

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА ОБЪЕКТЛАРИДА ИШЛАТИЛАДИГАН АЙЛАНУВЧИ МЕХАНИЗМЛАР БУРЧАК ТЕЗЛАНИШИНИ ЎЛЧАШ ДАТЧИГИНИНГ АСОСИЙ ПАРАМЕТРЛАРИ

Рустам БАРАТОВ, доцент,

Яъқубжон ЧЎЛЛИЕВ, ассистент,

Мурад БЕГМАТОВ, таянч докторант,

“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” миллий тадқиқот университети,

Шерзод ҲАФИЗОВ, магистрант, Жиззах политехника институти

### Аннотация

В данной статье описан датчик, измеряющий угловое ускорение вращающихся механизмов, применяемых в гидроэнергетических сооружениях, и приведены его основные параметры. В статье также были проверены некоторые параметры датчика и выявлены ошибки. Разработаны рекомендации по их исправлению.

**Ключевые слова:** гидроэнергетический объект, гидроэнергетическое сооружение, вращающейся механизм.

Бугунги кунда гидроэнергетика объектларида жуда кўп ҳал этилиши лозим бўлган муаммолар мавжуд. Гидроэнергетика объектларида электр двигателлар ишлатилиб, унинг валига турли кўринишда турлича қувватга эга бўлган юклар уланади. Двигатель юклар билан ишлаш жараёнида унинг валига тушадиган оғирлик турлича бўлади ва бу баъзида двигателнинг номинал қувватидан ортиб кетиши ҳам мумкин.

Айланувчи қисмларга таъсир этаётган қувватни ўлчаш ва назорат қилиб туриш учун, турли хил датчиклар ишлаб чиқилган. Бу датчиклар айланувчи механизмларнинг бурчак силжиши, бурчак тезлиги, бурчак тезланиши каби параметрларини ўлчаш ва назорат қилиш имконини беради. 1-расмда бурчак тезланиш датчигининг таснифланиши берилган.

Биз ушбу мақолада “СУ 1793384” патенти характеристикалари ва конструктив жиҳатдан баъзи камчиликларини кўриб чиқамиз. Ушбу патентнинг номи “Бурчак тезланиш датчиги”.

Қуйида 3-расмда ушбу датчикнинг тузилиши кўрсатилган. Ушбу датчик магнит ўтказгич, ўқ, инерцион масса, кўшимча номагнит материал, зазор, қўзғатиш чўлғами, ўлчаш чўлғами каби қисмлардан иборат.

Ихтиро ахборот ва ўлчов технологиясига тааллуқли бўлиб, уларни синовдан ўтказиш ва ишлатиш пайтида техник объектларнинг бурчак тезланишини ўлчаш учун ишлатилиши мумкин. Ихтиронинг моҳияти: қурилма қуйидагилардан ташкил топган — О-шаклдаги магнит ўтказгич. Унинг пастки қисмида стержень ўқ мавжуд. Унда

### Annotation

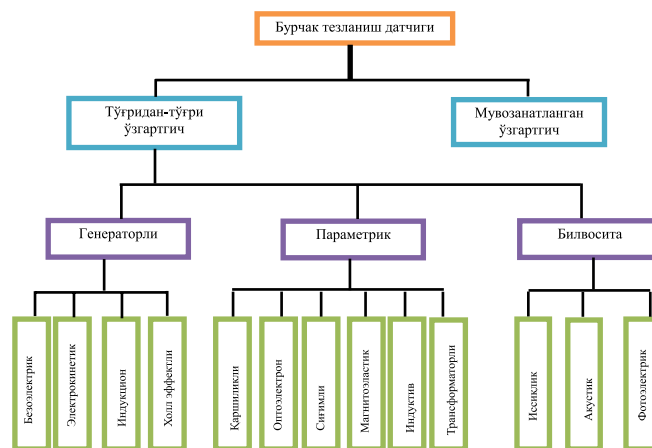
This article describes a sensor that measures the angular acceleration of rotating mechanisms used in hydropower facilities, and its main parameters are given.

