

**H.A. UMRSHATYAN, A.R. CHILINGARYAN, R.M. HOVAKIMYAN**  
**INVERSE KINEMATICS PROBLEM SOLUTION IN LABVIEW FOR THE STEWART PLATFORM ON SERVO MOTORS**

The inverse kinematics problem of the stewart platform on servo motors has been considered. Analytic expressions have been derived for determining the angular positions of each servo motor for the given position and spatial orientation of the platform. The program has been developed in LabVIEW for researching kinematics of the system.

**Keywords:** stewart platform, LabVIEW, spatial manipulator, nonlinear system, inverse kinematics.

ՀՏԴ 681.81.513.3:504.32

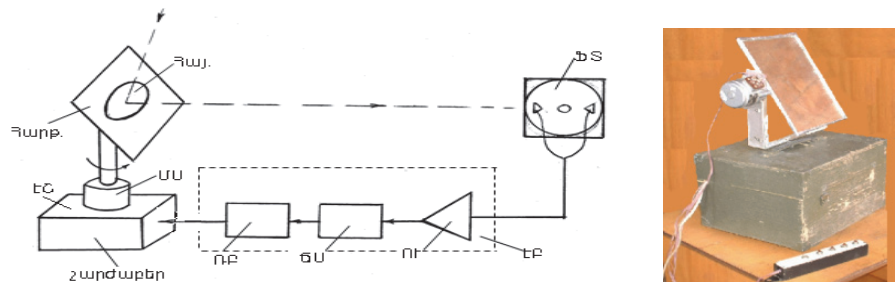
**Մ.Ձ. ՀԱԿՈՐՅԱՆ**

**ՄԹՆՈԼՈՐՏԻ ԵՐԿՐԱՄԵՐՁ ՇԵՐՏԵՐՈՒՄ ՎՆԱՍԱԿԱՐ ԳԱԶԱՅԻՆ ԲԱՂԱԴՐԻՉՆԵՐԻ ՉԱՓՄԱՆ ՀԱՄԱՐ ԱՐԵԳԱԿԻՆ ՀԵՏԵՎՈՂ ԱՎՏՈՄԱՏ ՀԱՄԱԿԱՐԳ**

Դիտարկվում են մթնոլորտի երկրամերձ շերտերում վնասակար գազային բաղադրիչների չափման համար Արեգակին հետևող ավտոմատ համակարգի մաթեմատիկական մոդելների կազման եղանակները, որոնք անհրաժեշտ են Արեգակի ճառագայթին հետևելու կայունությունը, պահանջվող ճշտությունը և արագագործությունն ապահովող պարամետրերի սահմանման համար:

**Առանցքային բաղեր.** մաթեմատիկական մոդել, հետևող համակարգ, ֆունկցիոնալ սխեմա, չափիչ սարք, օպտիկական առանցք:

Մշակված է մթնոլորտի երկրամերձ շերտերում վնասակար գազային բաղադրիչների չափման համար Արեգակին հետևող ավտոմատ համակարգ, որի ֆունկցիոնալ սխեման և արտաքին տեսքը պատկերված են նկ.1-ում:



Նկ. 1. Արեգակին հետևող համակարգի ֆունկցիոնալ սխեման և արտաքին տեսքը. հարթ-հարթակ, հայ-հայելի, ՖՏ-ֆոտոտվիչ, ԷՇ-ՔԴ-09 տիպի շարժիչ, ՄՍ-մարիչ սարք, ՈՐ-ռելեական բլոկ, ՃՍ-ճշգրտող սարք, ՈՒ-ՖՏ-ից ստացվող ΔՍ ազդանշանի ուժեղացուցիչ, ԷՔ-էլեկտրոնային բլոկ

