

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ԳՈՌ ՊԱՏՎԱԿԱՆԻ ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

**ԼՈՒՍԱԹԱՓԱՆՑ ՖՐԵՆԵԼ ԱՅԻՆ ԿԱՅՈՒՆ ԽՏԱՐԱՐՆԵՐՈՎ
ԱՐԵՎԱՅԻՆ ՖՈՏՈԷԼ ԵԿՏՐԱԿԱՆ ԿԱՅԱՆՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԹԵԿՆԱԾՈՒԻ

ԳԻՏԱԿԱՆ ԱՍՏԻՃԱՆԻ ՀԱՅՑՄԱՆ

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒ ԹՅՈՒՆ

Ե.14.04 –ՎԵՐԱԿԱՆԳԵՎՈՂ ԵՎ ԱՅԼ ԸՆՏՐՍՆՔԱՅԻՆ

ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐՈՎ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿ ԿԱՅԱՆՔՆԵՐ

Գիտական ղեկավար՝ ՀԱՊՀ-ի պրոֆեսոր,

ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների

դոկտոր **ԺողէՖ Ռեթևոսի**

Փանոսյան

ԵՐԵՎԱՆ 2017

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒ ԹՅՈՒՆ

Էջ

Օգտագործված հապավումները և ցանկ	3
ՆԵՐԱՃՈՒ ԹՅՈՒՆ	4
ԳԼՈՒԽ1. ԳՐԱԿԱՆՈՒ ԹՅԱՆ ԱԿՆԱՐԿ	11
1.1. Արևային էներգիայի կիրառությունը ներքին և Զայաստանի Յանրապետության էներգետիկայի տարածումը	11
1.2. Արևային Ֆոտոէլեկտրական կերպափոխիչների աշխատանքի հիմունքները	20
1.3. Լուսաթափանց Ֆրենելային հելիոտեխնիկական խտարարներով արևային էլեկտրական անոթներ	37
Գլուխ 1-ի եզրակացությունները	46
ԳԼՈՒԽ2. ԼՈՒՍԱԹԱՓԱՆԱՑ ՖՐԵՆԵԼ ԱՅԻՆ ԽՏԱՐԱՐՆԵՐՈՎ ԱՐԵՎԻ ՇԱՐԺՄԱԸ ՀԵՏԵՎՈՂ ՖՈՏՈԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՄՈԴՈՒԼԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ	48
2.1. Տանիքին տեղադրվող Ֆրենելային խտարարներով Ֆոտոէլեկտրական մոդուլի մշակումը	48
2.2. Լուսաթափանց Ֆրենելային հելիոտեխնիկական խտարարներով կորուստների վերլուծությունը և գնահատումը	53
2.3. Ֆոտոմեզդիստային հենքով արևի շարժմանը հետևող սարքի մշակումը	60
ԳԼՈՒԽ3. ԻՆՔՆԱՎԱՐ ԵՎ ՑԱՆՑԻՆ ՄԻԱՑՎԱԾ ԱՐԵՎԱՅԻՆ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆԱՆՆԵՐԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ ԵՎ ՄՊԱՍԱՐԿՈՒՄԸ	69
3.1. Ինքնավար էլեկտրական անոթների էլեկտրաէներգիայի պահուստավորում և օգտագործման համակարգի հետազոտումը և մշակումը	69

3.2. Արևային ֆոտոէլեկտրական մոդուլների մակերեսների մաքրումը	77
3.3. Մինչև 150 կՎտ հզորությամբ տանիքին դրվող կայանի էլեկտրացանցի միացման տեսական և առավելագույն հզորության կետի որոշումը	83
3.4. Ցանցին միացման էլեկտրասխեմայի և սարքվածքների ընտրությունը	88
ԳԼՈՒԽ 4. ՀԵՌԱԿԱՌԱՎՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ԵՎ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ	96
4.1. Կարկուտներից և արտաքին այլ ազդեցություններից պաշտպանված արևային էլեկտրական մոդուլի պատրաստման արդյունավետ տեխնոլոգիա.....	96
4.2. Արևային էլեկտրական մոդուլի հեռակառավարվող պաշտպանիչ կոնստրուկցիայի մշակումը	98
4.3. Համապիտանի հեռակառավարման համակարգի կիրառումը տնտեսության մեջ	103
ԵԶՐԱՅԱՆԳՈՒՄ.....	107
ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ.....	110

ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ՀԱՊԱԿՈՒՄՆԵՐԻ ՑԱՆԿ

ԱԱԹ - Ալ մաս տանման ածխածնային թաղանթ

ՖԷ - Ֆոտովոլտային էլեմենտ

CVD - Chemical vapor deposition

PECVD - Plasma enhanced chemical vapor deposition

ԱԼԷԿ - Արևային էլեկտրական կայան

ԱԼԷՄ - Արևային էլեկտրական մոդուլ

ԱՄ - Արևային մոդուլ

ԱԷ - Արևային էլեմենտ

ՎԱԲ - Վոլտապերային բնութագիր

ԱՖԷԿ - Արևային ֆոտոէլեկտրական

ԱՀԿ - Առավելագույն հզորության կետ

ՖԽ - Ֆրենելային խտարար

ՊՄՄԱ - Պոլիմերիկ մետալրիկ առ

ԱԼԷՄՊԿ - Արևային էլեկտրական մոդուլի պաշտպանիչ կոնստրուկցիա

ԱԷՆՄ - Արևային էներգիայի նոր մոդուլ

ՆԵՐԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

20-րդ դարի վերջին տասնամյակները բնորոշվեցին շրջադարձային ինովացիաներով, որոնք արմատապես փոխեցին տնտեսության արտադրական համակարգը, կառավարման և ուսուցման մոդելները, խթանեցին տնտեսության և առողջապահության արագացված զարգացումը: Դրանց թվում են վերականգնվող և այլընտրանքային էներգիայի աղբյուրները: Վերականգնվող և այլընտրանքային էներգիայի աղբյուրներից արևային ֆոտոէներգետիկան, զարգանալով ամենաարագ տեմպերով, հավակնում է դառնալ 21-րդ դարի էլեկտրաէներգետիկայի հիմնական բաղադրիչը: Էլեկտրատեխնիկական կամ էլեկտրաէներգետիկական սահմանափակ կիրառություններ ունեցող առանձնացված սարքերին այսօր փոխարինելու են եկել համալիր նոր սարքեր, օրինակ՝ հզոր ինվերտորներ, որոնցում համատեղված են գիտատեխնիկական տարբեր կիրառությունները: Տեխնիկական գիտությունների և ֆիզիկայի համատեղ կիրառման ամենավառ օրինակը արևային էներգիայի օգտագործումն ու ֆոտոէներգետիկական սարքերի մշակումներն են, որոնցում միաժամանակ օգտագործվում են տարբեր նյութերի, հատկապես կիսահաղորդիչների ֆիզիկական հատկությունները, օրգանական թափանցիկ նյութերի և հայելային մակերևույթների ճառագայթների խոսցման առանձնահատկությունները, արևային ճառագայթների ինտենսիվությունների օրական և տարեկան հնարավոր փոփոխությունները, արևային կայանի ցանցին միացման և ինքնավար ռեժիմով աշխատելու համար անհրաժեշտ սխեմաների և օգտագործվող սարքերի պարամետրերը, դրանց միացման մալուխների պարամետրերի համաձայնեցումները և այլն: Օրվա հրամայականն են դարձել արևային սարքերի արդյունավետության բարձրացումը, ինքնարժեքի փոքրացումը և օգտագործվող նյութերի քանակի կրճատումը: Այս պահանջներին ավելի շատ բավարարում են լուսաթափանց ֆրենելային խտարարներով, բարձր օ.գ.գ. -ով կասկադային արևային կերպափոխիչների օգտագործումը և տանիքներին ու լեռների լանջերին տեղադրվող կայանների մշակումը: Տեղադրվելով շինությունների ազատ տանիքներին՝

դրանք չեն զբաղեցնում հողային մեծ տարածքներ, որոնք կարող էին օգտագործվել գյուղատնտեսական նպատակներով: Վերջին հանգամանքը կարևոր նշանակություն ունի հատկապես Հայաստանի Հանրապետության համար, որին բնորոշ են հիմնականում Լեռնային լանդշաֆտը, ազատ ու հարթ տարածություններով հարուստ չլինելը, սակայն ունի արևային էներգիայի մեծ ռեսուրս, որի օգտագործումը դարձել է խիստ արդիական ու պահանջարկված մեր հանրապետության համար:

Արդիականություն

Երկրագնդի շրջակա միջավայրի վատթարացումը, Էկոլոգիական խնդիրների սրացումը, բնակչության աննախադեպ աճը և սպառվող հանածո էներգակիրների օգտագործման մշտապես աճող անհրաժեշտությունը հարկադրում են անընդհատ աճող վտանգ պարունակող ածխաջրածնային վառելիքի օգտագործումից անցում կատարել վերականգնվող էներգիայի աղբյուրների լայնածավալ օգտագործմանը և հատկապես արևային էներգիայի կիրառմանը: Հայաստանի Հանրապետությունը, համաշխարհային միջավայրի մասկազմելով, նույնպես ընդգրկվել է այս ինովացիոն գործառնությունում՝ սկզբում փոքր ՀԷԿ-երի խնդիրը լուծելով, իսկ այժմ կանգնած է Արևի էներգիայի արդյունավետ օգտագործման խնդրի առջև, որի արդիականությունը հատկապես Հայաստանի համար դարձել է ակնհայտ: Ստեղծվում են ՀՀ Օրենքներ և Օրենսդրական ակտեր՝ բնակչության համար արևային ֆոտոէներգետիկայի օգտագործումը եկամտաբեր դարձնելու նպատակով: Արևային էներգիայի կերպափոխման ֆոտոէլեկտրական սարքերի լայնածավալ կիրառությունը Էլեկտրաէներգիայի արտադրության և օգտագործման նպատակով արդիական է ինչպես Երկրի, այնպես էլ Հայաստանի Հանրապետության Էլեկտրաէներգետիկայի համար:

Աշխատանքի նպատակն է.

Արևային էներգիայի օգտագործմամբ Էլեկտրաէներգիա արտադրող, բարձրարդյունավետ, ինքնավար և ցանցին միացվող, տանիքին դրվող ֆոտոէլեկտրակայանների մշակումը՝ հողային տարածքներից զուրկ երկրամասերի համար:

Այս նպատակի իրականացման համար առաջադրվել են հետևյալ **խնդիրները.**

1. Մշակել շարժունակ և թեթև արևային ֆոտոէլեկտրական մոդուլներ և նուսաթափանց ֆրենելային խտարարների օգտագործմամբ՝ շինությունների տանիքներին և էռների վանջերին տեղադրել և փոքր մակերեսների զբաղեցնել և նպատակով:
2. Գնահատել և նուսաթափանց ֆրենելային խտարարների կորուստները և օպտիմալ մակերեսը:
3. Մշակել տանիքին տեղադրված, արևի շարժմանը երկու առանցքներով հետևող, մինչև 150կՎտ հզորությամբ արևային ինքնավար և ցանցին միացված կայաններ և կատարել էլեկտրակայանների անհրաժեշտ սարքերի հաշվարկը:
4. Մշակել դժվարամատչելի վայրերում և տանիքներն տեղադրված արևային ֆոտոմոդուլների մակերեսները մաքրող սարքերի, էլեկտրաէներգիայի պահուստավորման և օգտագործման հեռակառավարման համակարգեր:
5. Մշակել կարկուտից պաշտպանված, էլեկտրամագնիսական ալիքներ չանդրադարձնող ֆոտոէլեկտրական արդյունավետ նոր մոդուլի պատրաստման տեխնոլոգիան և կիրառել այն դաշտային պայմաններում:

Աշխատանքի գիտական նորույթը

1. Մշակվել են մինչև 2 կՎտ հզորությամբ, և նուսաթափանց ֆրենելային մինչև 98 խտարարներով և բարձրարդյունավետ ֆոտոէլեկտրական մոդուլներ, որոնք երկու առանցքներով հետևում են արևի շարժմանը և կարող են տեղադրվել շինությունների տանիքներին՝ զբաղեցնելով փոքր՝ մինչև 4 մ² մակերես:
2. Ինքնավար ֆոտոէլեկտրակայանների պատրաստման համար մշակվել է էլեկտրաէներգիայի պահուստավորման և արդյունավետ օգտագործման հեռակառավարման ծրագրավորված համակարգ:

3. Ուսու մնասիրվել և գնահատվել են և ուսաթափանց հել իոտեխնիկական ֆրենել այ ին խտարարների կորուստները:
4. Մշակվել է տանիքի վրա դրվող մինչև 150կՎտ հզորություններով ֆոտոէլեկտրակայան, որը կարող է աշխատել ինչպես ինքնավար, այնպես էլ արտաքին էլեկտրացանցին միացված ռեժիմներով:
5. Մշակվել է ֆոտոէլեկտրական մոդուլների և ֆրենելային խտարարների մակերեսների հեռակառավարվող մաքրման համակարգ:
6. Մեծացվել են Si-ային կերպափոխիչներով ֆոտոէլեկտրական մոդուլի արդյունավետությունը, երկարակեցությունը և պաշտպանվածությունը արտաքին քայքայիչ ազդեցություններից:

Ուսու մնասիրության մեթոդները.

Ատենախոսության աշխատանքի կատարման ընթացքում հիմնականում օգտագործվել են փորձարարական, հեռակառավարման և մոդելավորման մեթոդները, ըստանհրաժեշտության՝ հաշվարկային մեթոդը և համեմատումը նախկինում կատարված աշխատանքների հետ:

Պատասխանության են ներկայացվում հետևյալ դրույթները.

1. Թափանցիկ ֆրենելային 48 կամ 96 խտարարներով, բարձրարդյունավետ կասկադային կերպափոխիչներով՝ 1-2կՎտ հզորություններով, արևի շարժմանը հետևող, շինությունների տանիքներին 2-4 մ² մակերես զբաղեցնող, 35-46 օ.գ.գ. ունեցող ֆոտոէլեկտրական մոդուլների մշակումները:
2. Մինչև 150կՎտ հզորությամբ ինքնավար ֆոտոէլեկտրակայանների համար էլեկտրաէներգիայի պահուստավորման և արդյունավետ օգտագործման հեռակառավարման նպատակով համակարգի մշակումը:
3. Լուսաթափանց հել իոտեխնիկական ֆրենելային խտարարների հնարավոր կորուստների ուսու մնասիրությունը:

4. Տանիքին դրվող մինչև 150 *կՎտ* հզորությամբ ֆոտոէլեկտրակայանի՝ ընդհանուր էլեկտրացանցին միացման սխեմաների մշակումները:
5. Ֆոտոէլեկտրական մոդուլների մակերեսների մաքրման հեռակառավարվող համակարգի մշակումը՝ ինչպես հասանելի մակերեսներին, այնպես էլ դժվարամատչելի վայրերում և տանիքներին տեղադրվող ֆոտոէլեկտրակայանների համար:
6. Ֆոտոէլեկտրական նոր մոդուլի արդյունավետությունը և երկարակեցությունը, արտաքին քայքայիչ և հատկապես մեծ զանգվածով կարկուտների հարվածներից դրա պաշտպանվածության մակարդակը բարձրացնող մշակումները:

Աշխատանքի կիրառական նշանակությունը.

Մշակվել են տանիքին և լեռնային լանդշաֆտով վայրերում դրվող բարձր արդյունավետությամբ արևային էներգետիկայի ֆոտոէլեկտրական մոդուլներ, սարքեր և էլեկտրակայաններ, որոնք կնպաստեն Հայաստանի Հանրապետության տնտեսության զարգացմանը, որոնց համար ստացվել են գյուտերի արտոնագրեր: Տանիքին դրվող թեթև, փոքր մակերես զբաղեցնող ֆոտոէլեկտրական մոդուլը երկու առանցքներով մեծ ճշտությամբ հետևում է արևի շարժմանը, որը 30%-ով մեծացնում է արևային էներգիայի օգտագործման ժամերի քանակը՝ ի համեմատ անշարժ դիրքով դրված ֆոտոէլեկտրական մոդուլների: Ինքնավար

ֆոտոէլեկտրակայանի համար մշակվել է էլեկտրաէներգիայի պահուստավորման և օգտագործման հեռակառավարվող համակարգ: Պատրաստվել է արևային էլեկտրաէներգիայի տանիքին դրվող կայան, որը միացված է արտաքին էլեկտրական ցանցին:

Հրատարակությունները.

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները տպագրվել են 8 գիտական հոդվածներում, որից 5-ը՝ Հայաստանի Գիտությունների ազգային ակադեմիայի և Հայաստանի ազգային պլիտեխնիկական համալսարանի Տեղեկագրում, 1-ը՝ Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիայի Լրաբերում, 2-ը՝ Հայաստանի ազգային

պրլիտեխնիկական համալսարանի Լրաբերում, և ստացվել են Յայաստանի Յանրապետության գյուտի 2 արտոնագրեր:

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները գեկուցվել են.

Յայաստանի ազգային պրլիտեխնիկական համալսարանի 2014, 2015, 2016 թթ. տարեկան գիտաժողովներում, «Վերականգնվող և մաքուր էներգիա» խորագրով 6-րդ միջազգային համաժողովում, Երևան, 2015թ. և ԵՊՅՈՒԳԸ-ի տարեկան գիտաժողովում, Երևան, 2016թ.:

Աշխատանքի ծավալը և կառուցվածքը.

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, 4 գլուխներից, եզրահանգումից և 146 անուն գրականության ցանկից: Ընդհանուր ծավալը 122 էջ է, ընդգրկված են 60 նկար, 28 բանաձև, 5 աղյուսակ:

Ներածության մեջ հիմնավորված է ատենախոսության թեմայի արդիականությունը, ձևակերպված են աշխատանքի նպատակը և խնդիրները, գիտական նորույթը, հիմնավորվել են կիրառված մեթոդները, պաշտպանության ներկայացվող դրույթները, աշխատանքի կիրառական նշանակությունը:

Առաջին գլուխը նվիրված է գրականության աղբյուրների ուսումնասիրությանը: Ներկայացված են արևային էներգիայի կիրառման անհրաժեշտությունը, մեթոդները և ձեռքբերումները, ինչպես առհասարակ երկրագնդի, այնպես էլ Յայաստանի Յանրապետության էներգետիկայում կիրառման առանձնահատկությունները:

Երկրորդ գլխում պարզաբանված են լուսաթափանց ֆրենելային խտարարներով արևի շարժմանը հետևող և տանիքին դրվող արևային կայանի կառուցվածքային առանձնահատկությունները, մշակված է ֆրենելային խտարարներով էլեկտրաէներգիա արտադրող մոդուլը: Կատարված են լուսաթափանց ֆրենելային խտարարների օպտիկական և կառուցվածքային կորուստների վերլուծությունը և գնահատումը: Մշակվել է արևի շարժմանը հետևող մեկ այլ սարք՝ ֆոտոռեզիստորային հենքով:

Երրորդ գլխում ներկայացված են ինքնավար և ցանցին միացված միջին հզորությամբ արևային ֆոտոէլեկտրական կայանների մշակույթները: Մշակվել է ֆոտոէլեկտրական մոդուլների մակերեսների մաքրման հեռավար համալիր՝ տանիքների հասանելի և դժվարամատչելի տեղամասերի համար: Մինչև 150կՎտ հզորությամբ տանիքին դրվող ինքնավար արևային կայանների համար մշակվել են նաև էլեկտրաէներգիայի պահուստավորման և խնայողաբար օգտագործման հեռակառավարվող համակարգեր՝ կուտակիչ մարտկոցների կիրառմամբ: Ցանցին միացված ֆոտոէլեկտրակայանի համար կատարվել է էլեկտրասխեմայի սարքավորումների ընտրություն և վերլուծություն՝ դրանց օգտագործումը լավարկելու համար:

Չորրորդ գլխում նկարագրված է արտոնագրված ֆոտոէլեկտրական նոր մոդուլի պատրաստման տեխնոլոգիան, որը նպաստում է մոդուլի օ.գ.գ.-ի մեծացմանը 5%-ով և շահագործման ժամկետի ավելացմանը 2 անգամ: Ներկայացված են նաև համապիտանի հեռակառավարող մոդուլը և նրա կիրառության ոլորտները: Աշխատանքի համար ընտրված է ֆոտոէլեկտրական նոր մոդուլը:

Եզրահանգման մեջ շարադրված են գլուխների շարադրանքից բխող եզրակացությունները:

ԳԼՈՒԽ 1. ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԱԿՆԱՐԿ

1.1. Արևային Էներգիայի կիրառությունները Երկրագնդի և Յայ աստանի Յանրապետության Էներգետիկաներում

Վերականգնվող էներգետիկան արագ տեմպերով է զարգանում ամբողջ աշխարհում, իսկ արևային էներգետիկան՝ դրա ամենակարևոր և արագ զարգացող ճյուղերից մեկը, իր ռեսուրսների անսպառնալիք ամբ, էկոլոգիական մաքրությամբ ու ինքնարժեքի կայուն նվազման տեմպերով համարվում է 21-րդ դարի վերականգնվող էլեկտրաէներգետիկայի հիմնական բաղադրիչ մասը [1-3]: Արևի էներգիան միլիարդավոր տարիներ Երկիր մոլորակի համար էներգիայի կարևորագույն մատակարարն է եղել, առանց որի անհնար կլիներ կյանքի գոյությունը Երկրի վրա: Արևային էներգետիկան գիտության և տեխնիկայի այն ինովացիոն բնագավառն է, որը մշակում է արևային ճառագայթման օգտագործման մեթոդները և սարքերը՝ էլեկտրական, ջերմային, քիմիական, մեխանիկական և այլ տիպի էներգիաների ստացման և դրանք տնտեսության մեջ օգտագործման նպատակներով [4-7]: Այսօր արևի էներգիայի լայնածավալ օգտագործման պահանջը հրամայական է նաև այն պատճառով, որ գազի և նավթի բնական պաշարներն արդեն սպառվում են, միաժամանակ՝ շրջակա միջավայրի բնապահպանությունը հասել է աղետալի վիճակի, իսկ առումային էներգետիկան չի հասել կատարելության այն մակարդակին, որ ապահովի բացարձակ անվտանգություն և հատկապես Երկրագնդի սեսմիկական գոտիներում: Էներգիայի արտադրությունը և շրջակա միջավայրի բնապահպանությունը միմյանց հակասող գործընթացներ են ավանդական էներգիայի աղբյուրների շահագործման դեպքում, որոնց արդյունքում առաջանում են Երկրի մթնոլորտն աղտոտող գազեր և մասնիկներ, առաջանում է ջերմոցային էֆեկտ, Երկրի միջին ջերմաստիճանի բարձրացում՝ իր կորածանարար ազդեցություններով [8-10]: Ի հակադրություն այս ամենի՝ մեր մոլորակն ամենօր արևից ստանում է 165000 ՏՎտ էներգիա, մինչդեռ Երկրագնդի էներգետիկ պահանջները լրիվ բավարարելու համար անհրաժեշտ է մոտ 20 ՏՎտ էներգիա [6,11-13]: 2011թ.տեղի ունեցած

Ճապոնական 4 ատոմային էլեկտրակայանների փլուզման աղետից հետո բազմաթիվ զարգացած պետություներ, այդ թվում՝ նաև հենց Ճապոնիան, վերջնականապես հրաժարվեցին ատոմային էներգետիկան զարգացնելու միտումներից և վեկտորն ուղղեցին դեպի ավելի անվտանգ այլ ընտրանքային էներգետիկան: Արևային էներգիան լայնածավալ օգտագործելուց բացի, մեծ աշխատանքներ են կատարվում նաև արտադրական եղանակներով վերականգնվող էներգիայի այլ աղբյուրների օգտագործման ուղղություներով [14-18]: Միաժամանակ, առանձնահատուկ ուշադրություն է դարձվում էներգաարդյունավետության և էներգախնայողության խնդիրներին, քանի որ այս հարցերի արդյունավետ լուծումը ներառում է մեծ արտենցյալ էներգաարտադրության ընդլայնման համար՝ առանց կառուցելու լրացուցիչ էլեկտրակայաններ: Այսօրվա նանոտեխնոլոգիաների ներդրումը էլեկտրաէներգիա արտադրող և օգտագործող արդյունաբերական և կենցաղային սարքերում զգալիորեն կավելացնի էներգաօգտագործման մասշտաբները [19-22]: Օրինակ՝ 150 տարի օգտագործվող շիկացման թելիկով վակուումային լամպերի համատարած փոխարինումը լուսադիոդային լույսի աղբյուրներով կամ՝ էլեկտրաէներգիան կուտակող նանոտեխնոլոգիական նոր սարքերի ունակություների կարգերով մեծացումը և չափերի փոքրացումը, որը գիտության և արտադրության համար դարձել է արդիական խնդիր՝ շրջապատի էկոլոգիայի պաշտպանության հետ միասին, անհամեմատ կավելացնի էներգաօգտագործման մասշտաբները և կստեղծի կայունացման ու հուսալիության բարենպաստ ռեժիմներ:

Էներգետիկական արտադրությունը համաշխարհային տնտեսության հիմնական և ամենախոշոր բնագավառներից է, որի ծավալը տարեկան կտրվածքով կազմում է ավելի քան 3 տրիլիոն ԱՄՆ դոլար: Այս արտադրության մեջ վերականգնվող էներգիայի աղբյուրների արտադրանքի մասնաբաժինն անընդհատ աճում է [1]: Բնակչության կենսամակարդակի աճը, համընդհանուր պատկերացմամբ, առաջին հերթին որոշվում է տվյալ պետության բնակչության յուրաքանչյուր շնչին բաժին ընկնող էներգիայի արտադրվող քանակով: Հաշվի առնելով այս բոլորը՝ Գերմանիան,

ինչպես նաև եվրամիության և Ամերիկյան մյուս զարգացած երկրները, անցյալ դարի 70-ական թվականներից սկսած՝ զարկ տվեցին արևային էներգետիկային: Աշխարհում տեղադրված են ավելի քան 130 ԳՎտ հզորության հասնող արևային էլեկտրակայաններ, և ամեն տարի այդ հզորությունները անընդհատ աճում են [6]: Օրինակ, Գերմանիայի կառավարությունն ընդունել է որոշում 2025թ. վերականգնվող էներգիայի աղբյուրների արտադրանքի ծավալը հասցնել էլեկտրաէներգիայի արտադրության ընդհանուր ծավալի 40%-ին: Միաժամանակ, հայտնի է, որ էլեկտրաէներգիա արտադրող արևային լուսաէլեկտրակայանների (ԱԼԷԿ) պատրաստման և տեղադրման տեմպերը զգալիորեն գերազանցում են ինչպես ավանդական, այնպես էլ վերականգնվող էներգետիկայի մյուս բոլոր ճյուղերի տեմպերը և, բացի դրանից, կարող են կառուցվել ամենուրեք՝ առանց սահմանափակման: 2006-2011թթ. ընթացքում ԱԼԷԿ-ների տեղադրման տարեկան միջին աճը կազմել է 58%, իսկ 2011թ.՝ 74% [6]: Մինչև 2015 թ. այն տատանվել է նույն սահմաններում՝ պայմանավորված համաշխարհային տնտեսության ֆինանսական ցնցումներով: Այդ շուկայի տարեկան ծավալը 2015թ. կազմել է 100 միլիարդ ԱՄՆ դոլար և ցուցաբերում է անընդհատ կայուն աճ: Միայն 2015թ. աշխարհում շահագործման են հանձնվել 57 ԳՎտ ընդհանուր հզորությամբ ԱԼԷԿ-ներ: Վերջին տասնամյակի ընթացքում բազմաթիվ երկրներում կառուցվել և շահագործման են հանձնվել հզոր ԱԼԷԿ-ներ, որոնցից յուրաքանչյուրն ունի 50...600 ՄՎտ հզորություն: Գյուղական բնակավայրերում ԱԼԷԿ-ները հիմնականում կառուցվում են հողային մեծ տարածքներում [8,10]: Տիեզերական սարքերում կիրառվող ԱԼԷԿ-ները դրանց էներգասնուցման հիմնական աղբյուրն են [9,11,23]:

Ինչպես եվրամիության մի շարք երկրներում, այնպես էլ աշխարհի զարգացած այլ երկրներում սպասվում է, որ այս դարի կեսերին էլեկտրաէներգիայի արտադրության մոտ կեսը կապահովեն ԱԼԷԿ-ները: Դա միանգամայն իրագործելի ու հիմնավորված է, քանի որ Արևի էներգիան ամենուրեք տարածվող, վերականգնվող և էկոլոգիապես մաքուր էներգիայի ամենամեծ ռեսուրսն է:

Օգտագործելով Երկրի մակերեսի մի փոքր տոկոսը՝ կայուն զարգացման համար անհրաժեշտ էներգիա կարելի է ստանալ հիմնականում Արևի էներգիայից : Համառոտ օգտագործելով նաև արդեն իսկ կիրառվող հիդրոկուտակչային էլեկտրակայանները կամ ինտենսիվ մշակվող գրաֆենային գերկոնդենսատորները և կուտակային մարտկոցները, որոնք մշակվում են նանոտեխնոլոգիայով պատրաստվող գրաֆենի հիման վրա [24], կարելի է հաղթահարել Արևից ստացվող էներգիայի պարբերական բնույթը : Հզոր ԱԼԵԿ-ները կարող են ապահովել անխափան էլեկտրասնուցում՝ տարբեր ժամային գոտիներում կառուցված և ընդհանուր ցանցի մեջ միաժամանակ ներդրված համակարգով :

Դիտարկվում են նաև էլեկտրաէներգետիկայի գլոբալացման առավել ությունները, հնարավոր սցենարները և մոդելները՝ վերականգնվող էներգիայի աղբյուրների օգտագործմամբ համակցված կոմպլեքս էլեկտրահամակարգերի ստեղծմամբ [6] : Մայրցամաքներում համագործակցային համալիր մոդելներ կարող են լինել Եվրամիության կամ Հյուսիսային Ամերիկայի միասնական էլեկտրաէներգետիկական համակարգերի ստեղծումը, իսկ միջմայրցամաքայինի դեպքում ամենից հաճախ քննարկվող սցենարն է՝ արևային էներգիայից էլեկտրաէներգիայի արտադրումը ԱՖրիկայում և փոխանցումը Եվրոպայի սպառիչներին : Այս մոդելներում արևային էներգիան օգտագործող սարքերը հիդրոակումուլյացիայի հետմիասին դիտվում են որպես հիմնական միջոցներ, և դրանց ինքնարժեքը, անընդհատ նվազելով, դարձել է մրցունակ : Դրանց լայնածավալ օգտագործման համար, բացի տեխնոլոգիական խնդիրներից, կանաև անհրաժեշտություն՝ բոլոր երկրների իրավական և տնտեսական օրենքները բերել փոխհամաձայնության դաշտ [25] : Եվրոպական զարգացած պետություններում, օժանդակելու համար արևային էներգիայի արտադրությանը, գործում են բազմաթիվ օրենսդրական ակտեր և արտոնություններ ինքնավար էներգաարտադրողների համար : Մասնավորապես, Ֆրանսիայում և մյուս պետություններում անձնական օգտագործման համար կառուցված արևային

Էլեկտրակայանի կառուցման վրա ծախսված գումարները մեծ մասամբ վերադարձվում են կառավարության կողմից:

Հայաստանի Հանրապետությունը չունի ընդերքից հանվող ածխաջրածնային էներգակիրներ, և մինչև 1970 թվականը նրա բազային էներգետիկան հիմնված էր հիդրոէներգետիկայի վրա: Միայն 60-ական թվականների վերջերից սկսեցին կառուցվել ջերմաէլեկտրակայաններ, իսկ 70-ականներին՝ նաև ատոմակայան: 1990-ական թվականների էներգետիկական ճգնաժամը ցույց տվեց ներմուծվող էներգակիրների վրա հիմնված երկրի էներգետիկայի անկախության պաշտպանական անկարողությունը: ՀՀ էներգետիկական անկախությունը և անվտանգությունը այդ իմաստով այսօր էլ մնում են խիստ խոցելի: Հայաստանի ջրային ռեսուրսները նույնպես սահմանափակ են, ջրամբարների թիվը՝ անբավարար, մյուս կողմից՝ խմելու ջուրը ինչպես մեր տարածքի, այնպես էլ ամբողջ երկրագնդի համար ստանում է նախնից էլ ավելի ռազմավարական արժեք: Հայաստանի Հանրապետության համար սեփական, հզոր և վերականգնվող էներգիայի աղբյուր հանդիսանում է արևային էներգիան: Գտնվելով Երբարձր և եռնային գոտում՝ ՀՀ-ում արևային օրերի թիվը կազմում է մոտ 300, տարեկան գումարային արևային հոսքը հորիզոնական մակերեսին, կախված տեղանքից, փոփոխվում է 1500-1900 կՎտ/մ², իսկ միջին հաշվով՝ 1720 կՎտ/մ² [26], որը Եվրամիության երկրներում կազմում է մոտ 1000 կՎտ/մ²: Բնական այս տվյալները մոտ 2 անգամ գերազանցում են Գերմանիայի տվյալներին, որը արևային էլեկտրաէներգիան արտադրում է բոլոր երկրներից ավելի շատ:

Հետևաբար, արևային էներգիան մեր հանրապետության համար դառնում է սեփական և մնայուն էներգիայի աղբյուր, որը ստեղծում է էներգետիկ անկախություն և անվտանգություն [27-30]: Այդ նպատակով Հայաստանի ազգային պլիոտեխնիկական համալսարանի Հելիոտեխնիկայի և աբորատորիայում մշակվում է կիսաարտադրական և ամինատոր, և պատրաստվում են փոքր սերիայով \$ոտովորտային մոդուլներ, մշակվում են շինությունների տանիքների վրա դրվող արևային էլեկտրակայաններ՝ ակնառու գովազդելու արևային \$ոտ էլեկտրական էներգիան ՀՀ-ում և այն ածավալ օգտագործելու

նպատակով [31-33]: 1994 թ. պատրաստված ֆոտոէլեկտրական մոդուլներով Երևանի Սուրբ Սարգիս եկեղեցու տանիքին է դրվել (նկ.1.1) էլեկտրակայան՝ Արարայան թեմի առաջնորդարանի համակարգիչների և օրգտեխնիկայի աշխատանքը ու եկեղեցու լուսավորությունն ապահովելու համար: Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի N 17 մասնաշենքի տանիքին 1996թ., իսկ 2004թ. Հայաստանի Ամերիկյան Համալսարանի (նկ.1.2) տանիքին տեղադրել են արևային կայաններ, որոնց մոդուլները պատրաստվել էին ՀԱՊՀ Հելիոտեխնիկայի լաբորատորիայում [34,35]: Վերջին տարիներին արևային էներգետիկայի զարգացման և ինքնարժեքի կտրուկ նվազման միտումներով ակտիվորեն ներդրումային ծրագրեր են ձևափակում Հայաստանի Վերականգնվող Էներգետիկայի ազգային ֆոնդը (R_2E^2): Կատարվում են հետազոտություններ մեր հանրապետությունում արևային ֆոտովոլտային հզոր կայանների



տեղադրման համար:

Նկ. 1.1. ՀԱՊՀ Հելիոտեխնիկայի լաբորատորիայում պատրաստված և Երևանի Սուրբ Սարգիս եկեղեցու տանիքին տեղադրված 45 Վտ հզորությամբ մոդուլներով արևային կայանի տեսքը

Հայաստանը Հարավային Կովկասի առաջին պետություներն է, որը ընդգրկված է վերականգնվող էներգետիկայի միջազգային համաժողովի մասնակից 75 պետություների մեջ:

ՀՀ-ում Արևի էներգիայի օգտագործմանը խոչընդոտում էին էներգետիկայի նախարարության կողմից սահմանված իրավական և տնտեսական օրենքների անկատարությունը: Չնայած Հայաստանի Հանրապետությունում գործող էներգետիկայի մասին օրենքը ընդունվել է 07.03.2001թ., իսկ էներգախնայողության և վերականգնվող էներգետիկայի մասին օրենքները ուժի մեջ են մտել 09.11.2004թ.-ից, բայց դրանք գործնական կիրառություն չեն ստացել և մնացել են թղթի վրա[36]:

150 կՎտ հզորությամբ վերականգնվող էներգիայի կայան ՀՀ-ում կառուցելու համար առաջին հերթին պետք է ուսումնասիրել «ՀՀ էներգետիկայի մասին» և «ՀՀ էներգախնայողության և վերականգնվող էներգետիկայի մասին» օրենքները: ՀՀ էներգետիկայի մասին օրենքի էլեկտրական էներգիա արտադրելու լիցենզիայի վերաբերյալ Հոդված 23-ի 1-ին



կետով ասվում է .

Նկ.1.2. ՀԱՊՀ Հելիոտեխնիկայի և արոտատրոիայում պատրաստված և Հայաստանի ամերիկյան համալսարանի տանիքին տեղադրված 80 Վտմոդուլը ներդրվ, 5 կՎտ հզորությամբ արևային կայանի տեսքը

«1. Էլեկտրական և ջերմային էներգիայի արտադրության (ներառյալ՝ դրանց համակցված արտադրության), էլեկտրական, ջերմային էներգիայի եւ բնական գազի հաղորդման (փոխադրման) եւ բաշխման, էլեկտրաէներգետիկական ու գազամատակարարման համակարգերի օպերատորների ծառայության իրականացման, էլեկտրաէներգետիկայի եւ ջերմաէներգետիկայի ոլորտներում նոր արտադրական հզորությունների կառուցման կամ վերականգնման, ինչպես նաեւ էլեկտրաէներգետիկայի, ջերմաէներգետիկայի եւ բնական գազի ոլորտներում հաղորդման (փոխադրման) կամ բաշխման ցանցերի կառուցման, էլեկտրական էներգիայի ու բնական գազի ներկրման եւ արտահանման գործունեությունները, ինչպես նաեւ էներգետիկական շուկային ծառայություններ մատուցելու գործունեությունները կարող են իրականացվել միայն հանձնաժողովի կողմից տրված համապատասխան գործունեության լիցենզիաների առկայության դեպքում: Էլեկտրական եւ ջերմային էներգիայի, բնական գազի առուվաճառք իրականացնել (վաճառքի նպատակով գնել) կարող են միայն սույն օրենքին համապատասխան գործունեության լիցենզիա ունեցող անձինք՝ լիցենզիայի պայմանների եւ շուկայի կանոնների համաձայն»:

Նույն հոդվածի 2-րդ կետի համաձայն. «2. Սույն հոդվածով սահմանված լիցենզավորման ենթակա գործունեությունների երկրները կազմող գործառույթները սահմանվում են համապատասխան գործունեության լիցենզիաներով: Բացառապես սեփական կարիքների համար էլեկտրական եւ ջերմային էներգիայի արտադրության գործունեությունը չի լիցենզավորվում»:

Այսինքն՝ ըստ 2001 թվականին ընդունված օրենքի՝ ՀՀ-ում էլեկտրաէներգիա արտադրելու համար անհրաժեշտ էր համապատասխան լիցենզավորում: Էներգախնայողության և վերականգնվող էներգետիկայի մասին ՀՀ օրենքում չկար կետ ինքնավար էներգաարտադրողների մասին, իսկ 2016 թվականին տեղի ունեցած օրենսդրական փոփոխություններով ավելացվեց Հավելված՝ «Ինքնավար էներգաարտադրողի եւ էլեկտրաէներգիայի բաշխման լիցենզիա ունեցող անձի միջեւ փոխհոսքերի կարգը» [37]:

Այս կարգով սահմանվեցին Էլեկտրական Էներգիա արտադրողի և Էլեկտրական Էներգիայի բաշխման Լիցենզիա ունեցողի փոխհոսքերի կարգը և վճարումների ու հաշվարկների ժամկետները: Մասնավորապես՝ Յավելվածի առաջին կետի համաձայն.

«1.Վերականգնվող Էներգետիկ ռեսուրսներ օգտագործող ինքնավար Էներգաարտադրողի եւ Էլեկտրաէներգիայի բաշխման Լիցենզիա ունեցող անձի մատակարարած Էլեկտրական Էներգիայի դիմաց վճարման ենթակա գումարների հաշվարկը կատարվում է ամսական, իսկ վերջնահաշվարկը՝ տարեկան կտրվածքով»:

2-րդ կետում նշվում է, որ ինքնավար Էներգաարտադրողի կողմից Էլեկտրական Էներգիայի բաշխման Լիցենզիա ունեցող ընկերության հանձնած և ստացած Էներգիայի ծավալները չեն համապատասխանում:

«Տարվա արդյունքներով վերականգնվող Էներգետիկ ռեսուրսներ օգտագործող ինքնավար Էներգաարտադրողի կողմից հատուցման ոչ ենթակա Էլեկտրաէներգիայի ծավալից ավելի առաքված Էլեկտրաէներգիա ձեռք բերելը բաշխման Լիցենզիա ունեցող անձը կատարում է՝

1) տվյալ սպառողական խմբի համար յուրաքանչյուր ամսվա համար Յայաստանի Յանրապետության հանրային ծառայությունները կարգավորող հանձնաժողովի կողմից սահմանված սակագների 50 տոկոսի չափով, բացառությամբ սույն պարբերության 2-րդ կետով նախատեսված դեպքի.

