбината и генератора с помощта на твърдоделното пространствено моделиране, симулации и тестване на готовото изделие, което води до отстраняване на конструктивни недостатъци и спестяване на средства, което дава възможност за добиване на реална представа при избора на правилните дизайн решения и компоновка на изделието.

Изработването на действащия модел се извършва в специализирана лаборатория на ЦИТН.



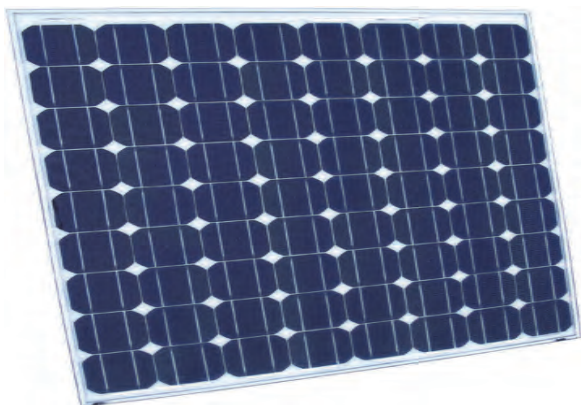
Фиг. 8. Ветрогенератор

Фотоволтаична система. Слънчеви модули.

Фотоволтаичният модул е система от слънчеви елементи, монтирани на общ панел и свързани последователно или паралелно, в зависимост от желаните стойности на тока и напрежението при зададена мощност. Използваните материали за производството на фотоволтаични клетки-(Photovoltaic Cell, PV Cell) PVC:

Монокристален силиций

Цялата клетка представлява един монокристал от силиций, в който е образуван p-n преход. Монокристалите се произвеждат на основата на скъпи технологии, което определя високата цена на този тип клетки. Те обаче осигуряват относително висок коефициент на полезно действие – от порядъка на 14% за предлаганите на пазара фотоволтаици. Съществуват данни за експериментални фотоелементи от този тип, които в лабораторни условия постигат до 24% КПД. Част от монокристалните фотоелементи се произвеждат от заготовки за микроелектронното производство, които показват твърде много дефекти, за да бъдат използвани за производството на чипове, но могат да работят добре като фотоволтаици.



Фиг. 9. Фотоволтаичен модул изграден от монокристални силициеви клетки

- **Поликристален силиций**

Принципът им на работа не се отличава от описания за монокристалния силиций, но единичната фотоклетка вече не се изгражда от един монокристал. Това прави тази технология по-евтина, но и по-неефективна. Постигнатият КПД е от порядъка на 12%. Както монокристалните, така и поликристалните фотоелементи се приемат за технически изделия с дълъг живот – повече от 20 години, като производителността им спада относително малко за този период – около 1% годишно. Една от основните характеристики на фотоволтаиците – плътността на инсталираната мощност, показваща каква максимална мощност може да се получи от фотоволтаичен панел с площ 1 m^2 за фотоволтаиците с кристален силиций е около 120 Wp/m^2 .



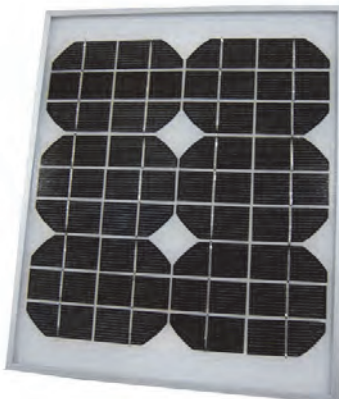
Фиг. 10. Фотоволтаичен модул изграден от поликристални силициеви клетки

- **Тънкослойни фотоелементи**

С този термин се означава по-скоро технология за производство на фотоелементи, отколкото тип фотоелементи. На основата на тази технология се произвеждат клетки от различни материали, които са отложени във вид на много тънък слой върху дадена подложка. За сравнение, при класическите силициеви елементи дебелината на фотоклетката е от порядъка на 0,2 mm или 200 микрометра, докато при тънкослойните елементи дебелината на генериращия слой е само няколко микрометра. Дебелината на слоя се определя от коефициента на поглъщане на светлината на даден материал. В случай, че слойът е много тънък светлината би преминала през него без да бъ-

де погълната, а следователно и без да генерира електричество. Чрез използването на тънкослойната технология се намалява сериозно цената на фотоелементите.

