

MEXATRON MODULLAR VA ROBOTLARDA QO'LANILADIGAN CHIZIQLI HARAKAT IJRO ELEMENTLARINI MODELLASHTRISH VA TAXLIL QILISH

Abdullayev Mahmudjon Muxamedovich

Toshkent davlat texnika universiteti

mm.abdullaev@yandex.ru

Abdiyev Rasul Ernazar o'g'li

Toshkent davlat texnika universiteti

rasulabdiev4084405@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7326258>

Annotatsiya: ushbu maqolada mexatron modullarning va robotlarning chiziqli harakat elektromagnit qurilmalarini tadqiq etish natijalari keltilgan bo'lib, robotlarning harakatini taminlash uchun elektromagnit ijro elementi bilan chiziqli ilgariylanma qaytma harakatni olish orqali erishiladi. Tadqiqot natijalari robotlardayuritmalar kuchini moslashuvchan sozlash imkonini beradigan elektromagnit qurilmalardan foydalanish uchun asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Kalit so'zlar. Elektromagnit chiziqli harakat elementlari, robotlarni boshqarish qurilmalari, Ko'p chiqishli elektromagnit mexatron modullar, pulslovchi generatorlar, chiziqli ilgariylanma qaytma harakat.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ УПРАВЛЕНИЯ ЛИНЕЙНЫМ ДВИЖЕНИЕМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЯХ И РОБОТАХ

Аннотация: В данной статье представлены результаты исследований электромагнитных мехатронных модулей и роботов линейного движения, которые достигаются за счёт получения линейно возвратно-поступательного движения с электромагнитным исполнительным элементом для обеспечения движения. Результаты исследований могут послужить основой для использования электромагнитных устройств, позволяющих гибко регулировать мощность приборов в роботах.

Ключевые слова: Элементы электромагнитного линейного движения, устройства управления роботами, многовыходные электромагнитные мехатронные модули, генераторы импульсов, линейно возвратно- поступательного движения.

MODELING AND RESEARCH OF LINEAR MOTION CONTROLS USED IN MECHATRONIC MODULES AND ROBOTS

Annotation: This article presents the results of studies of electromagnetic mechatronic modules and linear motion robots, which are achieved by obtaining a linear reciprocating motion with an electromagnetic actuator to ensure movement. The results of the research can serve as a basis for the use of electromagnetic devices that allow flexible adjustment of the power of devices in robots.

Keywords: Elements of electromagnetic linear motion, robot control devices, multi-output electromagnetic mechatronic modules, pulse generators, linear reciprocating motion.

KIRISH

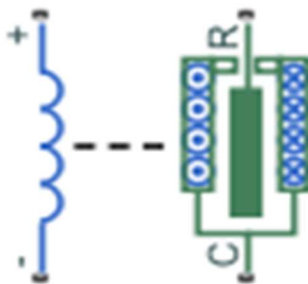
Mexatron modullar va robototexnik qurilmalar ishlab chiqarish jarayonlarini rivojlantirishning texnik asoslari hisoblanadi. Hozirgi zamon yangi texnologiyalarida robotlar va robototexnik qurilmalarni qo'llash yildan yilga oshib bormoqda. Ular yordamida yangi texnologik jarayonlar o'zlashtirilmoqda, odamlarni toliqtiradigan, bir xil, og'ir qo'l mehnatidan, sog'liqlari

uchun zararli va xavfli ishlardan ozod qilinmoqda, mexatron modullar va robototexnik qurilmalar ishlab chiqarish texnikasining yangi turlari bo'lib, turli sohalarda keng qo'llanilmoqda.

Malumku, mexatron modullar va robotlar elektr motorlari bilan harakatga keltiladi, qurilmalarning harakati o'z navbatida aniqlikni va ishonchlilikni talab qiladi, mexatron modullarda qo'llaniladigan elektromagnit chiziqli o'zgarmas to'k ijro elementlarini taxlil qiladigan bo'lsak ishlash prinsipi va tuzilishiga ko'ra boshqarishning qulayligi, tuzilish jihatdan boshqa qurilmalarga nisbatan soddaligi bilan ajralib turadi biz amalda korayotgan elektromagnit chiziqli ijro elementi ilgari qaytma harakatni vujudga keltiruvchi qurilma hisoblanib mexatronika va robototexnika sohasida qo'llanilishi iqtisodiy tomondan katta yutuqlarga erishishga olib keladi.

