

ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ
Satbayev University

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Satbayev University

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
Satbayev University

**SERIES
OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES**

3 (447)

MAY – JUNE 2021

THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series of geology and technical sciences scientific journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of geology and technical sciences in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of geology and engineering sciences to our community.

Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы «ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы» ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді геология және техникалық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.

НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по геологии и техническим наукам для нашего сообщества.

Бас редактор

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрынұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Ұлттық Ғылым академиясының президенті, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) Н = 4

Редакциялық алқа:

ӘБСАМЕТОВ Мәліс Құдысұлы (бас редактордың орынбасары), геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «У.М. Ахмедсафина атындағы гидрогеология және геоэкология институтының» директоры (Алматы, Қазақстан) Н = 2

ЖОЛТАЕВ Герой Жолтайұлы (бас редактордың орынбасары), геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор, Қ.И. Сатпаев атындағы геология ғылымдары институтының директоры (Алматы, Қазақстан) Н=2

СНОУ Дэниел, Ph.D, қауымдастырылған профессор, Небраска университетінің Су ғылымдары зертханасының директоры (Небраска штаты, АҚШ) Н = 32

ЗЕЛЬТМАН Реймар, Ph.D, табиғи тарих мұражайының Жер туралы ғылымдар бөлімінде петрология және пайдалы қазбалар кен орындары саласындағы зерттеулердің жетекшісі (Лондон, Англия) Н = 37

ПАНФИЛОВ Михаил Борисович, техника ғылымдарының докторы, Нанси университетінің профессоры (Нанси, Франция) Н=15

ШЕН Пин, Ph.D, Қытай геологиялық қоғамының тау геологиясы комитеті директорының орынбасары, Американдық экономикалық геологтар қауымдастығының мүшесі (Пекин, Қытай) Н = 25

ФИШЕР Аксель, Ph.D, Дрезден техникалық университетінің қауымдастырылған профессоры (Дрезден, Берлин) Н = 6

КОНТОРОВИЧ Алексей Эмильевич, геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор, РФА академигі, А.А. Трофимука атындағы мұнай-газ геологиясы және геофизика институты (Новосибирск, Ресей) Н = 19

АБСАДЫКОВ Бахыт Нарикбайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, А.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты (Алматы, Қазақстан) Н = 5

АГАБЕКОВ Владимир Енокович, химия ғылымдарының докторы, Беларусь ҰҒА академигі, Жаңа материалдар химиясы институтының құрметті директоры (Минск, Беларусь) Н = 13

КАТАЛИН Стефан, Ph.D, Дрезден техникалық университетінің қауымдастырылған профессоры (Дрезден, Берлин) Н = 20

СЕЙТМҰРАТОВА Элеонора Юсуповна, геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Қ.И. Сатпаев атындағы Геология ғылымдары институты зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан) Н=11

САҒЫНТАЕВ Жанай, Ph.D, қауымдастырылған профессор, Назарбаев университеті (Нұр-Сұлтан, Қазақстан) Н = 11

ФРАТТИНИ Паоло, Ph.D, Бикокк Милан университеті қауымдастырылған профессоры (Милан, Италия) Н = 28

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.).

Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № **KZ39VPU00025420** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *геология және техникалық ғылымдар бойынша мақалалар жариялау.*

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 211 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19, 272-13-18
<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2021

Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Мұратбаева көш., 75.

Главный редактор

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, президент Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) Н = 4

Редакционная коллегия:

АБСАМЕТОВ Малис Кудысович, (заместитель главного редактора), доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик НАН РК, директор Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина (Алматы, Казахстан) Н = 2

ЖОЛТАЕВ Герой Жолтаевич, (заместитель главного редактора), доктор геолого-минералогических наук, профессор, директор Института геологических наук им. К.И.Сатпаева (Алматы, Казахстан) Н=2

СНОУ Дэниел, Ph.D, ассоциированный профессор, директор Лаборатории водных наук университета Небраски (штат Небраска, США) Н = 32

ЗЕЛЬТМАН Реймар, Ph.D, руководитель исследований в области петрологии и месторождений полезных ископаемых в Отделе наук о Земле Музея естественной истории (Лондон, Англия) Н = 37

ПАНФИЛОВ Михаил Борисович, доктор технических наук, профессор Университета Нанси (Нанси, Франция) Н=15

ШЕН Пин, Ph.D, заместитель директора Комитета по горной геологии Китайского геологического общества, член Американской ассоциации экономических геологов (Пекин, Китай) Н = 25

ФИШЕР Аксель, ассоциированный профессор, Ph.D, технический университет Дрезден (Дрезден, Берлин) Н = 6

КОНТОРОВИЧ Алексей Эмильевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАН, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск, Россия) Н = 19

АБСАДЫКОВ Бахыт Нарикбаевич, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН РК, Институт химических наук им. А.Б. Бектурова (Алматы, Казахстан) Н = 5

АГАБЕКОВ Владимир Енокович, доктор химических наук, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь) Н = 13

КАТАЛИН Стефан, Ph.D, ассоциированный профессор, Технический университет (Дрезден, Берлин) Н = 20

СЕЙТМУРАТОВА Элеонора Юсуповна, доктор геолого-минералогических наук, профессор, член-корреспондент НАН РК, заведующая лабораторией Института геологических наук им. К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан) Н=11

САГИНТАЕВ Жанай, Ph.D, ассоциированный профессор, Назарбаев университет (Нурсултан, Казахстан) Н = 11

ФРАТТИНИ Паоло, Ph.D, ассоциированный профессор, Миланский университет Бикокк (Милан, Италия) Н = 28

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ39VPY00025420, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *публикация статей по геологии и техническим наукам.*

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 211 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19, 272-13-18

<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2021

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editor in chief

ZHURINOV Murat Zhurinovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, president of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, general director of JSC “Institute of fuel, catalysis and electrochemistry named after D.V. Sokolsky» (Almaty, Kazakhstan) H = 4

Editorial board:

ABSAMETOV Malis Kudysovich, (deputy editor-in-chief), doctor of geological and mineralogical sciences, professor, academician of NAS RK, director of the Akhmedsafin Institute of hydrogeology and hydrophysics (Almaty, Kazakhstan) H = 2

ZHOLTAEV Geroy Zholtaevich, (deputy editor-in-chief), doctor of geological and mineralogical sciences, professor, director of the institute of geological sciences named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan) H=2

SNOW Daniel, Ph.D, associate professor, director of the laboratory of water sciences, Nebraska University (Nebraska, USA) H = 32

Zeltman Reyman, Ph.D, head of research department in petrology and mineral deposits in the Earth sciences section of the museum of natural history (London, England) H = 37

PANFILOV Mikhail Borisovich, doctor of technical sciences, professor at the Nancy University (Nancy, France) H=15

SHEN Ping, Ph.D, deputy director of the Committee for Mining geology of the China geological Society, Fellow of the American association of economic geologists (Beijing, China) H = 25

FISCHER Axel, Ph.D, associate professor, Dresden University of technology (Dresden, Germany) H = 6

KONTOROVICH Aleksey Emilievich, doctor of geological and mineralogical sciences, professor, academician of RAS, Trofimuk Institute of petroleum geology and geophysics SB RAS (Novosibirsk, Russia) H = 19

ABSADYKOV Bakhyt Narikbaevich, doctor of technical sciences, professor, corresponding member of NAS RK, Bekturov Institute of chemical sciences (Almaty, Kazakhstan) H = 5

AGABEKOV Vladimir Enokovich, doctor of chemistry, academician of NAS of Belarus, honorary director of the Institute of chemistry of new materials (Minsk, Belarus) H = 13

KATALIN Stephan, Ph.D, associate professor, Technical university (Dresden, Berlin) H = 20

SEITMURATOVA Eleonora Yusupovna, doctor of geological and mineralogical sciences, professor, corresponding member of NAS RK, head of the laboratory of the Institute of geological sciences named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan) H=11

SAGINTAYEV Zhanay, Ph.D, associate professor, Nazarbayev University (Nursultan, Kazakhstan) H = 11

FRATTINI Paolo, Ph.D, associate professor, university of Milano-Bicocca (Milan, Italy) H = 28

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan **No. KZ39VPY00025420**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *publication of papers on geology and technical sciences.*

Periodicity: 6 times a year.

Circulation: 211 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2021

Address of printing house: ST «Aruna», 75, Muratbayev str, Almaty.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN **SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES**
ISSN 2224-5278

Volume 3, Number 447 (2021), 124-128

<https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.73>

UDC 62-83:669.02/09
IRSTI

**K.T. Tergemes¹, A.R. Karassayeva¹, A. Zh. Sagyndikova¹,
Zh.K. Orzhanova¹, E. Shuvalova²**

¹Almaty University of Energy and Communications named after Gumarbek Daukeev,
Almaty, Kazakhstan,

²Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia

e-mail: k.tergemes@aes.kz, a.karassayeva@aes.kz, a.sagyndikova@aes.kz,
z.orzhanova@aes.kz, jelena.suvalova1@taltech.ee

**STABILITY OF ANONLINEAR SYSTEM «FREQUENCY
CONVERTER-ASYNCHRONOUS MOTOR»**

Abstract. In modern industry, various industries are widely used frequency converters (FC) to control the speed of rotation of asynchronous motors. Widely used frequency converters that feed asynchronous motors allow you to optimize production, reduce electrical energy consumption, increase the service life of equipment, etc.

The article considers the system "frequency converter-asynchronous motor" as a complex nonlinear automatic control system. On the basis of the linearized transfer function of the frequency converter and the asynchronous motor, the block diagram of the open system "frequency converter - asynchronous motor" is made. The mathematical description of the system is written by algebraic controls in symbolic form.

A program for generating the transfer function and calculating the roots of the characteristic equation using the MATLAB application package is presented.

To determine the stability of the frequency converter - asynchronous motor system, a program is compiled where the stability of the system is determined by the characteristic roots of the equation. The transient curve of the speed and torque of an asynchronous motor confirms the adequacy of the block diagram "frequency converter-asynchronous motor" and its mathematical description.

Key words: frequency converter, asynchronous motor, nonlinear system, electric drive, autonomous voltage inverter.

Introduction. It is known that frequency converters are electronic devices that are used to convert the frequency parameters of an electric current [1-4]. Frequency converters have acquired the greatest practical application for controlling the speed of rotation of synchronous and asynchronous (SD and AD) electric motors [5, 6]. The use of frequency converters for controlling electric motors makes it possible to optimize production, reduce electrical energy consumption and increase the service life, etc., of the connected equipment to the "frequency converter – asynchronous motor" (Frequency converter - AD) system [6-8].

Currently, the field of use of the "Frequency converter - AD" system is very wide, starting in equipment from the food industry, ending with the mining and metallurgical, oil industry [1, 6].

The main part. Frequency converters used in an adjustable electric drive, depending on the structure and principle of operation of the power part, are divided into [2, 7, 9]:

- with an explicit DC intermediate (or simply an IF with a DC intermediate);

- with direct connection (without DC intermediate).

To date, frequency converters with a DC intermediate link in the market of the Republic of Kazakhstan account for almost 93% of the total frequency converters. Therefore, the article considers only this type of IF, while the rectifiers, as part of the converters, are unmanaged, i.e. on power diodes.

Figure 1 shows a typical scheme of a low-voltage frequency converter with an autonomous voltage inverter (AVI), as it has received the greatest distribution, supplied by different manufacturers [6, 7, 9].

In this scheme, a three-phase AC voltage is fed to the input of three phase uncontrolled rectifier output which is fed to the input of the filter (F), after entering AVI, where the voltage U_d is converted to three-phase voltage variable voltage $U = \text{var}$ and with a variable frequency $f = \text{var}$. Autonomous voltage inverters of low-voltage converters are made on the basis of power bipolar transistors with an isolated IGBT gate. The control system provide spulse-width modulation (PWM) of the voltage applied to the motor windings.

The use of Frequency converters in equipment provides a smooth start, smooth control of the speed of rotation of the AD both down and up from the main speed, smooth braking, increases the service life of both the engine and the equipment, increases efficiency and $\cos \varphi$, etc.[1, 6, 7, 10].

The mathematical description of an asynchronous motor (AD) as a link in an automatic control system presents considerable difficulties, since the stator and rotor windings are magnetically connected by design. When the motor rotates, the relative position of the windings continuously changes, and the mutual inductance between them changes accordingly. This leads to a non-linear equation of the electric motors. In this regard, for the synthesis of ACS, it is convenient to represent dynamic models of AD in the form of transfer functions or structural schemes [11-14].

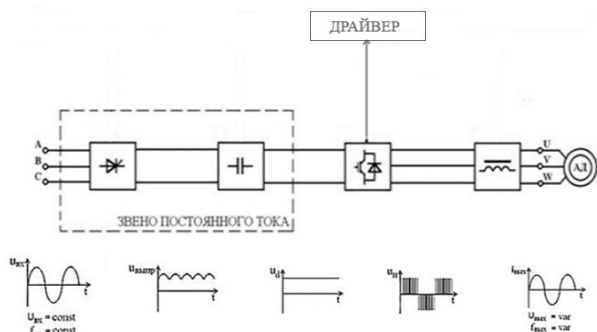


Figure 1-Typical diagram of a low-voltage frequency converter with a self-contained voltage inverter (AVI)

In the process of designing an electric drive system, a frequency converter – asynchronous motor (FC – AD) with the desired motor speed transients, determining the stability of the system is one of the necessary design tasks. The block diagram of the FC-AD system with voltage feedback of the frequency converter is shown in Figure 1 in Simulink Matlab [15, 16].

Figure 2 block diagram of the linearized system of the electric FC-AD presents the dynamic parts of the system with transfer functions in the form [1]: for engine $W_1(s) = 1/bT_m s$ – и $W_2(s) = b(T_a s + 1)$, and reverse are covered by a single connection to the frequency Converter $W_3(s) = K_p(T_p s + 1)$.

– As a voltage regulator if the open on the speed of the motor system FC-AD entered nonlinear correction device (similar even with variable structure). providing a significant increase in the stability range of the system [12]. The following designations are introduced in the block diagram of Figure 2 [7, 14, 17]:

b – modulus of rigidity of the mechanical characteristic of AD;

T_m – electromechanical time constant AD;

T_q – electromagnetic time constant of the stator and rotor circuits AD;

k_p – transmission ratio of the frequency converter;

T_p – the time constant of the frequency Converter;

T_{11}, T_{22} – the time constant of the filter;

k_{oc} – the ratio of the feedback voltage inverter.

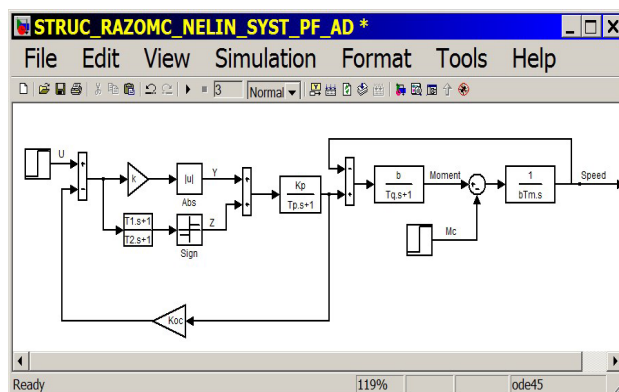


Figure 2-Block diagram of an open FC-AD system

The stability of an open nonlinear FC-AD system is considered on the basis of the transfer function of the system using Matlab functions [15, 16]. To do this, using the transfer functions of the links of the system, we transform them into algebraic equations in symbolic form, taking into account the connections of the dynamic and nonlinear links of the system.

According to the transfer function $W_1(s) = 1/bT_m s$ of the engine link, the algebraic equation of the link in symbolic form takes the following form [18]:

$$x_1 - W_1 x_2 = 0 \tag{1}$$

where $x_1 = \omega$ – angular velocity of AD;

$x_2 = M_y$ – the electromagnetic moment of AD.

An algebraic equation in the symbolic form of the second engine link, with a subordinate function

$W_2(s) = b(T_q s + 1)$, it will be recorded:

$$x_1 + (1/W_2)x_2 - x_3 = 0 \tag{2}$$

where $x_3 = U_R$ – output voltage of the frequency converter.

An algebraic equation in the symbolic form of a frequency converter, with a transfer function

$W_3(s) = k_R (T_R s + 1)$, it has the form:

$$(1/W_3)x_3 - (Y + Z) = 0, \tag{3}$$

where $Y = |k_o|$; $Z = \text{sign}(W_4 \cdot x_o)$,

$$W_4(s) = (T_1s + 1)(T_2s + 1), x_o = u - k_o x_3, x_o -$$

error of the voltage stabilization system at the frequency converter output, $W_4(s)$ – transfer function of the inertial-forcing link, u – setting effect.

Taking into account the replacement of the nonlinear equation $Y = |k_o|$, from the point of view of the convenience of solving the stability problem with the help of Matlab, on a nonlinear equation

$F(x) = k * (x_o^2 / x_o)$, the equation $Y = |k_o|$ it will be written in the following form:

$$Y = (k \cdot (u - k_o x_3))^2 / (k \cdot (u - k_o x_3)) \tag{4}$$

The equation $Z = \text{sign}(W_4 \cdot x_o)$ it should be written as [19]:

Determination of the stability of the open – speed FC-AD system is carried out on the basis of the program for calculating the transfer function of the system and Matlab functions. The program for determining the stability of the system is shown in Figure 3.

The program for determining the stability of the FC – AD system is compiled in the algorithmic language Matlab. The calculation procedure is as follows:

1. In the program using the command `enter` (line 1) character variables with the name of the transfer functions of the system.

2. Using the function `syms` symbolic objects are formed with the name: $f1, f2, fh, fg \in f3$ – names of equations in symbolic form.

3. Function `Matlab` calculates the transfer functions of the system in symbolic form for each variable.

4. The initial parameters of the FC-AD system and the FC voltage stabilization system are entered from the 8th to the 9th line.

5. From the 10th to the 13th lines, the transfer functions of the system are introduced, which are used after calculating the transfer functions for each variable.

6. Function `eval` (line 14) converts a given string transfer function to a transfer function with a numerator and denominator.

7. From the 18th to the 24th lines form the graphs of the transients of the asynchronous motor.

```

1: syms w1 w2 w3 w4
2: f1=sym('(1/w1)*x1-x2');
3: f2=sym('x1+(1/w2)*x2-x3');
4: fh=sym('(1/w3)*x3-sign(w4*(u-k0*x3))');
5: fg=sym('k2*((u-k0*x3)^2)/(u-k0*x3)');
6: f3=sym(fh+fg);
7: [x1,x2,x3]=solve(f1,f2,f3);
8: b=25; Tm=0.2; k1=1/(b*Tm);; Tq=0.05; k2=0.5;
9: Kp=20; Tp=0.001; T1=0.02; T2=0.08; k0=0.1; u=5;
10: n1=[k1]; m1=[1 0]; w1=tf(n1,m1);
11: n2=[b]; m2=[Tq 1]; w2=tf(n2,m2);
12: n3=[Kp]; m3=[Tp 1]; w3=tf(n3,m3);
13: n4=[T1 1]; m4=[T2 1]; w4=tf(n4,m4);
14: R1=eval(x1); R2=eval(x2);
15: q1=minreal(R1)
16: q2=minreal(R2);
17: p0=pole(q1)
18: t=[0:0.01:3];
19: [y1,t]=step(q1,t);
20: [y2,t]=step(q2,t);
21: subplot(211),plot(t,y1),title('Speed W(t)')
22: xlabel('Time (c)'), ylabel('y'), grid
23: subplot(212),plot(t,y2),title('Moment M(t)')
24: xlabel('Time (c)'), ylabel('y'), grid
    
```

Figure 3. Program for determining the stability of the FC – AD system

The calculated transfer function of the FC – AD system has the form [7, 20]:

Transfer function:

7e006

$$s^3 + 2020 s^2 + 4.01e004 s + 2e005$$

The roots of the characteristic equation of the transfer function of the system, calculated by the program with the function (line 21) MATLAB have the following form:

$$\begin{aligned}
 p0 = & \\
 & 1.0e+003 * \\
 & -2.0000 \\
 & -0.0100 \\
 & -0.0100
 \end{aligned}$$

The roots of the characteristic equation have negative real parts, according to [6] the system is stable, which is also confirmed by the transients of the speed and torque of the asynchronous motor, shown in Figure 3.

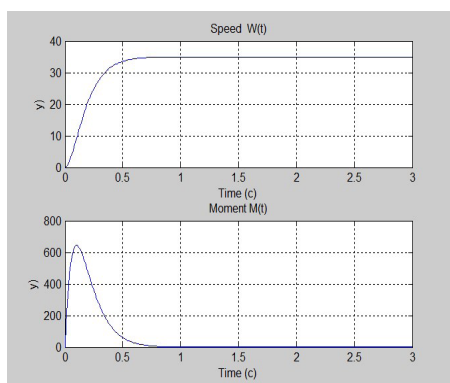


Figure 4-Graphs of the transients of the speed and torque of the asynchronous motor

Қ.Т. Тергемес¹, Ә.Р. Қарасаева¹, А.Ж. Сағындықова¹, Ж.К. Оржанова¹, Е. Шувалова²

¹Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті,
Алматы, Қазақстан,

²Таллин техникалық университеті, Таллин, Эстония

«ЖИЛІК ТҮРЛЕНДІРГІШ – АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШ» БЕЙСЫЗЫҚТЫ ЖҮЙЕСІНІҢ ОРНЫҚТЫЛЫҒЫ

Аннотация. Әр түрлі салалардағы қазіргі заманғы өнеркәсіпте асинхронды қозғалтқыштардың айналу жылдамдығын реттеу үшін жиілік түрлендіргіштері (ЖТ) кеңінен қолданылады. Асинхронды қозғалтқыштардың кең таралған жиілік түрлендіргіштері өндірісті оңтайландыруға, электр энергиясын тұтынуды азайтуға, жабдықтың қызмет ету мерзімін арттыруға және т. б. мүмкіндік береді.

Бұл мақалада «жиілік түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш» жүйесі күрделі сызықты емес автоматты басқару жүйесі ретінде қарастырылады. Жиілік түрлендіргіш пен асинхронды қозғалтқыштың сызықты берілу функциясы негізінде «ЖТ - АҚ» ашық жүйесінің құрылымдық диаграммасы жасалды. Жүйенің математикалық сипаттамасы алгебралық басқару арқылы символдық түрде жазылған.

MATLAB қолданбалы пакетін қолдана отырып, берілу функциясын қалыптастыру және сипаттамалық теңдеудің түбірлерін есептеу бағдарламасы келтірілген.

«Жиілік түрлендіргіш-асинхронды қозғалтқыш» жүйесінің орнықтылығын анықтау үшін теңдеудің сипаттамалық түбірлері арқылы жүйенің орнықтылығын анықтайтын бағдарлама жасалды. Асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығы мен моментінің өтпелі қисығы «жиілік түрлендіргіш - асинхронды қозғалтқыш» құрылымдық схемасының сәйкестігін және оның математикалық сипаттамасын растайды.

Түйін сөздер: жиілік түрлендіргіші, асинхронды қозғалтқыш, бейсызықты жүйе, электр жетегі, автономды кернеу инверторы.

Қ.Т. Тергемес¹, А.Р. Қарасаева¹, А.Ж. Сағындықова¹, Ж.К. Оржанова¹, Е. Шувалова²

¹Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Дәукеева, Алматы, Қазақстан

²Таллинский технический университет, Таллин, Эстония

УСТОЙЧИВОСТЬ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ «ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ – АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ»

Аннотация. В современной промышленности разных отраслей широко применяются преобразователи частоты (ПЧ) для регулирования скорости вращения асинхронных двигателей. Широко распространенные преобразователи частоты, питающие асинхронные двигатели, позволяют оптимизировать производство, снизить потребление электрической энергии, увеличить срок службы оборудования и т.д.

В статье рассмотрена система «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» как сложная нелинейная система автоматического управления. На базе линеаризованной передаточной функции преобразователя частоты и асинхронного двигателя составлена структурная схема разомкнутой системы «ПЧ - АД». Математическое описание системы написано алгебраическими управлениями в символьном виде.

Приведена программа образования передаточной функции и расчета корней характеристического уравнения с помощью прикладного пакета MATLAB.

Для определения устойчивости системы ПЧ – АД составлена программа, где характеристическими корнями уравнения определяется устойчивость системы. Кривая переходного процесса скорости и момента асинхронного двигателя подтверждает адекватность структурной схемы «ПЧ - АД» и ее математическое описание.

Ключевые слова: преобразователь частоты, асинхронный двигатель, нелинейная система, электропривод, автономный инвертор напряжения.

Information about authors:

Tergemes Kazhybek, candidate of technical sciences, associate professor, Almaty University of Energy and Communications named after Gumarbek Daukeev, Almaty, Kazakhstan; k.tergemes@aues.kz; <https://orcid.org/0000-0003-4798-2817>

Karassayeva Assel, doctoral student, Almaty University of Energy and Communications named after Gumarbek Daukeev, Almaty, Kazakhstan; a.karassayeva@aues.kz.; <https://orcid.org/0000-0002-9574-0014>
Sagyndikova Aigul, Doctor of Philosophy (PhD), associate professor, Almaty University of Energy and Communications named after Gumarbek Daukeev, Almaty, Kazakhstan; a.sagyndikova@aues.kz; <https://orcid.org/0000-0002>

OrzhanovaZhanar, candidate of technical sciences, professor AUEC, Almaty University of Energy and Communications named after GumarbekDaukeev, Almaty, Kazakhstan; z.orzhanova@aues.kz; <https://orcid.org/0000-0002-5680-6674>

Elena Shuvalova, Senior Lecturer, PhD, Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia; jelena.suvaloval@taltech.ee

REFERENCES

- [1] Frequency converters – just about complex. - M.: ed. Danfoss, 2006. -167 p.
- [2] Gelman M. V., Dudkin M. M., Preobrazhensky K. A. transformative technique. Training manual. Chelyabinsk, SUSU Publishing House, 2009. -425 p.
- [3] Zinoviev G. S. Fundamentals of power electronics. Novosibirsk, NSTU Publishing House, 200. -4.2-197 p.
- [4] Semenov B. Yu. Power electronics from simple to complex. - Moscow: Solon-Press, 2015. - 416 p.
- [5] Semenov B. Yu. Power electronics. Professional solutions. - M.: Solon-Press. 2011. -416 p.
- [6] Klevtsev A.V. Frequency converters for AC electric drive. - M.: ed. Grif& Co., 2008. -224 p.
- [7] Sokolovsky G. G. Electric drives of alternating current with frequency regulation. - M.: Ed. Academy, 2006. -272 p.
- [8] Kozhukhova A.V., Ramazanov K. N. Application of PSR for improving the energy efficiency of a pumping unit. A symbol of science. 2016. No. 11-13. from 95-97.
- [9] Chernyshev A. Yu., Dementyev Yu. N., Chernyshev I. A. Electric drive of alternating current. - Tomsk.: TPU Publishing House, 2011. -213.
- [10] Vinogradov A. B. Vector control of AC electric drives. - Ivanovo.: IGEU, 2008. -298 p.
- [11] Besekersky V. A. Theory of automatic control systems. - St. Petersburg: Prometheus, 2004. -400 p.]
- [12] Besekersky V. A., Popov E. P. Theory of automatic control systems. - St. Petersburg, Publishing house "Profession", 2004. -752 p
- [13] Popov E. P. Theory of nonlinear systems of automatic regulation and control. - M.: Nauka, Gl. ed. fiz-mat., 1988. -256 p..
- [14] Klyuchev V. I. Theory of electric drive. - M.: Energoatomizdat, 1998. - 704 p.
- [15] Polovko A.M., Butusov P. N. MATLAB for the student. - St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2005. - 320 p.
- [16] Alekseev E. R., Chesnokova O. V. MATLAB 7. - Moscow: NT Press, 2006. -464 p.
- [17] Terekhov V. M., Osipov O. I. Control systems of electric drives. - M.: Publishing Center "Academy", 2008. - 304 p.
- [18] Belov G. A. Theory of automatic control: linear continuous systems.: - Cheboksary, ChSU Publishing House, 2011. -282 p.
- [19] Chen, K., Giblin, P., and Irving, A. MatLab in Mathematical Research. Per. s engl. - M.: Mir, 2001. -346 p..
- [20] Diakonov V. P., Abramenkova I. V. MatLab 5.0/5.3. The system of symbolic mathematics. - Moscow: Nolidzh, 1999 – - 640 p.

МАЗМУНЫ-СОДЕРЖАНИЕ-CONTENTS

Abishova A.S., Bokanova A.A., Kamardin A.I., Mataev U.M. , Meshcheryakova T.Y. DEVELOPMENT OF OPTIMAL CONDITIONS FOR OBTAINING OZONE FOR DECONTAMINATION OF WAREHOUSE AIR.....	6
Абсаметов Д.М., Рабат О.Ж., Байнатов Ж.Б., Жатканбаева Э.А., Тавшавадзе Б.Т. МЕТОДЫ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ОГРАЖДЕНИЯ ПОЛОС ВСТРЕЧНЫХ ДВИЖЕНИЙ ТРАНСПОРТА.....	12
N. Dolzhenko, E Mailyanova, I.Assilbekova, Z.Konakbay DESIGN FEATURES OF MODERN FLIGHT SIMULATION DEVICES, MOBILITY SYSTEMS AND VISUALIZATION SYSTEMS.....	17
Donenbaev B.S., Sherov K.T., Sikhimbayev M.R., Absadykov B.N., Karsakova N.Zh. USING ANSYS WB FOR OPTIMIZING PARAMETERS OF A TOOL FOR ROTARY FRICTION BORING.....	22
Dzhalalov G.I., Kunayeva G.E. Moldabayev G.Zh. FLUID INFLUX TO A BATTERY OF INCOMPLETE HORIZONTALLY BRANCHED WELLS IN DEFORMED FORMATION.....	29
Elman Kh. Iskandarov IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE FUNCTIONING OF GAS PIPELINES, TAKING INTO ACCOUNT THE STRUCTURAL FEATURES OF GAS FLOWS.....	34
Zhantayev Zh.Sh., Zholtayev G.Zh., Iskakov B., Gaipova A. GEOMECHANICAL MODELING OF STRUCTURES OIL AND GAS FIELDS.....	40
Faiz N.S., Satayev M.I., Azimov A.M., Shapalov Sh.K., Turguldinova S.A. LOCAL MONITORING OF THE ENVIRONMENTAL SITUATION IN RESIDENTIAL AREAS WITH HIGH LEVELS OF ELECTROMAGNETIC RADIATION.....	46
Fitryane Lihawa, Ahmad Zainuri, Indriati Martha Patuti, Aang Panji Permana, I Gusti N.Y. Pradana THE ANALYSIS OF SLIDING SURFACE IN ALO WATERSHED, GORONTALO DISTRICT, INDONESIA.....	53
Kaliyeva N.A., Akbassova A.D., Ali Ozler Mehmet, Sainova G.A. ASSESSMENT OF LAND RESOURCE POTENTIAL AND SOLID WASTE RECYCLING METHODS.....	59
Kanayev A.T., Jaxymbetova M.A., Kossanova I.M. QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE YIELD STRESS OF FERRITE-PEARLITIC STEELS BY STRUCTURE PARAMETERS.....	65
Kostenko V., Zavialova O., Pozdieiev S., Kostenko T., Vinyukov A. SUBSTANTIATION OF DESIGN PARAMETERS OF COAL DUST EXPLOSION CONTAINMENT SYSTEM.....	72
Космбаева Г.Т., Аубакиров Е.А., Тастанова Л.К., Орынбасар Р.О., Уразаков К.Р. СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ УГЛЕВОДОРОДОВ (PRMS).....	80
Kozbagarov R.A., Kamzanov N.S., Akhmetova Sh.D., Zhussupov K.A., Dainova Zh.Kh. IMPROVING THE METHODS OF MILLING GAUGE ON HIGHWAYS.....	87

Kozykeyeva A.T., Mustafayev Zh.S., Tastemirova B.E., Jozef Mosiej SPECIFIC FEATURES OF FLOW FORMATION AND WATER USE IN THE CATCHMENT AREAS IN THE TOBOL RIVER BASIN.....	94
Khizirova M.A., Chezhimbayeva K.S., Mukhamejanova A.D., Manbetova Zh.D., Ongar B. USING OF VIRTUAL PRIVATE NETWORK TECHNOLOGY FOR SIGNAL TRANSMISSION IN CORPORATE NETWORKS.....	100
Marynych I., Serdiuk O., Ruban S., Makarenko O. PRESENTATION OF CRUSHING AND GRINDING COMPLEX AS SYSTEM WITH DISTRIBUTED PARAMETERS FOR ADAPTIVE CONTROL OF ORE DRESSING PROCESSES.....	104
Novruzova S.G., Fariz Fikret Ahmed, E.V. Gadashova CAUSES AND ANALYSIS OF WATER ENCROACHMENT OF SOME OFFSHORE FIELDS PRODUCTS OF AZERBAIJAN.....	112
Rakhadilov B.K., Buitkenov D.B., Kowalewski P., Stepanova O.A., Kakimzhanov D. MODIFICATION OF COATINGS BASED ON Al ₂ O ₃ WITH CONCENTRATED ENERGY FLOWS.....	118
Tergemes K.T., Karassayeva A. R., Sagyndikova A. Zh, Orzhanova Zh.K., Shuvalova E STABILITY OF ANONLINEAR SYSTEM «FREQUENCY CONVERTER-ASYNCHRONOUS MOTOR».....	124
Chyrkun D., Levdanskiy A., Yarmolik S., Golubev V., Zhumadullayev D. INTEGRATED STUDY OF THE EFFICIENCY OF GRINDING MATERIAL IN AN IMPACT-CENTRIFUGAL MILL.....	129

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

**ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)**

Редакторы: *М. С. Ахметова, Р. Ж. Мрзабаева, Д. С. Аленов*
Верстка на компьютере *В.С. Зикирбаева*

Подписано в печать 15.06.2021.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
4,6 п.л. Тираж 211. Заказ 3.

*Национальная академия наук РК
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-18, 272-13-19*