2) փոքր հիդրոէլեկտրակայանների դեպքում՝ հանձնաժողովի կողմից տվյալ խմբի (բնական ջրահոս, ոռոգման համակարգ, խմելու ջրատար) համար սահմանված գործող սակագնին հավասար»:

2016 թվականի մայիսի 5-ին տեղի ունեցած օրենսդրական փոփոխություններով Էներգետիկայի մասին ՀՀ օրենքի 23-րդ հոդվածի վերոնշյալ 2-րդ կետում տեղի է ունեցել հետևյալ հավելումը. «Սույն հոդվածով սահմանված Լիցենզավորման ենթակա գործունեությունների Էությունը կազմող գործառույթները սահմանվում են համապատասխան գործունեության Լիցենզիաներով: Բացառապես սեփական կարիքների, ինչպես նաև մինչեւ 150 կիլովատտ դրվածքային հզորությամբ ինքնավար արտադրողների

կողմից Էլեկտրական Էներգիայի արտադրության գործունեությունը՝ արտադրության ժամանակահատվածում»:

Այս փոփոխությունը հնարավորություն է տալիս կատարել մեր առջև դրված խնդիրը՝ այսինքն՝ միացնել 150 կՎտ հզորությամբ արևային էլեկտրակայանը ցանցին՝ առանց լիցենզիաստանալու:

Նույն փոփոխություններով հանվել է նաև նույն հոդվածի 3-րդ կետը, որը ենթադրում էր. «3. Լիցենզիայի գործողության ժամկետը եւ գործունեության իրականացման աշխարհագրական տարածքը սահմանվում է հանձնաժողովի որոշմամբ եւ ամրագրվում լիցենզիայում»:

2016 թվականի օգոստոսին ներկայացվեց վերականգնվող էներգետիկ ռեսուրսներ օգտագործող ինքնավար էներգաարտադրողի և էլեկտրական էներգիայի բաշխման լիցենզիա ունեցող անձի կողմից մատակարարված էլեկտրական էներգիայի դիմաց հատուցում տրամադրելու կարգի նախագիծը [38]: Ըստ այդ նախագծի 3-րդ կետի. «Բաշխողի կողմից ինքնավար էներգաարտադրողին մատակարարված էլեկտրական էներգիայի դիմաց վճարման ենթակա գումարների հաշվարկը և ինքնավար էներգաարտադրողի կողմից Բաշխողին վճարումը կատարվում է ամսական, իսկ ինքնավար էներգաարտադրողի կողմից Բաշխողին մատակարարված էլեկտրական էներգիայի դիմաց վճարման ենթակա գումարների հաշվարկը կատարվում է ամսական, իսկ վերջնահաշվարկը և Բաշխողի կողմից ինքնավար էներգաարտադրողին վճարումը՝ տարեկան կտրվածքով»:

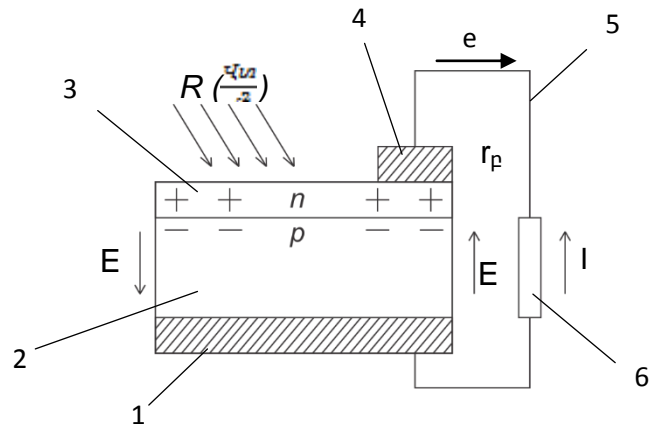
2016 թվականին կատարված փոփոխությունների արդյունքում ճշգրտվեցին և հստակեցվեցին ինքնավար էներգաարտադրողի և բաշխման լիցենզիա ունեցող կազմակերպության փոխադարձ կապը ենթադրող գործառույթները [39]: Այս փաստը արդեն խոսում է այն մասին, որ մեր հանրապետությունը ևս ընթանում է այլ ընտրանքային էներգետիկայի զարգացումը խթանելու ճանապարհով: Չնայած այս հանգամանքին՝ կան նաև օրենսդրական որոշ կետեր, որոնք դեռևս խոչընդոտում են ինքնավար էներգաարտադրությանը: Օրինակ, ըստ էներգետիկայի մասին օրենքի՝ ինքնավար էներգաարտադրողը բաշխողին կատարում է վճարումներ ամսական, իսկ բաշխողը ինքնավար

Էներգաարտադրողին՝ տարեկան վերջնահաշվարկի արդյունքում: Եվս մեկ օրինակ. բաշխողի կողմից ինքնավար Էներգաարտադրողին կատարված փոխհատուցումը հաշվարկվում է Էլեկտրաէներգիայի գնի 50 տոկոսի չափով: Սակայն, անգամ այս նկատառումների պարագայում Հայաստանի Հանրապետությանը նույն շահավետ է մնում 150 կՎտ հզորությամբ արևային կայանի տեղադրումը: Ընդունվեց նաև լիցենզավորված ֆոտոէլեկտրաէներգիա արտադրող մասնավորից բաշխիչ ցանցի կողմից մինչև 1 ՄՎտ հզորությոն գնելու օրենքը, և սահմանվեց 1 կՎտժ Էլեկտրաէներգիայի սակագինը՝ 42,6 դրամ [40]: Անշուշտ, այս փոփոխությունները կխթանեն սեփական վերականգնվող և հատկապես արևային Էներգետիկաների զարգացումը Հայաստանի Հանրապետությանը, ինչպես նաև կնպաստեն ֆինանսական ներդրումների աճին և աշխատատեղերի ստեղծմանը:

1.2. Արևային ֆոտոէլեկտրական կերպափոխիչների աշխատանքի հիմունքները

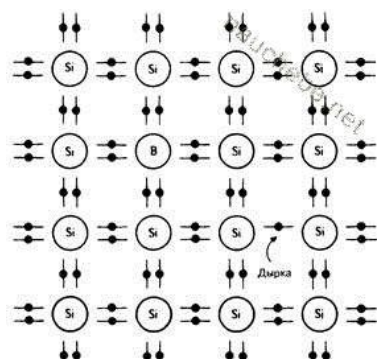
Արևային Էներգիայի օգտագործման հիմքում ընկած է ֆոտոէլեկտրական կամ ֆոտովոլտային երևույթը, որի էությունը արևի ճառագայթների Էներգիան Էլեկտրական էներգիայի փոխակերպելն է: Դատելի է ունենում կիսահաղորդիչների մեջ արհեստականորեն ստեղծված *n-p* անցման արգելքի միջոցով [41]: Արտաքին ֆոտոէֆեկտը հայտնաբերել է Հենրիխ Հերցը 1887թ. [42], իսկ մինչև ֆոտոէլեկտրական կամ ֆոտովոլտային երևույթի կիրառումը Արևի Էներգիայի օգտագործման նպատակով [43] անհրաժեշտ եղավ զարգացնել կիսահաղորդիչների տեխնոլոգիան և ֆիզիկական հիմունքները [44-47]: Ստորև դիտարկվում են ներկայումս մեծ տարածում գտած, հեռանկարային արևային Էլեմենտները (ԱԷ)՝ կիսահաղորդիչների ֆոտոէլեկտրական կամ ֆոտովոլտային երևույթի հիման վրա: ԱԷ-ների վրա ընկնող լույսը ստեղծում է Էլեկտրոն- խոռոչ զույգեր, որոնք վերադասավորվում են տարածական բաժանմամբ և առաջացնում ֆոտոէլշու (նկ. 1.3): Այսօր ԱԷ-ների գերակշիռ մասը ստեղծվում է սիլիցիումային կիսահաղորդչային դիոդների հիման վրա, որոնք առաջին անգամ

ստեղծվել են 1954թ. -ին [43]: Արևային մարտկոցները մի շարք ֆոտոէլեկտրական էլեմենտների միասնությու են՝ կազմելով արևային էներգիան անմիջականորեն էլեկտրականի փոխակերպող սարք: Արևային մարտկոցում իբրև էներգիայի փոխակերպիչներ օգտագործվում են կիսահաղորդչային ֆոտովոլտային էլեմենտները: Տարածված են միաբյուրեղային սիլիցիումի ֆոտովոլտային էլեմենտներից պատրաստված արևային մարտկոցները: Դրանք կիրառվում են հիմնականում երկրի վրա այլ ընտրանքային (վերականգնվող) էներգետիկայի արտադրման նպատակով, ինչպես նաև տիեզերական սարքերի (կապի արբանյակների, երկրի արհեստական արբանյակների, տիեզերանավերի և այլն) էներգասնուցման համակարգերում:



Նկ.1.3. Արևային էլեմենտի կառուցվածքը և աշխատանքը. 1 - կիսահաղորդչային սիլիցիումի հիմքով ստեղծված ֆոտոէլեմենտում ֆոտոէլեկտրոնային առաջացումը, 2 - ստեղծված n-p տիպի անցումը, 3 - կիսահաղորդչի n-p անցման բարակ շերտում իոնացված խառնուրդների կապված իոնների բաշխումը, 4 և 5 - էլեկտրոդներին ամրակցված հպակները և կապը ձևավորողը՝ 5-հաղորդիչը և 6 - բեռը

Արևային ճառագայթների՝ ԱԷ-ի 2 և 3 շերտերի վրա ընկնելիս ստեղծվում են էներգիան (համապատասխանաբար + և - վերևում և ներքևում առանձնացված նշաններով՝ նկ. 3-ում) ոչ հիմնական

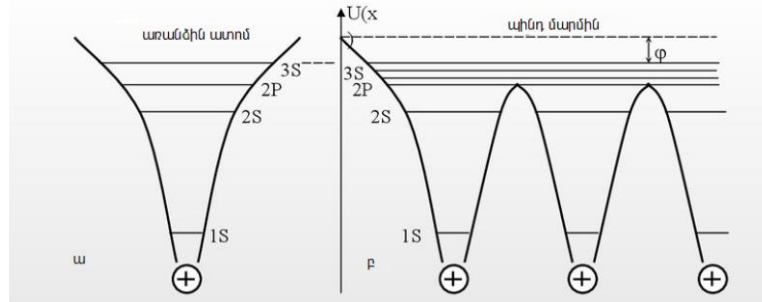


լիցքակիրների՝ էլեկտրոնների և խոռոչների տարածական վերաբաշխում: Էլեկտրաստատիկական ներգրավման ազդեցությամբ երկու նշանի հիմնական ազատ լիցքակիրները սփռվում են 2 և 3 հատվածների սահմաններով և ձևավորում անցման E_k էլեկտրական դաշտի լարվածությունը՝ պոտենցիալների կոնտակտային տարբերությամբ՝ $U_k = E_g - E_k$, (որտեղ E_g -ն արգելված գոտու լայնությունն է): ԱԷ-ի աշխատանքը հնարավոր եղավ բացատրել կիսահաղորդիչների կառուցվածքի և հատկությունների պարզաբանմամբ [44-46]: Ստորև կքննարկվի միաբյուրեղային Si կառուցվածք ունեցող պինդ մարմինների դեպքը, երբ ատոմները գտնվում են իրարից խիստ ուրուշակի հեռավորությունների վրա՝ պարբերաբար կրկնվող տարածական կետերում, և կազմում են եռաչափ բյուրեղական ցանց: Ինչպես ցույց է տալիս փորձը, ատոմները պինդ մարմիններում գտնվում են անգստրեմների կարգի հեռավորությունների վրա, միմյանց հետ փոխազդում են ուժեղ ձգողական և վանողական ուժերով և միացած են քիմիական կապերով: Վերջիններիս հավասարակշռությամբ ստեղծվում է պինդ մարմնի կայուն կառուցվածքը՝ միջատոմային ուրուշակի հեռավորությունների դեպքում: Ատոմների կամ իոնների միջև այսպիսի կապերը լինում են մետաղական, կովալենտ կամ իոնային բնույթով: Բյուրեղական ցանցը եռաչափ նկարելու փոխարեն պարզության համար ներկայացնենք միայն միաչափ հարթությամբ (նկ.1.4): Ատոմների միջև հեռավորությունները ցանցի x և y ուղղություններով սովորաբար տարբեր են լինում, և նշանակվում են a -ն և b -ն ցանցի հաստատուններով, որոնք մասնավոր դեպքում կարող են իրար հավասար լինել, իսկ գծիկներով ցույց են տրված ատոմների միջև վալենտական կապերը (նկ. 1.4):

Նկ.1.4. Սիլիցիումի մի ատոմներից կազմված կիսահաղորդիչ բյուրեղի երկչափ բյուրեղական ցանցի կառուցվածքը. դրական խոռոչի առաջացման մեխանիզմը

Չարևան ատոմների պոտենցիալային կորերի վերադրումից ստացվում է գումարային պոտենցիալային կոր, որը բերված է նկ.1.5-ում: Այստեղ ներկայացված են նաև առանձնացված ատոմում էլեկտրոնի դիսկրետ էներգիաները՝ 1S, 2S, 3P, 3S, երբ ատոմին

ամենաթույլ կապված են 3S էլեկտրոնները, որոնց պիքային ֆունկցիաները ծածկվում են պինդ մարմնի առաջացումից:



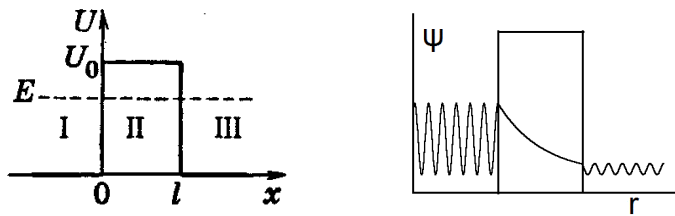
Նկ.1.5. Առանձնացված ատոմում և բյուրեղում էլեկտրոնի պոտենցիալ էներգիայի պրժեքները

Բյուրեղում դրական իոնների միջև եղած հեռավորությունները նույնն են: Երևում է, որ պոտենցիալ փոսերին միևնույն պարբերությամբ հաջորդում են պոտենցիալ բարյերները: Բյուրեղական ցանցի պոտենցիալ այն դառնում ազատ էլեկտրոնի լրիվ էներգիան հաստատուն է (նկ. 1.5-ում պատկերված են հորիզոնական հոծ գծերով բարյերներից վերև), երբ էլեկտրոնը ազատ շարժվում է, կամ կարող են լինել բարյերներից ներքև կտրտվող ուղիղ գծերով, եթե շարժումը սահմանափակված է. այս դեպքում էլեկտրոնը կապված է:

Ըստ դասական ֆիզիկայի՝ այսպիսի էլեկտրոնը միշտ մնում է իր ատոմի ներսում, քանի որ ատոմները իրարից բաժանված են էլեկտրոնի համար անանցանելի բարյերներով: Յամաձայն պինդ մարմնի տեսության՝ ազատ կապված էլեկտրոնների այդպիսի խոր տարբերությունը վերանում է, քանի որ ըստ դրա էլեկտրոնն իր ատոմից հարևան ատոմին կարող է անցնել ոչ միայն բարյերների վրայով, այլև նրամիջով՝ կատարելով թունելային անցում (նկ.1.6): Թունելային անցման հավանականությունն արտահայտվում է՝

$$T \approx \exp\left\{-\frac{4\pi l \sqrt{2m(U_0 - E)}}{h}\right\} \quad (1)$$

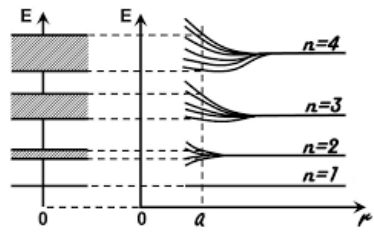
բանաձևով, որտեղ l -ը բարյերի լայնությունն է, m -ը՝ էլեկտրոնի զանգվածը, U_0 -ն՝ բարյերի բարձրությունը, E -ն՝ էլեկտրոնի լրիվ էներգիան, h -ը՝ Պլանկի հաստատունը:



Նկ.1.6. Էլ եկտրոնի և նրա համապատասխան ալիքի թուևնել այ ին անցու մը բարյ երով

Սա հետևանք է այն բանի, որ քվանտային մեխանիկայում էլեկտրոնին վերագրվում են ոչ միայն մասնիկային, այլ նաև ալիքային հատկություններ: Ինչպես երևում է (1) բանաձևից, թուևնելային անցման T հավանականությունը այնքան ավելի մեծ է, որքան փոքր է L և U_0 կողմերով սահմանափակված ուղղանկյան մակերեսը:

Գոտի հասկացությունը կիսահաղորդիչների տեսությունում ներմուծելու համար նախ՝ քննարկենք մեկուսացված ատոմ հասկացությունը: Էլեկտրոնները փոխազդեցության մեջ են գտնվում միայն այդ ատոմի միջուկի հետ: Նկ.1.7-ում պատկերված են մեկուսացված ատոմի էլեկտրոնների էներգետիկ մակարդակները: Ընդ որում, նախ պատկերված են ներքին էլեկտրոնների դիսկրետ n_1, n_2 և n_3 էներգետիկ մակարդակները, որից հետո նշված է վալենտային n_4 քվանտային վիճակ ունեցող էլեկտրոնների համար ճեղքված էներգետիկ մակարդակների համախումբը:

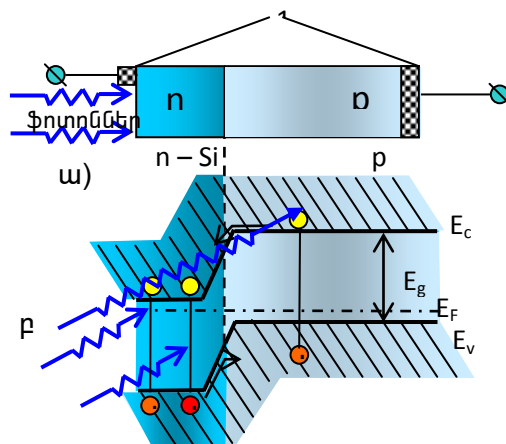


Նկ.1.7. Մեկուսացված ատոմում էլեկտրոնի դիսկրետ սբյուրեղի առաջացու մից գոտիներում էներգիաների վիճակները

Բյուրեղական ցանցում գտնվող յուրաքանչյուր ատոմի էլեկտրոն ենթարկվում է ոչ միայն միջուկի, այլև բյուրեղը կազմող մյուս ատոմների միջուկների էլեկտրական ազդեցություններին:

Ինչպես ցույց տրվեց նկ. 1.3-ում, ԱԷ-ի աշխատանքի էությունն այն է, որ p և n հաղորդականություններ ունեցող կիսահաղորդչային կառուցվածքներում գոյություն ունեցող p -անցման բաժանիչ էլեկտրական դաշտի (պոտենցիալային արգելքի) շնորհիվ տեղի է ունենում լույսի ազդեցությամբ առաջացած լիցքակիրների տարածական բաժանում, որն իր հերթին տվյալ կառուցվածքի հակադիր ծայրերում ստեղծում է պոտենցիալների տարբերություն, որը արտաքին շղթայում ապահովում է համապատասխան էլեկտրական հզորություն: Ի տարբերություն ֆոտոդիմարության և ֆոտոդիոդային էֆեկտով աշխատող ֆոտոընդունիչ սարքերի՝ արեգակնային ՖԷ-ն աշխատում է առանց արտաքին շեղման լարման և հանդիսանում է էլեկտրական էներգիայի ինքնուրույն աղբյուր:

Արևային ֆոտոէլեմենտները պատրաստվել են սիլիցիումի (Si) կիսահաղորդչային միաբյուրեղների մակերևույթի մոտ p -անցման պոտենցիալային արգելք ստեղծելու ճանապարհով, որն առաջանում է, երբ նույն կիսահաղորդչային նյութի հակադիր կողմերից դիֆուզվում են այլ խառնուրդներ, որոնք լեգիրվում են տարբեր բնույթի քիմիական տարրերով (օրինակ՝ P և B): Համապատասխանաբար առաջանում են էլեկտրոնային՝ n -տիպի և խոռոչային՝ p -տիպի, տարբեր բնույթի հաղորդականություն ունեցող հարակցված մասեր, որոնց



սահմանազծում ձևավորվում է p - n անցումային արգելքը (նկ. 1.8):

Նկ.1.8. p - n անցման պոտենցիալային արգելքով կիսահաղորդչային ֆոտոէլեմենտի սխեմատիկական կառուցվածքը (ա) և էներգետիկ գոտիները (բ) (E_c - ն և E_v - ն հաղորդականության գոտու հատակին և վալենտական գոտու առաստաղին

համապատասխանող էներգիաներն են , E_g - ն՝ էլեկտրոնային վիճակներից արգելված գոտու լայնությանը, E_F - ը՝ Ֆերմիի էներգիան հավասարակշռության դեպքում)

Այստեղ կիսահաղորդչի արգելված գոտու էներգիայից ավելի մեծ էներգիայով լույսի ֆոտոնները կլանվելով՝ առաջացնում են ավելցուկային ազատ էլեկտրոններ՝ հաղորդականության և խռոչներ՝ վալենտականության գոտիներում, որոնք p-ոսկում արտենցիալ արգելքի դաշտի ազդեցությամբ տարածականորեն բաժանվում են, և փոքրանում է դրանց վերամիավորման հավանականությունը:

Լույսով ստեղծված էլեկտրոնները չեն կարողանում հաղթահարել p-ոսկում արտենցիալ ային արգելքը և մնում են ումասում՝ կուտակելով բացասական լիցք, որտեղ, որպես արտենցիալ ային հոր, հոսում են նաև p մասում ստեղծված էլեկտրոնները: Նույն արտենցիալ ային արգելքի դաշտի ազդեցությամբ խռոչները հավաքվում են ֆոտոէլեմենտի p մասում (նկ. 1.9): Այսպիսով, լույսի քվանտների կլանման հետևանքով կիսահաղորդչային ֆոտոէլեմենտի ու p մասերի արտաքին հպակների միջև առաջանում է պարապընթացքի ֆոտոէլեկտր, իսկ հպակների կարճ միացման դեպքում արտաքին շղթայով հոսում է կարճ միացման ֆոտոհոսանք:

Էլեկտրական դաշտի E_k լարվածությունը խոչընդոտում է անցումում էլեկտրոնների դիֆուզիան S սահմանային շերտի լայնքով, և հակադիր մակերևույթներում առաջանում է արտենցիալների տարբերություն: Պոտենցիալների կոնտակտային տարբերությունը կարելի է գտնել հետևյալ բանաձևով՝

$$U_k = \frac{k \cdot T}{e^o} \ln\left(\frac{P_p}{P_n}\right) = \frac{k \cdot T}{e^o} \ln\left(\frac{n_n}{n_p}\right), \quad (2)$$

որտեղ k -ն Բոլցմանի հաստատունն է, e -ն՝ էլեկտրոնի Կուլոնյան լիցքը, P_p և P_n - ը, n_p և n_n - ը՝ p և n շրջաններում կոնցենտրացիաները՝ համապատասխան p և n ինդեքսներով [47-49]:

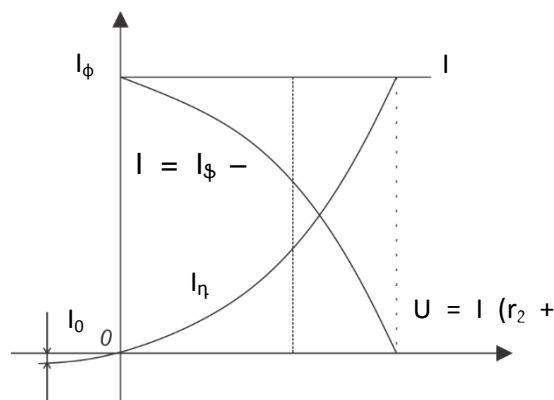
Եթե ֆոտոնների էներգիան փոքր է E_g -ից, ապա արևային ճառագայթների առկայությունը կհանգեցնի միայն արևային էլեմենտի տաքացմանը, և բացի այդ, յուրաքանչյուր կիսահաղորդչի

համար գոյություն ունի նաև ֆոտոնների սահմանային էներգիա, երբ E_g -ի հետագա մեծացումը չի կառող հանգեցնել արևային էլեմենտից փոխանցվող աճին: Այդ դեպքում ֆոտոնների ավելցուկային էներգիան, որը գերազանցում է, այսպես կոչված, կլանման սահմանը, նույնպես օգտագործվում է միայն արևային էլեմենտի տաքացման համար: Արևային էլեմենտի նշված կլանման սահմանը կախված է արևային էլեմենտի հիմնական նյութից, կիսահաղորդչի շերտերի քանակությունից ու հաստությունից, արևային ճառագայթների անկման դասավորվածությունից, նյութի տեսակից և այլն [47]:

Որպես օրինակ նկ. 1.10-ում ներկայացված է սպասվող առավելագույն էֆեկտիվության և ջերմաստիճանի կախվածությունը արևային էլեմենտի տարբեր տեսակներից (GE,SI,GAAS,CDTE,CDS)՝ արտահայտված տոկոսներով: Նկ. 1.10-ից հետևում է, որ ջերմաստիճանի բարձրացման դեպքում ցանկացած արևային էլեմենտի արդյունավետությունը նվազում է: Այդուհանդերձ, այժմ ամենատարածված արևային էլեմենտի նյութը արսենիդ-գալիումն է՝ ջերմային ամենալավ բնութագրերով [51]:

Նկ.1.10-ում ցույց են տրված կիսահաղորդչի՝ տարբեր նյութերի դեպքում արգելված գոտիները:

Եթե արևային էլեմենտի ներքին շղթայում միացվի ինչ-որ RH դիմադրություն, ապա այդ շղթայով կանցնի էլեկտրոնների ուղղությունը հակառակ հոսանք: Արդյունքում՝ անցքերը

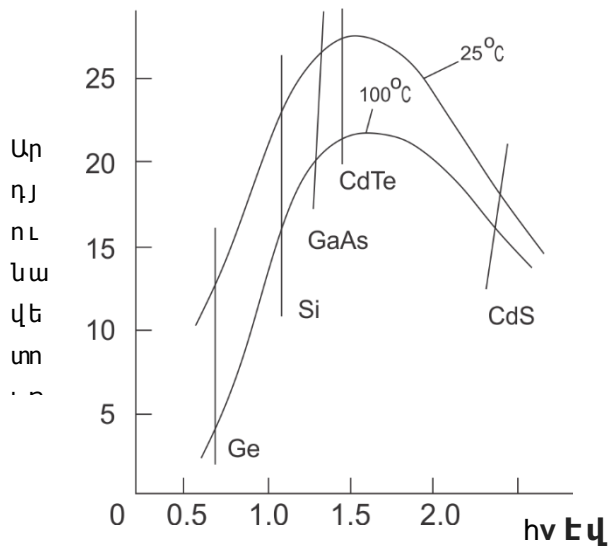


(խոռոչները) տեղաշարժվում են միայն կիսահաղորդչում:

Նկ. 1.9. ԱԷ-ի ելքային բնութագրերը. I_k ֆոտոէլեմենտի հոսանքը՝ $I_k(U)$

Որքան մեծ է արևային էլեմենտի հզորությունը, այնքան մեծ հոսանք է առաջանում ներքին շղթայում, որը չի կարող ավելի մեծ լինել արևային էլեմենտի սահմանային հոսանքից, որն առաջանում է բոլոր վալենտական էլեկտրոնների ազատվածակ տեղափոխվելով: Ընդհանուր առմամբ, արևային էլեմենտի հոսանքի կախվածությունը նրա լարումից, արևային ճառագայթի տրված մեծությամբ հզորության դեպքում, անվանում են արևային էլեմենտի վոլտամպերային բնութագիր: Դրա համար կարելի է առանձնացնել բնութագրական երկու կետեր՝ պարապընթացքի լարում ($U_{պը}$) ($I=0$) և կարճ միացման հոսանք (I_0), երբ $I = I_{max} = I_{կ}$; երբ $U=0$:

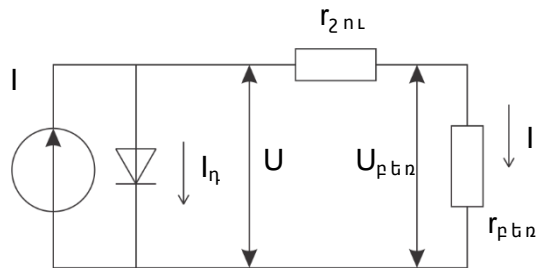
Որքան մեծ տիրույթում է պահպանվում $I(U)$ հիմնական կախվածությունը, այնքան մեծ է արևային էլեմենտի որակը [52,53]:



Նկ. 1.10. ԱԷ-ի արդյունավետության կախվածությունը ջերմաստիճանից և կիսահաղորդչի տեսակից

Արևային էլեմենտների էներգետիկական բնութագրերի յուրահատկությունները վերլուծելու նպատակով կառուցվել է էլեկտրական փոխարինման սխեման (Նկ. 1.11), որտեղ արևային էլեմենտը ներկայացված է հոսանքի աղբյուրի տեսքով, նրան գուգահեռ կերպով միացված է դիոդի և արևային էլեմենտի ներքին

դիմադրությունը՝ r_{2nL} (Օմ), հաջորդաբար միացված $r_{pեռ}$ (Օմ) բեռի հետ [51]:



Նկ. 1.11. ԱԷ-ին համարժեք էլեկտրական սխեման

Հոսանքի աղբյուրը արևային ճառագայթների ազդեցությամբ ձևավորում է ընդհանուր թվով հոսանք՝ I_n դիոդի հոսանք կամ հակադարձ հոսանք և I_p ՝ բեռի հոսանք: Հայտնի է, որ ընդհանուր առմամբ ամբողջ հոսանքը կարող է ունենալ կախվածությունն էլարումից և հաստատունից.

$$I = I_N - I_o = I_N - I_o \left(\exp\left(\frac{\alpha \cdot U}{A}\right) - 1 \right) \quad , \quad (3)$$

α պարամետրը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$\alpha = \frac{e}{k \cdot T} \quad , \quad (4)$$

որտեղ e -ն էլեկտրոնի լիցքն է, k -ն՝ Բոլցմանի հաստատունը, T -ն՝ ջերմաստիճանը ըստ Կելվինի սանդղակի:

Հաշվի առնելով նկ. 1.11-ը՝ U_i -ն կարելի է որոշել՝

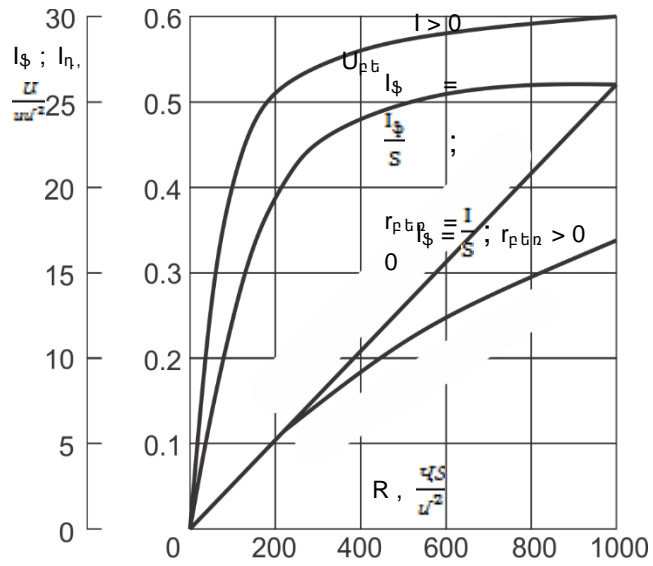
$$U_i = U - I \cdot r_a = \frac{A}{\alpha} \ln\left(\frac{I_o - I}{I_o} + 1\right) - I \cdot r_a \quad , \quad (5)$$

իսկ հզորությունը՝ N , հետևյալ բանաձևով.

$$N = U_n(I) \cdot I : \quad (6)$$

(3)-ից և (5)-ից հետևում է, որ արևային էլեմենտի էներգետիկական բնութագրերը ոչ բացահայտ տեսքով կարելի է ներկայացնել որոշակի բազմակողմ կախվածությամբ՝ $F_{UL} = F_{UL}(U, I, R, T)$, արևային էլեմենտի նյութը և կոնստրուկցիան (օրինակ՝ մոնոբյուրեղային, բազմաբյուրեղային, ամորֆ, միաչերտանի և բազմաչերտանի)՝ արևային էլեմենտի հորիզոնական և ուղղահայաց շերտերով և այլն [52,53]:

Որպես արևային էլեմենտի էներգետիկական բնութագրի տեսքի օրինակ նկ. 1.12-ում ներկայացված են հետևյալ բնութագրերը՝ կախված R (B_T/M_2) պարամետրից՝ $U_0 = U_0(R)$, երբ $T_0 K = const$, կարճ միացման $I_\phi = I_\phi(R)$, երբ $r_k = 0$, S_{UL} -ն արևային էլեմենտի մակերեսն է՝



Նկ. 1.12. ԱԷ-ի բնութագրերը

«մոլուտք ելք» $I = I(R)$, որտեղ $I = I/S_{UL}$, երբ $r_H = const$, $U_0 = U_0(R)$, երբ $I = 0$, $T = const$, $U_H = U_H(R)$, երբ $I = const$, $I_\phi = f(R)$, երբ $r_H = 0$, $I = I(R)$ $I = I(R)$, երբ $r_H = 0$:

Նկ. 1.12-ում ներկայացված բնութագրի վերլուծությունը ցույց է տալիս արևային էլեմենտի պարամետրից՝ $U_0(R)$, երբ $I = 0$ և $T_0 K = const$ կախվածությունը, $I = 0$, նշանակում է $U^0 = U_0$ կլիսի հավասար.

$$U = U_0 \frac{A}{\alpha} \ln\left(\frac{I_b}{i_0}\right), \quad (7)$$

երբ $\frac{I_b}{I_0} \geq I : U_0 (R)$ -ը փոխվում է լոգարիթմական կախվածության պայմանով, որը $I_\phi(R)$ բացահայտ գծային բնութագիր է [53]:

Աէ-ի հզորության փոփոխությունը կարելի է իրականացնել ընդունման հարթակի անկյան փոփոխման ճանապարհով ($b_0=varia$)՝ փոխելով արևային անկման անկյունը՝ $\theta_0(b)_0=varia/$:

Աէ-ն իր չափերով սովորաբար չափազանց մեծ է, ինչը հանգեցնում է նրան, որ նրա օգտակար հզորությունը նույնպես մեծ է:

Արևային էլեմենտների համար այսօր առավել բնութագրական են U և I -ն՝ $0,5$ և $0,02$ W/m^2 և $1,5$ և $0,75$ A/m :

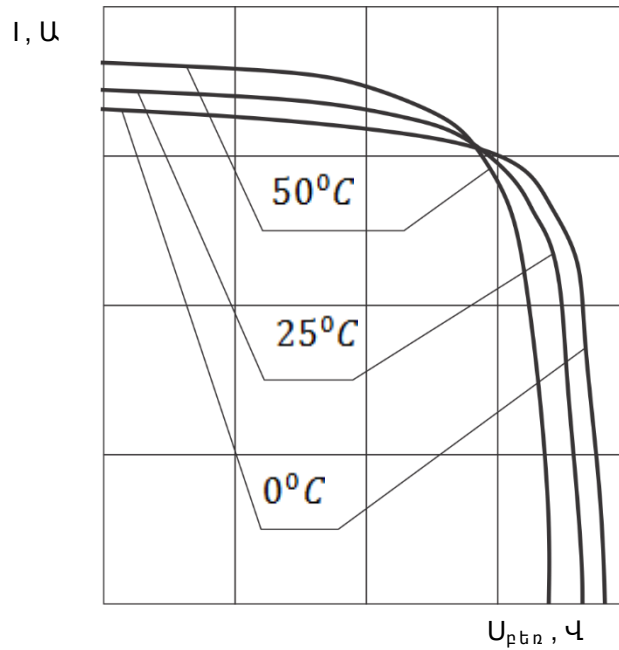
Առավել մեծ հզորություն ստանալու համար ընդունված է հաջորդաբար իրար միացնել արևային էլեմենտները: Սովորաբար 33 արևային էլեմենտներ հաջորդաբար իրար միացնելով՝ ստանում են արևային ստանդարտ մոդուլը՝ հետևյալ միջին բնութագրերով՝ $U=15$ V ; $I=1,5$ A և $N_{UV}=22,5$ W/m^2 Օրինակ, «CATYPH BC-25/25» տիպի արևային էլեմենտն ունի հետևյալ չափերը. երկարություն՝ $0,97$ m , լայնություն՝ $0,41$ m , հաստություն՝ 55 mm , քաշը՝ 64 g : Այն ապահովվում է 25 W/m^2 առավելագույն հզորություն կամ $77,18$ W/m^2 , երբ $U_{\eta C}=20,2$ V և $I_{yU}=1,91$ A [54]:

Իսկ մոդուլների հաջորդաբար միացման արդյունքում ստացվում է արևային էլեկտրական կայան հետևյալ ցուցանիշներով՝ հզորությունը՝ $0,1 \pm 0,3$ W/m^2 , քաշը $20-60$ g/m^2 :

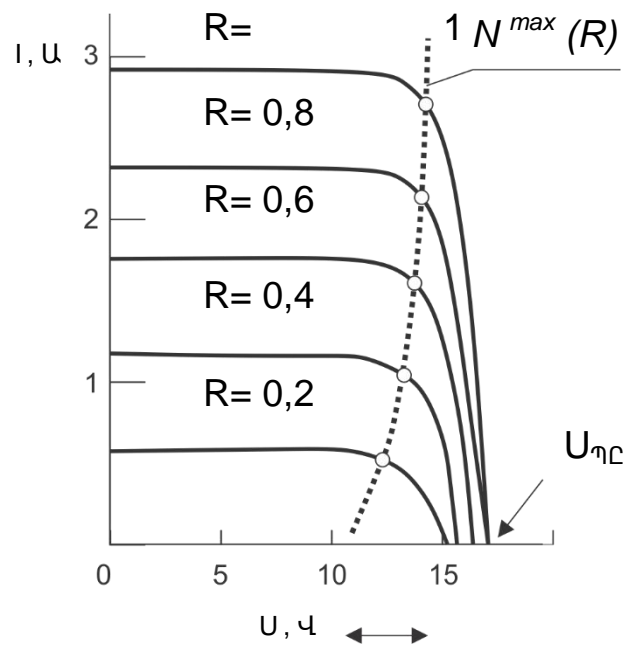
Արևային էլեմենտների և արևային մոդուլների մակերեսները կախված են նրանց նյութերից, ինչպես նաև արտադրող ֆիրմաների տեխնիկական մակարդակից: Արևային էլեմենտի մակերեսը միջինում $1,000$ m^2 սահմաններում է՝ U (V) – $0,5$ մինչև $1,0$ V -ի դեպքում, արևային մոդուլների մակերեսները՝ 800 մինչև 6700 m^2 սահմաններում՝ U_{oc} (V) – 5 մինչև 95 V դեպքում [55]:

Արևային էլեմենտների հիմնական ելքային բնութագրերը ներկայացված են նկ 1.9, 1.12-ում, ինչպես նաև 3 և 5 կախվածություններում: Նկ.1.13 և 1.14-ում ներկայացված են ՎԱԲ ԱՏԷԿ-ի կախվածությունները R և $T^{\circ}C$ -ից:

Դրանցից հետևում է, որ $I-U$ գծային կերպով կախված է R -ից: $t^{\circ}\text{C}$ -ի ազդեցությունը չվԱԲ-վրաունի փոքր-ինչ այլ բնութագիր:



Նկ. 1.13. ԱՄ-ի ՎԱԲ-ը ջերմաստիճանի տարբեր արժեքների դեպքում



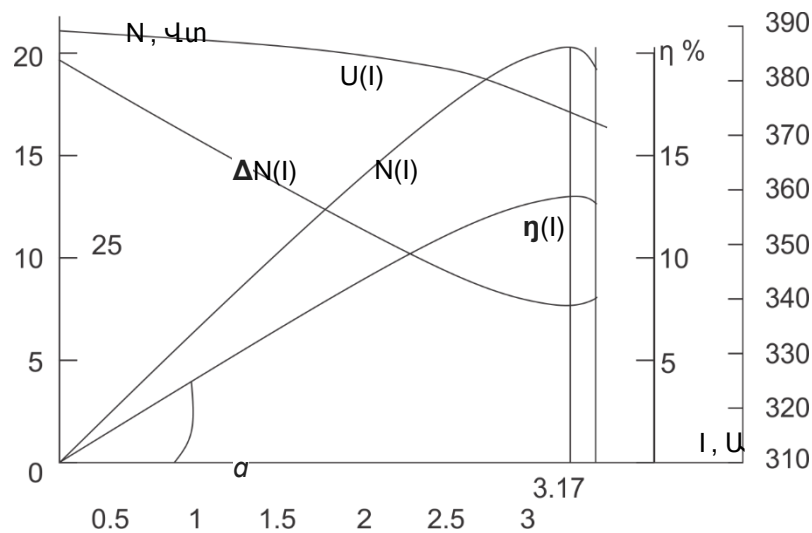
Նկ. 1.14. 33 ԱԷ-ից կազմված ԱՄ-ի ՎԱԲ-երը բեռի տարբեր արժեքների դեպքում

Նկ. 1.14-ում կետագծերով ցույց է տրված արևային էլեմենտի առավելագույն հզորության գիծը՝ $R(\text{Վտ/մ}^2)$ -ի:

Այդ կետերի կորդինատները համապատասխանում են $N_{UL} = U(I) \cdot I \Rightarrow \max$ պայմանին և էքստրեմումի հաջորդ պարտադիր պայմանին, և գործնականորեն այն ունի հետևյալ տեսքը՝

$$\frac{dU_n}{dI} = \frac{-U_n}{I}, \quad (8)$$

Նկ.1.15-ում նույնպես ներկայացված են ԱՖԷԿ-ի այլ էներգետիկական բնութագրեր՝ օ.գ.գ.(h)-ի կախվածությունը I-ից, հզորության, կորուստները կամ $\Delta N(I)$:

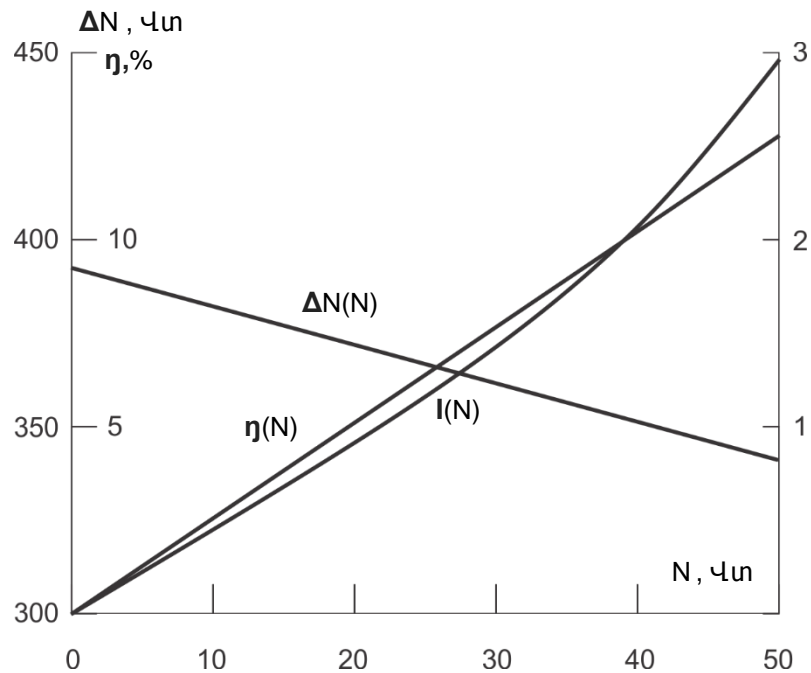


Նկ. 1.15. ԱՄ-ի հիմնական բնութագրերը

Ներկայացված կախվածությունների հետազոտությունից հետևում է, որ ՎԱԲ-ի վրայի կետը մաքսիմում $N_{UL}(I)$ -ով համապատասխանում է նաև մաքսիմում $h(I)$ -ին ու մինիմում $\Delta N(I)$ -ին՝ համաձայն հետևյալի. ԱՖԷԿ-ի օ.գ.գ.-ն որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$\eta(I) = \frac{N_{UL}}{N(R)} = \frac{N(R) - \Delta N(I)}{N(R)}, \quad (9)$$

որտեղ R Վտվ² արևային ճառագայթի հզորությունն է, որը անցնում է ԱՖԷԿ-ի բարակ ընդունիչ հարթակ և ունի ընդհանուր S (մ²) մակերես և թողունակության գործոններից պաշտպանության շերտ: Արևային էլեմենտի լրացման գործակիցը սովորաբար 0,98- 0,99 է ուղղանկյուն արևային էլեմենտների դեպքում, 0,9-ից ավելի՝



շրջանաձևերի դեպքում [56]:

Նկ. 1.16. ԱՄ-ի հիմնական էլեկտրական բնութագրերը

Արևային էլեմենտները դասակարգվում են ըստ՝

- լույսը հավաքելու ինտենսիվության,
- արևային էլեմենտում օգտագործված կիսահաղորդիչի,
- շերտերի հաստության և բյուրեղային կառուցվածքի,
- մեկ հարթակի վրա համատեղված էլեմենտների քանակի և այլն:

Արևային էլեմենտների նկարագրման համար օգտագործվում է հատուկ պարամետրերի և բնութագրերի հավաքածու, որոնք թույլ են տալիս համեմատել տարբեր տիպի արևային էլեմենտները: Հատուկ բնութագրերին են վերաբերում վոլտամպերային և սպեկտրալ բնութագրերը: Հատուկ պարամետրերն են՝ օ.գ.գ. (էֆեկտիվություն), ff (լցման գործակից), $U_{\text{ար}}$ (պարապընթացքի լարում), $I_{\text{ար}}$ (կարճ միացման հոսանք), կամ $J_{\text{ար}}$ (կարճ միացման հոսանքի խտություն): Պարապընթացքի լարումը՝ $U_{\text{ար}}$ այն մաքսիմալ լարումն է, որն առաջանում է արևային էլեմենտի բաց էլքային շղթայի վրա արևային լույսի ճառագայթման դեպքում: Կարճ միացման հոսանքը $I_{\text{ար}}$ այն մաքսիմալ հոսանքն է, որն առաջանում է արևային էլեմենտի էլքային շղթայի կարճ միացման դեպքում: Իսկ կարճ միացման հոսանքի խտությունը միավոր մակերեսով անցնող հոսանքն է՝ $J_{\text{ար}} = I_{\text{ար}}/S_{\text{ակտիվ}}$, բայց ակտիվ մակերեսը գտնելու դժվարությունների պատճառով բանաձևում օգտագործում են ընդհանուր մակերեսը: Լցման գործակիցը (ff) ցույց է տալիս, թե արևային էլեմենտի արտադրած էներգիայի որ մասն է օգտագործվում բեռի վրա: Դրա արժեքը կարելի է գտնել բեռի վրա ցրված հզորության և արևային էլեմենտի ընդհանուր հզորության հարաբերությամբ՝

$$ff = \frac{(I_{\text{ար}} U_{\text{ար}})}{(I_{\text{ար}} U_{\text{ար}})}, \quad (10)$$

որտեղ $I_{\text{ար}}$ -ն աշխատանքային ռեժիմում բեռով անցնող հոսանքն է, $U_{\text{ար}}$ -ն՝ արևային էլեմենտի աշխատանքային լարումը, $I(U)$ -ն՝ արևային էլեմենտի վոլտամպերային բնութագիրը: Լցման գործակիցը հաշվվում է տոկոսներով և տարբեր տիպի արևային էլեմենտների դեպքում կազմում է 50-85%: Արևային մոդուլները, ինչպես և արևային էլեմենտները, նույնպես բնութագրվում են պարամետրերի և բնութագրերի հավաքածուով: Սակայն դրանց պարապընթացքի լարումը և կարճ միացման հոսանքը ավելի մեծ են, քան արևային էլեմենտինը: Արևային մոդուլների մակերեսը կազմում է 50-ից 10000 սմ^2 (արևային էլեմենտների մակերեսները մեծ մասամբ կազմում են 1 սմ^2): Արևային մոդուլները ներկայացնելիս նշվում է նաև, թե քանի էլեմենտից են դրանք բաղկացած [49]:

Մինչ այսօր գոյություն ունեն արևային էլեմենտների երեք սերունդներ: Առաջին սերնդի արևային մարտկոցները պատաստվում էին սիլիցիումային կլանիչի հիման վրա, ինչն ապահովում էր բավական մեծ օգտակար գործողության գործակից, բայց մեծ կլանման գործակցի հասնելու համար այն պահանջում էր շերտի մեծ հաստություն և, հետևաբար, մեծ ծախսեր: Սակայն, չնայած այդ թերությանը. սիլիցիումը չի կորցրել իր կիրառությունը արևային մարտկոցների արտադրման ոլորտում, որի պատճառը, ինչպես արդեն նշվել է, բարձր օ.գ.գ.-ն է: Երկրորդ սերնդի արևային էլեմենտներում որպես կլանիչ օգտագործվում է CIGS ($\text{Cu In}_x \text{Ga}_{(1-x)} \text{Se}_2$) շերտը: Այդ շերտը բաղկացած է Cu, In, Ga և Se-ի միացությունից: Դրա առավելությունը սիլիցիումայինի համեմատ այն է, որ ունի բավականին մեծ կլանման գործակից, և պահանջվում է ընդամենը 2-4 միկրոն հաստությամբ շերտ, որպեսզի կլանվի նույն քանակությամբ լույս, որը կլանվում էր 300 միկրոն հաստությամբ սիլիցիումային կլանիչի դեպքում: Երրորդ սերնդի արևային մարտկոցները կառուցվում են բարդ հետերոանցումների վրա: Այդ սերնդի արևային էլեմենտները կարող են ունենալ 20-ից ավելի շերտ և, հետևաբար, ունեն չափազանց բարդ կառուցվածք: Ստորև կքննարկվեն երկրորդ սերնդի արևային էլեմենտները, որոնց կառուցվածքը հետևյալն է: Որպես հարթակ (այն շերտը, արևային էլեմենտի հիմքն է, և որի վրա տեղադրված են մնացած բոլոր շերտերը) ծառայում է ապակին ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$), որի հաստությունը հիմնականում ընտրվում է 1մմ: Հարթակի վրա նստեցվում է մոլիբդենի շերտ՝ 1 մկմ հաստությամբ, որը ծառայում է որպես հետին կոնտակտ (նստեցումը կատարվում է հաստատուն հոսանքի մագնետրոնի միջոցով): Հաջորդ քայլը CIGS նյութի նստեցումն է, որը, ինչպես արդեն նշվել է, կլանիչ շերտն է: Այդ շերտի նստեցման համար մշակվել են զանազան մեթոդներ: Ամենահարմար մեթոդներից է CIGS թանաքը, որը կաթեցվում է մոլիբդենի շերտի վրա, և էլեմենտը, տաքացնելով շերտը, նստում է նրա վրա: Հաջորդ նստեցվող շերտը CdS բուժերային շերտն է, որի ֆունկցիան CIGS շերտի էկրանավորումն է, լույսի մագնիսական էֆեկտներից պաշտպանումը (որպեսզի այն չկորցնի իր հատկությունները): CdS

շերտը նստեցնելու համար շատ հարմար է քիմիական վաննայի մեթոդը. այն ոչ թանկարժեք, ցածր ջերմաստիճանում իրականացվող պարզ մեթոդ է: Հաջորդ շերտը ZnO-ն է, որը հանդես է գալիս որպես առջևի կոնտակտ (նստեցման ընդունված տարբերակը՝ ռեակտիվ մազնետրոն): Փաստորեն մոլիբդենի և ZnO-ի շերտերը հանդիսանում են արևային էլեմենտների կոնտակտները: Եվ, վերջապես, ամենավերևի շերտը, որը իրականում միշտ էլ, որ կիրառվում է, հանդիսանում է հակաանդրադարձիչ շերտ: Այսինքն՝ դրա գործառույթը հնարավորինս շատ քանակությամբ լույսի ներթափանցման ապահովումն է կլանիչի գոտի (ապահովել հնարավորինս փոքր անդրադարձում) [50,57]:

Մասնագետներն արդեն սկսել են արտադրել արևային ճկուն էլեմենտներ, որոնք կարող են ընդունել նույնիսկ գլանափաթեթի տեսք՝ հնարավոր դարձնելով դրանց հեշտ տեղափոխումը: Այժմյան արևային էլեմենտները տեղադրվում են բնակարանների տանիքներին, իսկ արևային ճկուն էլեմենտները հնարավոր կլինի տեղադրել նաև պատուհաններին: Որպես առավել ություն կարող ենք նշել նաև, որ վերջիններս նախկին մոդելի համեմատ շատ թեթև են [55,56]:

Այսպիսով, արևային կայանների, մոդուլների առավել ագույն հզորությունները կախված են շահագործման ջերմաստիճանից, արևի ճառագայթների անկման անկյունից և ինտենսիվությունից [58-61]: Ստեղծվել են սարքեր՝ ելքային առավել ագույն հզորության կետին (ԱՀԿ) հետևելու և արտադրված էլեկտրական հզորության կորուստները մոտ 30% -ով փոքրացնելու նպատակով [62-68]: Դրանք իրականացվում են հատուկ սխեմայի և ավտոնոմ ալգորիթմների միջոցով [69-72]:

1.3. Լուսաթափանց Ֆրենելային հելիոսելնիկական խառաքներով արևային էլեկտրակայաններ

Արևային էներգիայի կերպափոխումը էլեկտրականի աշխարհում գարգանում է երկու հիմնական ուղղություններով.

- անհատական արևային էներգահամակարգերի ստեղծում՝ ապահովելու համար վարչական կամ բնակելի կառույցների էներգահամակարարումը,

- հզոր արևային էլեկտրակայանների ստեղծում՝ պետական մասշտաբների էներգետիկական խնդիրների լուծման համար:

Այս խնդիրների լուծման համար առանձնանում են հիմնականում արևային էլեկտրակայանների երկու տեսակներ.

- Արևային էլեկտրակայաններ՝ արևային ճառագայթման էլեկտրականի ուղիղ կերպափոխման հիմքի վրա: Այս էլեկտրակայաններում չեն օգտագործվում արևային ճառագայթների խտարարներ:

- Արևային էլեկտրակայաններ՝ արևային ճառագայթման խտարարների օգտագործմամբ:

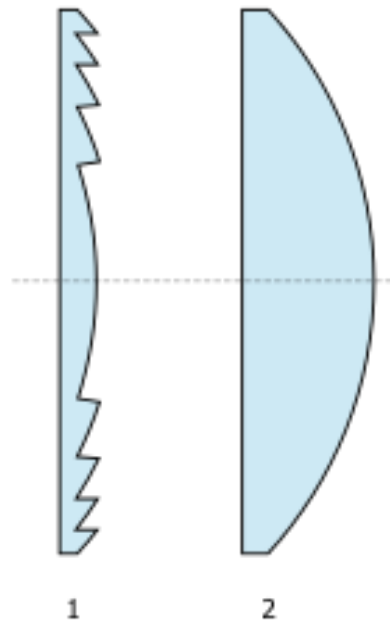
Դեռևս 1980-ական թվականներից ԱՄՆ-ում սկսեցին տեղադրվել առաջին խտարարներով արևային էլեկտրակայանները, իսկ արդեն 21-րդ դարի սկզբից խտարարներով կայանների նկատմամբ հետաքրքրությունն աճեց արևային ճառագայթմամբ հարուստ երկրներում՝ Իսպանիայում, Իսրայելում, Գերմանիայում և ԱՄՆ-ի հարավ-արևմտյան հատվածներում [73,74,75]:

ՀՀ-ում արևային ճառագայթման հետևանքով միջինում 1 քառ. մ-ի վրա ընկնում է 1000 Վտ/հզորություն: Այդ էներգիան էլեկտրական էներգիայի կերպափոխելու համար օգտագործվող կիսահաղորդչային լուսաէլեկտրական էլեմենտների օ.գ.գ.-ն վերջին տարիներին հասնում է մինչև 46%-ի: Սանչանակում է, որ մեծ հզորություններ ապահովելու համար անհրաժեշտ են հսկայական տարածքներ զբաղեցնող արևային ֆոտոէլեկտրական էլեմենտներ, իսկ դրանց ինքնարժեքը բավականին բարձր է: 1 կՎտ-ի համար ինքնարժեքը կազմում է 0,3 ԱՄՆ դոլար [76,77], իսկ հետազոտողների կողմից ընդունելի և շահավետ գին է համարվում 0,1 դոլարը [78,79]: Այս խնդրից խուսափելու համար անհրաժեշտ է դառնում խտարարների և

հայելային անդրադարձիչների օգտագործումը: Տարբերվում են չորս տիպի արևային ճառագայթման խտարարներ .

1. պարաբոլ ազլ անային ,
2. արևային աշտարակներ ,
3. ափսեանման խտարարներ ,
4. գծային և ֆրենելային խտարարներ :

Չորս տարբերակներից ամենանորը և առայժմ քիչ տարածում ստացածը ֆրենելային հելիոտեխնիկական խտարարներն են: (նկ .1.17)



Նկ. 1.17. Ֆրենելային հելիոտեխնիկական խտարարների կառուցվածքը (1), ոսպնյակի կառուցվածքը (2)

[80]:

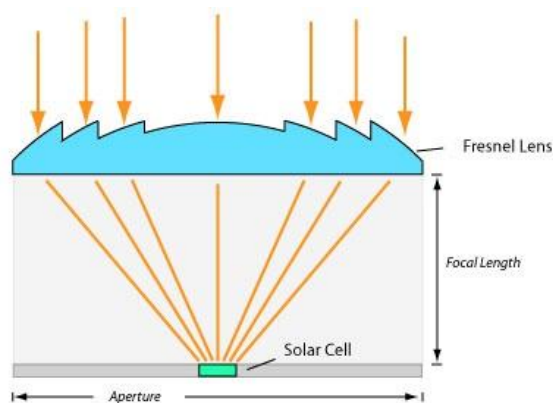
Լուսաթափանց խտարարներով լուսաէլեկտրական կայաններն ունեն մի քանի այտառավել ություն անդրադարձնող խտարարներով լուսաէլեկտրական կայանների համեմատ, այն է՝ անդրադարձնող խտարարներով կայանների դեպքում լուսաէլեկտրական էլեմենտը և էլեմենտը պահող հիմքը, գտնվելով արևի և խտարարի մեջտեղում, ստվերում են խտարարը՝ առաջացնելով կորուստներ: Անդրադարձնող խտարարներով կայանի օրինակ է 2012 թվականին Գերմանիայում պատրաստված սֆերիկ խտարարով արևային կայանը,

որն ապահովում է 35% արդյունավետություն (նկ.1.18): Գնդաձև խտարարը արևի ճառագայթումը խտացնում էր մինչև 10000 անգամ: Սակայն նմանատիպ կայանի թերությունը նրա ծանրությունն էր: Այն հարմար չէր շենքերի տանիքներին տեղադրելու համար: Սֆերիկ խտարարներով կայանների առավելությունը ցանկացած անկյան դեպքում արևային ճառագայթման խտացման հնարավորությունն է:



Նկ.1.18. 2012 թ. Գերմանիայում պատրաստված սֆերիկ խտարարով արևային կայանը

Ժամանակակից ֆրենելային խտարարները (նկ. 1.19) ներկայացնում են արիզմայածև տարրերի համախումբ: Հաշվի առնելով արևային էլեմենտի մակերևույթի անհրաժեշտ լուսավորման ձևը՝ ընտրվում է արիզմայածև տարրերի



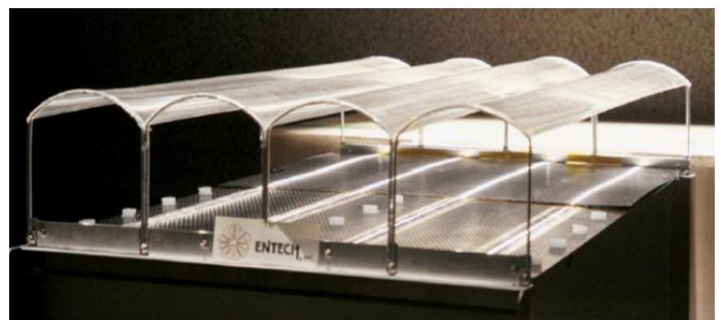
Նկ. 1.19. Ֆրենելային խտարարի և նրակիզակետում գտնվող արևային լուսաէլեկտրական էլեմենտի գրաֆիկական պատկերը

դասավորվածությունը [81]:

Տարբերվում են դասավորվածության երկու հիմնական ձևեր. օղակաձև, որի դեպքում խտացումը տեղի է ունենում մի կետի վրա, և գծային, որի դեպքում խտացումը տեղի է ունենում որոշակի գծի վրա [82,83]: Օղակաձև խտարարով կայանի օրինակ է գերմանական FlatCon ընկերության պատրաստած խտարարներով արևային էլեկտրակայանը [84,85,86,87] (նկ . 1.20), որի օ.գ.գ-ն, ըստ տեսական հաշվարկների, հասնում է մինչև 40%-ի, իսկ գործնականում այն ապահովել է 28,5% արդյունավետություն: Իսկ 2003 թվականին իռլանդացի գիտնական Օ՛Նիլի կողմից նախագծված գծային ֆրենելային խտարարներով լուսաէլեկտրական մոդուլը (նկ . 1.21) տիեզերքում փորձարկելիս ցուցաբերել է 27% արդյունավետություն [88,89]: 1965 թվականից կիրառություն գտան հակաանդրադարձնող ֆրենելային խտարարները, որոնց հիմնական առավելությունը կիզակետային հեռավորության չափազանց փոքր լինելն էր: Հակաանդրադարձնող ֆրենելային խտարարներն ապահովում էին նաև ավելի մեծ խտացում: 2005 թվականին TracePro ծրագրի օգտագործմամբ հայտնագործվեց հակաանդրադարձնող ֆրենելային խտարար, որի կիզակետային հեռավորությունը 200 մ էր [90,91,92,93]:



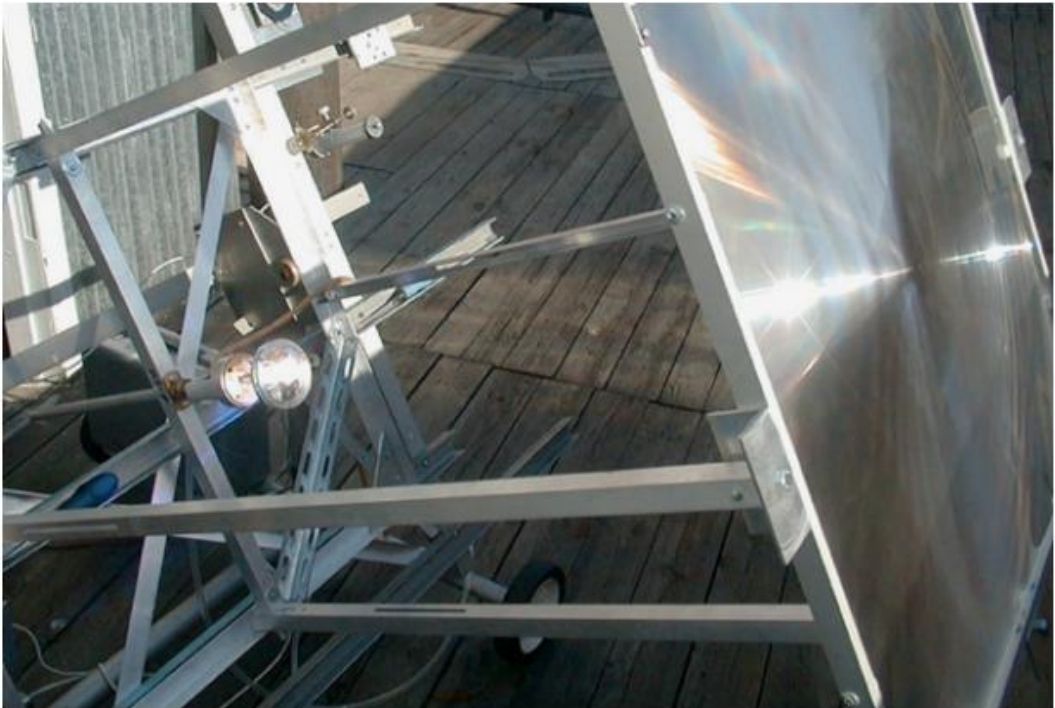
Նկ. 1.20. Գերմանական FlatCon ընկերության պատրաստած խտարարներով արևային էլեկտրակայան



Նկ. 1.21. Օ՛Նիլի կողմից պատրաստված գծային խտարարներով արևային էլեկտրակայանը

Այս խտարարների օպտիկական խտացման գործակիցը հասնում էր 230-ի: 1990 թվականին, տիեզերքում օգտագործելով հակաանդրադարձնող օղակաձև ֆրենելային խտարարներ, հաջողվեց հասնել 90% օպտիկական արդյունավետության՝ 300 Վտ/մ^2 և 100 Վտ/կգ արդյունքների [94,95]: Հիմնական նորությունն այն էր, որ օգտագործվել էր արևային էլեմենտի արիզմայական ծածկման մեթոդը: Այս նույն մեթոդով 2007 թվականին հնարավոր եղավ հասնել հինգհարյուրապատիկ խտացման: Օգտագործելով չորսհարյուրապատիկ խտացում՝ Fraunhofer ընկերությունը և NREL-ը արձանագրեցին համապատասխանաբար 27 . 4% և 24 . 8% արդյունավետություն:

1979 թվականին Կոլլարես-Պերեյրան առաջին անգամ օգտագործեց երկաստիճան ֆրենելային հելիոտեխնիկական խտացումը [96]: Երկաստիճան խտարարների օգտագործման միջոցով օպտիկական խտացման աստիճանը մոտեցավ 100%-ի: 2007 թվականին փորձ կատարվեց ստանալ 20% արդյունավետություն արևային լուսաէլեկտրական մոդուլից, օգտագործելով GaSb-ի հիմքով լուսաէլեկտրական էլեմենտը, որի մաքսիմալ օ.գ.գ-ն կազմում է 29%, և երկաստիճան խտացման համակարգ, որի առաջին աստիճանը ֆրենելային խտարարն էր, իսկ երկրորդը՝ քվարցային խտարարը (նկ. 1.22): Խտացման համակարգը պետք է ապահովեր չորսհարյուրապատիկ խտացում՝ ստանալու համար անհրաժեշտ օ.գ.գ.-ն: 850 Վտ/մ^2 պայմաններում ընդունիչ էլեմենտի ջերմաստիճանը հասավ 1400-2000 Կ, և գրանցվեց 5 Վտ/մ^2 հոսանք: Չափումները ցույց տվեցին, որ



մոդուլը ապահովել է իդեալ ականին մոտ՝ 19% օ.գ.գ. [97]:

Ֆրենեյլային խտարարների հետևյալ առավել ությունները մեծացնում են դրանց օգտագործման մասշտաբները արևային էներգետիկայի ոլորտում.

- արտադրության բարձր տեխնոլոգիական գործընթացների համեմատադրի նախարժեք,
- բարձր կոնստրուկտիվ որակներ. ունեն հարթ արտաքին մակերևույթներ և հեշտեն մոնտաժվում,
- հայելային համակարգերի համեմատարևի շարժմանը հետևելու համար անհրաժեշտավելի փոքր ճշտություն,
- արևային էլեմենտի և ֆրենեյլային խտարարի հարմարավետ փոխդասավորվածություն:

Նկ 1.22. Երկարաժամկետ խոսքում համակարգ՝ ֆրենեյլային և բնագալին ֆրենեյլային խտարարների օգտագործումը համապատասխանոր է կասկադային կիսահաղորդչային էլեմենտների դեպքում, քանի որ դրանց ինքնարժեքը բավականին բարձր է [98,99,100,101]: Չզորություն/ինքնարժեք հարաբերությունը մեծացնելու համար կասկադային էլեմենտներով և ֆրենեյլային խտարարներով ժամանակակից մոդուլներին կցվում է նաև արևի շարժմանը հետևող համակարգ:

“Amonix Inc.”-ը արևային խտարարների օգտագործմամբ և երկու առանցքով արևի շարժմանը հետևող համակարգով ստեղծել է 50-80 կՎտ հզորությամբ մեգամոդուլներ և կառուցել 30 ՄՎտ հզորությամբ

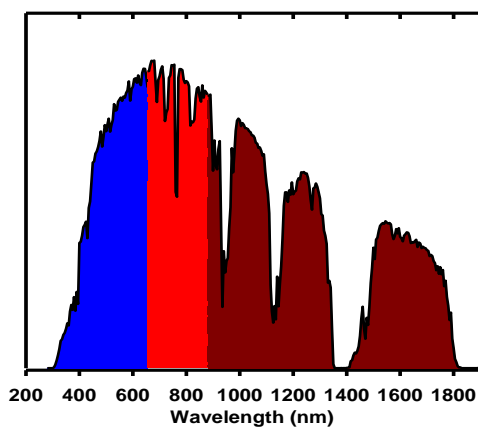


արևային մի շարք էլեկտրակայաններ: Նկ 1.23-ում բերված «Ամոնիքս» ընկերության կողմից ֆրենեյլային խտարարներով արևի շարժմանը 2 առանցքներով հետևող և

կասկադային ֆոտոէլեմենտների ջերմահեռացումը պասսիվ օդային սառեցման եղանակով իրականացնելու համար պատրաստված մեգամոդուլները չափերով շատ մեծ են, դրանցով կառուցված էլեկտրակայանը գրավում է 91 հեկտար տարածք և արտադրում է 30 ՄՎտիզորոն [102]:

Այստեղ օգտագործվում են մեծ քանակությամբ և անընդհատ թանկացող մետաղներով բարդ կոնստրուկցիաներ՝ արևի շարժմանը 2 առանցքներով անընդհատ հետևող մեգամոդուլների համար (նկ. 1.23): Մոտ 400 մ² մակերեսներով մեգամոդուլների առաջացրած սովերներից խուսափելու համար մոդուլները տեղադրվում են իրարից հեռու, իսկ քամու հնարավոր պոռթկումների նկատմամբ կայունությունը ապահովելու համար ստեղծվում են մեծ տարածք գրավող երկաթբետոնային հիմքեր [103]: Սակավահող երկրում, ինչպիսին ՀՀ-ն է, նպատակահարմար չէ օգտագործել հողային մեծ տարածքներ, և անհրաժեշտ է ստեղծել շենքերի տանիքների վրա տեղադրվող ՖՎԿ-ներ, հատկապես քաղաքային շրջաններում: Խտարարներով ՖՎԿ-ն՝ շինություն տանիքի վրա տեղադրելու համար անհրաժեշտ է մշակել նոր ֆոտովոլտային կայանք, որը լինի

Նկ. 1.23. AMONIX ընկերության արևային խտարարներով

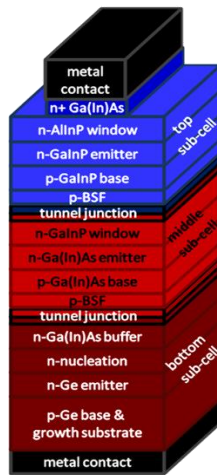


համեմատաբար հզոր (կՎտ-երի կարգի), թեթև և հեշտությամբ տեղադրվի տանիքի փոքր՝ 1-2 քառ. մ մակերեսի վրա, բայց հնարավորություն ունենա հետևելու արևի շարժմանը 2 առանցքներով:

Երկու առանցքներով արևի շարժմանը հետևող մոդուլները [104,105,106] ապահովում են նրաուղիղ ճառագայթների օգտագործումը

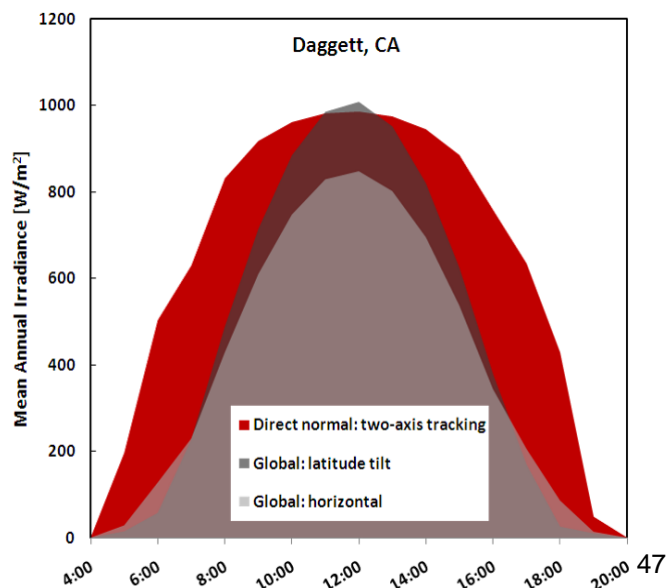
վաղ առավոտվանից մինչև ուշ երեկո (նկ. 1.24): Նկ.1.24-ում ցույց է տրված, որ արևի էներգիայի օգտագործումը Կալիֆորնիայում ամռանը սկսվում է առավոտյան ժամը 4-ից և տևում է մինչև երեկոյան 20-ը: Այս եղանակով երկու առանցքներով արևի շարժմանը հետևող կայանքը արևային էներգիայի օրական հոսքը 30%-ով ավելի է օգտագործում (նկ. 1.24-ում գունավորված առավելագույն մակերեսը), քան արևի շարժմանը չհետևող, օպտիմալ անկյան տակ տեղադրված արևային մոդուլների դեպքում է (ավելի բաց գույնով միայն ներսի մակերեսը):

Օգտագործված կասկադային ֆոտոէլեմենտի սխեմատիկական պատկերը բերված է նկ. 1.25-ում, որտեղ GaInP կիսահաղորդիչը

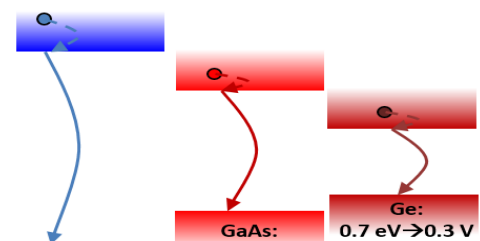


Նկ. 1.25. Երեք տարբեր կիսահաղորդիչ ներքով կասկադային էլեմենտի

կլանում է ամենամեծ էներգիան (ամենամեծ արգելված գոտիով օգտագործված կիսահաղորդիչն է) ունեցող ճառագայթները, այսինքն՝ երկրին հասած արևի ճառագայթման ամենամեծ քվանտները:



Նկ. 1.26. Կիսահաղորդիչ ներքով լույսի ընդունումը ըստալիքի երկարության



Այս ախտի կասկադային կառուցվածքը ստեղծվել է արևի սպեկտրը առավելագույն չափով կլանելու համար [107,108,109]: Նկ. 1.26-ում բերված է արևի սպեկտրը, որի 300...600 նմ ալիքի երկարությունների մասը կլանվում է ամենամեծ արգելված գոտի ունեցող կիսահաղորդչով: Այստեղ օգտագործված 3 տարբեր կիսահաղորդիչների արգելված գոտիների սխեմատիկական պատկերը բերված է նկ.1.27-ում:

Եռաչերտ կասկադային արևային կերպափոխիչի երկրորդ շերտը GaAs-ն է, որի կլանած քվանտներն ունեն ավելի փոքր էներգիաներ, իսկ ճառագայթների ալիքի երկարությունները գտնվում են 600...900 նմ տիրույթում: Ամենամեծ ալիքի երկարությամբ ինֆրակարմիր ճառագայթները կլանում է երրորդ կիսահաղորդիչ նյութը՝ գերմանիումը, որի արգելված գոտու լայնությունը 0.6 էՎ կարգի է:

Գլուխ 1-ի եզրակացությունները

Գրականության աղբյուրների վերլուծության հիման վրա կատարվել են հետևյալ եզրակացությունները.

1. Արևային էներգիայի կերպափոխման \$ճոտու էլեկտրական սարքերի լայնածավալ կիրառությունը էլեկտրաէներգիայի արտադրության և օգտագործման համար արդիական է ինչպես առհասարակ երկրագնդի, այնպես էլ Հայաստանի Հանրապետության էլեկտրաէներգիայի զարգացման տեսանկյունից:
2. 2016 թվականին Հայաստանի Հանրապետությունում ընդունված օրենքը թույլ է տալիս սեփական կարիքների համար արտադրել մինչև 150 կՎտ հզորությամբ \$ճոտու էլեկտրական էներգիա և այն առանց լիցենզիայի իրավունքի միացնել նաև ընդհանուր էլեկտրական ցանցին:
3. Լուսաթափանց խտարարներով և Արևի շարժմանը երկու առանցքներով հետևող հայտնի գերհզոր \$ճոտու էլեկտրական մոդուլները և դրանցով ստեղծված էլեկտրակայանները ևս, այլ

Էլ Եկտրակայանների նման, զբաղեցնում են հողային մեծ տարածքներ, որոնք կարող էին օգտագործվել գյուղատնտեսական նպատակների համար:

4. Լուսաթափանց ֆրենելային հելիոտեխնիկական խտարարների և կասկադային կերպափոխիչների համատեղ օգտագործումը ստեղծում է բարենպաստ հեռանկատակային պայմաններ՝ ռեկորդային օ.գ.գ.-ով ֆոտոէլեկտրաէներգիայի արտադրության համար:
5. Արևային ճառագայթների պլիմերային խտարարների օգտագործումը ֆոտոէլեկտրական սարքերում առաջ է բերում լայն հնարավորություններ՝ թանկարժեք նյութերից պատրաստված, բարձրարդյունավետ և քիչ նյութատար կերպափոխիչներով էլեկտրաէներգիայի արտադրության համար:

Ելնելով վերը նշվածից՝ **առեւախոսություն մեջ դրված նպատակներն են.**

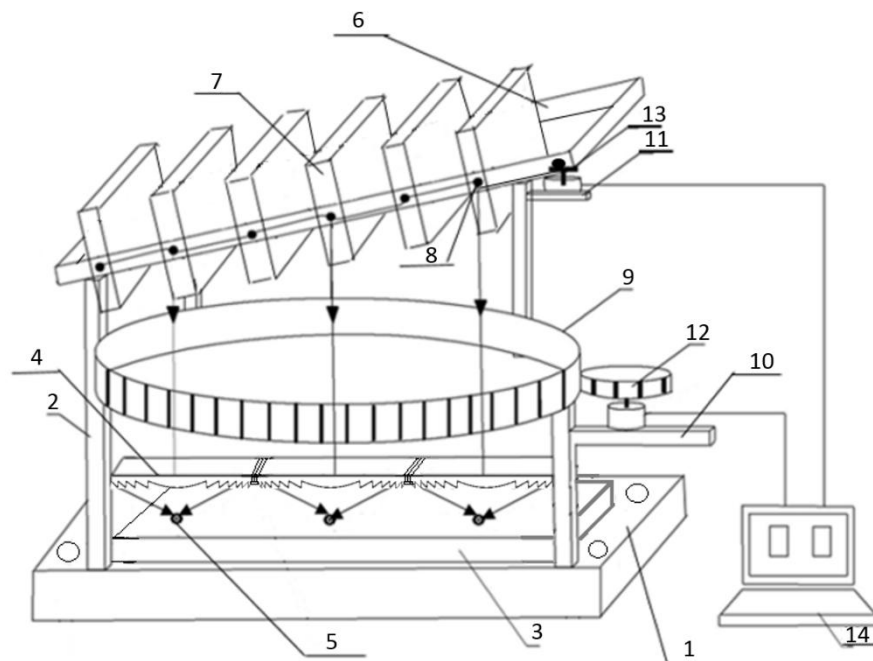
1. Մշակել շարժունակ և թեթև արևային ֆոտոէլեկտրական մոդուլներ Լուսաթափանց ֆրենելային խտարարների օգտագործմամբ՝ շինությունների տանիքներին և լեռների լանջերին տեղադրելու և փոքր մակերեսներ զբաղեցնելու նպատակով:
2. Գնահատել Լուսաթափանց, պլիմերային, ֆրենելային խտարարի կորուստները և օպտիմալ մակերեսը:
3. Մշակել դժվարամատչելի տանիքներին և վայրերում տեղադրված արևային ֆոտոմոդուլների մակերեսները մաքրող սարքերի, էլեկտրաէներգիայի պահուստավորման և օգտագործման հեռակառավարման համակարգեր:
4. Մշակել տանիքին տեղադրված, արևի շարժմանը երկու առանցքներով հետևող, մինչև 150կՎտ հզորությամբ արևային ինքնավար և ցանցին միացված կայաններ և կատարել էլեկտրակայանների անհրաժեշտ սարքերի ընտրություն:

5. Մշակել կարկուտից պաշտպանված, էլեկտրամագնիսական ալիքներ չանդրադարձնող ֆոտոէլեկտրական արդյունավետ նոր մոդուլի պատրաստման տեխնոլոգիան և կիրառել այն դաշտային պայմաններում:

ԳԼՈՒԽ 2. ԼՈՒՍԱԹԱՓԱՆՑ ՖՐԵՆԵԼ ԱՅԻՆ ԽՏԱՐԱՐՆԵՐՈՎ ԱՐԵՎԻ ՇԱՐԺԱՆԸ ՅԵՏԵՎՈՂ ՖՈՏՈԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՄՈՂՈՒԼԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

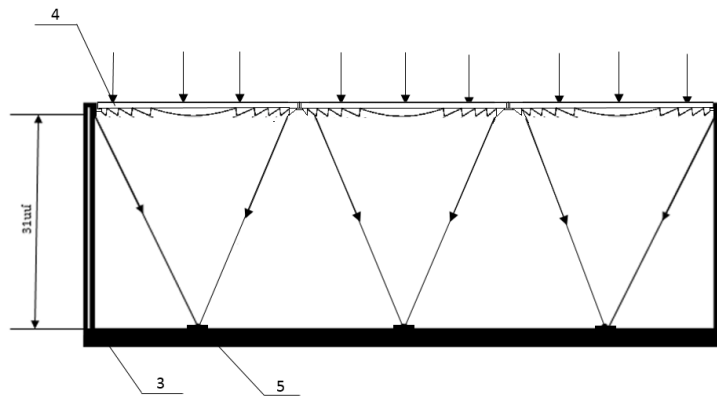
2.1. Տանիքին տեղադրվող ֆրենել ային խտարարներով ֆոտոէլեկտրական մոդուլի մշակումը

