Механика Транспорт Комуникации

ISSN 1312-3823 (print)
ISSN 2367-6620 (online)
том 17, брой 3, 2019 г.

Научно списание **http://www.mtc-aj.com** **статия № 1877**

ИКОНОМИЧЕСКИ РАЗЧЕТ ПРИ ИЗГРАЖДАНЕТО НА ВЕИ ЗА ОБЕЗПЕЧАВАНЕ НА ЕНЕРГИЙНИТЕ НУЖДИ НА СГРАДА

Мартин Златков, Антоанета Кирова, Ирена Божичкова, Петко Костадинов
dj_marti79@mail.bg, toni.kirova@gmail.com, millennium_26@abv.bg, petko__kostadinov@abv.bg

ВТУ „Тодор Каблешков",
София, 1574, ул. "Гео Милев" 158
БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: *Ветрогенератор, вятър, турбина, генератор, енергийна, ефективност, витла, соларен панел, фотоволтаик, възобновяеми, енергийни, източници, ветрогенераторна система,*

Резюме: *През последните години цената на електрическата енергия се се повишава на всеки 6 месеца. Това попречи на развиващите се LED технологии да понижат сметките за електроенергия на потребителите. Понижаването на консумираната мощност от осветителни и други уреди обаче направи възможно захранването им от възобновяеми алтернативен енергийни източници, като слънце, вятър, вода и др.*

В доклада е предложена идея за инсталиране два вида алтернативни източници – ветрогенератори и фотоволтаични панели. Направен е енергиен баланс на потреблението и на производството. Изчислено е процентното съотношение на произведената електроенергия от различните възобноваеми енергийни източници.

В доклада е направено иновативно предложение за изграждане на комплекс от енергийни източници (множество малки вятърни генератори и соларни панели) с цел частично или пълно обезпечаване на енергийните нужди на сграда. Инсталацията е съобразена с нуждите и техническите възможности на постройката. Изчислен е икономическия ефект от изграждането на системата. Пресметната е икономията, която ще бъде реализирана от различните видове енергийни източници както и ефекта от съвместната им работа. Заедно с изчислителните формули са направени и примери пресмятания и за конкретна сграда с инсталирани върху нея ветрогенератори и соларни панели. Предложена е най- ниска ценова конфигурация за соларните панели както и начин за понижавани себестойността на съответните ветрогенератори.

Увод.

Високите сметки за електроенергия обхващащи особено зимния период, наложиха търсенето на вариант за понижаването им. Целта е частично или пълно обезпечаване на енергийните нужди на обследвания обект чрез изграждането на алтернативна енергийна система. Някои държави имат опит в изграждането на такива системи познати още като „Смарт системи" [1].

Колективът на настоящия доклад взе решение да проучи възможностите за изграждане на ВЕИ на сградата на първи корпус за частично или пълно обезпечаване с електроенергия.

Обезпечаването на захранването на една сграда зависи от:

- Нейната консумация на енергия;
- Наличният ресурс от алтернативна енергия;
- Ефективността на алтернативните енергийни източници;
- Правилния баланс енергопотреблението;
- Правилното разпределение между различните алтернативни източници;
- Възможностите на самата сграда за акумулиране на енергия.

