



ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТТА НА МИКРО PV ЦЕНТРАЛИ

Камен Сейменлийски, Силвия Лецковска,
Радослав Симионов, Елдар Заеров
Бургаски свободен университет

RESEARCH ON PRODUCTIVITY AT MICRO PV CENTRAL

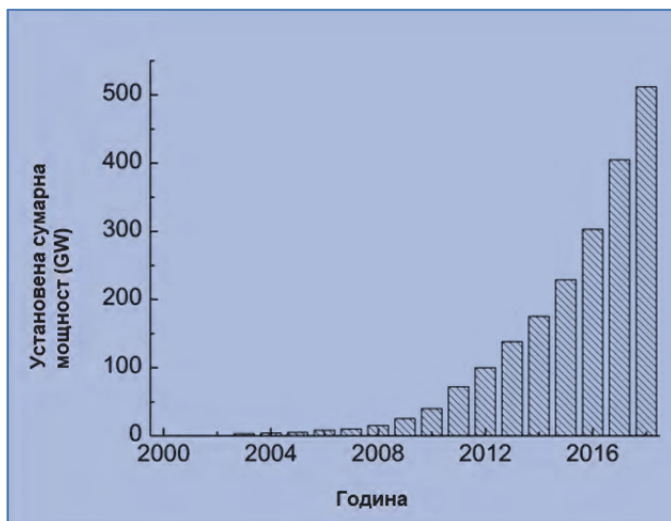
Kamen Seymenliyski, Silviya Letskovska, Radoslav Simionov, Eldar Zaerov
Burgas Free University

Abstract: The report presents the study on the performance of the micro PV central with the same type of photovoltaic panel, but with different conditions

Key words: PV central, production of electric energy, productivity.

Въведение

През последните петнадесет години активно се развива технологиите на възобновяемата енергетика, в частност – производството на електроенергия от слънцето и вятъра.



Фиг. 1. Нарастване на установените мощности на фотоволтаичните системи.

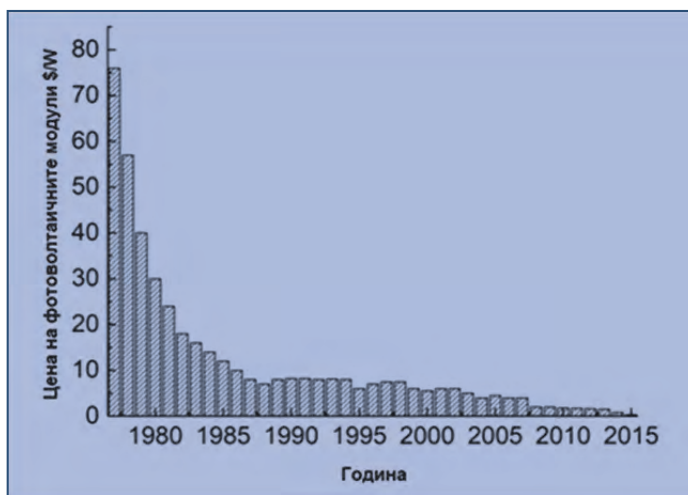
В световен план делът на фотоволтаичните мощности е в рамките на 1,1%. Експоненциалното нарастване на установените мощности на фотоволтаичните системи, започнало от 2000-та година достигна през 2015 г. стойности от порядъка на 50 GW.

В края на 2018 г. установената мощност на фотоволтаичните централи в света е от порядъка на 500 GW (Фиг. 1).

Факторът, довел до това бурно развитие на слънчевата енергетика е рязкото намаляване на цената на фотоволтаичните модули (Фиг. 2). Като следствие от това значително намаля и цената на енергията, произвеждана от този тип централи.

Предполага се, че в близките 10÷20 години може да се очаква намаляване на цената и на техническото оборудване, влизащо в състава на фотоволтаичните централи, към 2025 г. – от порядъка на 59%.

Очаква се понижаване и на цената и на оловно-киселинните и литиево-йонни акумулаторни батерии съответно до 48 и 58% към 2030 г.



Фиг. 2. Изменение на цената на фотоволтаичните модули по години.

Световният опит в областта на възобновяемата енергетика показва повишаване на ефективността в генерирането на чиста енергия в резултат на използването на малки производствени електроцентрали (микроцентрали), задоволяващи енергийните потребности на индивидуални потребители в жилищния сектор, както и на малки производствени предприятия.

В състава на тези електроцентрали са включени не само фотоволтаични модули, но и ред силови електронни устройства, изпълняващи ролята на интерфейс между тях и електрическата мрежа, имащи за цел постигането на ефективно използване на достъпната слънчева енергия.

Производителността на фотоволтаичните електростанции зависи от много фактори, такива като местоположение, климатични условия, механични загуби и др. Цената на електроенергията, произвеждана от тях обаче, съществено зависи от възможностите за включването им в общата енергийна мрежа.

При включване в тази мрежа малките електростанции могат да работят без необходимост от инсталиране на скъпоструващите акумулатори на енергия и да продават излишъка от произведената електроенергия на други потребители. Така срокът за възвръщаемост на вложените инвестиции на такива системи се оказва много по-малък от този на автономните системи за енергоснабдяване.

Включването в общата мрежа на много малки енергийни централи с непостоянна генерация на електроенергия води до необходимостта от значителна техническа модернизация на техническите системи.

Микроцентралите за производство на електрическа енергия са системи, разположени непосредствено при потребителя на енергия с възможност за собствено потребление на произведената енергия, продажба на излишъка електроенергия в мрежата и закупуване на енергия при недостатъчно производство.

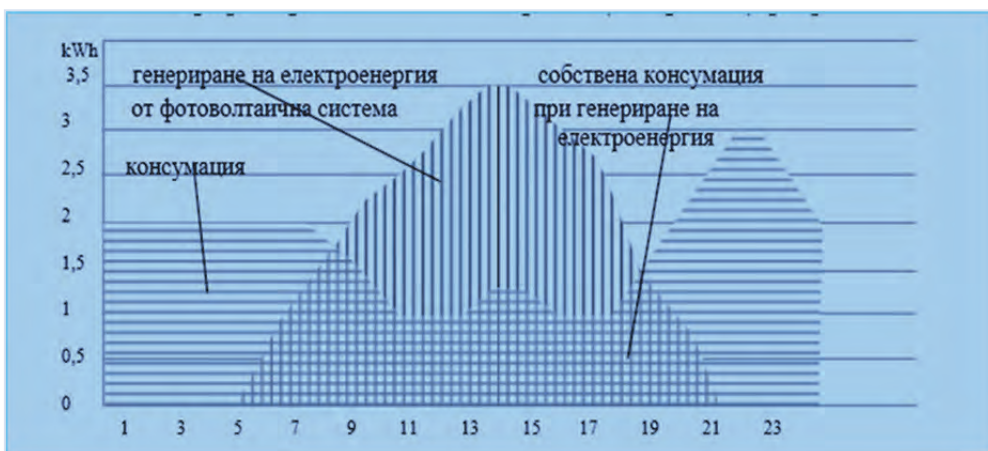
Това е едно приоритетно направление в развитието на слънчевата енергетика, основен фактор за бъдещото повишаване на процента на енергоустановките на база ВИЕ в общата структура на генериращи мощности и трансформации в съвременната електроенергетика.

Частта на локално потребената енергия от общо генерираната от микроцентралите се характеризира с т. н. коефициент на собствено потребление (*selfconsumption rate*).

Коефициентът на собствено потребление е равен на отношението на големината на генерираната енергия, потребена локално, към големината на общия обем генерирана от фотоволтаичните модули енергия.

Коефициентът фактически показва в каква степен локалната генерация удовлетворява енергетичните потребности на потребителя.

На Фиг. 3 е показан дневен летен товаров график на сграда с монтирана фотоволтаична система. Генерираната електроенергия от фотоволтаичната система се използва за собствена консумация, а произведената енергия, по-голяма от консумираната, се подава към електроразпределителната мрежа.



Фиг. 3. Дневен летен товаров график на сграда с монтирана фотоволтаична система.

Опитът на страните, лидери в развитието на възобновяемата енергетика, такива като Германия, Нидерландия, Канада, Китай показва, че тези страни все повече използват прякото стимулиране на микрогенерирането (микроцентралите) на електроенергия на база на използването на възобновяеми източници на енергия.

Това стимулиране включва бонусни тарифи (*feed-in-tariff*), грантове и субсидии, а също и данъчни облекчения.

Бонусните тарифи дават възможност да се намали срока на изплащане на оборудването, но не и на първоначалния капитал, необходим за изграждане на микроцентралите.

Данъчни облекчения могат да доведат както до намаляване на необходимия първоначален капитал, така и до съкращаване на срока на изплащане на оборудването.

В същото време други страни, такива като Белгия, САЩ и Япония, допълват мерките за стимулиране на изграждането на микроцентрали на основа на ВИЕ със създаването на локални или на регионални въглеродни пазари.

Една от използваните в САЩ иновации на големите производители и разпространители на електроенергия им позволява да осигурят необходимите показатели по обем на генерирана възобновяема енергия чрез схемата на двустранно отчитане *Net Metering*.

Тази схема позволява на клиентите да компенсират потреблението на електроенергия за сметка на енергия, произведена от техни собствени малки генериращи устройства (фотоволтаични панели или малки ветрогенератори), свързани с общата мрежа. При това отчитащите електромери трябва да измерват както в права посока (при потребление на електроенергия от мрежата), така и в обратна посока (при доставяне на електроенергия в мрежата), като по този начин дават възможност на потребителя да отчита произведената и отдадена в мрежата електроенергия.

Относително нова мярка за стимулиране на микрогенерация на електроенергия в САЩ е схемата „*виртуален електромер*“. Тя позволява да се получи печалба от микрогенерация на слънчева енергия даже от тези собственици на жилища, които нямат възможност да монтират фотоволтаични панели непосредствено на собствения си покрив, поради засенчване или поради други причини.

Цената на произведената енергия от фотоволтаичната система, установена на общ покрив и/или на други участъци от конструкцията на сградата, се разпределя между живущите, пропорционално на дела им собственост.

Живущите в многофамилни сгради могат да получават фотоволтаична енергия и от близко разположен източник на микрогенерация на електроенергия извън пределите им на собственост, а в някои случаи – дори да получат право на собственост върху него.

Процесът на включване към общата разпределителна мрежа на микрогенериращите системи е строго регламентиран.

Световният опит за държавно стимулиране на микрогенерацията на електроенергия и за стандартизиране на процедурите за включване към общата разпределителна мрежа може да се разгледа в следната последователност:

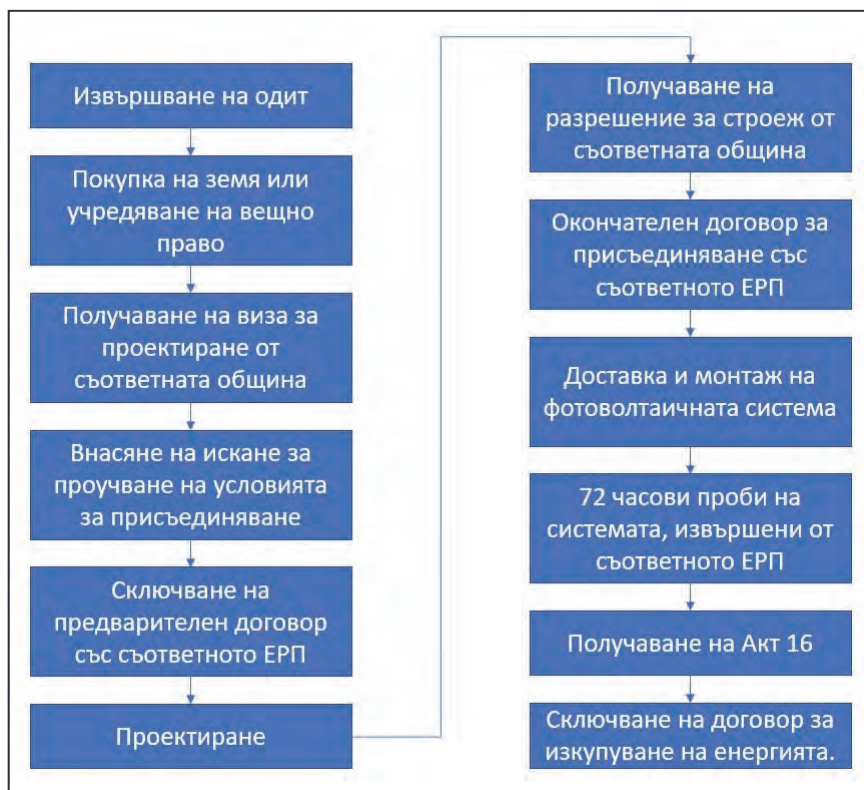
- Микрогенерацията на възобновяема енергия се отнася за генериращи системи с установена мощност до 30 kW;
- При използването на микрофотоволтаични системи при многофамилни сгради има възможност да се работи по схемата „виртуален електромер“;
- Предвидени са мерки за финансово стимулиране на развитието на микрогенерацията на електроенергия от ВЕИ, в частност – за физически лица;

- Признава се използването на ВЕИ като екологична и/или енергоспестяваща дейност за физическите лица, осъществяващи дейност в областта на използването на ВЕИ.

С решение № Ц-17 от 01.07.2019 г. Комисията за енергийно и водно регулиране прие общите принципи при определянето на преференциалните цени на електрическата енергия, произведена от възобновяеми източници:

- Размер на инвестиционните разходи, включително разходите за присъединяване към съответната преносна или разпределителни мрежи;
- Ниво на експлоатационните разходи;
- Разходи за амортизация, определени на основата на среден полезен технико-икономически живот на активите и възвръщаемост.

При определянето на цените на електрическата енергия, произведена от възобновяеми източници, са използвани данните от официалния доклад на Института „Фраунхофер“ към края на март 2019 г. – Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems.



Фиг. 4. Алгоритъм на процеса на изграждане и пускане в експлоатация на микрофотоволтаичните центрове.

От анализа, направен в доклада на Fraunhofer institute for Solar energy systems – ISE е видно, че инвестиционните разходи за малки покривни фотоволтаични централи от 5 kWp до 30 kWp са в границите от 1200 до 1400 евро/kWp.

Въз основа горното би могло да се приеме, че ФтЕЦ с обща инсталирана мощност до 30 kWp включително, които се предвижда да бъдат изградени върху покривни и фасадни конструкции на присъединени към електроразпределителната мрежа сгради и върху недвижими имоти към тях в урбанизирани територии следва да се обособят в два мощностни диапазона.

Първата група е с обща инсталирана мощност до 5 kWp с инвестиционни разходи в размер на 1400 евро/kWp, а втората група е с обща инсталирана мощност над 5 kWp, до 30 kWp, с инвестиционни разходи в размер на 1200 евро/kWp.

При определянето на средно годишната производителност на ФтЕЦ е взето предвид извършено сравнение на експериментални резултати от PVGIS (Фотоволтаична географска информационна система), NASA (Национално управление по въздухоплаване и изследване на космическото пространство), METEONORM и Българска академия на науките (БАН) за средногодишната сумарна радиация за град Варна при хоризонтална повърхност за 2011 г.

За България е установена средногодишна сумарна слънчева радиация от 1210 kWh/m²/у до 1400 kWh/m²/у върху хоризонтална повърхност.

При оптимален наклон от на фотоволтаичните панели 32÷33° средногодишната сумарна слънчева радиация е от 1366 kWh/у до 1660 kWh/m²/у.

Чл. 147. (1) (Доп. – ДВ, бр. 65 от 2003 г.) указва, че не се изисква одобряване на инвестиционни проекти за издаване на разрешение за строеж за (нова – ДВ, бр. 35 от 2011 г., в сила от 03.05.2011 г., изм. – ДВ, бр. 41 от 2019 г., в сила от 21.05.2019 г.) монтаж на инсталации за производство на електрическа енергия, топлинна енергия и/или енергия за охлаждане от възобновяеми източници с обща инсталирана мощност до 1 MW включително към съществуващите сгради в урбанизираните територии, в това число върху покривните и фасадните им конструкции и в прилежащите им поземлени имоти.

Технологията за изграждане и пускане в експлоатация на микрофотоволтаичните централи следва алгоритъма, показан на Фиг. 4.

Преференциалните цени за производство на електрическа енергия от възобновяеми източници не отчитат конкретни стойности на индивидуален инвестиционен проект, а осреднени такива, взети от официални източници и отразяващи международния опит, както и придобития и изграден опит в страната.

Техническите и икономическите параметри, които оказват влияние върху цената на електрическата енергия произведена от фотоволтаичните централи, изградени върху покривни и фасадни конструкции на присъединени към електроразпределителната мрежа сгради и върху недвижими имоти към тях в урбанизирани територии са следните:

1. Инвестиционни разходи на kWp в размер на:
 - 2738 лв./kWp за фотоволтаични централи с обща инсталирана мощност до 5 kWp включително;
 - 2347 лв./kWp за фотоволтаични централи с обща инсталирана мощност над 5 kWp до 30 kWp.



2. Експлоатационни разходи – разходи за опазване на околна среда, материали и други разходи, свързани с производствения процес, в размер на:
 - 71,34 лв./MWh за фотоволтаични централи с обща инсталирана мощност до 5 kWp включително;
 - 54,34 лв./MWh за фотоволтаични централи с обща инсталирана мощност над 5 kWp до 30 kWp.
3. Полезен живот на активите – 20 години;
4. Инфлация на експлоатационните разходи – 2%;
5. Средно годишната продължителност на работа на централата 1320 часа, което се равнява на 1320 kWh/kWp нетно специфично производство;
6. Среднопотеглена норма на възвръщаемост – 7%.

В Таблица 1 са показани преференциалните цени на електрическата енергия, произведена от фотоволтаичните централи с обща инсталирана мощност до 30 kW включително, които се предвижда да бъдат изградени върху покривни и фасадни конструкции на присъединени към електроразпределителната мрежа сгради и върху недвижими имоти към тях в урбанизирани територии.

Таблица 1

Цена и елементи на цената	лв./MWh (без ДДС)	%
<i>ФтЕЦ с инсталирана мощност до 5 kW, монтирани на покриви и фасади</i>		
Цена, в т.ч.	250,64	100,00%
за експлоатационните разходи	69,79	27,85%
за разходи за амортизации	102,68	40,97%
за възвръщаемост	78,17	31,19%
<i>ФтЕЦ с инсталирана мощност над 5 до 30 kW, монтирани на покриви и фасади</i>		
Цена, в т.ч.	208,74	100,00%
за експлоатационните разходи	53,79	25,77%
за разходи за амортизации	88,01	42,16%
за възвръщаемост	66,95	32,07%

От 01.07.2019 г. преференциалните цени без ДДС за изкупуване на електрическа енергия са както следва:

- Фотоволтаични електрически централи с обща инсталирана мощност до 5 kWp – 250,64 лв./MWh, при нетно специфично производство 1320 kWh/kWp;
- Фотоволтаични електрически централи с обща инсталирана мощност над 5 kWp до 30 kWp включително – 208,74 лв./MWh, при нетно специфично производство 1320 kWh/kWp.

Преференциалните цени на електрическата енергия за микро PV-централи доведе до тенденция на нарастване на броя на присъединените микроцентрали към енергийната система на България.

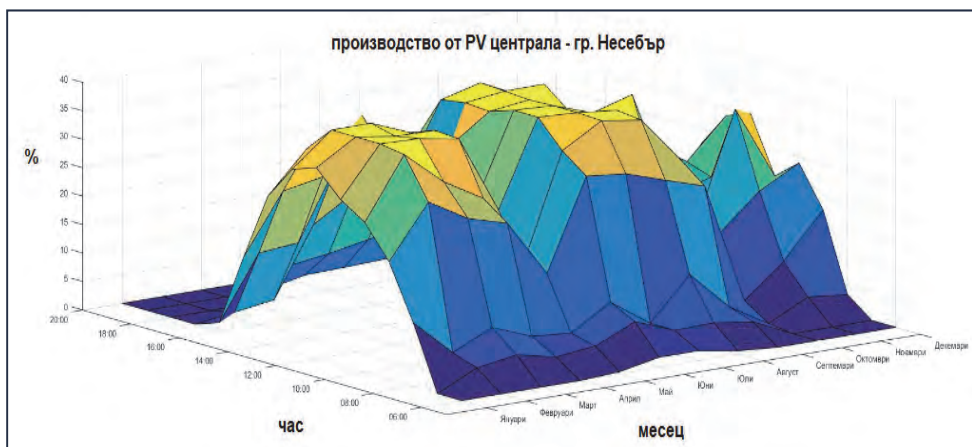
Данни за този процес са показани в Таблица 2.

Таблица 2.

Месец		Брой присъединени микро PV централи		Инсталирана мощност (MWp)	
		2018	2019	2018	2019
1	Януари	10	31	0,29232	0,83724
2	Февруари	24	17	0,57542	0,4234
3	Март	19	41	0,42056	1,145855
4	Април	30	30	0,89904	0,820795
5	Май	22	23	0,52692	0,67943
6	Юни	84	31	2,25533	0,843655
7	Юли	33	29	0,8464	0,78412
8	Август	31	3	0,85447	0,06496
9	Септември	20	3	0,579425	0,089885
10	Октомври	16	2	0,414565	0,05997
11	Ноември	21	1	0,554405	0,01485
12	Декември	23	0	0,66064	0

След изследване на производителността на множество микро PV-централи, изградени в България, се установи, че тя варира в граници 40÷80% в максималните (пикови) зони на производство.

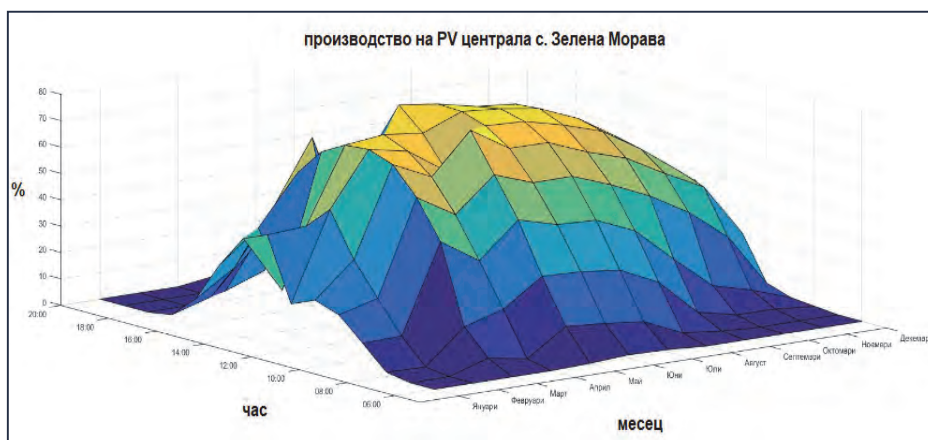
Идеята за стимулиране на процеса на присъединяване на PV-централи е увеличаване на ефективността на производство на електрическа енергия и намаляване на загубите от пренос чрез изграждането им близо до консуматорите.



Фиг. 5.

Изследванията обаче показват, че получените резултати не са обнадеждаващи, поради следните причини.

Първата причина е свързана с невъзможността за спазване на технологичните изисквания за изграждане на подобен тип централи.



Фиг. 6.

Втората причина е свързана с наблюдаваната тенденция за изграждането на тези централи в отдалечени райони, с ниска цена на недвижимата собственост, имащи обаче малка консумация на електрическа енергия.

Данни за производителността на две микро PV-централи с еднакъв тип фотоволтаични панели, но изградени при различни условия, са показани на Фиг. 5 и Фиг. 6.

Двете централи са разположени в райони с приблизително еднакви средни стойности на слънчевата радиация за година, но резултатите от изследването показват, че максималната производителност на централата, показана на Фиг. 5, е 37,88%, а тази, показана на Фиг. 6 – 79%.

Изводи

Извършеното изследване на производителността на микро PV централи с еднакъв тип фотоволтаични панели, но изградени при различни условия, показва разлики в широк диапазон.

Вероятно причината за тези разлики е в различните условия на експлоатация на централите, свързани с качеството и начина на разположение на фотоволтаичните панели, климатичните условия, спазване на технологичните изисквания при изграждането им и други.

Литература

- [1]. Карпенко Д. С., Дубровская В. В., Шкляр В. И., Анализ эффективности фотоэлектрических систем коммунального назначения, ISSN 76 0204-3602. Пром. теплотехника, 2016, т. 38, №2, 76-80
- [2]. Сурков М. А., Обухов С. Г., Плотников И. А., Сумарокова Л. П., Попов М. М., Байдали С. А., Оценка целесообразности применения фотоэлектрических установок для электроснабжения удаленных потребителей в климатических условиях Севера Российской Федерации // Интернет-журнал „НАУКОВЕДЕНИЕ” Том 8, №4 (2016)
- [3]. S. V. Kiseleva, Y. G. Kolomietc1, O. S. Popel1, A. B. Tarasenko, The Effectiveness Of The Solar Energy Use For Power Supply In The Climatic Conditions Of Kyrgyzstan, International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology © Scientific Technical Centre „TATA”, 2015

- [4]. Matsankov M., M. Ivanova, Selection of optimal variant of hybrid system under conditions of uncertainty, The 2nd International Conference on Electrical Engineering and Green Energy Roma, Italy, June 28-30, 2019
- [5]. Долчинков Р., Пенка Георгиева, Ефективност на системи за слънчево проследяване, Годишник БСУ, том XXVII, ISBN 1311-221-X, стр. 243-255, 2012
- [6]. Р. Долчинков, Механизми и машини във ВЕИ, Електронно списание на ЦИТН за компютърни науки и комуникации, бр. 3, ISSN 1314-7846, стр. 31-42, 2013
- [7]. Неделчева С., М. Мацанков, Факторно моделиране при оценка на загубите на електроенергия в разпределителни мрежи за средно напрежение, Известия на ТУ-Сливен, №3, 2011 г. ISSN1312-3920, стр. 37 – 42
- [8]. Vasileva E., M. Matsankov, Defining the undelivered energy when exploitation of decentralized energy sources, ICTTE 2017, Yambol, ISSN 1314-9474
- [9]. V. V. Kuvshinov, B. L. Krit, N. V. Morozova, D. Yu. Kukushkin, A.V. Savkin, The possibilities of photoelectric converters power ascension by the modification of their surfaces by silver nanoclusters, Вектор науки ТГУ. 2018. № 1 (43)
- [10]. A. V. Bobyl, A. G. Zabrodskii, S. A. Kudryashov, V. G. Malyshkin, V. M. Makarov, E. E. Terukova, A. F. Erk, Renormalized model for solar power plants economic efficiency evaluation, Известия Академии Наук, Энергетика, № 6, 2017
- [11]. Т. С. Габдрахманова, Л. Б. Директор, Анализ схем автономного электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии//Промышленная энергетика. – 2015. – № 4. – С. 48-51
- [12]. Цвятко Колев Върбов, Някои специфични проблеми при фотоволтаични системи свързани към електроразпределителната мрежа, Автореферат на дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен „ДОКТОР”, Габрово, 2015 г.
- [13]. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина; ИНЭИ РАН–Московская школа управления Сколково – Москва, 2019. – 210 с. - ISBN 978-5-91438-028-8
- [14]. С. В. Ратнер, Т. Д. Аксюк, Зарубежный опыт стимулирования микрогенерации на основе возобновляемых источников энергии: организационно-экономические аспекты, Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. Том 10, № 4, 2017.
- [15]. НАРЕДБА № 6 от 24 февруари 2014 г. за присъединяване на производители и клиенти на електрическа енергия към преносната или към разпределителните електрически мрежи, която е в сила от 04.04.2014 год.
- [16]. Производство на електрическа енергия от ВЕИ и комбинирано производство на топлинна и електрическа енергия за собственици на жилища (Production of Electricity with RES & CHP for homeowner”), PERCH, Ръководство за собствениците на жилища
- [17]. http://www.unicad.bg/pv_kit_home_wkd.htm
- [18]. Иновации при соларните инвертори, Сп. Енерджи ревю - брой 6, 2017 <https://www.energy-review.bg/bg/inovacii-pri-solarnite-invertori/2/881/>
- [19]. Проф. д-р. Димитър Димитров, проф. д-р. Атанас Илиев, Децентрализирано производство на енергия от покривни фотоволтаични системи. Инвестиционен наръчник от А до Я за домакинства и частни потребители, Програма за ТГС ИНТЕРРЕГ-ИПП България - Македония 2014-2020, проект „Насърчаване на децентрализираното производство на енергия от възобновяеми енергийни източници“, Реф. №. СВ006.1.11.023 (EnerGAIN)
- [20]. <http://www.ed-energy.eu/node/15>
- [21]. Интегриран план в областта на енергетиката и климата на Република България 2021 – 2030 г., Министерство на енергетиката, Министерство на околната среда и водите.