Ֆրենել ային խտարարով արևի շարժմանը երկու առանցքներով հետևող էներգիայի կերպափոխման սարքը, որը կերպափոխիչների հովացումը կատարում էր ջրային հոսք ապահովող խողովակների միջոցով, արտադրում էր փոքր հզորությամբ ջերմային և հաստատուն էլեկտրական հոսանք, ինչպես նկարագրված էր նախկինում ստացված արտոնագրում [110]: Այս բաժնում նկարագրվում է ֆոտոէլեկտրական նոր մոդուլի՝ հարյուրավոր ֆրենել ային խտարարներով արևի շարժմանը երկու առանցքներով հետևող և էլեկտրական ցանցին միացվող, թեթև, տանիքներին տեղադրվող էլեկտրակայանի մշակումը [111]: Արևի էներգիայի կերպափոխման ֆոտոէլեկտրական մոդուլը դրվում է շինության տանիքին՝ 40սմ բարձրության վրա, ձյան շերտից բարձր գտնվելու համար, և ունի հետևյալ կառուցվածքը (նկ.2.1):



Նկ. 2.1. Արևի շարժմանը 2 առանցքներով հետևող ֆրենել ային խտարարներով լուսաէլեկտրական մոդուլի սխեմատիկական կառուցվածքը

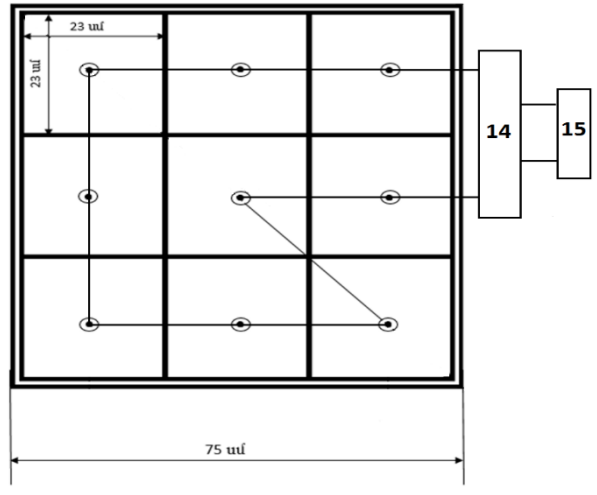
Անշարժ հարթակը (1) հորիզոնական դիրքով ամրացվում է տանիքի ծածկին, հարթակի կողքերից ուղղահայաց ամրացված հենակների (2) վրա տեղադրվում է արևի շարժմանը երկու առանցքներով հետևող համակարգը, անշարժ հարթակի (1) վրա ամրացվում է նաև փոշիներից պաշտպանված հերմետիկ խցիկ (նկ.2.2): Ընդ որում, ֆրենելային խտարարը արևի ճառագայթները հավաքում է ԱԷ-ի տեղադրման փոքր մակերեսի վրա: Խցիկի ստորին մակերևույթը պղնձյա թիթեղն է, իսկ վերևի մակերևույթը հերմետիկորեն միմյանց ամրակցված թափանցիկ ֆրենելային խտարարներն (4) են, պղնձյա թիթեղի (3) վրա խտարարների (4) կիզակետերի տեղերում կարճ միացումները բացառելու նպատակով մոտ 3 սմ^2 մակերեսով նստեցված են էլեկտրականապես մեկուսիչ և միաժամանակ ջերմահաղորդիչ նանոկառուցվածքային ալմաստանման ածխածնային թաղանթներ, որոնց վրա ամրացված են բազմաշերտ աստիճանային լուսատարերը (5):



Նկ. 2.2. Ֆրենելային խտարարներով (4) և ԱԷ-ներով (5) տուփի սխեմատիկական պատկերը

Ջերմահաղորդիչ պղնձե թիթեղը՝ մինչև 3 սմ հաստությամբ, իր հերթին կոնտակտային բարձր ջերմահաղորդականություներով է ապահովում 5 սմ հաստությամբ դյուրալե հարթակի (1) հետ: Նկ. 2.3.-ում պարզության համար պատկերված են միայն ֆրենելային թափանցիկ ինը հատ խտարարները (4), որոնք հերմետիկ իրար միացած են դյուրալե անկյունակներով, որտեղ խտարարների հարթ կողմերի մակերեսները ուղղված են դուրս և 98%-ով թափանցիկ ալմաստանման ածխածնային թաղանթներով պաշտպանված են մեխանիկական, քիմիական, խոնավության և ռադիացիոն ազդեցություններից:

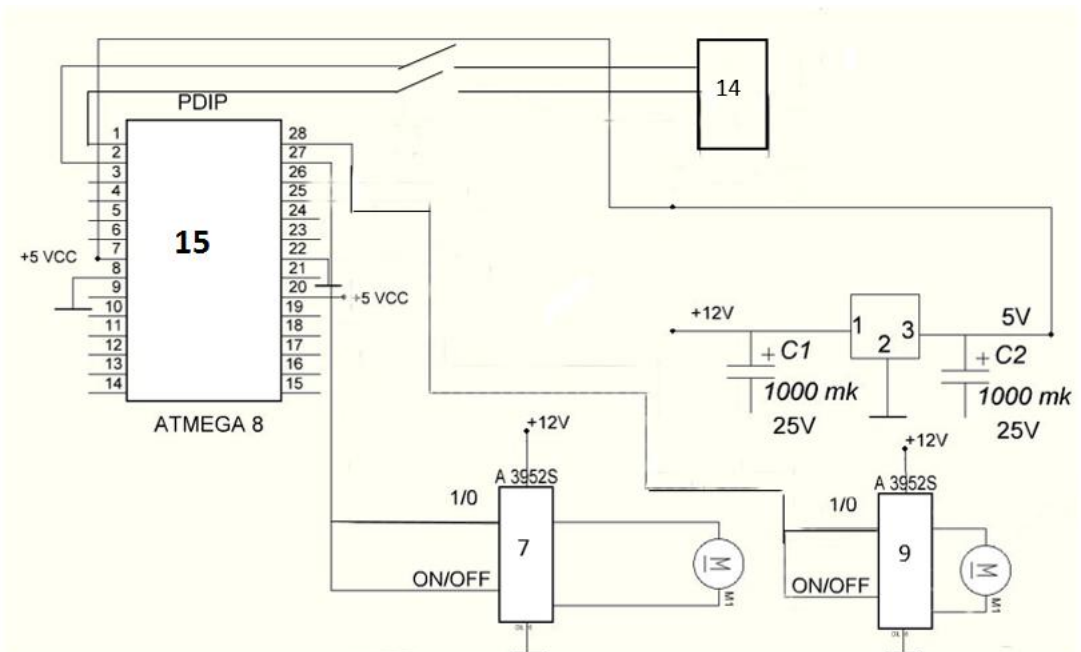
Լուսաէլեկտրական ինը տարրերը հաղորդիչներով իրար հետ հաջորդաբար միացված են և ունեն ընդհանուր արտաքին էլեկտրական ելք՝ ինվերտորի հետմիանալու համար, որն իր հերթին միանում է արտաքին էլեկտրացանցին:



Նկ. 2.3. Ֆրենելայի խտարարներով և հաղորդիչ արտերով միացված ԱԷ-ներով տուփի սրոյ եկցիան վերևից

Սարքի վերևի մասում ուղղահայաց հենակների (2) վրա է տեղադրված երկու առանցքով պտտվող համակարգը, որտեղ շրջանակի (6) ներսում պտտվում են երկայնական $5սմ$ բարձրությամբ հայելային մակերեսներով թիթեղները (7), որոնց անկյունների փոփոխման մեխանիզմը (8) և շրջանակի հետ համակցված օղակի (9) պտույտը ֆրենելայի խտարարների (4) կիզակետային ուղղահայաց առանցքների շուրջը ղեկավարվում են հարթակների (10,11) վրա տեղադրված երկու էլեկտրամեխանիկական շարժաբերներով (12, 13) (Նկ. 2.1): Դրանք իրենց հերթին ղեկավարվում են երկու տարբեր միկրոկոնտրոլերներով (14)՝ ըստ լուսաէլեկտրական տարրերից ստացվող հոսանքի առավելագույն արժեքների ընտրության որոնումների, որոնք ապահովում են, որ թիթեղների հայելային մակերևույթներից արևային ամբողջ օրվա ընթացքում անդրադարձած ճառագայթները ֆրենելայի խտարարների վրա ընկնեն ուղղահայաց և առանց լույսի ինտենսիվության կորուստների, միաժամանակ հավաքվեն լուսաէլեկտրական տարրերի փոքր, $1 սմ^2$ մակերեսների վրա՝ ապահովելով դրանց առավելագույն հոսանքների արժեքները, որոնց հզորությունները ինվերտորի (15)

միջոցով կարող են փոխանցվել նաև էլեկտրական ցանցին (նկ. 2.3): Արևային էլեմենտները (ԱԷ) տեղադրված են ֆրենելային խտարարներից 31 սմ հեռավորության վրա, իսկ խտարարների կիզակետային հեռավորությունը 32 սմ է: Այս տարբերությունը արվում է նրա համար, որպեսզի արևի ճառագայթները ամբողջովին ծածկեն էլեմենտի 1 սմ² մակերեսը: Նկ. 2.4-ում պատկերված է երկու առանցքներով արևին հետևող կոնստրուկտի սխեման, որի շնորհիվ օրվա ցանկացած պահին ATMEGA 8 միկրոկոնտրոլերին (15) տրված հրամանով ընտրվում է հայելային համակարգի այն դիրքը, որի



դեպքում ԱԷ-ներն ապահովում են առավելագույն հոսանք: Միկրոկոնտրոլերը, ստանալով հրաման ծրագրից, վերծանում է այն և փոխանցում էլեկտրամեխանիկական երկու շարժաբեռներին: 1 ոտնակի միջոցով ստացված հրամանը փոխանցվում է 28 ոտնակին, և ապահովվում է պտույտ 9 շարժաբեռի միջոցով, իսկ 2 ոտնակի միջոցով ստացված հրամանը 27 ոտնակի միջոցով փոխանցվում է 7 շարժաբեռին:

Նկ. 2.4. Արևի շարժմանը երկու առանցքներով հետևող կոնստրուկտի սխեման

Համեմատելով ԱԷ -ից ստացված հոսանքների արժեքները հայելիների՝ ուղղահայացին մոտ տարբեր շեղման անկյունների դեպքում՝ ծրագիրը ընտրում է տվյալ պահի համար հայելիների

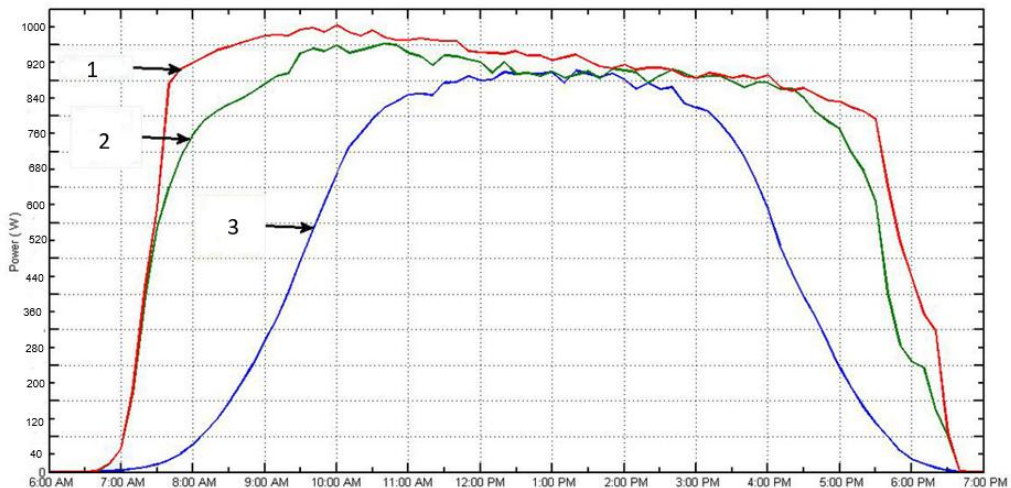
շեղման օպտիմալ անկյունը: Այնուհետև արձակվում է հրաման՝ նույն պրոցեսը կատարել ֆրենելային խտարարների կիզակետային առանցքների շուրջը կատարվող պտույտի դեպքում:

ԱԷ-ները հաղորդալարերով միանում են հաջորդաբար, այնուհետև էլեմենտների արտադրած հոսանքի արժեքը տրվում է ծրագրին (14), որն իր հերթին ղեկավարում է միկրոկոնտրոլերը (15): Նկ. 2.3- ում որպես օրինակ պատկերված են ինը ֆրենելային խտարարներ՝ ինը ԱԷ-ներով: Ֆրենելային խտարարներով արևի շարժմանը հետևող մոդուլում օգտագործվել են երեք տարբեր արգելված գոտի ունեցող կիսահաղորդիչներով կասկադային ԱԷ-ներ: Կառուցվող մոդուլում նախատեսվում է տեղադրել 48 ֆրենելային խտարարներ՝ 48 ԱԷ-ներով, որտեղ օգտագործվում են երեք տարբեր արգելված գոտիներ ունեցող կիսահաղորդիչներից կազմված ուսանցումներով լուսաէլեկտրական էլեմենտներ, որոնք էլեկտրականապես իրար միացած են երկու թունելային անցումներով: Անմիջապես լուսավորվող էլեմենտը պատրաստված է GaInP կիսահաղորդիչից, որի արգելված գոտին ունի 1.9 էՎ արժեքը, այնուհետև հաջորդում է ավելի փոքր՝ 1.4 էՎ արգելված գոտու արժեք ունեցող GaAs կիսահաղորդիչից պատրաստված լուսաէլեկտրական էլեմենտը, իսկ ամենավերջում տեղադրված է Ge-ից պատրաստված լուսաէլեկտրական էլեմենտը, որի արգելված գոտին ունի 0.7 էՎ արժեքը: Լուսաէլեմենտների այսպիսի կասկադային կառուցվածքն ապահովում է արևի սպեկտրի ավելի մեծ չափով կլանումը և կերպափոխումը էլեկտրական էներգիայի 35.9% օ.գ.գ-ով: Այս դեպքում լուսաէլեկտրական մոդուլը կապահովի 911 Վտ հզորություն և կգբաղեցնի 1.9 մ² մակերեսով տարածք:

Մոդուլի արդյունավետության մեծացման համար կարելի է օգտագործել նաև չորս տարբեր արգելված գոտիներ ունեցող կիսահաղորդիչներով ԱԷ-ներ, որոնք կապահովեն 46% օ.գ.գ. [112]: Այս պարագայում նույն մակերեսը գբաղեցնող լուսաէլեկտրական մոդուլը կապահովի արդեն 1168 Վտ հզորություն: 2 կՎտ հզորություն ապահովելու համար անհրաժեշտ է տեղադրել 96 նմանատիպ ֆրենելային խտարարներ և 96 ԱԷ-ներ:

Երկու առանցքներով արևի շարժմանը հետևող սարքերն ապահովում են արևի ուղիղ ճառագայթների օգտագործումը վաղ առավոտից մինչև ուշ երեկո (նկ.2.5):

Նկարի վրա երևում է, որ արևի ուղիղ օգտագործումը 40° աշխարհագրական լայնության գոտում գարնանը սկսվում է առավոտյան 7-ից և տևում է մինչև երեկոյան ժ. 19-ը: Այս դեպքում երկու առանցքով հետևող սարքը արևային էներգիայի օրական հոսքը 30%-ով ավելի է օգտագործում, քան արևի շարժմանը չհետևող, օպտիմալ անկյան տակ տեղադրված արևային մոդուլների դեպքում:



Նկ. 2.5. Արևի շարժմանը՝ 1. երկու առանցքներով, 2. մեկ առանցքով հետևող և 3. չհետևող ԱԷ-ների ելքային հզորության նների կախվածությունները օրվա ժամերից

2.2. Լուսաթափանց հեղիոստեխնիկական ֆրենելային խտարարների կորուստների վերլուծությունը և գնահատումը

Վերջին տարիներին արագորեն զարգանում են արևային ճառագայթների ֆրենելային խտարով (CPV) ֆոտովոլտային սարքերը: Խտարարներով սարքերի մշակման առաջընթացը միտված է արևային կերպափոխիչների ինքնարժեքի զգալի նվազմանը և միաժամանակ դրանց արդյունավետության բարձրացմանը, քանի որ թանկարժեք կիսահաղորդչային նյութերի օգտագործումը հիմնականում

փոխարինվում է շատ ցածր ինքնարժեք ունեցող մեծ մակերեսով և զգալիորեն քիչ նյութեր պարունակող խտարարով: Հինգ հարյուր անգամ ճառագայթների ֆրենելային խտարարների կիրառումը թույլ է տվել նույնքան անգամ փոքրացնել օգտագործվող թանկարժեք կիսահաղորդչային նյութերի քանակը նվազեցնելով նրանց գին/որակ հարաբերակցությունը: Երկրի վրա ընկնող արևային ճառագայթների սպեկտրի $\lambda=(0.3-3)\mu\text{m}$ մեծ մասը կերպափոխելու նպատակով այսօր պատրաստվում են կասկադային ՖԷ-ներ, որոնց կարճ ալիքային արևի սպեկտրը կլանվում է արգելված մեծ գոտի ունեցող վերին կիսահաղորդչային շերտում, և նրա p -ո անցումում լույսով ստեղծված էլեկտրոնները տարածքային առումով բաժանվում են խոռոչներից: Համապատասխանորեն միջին ալիքային սպեկտրը կլանվում է ավելի փոքր արգելված գոտի ունեցող կիսահաղորդչի շերտում, և այդպես կասկադային (աստիճանային) ճանապարհով փոքրացնելով կիսահաղորդչային շերտերի արգելված գոտիների լայնությունը՝ իրականացվում են արևի սպեկտրի զգալի մասի կլանումը և կերպափոխումը հոսանքի, որով և պայմանավորվում է այս ՖԷ-ի բարձր արդյունավետությունը [93]: Խտարարները նպատակահարմար է օգտագործել, երբ արևային ճառագայթման ուղիղ բաղադրիչը զգալիորեն գերազանցում է ցրված բաղադրիչին [112], որի համար անհրաժեշտ է ճշգրիտ մոնիթորինգով որոշել տվյալ տեղանքի ուղիղ և ցրված ճառագայթների հարաբերությունը: ճառագայթների խտարարների կիրառման մեթոդները և կառուցվածքները շատ բազմազան են, սակայն այն հիմնականում կարելի է բաժանել 2 խմբի, որոնք հիմնված են լույսի անդրադարձման և բեկման երևույթների օգտագործման վրա [80]: Լույսի ճառագայթները բեկող խտարարներն ունեն որոշակի առավելություն անդրադարձնող խտարարների համեմատ, քանի որ ճառագայթները բեկող խտարարների դեպքում ընդունիչը, տվյալ դեպքում՝ արևային էներգիան էլեկտրական էներգիայի ուղիղ կերպափոխիչը, դրվում է ընկնող ճառագայթների նկատմամբ հակառակ կողմում, որը չի փոքրացնում խտարարի օպտիկական արդյունավետությունը, քանի որ բացարձակում են ընդունիչի և այն կրող կոնստրուկցիայի ստվերների առաջացումները (նկ.2.3):

ճառագայթները բեկող լուսաթափանց ոսպնյակները շատ վաղուց օգտագործվում են համարյա բոլոր օպտիկական սարքերում, և լավ ուսումնասիրված են նրանց դիսպերսիոն և խտտորումային խանգարումները, բայց նրանք գրավում են զգալի ծավալ, նյութ և ունեն զգալի քաշ: Ֆրենելային լուսաթափանց հելիոտեխնիկական խտարարները (ՖԽ) պատրաստվում են բարակ և հարթ օպտիկական թիթեղների հիման վրա, ունեն մոտավորապես 3 մմ հաստությու և ապահովում են շատ մեծ խտացման աստիճաններ՝ 100*-ից մինչև 10.000*-ը: Բեկող ֆրենելային հելիոտեխնիկական խտարարները լինում են կոնցենտրիկ գնդային մակերևույթների պրոֆիլներով, որոնք ճառագայթները կենտրոնացնում են համարյա կետային կիզակետում [80]: Ճառագայթների խտացման ամենամեծ աստիճանն ապահովում են ՖԽ-ները: Այստեղ կենտրոնական էլեմենտը գնդային ոսպնյակն է, որի շուրջը տեղադրված են կոնցենտրիկ էլեմենտների գնդային մակերևույթները: Վերջինները ճառագայթները խտացնում են ՏԷ-ի վրա, որը սովորաբար ունենում է շատ փոքր մակերես: ՖԽ-ների պրոֆիլները պատրաստվում են տարբեր օրգանական և անօրգանական (սիլիկատային) նյութերից՝ ճնշմամբ մշակման կամ պրոֆիլի գալվանապատճենահանման մեթոդներով: Այստեղ օգտագործվել է օրգանական ապակիներից շահագործման և մշակման ամենալավ հատկություններով օժտված պոլիմեթիլմետակրիլատից պատրաստված ֆրենելային խտարարը [113]:

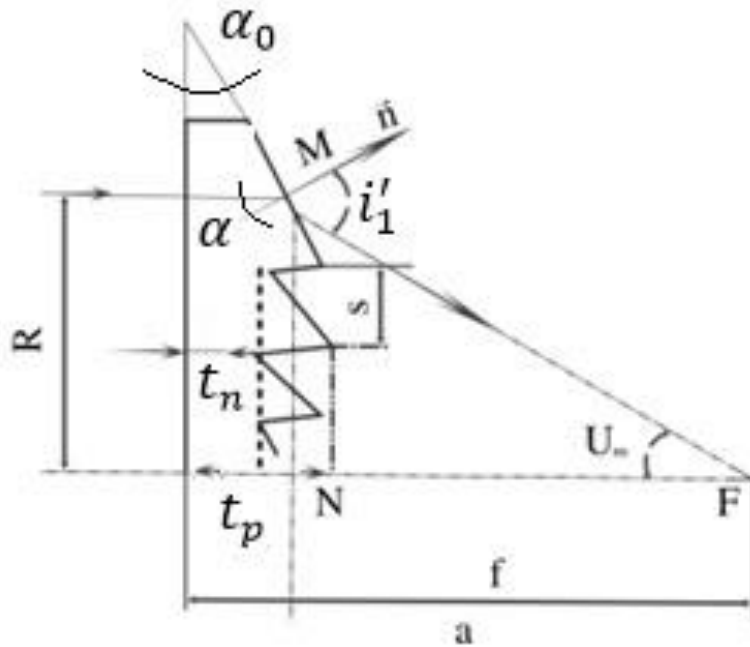
Կասկադային ֆոտոէլեկտրական կերպափոխիչների և ՖԽ-ների լայնածավալ օգտագործումը կստեղծի էլեկտրաէներգիայի մեծ հեռանկարներ, որտեղ անհրաժեշտ է լուծել նաև օպտիկական և կառուցվածքային կորուստների տեխնիկական խնդիրները: Մեր աշխատանքի նպատակն է վերլուծել և գնահատել պատրաստվող ՖԽ-ի օպտիկական և կառուցվածքային կորուստները:

ՖԽ-ների հետ հիմնականում օգտագործվում են կասկադային ՏԷ-ներ, որոնց արդյունավետությունը այսօր 41-46 %-ի սահմաններում է՝ կախված խտարարների և մոդուլների պատրաստման տեխնոլոգիաներից և դրանց օպտիկական կորուստներից: Մյուս կողմից՝ ֆոտովոլտային կերպափոխիչի միավոր մակերեսի վրա ընկնող արևային ճառագայթների հոսքի խտությունը զգալիորեն

մեծացնելիս պետք է որ մեծանա կերպափոխիչի արդյունավետությունը, եթե միջոցներ ձեռք առնվեն, որպեսզի \$Է-ի ջերմաստիճանի բարձրացումը զգալիորեն չնվազեցնի նրա արդյունավետությունը [11]:

Դիտարկենք \$Խ-ում կորուստների՝ որպես արևային մոդուլում ճառագայթների ընդունման առաջին հանգույցի պատճառները: \$Խ-ի պրոֆիլները հիմնականում պատրաստում են պլիմեթիլմետակրիլատի (ՊՄՄԱ) 3 մմ հաստությամբ կրիչի թիթեղների մակերևույթին ջերմային լամինացիայի մեթոդով փակցնելով նույն նյութից պատրաստված բարակ՝ 0.2-0.3 մմ հաստությամբ \$րենելային պրոֆիլներ, որոնք արտադրվում են պլիմերային թաղանթների գործարանում, օրինակ՝ ԱՄՆ-ի 3M \$իրմայում գլանափաթեթային տեխնոլոգիայով: ՊՄՄԱ-ի օրգանական ապակյա թիթեղները ընտրված են որպես կրիչ, քանի որ շատ թեթև են, համեմատաբար դիմացկուն են հարվածների և ուլտրամանուշակագույն ճառագայթների նկատմամբ: Այս հատկություններով ընտրված նյութի բեկման ցուցիչն ունի 1.49-1.5 արժեքները, իսկ թափանցելիությունը՝ 90-92 % [113], արժեքներով լավագույն է համարվում այդ դասի նյութերի համեմատ, չնայած այն հանգամանքին, որ միայն ՊՄՄԱ-ի այս թափանցելիության պատճառով կորուստն արդեն կազմում է 8-10 %: Այս խտարարների դեպքում առանձնացվում է կրիչի հարթությունը \$րենելային պրոֆիլի հարթությունից: Դիտարկենք այն դեպքը, երբ ճառագայթներն ընկնում են նրա հարթ մակերեսի կողմից (նկ.2.6, որտեղ ճառագայթները չեն տրված, այլ մեծացված պատկերված է միայն \$ՅԽ-ի փոքր հատվածը և ոչ լրիվ տրամագիծը):

Ընդհանրապես հավաքող-խտացնող և ֆրենելային ոսպնյակների հիմնական բնութագիրն է ոսպնյակի առավելագույն տրամագծի հարաբերությունը նրա ֆոկուսային հեռավորությանը՝ $\frac{D_{\text{առավելագույն}}}{f}$ [47,80]: Գնահատենք այն՝ ելնելով Ֆեի պրոֆիլի հիմնական պարամետրերից,



որոնք բերված են նկ. 2.6-ում:

Նկ.2.6. Ֆեի կեսի վերջավորության կտրվածքի խոշորացված պատկերը. R-ը խտարարի լրիվ շառավիղն է, որի հարթ մակերևույթն ընկնում են գուգահեռ ճառագայթները, f-ը՝ ֆոկուսային հեռավորությունը

Այստեղ ներկայացված է ֆրենելային հելիոտեխնիկական խտարարի միայն մի կեսի վերջավորության կտրվածքի առանձնացված պատկերը փոքր α_0 անկյան՝ բարակ Ֆեի համար, երբ ճառագայթներն ընկնում են հարթ մակերեսի կողմից, որի $t_n (t_p) \ll f$ (t_n կրիչ ՊՄՄԱ-ի, իսկ t_p Ֆեի առավելագույն հաստություններն են, S-ը՝ խտարարի քայլի մեծությունը): Հակառակ կողմից ճառագայթների ընկնելու դեպքում օպտիկական թափանցելիությունն ավելի է փոքրանում: Անկման α և բեկման i'_1 անկյունների միջև

կապը տրվում է Սնելիուսի բանաձևով՝

$$n \sin \alpha = \sin i'_1, \quad (11)$$

որտեղ n -ը ՊՄՄԱ-ի հարաբերական բեկման ցուցիչն է օդի նկատմամբ: Այ. 2.6-ից՝

$$\tan U_m = \frac{R}{F}, \quad (12)$$

որտեղ R խտարարի շառավիղի և U_m սահմանային անկյան արժեքները վերցվում են խտարարի նյութի լրիվ ներքին անդրադարձման արժեքից՝

$$\alpha_{\text{սահմ.}} = \arcsin \frac{1}{n}, \quad (13)$$

երբ $i_1' = 90^\circ$, ապա՝

$$R_{\text{սահմ.}} = F \tan U_m : \quad (14)$$

Եթե ֆոկոլսային հեռավորությունը վերցնենք $f=320$ մմ, իսկ $n=1.49$, ապա կստանանք $R_{\text{սահմ.}}=353$ մմ: Խտարարի կորոլստները փոքրացնելու նպատակով իրական կողմը վերցնենք 300 մմ: Ֆտ-ներով ֆոտոէլեկտրական մոդուլը մշակված է 48 խտարարներից (144տ պիկային հզորության դեպքում) կամ 98 խտարարներից (244տ պիկային հզորության դեպքում), որտեղ առավել պատկերավոր ներկայացված են քառակուսի մակերեսով 9 խտարարներ՝ 300X300 մմ չափերիով: Այսպիսի մեծ թվով ՊՄՄԱ-ների վրա ջերմային լամինացիայի ձևով փակցված ֆրենելային պրոֆիլներն աղավաղվում են, և ֆտ-ի թափանցելիությունը դառնում է 83%, ընդհանուր կորոլստը կազմում է 17%: Այս պատճառով առաջարկվում է ֆրենելային թաղանթը ՊՄՄԱ-ի մակերևույթին փակցնելու փոխարեն խտարարը պատրաստել հեղուկ ՊՄՄԱ-ն կաղապարի մեջ լցնելու ճանապարհով, որը կարող է հանգեցնել կորոլստների նվազմանը մոտ 9%-ով: Կաղապարի պատրաստումը կունենա զգալի արժեք, բայց կարելի է պատրաստել մեծ քանակությամբ խտարարներ, ինչը կհանգեցնի ինքնարժեքի խիստ փոքրացմանը: Բացի սրանից, ՊՄՄԱ-ի մակերևույթը, միջավայրի քայքայիչ ազդեցություններից պաշտպանելու համար, պատվում է ալմաստանման ածխածնային թաղանթի (ԱԱԹ) բարակ շերտով [114]: Օպտիկական կորոլստները թափանցիկ ՊՄՄԱ-ի վրայի ԱԱԹ-ի համար կարող ենք գրել $r+n+T = 1$,

որտեղ r -ը անդրադարձման, n -ը կլանման, T –ն թափանցելիության գործակիցներն են, որոնք կախված են ալիքի λ -երկարությունից: Երկու միջավայրերը բաժանող սահմանի վրա ընկնող E ճառագայթային հոսքի անդրադարձված մասը նշանակենք E_p : Չամաձայն Ֆրենելի օրենքի՝ չբևեռացված ճառագայթման անդրադարձված մասը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$r = \frac{E_r}{E} = \frac{1}{2} \left[\frac{\sin^2(i_1' - \alpha)}{\sin^2(i_1' + \alpha)} + \frac{tg^2(i_1' - \alpha)}{tg^2(i_1' + \alpha)} \right] : \quad (15)$$

(11) և (15) հավասարումների համատեղ լուծումից, նորմալ անկյունով անկման դեպքում, օդ – ՊՄՄԱ թափանցիկ սահմանի համար օդի բեկման ցուցիչը վերցնում ենք 1, իսկ $n = 1,49$ ՊՄՄԱ-ի հարաբերական բեկման ցուցիչն է նորմալ անդրադարձման դեպքում.

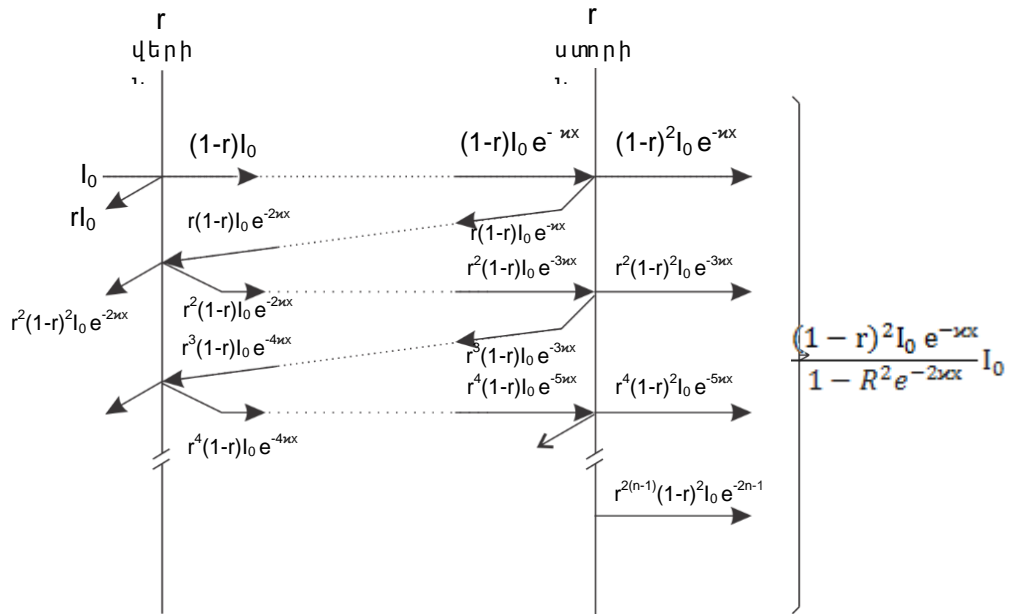
$$r = \frac{(n-1)^2}{(n+1)^2} , \quad (16)$$

որի համար ստացվում է $r = 0.039$, և անկման անկյունը մեծացնելով մինչև 30° , հաշվելով i_1' անկյունը՝

$$i_1' = \arcsin \frac{\sin 30}{1.49} = \frac{0.5}{1.49} = 0,3356 ,$$

$\arcsin 0,3356 = 19,6^\circ$ և տեղադրելով (15)-ի մեջ՝ ստացվում է, որ r -ի մեծացումը մնում է աննշան (փոքր 3%-ից): Այսպիսով, համեմատաբար փոքր անկման անկյունների դեպքում (քվադրորմալ անկման դեպքում) գործնական հաշվարկների համար օգտվում ենք (16) բանաձևից [7]: Օպտիկական կորուստը ՊՄՄԱ-ի մակերեսին նստեցված պաշտպանիչ ԱԱԹ-ի r անդրադարձումով չի սահմանափակվում, պետք է հաշվի առնել նաև ԱԱԹ-ի ստորին՝ n նիստից բազմակի անդրադարձումները (նկ.2.7): ՊՄՄԱ-ի մակերևույթին նստեցված պաշտպանիչ ԱԱԹ-ի թափանցելիության T գործակիցը Արևի անցած ճառագայթների I ինտենսիվության հարաբերությունն է վերին շերտի վրա ընկած I_0 ինտենսիվությանը՝ $T = \frac{I}{I_0}$: Վերին շերտից I անդրադարձած ինտենսիվությունը կլինի rI_0 , իսկ ներքին շերտից I

անգամ անդրադարձած ինտենսիվությունը՝ $(1-r)I_0 e^{-\lambda x}$, անցածը՝ $(1-r)^2 I_0 e^{-2\lambda x}$, որտեղ λ -ն ԱԱԹ-ի կլանման գործակիցն է, x -ը՝ հաստության լայնությունը [47]:



Նկ. 2.7. Միաշերտ ծածկույթից թափանցիկությանը բազմակի ներքին անդրադարձումների դեպքում

Նկ. 2.7-ի համաձայն կլինի՝

$$T = \frac{(1-r)^2 e^{-\lambda x}}{1 - R^2 e^{-2\lambda x}} : \quad (17)$$

Եթե թաղանթի կլանման գործակիցը փոքր է, ապա λx մեծ կլինի, և (17) արտահայտության հայտարարի $e^{-2\lambda x}$ կարելի է անտեսել՝

$$T = (1-r)^2 e^{-\lambda x} , \quad (18)$$

որը կորոշի օպտիկական կորուստները պաշտպանիչ թաղանթով կայուն ֆրենելային և սաթափանց խտարարում:

Պոլիմերիլ մետակրիլ ատից պատրաստված և սաթափանց, կայուն պաշտպանիչ թաղանթի օպտիկական կլանման գործակիցը որոշելու համար օգտվում ենք թափանցելիության T գործակցի չափումներից, որը նկարագրված բազմակի ներքին անդրադարձումների և

ինտերֆերենցիոն երևույթների բացակայության դեպքերում ստանում է (17) բանաձևի տեսքը, որտեղից կարելի է գտնել κ -ն չափելով T և r -ը:

$$\kappa = \frac{1}{x} \ln \left\{ \frac{(1-r)^2}{2T} + \sqrt{\left[\frac{(1-r)^2}{2T} \right]^2 + r^2} \right\}, \quad (19)$$

որտեղից, երբ $T < 10\%$, (19) ընդունում է

$$\kappa = \frac{1}{x} \ln \frac{(1-r)^2}{T} \quad (20)$$

պարզ տեսքը:

Այստեղից որոշում ենք օպտիկական կորուստների չափման սխալը՝

$$\delta\kappa = \frac{\Delta\kappa}{\kappa} : \quad (21)$$

Օգտվելով սխալների գնահատման հայտնի բանաձևից՝

$$\delta\kappa = \frac{\Delta\kappa}{\kappa} = \frac{1}{\kappa} \left[\left| \frac{\delta\kappa}{\delta x} \right| |\Delta x| + \left| \frac{\delta\kappa}{\delta r} \right| |\Delta r| + \left| \frac{\delta\kappa}{\delta T} \right| |\Delta T| \right] \quad (22)$$

և (20)-ի համար վերցված մոտավորություններից, (21)-ի համար կստանանք.

$$\delta\kappa = \Delta\kappa + \left(\frac{2r}{1-r} \delta r + \delta T \right) \left[\ln \frac{(1-r)^2}{T} \right]^{-1} : \quad (23)$$

Պաշտպանիչ թաղանթի կլանման գործակիցը ավելի դյուրին կարելի է որոշել, երբ լուսաթափանց ֆրենելային խտարարի մակերևույթը պաշտպանված է նույն թաղանթի երկու տարբեր հաստություններով x_1 և x_2 , այդ դեպքում բանաձև (20)-ից կստանանք ավելի պարզ առնչություն.

$$\kappa = \frac{1}{x_2 - x_1} \ln \frac{T_1}{T_2} : \quad (24)$$

2.3. Ֆոտոեզիստրային հենքով արևի շարժմանը հետևող սարքի մշակումը

Բազմաթիվ երկրներում էներգիայի խնայողության կարևոր խնդիրը լուծվում է արևային էլեկտրակայանների միջոցով [115]: Ավանդական էներգակիրների գնի աճը և նորագույն տեխնոլոգիաների ընձեռած հնարավորությունները հարկադրում են տնտեսության մեջ կարևոր դեր հատկացնել արևային էլեկտրակայաններին և արևի շարժմանը հետևող համակարգերին [116]:

Արևային էլեկտրակայանի առավելություններն են՝ բարձր հուսալիություն, վառելիքի ծախսի բացակայություն, արևին հետևելու միջոցով բարձր արդյունավետություն, վտանգավոր նյութերի և թափոնների բացակայություն:

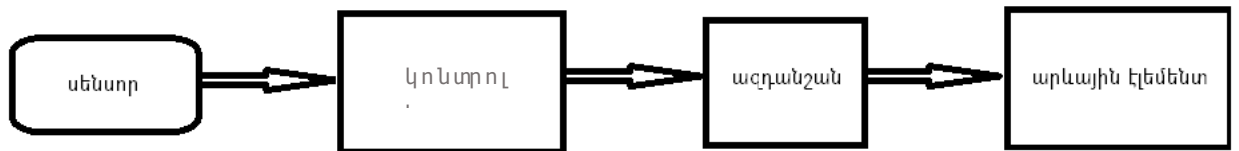
Ավանդական էներգակիրների համեմատ՝ արևային էլեկտրակայանները թանկ արժեն, սակայան արևից ստացվող էներգիան ինքնարժեքով ավելի մատչելի է, քան ավանդականից ստացվածը: Վերջին տարիների գիտական առաջընթացը հնարավորություն է տվել իջեցնելու արևային էլեկտրակայանների սարքավորումների ինքնարժեքը նույնպես: Եվ այսօր փոքր արևային էլեկտրակայաններ ստեղծելն ու դրանք նորագույն համակարգերով զինելն ավելի արդյունավետ և պահանջարկված է, քան ավանդականը:

Արևից ստացվող առավելագույն էներգիայի հոսք ապահովելու համար կարևոր հանգամանք է արևին հետևող համակարգերի ներդրումը:

Այսօր շուկայում առաջարկվող արևին հետևող համակարգերը բավականին թանկ են և դեռ կատարելագործման կարիք ունեն:

Արևային էլեմենտների վրա արևի ճառագայթների առավելագույն հոսք ապահովելու համար առաջարկվում է սենսորային նոր համակարգ, որը հետևում է արևի շարժմանը և յուրօրինակ յուր պահի արևի ճառագայթների հոսքը էլեմենտների վրա պահում է առավելագույն մակարդակի վրա [116,117]:

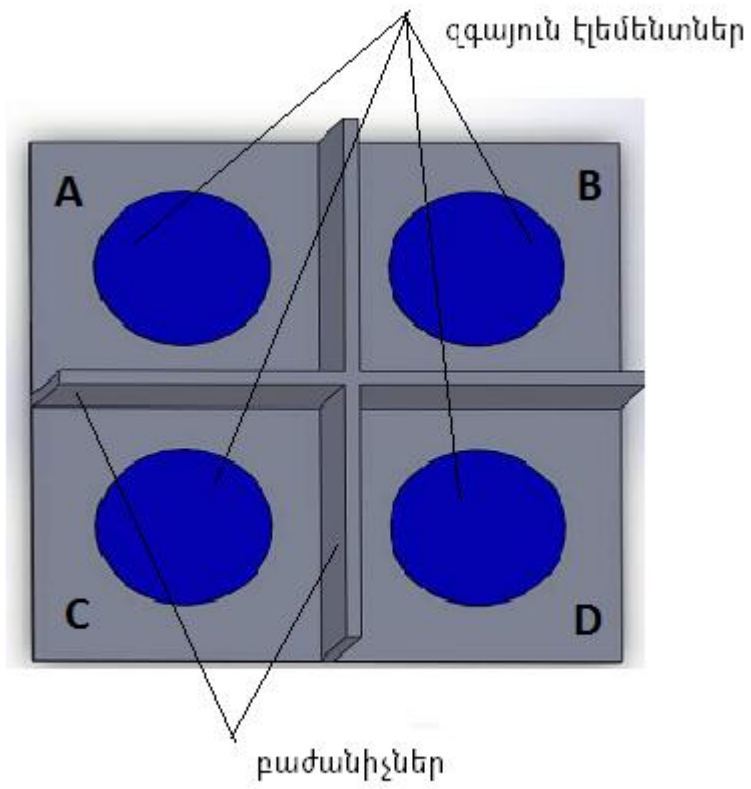
Այս օր կան արևին հետևող բազմազան սխեմաներով համակարգեր, որոնք ունեն աշխատանքային որոշակի սկզբունքներ: Արևին հետևող համակարգերը կազմված են երեք սկզբունքային բլոկներից՝ կողմնորոշող սենսորից, ազդանշանը մշակող վերահսկիչ կոնտրոլերից և սկզբնական դիրք վերադարձնող մոդուլից: Արևին հետևող սխեմայի տեսքը բերված է նկ. 2.8- ում:



Նկ. 2.8. Արևին հետևող սխեմայի սկզբունքային ալգորիթմը

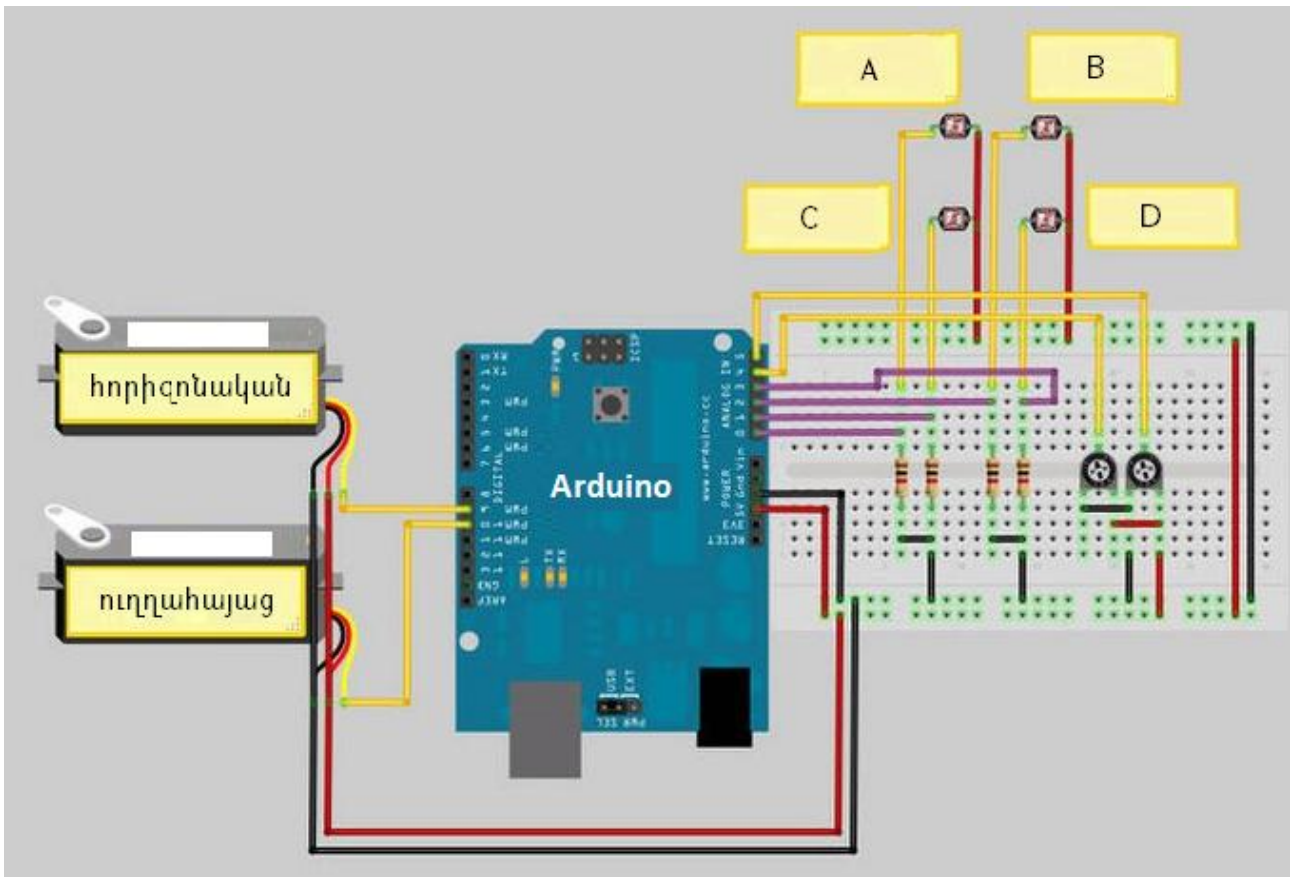
Առաջարկվում են արևին հետևելու բազմաթիվ մեթոդներ, որից մեկը հիմնված է զգայուն էլեմենտների՝ սենսորների վրա:

Սենսորը ներկայացնում է ոչ մեծ սխեմա՝ ամրացված զգայուն էլեմենտներով: Տեսքը ցուցադրված է նկ. 2.9- ում: A,B,C,D տարրերը զգայուն էլեմենտներն են՝ մեկ սխեմայի համար նախատեսված 4 ֆոտոռեզիստորները: Դրանք տարբերակում են հյուսիսն ու հարավը, արևելքն ու արևմուտքը:



Նկ. 2.9. Արևին հետևող սարքի սենսորների կառուցվածքը

Յետևելու մեխանիզմը կայանում է ֆոտոռեզիստորների առավելագույն լուսավորության հենքով: Երբ 4



ֆոտոռեզիստորները հավասարաչափ գրեթե նույն չափով լուսավորված են, համակարգը ստանում է տվյալ պահին արևի ճառագայթների առավելագույն հոսքը, հակառակ դեպքում արևին հետևող սարքը շարժվում է մինչև հավասարաչափ լուսավորման սահմանային արժեքը: Արևին հետևող ղեկավարող սարքն աշխատում է Arduino հարթակի հենքով [118]: Փորձնական մոդելի տեսքը ցուցադրված է նկ. 2.10-ում:

Նկ. 2.10. Փորձնական սարքի սխեման

Սարքի աշխատանքի սկզբունքը հետևյալն է. սենսորը հետևում է արևի շարժմանը և ֆոտոռեզիստորի միջոցով ազդանշան է ուղարկում կոնտրոլերին: A,B,C,D ֆոտոռեզիստորային տարրերը միանում են Arduino հարթակի համապատասխան արար 0,1,2,3 անալոգային մուտքերին:

Կանտորները ըստ տրված պլգորիթմի մշակում է ստացվող ազդանշանները և, անհարժեշտության դեպքում գործելու հրաման է տալ իս սկզբնական դիրք վերադարձնող մոդուլին: Այն կողմնորոշվում է սարքի առանցքի շուրջը կատարվող պտույտով: Յորիզոնական և ուղղահայաց պտույտների ազդանշանները ստացվում են թվային 9, 10 մուտքերից (աղ.1):

Աղյուսակ 1

Չգայուն էլեմենտներին տրվող ազդանշանների հնարավոր տարբերակները

ԷլեմենտA	1	0	1	0	0
ԷլեմենտB	0	1	1	0	0
ԷլեմենտC	0	0	0	1	0
ԷլեմենտD	0	0	0	0	1
Արտահայտիչ գունավորում	Առավելագույն արևմուտք	Առավելագույն արևելք	Առավելագույն	Նվազագույն արևմուտք	Նվազագույն արևելք
Յորիզոնական առանցքի շուրջը պտույտի ազդանշան	Վերև	Վերև	Վերև	Ներքև	Ներքև
Ուղղահայաց առանցքի շուրջը պտույտի ազդանշան	Դեպի արևմուտք	Դեպի արևելք	անշարժ	Դեպի արևելք	Դեպի արևմուտք

Յեկք ընդունելով աղյուսակը՝ ստորև ներկայացված է C-ի ծրագրավորման և եզրով IDE **Arduino հարթակի համար գրված** արևին հետևող սարքի ծրագիրը:

```
#include <Servo.h> //միացում
```

```
Servo horizontal; // հորիզոնական առանցքի շուրջը պտույտ  
intservoh = 90; //
```

```
Servo vertical; // ուղղահայաց առանցքի շուրջը պտույտ  
intservov = 90; //
```

```
// Ֆոտոռեզիստորների ազդանշանները
```

```
// անվանում = անալոգային ազդանշան;
```

```
intldr1 = 0; //վերին ձախֆոտոռեզիստոր
```

```
intldr2 = 1; //վերին աջֆոտոռեզիստոր
```

```
intldr3 = 2; //ստորին ձախֆոտոռեզիստոր
```

```
intldr4 = 3; // ստորին աջֆոտոռեզիստոր
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  horizontal.attach(9);
```

```
  vertical.attach(10);
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
  intl1 = analogRead(ldr1); // վերին ձախ
```

```
  intr1 = analogRead(ldr2); // վերին աջ
```

```
  intl2 = analogRead(ldr3); // ստորին ձախ
```

```
  intr2 = analogRead(ldr4); // ստորին աջ
```

```

intdtime = analogRead(4)/20; // ազդանշանի ընթերցում
inttol = analogRead(5)/4;

intavt = (lt + rt) / 2; // հոսանքի միջինացված արժեքը վերին
Ֆոտոռեզիստորում
intavd = (ld + rd) / 2; // հոսանքի միջինացված արժեքը ստորին
Ֆոտոռեզիստորում
intavl = (lt + ld) / 2; // հոսանքի միջինացված արժեքը աջ
Ֆոտոռեզիստորում
intavr = (rt + rd) / 2; // հոսանքի միջինացված արժեքը ձախ
Ֆոտոռեզիստորում

intdvert = avt - avd; // վերին և ստորին ֆոտոռեզիստորներում հոսանքի
արժեքի տարբերության ստուգում
intdhoriz = avl - avr; // աջ և ձախ ֆոտոռեզիստորներում հոսանքի արժեքի
տարբերության ստուգում

if (-1*tol>dvert || dvert>tol) // ստուգում է հոսանքը
{
if (avt>avd)
{
servov = ++servov;
if (servov> 180)
{
servov = 180;
}
}
else if (avt<avd)
{
servov= --servov;
if (servov< 0)
{
servov = 0;
}
}
}

```



```

}
}
vertical.write(servov);
}

if (-1*tol>dhoriz || dhoriz>tol) // ստորագրում է հոսանքը
{
if (avl>avr)
{
servoh = --servoh;
if (servoh< 0)
{
servoh = 0;
}
}
else if (avl<avr)
{
servoh = ++servoh;
if (servoh> 180)
{
servoh = 180;
}
}
else if (avl == avr)
{
// ոչ ինչ չի փոխում
}
horizontal.write(servoh);
}
delay(dtime);
}

```

Այս համակարգը հնարավորություն է տալիս առավել պարզեցված եղանակով հետևել ու արևին և մեծացնել ու արևային էներգիայի ստացման քանակը [116]:

**ԳԼՈՒԽ 3. ԻՆՔՆԱՎԱՐ ԵՎ ՑԱՆՑԻՆ ՄԻԱՑՎԱԾ ԱՐԵՎԱՅԻՆ
ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՅԱՆՆԵՐԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ ԵՎ ՍՊԱՍԱՐԿՈՒՄԸ**

**3.1. Ինքնավար Էլեկտրակայանների Էլեկտրաէներգիայի
պահուստավորման և օգտագործման համակարգի հետազոտումը և
մշակումը**

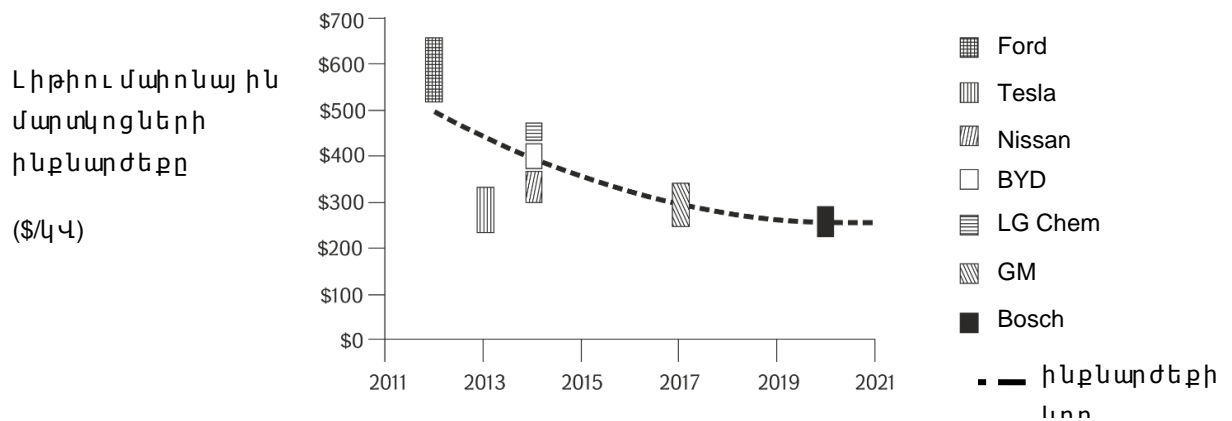
Վերջին շրջանում, այլընտրանքային էներգիայի ստացման աղբյուրների գնի նվազման հետևանքով լայն տարածում են գտել ինքնավար էլեկտրակայանները, որոնք արևային ժամերին ստացված էլեկտրաէներգիայի անհրաժեշտ ծախսերի հետ միասին պահուստավորում են նաև էլեկտրաէներգիա՝ ոչ արևային ժամերին օգտագործելու համար: Հետևաբար, անհրաժեշտ է նաև ինքնավար ֆոտոէլեկտրական կայանների կառուցվածքի մեջ օգտագործել էլեկտրաէներգիայի կուտակիչներ և մշակել էլեկտրաէներգիայի պահուստավորման և սպառման համակարգեր: 2015 թվականի սկզբին Tesla Motors ավտոմեքենաշինական ոլորտի ընկերությունը կոնցեպտի տեսքով ներկայացրեց լիթիումաիոնային մարտկոցների հիման վրա Powerwall կենցաղային սպասարկման էներգիայի կուտակման սեփական համակարգը [119]: Powerwall էներգիայի կուտակման համակարգն ունի երկու տարբերակ՝ 7կՎտ և 10կՎտ հզորությամբ: Տարբերակներից յուրաքանչյուրի վարձակալությունը ԱՄՆ-ի տարածքում կազմում է համապատասխանաբար՝ 3.000\$ և 3.500\$, իսկ ինքնարժեքը սկսում է նվազագույնը 13.000\$-ից [119]: Ընդ որում՝ համակարգը կուտակում է միայն այլընտրանքային էներգիա: Մասնավորապես, արևային ժամերին կուտակելով արևային էներգիան, այն օգտագործում է ոչ արևային ժամերին: Նկատենք, որ կենցաղում ոչ բոլորն ունեն այլընտրանքային էներգիա ստանալու աղբյուր, և աշխարհում շարունակում է էներգիայի ստացման մեծ մասը բաժին ընկնել ավանդական էներգիայի ստացման աղբյուրներին [120], որից հետևում է, որ խնդիր է նաև համակարգը նախագծել այնպես, որ հնարավոր լինի կուտակել նաև ցանցային հոսանք:

Powerwall համակարգի բնութագրերն են.

- տեղադրվում է սենյակում կամ բակում,

- ունի համատեղելի թյուն սպառիչների հետ,
- հզորությունը՝ 744մ10կՎտ,
- միջին հոսանքը՝ 5Ա, առավելագույնը՝ 8,5Ա,
- աշխատանքային ջերմաստիճանները՝ -20°C-ից մինչև 43°C,
- քաշը՝ 100կգ (առանց մարտկոցի),
- չափը՝ 1300*860*180մմ:

Tesla Powerwall համակարգն անցել է բազմաթիվ փորձարկումներ, և ըստ Frost & Sullivan փորձարարական-վերլուծական ընկերության եզրակացության [121]՝ համակարգի լիթիումափոսֆատային մարտկոցները արտադրության իմաստով էկոլոգիապես մաքուր չեն, և մետաղը ժամանակի ընթացքում քայքայվում է: Փորձարարական-վերլուծական ընկերությունն իր եզրակացությունում նշում է աշխարհում լիթիումի [122] սահմանափակ քանակի մասին (ընդամենը 130 միլիոն տոննա), ցույց տալով, որ լիթիումափոսֆատային մարտկոցների արտադրման գինը, 2021 թվականից սկսած, այլևս միտում չի ունենա նվազելու (նկ. 3.1), ուստի էներգիայի կուտակման համակարգի գինը նույնպես չի նվազի: Մինչդեռ կապարակալցիումայինի վրա հիմնված ավտոմոբիլային մարտկոցները ինքնարժեքով ցածր են, ունեն լայն տարածում և տեխնոլոգիայից կախված՝ նվազելու միտում ունեն, քանզի կապարի և կալցիումի պաշարները անհամեմատ շատ են լիթիումի պաշարներից: Կապարը (պաշարը՝ 897x1020 կգ) և կալցիումը (պաշարը՝ 239x1020 կգ) լիթիումի պաշարներին գերազանցում են մոտ տրիլիոն անգամ [123], ինչը, անկասկած, գնային առումով առավելություն է տալիս ավտոմոբիլային մարտկոցներին, մինչդեռ, լիթիումն օգտագործվում է միայն պահուստավորման



Նկ. 3.1. Լիթիումափոսֆատային մարտկոցների ինքնարժեքի կորը՝ կախված ժամանակաշրջանից և այն արտադրող ընկերությունների առաջարկվող ընկերություններից

արդյունաբերության մեջ և որպես հիբրիդային տեխնոլոգիա՝ փորձարկումների արդյունքում գիշում է կապարակալցիումային մարտկոցների ցուցանիշներին (աղ.2):

Tesla Motors ընկերությանը գուգահեռ՝ 2016 թվականի սկզբին Samsung SDI, Powervault, OXIS Energy, Bosch, Daimler, Nissan և BMW ընկերությունները ներկայացրին լիթիումափոսֆատային մարտկոցների վրահիմնված էներգիայի պահուստավորման սեփական համակարգերը: Վերջիններիս կառուցվածքը գրեթե ոչնչով չի տարբերվում Tesla-ի առաջարկից:

Մյուս կողմից՝ վերը նշված համակարգերը հեռակառավարվող են և կառավարվում են միայն ինտերնետային կապի միջոցով: Համակարգերի համար մշակված են ապարատաժառանգային միջոցներ, որոնք հնարավորություն են տալիս առցանց հրահանգներ ուղարկել և վերլուծություններ կատարել համակարգի կուտակած և բաշխած էներգիայի վերաբերյալ: Սակայն, հաշվի առնելով օգտագործված տեխնոլոգիաների ինքնարժեքով բարձր լինելու հանգամանքը, նշված համակարգերը կենցաղում օգտագործելու առումով բավականին թանկարժեք են:

Վերը շարադրվածից հանգում ենք հետևյալ եզրակացության, որ առաջարկվող էներգիայի պահուստավորման և սպառման համակարգերը.

- կուտակում են միայն այլ ընտրանքային էներգիայի աղբյուրից,
- չեն վերահսկում և կառավարում իրենց միացված սպառիչների աշխատանքը,
- նախատեսված չեն նաև հոսանքազրկումների համար,
- աշխատում են լիթիումափոսֆատային մարտկոցների հիման վրա, վերջինիս ինքնարժեքը (1/4 միջին արժեքը 500\$) բարձր է, ինչն էլ իր հերթին մեծացնում է համակարգի ինքնարժեքը,
- չեն աշխատում էներգիայի օրական ծախսը կրճատելու ուղղությամբ և չունեն աշխատանքային տարբեր ուղիներ,
- չունեն այլ ընտրանքային, ինքնարժեքով ցածր հեռակառավարող համակարգ:

Վերը նշված խնդիրներից ելնելով՝ Հայաստանի ազգային պրլիտեխնիկական համալսարանում (ՀԱՊՀ) ստեղծվել է էներգիայի պահուստավորման և սպառման հեռակառավարվող ինքնարժեքով ցածր, համապիտանի PowerS համակարգ [124]:

Ընկերությունների առաջարկած սխեմաները միտում ունեն ելեկտրաէներգիայի արտադրողներին հնարավորություն տալ՝ իրենց արտադրանքը պահելու խոշոր մարտկոցներում և առաքել ըստ անհրաժեշտության [119]:

Հետազոտվող աշխատանքների հիմնական նպատակը ավելի մատչելի և պարզ մշակված սխեմայի ստեղծումն է սպառողի համար, որը նրան թույլ կտա կենցաղում առաջին անհրաժեշտության էներգիա սպառող համակարգերն օգտագործել նաև հոսանք չլինելու պարագայում և նվազեցնել էլեկտրաէներգիայի օրական ծախսը՝ սպառիչների աշխատանքի կառավարման, այլ ընտրանքային էներգիայի ու գիշերային «ցածր» տարիֆով էլեկտրաէներգիայի կուտակման միջոցով:

Հայաստանի ազգային պրլիտեխնիկական համալսարանում նախագծված էներգիայի պահուստավորման և սպառման համակարգը PowerS-ը GSM կապով հեռավար կառավարման համակարգ է՝ մշակված հիբրիդային ինվերտորի, բարձր տեխնոլոգիական կոնվերտորների, տարբեր աշխատանքային ռեժիմներով ծրագրավորվող սարքի և կիրառական մարտկոցների հիման վրա:

Էներգիայի պահուստավորման և սպառման GSM կապով հեռավար կառավարման համակարգը կենցաղում, բանկային և առևտրի սպասարկման համակարգերում, ներքին գործերի դիտակետային վահանակների, քաղաքային ծանրաբեռնված փողոցների լուսացույցների, տեսանկարահանող սարքավորումների, հակակարկտային կայանների և միջարքայլ բնագավառներում

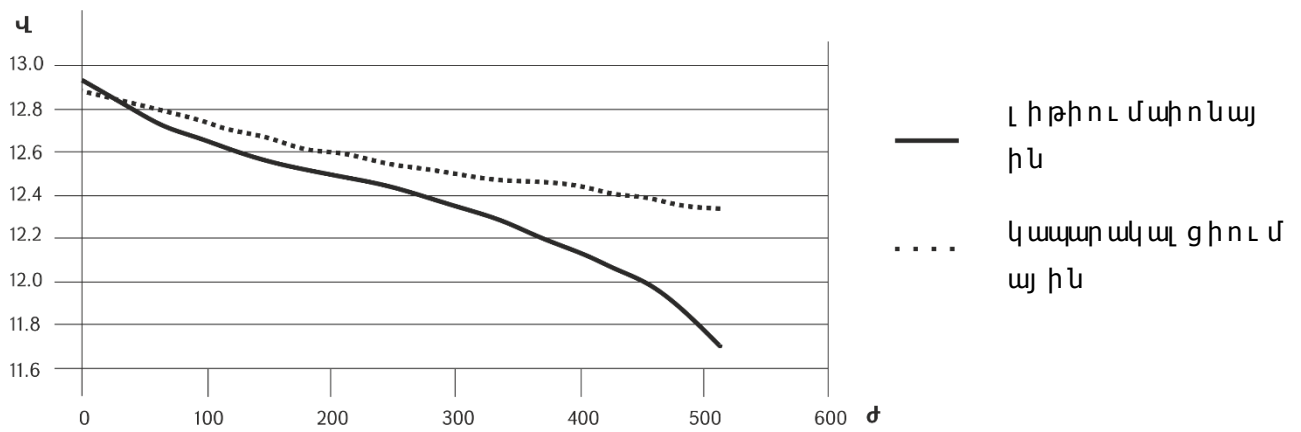
հանդես է բերում էներգաարդյունավետ տեխնոլոգիաների օգտագործման գերակայությունը և հնարավորությունը:

ՀԱՊՀ-ում մշակված PowerS համակարգում օգտագործվում են կալցիումային մարտկոցներ, որոնց առավելությունները լրիվ համապատասխանում են էներգիայի պահուստավորման և սպառման համակարգերում օգտագործման պահանջներին, լիթիումափոսֆատային մարտկոցների համեմատում են էական առավելություններ (աղ.1, նկ. 3.2 և 3.3) [124]. վերջինիս օգտագործմամբ ստացվել է համակարգի ցածր ինքնարժեք:

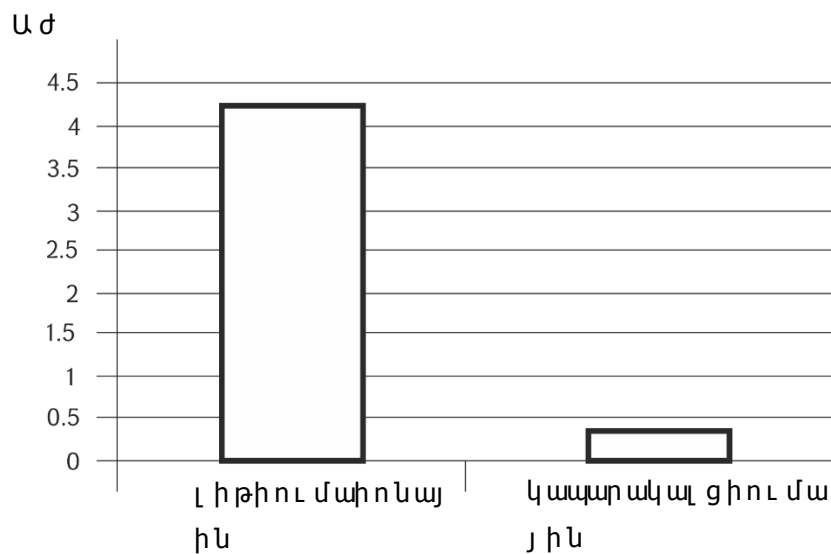
Աղյուսակ 2

Սովորական, լիթիումափոսֆատային և կալցիումապարային մարտկոցների ցուցանիշների համեմատությունը

Ցուցանիշներ	Սովորական մարտկոց	Լիթիումափոսֆատային մարտկոց	Կալցիումապարային մարտկոց
ջրի կորուստը	չ ափավոր	ցածր	շատ ցածր
ցիկլային կոռոզիա	լավ	լավ	չ ափավոր/լավ
ցիկլի տևողություն	շատ լավ	լավ	չ ափավոր/լավ
լիցքավորվածության ընդունում (14.40V)	լավ	լավ	չ ափավոր
ծանրաբեռնվածության ինքնապաշտպանությունը (14.40V)	լավ	շատ լավ	գերազանց



Նկ. 3.2. Լիթիում մափոնային և կապարակալ ցիոլմային մարտկոցների՝ ժամանակից կախված լարման կորերը



Նկ. 3.3. Լիթիում մափոնային և կապարակալ ցիոլմային մարտկոցների ջրի կորուստների գրաֆիկը

Լիթիում մափոնային մարտկոցներ օգտագործող էներգիայի պահուստավորման և սպառման համակարգերում ջրի կորուստը կազմում է $4,22q/U\sigma$ -ում, իսկ կապարակալ ցիոլմայինում՝ $0,48q/U\sigma$: Նշենք նաև, որ կապարակալ ցիոլմային մարտկոցները 12.4 Վ լարման հասնում են 440 օրում, իսկ Լիթիում մափոնային մարտկոցները՝ 220 օրում, ինչը վկայում է նրանց վերալիցքավորման մեծ պարբերության մասին [124]:

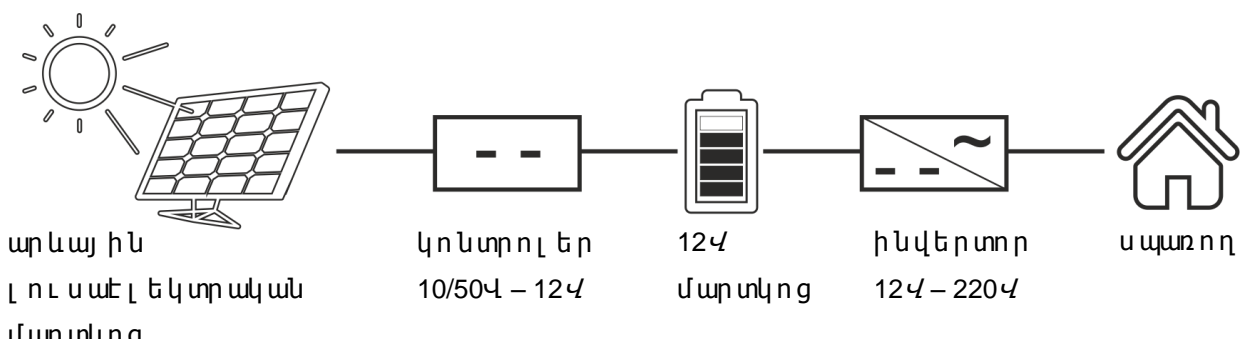
Վերջին ժամանակներում էներգիայի խնայողություները ձեռք է բերել մեծ կարևորություն, հատկապես էներգակիրներ ներկրող երկրների համար: Ավանդական վառելիքի գնային աճը և արևային էներգիայի տրվող առավելությունները նպաստավոր պայամաններ

Են ստեղծել Էներգայի կուտակման և սպառման, կառավարող համակարգերի նախագծման համար:

Վերջիններս աշխատում են արևային Էներգիան կուտակել ու ուղղությամբ և հանդիսանում են հուսալի համակարգեր: Արտադրվող այս համակարգերում կարևոր դեր են հատկացնում Էներգախայողությունը և անխափան աշխատանքին:

Սպասարկման ոլորտների անխափան Էլեկտրաէներգիայի սնուցման առաջնային խնդիրներից մեկն էլ Էլեկտրաէներգիա մատակարարող ընկերությունների կողմից բնական և արհեստական հոսանքազրկումների հաղթահարումն է [125]: Սպասարկման ոլորտների համար խիստ արդիական խնդիր է Էլեկտրաէներգիայի պահուստավորման և սպառման համակարգի մշակումը, որը կարող է հոսանքազրկումների ժամերին օգտագործվել սպառիչների Էլեկտրամատակարարման համար [126]: Համակարգը կարելի է օգտագործել բանկային և առևտրի վճարային սպասարկման համակարգերում, ներքին գործերի դիտակետային վահանակների, ծանրաբեռնված փողոցների լուսացույցների, տեսանկարահանող սարքավորումների, հրդեհից պաշտպանման կապի համակարգերում և այլ բնագավառներում, երբ պահանջվում է անխափան Էլեկտրաէներգիա:

Հիմք ընդունելով Հայաստանի ազգային պլիտեխնիկական համալսարանում պաշտպանված «Էներգիայի պահուստավորման և սպառման հեռակառավարվող համակարգի» դիպլոմային աշխատանքի սկզբունքային սխեմաները՝ ընտրվել և կատարելագործվել է արևային Էլեմենտից Էներգիա ձևափոխող և մարտկոցում կուտակող Նոր սխեման՝ տան պայմանների համար կատարելագործելով եղածը կենցաղում օգտագործման համակարգը հասցնելով մինչև 5-7 կՎտի: Սկզբունքային սխեմայի տեսքը հետևյալն է (նկ. 3. 4):



Նկ.3.4. Այլ ընտրանքային էներգիայի կուտակման համակարգ

Էլեկտրական ցանցից մարտկոց, մարտկոցից սպառիչ հոսանքի լարման փոփոխությունը կատարվում է շուկայում առաջարկվող ինվերտորի, իսկ այլ ընտրանքային էներգիայի աղբյուրից մարտկոց՝ կոնտրոլերի միջոցով [127-129]:

Այստեղից հետևում է, որ էներգիայի պահուստավորման և սպառման պարզագույն համակարգերը պետք է բաղկացած լինեն ինվերտորներից, կոնտրոլերներից և մարտկոցներից:

Ինվերտորը էլեկտրատեխնիկական սարք է (պայմանական նշանակումը՝ նկ.3.5), որը փոխելով հոսանքի լարման և հաճախության արժեքները՝ հաստատուն հոսանքը փոխում է փոփոխականի և հակառակը: Տարբերվում են սինուսոիդական և հապաղող ազդանշանով ինվերտորները:



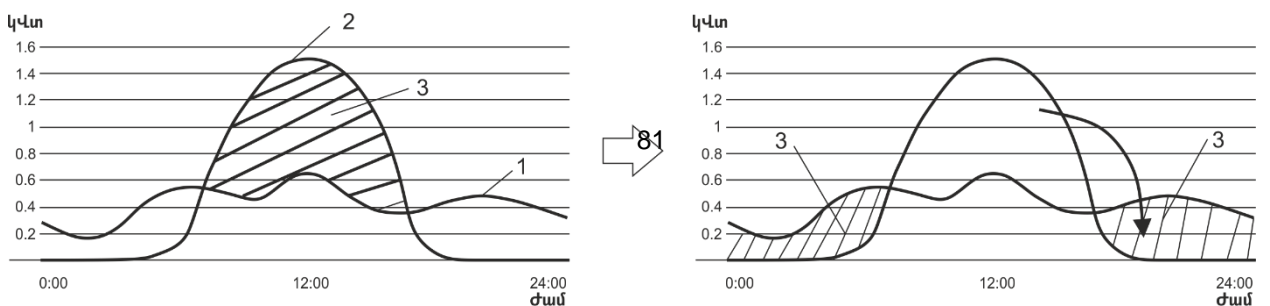
Նկ. 3.5. 1. փոփոխական հոսանքը հաստատուն և փոխող, 2. հաստատուն և հոսանքը փոփոխականի փոխող ինվերտորների պայմանական նշանակումները

Կոնտրոլերը նույնպես էլեկտրատեխնիկական սարք է (պայմանական նշանակումը՝ նկ.3.6), որը արևային, հողմային էներգիան կուտակում է մարտկոցում:



Նկ. 3.6. Կոնտրոլերի պայմանական նշանակումը

Համակարգի աշխատանքի էությունը արևային էներգիան համակարգում կուտակելն է, իսկ հոսանքի բացակայության ժամերին՝ սպառիչների անխափան էլեկտրասնուցումը կուտակված էներգիայի հաշվին իրականացնելը: Մշակվել է 10 կՎտ հզորություններ սպասարկող համակարգ: TCM 212 կոնտրոլերի հենքի վրա աշխատող համակարգը ծրագրավորվում է C ծրագրավորման լեզվով և կոմպիլացվում Mikroelektronika ընկերության MikroC կոմպիլյատորի միջոցով: Ծրագրավորվող սարքին միացված է նաև խելացի Ego կցորդիչը [130], որի միջոցով ծրագիրը տվյալներ է ստանում սպառիչների միացված/անջատված լինելու մասին և տվյալներն օգտագործում է էներգաարդյունավետ



ռեժիմում առավելագույն արդյունքի հասնելու համար: 5 կՎտ էլեկտրաէներգիայի բեռի հզորության օրական միջին սպառման գրաֆիկը կառուցվել է բազմամյա չափումների արդյունքների հիման վրա և համապատասխանում է ՀՀ էլեկտրական ցանցերի պաշտոնական կայքում հրապարակված արդյունքներին, ըստ որի՝ Հայաստանում մեկ տուներ օրական, կախված եղանակից, սպառում է 3...5 կՎտ

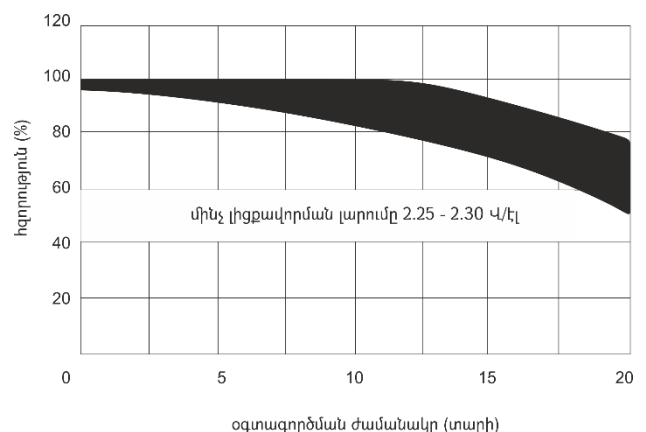
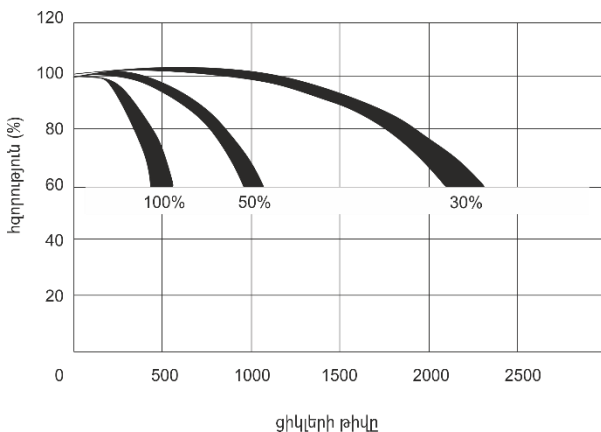
Նկ.3.7. Էլեկտրաէներգիայի 5 կՎտ հզորությամբ օրական սպառման բեռի՝ ա) արևային էներգիայի օգտագործմամբ պահուստավորման գրաֆիկները, բ) 1 - ՀՀ-ում ձմռանը Էլեկտրաէներգիայի օրական միջին սպառման գրաֆիկը, 2 - արևային էներգիայի ժամերին լուսաէլեկտրական սարքերի արտադրման գրաֆիկը, 3 - ԷՊՍ ՀՀ-ում պահուստավորվող էլեկտրաէներգիայի քանակը

Էլեկտրաէներգիա^{ա)} [124, 131]:

բ)

Նկ.3.7-ում բերված է ՀՀ-ում մեկ տան էլեկտրաէներգիայի օրական սպառման գրաֆիկը՝ 5 բնակչի դեպքում:

Էներգիայի կատարելագործված կուտակման և պահուստավորման համակարգում առաջարկվում է օգտագործել Delta GSC սերիայի երկվոլտկապարաթթվային չսպասարկվող մեկանգամյա օգտագործման բալոններ, որոնք պատրաստված են GEL տեխնոլոգիայով: Իբրև էլեկտրոլիտ օգտագործվում է համակցված գելը, որն ապահովում է ակումուլյատորների բարձր կայունությունը: Թիթեղի հաստատուն և ակտիվ զանգվածի ծավալի, ինչպես նաև տեխնիկական բաղադրիչների օգտագործումը կուտակիչ մարտկոցների կազմում դրանց օգտագործման ժամկետն ավելացնում է մինչև 20 տարի [132]: Վերջիններս նախատեսված են կիրառելու համար ինչպես

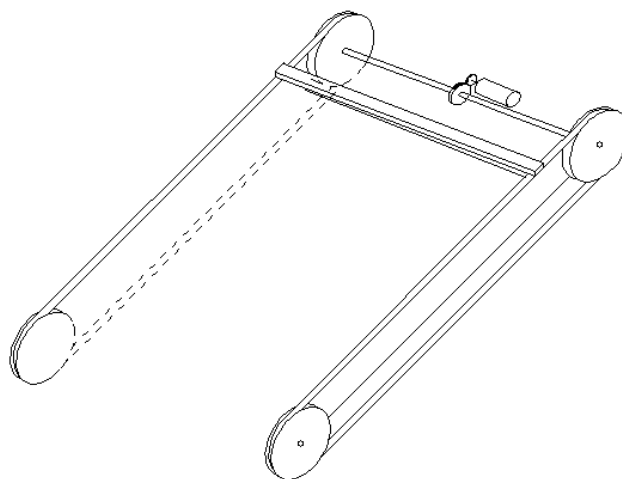


բուժերային աշխատանքի, այնպես էլ ցիկլային ռեժիմների դեպքում [124] (նկ.3.8):

Նկ. 3.8. Delta GSC մարտկոցների ցիկլերի՝ ա) և բուժերային ժամանակների, բ) տևողությունը

