МРНТИ 62-83:004.42 **DOI 10.52167/1609-1817-2024-132-3-506-515**

Д.Ш. Аманбек✉, К.Т. Тергемес, Д.Ә. Мұсахан, Б.Д. Амиркулов
Energo University, Алматы, Қазақстан
E-mail: d.amanbek@aues.kz

MATLAB ОРТАСЫНДАҒЫ ЕҢ КІШІ КВАДРАТТАР ӘДІС АРҚЫЛЫ АҚ-ЖТ ТҰЙЫҚ ЖҮЙЕСІ ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ СИНТЕЗІ

Андатпа. Бұл мақалада «MatLab» қолданбалы пакетінде орындалған «жиілік түрлендіргіш - асинхронды қозғалтқыш» ашық жүйенің басқару жүйесінің параметрлерін синтездеу моделі келтірілген. Модельдің дұрыстығын растайтын модельдеу нәтижелері көрсетілген. Зерттеудің мақсаты – жүйені жобалау процесінде ең кіші квадраттар әдісін қолдана отырып, басқару жүйесінің параметрлерін синтездеу жүргізілген. Дифференциалдық теңдеулерді есептеу үшін арнайы функционалды бағдарлама жазылған.

Асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығымен моменттің өзгеру процесін сипаттайтын модель параметрлерін бағалау алгоритмі қарастырылады. Алгоритмді құру логикасын біле отырып, оны өзгерген шарттар бойынша өзгертуге және қажетті нәтижелерді (модель параметрлерін бағалау) қалай алуға болатындығы көрсетілген.

Берілген құрылымды жүйенің параметрлерін синтездеу және берілген сапа көрсеткіштері бойынша жүйенің түзету құрылғыларын синтездеу, техникалық талаптардың орындалуын қамтамасыз ететін автоматты басқару жүйелерін инженерлік мәселе ретінде қарастырылады, сондай-ақ автоматты басқару жүйелерінің инженерлік синтезінде процестердің талап етілетін дәлдігі және қолайлы сипаты - онда көптеген мүмкін шешімдердің ең жақсысы бар нақты шарттар тұрғысынан түпкілікті таңдалды.

Түйін сөздер. Электр жетегін автоматты басқару жүйелері (АБЖ), жиілік түрлендіргіш, асинхронды қозғалтқыш, сызықты емес АБЖ сұлбалары, электр энергиясының сапа көрсеткіштері, ең аз квадраттар әдісі.

Кіріспе.

Синтез – бұрын шашыраңқы заттарды немесе ұғымдарды тұтастай немесе жиынтыққа қосу немесе біріктіру процесі.

Синтез түрлері:

1) Құрылымдық.

2) Параметрлік.

Құрылымдық синтез – құрылымы да, параметрлері де белгісіз.

Параметрлік синтез – құрылымы белгілі, оның параметрлерін табу қажет етіледі.

Жүйенің синтезі мына қадамдарды қамтиды:

1) Басқару жүйесінің математикалық моделінің тапсырмасы (объект пен реттегіштің, беріліс функциялары үшін өрнектер).

2) Жүйеге қойылатын талаптарды тұжырымдау (сапаны тікелей бағалау бойынша).

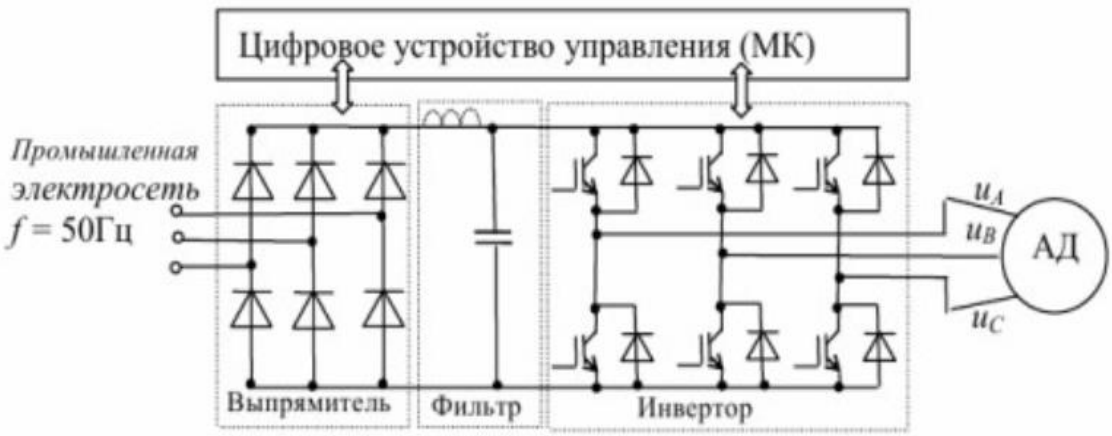
3) Синтез (талаптарды қанағаттандыру үшін параметр мәндерін анықтау).

