

Դ.Վ. ԱՂԱԲԵԿՅԱՆ, Ա.Գ. ԱՅՎԱԶՅԱՆ, Ռ.Ա. ԹՈՎՄԱՍՅԱՆ, Ա.Ա. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

ԱՐԵՎԱՅԻՆ ԿԱՅԱՆՆԵՐԻ ԴԻՍԿՐԵՏ ՌԵԺԻՄՈՒՄ ԱՐԵՎԻՆ ՀԵՏԵՎՈՂ
ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

Մշակվել և փորձարկվել է արևային կայանների համար դիսկրետ կարգավորման ռեժիմում արևին հետևող համակարգ: Ցույց է տրվել, որ կողմնորոշման կարճ դադարների կիրառումը հանգեցնում է պտտող սարքակազմի էլեկտրաէներգիայի ծախսի մի քանի անգամ նվազեցմանը՝ արևային կայանով գեներացված էլեկտրաէներգիայի աննշան փոքրացման դեպքում:

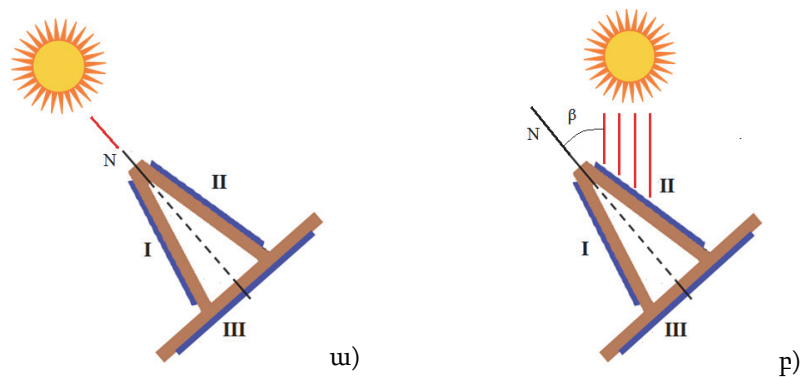
Առանցքային բառեր. արևային էլեմենտ, կայան, արևին հետևում, դիսկրետ ռեժիմ:

Ներածություն: Արևային էլեմենտները (ԱԷ) կարող են աշխատել առանց կամ լույսի խտարարներով: Վերջին դեպքում կիրառվում է խտարարի ուժեղացման գործակցի համեմատ ավելի քիչ մակերեսով ԱԷ: Լույսի խտարարներով ԱԷ-ներից են նաև, այսպես կոչվող, «ուղղահայաց p-n անցումով» սիլիցիումային ԱԷ-ները, որոնց լուսային ճառագայթների ուղղությունը համընկնում է p-n անցման հարթությանը [1, 2]: Դրանց հիման վրա պատրաստված արևային կայանների գործնական կիրառման համար անհրաժեշտ է ապահովել առավելագույն լուսաընկալում՝ իրականացնելով արևին հետևում:

Արևին հետևելու համար ներկայումս լայնորեն օգտագործվում են լուսազգայուն սովիչներ, որոնք կազմված են 2...4 կիսահաղորդչային ֆոտոէլեկտրական տարրերից՝ ֆոտոռեզիստոր, ֆոտոդիոդ, ֆոտոտրանզիստոր, արևային էլեմենտ [3-5]: Երբ արևը գտնվում է արևային համակարգի կենտրոնում, բոլոր ֆոտոէլեկտրական տարրերը ստանում են լույսի ինտենսիվության նույն քանակությունը: Մակայն օրվա ընթացքում նշված դիրքից շեղման ժամանակ դրանց վրա ընկնող լուսային ինտենսիվությունները կլինեն տարբեր: Այս դեպքում որոշակի ակտիվությամբ համապատասխան ազդանշանը տրվում է արևային կայանի պտտող սարքակազմին, որն էլ կայանը տեղաշարժում է այնպիսի դիրքի, երբ բոլոր ֆոտոէլեկտրական տարրերի պարամետրերը կլինեն հավասար: Դա թույլ է տալիս ճշգրտորեն հետևել արևի հետագծին օրվա ընթացքում և տարվա կտրվածքով:

Մեր կողմից մշակվել և փորձարկվել էր երեք ԱԷ-ից բաղկացած արևին հետևող լուսազգայուն սովիչ, որի կառուցվածքը բերված է նկ. 1-ում [6, 7]: Դրա թեք մետաղական միջնորմների վրա տեղակայված են երկու դիմային ԱԷ (I և II),