Въпреки, че се наблюдава тенденция към непрекъснато увеличаване на производството на тънкослойни фотоволтаици, понастоящем най-голям пазарен дял имат фотоволтаиците от монокристален и поликристален силиций.



Фиг.11. Тънкослоен модул

- **Аморфният силиций**

Той е основният представител на тънкослойните технологии. За него електрозначимият спектър е в диапазона на видимата слънчева светлина. Основната му особеност е, че преобразува светлината около 40 пъти по-ефикасно от монокристалния силиций, което позволява използването на слоеве с дебелина до 1 μm , нанесени върху основа от стъкло, стомана или друг материал. Реализират се и PVC с основа от гъвкава пластмаса. Предимство на аморфния силиций е значително по-ниската цена на PVC, което определя както приложението му в масови устройства – калкулатори, градински осветители, така и в специализирани – например сензори.

- **HIT Cell (Heterojunction with Intrinsic Thin Layer)**

Съчетава съчетаване на предимствата на описаните разновидности са създадени PVC, при които от двете страни на пластинка от монокристален силиций тип N се нанася по един много тънък слой аморфен силиций. Легирането на последните е твърде слабо, поради което съпротивлението им е между това на собствен и легиран полупроводник. Тъй като единият слой е тип P, а другият тип N, преходите между тях и монокристалния силиций са различни, което определя наименованието на клетката. Типичната стойност на η е 17,8%. За по-нататъшно увеличаване на к.п.д. при запазване на ниската цена има лабораторни разработки на *двойни клетки* (Tandem Cell, Stacked Cell) с два тънки фоточувствителни слоя – горен от аморфен силиций и долен от нанокристален силиций (Nanocrystalline Silicon, nc-Si), който «улавя» и инфрачервените лъчи.

- **Смесен тип**

Сравнително голяма е стойността на η при *тънкослойния кадмиев телурид* (CdTe), технологията за чието нанасяне е проста и подходяща за серийно производство. Такива PVC са използвани в действащи слънчеви електроцентрали в Германия и САЩ, както и в строящи се 100-мегаватови в Германия и Малайзия.

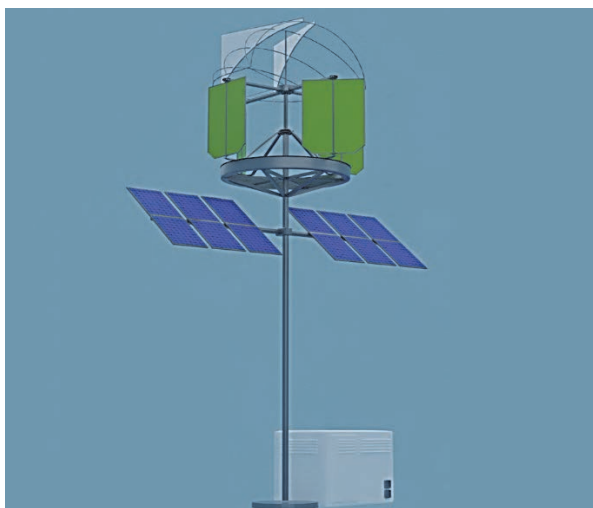
Тънкослоен материал е *медно-индиевият двуселенид* (CuInSe_2) със съкращение CIS, който реално съдържа и малки количества елементи от I, III и V група и осигурява $\eta = 13,5\%$. Независимо от сравнително високата му засега цена той е привлекателен с възможността за производство на PVC с предварително зададени характеристики, необходими за конкретно приложение. Има и серийно производство на гъвкави клетки от този тип (Pliable SIC Solar Cell). За увеличаване на η до $19,5\%$ е разработена технологията CIGS, буквата G в чието съкращение отразява прибавянето на съединението CuGaSe_2 . Има вече и лабораторни разработки на гъвкави клетки от този тип с основа от полиамид и $\eta = 14,1\%$.

Едно от основните предимства на всички тънкослойни технологии е много малкото количество на използваните полупроводникови материали (около 1%) в сравнение с обемните технологии. Например за площ от 1 m^2 е необходим около 1 g аморфен силиций.

Прието е всички параметри на фотоволтаиците да се дават за точно определени условия, наречени стандартни:

- Интензивността на светлината, с която се осветява фотоволтаика – 1000 W/m^2 ,
- Температура на фотоволтаиката – $25 \text{ }^\circ\text{C}$,
- Слънчев референтен спектър AM 1.5

Сериозните изисквания за малко тегло на фотоволтаиците и добра механична здравина налагат използването най-често на рамка от анодиран Al и ограничават площта им малко над 1 m^2 . Издръжливостта към атмосферни въздействия също е важна сред техническите решения, за което е покриване на панела с етиленвинилацетатна (EVA) смола или устойчив на ултравиолетовите лъчи полимер.



Фиг. 12. Хибриден вариант на ВЕИ

Оригиналност на тема

1. Доразвивайки идеята на автора на този тип турбина, като се приложат и принципа на изграждане на работните крила /платна/ и пренасяйки принципите и конструктивните решения при изграждане такава на ветроходните съдове, а именно лека носеща конструкция от реи и въжета, а платната от наистина мека и лека материя /примерно винил, устойчив на УВ лъчение и силни ветрове/като краен резултат

Съвременни управленски практики XI – БСУ, 2021
ИНТЕЛИГЕНТНА СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ В ДЕСЕТИЛЕТИЕТО
НА СВЪРЗАНОСТТА И АВТОМАТИЗАЦИЯТА

се получава изключително лека, здрава и неограничена в размерите конструкция на ротора и неговите работни елементи.

2. Проблемата в генератора ще се реши с подобие на простата динамо машина, с постоянни неодимови магнити вградени в ротора на машината, а котвата е изградена като съставна конструкция от множество малки независими котви. Достигането на номиналните напрежения още при 10-15 оборота в минута, ще се постигат чрез правилно избраният и достатъчно големият диаметър на машината, за чието изграждане е необходима подходящата технология. Всички тези параметри и характеристика определят иновативния и характер.

- Аеродинамичният ефект на крилото.
- Улавянето и на въздушния напор от крилото.
- Висок коефициент на активната работна площ /над 90%/, отнесена към площта на обхванатия въздушен поток от крилата.
- Минимизиране на вътрешните загуби в следствие на новия тип генератор, който е без възбудителни намотки и отпадането на трансмисията между турбината и генератора.
- Високият въртящ момент в следствие на едновременната работа на всички крила.

Заключение:

Така окомплектования агрегат ветрогенератор вече достига високата си ефективност. Другите му достойнства са липсата на шум /характерните инфра звуци за пропелерните турбини/, никакви вибрации, не смущава прелетните птици и практически неограничени максимални обороти, не се влияе от турбулентност и пориви на въздушните течения. Очаква се продължителна работа и безаварийна експлоатация без необходимост от ремонт и поддръжка.

Друга обещаваща полза от хибридноста произтича от факта на различния срок на живот или експлоатация. Ако ветрогенератора е с практически не лимитиран живот, то при фотоволтаичната част не е така, но при настъпване на крайният им срок на експлоатация, е възможно по-безболезнено да бъдат етапно реновирани, без това да ощетява видимо енерго добива от хибридната система.

Литература:

1. Неделчева С. И. – Нетрадиционни и възобновими енергийни източници в електроенергетиката, София, МП Изд. на ТУ-София, 2006.
2. Неделчева С., Ф. Пожи, Ж. Нотон – Електрически характеристики на фотоволтаични модули.
3. ВЕИ Регистри – <https://www.veiregistar.bg/index>
4. Българска фотоволтаична асоциация – <https://www.bpva.org/>
5. Агенция за устойчиво енергийно развитие – <https://www.seea.government.bg/bg/>
6. И. Илиев, Н. Калоянов, Наръчник по енергийна ефективност и енергия мениджмънт
7. Silviya Letskovska and Kamen Seymenliyski, Renewable Energy Sources and Tariffing of Electrical Power, XLVIII International scientific conference ICEST 2013. Proceedings of Papers, ISBN: 978-9989-786-89-1, Volume 2, p.739-742, Printed by: OFFICE 1 – BITOLA
8. Силвия Лецковска, Камен Сейменлийски, Елдар Заеров, Радослав Симионов, ПЕРСПЕКТИВНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ НА МОРСКИЯ РЕСУРС, Международна научна конференция Дигитални трансформации, меди и обществено включване, БСУ, 5 юни 2020, ISBN: 978-619-7126-92-1, стр. 485-492, Печатница „ЕКС-ПРЕС“ ООД – Габрово.