4) Синтез нәтижелерін тексеру (талаптарға жуықтауды бағалау) [1].

Егер модель нақты объектіге жеткілікті жақын болса және таңдалған синтез әдісі мен есептеулер мінсіз орындалса, онда жобаланған жүйе іске қосу кезінде айтарлықтай өзгертусіз жұмыс істейді деп болжанады. Алайда, тәжірибе көрсеткендей, мұндай оптимистік болжам әдетте ақталмайды. Бұл екі себепке байланысты: объектінің

математикалық моделін алу міндетінің жүйелік сипаты; бұл дегеніміз, соңғысының жуықтау критерийін тұжырымдау үшін контроллердің жұмыс істеу алгоритмі болуы керек, оны анықтау үшін осы модель қажет [2];

Асинхронды қозғалтқыштарды, жетектер ретінде, үздіксіз реттеудің ең заманауи перспективалық тәсілі – кернеу арқылы f жиілігінің өзгерту [3]. Сонымен қатар, қозғалтқышты жақсы пайдалану үшін жиіліктің өзгеруі U кернеу амплитудасының өзгеруімен бірге жүруі керек [4]. Мұндай реттеулер жартылай өткізгіш түрлендіргіштерде, атап айтқанда IGBT транзисторлары жиілік түрлендіргіштерінде орындалады, ал оның күштік сұлбасы 1-суретте көрсетілген.

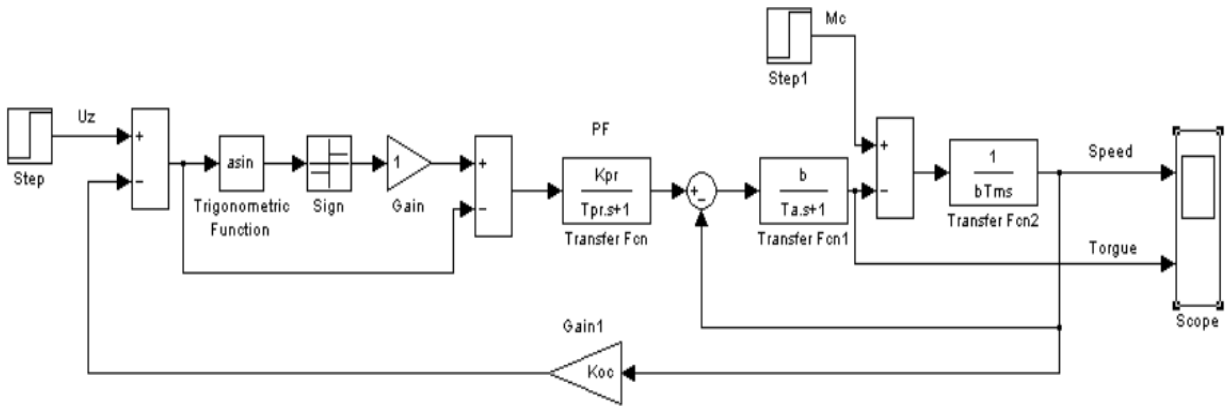


1 сурет - "Жиілік түрлендіргіш-асинхронды электрқозғалтқыш" жүйесінің күшті принципиальді схемасы

Жиілік түрлендіргішінде, кернеуді түзету транзисторлық импульстік ендік модуляторы (ИЕМ) арқылы инвертор шығысындағы импульстік кернеуге айналады, мұнда жиілік пен кернеу амплитудасы реттеудің жиілік заңына сәйкес өзгереді [5].

Қазіргі уақытта асинхронды қозғалтқыштың жиілік түрлендіргіш (АҚ-ЖТ) жүйесі автоматты реттеу және басқару теориясын қолдана отырып, автоматты басқару жүйесі ретінде әртүрлі салаларда өте кең қолдануды тапты.

АҚ-ЖТ тұйық жүйесіндегі сапалы өтпелі процесінде асинхронды қозғалтқышты жобалау кезінде орнықты қозғалысын анықтау үшін қолданылатын бірден бір әдіс параметрлік синтездеу. Тұйықталған АҚ-ЖТ жүйесі бар құрылымдық сұлбасы Simulink-Matlab бағдарламада 1-суретте көрсетілген [6].



