

ЎЗБЕКИСТОН ИҚЛИМ ШАРОИТИДА ҚУЁШ ПАНЕЛЛАРИНИНГ ТЕХНИК ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИНИ ЎЗГАРИШ ЖАРАЁНЛАРИНИ ЎРГАНИШ

Одамов Умарбай Оманович
Ўзбекистон фанлари академияси
Энергетика муаммолари институти
техника фанлари номзоди, катта илмий ходим

Комилов Мирзиё Миркамолевич
Гулистон давлат университети
докторант

Аннотация: Мақолада Наманган вилояти Поп туманида қурилган синов режимида ишлайдиган қуввати 130 кВт бўлган қуёш электр станциясининг ҳозирги кунда ишлаш фаолияти, қуёш панелларининг техник характеристикалари, жойлашиш тартиби, ишлаб чиқарган электр энергиясининг кунлик, ойлик ва йиллик характеристикалари ва динамикаси, фойдали иш коэффициентининг ўзгаришлари ҳамда деградация жараёнилари ўрганилган. Тажрибалар асосида аниқ натижалар олинган ва илмий хулосалар келтирилган.

Калит сўзлар: қуёш электр станцияси, фото электрик модуллари (қуёш панеллари), монокристал ва поликристал элементлар, кучланиш, ток кучи, электр энергия, деградация жараёнлари.

**ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ В КЛИМАТИЧЕСКИХ
УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА**

Одамов Умарбай Оманович
Академия наук Узбекистана
Институт проблем энергетики
кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Комилов Мирзиё Миркамолевич
Гулистанский государственный университет
докторант

Аннотация: В статье приводятся текущая эксплуатация тестовой солнечной электростанции мощностью 130 кВт, построенной в Попском районе Наманганской области, технические характеристики солнечных панелей, компоновка, суточные, месячные и годовые характеристики и динамика выработки электроэнергии, эффективность, а также изучаются дерадационные процессы. На основании экспериментов были получены реальные результаты и научные выводы.

Ключевые слова: солнечная электростанция, фотоэлектрические модули (солнечные панели), монокристаллические и поликристаллические элементы, напряжение, ток, электричество, процессы дерадации.

**STUDY OF PROCESSES OF CHANGING TECHNICAL
CHARACTERISTICS OF SOLAR PANELS IN CLIMATE CONDITIONS
OF UZBEKISTAN**

Odamov Umarbay Omanovich
Academy of Sciences of Uzbekistan
Institute of Energy Problems
PhD, senior researcher

Komilov Mirziyo Mirkamolovich

Gulistan State University

doctoral student

Annotation: The article describes the current operation of a test solar power plant with a capacity of 130 kW, built in Pop district of Namangan region, technical characteristics of solar panels, layout, daily, monthly and annual characteristics and dynamics of electricity generation, efficiency and degradation processes are studied. Based on the experiments, real results and scientific conclusions were obtained.

Keywords: solar power plant, photovoltaic modules (solar panels), single crystal and polycrystalline elements, voltage, current, electricity, degradation processes.

Юртимиз – органик ёқилғиларининг барча турларини ишлаб чиқариш ҳажмидаги уч баробар ошадиган катта миқдордаги қайта тикланадиган энергия салоҳиятига эга мамлакат ҳисобланади [1]. Айниқса, қуёш энергиясидан фойдаланадиган технологиялар учун катта истиқболга эга. Чунки қайта тикланадиган энергиянинг ушбу туридан бутун мамлакат ҳудудида йил давомида фойдаланиш мумкин. Қуёш энергиясидан фойдаланишни кўпайтириш мамлакатнинг, айниқса, бориш қийин бўлган ва олис қишлоқ туманларида электр энергиясига бўлган эҳтиёжини бемалол қондириб, бу эса кўпгина иссиқлик электр станцияларидаги табиий газга бўлган талабни камайишига олиб келади, ўз навбатида иқтисод қилинган катта ҳажмдаги табиий газни экспорт қилиш имкониятини оширади.

XXI асрнинг биринчи ўн йиллигидан бошлаб, қуёш энергиясини ривожлантириш учун илмий-тадқиқот ишлари биринчи даражага кўтарилди, 2012 йилда "Халқаро қуёш энергияси институти" ташкил этилди. Шунингдек, 2013-2018 йилларда хорижий сармоялар иштирокида кремний,

фото электрик модуллари (куёш панеллари), куёш концентраторлари ишлаб чиқарадиган заводларини яратиш бўйича лойиҳалар имзоланди ва бир нечта куёш электр станциялари (ҚЭС) қурилди.

Юртимизга ривожланган мамалакатлардан хар-хил техник хусусиятларга эга бўлган, жаҳон стандартлари ассосида ишлаб чиқарилган куёш панеллари олиб келинди. Бизга маълумки [2], олиб келинаётган куёш панелларининг сифати ва техник характеристикаларига қараб нархлари белгиланади. Айниқса, фото электрик модуллар, яъни куёш панеллари юртимизнинг иқлим шароитида ўзини қандай тутиши ва фойдали иш коэффициентининг ўзгариши, техник хусусиятларини камайиши унга сарфланган харажатларни қоплаши, ҳамда ишлаш муддатини аниқлаш мамалакатимиз иқтисодий сиёсати учун жуда долзарб масалалардан бири ҳисобланади. Айниқса, 20 асрнинг 70 йилларида маълум бўлган[3,4], фото электрик модулларнинг вақт ўтиши билан техник хусусиятларининг сезиларли даражада ёмонлашиши ва самарадорликни, фойдали иш коэффициенти (ФИК)ни маълум фоизгача камайиши, яъни деградация жараёнини ўрганиш муҳим аҳамият касб этади.