3.2. Արևային ֆոտոէլեկտրական մոդուլների մակերեսների մաքրումը

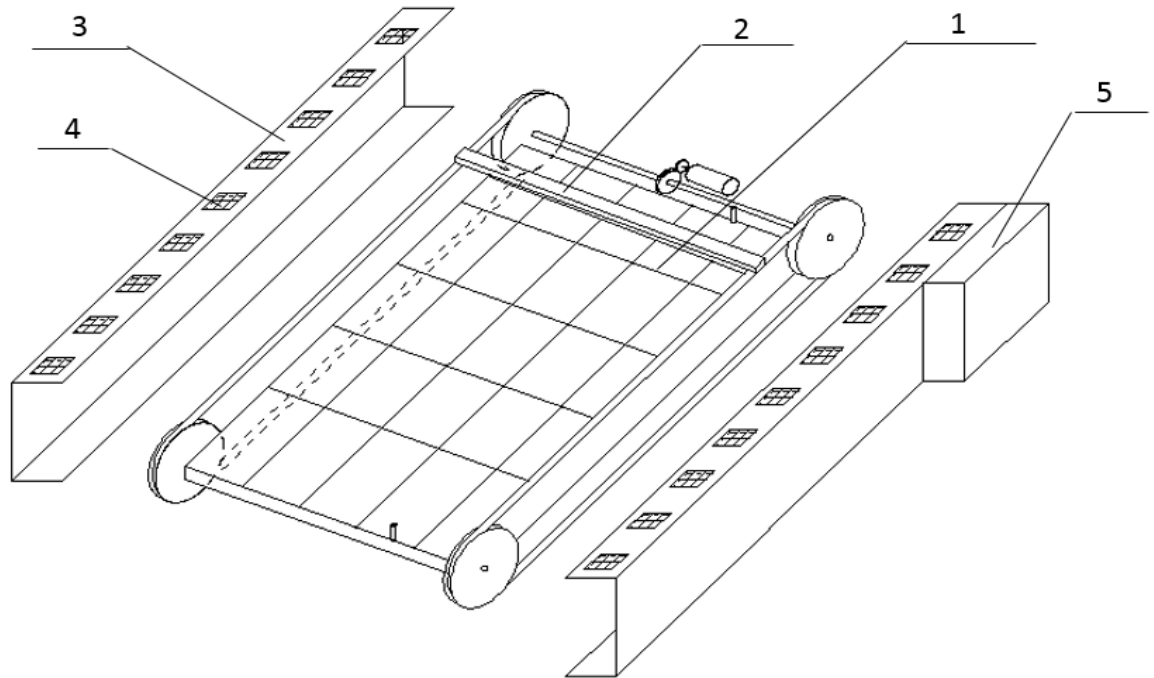
Մաքրող սարքը տեղադրվում է արևային ֆոտոէլեկտրական մոդուլի հարթ մակերևույթին: Ֆոտոէլեկտրական մոդուլի մակերեսը մաքրող սարքը բաղկացած է չորս պտուտակներից, որոնք ամրացված են պանելի բարձրության երկու գուգահեռ կողմերի համապատասխան եզրերին [133]: Երկու կողմերի զույգ պտուտակները միանում են ռետինե օղակով: Օղակի վրա ամրացված է ռետինե մաքրող խոզանակը, որը շարժվելով օղակի հետմիասին՝ ապահովում է ֆոտոէլեկտրական մոդուլի մաքրումը (նկ. 3.9): Պանելի սկզբանական հատվածում տեղադրված իրար գուգահեռ պտուտակները ամրացված են մեկ առանցքով: Առանցքին ամրացված առամնանվով միանում է պտուտակախանցիչ առամնանվով շարժիչը (նկ. 3.10):



Նկ. 3.9. Մաքրող սարքի գծապատկերը



Նկ.3.11-ում պատկերված է ֆոտոէլեկտրական մոդուլի (1) վրա տեղադրված մաքրող սարքի ընդհանուր տեսքը, որի մաքրող հարմարանքը ներկայացնում է ռետինե խոզանակ (2):



Նկ. 3.11. Ֆոտոէլեկտրական մոդուլի մակերեսը մաքրող սարքի գծապատկերը

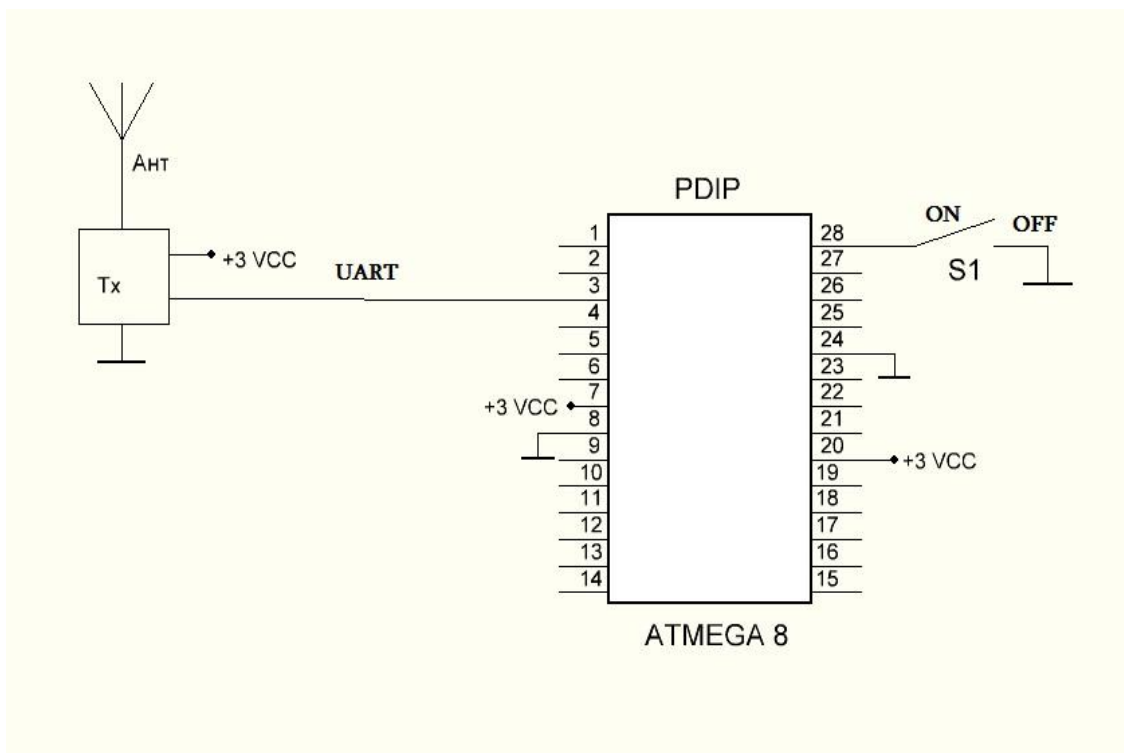
Պտուտակների և ռետինե օղակի հատվածի համար նախագծված է պաշտպանիչ հարմարանք (3), որն ունի ուղղանկյունաձև տեսք և մոդուլի վերոնշյալ հատվածին ամրացվում է երկու կողմից: Պտուտակների պաշտպանիչ հարմարանքը պատրաստված է ամուր դյուրալե մետաղից, որի վրա ամրացված են ֆոտոէլեկտրական բազմաթիվ պանելներ (4): Այդ պանելներից ստացված էլեկտրաէներգիան սնուցվում է շարժիչը: Ֆոտոէլեկտրական մոդուլի հարթության սկզբի և վերջին մասերում ամրացված են հետադարձ ընթացք տվող պտույտի կոճակները, որոնց դիպելով՝ ռետինե մաքրող սարքը համապատասխան հրամանով փոխում է շարժիչի ատամնանվի պտտման ուղղությունը: Պաշտպանիչ մասին ամրանում է նաև (5) հեռակառավարման վահանակի ընդունիչը, որի միջոցով կառավարվում է շարժիչի աշխատանքը:

Մոդուլի մակերեսին կարելի է մղել նաև ջրի շիթ, որպեսզի անհրաժեշտության դեպքում մաքրման պրոցեսը լինի ավելի կատարյալ: Իսկ ջրահեռացման խնդիրը շենքերի տանիքների վրա ի սկզբանե լուծված է:

Այն դեպքում, երբ արևային մոդուլի մակերեսին դրված են ֆրենելային խտարարներ, նրանց մակերեսների մաքրումը նույնպես կատարվում է վերը նկարագրված սարքի միջոցով:

Շենքերի տանիքների դժվարամատչելի մասերում տեղադրված մոդուլների մակերեսի մաքրման համար ստեղծվել է հեռակառավարման վահանակը, որի միջոցով էլ կառավարվում է սարքի աշխատանքը:

Հեռակառավարման վահանակը (նկ.3.12) բաղկացած է MAX1472 հեռարձակիչից, որը UART ինտերֆեյսով միացված է միկրոկոնտրոլերի ելքին: Հեռակառավարման վահանակի սեղմակը սեղմելուց հետո միկրոկոնտրոլերը ձևավորում է ութ բիթանոց հաջորդական կոդ, որն ուղարկում է հեռարձակիչին, և որն էլ աշխատում է 433,92 ՄՀց հաճախականության տիրույթում:



Նկ. 3.12. Հեռակառավարման վահանակի էլեկտրական սխեման

MAX1472 հաղորդիչը նախատեսված է 300Մհց –ից 450Մհց հաճախականությամբ OOK կամ ASK տվյալ փոխանցելու համար: MAX1472 –ը ունակ է մինչև 100kb/s տվյալ ուղարկելու, ունի նաև ավելի բարձր ելքային հզորություն՝ ավելի քան +10db 50 ՕՄ բեռնվածությամբ: MAX1472 հեռարձակիչի բյուրեղային հիմքը վերացնում է շատ տարածված պրոբլեմներ, որոնք ունեն SAW տիպի հաղորդիչները: MAX1472–ն ունի ավելի մեծ մոդուլացման խողովակ, մեծ հաճախականություն, փոխանցվող հաճախականության բարձր դիմադրողականություն և նվազեցված ջերմաստիճանային կախվածություն: Այս հնարավորություններից կարող ենք օգտվել՝ օգտագործելով սուպեր-հետերոդինային ընդունիչ (օր՝ MAX1470 կամ MAX1473): MAX1472-ը կարելի է ստանալ 3մմ x 3մմ SOT23 փաթեթով և հատուկ նախատեսված (-40 °C –ից +125 °C) ջերմաստիճանների համար ջերմակայուն կադավարով:

MAX1472 –ը շատ բարձր ինտեգրված OOK/ASK ռադիոհաղորդիչ է, որն աշխատում է 300Մհց-ից 450Մհց հաճախականության տիրույթներում:

Ռադիոհաղորդիչը կարող է կիրառվել հետևյալ նպատակներով՝

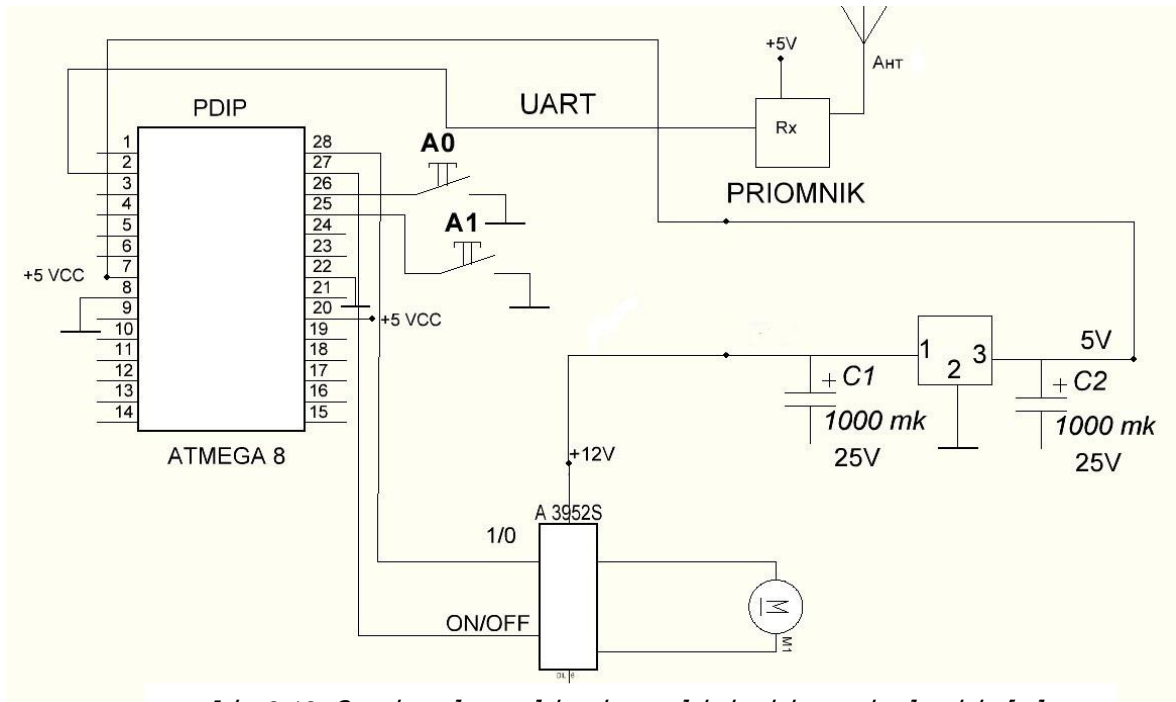
1. առանց կոճակների հեռակառավարման սարքերում,
2. RF հեռակառավարման վահանակում,
3. որպես անիվների ճնշման մոնիտորինգ (վերահսկում),
4. ռադիոկառավարվող խաղալիքներում,
5. որպես առանց լարի սենսորներ:

Ռադիոընդունիչ կայանը (նկ.3.13) բաղկացած է հեռարձակիչի 433,92 ՄՅց հաճախական տիրույթում աշխատող MAX1473 ընդունիչից: Ընդունիչը UART ինտերֆեյսով միացված է կայանի միկրոկոնտրոլերի մուտքին: Միկրոկոնտրոլերին միացված են երկու անջատիչներ, որոնք ապահովում են մաքրիչի սկզբնական և վերջնական դիրքերը: Անջատիչների շնորհիվ կոնտրոլերը որոշում է մաքրող սարքի գտնվելու վայրը:

Շարժական հանգույցի շարժումն ապահովում է էլեկտրական հաստատուն և արումով աշխատող շարժիչը, որի աշխատանքը

պայմանավորված է երկու փուլով՝ ժամսլաքի կամ հակառակ ուղղությամբ: Ճարժիչը միացված է ցածրավոլտ երկբևեռ էլեկտրական շարժիչի կամուսացիոն ուժեղարարին՝ A3952S: Բևեռային կոմուսացիան իր հերթին ղեկավարվում է միկրոկոնտրոլերով՝ ATMEGA8:

MAX1473-ը լրիվ ինտեգրված ցածր հզորությամբ CMOS սուպեր-հետերոդինային



Նկ. 3.13. Ռադիոընդունիչ կայանի էլեկտրական սխեման

ընդունիչով հարմար, 300Մհց-ից մինչև 450Մհց հաճախականությամբ ամպլիտուդային փոփոխվող ASK տվյալներ ընդունող միկրոկոնտրոլեր է: Նրա ազդանշանը տատանվում է 114db-ից 0db-ի տիրույթում: Ունի շատ քիչ արտաքին մասեր և ավելի քիչ հոսանքատար է: MAX1473-ը բաղկացած է անաղմուկ ուժեղացուցիչ՝ LNA, ամբողջովին դիֆերենցիալ պատկերն ուժեղացնող միքսերից, MAX1473-ի վրա տեղադրված լարման ֆազային փականի ղեկավարիչից՝ PLL, ինտեգրված հոսանքը վերահսկող օսցիլատորից (VCO), 10,7 Մհց IF սահմանափակող փուլից, որը ցույց է տալիս ընդունված ազդանշանի ուժը՝ RSSI, և օժտված է տվյալը վերականգնող հետադարձ կապով: MAX1473-ը նաև ունի ավտոմատ ընդունման վերահսկիչ, որը նվազեցնում է LNA-ի ազդանշանը 35db-ով, երբ RF-ի ելքային ազդանշանն ավելի մեծ է 57db-ից: MAX1473-ը կարելի է ստանալ

TSSOP28 և 32QFN հաստությունները կադաստրով հաստությունները նախատեսված (-400C –ից +850C) ջերմաստիճանների համար :

Ընդունելի չը կարող է կիրառվել հետևյալ ոլորտներում՝

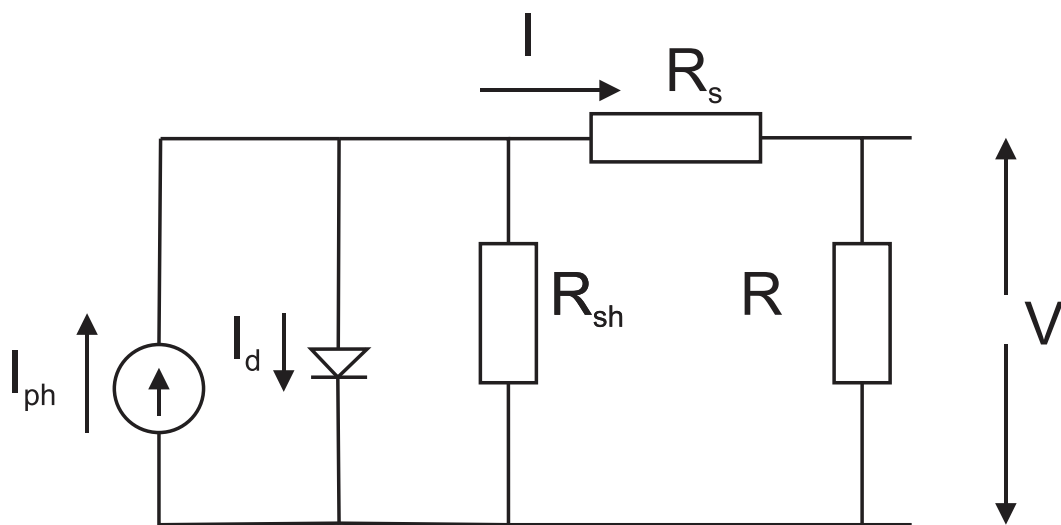
1. առանց կոճակի ավտոմատ հեռակառավարվող սարքերում ,
2. ավտոտնակների , խանութների դռները բացելու համար ,
3. անվտանգության համակարգների համար ,
4. տան ավտոմատացման համար :

3.3. Մինչև 150 կՎտ հզորությունամբ տանիքին դրվող կայանի էլեկտրացանցին միացման տեսական և առավելագույն հզորության կետի որոշումը

Էներգետիկայի դեմոկրատացումը և հունմանիզացումը քաղաքացիական հասարակության կարևորագույն պահանջն է քաղաքակիրթ և իրավական պետության ստեղծման ճանապարհին [134]: Մոլորակի առջև կանգնած համընդանուր մարտահրավերների հաղթահարումը հնարավոր կդառնա միայն մարդկանց մեջ բնության նկատմամբ խնայողական մոտեցումների սերմանման և Էներգետիկայի զարգացման պլանավորման ժողովրդավարացման պայմաններում: Ինչպես նշվեց գրականության ակնարկում (1.1), ՀՀ-ն ընդունել է օրենք, որը թույլ է տալիս բնակչությանը իր սեփական կարիքների համար տեղակայել մինչև 150 կՎտ հզորությամբ արևային ֆոտոէլեկտրակայան և միացնել էլեկտրացանցին՝ առանց հատուկ լիցենզիաների: Սամիտված է Էներգախնայողության դերը՝ որպես շրջակա միջավայրի վրա ոլորտի բացասական ազդեցության մեղմացման արդյունավետ միջոց ճանաչելուն և պետականորեն ընդունելու Էներգաբնապահպանական արդյունավետությանը՝ որպես Հայաստանի Հանրապետության Էներգետիկական քաղաքականության անխուսափելի գաղափարախոսություն [135]: Արևային էլեկտրաէներգիայի օգտագործման համար ակումբում լյացիան այնքան էլ շահավետ չէ, քանի որ ակումբում լյատորային մարտկոցները անընդհատ զարգացող և էժանացող արևային կայանների գնի բավական զգալի մասն են դառնում: Սակայն հարմար չէ սեփական կարիքների համար տեղադրված արևային կայանի արտադրած էլեկտրաէներգիան

ամբողջովին սպառել ցերեկային ժամերին, իսկ գիշերային ժամերին գնել էլեկտրաէներգիան ցանցից: Բնակարանների, ինչպես նաև բազմաբնակարան շենքերի, որոնք կապված են էլեկտրական ցանցին, էլեկտրամատակարարման համար նախատեսված արևային էլեկտրակայանների ստեղծման ժամանակ ակումուլյացիայի հարցը արդեն դուրս է գալիս քննարկման շրջանակներից: Այս դեպքում արևային ֆոտոէլեկտրական կայանի հաշվարկը կատարվում է այնպես, որ էլեկտրաէներգիայի մի մասը, որը չի օգտագործվում ցերեկային ժամերին, փոխանցվում է էլեկտրական ցանցին, իսկ գիշերային ժամերին էլեկտրական ցանցից հետ է ստացվում նույն քանակությամբ էլեկտրաէներգիա:

Այսպիսով, ի տարբերություն ակումուլյատորային մարտկոցներով կայանների, ակումուլյացիոն համակարգի դեր է կատարում էլեկտրական ցանցը: Տանիքին տեղադրվող կայանների առավելություններից է նաև, որ դրանք օգտագործողներին մոտիկ տեղադրելով՝ հնարավոր է խուսափել էլեկտրաէներգիայի տեղափոխման կորուստներից: Տանիքին տեղադրվող այս կայանները, ունենալով ֆրենելային խտարարներ, արդյունավետությամբ ունենալով համար անհրաժեշտությամբ են առաջացնում ունենալու նաև արևին հետևող համակարգ: Նախ՝ ներկայացնենք



արևային էլեմենտի սկզբունքային պարզագույն սխեման (նկ. 3.14):

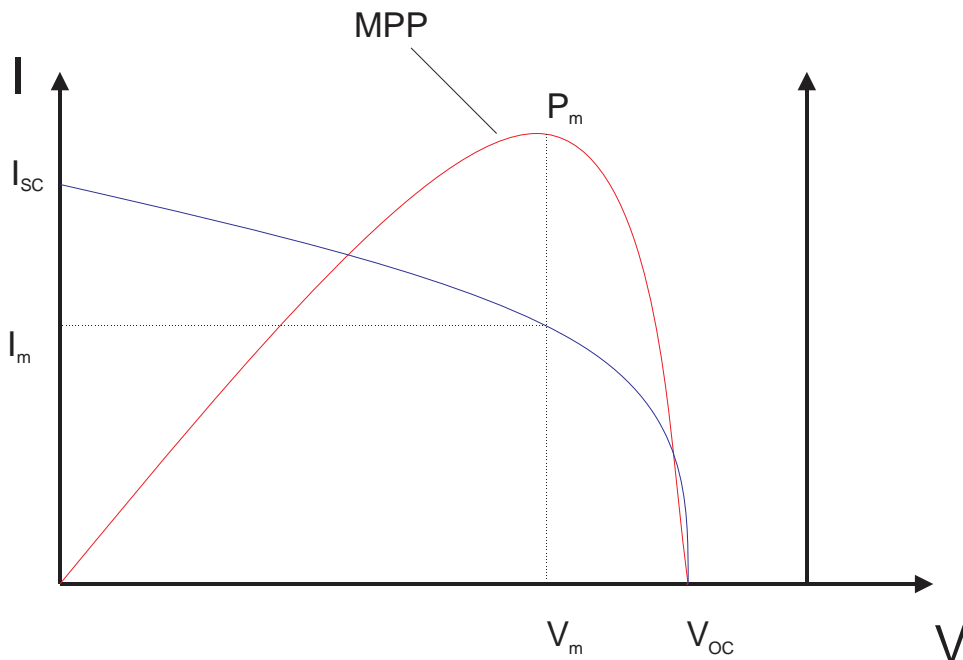
R_s հաջորդական դիմադրությունը ներառում է հպակների դիմադրությունը, մետաղ-կիսահաղորդիչ անցման դիմադրությունները: R_{sh} զուգահեռ դիմադրությունը բնութագրում է հոսանքի հնարավոր կորուստները՝ p -ն անցմանը զուգահեռ ուղղությամբ: Արևային էլեմենտի ՎԱԲ-ը համանմանորեն կլինի՝

$$I = I_{ph} - I_0 \left(e^{\frac{q(V+R_s I)}{dKT}} - 1 \right) - \frac{V+R_s I}{R_{sh}}, \quad (25)$$

Նկ. 3.14 Արևային էլեմենտի սկզբունքային սխեման

որտեղ d -ն իդեալականացնող՝ դիոդային գործակիցն է:

Արևային էլեմենտի ՎԱԲ-ը և հզորության բնութագիրը բերված են նկ. 3.15-ում:



Նկ. 3.15. Արևային էլեմենտի լուսային ՎԱԲ-ը և հզորության բնութագիրը

ՎԱԲ-ի բնութագրող հիմնական պարամետրերն են՝

- պարապընթացքի լարումը՝ V_{oc} ,
- կարճ միացման հոսանքը՝ I_{sc} ,

- լարումը առավելագույն հզորության կետում՝ V_m ,
- հոսանքը առավելագույն հզորության կետում՝ I_m :

Կոմերցիոն էլեմենտների համար այս չորս պարամետրերի և α -հոսանքի ջերմաստիճանային գործակցի թվային արժեքները տրված են լինում արտադրողի կողմից (անձնագրային տվյալներ) կամ որոշվում են փորձնական ճանապարհով: Ելնելով այդ արժեքներից՝ հաշվարկվում են անհայտ պարամետրերը, և որոշվում այնպիսի կարևորագույն պարամետրեր, ինչպիսիք են.

- Արևային էլեմենտի կամ մոդուլի առավելագույն հզորությունը՝

$$P_m = I_m V_m : \quad (26)$$

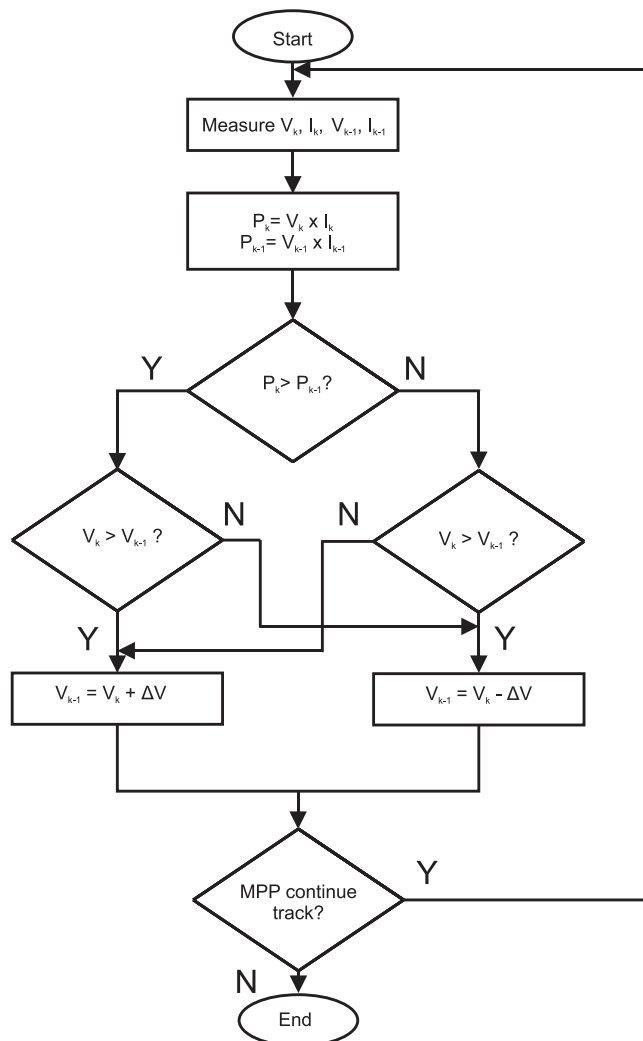
- Լցման գործակիցը՝

$$FF = \frac{P_m}{I_{sc} V_{sc}} : \quad (27)$$

- Օգտակար գործողության գործակիցը՝

$$\eta = \frac{P_m}{P_g S} , \quad (28)$$

որտեղ P_s - ն լուսային հոսքի ինտեգրալ հզորությունն է, S -ը՝
 էլեմենտի լուսավորվող մակերևույթի մակերեսը: Էլեմենտի
 աշխատանքային հզորությունը նրա էլքային հզորությունն է
 էլեմենտի շահագործման տվյալ պայմաններում: Պետք է նշել, որ
 արևային եներգիայի ֆոտոէլեկտրական փոխակերպման ժամանակ
 անհրաժեշտ է ապահովել այնպիսի օպտիմալ պայմաններ, որոնց
 դեպքում էլեմենտից ստացվող հզորությունը լինի
 առավելագույնը: Այլ խոսքով, ցանկալի է, որ էլեմենտն աշխատի
 հզորության առավելագույն կետում՝ MPP (Maximum Power Point), որին
 համապատասխանում են լարման V_m , հոսանքի I_m և հզորության P_m



արժեքները: Նկ. 3.16. Խոտորման և դիտարկման մեթոդի

Առավելագույն հզորության կետը (ԱՅԿ) ընտրելու համար
 օգտագործվում են բազմաթիվ ալգորիթմներ: Հայտնի մեթոդներից և

ալ գործիքներին ց շատերը գործնականորեն չեն կիրառվում, քանի որ վերջնական ցանկալի արդյունքին կարելի է հասնել ավելի պարզ, ոչ թանկ այլ մեթոդներով: Այդ առումով ամենահայտնին և տարածվածը խոտորման և դիտարկման (perturb and observe) պարզագույն մեթոդն է, որը որոնում է օպտիմալ աշխատանքային կետը՝ փոփոխելով գործող լարումը կամ հոսանքը այնքան, մինչև որ հզորությունն ընդունի իր առավելագույն արժեքը [62]: Գրականության մեջ այս մեթոդը հաճախ անվանում են նաև էքստրեմումի որոնման մեթոդ (hill-climbing method): Նկ.3.16-ում բերված է լարման փոփոխմամբ խոտորման և դիտարկման մեթոդի ԱՅԿ-ին հետևման ալգորիթմը, համաձայն որի սկզբում իրականացվում է արևային կայանի ելքային I_k հոսանքի և V_k լարման արժեքների չափում, իսկ այնուհետև՝ P_k հզորության գնահատում և համեմատում նախորդ P_{k-1} հզորության հետ: Եթե $P_k = P_{k-1}$, ապա արևային կայանն աշխատում է առավելագույն հզորության ռեժիմով:

Մնացած դեպքերում իրականացվում են ստորև նշված գործողությունները.

- I. $P_k > P_{k-1}, V_k > V_{k-1}$ – լարումն ավելացվում է ΔV չափով,
- II. $P_k > P_{k-1}, V_k < V_{k-1}$ – լարումը նվազեցվում է ΔV չափով,
- III. $P_k < P_{k-1}, V_k > V_{k-1}$ – լարումը նվազեցվում է ΔV չափով,
- IV. $P_k < P_{k-1}, V_k < V_{k-1}$ – լարումն ավելացվում է ΔV չափով:

Խոտորման և դիտարկման մեթոդի զուգամիտության արագությունը և ճշգրտությունը պայմանավորված են լարման քայլքով՝ իտերացիաների թվաքանակով: Որքան մեծ է այդ քայլքը, այնքան մեծ է արագությունը, սակայն ցածր է ճշգրտությունը: Վերջին տարիներին մշակվել են խոտորման և դիտարկման մեթոդի մի շարք մոդիֆիկացիաներ, որոնք հնարավորություն են տալիս զուգակցելու բարձր արագությունը և ճշգրտությունը՝ կիրառելով հզորությունից կախված փոփոխական քայլք:

Ներկայումս արևային կայանների շահագործումն ԱՅԿ-ում իրականացվում է ԱՅԿ կարգավորիչների միջոցով, որոնց առաջին նմուշները հայտնվել են անցյալ դարի 80-ական թվականներին:

Ժամանակակից ԱՅԿ կարգավորիչները հիմնականում ինտեգրված են լինում լարման/հոսանքի փոխակերպիչներում: Արդեն հաստատվել է ԱՅԿ կարգավորիչներով ինվերտորների եվրոպական ստանդարտը: ԱՅԿ-ին հետևումը փոքրացնում է արևային կայանների հզորության կորուստներն առավել 30%-ով, իսկ տնտեսական տեսակետից նպատակահարմար է ԱՅԿ կարգավորիչն օգտագործել 300 Վտ և ավելի մեծ դրվածքային հզորությամբ կայանների դեպքում:

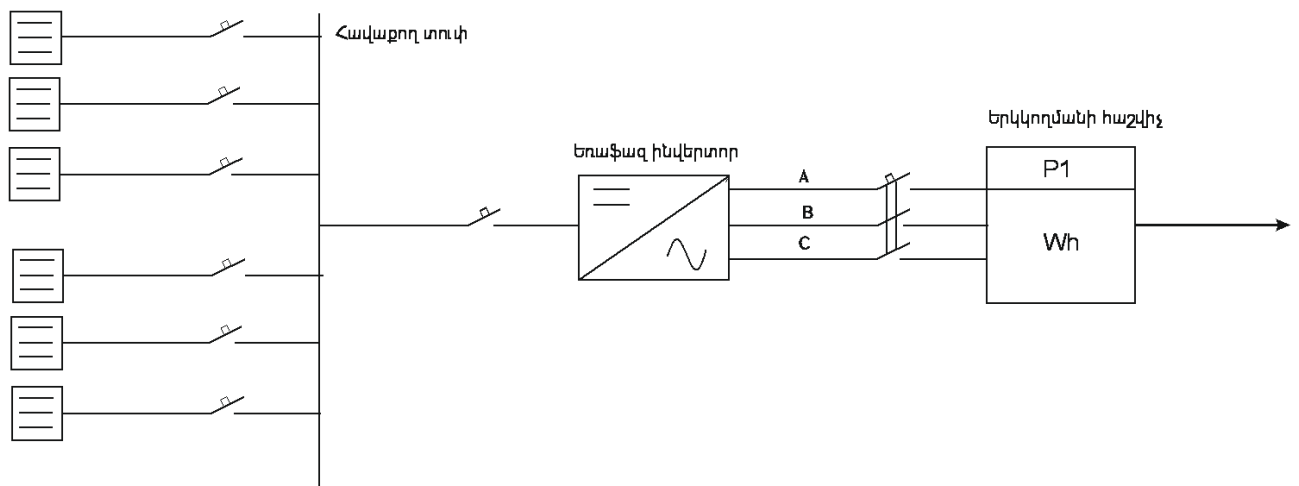
3.4. Ցանցին միացման էլեկտրատեխնիկ և սարքվածքների ընտրությունը

Մշակված 2 կՎտ հզորությամբ մոդուլների գույքահեն և հաջորդաբար միացումները կստեղծեն անհրաժեշտ պարամետրերով էլեկտրական էներգիա: Հնարավորություն է տրվում 150 կՎտ հզորությամբ տեղադրված \$ոտոէլեկտրական մոդուլի արտադրած էլեկտրական էներգիան փոխանցել ցանցին և նույն քանակությամբ էլ ստանալ նրանից: Սա կարող է ապահովել բնակարանների էլեկտրամատակարարումն առանց ծախսերի: Մինչև 150 կՎտ հզորությամբ արևային \$ոտոէլեկտրական մոդուլը կարելի է կիրառության մեջ դնել երկու եղանակով՝ ցանցին միացված (On-Grid) և ցանցին չներդրված (Off-Grid): Ցանցին միացված մոդուլների առավելությունն այն է, որ դրանք չեն օգտագործում թանկակույմ մուլտիֆունկցիոնալ սարքավորումներ, չեն պահանջում հավելյալ կարգավորումներ, էլեկտրական էներգիայի անխափան մատակարարումն ապահովում է բաշխման լիցենզիա ունեցող ընկերությանը՝ էլեկտրական էներգիայի հնարավոր ավելցուկի դեպքում այն վաճառել բաշխիչ ընկերությանը: Արևային \$ոտոէլեկտրական մոդուլը ցանցին միացնելու համար պահանջվում են որոշակի սարքավորումներ (նկ .3.17).