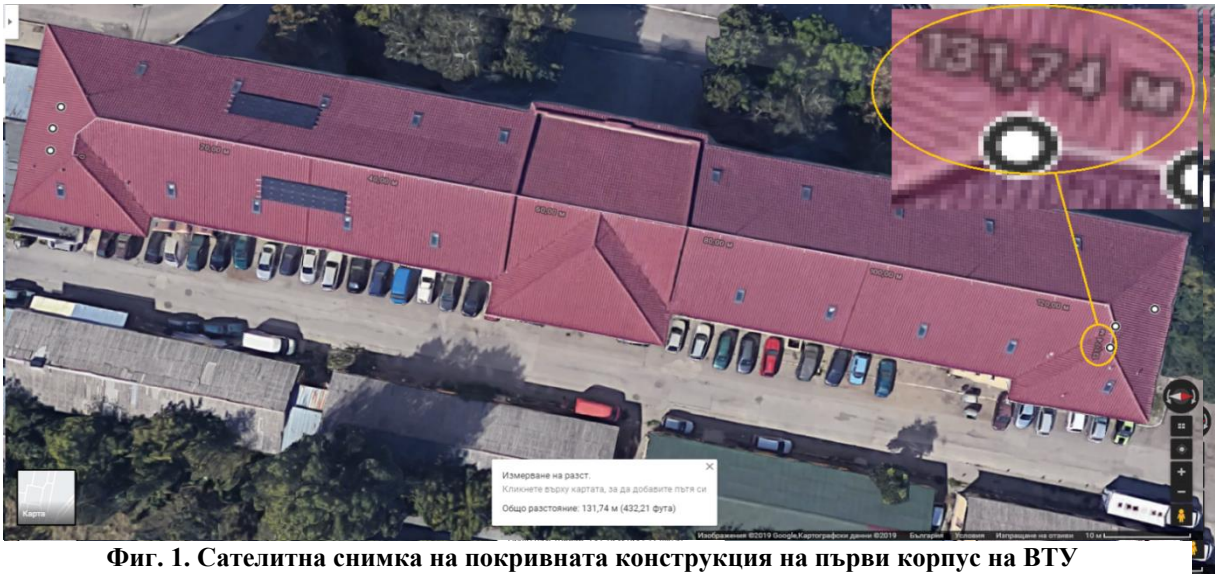
В доклада е направено иновативно предложение за изграждане на комплекс от енергийни източници (множество малки ветрогенератори и соларни панели) с цел частично или пълно обезпечаване на енергийните нужди на сградата на първи корпус на ВТУ „Тодор Каблешков“. Идеята е ветрогенераторите ВГ да бъдат разположени по билото на покривната конструкция така, че да хванат ускоряването на потока на вятъра породено от сгъстяването на въздуха, който се опитва да преодолее наклона на покрива.

1. Изходни параметри Оглед, измервания, преценка

От трите ВЕИ (слънце, вяттър и вода) първи корпус обхваща два от тях – слънце и вятър. Трябва да се вземат в предвид начинът на монтаж на ВЕИ-ци:

- ВГ е удобно да бъдат монтирани по билото на покрива;
- Фотоволтаичните панели се монтират на плоските повърхнини на покрива.

Използва се снимка от „Google maps“ [2] (фиг. 1.) за намиране дължината на билото на покривната конструкция.



Фиг. 1. Сателитна снимка на покривната конструкция на първи корпус на ВТУ

2. Ветрогенераторен парк

От измерването става ясно, че дължината на билото на покрива е 131m. Тъй като диаметърът на турбината на ВГ, който ще бъд монтиран е 2,5m, редно е да остане рязстояние поне още 2,5m между два съседни ВГ или 5 линейни метра за всеки ВГ. Тогава покривната конструкция позволявя монтирането на:

(1) $n_{\text{ВГ}} = \frac{L_{\text{б}}}{l_{\text{ВГ}}} = \frac{131}{5} = 26$,бр ВГ , където:

$n_{\text{вг}}$ – брой ветрогенератори;

$L_б$ – дължина на билото на покрива, m;

$l_{вг}$ – минимално разстояние между два съседни ВГ, m.

Разположените по билото ВГ ще се възползват от увеличаването скоростта на въздушния поток с 1,6 до 2,4 пъти заради формата на покрива, но тази стойност не е включена в изчисленията.

2.1. Производителност на ветрогенераторен парк

Произведената енергия от конкретен ветрогенератор [9] при определени скорости на вятъра помесечно и за цяла година е дадена в табл. 1, като годишното производство е 12,3 MWh.

Табл. 1. Произведена енергия kWh по месеци при съответната скорост на вятъра

ск. Вят	Произведена енергия при съответната средна скорост на вятъра												kWh
m/ sec	Яну	Фев	Март	Апр	Май	Юни	Юли	Авг	Сеп	Окт	Ное	Дек	година
h/mon	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	
m/s	3	3,5	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3	3,5	
kW	0.034	0.055	0.06	0.069	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.034	0.055	
за месец	25.74	37.16	51.7	50.04	41.14	39.81	41.14	41.14	39.81	41.14	24.91	41.14	474
26 бр	669	966	1344	1301	1069	1035	1069	1069	1035	1069	647	1069	12347

Произведената енергия от един ветрогенераторен парк за една година, може да бъде изчислена по формулата:

(2) $E_{вп} = e.n_{вг} = 474.26 = 12347$, kWh, където:

$E_{вп}$ - произведена енергия от целия ВГ парк за една година, kWh;

e - произведена енергия от един ветрогенератор за една година, kWh.