Ушбу мақолада асосан, 2015 йилда Наманган вилояти, Поп туманида Кореялик мутахассислар билан биргаликда синов режимида ишлайдиган, қуввати 130 кВт бўлган куёш электр станциясининг hozirги кунда ишлаш фаолияти, куёш панелларининг техник характеристикалари, жойлашиш тартиби, ишлаб чиқарган электр энергиясининг кунлик, ойлик ва йиллик характеристикалари ва динамикаси, фойдали иш коэффициентининг ўзгаришлари ҳамда деградация жараёнилари ўрганилди.

Бизга маълумки, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2014 йил 25-июндаги “Жанубий Корея Республикаси Президенти Пак Кин Хе”нинг Ўзбекистонга давлат ташрифи даврида эришилган келишувларни амалга ошириш чоралари ва икки томонлама ҳамкорликни келажакда ривожлантириш тўғрисидаги №2192-сонли Қарори доирасида Корея Республикаси иқтисодиёт вазирлиги орасида қайта тикланувчи энергия

манбаларини республикада қуёш энергияси потенциалини ўзлаштиришга алоҳида эътибор қаратган ҳолда ривожлантириш бўйича ҳамжихатлик тўғрисида “Меморандум” имзоланган эди. Меморандумнинг амалга ошириш натижаларига кўра, Корея Республикаси томонидан қиймати 700 минг АҚШ доллари ҳажмдаги грант маблағлари ҳисобига синов тартибида қуввати 130 кВт бўлган қуёш панеллари олиб келинди ва ишга туширилди. Қуёш электр станцияси суткасига 500-600 кВт·соат электр энергиясини ишлаб чиқаришга мўлжалланган. Турли ускуна ва бутловчи қисмлар “Корея Республикасининг фотоэлектрик саноат уюшма”сига кирувчи 4-та “HANHWA”, “JSPV”, “S-ENERGY” ВА “TOPSUN” компанияларининг қуёш панеллари ҳамда Германияда ишлаб чиқарилган “KACO” ва “DASS TECH” инверторлари ўрнатилган.

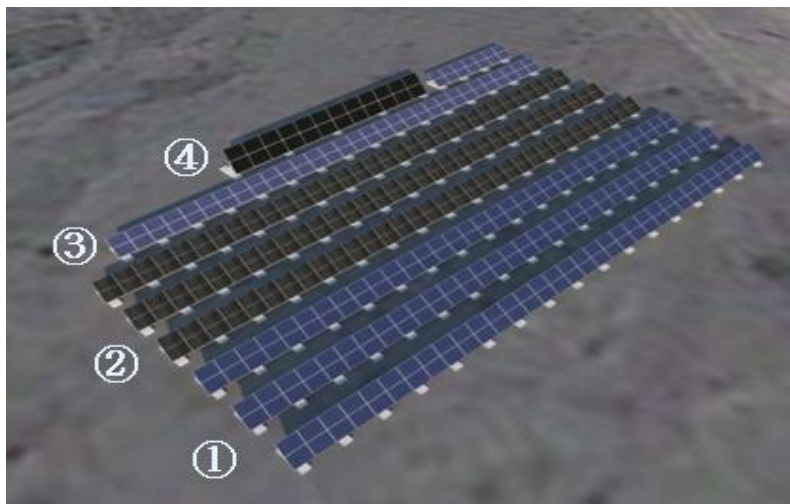
Қуёш панелларининг техник характеристикалари 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

	HANHWA-①	JSPV-②	S-ENERGY-③	TOPSUN-④
Image				
Model	HSL 250	JSM2501	SM250PC8	TS-S400
Rated Power	250 Wp	250 Wp	250 Wp	400Wp
Voltage at P _{max}	30.4V	30.9V	30.8V	49.39V
Current at P _{max}	8.23A	8.25A	8.14A	8.1A
Short-circuit current	8.79A	8.8A	8.67A	8.7A
Open-circuit voltage	37.7V	38V	37.5V	60.55V
Module efficiency	15.5%	15.55%	15.03%	15.6%
Size (W*H*D)	988*1.636*40	990*1.646*45	999*1.665*50	1.308*1.960*40

1-жадвалдан кўринадикки, қуёш панеллари монокристал (mono-Si) ва поликристал (poly-Si) элементлардан иборат. Қуёш панелларининг номинал қуввати (Rated Power, V) 250 Вт ва 400 Вт, максимал кучланиш қиймати (Voltage at P_{max} , V) ҳамда максимал ток қиймати (Current at P_{max} , A) ҳар бир панеллар учун жадвалда келтирилган. Худди шундай, қисқа туташув токи (Short-circuit current, A) ва юклама йўқ пайтдаги кучланиш (Open-circuit voltage, V), фойдали иш коэффициентини (ФИК) (Module efficiency, %) ва ўлчамлари Size (W*H*D) келтирилган.

Қуёш панелларининг лойиҳа буйича жойлашиш схемаси 1- расмда келтирилган.






1- расм. Қуёш панелларининг жойлашиш схемаси.

1-расмдан кўринадикки, қуёш панелларининг 1, 2 ва 3 қаторлари ерга нисбатан 30° қилиб ўзгармайдиган қилиб ўрнатилган, 4 қатор эса йил фаслларига қараб 15° ва 45° га ўзгартириб турадиган қилиб ўрнатилган. ①- қаторда HANHWA фирмасининг HSL 250 модулидаги қуввати 250 Вт бўлган 198 дона, умумий қуввати 49,5 кВт поликристал қуёш панеллари, ②- қаторда эса JSPV фирмасининг JSMM2501 модулидаги қуввати 250 Вт бўлган 198 дона, умумий қуввати 49,5 кВт монокристал қуёш панеллари, ③ – қаторда S-ENERGY фирмасининг SM250PC8 модулидаги қуввати 250Вт бўлган 72 дона, умумий қуввати 18 кВт бўлган поликристал қуёш панеллари ҳамда ④- қаторда TOPSUN фирмасининг TS-S400 модулидаги қуввати 400 Вт бўлган,

умумий қуввати 9,6 кВт бўлган монокристал қуёш панеллари ўрнатилган. Қуёш электр станциясининг умумий қуввати 126,6 кВт ни ташкил этади.

