

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Пренос топлоте и масе

Број индекса: 146/2012

Јелица М. Живковић

Ефикасност и исплативост фотонапонских ћелија

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Небојша Лукић, проф. - ментор

2. _____

3. _____

Датум
одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

Изврши анализу фотонапонских ћелија са посебним освртом на њихову ефикасност и исплативост.

Препоручена литература:

[1] -Др.Небојша Лукић, Др.Милун Бабић, Соларна енергија, Машински факултет, Крагујевац, 2008.

[2] Др.Жељко Деспотовић, Соларни генератори као самостални извори електричне енергије, Електротехнички факултет, Београд, 2014.

[3] . Закон о енергетици Републике Србије
("Службени гласник РС", бр. 55/05, 71/05 - исправка, 101/07, 65/08, 16/11, 68/12 - УС, 72/12, 7/14 - УС и 44/14)

Крагујевац, 2020.

Ментор:

Др Небојша Лукић, проф.

Резиме

Сунчева светлост представља извор енергије који је заслужан за повољне климатске услове и постојање екосистема на Земљи. Већина енергије која је доступна на нашој планети долази нам од Сунца, а чак и енергија коју користимо из ветра, воде, биомасе и свих фосилних горива, потиче из овог извора. Одговарајућом технологијом можемо искористити овај бесплатан, еколошки и вечан извор енергије. У овом раду биће анализирани фотонапонски системи у Србији, али и Европи. Анализа ће се односити на утицај ефикасности фотонапонских ћелија на параметре система за производњу електричне енергије. Фотонапонске ћелије су соларне ћелије које претварају енергију Сунчеве светлости директно у струју преко фотонапонских панела који се састоје од фотонапонских модула, који су изграђени од фотонапонских ћелија.

Кључне речи: фотонапон, ћелија, панели, систем, енергија, анализа

The summary

Sunlight is a source of energy that is responsible for favorable climatic conditions and the existence of ecosystems on Earth. Most of the energy available on our planet comes to us from the Sun, and even the energy we use from wind, water, biomass and all fossil fuels comes from this source. With the right technology, we can use this free, ecological and eternal source of energy. This work will analyze photovoltaic systems in Serbia, but also in Europe. The analysis will refer to the influence of the efficiency of photovoltaic cells on the parameters of the power generation system. Photovoltaic cells are solar cells that convert the energy of sunlight directly into electricity through photovoltaic panels consisting of photovoltaic modules, which are built of photovoltaic cells.

The keywords: photovoltaics, cell, panels, the system, energy ,analysis

Садржај

1	Увод	3
2	Обновљиви извори енергије	4
3	Фотонапонске ћелије	7
3.1	Принцип рада фотонапонске ћелије	9
3.2	Врсте фотонапонских ћелија	10
3.3	Ефикасност фотонапонске ћелије	11
4	Фотонапонски панели	12
4.1	Типови фотонапонских панела	13
4.2	Ефикасност фотонапонских панела	14
4.3	Карактеристике соларних панела	15
4.4	Струја и соларни панели	18
4.5	Локација и оријентација соларног низа соларних система, утицај сенке, нечистоће на ефикасност	19
4.6	Типови фотонапонских система	21
5	Примена фотонапонских соларних система	23
5.1	Кућни системи повезани на електричну мрежу	24
5.2	Претварање Сунчеве енергије у једносмерну електричну, једносмерне у наизменичну, регулација напона са ФН панела	25
5.3	Начини акумулирања вишка енергије	26
5.4	Могућност продаје електричне енергије	26
6	Коришћење технологије фотонапонских ћелија у Србији и Европи	27
6.1	Анализа цена и исплативости ФН система у Србији и Европи	29
6.2	Субвенције у Србији и у Европи за развој фотонапонских система	34
6.3	Исплативост инвестиције у фотонапонски систем у Србији и Немачкој	34
6.4	Значај и оправданост обновљивих извора енергије, Закон о енергетици	36
6.5	Закони ЕУ о примени обновљивих извора енергије и у Србији	40

7	Утицај коришћења ФН система на човекову околину	40
7.1	Време повратка уложене енергије у производњу система	41
7.2	Енергетска сигурност	41
7.3	Рециклирање искоришћених соларних фотонапонских панела	42
8	Соларна енергија у Србији	43
8.1	Тренутна искоришћеност соларне енергије	45
8.2	Планови за развој у области примене искоришћења соларне енергије у Србији	45
9	Закључак	47
	Литература	49
	Попис скраћеница	50

1 Увод

После деценија и векова коришћења фосилних горива као основе снабдевања енергијом, са једне стране, због све већег недостатка и исцрпљивања ових извора, а с друге, због прекомерног загађивања природе и атмосфере сагоревањем ових горива, човек је принуђен да развија и користи ресурсе из природе који су мањи загађивачи и који се на разне начине поново враћају у свој изворни облик.

Сагоревањем фосилних горива и прекомерном сечом шуме дошло се до великих климатских и еколошких промена на земљи, што је резултирало појавом разних природних (неприродних) непогода и изазвало велике штете по опстанак људског рода, ефекат стаклене баште због емисије угљен диоксида и осталих штетних гасова и разне остале негативне ефекте.

Један од разлога, који је и примаран, је ниска цена фосилних горива и стабилност коју енергетски систем има применом истих. У многим земљама основу електроенергетског система чине термоелектране које су и највећи загађивачи. Оне углавном сагоревају млевени угаљ и немају адекватне филтере на својим високим димњацима.

На жалост, међу таквим земљама је и Србија.

Фосилна горива су релативно јефтина, индустрија је прилагођена преради и коришћењу ових ресурса, а ратови се и данас воде у регионима који су богати овим сировинама, јер велике светске компаније размишљају само о материјалном, капиталистичком интересу.

Како извори полако пресушују, а и ратови постају све скупљи и све их је теже контролисати, као и због катастрофа које су задесиле свет због неодговорности човека према природи, родила се свест о коначном враћању на идеје научника од пре више деценија.

Мада, за сада, практично није могуће искључити необновљиве изворе енергије, примена обновљивих извора енергије у многоме може смањити емисију гасова стаклене баште. Обновљиви извори енергије (ОИЕ) представљају неисцрпан природан вид енергије која се налази свуда око нас. Под појмом обновљиви извори енергије, подразумевају се извори енергије који се налазе у природи и обнављају се у целости или делимично.

Наравно, у овоме су најдаље отишле управо финансијски и економски јаке државе и развој система алтернативног снабдевања енергијом је најдаље стигао у Немачкој, Холандији,

Данској, Шпанији. Овде се сада велике компаније утркују јер Париским споразумом из 2015. године су опредељена велика средства за развој обновљивих извора.

Примера ради: у Немачкој је удео обновљивих извора у укупном снабдевању електричном енергијом преко 40%, угашено је 50% термоелетрана. У Србији је удео обновљивих извора испод 2%.

Фотонапонска плоча се састоји од групе фотонапонских ћелија које се серијски повезују стварајући модуле номиналног напона од 12 V. Фотонапонски системи су сачињени од фотонапонских панела који производе електричну енергију из Сунчеве енергије, која падне на фотонапонску ћелију.

У овом раду биће анализиран пројекат фотонапонског система. Анализа ће се односити на утицај ефикасности и исплативости фотонапонских ћелија на параметре система за производњу електричне енергије.

2 Обновљиви извори енергије

Да би се добио било који облик енергије потребни су енергетски извори (енергетици).

Човечанство је успело да у 20-ом веку потроши огроман део залиха фосилних горива које су се милионима година таложиле у земљи, својим неодговорним понашањем загади реке, ваздух, земљу. Процена је да ће фосилних горива бити до краја овог века, а с обзиром на повећање броја становника на земљи и повећање захтеве за енергијом, њихове залихе ће се изцрпети и раније.

Обновљиви извори енергије представљају енергетске ресурсе који се користе за производњу електричне или топлотне енергије, односно сваки користан рад, а чије резерве се константно или циклично обнављају.

Сам назив обновљиви потиче од чињенице да се енергија троши у износу који не премашује брзину којом се ствара у природи. Неки пут се међу обновљиве изворе енергије сврставају и они извори за које се тврди да су резерве толике да се могу експлоатисати милионима година. Ово је у супротности са необновљивим изворима којима су резерве процењене на десетине или стотине година, док је њихово стварање трајало десетинама милиона година.

Обновљиви извори енергије се налазе у природи, који представљају неисцрпне изворе енергије који се обнављају у одређеном временском интервалу, у целини или делимично.

Обновљиви извори енергије налазе све већу примену за производњу електричне, топлотне и механичке енергије, а њихова значајна одржива карактеристика је еколошка пријатност, са смањеном емисијом CO₂ у процесу производње енергије. [6]



Слика 1 Приказ искоришћености ОИЕ [6]

Најзначајнији извори обновљиве енергије јесу:

- Соларна енергија
- Енергија ветра
- Енергија воде (хидроенергија)
- Геотермална енергија
- Биоенергија (биомаса)

Соларна енергија

Соларна енергија се може искористити на разне начине и употребити као топлотна, електрична, хемијска или механичка енергија.

Најједноставнији начин је сакупљање топлотне енергије помоћу соларних колектора који дају топлу воду или топао ваздух који се могу користити за грејање топле воде за домаћинство, базене, радијаторе или подно грејање.

Енергија ветра

Као добре стране искоришћавања енергије ветра истичу се висока поузданост рада постројења, нема трошкова за гориво и нема загађивања околине. Лоше стране су високи трошкови изградње и промењивост брзине ветра (не може се гарантовати испоручивање енергије).

Хидроенергија

После открића електричног генератора у 19. веку, започета је изградња све већих хидроелектрана, где се механичка енергија воде претвара у електричну у генератору. Једна од првих која је производила наизменичну струју, са учешћем Николе Тесле, је подигнута на Нијагариним водопадима.

Предност овога је да се енергија преко жица може пренети на велике удаљености. Изградња великих хидроелектрана и њихов рад имају многе мане, као што су загађење, бука и угрожавање биодиверзитета.

Геотермална енергија

Геотермална енергија представља готово неисцрпан извор топлоте будући да Земљино услијано језгро константно шаље топлоту ка површинским водама, стенама и земљишту.

Топлотна енергија може да се узме из подземних вода које су на температури од око 14 °C током целе године. Процењено је да залихе геотермалне енергије далеко превазилазе енергетске залихе угља, нафте, природног гаса и уранијума заједно. Њена предност су

занемарљиво мали негативан утицај на околину и огромни потенцијал, док су мане условљеност положајем, дубином, температуром и процентом воде у одређеном геотермалном резервоару.

Биомаса

Биомаса је значајан извор енергије јер не емитује додатну количину угљен-диоксида у атмосферу. Добија се из многобројних врста извора, а као најважнији производи њихове прераде јесу биоетанол, биодизел и биогаз.

Последњих година (у Србији) обновљиви извори енергије имају све већу улогу у производњи енергије. Пораст коришћења обновљивих извора доприноси смањењу негативних утицаја енергетике на животну средину, повећању поузданости снабдевања енергијом и омогућава успостављање одрживог развоја енергетике.

Мана обновљивих извора енергије јесте што неки угрожавају животиње и биодиверзитет. На пример, ветрењаче могу угрозити животе птица и слепих мишева, јер се животиње не прилагођавају тако брзо променама у њиховом окружењу. Хидроелектране исто тако могу угрозити водени биодиверзитет, смањити број врста и променити у потпуности окружење.

3 Фотонапонске ћелије

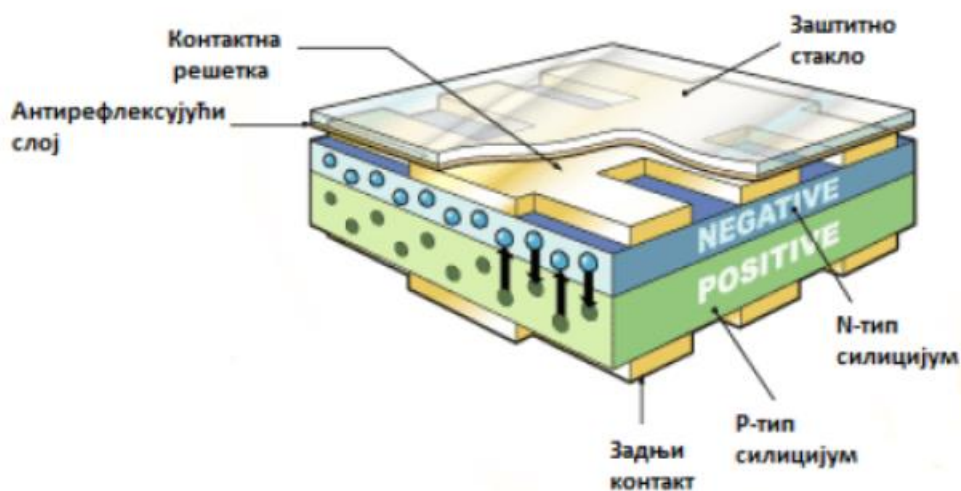
Развој соларних ћелија почиње у 19. веку. 1839. године Бекерел је приметио да се јачина струје између две електроде у електролиту повећава приликом осветљавања електрода. Такође, исти ефекат на чврстом телу (селену) први су приметили W. G. Adams и R. E. Day 1877. године.

