11-маъруза. Робот ва манипуляторларни динамик таҳлили. Кинетостатик ҳисоб

Мақсад: Саноат роботларини кинетостатик ҳисоби тартиби, кинематик жуфтлардаги реакция кучларини,мувозанатловчи кучларни аниқлаш усуллари, кўникма ва билимларни магистрантларда шакллантириш.

Режа:

1. Манипуляторларни динамикасини асосий масалалари.
2. Динамик моделларни тузиш, таъсир қилувчи кучларни хусусиятлари.
3. Кинетостатик ҳисоб тартиби.
4. Қўзғалувчанлик даражаси 3 га тенг манипуляторни кинетостатик ҳисоби.
5. Муаммоли масалалар.
6. Хулоса.

Адабиётлар:

1. А. Ф. Шеглов «Основы робототехники» ТГТУ, 1996, 105...123 бетлар.

1. Саноат роботларини ишлаш вақтида қатор улар ҳаракатига динамик жараёнларни таъсири жуда каттадир.

Манипуляторларни **динамик таҳлили** мураккаб масалалардан ҳисобланади. Манипулятор динамикасида таъсир қилувчи кучларнинг хусусиятлари, кинематик жуфтлардаги зурикишлар, механизмларни ўзаро таъсири, ишчи органларини объект билан таъсири, механик қисмни електр юритгич билан ўзаро таъсирлашуви каби масалаларни хал қилади.

Умуман олганда роботларни динамик текширишда иккита масала хал етилади. Биринчи масалани ечишда робот буғинларини ҳаракат қонунлари маълум деб қаралади. Бунда асосан **кучлар ҳисоби** амалга оширилади, кинематик жуфтлардаги **реакция кучлари** аниқланади, **мувозанатловчи куч** қийматлари топилади. Бу ҳисобни **кинетостатик ҳисоб** дейилади.

Манипуляторларнинг динамикасини иккинчи масаласида ҳаракат тенгламалари тузилиб, уларнинг ечимлари олинади. Натижада олинган ҳаракат қонунлари дастурдаги ҳаракатларга мослиги текширилади. Тегишли ўзгартиришлар киритиб дастурдаги ҳаракатни амалга ошириш учун параметрлар аниқланади.

Динамик анализда геометрик, кинематик параметрларни қийматлари зарурдир. Умуман олганда манипулятор параметларини аниқлашда динамик изланишлар натижалари керак бўлади.

2. Манипуляторларни динамик моделлари асосан ҳисоб схемалари бўлиб тегишли қўзғалувчанлик даражасига мос келтирилган массаларни ўзаро боғланган кўринишида қурилади. Бунда юритувчи кучлар, моментлар,

қаршилик ва инерция кучлари инобатга олинади, шунингдек елалетик бўғинларни ҳарактеристикалари ҳисобланади.

Машина ва механизмлар назарияси умумий курсидан бизга таъсир қилувчи кучларнинг классификацияси маълумдир. Унга асосан, роботларда, кинематик жуфтлардаги реакция кучларини **пассив кучлар** деб қабул қилинган. **Актив кучларга**, оғирлик кучлари, фойдали қаршилик кучлари, эластиклик кучлари, ички ютиш ёки демпферлаш кучлари, юритувчи кучлар киради. Оғирлик кучлари асосан бўғинларнинг оғирлик марказларига қўйилиб, мусбат ва манфий иш бажаришлари мумкин. Бунда манипулятор қисқичи ҳаракатга келтираётган жисмни оғирлиги хам инобатга олинади. Технологик қаршиликлар хам фойдали қаршилик кучларига киради ва мураккаб қонун бўйича ўзгаришлари мумкин. Эластик, қайишкок бўғинларда еластиклик ва демпферлаш кучлари ҳисобга олиниши керак бўлади. Бу кучлар хам вазиятга қараб мусбат ва манфий иш бажаришлари мумкин. Юритувчи кучлар, асосан ҳаракат манбаи юритгичлардан олинади. Электр юритгичларда уларнинг қийматларини ўзгариши механик ҳарактеристикаларидан фойдаланиб топилади.

3.Саноат роботларини кинетостатик ҳисобларида оддий механизмларни ҳисобидан фарқлироқ, ҳар бир бўғин учун мувозанат шартлари Даламбер принципи асосида қурилиб, номаълум реакция ва мувозанатловчи кучлар аниқланади.

Улар бир бўғиннинг инерция моментлари оғирлик марказига келтирилиб, оғирлик марказига нисбатан инерция кучини бош вектори ва бош куч моменти билан алмаштирилади.