Қуёш панеллари ишлаб чиқарган ўзгармас электр энергиясини 4 та инвертор ёрдамида ўзгарувчан электр энергиясига айлантириб трансформатор орқали электр тармоғига узатилади. Инверторларни техник характеристикалари 2-жадвалда келтирилган. 1 ва 2 қатордаги қуёш панеллари учун “KACO” фирмасининг Powador 60.0 TL3 модулидаги қуввати 49,9 кВт бўлган 2 та умумий қуввати 99,8 кВт инвертор ўрнатилган. 3 ва 4 қаторларга эса “DASS TECH” фирмасининг DSP-3320КТ ва DSP-3310КТ модулидаги қувватлари 20 кВт ва 11 кВт инверторлари ўрнатилган.

2-жадвал

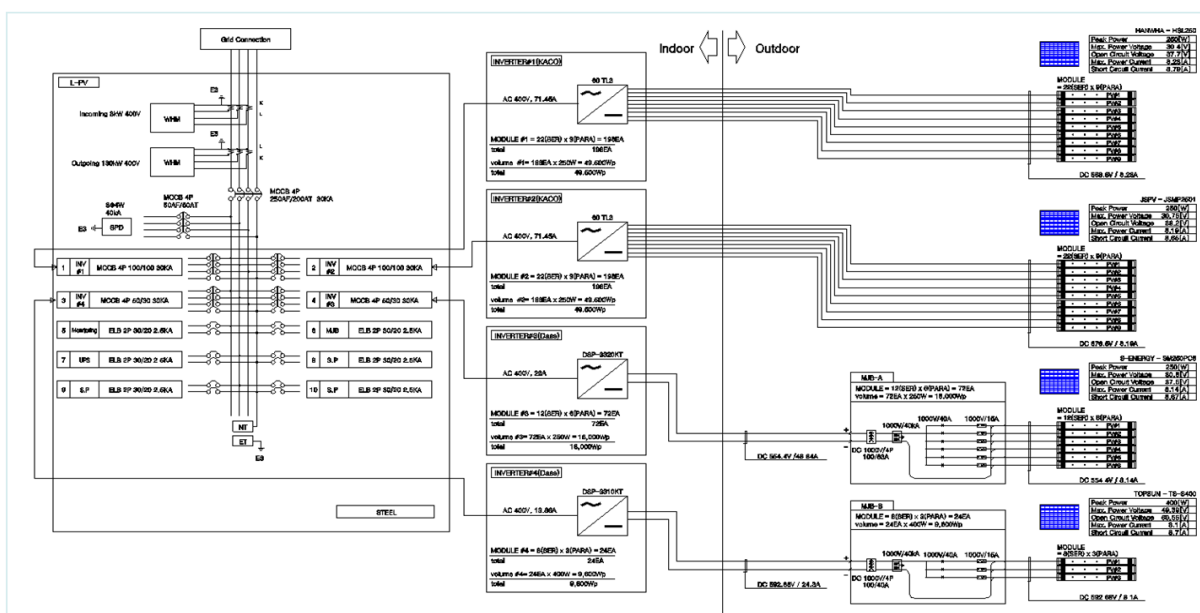
	KACO-①②	DASS TECH-③	DASS TECH-④
Image			
Model	Powador 60.0TL3	DSP-3320KT	DSP-3310KT
Max. Open Circuit Voltage	1,000 V dc	700 V dc	700 V dc
Range of MPPT Voltage	200~850 V dc	220~700 V dc	220~700 V dc
Rated output capacity	49.9 kW	20 kW	11 kW
Size (W*H*D)	840*1.360*355mm	650*1.400*500	650*1.060*500
Full Weight	173 kg	210 kg	160 kg

Қуёш электр станциясининг электр схемаси бўйича “KACO” ва “DASS TECH” инверторларидан ҳосил қилинган электр энергияси L-PV йиғиш шкафиغا йиғилади. Йиғилган электр энергияси 3 фазали 0,4 кВ ли яъни (А,В,С-О) шаклида ташқи трансформаторга узатилади. L-PV шкафи ва

трансформатор 0,4 кВ фазалари мослаштирилиб уланади. Уларни ҳар қандай ўчиш ва ёқишлардаги параллелга кириши учун синхронизм автоматикаси ҳар бир инверторга киритилган.

Қуёш электр станциясидан ишлаб чиқарилган электр энергиясини ҳисобга олиш мақсадида трансформаторга уланиш жойида DTS 541U №530230 сонли электрон ҳисоблагич ўрнатилган.

Қуёш электр станциясининг ўланиш схемаси 2- расмда келтирилган. 2-расмдан кўринадики, ҳар бир компаниянинг қуёш панелларига алоҳида инвертор ва монитор уланган, ишлаб чиқарилган электр энергия ҳажмини кузатиб бориш имкониятига эга. Демак, илмий тадқиқот ишларини олиб бориш учун жуда катта имконият яратилган. Шу имкониятлардан фойдаланиб, ҳар бир компаниянинг қуёш панелларининг ишлаш фаолияти, йил фасллари бўйича электр энергиясини ишлаб чиаришнинг ўзгаришлари, ҳар қандай иқлим шароитларида кузатиб борилди. 3-расмда қуёш электр станциясининг умумий кўриниши келтирилган. 2015 йилда қуёш электр станцияси ёрдамида ишлаб чиқарилган ва аҳолига узатилган электр энергияси таҳлил қилинган. 4- расмда ойлар бўйича ишлаб чиқарилган электр энергияси динамикаси келтирилган.