The article also checked some sensor parameters and found errors.

Recommendations for correcting errors have been developed.

**Key words:** hydropower facility, hydropower facility, rotating mechanism.

инерцион масса ҳаракатланади. Бу магнит юмшоқ ҳалқа бўлиб, унинг радиуси қалинлиги доимийдир, унинг ташқи томони айлана бўйлаб чизиқли қонун бўйича ўзгаради. Қўшимча номагнит масса инерцион массанинг мувозанатини таъминлайди. Инерцион масса ва айлана стержень орасидаги тор тирқиш магнит суюқлик билан тўлдирилган. Ўзаро кетма-кет уланган қўзғатиш чўлғамлари ва ўзаро кетма-кет уланган ўлчаш чўлғамларидан иборат [1].



1-расм. Бурчак тезланиш датчигининг таснифланиши.

Синов объекти доимий тезликда айланганда инерцион масса магнит занжирга нисбатан тинч ҳолатда бўлади ва чиқиш сигнали нолга тенг. Бурчакли тезланиш содир бўлганда, инертсион массага буралувчи момент таъсир қилади, бу уни доимий бурчак тезлик билан айланишига олиб келади.

Бурчак тезлик бурчак силжишидан вақт бўйича олинган ҳосилга тенг, ёки тебраниш моментининг ишқаланиш коэффициентига нисбатига тенг.

$$M = I_o \varphi \quad (1)$$

Айланувчи жисм momenti танадаги статик момент ва ўрганилаётган объект бурчак тезланиши кўпайтмасига тенг [12], [13], [14], [3].

датчикнинг магнит оқими қуйидагича топилади:

$$\Phi = \frac{F}{R\mu} \quad (2)$$

ҳаво оралиғининг магнит қаршилиги [4], [5], [8]:

$$R_\mu = \frac{\delta}{\mu_0 S} \quad (3)$$

Инерцион массанинг ташқи юзаси чизиқли қонун бўйича ўзгарганда тирқишнинг юзаси қуйидаги (4,5) формулалар ёрдамида топилади:

$$S = K_1 + K_2 \alpha \quad (4)$$

$$K_2 = \frac{S - K_1}{\alpha} \quad (5)$$

Ўлчаш чўлғамларида ҳосил бўлаётган ЭЮК тирқишнинг магнит қаршилигига, бурчак тезланишга тўғри пропорционал: [7], [10], [11], [12].

$$\varepsilon_{\text{ўл}} = -WF \frac{l_0 \mu_0 K_2}{f \delta} \varphi \quad (6)$$

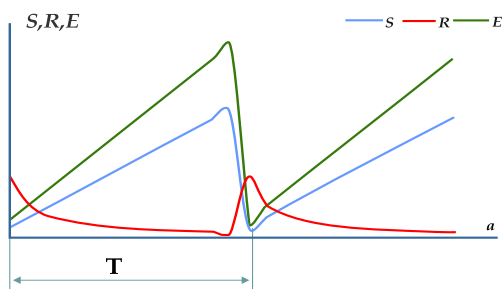
$$\varepsilon_{\text{ўл}} = -WF \frac{l_0 \mu_0 K_2}{f \delta} \cdot \frac{\omega^2}{2 \cdot \alpha} \quad (7)$$

3-расмда инерцион масса юзаси, магнит қаршилиқ ва чиқишдаги электр юритувчи кучнинг бурилиш бурчагига боғлиқлиги келтирилган.

