

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 2 (2021)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/JBVN5702>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

***Д. М. Чныбаева, Ю. А. Цыба, Ю. И. Шадхин**

Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика

және байланыс университеті,

Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

МАТЛАВ ОРТАСЫНДА ЖЕТЕКТІҢ АСИНХРОНДЫ ЖИІЛІК – ТОК ЖҮЙЕСІНІҢ ОРНЫҚТЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ

Мақалада бағдарламаланатын Matlab кешеніндегі векторлық басқарылатын жабық жиілік-ток жүйесінің құрылымдық диаграммасы және қанықтыру байланысын алмастыратын құрылымдық сұлба келтірілген. Жүйенің математикалық сипаттамасы символдық түрде беріледі және асинхронды жүйенің жиілік – ток орнықтылығын анықтау бағдарламасы беріледі. Жүйенің орнықтылығын анықтау бағдарламасы Matlab алгоритмдік тілінде ұсынылған. Бағдарламаны есептеу нәтижелері бойынша жүйенің беріліс функциясының сипаттамалық теңдеуінің түбірлері және Matlab–Simulink ортасындағы асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығының өтпелі графигі анықталды.

Кілтті сөздер: автоматты жүйе; жиілік-ток жүйесі; орнықтылық; векторлық басқару; асинхронды қозғалтқыш; құрылымдық сұлба; электр жетегі; кері байланыс; динамика теңдеулері; динамикалық буындылар; беріліс функциясы; жылдамдықты реттеу контуры; өтпелі процестер; ағынмен байланыстыру; релелік элемент; бөлу буыны; сызықты емес (көбейткіш) буын; шектеу буыны (қанықтыру); сызықтық емес теңдеулер; сызықтандыру; бағдарлама; алгоритмдік тіл; Matlab–Simulink ортасы.

Кіріспе

Техниканың дамуы, өндірістің интенсификациясы, еңбек өнімділігін арттыру қажеттілігі автоматты басқару саласында жұмыс істейтін ғалымдардың алдына басқарудың барған сайын күрделі міндеттерін шешуге қабілетті жоғары сапалы автоматты басқару жүйелерін (АБЖ) құру міндеттерін қойды. Алайда, әдетте, АБЖ көпшілігі сызықты емес, өйткені басқару объектісі мен басқару құрылғысының сызықты емес элементтері болуы мүмкін, бұл осы жүйелерді

жобалау мен зерттеудің сапасына айтарлықтай әсер етеді. Бұл процестер жүйелерде сипатталған сызықтық дифференциальды теңдеулер болмауы мүмкін. Сызықтық емес дифференциалдық теңдеулерді шешудің күрделілігі жүйеде байқалатын процестердің сипатын бағалауға мүмкіндік беретін бірқатар жуық әдістерді құру қажеттілігін тудырады. Бұл жағдайда нақты АБЖ сызықтық емес сипаттамалары сызықтық емес элементтің сипатына да, жүйелерді талдау әдісіне де байланысты кейбір идеалды жуық сызықтық сипаттамаларға ауыстырылады. Алайда, талдаудың бұл әдістері және оларда қолданылатын математикалық аппарат күрделі автоматты жүйелерді зерттеудің өзекті міндеттерінің бірі болып табылатын АБЖ орнықтылығын анықтауда қажетті дәлдікті қамтамасыз етпейді [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Цифрлық технологияның дамуы қазіргі уақытта басқару жүйелерінің цифрлық ЭЕМ көмегімен құрылуына әкелді, онда қажетті басқару алгоритмдері бағдарламалық құралдармен құрылып, бұл технологиялық процестерді басқару сапасын жақсарту үшін сызықты емес АБЖ жобалау және зерттеу міндеттерін жеңілдетеді. Атап айтқанда, мұндай құралдарға MATLAB Simulink бағдарламаланатын кешені - блоктар кітапханасы мен басқару объектісінің математикалық моделі негізінде динамикалық жүйелерді модельдеуге, талдауға және синтездеуге арналған кең мақсаттағы интерактивті құрал жатады [8, 9, 10].

Сондықтан, жоғарыда айтылғандарға сәйкес, вектормен басқарылатын сызықты емес асинхронды жүйенің жиілік – ток қозғалыс орнықтылығын зерттеу мәселесін бағдарламаланатын Matlab кешенін қолдана отырып ойдағыдай шешуге болады.

Материалдар мен әдістер

Динамикалық жүйе оның тепе-теңдігін бұзылу кезінде пайда болатын өтпелі процеспен сипатталады; бұл басқару сигналдары, параметрлер, кедергілер және т.б. болуы мүмкін.

$x(t)$ өтпелі процесі жүйенің қасиеттеріне де, бұзылу түріне де байланысты. Өтпелі кезеңде әрқашан екі компонентті ажырату керек. Бірінші компонент – жүйенің бастапқы шарттары мен қасиеттерімен анықталған $x_e(t)$ жүйесінің еркін қозғалысы; екінші компонент – жүйенің бұзылу әсері мен қасиеттерімен анықталған $x_m(t)$ мәжбүрлі қозғалысы. Осылайша келесі түрде жазуға болады:

$$x(t) = x_e(t) + x_m(t). \quad (1)$$

Реттеу жүйесінің негізгі динамикалық сипаттамаларының бірі оның орнықтылығы (немесе орнықсыздығы) болып табылады. Реттеудің практикалық міндеттерін орындау үшін жүйе, ең алдымен, орнықты болуы

керек. Орнықтылық дегеніміз – бұл тепе-теңдікті бұзған бұзылуды жойғаннан кейін жүйенің орнықты тепе-теңдік күйіне оралу қасиеті. Орнықсыз жүйе қандай да бір себептермен шыққан тепе-теңдік күйіне оралмайды, бірақ одан үнемі алыстайды немесе оның жанында үлкен тербелістер жасайды. Әлбетте, орнықсыз реттеу жүйелері жұмыс үшін қолданыла алмайды. Сондықтан, жүйе басқару, күйге келтіру немесе жүктемені өзгерту сигналына дұрыс жауап беруі үшін яғни, өтпелі кезеңде бос компонент уақыт өте келе нөлге ұмтылуы керек.

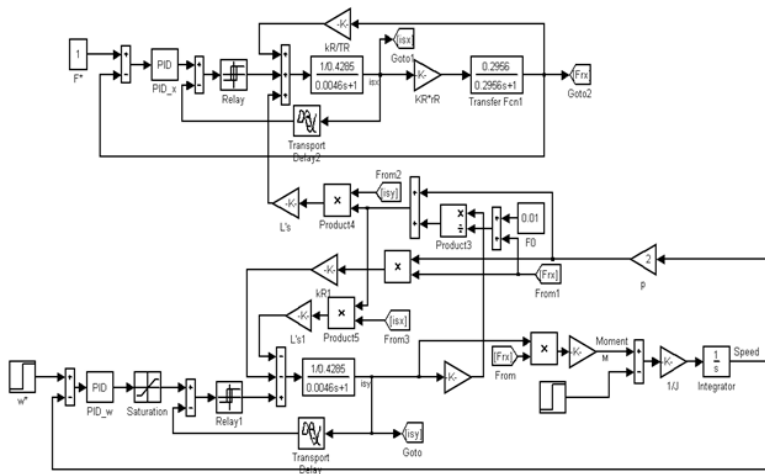
$$\lim_{t \rightarrow \infty} x e^{-t} \rightarrow 0. \quad (2)$$

Демек, жүйенің еркін қозғалысының сипаты оның орнықтылығын немесе орнықсыздығын анықтайды. Шарт (2) орындалмаған жағдайда жүйе орнықсыз болып саналады [1, 2, 3, 4, 5, 7, 8].

Электр жетегінің (АЖЖТ) сызықты емес тұйық жиілік – ток асинхронды жүйесінің орнықтылығын анықтау мәселесін оны құру үшін блоктар кітапханасын қолдана отырып, виртуалды модельде MATLAB Simulink бағдарламаланатын кешенінің ортасында шешуге болады. АЖЖТ өтпелі динамикасының талдауы мен синтезін жүргізе отырып, жүйенің орнықтылығы мен түзету құрылғыларын таңдауға болады [1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10].

Асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығы мен ағымының өтпелі процестерін анықтау үшін Simulink ортасында бағдарламаланатын Matlab кешенін қолдана отырып, векторлық басқарылатын тұйықталған жиілік – ток асинхронды жүйенің құрылымдық сұлбасы 1 суретте көрсетілген [1].

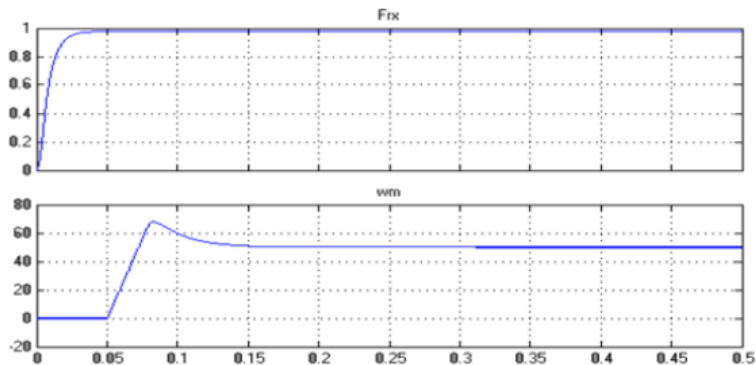
Бұл суретте мыналар көрсетілген: типтік динамикалық буындар, релелік және сызықты емес (көбейткіш) буындар [2] және бөлу буыны (product 3). Сонымен қатар, шектеу (қанықтыру) түріндегі буынды қозғалтқыштың жылдамдығын реттеу контурына енгізілгенін атап өтеміз.



Сурет 1 – Вектормен басқарылатын асинхронды жүйесінің жиілік – ток құрылымдық сұлбасы

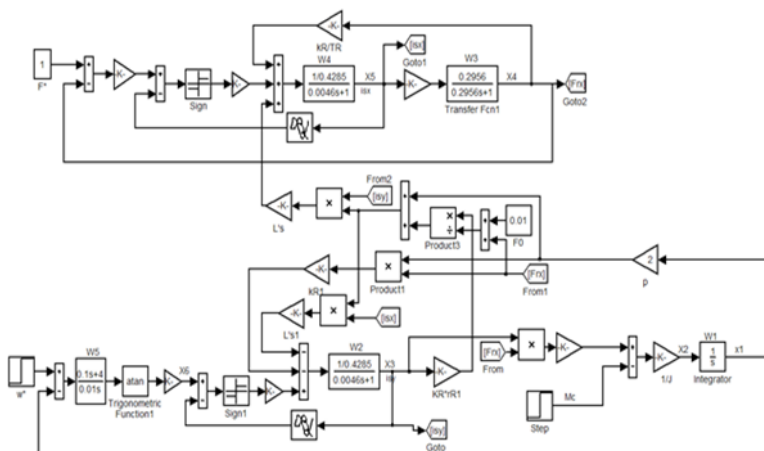
Жылдамдықтың өтпелі процестері және АЖЖТ ағымы 2 суретте көрсетілген.

Белгілі әдістермен [2,3] қозғалыс орнықтылығын анықтау өте қиын. Matlab математикалық жүйесін қолдана отырып, АЖЖТ қозғалысының орнықтылығын анықтауды қарастырамыз. Мәселені шешудің ыңғайлылығы – АЖЖТ жүйесінің орнықтылық есептері, біз шектеу түрін тригонометриялық функцияға $a \tan(x)$ және релелік буындарды идеалды буындарға $sign(x)$ ауыстырамыз.