2 сурет – Тұйықталған АҚ-ЖТ жүйесінің құрылымдық сұлбасы

2 суретте асинхронды қозғалтқыштың құрылымдық сұлбасы беріліс функциялары бар сызықтанған құрылымдық сұлбамен [6] көрсетілген $W_1(s) = \frac{1}{bTms}, W_2(s) = \frac{b}{Tas+1}$. Жиілік түрлендіргішінің беріліс функциясы келесідей: $W_3(s) = \frac{K_{pr}}{T_{pr}s+1}$. Айта кету керек, АҚ-ЖТ тұйықталған жүйесінің құрылымдық сұлбасына айнымалы құрылымдық жүйе енгізілген, ол осы сұлбада асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын реттегіші болып табылады. Сондай-ақ, асинхронды қозғалтқыш пен жиілік түрлендіргішінің беріліс функцияларының параметрлері әдебиеттерге сәйкес есептелгенін айта кеткен жөн [3]. Сондықтан, тұйық АҚ-ЖТ жүйесінің параметрлерін синтездеу: K_a коэффициенті, K_{OC} жылдамдығы бойынша кері байланыс коэффициенті және жиілік түрлендіргішінің K_{PR} беру коэффициенті үшін орындалады.

Материалдар мен тәсілдер.

Басқару жүйелерін синтездеудің жалпы қабылданған тәртібі келесідей:

– объектінің математикалық моделі беріледі (іс жүзінде бұл әдетте объектінің эксперименттік өтпелі сипаттамасынан алынған модель);

– басқару жүйесінің оңтайлылық критерийі қабылданады;

– объектінің моделі қабылданған оңтайлылық критерийін қанағаттандыратын контроллердің (реттегіштің) жұмыс істеу алгоритмі параметрлерінің құрылымы мен сандық мәндерін анықтайды.

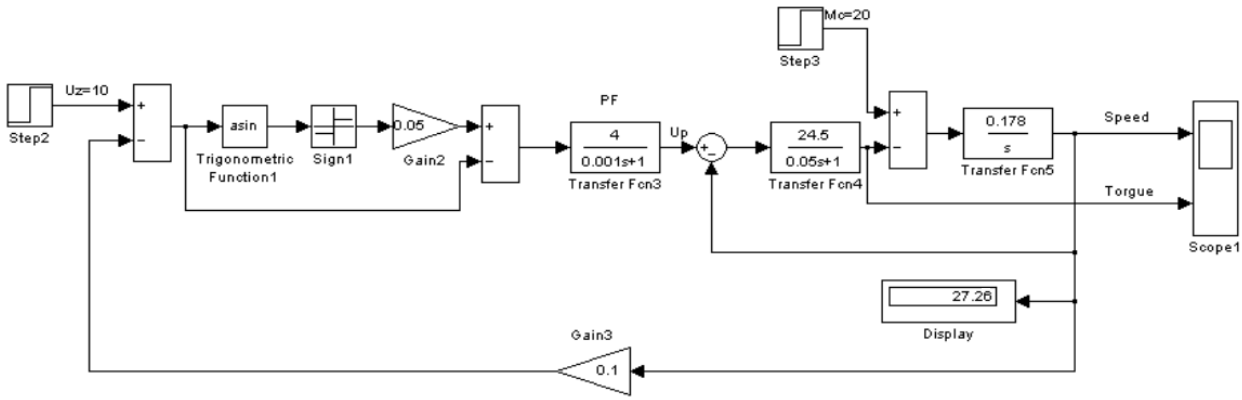
Дәстүр бойынша, машиналық оқытуда деректерді талдау кезінде әзірлеушінің алдында осы модельді қолдана бастаған адамға өмірді жеңілдететін және түсінікті ететін осы деректерді түсіндіретін модель құру мәселесі туындайды. Бұл, әдетте, оның бірқатар параметрлерін тіркеген кезде жиналатын кейбір объект/процестің моделі. Алынған мәліметтер әртүрлі дайындық процедураларын орындағаннан кейін сандық мәліметтері бар кесте түрінде ұсынылады (мұнда жол – объект, ал баған – параметр), оларды белгілі бір формулаларға ауыстырып, оларды кейбір бағдарламалау тілін қолдана отырып санау керек [7].

