

**ՍԱՐՔԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ, ՉԱՓԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ  
ԻՆՖՈՐՄԱՑԻՈՆ ՉԱՓԻՉ ՍԱՐՔԵՐ**

ՀՏԴ 621.382

**Ռ.Ռ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Ն.Կ. ԲԱԴԱԼՅԱՆ**

**ՖՈՏՈՎՈՒՍԱՅԻՆ ԵՎ ՋԵՐՄԱՅԻՆ ՀԻՔՐԻԴ ԿԵՐՊԱՓՈՒՏԻՉԻ  
ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ՄՈՆԻԹՈՐԻՆԳ**

Արևային էներգիայի արդյունավետ կերպափոխիչ սարքերի մշակումն ունի կարևորագույն նշանակություն: Արևային էներգետիկայի կերպափոխման խոստումնալից ուղղություն է ֆոտովոլտային և ջերմային (հիբրիդ) կերպափոխիչների մշակումը: Փորձնական եղանակով ուսումնասիրվել են առանց ջերմամեկուսացման և ջերմամեկուսացումով արևային հիբրիդ կերպափոխիչի բնութագրերը:

**Առանցքային բաներ.** արևային, ֆոտովոլտային, ջերմային, հիբրիդ, մոդուլ, կերպափոխիչ:

**Ներածություն.** Արևային էներգիայի կերպափոխիչ սարքերի մշակումն ունի կարևորագույն նշանակություն: Ներկայումս արևային էներգիայի փոխակերպումը և օգտագործումը կատարվում է հիմնականում երկու եղանակներով: Դրանցից առաջինը արևային էներգիայի փոխակերպումն է էլեկտրականի կիսահաղորդչային ֆոտոէլեկտրական մարտկոցների միջոցով, իսկ երկրորդը՝ արևային էներգիայի փոխակերպումն է ջերմայինի:

Արևային էներգետիկայի կերպափոխման խոստումնալից ուղղություն է ֆոտովոլտային և ջերմային (հիբրիդային) կերպափոխիչների և, մասնավորապես, ջերմային կոլեկտորներներով համալրված արևային ֆոտովոլտային մոդուլների մշակումը:

Ներկայումս արևային ֆոտովոլտային մոդուլները գործում են առանց ջերմային կոլեկտորների, այսինքն ջերմային էներգիան չի հեռացվում մոդուլներից, ինչի պատճառով վերջիններս տաքանում են, և աշխատանքային արդյունավետությունն էապես նվազում է: Նշված խնդրի լուծման նպատակով աշխատանքում հետազոտվում են արևային ֆոտովոլտային և ջերմային (ՖՎՋ) հիբրիդ մոդուլների բնութագրերը:

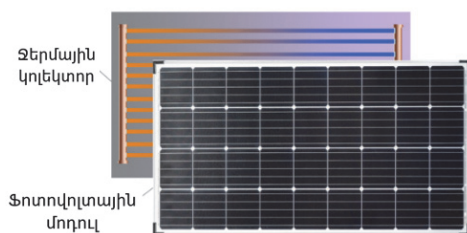
Ջերմային կոլեկտորներով հագեցված արևային ֆոտովոլտային մոդուլները կազմված են սովորական հարթ պանելային ֆոտովոլտային մոդուլներից, որոնց ներքին մակերեսին կցված է ջերմային կոլեկտորը: Վերջինիս միջոցով մոդուլից ջերմային էներգիան հեռացվում է, ինչի շնորհիվ մեծանում է էլեկտրական

կերպափոխման օ.գ.գ.- ն [1]: Ստացվում է նաև տաք ջուր, որն օգտագործվում է տարբեր նպատակներով:

Ինչպես նշված է ֆոտովոլտային և ջերմային (հիբրիդային) մոդուլների հետազոտությանը նվիրված աշխատանքում [2], կախված մոդուլի ջերմային բնութագրերից, արտաքին ջերմաստիճանի որոշ արժեքների դեպքում ջերմային կոլեկտորներով հագեցված արևային ֆոտովոլտային մոդուլների ջերմաստիճանը կարող է գերազանցել սովորական արևային ֆոտովոլտային մոդուլի ջերմաստիճանը: Այդ երևույթը անվանվել է «հակադարձ» պրոցես, ինչի հետևանքով ավելի վատթարանում է ֆոտովոլտային մոդուլի աշխատանքը:

Նշված խնդրի բազամակրոդմանի հետազոտության նպատակով աշխատանքում փորձնական եղանակով ուսումնասիրվել են տարբեր կառուցվածքներ ունեցող (առանց ջերմամեկուսացման և ջերմամեկուսացումով) արևային ֆոտովոլտային և ջերմային հիբրիդ կերպափոխիչների բնութագրերը:

**Փորձնական սարքավորման նկարագիրը.** Արևային ֆոտովոլտային և



Նկ. 1. Արևային ֆոտովոլտային և ջերմային հիբրիդ մոդուլ

ջերմային հիբրիդային մոդուլի կառուցվածքը պատկերված է նկ. 1 – ում:

Այն կազմված է հարթ պանելային ֆոտովոլտային մոդուլից, որի ներքին մակերեսին կցված է ջերմային կոլեկտորը: Տվյալ դեպքում մոդուլը զերծ է տակի ջերմամեկուսիչ շերտից, այսինքն այն ջերմամեկուսացված չէ:

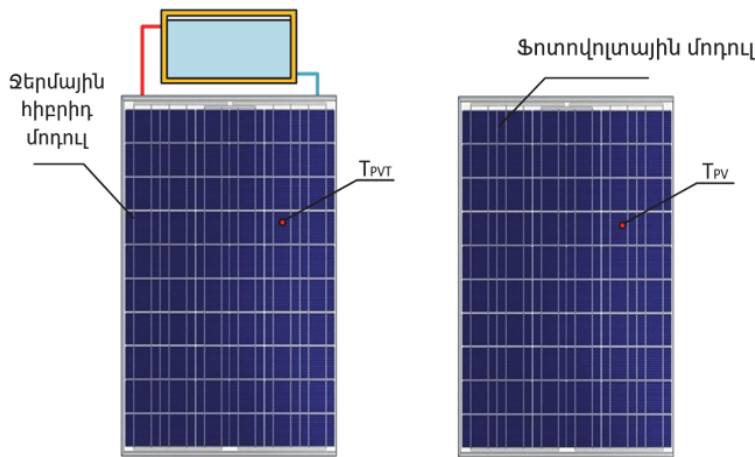
Հետազոտությունների առաջին փուլում չափվել են այդ մոդուլի ջերմային բնութագրերը՝ համեմատելով դրանք սովորական ֆոտովոլտային մոդուլի բնութագրերի հետ: Միանման արտաքին ազդեցություններ ապահովելու նպատակով հետազոտվող մոդուլները տեղաբաշխվել են հնարավորինս միմյանց մոտ, հորիզոնի նկատմամբ  $30^\circ$  թեքությամբ (նկ. 2):

Չափումները կատարվել են ՀԱՊՀ-ի «Կիսահաղորդչային ֆոտոէլեկտրական սարքեր» բազային գիտահետազոտական լաբորատորիայի փորձարարական տարածքում՝ բացօթյա:



Նկ. 2. Արևային ֆոտովոլտային և ջերմային հիբրիդային մոդուլ (ձախից) և սովորական ֆոտովոլտային մոդուլ (աջից)

Ֆոտովոլտային և ջերմային հիբրիդ մոդուլի հովացումը կատարվել է թերմոսիֆոնային մեթոդով: Այդ նպատակով համակարգը համալրվել է ջերմակուտակիչ ջրի բաքով, ջերմամեկուսացված արտաքին միջավայրից պենոպլեքսային թիթեղներով: Բաքի ջուրը շրջանառվում է բաց կոնտուրային թերմոսիֆոնային շրջանառության միջոցով, ինչի շնորհիվ մոդուլի ջերմային էներգիան տեղափոխվում է դեպի բաք: Փորձնական սարքավորման սխեմատիկական պատկերը ցույց է տրված նկ. 3 –ում:



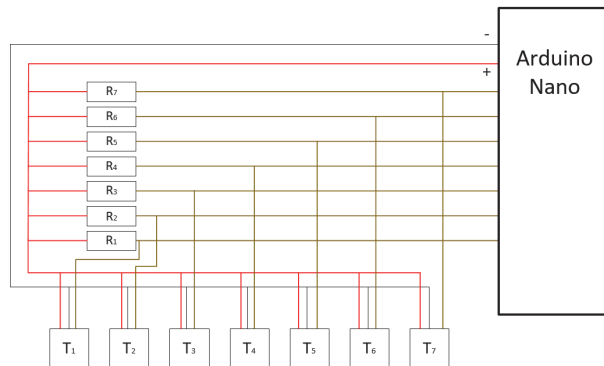
Նկ. 3. Փորձարկվող արևային ֆոտովոլտային ու ջերմային հիբրիդային և սովորական ֆոտովոլտային մոդուլներ