Бўғиннинг инерция моментини бош вектори

$$\overline{F}_{i} = -m_i \cdot \overline{a}_{ci} \qquad (11.1)$$

бу ерда, $м_и$- и-бўғиннинг массаси, $a_{си}$- и-бўғиннинг оғирлик марказини тезланиш вектори.

Бўғиннинг оғирлик марказига нисбатан инерция кучининг бош моменти

$$\overline{M}^{\grave{e}\acute{i}}_{ci} = -\sum_{i=1}^{n} r_i \cdot m_i \cdot \overline{a}_{ci} \qquad (11.2)$$

Бош момент векторини марказий ўқларга проекциялари:

$$M^{x}_{\grave{e}i} = -\left[J_{xi}\dot{\omega}_i^{x} + \left(J_{zi} - J_{yi}\right)\dot{\omega}_i^{y} \cdot \dot{\omega}_i^{z}\right]$$

$$\grave{I}^{y}_{ui} = -\left[J_{yi}\dot{\omega}_i^{y} + (J_{xi} - J_{zi})\omega_i^{z}\omega_i^{x}\right] \qquad (11.3)$$

$$M^{z}_{ui} = -\left[J_{zi}\dot{\omega}_i^{z} + (J_{yi} - J_{xi})\omega_i^{x}\omega_i^{y}\right]$$

бу ерда, $\omega^{х}_{и}$, $\omega^{й}_{и}$, $\omega^{з}_{и}$-қўзғалмас ўқларга нисбатан и-бўғин бурчак тезликлари.

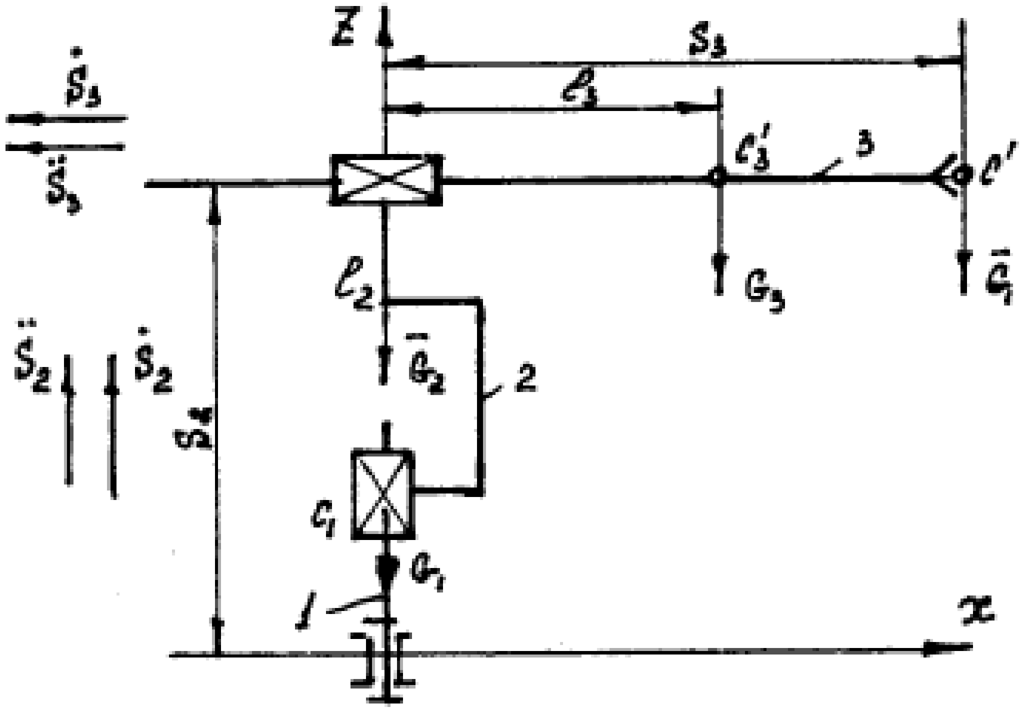
Кинетостатик анализда манипулятор бўғинларининг холатлари, тезлик ва тезланишлари маълум деб олинади, шунингдек бўғинларнинг массалари, инерция моментлари берилган бўлади.

4. 11.1-расмда келтирилган учта қўзғалувчанлик даражасига ега бўлган саноат роботини кинетостатик ҳисобини бажарамиз.

Ушбу манипулятор бўғинларининг оғирлик марказларини тезланишларини аниқлаш усулларини кинематик таҳлилда қуриб чиқилган еди. Б ўғинни инерция кучларини икки векторга $\overline{F}_i^u$ ва $\overline{M}_i^u$ келтирамиз.

Силиндрик координаталар системасида ҳаракатланувчи манипулятор учун

$$\overline{F}_{\bullet 1} = 0; \quad \overline{F}_{r} = -m_2 \ddot{S}_2 \overline{k}_1$$
$$\overline{F}_{\bullet 3} = -m_3 \left[\left(\ddot{\varphi}_1^2 S_3 + \ddot{S}_3 \right) \vec{i}_1 + \left(\ddot{\varphi}_1 S_3 + 2\dot{\varphi}_1, \dot{S}_3 \right) \overline{j} + \ddot{S}_2 \overline{k}_1 \right] \tag{11.4}$$



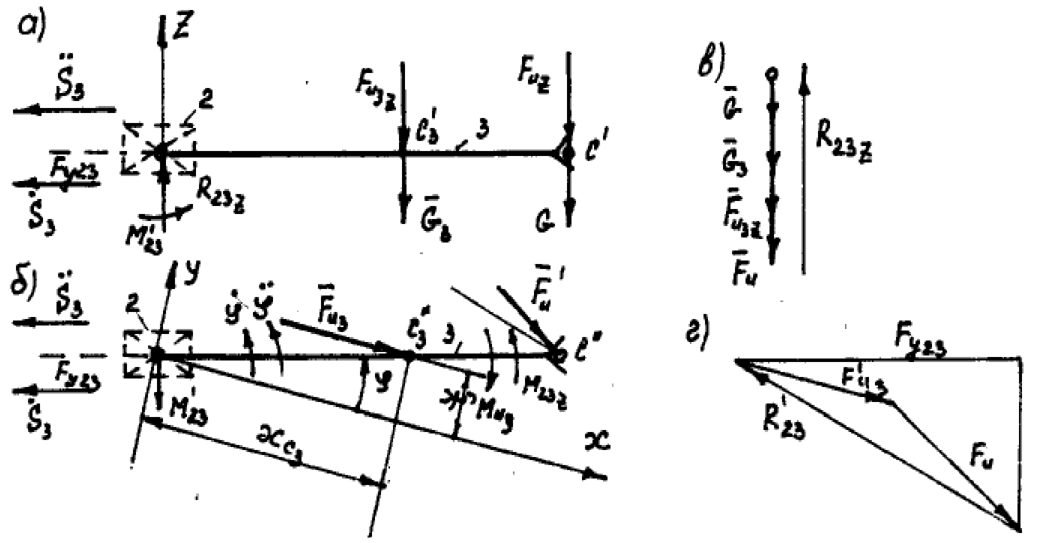
11.1-расм.

Бўғинларнинг инерция кучларини бош моментлари

$$\overline{M}_{kc1} = -Jz, \quad \ddot{\varphi}_1 \overline{k}_1; \quad \overline{M}_{kc2} = -J_{z2} \ddot{\varphi}_1 \overline{k}_1; \quad \overline{M}_{kc3} = -J_{z3} \ddot{\varphi}_1 \overline{k}_1$$

бу ерда, J_{z1}, $J_{z1,}$ J_{z1} - Z ўсига нисбатан бўғинларнинг инерция моментлари.

Ҳисобни енг четки яъни қисқич жойлашган бўғиннинг мувозанат шартидан бошлаймиз. 3-бўғиннинг оғирлиги c_3 нуқтада жойлашган (11.2 расм).



11.2-расм.

Ушбу бўғинга таъсир қилувчи кучларнинг йиғиндиси нолга тенг бўлади (мувозанат шарти):

$$\overline{\boldsymbol{G}} + \overline{\boldsymbol{G}}_3 + \overline{\boldsymbol{F}}_{è3} + \overline{\boldsymbol{F}}_{è} + \overline{\boldsymbol{R}}_{23} = 0 \qquad (11.5)$$

Барча кучларни координата ўқлари бўйича проекцияларини оламиз

$$\begin{aligned} -m_3\ddot{X}_{c3} - m\ddot{X}_c + R_{23x} &= 0 \\ -m_3\ddot{y}_{c3} - m\ddot{y}_c + R_{23}y &= 0 \\ -G - G_3 - m\ddot{z}_{c3} - m\ddot{z}_c + R_{23z} &= 0 \end{aligned} \qquad (11.6)$$

Мос равишда Р23 реакция кучини ўқларга проекцияларига нисбатан қарасак

$$\begin{aligned} R_{23x} &= m_3\ddot{x}_{c3} + m\ddot{x}_c \\ R_{23y} &= m_3\ddot{y}_{c3} + m\ddot{y}_c \\ R_{23z} &= G + G_3 + m_3\ddot{z}_{c3} + m\ddot{z}_c \end{aligned} \qquad (11.7)$$

Иккинчи бўғинни учинчи бўғинга нисбатан реакция кучининг умумий қиймати

$$R_{23} = \sqrt{R_{23x}^2 + R_{23y}^2 + R_{23z}^2}$$

3-бўғин бўйлаб ёъналган мувозанатловчи куч статик мувозанат шартидан аниқланади:

$$F_{23``} = R_{23x}\cos\varphi_3 + R_{23y}\sin\varphi_3$$

бу ерда, φ_3-учинчи б ўғиннинг бурилиш бурчаги.

Моментлар тенгламасидан

$$M'_{23} - (G_3 - F_{u_3z})l_{23} - (G - F_{uz})S_3 = O$$

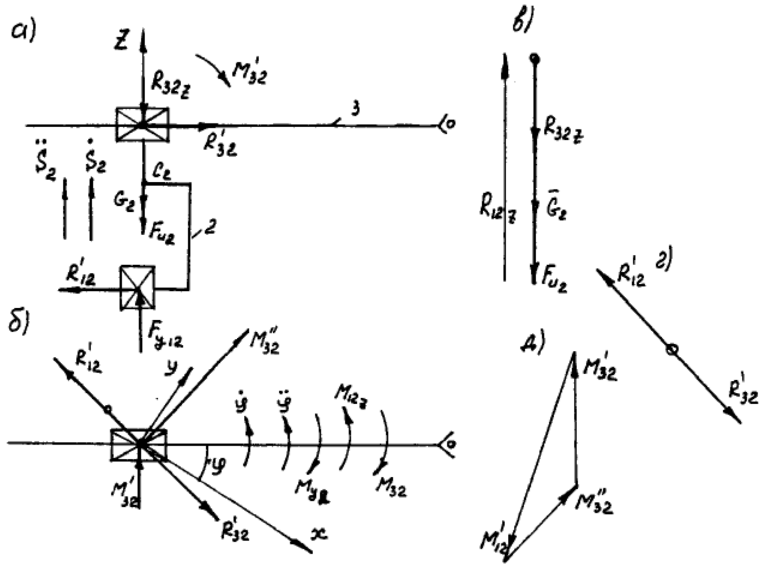
$$M_{23z} - F_{u_3x}y_{c_3} - F_{ux}y_c + F_{u_3y}x_{c_3} + F_{uy}x_c + M_{u_3} = O$$

Булардан реактив моментлар

$$M'_{23} = (G_3 - F_{u_3 z})l_{c_3} + (G - F_{uz})S_3,$$

$$M_{23z} = F_{u_3 x} y_{c_3} + F_{ux} y_c - F_{u_3 y} x_{c_3} - F_{uy} x_c - M_{u_3}$$

Иккинчи б ўғинни мувозанат шартини кўрамиз
(11.3-расмга қаранг)



11.3-расм.

$$\overline{R}_{32} + \overline{F}_{u2} + \overline{G}_2 + \overline{R}_{12} = O,$$

$$-\overline{R}_{23} = \overline{R}_{32};\ \overline{R}_{12} = -\overline{R}_{21}$$

$$\overline{R}_{12} = -\left(\overline{R}_{32} + \overline{F}_{u_2} + \overline{G}_2\right)$$

Агарда координата ўқларига проекцияласак

$$R_{32x} + R_{12x} = 0,$$

$$R_{32y} + R_{12y} = 0,$$

$$R_{32z} - m_2 \ddot{z}_{c_2} - G_2 + R_{12z} = 0$$

бу ердан:

$$R_{12x} = -R_{32x};$$

$$R_{12y} = -R_{32y};$$

$$R_{12z} = Fy_{12} = m_2 \ddot{z}_{c2} + G_2 - R_{32z};$$

$$R_{12} \sqrt{R_{12}^2 x + R_{12}^2 y}$$

Робот устуни 1 ни егувчи момент

$$M'_{12} = -M'_{32} - M''_{32}$$

$$M''_{32} = R_{32} h_2$$

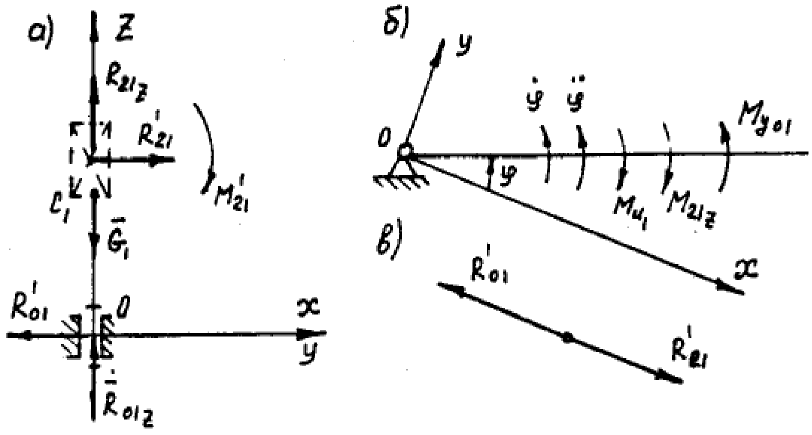
$h_2 - ustun \quad balandligi$

$M_{12z} - burovchi \quad moment$

$$M_{32з} + M_{yз} + M_{12з} = 0$$

$$M_{12з} = -(M_{32з} + M_{y2}), \quad M_{21з} = -M_{12з}$$

Биринчи б ўғинни мувозант шартини қуриб чиқамиз (11.4 расмга қаранг)



11.4-расм.

$$\overline{R}_{21} + \overline{G}_1 + \overline{R}_{01} = 0; \ \overline{R}_{01} = -\left(\overline{R}_{21} + \overline{G}_1\right)$$

координаталарга проекцияласак

$$R_{21x} + R_{01x} = 0;$$

$$R_{21y} + R_{01y} = 0;$$

$$R_{21z} - G_1 + R_{01z} = 0;$$

$$yoki \ R_{01x} = -R_{21x},$$

$$R_{01y} = -R_{21y},$$

$$R_{01z} = -R_{21z} + G_1$$

$$R_{01} = \sqrt{R_{01x}^2 + R_{01y}^2 + R_{01z}^2}$$

M'_{01} реактив моментни аниқлаймиз

$$M_{21z} + M_{u_1} + M_{01y} = 0$$

мувозанатловчи момент

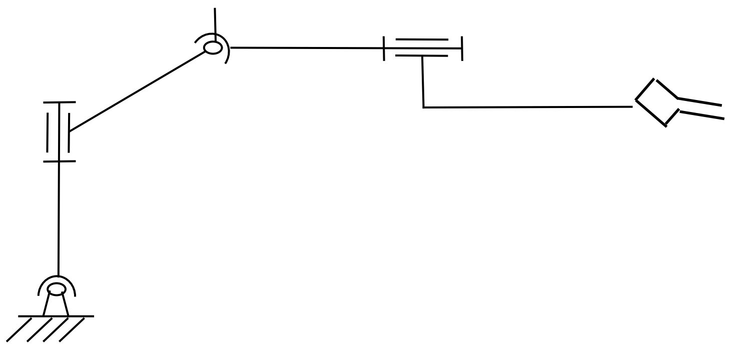
$$M_{01y} = -\left(M_{21z} + M_{u_1}\right)$$

Демак кинетостатик ҳисобдан P_{23}, P_{12}, P_{01} реакция кучлари ва кинематик жуфтлардаги моментлар $M'_{23}, M_{23z}, M'_{12}, M_{12z}, M'_{01}$

ҳамда мувозанатловчи $F_{y23}, F_{y12}, F_{y01}$ кучлар аниқланади.

5. Муаммоли масалалар

Кинетостатик ҳисобда манипуляторда олий кинематик жуфтларни бўлиши анча қийинчиликларга олиб келади. 11.5-расмда келтирилган манипуляторни кинетостатик ҳисобини бажаришни магистрантларга тавсия етамиз.



11.5-Расм.

6. Хулоса

Демак саноат роботларини кинетостатик ҳисобида кинематик жуфтлардаги реакция кучларини ва мувозанатловчи куч, моментларни аниқланади. Уисобда ҳар бир б ўғинни мувозанат шарти алохида амалга оширилади.

<u>Ўз-ўзини текшириш учун саволлар</u>

1. Манипуляторларни динамик анализида қандай масалалар хал қилинади?
2. Манипуляторларда таъсир қилувчи кучларни изохлаб беринг.
3. Саноат роботлари кинетостатик ҳисоби қандай тартибда бажарилади?
4. Кинетостатик ҳисобга мисол келтиринг.
5. Манипуляторларни кинетостатик ҳисобида ққандай муаммолар мавжуд?