իսկ հիմքին՝ թիկունքային ԱԷ (III): Դիմային ԱԷ-ները նախատեսված են արևի դիրքի որոշման համար, իսկ թիկունքայինը՝ առավոտյան արևային կայանի գործարկման համար:

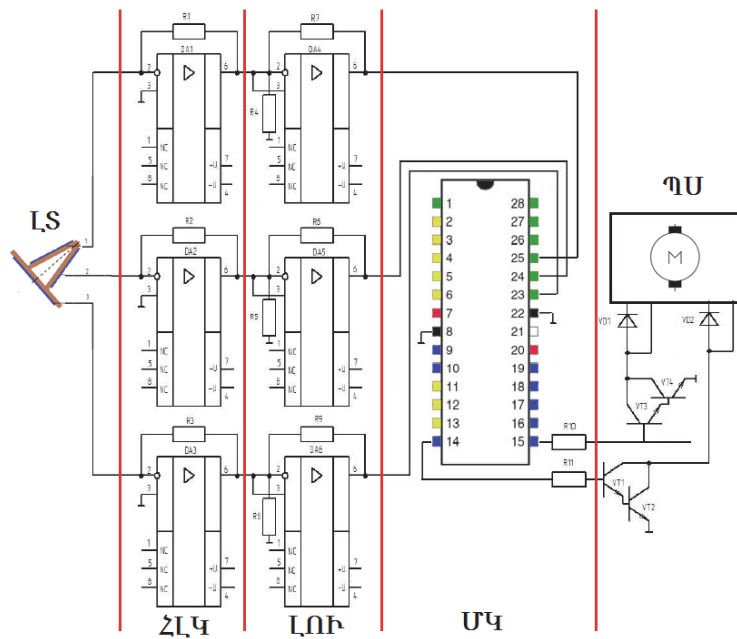


Նկ. 1. Լուսազգայուն տվիչի կառուցվածքը և դիրքերն արևային ճառագայթների անկման ուղղության նկատմամբ զուգահեռ (ա) և շեղված (բ) դիրքերում

Այս և հայտնի այլ լուսազգայուն տվիչներով արևային կայանների արևին հետևումն իրականացվում է անընդհատ ռեժիմով, որը հանգեցնում է էլեկտրական էներգիայի զգալի կորուստների: Սույն աշխատանքում մշակվել և փորձարկվել է լուսազգայուն տվիչներով դիսկրետ (ընդհատ) կարգավորման ռեժիմում արևին հետևող համակարգ:

Համակարգի նկարագրությունը: Նկ. 2-ում բերված է լուսազգայուն տվիչով (LS) արևին հետևող համակարգի սկզբունքային էլեկտրական սխեման: Այն ներառում է հոսանք-լարում կերպափոխիչ (ՀԼԿ), լարման ուժեղարար (ԼՈւ) և միկրոկոնտրոլեր (ՄԿ): Հոսանք-լարում կերպափոխիչներն իրականացնում են ԱԷ-ների հոսանքների կերպափոխում՝ համապատասխան լարումներին, որոնք լարման ուժեղարարների միջոցով ուժեղացվում են, որպեսզի համապատասխանեցվեն միկրոկոնտրոլերի մուտքային ազդանշանների պահանջվող մակարդակին: Միկրոկոնտրոլերն իրականացնում է ստացված տեղեկատվության մշակում. լարման արժեքները ներքին անալոգա-թվային ձևափոխիչներով փոխարկում է համապատասխան թվային կոդերի, որոնք էլ մշակում են (համեմատում են) ըստ ծրագրավորված ալգորիթմի: Միկրոկոնտրոլերի ելքից պատռող սարքակազմի (ՊՄ) մուտքին տրվում է համապատասխան տեղեկություն՝ պտտման ուղղության, քայլի և հակադարձ լրիվ պտտման վերաբերյալ: Էլեկտրական սխեմայում հոսանք-լարում կերպափոխիչը և լարման ուժեղարարն իրականացվել են AD82 օպերացիոն ուժեղարարների հիման վրա, իսկ որպես միկրոկոնտրոլեր կիրառվել է Atmega 8 մանիշի միկրոկոնտրոլերը: Դիոդները ծառայում են տրանզիստորների պաշտ-