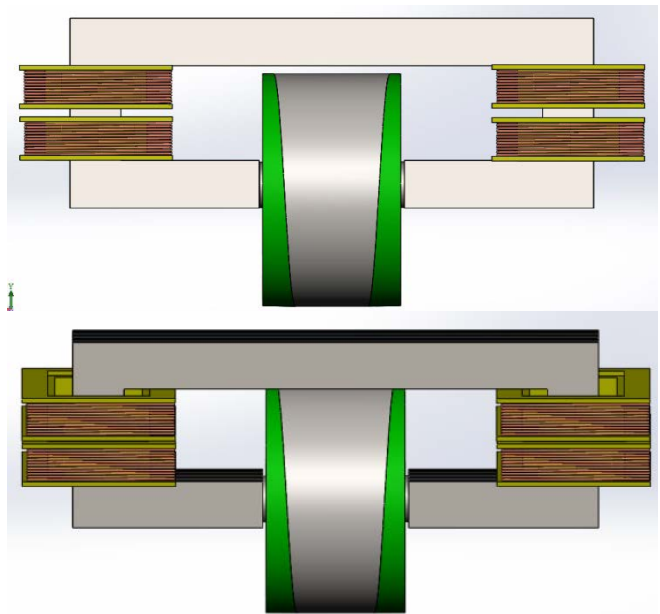
5-расмда эса датчикнинг чиқиш қисмидаги электр юритувчи кучнинг вақтга боғлиқлик графиги берилган бўлиб, ташқи ўзгарувчи юза энг минимал нуқтага етган вақтда ҳосил бўлаётган электр юритувчи куч ҳам минимал қийматга эришади. Кейин эса шу жараён яна қайтадан такрорланади. Бу такрорланишлар сонини аниқлаш учун қуйидаги формуладан фойдалансак бўлади [15], [16], [17].

Бирлик вақтдаги импульслар сонини қуйидаги (8) формуладан топамиз.

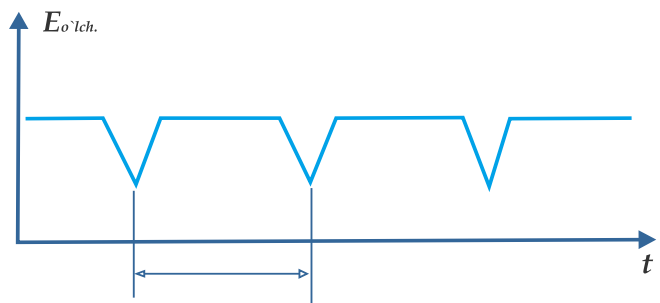
$$n = \frac{l_0}{2\pi} \quad (8)$$



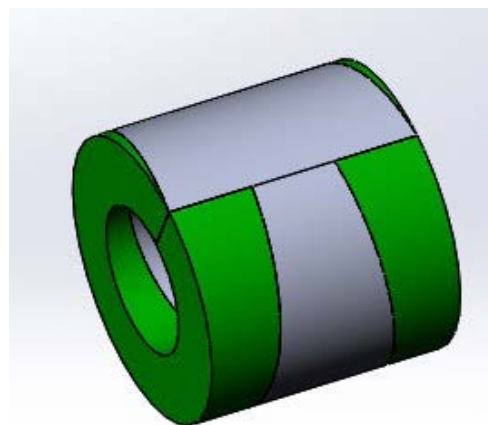
2-расм. Инерцион масса ташқи юзаси, магнит қаршилиқ ва ҳосил бўлаётган электр юритувчи кучнинг бурчак силжишига боғланиш графиги.



4-расм. Бурчак тезланиш датчигининг чиқишидаги ЭЮКнинг вақтга боғлиқлиги графиги.



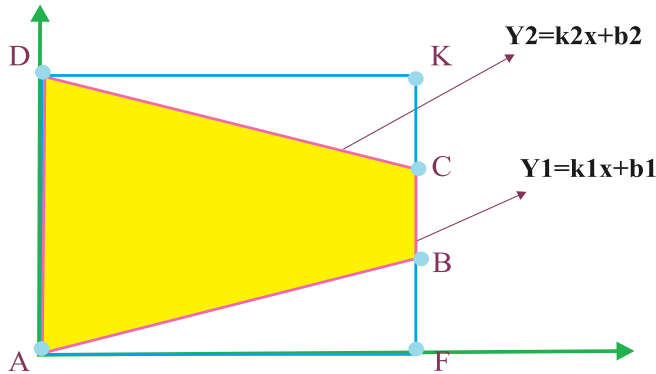
Ушбу бурчак тезланиш датчигида инерцион масса икки хил материалдан ташкил топган. (5-расм). Материалларнинг зичлиги ўзаро тенг эмас. Бу эса ушбу датчикда инерцион массани мувозанатини таъминламайди. Яъни оғирлик маркази силжиган ҳолга олиб келади. Бунини аниқлаш бироз мураккаб бўлиб, математик ёки физик моделдан фойдаланишга тўғри келади.