- արևային էլեկտրաէներգիայի հաղորդալարեր,
- հաստատուն հոսանքի բաժանիչ,
- հավաքող տուփ,
- ինվերտոր,

- փոփոխական հոսանքի անջատիչ ,
- երկկողմանի հաշվիչ :

25 Ֆոտոէլեկտրական մոդուլներից ստացված միաֆազ հաղորդալարերին միացվում են հաստատուն հոսանքի բաժանիչներ, այնուհետև նույնքան մուտքեր ունեցող հավաքող տուփին (Junction box): Տուփում բոլոր մոդուլներից ստացված հոսանքների զուգահեռ միացումից հետո ստացվում է ելքային մեկ



հաղորդալար :

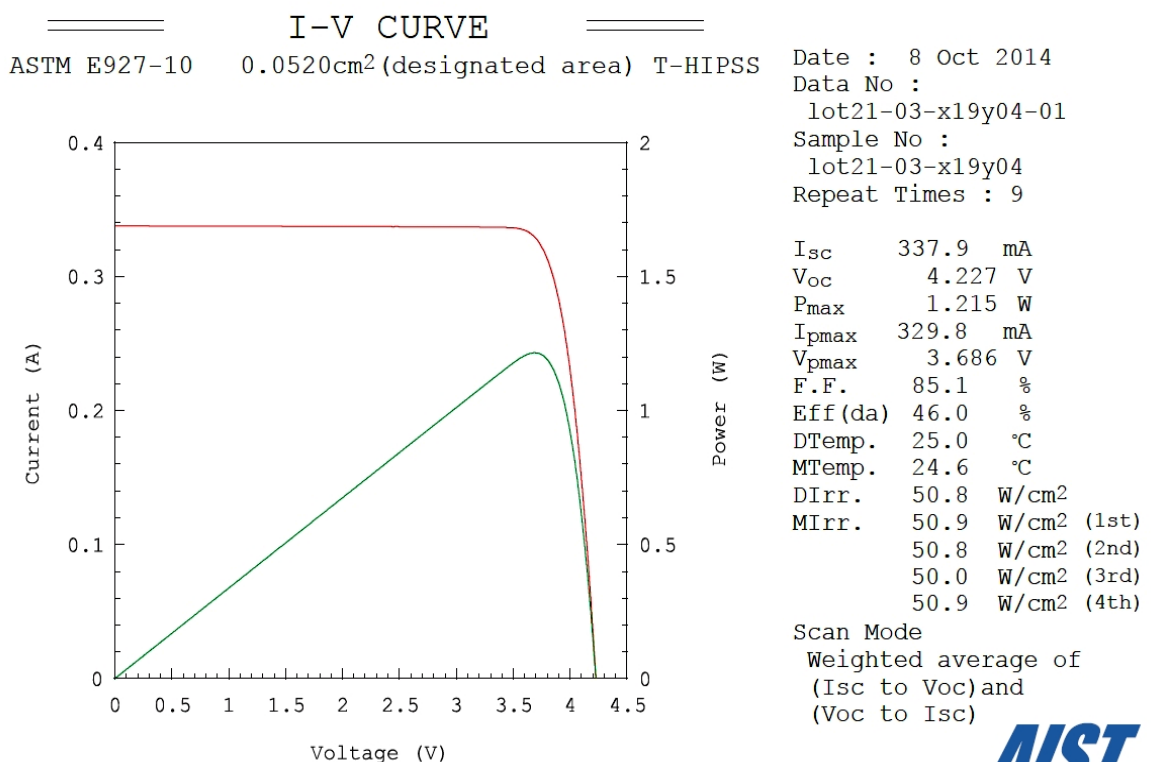
Հաղորդալարը միացվում է հաստատուն հոսանքի բաժանիչին, որից հաստատուն հոսանքը տրվում է ինվերտորին: Ցանցին միացված արևային Ֆոտոէլեկտրական կայանում կարող են օգտագործվել նաև ակումուլիատորներ՝ ցանցի վթարային անջատումների ժամանակ անվտանգության համակարգի անխափան էլեկտրասնուցման համար :

Նմանատիպ 25 Ֆոտոէլեկտրական մոդուլների 3 խմբերի միջոցով ստացվում է 150 կվտ հզորություն: Երեք ինվերտորների աշխատանքը ավելի հուսալի է դարձնում էլեկտրակայանը: Ինվերտորը ներառում է հողակցման համակարգով պաշտպանություն, ռելեյական պաշտպանություն: Ինվերտորային սարքը նախատեսվում է հաստատուն հոսանքը փոփոխականի փոխակերպելու համար :

Ինվերտորի ել քային պարամետրերը պետք է համապատասխանեն ցանցի պարամետրերին՝ 220 Վ լարում, եռաֆազ, մաքուր սինուսոիդային ել քային հոսանք և 50 Հց հաճախության կայունություն: Հզորության ընտրումը կատարվում է՝ ելնելով կայանի հզորությունից:

Ինվերտորների ընտրությունը կատարելու համար եղած տարբերակներից ընտրվում է գին/որակ հարաբերակցության լավագույն տարբերակը: Ինքնավար աշխատող ինվերտորի 1 ԿՎտ-ի գինը միջինում կազմում է 0.2 ԱՄՆ դոլար, իսկ ցանցին ինտեգրող ինվերտորի 1 ԿՎտ-ի գինը՝ միջինում 0.1 ԱՄՆ դոլար:

Ինվերտորից ստացված էլեկտրական հոսանքն ուղղվում է բնակարան և երկկողմանի հաշվիչին: Երկկողմանի հաշվիչը նախատեսված է ցանցին տրվող և ցանցից ստացվող էլեկտրական էներգիայի հաշվարկի համար: Մեկ այլ հաղորդալարով 220 Վ եռաֆազ հոսանքը տեղափոխվում է բնակարան, որտեղ օգտագործվում է կենցաղային սարքերում անձնական սպառման համար: Այս եղանակով արևոտամառային օրերին և ցերեկվա ժամերին էլեկտրական կայանը, տան կարիքները բավարարելու հետ մեկտեղ, էլեկտրական էներգիա կփոխանցի նաև ցանցին, իսկ գիշերները և անարև օրերին կստանա ցանցից նույն քանակությամբ էլեկտրական էներգիա: Նախազօժված



սարքում օգտագործվում են 46% արդյունավետությամբ արևային էլեմենտներ, որոնց վորտապերային և հզորության բնութագրերը տրված են նկ.3.18-ում:

Քանի որ $0,052 \text{ սմ}^2$ մակերեսի վրա ընկնում է $50,8 \text{ Վտ/սմ}^2$ լույսի ինտենսիվություն, ապա խտացման գործակիցը կլինի՝

$$X = \frac{I}{s} = \frac{50,8}{0,052} \approx 1000:$$

1000 անգամ խտացումից հետո $0,052 \text{ սմ}^2$ մակերեսի վրա ապահովվում է $337,9 \text{ մԱ}$ կարճ միացման հոսանք: 1 սմ^2 մակերեսի վրա հոսանքի արժեքը հավասար կլինի՝

$$I_{sc1000} = \frac{337,9}{0,052} = 6498 \text{ մԱ} \approx 6,5 \text{ Ա},$$

$$I_{sc500} = \frac{I_{sc1000}}{2} = 3,25 \text{ Ա},$$

$$V_{oc} = 4,27 \text{ Վ}:$$

Մեկ մոդուլում միացնելով 96 ֆոտոէլեկտրական էլեմենտ՝ 96 ֆրենելային խտարարներով, պիկային հզորության արժեքը հաշվվում է ըստ 1 մ^2 տարածքի վրա ընկած արևային ճառագայթման հզորության՝ 1000 Վտ : Մեկ ֆրենելային խտարարի մակերեսը $23 \times 23 \text{ սմ}^2$ է:

$$S_{96} = S \times 96 = 0,23 \times 0,23 \times 96 = 5,0784 \text{ մ}^2:$$

Այս մակերեսի վրա ընկած արևային ճառագայթման հզորությունը կլինի՝

$$G = S \times 1000 = 5078,4 \text{ Վտ}:$$

46% արդյունավետություն և ապահովելու դեպքում մոդուլի պիկային հաշվարկային հզորությունը կլինի՝

$$P_{պիկ} = 5078,4 \times 0,46 = 2336 \text{ Վտ}:$$

Չաշվի առնելով արևային էլեմենտի փորձարարական տվյալները՝ կարող ենք ստանալ էլեմենտի և, համապատասխանաբար, նաև մոդուլի իրական հզորության մաքսիմալ արժեքը:

Չաշվարկի համար վերցվում են էլեմենտի՝
 ելքային հոսանքը՝

$$I_{sc} = 3,379 \text{ Ա},$$

լարումը՝

$$V_{oc} = 4.227 \text{ Վ},$$

լցման գործակիցը՝

$$FF = 0.851:$$

Առավելագույն հզորությանը կլինի՝

$$P_m = I_{sc} \times V_{oc} \times FF = 12.155 \text{ ՎԱ},$$

96 էլեմենտների համար այդ հզորությանը կլինի՝

$$P_{m96} = 96 \times P_m = 1166 \text{ ՎԱ}:$$

Լարման և հոսանքի օպտիմալ արժեքները ստանալու համար էլեմենտները միացվում են միմյանց ինչպես հաջորդաբար, այնպես էլ զուգահեռ: 48 էլեմենտների հաջորդաբար միացման արդյունքում ստացվում է՝

$$V_{oc48} = 48 \times V_{oc} = 203 \text{ Վ}:$$

Նմանատիպ հաջորդաբար միացված էլեմենտների երկու խմբի զուգահեռ միացումից ստացված հոսանքը կլինի՝

$$I_{sc} = 2 \times I = 6.5 \text{ Ա}:$$

Օգտվելով հոսանքի և լարման արժեքներից՝ կարող ենք ընտրել հաստատուն հոսանքի ֆազերի հաղորդալարերը: Չաղորդալարի

կտրվածքը որոշում են ըստ հոսանքի էկոնոմիկ խտության գործակցի: Հոսանքի էկոնոմիկ խտության գործակիցը ճշտման կարիք չունի:

1. Այն ցանցերի դեպքում, որոնք նախատեսված են արտադրական նպատակներով, որոնց լարումը չի գերազանցում 1ԿՎ 4000-5000 ժամ տարեկան կտրվածքով աշխատելու դեպքում:
2. Ճյուղավորումների դեպքում դեպի տարբեր էլեկտրաընդունիչները, որոնց լարումը մինչև 1ԿՎ է, ինչպես նաև բնակելի շենքերի, հիմնարկությունների և արտադրամասերի դեպքում:
3. Էլեկտրասարքավորումների հավաքական դողերի (ԲԲՍ, ՓԲՍ) բոլոր լարումների դեպքում:
4. Այն գծերի դեպքում, որոնք գնում են դեպի ռեզիստորներ և ռեոստատներ:
5. Ժամանակավոր ցանցերի դեպքում, որոնք նախատեսված են 3-5 տարվա կտրվածքով աշխատելու համար:

Այսինքն՝ անձնական օգտագործման կայանի համար հաղորդալարերը կարելի է ընտրել ըստ առավելագույն պարաբնթացքի լարման և կարճ միացման հոսանքի:

Ընտրված հավաքող տուփը նախատեսված է 600 Ա կարճ միացման հոսանքի, 25 եռաֆազ միացման աղբյուրների համար: Տվյալ սարքը կարող է աշխատել մինչև 1000 Վ լարման դեպքում: Ընտրված սարքը ներառում է նաև փոփոխական հոսանքի բաժանիչներ: Հավաքող տուփի մեկ միավորի արժեքը 1500\$ է: Ընտրված մոդելն է՝ CCBF25F20DS600SPACM: Ընտրվում է 275 կՎտ հզորությամբ ինվերտոր, որի մաքսիմալ հոսանքը 600 Ա է, մուտքային և ելքային լարումը՝ 0,4 կՎ: Ինվերտորը չինական Xiamen SPI 250W մակնիշի է և ունի 30 տարվա գործողության ժամկետ: 0,0862 \$/Վտ գնով այս ինվերտորը 275 կՎտ-ի համար կլինի՝ 23705 \$: Ինվերտորի ելքային պարամետրերը ներկայացված են աղ. 3-ում:

Աղու սյակ 3

Օգտագործված ինվերտորի պարամետրերը

Պարամետրի անունը	Արժեքը
------------------	--------

Ել քայ ին հզորութ յ ու ն	250 կՎտ
Ել քայ ին լ ար ու մ	380 Վ
Թու յ լ ատր վ ած ց ան ց այ ի ն լ ար ու մ	310-450 Վ
Ել քայ ին հ աճ ախ ու թ յ ու ն	50/60 Հ ց
օ.գ.գ.	>0,99 ամբողջ ական բեռնման դեպքում

Ընտրվում են երկու հաստատուն հոսանքի և մեկ փոփոխական հոսանքի բաժանիչներ: 75 մոդուլները միաժազ հաղորդալարերով միացվում են հավաքող տուփին՝ երեքական խմբավորումներ ստեղծելով: Հավաքող տուփից հաստատուն հոսանքի համար նախատեսված եռաժազ հաղորդալարերով հոսանքը տրվում է ինվերտորին: Որպես հաշվիչ ընտրվում է Eastron SDM72Bi երկկողմանի եռաժազ էներգիայի հաշվիչը, որի արժեքը մոտավորապես 50\$ է: Ընտրված սարքերի արժեքները և գործողության ժամկետները ներկայացված են աղ. 4-ում:

Աղ ու ս յ ա կ 4

Ընտրված սարքերի պարամետրերը

Սարքերի տեսակը	Միավորի գինը	Քանակը	Ընդհանուր գինը, \$	Ծառայության ժամկետը, տարի
Ֆոտոէլեկտրական մոդուլ	3000 \$/կՎտ	150 կՎտ	450000	50
Ինվերտոր	23705 \$/հատ	2	47410	30
Կոմունալ տացիոն սարքեր	-	-	3500	20
Հավաքող տուփ	1500\$/հատ	1	1500	20

Երկկողմանի հաշվիչ	50\$/հատ	1	50	20
Ընդհանուր	-	-	502460	-

Էլեկտրակայանի ամորտիզացոն հաշվարկը կարելի է կատարել աղ. 5-ի միջոցով:

Աղյուսակ 5

Էլեկտրակայանի ամորտիզացոն հաշվարկները

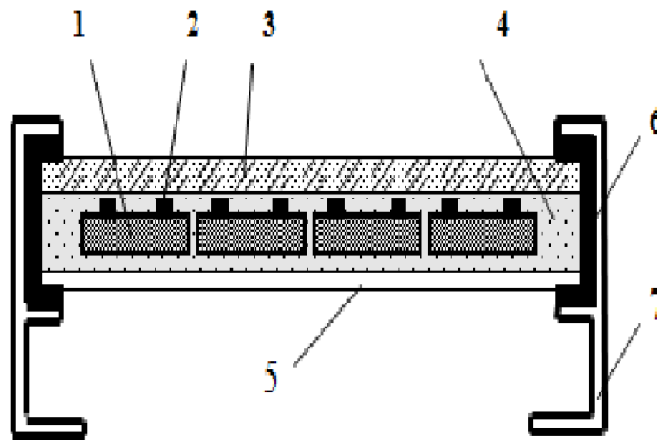
Սարքերի տեսակը	Ամորտիզացիա	Տարեկան ծախսը
Ֆոտոէլեկտրական մոդուլ	450000/50	9000
Ինվերտոր	47410/30	1580
Կոմունալացիոն սարքեր	3500/20	175
Հավաքող տուփ	1500/20	75
Երկկողմանի հաշվիչ	50/20	2,5
Ընդհանուր	-	10832,5 \$

ԳԼՈՒԽ 4. ՅԵՌԱԿԱՌԱՎՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ԵՎ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ

4.1. Կարկուտներից և արտաքին այլ ազդեցություններից պաշտպանված արևային լուսաէլեկտրական մոդուլի պարամետրան արդյունավետությունը ոգիա

Միաբյուրեղային և բազմաբյուրեղային Si-ների քանակական մասերի հիման վրա ստեղծված արևային լուսաէլեկտրական մոդուլների (ԱԼԵՄ) երկարակեցության մեծացման նպատակով կիսահաղորդչային կերպափոխիչները էթիլենվինիլացետատի պոլիմերային սոսիսնձով հերմետիկորեն փակցվում են 3-4 մմ հաստությամբ ջերմաթրծված ապակու ներքին մակերեսին [136,137]: Այս տեխնոլոգիան ամենուրեք օգտագործվում է մինչ այսօր, և ԱԼԵԿ-ների օ.գ.գ.-ները հնարավոր եղավ մի փոքր բարձրացնել միայն նույն մոդուլի մեջ ընդգրկված ԱԼԵՄ-ների պարամետրերը իրար հետ համապատասխանեցնելու ճանապարհով [136]: Սոսիսնձները 15 տարիների ընթացքում Արևի ռադիոակտիվ-ճառագայթների ներգործության պայմաններում աշխատելիս կորցնում են իրենց նախնական թափանցիկությունը, դեղնում են, որի պատճառով փոքրանում են նրանց օ.գ.գ.-ները: Դրանից խուսափելու համար առաջարկվել է կիսահաղորդչային թիթեղի լուսազգայուն մակերեսը պատել չանդրադարձնող ավաստանման ածխածնային թաղանթներով, որոնք ունեն բարձր մեխանիկական, քիմիական և ռադիացիոն կայունություն [138,139]: Օգտագործվող կիսահաղորդչային թիթեղների հաստությունը սովորաբար լինում է 0,3 մմ կամ ավելի պակաս, և դրա մակերեսին հարվածելով՝ մեծ զանգվածով կարկուտները կոտրում են կիսահաղորդիչը: Կարկուտից պաշտպանելու համար կիսահաղորդչի մակերեսին տեղադրվում է պոլիմերային սոսիսնձ և լամինացվում լուսաթափանցիկ անօրգանական [137] կամ օրգանական [138] ապակիների մակերեսներին, ինչը և պատճառ է դառնում ԱԼԵԿ-ների օ.գ.գ.-ների փոքրացման: Աշխատանքի նպատակն է մշակել կարկուտներից պաշտպանող արդյունավետ ԱԼԵՄ-ի տեխնոլոգիա:

ԱԼԷԿ-ների արդյունավետության և երկարակեցության բարձրացման համար անհրաժեշտ է բացառել պատրաստման տեխնոլոգիական պրոցեսներում կիրառվող ապակիների և դրանց սոսնձվող պոլիմերային թաղանթների օգտագործումը, որոնք միաժամանակ փոքրացնում են արդյունավետությունը և երկարակեցությունը: Արևի ճառագայթների միմասը ապակիները են վերադարձնում և փոքրացնում են կիսահաղորդչային կերպափոխիչով դրանց կլանման հնարավորությունը: Կիսահաղորդչային կերպափոխիչը նույնպես փոքրանում է, երբ պոլիմերային կաշունակ թաղանթի լուսաթափանցելիությունը տարիների ընթացքում փոքրանում է Արևի ուղիորամանուշակագույն ճառագայթների ազդեցության տակ: Ընդունված տեխնոլոգիայով պատրաստված ԱԼԷՄ-ի կառուցվածքը բերված է նկ. 4.1-ում [137]: Յայ տնի տեխնոլոգիայով պատրաստված այս ԱԼԷՄ-ից հանվում են պաշտպանիչ ապակին (3), կաշունակ պոլիմերային թաղանթը (4) և էլեկտրամեկուսիչ թաղանթը (5): Վերջին երկուսը փոխարինվում են միայն



պոլիուրիտանով, որն ունի մեխանիկական անհրաժեշտամրություն և էլեկտրամեկուսիչ է: Si-ային կամ այլ կիսահաղորդչային կերպափոխիչները՝ հաջորդաբար միմյանց միացված հաղորդաթիթեղներով (2), ընկղմվում են պոլիուրիտանի դեռ չպնդացած զանգվածի մեջ այնպես, որ կերպափոխիչների լուսավորվող մակերեսները մնան ուրիտանով չպատված:

Կերպափոխիչների մակերեսները արտաքին քայքայիչ ազդեցություններից պաշտպանելու և լույսի անդրադարձումը կասեցնելու նպատակով դրանք նախօրոք պատվում են մշակված նանոտեխնոլոգիական ալմաստանման ածխածնե թաղանթներով [138,139]: Կիսահաղորդիչների մակերեսներին աճեցված այս թաղանթները միաժամանակ ունեն մեխանիկական մեծ կայունություն ավազաչիթային, փոթորկային, քիմիական, ռադիացիոն և մթնոլորտային այլ ազդեցությունների նկատմամբ, բայց կարող են կոտրվել մեծ զանգվածով կարկուտների ազդեցության դեպքում,

Նկ. 4.1. Հայ տնի տեխնոլոգիայով պատրաստված ԱԼԵՄ-ի կառուցվածքը. 1-Տիային կերպափոխիչներ, 2- հաղորդաթիթեղներ, 3- պաշտպանիչ ասպակի, 4-պոլիմերային կաշի և նակ թաղանթ, 5- Էլեկտրամեկուսիչ պաշտպանիչ թաղանթ, 6- ռետինե շրջադիր, 7- ալյումինե շրջանակ

քանի որ պատրաստվում են 0,3 մմ կամ ավելի բարակ կիսահաղորդիչներից: ԱԼԵՄ-ի պատրաստման այսպիսի կառուցվածքի մշակումը մեծացնում է դրանց արդյունավետությունը՝ նախկինում հայ տնի տեխնոլոգիաներով պատրաստվածների համեմատ 5%-ով, իսկ երկարակեցությունը՝ մոտ 2 անգամ [140]:

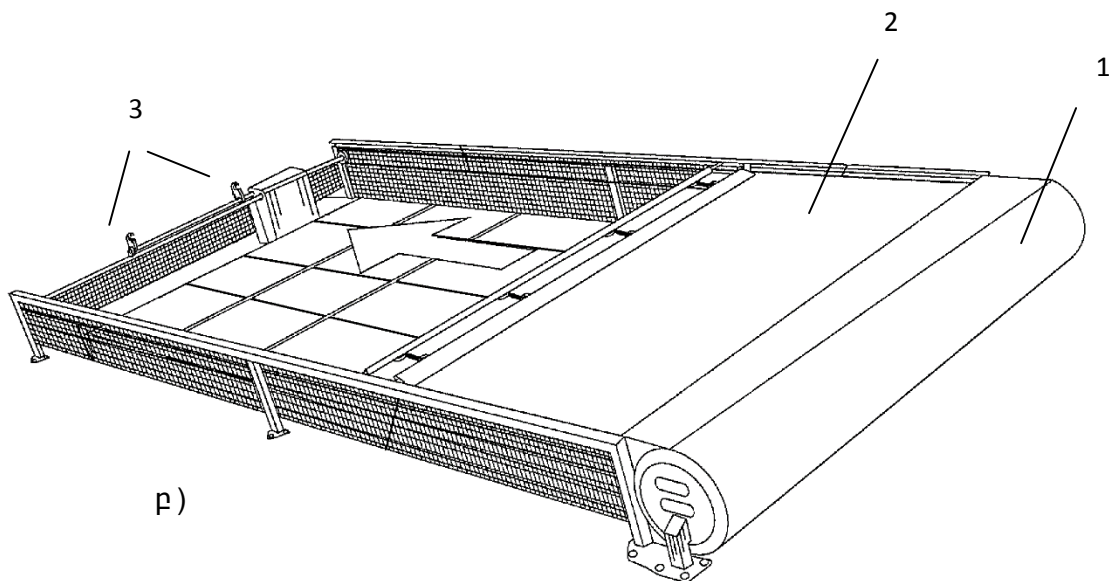
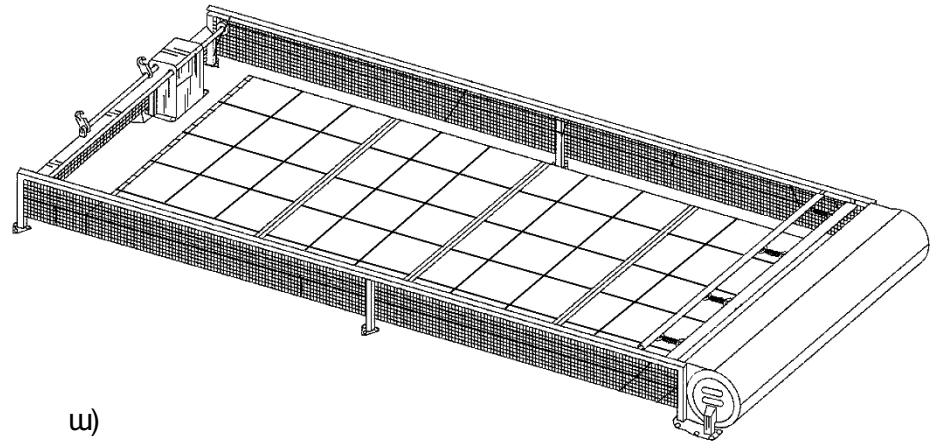
4.2. Արևային էներգիայի կոնստրուկցիայի մշակումը

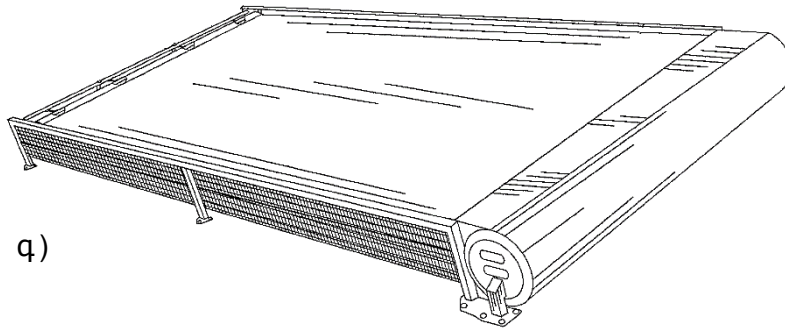
Կարկուտի հարվածներից արդյունավետ տեխնոլոգիայով պատրաստված ԱԼԵՄ-ը պաշտպանելու համար մշակվել է արևային էներգիայի կոնստրուկցիայի պաշտպանիչ կոնստրուկցիա (ԱԼԵՄԴԿ)՝ GSM կապով հեռավար կառավարման ծրագրավորված սարքով [140]:

ԱԼԵՄԴԿ-ն կերպափոխիչի մակերեսը պաշտպանում է կարկուտի վնասող հարվածներից և ձյան տեղումներից: Սարքում օգտագործվում է շարժական, պաշտպանիչ և ճկուն պոլիմերային շերտ: Կերջինս հարվածների նկատմամբ ունի բարձր

դիմացկունություն և կայունություն ջերմաստիճանային տարբեր
տիրույթներում [142]:

Նկ.4.2-ում ներկայացված են ԱԼԵՄՊԿ-ի կառուցվածքը և տեսքը՝
կարկուտից և ձյունից պաշտպանված և շարժման վիճակներում:



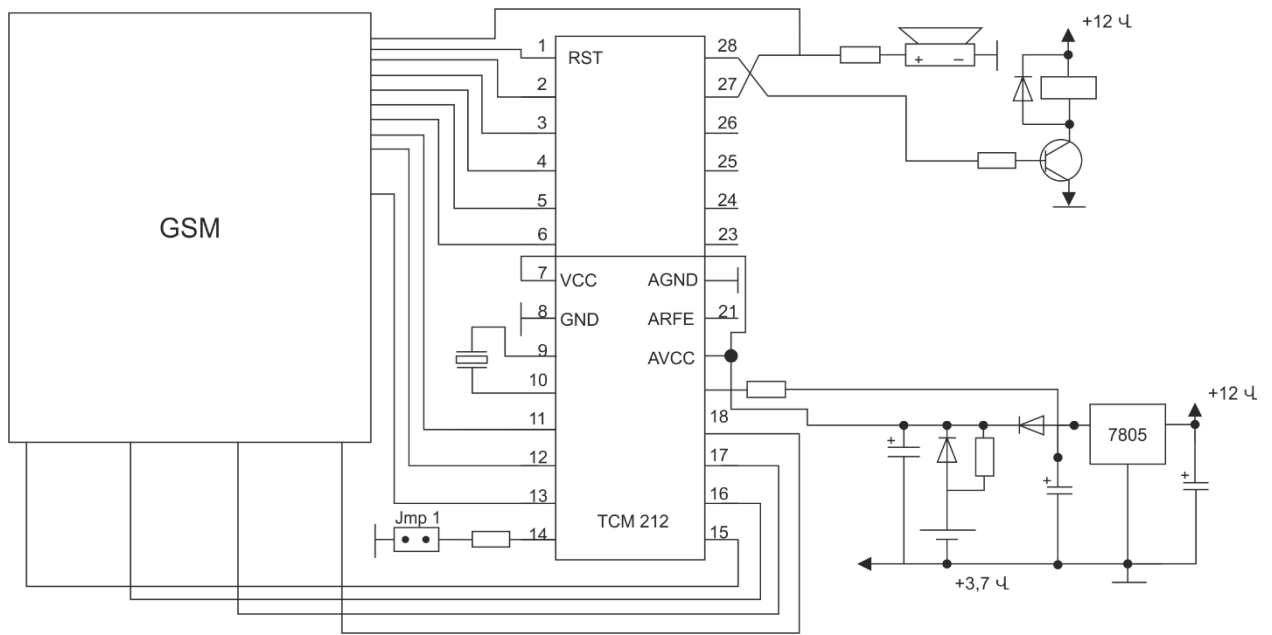


Նկ.4.2. ԱԼԵՄՊԿ-ի կառուցվածքը՝ ա) բաց, բ) շարժման և գ) պաշտպանված վիճակներում.

1-ռեդուկտորային շարժիչ, 2- պաշտպանիչ ճկուն ծածկույթ, 3- մագնիսական կոնտակտներ

Պաշտպանիչ ճկուն ծածկույթի շարժման համար նախատեսված է կարկուտից և ձյունից պաշտպանող Delphi-52485311 մակնիշի 12 Վ լարմամբ ռեդուկտորային շարժիչը: Պաշտպանիչ նպատակին հասնելու համար օգտագործված են LN-MS2541 մագնիսական կոնտակտները: Երբ պաշտպանիչ ծածկույթը հասնում է կոնտակտներին կամ հանդիպում է խոչընդոտի, ռեդուկտորային շարժիչը դադարեցնում է աշխատանքը՝ ազդանշան ուղարկելով օգտատիրոջը եզրագծին հասնելու կամ անսարքության վերաբերյալ: Անսարքության պարագայում օգտատերը հեռավար կառավարման միջոցով լուծում է խնդիրը:

Պաշտպանիչ կոնստրուկցիայի և օգտատիրոջ փոխադարձ կապն իրականացվում է նկ.4.3-ում ներկայացված GSM հեռավար կառավարման ծրագրավորվող սարքի և դրա միացման սխեմայի միջոցով: Այն մշակվել է TMC-212 կոնտրոլերի և SIM300DZ տեխնոլոգիայի հենքի վրա [124,143]: Սարքն ունի բազմաթիվ ֆունկցիաներ՝ առաջնային մոդուլային կոնստրուկցիայի օգտագործմամբ: Հիշողության մեջ ծրագրի ներբեռնումից հետո այն տեղադրվում է սարքում և թույլ է տալիս վերջինս շահագործել երկար տարիներ: Սարքի նպատակը ԱԼԵՄՊԿ-ի, հիդրոմետ ծառայության և օգտատիրոջ փոխադարձ կապի ապահովումն է:



Նկ. 4.3. GSM հեռավար կառավարման ծրագրավորվող սարքի և միացման սխեման

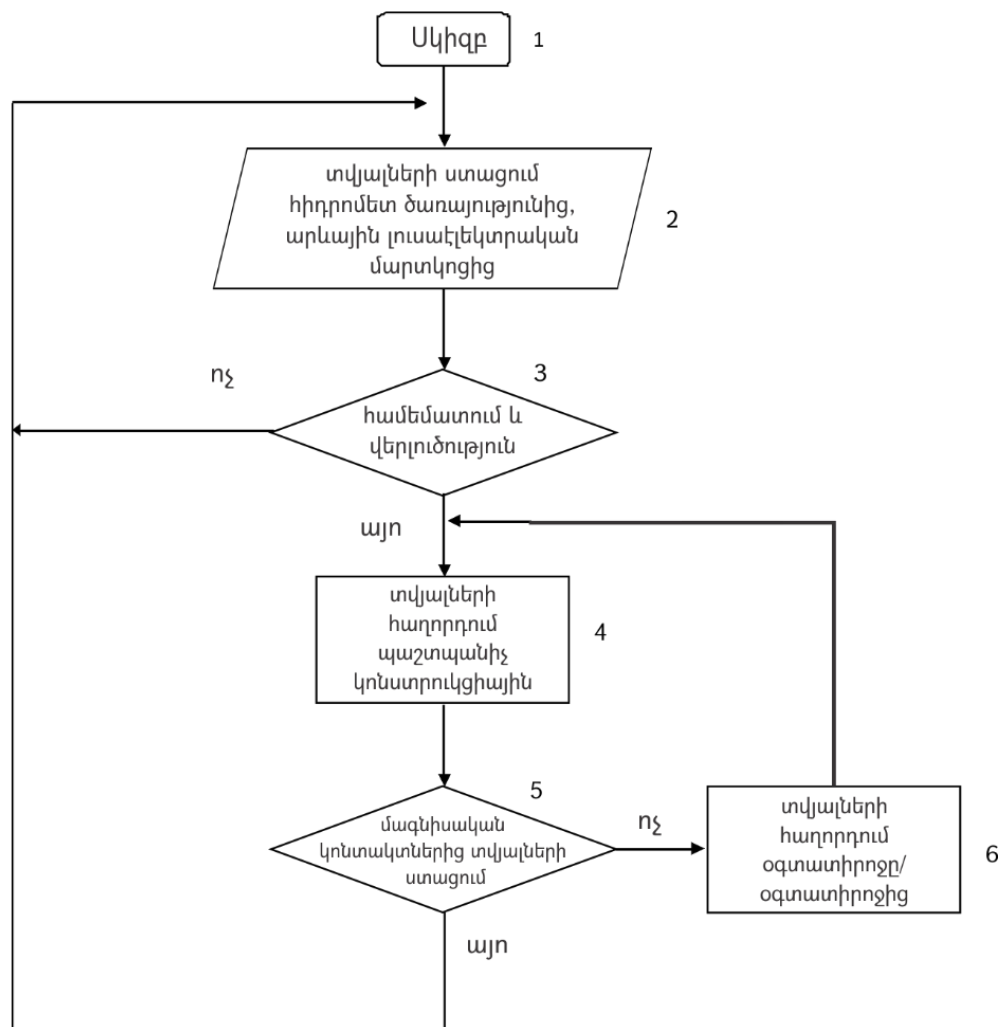
GSM հեռավար կառավարման ծրագրավորվող սարքի և միացման սխեմայի աշխատանքի սկզբունքը հետևյալն է. TCM 212 կոնտրոլերը, 23...26 մուտքերից ստանալով տվյալներ հիդրոմետժառայությունից կամ արևային լուսաէլեկտրական մարտկոցից, կատարում է համեմատություն և վերլուծություն՝ համապատասխանելքերից նոր ազդանշան փոխանցելով ռեդիոկոտրային շարժիչին (ելքեր 27,28) և/կամ GSM սարքին (ելքեր 15...18): Անհրաժեշտության դեպքում TCM 212 կոնտրոլերը ստանում է ազդանշաններ GSM սարքից: Սխեմայում օգտագործված է նաև 7805 կայունարար: RST-ն նախատեսված է սարքը գործարանային վիճակի բերելու համար: Մյուս նշումները համապատասխանում են կոնտրոլերի կառուցվածքին [143]:

ԱԼԷՄ-ը կարկուտի հարվածներից և ձյան ծածկույթից պաշտպանելու գործընթացը արդյունավետ կազմակերպելու համար մշակվել է երկու մեթոդ: ԱԼԷՄԿ-ի աշխատանքը կախված է տվյալ տեղանքի եղանակից, ուստի մշակված երկու անկախ մեթոդներից մեկը ազդանշանը ստանում է լուսաէլեկտրական մոդուլից, իսկ մյուսը՝ հիդրոմետժառայությունից:

GSM հեռավար կառավարման ծրագրավորվող սարքը տվյալ տեղանքի եղանակի վերաբերյալ պարբերաբար տվյալներ է ստանում հիդրոմետժառայությունից: Այն մշակում և վերլուծում է

տվյալները և համապատասխան ազդանշանն ուղարկում ԱԼԵՄ՝ արտաքին պաշտպանիչ շերտով փակելու համար նախատեսված կոնստրուկցիան: Երկրորդ եղանակը մշակվել է այն նկատառումով, որ հիդրոմետ ծառայությունից կարկուտի առաջացումը հարաբերականորեն է որոշվում: Այս դեպքում մոդուլի մակերեսի պաշտպանությունը կատարվում է ըստ լուսաէլեկտրական մոդուլի հզորության անկման նախատեսված կոնստրուկցիայի, երբ կուտակված ամպերն անհնար են դարձնում Արևի ճառագայթների ուղիղ թափանցումը:

Ծրագրի աշխատանքի ալգորիթմի բլոկ-սխեման բերված է նկ.4.4-ում: Այդտեղ դիտարկված է հիդրոմետ ծառայությունից տվյալներ ստանալու և ԱԼԵՄ-ը պաշտպանիչ կոնստրուկցիայով փակելու ծրագրի ալգորիթմը, որի գործողության սկզբունքը հետևյալն է.



Նկ. 4.4. Ծրագրի ալգորիթմի բլոկ-սխեման

Սկիզբ (1): Հիդրոմետ ծառայությունն իր ուղղակի պարբերություններ տեղանքի եղանակի վերաբերյալ կամ արևային լուսաէլեկտրական մարտկոցից տվյալների ստացում (2): Ստացված տվյալների համեմատում և վերլուծություն (3): Ազդանշանի հաղորդում ԱԼԵՄ-ի պաշտպանիչ կոնստրուկցիային (4): Մագնիսական կոնտակտներից տվյալների ստացում (5): Տվյալների հիման վրա օգտատիրոջ հետ փոխադարձ կապի ապահովում (6) կամ՝ կոնստրուկցիայի բնականոն աշխատանքի շարունակում:

TCM 212 կոնտրոլերի հենքի վրա աշխատող համակարգը ծրագրավորվում է C ծրագրավորման լեզվով և կոմպիլացվում Mikroelektronika ընկերության MikroC կոմպիլյատորի միջոցով [145]:

Մշակված տեխնոլոգիան և պաշտպանիչ սարքն ու նեն պարզ կառուցվածք և ցածր ինքնարժեք:

4.3. Համապիտանի հեռակառավարման համակարգի կիրառումը տնտեսության մեջ

Ինչպես նշվել էր 1.1-ում, Էներգետիկական արտադրությունը համաշխարհային տնտեսության հիմնական և ամենախոշոր բնագավառներից է, որի ծավալը անընդհատ աճում է [143]: Նշենք, որ աճում է նաև վերջիններիս հեռակառավարման համակարգերի անհրաժեշտությունը, որտեղ որպես էլեկտրասնուցման աղբյուր օգտագործվում է պաշտպանված ԱԷ-ներից պատրաստված ֆոտոէլեկտրական մոդուլը:

ԱԷ-ի պաշտպանիչ սարքի հեռակառավարման տեխնոլոգիայի կիրառումն [140] օգտատիրոջ համար և՛ ժամանակի լրացուցիչ խնայողություն է, և՛ արդյունավետություն: Հեռակառավարման համակարգն առանձնանում է գործառնությունների իրականացման մեծ արագությամբ, հուսալիությամբ և ապահովությամբ:

Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ մշակված հեռակառավարման համակարգը համատեղելի է մի շարք ԱԷ մոդուլների հետ, հետագոտության ընթացքում կատարելագործված արևային լուսաէլեկտրական մոդուլի պաշտպանիչ կոնստրուկցիան (ԱԼԵՄԿ)՝ GSM կապով հեռավար կառավարման ծրագրավորված սարքը,

համապիտանի է և կարելի է կիրառել տնտեսության այլ ճյուղերում և ուր նախ [124]:

Մշակած հեռակառավարման թվային սխեման բազային, առանց կադապարի սարքերի համախումբ է: Ելնելով այն նկատառումներից, որ համակարգը կոնցեպտ է և օգտագործվելու է դեռևս միայն ուսումնական ժամանակահատվածում, հանքարդյունաբերության, գյուղատնտեսության, քաղաքաշինության գործընթացներում, ուստի այն հիմնված է GSM մոդելի հենքի վրա: Համապիտանի համակարգը կազմված է մեկ գլխավոր անալոգա-թվային ազդանշանի կերպափոխիչ միկրոսխեմայից և կախված այն բանից, թե ինչ բնույթի սխեմա է կառավարվելու, նաև ռելեների թվից: Այստեղ կարևոր է ճիշտ և արդյունավետ իրականացնել ծրագրավորման գործընթացը:

Հեռակառավարվող համապիտանի համակարգը նույնիսկ կարելի է օգտագործել ուսումնական ժամանակահատվածում՝ պայթյունների գործընթացը կառավարելու համար: Դրա պահանջարկը առկա է ուսանողների շրջանում, քանզի ուսանողը, այսօր այն օգտագործելով որպես ուսումնական ժամանակահատվածում կարող է այն կիրառել նաև պարտադիր գիտելիքների ծառայության ընթացքում՝ անհրաժեշտության դեպքում սխեմայի ձևափոխության կատարելով:

Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ այսօր պատրաստված և լիցքավորված փոքր չափերի լավագույն մարտկոցների անխափան գործունեության ժամկետը սահմանափակ է՝ համեմատած ղեկավարվող օբյեկտի պիտանելիության ժամկետի հետ, մշակվել և պատրաստվել է այդ մարտկոցների անհրաժեշտ լիցքավորման համար արևային էներգիայի նոր մոդուլ (ԱԷՆՄ), որը տեղադրվում է ղեկավարվող օբյեկտից հեռացված առանձին ապահովվայրում և միայն ստորգետնյալարերի միջոցով է միացված ղեկավարվող կետին Էլեկտրասնուցում կամ լիթիում-իոնային մարտկոցներին վերալիցքավորում [144]:

Այդ նպատակի համար պատրաստված ԱԷՆՄ-ը, երկարատև անխափան գործող լավագույն մոնոբյուրեղային սիլիցիումային արևային

մոդուլների հետ համեմատած, ունի երկու անգամ ավելի մեծ ծառայողական ժամկետ և 5%-ով ավելի մեծ օ.գ.գ.: Ռազմական կիրառությունն ունեցող սարքի այս առավելություններն ապահովվել են արևային մոդուլի մակերեսից հեռացված արլիմերային սոսիսնձի և պաշտպանիչ ապակու միջոցով, որից չի անդրադարձվում լույսը՝ ռազմական նպատակներով քողարկում ապահովելով:

Նկատի առնելով նաև ականապատ դաշտում եղանակային պայմանների հնարավոր փոփոխությունների ազդեցությունը՝ առաջարկվող արևային մարտկոցի միջոցով էներգիայի պահուստավորման համար մշակվել է նաև կարկուտից պաշտպանող արևային լուսաէլեկտրական արդյունավետ, փոքր մակերեսով մոդուլի պատրաստման նոր տեխնոլոգիա, որի արդյունավետությունը նախորդների համեմատ, ինչպես նկարագրված էր 4.1 ենթագլխում, բարձրացել է 5%-ով, իսկ երկարակեցությունը՝ 2 անգամ: Մշակված համակարգն ունի անհրաժեշտ կիրառություն գյուղատնտեսությունում, ինչպես օրինակ, կարկուտի վնասներից պաշտպանող և կարկոտաբեր ամպ ուղարկվող աերոզոլ կամ այլ քիմիական միացություններ կրակող համակարգին կցվում է մշակված հեռավար կառավարման սարքը և GSM կապով դրվում է գործողության մեջ անհրաժեշտ պահին: Մշակված համակարգը կարող է կիրառվել նաև հանքարդյունաբերությունում՝ անհրաժեշտ ապարների հեռավար պայթեցման գործնթացն ապահովիրականացնելու նպատակով:

Պայթյունի յուրաքանչյուր տեսակին կցվող մոդուլն ունի ինքնատիպ կառուցվածք և համապատասխանեցված է տվյալ տեսակին: Սակայն կցվող մոդուլը գործի դնող հեռակառավարվող համակարգը նույնն է մոդուլներից յուրաքանչյուրի համար, այդտեղ տարբեր են միայն համակարգ ներմուծված ծրագրերը: Պայթյունի տեսակներից յուրաքանչյուրի համար ստեղծված են գործի դնող աուտենտիֆիկացնող և իդենտիֆիկացնող ծրագրեր: Յեռակառավարման ծրագրավորվող սարքը ոչ միայն ղեկավարում է մոդուլի աշխատանքը, այլև հետադարձ կապով հնարավորություն է

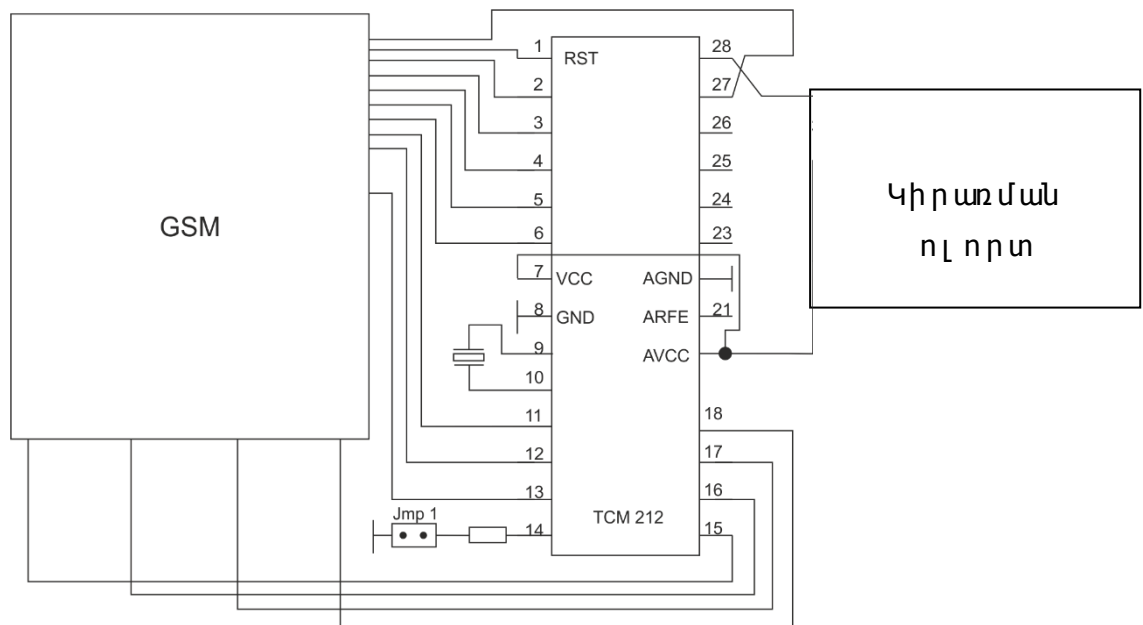
տալիս ստանալ պայթյունի գտնվելու վայրի, վիճակի և գործելու վերաբերյալ ուսումնավարժանքային տեղեկություններ [145,146]:

Գլխավոր անալոգավային ազդանշանի կերպափոխիչ միկրոսխեման նախագծված է SIM300DZ տեխնոլոգիայի հենքով: SIM300DZ-ը փոխանցում/ստանում է GSM կայուն կապի անհրաժեշտության դեպքում նաև գաղտնագրված տեքստային և ձայնային հաղորդագրությունները՝ իրեն միացված աուտենտիֆիկացնող քարտի միջոցով: Թվային սխեման կազմված է նաև հաղորդագրությունները անհրաժեշտբլոկին ուղարկող երկու RS-232 ինտերֆեյսից և միջարքայլ թվային մուտքի/ելքի հավաքածուներից: Սխեման կարելի է հարմարեցնել ինչպես օգտագործվող ֆիզիկական, այնպես էլ տրամաբանական ազդանշանների հենքով: RS-232 ինտերֆեյսը թույլ է տալիս թվային սխեմայի միջոցով ոչ միայն գաղտնագրված տեքստային, այլև ձայնային ազդանշանները փոխանցել ծրագրավորվող սարքին՝ վերլուծություններ կատարելու համար [124]:

Յեռակառավարման թվային համապիտանի սխեման պատրաստվել է Յայաստանի ազգային ճարտարագիտական լաբորատորիաներում, և փորձարկումն անցել է առանց թերությունների [124]:

Յեռակառավարման թվային համապիտանի սխեման ծրագրավորվող սարքի հետ կազմում է համակարգի ծրագրավորվող-ղեկավարող ապարատը: Այն անմիջական կապի մեջ է հեռակառավարման թվային համապիտանի սխեմայի հետ, և անհրաժեշտության դեպքում անվտանգության համակարգի ղեկավարումը տեղի է ունենում գաղտնագրված տեքստային և ձայնային հաղորդագրությունների միջոցով՝ օգտատիրոջը/օգտատիրոջից տեղեկություններ փոխանցելու/ստանալու միջոցով:

Հեռակառավարման ծրագրավորվող սարքը գործադրման պահից իր գտնվելու վայրի վերաբերյալ պարբերաբար տվյալներ է ուղարկում օգտատիրոջը՝ սպասելով համապատասխան հրահանգի: Համակարգը նաև մշակում և վերլուծում է լիցքավորող մարտկոցի տվյալները, կարգավորում նվազագույն էներգիայով երկարատև և քիչ բեռնավորման աշխատանքը: Նկ 4.5-ում ներկայացված են հեռակառավարող մոդուլի կիրառման սկզբունքային սխեման ուսումնական փայլի և այլ բնույթի պայթյունների հեռակառավարման արդյունավետ համապիտանի համակարգերում



[145,146].

Հաշվի առնելով ներկա ժամանակներում այլընտրանքային էներգիայի սարքերի օգտագործման միտումները, այդ թվում՝ արևային մարտկոցների լայնամասշտաբ օգտագործումը և դրանից բխող էներգիայի պահուստավորման և սպառման համակարգերի գոյություն անհրաժեշտությունը, ինչպես նաև դրանց սպասարկման և կառավարման գործում հեռակառավարող, ծրագրավորվող սարքերի կատարելագործումը հնարավորություն էն տալիս այս միացյալ կոնցեպտը կիրառել նաև ռազմարդյունաբերական,

Նկ. 4.5. GSM հեռավար կառավարման ծրագրավորվող սարքը և սարքին միացված սխեման

հանքարդյուն անաբերական, գյուղատնտեսական, քաղաքաշինական նկատառումներից ելնելով:

Եզրահանգում

1. Մշակված և արտոնագրված է տանիքին տեղադրվող բարձր արդյունավետությամբ էլեկտրաէներգիա արտադրող շարժական նոր մոդուլ, որը թեթև է, ունի արևի շարժմանը հետևող ավտոմատացված հեռակառավարվող համակարգ: Մոդուլում օգտագործվել են 48 ֆրենելային խտարարներ, 48 լուսաէլեկտրական կասկադային էլեմենտներ, միկրոկոնտրոլեր, որոնք ապահովում են մոտ 1կՎտ հզորությու, իսկ տեղադրելով նմանառիպ 96 ֆրենելային խտարարներ և 96 լուսաէլեկտրական էլեմենտներ՝ կարտադրվի մոտ 2կՎտ հզորությու՝ տանիքի վրա զբաղեցնելով 4 մ² մակերես:
2. Մշակված է պիրոնոմետր և միկրոկոնտրոլեր պարունակող սխեմա, որի միջոցով իրականացվում է արևի շարժմանը հետևող հայելային շարժական համակարգի պտույտը, և ժամանակի ամեն պահին ընտրվում է համակարգի պտտման այն անկյունը, որի դեպքում ֆրենելային խտարարին ուղղահայց են ընկնում ճառագայթները, և մոդուլն ապահովում է առավելագույն հզորությամբ հոսանքի ուժը:
3. Կատարվել է լուսաթափանց հելիոտեխնիկական ֆրենելային խտարարների կորուստների վերլուծություն, համաձայն որի՝ խտարարի օպտիկական թափանցելիությունը դառնում է 83%: Առաջարկվում է ֆրենելային թաղանթը ՊՄՄԱ-ի մակերևույթին փակցնելու գործընթացը բացառել և ֆրենելային խտարարը պատրաստել հեղուկ ՊՄՄԱ-ն կաղապարի մեջ լցնելու ձևով, որը կարող է ապահովել կորուստների նվազումը:
4. Մշակվել և պատրաստվել է արևային ֆոտովոլտային մոդուլների արտաքին մակերևույթները հեռակառավարման վահանակի միջոցով մաքրող սարք, որը լիովին բավարարում է սպառողների՝ բարձր

հոլսալ իոլթյամբ, երկարակեցոլթյամբ օժտված տեխնիկայի հեշտ օգտագործման ժամանակակից պահանջները: Շինոլթյոլնների դժվարմառչելի տանիքներին, որտեղ մոտենալը կապված է մեծ ռիսկի հետ, այս սարքի օգտագործոլմը շատանգամ հեշտացոլմ և ավելի հոլսալի է դարձոլմ արևային ֆոտոլոլտային մոդոլլի մաքրոլմը, ինչպես նաև ապահոլվոլմ է մոդոլլի անխափան և մեծ արդյոլնալետոլթյամբ աշխատանքը:

5. Մշակվել է արևային ֆոտոլելեկտրական մոդոլլի պատրաստման արդյոլնալետոլթյամբ նոր տեխնոլոգիա: Այն, համեմատած նախկին տեխնոլոգիայի հետ, 5%-ոլ մեծացոլմ է մոդոլլի արդյոլնալետոլթյոլնը և մոտ 2 անգամ՝ երկարակեցոլթյոլնը: Ֆոտոլելեկտրական կերպափոխիչների լոլսալորվոլմակերեսները նախապես պաշտպանվել են ալմաստանման ածխածնային չանդրարձոլթաղանթներոլ, որոնց էլեկտրական շղթայի ներքին միացոլմները կերպափոխիչների հետընկղմվել են ամոլր պոլիոլրիտանի մեջ այնպես, որ կերպափոխիչների լոլսալորվոլմակերեսները մնան պոլիմերային նյոլթից դոլրս:

6. Արտաքին ազդեցոլթյոլններից պաշտպանված ֆոտոլելեկտրական նոր մոդոլլին կցված է GSM կապոլ հեռալար կառալարման ծրագրալորվոլմ սարք, որը հնարալորոլթյոլն է տալիս հիդրոմետ ծառայոլթյոլնից կամ ոլղիղ արևային մոդոլլից ստանալ տլյալներ տեղանքոլմ կարկոլտի և ձյան հալանականոլթյան վերաբերյալ և կատարել մոդոլլի մակերոլթի ծածկման պաշտպանական գործոլթյոլններ՝ անհրաժեշտոլթյան դեպքոլմ կապ հաստատելոլմ օգտատիրոջ հետ: GSM կապոլ հեռալար կառալարման մշակված ծրագրալորվոլմ համակարգը կարոլ է ոլնենալ նաև այլ կիրառոլթյոլններ, ինչպես, օրինակ, հանքարդյոլնաբերոլթյոլնոլմ, քաղաքաշինոլթյոլնոլմ, իսկ գյոլղատնտեսոլթյոլնոլմ կարկոլտից պաշտպանոլմ աերոգոլ կրակոլ համակարգին կցվոլմ է հեռալար կառալարման սարք, որը թոլլ է տալիս ստանալ կարկտահարման հնարալորոլթյան վերաբերյալ տեղեկոլթյոլն և դեկալարել պայթման պահի աշխատանքը:

7. Մշակված է տանիքին դրվող մինչև 150 կՎտ հզորությամբ \$նոտոէլեկտրակայանի՝ ընդհանուր էլեկտրացանցին միացման սխեմա և ինքնավար \$նոտոէլեկտրակայանների համար էլեկտրաէներգիայի պահուստավորման և արդյունավետ օգտագործման նպատակով հեռակառավարման համակարգ:

ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. REN 21, Renewables 2012 Global Status Report. - Paris, France, 2012. - 175 p.
2. Алферов Ж.И., Андреев В.М., Румянцев В.Д. Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики // Физика и техника полупроводников.- 2004.- Т.38, N 8. -С. 994-999.
3. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии.-М.: Энергоиздат, 1990. - 390 с.
4. Renewable Energy. Power for Sustainable Future / Edited by G. Boyle - Oxford: University Press, 1996.-477 p.
5. Попель О.С. Возобновляемые источники энергии: роль и место в современной и перспективной энергетике // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева).- 2008.- Т. LII, № 6.-С. 95-106.
6. Փանոսյան Ժ.Ռ. Վերականգնվող էներգետիկայի բնագավառի ինովացիոն տեխնոլոգիաներ // Վերականգնվող և մաքուր էներգիայի հինգերորդ միջազգային համաժողովի աշխատություններ.-Երևան, 2014.- Էջ 20-25:
7. Խարազյան Ռ.Ս. Վերականգնվող էներգիայի աղբյուրներ և տեխնոլոգիաներ.-Երևան: Ասոդիկ, 2012.- 279 էջ :
8. Touryan K.J. The global status of renewable energy technologies // Proc. of the second renewable energy conf.-Yerevan, 2005.-P. 8-13.
9. Паносян Ж.Р. Передовые технологии и стратегия использования солнечной энергии // Proc. of the second renewable energy conf.-Yerevan, 2005.-P. 21-24.
10. Սարգսյան Ա.Գ. Էներգետիկայի հիմնախնդիրները և զարգացման հեռանկարները. Արեգակնային էներգիա // Գիտություն աշխարհում.-Երևան, 2007.- №1.- Էջ 26-31:
11. Солнечная энергетика / Под редакцией В.И. Виссарионова. - М.: Издательский дом МЭИ, 2008.- 317 с.
12. Delyanis E. Historic background of desalination and renewable // Solar Energy.- Florida, 2003.- V. 75, № 3.-P. 357 - 366.
13. Փանոսյան Ժ.Ռ. Արեգակնային էներգետիկա // Գիտություն և տեխնիկա.-Երևան, 2003. -№1. -Էջ 31-35:

14. Հովհաննիսյան Լ.Ս. Էներգախնայողություն և էներգետիկական մենեջմենթ.- Երևան: Ճարտարագետ, 2008.- 439 էջ :
15. Վարդանյան Ռ.Ռ. Արևային ֆոտոէլեկտրական կայաններ. Չարգացման հեռանկարները // Գիտություն աշխարհում.- Երևան, 2005.- №4.- էջ 51-56:
16. Վարդանյան Ռ.Ռ. Արևային ֆոտոէլեկտրական կայաններ. նպաստող գնային քաղաքականություն // Գիտություն աշխարհում.- Երևան, 2008.- №1.- էջ 58-62:
17. Фалеев Д.С. Возобновляемые и ресурсосберегающие источники энергии: Учеб. пособие.- Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2005.- 180 с.
18. Այվազյան Կ.Գ., Վարդանյան Ա.Ա. Ֆոտովոլտայի բարձր խտացման մոդուլ // Վերականգնվող և մաքուր էներգիայի հինգերորդ համաժողովի նյութեր.- Երևան: Հայաստան, 2014.- էջ 199-202:
19. Паносян Ж.Р., Пирадян М.Г., Степанян А.В. Экологически чистая энергетика будущего // Вестник МАНЭБ. -СПб., 2002.- №4 (52).- С. 37-39.
20. Փանոսյան Ժ.Ռ., Մարուխյան Ռ.Չ. Արդյունավետ և մրցունակ արեգակնային էլեկտրականների արտադրության նոր տեխնոլոգիական մշակումներ // Վերականգնվող էներգետիկական Հայաստանում. իրողությունը և հեռանկարները.- Երևան, 2003.- էջ 97-101:
21. Advances in Photovoltaics: Part 1 / Edited by Gerhard Willeke, Eicke Weber.- Publisher: Elsevier, 2014.- 164 p.
22. Cristobal A., Mart V., Lopez A. Next Generation of Photovoltaics. New Concepts. Series: Springer Series in Optical Sciences.- 2012.- V. 165, XV.- 354 p.
23. Бурдаков В.П. Электроэнергия из космоса. - М.: Энергоатомиздат, 1991.-151 с.
24. Патент RU 2570069. Способ получения графена / Владелец –ОАО “ВНИИАЛМАЗ” RU.- 10.12.2015.
25. Գալստյան Գ.Հ., Գնունի Բ.Տ. Հայաստանի և այլ տարածաշրջանների էներգահամակարգերի հոսսալիության ցուցանիշների համեմատական վերլուծություն // Բանբեր.- Երևան, 2012.- Թող. 15, №1.- էջ 93-101:
26. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3: Многолетние данные.- Часть 1-7, выпуск 16, Армянская ССР. -Л.: Гидрометеиздат, 1989.

27. Panosyan Zh. Solar Energy Research and Utilization in Armenia // Proceedings of Symposium 91 "The economic restructuring of Armenia".- Los Angeles, 1991.- P. 185-186.
28. Паносян Ж.Р., Аракелян А.О., Енгибарян Е.В., Берберян С.Е. Технология изготовления солнечных фотоэлектрических панелей // Известия НАН РА и ГИУА. Серия ТН.- 1998.- Т. 51, №2.-С 165-170.
29. Аракелян А.О., Паносян Ж.Р. Разработка и использование фотоэлектрических солнечных панелей и солнечных электростанций в Армении // Материалы Международной выставки-ярмарки и конференции "Инновации-98".- М., 1999.-С. 110-115.
30. ՀՀ Արտոնագիր №851, H01L31/02, 20.08.1999. Կիսահաղորդչային լուսաէլեկտրական կերպարիչիչ . Պաշտոնական տեղեկագիր / Ժ. Փանոսյան, Ա. Գիսպինու, Կ. Տուրյան, Յու. Կոնցևոյ, Ա. Առաքելյան, Ե. Ենգիբարյան, Ս. Ոսկանյան.- 2000.- №2.
31. Паносян Ж.Р., Пирадян М.Г. Факторы, влияющие на эффективность фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии // Сб. материалов ежегодной научной конференции ГИУА. – Ереван, 2001. – Т.1.– С. 162-163.
32. Паносян Ж., Пирадян М. Экономическое обоснование применения солнечных фотоэлектрических станций для электросбережения маломощных удаленных потребителей // Сб. материалов ежегодной научной конференции ГИУА. – Ереван, 2002. – Т.2. – С. 537-538.
33. Փանոսյան Ժ., Թումանյան Ա., Ենգիբարյան Ե., Պիրադյան Մ. 5,5 կՎտ հզորությամբ ԱՖԷԿ-ի նախագծում և կառուցում նոր PV մոդուլներով // ՀՊԵՀ-ի տարեկան գիտաժողովի նյութերի ժողովածու .- Երևան, 2004.- Հ.1.- Էջ 172-174:
34. Design, construction and monitoring of a solar photovoltaic station of AUA / Zh. Panosyan, A. Hambaryan, K. Touryan, A. Tumanyan, et al // Proc. of 21-th European photovoltaic energy conf.- Dresden, Germany, 2006.- P.2285-2288.
35. Патент RU 2244983 С1, H01L21/205, С 23 С16/26. Способ получения алмазоподобной углеродной пленки для инкапсуляции солнечного фотоэлектрического элемента / А.А. Гиппиус, Ж.Р. Паносян, К.Дж. Турьян, Ю.А. Концевой, Д.Ф. Перн, Е.В. Енгибарян, С.С. Восканян, А.В. Степанян.-20.01.2005.- Бюл. №2.

36. ՀՀ Ազգային ժողովի պաշտոնական կայք, ՀՀ Էներգետիկայի մասին օրենք, 2001թ .
: <http://www.parliament.am/legislation.php?sel=show&ID=1291&lang=arm>
37. ՀՀ Ազգային ժողովի պաշտոնական կայք. «Էներգափնայ ողու թյան և վերականգնվող Էներգետիկայի մասին» ՀՀ օրենքում և ևրացումներ և փոփոխություններ կատարելու մասին, 2016թ .
<http://www.parliament.am/legislation.php?sel=show&ID=5493>
38. Հայաստանի իրավական տեղեկատվական համակարգ. ՀՀ Հանրային ծառայությունները կարգավորող հանձնաժողովի որոշում, 5.10. 2016, <http://www.arlis.am/DocumentView.aspx?docid=109005>
39. Հավելված ՀՀ Հանրային ծառայությունները կարգավորող հանձնաժողովի որոշման: Կարգ՝ «Վերականգնվող Էներգետիկ ռեսուրսներ օգտագործող ինքնավար Էներգաարտադրողի և Էլեկտրական Էներգիայի բաշխման և իրացնող անձի կողմից մատակարարված Էլեկտրական Էներգիայի դիմաց հատուցում տրամադրելու»:
40. (Էլեկտրոնային ռեսուրս) ՀՀ Էներգետիկայի և բնական պաշարների նախարարության պաշտոնական կայք:
<http://www.minenergy.am/page/416>
41. Фаренбрух А., Бьюб Р. Солнечные элементы. Теория и эксперимент. - М.: Энергоатомиздат, 1987.- 278 с.
42. Hertz H. Ueber einen Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung (An effect of ultraviolet light on electrical discharge) // Ann. Phys.- 1887. -P. 983–1000. doi: 10.1002/andp.18872670827 (нем.)
43. Chaplin D.M., Fuller C.S., Pearson G.L. A New Silicon p-n Junction Photocell for Converting Solar Radiation into Electrical Power // Journ. Appl. Phys.-1954.-25.-P. 676-677.
44. Полупроводники в науке и технике. Том I / Академия наук СССР, Институт полупроводников; Под редакцией А.Ф. Иоффе. - М.; Л., 1957.- 470 с.
45. Полупроводники в науке и технике. Том II / Академия наук СССР, Институт полупроводников; Под редакцией А.Ф. Иоффе. - М.; Л., 1957.- 658 с.
46. Smith R.A. Semiconductors.- Cambridge at the University press, 1957. – 467 p.
47. Панков Ж. Оптические процессы в полупроводниках. - М.: Издательский дом МЭИ, 2008.- 317 с.
48. Рывкин С.М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках: Физика полупроводников и полупроводниковых приборов. - М.: ФИЗМАТГИЗ, 1963.- 494 с.

49. Вопросы физики твердого тела: Преобразование солнечной энергии / Под редакцией Б. Серафина. - М.: Энергоиздат, 1982. - 318 с.
50. Мосс Т., Баррел Г., Эллис Б. Полупроводниковая оптоэлектроника.- М.: Мир, 1976.- 430 с.
51. Колтун М.М. Солнечные элементы. - М.: Наука, 1987. -190 с.
52. Физика полупроводниковых приборов. Книга 1 / Под редакцией С.Зи.- М.: Мир, 1984.- 456 с.
53. Физика полупроводниковых приборов. Книга 2/ Под редакцией С.Зи.- М.: Мир, 1984.- 456 с.
54. Shenai-Khatkhate, D.V., Goyette, R.J., DiCarlo , R.L. Jr., Dripps, G. Environment, Health and Safety Issues for Sources Used in MOVPE Growth of Compound Semiconductors // Journal of Crystal Growth.- 2004.- 272 (1–4). –P. 816–821. DOI:10.1016/j.jcrysgro.2004.09.007.
- 55.Гременок В.Ф., Тиванов М.С., Залесский В.Б. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов.- Минск: Издательский центр БГУ, 2007.- 222 с.
- 56.Mario Pagliaro Dr., Rosaria Ciriminna Dr., Giovanni Palmisano. Chemsuschem Chemistry & Sustainable Energy & Materials // Flexible Solar Cells. -November 24, 2008.- Vol. 1, issue 11.- P. 880–891.
57. Schramek P., Mills D. Multi-tower solar array // Solar energy. – 2003. - Vol. 75, № 3.- P. 249 – 260.
58. Колтун М.М. Оптика и метрология солнечных элементов. - М.: Наука, 1985. - 280 с.
59. Այվազյան Գ.Ե., Խոսրոսյան Ս.Խ. Արևային էլեմենտներ և համակարգեր . Ուսումնական ձեռնարկ .- Եր .: Ճարտարագետ, 2015. -86 էջ :
60. Javier Cubas, Santiago Pindado, Carlos de Manuel. Explicit Expressions for Solar Panel Equivalent Circuit Parameters Based on Analytical Formulation and the Lambert W-Function // Energies. -2014. – V.7(7). – P. 4098-4115.
61. Հարությունյան Վ.Մ., Գասպարյան Ֆ.Վ., Ադամյան Զ.Ն. Ֆոտոլիդիոսինթեզ . անցյալը, ներկան, ապագան. – Ե.: Հայաստան, 1986.- 231 էջ :
62. Այվազյան Կ.Գ. Բարձրարդյունավետությամբ արևային էլեմենտներ և կայաններ .-Ե.: Գասպրինտ, 2016.- 196 էջ :
63. Kumaresh V., Mridul Malhotra, Ramakrishna N., Saravana Prabu R. Literature review on solar MPPT systems // Advance in Electronic and Electric Engineering.- 2014. – V. 4, №3. –P. 285-296.
64. Nevzat O. Recent Developments in Maximum Power Point Tracking Technologies for PV Systems // Int. J. of Photoenergy. ID 245316. – 2010. – P. 1-11.
65. Efram T., Chapman P.L. Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques // IEEE Trans. on Energy Conversion. – 2007. –V. 22, №2. –P. 439-449.

66. Ayvazyan K.G., Barseghyan A.R., Kirakosyan L.G. On the Control of PV System Maximum Power Point by output parameters // Proc. of Eng. Academy of Armenia. -2009. – V. 6, №3 .- P. 429-434.
67. Ayvazyan K.G., Kirakosyan G.H., Kirakosyan L.G., Vardanyan A.A. PV System maximum Power Point by output Parameters // Proc. of 3rt Int. Renewable and Clean Energy Conference.- Armenia, 2009. - P. 16.
68. Faranda R., Leva S., Maugeri V. MPPT Techniques for PV Systems: Energetic and Cost Comparison // Proc. of IEEE power and Energy Society general Meeting – Conversion and Delivery of Electrical Energy. – 2008. – P. 1-6.
69. Salas V., Olias E., Barrado A., Lazaro A. Review of the Maximum Power point tracking Algorithms for Stand-alone Photovoltaic Systems // Sol. Energy Mater. Sol. Cells . – 2006. – V. 90, №11. – P. 1555-1578.
70. Surya Kumari J., Babu Ch. Sai. Comparison of MPPT Algorithms for PV System // Int. J. of Advances in Eng. & Techn. – 2011. – V. 1, №5. – P. 133- 148.
71. Piegari L., Rizzo R. Adaptive Perturb and Observe Algorithm for PV Maximum Power Point Tracking // IETRenewable Power Generation.- 2010.- V. 4, №4. – P. 317-328.
72. Sera D., Kerekes T., Teodorescu R., Blaabjerg F. Improved MPPT Algorithms for Rapidly Changing Environmental Conditions // Proc. 12th Int. Conf. on Power Electronics and Motion Control. – 2006. – P. 1614 -1619.
73. Ford G. CSP Sees a Bright Future for Linear Fresnel Technology // Renewable Energy Focus.- 2008. -Vol. 9, №10.- P. 48-49.
74. Palgrave R. Innovations In CSP // Renewable Energy Focus. - 2008. -Vol. 9, №6.- P. 44-49.
75. Taggart S. Parabolic troughs: Concentrating Solar Power (CSP)'s quiet achiever // Renewable Energy Focus. -2008.- Vol. 9, №4.- P. 46-48.
76. Wolf G., Gallego B., Tisdale R., Hopwood D. CSP Concentrates Mind // Renewable Energy Focus. -2008.- Vol. 9, №1.- P. 42-47.
77. Concentration Photovoltaics for Highest Efficiencies and Cost Reduction / J. Luther, A. Luque, A.W. Bett, F. Dimroth, et al // 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference. - Barcelona, Spain, 2005. - P. 1953-1957.
78. [Էլ Եկտրոնայ ին ԲԵՍՈՒՐՍ] Concentrated solar power: Versatile technology with huge potential for clean and affordable energy // Solar Server. 2013. URL: <http://www.solarserver.com/solarmagazine/solar-report/solar-report/concentrated-solar-power.html>

79. [Էլ Եկտրոնայ ին օնլայն] OpenEI Transparent Cost database. URL: <http://en.openei.org/apps/TCDB/>
80. Стребков Д.С., Тверьякович Э.В. Концентраторы солнечного излучения. – М.: Издательство ГНУ ВИЭСХ, 2007.- 315 с.
81. Колоколов А.А. Формулы Френеля и принцип причинности // УФН.-1999.- Т.169.- С. 1025-1034.
82. Фаберов А.М., Васильева Л.Н. Концентраторы солнечной энергии на основе полимерных линз Френеля // Концентраторы солнечного излучения для фотоэлектрических установок. -Л.: Энергоатомиздат, 1986.- С. 6-9.
83. Pacheco J.E., Reilly H.E., Kolb G.J., Tyner C.E. Summary of the Solar Two Test and Evaluation Program // 10th International Symposium on Solar Thermal Concentrating Technologies.- Sydney, Australia, March 8, 2000.
84. Progress in Development of All-Glass Terrestrial Concentrator Modules Based On Composite Lenses and III-V Solar Cells / V.D. Romyantsev, V.M. Andreev, A.W. Bett, F. Dimroth, et al // Proc. of 28th IEEE PVSC.- Anchorage, USA, 2000.- P. 1169-1172.
85. FLATCON-Modules: Technology and Characterisation / A.W. Bett, C. Baur, F. Dimroth, G. Lange, et al // Proc. of WCPEC-3.- Osaka, Japan, 2003.- P. 634-637.
86. The FLATCON concentrator PV-technology / A.W. Bett, C. Baur, F. Dimroth, H. Lerchenmuller, et al // Proceedings of the 3rd International Conference of Electricity or Hydrogen.- 2005.- P. 520-523.
87. Development og FLATCON-Modules // A. Mohr, G. Siefert, T. Roth, N. Sadchikov et al // 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 6-10 June 2005.- Barcelona, Spain, 2005.- P. 507-510.
88. Silva D., Sala G., Trebst T. Optical System for Indoor Operation of High Concentration Cells // 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 6-10 June 2005.- Barcelona, Spain, 2005.- P. 2353-2356.
89. Ultra-light stretched Fresnel lens solar concentrator for space power applications / M.J. O'Neil, M.F. Piszczor, M.I. Eskenazi, A.J. McDaniel, et al // Proceeding of the SPIE.-2003.- Vol. 5179.- P. 116–126.
90. Lin J.S., Huang W.C., Hsu H.C., Chang M.W. A study for the special Fresnel lens for high efficiency solar concentrators // Proceedings of the SPIE.-2005.- Vol. 5942.- P. 1–9.

91. Захидов Р.А. Технологии и испытания гелиотехнических концентрирующих систем.- Ташкент: Фан, 1978.- 184 с.
92. Stone K., Garboushyan V., Dutra D., Hayden H. Fleid Performance and Reliability Issues of High Concentration Photovoltaic Systems // Proc. 19-th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition.- Paris, France, 2004.- P. 2552-2555.
93. Slade A., Stone K.W., Gordon R., Garboushyan V. Expierence and Results of testing of Multi-junction Concentrator Solar Cells with the AMONIX Point-Focus System // 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference.-Barcelona, Spain, 2005.-P. 2414-2417.
94. Piszczor M.F, Swartz C.K, O'Neil M.J. The mini-dome Fresnel lens photovoltaic concentrator array: current status of component and prototype panel testing // Proc. of the 21st IEEE Photovoltaic Specialists Conference.- Orlando, Florida, 1990.- P. 1271–1276.
95. Ahighperformance photovoltaic concentrator array: The mini-dome Fresnel lens concentrator with 30% efficient GaAs/GaSb tandem cells / M.F. Piszczor, D.J. Brinker, D.J. Flood, J.E. Avery, et al // Proc. of the 22nd IEEE Photovoltaic Specialists Conference.- Las Vegas, Nevada, 1991.- P. 1485–1490.
96. Collares-Pereira M. High temperature solar collector with optimal concentration: Non-focusing Fresnel lens with secondary concentrator // Solar Energy.-1979.-23 (5). –P. 409–420.
97. Solar thermophotovoltaic converter based on tungsten emitters / V.M. Andreev, A.S. Vlasov, V.P. Khvostikov, O.A. Khvostikova, et al // Journal of Solar Energy Engineering.- 2007.- 129 (3).-P. 298–303.
98. US Pat. № 6399874, H01L031/052. Solar energy module and Fresnel lens for use in same / Olah Stephen.- 04.06.2002.
99. Representative Samples for Concentrator Photovoltaic Module Qualification Testing / R. McConnell, et al // 3rd International Conference on Solar Concentrators for the Generation of Electricity or Hydrogen.- Scottsdale, Arizona, 2005.- P. 36.
100. Fiels Test of a 500x Concentrator PV System with Dome Fresnel Lens / Y. Kemmoku, T. Egami, Y. Miyazaki, M. Hiramatsu, et al // 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference .-Barcelona, Spain, 2005.- P. 2335-2338.
101. A 550x Concentrator System with Dome-Shaped Fresnel Lenses / H. Araki, H. Uozumi, T. Egami, M. Hiramatsu, et al // 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference.-Barcelona, Spain, 2005.- P. 2043-2046.

102. Arizonsolar over 30 MW Power solar stations installed around the world -
<http://www.greentechmedia.com/articles/read/Biggest-CPV-Plant-in-U.S.-Now-on-the-Grid-at-Alamosa>
103. 260 Վտ հզոր ու թյամբ \$ ոտոել է կտրական մոդուլներով
 \$ ոտո գեներատորի կառուցվածքը և ստվերների հաշվարկային
 տարած ու թյ ու նների գնահատումը / Չ. Մ. Խաչիկյան, Ժ. Ռ. Փանոսյան, Լ. Ս.
 Գալստյան և այլք // Վերականգնվող և մաքուր էներգիայի 5-րդ
 միջազգային համաժողովի աշխատություններ. - Երևան, 2015. - Էջ 216-220:
104. US Pat. №6123067, H01L31/0352. Solar collector tracking system / Vahan G. Garboushian
 Gerald A. Turner.-26.09.2000.
105. Flatcon and Flashcon concepts for high concentration PV / A.W. Bett, F. Dimroth, S.W.
 Glunz, A. Mohr, et al // Proceedings of the 19th European Photovoltaic Solar Energy
 Conference.- 2004.- P. 2488-2491.
106. Evolution of the AMONIX High Concentration Photovoltaic System After Five Years of Field
 Operation / K.W. Stone, V. Garboushian, R. Boehm, R. Hurt, et al // 20th European Photovoltaic
 Solar Energy Conference, 6-10 June 2005.- Barcelona, Spain, 2005.- P. 2810-2813.
107. McConnell R., Symko-Davies M. High-Performance PV Future: III-V Multijunction
 Concentrators // 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 6-10 June 2005.-
 Barcelona, Spain, 2005.- P. 26-30.
108. Concentrator PV Modules with Multi-Junction Cells and Primary/Secondary Refractive
 Optical Elements / V. Romyantsev, A. Chalov, E. Ionova, et al // 19th European Photovoltaic
 Solar Energy Conference.- Paris, France, 2004.
109. Concentrator Array Based on GaAs Cells and Fresnel Lens Concentrators / V.D.
 Romyantsev, M. Hein, V.M. Andreev, A.W. Bett, et al // Proc. Of 16th European PVSC.-
 Glasgow, Scotland, 2000.- P. 2312-2315.
110. ՀՀ Արտոնագիր №1810 A2, H01L31/052. Արեգակնային էներգիայի
 կերպափոխման սարք / Ժ. Փանոսյան, Ե. Ենգիբարյան, Ա. Թումանյան, Ս.
 Ոսկանյան, Կ. Եղիշյան.- 15.06.2006:
111. ՀՀ Արտոնագիր №3008 A, H01L31/00. Արևի էներգիայի կերպափոխման
 լուսաէլեկտրական սարք / Ժ. Փանոսյան, Գ. Վարդանյան, Ա. Դռնոյան.-
 01.03.2016:

112. Փանոսյան Ժ., Առաքելյան Ա., Ենգիբարյան Ե., Դաշյան Զ. Բարձր խտացման ֆոտովոլտային կայանների արտադրման և օգտագործման նպատակահարմարությունը Հայաստանում // Վերականգնվող և մաքուր էներգիայի երրորդ միջազգային համաժողով.- Երևան, 2008.- Էջ 184-188:
113. Վարդանյան Գ.Պ., Փանոսյան Ժ.Ռ. Ֆրենելային հելիոտեխնիկական խտարարներում կորուստների վերլուծությունը // ՀԱՊՀ Լրաբեր. Մաս 2.-Երևան, 2015.- Էջ 447-453:
114. Патент RU N2401883 C2, C23C 16/26. Способ нанесения алмазоподобной углеродной пленки на подложку из органического стекла / Ж.Р. Паносян, С.С. Восканян. -20.10.2010.
115. Buresch M. Photovoltaic energy systems design and installation. -New York: McGraw-Hill, 1993. – 758 p.
116. Управление гелиотрекером солнечной энергоустановки / К.А. Аветисян, Г.П. Варданян, Г.Г. Киракосян, В.Г. Хачатурян и др // Известия НАН РА и НПУА. Серия ТН.- Ереван, 2017. (Տրված է խմբագրությունն 12. 05. 2017թ.)
117. Kirakosyan G.H., Ayvazyan G.Y., Barseghyan R.N. Modeling, simulation and optimization of PV pumping system // Proc. of Engineering Academy of Armenia. -2006. – V.3, N4.– P. 645-652.
118. Киракосян Г.Г., Аветисян К.А., Конджорян А.А. Моделирование и конструирование следящей системы за точкой максимальной мощности на основе нечеткой логики для солнечных энергетических установок // Вестник Инженерной академии Армении.- 2014.- Т.11, N. 1. -С. 135-141.
119. [Էլեկտրոնային ռեսուրս] Mearian L. Tesla boosts power output of its home battery, keeps prices the same // ComputerWorld .- 2015. URL: <http://www.computerworld.com/article/2933426/sustainable-it/tesla-boosts-power-output-of-its-home-battery-keeps-prices-the-same.html>
120. RENEWABLES 2015. GLOBAL STATUS REPORT. ISBN 978-3-9815934-1-9. 15 Rue de Milan. France, 2015.
121. "F&S services". Frost & Sullivan. Retrieved 2015-06-10.
122. Monique Spite. Springer Science & Business Media, Galaxy Evolution: Connecting the Distant Universe with the Local Fossil Record. Vangioni-Flam, Elisabeth; Cassé, Michel (2012). "Cosmic Lithium-Beryllium-Boron Story" . 6 Dec. 2012.
123. Disposable Batteries: Lithium Battery, Alkaline Battery, Lemon Battery, Mercury Battery, Water-Activated Battery, Cr-V3 Battery., General Books LLC., ISBN-13: 9781157449577
124. Սևոյան Զ.Ս., Փանոսյան Ժ.Ռ., Պետրոսյան Ռ.Պ., Սիմոնյան Հ.Ս. Էներգիայի պահուստավորման և սպառման ունիվերսալ համակարգ

// Յայ աս տան ի ճ ար տար ազ ի տակ ան ակ ադե մ ի այ ի Լ Ր Ա Բ Ե Ր .- 2016.-Յ .13, N2.- Էջ 318-324:

125. Stone K.W., Garboushian V., Boehm R. Analysis of five years of field performance of the Amonix high concentration PV system // Powergen.- Las Vegas, Nevada, April 2006.
126. Jay Apt, Lester B. Lave, Sarosh Talukdar, Granger Morgan M., Marija Ilic. Electrical Blackouts: A systemic Problem // CMU Electrical & Computer Engineering. –2004.
127. Binayak Banerjee, Dilan Jayaweera, Syed Islam. Modelling and Simulation of Power Systems // Smart Power Systems and Renewable Energy System Integration Series Studies in Systems, Decision and Control.- 2016.- Vol.57.-P. 15-28.
128. William Bolton. Programmable Logic Controllers. -Fifth Edition.- 2015.
129. Ego smart socket. Technical manual // Energy Technologies Limited. -2014.
130. Կոգարով Կ. ՀՀ-ում էներգետիկ համակարգը և ոլորտում առկա բնապահ պահպան հիմնախնդիրները // Յայ աս տան ի ճ ար տար ազ ի տակ ան ակ ադե մ ի այ ի Լ Ր Ա Բ Ե Ր . - Երևան, 2015.- Յ .12, N. 4.- Էջ 650-655:
131. DELTA. Аккумуляторные батареи (АКБ) // <http://www.delta-batt.com>. – М., 2016.
132. Руководство по эксплуатации герметизированных свинцово-кислотных аккумуляторов с регулирующими клапанами. Серии GX, GSC технология GEL: Эксплуатационная документация. – М., 2013.
133. Վարդանյան Գ.Պ. Արևային ֆոտոէլեկտրական մոդուլները և ֆրենեյլային խտարարների մակերեսների մաքրող սարքերի մշակում // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ Տեղեկագիր. - Երևան, 2016, Յ .69.-N.2.-Էջ 131-137:
134. Մինասյան Ս.Ա. Էներգետիկայի դեմոկրատացումը և հումանիզացումը քաղաքացիական հասարակության կարևորագույն պահանջն է // Յայ աս տան ի ճ ար տար ազ ի տակ ան ակ ադե մ ի այ ի Լ Ր Ա Բ Ե Ր .- Երևան, 2011.- Յ .8, № 2.- Էջ 301:
135. Մինասյան Ս.Ա. Էներգաբնապահ պահպան արդյունավետությանը ուղղորդված Յայ աս տան ի Հանրապետության էներգետիկական քաղաքականության անխուսափելի գաղափարախոսություն // Յայ աս տան ի ճ ար տար ազ ի տակ ան ակ ադե մ ի այ ի Լ Ր Ա Բ Ե Ր .- Երևան, 2011.- Յ .8, № 1.- Էջ 54:

136. Design, construction and monitoring of a solar photovoltaic station of AUA / Zh. Panosyan, A. Hambaryan, K. Touryan, et al // Proc. of 21-th European photovoltaic solar energy conference and exhibition. - Dresden, Germany, 2006.- P.2285-2288.
137. Паносян Ж.Р., Аракелян А.О., Енгибарян Е.В., Торосян Г.Г. Повышение КПД и долговечности фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН.-1997.- Т. 50, N. 1.- С. 30-36.
138. Паносян Ж. Р., Аракелян А. О., Енгибарян Е.В., Берберян С. Е. Технология изготовления солнечных фотоэлектрических панелей // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН.-1998.-Т. 51, N. 2.- С. 165-170.
139. Влияние радиации на алмазоподобные углеродные пленки, полученные методом ионноплазменного осаждения / Ж.Р. Паносян, К.Дж. Турьян, А.А. Гиппиус и др. // ТРУДЫ XVI Межд. конференции по физике радиационных явлений и радиационному материаловедению.-Алушта, Крым, 2004,- С. 342-344.
140. ՀՀ Արտոնագիրի հայտ AM20160088 H01L 31/00. Արևի էներգիայի կերպարվածումն լուսաէլեկտրական սարք / Գ.Պ. Վարդանյան, Ժ.Ռ. Փանոսյան.-Ներկայացված է 09.09.2016:
141. Patent USA 2010/0229916 A1, Protection System / Geraldine Bechamp.-Sep. 16, 2010.-8 p.
142. Болтон У. Конструкционные материалы: металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты: Карманный справочник. — М.: “Додэка-XXI”, 2004.-320 с.
143. Bolton W. Programmable Logic Controllers.- Fifth Edition.-2016.
144. Վարդանյան Գ.Պ., Փանոսյան Ժ.Ռ., Սևոյան Զ.Ս. Վարկուտից պաշտպանող արևային լուսաէլեկտրական արդյունավետ մոդուլները կառուցվածքային և արդյունավետ համակարգ // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ Տեղեկագիր.-2016.- Հ. LXIX, N4.- Էջ 354-362:
145. Վարդանյան Գ.Պ., Փանոսյան Ժ.Ռ., Սևոյան Զ.Ս. Ուսումնավար ժանրային ակննետրի հեռակառավարման համապիտանի արդյունավետ համակարգ // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ Տեղեկագիր.-2016.- Հ. LXIX, N4.- Էջ 337-343:
146. Վարդանյան Գ.Պ., Փանոսյան Ժ.Ռ., Սևոյան Զ.Ս. Ուսումնավար ժանրային նռնակնետրի հեռակառավարման համապիտանի արդյունավետ համակարգ // Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիայի ԼՐԱԲԵՐ. - Երևան, 2015.- Հ.12, N. 4.- Էջ 477-482: