

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ,
ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ԴՌՆՈՅԱՆ ԱԼԷՔՍԱՆԴՐ ԱՐՏԱՇԵՍԻ

**ՀԱՅԵԼԱՅԻՆ և ՖՐԵՆԵԼԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿՑՎԱԾ ԽՏԱՐԱՐՆԵՐՈՎ
ԱՐԵՎԻՆ ՀԵՏԵՎՈՂ ՖՈՏՈՎՈՒՆԱՅԻՆ ՍԱՐՔԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ և
ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ**

Ե.14.04 - «Վերականգնվող և այլընտրանքային էներգիայի աղբյուրներով
էներգետիկ կայանքներ» մասնագիտությամբ
տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի
հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ-2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА
РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ АРМЕНИИ

ДРНОЯН АЛЕКСАНДР АРТАШЕСОВИЧ

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
УСТРОЙСТВА СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ С КОМБИНИРОВАННЫМИ
ЗЕРКАЛЬНЫМИ И ФРЕНЕЛЕВЫМИ КОНЦЕНТРАТОРАМИ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.14.04- “Энергетические установки на основе
возобновляемых и альтернативных источников энергии”

ЕРЕВАН-2022

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում:

Գիտական ղեկավար՝ ֆ.մ.գ.դ. Ժոզեֆ Ռեթևոսի Փանոսյան

Պաշտոնական տ.գ.դ. Ռուբեն Ռաֆայելի Վարդանյան
ընդդիմախոսներ՝ տ.գ.թ. Հայկ Հայրապետի Հովհաննիսյան
Առաջատար «Էներգետիկայի գիտահետազոտական
կազմակերպություն՝ ինստիտուտ» ՓԲԸ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2022թ. օգոստոսի 24-ին, ժամը 14:00-ին ՀԱՊՀ-ում գործող ԲՈԿ-ի էներգետիկայի 043 մասնագիտական խորհրդի նիստում (հասցե՝ 0009, Երևան, Տերյան փ, 105, 2-րդ մասնաշենք, 2431):

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀԱՊՀ գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2022թ. հուլիսի 13-ին:

Մասնագիտական խորհրդի Գիտական
քարտուղար, տ.գ.թ., դոց.՝



Ա. Ա. Գևորգյան

Тема диссертации утверждена в Национальном политехническом университете Армении (НПУА).

Научный руководитель: д.ф.-м.н. Жозеф Ретевосович Паносян
Официальные д.т.н. Рубен Рафаелович Варданян
оппоненты: к.т.н., Айк Айрапетович Оганесян
Ведущая организация: ЗАО “Научно-исследовательский институт
энергетики”

Защита диссертации состоится 24-го августа 2022г. в 14⁰⁰ часов на заседании Специализированного совета ВАК 043 – “Энергетика”, действующего при Национальном политехническом университете Армении (адрес: 0009, Ереван, ул. Теряна, 105, корпус 2, 2431).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НПУА.

Автореферат разослан 13-го июля 2022г.

Ученый секретарь
Специализированного совета, к.т.н.



А.А. Геворгян

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Աշխատանքի արդիականությունը: Արևային էներգետիկան երկրի էներգետիկ կայունության և ապագայում մարդկության էներգետիկ պահանջների ամբողջական բավարարման առումով ունի ստրատեգիական նշանակություն: Օրեցօր ավելանում են արևային ֆոտովոլտային կայանների (ԱՖԿ) տեղադրված հզորությունները աշխարհում: ԱՖԿ-ների աճի ցուցանիշով երկրորդ տեղում են կոնցենտրացված ճառագայթներով կայանները, որոնց խտարարներով Արևին հետևելու անհրաժեշտությունը ստեղծում է հնարավորություն՝ լուծելու ավելի երկար ժամանակով՝ արևածագից մինչև արևամուտը, Արևի ճառագայթների էներգիան արդյունավետ օգտագործելու խնդիրը: Կեսօրին, արևային էներգիայի մեծ արտադրության պարագայում, էներգիայի գները էներգետիկ բորսաներում անհամեմատ ավելի ցածրանում են, քան առավոտյան և երեկոյան ժամերին: Այդ ժամերին շուկայում էներգիայի վաճառք գրանցելու և արևային էներգիայի արտադրության կորերը օրվա լուսավոր ժամերին ավելի հարթեցնելու համար անհրաժեշտ է զարկ տալ խտարարներով արևին հետևող ֆոտովոլտային կայանների տեղադրմանը: Նմանատիպ սարքերի մեծ տարածքներ զբաղեցնելու, փոխստվերման, ծանր և բարդ կառավարվող լինելու խնդիրները դեռ շարունակում են խոչընդոտել դրանց զարգացմանը: Մյուս կողմից՝ խտացման համար օգտագործվող ֆրենելային խտարարները պատրաստվում են մի քանի միլիմետր հաստությամբ օրգանական էժան ապակիներից, որոնք ժամանակի ընթացքում, ենթարկվելով քիմիական և մեխանիկական ազդեցությունների, կորցնում են թափանցիկությունն ու օպտիկական ճշտությունը: Թանկարժեք կիսահաղորդիչ նյութերից պատրաստված ֆոտովոլտային էլեմենտները նույնպես կրում են շրջակա միջավայրի ազդեցությունները և պատճառ դառնում արդյունավետության անկման: Թեման արդիական է, քանի որ վերոնշյալ բոլոր խնդիրների լուծումը հնարավորություն կտա ավելի մեծ մասշտաբների հասցնել արևային էներգետիկայի ներդրումը էներգահամակարգում:

Աշխատանքի նպատակը: Աշխատանքի նպատակը՝ էներգետիկ համակարգի ապագայի կանխատեսումների հիման վրա հայելային և ֆրենելային համակցված խտարարներով Արևին հետևող ֆոտովոլտային մոդուլի մշակումն է, Արևին հետևող հիբրիդային համակարգի ծրագրավորումը, սարքից ջերմահեռացման խնդրի արդյունավետ լուծումը:

Այս նպատակն իրագործելու համար դիտարկվել և լուծվել են հետևյալ խնդիրները.

- Արևիկն հեղուկոլ խտարարներով արևային կայանների հեղազո-
ղություն, արևային էներգիայի կուտակման հնարավորությունների ընդգծում
դրանց թերությունների և առավելությունների վերհանում,

- էներգետիկ համակարգի մոդելավորման արդյունքում արևային
էներգիայի ցանցին ներդրման հնարավորությունների բացահայտում, արևա-
յին էներգիայի էլեկտրականի կերպավորման և էլեկտրական էներգիայի
պահանջարկի գրաֆիկների համապատասխանեցման նպատակով խտար-
արներով երկու առանցքներով արևի շարժմանը հեղուկոլ համակարգերի
տեղադրման հիմնավորում,

- Արևիկն երկու առանցքներով հեղուկոլ հայելային և ֆրենելային հա-
մակցված խտարարներով մոդուլի մշակում, հայելային թիթեղներով հեղուկոլ
համակարգի օպտիմալացում և առավելագույն լուսընկալման ապահովում,

- Արևիկն հեղուկոլ հայելային և ֆրենելային համակցված խտարար-
ներով մոդուլից ջերմահեռացման խնդրի արդյունավետ լուծում, Արևիկն հեղուկոլ
նոր հիբրիդային համակարգի ծրագրավորում, որը անկախ եղանակային
պայմաններից կգտնի հեղուկոլ համակարգի թեքման այն անկյունը, որի
դեպքում կապահովվի էլեկտրական էներգիայի առավելագույն արտադրու-
թյուն,

- Երկրորդ սերնդի թաղանթային CdS/CdTe և բազմակի անցումներով
կիսահաղորդչային Ge/GaAs/GaInP ֆոտոէլեկտրական էլեմենտների հեղա-
զողում, դրանց վոլտ-ամպերային բնութագրերի կառուցում և մշակված
մոդուլում կիրառման նպատակահարմարության որոշում:

Հեղազողության մեթոդիկան: Հետազոտությունը իրականացվել է
օգտագործելով ժամանակակից համակարգային դինամիկայի մոդելավոր-
ման ծրագրեր, համակարգչային դիզայնի գործիքներ և մաթեմատիկական
մոդելներ: Մշակվել է Արևիկն երկու առանցքներով հետևող հայելային և ֆրենե-
լային համակցված խտարարներով ֆոտոէլեկտրական նոր մոդուլ, որի աշ-
խատանքը միտված է օրվա արևային ժամերին էլեկտրական էներգիայի
արտադրությանը: Էներգետիկ համակարգի մոդելը կառուցվել է համակար-
գային դինամիկայի մեթոդով և դիֆերենցյալ հավասարումների համակար-
գերի լուծմամբ: Արևիկն հետևող սարքի ծրագրավորումը իրականացվել է
MATLAB ծրագրավորման լեզվով, սարքից ջերմահեռացման հաշվարկը իրա-
կանացվել է VDI Thermal Atlas շտեմարանի ջերմազանգվածափոխանա-
կության բանաձևերի օգտագործմամբ: Սարքի եռաչափ մոդելը կառուցվել է
AutoDesk Inventor համակարգչային դիզայնի ծրագրի միջոցով:

Գիրական արդյունքները և նորոյթը:

1. Համակարգային դինամիկայի մեթոդով մշակվել է էներգետիկ համակարգի մոդել, որի միջոցով կատարվել են կանխատեսումներ վերականգնվող էներգետիկայի զարգացման վերաբերյալ, որոնք ցույց են տվել՝ օրվա ընթացքում արևային էներգիայի միջոցով էլեկտրական էներգիայի արտադրության գրաֆիկների հարթեցումը հնարավորություն կտա՝ համակարգում ներդնելու ավելի մեծ հզորություններով վերականգնվող էներգիայի աղբյուրներ:

2. Մշակվել է արևին հետևող հայելային և ֆրենելային խտարարներով, ջերմահեռացման արդյունավետ համակարգով ֆոտովոլտային նոր մոդուլ, որի հայելային խտարարների համակարգը օրվա ցանկացած պահի արևի ճառագայթներն ուղղում է ֆրենելային խտարարների մակերեսին՝ օգտագործելով արևին հետևող առանց կորուստների հիբրիդային համակարգ:

Աշխատանքի արդյունքների գործնական նշանակությունը: Երկու առանցքներով արևի շարժմանը հետևող մոդուլները ապահովում են Արևի ճառագայթների օգտագործումը վաղ առավոտից մինչև ուշ երեկո՝ ապահովելով Արևի էներգիայի առավելագույն օգտագործումը լուսային օրվա ընթացքում: Այս եղանակով երկու առանցքներով արևի շարժմանը հետևող համակարգը արևային էներգիայի օրական հոսքը 30%-ով ավելի է օգտագործում և զգալի մեծացնում արտադրողականությունը: Հետևաբար, տանիքին և բարդ լեռնային ռելիեֆ ունեցող տարածքներում տեղակայվող, փոքր տարածք զբաղեցնող, արևի շարժմանը երկու առանցքներով հետևող, բարձր արդյունավետությամբ, ինքնավար կամ ցանցին միացված ռեժիմներով աշխատող սարքի նախագծումը և հետազոտումը տվյալ աշխատանքի նպատակներն են:

Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները:

1. Նախագծվել է փոքր մակերեսներին, տանիքներին և բարդ ռելիեֆով լանդշաֆտներին տեղադրվող հայելային և ֆրենելային խտարարներով, բարձր լուսաընկալում ունեցող և Արևին հետևող սարք, որը 1 կվտ հզորությունն ապահովում է՝ զբաղեցնելով ընդամենը 2.7 քառ.մ մակերես:

2. Հայելային խտարարի անդրադարձնող մակերեսը անընդհատ փոփոխվում է, որպեսզի ապահովվի ֆրենելային խտարարի լուսավորվածության առավելագույն արժեքը:

3. Օգտագործված եռաշերտ կասկադային ֆոտովոլտային էլեմենտների նորմալ աշխատանքային ջերմաստիճանները պահպանվում են օրվա ընթացքում ավաստանման ածխե թաղանթներով և այլումինե հովացուցիչների միջոցով:

4. Մոդելավորվել է էներգետիկ համակարգ, ներմուծվել են եվրոպական 2230 բնակավայրերի տվյալները, և հիմնավորվել է Արևիկ երկու առանցքներով հետևող խտարարներով ֆոտովոլտային կայանների տեղադրման անհրաժեշտությունը:

Փորձաքննությունը և հրապարակված աշխատանքները:

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները տպագրվել են 11 գիտական հոդվածներում, որից 3-ը՝ Հայաստանի գիտությունների ազգային ակադեմիայի և Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի Տեղեկագրի Տեխնիկական գիտությունների սերիայում, 2-ը՝ Հայաստանի Ճարտարագիտական ակադեմիայի Լրաբերում, 4-ը՝ ՀԱՊՀ Լրաբերում, 1-ը՝ ՀԱՊՀ Բանբերում, 1-ը՝ ՀՀ ԳԱԱ «Իննովացիոն հնարավորությունները և մարտահրավերները ժամանակակից աշխարհում» միջազգային գիտաժողովի նյութերում, ստացվել է գյուտի 1 ՀՀ Արտոնագիր:

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները զեկուցվել են. Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի 2016, 2017, 2018, 2019 թթ. տարեկան գիտաժողովներում, ՀՀ ԳԱԱ «Իննովացիոն հնարավորությունները և մարտահրավերները ժամանակակից աշխարհում» միջազգային գիտաժողովում, «Վերականգնվող և մաքուր էներգիայի» 6-րդ միջազգային համաժողովում (2015թ. Երևան) և ԵՊՀ ՈւԳԸ-ի տարեկան գիտաժողովում (2016թ. Երևան):

Արենախոսության կառուցվածքը և ծավալը: Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, 4 գլուխներից, եզրահանգումից և 143 աշխատանքներ պարունակող գրականության ցանկից: Ընդհանուր ծավալը 120 էջ է, ներառում է 64 նկար, 19 բանաձև, 3 աղյուսակ:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԱՄԱՌՈՏ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ատենախոսության ներածությունում հիմնավորված է ատենախոսության թեմայի արդիականությունը, ձևակերպված է աշխատանքի նպատակը, գիտական նորոյթը, կիրառական նշանակությունը և պաշտպանության ներկայացվող գիտական դրույթները:

Առաջին գլխում իրականացվել է հետազոտություն հայելային և ֆրե-նելային խտարարներով արևային էլեկտրակայանների, արևային կայանների ցանցին միացման և ցանցից անկախ աշխատանքի հնարավորությունների վերաբերյալ, ընդգծվել են ներկայումս գոյություն ունեցող տեխնոլոգիաների առավելություններն ու թերությունները:

Ֆոտոէներգետիկայի վերջին զարգացումները ապացուցեցին նրա մրցունակությունը ինչպես ավանդական էներգետիկայի, այնպես էլ այլընտրանքային էներգետիկ կայանների համեմատ: Այն մեծ կարևորություն

կարող է ունենալ ցածր եկամուտ ունեցող օգտատերերի, ինչպես նաև երկրի էներգետիկ անկախության և անվտանգության անհրաժեշտ մակարդակի ապահովման տեսանկյունից: Արևային ֆոտոէներգետիկայի զարգացման տեմպերը այնքան արագ են ընթանում ողջ աշխարհում, որ անհրաժեշտ են անընդհատ թարմացվող գիտատեխնիկական լուծումներ՝ ավելի արդյունավետ դարձնելու Արևից ստացված էներգիայի ուղիղ էլեկտրականի փոխակերպումը: Խնդրի լուծման համար օգտագործվում են կիսահաղորդչային կառուցվածքներ ունեցող արևային ֆոտոէլեմենտներ, որոնք տարբեր կիսահաղորդիչների p-ո բազմակի անցումների միջոցով կարողանում են ապահովել մինչև 46% արդյունավետություն: Կիսահաղորդչային այս նյութերը թեև ապահովում են բարձր արդյունավետություն, բայց, միևնույն ժամանակ, թանկացնում են արևային կայանի ինքնարժեքը: Ավելի փոքր մակերեսներով արևային էլեմենտների օգտագործման համար կիրառվում են տարբեր տեսակի և շատ ավելի փոքր ինքնարժեքով խտարարներ: Խտարարների օգտագործումը թեև մեծացնում է արևային էներգիայի կերպափոխման Օ.Գ.Գ.-ն, բայց, միևնույն ժամանակ, հանգեցնում է ֆոտոէլեմենտի վրա ընկնող ջերմային հոսքի խտության անհամեմատ մեծացման, ինչը անհրաժեշտ հովացման բացակայության պայմաններում բացասաբար է ազդում ֆոտոէլեմենտի Օ.Գ.Գ.-ի վրա: Այսպիսի կիրառության համար արտադրվում են արևային էլեմենտներ՝ տարբեր բնութագրերով, բարձր ջերմաստիճանային պայմաններում աշխատելու համար:

Մյուս կողմից՝ էներգետիկ բնագավառի զարգացումը թափ է առնում բավական արագ տեմպերով: Ամբողջ աշխարհում, ինչպես նաև Հայաստանում փոխվում է էներգիայի աղբյուրների համամասնությունները ողջ էներգետիկական համակարգում: Այս փոփոխությունները ենթադրում են տնտեսական և տեխնիկական մարտահրավերներ, որոնց մոդելավորումը հնարավորություն է ընձեռում՝ ուսումնասիրելու մեծությունների փոխազդեցությունները:

Հետազոտվել են պարաբոլազլանային, պարաբոլոիդային, հելիոստատային, ֆրենելային խտարարներով արևային էլեկտրակայանների առանձնահատկությունները, ընդգծվել դրանց թերությունները: Այսպիսի կայանները զբաղեցնում են մեծ տարածքներ, նախատեսված են կենտրոնացված կիրառությունների համար, ջերմային փոխակերպման պատճառով ունենում են արդյունավետության կորուստներ, որոնցից հնարավոր է խուսափել ֆոտոէներգետիկայի միջոցով: Արևին երկու առանցքով հետևող ֆոտոէլեկտրական կայանները ունեն երկաթբետոնե մեծ հիմքեր, հետևում են Արևին պտտելով

սարքը ամբողջությամբ, ինչը պահանջում է հզոր շարժիչներ և քամիների նկատմամբ մեծ կայունություն:

Ատենախոսության առաջին գլխում անդրադարձ է կատարվել նաև տարբեր կուտակիչ համակարգերի առանձնահատկություններին: Հաշվի առնելով արևային էներգետիկայի մեծ տեմպերով զարգացումը և կուտակիչների բարձր գները՝ տնտեսական տեսանկյունից լավագույն տարբերակն է սպառել արևային էներգիան արտադրության ժամերին, այսինքն համապատասխանեցնել էլեկտրական էներգիայի սպառումը արևային էներգիայի արտադրությանը կամ հակառակը: Հաշվի առնելով, որ օպտիմալ անկյան տակ տեղադրված արևային կայանների արտադրության օրական գրաֆիկները ունենում են մեկ առավելագույն արժեք կեսօրին՝ այս գործընթացը արդյունավետ կատարելու համար անհրաժեշտ են օրվա ընթացքում արևային էներգիայի արտադրության գրաֆիկները հարթեցնել և էներգիայի մեծ արտադրություն ուղղել նաև կեսօրից դուրս ժամերին: Այս ամենը հնարավոր է իրականացնել Արևի հետևող ֆոտոէլեկտրական մոդուլների միջոցով, որոնք կունենան փոքր չափեր, հնարավորություն կընձեռեն մասնավոր օգտագործման, կտեղադրվեն տանիքներին կամ բարդ ռելիեֆով մակերեսներին:

Գրականության վերլուծության արդյունքում ձևակերպվել են հետազոտվող խնդիրները՝

- Մոդելավորել և հետազոտել էներգետիկ համակարգի զարգացման հեռանկարները, հաշվարկել վերականգնվող էներգետիկայի ներդրման հնարավորությունները էներգետիկ համակարգում և գտնել ուղիներ արևային էներգիայի մասնաբաժնի մեծացման,

- Մշակել Արևի երկու առանցքներով հետևող հայելային և ֆրենելային համակցված խտարարներով ֆոտոէլեկտրական մոդուլ, որը կարող է տեղադրվել շենքերի տանիքներին և լեռնային լանդշաֆթներով վայրերում, ապահովել բարձր արդյունավետություն և ունենալ ցածր ինքնարժեք:

- Կատարել սարքի հետազոտում, որի շրջանակներում նախագծել սարքից ջերմահեռացման արդյունավետ համակարգ, ծրագրավորել սարքի Արևի հետևող նոր հիբրիդային արդյունավետ համակարգ,

- Հետազոտել Արևի էներգիայի ստացման երկրորդ սերնդի՝ թաղանթային ֆոտոէլեմենտների կառուցվածքը, աշխատանքային բնութագրերը, հնարավորություններն ու բնութագրերի փոփոխությունը ջերմաստիճանից և լուսավորվածությունից կախված:

Երկրորդ գլխում իրականացվել է էներգետիկ համակարգի մոդելավորում՝ Simantics System Dynamics և MatLab ծրագրերի միջոցով: Մոդելում ներմուծվել են եվրոպական 2230 բնակավայրերից ստացված տվյալներ:

Մոդելավորման արդյունքում հետազոտվել են արևային և քամու էներգետիկայի զարգացման հնարավորությունները, կայուն էներգահամակարգում դրանց ներդրման եղանակներն ու մասշտաբները: Հիմնավորվել է Արևին երկու առանցքներով հետևող սարքերի կիրառումը:

Ծրագրում հաշվի են առնվել վերականգնվող էներգիայի մասնաբաժինը էներգիայի պահանջարկի ապահովման մեջ: Գործակիցը նշանակվել է հունարեն α տառով և որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$\alpha = \min\left(\frac{\Sigma(E_{\text{արև}} + E_{\text{քամի}})}{\Sigma d}, 1\right):$$

Բանաձևում $E_{\text{արև}}$ -ը արևային էներգիայի արտադրությունն է ժամանակի տվյալ պայմաններում, $E_{\text{քամի}}$ -ն՝ քամու էներգիայի արտադրությունը, իսկ d -ն՝ էներգիայի պահանջարկը: Մինիմում ֆունկցիան տրված է, որպեսզի α գործակիցը 1-ից մեծ չլինի:

Վերականգնվող էներգիայի արտադրությունում արևային և քամու էներգիաների հարաբերությունը ցույց տվող գործակիցը նշանակվել է β -ով: Այն ցույց է տալիս քամու էներգիայի հարաբերությունը վերականգնվող էներգիայի ընդհանուր արտադրությանը՝

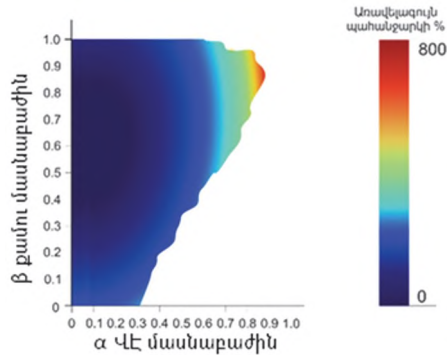
$$\beta = \frac{\Sigma E_{\text{քամի}}}{\Sigma(E_{\text{քամի}} + E_{\text{արև}})}:$$

Մոդելում ներմուծված է ևս մեկ փոփոխական, որն անվանվում է մնացորդային հզորություն: Այս փոփոխականը ցույց է տալիս, թե ժամանակի ցանկացած պահին որքան հզորություն է անհրաժեշտ ապահովել այլ էլեկտրակայաններով (բացի արևային և քամու էլեկտրակայաններից): Մնացորդային հզորությունը նշանակվում է R տառով և որոշվում՝

$$R = d(t) - (E_{\text{արև}}(t) + E_{\text{քամի}}(t)):$$

Արևային էներգետիկայի կտրուկ զարգացման պայմաններում մթնոլորտ արտանետված ածխաթթու գազի ծավալների փոքրացումը հնարավորություն է տալիս եզրակացնել, որ արևային էներգետիկայի զարգացումը անխուսափելի կլինի մոտակա 30 տարիների համար: MatLab ծրագրի միջոցով կատարված մոդելավորման արդյունքում հետազոտվել են արևային և քամու էներգետիկայի զարգացման հնարավորությունները և էլեկտրաէներգետիկական համակարգում զբաղեցրած հավանական ծավալները: Դրա համար ներմուծվել են դիտարկվող բնակավայրերում արևի և քամու տարեկան ժամերից կախված արտադրության քանակներն ու էլեկտրա-

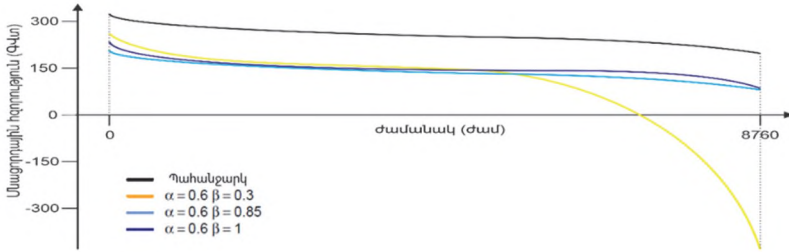
Էներգիայի պահանջարկը: Սահմանված α և β փոփոխականների կախվածությունը միմյանցից և դրանց կամայական արժեքի դեպքում տեղադրված հզորությունների հարաբերությունը առավելագույն պահանջարկին ներկայացված են նկ.1-ում:



Նկ. 1. Արևային և քանու էներգիայի կայանների տեղադրված հզորության կախվածությունը α և β փոփոխականներից