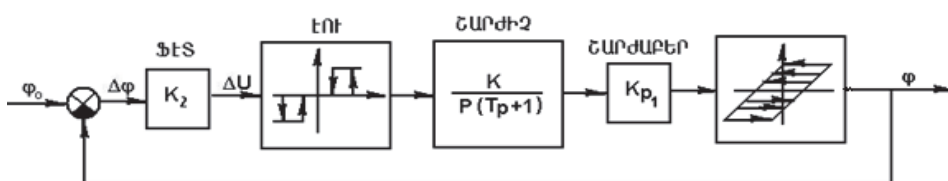
Երբ հայելուց անդրադարձած Արեգակի ճառագայթը տեղաշարժվում է չափիչ սարքի օբյեկտիվի առանցքի նկատմամբ, ՖՏ-ի ֆոտոտարրերի համապատասխան զույգը ազդանշան է ուղարկում դեպի ԷԲ, որը միացնում է փոփոխական հոսանքի շարժիչը: Ճշգրտող սարքն (ՃՍ) անհրաժեշտ է համակարգի որակը (պահանջվող ճշտությամբ հետևելը) ապահովելու համար: Չափման ճշտությունը կախված չէ հայելու և չափիչ սարքի միջև եղած հեռավորությունից, հայելու տրամագծի մեծությունից, ինչպես նաև չափիչ սարքի ճշտության հնարավորությունից: Որքան մեծ է հայելու տրամագիծը, այնքան մեծ է չափիչ սարքի առանցքից ճառագայթի շեղման  $\Delta\gamma$  անկյան թույլատրելի մեծությունը: Եթե հայելու տրամագիծը  $D$  է, իսկ չափիչ սարքի և հայելու միջև հեռավորությունը՝  $L$ , ապա  $\Delta\gamma$  անկյան թույլատրելի մեծությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$\Delta\gamma = \arctg \frac{D}{2L} :$$

Ըստ էլեկտրոնային սխեմայի՝ այն պահին, երբ դիմադրությունը համապատասխան ֆոտոէլեկտրական տվիչի ուղու ելքում գերազանցում է կոմպարատորի դիմադրությանը, նրա ելքում հաստատվում է տրանզիստորի բացման համար անհրաժեշտ պոտենցիալ, որից հետո միանում է շարժիչը:

Սխեմայի առանձնահատկությունն այն է, որ էլեկտրոնային շղթայի պահանջվող բնութագիրը անզգայության տիրույթի հետ ռելեական է, և հիստերեզիսի օղակով մտնող ու դուրս եկող ճյուղերում ձևավորվում է միացման և անջատման կոմուտացիա: Այսպիսով, ռելեի անջատումը կատարվում է ուժեղարարի ելքում փոքր դիմադրությունների դեպքում:

Հետևող համակարգի կառուցվածքային սխեման պատկերված է նկ.2-ում:



Նկ. 2. Հետևող համակարգի կառուցվածքային սխեման

Հետևող համակարգի յուրաքանչյուր տարրը համարվում է ոչ գծային և կարող է բնութագրվել երկու հատկանիշներով՝ անզգայության գոտու (փոքր ազդանշանների դեպքում) և հագեցման գոտու (մեծ ազդանշանների դեպքում) առկայությամբ: Նշված երկու հատկանիշները կարող են հանգեցնել ոչ գծային համակարգին հատուկ ավտոտատանումների ռեժիմի առաջացմանը, որոնց

ամայլիտուդային նշանակությունները որոշում են հետևող համակարգի սխալը: Հետևող համակարգի կարևոր տարր է անհամաձայնության չափիչը, որի սխալանքը որոշում է հետևող համակարգի աշխատանքի սխալը [1]:

Պետք է նշել, որ սխալները կախված չեն ազդանշանների բնույթից և լիովին որոշվում են միայն համակարգի դինամիկական հատկություններով: Ինտեգրող օղակի կիրառումը համակարգի շղթայի մեջ մեծացնում է նրա աշխատանքի ճշտությունը հաստատված ռեժիմում: Մշակված համակարգում աստատիզմի աստիճանը 1 է, հետևաբար՝ սխալն ըստ դիրքի 0 է: Ռելեական համակարգը թույլ է տալիս փոքրացնել ելքային կասկադի հզորությունը, մեծացնել համակարգի արագագործությունը: Այս պահանջների բավարարմանը կարելի է հասնել ուժեղացման գործակցի համապատասխան ընտրությամբ:

Մթնոլորտի երկրամերձ շերտերում վնասակար գազային բաղադրիչների չափման համար Արեգակին հետևող համակարգի ճշտությունը որոշվում է չափիչ սարքի օպտիկական առանցքից արեգակի ճառագայթի շեղման անկյան մեծությամբ [2]: Հետևող համակարգի (նկ.1.) Արեգակի ճառագայթին հետևելու կայունությունը, պահանջվող ճշտությունը և արագագործությունն ապահովող պարամետրերի որոշման համար պետք է ունենալ տարրերի մաթեմատիկական հավասարումները, որոնցով կառուցվում է համակարգի մաթեմատիկական մոդելը, որը պարունակում է.