TADQIQOT MATERIALLARI VA METODOLOGIYASI

Elektromagnit chiziqli o'zgarmas to'k elementlarini taxlil qiladigan bo'lsak ishlash prinsipi va tuzilishiga ko'ra xarakterli shakilga ega hisoblanadi biz amalda tadqiq qilayotgan elektromagnit elementi chiziqli ilgari qaytma harakatni vujudga keltiruvchi qurilma bo'lib 1-rasmda ko'rsatilgan qo'zg'atish chulg'ami va yakor o'zagidan iborat. Bu harakatni bir dona qo'zg'atish chulg'ami bilan vujudga keltrish uchun doimiy magnitlardan foydalanilgan natijada chiziqli harakatni olish inqonini beradi.



1-rasm. Elektromagnitli chiziqli harakat mexatron moduli

Elektromagnitli chiziqli harakat mexatron modulining qo'zg'atish chulg'amidagi musbat va manfiy qutublariga elektr energiyasi beriladi natijada dvigatelning yakori R, qo'zg'atish chulg'ami C da hosil bo'lgan elektromagnit kuch hisobiga tortiladi.

Yakorning x o'qiga bog'liq harakat tenglamasi:

$$F_l + m\ddot{x} + \lambda\dot{x} + kx = F_e$$

bu yerda F_e elektromagnit kuch, F_l yuklama kuchi, λ qovushqoqlik qarshilik qiymati va m yakor massasi. Elektromagnit kuch qo'zg'atish chulg'amidagi tok oqimi va induktivlik bilan bog'liq:

$$F_e = \frac{1}{2} i^2 \frac{\partial L(x)}{\partial x}$$

Formuladan olingan induktivlik quyidagicha yozilishi mumkin:

$$\frac{\partial L(x)}{\partial x} = \frac{-\beta}{(\alpha + \beta x)^2}$$

bu yerda α va β o'zgarmas. Quydagi tenglikni elektromagnit kuch tenglamasi qiymatlari bilan almashtirsak elektromagnit kuch tenglamasi tok oqimi i_0 uchun solenoid kuchi quydagi bog'liqlikni beradi:

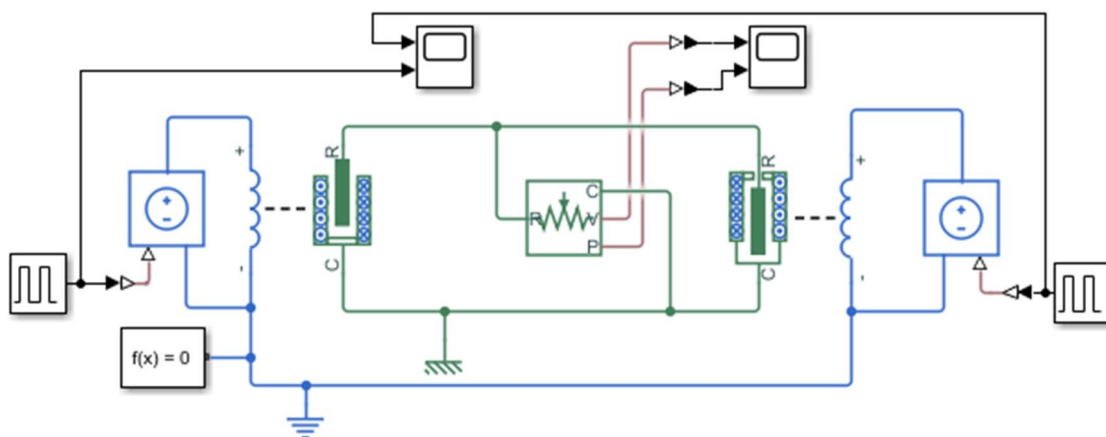
$$F = \frac{1}{2} i_0^2 \frac{-\beta}{(\alpha + \beta x)^2}$$

Solenoid bloki uchun α va β kattaliklarini aniqlab quyda keltilgan formulaga qo'yib kuchning qiymati topiladi.

TADQIQOT NATIJALARI

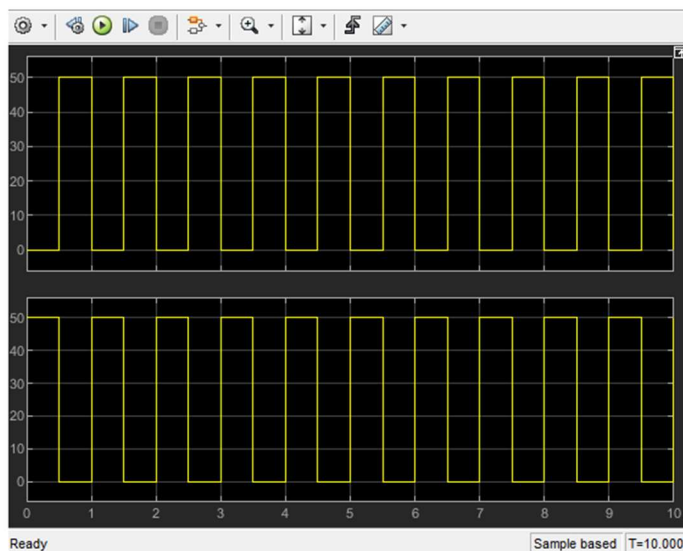
Chiziqli elektromagnit o'zgaras tok elementining xarakatlanish oralig'ini tekshirish

Magnit maydonning harakatlanish oralig'ini aniqlash uchun chiziqli elektromagnit o'zgaras tok elementining ish jejimini tekshirish kerak bo'ladi. Chiziqli elektromagnit ijro elementining boshqaruv bloki elementning qo'zgatish chulg'amiga implusli signal orqali boshqaruv signalini yuboradi, chulg'amdagi magnit oqimni o'zgartrish uchun chulg'amga berilayotgan elektr manbaning qiymatini o'zgartrish kifoya bo'ladi, ya'ni manba energiasini pulslovchi generatorlar orqali impluslab yuboriladi va natijada dvigatel ilgarilanma qaytma xarakatni bajaradi, qaytma xarakatni ikkinchi elektromagnit dvigatel bajaradi. Bu elektromagnit elementning sxemasini MATLAB dasturida tuzib tadqiq qilamiz.



2-rasm. Chiziqli elektromagnit o'zgaras tok elementining xarakatlanish oralig'ini tekshirish sxemasi.

Elektromagnit chiziqli xarakat elementining chulg'amlariga berilayotgan signal impluslab beriladi yoki ma'lum vaqt oralig'ida tarmoqdan uzib ulanadi natijada yakor cho'lg'ami ilgarilanma qaytma xarakatni xosil qiladi, buning uchun ikkala qo'zgatish chulg'amiga impluslarni ketma-ketlikda uzatish talab qilinadi birinchi chulg'amga signal uzatilganida ikkinchisiga uzatilmaydi ikkinchisiga uzatilganida birinчисiga uzatilmaydi yani elektromagnit chiziqli xarakat elementining harakatlanuvchi qismi, yakor o'zagi, dvigatelning boshqaruv signaliga qarab xarakatlanadi.



3-rasm Elektromagnit chiziqli xarakat elementi boshqaruv blokiga berilayotgan signalning grafigi.