Նկարում չգունավորված հատվածները տեխնիկապես հնարավոր չէ իրականացնել: Այս երևույթը կապված է արևային էներգիայի արտադրության օրական եզակի առավելագույն արժեքի և գիշերային ժամերին արևի բացակայության հետ: Քանու էներգիայի օրվա ընթացքում ավելի հաճախ և տարբեր ժամերին էքստրեմումներ ունենալու հատկությունը հնարավորություն է տալիս՝ ավելի մեծ տոկոսային հարաբերությամբ քանու էլեկտրակայաններ տեղադրման: Ինչպես տեսնում ենք՝ ՎԷ մասնաբաժինը՝ α փոփոխականի, 0.8 արժեքի դեպքում քանու մասնաբաժինը՝ β -ն, նույնպես 0.8 և ավելի պետք է լինի տեխնիկապես հնարավոր համակարգի համար: Այս արժեքները ցույց են տալիս, որ արևային էներգիայի օրական ավելի երկար և հարթեցված գրաֆիկով արտադրությունը հնարավորություն կտա՝ այն ավելի լայնորեն ներդնել էներգետիկական համակարգերում:

Մնացորդային հզորությունն ապահովում է ջերմաէլեկտրակայանների, ատոմային էլեկտրակայանների և հիդրոէլեկտրակայանների միջոցով (եթե արժեքը դրական է) և կուտակվում է կուտակիչներում (եթե արժեքը բացասական է, այսինքն գոյություն ունի վերականգնվող էներգիայի ավելցուկ): Նկ.2-ում կառուցվել են արևային և քանու էներգիայի տարբեր հարաբերակցությունների դեպքում մնացորդային հզորության արժեքները՝ կախված տարվա ժամերից:



Նկ. 2. Մնացորդային հզորությունների արժեքները՝ կախված տարվա ժամերի քանակից և ՎԷ արտադրությունում արևային ու քամու էներգիայի մասնաբաժիններից

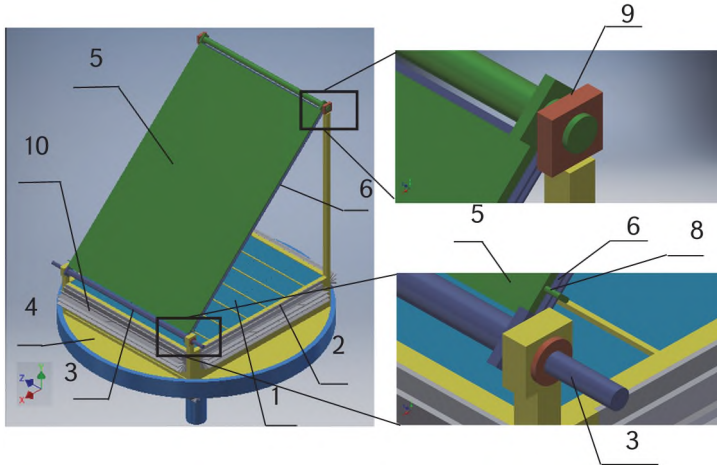
Մնացորդային հզորությունը ընդունում է և՛ դրական, և՛ բացասական բարձր արժեքներ վերականգնվող էներգիայի արտադրությունում արևային էներգիայի մեծ մասնաբաժնի դեպքում: Բացասական մնացորդային հզորության արժեքները, այսինքն արևային էներգիայի ավելցուկը, հասնում է առավելագույն պահանջարկից մինչև 1.5 անգամ մեծ արժեքների:

Էներգետիկ համակարգի մոդելավորումից երևում է, որ արևային էներգիայի տեղադրված մեծ հզորությունների դեպքում կեսօրին՝ արևային էներգիայի առավելագույն արտադրության ժամերին, անհրաժեշտություն է առաջանում մեծ քանակությամբ էներգիա կուտակել, իսկ էլեկտրական էներգիայի պահանջարկի առավելագույն արժեքները առաջանում են 9:00-ին և 18:00-ից հետո: Առաջարկի և պահանջարկի գրաֆիկների միջև այս շեղումները վերացնելու և կուտակիչ համակարգեր ու պահուստային էլեկտրակայաններ օգտագործելու անհրաժեշտությունը քննարկելու նպատակով անհրաժեշտ է տեղադրել արևային այնպիսի կայաններ, որոնց արտադրության գրաֆիկը կհամապատասխանի էլեկտրական էներգիայի պահանջարկի գրաֆիկին: Այդպիսի կայաններ կարող են հանդիսանալ արևին երկու առանցքներով հետևող կայանները, որոնք ունենում են էլեկտրական էներգիայի արտադրության մեծ արժեքներ նաև արևածագին և արևամուտին:

Երրորդ գլխում Արևին հետևող պատենտավորված սարքի հետազոտության և լուսընկալման վերլուծության արդյունքում մշակվել է Արևին երկու առանցքներով հետևող, հայելային և ֆրենելային համակցված խտարարներով նոր սարք, որը օրվա ընթացքում ապահովում է ֆոտոէլեկտրական էլեմենտների առավելագույն լուսավորվածությունը: Այս գլխում պարզաբանված է հայելային և ֆրենելային համակցված խտարարներով Արևին հետևող, տանիքի վրա դրվող և փոքր մակերես գրավող արևային ֆոտովոլտային նոր սարքի կառուցվածքը, ներկայացված են սարքի առավելությունները, աշխատանքի սկզբունքն ու օգտագործվող սարքավորումները:

Արևին հետևող նախագծված նոր սարքը (նկ. 3), որի 3D մոդելը կառուցվել է Autodesk Inventor ծրագրով, կատարում է երկու առանցքներով պտույտներ և հայելային անդրադարձնող համակարգի միջոցով ուղղում Արևի ճառագայթները ներքևում ուղղահայաց տեղադրված ֆրենելային խտարարների (1) մակերեսներին: Սարքի առավելությունն այն է, որ ֆրենելային խտարարները, դրանց օպտիկական կիզակետերում գտնվող արևային էլեմենտները կազմում են հերմետիկ փակ տուփ (2), որը խոչընդոտում է էլեմենտների աղտոտումը և հեշտացնում սարքի սպասարկումը: Երկու պարզ էլեկտրամեխանիկական քայլային շարժիչները՝ ազատության մեկ աստիճանով, կատարում են պտույտներ z (3) (Արևի բարձրության անկյան փոփոխությամբ պայմանավորված) և y (4) (ազիմուտային անկյան փոփոխությամբ պայմանավորված) առանցքների շուրջը Արևին հետևելու համար: Արևին հետևող հայելային համակարգը կազմված է միմյանց վրա տեղադրված երկու ամբողջական հայելիներից: Z առանցքի շուրջը պտույտի արդյունքում անկյան մեծացմանը զուգընթաց ներքևում տեղադրված հայելու (6) մակերեսին աստիճանաբար գումարվում է վերևում տեղադրված հայելու (5) մակերեսը և լրիվ անդրադարձնում Արևի ճառագայթները օրվա ընթացքում ֆրենելային խտարարների ողջ մակերեսին՝ առանց փոխստվերման արդյունքում առաջացող օպտիկական կորուստների: Այսպես, (3) առանցքի՝ ժամացույցի սլաքին հակառակ պտտման արդյունքում մեծանում է հորիզոնի նկատմամբ (6) հայելու կազմած անկյունը, իսկ այդ հայելու նկատմամբ (8) սողնակի շարժման արդյունքում (5) հայելին հասարակ սահքի միջոցով բարձրացնում է (9) հենակը և դրանով մեծացնում հայելային մակերևույթի մակերեսը ու օրվա ցանկացած պահին ապահովում ֆրենելային խտարարների ամբողջական լուսավորումը:

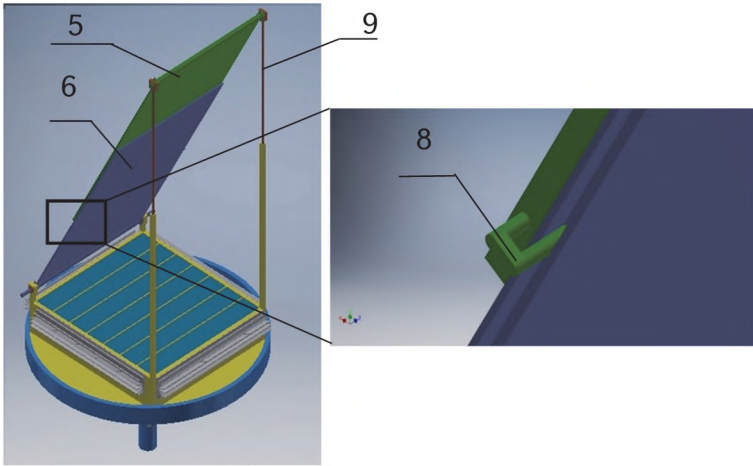
Y առանցքի շուրջը պտույտներն ապահովելու համար սարքի հիմքը (4) և ֆրենելային խտարարներն իր վրա կրող տուփն ունի նաև զլանաձև առանցք, որը կատարում է մեկ առանցքով պտույտ փոքր հզորությամբ էլեկտրամեխանիկական շարժիչի օգնությամբ: Սարքում կարող են օգտագործվել 49 ֆրենելային խտարարներ՝ համապատասխանաբար 49 ֆոտովոլտային էլեմենտներով: Սարքի այդ տարբերակը կապահովի 1 կՎտ հզորություն և կգբաղեցնի մոտավորապես 2.7 մ² տարածք: Բնական կոնվեկցիայի նպատակով հերմետիկ տուփից ջերմահեռացման խնդիրը արդյունավետ լուծելու համար հերմետիկ տուփի արտաքին պատերին ամրացվել են ջերմացրող այլումինե բարակ հովացուցիչներ (10):



Նկ. 3. Արևին հետևող ֆոտովոլտային նոր սարքի 3D մոդելը. 1- ֆրենելային խարարար, 2- հերմետիկ փակ փուփ, 3- զենիթային անկյան պտտման առանցք, 4- ազիմուտային անկյան շրջը պտտման մեխանիզմ, 5,6-հայելային թիթեղ, 8- սողնակ, 9-հենակ, 10-այլումինե հովացուցիչ

Արևին հետևող հայելային և ֆրենելային խտարարներով սարքը ամրացվում է տանիքին չորս հենասյուներով, որոնք բավական տարածություն են թողնում սարքի՝ բնական կոնվեկցիայի միջոցով հովացման համար: Հորիզոնական հարթության մեջ պտույտներ կատարող, սարքի ներքևում գտնվող գլանաձև առանցքին միացվող էլեկտրամեխանիկական շարժիչը, որը կարող է տեղադրվել սարքի ներքևում, պատում է առանցքը՝ դրանով իսկ պտտելով ֆրենելային խտարարներով, արևային էլեմենտներով փակ տուփը, ինչպես նաև հայելային խտացնող համակարգը:

Նկ.4 -ում պատկերված է հայելային համակարգի դիրքը հայելիների հորիզոնի նկատմամբ 60° թեքվածության դեպքում: Չենիթային անկյան փոփոխությամբ Արևին հետևելու արդյունքում, (8) սողնակի՝ (6) հայելու նկատմամբ մեխանիկական շարժման և (9) հենակների բարձրացման հետևանքով, հայելային համակարգի օգտագործվող մակերեսը մեծանում է և օրվա ցանկացած ժամին լուսավորում ֆրենելային խտարարների ողջ մակերևույթը:

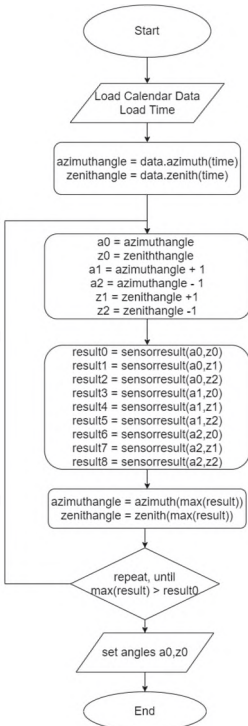


Նկ. 4. Հայելային համակարգի թիթեղների փոխդասավորվածությունը հորիզոնի նկատմամբ 60° անկյան դեպքում. 5,6- հայելային թիթեղներ, 8- սողնակ, 9-հենակ

Երրորդ գլխում մշակված սարքի համար անհրաժեշտ է նախագծել Արևին հետևող արդյունավետ համակարգ, որը օրվա ցանկացած պահին կգտնի հայելային խտարարների թեքման այն անկյունը, որը կապահովի էլեկտրական էներգիայի առավելագույն արտադրություն: Բարձր խտացման աստիճանների դեպքում անհրաժեշտ է ապահովել արևային էլեմենտներից արդյունավետ ջերմահեռացում, ինչը կերկարացնի էլեմենտների գործարկման ժամկետները և հնարավորություն կտա խոսափել արևային էլեմենտի կառուցվածքի քայքայումից:

Չորրորդ գլխում նախագծվել և հաշվարկվել է Արևին երկու առանցքներով հետևող հայելային և ֆրենելային համակցված խտարարներով նոր սարքից ջերմահեռացման համակարգը, սարքի՝ Արևին երկու առանցքներով հետևող ավտոմատացված հիբրիդային համակարգը: Իրականացվել են չափումներ ՀԱՊՀ «Հելիոտեխնիկա» լաբորատորիայում պատրաստված թաղանթային CdS-CdTe և ամերիկյան EM-Core ընկերության կիսահաղորդչային Ge-GaAs-GalnP ֆոտովոլտային էլեմենտների հիման վրա: Կառուցվել են էլեմենտների վոլտամպերային բնութագրերը, հաշվարկվել դրանց փոփոխությունները՝ կախված ջերմաստիճանից: Ընտրվել է սարքին հարմարեցված ֆոտովոլտային էլեմենտ:

Կախված Արևին հետևող համակարգում կիրառվող կառավարման մեթոդից՝ առանձնանում են փակ (close loop) և բաց շղթաներով (open loop) հետևող համակարգեր: Բաց շղթայով համակարգերում նախապես տրվում է Արևի դիրքի մասին տեղեկությունը՝ օրացուցային տվյալներից ելնելով, իսկ փակ շղթայով համակարգերում՝ սենսորային սարքերի միջոցով փնտրվում է Արևի ամենամեծ ինտենսիվությամբ ճառագայթներին ուղղահայաց հարթությունը: Փակ շղթայով համակարգերը ավելի աշխատատար և թանկ են,



Նկ. 5. Արևին հետևող հիբրիդային համակարգի ալգորիթմը

արժեքների դեպքում կառավարող սարքավորումը՝ միկրոկոնտրոլերը, փոխում է Արևին հետևող համակարգի թեքման անկյունը 1° – ով համապատասխանաբար ազիմուտային և զենիթային անկյուններով և կրկնում չափումը: Նոր արժեքի ավելի մեծ լինելու պարագայում որպես համեմատու-

սակայն, միևնույն ժամանակ, ապահովում են ավելի մեծ ճշտություն՝ գտնելով առավելագույն հզորության թեքման անկյունը՝ անկախ եղանակային փոփոխություններից:

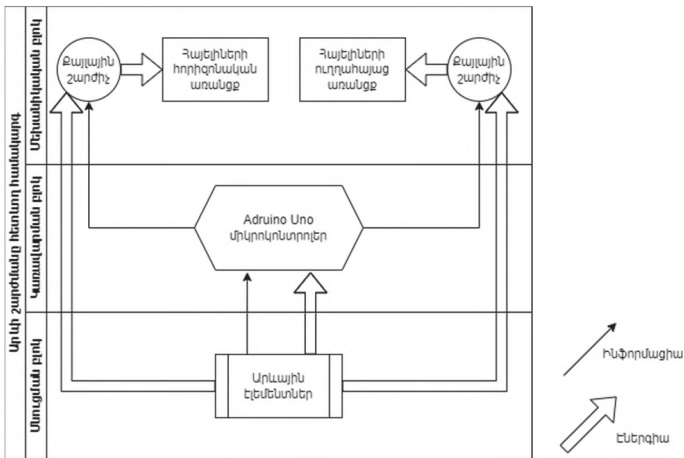
Արևին հետևող հիբրիդային համակարգը երկու մեթոդների համադրում է կախված եղանակային պայմաններից: Բարենպաստ եղանակի պարագայում նախ ճշտվում է Արևի դիրքը՝ ըստ օրացուցային տվյալների, իսկ այնուհետև արևային մոդուլները բերվում են օպտիմալ դիրքի՝ ըստ սենսորներից ստացված տեղեկությունների: Ամպամած օրերին հիբրիդային գործող համակարգերը Արևին հետևող սարքն ուղղում են օրացույցով նախատեսված անկյամբ և չեն կատարում չափումներ սենսորների միջոցով:

Ատենախոսությունում ներկայացված է Արևին հետևող ծրագրավորված հիբրիդային համակարգի ալգորիթմը (նկ.5), որը սենսորների փոխարեն օգտագործում է արևային էլեմենտներից ստացված հզորության արժեքները, անկախ եղանակային տվյալներից սարքն ուղղում է օրացուցային տվյալներով նախատեսված անկյամբ և կատարում չափում:

Չափման տվյալ տեղայնքի լուսային ուղիղ ճառագայթման համեմատությամբ 80%-ից փոքր կառավարող սարքավորումը՝ միկրոկոնտրոլերը, կառավարող սարքավորումը՝ միկրոկոնտրոլերը, փոխում է Արևին հետևող համակարգի թեքման անկյունը 1° – ով համապատասխանաբար ազիմուտային և զենիթային անկյուններով և կրկնում չափումը: Նոր արժեքի ավելի մեծ լինելու պարագայում որպես համեմատու-

թյան անկյուն է ընտրվում նոր անկյունը: Այս ցիկլը կրկնվում է առավելագույնը 8 անգամ: Համակարգն օգտագործվում է սարքի աշխատանքում կիրառելով անկյան մեկ աստիճանով փոփոխության քայլեր, ինչի շնորհիվ այգորիթմի աշխատանքը, կախված եղանակային պայմաններից, տևում է մինչև 5 վայրկյան: Արևին հետևող հիբրիդային համակարգի ծրագիրը MatLab ծրագրավորման լեզվով բերված է ատենախոսությունում:

Արևին հետևող սարքը բաղկացած է հայելային խտարարներով հետևող համակարգից, ֆրենելային խտարարներից, լուսաէլեկտրական էլեմենտներից, սարքի հովացման համակարգից, կառավարող միկրոկոնտրոլերից, երկու էլեկտրամեխանիկական քայլային շարժիչներից (Նկ. 6):



Նկ. 6. Արևին հետևող համակարգի միացման սկզբունքային բլոկ-սխեման

Սխեման բաժանված է երեք պայմանական բլոկների: Էներգամուղման բլոկը Արևին երկու առանցքներով հետևող համակարգի համար ծառայում է, որպես էներգիայի և տեղեկույթի աղբյուր: Արևային էլեմենտներից էներգիա է մատակարարվում կառավարման բլոկին և քայլային շարժիչներին, որոնք մեխանիկական շարժման միջոցով իրականացնում են հայելիների պտույտը երկու առանցքների շուրջը: Արևային էլեմենտներից վոլտմետրի և ամպերմետրի չափումների արդյունքում իրական ժամանակում հոսանքի և լարման արժեքները փոխանցվում են միկրոկոնտրոլերին, որն էլ իր հերթին տեղեկատվությունը մշակում և վերածում է համապատասխան հրամանի ու փոխանցում քայլային շարժիչներին:

Բնական կոնվեկցիայի միջոցով սարքի հովացումը ապահովելու համար հերմետիկ փակ տուփի պղնձյա արտաքին մակերևույթին են ամրացվում այլումինե հովացուցիչներ, որոնք մեծացնում են սարքի՝ օդի հետ շփման մակերևույթը: Հովացուցչի պահանջվող մակերեսի հաշվարկն իրականացվում է ջերմափոխանցման օրենքների համաձայն՝ հետևյալ նախնական պայմաններով. օդի ջերմաստիճանը 35°C է, սարքի առավելագույն թույլատրելի ջերմաստիճանը՝ 70°C , երեք կիսահաղորդիչներով բազմանցումային էլեմենտների էլեկտրական արդյունավետությունը՝ 32.3%, Արևից Երկրի մակերևույթի 1 m^2 տարածքին ընկած հզորությունը՝ 1000 Վտ, էլեմենտի վրա խտացնող մեկ ֆրենելային խտարարի մակերեսը կազմում է $0.23 \times 0.23 \text{ m}$, օդի միջին արագությունը՝ 1.86 մ/վ: 1 մմ հաստությամբ պղնձյա ջերմացրող թիթեղի վրա ֆոտովոլտային էլեմենտի տեղադրման մակերեսը պատված է DLC՝ ավաստանման ածխի թաղանթից պատրաստված հովացուցիչով, որի բարձր ջերմահաղորդականությունն ապահովում է ջերմացրման մեծ արդյունավետություն: Հաշվի առնելով ֆոտոէլեմենտի արդյունավետության արժեքները՝ Արևից ճառագայթված և էլեկտրականի չփոխակերպված էներգիան վերածվում է ջերմության: Ջերմության հեռացման խնդիրը լուծելու համար կազմվել է էլեմենտի, DLC-ի և պղնձե թիթեղի պարզագույն սխեման:

DLC-ն՝ sp2-sp3 հատուկ հարաբերակցության միջոցով, ունենալով մեծ ջերմահաղորդականության գործակից, հավասարապես է բաշխում արևային էլեմենտից փոխանցված ջերմությունը:

Իրականացված հաշվարկներում օգտագործվել են VDI Wärmeatlas-ում ներկայացված ջերմափոխանցման հետևյալ հայտնի բանաձևերը և կորեկացիաները:

Ռեյնոլդսի թիվ՝

$$Re = \frac{u_{air} d}{\nu_{air}}:$$

Ջերմաստիճանահաղորդման գործակից՝

$$\alpha_{air} = \frac{\lambda_{air}}{\rho_{air} c_{air}}:$$

Պրանդտլի թիվ՝

$$Pr = \frac{\nu_{air}}{\alpha_{air}}:$$

Նուսելտի կորեկացիա՝ համապատասխանաբար Ռեյնոլդսի և Պրանդտլի թվերի համար՝

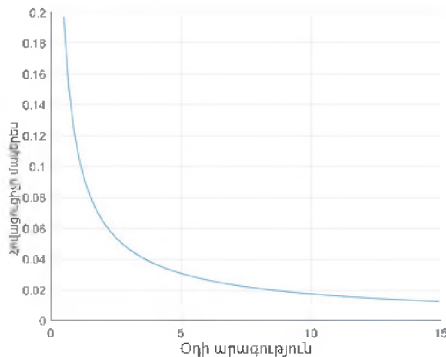
$$Nu = 0.0296 Re^{0.8} Pr^{\frac{1}{3}}$$

Կոնվեկցիայի միջոցով ջերմափոխանցման գործակից՝ կախված Նուսելտի թվից՝

$$\alpha = Nu \frac{\lambda_{air}}{d},$$

որտեղ u_{air} -ը, v_{air} -ը, λ_{air} -ը, c_{air} -ը և ρ_{air} -ը համապատասխանաբար օդի արագությունը, կինեմատիկ մածուցիկությունը, ջերմահաղորդականության գործակիցը, ջերմային ունակությունն ու խտությունն են, d -ը՝ պղնձե թիթեղի մեկ էլեմենտը իր վրա կրող քառակուսի մակերեսի կողմի երկարությունը:

Ստանալով պղնձե թիթեղից մթնոլորտ կոնվեկցիայի միջոցով ջերմափոխանցման գործակիցը՝ հաշվվում է ֆոտովոլտային էլեմենտից մինչև մթնոլորտ ջերմափոխանցման գործակիցը՝ օգտագործելով նաև պղնձի և D.L.C-ի ջերմահաղորդականության գործակիցները: Տեղադրելով ջերմափոխանցման գործակիցը Արևից էլեմենտի վրա ընկած ջերմաքանակի բանաձևում՝ հնարավոր է հաշվել այլումինե հովացուցիչի անհրաժեշտ մակերեսը, որի դեպքում էլեմենտի ջերմաստիճանը չի գերազանցի թույլատրելի արժեքը: Հաշվարկները իրականացվել են MATLAB ծրագրավորման լեզվի միջոցով: Նկ.7-ում ներկայացված է արևային էլեմենտից ամբողջական ջերմահեռացման համար անհրաժեշտ հովացուցիչի մակերեսի կախվածությունը օդի միջին արագությունից:

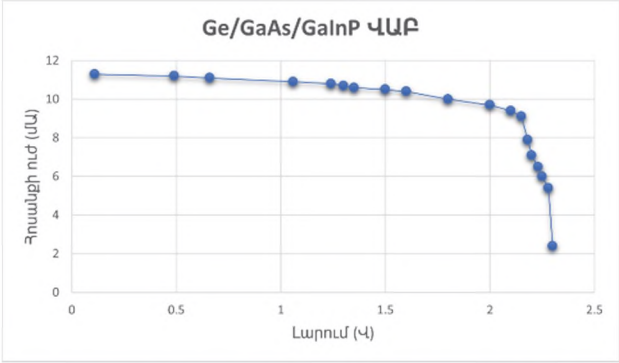


Նկ. 7. Արևային էլեմենտից լիովին ջերմահեռացման համար անհրաժեշտ հովացնող մակերեսի կախվածությունը օդի միջին արագությունից

