O‘ZGARUVCHAN KINEMATIK PARAMETRLARGA EGA MEXANIZMNING STRUKTURAVIY TAHLILI

Axmedjanov Yusuf Abbasovich
Toshkent davlat Texnika Universiteti, dotsent.
E-mail: yusuf1956@mail.ru

Annotasiya: Ayrim mexanizmlarda, ayniqsa parametrlari o‘zgaruvchan mexanizmlarda uning harakatchanligini, qo‘shumcha bog‘lanishlar sonini va umumiy strukturaviy ortiqchalikni aniqlash qiyin bo‘ladi. Ishning maqsadi - kinematik parametrlari o‘zgaruvchan mexanizmini tizimli tahlil qilish bo‘lib, unda ortiqcha kontur ulanishlari va ortiqcha bog‘lanishlar soni, shuningdek ortiqcha harakatchanlikni mexanizm sxemasini yopiq konturlarga bo‘lish orqali aniqlash.

Kalit so‘zlar: strukturaviy tahlil, bo‘g‘in, kinematik juft, yetakchi bo‘g‘in, kinematik juftning sinfi, mexanizm harakatchanligi, ortiqcha ulanishlar, yopiq kontur.

Аннотация: При структурном анализе некоторых механизмов, особенно механизмов с изменяющимися параметрами, возникает сложность определения подвижности механизма, число избыточных связей и лишних подвижностей каждого замкнутого контура механизма и его общую структурную избыточность. Целью работы является анализ механизма с изменяющимися кинематическими параметрами, при котором число избыточных контурных связей и избыточных звеньев, а также лишних подвижностей определяются путём разбивки схемы механизма на замкнутые контуры.

Ключевые слова: структурный анализ, звено, кинематическая пара, ведущее звено, класс кинематической пары, подвижность механизма, избыточные связи, замкнутый контур,

Abstract: In the structural analysis of some mechanisms, especially mechanisms with changing parameters, there is a difficulty in determining the mobility of the mechanism, the number of redundant connections and excess mobility of each closed loop of the mechanism and its overall structural redundancy. The aim of the work is to analyze a mechanism with changing kinematic parameters, in which the number of redundant contour connections and redundant links, as well as excess mobility, are determined by dividing the mechanism diagram into closed contours.

Keywords: structural analysis, link, kinematic pair, leading link, kinematic pair class, mechanism mobility, redundant connections, closed loop,

Kirish

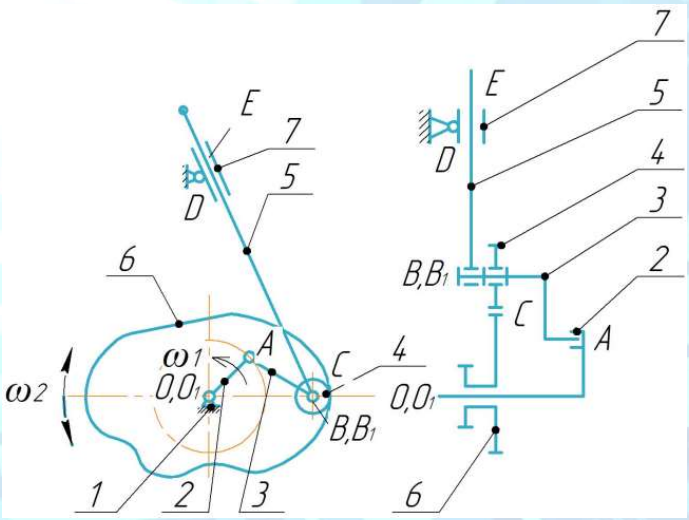
O‘zgaruvchan kinematik parametrlarga ega mexanizm avtomatlashtirilgan ishlab chiqarish jarayonlarida va uzatish mexanizmlarida aylanma harakatni

ISSN 3030-3907

berilgan harakat qonunlari bilan ilgarilanma - qaytma yoki aylanma -chayqalma harakatga aylantirish uchun ishlatilishi mumkin [1].

1-rasmda mexanizmning kinematik sxemasi ko‘rsatilgan, u asos (ustun) 1, ikkita qismdan iborat 2, 3 va bir-biriga kinematik juft A bilan bog‘langan vodilo, satelit 4, kulisa 5, mushtcha (kulachok) 6 va ustunga nisbatan harakatlanuvchi ilgak (tosh) 7 bilan bog‘langan. Bog‘lanishning harakat qonuni mushtchaning profiliga ko‘ra o‘zgaradi.

Mexanizmning strukturaviy tahlili - berilgan strukturaviy sxema bo‘yicha mexanizm xususiyatlarini o‘rganishdir. Ishning maqsadi ortiqcha kontur ulanishlari soni (OKU), ortiqcha kontur harakatchanligi (OKH), ortiqcha bo‘g‘inlar (OB) mavjudligini hisobga olgan holda mexanizmni tizimli tahlil qilishdan iborat bo‘lib, ular uning funksionalligiga ta’sir qilmaydi, lekin ish sifatiga ta’sir qiladi va metrik ulanishlar MU (bog‘lanishlarning nisbiy harakatlariga cheklovlarni takrorlaydigan ulanishlar), shuningdek, ularni yo‘q qilish usullari [2, 3].



1-rasm. O‘zgaruvchan kinematik parametrlarli mexanizm sxemasi

Ushbu mexanizm tekis bo‘lgani uchun uning harakatchanligi P.L. Chebishev formulasi bilan ifodalanadi:

$$W = 3n - 2p_5 - p_4 = 3 \cdot 6 - 2 \cdot 7 - 1 = 3,$$

Bu yerda harakatlanuvchi bo‘g‘nlar soni n = 6 (vodilo 2 va 3, satellit 4, turtkich 5, mushtcha 6 va tosh 7); p_5 - 5 - sinfli (quyi) kinematik juftlari (KJ). p_5 = 7 (O, O_1, A, B, B_1, D, E); p_4 - 4 - sinfnli (oliy) kinematik juftlari. p_4 = 1 (C).

Bizning holatda W = 3 va bo‘g‘inlar harakatining aniqligi har biri bitta mustaqil harakatga ega bo‘lgan uchta yetakchi bo‘g‘in yoki uchta mustaqil harakatga ega bo‘lgan bitta etakchi bo‘g‘in (uchta harakatlanuvchi) bilan ta’minlanishi mumkin.

Harakatlanish darajasining qiymati mexanizmning yetakchi bo‘g‘inlari sonini ko‘rsatadi. 1-rasmga ko‘ra, 2, 4, 6-bo‘g‘inlari yetakchi bo‘lishi mumkin.

ISSN 3030-3907

Harakatlanish darajasi, shuningdek, mexanizmning qolgan bo‘g‘inlarining ustunga nisbatan holatini tavsiflovchi mustaqil koordinatalar soni bilan belgilanadi. Ushbu usul ortiqcha kontur ulanishlari va qo‘shimcha bo‘g‘inlarni aniqlash bo‘yicha to‘liq ma’lumot bermaydi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Mexanizmlarning strukturaviy tahlili mexanizmlar va mashinalar nazariyasi darsliklarida va ilmiy adabiyotlarda keng yoritilgan. [2, 3] -ishlarda tekis va fazoviy mexanizmlarni strukturaviy tahlil qilish, kinematik juftliklar sinfi va mexanizm sinfini aniqlash uchun umumiy formulalar berilgan. [4]-ishda mexatron qurilmalarning tuzilishi va ularning konstruktiv, kinematik, kuch, dinamik tahlillari keltirilgan; [5]-ishda mexatron qurilmalar va robotlar mexanizmlarini strukturaviy tahlil qilishning yangi usuli taklif qilingan. Mexanizmlar konturlarida yuzaga keladigan ortiqcha va metrik ulanishlar, ortiqcha harakatchanlik va ortiqcha bog‘lanishlar sonini analitik aniqlash uchun formulalar keltirilgan. [6]-ishda , patent [1] materiallariga asoslanib, uning turli xil sxemalari uchun mexanizmning harakatchanligi ta’rifi keltirilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Mexanizmni yopiq konturlarga bo‘lish orqali tizimli tahlil qilaylik [3]. Fazoviy va tekis mexanizmlarning erkinlik darajalari sonini formuladan foydalanib aniqlashni taklif qilamiz [4]:

$$W = 6n - \sum_{i=1}^{5} ip_i + \sum_{j=1}^{k} S_j - \sum_{q=1}^{k} Z_q + \sum_{m=1}^{k} T_m, \quad (1)$$

Bu erda

n - harakatlanuvchi bo‘g‘inlar soni;

KJ i-sinf ;

pi - i-sinfning

KJ raqami;

S - ortiqcha ulanishlar soni;

Z - mexanizmning

i-konturining qo‘shimcha bo‘g‘inlari soni;

Tm - mexanizmning m-chi konturining metrik ulanishlari soni.

Yopiq konturlar soni quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$K = \sum_{i=1}^{5} p_i - n. \quad (2)$$

Ortiqcha kontur ulanishlar soni (OKU) formula bilan aniqlanadi:

$$S_j = 3 - \sum_{i=1}^{5} (m - i)p_i, \quad (3)$$

bu erda m=5 quyi KJ uchun; m=4 - oliy KJ uchun.