Հետազոտությունների երկրորդ փուլում հետազոտվող մոդուլի տակի կողմից տեղադրվել է ջերմամեկուսիչ շերտ՝ շսմ հաստությամբ պենոպլեքս, ապահովելով մոդուլի ջերմամեկուսացումը:

Այս դեպքում նույնպես չափվել են հիբրիդային մոդուլի ջերմային բնութագրերը՝ համեմատելով դրանք սովորական ֆոտովոլտային մոդուլի բնութագրերի հետ:

Արևային հիբրիդային, ինչպես նաև սովորական ֆոտովոլտային մոդուլների ջերմաստիճանները չափվել են ջերմաստիճանային տվիչների միջոցով, որոնք տեղադրվել են մոդուլների արտաքին լուսավորվող մակերեսների վրա: Չափվել են նաև համակարգի մյուս հանգույցների ջերմաստիճանները:

Ջերմաստիճանների չափման նպատակով մշակվել է չափիչ համակարգ, որը հնարավորություն է տալիս միաժամանակ կատարել 7 կետերում ջերմաստիճանների չափումներ: Ջերմաստիճանների գրանցման համար օգտագործվել են Dallas տիպի DS18B20 տվիչները, որոնք միացված են Arduino միկրոկոնտրոլլերին (նկ. 4):

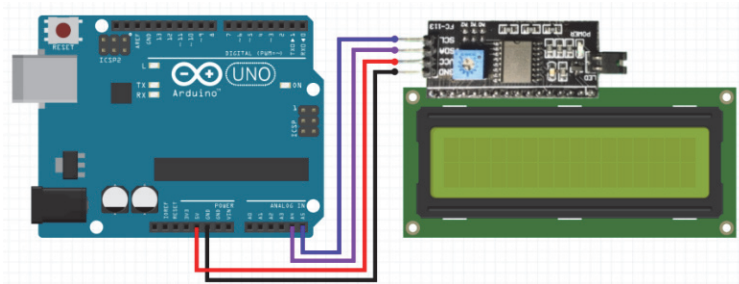


Սկ. 4. Dallas տիպի ջերմաստիճանի գրանցման տվիչների միացման սխեման

Ջերմաստիճանային տվիչների բնութագրերը հետևյալն են.

- ջերմաստիճանների չափման լայն միջակայք՝  $-55^{\circ}\text{C}$  մինչև  $+125^{\circ}\text{C}$ ,
- $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  սխալանք,
- սնուցման լարման միջակայք՝ 3 – 5.5 Վ,
- ջերմաստիճանի արժեքի հաղորդման թվային ելք:

Ջերմաստիճանների գրանցման սարքը բաղկացած է 2004a lcd տիպի էկրանից, որի վրա պատկերվում են ջերմաստիճանների արժեքները: Էկրանի և Arduino միկրոկոնտրոլերի միացման էլեկտրական սխեման ներկայացված է նկ. 5 - ում:



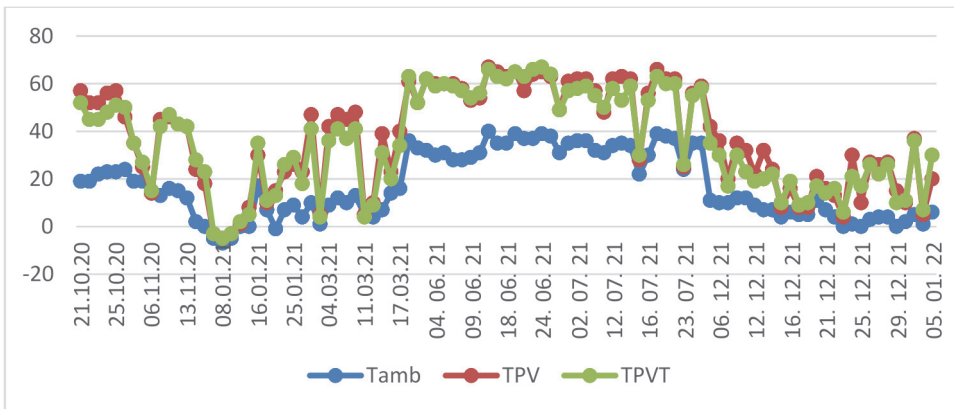
Սկ. 5. 2004a lcd էկրանի միացման սխեման

Որպեսզի տվիչները գրանցեն ջերմաստիճանների արժեքները, և դրանք արտապատկերվեն էկրանին, Arduino IDE ծրագրային միջավայրում մշակվել է համապատասխան ծրագիրը:

**Փորձնական հետազոտությունների արդյունքների վերլուծություն.** Չափումները կատարվել են բավականին երկար ժամանակահատվածում՝ 2020 – 2022 թվականներին, օրվա ժամը 12:00-13:00 ընկած միջակայքում: Չափվել են արևային հիբրիդային և սովորական ֆոտովոլտային մոդուլների ջերմաստիճանները,

շրջակա միջավայրի ջերմաստիճանը, ինչպես նաև ջերմակուտակիչ բաքի մուտքի և ելքի խողովակների ջերմաստիճանները:

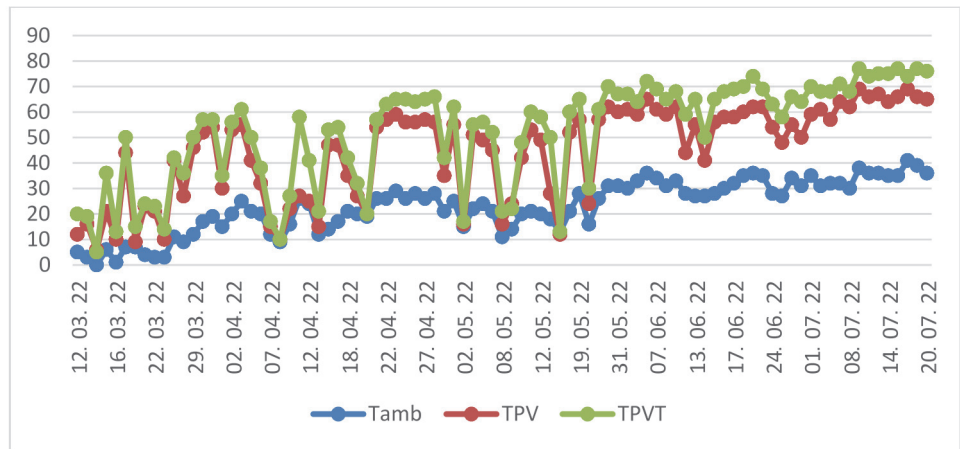
Հետազոտությունների առաջին փուլում կատարված չափումների արդյունքները (առանց ջերմամեկուսիչ շերտի հիբրիդային մոդուլի տակ) ներկայացված են նկ. 6 –ում: Ինչպես և սպասվում էր, հիբրիդային և սովորական ֆոտովոլտային մոդուլների ջերմաստիճանները շատ ավելի բարձր են, քան շրջապատի ջերմաստիճանը: Այդ տարբերությունը կազմում է միջին հաշվով 25 – 30 °C:



Նկ. 6. Առանց ջերմամեկուսիչ շերտի հիբրիդային և սովորական ֆոտովոլտային մոդուլների, ինչպես նաև շրջակա միջավայրի ջերմաստիճանները

Համեմատելով հիբրիդային և սովորական ֆոտովոլտային մոդուլների բնութագրերը, կարող ենք գրանցել, որ հիմնականում սովորական մոդուլի ջերմաստիճանը գերազանցում է հիբրիդային մոդուլի ջերմաստիճանը: Այսինքն, հովացնող ջրի ջերմասիֆոնային շրջանառության միջոցով հիբրիդային մոդուլի ջերմաստիճանը նվազում է, հետևաբար՝ մեծանում է վերջինիս օ.գ.գ. – ն: Սակայն որոշ դեպքերում (31 դեպք, ընդհանուր 97 չափումներից) հիբրիդային մոդուլի ջերմաստիճանը գերազանցում է սովորական մոդուլի ջերմաստիճանը, ինչը հանդիսանում է «հակադարձ» պրոցես [2]:

Հետազոտությունների երկրորդ փուլում կատարված չափումների արդյունքները (ջերմամեկուսիչ շերտով հիբրիդային մոդուլի տակ) ներկայացված են նկ. 7 –ում:



Սկ. 7. Ջերմամեկուսիչ շերտով հիբրիդային և սովորական ֆոտովոլտային մոդուլների, ինչպես նաև շրջակա միջավայրի ջերմաստիճանները

Այստեղ ևս հիբրիդային և սովորական ֆոտովոլտային մոդուլների ջերմաստիճանները ավելի բարձր են, քան շրջապատի ջերմաստիճանը: Սակայն, ի տարբերություն նախորդ արդյունքների, ջերմամեկուսիչ շերտի առկայության դեպքում հիբրիդային մոդուլի ջերմությունը հիմնականում (89 չափումներից 85 –ի դեպքում) գերազանցում է սովորական մոդուլի ջերմաստիճանը: Այսինքն՝ հիբրիդային մոդուլի ջերմամեկուսացման մեծացման հետ նվազում է ջերմափոխանցումը դեպի արտաքին միջավայր, և հիբրիդային մոդուլը հանդես է բերում ավելի փոքր օ.գ.գ. («հակադարձ» պրոցես):

**Եզրակացություն.**

- Կատարվել են արևային ֆոտովոլտային և ջերմային հիբրիդային մոդուլի ջերմային բնութագրերի մոնիթորինգ և համեմատություն սովորական արևային ֆոտովոլտային մոդուլի բնութագրերի հետ:

- Տույց է տրվել, որ հիբրիդային մոդուլի ջերմամեկուսացման մեծացման դեպքում թերմոսիֆոնային շրջանառությամբ ջրային հովացումը բավարար չէ մոդուլի ջերմաստիճանի նվազեցման համար: Այն գերազանցում է սովորական արևային մոդուլի ջերմաստիճանը, տեղի է ունենում «հակադարձ» երևույթը:

- Արևային հիբրիդային մոդուլի ջերմությունը նվազեցնելու և էլեկտրական կերպափոխման օ.գ.գ. – ն մեծացնելու նպատակով անհրաժեշտ է կիրառել հովացնող հեղուկի ակտիվ շրջանառություն պոմպի միջոցով, ինչպես նաև նվազեցնել մոդուլի ջերմային արդյունավետությունը՝ մշակելով առանց բավարար չափի ջերմամեկուսացում ունեցող մոդուլներ:

## ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Hasan A., Sarwar J., Shah H.** Concentrated photovoltaic: A review of thermal aspects, challenges and opportunities// Renewable and Sustainable Energy Reviews, ELSEVIER.- 2018.-Vol. 94.- P.835-852.
2. **Vardanyan R.R., Dallaqyan V.K., Travajyan M.G.** Temperature Dependent Performance of Solar Photovoltaic and Thermal Hybrid Systems// Springer, Journal of Contemporary Physics. - 2020. - Vol.55(4). - P.339-344.  
<http://link.springer.com/article/10.3103/S1068337220040180>

**Ր.Ր. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Ն.Կ. ԲԱԴԱԼՅԱՆ**

### **МОНИТОРИНГ ПАРАМЕТРОВ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ТЕПЛООВОГО ГИБРИДНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

Разработка эффективных устройств преобразования солнечной энергии имеет первостепенное значение. Перспективным направлением преобразования солнечной энергии является разработка фотоэлектрических и тепловых (гибридных) преобразователей. В данной работе экспериментально исследованы характеристики солнечного фотоэлектрического и теплового гибридного преобразователя без теплоизоляции и с теплоизоляцией.

**Ключевые слова:** солнечный, фотоэлектрический, тепловой, гибридный, модуль, преобразователь.

**R.R. VARDANYAN, N.K. BADALYAN**

### **MONITORING THE PHOTOVOLTAIC AND THERMAL HYBRID CONVERTER CHARACTERISTICS**

The development of efficient solar energy conversion devices is of utmost importance. The development of photovoltaic and thermal (hybrid) converters is a promising direction of solar energy conversion. In this work, the characteristics of the solar photovoltaic and thermal hybrid converter without thermal insulation and with thermal insulation were studied experimentally.

**Keywords:** solar, photovoltaic, thermal, hybrid, module, converter.