Захваљујући овоме убрзо је направљен уређај за мерење интензитета светлости. Одмах затим истраживачи су се окренули решавању проблема коришћења соларних ћелија као комерцијалних извора електричне енергије.

Нагли развој соларних ћелија почиње 1954. године када су Pearson, Fuller и Chapin направили прву соларну ћелију од монокристалног силицијума.

Почев од лансирања првог сателита 1958. године соларне ћелије представљају незаменљив извор електричне енергије на сателитима, свемирским бродовима и станицама. У земаљским условима од самог почетка развоја соларне ћелије су нашле примену на усамљеним објектима, светионицима, аеродромима, истраживачким платформама на мору, стамбеним и индустријским објектима итд. [7]

Структура фотонапонске ћелије: на слици 2. је приказан попречни пресек фотонапонске ћелије. На слици се види да се фотонапонска ћелија састоји из неколико слојева. Први слој ћелије је заштитно стакло које је штити од спољних утицаја. Други слој је антирефлексујући слој који смањује рефлексију светлости и обезбеђује да што више енергије доспе до полупроводника. Трећи слој је контактна решетка која спаја полупроводник са ПН спојем у коме се врши захватање фотона Сунчеве светлости, и на крају, са доње стране, налази се метални слој, односно задњи контакт.



Слика 2 Попречни пресек фотонапонске ћелије

Фотонапонске ћелије су полупроводничке структуре које претварају један део Сунчевог спектра (зрачења) у електричну енергију. Соларна ћелија је састављена од великог броја електронских компоненти и специјалних полупроводничких материјала, као што је силицијум.

Познато је да је чист силицијум слаб проводник електричне енергије, зато што нема слободних електрона да се крећу. Како би отклонили овај проблем, атому силицијума од којег се производе соларне ћелије додамо атом фосфора. Фосфор има пет електрона у свом спољашњем слоју, за разлику од силицијума који има четири, и тако фосфор има један електрон вишка.

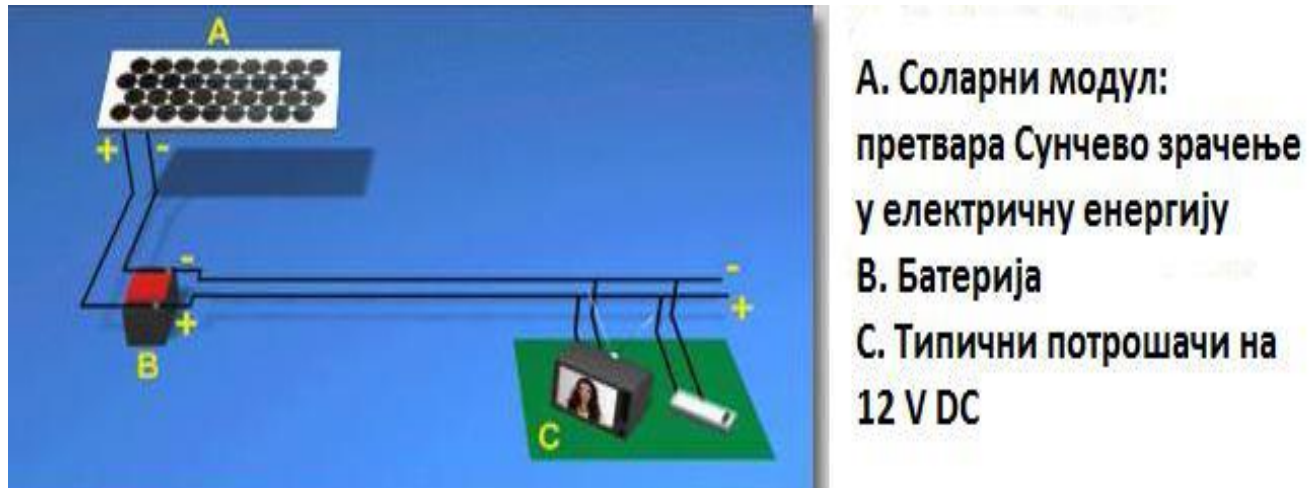
Када се топлотна енергија дода чистом силицијуму то проузрокује да се неколико електрона ослободи и напусте своје атоме. На месту тих ослобођених атома остаје празно место за сваки ослобођени електрон. Ови електрони, који се називају слободни носиоци, лутају кроз кристалну решетку тражећи друго празно место које ће да попуне и тако пренесу електричну енергију. Међутим, у чистом силицијуму постоји јако мали број тих празних места, тако да ови електрони преносиоци не могу да буду ефикасни.

Код силицијума којем су додати атоми других елемената, потребна је много мања количина енергије да се изазове ослобађање једног електрона фосфора зато што он није повезан ни са једним суседним атомом силицијума. Процес прављења једињења силицијума са другим елементима назива се доповање и тако добијен силицијум се назива Н-тип (Н значи негативан) зато што у њему преовлађују електрони. Доповани силицијум Н-типа је много бољи проводник од чистог силицијума.

Други део соларне ћелије је обично допован са бором, који има само три електрона на спољашњем слоју, и тако се добија П-тип (П значи позитиван) силицијума. Уместо да има слободне електроне П-тип силицијума има слободна места и преноси супротан (позитиван) напон.

3.1 Принцип рада фотонапонске ћелије

Принцип рада је у суштини једноставан: неки материјали као нпр. монокристал силицијума има особину да изложен Сунчевом зрачењу, производи електричну енергију. У самом модулу који се састоји од низа међусобно повезаних плочица, паралелно редном комбинацијом спајања добија се напон и струја погодна за пуњење стандардних батерија (6, 12 или 24 V). Тиме је осигурано да модул производи електричну енергију погодног напона и интезитета за директно пуњење батерија или погон једносмерних потрошача. Величина струје у принципу је пропорционална површини модула и интезитету Сунчевог зрачења слика 3.



Слика 3 Типична шема соларног система на 12 V DC са приказивањем главних компоненти

Фотонапонски системи представљају интегрисан скуп ФН модула и осталих компоненти, пројектован тако да примарну Сунчеву енергију претвара у електричну енергију којом се осигурава рад одређеног броја једносмерних и/или наизменичних потрошача. [8]

3.2 Врсте фотонапонских ћелија

Фотонапонске ћелије могу бити израђене од различитих типова полупроводничких материјала као што су:

силицијум (Si), германијум (Ge), индијум-фосфид (InP), галијум-арсенид (GaAs), кадмијум-сулфид (CdS), алуминијум-антимод (AlSb), галијум-фосфид (GaP), кадмијум-селенид (CdSe) и други.

Данас се најчешће ФН ћелије производе на бази монокристалног, поликристалног и аморфног силицијума, галијум-арсенида (GaAs) и бакар-сулфида/кадмијум-сулфида (Cu₂S/CdS).

Фотонапонске ћелије се могу израдити од:

- Монокристалног силицијума
- Поликристалног силицијума
- Тракастог кристалног силицијума (ribbon) или

- Технологијом танког филма (thin-film)



Слика 4 ФН ћелија

Сунчеве ФН ћелије, слика 4 израђене од монокристалног силицијума имају тзв. *homojunction* структуру, што значи да се састоје од истог материјала који је модификован тако да је на једној страни ћелије р-слој, а на другој п-слој Si полупроводника. Теоријска ефикасност им је око 22 %, док је стварна ефикасност око 15 %.

Идентично с-Si ћелијама, сунчеве ФН ћелије израђене од поликристалног силицијума имају тзв. *Homojunction* структуру. Супротно монокристалном силицијуму, поликристални силицијум сачињен је од више малих кристала, због чега долази до појаве граница. Теоријска ефикасност им је око 18 %, стварна ефикасност између 10 и 13 %.

Тракасти силицијум има предност што је у његовом процесу производње избегнута потреба резања вафера, чиме се губило и до 50% материјала у процесу пресецања.

Танки филм је дебљине 0.3-1 μ m у поређењу са 500 μ m за друге типове, па самим тим чини ову технологију флексибилну јер може да се постави на велики број места. Најчешћи материјали танког филма су а-Si (аморфни силицијум), CIS (бакар индијум диселенид) и CdTe (кадијум телурид). Најпримењенији је аморфни силицијум који нема кристалну структуру, а за производњу се користи спреј у вакууму и танки слојеви се могу нанети на стакло, метал или флексибилне пластичне површине. Ефикасност је 8-12 %. Годионо се користи у калкулаторима и сатовима.

3.3 Ефикасност фотонапонске ћелије

Фотонапонска ћелија, самим тим и панел, немају баш завидан степен искориштења. Већи степен имају топловодни панели, због мањег степена конверзије.

Већина фотонапонских панела, доступних потрошачима, има степен искориштења од 12 до 20%.

Најнапреднији панели имају ефикасност и до 40%, али су у домену лабораторија и свемирских истраживања, тј. прескупи и нису у комерцијалној употреби.

Овај степен искориштења зависи и од позиције и осунчаности ФН панела.

Ефикасност ФН ћелије, η_{pvc} представља однос снаге трансформисане у електричну енергију, P_{pvc} и снаге Сунчевог зрачења, I_p које пада на површину исте ћелије, A_{pvc} :

$$\eta_{pvc} = P_{pvc} / (I_p \cdot A_{pvc}) \text{ . (једначина 2.5) [9]}$$

Где су: η_{pvc} - ефикасност ФН ћелије, P_{pvc} - снага трансформисана у електричну енергију (снага ФН ћелије), I_p - снага Сунчевог зрачења, A_{pvc} - површина ћелије.

За оцену ефикасности трансформације ФН ћелије користи се и величина фактор испуњења, FF који се дефинише као:

$$FF = P_{pvc} / (U_{oc} \cdot I_{sc}) \text{ (једначина 2.6) [9]}$$

Где су: FF- фактор испуњења, P_{pvc} - снага трансформисана у електричну енергију (снага ФН ћелије), U_{oc} - (V) напон отвореног кола (максимални напон ФН ћелије), I_{sc} - (A) струја кратког споја ФН ћелије (максимална струја ФН ћелије). [9]

4 Фотонапонски (ФН) панели

У основном смислу, соларни панел, слика 6. (ФН модул) је уређај који производи проток струје под сунчевим светлом. Састоји се од низа фотонапонских ћелија сложених у један систем. Ова електрична енергија се може користити за пуњење батерија, а уз помоћ претварача може напајати уобичајене електричне уређаје за домаћинство или „оптерећења“. ФН модули се такође могу користити и у системима без батерија. Већина соларних панела (правилно именована "модули") су урамљени алуминијумом, допуњени каљеним стаклом и запечаћени водоотпорном подлогом. Сложени између стакла и слојева подлоге су саме фото-реактивне ћелије, често израђене од силикона. На полеђини модула налази се разводна кутија која може али не мора имати два кабла који излазе из њега. Ако разводна кутија нема каблове, она се може отворити за приступ електричним терминалима на којима се могу прикључити жице да би спроводиле генерисану електричну енергију

даље од модула. Ако су већ инсталирани каблови, разводна кутија је обично запечаћена и није доступна кориснику.



Слика 6 Соларни панел

4.1 Типови фотонапонских панела

Фотонапонски систем обједињује све елементе који су потребни за сигуран и поуздан рад. Фотонапонски системи претварају сунчеву светлост у електричну енергију. Ради се о електроенергетском систему који је смештен на крову или на некој приватној површини. Мали ФН системи омогућавају да систем генерише довољно електричне енергије за дневне потребе једног домаћинства, али и за чување електричне енергије за нпр. ноћна коришћења. Такође, такав систем је могуће прикључити и на електроенергетску мрежу и сву енергију прослеђивати у њу. То је погодно из разлога што објект у том случају има константно напајање електричном енергијом, чак и у ноћним сатима. У властити електроенергетски систем се могу укључивати и батерије које служе за чување вишка електричне енергије тако да се може ускладиштити енергија за неколико сати или чак и дана, зависно од броја и величине батерија.

Фотонапонски системи се могу поделити у две групе:

- 1) Фотонапонски системи који нису прикључени на мрежу- самостални системи (*off-grid*)
 - Хибридни системи
 - Самостални системи господарске намене
- 2) Фотонапонски системи који су прикључени на дистрибутивну мрежу (*on-grid*)

-Мрежно спојени кућни системи

- Мрежно спојене соларне електране

Off-grid- Где год нема електродистрибутивне мреже или где су трошкови прикључења на исту превелики, самостални фотонапонски системи се могу користити за производњу потребне електричне енергије. Ови системи се најчешће користе у викендицама, објектима удаљеним од електродистрибутивне мреже, у системима за наводњавање, за покретање пумпи за воду, бродовима, камперским приколицама и слично. Називају се још и *stand alone* соларни системи, батеријски соларни системи или независни соларни системи.

On-grid- ФН системи мрежно повезани раде тако да их мрежа „води“, односно одржава фреквенцију и напон, где се у случају нестанка мрежног напона прекида рад инвертора. Код ФН система на крову куће осим произведене електричне енергије предате у мрежу, постоји и потрошња електричне енергије породичне куће.

Спајање с мрежом може се обликовати на два начина. У првом начину спајања ФН система на мрежу, излазна струја из система служи за снабдевање потрошача у домаћинству, а произведени вишак се мери и даје у мрежу.

Други могући начин спајања је тај да се ФН систем након инвертора и мерног бројача директно спаја на мрежу, тј сва произведена електрична енергија се даје у мрежу, а потрошач се напаја преко другог вода који има свој бројач.

4.2 Ефикасност фотонапонских панела

Монокристални соларни панели су најефикаснији од ФН панела које имамо у нормалној продаји, односно, понуди. Често су најскупљи због производног процеса који користи велике количине високо пречишћеног силицијума и велику количину енергије.

Монокристалне соларне ћелије имају ефикасност од око 13-16% при претварању Сунчеве светлости у електричну енергију.

Ефикасност поликристалних ФН панела је између 11-14% али су уједно и нешто јефтинији од монокристалних на основу цене по произведеном Watt-у по часу.

Иако су јефтинији, потискују их монокристални ФН панели, јер заузимају мању површину за исту снагу.

Соларни панели траке низа користе мање силицијума у процесу производње ћелија него други кристални типови и постижу ефикасност од 12-14%.

Аморфни соларни панели или танкослојни аморфни силицијум, А-Si, нису израђени од појединачних ћелија већ су направљени наношењем фото-осетљивог једињења на подлогу. Иако ови соларни панели имају нижу ефикасност 7-10%, они нуде одређене предности.

Често се могу користити у топлијим климатским условима. Технологија не користи типичну конструкцију "стаклених сендвича", што омогућава стварање флексибилних соларних панела које су такође веома издржљиви.

CIGS технологија, Copper Indium Gallium di-Selenide, не користи силикон и може направити панеле са или без дискретних ћелија.

Хибридни соларни панели користе и кристалне и танкослојне технологије за повећање енергетског опсега. Ови модули имају ефикасност до 19%.

Истраживачи још увек раде на алтернативама са нижим трошковима, са већом ефикасношћу, али у догледној будућности, ови наведени типови представљају оно што је комерцијално доступно.

Ефикасност ФН панела представља његову најзначајнију карактеристику. Мерења ефикасности су прописана различитим стандардима, како би се добили упоредиви подаци о карактеристикама различитих типова, варијација соларних колектора различитих произвођача.

За представљање ефикасности ФН панела користи се иста једначина као и за ефикасност ФН ћелија:

$$\eta_{pvc} = P_{pvc} / (I_p \cdot A_{pvc}) \quad . \quad (\text{једначина 2.5}) \quad [9]$$

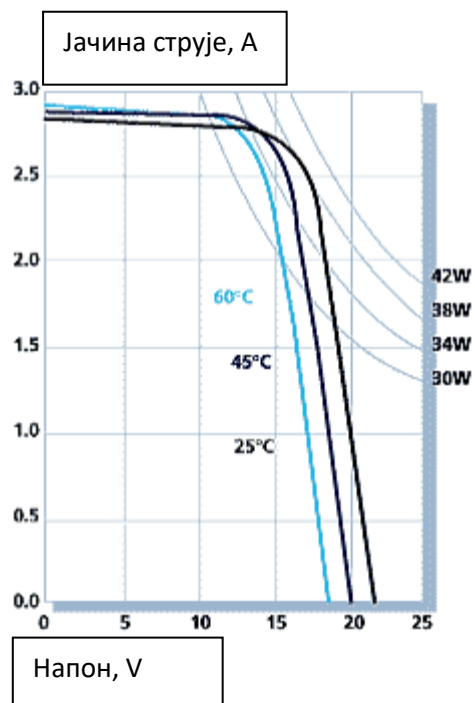
Где су: η_{pvc} - ефикасност ФН панела, P_{pvc} - снага трансформисана у електричну енергију (снага ФН панела), I_p - снага Сунчевог зрачења, A_{pvc} - површина панела.

4.3 Карактеристике соларних панела

Соларни панели имају карактеристике изражене преко снаге, напона, јачине струје и степена искориштености као и утицаја температуре амбијента на ове карактеристике.

Постоје четири фактора који одређују учинак соларног електричног панела: ефикасност фотонапонских ћелија, отпорност на оптерећење, соларно зрачење и температура ћелије.

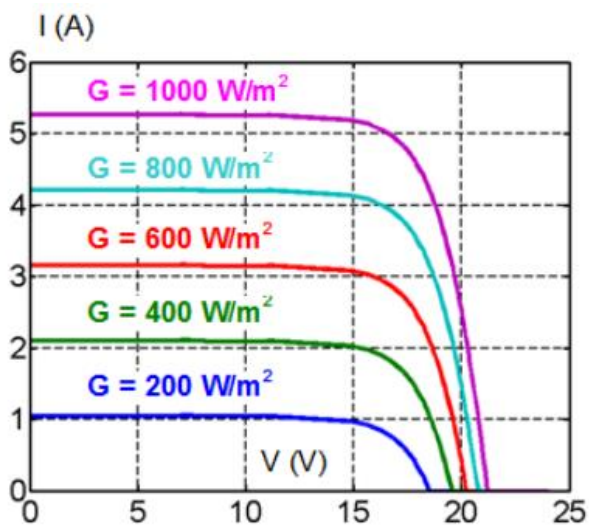
Ефикасност соларне ћелије одређује производни процес. Данашњи комерцијално доступни модули су од 3% до 17% ефикасни у претварању соларне енергије у електричну енергију. Отпор оптерећења одређује где ће модул деловати на кривој струје и напона (I - V). Очигледна пожељна радна тачка је тачка у којој се генерише максимална снага (снага се израчунава множењем тренутног времена напона), и која се назива вршна тачка снаге. Ова крива представља учинак свих ФН генератора, од ћелије до највећег низа.



Слика 7 Крива односа напона и јачине струје на ФН панелу и утицај температуре површине панела на те вредности [4]

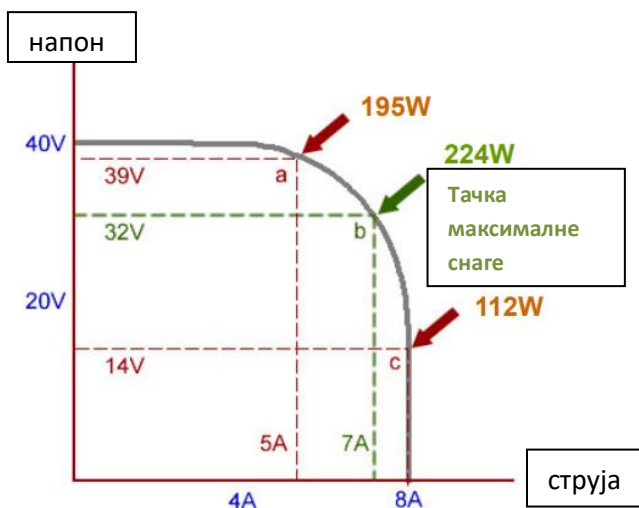
За дату област соларне ћелије [4], генерисана струја је директно пропорционална соларном зрачењу (S) и скоро је независна од температуре (T). Стога, с обзиром на то да сунчева светлост повећава излазни напон, снага опада са повећањем температуре. Напон кристалних ћелија се смањује за око 0.5 процената по степену повећања температуре. Због тога, низове треба монтирати на најсунчанијим местима (без сенке) и одржавати што је могуће хладнијим тако што се омогући кретање ваздуха изнад и иза низа.

Такође на ефикасност соларног низа соларних система утичу ефикасност инвертера, температурни губици, губици у кабловима, утицај смањене инсолације, утицај прашине и покривања, ...



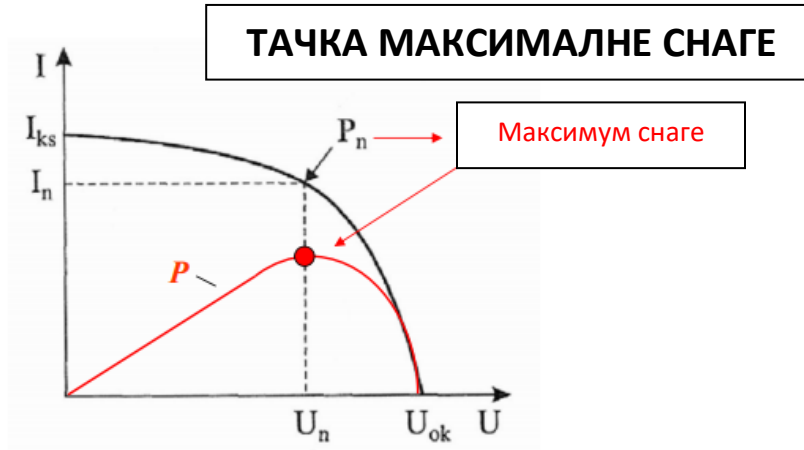
Слика 8 Зависност струје и напона од осунчаности (озрачености) панела тзв. U - I карактеристика [4]

Струја кроз спољашње електрично коло зависи од густине Сунчевог зрачења (G) и остаје иста за широки опсег напона спољног кола. [4]



Слика 9 U - I карактеристика и тачка максималне снаге [4]

Максимална снага ФН панела представља најповољнији однос напона и струје при максималној озрачености.



Слика 10 Дијаграм тачке максималне снаге [4]

Максимална снага под номиналним условима се одређује стандардним условима испитивања. I_n и U_n представљају номиналне вредности струје и напона

4.4 Струја и соларни панели

ФН панели производе једносмерну струју, која се означава ознаком ДЦ. То је иста врста електричне енергије коју производи акумулатор аутомобила или друге батерије.

Електричну струју карактеришу напон, јачина и отпор.

ФН панели имају три различите вредности напона које је потребно разумети.

- Номинални напон (U_n): представља стварни напон у реалном времену. Стварни напон са панела мења се како се мења светлосно и температурно стање, тако да никада не постоји исти напон на којем панел ради. Номинални напон нам омогућава, да се осигура компакбилност панела са датим системом.
- Напон максималне снаге или V_{mp} (напон на панелу је означен овом ознаком: V , као електрични потенцијал) : Ово је највиши напон који панел може да произведе док је повезан у систем и ради у оптималним условима.
- Напон отвореног кола или V_{oc} : Ово је максимални напон који панел може постићи када није повезан на електрично коло или систем. V_{oc} се може мерити помоћу мерача који је директно повезан на терминале панела или крајеве уграђених каблова.

Панели такође имају две различите јачине струје: (I_{mp}) и (I_{sc}), обе наведене у Amp.

I_{mp} : Максимална снага струје, слична V_{mp} : то је максимална струја доступна када панел ради на најбољем степену искориштености у електричном колу. Може се мерити редно постављеним амперметром, када су укључени потрошачи у систему.

I_{sc} : Струја кратког споја, најјача вредност струје коју панел може издржати без оштећења. Мери се амперметром директно на терминалима или излазним кабловима ФН панела, редним повезивањем, када излазни кабл није повезан са системом или оптерећењем, већ се намерно или случајно оствари кратки спој на инсталацији после панела. Панел треба да има осигурач који ће прекинути струјно коло у случају оваквог споја и сачувати га од оштећења.

Све ове електричне карактеристике користе се за одређивање величине ФН система и компоненти. Ове спецификације могу се наћи на етикети на сваком соларном модулу, као и на спецификацијама произвођача. Вредно је напоменути да се оцена излазних снага соларних модула заснована на томе шта модули производе под лабораторијски контролисаним условима, под називом Standard Test Conditions (STC). STC омогућава да се соларни панели међусобно упоређују користећи исту метрику. Међутим, пошто ове струје представљају идеалне лабораторијске услове, вероватно је да ће модул произвести нижу снагу у стварној употреби. Номинална снага на панелу једнака је његовом радном напону помноженом са његовом радном струјом: $Watts = \text{Напон} \times \text{amps}$. Количина енергије у Watt-сатима коју плоча произведе је производ Watt-а панела и број сати Сунчеве светлости пуног интензитета које прима.

На пример, соларни панел који има излаз од 100 W за два сата произвешће 200 ватних сати енергије. Вредности инсолације (време излагања Сунчевој светлости) су такође везане за STC и заснивају се на локацији. Оне се могу наћи у табелама података за већину локација у свету. Стварни број Watt-сати које ће плоча произвести вероватно ће бити мањи од теоријске вредности због многих фактора који утичу на ефикасност компоненти система.

4.5 Локација и орјентација соларног низа соларних система, утицај сенке, нечистоће на ефикасност

Локација ФН панела је критична за њихову производњу енергије, како географска, тако и локална.

Места ближе екватору добиће више сунчеве светлости (које се такође се назива и зрачење) током читаве године него места даље на северу или на југу.

Соларни панел инсталиран на Флориди ће произвести више енергије током једне године него идентичан панел инсталиран у Северној Немачкој. Исто важи и за Србију, постоје места која имају већу или осунчаност и може се наћи на табелама просечна осунчаност за дата места.

Нормално, у пракси, ако желимо да поставимо ФН систем, не можемо утицати на осунчаност региона, али можемо искористити дате околности оптималним постављањем система.

Што више зрачења стигне на ФН панел, он ће произвести више електричне енергије. Још један фактор који ће утицати на електричну излазну снагу соларног низа је усмерена оријентација модула. Дакле, тако је и са соларним панелима: они дају најбоље резултате када су окренути према југу (на северној хемисфери) како би добили максималну експозицију док сунце путује са истока на запад.

На северној хемисфери, угао нагиба једнак локалној географској ширини обезбеђује најбољу производњу током целе године. Угао нагиба једнак локалној географској ширини минус 15 степени ће помоћи летњој производњи, док ће угао једнак географској ширини плус 15 степени погодоваће зимској производњи.

ФН модули су веома осетљиви на сенку. За разлику од соларног термо-панела који може да толерише слабу сенку. Многи брендови ФН модула не могу чак ни да толеришу сенку грана без листова, при чему им производња енергије опада и за 80%.

При избору локације за изградњу ФН система пресудну улогу има осунчаност, тј. место са минималном осенченошћу и то гледано за период целе године, нарочито између 9 и 15 часова.

Препреке које стварају сенке могу се дефинисати као меки или тврди извори. Ако је грана дрвета, отвор на крову, димњак или други елемент који ствара сенку издалека, сенка је дифузна или распршена. Ови меки извори значајно смањују количину светлости која се налази у ћелији модула. Чврсти извори су дефинисани као они који спречавају да светлост доспе до ћелије, као што су ћебе, гране дрвета, птичји измет или слично, седење директно на стаклу. Ако је само једна ћелија цела прекривена тврдом сенком, напон тог модула ће пасти на половину своје вредности како би се заштитио. Уколико је довољно ћелија тврдо осенчена, модул неће претварати енергију, а постојаће и мали одлив енергије целог система јер се неосунчани модули понашају као потрошачи, а временом могу да се оштете, прегоре, јер се у такве ћелије шаље сва струја из панела.

Мора се водити рачуна о објектима који могу правити сенку на низу у различитим сатима током године у зависности да ли сунце путује више или ниже на небу. Локација која у јуну не добија никакву сенку, може бити под сенком значајан део дана у децембру. Уколико је

близини млада шума, рецимо, она може представљати озбиљну сенку за пар година и на таквим местима не треба постављати ФН системе.

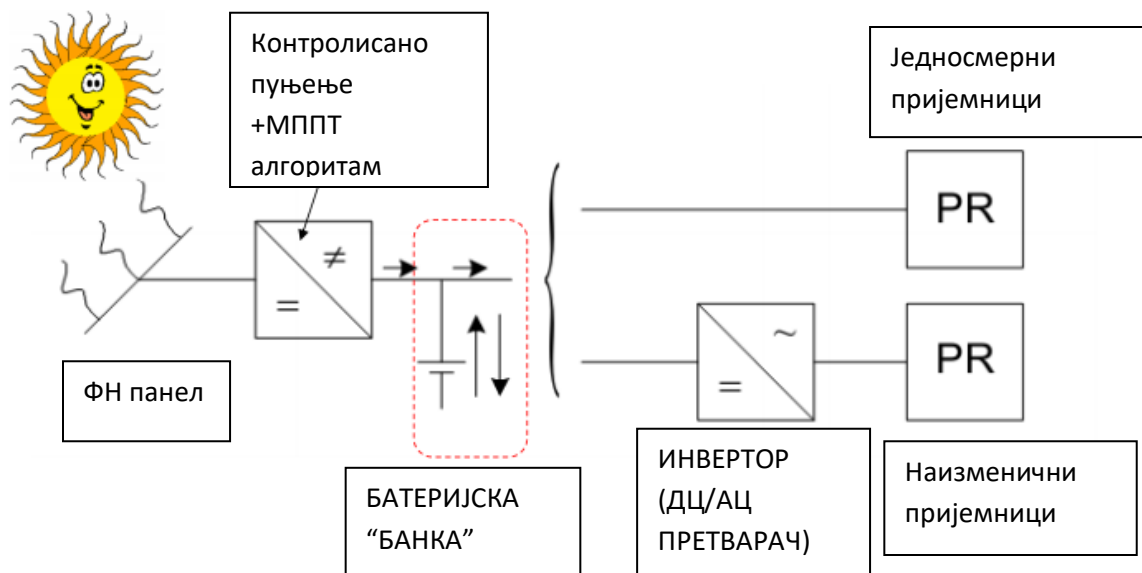
При постављању соларног низа користи се компас а професионалци користе и Соларни Pathfinder као корисно средство за одређивање оптималне локације за производњу соларне енергије.

На ефикасност система такође утичу: ефикасност инвертера, температурни губици, губици у кабловима, утицај сенке, утицај смањене инсолације, утицај прашине и покривања, ...

4.6 Типови фотонапонских система

По начину дистрибуирања и коришћења добијене електричне енергије са ФН панела делимо системе на:

-Off-grid систем, самостални или аутономни [4]



Системи који се примењују у тешко приступачним областима, војсци, пољопривреди, терену и у домаћинствима. Нису зависни од спољног снабдевања струјом, производе струју за затворени систем, обично врше акумулирање једносмерне струје преко регулатора у акумулаторе, могу у систему снабдевати једносмерне потрошаче струје, а

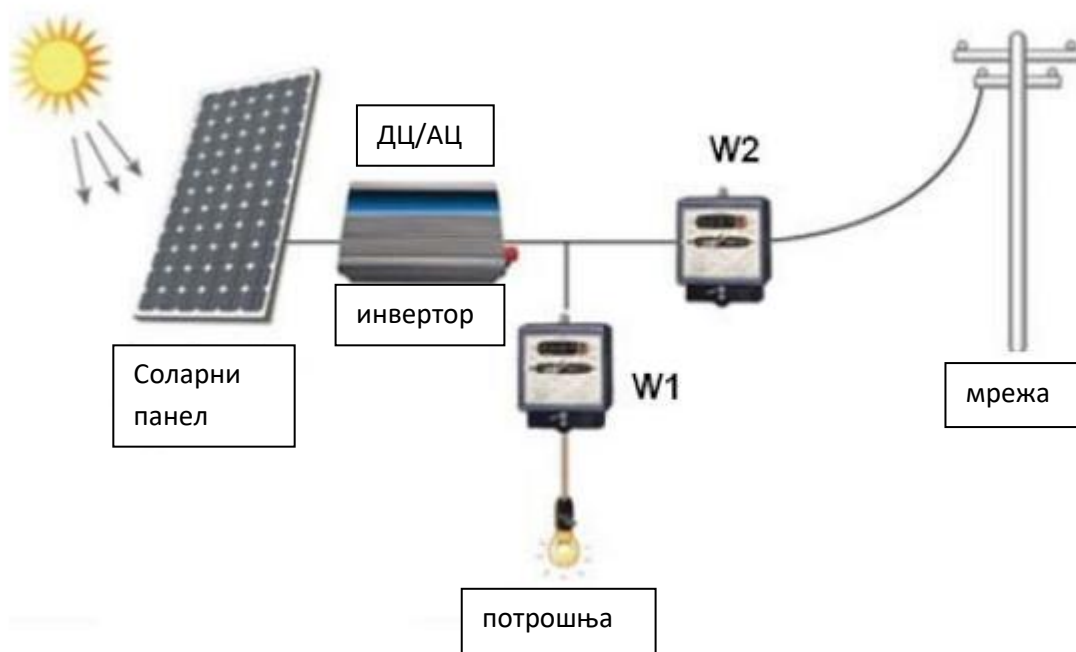
могу преко претвараача акумулирану струју трансформисати у наизменичну и користити је и када нема осунчаности. Обично су мале снаге и рачунају се према потреби уређаја који се користе у систему. Предност система је потпуна независност од ЕД система, а недостатак оваквих система је могућност губитка ел.енергије при дугим периодима без довољне осунчаности панела, ограничен век акумулатора, као и цена система, која је висока због улагања у акумулаторе.

-On-grid систем, везан на систем електродистрибуције [4]



Најчешће коришћен систем, јер омогућава несметану потрошњу струје и када нема осунчаности, везује се у систем ЕД. Када има осунчаности, струја се шаље у ЕД мрежу, а са мреже се троши потребна енергија, независно од количине произведене струје. Произвођач плаћа утрoшену енергију, а наплаћује произведену, тако да је добит зависна од ове разлике. Производња и потрошња се прате преко специјалних бројила. Струја са панела се претвара преко инвертера у наизменичну и шаље у систем.

-Комбиновани, хибридни [4]

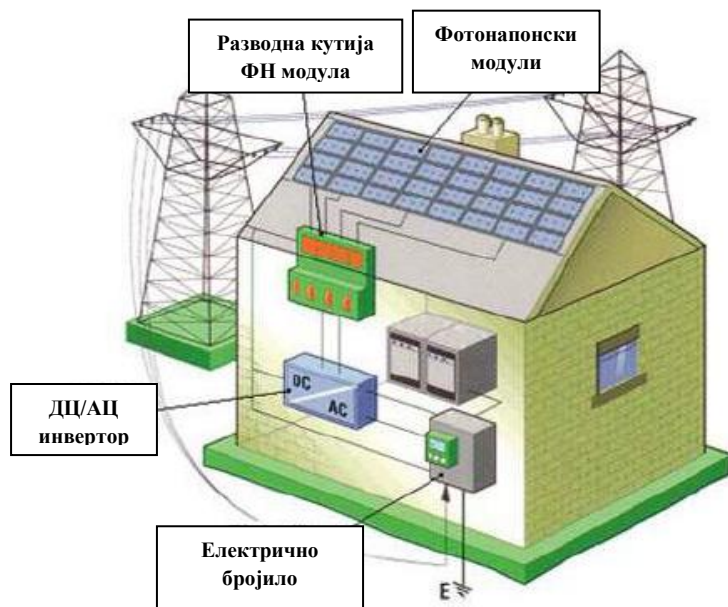


Хибридни представља комбинацију претходна два система. Струја са панела преко претварача и регулатора пуни акумулаторе, вишак иде у систем. Касније кад нема осунчаности, троши се струја са акумулатора, а у случају да се акумулирана струја потроши, укључује се струја из ЕД мреже. Овај систем се може оценити као најбољи а једина мана му је цена која је виша од осталих система. Потрошња и производња се прате преко два бројила.

5 Примена фотонапонских соларних система

У зависности од потреба, системи се пројектују за кућну и комерцијалну употребу, пољопривреду, војску, разне теренске потребе, свемирска истраживања, осветљење, сабраћај итд.

5.1. Кућни системи повезани на електричну мрежу



Слика 11 Типичан кућни ФН систем [3]

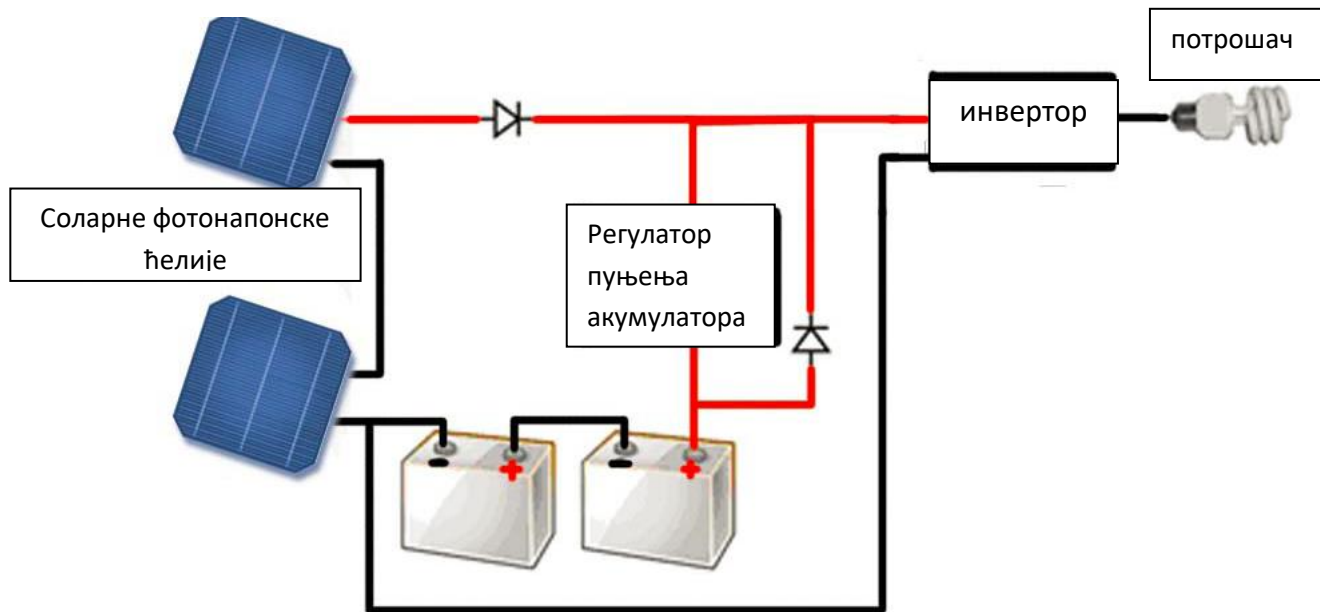
Најчешћи вид примене и коришћења ФН панела у домаћинствима (слика 11) је управо On-grid систем, где се сва струја са осунчаних ФН панела трансформише преко специјалних претварача у наизменичну струју и дистрибуира према ЕД систему, а троши истовремено потребну енергију са ЕД система, с тим што се преко посебних бројила мери количина енергије која се произведе и потроши. У случају спољног нестанка струје постоји посебан уређај који кућни систем одваја, тј. искључује из система, да не може доћи до тога да кућни систем шаље струју у ЕД мрежу. Први разлог је елиминисање могућности да неко страда при поправци кvara на ЕД систему управо због струје која би евентуално дошла са кућног система, а други је тај што би дошло до кvara на кућном систему због преоптерећења истог, уколико би струја ишла у систем.

Други вид кућног система везаног на ЕД мрежу је наведени хибридни систем, са посебним претварачем, који део струје са панела шаље у акумулаторе, а вишак у систем.

Овај систем је скупљи али омогућава и ноћну потрошњу са кућног система преко претварача који троши акумулирану енергију са акумулатора, док је има.

Хибридни систем захтева одржавање акумулатора и посебну просторију, акумулаторску станицу, због могућих испарења као и периодичне замене акумулатора.

5.2 Претварање Сунчеве енергије у једносмерну електричну, једносмерне у наизменичну, регулација напона са ФН панела



Слика 12 Соларни фотонапонски систем

Принцип рада фотоћелије је објашњен у тачки 3.1 . Фотоћелије су повезане у систем (слика 12.) који чини један фотонапонски (ФН) панел. Од површине коју чини једна ћелија зависи јачина струје, а од броја повезаних фотоћелија-напон.

Тако имамо ФН панеле различитих снага и напона. Сваки има означене своје карактеристике на једној залепљеној плочици на полеђини панела. Обично, што је већи панел, већа му је и снага, јер прима више Сунчевог зрачења.

Струја генерисана са панела је једносмерна, зависно од изведбе и типа, са напоном од 12 до 40 v . Ова струја се у инвертеру електронски претвара у наизменичну и када систем почиње да ради, када му струја побуђивања то омогући, прво се синхронизује са системом ЕД на који је повезан, улази у такт од 50Hz и мора да постигне напон од 220-230v по фази.

Уколико је претварач трофазни, напон између фаза је 380 v и синхронизује са по фазама струје са система ЕД. Ово важи за **On-grid** систем.

Уколико је тип система комбиновани, тј. **хибридни**, део струје са панела се преко регулатора преводи у стабилан једносмерни напон за пуњење акумулатора, а вишак иде преко другог дела претварача и трансформише се у наизменичну и упућује у мрежу ЕД.

Код система аутономног типа, **Off-grid**, Струја са панела се преко регулатора напона упућује на пуњење система акумулатора, а са акумулатора се користи или као једносмерна (ДЦ) или преко претварача као наизменична струја (АЦ) која се користи за покретање уобичајених кућних апарата.

5.3 Начини акумулирања вишка енергије

Постоји више могућих начина складиштења струје добијене са ФН система.

Уступање вишка струје ЕД: Ако је систем везан за ЕД мрежу **On-grid**, један од могућих начина је да се произведена струја у летњим месецима и данима са довољно осунчаности, шаље у систем ЕД, а троши у зимским месецима, тј. оно што је мерило одбројало "уназад" кад се произвело више струје, враћа у домаћинство. Рекло би се, као позајмица која се враћа.

Ако користимо аутономан, **Off-grid**, вишак енергије се акумулира у акумулаторима. Кад се акумулатори напуне, вишак струје са панела се може користити, рецимо, за грејање воде па и на тај начин складиштити енергију.

Овако сачувана енергија се може практично и пренети, тј. транспортовати са места где је акумулирана на неко друго, где ће се трошити, преношењем акумулатора, или других пуњивих система, рецимо, електромобили, електробицикле итд.

5.4 Могућност продаје електричне енергије

Уколико се направи систем који стабилно производи струју са ФН панела и има је вишка, стварају се услови за продају вишка енергије.

ФН систем мора испуњавати техничке услове да би се извршио технички пријем система и одобрило од стране ЕД да систем може бити прикључен на мрежу. Уређаји који су уграђени у систем морају имати неопходан атест и да испуњавају услове завода за стандардизацију. Такође се мора склопити уговор са Електропривредом о продаји електричне енергије.

Наша земља се обавезала међународним споразумима и у области обновљивих извора енергије, где између осталог, спада и производња тзв. соларне струје и то актима из 2012.године, где се уводи појам домаћинства као малог произвођача електричне енергије.

Један од услова за то је лиценцирани систем од произвођача који има атест у Србији, тако да се може вршити дистрибуција струје ка ЕД и та количина енергије измерити.

6 Коришћење технологије фотонапонских ћелија у Србији и Европи

Примена ФН система у Европи је различита по квалитету и квантитету на подручју целе Европе. На западу се користе савремени ФН системи како у виду великих соларних електрана тако и у приватним домаћинствима и привредним објектима.

Ако кренемо од Мађарске према западу, преко Аустрије, видећемо свуда око аутопута велике системе ветрогенератора, ветропаркове на огромним површинама. То је у равничарским пределима где има сталних ветрова. Такође ћемо већ у Аустрији видети и мноштво ФН панела на преко 30% приватних кућа, на крововима предузећа и штала, а веома често на огромним површинама и на њивама и брежуљцима окренутих према југу, могу се видети соларни паркови површина од десетак ари до неколико хектара површине. Што се више одлази према западу, мање или више је ситуација слична. У тим земљама је развијена свест о обновљивим изворима енергије и енергији Сунца. Државе ових земаља активно субвенционишу свакога који жели да стави на свој кров један соларни систем. Без великих компликација се, уз бесплатну израду пројекта и са 50% субвенције од стране надлежне општине заинтересованима омогућава да израде ФН систем.

Треба напоменути да државе запада имају висок стандард, и да имаоци кућа с обзиром на високу цену електричне енергије, желе да уштеде и да зараде, што је њихов интерес, а интерес државе је да растерети свој енергетски систем и створи вишак струје који ће моћи да извезе у интегрисани енергетски систем Европе, онима који немају довољно у датом моменту.

У већем делу Европске уније цена струје коју плаћа потрошач је била нижа од цене коју држава плаћа произвођачу зелене енергије, тако да се на истој количини испоручене и потрошене енергије могло зарадити. Како се ово тржиште нагло проширило и понуда соларне струје постала већа, тако сада пада и цена ове струје, па електроенергетски системи плаћају далеко нижу цену него пре једне деценије. Ово је што се тиче кућних система везаних за ЕД мрежу.

Све више је соларних система (слика 13.) које пољопривредници инсталирају на кровове штала и на неким њивама. Ово су системи са инсталисаним снагама од 50 па чак и до 1000 kW/h по једном сеоском домаћинству, којим се зарађују додатна средства. Често, власници великих кровних површина, који не желе или не могу да инвестирају у овакав систем, дају своје кровове у најам па други инвеститори граде и плаћају закуп површине.



Слика 13 Соларни систем на крову пољопривредног објекта

Слична ситуација је и у осталим развијеним земљама Европе где има иоле исплативог периода осунчаности. Највише је кровова искоришћено у Немачкој, где скоро свака фабрика има и соларни систем, мада се не могу похвалити са превише сунчаних дана, али сама свест о бесплатној и чистој енергији и сарадња државе са привредницима доводи до резултата да је у Немачкој данас учешће обновљивих извора чак 48% у укупном снабдевању електричном енергијом, од тога ФН системи имају чак 20% учешћа.

Србија је, нажалост, далеко од оваквих резултата, јер уз недостатак свести о очувању природе, река и потока, небригу државе, а и већине грађана, у целу причу брутално провлачи низак животни стандард и инерција бирократског апарата.

Званично, Србија нема ни 0,2 % електричне енергије добијене са ФН система. Сама ЕД наводи да има око 22% енергије из обновљивих извора, али ту се рачунају и хидроцентрале, чак и мини-хидроцентрале, од којих већи број не испуњава норме о утицају на животну средину и предмети су озбиљних полемика.

6.1 Анализа цена и исплативости ФН система у Србији и Европи

Да би се анализирао исплативост ФН система, треба поћи од цене струје коју потрошач плаћа ЕД, количине која је потрошачу потребна на годишњем нивоу, ефективности и цене ФН система који инвеститор-потрошач себи може да приушти, субвенције државе и цена коју држава плаћа инвеститору, по јединици произведене енергије.

У мале соларне електране спадају системи снаге до 30 kW, за које не треба имати регистровано предузеће, већ је довољно имати регистровано домаћинство.

Приватна домаћинства, у већем броју случајева могу себи приуштити системе од 5 до 10 kW, јер то у неким оптималним условима покрива потребе једне петочлане породице.

Пример 1:

Систем од 7,5 kW:

- ФН панели снаге 250W , 1650 x 950mm комада 30, цена по комаду 100€	3000€
- Каблови за повезивање панела	100€
- Носећа конструкција, основна верзија	300€
- Регулатор-претварач напона	2000€
- Мерна јединица	100€
- Рад	400€
Цена система, оријентационо:	6000€

Површина потребна за инсталацију: 10 x 5м

За подручје централне Србије је просечно време осунчаности (T)1400 сати у години.

Максимална снага система:

Ефикасност система $\eta = 0,8$

Ps-снага система, P-снага појединачног панела, n-број панела

Снага система $P_s = P \times n$ (снага појединачног панела помножен са бројем панела)

Укупна енергија $W = P_s \times \eta \times T$ (рад система-енергија)

$$W = 7,5 \times 0,8 \times 1400 = 8400 \text{ kWh}$$

feed-in тарифа: 0,146€/ kWh

Годишњи приход од ел.енергије: 1226€

Рок исплативости система: $T_i = \text{Уложена средства/годишњи приход}$
 $T_i = 6000\text{€} / 1226\text{€} = 4,9 \text{ године}$

Највећи допринос овако кратком року исплативости дао је пад цена ФН панела, који су, примера ради, 2012. коштали 1,5€ по вату снаге, а данас коштају испод 0,5€ по вату.

Немачка - Северна Рајна-Вестфалија

Исти параметри система,

Просечна осунчаност: 1000 сати
 $W = P_s \times \eta \times T \rightarrow W = 7,5 \times 0,8 \times 1000 = 6000 \text{ kWh}$

feed-in тарифа: 0,09€ / kWh

Годишњи приход од ел. енергије: **540€**

Рок исплативости система: $T_i = 6000\text{€} / 540\text{€} = 11,11 \text{ година}$

Снага за 1m² ФН панела 200-250 W, новији-модернији ФН панели и до 330 W.

Пример 2:

Прорачун годишње производње соларних ФН панела:

$$E = A \eta I \eta_{PR}$$

где су: E (kWh) укупна произведена годишња електрична енергија, η (-) номинална ефикасност ФН панела, I (kWh/m²) годишња Сунчева инсолација на дату површину и η_{PR} (-) ефикасност система и утицаја (ефикасност инвертера, температурни губици, губици у кабловима, утицај сенке, утицај смањене инсолације, утицај прашине и покривања, ...).

Реалне вредности за η_{PR} се крећу око 0,5-0,9.

Годишња производња панела:

$$A = 1,65 \times 0,95 \times 30 = 47 \text{ m}^2$$

$$\eta = 0,15 \text{ (усвојено)}$$

$$\eta_{PR} = 0,7 \text{ (усвојено)}$$

$$I = 1400 \text{ kWh/m}^2 \text{ (за Србију) i } 1000 \text{ kWh/m}^2 \text{ (за Немачку)}$$

$$E = 47 \times 0,15 \times 1400 \times 0,7 = 6909 \text{ kWh (за Србију)}$$

$$E = 47 \times 0,15 \times 1000 \times 0,7 = 4935 \text{ kWh (за Немачку)}$$

Исплативост за feed in тарифе за Србију и Немачку (20,66 eurocenti/kWh i 9 ес/kWh) и за реалне цене струје за Србију и Немачку (7 eurocenti/kWh i 35 ес/kWh) (четири исплативости).

Добит на годишњем нивоу за Србију:

$$D = E \times C_{fdn} , \quad D = 6909 \times 0,2066 = 1427,4\text{€}/\text{god}$$

$$\text{Уложена средства: } S_u = 6000\text{€}, \quad \text{Време исплативости } T_i = S_u / D$$

$$T_i = 6000\text{€} / 1427,4\text{€}/\text{god} = \mathbf{4,2 \text{ године}}$$

Немачка:

$$D = E \times C_{fdn} , \quad D = 4935 \times 0,09 = 444,15\text{€}/\text{god}$$

$$T_i = 6000\text{€} / 444,15\text{€}/\text{god} = \mathbf{13,5 \text{ година}}$$

Закључак: Инвестиција је по основу feed in тарифе исплативија за преко три пута, тј. , рок отплате је три пута краћи у Србији него у Немачкој.

По основу реалних цена:

Однос цена feed in тарифе и цене струје у Србији:

$$C_{fdn} = 0,2066\text{€} \quad (\text{ feed in тарифа})$$

$$C = 0,07\text{€/kWh} \quad (\text{ цена електричне енергије})$$

$$k_1 = C_{fdn} / C = 0,2066/0,07 = \mathbf{2,95}$$

Закључак: за исту количину произведене и утрошене количине енергије, зарада има однос 1 : 2,95 тј. , један произведени kWh зарађује 2,95kWh утрошене струје.

Немачка:

$$C_{fdn} = 0,09\text{€} \quad (\text{ feed in тарифа})$$

$$C = 0,35 \text{ €/kWh} \quad (\text{ цена електричне енергије})$$

$$k_2 = C_{fdn} / C = 0,09/0,35 = \mathbf{0,257} \rightarrow 1/0,257 = 3,89$$

Закључак: да би се зарадио потрошени kWh струје, мора се произвести 3,89 kWh са ФН система.

По основу односа реалних цена струје и feed in тарифа у Србији и Немачкој, долази се до рачунице:

$$k_1/k_2 = 2,95 / 0,257 = \mathbf{11,48}$$

Значи да, по основу односа feed in тарифа у ове две земље, у Србији је скоро 11,5 пута исплативија производња струје са ФН система него у Немачкој.

Цена улагања у Немачкој је за исту опрему за 100% виша, због виших цена материјала и радне снаге, али је предност што се у скоро свим општинама може добити субвенција од око 50% . Тако, цена улагања у Немачкој и у Србији је иста, за инвеститора на домаћинству, feed-in тарифа је тренутно 9 еуроценти по киловату.

Предност Србије је у повољнијем односу сунчаних дана и тренутно вишој цени feed-in тарифе којом држава стимулише изградњу ФН система, тако да је период исплате инвестиције у Србији краћи него у Немачкој.

У Европи је, због вишег животног стандарда, страха од климатских промена, развијена друштвена свест о очувању и оздрављењу природне средине, тако да се и поред мање исплативости ФН система у поређењу са стањем од пре 2005. они све више уграђују и повећавају свој удео у обновљивим изворима.

Улагање у ФН системе је исплативо јер ова постројења имају ниске трошкове одржавања и не траже додатно ангажовање радника, а могуће је са државом уговорити feed-in тарифе на период од 12 година (**Закон о енергетици, 2014.год**). Ово улагање је перспективно , јер је тржиште ел.енергије прилично стабилно и доноси сигурну добит. Како ће се ова област развијати зависи и од нафтног монопола, цена сирове нафте, прилика у свету, а и од унутрашње политике у Србији у смислу стварног препознавања важности обновљивих извора и да ли ће држава у будућности новим улагачима, по објективним критеријумима давати статус повлашћених произвођача.

Тешко је, са становишта недостатка познавања правих чињеница вршити поређење реалних параметара у Србији и Европи, где мислим на западну Европу, јер доступних података има само уопштених, тако да допуштам малу грешку у поређењу актуелног стања ствари у области коришћења и комерцијалног аспекта ФН система.

Као параметар могу узети у разматрање Немачку, као једну од лидера у коришћењу ФН система, како у домаћинствима, тако и већих система, што у власништву приватних компанија, што у власништву разних комуналних предузеће или неких других институција.

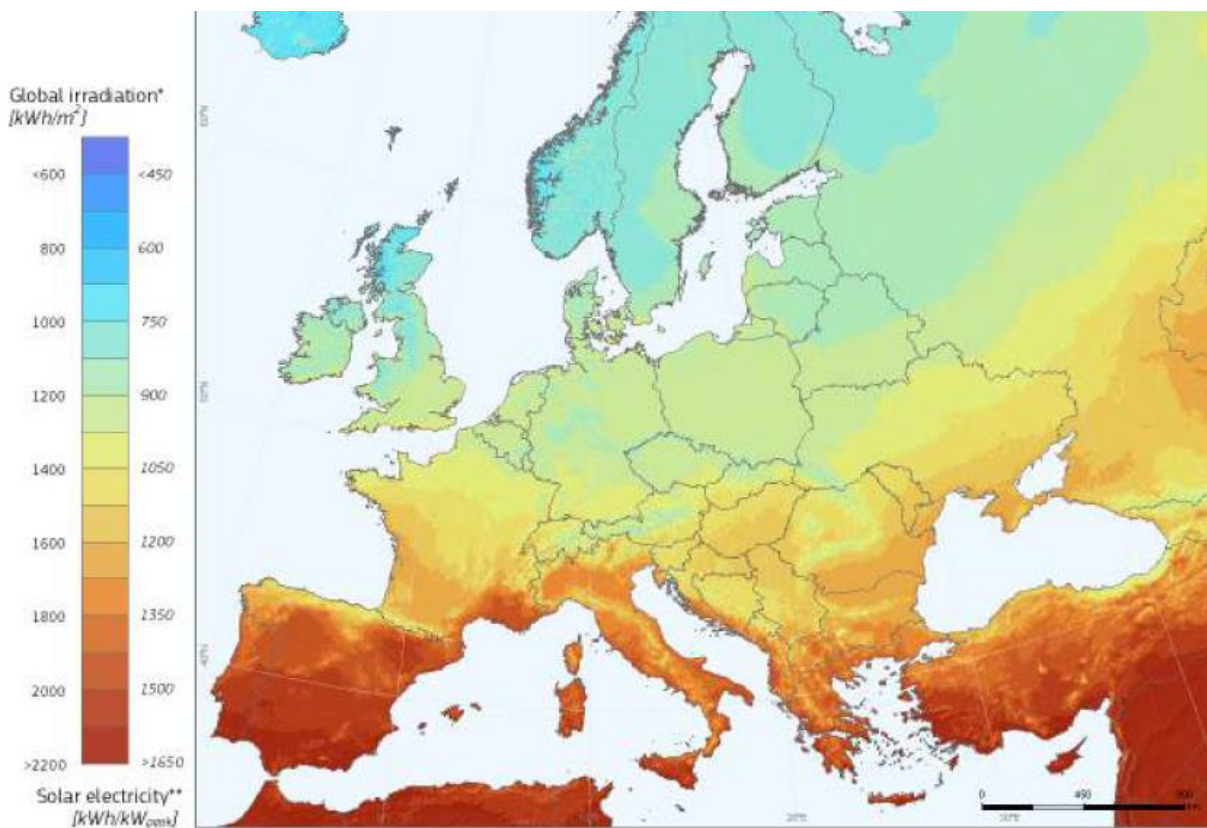
Сви потенцијални или већ присутни произвођачи електричне енергије са ФН панела имају у Немачкој једнак третман код државе, тако да добијају бесповратна средства у неком износу, а у другом делу могу добити веома повољне кредите за остатак потребног капитала за улагање у систем. До пре пет година та средства су била чак и до 100% бесповратна, са обавезом да се после техничког пријема сва струја испоручује ЕД мрежи, а касније, како је изградња ФН система узела маха, субвенције су нешто смањене, али и у

овом тренутку чине око 50% на пројектовану вредност система. Кредити су и даље за ову намену веома повољни, а извођачи радова су субвенционисани делом од локалне самоуправе-града, тако да скоро 50% домаћинстава има на својим крововима ФН системе. 2005. године Немачка је плаћала струју са ФН система чак до 0,4€ за 1 киловатчас, што је довело до масовне уградње свуда где се то могло и ко је могао па је временом омасовљавањем ових система и feed-in тарифа пала на садашњих 0,09€ по киловатчасу.

Како лети има вишка енергије, тако потрошачи ипак направе добит јер много више произведу него потроше. Уградњом система потрошачи, у ствари доприносе гашењу термоцентра на угаљ и праве вишак струје лети, па зими повлаче из система оно што су уштедели .

По закону о енергетици, струја из обновљивих извора се код нас, у Србији, плаћа 0,146€ по киловат-часу и исплативост је већа него у Европи.

Ако се узме просечан број осунчаних часова који се у Србији креће од 1500 до 2000 у години, лако се долази до закључка да Србија као регион има много краћи период исплативости него западна Европа.



Слика 14 Приказ Соларног потенцијала у Европи [2]

6.2 Субвенције у Србији и у Европи за развој фотонапонских система

Влада Србије је године 2014. донела уредбу којом су дефинисане тзв. feed-in тарифе, где се произвођачима плаћа од 0,124€ по киловатчасу (за соларне електране на земљи) до по киловатчасу(за соларне електране на објектима). Ово важи за електране до 30 kWh, значи, мали произвођачи и домаћинства. Код већих система је та тарифа нешто нижа, од 0,9€ на земаљским до 0,12€ на објектима.

Уговор се склапа на 12 година. Са овако стимулисаним откупом, могуће је финансирати соларне електране, тако да период исплативости буде између 8 и 10 година.

Ова уредба дефинише и услове под којима се добија статус повлашћеног произвођача електричне енергије.

Дефинисана је и укупна инсталисана снага соларних електрана која може бити предмет добијања субвенционисаних тарифа, значи, квоте за један временски период.

Тренутно прописане квоте Владе Републике Србије за соларне електране износе 10MW, а то је подељено на следећи начин:

- 4MW за соларне електране на објектима, с тим да је половина ове снаге предвиђена за мале соларне електране до 30kW, а друга половина за соларне електране од 30 до 500kW;
- 6MW прописано је за соларне електране на земљи.

Што се тиче субвенција за куповину и инсталацију ФН система, ту је ситуација различита у различитим локалним самоуправама. Најдаље се отишло у Војводини, јер је постојала иницијатива и традиција соларних система нарочито код пројеката Техничког факултета Михајло пупин из Зрењанина, па су њихови пројекти финансирани и реализовани делом од субвенција покрајинске владе, преко повољних кредита или чак и бесповратних средстава.

6.3 Исплативост инвестиције у фотонапонски систем у Србији и Немачкој

Упоређујући ситуацију у Немачкој и Србији, долази се до закључка да су подстицајне мере у Србији задњих година у већој мери стимулативне за потенцијалне инвеститоре него у Немачкој. Само, треба нагласити да је у Немачкој распрострањеност соларних система масовна и након попуњеног упитника на интернету, у року од 24 сата заинтересоване

субјекте контактирају агенције које нуде бесплатну процену трошкова инсталације и прикључка система и излазе на терен како би направиле што повољнију понуду.

У упитнику се налазе питања следеће садржине:

- да ли заинтересовани жели да има ФН панел у свом власништву
- да ли можда жели да изнајми опрему и плаћа најам за исту
- да ли жели да изнајми објекат за инсталацију ФН система и да за то добије накнаду
- да ли жели државне субвенције да би направио ФН систем
- да ли је потрошач заинтересован да системом смањи свој трошак за ел.енергију или жели да продајом зарађује
- које снаге треба да буде систем

Тамо где држава функционише правилно, тј. нема повлашћених ни запостављених, где се ради по закону и постоји стабилност на тржишту и у политици, може се и радити нека рачуница око исплативости ФН система.

Тако, у том случају, Немачка представља један од репера за развој обновљивих извора ел.енергије где је сваки новоизграђени ФН систем на домаћинствима добродошао, по скраћеним и неопходним процедурама се пројектују, уграђују и примају у систем.

На интернету се налазе многобројне понуде и упоредне табеле за потрошаче и наводе их да пронађу најефикаснији и најјефтинији начин да дођу до своје соларне електране.

Локалне самоуправе су на себе преузеле обавезу да омогуће свима заинтересованима да направе свој ФН систем и прикључе се на ЕД мрежу.

Улагање у ФН системе је исплативо јер ова постројења имају ниске трошкове одржавања и не траже додатно ангажовање радника, а могуће је са државом уговорити feed-in тарифе на период од 12 година (Закон о енергетици, 2014.год). Ово улагање је перспективно, јер је тржиште ел.енергије прилично стабилно и доноси сигурну добит. Како ће се ова област развијати зависи и од нафтног монопола, цена сирове нафте, прилика у свету, а и од унутрашње политике у Србији у смислу стварног препознавања важности обновљивих извора и да ли ће држава у будућности новим улагачима, по објективним критеријумима давати статус повлашћених произвођача.

Немачка је једна од лидера у коришћењу ФН система, како у домаћинствима, тако и већих система, што у власништву приватних компанија, што у власништву разних комуналних предузећа или неких других институција.

Сви потенцијални или већ присутни произвођачи електричне енергије са ФН панела имају у Немачкој једнак третман код државе, тако да добијају бесповратна средства у неком износу, а у другом делу могу добити веома повољне кредите за остатак потребног капитала за улагање у систем. До пре десет година та средства су била чак и до 100% бесповратна, са обавезом да се после техничког пријема сва струја испоручује ЕД мрежи, а касније, како је изградња ФН система узела маха, субвенције су нешто смањене, али и у овом тренутку чине око 50% на пројектовану вредност система. Кредити су и даље за ову намену веома повољни, а извођачи радова су субвенционисани делом од локалне самоуправе-града, тако да скоро 50% домаћинстава има на својим крововима ФН системе. 2005. године Немачка је плаћала струју са ФН система чак до 0,40 € за 1 киловатчас, што је довело до масовне уградње свуда где се то могло и ко је могао па је временом омасовљавањем ових система и feed-in тарифа пала на садашњих 0,9 € по киловатчасу. Како лети има вишка енергије, тако потрошачи ипак направе добит јер много више произведу него потроше. Уградњом система потрошачи, у ствари доприносе гашењу термоцентра на угаљ и праве вишак струје лети, па зими повлаче из система оно што су уштедели .

По закону о енергетици, струја из обновљивих извора се код нас, у Србији, плаћа 0,146 € по киловат-часу, у Немачкој 0,9 €, ако се узме просечан број осунчаних часова који се у Србији креће од 1500 до 2000 у години, лако се долази до закључка да Србија као регион има много краћи период исплативости него Немачка.

6.4 Значај и оправданост обновљивих извора енергије, Закон о енергетици

Као што само име говори, обновљиви извори енергије, уопштено, чине сви они који, када се троше, ослобађају емисије које поново улазе у природне циклусе, да мало или уопште не загађују околину, а уједно се у природи и обнављају.

Када говоримо о обновљивим изворима енергије морамо имати у виду да нису сви обновљиви извори и еколошки. Рецимо, пример су шуме: сечењем шума, које су званично обновљиве , врши се у великој мери девастирање природе, јер је мало, бар у Србији контролисане сече шуме. Други аспект је загађивање ваздуха саоревањем дрвета, нарочито сировог, где се, уз повећану потрошњу огрева, ослобађа велики број штетних гасова.

Такозвани чисти извори су само они који у експлоатацији не штете природи и не остављају штетне материје по употреби.

Остали видови обновљивих извора су :

- Биогас, добијен ферментирањем органских материја, органског отпада, депонија или нуспродуката у пољопривреди.
- Водотокови, реке и потоци, тзв. минихидроцентрале, које су предмет опширних дебата и протеста због нарушавања еколошке равнотеже,
- Ветар, изградња ветропаркова
- енергија таласа, плиме и осеке итд.

Са еколошког аспекта, електрична енергија добијена од Сунца је најеколошкији начин добијања енергије. Зрачење Сунца је бесплатно, није ничије власништво и никад неће нестати.

Улагање у ФН системе је улагање у будућност, представља дугорочно решење и нуди дугорочни приход од електричне енергије.

Званично, у нашој земљи је донет 2014. **Закон о енергетици Републике Србије ("Службени гласник РС", бр. 55/05, 71/05 - исправка, 101/07, 65/08, 16/11, 68/12 - УС, 72/12, 7/14 - УС и 44/14)**, да би 2016. донела и **Уредбу о условима и поступку стицања статуса повлашћеног произвођача електричне енергије, привременог повлашћеног произвођача и произвођача електричне енергије из обновљивих извора енергије**, где се у ставу

1. Услови за стицање статуса повлашћеног произвођача електричне енергије за електрану, односно део електране , односно члану 3. па у тачки (7) и 7) помињу произвођачи обновљиве енергије на следећи начин:

Члан 3.

Енергетски субјект и физичко лице могу да стекну статус повлашћеног произвођача (у даљем тексту: повлашћени произвођач) за електрану, односно део електране:

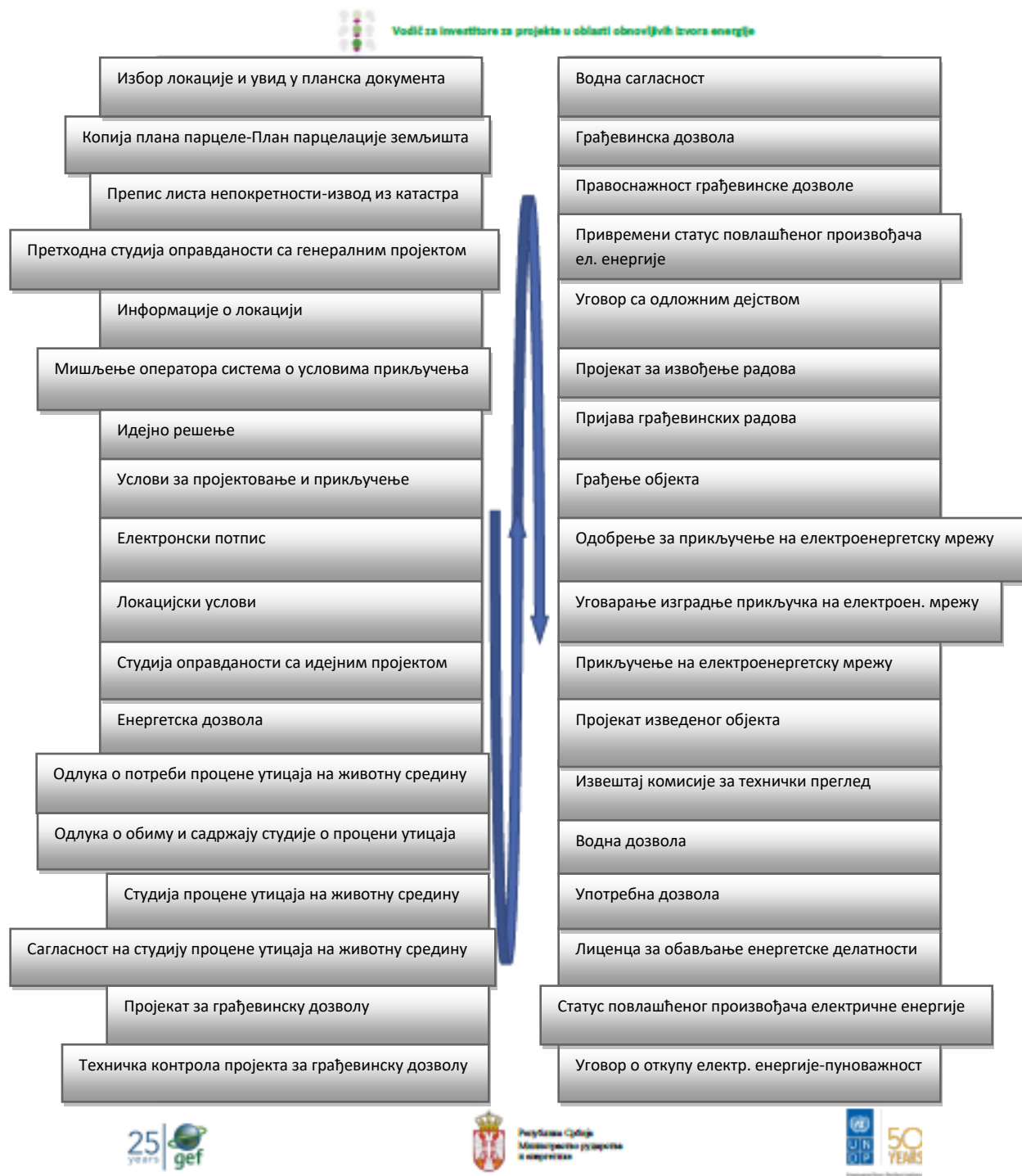
1) која у процесу производње електричне енергије користи обновљиве изворе енергије и испуњава услове у погледу инсталисане снаге и то у:

(7) соларној електрани, ако се у складу са одредбама ове уредбе утврди да је њена инсталисана снага мања или једнака слободном капацитету;

7) ако је подносилац захтева физичко лице, да инсталисана снага електране није већа од 30 kW и да нема статус повлашћеног произвођача за другу електрану; "..

[5]

где се може доћи до закључка да се за прикључивање једне соларне електране мора добити део капацитета које је држава предвидела за " издавање" у неком временском периоду, с тим што се домаћинства такође морају сврстати у тзв." повлашћене произвођаче " ел.енергије, што у многоне у пракси компликује и успорава развој ове области.



Слика 15 Потребна документа за продају ел.енергије са ФН система [5] (извор: водич за инвеститоре у ОИЕ, Министарство за енергетику и рударство)

Званично, држава субвенционирше "обновљиви" киловат-час струје са 0,146€ и тиме испуњава свој задатак пред потписаним приступним споразумом за чланство у ЕУ, а у

практи је то за домаћинство које жели да се укључи на ЕД мрежу са својим ФН системом- велика авантура са неизвесним крајем.

Посао обновљиве енергије је веома уносан, постоје подстицајна средства државе, али се, нажалост веома тешко остварују у пракси. Разлога за то има у недостацима спровођења закона и непознавању материје од стране оних који одобравају дозволе.

6.5 Закони ЕУ о примени обновљивих извора енергије и у Србији

Географски и политички Србија је европска земља, са тенденцијом да једном постане и чланица ЕУ, тако да се већ годинама наши закони прилагођавају ЕУ стандардима.

Закон о енергији је великим делом ослоњен на законе и правила који важе у ЕУ, а примена истих помало касни, као и све остало у Србији.

Велики проблем је у виду административних препрека и превазилажењу старих навика и закона о енергетици из прошлих времена, где ОИЕ нису били предвиђени у облику како се данас примењују у свету.

Томе треба додати и локалне навике, монополе, политичке проблеме и на крају корупцију и злоупотребу положаја политичких фигура, где се европска транспарентност у пословању ЕД система и приврженост еколошком опоравку и не примењују, бар не у мери која је неопходна за правилно функционисање друштва. Нажалост, поједине групације су овде виделе своју шансу за праће новца и велику шансу за зараду, па је дошло до наглог уништавања водотокова и природе под завесом изградње система МХЕ.

Срећом, постоји општа свест о потреби ОИЕ, па постоји и нада о бржим променама у овој области.

Закон о енергетици, тј. најновија уредба из 2016. представља званичан курс о обновљивим изворима енергије (ОИЕ) у актуелном времену. Он је у великој мери усклађен са захтевима закона у ЕУ.

7 Утицај коришћења ФН система на човекову околину

Сунчева енергија је најперспективнији облик енергије у смислу екологије. У визији Европске уније за фотонапонске системе одређено је да ће се до 2030. године у ЕУ инсталирати соларне електране чија ће снага достићи 200 Gw, што је 4% укупне светске

производње ел.енергије. До 2050. године сва произведена електрична енергија из соларних система требало би да достигне 25% од укупне ел.енергије произведене на класичан начин, у целом свету.

Електрична енергија произведена са ФН система не нарушава околину, представља чисту енергију без емисије штетних гасова. Мана му је да заузима велику површину да би се обезбедило довољно енергије, па је пожељно имати их на објектима. Системи се могу поставити на местима која имају слабу употребну вредност, на лоше земљиште, јаловишта, косе терене, стеновите терене, мочварне терене (после извесне санације) итд.

Релативно брзо и лако се монтирају, уз минималне трошкове изградње посебних објеката.

Недостатак који донекле оптерећује околину је сама производња соларних панела.

Технологија за производњу фотоосетљивих слојева на ћелијама панела је донекле токсична због присуства кадмијума као материјала. Сама прерада силицијума је такође енергетски захтевна.

Технологијом танких филмова се знатно смањује и овај аспект штетног утицаја на околину, што чини употребу ФН система релативно чистом технологијом.

7.1 Време повратка уложене енергије у производњу система

Повратак уложене енергије у производњу = $\frac{\text{Уложена енергија у производњу}}{\text{Произведена енергија у једној години}}$

Највећи део енергије се улаже у прераду силицијума као најчешћег материјала за израду ФН ћелије. Он се загревањем топи а касније хлађењем претвара у кристалну полупроводничку структуру.

Време враћања уложене енергије у овај процес је око 3 године, што није занемарљиво.

7.2 Енергетска сигурност

Када се говори о ограничењима, треба поменути да постоје нека природна и техничка ограничења. ФН панели не производе струју ноћу, кад нема Сунчевог зрачења. приликом недовољне осунчаности такође нема пуног ефекта, панел не даје номиналну снагу, већ

мању од декларисане, јер је декларисана снага важећа само за лабораторијске услове. Сама ефикасност ФН ћелија опада са временом рада електране.

Највећи недостатак ФН система је управо зависност од директне осунчаности, која зависи од позиције панела, доба дана и годишњег доба. Нешто ефикаснија осунчаност се постиже системима који прате кретање Сунца по његовој путањи, али самим падом Сунца на хоризонту пада количина произведене енергије са ФН система до потпуног искључивања.

Овим се долази до закључка да ФН системи могу бити само помоћни извори електричне енергије и да класични извори за сада морају бити у функцији због стабилности и енергетске сигурности електроенергетског система.

7.3 Рециклирање искоришћених соларних Фотонапонских панела

Соларни ФН системи имају свој век трајања јер им временом пада енергетска ефикасност. После 12 година рада учинак панела пада за 10% , а после неких 25 година за 25% , тако да се то и сматра њиховим веком.

Оштећења су, углавном, узрокована њиховом изложеношћу Сунцу, временом се кидају струјна кола или се спојеви растављају. саме ћелије често остају неоштећене и могу се, теоретски, поново искористити.

Када стари ФН панел, услед дотрајалости, мора да се замени новим, он се мора рециклирати.

Рециклажа ФН панела се обавља у зато специјализованим центрима.

Засебно се одвајају: стакло, метална конструкција рама, каблови и саме фотоћелије.

Заштитно стакло се рециклира по поступку за стакло и најлакше се одваја из система, као и метални рам, најчешће од алуминијума. Остатак панела са фотоћелијама се рециклира поступно, прво се одвајају слојеви фотоосетљивог наноса од фолија на које су нанесени, специјалним поступцима, на високим температурама, затим се одваја сребро хемијским процесима и практично се цео ФН панел рециклира. Материје које су токсичне, а има их у овом процесу, се посебно рециклирају или одлажу (кадмијум и пластичне фолије).

Сама рециклажа се посебно плаћа од стране државних агенција за екологију и не представља занемарљив трошак.

Ипак, имајући у виду релативно дуг век ФН панела од око 20 -так година и да не захтева током експлоатације даља улагања и неко посебно одржавање, може се рећи да је енергија која се добија овом технологијом, чиста, у поређењу са класичним начинима добијања ел.енергије.

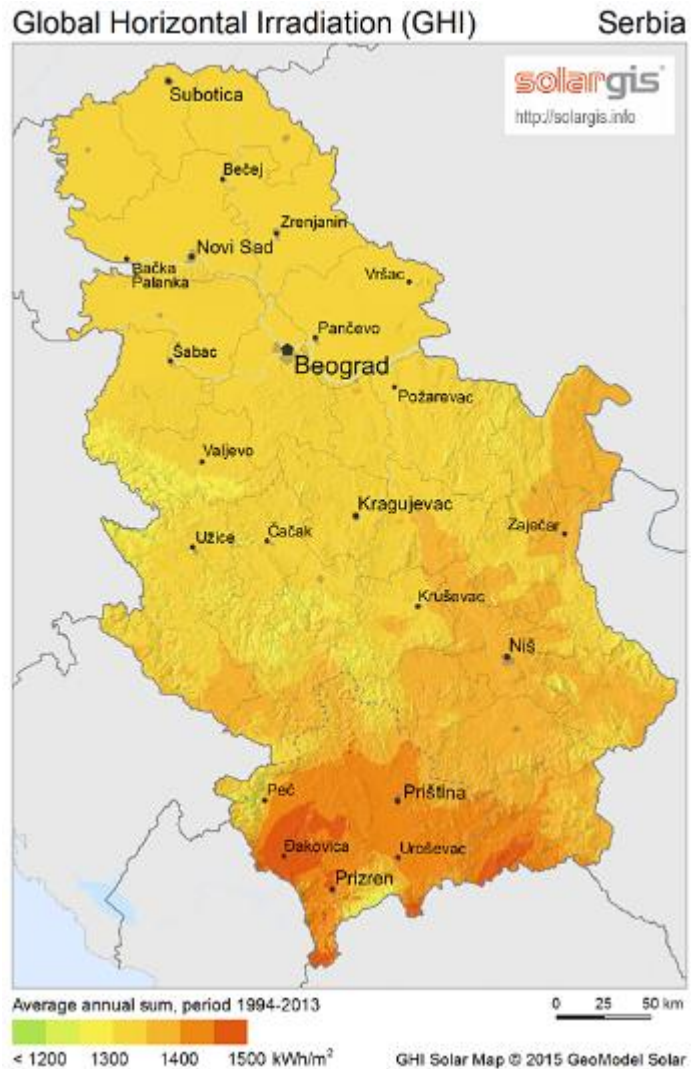
8 Соларна енергија у Србији

Србија се налази географски на веома повољној позицији у погледу броја сунчаних часова у току године и они броје од 1500 сати на северу, до 2200 сати у областима на југу земље.

Интензитет сунчевог зрачења је током јануара: од 1,1 kWh/m²/дан на северу, до 1,7 kWh/m²/дан на југу Србије; а у јулу: 5,9 до 6,6 kWh/m²

Просечна вредност сунчевог зрачења за целу годину је од 1200 до 1550 kWh/m² а за централну Србију 1400 kWh/m²

Потенцијал сунчеве енергије далеко превазилази потребе Србије за енергијом.



Слика 16 Соларна озраченост Србије [2]

Сунце би, теоретски, могло да помогне наш енергетски систем да смањимо емисије штетних гасова из термоелектрана и сачувамо оно мало природних ресурса око Колубаре, Лазаревца, Костолца, који су јако угрожени како ископавањем угља, тако и неадекватним филтрирањем сагорелих и несагорелих гасова из димњака ових термоелектрана.

Укупни потенцијали Србије (слика 16.) за искоришћење сунчеве енергије вишеструко превазилазе потребе које имамо.

Зашто се сунчев потенцијал у Србији слабо користи? Одговор је у самој стабилности и скупоћи система.

ФН систем представља користан и јако добар помоћни систем снабдевања. Како током дана мења своје карактеристике и интензитет, зависно од положаја и интензитета Сунца, тако се компликује и синхронизација те ел. енергије у сам ЕД систем. Слабљењем интензитета озрачености пада и ефикасност, тако да са великом облачношћу и мраком више нема енергије.

Како Србија располаже великом количином угља за термоелектране, нама је систем ослободен на овај вид производње, као стабилан у току целе године, тако и на постојеће хидроцентрале.

8.1 Тренутна искоришћеност соларне енергије

Како субвенције државе представљају јак стимуланс за идеју о реализацији једног ФН система, све више грађана намерава да инсталира систем на своје домаћинство. Један од проблема је компликован административан поступак који многе, мање упорне грађане одврати од уградње још на почетку, када закуцају на прва врата.

Ипак, све је више домаћинстава која на својим објектима уграђује соларне ФН системе.

Тренутна искоришћеност је лимитирана и уредбом државе која је дала годишњу квоту од 10Mw за произвођаче соларне струје и то:

2 MW за соларне електране на објекту појединачне снаге до 30 kW;

2 MW за соларне електране на објекту појединачне снаге веће од 30 kW до 500 kW;

6 MW за соларне електране на земљи појединачне снаге до 500 kW.

Постоји могућност прикључивања на ЕД мрежу, тако да се вишак произведене струје са ФН панела испоручује ЕД, а са мреже повлачи у време када са панела нема производње, што такође може бити стимуланс иако се струја због испуњености квота не може продати.

8.2 Планови за развој у области примене искоришћења соларне енергије у Србији

Србија је, као држава која планира приступ Европској унији потписала разне споразуме о енергетици, добила директиве о начинима регулације енергетске стабилности, примени ОИЕ, усклађивању са стандардима ЕУ.

Како је ЕУ у својим програмима предвидела смањење емисије штетних гасова и гасова ефекта стаклене баште због утицаја на глобалне климатске промене, дошло се до закључка о постепеном гашењу термоцентраља као највећих загађивача при производњи електричне енергије.

Производња електричне енергије је делатност од општег интереса, а примена ФН система само може да поспеши њен развој, смањи емисију штетних гасова, смањи зависност од увоза нафте, гаса развије индустрију и кроз то запосли више грађана.

Зато се кренуло са плановима за њихову имплементацију а поње инвестирања је постало интересантно и домаћим и страним улагачима са низом подстрека у соларним пројектима.

Примена је започета и корист је обострана и за инвеститора и државу, с тим што се мора водити рачуна о плановима развоја овог сектора у инвестиционом смислу јер се финансијски терет ОИЕ директно прелива на рачун крајњег потрошача.

Према Стратегији развоја енергетике Републике Србије до 2025. године планирано је све веће привлачење приватних извора финансирања у изградњу соларних енергетских система.

Оно што изостаје су јасне смернице и квоте за тај период, па остаје да се надамо да ће и то до краја 2020. бити ближе дефинисано.

Закључак

У раду је дата анализа производње електричне енергије у функцији измерених вредности сунчевог зрачења за ФН системе, као и исплативост и ефикасност ФН ћелија.

Употреба соларне енергије за производњу електричне енергије у Србији је недовољна, првенствено због великих инвестиционих трошкова фотонапонског постројења. И поред тога што се последњих година знатно напредовало у технологији израде соларних ћелија, оне су још скупе за добијање електричне енергије и углавном се примењују тамо где се не могу употребити други извори енергије. Омасовљавање производње фотонапонских уређаја би довело до смањивања цене и већег коришћења тих уређаја од стране становништва. Брз пораст фотонапонске индустрије у свету обећавају добру перспективу фотонапонским технологијама и у Србији.

Соларна енергија у Србији је недовољно искоришћена. Осим административних компликација, разлог за то су лош стандард грађана, низак ниво свести о заштити животне средине, незаинтересованост државе за правилно просвећење грађана, урушавање образовног система комерцијализацијом школства.

Можда ово изгледа мало чудно као образложење, али је и логично.

Појединачна свест грађана постоји и један мали проценат људи размишља о рационализацији, има економску и еколошку просвећеност, као и финансијске услове за куповину и инсталацију ФН система или соларног топловодног система, тако да су то они на чијим домаћинствима видимо конфигурације соларних панела.

Циљ је да држава пружи могућности подршку што већем броју заинтересованих домаћинстава да инсталирају и прикључе у ЕД мрежу ФН системе и тиме растерети и појача своје енергетске потенцијале.

Комерцијални системи ће се сами од себе развити, по закону тржишта, ту мислим на велике ФН системе и соларне паркове, а мале системе на објектима домаћинстава држава мора стимулисати и развијањем свести о уштеди енергије и зарадом преко уштеде.

Теоретски, по основу цена feed in тарифе и актуелне цене струје у Србији, за евентуалног произвођача струје са ФН панела је исплативо, зато што је званично feed in тарифа висока. Практично, тешко се добијају дозволе од стране државе и веома је компликован пут до комерцијализације ФН система, што представља један од проблема. Други проблем је јефтина цена kWh струје у Србији која потенцијалне инвеститоре у ФН системе не стимулише. Али, ипак треба размишљати о увођењу ОИЕ за производњу струје.

У данашњим усовима још увек није исплативо увођење ОИЕ за производњу енергије, јер је основни проблем то што је струја из ОИЕ скупља него струја која се производи у термоелектранама, такође струја из ОИЕ није стабилна због ноћних периода, облачности, неосунчаности, па се зато мора синхронизовати.

Исплативост у Србији за ФН системе није омогућено, из претходно наведених разлога, док је ефикасност ФН система, ФН ћелија, за Србију велика због повољног географског положаја земље.

У свакој анализи се види да је фотонапонски систем исплатива инвестиција, чији је период враћања уложених средстава од 10 до 11 година.

У Републици Србији је инсталирано више соларних електрана мањег капацитета које су прикључене на градску мрежу. Поред ових, инсталирано је и више малих фотонапонских система који нису прикључени за градску мрежу. Соларни потенцијали Републике Србије је велики и у будућности очекује се шира примена соларних фотонапонских технологија.

Уз добро планирану и ефикаснуполитику коришћења обновљивих извора енергије примена фотонапонске технологије би била вишеструко ефикаснија и исплативија у нашој земљи.

Литература

- Интернет:

1-<https://www.automatika.rs/baza-znanja/green-engineering/fotonaponska-celija-princip-rada-karakteristike-i-efikasnost.html>

2- <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>

3- <https://ruscos.ru/bs/solar-panels-in-the-country-solar-power-plant-for-cottages/>

4- Др. Жељко Деспотовић, Соларни генератори као самостални извори електричне енергије, Електротехнички факултет, Београд, 2014.

5- Закон о енергетици Републике Србије

("Службени гласник РС", бр. 55/05, 71/05 - исправка, 101/07, 65/08, 16/11, 68/12 - УС, 72/12, 7/14 - УС и 44/14)

6-[http://natalijadikovic.weebly.com/105410731085108610741113108010741080-](http://natalijadikovic.weebly.com/105410731085108610741113108010741080-108010791074108610881080-10771085107710881075108011121077.html)

[108010791074108610881080-10771085107710881075108011121077.html](http://natalijadikovic.weebly.com/105410731085108610741113108010741080-108010791074108610881080-10771085107710881075108011121077.html)

: <http://ekoblog.info/alternativni-izvori-energije/>

7-Природно-математички факултет, Приштина, мај 2015.

<http://www.maturskiradovi.net/downloads/Fotonaponsko%20pretvaranje%20energije%20%28solarne%20celije%29.pdf>

8-Производња електричне енергије, мај 2015

<http://obnovljiviizvorienergije.rs/energija-sunca/fotovoltai/>

9-Др. Небојша Лукић, Др. Милун Бабић, Соларна енергија, Машински факултет, Крагујевац, 2008.

Попис скраћеница:

- ФН- Фотонапонски (систем)
- ОИЕ- Обновљиви извори енергије
- ЕУ- Европска Унија
- ЕД- Електродистрибутивни (систем)
- ДЦ- Једносмерна струја
- АЦ-наизменична струја
- МХЕ-мале хидроелектране
- STC- Standard Test Conditions