Резулати от направените изчисления за 26 броя от разглеждания тип генератори са представени в табл. 1.

Тъй като предпазното механично ограничение на опашката се задейства при около 1000 об/мин, максималната мощност на ВГ (Рвг) няма да надвишава 508W. Тогава максималната инсталирана мощност на ветрогенераторния парк ще бъде:

(3) $P_{вп} = P_{вг}.n_{вг} = 507.26 = 13182$,W=13,2 kW където:

$P_{вп}$ – инсталирана мощност на ветрогенераторен парк;

$P_{вг}$ – максимална мощност на един ветрогенератор.

2.2. Себестойност на ветрогенераторния парк

За понижаване себестойността на ветрогенераторите се предлага те да бъдат изработени и внедрени в експлоатация постепенно от студентите на ВТУ. По този начин студентите ще се запознаят практически в детайли с електрическите машини и възобновяемите енергийни източници. Необходимите материали, елементи и техните приблизителни цени за направата на един ВГ са дадени в табл. 2. В табл. 3 е пресметната себестойността на целия ветрогенераторен парк.

Табл. 2. Наименование и цени на материалите

Наименование	Цена
корпус на генератора	50
емайлиран меден проводник	75
неодимови магнити	250
материали и изработка на ротора	50
стругарска/шлосерска работа	50
PVC материал за витлата	80
кула + крепежни елемнти	70
окабеляване	50
контролер на заряда	100
монтаж на системата	от студентите
Общо разходи за 1бр. ветрогенератор	**775**

Табл.3. себестойност на ветрогенераторен парк

Наименование	количество	ед. цена лв.	цена лв.
ветрогенератор	26 бр.	775	24300
мрежов инвертор	1 бр.	4150	4150
обща стойност на ветрогенераторния парк			28450

2.3. Възможности на ВГ парк

При средна цена между дневна и нощна тарифа на електроенергията от приблизително 0,20 лв/kWh, то за една година ще бъде реализирана икономия в размер на 2469 лв/г, (ф-ла“):

(4) $Ц_г = E_{ВП}.ц_е = 12347.0{,}23 = 2469$ лв/г., където:

$Ц_г$ – стойността на произведената енергия за една година, лв/г;

$ц_е$ - приблизителна средна цена на електроенергията за 1 kWh, лв.

3. Соларен парк

Тъй като максималната мощност на ВГ парк е 13,2 kW е необходимо мощността на соларната система да бъде с подобна по стойност, което би опростило сравнението им относно техните предимства и недостатъци и генериращи способности. Предлага се да бъдат използвани фотоволтаични монокристални модули SR-M660 [4] призводство на фирмата „SunRise Energy“ със следните параметри [5]:

- Номинална мощност Рсп = 300W
- Номинално напрежение : 32,40 V
- Напрежение на отворена верига : 39,9V
- Номинален ток : 9,42 A
- Ток на късо съединение : 9,72 A
- Номинална работна температура : 45,3 °C
- Ефективност : 18,78 %
- Брой на клетки: 60
- Единична цена 225 лв

Необходимия брой соларни панели се изчисляват по формулата:

(5) $n_{сп} = \frac{P_{вп}}{P_{сп}} = \frac{13200}{300} = 44,$ бр. където:

$n_{сп}$ = Броя на соларните панели;

$P_{сп}$ = Мощност на единичен соларен панел.

Начина на монтаж е продиктуван от свободната площ налична за инсталиране на соларните панели в случая - покривната конструкция на 1-ви корпус, с изложение на склоновете Изток и Запад. Разделянето на две полета по 22 броя слънчеви колектори монтирани на срещуположни склонове ще намали произведената енергия за единица време, но ще се постигне по добро разпределение на произведената енергия през дневния период.