ա) Չափիչ սարքի օպտիկական առանցքի և հայելուց անդրադարձած Արեգակի ճառագայթի շեղման անկյան մեծությունը, որը որոշվում է նկ. 2-ում պատկերված ընդհանուր դեպքի հաշվարկային սխեմայով, երբ հորիզոնի և Արեգակի բարձրացման կազմած անկյունը « $\alpha$ » է, իսկ չափիչ սարքը մի փոքր բարձրացված է «O» կետում տեղադրված անդրադարձնող հայելու նկատմամբ:

Նկ.3-ում Արեգակի ճառագայթը «OC» գծին համընկնող Արեգակի ճառագայթն է, «OB»-ն՝ սարքի օպտիկական առանցքին համընկնող գիծը, «OA» գիծը համապատասխանում է հորիզոնական հարթության վրա «OB» գծի արտապատկերին,  $\alpha$ -ն Արեգակի՝ հորիզոնից բարձրացման անկյունն է,  $\beta$  -ն՝ հորիզոնից չափիչ սարքի բարձրացման անկյունը (անդրադարձնող հայելու կենտրոնի նկատմամբ),  $\psi$ -ն՝ Արեգակի նկատմամբ Երկրի պտտման անկյունը,  $\gamma$  -ն՝ չափիչ սարքի օպտիկական առանցքի նկատմամբ հայելուց անդրադարձած Արեգակի ճառագայթի տեղաշարժման անկյունը,  $\varphi$  -ն՝ հետևող համակարգի ուղղահայաց առանցքի նկատմամբ հարթակի շրջադարձման անկյունը:

Նկ. 3-ի համաձայն՝ ունենք.

$$OB = OA \frac{1}{\cos\beta}; \quad OC = OA \frac{1}{\cos\alpha};$$

Բացի այդ ունենք.  $AA' = BB' = CC' = \Delta\ell$ :

Այդ դեպքում՝

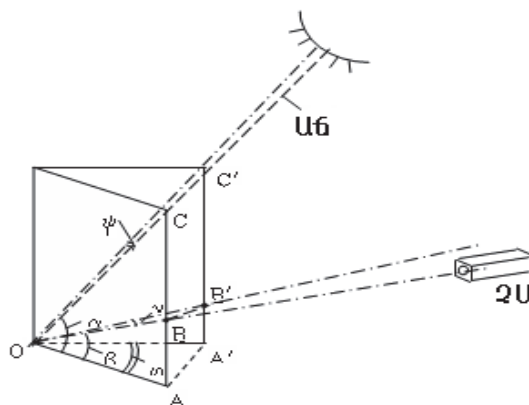
$$\frac{\Delta\ell}{2} = OA \sin \frac{\varphi}{2} = OA \frac{1}{\cos\beta} \sin \frac{\gamma}{2} = OA \frac{1}{\cos\alpha} \sin \frac{\psi}{2}; \quad (1)$$

Արդյունքում կստանանք.

$$\gamma' = 2 \arcsin \left( \frac{\cos\beta}{\cos\alpha} \sin \frac{\psi}{2} \right), \quad (2)$$

$$\gamma'' = 2 \arcsin \left( \cos\beta \sin \frac{\phi}{2} \right), \quad (3)$$

որտեղ  $\gamma'$ -ը և  $\gamma''$ -ը, համապատասխանաբար, չափիչ սարքի օպտիկական առանցքի նկատմամբ հայելուց անդրադարձած Արեգակի ճառագայթի տեղաշարժման և ուղղահայաց առանցքի նկատմամբ հետևող համակարգի հարթակի շրջադարձման անկյուններն են:



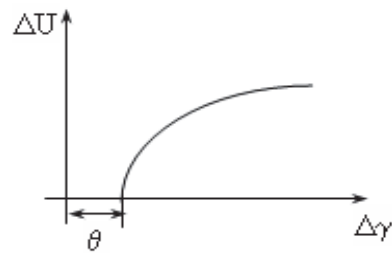
Նկ. 3. Արեգակի ճառագայթի նկատմամբ չափիչ սարքի օպտիկական առանցքի շեղման անկյան հաշվարկային սխեման

Այդ դեպքում չափիչ սարքի օպտիկական առանցքի նկատմամբ հայելուց անդրադարձած Արեգակի ճառագայթի շեղման անկյունը, երբ  $\psi$  և  $\varphi$  անկյունները փոխվում են միարժեքորեն, որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$\Delta\gamma = \gamma' - \gamma'' = 2\arcsin\left(\frac{\cos\beta}{\cos\alpha} \sin\frac{\psi}{2}\right) - 2\arcsin\left(\cos\beta \sin\frac{\phi}{2}\right) : \quad (4)$$

բ) Ֆոտոտվիչի ելքում, ըստ նկ.4-ի, լարման ֆունկցիոնալ կախվածությունը  $\Delta\gamma$  անհամաձայնության անկյունից կլինի՝

$$\Delta U = f(\Delta\gamma) : \quad (5)$$

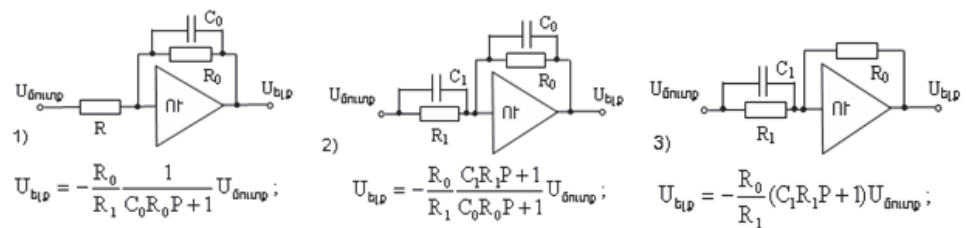


Նկ. 4. Ֆոտոտվիչի բնութագիրը

դ) Ճշգրտող սարքի հավասարումը կարող է լինել հետևյալ տեսքի՝

$$U_{\text{ելք}} = f(U_{\text{մուտք}}) , \quad (6)$$

որը ստացվում է երեք ճշգրտող սարքի սխեմաներից որևէ մեկով, որոնք պատկերված են նկ. 5-ում:

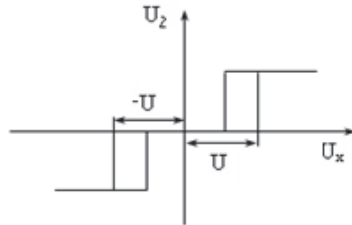


Նկ. 5. Ճշգրտող սարքի սխեմաները

ե) Ռելեական բնութագրի և անզգայության գոտու ֆունկցիոնալ կախվածությունը՝

$$U_2 = F(U_x) , \quad (7)$$

որը համապատասխանում է (նկ. 6) տեսքի ոչ գծային բնութագրին:



Նկ. 6.  $U_x$  անզգայնության գոտով ռելեական բնութագիր

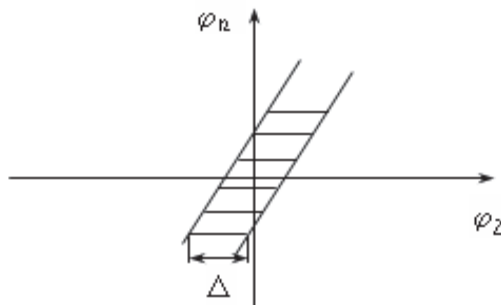
զ) Հաստատուն կամ փոփոխական հոսանքի էլեկտրաշարժիչների հավասարումները, որոնք ապահովում են հետևյալ ֆունկցիայի իրագործումը.

$$\varphi_2 = \Phi_2(U_2), \quad (8)$$

է) Խաղացք (ռюфт) ունեցող ռեդուկտորի ֆունկցիոնալ կախվածությունը.

$$\varphi_{\Omega} = \Phi_{\Omega}(\varphi_2), \quad (9)$$

որը համապատասխանում է (նկ.7) տեսքի ոչ գծային բնութագրին:



Նկ. 7. Խաղացք ունեցող ռեդուկտորի ոչ գծային բնութագիրը

Բերված (1) ÷ (9) հավասարումներում  $\Delta\gamma$ -ն Արեգակի ճառագայթից օպտիկական առանցքի շեղման (անհամաձայնության) անկյունն է (անկյունային աստիճաններ),  $\alpha$ -ն՝ հորիզոնից Արեգակի սկավառակի բարձրության անկյունը (անկյունային աստիճաններ),  $\psi$ -ն՝ Երկրի պտտման անկյունը (անկյունային աստիճաններ),  $\varphi_{\Omega}$ -ն՝ ուղղահայաց առանցքի նկատմամբ հետևող համակարգի հարթակի պտտման անկյունը (անկյունային աստիճաններ),  $\Delta U$ -ն՝ լարումը ֆոտոտվիչի ելքում (Վ),  $a_0, a_1, a_2$ -ը՝ ֆոտոտվիչի (նկ.4) ոչ գծային բնութագրի ապրոքսիմացման գործակիցները,  $K_{\Omega}$ -ն՝ ուժեղացուցիչի ուժեղացման գործակիցը,  $U_{\Omega}$ -ն՝ լարումը ուժեղացուցիչի ելքում (Վ),  $U$ -ն՝ լարումը ճշգրտող սարքի ելքում (Վ),  $U_2$ -ն՝

լարումը ռելեական բլոկի ելքում (Վ) (նկ.5),  $\varphi_2$ -ն՝ էլեկտրաշարժիչի լիսեռի պտտման անկյունը (անկյունային աստիճաններ),  $\Delta$  -ն՝ ռեդուկտորի ելքային լիսեռի խաղացքը (անկ. աստիճ.) (նկ.6),  $U_x$ -ը՝ ռելեական բնութագրի անզգայության գոտուն համապատասխանող լարումը (Վ),  $\theta$  -ն՝ ֆոտոտվիչի անզգայության գոտին (նկ.3):

Այսպիսով, կարող ենք փաստել, որ հարթակի պտտման  $\varphi$  անկյունը համապատասխանում է ռեդուկտորի լիսեռի պտտման  $\varphi_n$  անկյանը:

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Հակոբյան Մ.Զ.** Մթնոլորտային օզոնի ընդհանուր պարունակության չափումը և հետազոտումը // ՀՊՃՀ-ի տարեկան գիտաժողովի նյութերի ժողովածու.- Երևան, 2008. - էջ 296-299:
2. **Матевосян П.А., Мнацаканян М.Г., Акопян М.З.** Следящая система для измерения газовых составляющих при земной атмосфере // Сборник материалов годичной научной конференции ГИУА. - Т.2.- Ереван. 2002. – С.319-324..

#### Մ.Յ. ԱԿՕՍՅԱՆ

### АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕДНЫХ ГАЗООБРАЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ В СЛОЯХ АТМОСФЕРЫ

Рассматриваются вредные газообразные компоненты атмосферы для измерения автоматических режимов солнечной системы слежения, проектирования математических моделей, которые необходимы для контроля стабильности солнечной радиации, определения параметров требуемой точности и быстродействия.

**Ключевые слова:** математическая модель, следящая система, функциональная схема, измерительный прибор, оптическая ось.

#### Մ.Յ. ՈՒԿՕՅԱՆ

### AN AUTOMATIC SUN TRACKING SYSTEM FOR MEASURING THE HARMFUL GASEOUS COMPONENTS

The harmful gaseous components of the atmosphere for measuring the automatic modes of the solar tracking system, designing mathematical models required for the control of the solar radiation of the radiation stability, determining the parameters of the required accuracy and speed are considered.

**Keywords:** mathematical model, tracking system, a functional block diagram, meter, optical axis.