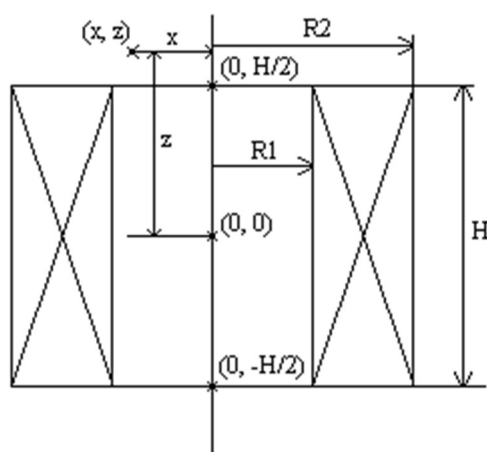
Elektromagnit chiziqli xarakat elementi boshqaruv blokiga berilayotgan signalning grafigi 10 sekund oralig'ida berilayotgan impluslar aks etgan bo'lib bu yerda dvigatel cho'lg'amiga berilayotgan impluslar natijasida elektromagnit chiziqli dvigatel bir to'g'ri chiziq bo'ylab ilgarilanma qaytma xarakatni amalga oshiradi, Yakor va qo'zg'almas induktiv chulg'amdan iborat bo'lgan qurilma ishchi organga chiziqli, teskari qadamli harakatlarni taminlaydi.



4-rasm. Yakor o'zining vaqt bo'yicha harakatlanish tezligi va harakatlanish masofasiga bog'liqlik grafiklari.

Grafikdan ko'rinib turibdiki yakorning harakatlanish tezligi va masofasi berilgan bo'lib 5 mm oraliq masofada yakor ilgarilanma qaytma harakatni amalga oshirmoqda, tepadagi grafik yakor tezligini ifoda etmoqda quyidagi esa yakorning harakat davomiyligini aks ettirmoqda, bu qurilmani tadqiq qilishdan maqsad mexanizmning funktsional imkoniyatlarini kengaytirishdir, bu esa bir nechta qurilma o'rniga bitta dvigatelga asoslangan turli yo'nalishlarda va tekisliklarda bir nechta (ikki yoki undan ko'p) chiziqli va aylanuvchi harakatlarini olish imkonini beradi.

Yakor chulg'amiga kattaliklarini va o'raladigan simining diametrini hisoblash



5-rasm. Chiziqli elektromagnit o'zgaras tok elementining o'lchamlari.

Chiziqli elektromagnit o'zgaras tok elementining qo'zg'atish chulg'amidagi aktiv qarshiligi o'ralgan simining diametriga bog'liq bo'lib o'tkazgichdan oqayotgan tokning miqdoriga qarab qarshilik belgilanadi. Simning diametrini tanlab olish uchun kerakli tok zichligiga erishish

kerak (yuqoridagi belgilangan rejimda qisqa muddatli ish rejimi uchun sim o'ramidagi hisoblangan ruxsat etilgan tok oqim zichligi $7,3 \text{ A/mm}^2$ ni tashkil qiladi).

Chiziqli elektromagnit o'zgaras tok elementining o'lchamlari qozg'atish chulg'ami, sim o'raladigan yakoy uzunligi $H=45 \text{ mm}$, tashqi radiusi $R_2=39 \text{ mm}$, ichki radiusi $R_1=18 \text{ mm}$ dan iborat bo'lib elektromagnit o'zgaras tok elementining maksimal harakatlanish uzunligi 10 mm ni tashkil qiladi. Bu harakatni vujudga keltrish uchun yakor chulg'amiga Ta'minot kuchlanishi 12 volt manba ulanadi. Harakat yo'nalishi ta'minot kuchlanishining qutublariga bog'liq. Yakor chulg'amiga taminot kuchlanishi berilmagan holda tashqi ta'sirga qarshilik ko'rsatmaydi. Yakor chulg'amidan issiqlik ajralib chiqishi, o'ramlardagi harorat ortishi chulg'amdan oqayotgan tok zichligiga bog'liq. Haroratni belgilangan miqdorida ushlab turish uchun yakorga o'raloytgan simning ko'ndalang kesim yuzasi ruxsat etilganidan oshmasligi kerak. O'ramlar ichidagi haroratni va shunga mos ravishda chulg'amdagi ruxsat etilgan tok zichligini hisoblash yordamida amalga oshirilishi mumkin. Chulg'am simlaridagi ruxsat etilgan tok zichligining qiymati elektromagnit o'zgaras tok elementi chulg'aminin qalinligi $20...30 \text{ mm}$ oralig'ida tok zichligi $5...8 \text{ A/mm}^2$ ga yetishi va muhit tempiratuasi 40°C gacha bo'lgan haroratda uzoq vaqt ishlashi mumkin.