3.1.Производителност на соларен парк

За да бъде изчислена енергията произведена от система със съответната мощност е използван онлайн калкулатор разработен от европейския съюз [6]. В табл. 4 е показано помесечното, както и годишното производство на двете групи на фотоволтаична електроцентрала с мощност 13,2kW с местоположение района на ВТУ Тодор Каблешков (42.679 СШ 23.381 ИД). Разположениието на полетата от слънчеви колектори е както следва:

- Поле 1 - 35° наклон спрямо хоризонталата и азимут -90° (изток);
- Поле 2 - 35°наклон спрямо хоризонталата и азимут 90° (запад).

Предвидени са общи загуби в размер на 23.8% в следсвие на прегряване на панелите, загуби поради отражение, загуби в свързващите проводници, както и загуби в мрежовия инвертор.

Табл. 4. Месечно и годишно производство kWh на на фотоволтаична ецентрала с мощност 13.3kW

месец	Яну	Фев	Март	Апр	Май	Юни	Юли	Авг	Сеп	Окт	Ное	Дек	година
поле1 kWh	237	322	575	666	785	848	907	827	598	453	279	202	6699
поле2 kWh	227	320	571	664	780	843	901	821	596	454	272	195	6644
общо kWh	464	642	1146	1330	1565	1691	1808	1648	1194	907	551	397	13343

3.2.Себестойност на соларен парк

Себестойноста на системата в лева може приблизително да бъде изчислена на базата на цените на основните компоненти, като това е направено в табл.5.

Табл. 5. Себестойност на оснавните компоненти на фотоволтаична систма

вид	марка	количество	единична цена	цена
панели	SR-M660 [4,5,10]	44 бр.	225.00 лв/бр	9900.00
конектори	MC4 комплект [4]	44 бр.	6.00 лв/бр	264.00
инвертор	Huawei SUN2000-17KTL 17kW [4]	1 бр.	4149.90 лв/бр	4149.90
алуминиев профил	профил за PV панели [4]	88 м	11.30 лв/м	994.40
укрепващи елементи	комплект	96 бр	2.00 лв/бр	192.00
свързващи кабели	H07V-K 1x4 [7]	200 м	1.15 лв/м	230.00
стоманена конструкция	квадратна тръба 60/40/2 [8]	96 м	6.30 лв/м	604.80
			общо материали :лв	**16335.10**
пусково-наладъчни работи от студентски колектив		0%	0 лв.	0,00
			общо:лв	**16335.10**

3.3.Възможности на ФЕЦ

От табл. 4 се вижда че произведената енергия от фотоволтаичната централа за една година е $E_{ФЕЦ}$ = 13343 kWh. При цена на дневната електроенергия от порядъка на 0,23 лв/кWh ще реализира икономия която възлиза на 3068 лв. и може да изчислена по ормули 4 и 6.

(6) $Ц_{гФЕЦ} = E_{ФЕЦ}.ц_e = 13343.0,23 = 2469$ лв/г. където:

$Ц_{гФЕЦ}$ – стойността на произведената енергия за една година, лв/г;

$ц_e$ - приблизителна средна цена на електроенергията за 1 kWh, лв.

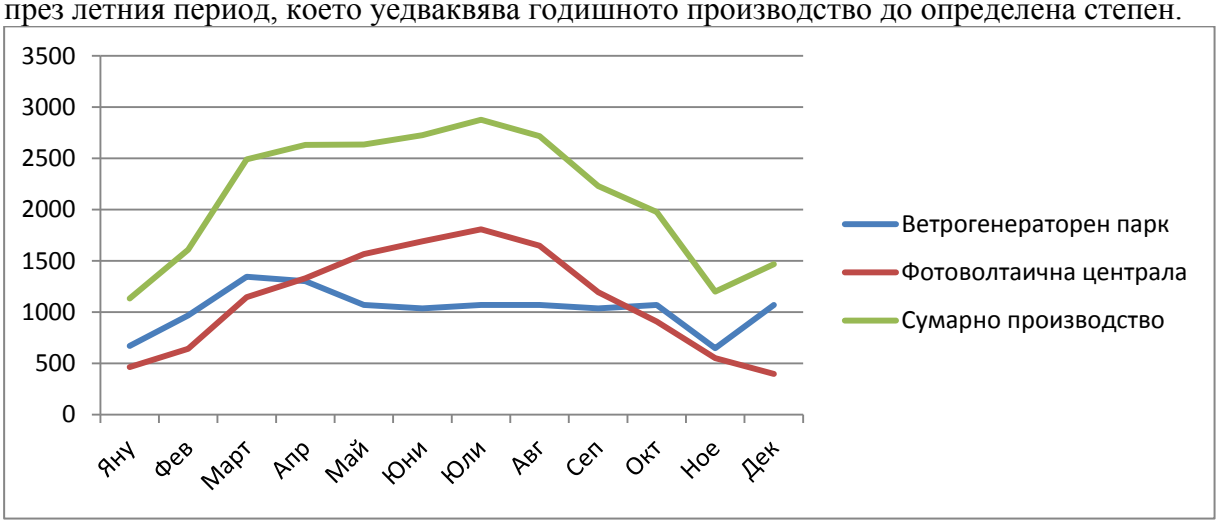
4. Допълнителни изчисления за мрежовите инвертори