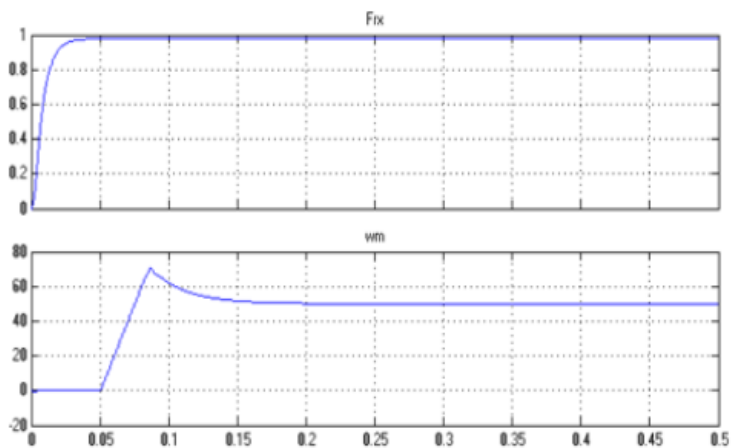
Сурет 2 – АҚ жылдамдығының және ағымының өтпелі процестері

Бұл реттегі құрылымдық сұлба (1 сурет), келесі 3 суретте көрсетілген түрге ие болады.



Сурет 3 – Сызықтық емес буындарды ауыстыру кезіндегі АЖЖТ құрылымдық диаграммасы

АЖЖТ өтпелі процестері, жылдамдық және ағымының байланыстары 3 суретте және 4 суретте көрсетілген.



Сурет 4 – АЖЖТ жылдамдығы мен ағымының өтпелі процестері

Нәтижелер мен талқылау

Ротордың, 2 суреттің және 4 суреттің жылдамдығының өтпелі кезеңдерін салыстыра отырып, олардың толық сәйкестігі туралы қорытынды жасауға болады, бұл сызықтық емес элементтерді идеалды буындарға ауыстыру арқылы виртуалды модельде алынған өтпелі басқару жүйесінің орнықтылығын анықтауға мүмкіндік береді.

Алайда орнықтылықтың неғұрлым нақты анықтамасын жүйенің динамикалық қасиеттерін аналитикалық зерттеу арқылы алуға болады. Ол үшін жүйенің күйін анықтайтын АЖЖТ сипаттамалық теңдеуінің түбірлерін табу керек. Алайда, жоғары ретті дифференциалдық теңдеулерді, тіпті сызықтық жүйелер үшін, орнықтылықты анықтау үшін сипаттамалық теңдеудің түбірлерін табу арқылы шешу айтарлықтай қиындықтарға тап болады [1, 2, 4, 5, 7].

Ротордың жылдамдығы мен ағымының өтпелі процестерін, 2 суретті және 4 суретті салыстыра отырып, олардың толық сәйкестігі туралы қорытынды жасауға болады.

Біз Matlab математикалық жүйесін қолдана отырып, АЖЖТ орнықтылығын талдаймыз. Ең алдымен, АЖЖТ қозғалысының теңдеулерін (3 сурет) беріліс функциялары, кері және айқас байланыстар негізінде символдық түрде жазамыз:

$$\begin{aligned}x_1 - w_1 \cdot x_2 &= 0, \\x_2 - a_2 \cdot x_3 \cdot x_4 &= 0, \\ \varphi &= b_1 \cdot x_1 + (b_2 \cdot x_3) / (x_4 + b_3), \\ (1/w_2)x_3 - a_3(x_6 - x_3) + a_5x_1x_4 + a_4x_5\varphi &= 0, \end{aligned} \tag{3}$$

$$(1/w_4)x_4 - a_6x_5 = 0,$$

$$-a_7x_4 + (1/w_5)x_5 - a_8 \operatorname{sign}((a_9 - a_9x_4) - x_5) - a_4x_3\varphi = 0,$$

$$x_6 - a_{10} \cdot \operatorname{sign}((w_3u_z - w_3x_1) - a_{11}(w_3u_z - w_3x_1)^3) = 0,$$

мұндағы $x_1 = \omega$ – жүйенің асинхронды қозғалтқышының бұрыштық жылдамдығы, $x_2 = M_3$ – қозғалтқыштың электромагниттік моменті, $x_3 = i_{SY}$ – жормал осьтің у статор тогының кеңістіктік векторы, $x_4 = F_{rx}$ – ағын байланысы, $x_4 = i_{sx}$ – нақты осьтің x статор тогының кеңістіктік векторы, W_i – беріліс функциялары, a_i және b_i – коэффициенттер.