Agarda yakorning qadoqlash faktori 0.6 bo'lganida yakorga o'ralgan o'tkazgichda tokning oqim zichligi 5 A/mm^2 bo'lsa, chulg'amdagi oqim zichligi $5 \cdot 0,6 = 3 \text{ A/mm}^2$ bo'ladi. Bunday holda, chulg'amdagi haroratining atrof-muhit haroratidan oshib ketishi 60°C dan oshmaydi va simlar izolyatsiyasining issiqlik qarshiligi taxminan 100°C bo'lishi kerak.

Diametri D bo'lgan simning o'ramlar soni N salinoid ramkasining yuzasi S va qadoqlash faktori $\lambda = 1$, bilan belgilanadi:

$$N = \frac{4S\lambda}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 0.00094 \cdot 1}{3.14 \cdot 0.00078^2} = 1968$$

Bu yerda solenoidining qarshiligi R ni quyidagicha hisoblash mumkin:

$$R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{4LN}{\pi D^2} = \rho \lambda \frac{16SL}{\pi^2 D^4} = 0.017 \cdot 10^{-6} \frac{16 \cdot 0.00094 \cdot 0.19}{3.14^2 \cdot 0.00078^4} = 13.31 \text{ Om}$$

bu yerda L - salinoiddagi bitta o'ramning o'rtacha uzunligi, $l = LN$ salinoidga o'ralgan simning umumiy uzunligi, s -o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasi $s = \pi D^2/4$ formula orqali topiladi.

Zanjirdan oqayotgan tok kuchi I , kuchlanish U , ga to'g'ri proportsionaldir va o'tkazgich qarshiligi R ga teskari proportsionaldir.

$$I = \frac{U}{R}$$

Salinoiddagi tok zichligi j harfi bilan belgilanadi va quydagi formula yordamida topiladi.

$$j = \lambda \frac{I}{S} = \lambda \frac{4I}{\pi D^2} = \frac{\pi D^2 U}{4 \rho S L} = 7300000$$

Shu formulaga asosanib salinoidga o'ralgan simining diametrini toppish formulasini keltrib chiqaramiz.

$$D = 2 \sqrt{\frac{\rho S L j}{\pi U}} = 2 \sqrt{\frac{0.017 \cdot 10^{-6} \cdot 0.00094 \cdot 0.2 \cdot 7300000}{3.14 \cdot 12}} = 0.00078 \text{ m} = 0.78 \text{ mm}$$

Silindrsimon salinoid uchun bitta oraminin o'rtacha uzunligi quydagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$L = \pi(R_1 + R_2) = 3.14(0.039 + 0.018) = 0.19 \text{ m}$$

Salinoid ramkasining sim o'raladigan maydonining yuzasi:

$$S = H(R_2 - R_1) = 0.045(0.039 - 0.018) = 0.00094 \text{ m}^2$$

bu erda R_2 - solenoidning tashqi radiusi, R_1 -salinoidning ichki radiusi, H -yakor uzunligi.

Ko'rib chiqilayotgan holat uchun:

$U = 12 \text{ B}$, $j = 7300000 \text{ A/m}^2$, $R_2 = 0.039 \text{ m}$, $R_1 = 0.018 \text{ m}$,

$H=0.045 \text{ m}$, $L = 0.20 \text{ m}$, $S = 0.00094 \text{ m}^2$, $R=13.31 \text{ O}\Omega$

$D = 0.00078 \text{ m} = 0.78 \text{ mm}$

$N = 1968$ ta o'ram

MUHOKAMA

Jism massasi uning tezligini o'zgartirishda qanday rol o'ynasa, induktivlik ham konturda tok kuchining o'zgarishida shunday rol o'ynaydi. Elektromagnitning asosini solenoid g'altagi tashkil qiladi. Solenoidning ichiga kiritilgan o'zagi uning induktivligini keskin oshiradi. Natijada elektromagnit g'altak atrofida magnit maydon ham kuchayadi va u og'ir yuklarni bimalol torta oladi. Yakor o'zagida hosil bo'lgan elektromagnit kuch unga o'ralgan chulg'amning parametrlariga bog'liq ravishda chulg'amdagi tok zichligini oshirish orqali amalga oshiriladi. Buning uchun sim o'ramlarining diametrini oshirish talab qilinadi.