Ако системите бъдат изградени поотделно ще са необходими два мрежови инвертора по 17kW на обща стойност от 8299.8 лв. От табл.6. се вижда, че произведената сумарна енергия от фотоволтаичните панели и ветрогенераторите не надвишава 30kW. Тогава ще бъде използван един общ за двете системи инвертор с мощност 30kW. Неговата цена е 5500 лв. , което допълнително би понижило себестойността на системата. Монтажът, окабеляването и присъединяването на соларната и ветрогенераторната системи би могло да бъде извършено от студентите обучаващи се във ВТУ. Това също би понижило себестойноста на системата.

Табл. 6. Произведена енергия от фотоволтаични панели, ветрогенераторите и сумарна

месец	Яну	Фев	Март	Апр	Май	Юни	Юли	Авг	Сеп	Окт	Ное	Дек	годишна
ВГ парк	669	966	1344	1301	1069	1035	1069	1069	1035	1069	647	1069	12347
ФЕЦ kWh	464	642	1146	1330	1565	1691	1808	1648	1194	907	551	397	13343
сумарна kWh	1133	1608	2490	2631	2634	2726	2877	2717	2229	1976	1198	1466	25690

От графиката на фиг. 2 се вижда как двата енергийни източника се препокриват през летния период, което уедваквява годишното производство до определена степен.



Фиг. 2 Производството на различните енергийни източници в графичен вид

5. Себестойност на възобновяемата енергийна система

Направените по-горе изчисления показват икономичността на системата, от гледна точка на разхода на електроенергия, като предварително е ясен екологичният й характер. В табл. 7 са дадени себестойностите на отделните компоненти на ВЕИ, както и крайната цена. Предвиденият разход за закупуване на елементите и пускане на системата в действие може да бъде изчислен въз основа на следната формула 7:

Табл. 7. Себестойностите на отделните компоненти на ВЕИ

Компонент	себестойност
Ветрогенераторна система	24300
Соларна система	12185
Общ мрежов инвертор за двете системи	5500
Крайна цена	**41985**

(7) $PB = \frac{I}{B}. = \frac{41985}{2469+3068} = 7{,}58$, години където:

PB - срок на откупуване, години;

I – инвестицията, лв;

B - годишната икономия, лв.

В конкретния случай, срокът на откупуване възлиза на 7 години и половина (по текущи цени на електроенергията, без отчитане на % инфлация и без прилагане на метода на дисконтирането на стойности).

Заключение

Изграждането на автономни енергийни системи е перспективно защото освен, че инвестицията се възвръща в последствие се ползва електроениргия с ниска себестойност от неизчерпаем и екологично чист възобновяем енергиен източник.

Частичната енергонезависимост на сградата е стъпка към достигането на пълна енергийна независимост.

Забелязва се че соларната система е почти два пъти по-евтина от ветрогенераторната, което я прави по-достъпна.

По- високата цена на ветрогенераторната система се дължи от части на високата цена на неодимовите магнити, на медния проводник и поради факта, че не се произвежда серийно.

От графиките на фиг. 2 се забелязва интензивното производство на соларната система система през летния период, което е недостатък защото енергийните нужди на потребителите са по-малки.

От графиките на фиг. 2 се забелязва относително постоянното производство на ветрогенераторната система

ЛИТЕРАТУРА

[1] https://www.otoplenie.eu/testvat-nova-smart-sistema-za-shranenie-na-energiya/

[2]https://www.google.com/maps/place/%D0%92%D0%B8%D1%81%D1%88%D0%B5+%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%BD%D0%BE+%D1%83%D1%87%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%89%D0%B5/@42.6792962,23.3823791,106a,35y,270h/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x40aa85dfee52ecbb:0x7f34b05a3f9a8988!8m2!3d42.6790045!4d23.3818406

[3]https://www.meteoblue.com/bg/%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE/historyclimate/climatemodelled/%d0%a1%d0%be%d1%84%d0%b8%d1%8f_republika-b%c5%adlgariya_727011

[4] https://solarhouse.bg/produkt

[5] https://solarhouse.bg/wp-content/uploads/2019/01/SR-M660_EN1551685498298.pdf

[6] http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php

[7] http://www.filkab.com

[8] https://markita.net/kvadratna-traba-60402.html

[9] XXIV-та международна научна конференция 2019.10.10 - „Годишно производство на малък ветрогенератор според скоростта на вятъря“

[10] https://www.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/30540

[11] http://www.cez-rp.bg/bg/za-klienta/prisuedinyavane-na-potrebitel
[12] Milenov I., V. Dimitrov, Design of Photovoltaic plant for research purposes in University of Transport – Sofia, XLVIII Int. Sc. Conf. ICEST 2013, Proceedings of Papers, Vol. 2, pp. 767-770
[13] В. Димитров, Е. Димитрова. Разработване на SCADA система за мониторинг и управление на енергийния процес в бизнес сграда – избор на елементи и устройства, Годишник на ТУ – София, т. 68, кн. 1, 2018, стр. 325-332
[14] Димитрова Е., SCADA-системи за сградна автоматизация, Н.сп. "Механика, Транспорт, Комуникации", том 14, брой 3/2, 2016 г., стр. X-26 – X-31
[15] Миленов И., В. Димитров, Фотосоларна инсталация за научноизследователски цели, Н. сп. "Механика, Транспорт, Комуникации", том 11, брой 3, 2013 г., стр.X-26 – X-33
[16] Димитрова Е., Синтез на системи за мониторинг и управление на сложни технически обекти с цел осигуряване на максимална ефективност, Н.сп. „Механика, Транспорт, Комуникации", том 12, бр.3/2, 2014, стр. XI-75 – XI-80

ECONOMIC DOCUMENT ON THE BUILDING OF RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR ENSURING THE ENERGY NEEDS OF A BUILDING

Martin Zlatkov, Antoaneta Kirova, Irena Bozhichkova, Petko Kostadinov
dj_marti79@mail.bg, toni.kirova@gmail.com, millennium_26@abv.bg, petko__kostadinov@abv.bg

Todor Kableshkov University of Transport,
Sofia, 1574, ul. "Geo Milev" 158
BULGARIA

Key words: *Wind turbine, generator, energy, efficiency, propellers, solar panel, photovoltaic, renewable, energy, sources, renewable energy, wind generator,*

Abstract: *In recent years, the price of electricity has risen every 6 months. This has prevented emerging LED technologies from lowering electricity bills for consumers. However, lowering the power consumption of lighting and other appliances made it possible to power them from renewable alternative energy sources such as sun, wind, water and more.*

The report proposes the idea of installing two types of alternative sources - wind turbines and photovoltaic panels. There is an energy balance between consumption and production. The percentage of electricity produced from different renewable energy sources is calculated. The report has made an innovative proposal to build a complex of energy sources (many small wind generators and solar panels) to partially or fully provide the energy needs of a building. The installation is tailored to the needs and technical possibilities of the building. The economic effect of building the system has been calculated. The economics to be realized by different types of energy sources and the effect of their joint work are calculated. Together with the calculation formulas, examples of calculations are made and for a specific building with wind turbines and solar panels installed on it. The lowest price configuration for solar panels is proposed as well as a way to reduce the cost of the respective wind turbines.