5-расм. Инерцион массанинг кўриниши.

Материаллар ва усуллар.

Ушбу ишни ўрганишда математик ва физик моделлаштириш усулларида фойдаландик. Физик моделни яратишда SolidWorks 2014 дастури (3-расм) ва математик моделни яратишда Матлаб 2014 дастурларидан фойдаландик (9-расм).



6-расм. Инерцион массанинг ёйилган кўриниши.

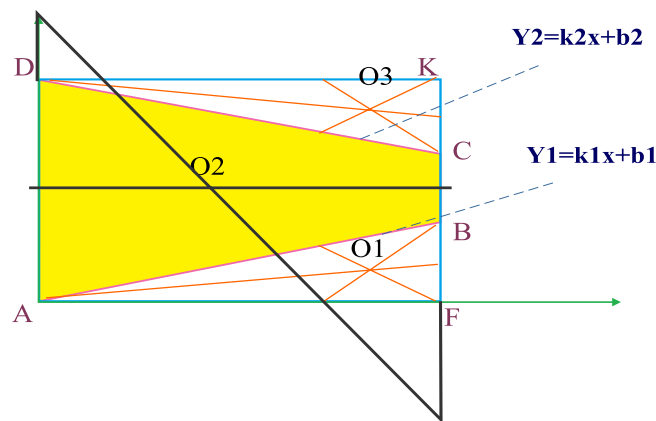
Инерцион массанинг оғирлик марказини ҳисоблаш учун биз қуйидаги 7-расмдан фойдаланамиз.

Ушбу расмда 3 та асосий қисм мавжуд ва шулардан икkitаси номагнит материалга тегишли. Бир жинсли бўлмаган жисмлар оғирлик марказини топиш учун унинг ҳар бир элементи оғирлик марказини топиш талаб этилади. Бунинг учун 8-расмни чизиб оламиз. Ушбу расмда ҳар бир бўлак оғирлик марказлари шартли равишда O1, O2, O3 деб белгиланган. Ушбу элементлар юзаларини интеграл орқали ҳисоблаймиз.

Биринчи элементнинг оғирлик маркази координаталари O1(x1, y1).

$$x_1 = \frac{[AF]}{3} \cdot 2 = \frac{22}{3} = 7,3 \quad (9)$$

$$y_1 = \frac{1}{3}[AD - KB] = \frac{1}{3}(8 - 5) = 1 \quad (10)$$



7-расм. Бир жинсли бўлмаган жисм элементларининг оғирлик марказлари.

Иккинчи элементнинг оғирлик маркази координаталари O2(x2, y2)

$$x_2 = \frac{[AF]}{3} \cdot \frac{[AD]+2[BC]}{[AD]+[BC]} = 4,4 \quad (11)$$

$$y_2 = \frac{[AD]}{2} = \frac{8}{2} = 4 \quad (12)$$

Учинчи элементнинг оғирлик маркази координаталари O3(x3, y3)

$$x_3 = \frac{2}{3}[AF] = \frac{2}{3} \cdot 11 = 7,3 \quad (13)$$

$$y_3 = [AD - y_1] = 8 - 1 = 7 \quad (14)$$

Бир жинсли бўлмаган жисмнинг оғирлик маркази координаталари h1=h2=h3

$$\frac{\rho_1 S_1 x_1 + \rho_2 S_2 x_2 + \rho_3 S_3 x_3}{\rho_1 S_1 + \rho_2 S_2 + \rho_3 S_3} \quad (15)$$