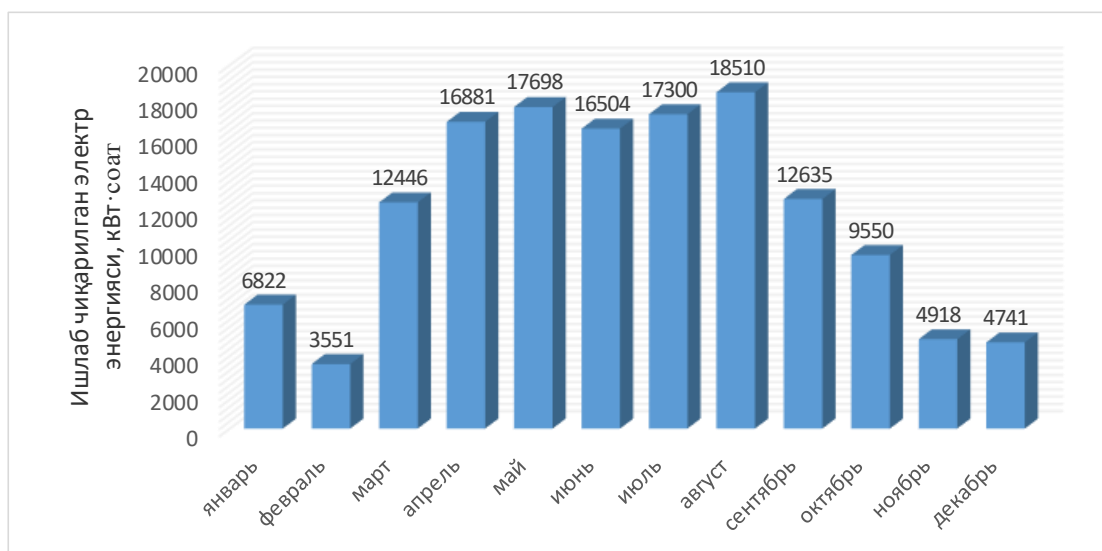
2- расм. Қуёш электр станциясининг уланиш схемаси.



3-расм. Қуёш электр станциясининг умумий кўрениши.

Олинган таҳлиллар натижасида маълум бўлдики, қуёш панеллари электр энергиясини ишлаб чиқаришни эрталабки қуёш чиқишидан, яъни йил фаслларига қараб тахминан 06:00 вақтдан то кун қорайгунгача, яъни 19:00 гача давом эттиради.

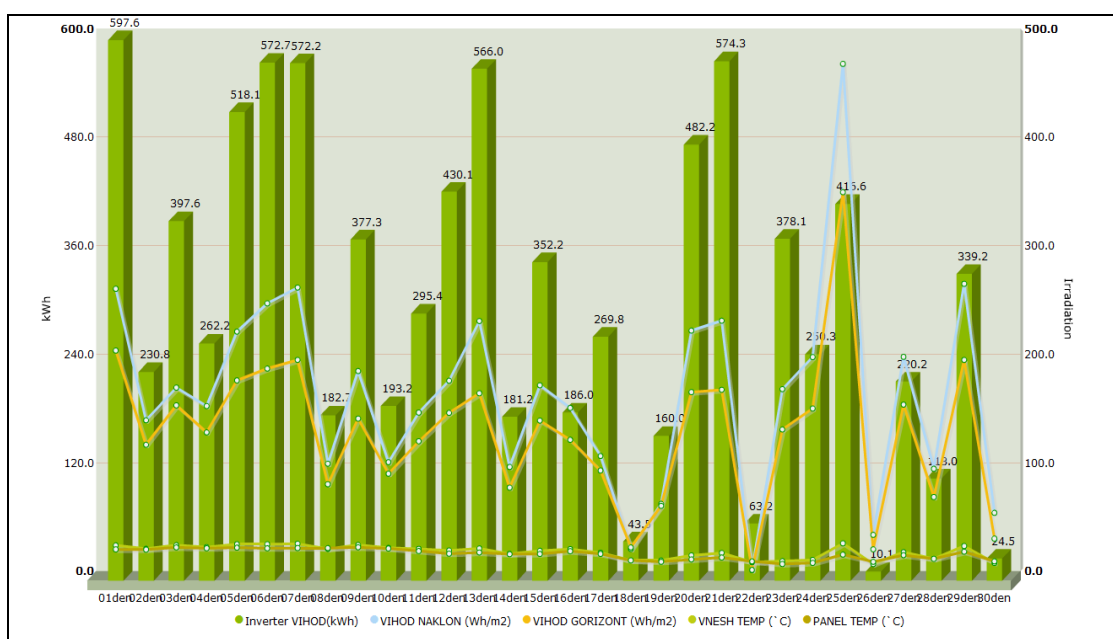
Қуёш электр станциясининг ишлаб чиқарилган умумий электр энергиясининг маълум бир қисмини станцияни асбоб ускуналарини ишлаб туриши учун сарф қилади, яъни ўз эҳтиёжлари учун, қолган қисми электр тармоғига узатилади. Буларни ҳар бири учун алоҳида ҳисоб олиб борилади.