Արևին երկու առանցքներով հետևող ֆոտոէլեկտրական մոդուլին համապատասխան ֆոտո-էլեմենտ ընտրելու համար չափումներ են իրականացվել ՀԱՊՀ «Հելիոտեխնիկա» լաբորատորիայում պատրաստված CdS-

CdTe և ամերիկյան Em-Core ընկերության Ge/GaAs/GalnP ֆոտոէլեմենտներով:

Թափանցիկ և էլեկտրահաղորդիչ In₂O₃:Sn (ITO) թաղանթը պատրաստվել է մագնետրոնային պլազ-մաքիմիական եղանակով, որի վրա քիմիական ճանապարհով նստեցվել է CdS՝ 0,2 մկմ հաստությամբ և էլեկտրաքիմիական եղանակով CdTe՝ 3 մկմ հաստությամբ, որոնք ենթարկվել են քլորիդային ջերմամշակման: Ստացված նմուշի վոլտամպերային բնութագրերի չափման համար նրա վրա տեղադրվել են In-ի մետաղյա հպակներ՝ CdTe և ITO շերտերի վրա: Չափման օգտագործմամբ՝ տեղադրված կոնտակտների միջոցով կատարվել են նմուշի վոլտամպերային բնութագրերի չափումներ մթնային և լուսային ռեժիմներում: P₀= 0,1 Վտ/սմ² լույսի ինտենսիվության դեպքում չափվել են ստացված թաղանթային արևային կերպափոխիչի լուսային վոլտամպերային բնութագիրը և ՕԳԳ-ն, որը կազմել է 5%: Թաղանթային CdS-CdTe կիսահաղորդչային էլեմենտի չափման այս արդյունքների համեմատության և ավելի բարձր ՕԳԳ-ով ֆոտոէլեմենտի –օգտագործման նպատակով հետազոտություններ են իրականացվել՝ օգտագործելով կիսահաղորդչային Ge/GaAs/GalnP ֆոտոէլեմենտը: Արևային լույսի սիմուլյատորի միջոցով իրականացվել են հոսանքի ուժի և լարման չափումներ տարբեր բեռի միացման դեպքում: Այս չափումների արդյունքում կառուցվել են արևային էլեմենտների վոլտ-ամպերային բնութագրերը (նկ.8), որոնց միջոցով հաշվարկվել է էլեմենտի ՕԳԳ-ն նորմալ պայմաններում, այն կազմել է 32.3%: Տարբեր ջերմաստիճաններում էլեմենտների վոլտ-ամպերային բնութագրերը կառուցելու և ՕԳԳ-ները հաշվելու միջոցով պարզ է դարձել, որ Ge/GaAs/GalnP ֆոտոէլեմենտները ունենում են 0.07%/Կ ՕԳԳ-ի կորուստ յուրաքանչյուր 1 Կ տաքացման դեպքում:



Նկ. 8 Ge/GaAs-GalnP արևային էլեմենտների վոլտամպերային բնութագիրը

Հաշվի առնելով ջերմաստիճանային բարձր կայունությունը, ՕԳԳ-ի մեծ արժեքները, մոդուլում կիրառման համար ընտրվել են Ge/GaAs/GaInP ֆոտոէլեմենտները:

ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Հետազոտվել են արևային ֆոտովոլտային կայաններում օգտագործվող հայելային և ֆրենելային գոյություն ունեցող համակարգերը, առանձնացվել դրանց հիմնական թերություններն ու առավելությունները, քննարկվել են էլեկտրական էներգիայի կուտակիչ համակարգերի տարատեսակները, ընդգծվել դրանց թերությունները:

2. Մոդելավորվել է ժամանակակից էներգետիկական համակարգ՝ օգտագործելով եվրոպական 2230 բնակավայրերից ստացված տվյալներ: Simantics System Dynamics և MatLab ծրագրային միջոցներով կատարված մոդելավորման արդյունքում հիմնավորվել է, որ արևային էներգետիկայի արագ զարգացմանը զուգընթաց անհրաժեշտ է Արևին հետևող համակարգերի միջոցով հարթեցնել արևային էներգիայի օրական արտադրության գրաֆիկները՝ ավելի մեծ ծավալներով արևային կայաններ ցանցում ներդնելու նպատակով:

3. Մշակվել է Արևին հետևող հայելային և ֆրենելային համակցված խտարարներով ֆոտովոլտային նոր մոդուլ, որը ունի Արևին հետևող օպտիմալացված համակարգ, որը բաղկացած է երկու միմյանց վրա տեղադրվող հայելային թիթեղներից: Օրվա ընթացքում հայելային թիթեղների համակարգի հորիզոնի նկատմամբ կազմած անկյան փոփոխությամբ պայմանավորված մեծանում է հայելային խտարարներով համակարգի մակերեսը և ամբողջովին լուսավորում ֆրենելային խտարարների մակերեսը:

4. Մշակվել է Արևին հետևող հիբրիդային համակարգ, որը անկախ եղանակային տվյալներից, ուղղում է Արևին հետևող համակարգը օրացույցով տրված անկյամբ և կատարում չափում: Չափման արդյունքից կախված՝ ծրագիրը տեղաշարժում է Արևին հետևող համակարգը ազիմուտային և զենիթային անկյուններով և գտնում լույսի ինտենսիվության ավելի մեծ արժեքներով անկյունները:

5. Մշակվել է սարքից ջերմահեռացման արդյունավետ համակարգ, MatLab ծրագրի միջոցով կատարվել է ջերմահեռացման հաշվարկը և որոշվել են ֆոտոէլեմենտների հովացման այլոմինեն թիթեղների անհրաժեշտ մակերեսները, որոնց դեպքում կապահովվի ֆոտոէլեմենտից ամբողջական ջերմահեռացում,

6. Հետազոտվել է CdS-CdTe արևային ֆոտովոլտային թաղանթային էլեմենտի վոլտամպերային բնութագիրը: Չափման սարքի բյուրեղային օգտագործմամբ՝ տեղադրված կոնտակտների միջոցով կատարվել են նմուշի վոլտամպերային բնութագրերի չափումներ մթնային և լուսային ռեժիմներում: $P_0 = 0,1$ Վտ/սմ² լույսի ինտենսիվության դեպքում չափվել է ստացված թաղանթային արևային կերպափոխիչի լուսային վոլտամպերային բնութագիրը և ՕԳԳ-ն, որը կազմել է 5%:

7. Հետազոտվել է Ge-GaAs-GaInP արևային կասկադային էլեմենտի վոլտամպերային բնութագիրը: Մյունխենի տեխնիկական համալսարանում գտնվող արևային սիմուլյատորի միջոցով կատարված չափումների արդյունքում էլեմենտի Օ.Գ.Գ.-ն կազմել է 32.3%, իսկ ջերմաստիճանից կախված Օ.Գ.Գ.-ի անկումը կազմել է 0.07%/Կ:

Ատենախոսության թեմայով հրատարակված աշխատանքների ցանկ

1. **Паносян Ж.Р., Варданян Г.П., Дрноюн А.А.** Разработка нового фотоэлектрического модуля с френелевскими концентраторами, следящего за движением Солнца // Известия НАН РА и НПУА. Серия технических наук.- 2016.-Т.69, N3- С. 255-264.
2. **Դոնոյան Ա.** Արևային էներգիայի ճնշման տակ օդով կուտակիչ սարքի ուսումնասիրություն // ՀՃԱ Լրաբեր.-2021.- Հ. 18, N 1.- էջ 66-71:
3. **Դոնոյան Ա.** Համակարգային դինամիկայի մեթոդով ՀՀ էներգետիկ տնտեսության մոդելավորումը եվ 2050 թվականի կանխատեսումները // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ Տեղեկագիր. Տեխնիկական գիտությունների սերիա.- 2021.- Հ. 74, N 4.- էջ 425-433:
4. Արտոնագիր AM20150152. Արևի էներգիայի կերպափոխման լուսաէլեկտրական սարք/ **ԺՁ Փանոսյան, ԳՁ Վարդանյան, ԱՁ Դոնոյան.**- 01Ձ03Ձ2016:
5. **Փանոսյան Ժ.Ռ., Դոնոյան Ա.Ա.** Փոքր մակերեսով ակային ֆոտոէլեմենտներից մեծ արդյունավետությամբ էլեկտրական էներգիայի արտադրություն // ՀՀ ԳԱԱ «Իննովացիոն հնարավորությունները և մարտահրավերները ժամանակակից աշխարհում» միջազգային գիտաժողովի նյութեր.- 2018.- էջ 508-518:
6. **Փանոսյան Ժ.Ռ., Դոնոյան Ա.Ա., Վարդանյան Գ.Պ.** Արևի շարժմանը հետևող ֆրենելային խտարարներով բարձրարդյունավետ ֆոտոէլեկտրական սարքի մշակումը // ՀԱՊՀ Լրաբեր.- 2018.- N3.- էջ 699-705:
7. **Դոնոյան Ա.Ա., Փանոսյան Ժ.Ռ., Ենգիբարյան Ե.Վ.** Արևի շարժմանը հետևող հայելային համակարգով և թափանցիկ ֆրենելային խտարարներով սարքի լուսընկալման վերլուծություն // ՀԱՊՀ Լրաբեր.-2019.- N2.- էջ 402-410:

8. **Drnoyan A.A.** Study of Fresnel lens concentration system of a solar motion tracking PV module // Proceedings of NPUA: Electrical engineering, energetics.- 2021.-N2.- P. 62-72.
9. **Դոնոյան Ա.Ա., Վարդանյան Գ.Պ., Ավոյան Ռ.Հ.** Արևի շարժմանը երկու առանցքով հետևող հիբրիդային համակարգի մշակումը // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ Տեղեկագիր. Տեխնիկական գիտությունների սերիա.- 2022.-Հ. LXXV, N1.- էջ 51-58:
10. **Мартиросян М.В., Дрноюн А.А., Севоян Дж.С.** Влияние метеорологических условий на эффективность солнечных панелей // Вестник НПУА.-2021.- Ч. 2.- С. 251-259.
11. **Սիմոնյան Հ.Ս., Դոնոյան Ա.Ա., Փանոսյան Ժ.Ռ.** Թաղանթային CdS/CdTe լուսաէլեկտրական արևային կերպափոխիչի վոլտամպերային բնութագրերի ուսումնասիրում // ՀՃԱ Լրաբեր.- 2018.- Հ.15, N3.- էջ 460-464:
12. **Փանոսյան Ժ.Ռ., Վարդանյան Գ.Պ., Դոնոյան Ա.Ա.** Տանիքին դրվող 2կՎտ հզորությամբ, խտարարներով ֆոտոէլեկտրական մոդուլի մշակումը և մինչև 150 կՎտ հզորությամբ մոդուլների խմբի ցանցին միացումը // ՀԱՊՀ Լրաբեր .- 2017.-N2.- էջ 703-710:

Дрюян Александр Арташесович

Разработка и исследование фотоэлектрического устройства слежения за Солнцем с комбинированными зеркальными и френелевыми концентраторами

РЕЗЮМЕ

Цель работы - разработка фотоэлектрического модуля Слежения за Солнцем с зеркальными и френелевыми комбинированными концентраторами на основе прогнозов энергосистемы, программирование гибридной системы слежения за Солнцем и эффективное решение проблемы отвода тепла от устройства.

Для достижения поставленной цели были рассмотрены и решены следующие вопросы: исследование солнечных установок с концентраторами слежения за Солнцем, подчеркнуты возможности аккумулирования солнечной энергии, выделены их недостатки и преимущества; в результате моделирования энергосистемы определены возможности ввода солнечной энергии в сеть, обоснованы установки двухосных систем слежения за Солнцем с концентраторами с целью преобразования солнечной энергии в электрическую и согласования графиков спроса на электроэнергию; разработка модуля с двухосным слежением за Солнцем и комбинированными зеркальными и френелевыми концентраторами, оптимизация системы слежения с зеркальными концентраторами и обеспечение максимального освещения; эффективное решение проблемы отвода тепла от модуля, программирование новой гибридной системы слежения за Солнцем, которая позволит найти оптимальный угол наклона системы слежения независимо от погодных условий; исследование пленочных CdS/CdTe и полупроводниковых Ge/GaAs/GaN фотоэлементов второго поколения, построение их вольт-амперных характеристик (ВАХ) и определение пригодности для использования в разрабатываемом модуле.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Исследованы существующие системы с зеркальными и френелевыми концентраторами, применяемые в солнечных фотоэлектрических установках, выделены их основные недостатки и преимущества, рассмотрены типы систем аккумулирования электрической энергии.

2. Современная энергетическая система была смоделирована с использованием данных 2230 европейских населенных пунктов. В результате моделирования, проведенного с использованием программ Simantics System Dynamics и MatLab, доказано, что наряду с бурным развитием солнечной энергетики необходимо сглаживать суточные графики трансформации солнечной энергии с помощью систем слежения за Солнцем, чтобы интегрировать большие объемы солнечных электростанций в сеть.

3. Разработан новый фотоэлектрический модуль слежением за солнцем с комбинированными зеркальными и френелевыми концентраторами, который имеет оптимизированную систему слежения за Солнцем, состоящую из двух перекрывающихся зеркальных плиток.

4. Разработана гибридная система слежения за Солнцем, которая независимо от данных о погоде направляет систему слежения за Солнцем на заданный календарем угол и производит измерение. В зависимости от результата измерения, программа перемещает систему слежения за Солнцем по азимутальному и зенитному углам и находит углы с более высокими значениями силы света.

5. Разработана эффективная система отвода тепла от устройства, выполнен расчет отвода тепла с помощью программы MatLab и определены необходимые поверхности алюминиевых пластин для охлаждения фотоэлементов.

6. Исследована вольт-амперная характеристика солнечного фотоэлектрического тонкопленочного элемента CdS-CdTe. С помощью блок-схемы измерительного устройства произведены измерения ВАХ образца в темновом и светловом режимах путем установленных контактов. При интенсивности света $P_0=0,1$ Вт/см² измерена ВАХ полученного тонкопленочного солнечного преобразователя, КПД составил 5%.

7. Исследована ВАХ солнечного элемента Ge-GaAs-GaInP. Результаты измерений, проведенных с помощью симулятора солнечной энергии Мюнхенского технического университета показали, что КПД элемента составил 32,3%, а падение КПД в зависимости от температуры - 0,07%/К.

Development and research of a solar module with combined mirror and fresnel concentrators following the sun

SUMMARY

The purpose of the work is the development of a photovoltaic solar tracking module with mirror and fresnel combined concentrators, programming of a hybrid solar tracking system and an effective solution to the problem of heat removal from the device based on forecasts of the future energy system.

To achieve the set goal, the following questions were considered and resolved.

- Study of solar installations with solar tracking concentrators, emphasizing the possibilities of solar energy storage, highlighting their disadvantages and advantages.
- As a result of modeling the power system, determining the possibilities of introducing solar energy into the grid, justifying the installation of biaxial solar tracking systems with concentrators to convert solar energy into electrical energy and coordinating electricity demand schedules.
- Development of a module with biaxial tracking of the sun and combined mirror and Fresnel concentrators, optimization of the tracking system with mirror concentrators and ensuring maximum illumination.
- Effective solution to the problem of heat removal from the module, programming a new hybrid solar tracking system that will find the optimal angle of the tracking system regardless of weather conditions.
- Investigation of film CdS/CdTe and semiconductor Ge/GaAs/GaInP photocells of the second generation, construction of their current-voltage characteristics and determination of suitability for use in the developed module.

BASIC CONCLUSIONS

1. Existing systems with mirror and fresnel concentrators used in solar photovoltaic installations have been studied, their main disadvantages and advantages have been identified, types of electrical energy storage systems have been considered, and their disadvantages have been highlighted.

2. The modern energy system was modeled using data from 2230 European settlements. As a result of simulations carried out in the Simantics System Dynamics and MatLab programs, it was proved that along with the rapid development of solar energy, it is necessary to smooth out the daily schedules of solar energy transformation using solar tracking systems to integrate large volumes of solar power plants into the network.

3. A new solar tracking photovoltaic module with combined mirror and Fresnel concentrators has been developed, which has an optimized sun tracking system consisting of two overlapping mirror tiles.

4. A hybrid sun tracking system has been developed, which, regardless of weather data, directs the sun tracking system to the angle set by the calendar and makes a measurement. Depending on the measurement result, the program moves the solar tracking system along the azimuth and zenith angles and finds angles with higher luminous intensity values.

5. An efficient system of heat removal from the device was developed, heat removal was calculated using the MatLab program, and the necessary surfaces of aluminum plates for cooling photocells were determined.

6. The current-voltage characteristic of the CdS-CdTe solar photovoltaic thin-film cell has been studied. Using the block diagram of the measuring device, the current-voltage characteristics of the sample were measured in dark and light modes using the installed contacts. At light intensity $P_0=0.1 \text{ W/cm}^2$, the I-V characteristic of the obtained thin-film solar converter was measured, K.P.D. amounted to 5%.

7. The current-voltage characteristic of the Ge-GaAs-GaInP solar cell was studied. As a result of measurements carried out using a solar energy simulator of the Technical University of Munich, the efficiency of the element was 32.3%, and the drop in efficiency was. depending on the temperature was 0.07%/K.