Тәжірибеде жиі кездесетін әдістердің бірі-оның әртүрлі модификацияларында қолданылатын әдіс – ең кіші квадраттар әдісі (ЕККӘ). Бұл әдіс екі жүз жылдан астам уақыт бұрын заманауи түрде жарияланған, сондықтан бұл оқулық әдісі деректерді талдауға арналған ең танымал ресурстарда мүмкіндігінше егжей-тегжейлі сипатталмағаны ерекше таң қалдырады. Сондықтан, әзірлеуші ең кіші квадраттар әдісін (ЕККӘ) өз бетінше түсінуге тырысып, әртүрлі қағаз және электронды басылымдарды оқуға жүгінеді. Осыдан кейін түсінуге деген ұмтылыс тез жоғалады, өйткені бұл ресурстардың авторлары өздері жасаған өзгерістер мен болжамдарды түсіндіруге «алаңдамайды».

Осы параметрлердің синтезін ең кіші квадраттар [8,9] әдісін қолдана отырып қарастырамыз K_a, K_{OC}, K_{PR} параметрлерін синтездеу мәселесін шешу үшін аппроксимационды полиномын келесі түрде таңдаймыз:

$$F(x_{1,x}x_{2,x}x_3) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_2 x_2 + \beta_5 x_1 x_3 + \beta_6 x_2 x_3 + \beta_7 x_1^2 + \beta_8 x_2^2 + \beta_9 x_3^3 \quad , \quad (1)$$

мұндағы β_i – анықталмаған параметрлер (регрессия коэффициенттері), $x_1 = K_a, x_2 = K_{OC}$, $x_3 = K_{PR}$ – ең кіші квадраттар әдісі бойынша x_1, x_2, x_3 параметрлерінің сандық мәндерін анықтау үшін 1 кестені толтырамыз. Әрбір x_1, x_2, x_3 массивінің сандық мәндері берілген қадаммен беріледі. $Y = F(x_{1,x}x_{2,x}x_3)$ сандық мәндері дербес компьютердегі Matlab ортасында құрылымдық сұлба (3-сурет) негізінде анықталады.



3 сурет – $Y = F(x_1, x_2, x_3)$ есептеу үшін тұйықталған АҚ-ЖТ жүйесі

2-суреттің құрылымдық сұлбасында K_a, K_{OC}, K_{PR} сандық мәндерін асинхронды қозғалтқыш параметрлерінің тұрақты мәндерімен және $T_{PR} = 0.001$ жиілік түрлендіргішінің уақыт тұрақтысымен өзгерте отырып (1) b_i полиномасын анықталмаған параметрлерін есептеу үшін 1-кесте құрамыз.

1 кесте

Y	$x_1 = K_a$	$x_2 = K_{OC}$	$x_3 = K_{PR}$	U_z
27,26	0,05	0,1	4	10
31,83	0,1	0,14	6	10
32,44	0,15	0,18	8	10
31,24	0,2	0,22	10	10
29,36	0,25	0,26	12	10
27,34	0,3	0,3	14	10
25,4	0,35	0,34	16	10

X_1, X_2, X_3 коэффициенттерінің оңтайлы сандық мәндерін анықтау үшін $Y=F(x_1, x_2, x_3)$ полиноманың ішінара туындылары. Полиноманың ішінара туындылары (1) келесі түрде жазылады:

$$\begin{aligned} \frac{\partial y}{\partial x_1} &= 2\beta_7 x_1 + \beta_4 x_2 + \beta_5 x_3 + \beta_1; \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} &= \beta_4 x_1 + 2\beta_8 x_2 + \beta_5 x_3 + \beta_2; \\ \frac{\partial y}{\partial x_3} &= \beta_5 x_1 + \beta_6 x_2 + 2\beta_9 x_3 + \beta_3. \end{aligned} \quad (2)$$

Жартылай туындыларды (2) нөлге теңестіре отырып, сызықтық алгебралық теңдеулер жүйесін аламыз:

$$\begin{aligned} 2\beta_7 x_1 + \beta_4 x_2 + \beta_5 x_3 &= -\beta_1, \\ \beta_4 x_1 + 2\beta_8 x_2 + \beta_5 x_3 &= -\beta_2, \\ \beta_5 x_1 + \beta_6 x_2 + 2\beta_9 x_3 &= -\beta_3. \end{aligned} \quad (3)$$