ISSN 3030-3907

Mexanizmdagi qo‘shimcha bo‘g‘inlarlar soni quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$Z = \sum_{i=1}^{5}(5-m)\cdot p_i. \quad (4)$$

Bir nechta yopiq konturlarni o‘z ichiga olgan mexanizmlar uchun tizimli tahlilda metrik ulanishlar soni quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$T = 0{,}25\left(1-\frac{n_k-3{,}5}{|n_k-3{,}5|}\right)\left(\frac{1{,}5-n_k^*}{|1{,}5-n_k^*|}+1\right), \quad (5)$$

bu erda

nk - yopiq konturning harakatlanuvchi bo‘g‘inlari soni;

n_k^* - boshqa konturlarga kiritilmagan yopiq konturning harakatlanuvchi bo‘g‘inlari soni.

Mexanizmning erkinlik darajalari sonini formuladan foydalanib aniqlashni taklif qilamiz [5]:

$$H = n - \sum_{j=1}^{k} A_j, \quad (6)$$

bu erda

Aj - kontur bo‘g‘inlar sonining ko‘rsatkichi. Ko‘p konturli mexanizmlar uchun agar sxema faqat berilgan konturga tegishli bo‘lgan ikki yoki undan ortiq harakatlanuvchi zvenolardan iborat bo‘lsa

A=2 va agarkontur faqat berilgan

konturga tegishli bo‘lgan bitta zvenoni o‘z ichiga olsa

A=1.

MUHOKAMA VA NATIJALAR

1-rasmga muvofiq strukturaviy parametrlarni aniqlaymiz.(2) formula bo‘yicha yopiq konturlar soni:

$$K = \sum_{i=1}^{5} p_i - n = (7+1) - 6 = 2.$$

Ushbu sxema bo‘yicha ikkita yopiq kontur mavjud: OABDE va O1B1CDE. Formula (3) bo‘yicha birinchi va ikkinchi konturlarning ortiqcha ulanishlari:

$$S_1 = 3-(5-5)\cdot 5 = 3;$$

$$S_2 = 3-(5-5)\cdot 4-(4-2)\cdot 1 = 1.$$

OABDE konturining qo‘shimcha bo‘g‘inlari:

$$Z_1 = (5-5)\cdot 5 = 0.$$

O1B1CDE konturining qo‘shimcha bo‘g‘inlari::

$$Z_2 = (5-5)\cdot 4+(5-4)\cdot 1 = 1.$$

Metrik ulanishlar sonini aniqlaymiz. Birinchi kontur uchun yopiq konturning harakatlanuvchi bo‘g‘inlari soni nk = 4 (bo‘g‘inlar 2, 3, 5, 7); ikkinchi kontur

ISSN 3030-3907

bo‘ylab nk = 4 (bo‘g‘inlar 4, 5, 6, 7). Boshqa konturlarga kirmaydigan yopiq konturning harakatlanuvchi bo‘g‘inlari soni: birinchi kontur bo‘ylab n*k = 2 (bo‘g‘inlar 2, 3), ikkinchi kontur bo‘ylab n*k = 2 (4, 6 bo‘g‘inlar).

$$T_1 = 0{,}25\left(1-\frac{4-3{,}5}{|4-3{,}5|}\right)\left(\frac{1{,}5-2}{|1{,}5-2|}+1\right)=0;$$

$$T_{21} = 0{,}25\left(1-\frac{4-3{,}5}{|4-3{,}5|}\right)\left(\frac{1{,}5-2}{|1{,}5-2|}+1\right)=0.$$

Formula (1) bo‘yicha mexanizmning erkinlik darajalari soni:

$$W = 6\cdot 6-5\cdot 7-2\cdot 1+(3+1)-(0+1))+0=2.$$

Formula (6) bo‘yicha bo‘g‘inlarning harakatchanligi:

$$H = 6-1\cdot 2-1\cdot 1=3.$$

Olingan natijalardan ko‘rinib turibdiki, erkinlik darajalari soni va mexanizmning harakatchanligi turli qiymatlarga ega.

Mexanizmning erkinlik darajalari soni uning harakatini to‘liq tavsiflash uchun zarur bo‘lgan mustaqil parametrlar soni bilan belgilanadi. Bu mexanizmning xossasi bo‘lib, uni tashkil etuvchi bo‘g‘inlarning erkinlik darajalari soni va ular orasidagi bog‘lanish turlaridan kelib chiqadi.

Harakatchanlik darajasi mexanizmning funksionalligini, ya’ni uning qancha harakatlanishi mumkinligini tavsiflaydi. Mexanizmning harakatlanishlari soni konstruktiv xususiyatlari bilan cheklanishi mumkin, masalan, qo‘shimcha bog‘lanishlar yoki shartlar mavjudligi.

Mexanizmdagi ortiqcha kontur ulanishlarini yo‘q qilish yoki kamaytirish uchun biz ikkinchi sinfli kinematik juftligini C (P2) beshta harakatga ega birinchi sinnfli C (P1) bilan, birinchi konturning beshinchi sinfli KJ A (P5) ni uchinchi sinf KJ A (P3) bilan almashtiramiz.