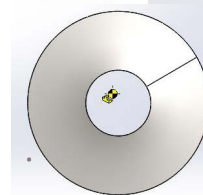
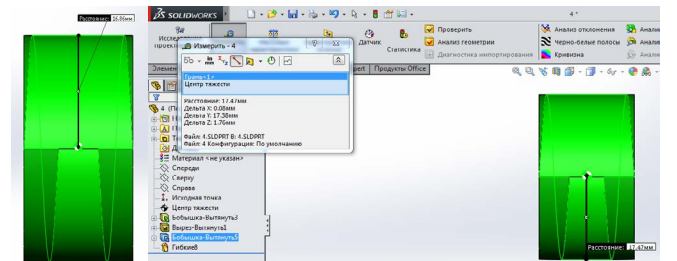
$\rho_1 = \rho_3 = 1000 \quad \rho_2 = 2000$

$$x_0 = \frac{\rho_1 S_1 (x_1 + x_3) + \rho_2 S_2 x_2}{2\rho_1 S_1 + \rho_2 S_2} = 5,1 \quad (16)$$

$$y_0 = \frac{\rho_1 S_1 (y_1 + y_3) + \rho_2 S_2 y_2}{2\rho_1 S_1 + \rho_2 S_2} = 4 \quad (17)$$

Бир жинсли бўлган худди шу ўлчамдаги инерцион масса оғирлик марказлари x0=5.5, y0=4

Энди SolidWorks дастурида таҳлил қилиб кўрамиз. SolidWorks дастурида деталларни оғирлик марказини осонгина аниқлаш мумкин [2]. Қуйида 8-расмда оғирлик марказини аниқлаш кўрсатилган: б) расмдан кўришиб турибдики инерцион массанинг оғирлик маркази марказдан силжиган.



а)  
б)

8-расм. SolidWorks дастурида инерцион массанинг оғирлик марказини аниқлаш.

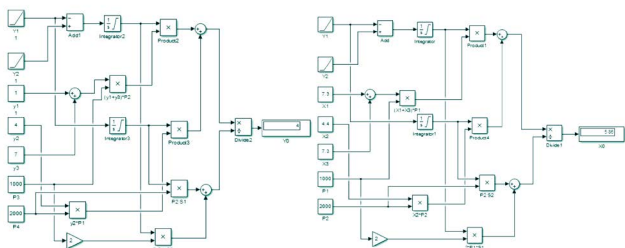
Натижаларни таҳлил қилиш.

8-а расмда SolidWorks дастурида инерцион массанинг пастки ва юқори нуқталаридан оғирлик марказигача бўлган масофалар ўлчанган. Кўриб турганимиздек, пастки масофа юқорисидан каттароқ. Бундан ташқари, 8-б расмда оғирлик марказини юқorigа силжиганини кўриш мумкин. 9-расмда Матлаб дастурида оғирлик марказини ҳисоблаш учун Симулинк модели ишлаб чиқилган бўлиб, унда кўрсатаётган натижа бир жинсли материалдан ясалган худди

шундай инерцион массанинг оғирлик маркази координаталаридан фарқ қилади. Ушбу натижаларни барчаси бизнинг фаразимиз тўғри эканлигини кўрсатади.

Ушбу хатоликни тўғрилаш учун инерцион масса учун конструкция таклиф этиш зарур. Бу конструкциянинг олдингисидан фарқли томони, ундаги инерцион материал бир жинсли. Бу эса унинг оғирлик маркази силжимаслигига олиб келиши мумкин.

**9-расм.** Матлаб дастурида оғирлик маркази координаталарини аниқлаш.



Хулоса.

Хулоса ўрнида шуни айтиш мумкинки, қурилманинг ҳисобга олинмаган кичик хатоси ўлчаш пайтидаги хатоликларга олиб келиши мумкин. Бу хатоликлар эса, ўз навбатида, энергиянинг ортиқча ишлатилиши ёки айланувчи механизмларни ортиқча юкланишдан зўриқишига олиб келиши мумкин. Хатоликлар ҳар доим мавжуд, лекин уларни минималлаштириш учун қурилмани такомиллаштириб бориш зарур бўлади.