պանության համար կոմուտացիոն մեծ լարումների ժամանակ: Դարվինգտոնի սխեմաները (VT, VD) նախատեսված են ՄԿ-ի էլքային բեռնվածքային հնարավորությունը մեծացնելու համար:



Նկ. 2. Արևին հետևող համակարգի էլեկտրոնային հանգույցի սկզբունքային էլեկտրական սխեման

Մշակվել է որոշակի Δt ժամանակային դադարներով դիսկրետ կարգավորման ռեժիմում համակարգի աշխատանքային ալգորիթը: Հաշվի են առնվել հետևյալ պահանջները.

- Որպեսզի բացառվի պտտող սարքակազմի գործառույթը օրվա ընթացքում, երբ բոլոր ԱԷ-ներն ունեն մոտավորապես հավասար հոսանքներ (օրինակ, փոփոխական ամպամածության պայմաններում), ապա հարկավոր է հաշվի առնել III ԱԷ-ի հոսանքի չափման հարաբերական սխալանքը: Այս պայմանը նշանակում է, որ պտտող սարքակազմի հետադարձ պտույտ հնարավոր է միայն այն դեպքում, երբ հարաբերական սխալանքը փոքր է թույլատրելի շեմային արժեքից՝ m .

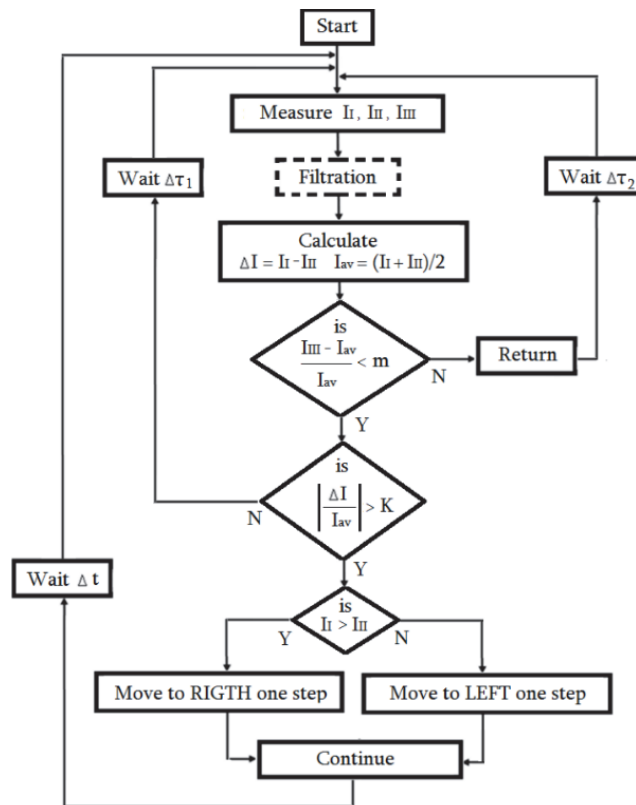
$$\frac{I_{III} - (I_I + I_{II})/2}{(I_I + I_{II})/2} = \frac{I_{III} - I_{av}}{I_{av}} < m:$$

- Քանի որ ՊՄ-ի անկյունային քայլը կատարվում է սահմանափակ արագացմամբ և արագությամբ, ապա հաջորդական քայլերի միջև անհրաժեշտ է նախատեսել որոշակի ժամանակային դադար՝ Δt :

- Անհրաժեշտ է բացառել ՊՄ-ի գործառույթը, երբ I և II ԱԷ-ների հոսանքների տարբերությունների չափման հարաբերական սխալանքը փոքր է թույլատրելի շեմային արժեքից՝ k : Այս պայմանը նշանակում է, որ ՊՄ-ն գտնվում է դադարի վիճակում Δt ժամանակահատվածում, երբ՝

$$\left| \frac{I_I - I_{II}}{(I_I + I_{II})/2} \right| = \left| \frac{\Delta I}{I_{av}} \right| < k:$$

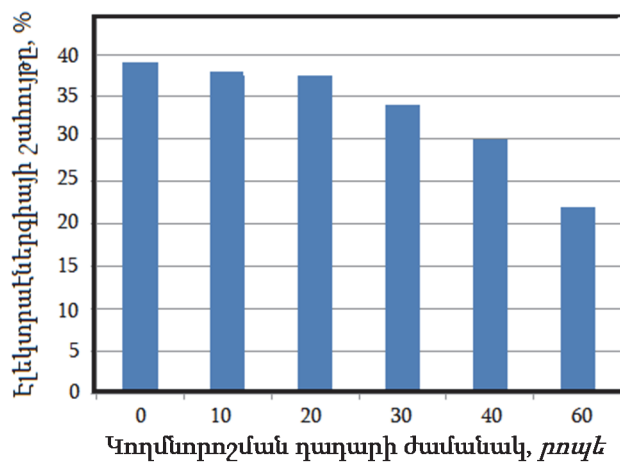
Նկ. 3-ում բերված է համակարգի աշխատանքային ալգորիթը, որում Filtration գործողությունը մատնանշում է հոսանքների չափված արժեքների զտում-միջինացում:



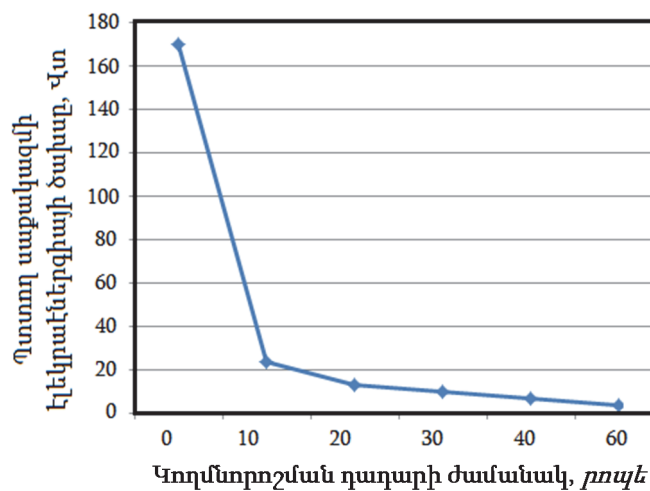
Նկ. 3. էլեկտրոնային հանգույցի աշխատանքի ալգորիթը

Ալգորիթի գործնական կիրառման համար ընտրվել են հետևյալ թվային արժեքները՝ $m=0.05$, $k=0.05$, $\Delta\tau_1=10\text{վրկ}$ և $\Delta\tau_2=60\text{վրկ}$, համապատասխանաբար մեկ քայլ (one step) և հետադարձ ամբողջական պտույտ (return) կատարելու դեպքում: Համակարգի միկրոկոնտրոլերի ծրագրավորումն իրականացվել է Embedded C ծրագրային միջավայրում:

Համակարգի փորձարկումը: Համակարգը փորձարկվել է «Բարվա» ինովացիոն կենտրոնի արևային փորձակայանի վրա [8]: Նկ. 4-ում բերված են փորձակայանի հունիս ամսին օրական գեներացրած էլեկտրաէներգիայի շահույթի միջինացված արժեքներն անշարժ (առանց արևին հետևելու) դեպքի համեմատ՝ կողմնորոշման դադարի տարբեր տևողությունների դեպքում ($\Delta t = 0$ -ն համապատասխանում է արևին անընդհատ հետևմանը): Նկ. 5-ում բերված են ՊՄ-ի էլեկտրաէներգիայի օրական ծախսի միջինացված արժեքները՝ կախված կողմնորոշման տեղաշարժի դադարի տևողությունից:



Նկ. 4. Արևային փորձակայանի օրական գեներացրած էլեկտրաէներգիայի շահույթի միջինացված արժեքները դադարի տարբեր ժամանակների դեպքում



Նկ. 5. Արևային փորձակայանի պատռող սաքակազմի էլեկտրաէներգիայի ծախսի միջինացված արժեքները՝ կախված դադարի ժամանակից

Ինչպես հետևում է բերված տվյալներից, $\Delta t=20$ րոպե տևողությամբ կողմնորոշման տեղաշարժի դադարը հանգեցնում է ՊՍ-ի էլեկտրաէներգիայի ծախսի մոտավորապես 10 անգամ նվազմանը՝ արևային կայանով գեներացված էլեկտրաէներգիայի աննշան նվազման պայմաններում:

Եզրակացություն: Մշակվել են արևային կայանների արևին հետևող համակարգ և դրա աշխատանքային ալգորիթներ: Էլեկտրական էներգիայի ծախսի խնայողության համար առաջարկվել է արևին հետևումն իրականացնել դիսկրետ կարգավորման ռեժիմում կողմնորոշման տեղաշարժի և պտտող սարքակազմի հաջորդական քայլերի որոշակի ժամանակային դադարներով: Հիմնավորվել են այդ դադարների տևողությունները՝ 20 րոպե, 10 վրկ և 60 վրկ համապատասխանաբար տեղաշարժ, մեկ քայլ և հետադարձ պտույտ կատարելու դեպքերում: Դա հանգեցնում է արևային կայանի պտտող սարքակազմի էլեկտրաէներգիայի ծախսի մոտավորապես 10 անգամ նվազմանը՝ կայանով գեներացված էլեկտրաէներգիայի աննշան փոքրացման պայմաններում:

Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ գիտության կոմիտեի ֆինանսական աջակցությամբ՝ 22AA-2B001 և 22YR-2B001 ծածկագրերով գիտական թեմաների շրջանակներում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Варданын А.А., Айвазян Г.Е., Киракосян Г.Г., Петросян А.В.** Исследование ВАХ планарных и торцевых солнечных элементов // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН.- 2005.- Т. LVIII, № 1. - С. 127-131.
2. **Վարդանյան Ա.Ա., Թովմայան Ռ.Ա.** Ուղղահայաց p-n անցումով արևային տարրերի հիման վրա արևային էներգիայի փոխակերպիչների պատրաստումը և հետազոտումը // ՀԱՊՀ Լրաբեր.- 2022.- Մաս I.- Էջ 245-249:
3. A Review on Photovoltaic Systems: Mechanisms and Methods for Irradiation Tracking and Prediction/ **H. Loschi, Y. Iano, J. León, A. Moretti, F.D. Conte, H. Braga** // Smart Grid and Renewable Energy.- 2015. - N 6.- P. 187-208.
4. **Hafez A.Z., Yousef A.M., Harag N.M.** Solar Tracking Systems: Technologies and Trackers Drive Types – A Review // Renewable and Sustainable Energy Reviews.- 2018.- V. 91.- P. 754–782.
5. **Le C., Chou P., Chiang C., Lin C.** Sun Tracking Systems: A Review // Sensors.- 2009.- V. 9.- P. 3875-3890.
6. **Айвазян А.Г., Агабекян Д.В., Варданын А.А.** Солнечное электропитание базовых станций сотовой связи // Вестник НПУА: Информационные технологии, электроника, радиотехника.- 2020.- N2.- С. 81-85.
7. **Айвазян Г.Е., Агабекян Д.В., Варданын А.А., Петросян О.А.** Система отслеживания за Солнцем для фотовольтаических станций // Вестник НПУА. - Часть 1. – 2018. – С. 160-165.

8. Ayvazyan A.G., Aghabekyan D.V., Vardanyan A.A. Remote Monitoring System using GSM for Photovoltaic Stations // Proc. of 11th Int. Conf. on Semiconductor Micro- and Nanoelectronics.- Yerevan, Armenia, 2017.- P. 153-156.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 11.10.2023:

Д.В. АГАБЕКЯН, А.Г. АЙВАЗЯН, Р.А. ТОВМАСЯН, А.А. ВАРДАНИЯН

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ В
ДИСКРЕТНОМ РЕЖИМЕ СОЛНЕЧНЫХ СТАНЦИЙ**

Для солнечных станций разработана и испытана система слежения за Солнцем в режиме дискретного регулирования. Показано, что применение коротких остановок позиционирования приводит к сокращению энергопотребления поворотного устройства в несколько раз, при этом дневная выработка электроэнергии уменьшается незначительно.

Ключевые слова: солнечный элемент, станция, слежение за Солнцем, дискретный режим.

**D.V. AGHABEKYAN, A.G. AYVAZYAN, R.A. TOVMASYAN,
A.A. VARDANYAN**

**DEVELOPING A SUN TRACKING SYSTEM IN THE DISCRETE MODE
OF SOLAR STATIONS**

A solar tracking system in discrete control mode has been developed and tested for solar stations. It has been shown that the use of short positioning stops leads to a reduction in the power consumption of the rotary device several times, while the daily power generation decreases slightly.

Keywords: solar cell, station, sun tracking, discrete mode.