1-кесте деректері мен сызықтық теңдеулерді (3) ескере отырып, MATLAB алгоритмдік тілінде құрастырылған K_{PR}, K_{OC} және K_a оңтайлы параметрлерін есептеу бағдарламасы [10], ең кіші квадраттар әдісін (ЕККӘ) және Рунге – Кутта әдісін қолдана отырып, келесі параметрлерді аламыз (4-сурет):

```
function SINTES
global Ka; global Koc; global Kpr;
Y=[27.26;31.83;32.44;31.24;29.36;27.34;25.4];
x1=[0.05;0.1;0.15;0.2;0.25;0.3;0.35];
x2=[0.1;0.14;0.18;0.22;0.26;0.3;0.34];
x3=[4;6;8;10;12;14;16];
X=[x1,x2,x3,x1.*x2,x1.*x3,x2.*x3,x1.^2,x2.^2,x3.^2];
b=inv(X'*X)*X'*Y; b1=b(1); b2=b(2);b3=b(3);b4=b(4);
b5=b(5); b6=b(6);b7=b(7); b8=b(8); b9=b(9);
A=[2*b7 b4 b5;b4 2*b8 b6;b5 b6 2*b9]; B=[-b1;-b2;-b3];
x=inv(A)*B;
Ka=abs(x(1)); Koc=abs(x(2)); Kpr=abs(x(3));
disp('Коэффициент передачи преобразователя частоты');
disp('Kpr=');disp(Kpr);
disp('Коэффициент усиления сигнала');
disp('Ka=');disp(Ka);
disp('Коэффициент обратной связи');
disp('Koc=');disp(Koc)
x0=[0;0;0];[T,X]=ode45(@systm,[0 3],x0);
subplot(2,2,1);plot(T,X(:,1)*10,'k.-');title('Speed W(t)')
grid
subplot(2,2,2);plot(T,X(:,2)*10,'k.-');title('Moment M(t)')
grid
function dx=systm(t,x)
dx=zeros(3,1); b=24.5; Tm=0.2; k1=1/(b*Tm); Ta=0.05;
k2=b/Ta; Tpr=0.001; Mc=20; u=20;
dx(1)=k1*x(2)-k1*Mc;
dx(2)=k2*x(3)-k2*x(1)-(1/Ta)*x(2);
dx(3)=(Kpr/Tpr)*(Ka*sign(atan(u-Koc*x(1)))+...
    u-Koc*x(1))-(1/Tpr)*x(3);
end
end
```

4 сурет – АҚ-ЖТ тұйықталған жүйесінің параметрлерін синтездеу бағдарламасы

Бағдарламадағы есептеу процедурасы келесідей:

1) 1-кестеден бастапқы деректер енгізіледі (3, 4, 5, 6-жолдар).

2) 8 жолда β_i коэффициенттерін есептеу жүзеге асырылады.

3) A (10-жол) және X (11-жол) матрицасы K_{PR}, K_{OC}, K_a оңтайлы сандық мәндерін есептеуге арналған.

4) 19 – шы жолдан 30-шы жолға дейін, Рунге-Кутта әдісімен K_{PR}, K_{OC}, K_a оңтайлы параметрлерімен асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығы мен моментінің өтпелі процестерін есептеу жүзеге асырылады.

Нәтижелер.

5 суретте тұйықталған сызықты емес АҚ-ЖТ жүйесінің есептелген оңтайлы синтез параметрлері көрсетілген:

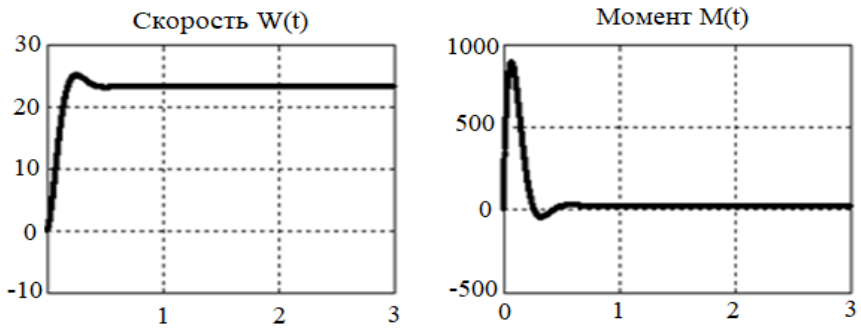
```
Коэффициент передачи преобразователя частоты
Kpr=
    2.8738

Коэффициент усиления сигнала
Ka=
    0.2757

Коэффициент обратной связи
Koc=
    0.5155
```

5 сурет – Синтез параметрлерінің сандық мәндері

Жүйенің тұрақтылығын анықтау үшін сызықтық емес басқару жүйесі бар АҚ-тың жылдамдығымен, өтпелі моментінің кезеңдері 6-суретте көрсетілген.



