

Rəhim Məhəmməd oğlu RƏHİMOV t.e.n., dos.
Azərbaycan Texniki Universiteti
E-mail: rehim_muallim@mail.ru

Dürdanə Fərhad qızı RÜSTƏMOVA, fiz.ü.f.d.
Qərbi Kaspi Universiteti
E-mail: durdana.rustamova@wcu.edu.az

Elnarə FİRDUS
Qərbi Kaspi Universiteti
E-mail: elnare.firdus@wcu.edu.az

SƏNAYE ROBOTLARI VƏ MANİPULYATORLARIN TEXNOLOJİ PROSESLƏRDƏ TƏTBİQİ VƏ DİNAMİK MODELİ

Xülasə

Məqalədə əsas məqsəd robot və manipulyatorların dinamikasının araşdırılmasıdır. Robot və manipulyatorların dinamikası dedikdə, onlara təsir edən qüvvə, moment və bəndlərinin ümumiləşdirilmiş koordinatları arasındakı kinematik asılılığın dinamik tənliklər şəklində verilməsi başa düşülür. Emal sahələrini avtomatlaşdırmaq üçün adətən qrup texnologiyası formasında sənaye robotlarından istifadə olunur.

Bir-biri ilə, digər bənd və ya köməkçi hissələrlə əlaqəsi olmayan qovşaqlardan istifadə edən zaman layihələndirilmə modul şəklində həyata keçirilir. Avtomatlaşdırılma zamanı nəzərə alınmalıdır ki, bu prinsip müxtəlif növ manipulyator və robotlara tətbiq oluna bilər.

Robot və manipulyatorların dinamikası üçün onun riyazi modelindən istifadə edilir. Manipulyatorun kinematik silsiləsinin riyazi modeli bircins koordinat çevrilmələrindən yığılmış matrislər şəklində təsvir edilir.

Dinamik tənliklərinin verilməsini sadələşdirmək məqsədi ilə Laqranj-Eyler üsulundan istifadə etmək daha məqsədə uyğundur.

Açar sözlər: Sənaye robotları, texnoloji proses, layihələndirmə prosesi, manipulyatorların dinamik modeli, kinematik sxem, sərbəstlik dərəcələri, maneəçilik.

DOI: 10.54414/TKGO3911

Giriş

Elm və texnikanın inkişafı müxtəlif sahələrdə yeni kəşflərə səbəb olur. Hal-hazırda insanın fiziki və zehni əməyinin çox hissəsi artıq müxtəlif növ robot və manipulyatorlarla əvəz edilib. Pobot və manipulyatorlar XX əsrin axırlarında yarıdılaraq, illər keçdikcə inkişaf etdirilmiş və modelləşdirilmişdir. Onlardan müxtəlif sahələrdə - hərbi, kosmik, metallurgiya, mikroelektronika, inşaat, hətta məişətdə belə istifadə edilir.

Sənaye robotları proqramlaşdırılmış avtomatik maşınlardır. İnsan həyatı və sağlamlığı üçün təhlükəli, ağır fiziki əməyinin əzəz edilə bilən sahələrində əsas və köməkçi işlərin, eyni zamanda yüksək klasifikasiya tələb etməyən monoton, sadə və yorucu işlərin yerinə yetirilməsi üçün bu maşınlardan istifadə edilir. Bir nəticə kimi vurğulaya bilərik ki, robotların insanların köməkçisinə çevrilməsi insanlarda

müxtəlif növ peşə xəstəliklərinin yaranması riskini aradan qaldırır, illər uzununu maraqsız, təkrarlanan iş rejimi şəraitində çalışmaq, dəqiqliyi, etibarlılığı, işin ahəngini sabit saxlamaq məcburiyyəti nəticəsində insan sağlamlığına vurulan zərər azaldır. Bu qurğuların tətbiq edilməsi insanları təhlükəli zonadan uzaqlaşdıraraq, onlara uzaqdan-idarəetmə imkanını verməkdir. Manipulyatorların əsas məqsədi elə budur.

Əsas mətn

Sənaye robotları aşağıdakı xüsusiyyətlərinə görə bir-birindən fərqlənir:

Yerinə yetirdiyi texnoloji əməliyyatların xarakterinə görə - texnoloji, yəni, birbaşa texnoloji əməliyyatda iştirak edən (məsələn, birbaşa qaynaq, rəngləmə, yağlama və s. proseslərdə istifadə edilən robotlar), köməkçi, yəni, texnoloji prosesdə, yükləmə-boşaltma əməliyyatlarını yerinə

yetirmək üçün tətbiq olunan robotlar və universal olurlar.

Xüsusiləşmə dərəcəsinə görə - xüsusiləşmiş məqsədli və çox məqsədli sənaye robotlarına bölünürlər.

Xüsusiləşmə dərəcəsi istehsalatın növündən asılıdır.

Yükqaldırma qabiliyyətinə görə - çox yüngül, yüngül, orta, ağır, çox ağır, güc mühərriklərinin növünə görə isə elektromexaniki, pnevmatik, hidravlik və kombinə edilmiş olurlar.

Gövdəsinin hərəkətinə görə stasionar və mobil manipulyatorları fərqləndirmək olar.

Manipulyatorlar fəzada hərəkət edən bəndlərdən yığılmış kinematik silsilədir. Bu silsilə adətən 3, 4 və 5 - ci sinif kinematik cütlərdən yığılır. Belə kinematik cütlərdən manipulyatorların yığılması onun layihələndirilməsi və hazırlanmasını asanlaşdırır və çəkilən xərcləri azaldır.

Ayrı-ayrılıqda sərbəst bərk cisim olan bəndlər bir-biri ilə kinematik cütlərlə, onlar da kinematik silsilələrlə birləşərək mexanizmlər yaradır. Bu zaman bəndlər tam sərbəstliyini itirərək bir-birinə nəzərən nisbi hərəkətdə olur. Beləliklə, manipulyatorların sərbəstlik dərəcələri və maneərliliyi kimi anlayışlar ortaya çıxır ki, onların sayına görə də manipulyatorları bir-birindən fərqləndirmək olar.

Bildiyimiz kimi tam sərbəst cism fəza oxları olan X, Y və Z ətrafında fırlanma hərəkəti (FFF) və eyni oxlar boyunca irəliləmə hərəkətləri (İİİ) edərək altı sərbəstlik dərəcəsinə malik olur.

Bir neçə bərk cisimdən təşkil edilmiş sistemin sərbəstlik dərəcəsi isə onu təşkil edən cisimlərin rabitələrin sayını çıxmaq şərti ilə, qalan sərbəstlik dərəcələrinin cəminə bərabər olur. Bu zaman mexanizmin "sərbəstlik dərəcələri" termini altında onun fəzada mövqeyini tam dəqiq təyin edən parametrlərin cəm sayı nəzərdə tutulur. Mexanizmlərin sərbəstlik dərəcəsi adətən altıdan kiçik olmalıdır. Lakin elə mexanizmlər də olur ki, onların idarə edilən sərbəstlik dərəcələrinin sayı fiziki sərbəstlik dərəcələrindən çox olur, belə mexanizmlər izafi sərbəstlik dərəcəsinə malik mexaniki sistem adlanır. Manipulyatorlar belə mexanizmlərə aiddir [8].

Manipulyatorun sərbəstlik dərəcələrinin sayı, manipulyatorun fəzadakı mövqeyini dəqiq şəkildə təyin edən bir-birindən asılı olmayan

dəyişənlər toplusu olan ümumiləşdirilmiş koordinatların sayına bərabər olur [6].

Buna görə də, manipulyatorun sərbəstlik dərəcələrinin sayı, çoxməqsədli bir sistem olaraq, caynağın fəzada maksimum sərbəst və dəqiq hərəkətini təmin edən sayda olmalıdır. Onların sərbəstlik dərəcələrinin sayı gördüyü işlə sıx bağlıdır. Ona görə manipulyatorun sərbəstlik dərəcəsi əvvəlcədən verilmir, texnoloji əməliyyat və çıxış bəndinin yerdəyişməsindən asılı olaraq seçilir. Yəni manipulyatorun sərbəstlik dərəcələri əvvəlcədən qəbul edilmədən son məqsəqsədə uyğun olaraq verilir. Bundan ötrü, ilk əvvəl, istehsal edilən məhsulun növü və texnoloji proses təyin edilir, sənaye robotunun işçi zonası müəyyənəldirilir və detalların trayektoriyasına əsasən manipulyatorun və ya robotun sərbəstlik dərəcələrinin sayı tapılır. Sonra texnoloji prosesin tələbinə uyğun olaraq istifadə ediləcək mühərrikin növü və ya ölçüsü təyin edilir. Bütün bu proses kompleks şəkildə aparılır və iqtisadi cəhətdən səmərəliliyi əsaslandırılır [5].

Manipulyatorun işçi zonası dedikdə onun bütün sərbəstlik dərəcələrinin iştirakı ilə fəzada çata biləcəyi koordinatlar yığını nəzərdə tutulur.

İşçi zona həcmi olduqda manipulyator ən azından 3 işçi sərbəstlik dərəcəsinə, müstəvi olduqda isə ən azından 2 işçi sərbəstlik dərəcəsinə malik olması bəsidir. Ümumilikdə sənaye robotlarının ən azından 1 işçi sərbəstlik dərəcəsi ola bilər.

Ümumilikdə manipulyator caynağının sərbəstlik dərəcələrinin sayı ilə manipulyatorun sərbəstlik dərəcələrinin sayını bir-birindən fərqləndirmək lazımdır. Aydın məsələdir ki, bu anlayışlar üst-üstə düşür. Manipulyatorun caynağı sərbəst sərt bənd kimi 6-dan çox sərbəstlik dərəcəsinə malik ola bilməz.

Manipulyatorlar isə açıq kinematik silsilədən yığıldığından izafi sərbəstlik dərəcəsinə malik olur və onların sərbəstlik dərəcələrinin sayı qeyri məhdud olur. Manipulyatorun sərbəstlik dərəcəsi onun hərəkəti zamanı mərkəzi oxlarının müxtəlif mövqelərində caynağın sərbəstlik dərəcələrinin sayını artırıb azalda bilər [7].

Manipulyatorların ən azından 7 sərbəstlik dərəcəsi olmalıdır. Bunlardan üçü manipulyatorun işçi zonada hərəkətini, digər üçü manipulyator qolunun hərəkətini təmin etməlidir.



Tutma funksiyasını təmin etmək üçün ən azından bir hərəkət caynağın hərəkətinə verilir.

Manipulyatorun izafi sərbəstlik dərəcələri manipulyasiya prosesinin keyfiyyəti üçün kinematik, dinamik, enerji və digər meyarların optimallaşdırılmasına imkan verir [9].

Manipulyatorlar açıq kinematik silsilələrdən hazırlandığından onun sərbəstlik dərəcələri kinematik silsilənin bütün cütlərinin hərəkətlərinin sayına bərabər olur. Bu Malışevin düsturuna zidd deyil, çünki yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi manipulyatorlar izafi sərbəstlik dərəcəsinə malik mexaniki sistemdir [11].

Ona görə manipulyatorun sərbəstlik dərəcəsini Malışevin düsturuna uyğun aşağıdakı kimi hesablamaq olar:

$$W = 6 \cdot n - \sum_{i=1}^5 i \cdot P_i$$

Burada, n – hərəkətli bəndlərin sayı, P_i – i -ci sinif kinematik cütlərin sayıdır ($i=1 \div 5$)

Sənaye robotları manipulyator və proqram idarəetmə qurğusundan ibarətdir. Ona görə də onları idarəetmə prinsipinə, proqramlaşdırmanın növünə və proqramların xüsusiyyətlərinə görə də bir-birindən fərqləndirirlər [1].

sərbəstlik dərəcələrinə malik olurlar, bu da onun

konstruksiyasının mürəkkəbləşməsinə, lakin bununla yanaşı maneərliliyinin artırılmasına gətirib çıxarır.

Sərbəstlik dərəcələrinin çoxluğuna, yəni manipulyatorun izafi sərbəstlik dərəcələrinin sayına manipulyatorun maneərliliyi deyilir.

Manipulyatorun maneərliliyi dedikdə caynağın tərpənməz halında onun sərbəstlik dərəcələrinin sayı nəzərdə tutulur [10], [12]. Maneərlilik caynağın tərpənməz bir vəziyyətində manipulyatorun fəzada tuta biləcəyi müxtəlif mövqelərin sayıdır. Manipulyatorun maneərliliyi kinematik cütlərin növ və sayından və yerləşməsindən asılıdır.

Caynaq tərpənməz olduğundan manipulyatorun maneərliliyi onun ümumi sərbəstlik dərəcəsiindən 6 ədəd az olacaq:

$$M = W - 6$$

Manipulyatorlar universal qurğudur. Onların universallığını təmin etmək üçün isə əsas elementlərinin unifikasiya edilməsi məsləhətdir.

Sənaye robotlarının tətbiq sahələri müxtəlifdir. Təkcə maşınqayırma istehsalında ölçmə əməliyyatlarından tutmuş emal sahələrinin müxtəlif tullantılardan təmizlənməsi, ayrı-ayrı dəzgah və avadanlıqların alət, tərtibat, pəstah və detallarla təchiz edilməsi və çıxarılması, bir dəzgahdan digərinə yerdəyişməsi və s. bu kimi 67 müxtəlif növ xidmət göstərir.

Mexaniki emal sahəsinin avtomatlaşması zamanı sənaye robotları tətbiq edilərkən qrup texnologiyasından istifadə edilir. Bu zaman sənaye robotları, detalların qabarit ölçüləri, forma və fiziki xassələrinə görə ayrılmış qrup və partiyalar nəzərə alınaraq, yük qaldırma qabiliyyətinə, tutqacın sıxma qüvvəsi və tutqacda olan dodaqcıqların formalarına görə seçilir.

Sənaye robotlarında adətən 5-ci sinif bir hərəkətli fırlanma və ya irəliləmə hərəkəti edən kinematik cütlərdən istifadə olunduğundan onların sərbəstlik dərəcəsinin sayını aşağıdakı kimi təyin edə bilərik:

$$W = 6n - 5P_5$$

Bildiriyimiz kimi, caynağın dəqiq və düzgün hərəkətini təmin etmək üçün manipulyator izafi

Unifikasiya aşağıdakı qruplaşdırmalar üzrə aparılır:

Sənaye robotları elementlərinin xüsusiyyətlərinə görə, işlədiyi koordinat sisteminə görə, əsas funksiya və parametrlərinə görə qruplaşdırılır (yükqaldırma qabiliyyəti, sərbəstlik dərəcələrin qiyməti və s.). Sənaye robotlarının əsas parametrlərinə onların xüsusi komponentlərinin tip və sxemi, idarəetmə sistemlərinin növü, sərbəstlik dərəcələrinin sayı, yükqaldırma qabiliyyəti daxil edilir.

Sənaye robotları və manipulyatorun unifikasiya edilməsi onların emalını asanlaşdırır. Unifikasiya edilərkən modul prinsipindən istifadə olunması isə daha qısa müddətdə müxtəlif variantların əldə edilməsinə kömək edir [3].

Modul prinsipi ilə layihələndirmə qovşaqların bir-birinə qoşulmayan detallarından və ya başqa əsas və yaxud köməkçi detallardan istifadə etməklə aparılır. Bu zaman nəzərə alınmalıdır ki, həmin modullar yalnız bir növ manipulyator və robotlarda deyil digər növ manipulyator və

robotlarda da tətbiq edilə bilsin. Bunun üçün manipulyator və ya robotların kinematika və ya dinamikasından asılı olaraq seçilmiş modullar lazımi qovşaqlarda yerləşdirilir. Nəticədə avtomatlaşdırılmış layihələndirmənin sürəti artır.

Konstruksiya layihələndirilən zaman müxtəlif növ hesablar aparılır, bu zaman konstruksiyayı təşkil edən bəndlərin, onların yaratdığı kinematik cütlərin quruluş və ölçülərinin düzgün və dəqiq seçilməsi əsas şərtlərdən biridir. Manipulyatorun əsas hissəsi onun tutqacıdır ki, onun da əsas elementi dodaqçıq hesab edilir. Ona görə tutqacın qüvvələr analizinin düzgün aparılması və hesablanması vacibdir. Tutqacın fəzada düzgün mövqeyinin təmin edilməsi üçün manipulyatorların yığıldığı bəndləri, ölçü və çəkisinin böyük əhəmiyyəti var. Tutqaclar manipulyator qoluna sərt bərkidilmiş və dəyişdirilən olurlar. Texnoloji prosesin tez və operativ yerinə yetirilməsi üçün əksər halda manipulyator qolunun caynaqları əvəz edilən olur. Tutqac sistemində caynaqların bərkidilməsi müxtəlif konstruksiyalarla həyata keçirilir [1].