4- расм. 2015 йилда ойлар бўйича ишлаб чиқарилган электр энергияси

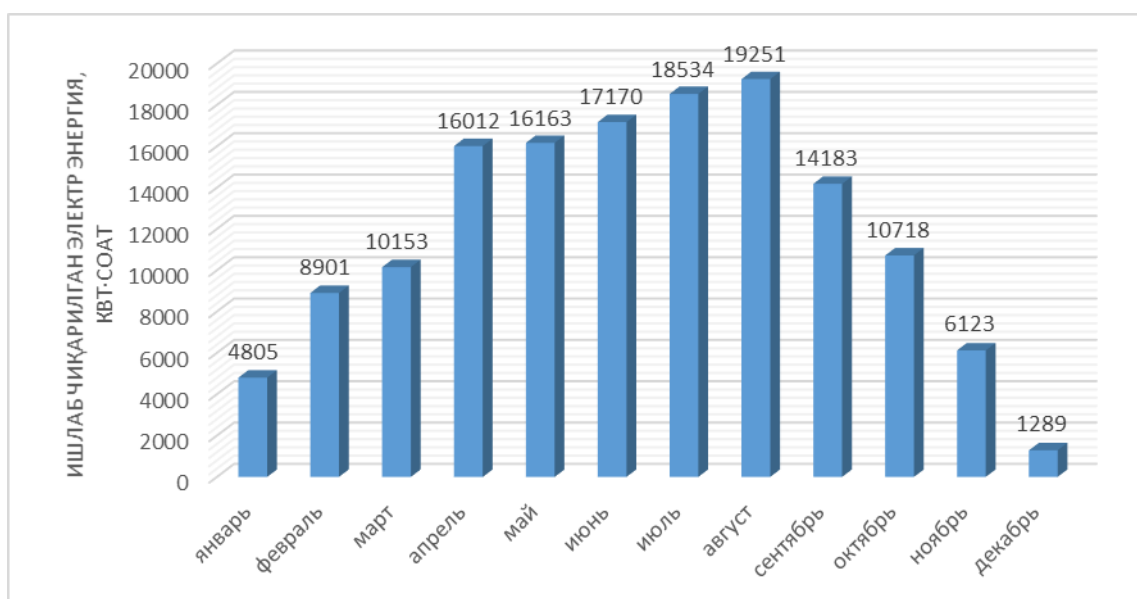
4-расмдан кўринадики, юртимизда йилнинг 12 ойида ҳам электр энергияси ишлаб чиқариш мумкин экан. Асосан, март ойидан бошлаб октябрь ойигача 10000 кВт·соат дан юқори электр энергиясини олиш имконияти мавжуд, қолган 4 ой, яъни январь, февраль, ноябрь ва декабрь ойларида тахминан ойига 4000 кВт·соат дан юқори электр энергиясини ишлаб чиқариш мумкин. 2015 йилда электр энергияси ишлаб чиқаришнинг максимал қиймати август ойига тўғри келган, минимум эса февраль ойига тўғри келган. 2015 йил бўйича умумий 141556 кВт·соат электр энергияси ишлаб чиқарилган ва тармоққа узатилган. 5-расмда 2015 йилнинг октябрь ойи бўйича кунлик ишлаб чиқарилган электр энергияси ва ёруғлик нурининг панелларга тушиши ($\text{Вт}/\text{м}^2$), ҳамда ташқи муҳит ва панел сиртининг температураси келтирилган.

5-расмдан кўринадики, қуёшли кунларда, яъни ёруғлик нурининг ерга тушиши ($\text{Вт}/\text{м}^2$) ортиши билан ишлаб чиқариладиган электр энергияси 1,5-2 баробарга ошиб кетади, булутли кунларда эса бу кўрсаткич катта унчалик қийматга эга бўлмайди. Қуёш панелларинг сиртки температураси ташқи муҳит температураси билан бир-бирига яқинлиги кўрсатилган.



5-расм. 2015 йилнинг октябрь ойи бўйича кунлик ишлаб чиқарилган электр энергияси

Худди шундай, 6-расмда 2016 йил учун ҳам қуёш панеллари ёрдамида ишлаб чиқарилган электр энергиясининг динамикаси келтирилган.

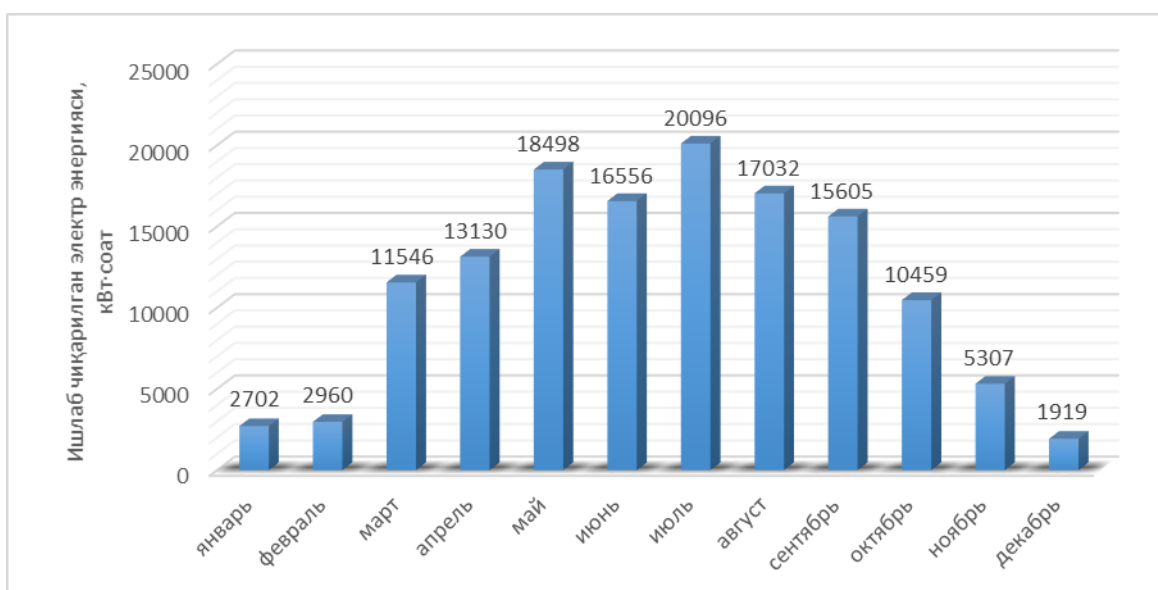


6-расм. 2016 йил учун ойлар бўйича ишлаб чиқарилган электр энергиясини динамикаси.

2016 йил ҳам 12 ой давомида ҳам электр энергияси ишлаб чиқарилган. Асосан, март ойдан бошлаб октябрь ойигача 10000 кВт·соат дан юқори бўлган миқдорда электр энергиясини олиш имконияти мавжуд, қолган 4 ой, яъни январь, февраль, ноябрь ва декабрь ойларида тахминан ойига 4000 кВт·соат дан юқори бўлган миқдорда электр энергиясини ишлаб чиқариш мумкин. 2016 йилда электр энергияси ишлаб чиқаришнинг максимал қиймати август ойига тўғри келган 19251 кВт·соат, минимум эса декабрь ойига тўғри келган 1289 кВт·соат. 2016 йил бўйича умумий 143302 кВт·соат электр энергияси ишлаб чиқарилган ва тармоққа узатилган. Бу кўрсаткич олдинги йилга нисбатан 1746 кВт·соатга кўп электр энергия тармоққа узатилган.

Агар 2017 йилда (7-расм) ишлаб чиқарилган электр энергия юқорида келтирилган йилларга ўхшаб, асосан март ойдан бошлаб то октябрь ойигача бўлган даврда қуёш панелларининг иш фаолияти максимал даражага чиқади, қолган 4 ой, яъни январь, февраль, ноябрь ва декабрь ойларида ўртача қийматда ишлайди. Қуёш панелларининг техник хусусиятлари уч йил

давомида сезирарли ҳеч қандай ўзгаришлари кузатилмади. 2017 йилда ишлаб чиқарилган электр энергиясининг умумий қиймати 135810 кВт·соат.

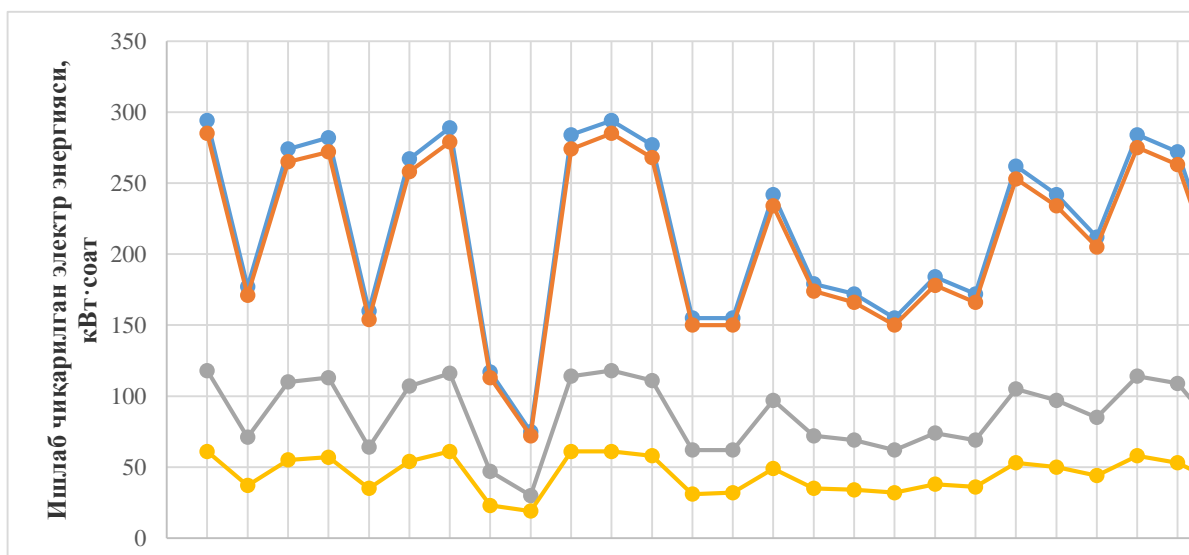


7-расм. 2017 йил учун ойлар бўйича ишлаб чиқарилган электр энергия динамикаси.

Синов мақсадида ўрнатилган 4-та “HANWHA”, “JSPV”, “S_ ENERGY” ВА “TOPSUN” компанияларининг қуёш панелларининг кунлар давомида алоҳида фойдали иш коэффициентлари ва ишлаб чиқариш самарадорлиги аниқланди (8-расм).

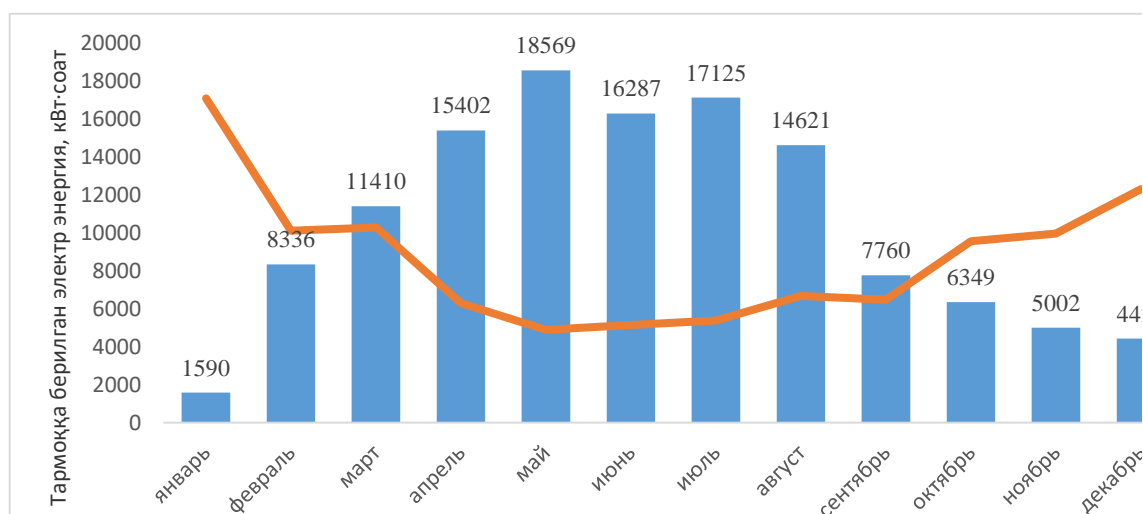
Ҳар бир компания қуёш панелларининг ўрнатилган қувватлари 8-расмда келтирилган. Электр энергия ишлаб чиқариш динамикаси ҳамма қуёш панелларида бир хил, яъни ўзига мос қувватларда қуёш нурунинг ёритиши ($\text{Вт}/\text{м}^2$) кучайганда қуёш панелларининг фойдали иш коэффициенти (ФИК) 1,5-2 баробарга ошиб кетиши кузатилди.

9-расмда келтирилган, 2018 йилда ишлаб чиқарилган электр энергиясини таҳлил қиладиган бўлсак, бу ҳолатларда ҳам март ойидан бошлаб то август ойигача қуёш панеллари электр энергияни ишлаб чиқарувчанлиги максимал даражага эришилган. Умумий ишлаб чиқарилган электр энергиясининг қиймати 126873 кВт·соатни ташкил қилган.



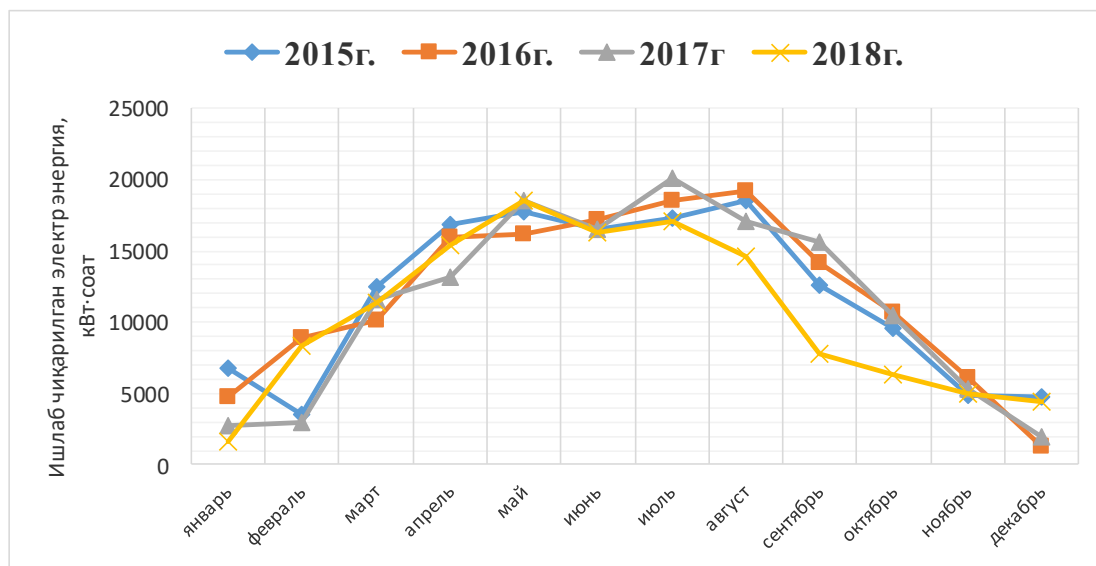
8-расм. 4 та компания қуёш панелларининг 2015 йилнинг июнь ойида кунлар бўйича электр энергия ишлаб чиқариш динамикаси.

2015-2018 йилларда ишлаб чиқарилган электр энергия таҳлиллари шуни кўрсатдики, 8 ой давомида, яъни март ойидан то октябрь ойигача қуёш панелларнинг ишлаш фаолияти жуда юқори, қолган 4 оyi, яъни январь, февраль, ноябрь ва декабрь ойларида ўртача ишлаши аниқланди. Қуёш электр станцияси ҳам ўз эҳтиёжи учун электр энергиясини сарфлайди. Ушбу сарфланаётган электр энергия 9-расмда эгри чизик орқали берилган, қуёшли кунларда кам сарфланиши, яъни қуёш панеллари фойдали иш коэффициентлари юқори бўлса, ўз эҳтиёжи учун кам электр энергия сарфлаши таҳлиллар асосида исботланди.



9-расм. 2018 йил ишлаб чиқарилган электр энергияси ва ўз эҳтиёжи учун сарфланган электр энергия динамикаси.

Агар қуёш панелларининг ушбу 2015-2018 йилларда ишлаб чиқарилган электр энергияларини солиштирсак, ушбу ҳолат 10-расмда келтирилган. Бир кўришда, электр ишлаб чиқариш қийматлари бир хилдай кўринади, аммо 2018 йил июль ойдан бошлаб қуёш панелларининг ишлаб чиқариши бироз камайганини кўрсатади. Бу ҳолатни чуқурроқ таҳлиллар асосида ўрганилганда, шу нарса маълум бўлдики, қуёш панеллари қаттиқ иссиқ кунларда қуёш панелларининг температура $+70^{\circ}\text{C}$ дан $+90^{\circ}\text{C}$ гача кўтарилади. Натижада, қуёш панелларининг ишлаш фаолияти ёмонлашади ва фойдали иш коэффициенти тушиб кетади. Бу ҳолат эса деградация жараёнларини бошланаётганлигини билдиради. Агар ушбу ҳолатни “Қайта тикланувчи энергия миллий лабораторияси (NREL) лабораторияси [4] маълумотлари билан солиштирсак, ҳақиқатан ҳам қуёш панеллари деградациясининг ўртача даражаси 1 йилига 0,5% - 0,8% баъзи ҳолларда ундан пастроқ ёки юқорироқ бўлиши мумкин экан. Бироқ, бу ўртача қийматлар ва кўрсаткични ўзгартирадиган бир қатор омилларга боғлиқ.



10-расм. 2015-2018 йилларда ишлаб чиқарилган электр энергия динамикаси.

Қуёш панелларининг деградацияси қуёш модули ва ўрнатиш тузилмаси (одатда, алюминий ёки пўлатдан ясалган рамка) орасидаги потенциал фарқи яримўтказгичли гофретлар ва модулнинг бошқа элементлари (шиша,

ламинат) орасидаги қатламларда кузатиладиган носозликлар туфайли юзага келади. Натижада, модулнинг номинал чиқиш кучланиши камаяди.

Жаҳон амалиётларида [5,6,7,8,9] атроф-муҳит намлигининг ортиши билан қуёш панелларининг деградация жараёнлари интенсивлигининг ошишини ҳам аниқладилар. Маълумки [10,11,12], қуёш панеллари ташқи муҳит температурасининг ошиши ва қуёш панелларини меъёрдан ортик исишига олиб келади, бу фотоэлектрик эффект қувватини камайтиради ҳамда ишлашига салбий таъсир кўрсатади.

Кузатишлар натижаси асосида яна бир муҳим нарса аниқландики, агар қуёш панеллари сиртида чанг ёки қум йиғилиб қолса, бу ҳолатда ҳам қуёш панелларини ишлаш фаолияти кескин 10% дан 30% гача камайиши мумкин экан.

Шундай қилиб, Поп туманида жойлашган синов режимида ишлайдиган қуввати 130 кВт бўлган қуёш электр станциясининг ҳозирги кунда ишлаш фаолияти, қуёш панелларининг техник характеристикалари, жойлашиш тартиби, ишлаб чиқарган электр энергиясининг кунлик, ойлик ва йиллик характеристикалари ва динамикаси, фойдали иш коэффициентининг ўзгаришлари, ҳамда деградация жараёнлари ўрганилиб қуйидаги хулосалар қилинди:

1. Қуёш панеллар тоифаси жиҳатидан А тоифага киради. Булар энг юқори сифатли қуёш панеллари микро ёриқларсиз, ташқи кўринишидан бу фотоэлементлар ранги ва тузилиши жиҳатидан бир-бирига ўхшашдир. Ушбу тоифадагилар энг кичик бузилишга ва энг юқори самарадорлик хусусиятига эгадир.
2. Қуёш панелларининг кунлик иш фаолияти давомида қуёшли кунларда, яъни ёруғликнинг интенсивлиги $285,2 \text{ Вт/м}^2$ дан ошганда фойдали иш коэффициенти 1,5-2 баробарга ошиши аниқланди.
3. Булутли ва совуқ кунларда эса қуёш панеллари ишлаб чиқарган электр энергиясининг кўп қисми қуёш станциясидаги асбоб ускуналарни

ишлашига, яъни ўз эҳтиёжига сарфланади. Бу қиймат тахминан йил фаслларига қараб 2% дан 18% гача боради.

4. Агар қуёш панеллари сиртида чанг ёки қум йиғилиб қолса, бу ҳолатда ҳам қуёш панелларининг ишлаш фаолияти кескин 10% дан 30% гача камайиши аниқланди.
5. 4-та “HANWHA”, “JSPV”, “S_ENERGY” ва “TOPSUN” компаниялари қуёш панелларининг фойдали иш коэффициентлари ва ишлаб чиқариш самарадорлиги, дастлабки уч йил ичида ҳеч қандай ўзгаришсиз, яъни паспортда берилган характеристикаларига мос ишлаши аниқланди.
6. Қуёш панеллари монокристал (mono-Si) ва поликристал (poly-Si) элементларидан ясалган бўлиб, техник хусусиятлари деярли бир хил маромда ўзгарди, фойдали иш коэффициентлари ҳам деярли бир хил, лекин бугунги кун жаҳон бозорида уларнинг нархлари ҳар хил.
7. 2015-2018 йиллар давомида ойлар бўйича ишлаб чиқарилган электр энергиясини ўзгариш динамикаси солиштирилганда, 2018-2019 йилларнинг июль ойидан бошлаб қуёшли кунларда ҳам фойдали иш коэффициентининг одатдагидан камайиши кузатилди ва бу ҳолат деградация жараёнларига ўхшашлиги аниқланди.

Бу Поп туманида жойлашган қуёш электр станцияси фаолияти бўйича дастлабки илмий тадқиқотлар, кейинги тадқиқотларда ҳар бир компания қуёш панелларининг вольт-ампер характеристикалари ва деградация жараёнларининг сабаблари ҳамда қуёш панелларининг фойдали иш коэффициентига таъсир қилувчи факторлар ўрганилади.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Бирлашган миллатлар ташкилотининг тарққиёт дастури (БМТТД) “Ўзбекистонда қайта тикланадиган энергетикани ривожлантириш истиқболлари” маърузаси (Тошкент, 2007 й.), “Муқобил энергия манбалари: Ўзбекистонда фойдаланиш имкониятлари” (Тошкент, 2011).

2. World Bank Group, Global Solar Atlas, Solargis, URL:
<https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/uzbekistan/>.
3. Odamov U.O., Komilov M.M. Evaluation of solar panels quality and research of degradation processes in the climate conditions of Uzbekistan. // Sciences of Europe, №43(43) Vol 1, 2019y. p.62-66.
4. https://solarhome.ru/buyer_guide/tips_select_pv.htm/
5. <http://www.nrel.gov/>
6. <https://batteryk.com/gibkie-solnechnye-paneli>
7. <https://www.solarhome.ru/equipment/pv>
8. <https://www.nrel.gov/docs/fy12osti/51664.pdf>
9. <https://batteryk.com/solnechnye-batarei-harakteristiki>
10. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421516301860>
11. <https://eco-tech.com.ua/a252276-pervaya-chastnaya-ses.html>
12. <http://www.photovoltaiksolarstrom.de/photovoltaiklexikon/degradation>