Ушбу датчик ёрдамида айланувчи механизмларни асосий параметрларини аниқлаш мумкин. Ихтиро ўлчаш технологиясида ишлатилиб, бурчак катталикларини электр катталикларига айлантириб беради. Датчикда инерцион масса мувозанат ҳолатида қолмайди ва бу хатоликни ошишига олиб келади. Ишни таҳлил қилишда замонавий пакет программалар математик ҳисобларни осонлаштиради. Физик моделлар математик моделларни тўғрилигини ифodalаши шарт.

#### Фойдаланилган адабиётлар рўйхати:

1. Датчик угловых ускорений, Р.К. Азимов, Н.У.Маллин, патент. 1973 г.
2. Boyev V.D., Sypchenko R.P. Computer modeling. — INTUIT.RU, 2010. — 349 p.
3. Amirov S.F., Sattarov K.A. Inductive sensors of angular acceleration Proceedings — 2020 International Conference on Industrial engineering, Applications and Manufacturing, — ICIYEAM, 2020, 2020, 9112045.
4. Charubin T., Urbanski M., Nowicki M. Analysis of Automated Ferromagnetic Measurement System. —

Adv. Intell. Syst. Comput. 2017, 543, PP. 593–600.

5. Szweczyk R. Computational Problems Connected with Jiles-Atherton Model of Magnetic Hysteresis. — Adv. Intell. Syst. Comput. 2014, 267, PP. 275–283.

6. Harlow J.H. Electric Power Transformer engineering, Third ed., CRC Press, Taylor & Francis, 2012.

7. Chiyesa N. and Høidalen H.K. “Modeling of nonlinear and hysteretic iron-core inductors in ATP,” in european eMTP-ATP Conference, — Leon, Spain, 2007.

8. Handley Robert C. Modern magnetic materials: principles and applications/ Robert C. O’Handley. — Massachusetts Institute of Technology ISBN 0-471-15566-7. Copyright 2000 by John Wiley & Sons, 740 p.

9. Safarov A., Sattarov Kh., Jumaboyev S. Device for conversion of equalizing current at the site of the traction ac network. E3S Web of Conferences 139, 01034 (2019) RSES 2019 <https://doi.org/10.1051/ye3sconf/201913901034>, P. 3.

10. Safarov A., Sattarov Kh., Jumaboyev S. Device for detection of the phase current asymmetry in the threeye-phase lines of non-traction consumers. MIST: Aerospace 2019 IOP Conf. Seriyes: Materials Sciencye and engineyering 734 (2020) 012196 doi: 10.1088/1757-899X/734/1/012196, P. 4.

11. Baratov R.J., Pirmatov N.B. Low - speyed generator with permanent magnets and additional windings in the rotor for small power wind plants and micro hydro power plants. International conference “Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources engineyering”, CONMECHYDRO-2020, April 23-25, 2020, IOP Conference Seriyes: Materials Sciencye and engineyering, <https://iopsciencye.iop.org/issuye/1757-899X/883/1>

12. Afonsky A. A., Diakonov V. P. Measuring devices and mass electronic measurements. — Moscow, SOLON-PRESS, 2007.

13. Roman M. Instrumentation and Measurement in electrical engineyering. — USA: Brown Walker Press, 2011.

14. Amirov S. F., Safarov A.M., Rustamov D. Sh. Electromagnetic current sensor for traction power supply device control systems// Chemical technology. Control and management. — Tashkent, 2014, No. 2. pp. 26-31.

15. DC and AC current sensors. - Research Institute of electromechanics. — URL: [http://www.niiyem46.ru/current\\_sensors/](http://www.niiyem46.ru/current_sensors/).

16. Current sensors, industrial design. — TVELEM. — URL:<http://www.lem.com/ru/ru/content/viyew/478/882/>.