Robotun texniki xarakteristikasının qiymətləndirilməsi və gələcək işinin proqnozlaşdırılması üçün onun dinamik göstəricilərinə kompleks şəkildə nəzarət edilməlidir. Bu zaman əsasən mövqeləşdirmə dəqiqliyi (bu parametr robotun işi zamanı zərbələrdən, müxtəlif mexaniki təsirlərdən və s. dəyişir. Trayektoriyanın işlənmə dəqiqliyi (buna nəzarət bir neçə metodla həyata keçirilir) gözlənilməlidir. Fotometriya (burada yerləşdirmə bir neçə kamera vasitəsi ilə aparılır), bu çox dəqiq və universal olsa da, nəticələrin emalı çox çətinliklər törədir.

Mexaniki emal prosesində ən çox istifadə edilən üsul fırlanma metodu ilə emaldır. Bu prosesin aparılması üçün ilkin olaraq materialların fiziki-kimyəvi tərkibi, markası, bərkliyi, hazırlanan detalın qabarit ölçüləri və forması, pəstahın xarici görünüşü (çökəkliklərin sayı və ölçüsü, çıxıntılar, çatışmazlıqlar və s.), hündəsi ölçüləri (uzunluğu, tutqacda və dəzgahda tutmaq üçün lazım olan baza diametri) və çəkisi yoxlanılır.

Çevik idarəetmə sistemlərinin (ÇAİ) vacib sahələrindən biri olan avtomatik nəzarət sistemi (ANS) istehsalatın “insansız” fəaliyyətinin təşkilinə xidmət edir. Bu sistemlə texnoloji mühit və istehsalat şəraitinin vəziyyətini xarakterizə

edən məlumatların qəbulu və nəzarətdə saxlanması, müxtəlif sahələrdən ÇAİ-nin idarəetmə sistemləri tərəfindən məlumatların qəbulu və onların istehsalat modulları ilə uyğunlaşdırılması və alınan məlumatların icrası haqqında siqnalları qəbul edilərək təqdimatı aparılır.

Avtomatik idarəetmə sistemi (AİS), idarəolunan obyektin iş rejimini saxlayaraq istehsalat kompleksinin tərkibində istifadə olunur. Tənzimləmə və idarəetmə mərhələlər üzrə elektron elementlər və telemexanika qurğular vasitəsi ilə aparılır. Yüksək dəqiqlik və həssaslığa malik tənzimləyici, tele idarə və tele ölçmə, avtomatik nəzarət düzəliş və s. sistemlərinin yaranması üçün baza rolunu oynayır.

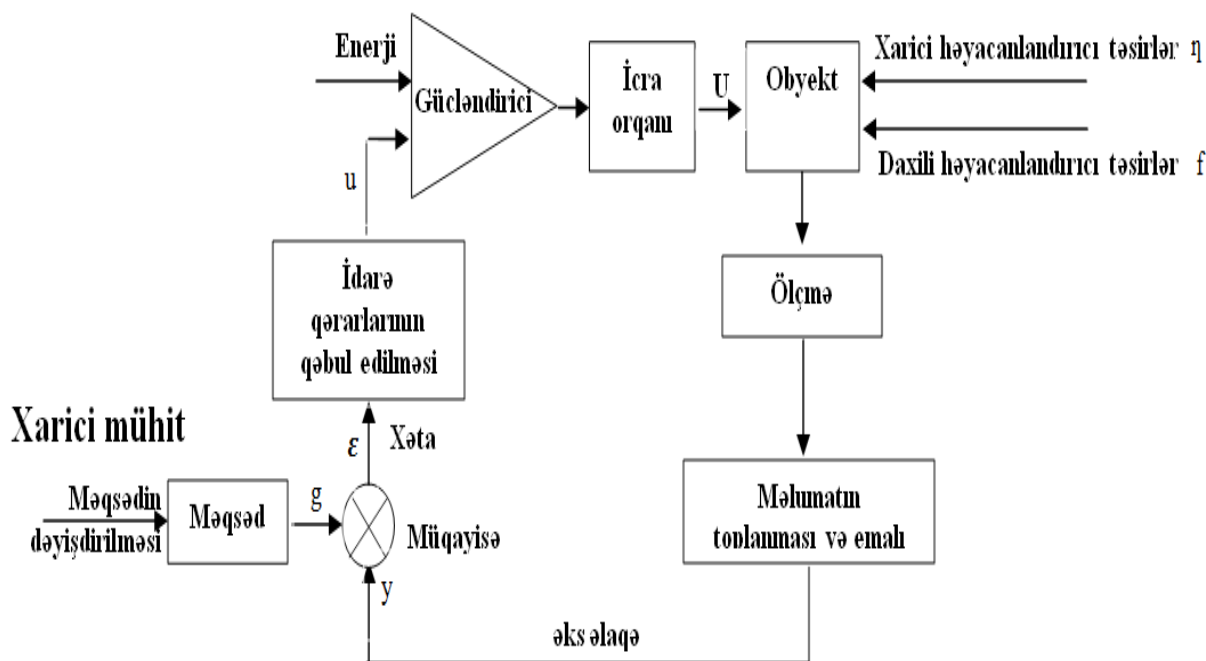
Sistem – vahid məqsədə xidmət edən müxtəlif təyinatlı element və qurğuların vəhdətidir. Əmək və kapital məsrəflərinin azaldılması, keyfiyyətin yüksəldilməsi və s. sistemin yaradılmasında əsas məqsəddir.

Sənaye robotları texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılmasını mümkün edən qurğulardır.

Manipulyatorların avtomatik idarəedilməsinin funksional sxemini aşağıdakı kimi göstərə bilərik.

Şəkil 1.-dən göründüyü kimi xaricdən məlumat alınaraq toplanılır, emal edilir, bu zaman informasiya buraxıla bilən xətlərlə müqayisə edilərək, verilən interval daxilində olduqda icra edici orqana yönəldilir, verilən intervaldan kənardadırsa, əks əlaqə ilə geri qaytarılaraq yenidən düzgün qiymət alınanaqədər emal olunaraq yenidən icraedici orqana ötürülür.

Manipulyatorların idarə edilməsi dedikdə onun dinamik modelinin hazırlanmasını nəzərdə tuturuq. Robot və manipulyatorların dinamikasının tədqiq edilməsində əsas məqsəd iş prosesi zamanı yaranan və təsir edən qüvvə və momentlərin təyini və manipulyatorun kinematik cütlərinin ümumiləşmiş koordinatları arasındakı asılılığının riyazi şəklinin verilməsidir. Riyazi formada ifadə edilmiş dinamik tənliklərin köməyi ilə manipulyatorun və ya robotun hərəkətinin idarəetmə qanununun seçilməsi, kinematik sxemin və manipulyatorun konstruksiyasının müəyyənləşdirilməsi, EHM-də modelləşdirilməsi kimi məsələlər həll edilir. Yəni, riyazi şəkildə dinamik model - manipulyatorun idarəetmə alqoritminin səmərəliliyini və manipulyatorun layihələndirilməsi və fəaliyyət xarakterini təyin edir [5].



Şəkil1.

Robot və manipulyatorların dinamik modelini qurmaq üçün Laqranj-Eyler və Nyuton-Eylerin ənənəvi üsulları vasitəsi ilə robot və manipulyatorların dinamik tənliklərini əldə etmək olar. Manipulyatorun dinamik analizi aparılan zaman onun bəndlərinin yerdəyişmə qanunauyğunluqları bazis vektorlarına nəzərən koordinatlarının çevrilmə matrisi iə təyin edilir. Bu matrislər manipulyatorun riyazi modeli adlanır. Manipulyatorun fəza bəndlərinin hərəkət qanununun təyin edən zaman Laqranj-Eyler tənliklərindən istifadə etmək daha məqsədə uyğun hesab edilir. Belə ki, bu sadə üsul olub kinematik cütlərdə yaranan və təsir edən qüvvə və momentlərlə bəndlərin kinematik xarakteristikaları və hərəkət parametrlərini əlaqələndirməyə imkan yaradır. Manipulyatorların layihələndirilməsi zamanı Laqranj-Eyler tənlikləri vəziyyət dinamikasını ətraflı surətdə təsvir etməyə imkan verir.

Manipulyatorların dinamik modelini almaq üçün Nyuton-Eyler üsulundan istifadə etməklə daha səmərəli hesablama alqoritmləri almaq olar. Bu üsul layihələndirilmə zamanı ümumiləşmiş qüvvə və momentlərin hesablanması üçün sərfəlidir. Belə ki, manipulyatorun bəndlərinin

sürət, təcil və kinematik xarakteristikaları düz rekurent tənliklərin, hər bir bəndə təsir edən qüvvə və momentləri isə tərs rekurent tənliklərin köməyi ilə təyin etmək olar. Nyuton-Eyler üsulu ilə manipulyatorun dinamik modelini verən zaman nəzərə almaq lazımdır ki, qüvvə və momentlərin hesablanmasına sərf olunan vaxt manipulyator oynaqlarının sayı ilə mütənasib olaraq onun konfigurasiyasından asılı deyil. Bu, qeyd olunan üsulun üstün cəhətlərindən biridir. Lakin, bununla yanaşı, bu tənliklərdən bəndlərin fəzada yerdəyişməsi zamanı idarə olunmasının analizi və sintezi mümkün olmur ki, bu da bu üsulun çatışmayan cəhətidir [4].

Son zamanlar elmin inkişafı nəticəsində, müasir kompüterlərin köməyi ilə Laqranj-Eyler üsulundan həm idarəetmə qanunauyğunluğunun tapılmasında, həm layihələndirmə zamanı mürəkkəb hesabların aparılmasında, həm də layihə işlərinin yerinə yetirilməsində tətbiq edilməsini mümkün edib [4].

Nəticə

Robot və manipulyatorların dinamikasının tədqiqi cəynəyin səlis hərəkətinin, yük qaldırmasının təmin edilməsi, manipulyatorun tarazlaşdırılmasının düzgün aparılması, onun uzunömürlüliyünün və dayanıqlığının təmin edilməsi, unifikasiyası zamanı bəndlərin düzgün seçilib-yığılması və s. üçün vacib məsələlərdən biridir. Əsas məqsəd manipulyatorlara təsir edən qüvvə və momentlərlərin kinematik cütlərin ümumiləşmiş koordinatları ilə əlaqələndirilməsidir. Yəni, bu asılılığın dinamik tənliklər şəklində riyazi yazılışdır. Bu tənliklər vasitəsi ilə manipulyator və ya robotun hərəkətinin EHM-də modeləşdirilməsi, idarəetmə qanununun seçilməsi, kinematik sxem və manipulyatorun konstruksiyasının müəyyənəşdirilməsi məsələləri həll edilir. Buna görə, robot və manipulyatorlar üçün dinamik tənliklərin sadələşməsinə görə Laqranj-Eyler üsulu ilə verilməsi əlverişli hesab olunur.

Bu tənliklər fərqli stoxastik tənliklər, təsadüfi parametr və ya təsadüfi giriş effektlərinə malikdir. Bu zaman götürülən təsadüfi giriş parametr vektorları optimal hesab edilən təsadüfi ardıcılıq ilə təyin edilir.

Göründüyü kimi robotun dinamik göstəricilərinə kompleks şəkildə nəzarət aparılır və bu onun texniki xarakteristikasının qiymətləndirilməsi, həm də onun gələcək işinin proqnozlaşdırılması üçün zəmin yaradır.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI:

1. Əliyev R.Ə., Cəfərov S.M., Babayev M.C., Zeynalov E.R., Hüseynov B.Q. Robot sistemlərində idarəetmə. Bakı, Nərgiz, 2004. 124 səh.
2. Əliyev R.Ə., Əhmədov B.O., Seyidov M.İ., Vəlizadə A.N. İntellektual robotlar. 2009, 176 səh

3. Евстигнев Д. В. Проектирование мехатронных систем. Мет. Указ по вып. Лаб.М. 2004. 30с.

4. X.M. Heydərov, O.N. Mirzəyev Konstruksiyaları avtomatik layihəetmə sistemləri Dərslik. Bakı.2012. səh.151.

5. Тягунов О. А. Математические модели и алгоритмы управления промышленных транспортных роботов // Информационно-измерительные и управляющие системы.— 2007.-Т. 5, № 5.—С. 63—69.

6. Воробьев В.И. Механика промышленных роботов: Учеб. пособие для вузов: В 3 кн. Кн. 1: Кинематика и динамика

7. Воробьев Е.И. Механика промышленных роботов: Учеб. пособие для вузов: В 3 кн. Кн. 2: Расчет и проектирование механизмов

8. Левитская О.Н. Курс теории механизмов и машин.

9. Воробьев Е.И. Механика промышленных роботов: Учеб. пособие для вузов: В 3 кн. Кн. 2: Расчет и проектирование механизмов

10. Баубеков С.Д. Механика роботов и манипуляторов Теория и практика Учебник Для технических специальностей ВУЗов Тараз 2014

11. Энциклопедия по машиностроению XXL <https://mash-xxl.info/page/068219148191056069113052121148238066065210199235/>

12. https://studme.org/249246/tehnika/kinematicheskie_shemy_struktura_tehnicheskie_harakteristiki_manipulyatorov

Рагим Магомед оглы РАГИМОВ, доцент
АзТУ

E-mail: rehim_muallim@mail.ru

Дурдана Фархад кызы РУСТАМОВА, к.н. по физике
Западно-Каспийский университет
E-mail: durdana.rustamova@wcu.edu.az

Elnara FİRDUS
Западно-Каспийский университет
E-mail: elnare.firdus@wcu.edu.az

ПРИМЕНЕНИЕ И ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ И МАНИПУЛЯТОРОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Резюме

Основной целью статьи является исследования динамики роботов и манипуляторов. Динамика роботов и манипуляторов это математическая запись связи между действующими на звенья и схват силами и моментами и обобщенными координатами сочленений в виде динамических уравнений. Для автоматизации участков механической обработки обычно пользуются групповой технологией с применением промышленных роботов.

При использовании узлов, не связанных друг с другом, с другими предметами или вспомогательными частями, конструкция выполняется модульным способом. При автоматизации следует учитывать, что этот принцип может применяться к разным типам манипуляторов и роботов. Его математическая модель используется для динамики роботов и манипуляторов. Математическая модель кинематического ряда манипулятора описана в виде матриц, собранных из однородных преобразований координат. Для упрощения записи динамических уравнений целесообразнее использовать метод Лагранжа-Эйлера

Ключевые слова: промышленные роботы, технологический процесс, процесс проектирования, динамическая модель манипуляторов, кинематическая схема, степени свободы, маневренность.

Rahim Mahammad RAHIMOV
candidate of technical sciences, associate professor
Azerbaijan Technical University
E-mail: rehim_muallim@mail.ru

Durdane Farhad RUSTAMOVA- PhD in Physics
Western Caspian University
E-mail: durdana.rustamova@wcu.edu.az

Elnara FİRDOUS
Western Caspian University
E-mail: elnare.firdus@wcu.edu.az

THE APPLICATION AND DYNAMIC MODEL OF INDUSTRIAL ROBOTS AND MANIPULATORS IN TECHNOLOGICAL PROCESSES

Summary

The main purpose of the article is to study the dynamics of robots and manipulators. The dynamics of robots and manipulators is understood as giving the kinematic dependence between the force, moment and generalized

coordinates of their points acting on them in the form of dynamic equations. Industrial robots are usually used in the form of group technology to automate processing areas..

When using nodes that are not connected with each other, with other objects or auxiliary parts, the design is carried out in a modular way. During automation, it should be taken into account that this principle can be applied to different types of manipulators and robots.

A mathematical model is used for the dynamics of robots and manipulators. The mathematical model of the kinematic series of the manipulator is described in the form of matrices assembled from homogeneous coordinate transformations.

The mathematical model of the kinematic series of the manipulator is described in the form of matrices assembled from homogeneous coordinate transformations. It is appropriate to use the Lagrange-Euler method to simplify the presentation of dynamic equations.

Keywords: Industrial robots, technological process, design process, dynamic model of manipulators, kinematic scheme, degrees of freedom, automated design