МЛАД ФОРУМ
Механика Транспорт Комуникации
Научно списание http://www.mtc-aj.com

ISSN 2367-6558 (print)
ISSN 2367-6612 (online)
том 14, брой 1, 2025г.
статия № 2691

ПРОБЛЕМИ И РЕШЕНИЯ ПРИ ЕЛЕКТРОЗАХРАНВАНЕ С ВЪЗОБНОВЯЕМИ ЕНЕРГИЙНИ ИЗТОЧНИЦИ

Иванина Пенева
ivi_light@abv.bg

Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”,
1574 София, ул. „Гео Милев № 158“
БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: *Енергиен дефицит, Хибридна система, Електрозахранване на еднофамилна къща*

Резюме: *В условия на задълбочаващ се енергиен дефицит на горива и нарастваща икономическата зависимост от страните - износители на петрол и природен газ, единствена алтернатива е използването на възобновяеми източници за електрозахранване. В настоящата работа се разглеждат проблеми и решения при изграждането на хибридна система за еднофамилна къща, която е свързана към съществуваща електроразпределителна мрежа за ниско напрежение.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Климатичните промени и изчерпването на природните ресурси, стимулират в световен мащаб страните да инвестират в своите енергийни системи. Енергийната ефективност е в сърцевината на трилемата – енергийна сигурност, устойчивост и икономическо развитие. Тя е съществена част и от политиката на Европейския съюз в областта на енергетиката, климата и икономическото развитие [1]. В търсене на енергийноефективни решения за електрозахранване все повече домакинства използват алтернативните и възобновяемите източници (ВЕИ) за покриване на енергийните си нужди. Едно такова решение е изграждането на хибридна система за електрозахранване на фамилна къща [2,3], която е свързана към съществуваща електроразпределителна мрежа за ниско напрежение (НН).

В настоящата работа се разглежда хибридна система, състояща се от фотоволтаични (PV) модули и вятърен генератор. Тя е с номинална мощност 4 kW и е предвидена за годишно потребление от 1200 kWh. В разработката е предложено обосновано решение за избор на елементите на разглежданата система и са направени изчисления на някои основни характеристики и параметри на системата.

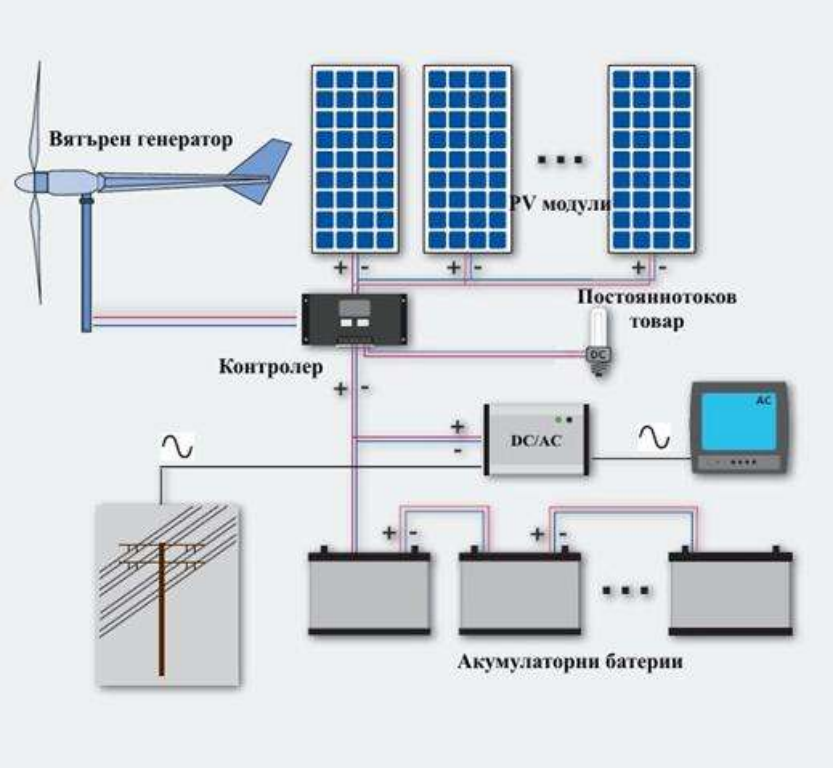
СЪЩЕСТВУВАЩИ СХЕМНИ РЕШЕНИЯ НА ХИБРИДНА СИСТЕМА ЗА ЕЛЕКТРОЗАХРАНВАНЕ НА ЕДНОФАМИЛНА КЪЩА

В литературата съществуват редица схемни решения за хибридни системи за електрозахранване [2,3,4,5], но са разгледани само тези, които включват PV – модули, вятърен генератор, акумулаторни батерии с контролери за зареждането им и инвертори за захранването на променливотоковите товари. Всички схеми са с входен инвертор, служещ за връзка с външна мрежа за НН, който осигурява и защита при отпадането й.

Разгледаните конфигурации включват слънчев контролер за постигане на максимална мощност от соларните панели, като в някои от схемите той е вграден в инвертора, свързан към тях.

В показаната на фиг.1 хибридна система вятърният генератор и акумулаторите са свързани към контролер, който управлява енергийните потоци в схемата и следи за заряда на акумулаторите. Една от функциите на PV контролера е следене на точката на максимална мощност (MPPT) на модулите с цел максимално преобразуване на слънчевата енергия в електрическа. Като предимства на тази система може да се посочат:

- възможност за ползване само на един инвертор и един контролер;
- относително ниска стойност на системата (особено при малки мощности и използването на един инвертор);
- добро поддържане на акумулатора в дозаряден режим от поне един от трите източника (с високо к.п.д. при заряд от ВЕИ);
- висока безопасност при използване на значително ниски напрежения в постояннотоковата част на системата.



Фиг.1. Схема на свързване с два ВЕИ и един инвертор с ниско входно напрежение

Недостатъци на конфигурацията са:

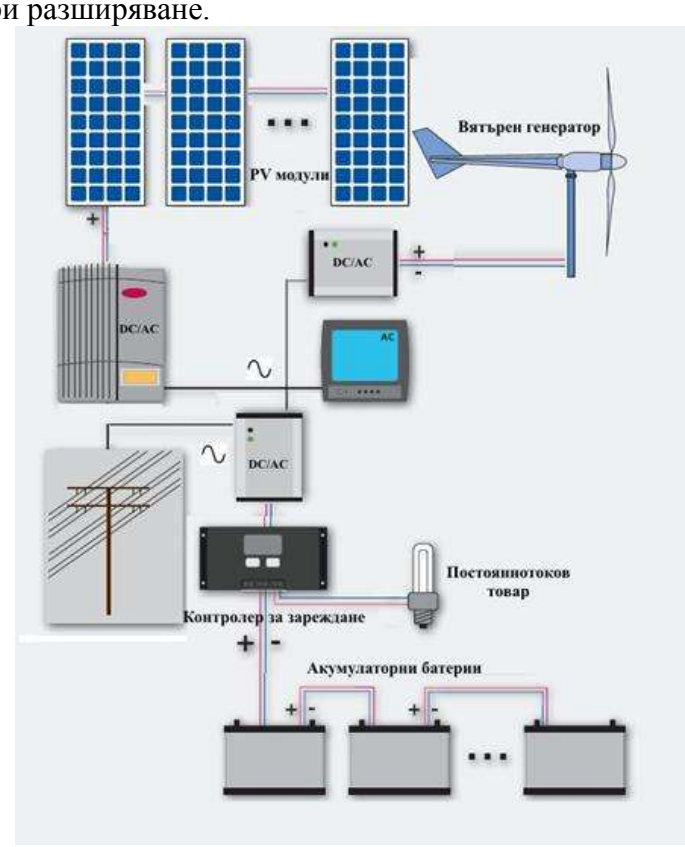
- големи загуби в проводниците при използването на ниски напрежение в постояннотоковата част на системата;
- невъзможност за монтиране на отделните компоненти на сравнително отдалечени места (поради големите електрически загуби);
- при повреда на контролера отпадат и двата ВЕИ (при използване на общ контролер);
- усложнена конструкция на инвертора поради ниските входни напрежения;
- трудности при бъдещо добавяне на нови мощности (например PV модули).

Посочените предимства и недостатъци определят конфигурацията като подходяща за хибридни системи с малки мощности, системи с един източник или при

автономни системи, където се изисква използването на голям енергиен запас в акумулаторите и зареждането им с високо к.п.д.

В случаите, когато ветрогенераторът е с високо изходно напрежение, но е отдалечен от соларните модули и акумулаторите, е подходяща схемата, показана на фиг.2. Тя е с два стринг инвертора и един входен инвертор. Предимства на схемата са:

- малки загуби в проводниците поради относително малките токове, протичащи през тях;
- възможност за гъвкавост при избор на местоположението на отделните компоненти;
- висока надеждност - при повреда на един от инверторите, другите запазват своите функции;
- опростена конструкция на инвертора поради високите входни номинални напрежения;
- простота при разширяване.



Фиг. 1. Схема с два стринг инвертора и един входен инвертор

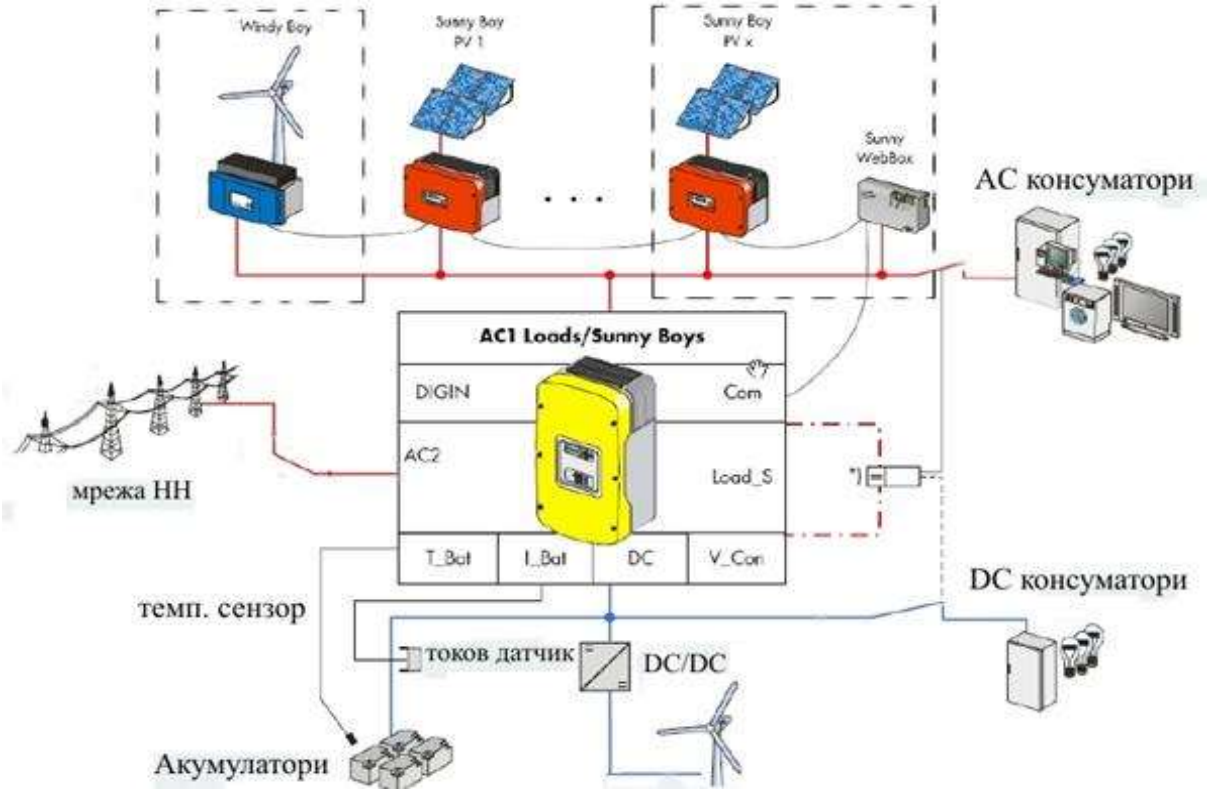
Като недостатъци могат да се посочат: високи инвестиции – 3 инвертора; ниско к.п.д. при заряд от ВЕИ поради двойното преобразуване; слаб пазар на ветрогенератори с малка мощност.

РЕАЛИЗАЦИЯ НА ХИБРИДНА СИСТЕМА ЗА ЕДНОФАМИЛНА КЪЩА

На база на разгледаните схемни решения за конфигурация на хибридната система за електрозахранване е избрана показаната на фиг.4. Тази схема на свързване на компонентите позволява неограничено увеличаване на соларните панели в бъдеще чрез добавянето на нов стринг в системата и включването му паралелно на останалите. По този начин се намаляват първоначалните инвестиции в системата и се увеличава гъвкавостта за “upgrade”.

Ключов елемент в тази хибридна система се явява инверторът, включен към електроразпределителната мрежа. Той осигурява стабилната работа на вътрешната мрежа, като защитава от високи, ниски напрежения, или такива с честота, различна от номиналната. Този инвертор, заедно с контролера на вятърната турбина, следят нивото на заряд на акумулаторите и при необходимост ги зареждат или са в режим на дозаряд. При наличие на постояннотокови консуматори за ниско напрежение е възможно включването им чрез DC/DC преобразувател.

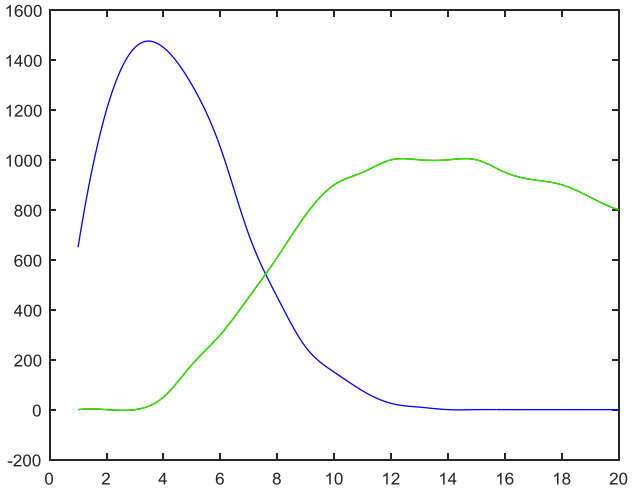
Избраният инвертор е на фирма SMA Technologie AG - Sunny Island 4248. Той е с номинална изходна мощност 4200 W. Номиналното напрежение на акумулаторите, които могат да се свържат към инвертора е 48 V. Те могат да бъдат с капацитет между 100Ah и 6000Ah. К.п.д. е 95%, а собствената консумирана мощност е 22W (4W в режим Standby).



Фиг. 3. Общ вид на реализираната хибридна система

Избраните акумулатори – 4 броя, са модел 8D-AGM с номинално напрежение 12 V и капацитет 230 Ah на фирма Trojan.

Съобразно данните за средна годишна скорост на вятъра на местоположението на хибридната система (в района на Черноморското ни крайбрежие) подходящи ветрогенератори са модели AIR-X, WHISPER 100 и WHISPER 200 на фирма Southwest Windpower. Чрез програма в среда на Matlab (6), на база часовото разпределение на скоростта на вятъра v за една година и характеристиките P(v) за генератори WHISPER 100 и WHISPER 200, е направено сравнение на годишно произведената енергия от двата генератора (фиг.4).



Фиг.4. Общ вид на реализираната хибридна система

Полученият резултат за Whisper 100 е 809 kWh, а за Whisper 200 - 1684 kWh, което определя избора на по-големия ветрогенератор.

Произведената променливотокова енергия е:

(1) $$\mathbf{W_{acwind}=0,75.W_{wind}\eta=0,75.1684.0,95=1199,85\ kWh,}$$

където:

$\boldsymbol{W_{wind}}$ - произведена електроенергия от вятърния генератор;

$\boldsymbol{\eta}$ - к.п.д. на инвертора.

Вижда се, че произведената енергия съответства на годишно консумираната енергия от едно домакинство, която при 4 kW мощност е 1200 kWh, но поради случайният характер тя не би могла да се използва 100% от консуматорите.

Това налага да се добавят PV-модули. Избрани са модел Conergy C 175M с мощност от 175 W при осветеност от 1000W/m^2, изходно напрежение в точката с максимална мощност 35,4 V и напрежение на празен ход 44,4 V.

От предлаганите инвертори на SMA е избран модел Sunny Boy 1100, който е с изходна мощност от 1000 W, КПД е 91% и изисквания за входно напрежение в границите на 139 – 400 V.

Минималният брой панели C 175M (свързани последователно), при които ще бъде спазено минималното входно напрежение на инвертора, са

(2) $$\boldsymbol{N_{min}=\frac{U_{min}}{U_{pv70}}=\frac{139}{29,1}=4,77\approx 5,}$$

където:

$\boldsymbol{N_{min}}$ е минималното входно напрежение на инвертора;

$\boldsymbol{U_{pv70}}$ е напрежението на PV модулите при 70 C .

При 5 модула, свързани последователно, стринг инверторът няма да работи в оптималната си област. При слаба осветеност е възможно напрежението на входа на инвертора да спадне под изискваната долна граница от 139 V. Затова за минимален брой е избран 6.

Максималният брой C 175M панели, свързани последователно, които могат да бъдат включени към избрания инвертор са:

(3) $$\boldsymbol{N_{max}=\frac{U_{max}}{U_{nk-10}}=\frac{400}{47,6}=8,4\ ,}$$

където:

$\boldsymbol{N_{max}}$ е максималното входно напрежение на инвертора;

$U_{nk\text{-}10}$ е напрежението на PV модулите при -10 С на празен ход.

Произведената енергия за една година при използването на 6 модула С 175М, свързани към инвертор Sunny Boy 1100 е

(4) $$W_{pv} = 6\frac{P_{pv1000}W_{cp}t_{cp}}{1000}\eta = 6\frac{175.420.2000}{1000}.0,91 = 802,6kWh,$$

където:

P_{pv1000} е мощността при осветеност с интензивност 1000W/m^2;

W_{cp} $[W/m^2]$ - средна годишна интензивност на слънчевото лъчение;

t_{cp} - средна годишна продължителност на слънчевото греене в часове;

η - к.п.д. на инвертора.

Тази енергия е напълно достатъчна за покриване на неравномерността на производството на вятърният генератор. Предимство при използване на 6 модула е възможността за гъвкаво разпределение на покрива на модулите при различни конфигурации на подредба (при един, два и три реда).

Сумарната променливотокова енергия на вятърния генератор и слънчевите модули произведена за една година е:

(5) $$W = W_{acwind} + W_{pv} = 1199,85 + 802,6 \approx 2002kWh$$

В таблица 1 са дадени основните използвани елементи, техните основни параметри, количество и приблизителни цени за европейския съюз. Общата стойност възлиза на 12600 евро.

Таблица 1. Използвани елементи в хибридната система и тяхната цена

Характеристики	Тип	Характеристики	Брой	Цена
Инвертор	Sunny Island 4248	4200 W	1 бр.	€ 3500
Акумулатори	Trojan 8D-AGM	12 V, 230 Ah	4 бр.	€ 1500
Ветрогенератор и контролер за зареждане	Whisper 200	48 V, 1000 W	1 бр.	€ 2800
PV модули	Conergy C 175M	175 Wp	6 бр.	€ 4800
PV инвертор	Sunny Boy 1100	1000 W	1 бр.	€ 900

ИЗВОДИ

В работата е разгледано проектирането на хибридна система с мощност от 4 kW и годишно потребление на електрическа енергия около 1200 kWh. Тези характеристики и условието за налична външна мрежа за НН напълно удовлетворяват изискванията на еднофамилна къща. Предимствата при създаването ѝ в райони с непостоянно електроподаване или такова със занижени параметри са несъмнени. Изграждането на изчислената хибридна система дава електроенергийна независимост, особено важна за къщи в отдалечени местности. При въвеждане на преференциални цени за изкупуване на произведената фотоволтаична електроенергия, вложените инвестиции ще се възвърнат след време. Използваният нисък потенциал на вятъра при оразмеряването доказва, че тя е лесно приложима в по-голямата част на нашата страна. Възможността за лесно добавяне на нови мощности към системата в бъдеще, я прави широко приложима за проекти с малък начален бюджет.

ЛИТЕРАТУРА:
[1] Директива 2012/27/ЕС на Европейския парламент и на Съвета от 25.10.2015г.
[2] Неделчева Ст., ”Нетрадиционни и възстановими енергийни източници в електроенергетиката”, София, 2006г.
[3] Неделчева Ст., ”Нетрадиционни и възстановими енергийни източници в електроенергетиката”, София, 2006г.
[4] Mukund R.,” Wind and solar power systems”, CRC press, 1999г.
[5] Тончев Г., “Вятърни турбини”, Ековат технологии, 2006г.
[6] Хасанов В., “Ръководство по числени методи с MATLAB”, Шумен, 2006г.

PROBLEMS AND SOLUTIONS IN POWER SUPPLY USING RENEWABLE ENERGY SOURCES

Ivanina Peneva
ivi_light@abv.bg

Todor Kableshkov Higher School of Transport,
1574 Sofia, 158 Geo Milev Str.
BULGARIA

Key words: *Energy deficit, Hybrid system, Power supply for a single-family house*
Abstract: *In the context of a deepening energy deficit of fuels and increasing economic dependence on oil- and natural gas-exporting countries, the only viable alternative is the use of renewable sources for electricity supply. This paper examines the problems and solutions related to the construction of a hybrid system for a single-family house, which is connected to the existing low-voltage power distribution network.*