6 сурет – АҚ өтпелі кезеңдері

Бұл әдістің мәні келесідей: $y=f(x)$ түрінің көптеген формулаларының ішінен алынған мәндерді ең жақсы түрде бейнелейтін, есептеулерден бақыланатын мәндердің ауытқу квадраттарының қосындысы ең аз болып саналады.

Талқылау.

Электр жетектерін басқару жүйелерінің параметрлік синтезі, әдетте, олардың реттегіштерін (регулятор) реттеу мәселесіне дейін азаяды. Бұл жағдайда техникалық және симметриялық оптимумға стандартты параметрлер жиі қолданылады [11]. Мұндай

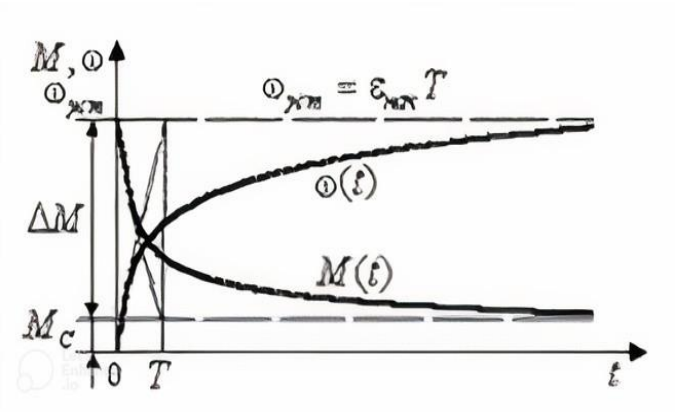
параметрлердің белгілі кемшіліктері бар. Оларды пайдалану кезінде тек екі динамикалық көрсеткіш қарастырылады (өтпелі уақыт және максималды қайта реттеу), ал күшейту коэффициенттері мен реттегіштердің уақыт тұрақтыларының оңтайлы синтезі тек бір критерий бойынша жүзеге асырылады — негізгі көрсеткіш критерийі [12]. Алайда, бұл әдістер басқару объектісінің параметрлік тұрақсыздығы жағдайында тиімділігі төмен параметрлік сезімталдығы жоғары шешімдерге әкелуі мүмкін.

Қатты механикалық буынмен ұсынылған электр жетегінің механикалық бөлігіндегі өтпелі процестерді қарастырайық.

Бастапқы жылдамдық нөлге тең делік: $\omega_0 = 0$, ал $t=0$ уақытындағы қозғалтқыш роторына қозғалтқыштың электромагниттік моменті қолданылады, ол уақыт константасынан экспоненциалды заңға сәйкес өзгереді Т.

$$M = \Delta M e^{-l/T} + M_c. \tag{4}$$

Жылдамдық дифференциалына қатысты $M - M_C = J_l \frac{d\omega}{dt}$ электр жетегінің теңдеуін шешейік: $d\omega = \varepsilon dt$, мұндағы $\varepsilon = (M - M_c)/J_L$ -механикалық бөліктің массалық үдеуі.



7 сурет – M(t) экспоненциалды тәуелділігі бар электр жетегін іске қосудың өтпелі процесі

Берілген қозғалыс моментінің өзгеру заңында алынған теңдіктің екі бөлігін де біріктіреміз:

$$\int_0^{\omega} d\omega = \int_0^{L} \frac{M - M_c}{J_L} dt = \int_0^{L} \varepsilon_0 e^{-L/T} dt. \tag{5}$$

Нәтижесінде (7 сурет):

$$\omega = \varepsilon_0 T (1 - e^{-\frac{L}{T}}), \tag{6}$$

мұндағы $\varepsilon_0 = (M_0 - M_c) I_L = \Delta M / J_L$ - бастапқы үдеу;
$M_0 = \Delta M + M_c$ - қозғалтқыштың бастапқы моменті.

Өтпелі уақытты іс жүзінде тең деп санауға болады $t_{пп} = (2 \div 3)T$ (7 сурет).

Қозғалтқыш пен кедергінің тұрақты моменттеріндегі электр жетегінің қозғалыс жағдайларын қарастырайық, яғни $M = const$ және $M_c = const$ (сурет. 7). $d\omega = \varepsilon dt$ теңдеуін біріктіру нәтижесінде:

$$\int_{\omega_0}^{\omega} dt = \int_0^{L} \varepsilon dt, \tag{7}$$

яғни, біз біркелкі жеделдетілген қозғалыстың белгілі формуласын аламыз:

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t. \quad (8)$$

Осы өрнектің көмегімен өтпелі процестің уақытын анықтауға болады $t_{пп}$ жылдамдықтың өзгеруі ω_0 бастапқы мәнінен ω_1 соңғы мәніне дейін:

$$t_{пп} = \frac{\omega_1 - \omega_0}{\varepsilon} = J_L(\omega_1 - \omega_0)/(M - M_c). \quad (2.29)$$

$M = M_c$, $\varepsilon = 0$ кезінде электр жетегі $\varepsilon = 0$ теңдігі бұзылғанға дейін тыныштық күйін ($\omega_0 = 0$) немесе біркелкі қозғалысты ($\omega = \omega_0 = const$) сақтайды. $t = 0$ моментінде қозғалтқыш моменті $M = M_1 > M_c$ мәніне секіреді және электр жетегі $\varepsilon_1 = (M_1 - M_c) / J_L$ жылдамдығымен бірден біркелкі жеделдетілген қозғалыс режиміне өтеді. Егер қозғалтқыш моменті өзгеріссіз қалса, яғни $M = M_c$, бұл режим қалағаныңызша созылады және жылдамдығы шексіз артады. Іс жүзінде, электр жетегі қажетті жылдамдыққа жеткенде, қозғалтқыш моменті $M = M_c$ мәніне дейін азаяды (уақыт сәтінде t_n), жылдамдық нөлге дейін төмендейді және $\omega = \omega_1$ мәндерінде статикалық тұрақты режим пайда болады (7 сурет) [13].

Қорытынды.

Өтпелі процесстің бірден бір негізгі сапа көрсеткіштерінің бірі, реттелетін шаманың тұрақталған кездегі мәні оның алдын ала берілген мәнінен айырмашылығының мәні.

Реттеудің интегралды заңы төмен жылдамдыққа ие. Бұл жүйеде t = 0 кезінде реттеуші әсер нөлге ғана емес, оның бірінші туындысы да нөлге тең болатындығына байланысты, яғни интеграл «жинақталғанша» біраз уақыт өтуі керек.

Нақты процестер әрдайым модельге қарағанда жоғары ретті теңдеулермен сипатталады, ал нақты дифференциалдау операциясын көбейту физикалық іске асыруда қиындықтарға тап болады [14].

Асинхронды қозғалтқыштың өтпелі процесстерінің түріне қарап, K_{PR}, K_{OC}, K_a есептелген параметрлері параметрлері бойынша асинхронды қозғалтқыштың қозғалысы орнықты деп атай аламыз.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Лазарев В. Л., Травина Е.А. Синтез и расчет систем автоматического управления. – СПб.: Университет ИТМО, 2018. – 176 с.

[2] Филипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. – 616 с.

[3] Терехов В. М., Осипов О. И. Системы управления электроприводов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008.- 304 с.

[4] NewTechAudit Метод наименьших квадратов: формулы, код и применение, сайт: https://habr.com/ru/articles/672540/

[5] Половко А.М., Бутусов П. Н. Интерполяция. Методы и компьютерные технологии их реализации. – СПб.: БХВ – Петербург, 2004. – 320 с.

[6] Мещеряков В. В. Задачи по статистике и регрессивному анализу с MATLAB. – М.: Диалог – МИФИ, 2009. – 448 с.

[7] Алексеев Е. Р., Чеснокова О. В. MATLAB 7. – М.: НТ Пресс, 2006. – 464 с.

[8] Самосейко В. Ф. Теоретические основы управления электроприводом. - СПб.: Элмор, 2007.

[9] Батищев А. П. Поисковые методы оптимального проектирования. - М.: Сов. радио, 1975.

[10] http://ets.ifmo.ru/kardonov/privod/2_5.htm
[11] Емельянов С. В., Коровин С. К. Новые типы обратной связи. – М.: Наука, 1997. – 352 с.

REFERENCES*

[1] Lazarev V. L., Travina E.A. Sintez i raschet sistem avtomaticheskogo upravlenija. – SPb.: Universitet ITMO, 2018. – 176 c.
[2] Filips Ch., Harbor R. Sistemy upravlenija s obratnoj svjaz'ju. – M.: Laboratorija bazovyh znanij, 2001. – 616 s.
[3] Terehov V. M., Osipov O. I. Sistemy upravlenija jelektroprivodov. – M.: Izdatel'skij centr «Akademija», 2008.- 304 s.
[4] NewTechAudit Metod naimen'shih kvadratov: formuly, kod i primenenie, sajt: https://habr.com/ru/articles/672540/
[5] Polovko A.M., Butusov P. N. Interpoljacija. Metody i komp'juternye tehnologii ih realizacii. – SPb.: BHV – Peterburg, 2004. – 320 s.
[6] Meshherjakov V. V. Zadachi po statictike i regressivnomu analizu s MATLAB. –M.: Dialog – MIFI, 2009. – 448 s.
[7] Alekseev E. R., Chesnokova O. V. MATLAB 7. – M.: NT Press, 2006. – 464 s.
[8] Samosejko V. F. Teoreticheskie osnovy upravlenija jelektroprivodom. - SPb.: Jelmor, 2007.
[9] Batishhev A. P. Poiskovye metody optimal'nogo proektirovanija. - M.: Sov. radio, 1975.
[10] http://ets.ifmo.ru/kardonov/privod/2_5.htm
[11] Emel'janov S. V., Korovin S. K. Novye tipy obratnoj svjazi. – M.: Nauka, 1997. – 352 s.