XULOSA

Biz yaratgan foydali modelning boshqalaridan ustunlik tarafi shundaki, konstruktiv jihatdan sodda, ishlash prinsipi xam juda oddiy. Dvigatelda ikki dona qo'zg'atish chulg'ami yordamida chiziqli ilgarilanma qaytma xarakatni olish imkoniyati mavjud. Bu jarayonni ko'p chiqishli chiziqli dvigatellarda qo'llab chiziqli, aylanma, chiziqli qaytma va aylanma qaytma xarakatlarni bitta dvigatelning o'zidan olamiz ya'ni fazodagi (x,y,z) koordinatalar bo'ylab bir vaqtning o'zida turli xarakatlarni uzatishimiz mumkin bo'ladi. Ko'rsatilgan prototiplarda chulg'amlar soni ikkita va undan ortiq yoki purjina orqali qaytma xarakat amalga oshirilmoqda, bu esa o'z navbatida rangli va boshqa metallarning ko'p sarflanishiga sabab bo'ladi, purjina uchun esa uning bikirligini yengib o'tish uchun kuch talab qiladi va bu bilan tarmoqdan beriladigan energiyaning ma'lum qismi bikirlikni yengish uchun sarf bo'ladi. Yuqorida aytib o'tilganlarni hisobga olgan nolda ushbu ko'p bosqichli elektromagnit chiziqli dvigatelni bir nechta mustaqil qadamli chiziqli harakati bilan yangi deb hisoblash mumkin.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Ai, H.-P., Chen, L. Collision avoidance and compliant composite active disturbance rejection control of space robot capture spacecraft. Kongzhi yu Juece/Control and Decision 36(2), c. 355-362
2. Nazarov H.N., Abdullaev M.M., Rakhimov N.O., Otamuratov S.S. Mathematical Description of the Construction Principles of Electromagnetic Mechatronic Modules of Intelligent Robots. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), Vol.9 Issue 2, December, 2019. P. 1001-1005. ISSN: 2249 – 8958.
3. Nazarov X.N., Abdullayev M.M., Matyoqubov N.R., Raximov T.O., Yusupov B.B. Elektromagnit chiziqli dvigatel. Foydali modelga patent. O'zR Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi. 15.03.2021, № FAP 20200043/4.
4. Иродов И. Е. Основные законы электромагнетизма: Учеб. пособие для студентов вузов. - 2-е, стереотип. - М.: Высш. шк., 1991. - 288 с.: ил.
5. Калантаров П. Л., Цейтлин Л. А. Расчет индуктивностей: Справочная книга. - 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. - 488 с.: ил
6. Afonin, A.A., Grebennikov, V.V. (1981). Linear Electromagnetic Drive and Calculation of Their Static and Dynamic Characteristics. Preprint, Kiev, 55 p. (in Russian).

7. Kazakov, L.A. (1991). Electromagnetic Devices RAA: Handbook. Moscow, Radio I Svyaz, 352 p. (in Russian).
8. Krutko, P.D. (1991). Control of Executive Systems of the Robots. Moscow, Nauka, 281 p. (in Russian).
9. Бреббия К. и др. Методы граничных элементов: Пер. с англ. / Бреббия К., Теллес Ж., Вроубел Л. - М.: Мир, 1987. - 524 с., ил.
10. Громадка П Т., Лей Ч. Комплексный метод граничных элементов в инженерных задачах: Пер. с англ. - М.: Мир, 1990. - 303 с., ил.
11. Расчет электромагнитного привода постоянного тока с втяжным якорем
12. Расчет электромагнитного привода постоянного тока с втяжным якорем конической формы