Birinchi va ikkinchi konturlarning ortiqcha kontur ulanishlar soni:

$$S_1 = 3-(5-5)\cdot 4+(5-3)\cdot 1=1;$$

$$S_2 = 3-(5-5)\cdot 4-(4-1)\cdot 1=0.$$

Konturdagi ortiqcha bo‘g‘inlar soni o‘zgarmaydi, ya’ni Z1=0, Z2=1.

Mexanizmning erkinlik darajasi o‘zgarishsiz qoladi:

$$W = 6\cdot 6-5\cdot 7-1\cdot 1+(3+0)-(0+1))+0=2.$$

Birinchi va ikkinchi konturlarning qo‘shimcha bo‘g‘inlar va T1 va T2 metrik ulanishlari soni o‘zgarmadi.

Mexanizmning erkinlik darajasi:

$$W = 6\cdot 6-5\cdot 6-3\cdot 1-1\cdot 1+(1+0)-(0+1)+0=2.$$

ISSN 3030-3907

C(P1) KJ ni ikkinchi sinf C(P2) KJ ga, D(P5) KJ ni D (P4) 4-sinf KJ bilan almashtiramiz. Unda ortiqcha bo‘g‘inlar soni:

$$S_1 = 3-(5-5)\cdot 3+(5-3)\cdot 1-(5-4)\cdot 1=0;$$
$$S_2 = 3-(5-5)\cdot 3-(4-2)\cdot 1-(5-4)\cdot 1=0.$$

Konturlar bo‘ylab qo‘shimcha bo‘g‘inlar:

$$Z_1 = (5-5)\cdot 5=0;$$
$$Z_2 = (5-5)\cdot 4+(5-4)\cdot 1=1.$$

Mexanizmning erkinlik darajalari soni:

$$W = 6\cdot 6-5\cdot 5-4\cdot 1-3\cdot 1-2\cdot 1+0-(0+1)+0=1.$$

1-rasmga ko‘ra, ikkinchi konturdagi ortiqcha bo‘g‘in satellit (rolik) 4 bo‘lib, mushtumcha va kulisa o‘rtasidagi sirpanish ishqalanishini umalab ishqalanish bilan almashtirish, ya’ni mushtumcha va kulisa o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir jarayonini yaxshilash uchun mo‘ljallangan.

KJ sinfini almashtirishning boshqa variantlari ham mavjud, xususan: KJ A(P3) ni to‘rtinchi sinf A (P4) KJ bilan; D(P4) KJ ni D(P3) bilan almashtirish. Bunday holda, yopiq konturlarning ortiqcha kontur ulanishlari soni nolga teng bo‘ladi, ya’ni S1=S2=0.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Yopiq konturlarning xususiyatlarini hisobga olgan holda strukturaviy tahlil bizga ortiqcha kontur ulanishlari sonini, ortiqcha bog‘lanishlarni, mexanizmning har bir yopiq konturining metrik ulanishlarini, shuningdek, mexanizmning harakatchanlik darajalari sonini va uning erkinlik darajalari sonini aniqlash imkonini beradi. Ushbu usul mexanizmlarni strukturaviy va konstruktiv ortiqcha bo‘lmagan holda loyihalash imkonini beradi, mexanizmlarning ishlash sharoitlarini yaxshilaydi. Haddan tashqari konturli ulanishlar va ortiqcha bog‘lanishlar kinematik juftliklar sinfini o‘zgartirish orqali yo‘q qilinishi mumkin va bu ko‘p variantli muammodir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Патент РУз № 07523. 19.10.2023. Кулачковый механизм. Баратов Н.Б., Ахмеджанов Ю.А.

2. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский. - М.: Наука. ФИЗМАТЛИТ, 1988. - 640 с.

3. John J., Gordon R., Joseph E. Theory of mechanisms and machines. -New York.: OXFORD UNIVERSITY PRESS, 2017.-P. 977.

4. Егоров О.Д. Прикладная механика мехатронных устройств: учебное пособие. - М.: ФГБОУ ВПО МГТУ “СТАНКИН”, 2013. - 229 с.

ISSN 3030-3907

5. Егоров О.Д., Буйнов М.А. Метод структурного анализа механизмов робототехнических и мехатронных устройств // Механика машин, механизмов и материалов. 2016. № 2 (35).-С.15-21.
6. Баратов Н.Б., Ахмеджанов Ю.А., Дусиёров Ж.Ж. Структурный анализ кулачкового механизма с изменяемыми кинематическими параметрами // Интеграция науки, образования и производства в машиностроении: тенденции, методы и решения: тезисы докладов. Международная научная и научно-техническая конференция (Ташкент. 19.10.2023 г.).-Ташкент. 2023.-С.55-57.

ISSN 3030-3907