Duman Amanbek, master, lecturer, Energo University, Almaty, Kazakhstan, d.amanbek@aues.kz
Kazhybek Tergemes, candidate of technical sciences, professor, Energo University, Almaty, Kazakhstan, k.tergemes@aues.kz
Darkhan Mussakhan, master, lecturer, Energo University, Almaty, Kazakhstan, d.mussakhan@aues.kz
Bekzat Amirkulov, master, lecturer, Energo University, Almaty, Kazakhstan, b.amirkulov@aues.kz

SYNTHESIS OF PARAMETERS OF A CLOSED SYSTEM CF–AM USING THE METHOD LEAST SQUARES IN THE MATLAB ENVIRONMENT

Abstract. This article presents a model of synthesis of parameters of the control system of the open-circuit system frequency converter - asynchronous motor, made in the computer program "MatLab". The simulation results confirming the correctness of the model are also shown. The aim of the study is to synthesize the parameters of the control system using the least squares method, in the process of designing the system, a special functional program was written for calculating differential equations.

An algorithm for estimating the parameters of the model, which describes the process of changing the velocity and moment in measurements, was considered. It is shown how, knowing the logic of the algorithm construction, it can be modified to meet the changed conditions and obtain the necessary result (estimation of model parameters).

The synthesis of system parameters of a given structure and the synthesis of corrective devices of the system according to specified quality indicators are considered as an engineering task, which boils down to such a construction of automatic control systems, in which the fulfillment of technical requirements is ensured, as well as in the engineering synthesis of automatic control systems, the required accuracy and acceptable nature of transients are provided – in which the best of many possible is finally selected solutions in terms of existing specific conditions.

Keywords. Automatic control systems of the electric drive, frequency converter, asynchronous motor, nonlinear ACS circuits, power quality indicators, the method of the lowest squares.

Думан Аманбек, магистр, преподаватель, Energo University, Алматы, Казахстан, d.amanbek@aues.kz.

Кажыбек Тергемес, к.т.н., профессор, Energo University, Алматы, Казахстан, k.tergemes@aues.kz.

Дархан Мусахан, магистр, преподаватель, Energo University, Алматы, Казахстан, d.mussakhan@aues.kz.

Бекзат Амиркулов, магистр, преподаватель, Energo University, Алматы, Казахстан, b.amirkulov@aues.kz.

СИНТЕЗ ПАРАМЕТРОВ ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ ПЧ-АД С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ В СРЕДЕ MATLAB

Аннотация. В данной статье представлена модель синтеза параметров системы управления разомкнутой системы преобразователь частоты - асинхронный двигатель, выполненная в прикладном пакете «MatLab». Показаны результаты при моделировании, подтверждающие правильность модели. Целью исследования является синтез параметров системы управления с помощью метода наименших квадратов, в процессе проектирования системы. Написана специальная функциональная программа для рассчета дифференциальных уравнений.

Рассмотрен алгоритм оценки параметров модели, которая описывает процесс изменения скорости и момента в измерениях. Показано, как зная логику построения алгоритма его можно модифицировать под изменившиеся условия и получить необходимый результат (оценку параметров модели).

Синтез параметров системы заданной структуры и синтез корректирующих устройств системы по заданным показателям качества рассматривают как инженерную задачу, сводящуюся к такому построению систем автоматического управления, при котором обеспечивается выполнение технических требований, а также при инженерном синтезе систем автоматического управления обеспечиваются: требуемая точность и приемлемый характер переходных процессов, в котором окончательно выбирается лучшее из многих возможных решений с точки зрения существующих конкретных условий.

Ключевые слова. Системы автоматического управления (САУ) электроприводами, частотный преобразователь, асинхронный двигатель, нелинейные схемы САУ, показатели качества электроэнергии, метод наименших квадратов.

****