(3) теңдеулер жүйесі негізінде және MAT Lab [4, 5] алгоритмдік тілі негізінде құрастырылған АЖЖТ қозғалысының орнықтылығын анықтау бағдарламасы 5 суретте көрсетілген.


```

File Edit Text Cell Tools Debug Desktop Window Help
1 function RNYRAV
2 syms w1 w2 w3 w4 w5
3 f1=sym(' (1/w1)*x1-x2');
4 fa=sym(' sign(b1*x1+(b2*x3)/(sign(x4)+b3)) ');
5 f2=sym(' x2-a2*x3*(sign(x4)) ');
6 f3=sym(' [(1/w2)*x3-a3*sign(x6-x3)]'+...
7 'a5*x1*(sign(x4))+a4*x5'*fa);
8 f4=sym(' (1/w4)*x4-a6*x5');
9 f5=sym(' [-a7*x4+(1/w5)*x5]'-...
10 'a8*sign((a9-a9*x4)-x5)-a4*x3'*fa);
11 f6=sym(' x6-a10*sign((w3*U-w3*x1)-a11*(w3*U-w3*x1)^3) ');
12 [x1,x2,x3,x4,x5,x6]=...
13 solve(f1,f2,f3,f4,f5,f6);
14 w1=tf([1],[1 0]);
15 w2=tf([2.33],[0.0046 1]);
16 w3=tf([0.1 4],[0.01 0]);
17 w4=tf([0.2956],[0.2956 1]);
18 w5=tf([2.33],[0.0046 1]);
19 a1=9.8; b1=2; b2=0.217; b3=0.01; a2=28.9;
20 a3=150; a4=0.00196; a5=1.97; a6=0.217;
21 a7=3.33; a8=300; a9=700; a10=50; a11=0.333; U=5;
22 R1=eval(x1); Wc=minreal(-R1)
23 p=pole(Wc)
24 end

```

Сурет 5 – АЖЖТ қозғалысының орнықтылығын анықтау бағдарламасы

Есептеу процедурасы келесідей қорытындыға ие болады:

1. Символдық айнымалылар W_i енгізіледі.
2. Теңдеулер жүйесі символдық түрде енгізіледі.
3. Solve функциясын колдана отырып, теңдеулер жүйесін аналитикалық шешу жүзеге асырылады.

4. Асинхронды жүйенің жиіліктік ток буындарының беріліс функциялары, сондай-ақ жүйенің инерциялды емес буындарының коэффициенттері енгізіледі.

5. Eval және minreal функциялары таңдалған айнымалыға қатысты жүйенің беріліс функциясының қалыптасуын қамтамасыз етеді, бұл жағдайда $X_i = \omega$ (асинхронды қозғалтқыштың бұрыштық жылдамдығы).

Бағдарламаны есептеу нәтижесінде АЖЖТ беріліс функциясы және сипаттамалық теңдеу түбірлерінің беріліс функциясы төменде келтірілген.

Transfer function – беріліс функциясы:

$$2.196e006 s^9 + 3.822e009 s^8 + 2.911e012 s^7 + 1.268e015 s^6 + 3.452e017 s^5 + 6.023e019 s^4 + 6.583e021 s^3 + 4.134e023 s^2 + 1.161e025 s + 1.827e025$$

$$s^{11} + 1960 s^{10} + 1.736e006 s^9 + 9.184e008 s^8 + 3.222e011 s^7 + 7.862e013 s^6 + 1.357e016 s^5 + 1.642e018 s^4 + 1.337e020 s^3 + 6.643e021 s^2 + 1.558e023 s + 2.444e023$$

Беріліс функциясының сипаттамалық тендеуінің түбірлері:

$P=$

$1.0e+002 *$	$-2.2239 + 0.0483i$	$-2.1752 - 0.0673i$
$-1.0870 + 1.3047i$	$-2.2239 - 0.0483i$	$-2.1281 + 0.0468i$
$-1.0870 - 1.3047i$	$-2.1752 + 0.0673i$	$-2.1281 - 0.0468i$
-2.2446		-2.1091
		-0.0169

Берілген функцияның $W_c(S)$ сипаттамалық тендеуінің барлық түбірлері ($p_i =$) теріс таңбамен анықталынды, сондықтан жүйе орнықты [5].

Қорытындылар

Көптеген көбейткіш буындары бар векторлық басқарылатын асинхронды жиілік жүйесінің орнықтылығын анықтау мәселесі шешілді.

Орнықтылық, тұйықталған АЖЖТ мәселесін Matlab алгоритмдік тілінде символдық түрде сызықтық емес алгебралық тендеулерді шешу бағдарламасын қолдана отырып, ойдағыдай шешуге болады.

Асинхронды жүйенің жиілік – ток қозғалысының орнықтылығын анықтау бағдарламасы оның беріс функциясын алуға және жүйенің орнықтылығын сипаттамалық тендеудің түбірлері арқылы анықтауға мүмкіндік береді.

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Бесекерский В.А., Попов Е.П.** Теория автоматического управления. [Мәтін]. – СПб. : Изд-во «Профессия», 2004. – 752 с.

2 **Цыба Ю.А., Сагитов П.И.** Элементы теории автоматического управления: Учебное пособие. [Мәтін]. – Алматы: КАУ, 2006. – 144 с.

3 **Герман – Галкин С.Г.** Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. [Мәтін]. – СПб. : КОРОНА – Век, 2008. – 368 с.

4 **Лурье Б.Я., Энрайт П.Дж.** Классические методы автоматического управления/под ред. А.А. Ланне. [Мәтін]. – СПб. : БХВ – Петербург, 2004. – 640 с.

5 **Терехов В. М, Осипов О.И.** Системы управления электроприводов (учебник вузов). [Мәтін]. – М. : Издательский центр «Академия» 2008. – 304 с.

6 **Цыба Ю.А.** Автоматическое управление электромеханическими системами, учебное пособие. [Мәтін]. – Алматы : АИЭС, 2008. – 77 с.

7 **Цыба Ю.А., Шадхин Ю.И., Алмуратова Н.К.** Нелинейные и цифровые системы автоматического управления : Учеб. пособие [Мәтін]. – Алматы : АУЭС, 2013. – 96 с.

8 **Терёхин В.Б.** Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1) : Учеб. пособие [Мәтін]. – Томск : Изд-во Томского политех. университета, 2008. – 320 с.

9 **Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В.** MATLAB 7 [Мәтін]. – М. : ИТ Пресс, 2006. – 464 с.

10 **Ануфриев И.Е., Смирнов А.В., Смирнова Е.Н.** MATLAB 7. [Мәтін]. – СПб. : БХВ – Петербург, 2005. – 114 с.

References

1 **Besekerskiy, V.A., Popov, Ye.P.** Teoriya avtomaticheskogo upravleniya. [Automatic control theory] [Text]. – SPb. : Publishing «Profession», 2004. – 752 p.

2 **Tsyba, Yu. A., Sagitov, P. I.** Elementy teorii avtomaticheskogo upravleniya. [Elements of the theory of automatic control : textbook] [Text]. – Almaty : KAU, 2006. – 144 p.

3 **German-Galkin, S.G.** Matlab & Simulink. Proyektirovaniye mekha tronnykh sistem na PK. [Matlab & Simulink. Design of mechatronny systems on a PC.] [Text]. – SPb. : KORONA – Century, 2008. – 368 p.

4 **Lurie, B.Ya., Enright, P.J.** Klassicheskiye metody avtomaticheskogo upravleniya / pod red. A.A. Lanne [Classical methods of automatic control / ed. A.A. Lanne.] [Text]. – SPb. : BHV – Petersburg, 2004. – 640 p.

5 **Terekhov, V. M, Osipov, O.I.** Sistemy upravleniya elektroprivodov : uchebnik vuzov. [Control systems for electric drives: University textbook] [Text]. – Moscow : Publishing Center “Academy” 2008. – 304 p.

6 **Tsyba, YU.A.** Avtomaticheskoye upravleniye elektromekhanicheskimi sistemami : uchebnoye posobiye [Automatic control of electromechanical systems : textbook] [Text]. – Almaty : AIPET, 2008. – 77 p.

7 **Tsyba, Yu.A., Shadkhin, Yu.I., Almuratova, N.K.** Nelineynyye i tsifrovyye sistemy avtomaticheskogo upravleniya : Ucheb. posobiye. [Nonlinear and digital automatic control systems : Textbook] [Text]. – Almaty : AUPET, 2013. – 96 p.

8 **Terokhin, V.B.** Modelirovaniye sistem elektroprivoda v Simulink (Matlab 7.0.1) : Ucheb. posobiye [Simulation of electric drive systems in Simulink (Matlab 7.0.1) : Textbook] [Text]. – Tomsk : Publishing house of Tomsk Polytechnic University, 2008. – 320 p.

9 **Alekseyev, Ye.R, Chesnokova, O.V.** MATLAB 7 [Text]. – Moscow : NT Press, 2006. – 464 p.

10 **Anufriyev I.Ye., Smirnov A.V., Smirnova Ye.N.** MATLAB 7 [Text]. – SPb. : BHV - Petersburg. 2005. – 114 p.

Материал 12.06.21 баспаға түсті.

**Д. М. Чныбаева, Ю. А. Цыба, Ю. И. Шадхин*
Алматинский университет энергетики и связи
имени Гумарбека Даукеева,
Республика Казахстан, г. Алматы.
Материал поступил в редакцию 12.06.21.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЧАСТОТНО-ТОКОВОЙ АСИНХРОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИВОДА В СРЕДЕ MATLAB

Приводится структурная схема замкнутой нелинейной частотно - токовой асинхронной системы электропривода с векторным управлением в программируемом комплексе Matlab и структурная схема с заменой звена насыщения. Дается математическое описание движения системы в символьном виде и приводится программа определения её устойчивости, которая представлена на алгоритмическом языке Matlab. По результатам счета программы определены корни характеристического уравнения передаточной функции системы и график переходного процессов скорости асинхронного двигателя в среде Matlab–Simulink.

Ключевые слова: автоматическая система; частотно - токовая система; устойчивость; векторное управление; асинхронный двигатель; структурная схема; электропривод; обратная связь; уравнения динамики; динамические звенья; передаточная функция; контур регулирования скорости; переходные процессы; потокосцепление; релейный элемент; звено деления; нелинейное (множительное) звено; звено ограничения (насыщения); нелинейные уравнения; линеаризация; программа; алгоритмический язык; среда Matlab–Simulink.

**D. M. Chnybayeva, Yu. A. Tsyba, Yu. I. Shadkhin*
Almaty University of Energy and Communications
named after Gumarbek Daukeyev,
Republic of Kazakhstan, Almaty.
Material received on 12.06.21.

INVESTIGATION OF THE STABILITY OF A FREQUENCY – CURRENT ASYNCHRONOUS DRIVE SYSTEM IN THE MATLAB ENVIRONMENT

A block diagram of a closed nonlinear frequency-current asynchronous electric drive system with vector control in the Matlab programmable

complex and a block diagram with the replacement of the saturation link are presented. A mathematical description of the motion of the system in symbolic form is given and a program for determining its stability is provided, which is presented in the algorithmic language Matlab. Based on the results of the program calculation, the roots of the characteristic equation of the transfer function of the system and the graph of the transient processes of the asynchronous motor speed in the Matlab–Simulink environment are determined.

Keywords: automatic system; frequency-current system; stability; vector control; asynchronous motor; block diagram; electric drive; feedback; dynamic equations; dynamic links; transfer function; speed control loop; transients; flow coupling; relay element; division link; nonlinear (multiplying) link; restriction (saturation) link; nonlinear equations; linearization; program; algorithmic language; Matlab–Simulink environment.

Теруге 12.06.2021 ж. жіберілді. Басуға 24.06.2021 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

6,28 Мб RAM

Шартты баспа табағы 15,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. Р. Омарова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3792

Сдано в набор 12.06.2021 г. Подписано в печать 24.06.2021 г.

Электронное издание

6,28 Мб RAM

Усл. печ. л. 15,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. Р. Омарова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3792

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz