

**Выводы.** Таким образом, можно сделать вывод, что трикотаж может составить сто процентов гардероба человека любого возраста и пола, и при этом дискомфорта от отсутствия необходимых элементов одежды для современного человека не будет.

Таким образом, вязаную одежду можно назвать не только материалом настоящего, но и материалом будущего.

#### **Литература:**

1. Флёрова Л.Х., Т. Б. Голикова,. Использование в технике метода вязания Л. В. Золотцева.[Текст] М.: 1976 г.
2. Флерова Л.Н., Л. В. Золотцева. [Текст] Технология и оборудование швейного и трикотажного производства. М.: 1986 г.
3. Джабборова М. Ш.. Технология шитья. [Текст] // Ташкент. Узбекистан. 1994 г.
4. Савостицкий Н.А., Э.К. Амирова. Материаловедение швейного производства. Учебное пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. .[Текст] М.: 2001 г.
5. Новоселова М.Г. Ю Драмашко. Трикотаж. Моделирование и шитье. [Текст] Эксмо: 2019 г

---

УДК 631.314

Boikhanov Zailobiddin Urazali o'g'li, docent, PhD,  
Andijon machine-building institute  
E--mail: Zaylobiddin1992@gmail.com

#### **MODELLING OF THE ASYMMETRICAL QUANTITIES OF REACTIV POWER OF ASYNCHRONOUS MOTOR**

*This paper discusses in detail the assembled and distributed parametric model of the current-voltage converter to control and evaluate the symmetrical magnitudes of the reactive power of an asynchronous induction motor. In modeling the physical and technical effects of three-phase current magnetization parameters of asynchronous motors, the physical and technical effects used in the structure of the converter are taken into account and the parametric structure scheme, change of electrical magnitude and parameters, their interconnection A graph model of the structure was developed. The magnetic processes of nets torques A, B, C applied to the stator winding of an asynchronous motor and their analytical expressions are described.*

*Key words: An Asynchronous motor, graph model, magnetic process, output voltage, asymmetrical quantities, reactive power, magnetic flux.*

Боиханов Заилобиддин Уразали угли, доцент, PhD,  
Андижанский машиностроительный институт

#### **МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИММЕТРИЧНЫХ ВЕЛИЧИН РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

*В данной статье подробно рассматривается собранная и распределенная параметрическая модель преобразователя тока в напряжение для управления и оценки симметричных величин реактивной мощности асинхронного двигателя. При моделировании физико-технических воздействий трехфазного тока на параметры намагничивания асинхронных двигателей учитываются физико-технические эффекты, используемые в конструкции преобразователя, и схема параметрической структуры, изменение электрической величины и параметров, их взаимосвязь A*

построена графовая модель конструкции. Описаны магнитные процессы сетевых моментов  $A, B, C$ , примененных к обмотке статора асинхронного двигателя, и их аналитические выражения.

**Ключевые слова:** Асинхронный двигатель, граф модель, магнитный процесс, выходное напряжение, несимметричные величины, реактивная мощность, магнитный поток.

Боиханов Заилобиддин Уразали уулу, доцент, PhD,  
Андижан машина куруу институту,

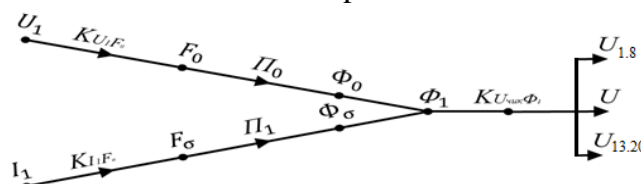
## АИНДИК МОТОРДУН РЕАКТИВДУУ КУБАТЫНЫН АСИМЕТРИЯЛЫК БАЛДАРЫН МОДЕЛДЕРҮҮ

Бул макалада асинхрондук асинхрондук мотордун реактивдүү кубаттуулугунун симметриялуу маанилерин башкаруу жана баалоо үчүн ток-чыңалуу өзгөрткүчүнүн чогултулган жана бөлүштүрүлгөн параметрдик модели кеңири талкууланат. Асинхрондуу кыймылдаткычтардын магниттештирүү параметрлерине үч фазалуу токту физикалык-техникалык таасирин моделдөөдө, конвертордун конструкциясында колдонулган физикалык-техникалык эффекттер жана параметрдик түзүлүштүн схемасы, электрдик чоңдуктун жана параметрлердин өзгөрүшүнө; жана алардын өз ара байланышы эске алынат Долбоордун графиктик модели түзүлөт. Асинхрондук кыймылдаткычтын статор орамына колдонулуучу  $A, B, C$  тармак моменттеринин магниттик процесстери жана алардын аналитикалык туюнтмалары сүрөттөлгөн.

**Негизги сөздөр:** Асинхрондук кыймылдаткыч, графиктик модель, магниттик процесс, чыгуу чыңалуу, асимметриялык чоңдуктар, реактивдүү күч, магнит агымы.

**Introduction.** In the world, the leading positions are occupied by the development of digital technology and modern technologies used in the measurement, control and management of reactive power consumed by asynchronous motors, which are the main consumers of electricity. Asynchronous motors consume more than 55 percent of all generated active electrical energy and more than 65 percent of reactive electrical energy. When ensuring high accuracy, sensitivity and compactness of electric current converters used in the measurement and control of quantities and parameters of electricity in the process of non-contact conversion, important issues are the expansion capabilities of the primary measuring transducer, providing a standardized and controlled output signal [1].

**Methods.** When modeling the physical and technical effects of three-phase current magnetization parameters of an induction motor, the parametric structure scheme, which takes into account the physical and technical effects (FTE) used in the structure of the converter, changes the electrical magnitude and parameters, their a graph model of the interconnected structure is developed [2;6]. The structure of the primary current converter of an induction motor and a model based on FTEs are shown in pic-1.



Pic.1. A generalized model of an asynchronous motor based on the physical and technical effects of asymmetrical magnitude of reactive power applied to a controlled output voltage converter.

$U_{out.}$  - output voltage generator;  $U_{1,8}$  - is the component of the controlled output voltage in one ring,  $U_{13,20}$  - is the component of the controlled output voltage in the second loop,  $U_{a\Sigma}$  - is the component of the total controlled output voltage in the common measuring ring.

In the process of supplying of electricity to an asynchronous motor from the mains, taking into account various external and internal parameters, written as a graph model of the change in the output voltage, controlled by symmetrical quantities of reactive power consumed [11; 9].

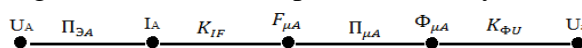
$$U_{a\Sigma} = U_a = U_{1,8} = \left( 4,44 \cdot f \cdot W_{c1} \cdot \frac{I_A}{R_\mu} \right) W_{11}$$

where:  $I_A$  - is the primary current of phase A of the mains consumed by the induction motor;  $f$  - current frequency;  $w_2, w_1$  - number of stator windings and sensing element windings;

$P_\mu = R_\mu - \frac{\rho L}{F}$  - resistance of the signal change part (magnetic);

$\rho$  - is the specific resistance of the magnetic core material;

The asynchronous motor stator winding is calculated for phase A. The following is a summary parametric model of a single-element current converter with an output voltage controlled by symmetrical magnitudes of reactive power of an asynchronous motor (pic.2).



Pic-2. An asynchronous motor is a composite parametric model of a single-sensitive element converter of controlled voltage of symmetrical quantities of reactive power.

From this,

$$I_A = P_{EA} \cdot U_A = \frac{U_A}{R_A}$$

$$F_{\mu A} = K_{IF} \cdot I_A = K_{IF} \cdot P_{EA} \cdot U_A = K_{IF} \cdot \frac{1}{R_A} \cdot U_A$$

$$F_{\mu A} = P_{\mu A} \cdot F_{\mu A} = P_{\mu A} \cdot K_{IF} \cdot I_A = P_{\mu A} \cdot K_{IF} \cdot P_{EA} \cdot U_A$$

$$U_a = K_{FU} \cdot F_{\mu A} = K_{FU} \cdot P_{\mu A} \cdot K_{IF} \cdot P_{EA} \cdot U_A$$

$$U_a = 4,44 \cdot f \cdot W_c \cdot \frac{I_A \cdot W_{cE}}{R_{\mu A}}$$

The following is a summary parametric model of a single-element current converter with an output voltage controlled by symmetrical magnitudes of reactive power of an induction motor.

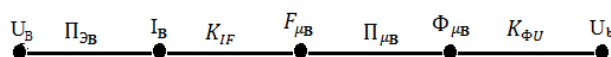


Figure 3. An asynchronous motor is a composite parametric model of a single-sensitive element converter of controlled voltage of symmetrical quantities of reactive power.

From this,

$$I_B = P_{EB} \cdot U_B = \frac{U_B}{R_B}$$

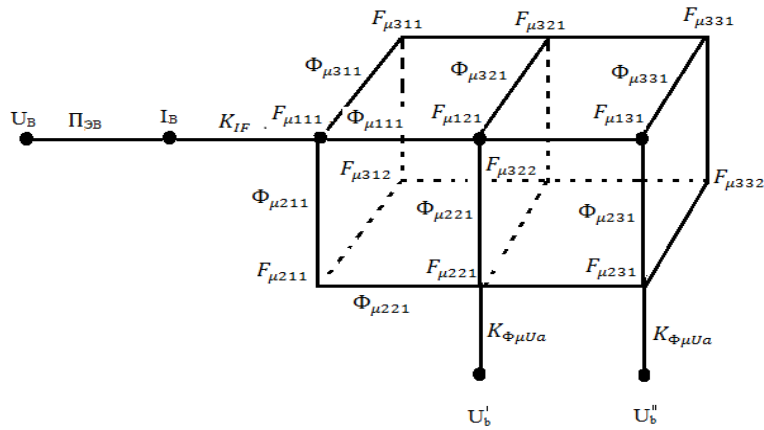
$$F_{\mu B} = K_{IF} \cdot I_B = K_{IF} \cdot P_{EB} \cdot U_B = K_{IF} \cdot \frac{1}{R_B} \cdot U_B$$

$$F_{\mu B} = P_{\mu B} \cdot F_{\mu B} = P_{\mu B} \cdot K_{IF} \cdot I_B = P_{\mu B} \cdot K_{IF} \cdot P_{EB} \cdot U_B$$

$$U_b = K_{FU} \cdot F_{\mu B} = K_{FU} \cdot P_{\mu B} \cdot K_{IF} \cdot P_{EB} \cdot U_B$$

$$U_b = 4,44 \cdot f \cdot W_c \cdot \frac{I_B \cdot W_{cE}}{R_{\mu B}}$$

The following is a distributed parametric model of a two-elements, element-sensitive converter controlled by symmetrical quantities of reactive power of an asynchronous motor.



Pic. 4. The reactive power of an asynchronous motor is a distributed parametric model of a controlled output voltage of symmetrical quantities with two sensitive element converters.

Three-phase stator currents in the stator core of an induction motor generate magnetic driving forces [6,7,10]. The controlled output voltage at the output of the two sensitive element converters is formulated as follows.

$$\frac{F_{\mu 111}-F_{\mu 121}}{R_{\mu 111}}+\frac{F_{\mu 111}-F_{\mu 211}}{R_{\mu 211}}+\frac{F_{\mu 111}-F_{\mu 311}}{R_{\mu 311}}=K_{IF} \cdot I_B$$

or

$$\left(\frac{1}{R_{\mu 111}}+\frac{1}{R_{\mu 211}}+\frac{1}{R_{\mu 311}}\right) \cdot F_{\mu 111}-\frac{1}{R_{\mu 111}} F_{\mu 121}-\frac{1}{R_{\mu 211}} F_{\mu 211}-\frac{1}{R_{\mu 311}} F_{\mu 311}==K_{IF} \cdot I_B$$

The voltage at the first ring of the controlled output voltage, which is the symmetrical magnitude of the reactive power of an asynchronous induction motor, that is, from a single sensing element, is given by:

$$U_{\square b}=K_{F \mu U B} \cdot W_{\square}\left(I_B U_{\square b}\right) \cdot K_{IF} \cdot I_B$$

On the same basis can find the controlled output voltage in the second loop:

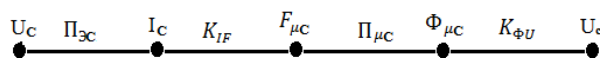
$$U_{\square \square b}=K_{F \mu U B} \cdot W_{\square \square}\left(I_B U_{\square \square b}\right) \cdot K_{IF} \cdot I_B$$

The asynchronous motor reactive power symmetrical magnitudes of the controlled output voltage are expressed as a signal from two sensitive elements as follows:

$$U_b=U_{\square b}+U_{\square \square b}=K_{F \mu U B}\left(W_{\square}\left(I_B U_{\square b}\right)+W_{\square \square}\left(I_B U_{\square \square b}\right)\right) \cdot K_{IF} \cdot I_B$$

The asynchronous motor stator winding is calculated for phase C.

The following is a summary parametric model of a single-element current converter with an output voltage controlled by symmetrical magnitudes of reactive power of an asynchronous motor.



Pic-5. An asynchronous motor is a composite parametric model of a single-sensitive element converter of controlled voltage of symmetrical quantities of reactive power.

From this,

$$I_C=P_{EC} \cdot U_C=\frac{U_C}{R_C}$$

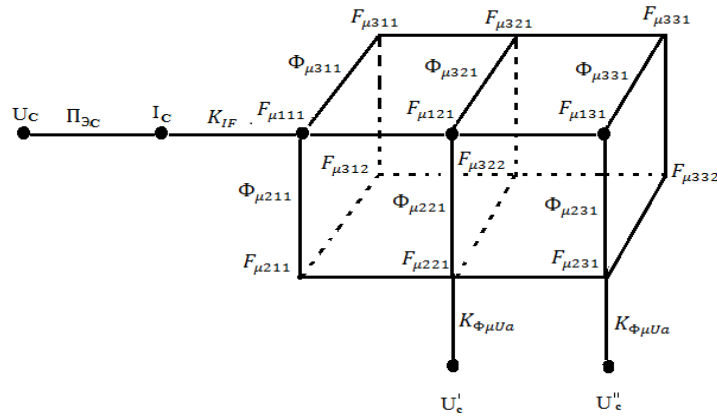
$$F_{\mu C}=K_{IF} \cdot I_C=K_{IF} \cdot P_{EC} \cdot U_C=K_{IF} \cdot \frac{1}{R_C} \cdot U_C$$

$$F_{\mu C}=P_{\mu C} \cdot F_{\mu C}=P_{\mu C} \cdot K_{IF} \cdot I_C=P_{\mu C} \cdot K_{IF} \cdot P_{EC} \cdot U_C$$

$$U_b=K_{FU} \cdot F_{\mu C}=K_{FU} \cdot P_{\mu C} \cdot K_{IF} \cdot P_{EC} \cdot U_C$$

$$U_C=4,44 \cdot f \cdot W_C \cdot \frac{I_C \cdot W_{cE}}{R_{\mu C}}$$

The following is a distributed parametric model of a two-elements, element of transducers sensitive to the output voltage controlled by symmetrical quantities of reactive power of an asynchronous motor [12].



Pic-6. The reactive power of an asynchronous motor is a distributed parametric model of a controlled output voltage of symmetrical quantities with two sensitive element converters

Three-phases stator currents in the stator core of an asynchronous induction motor generate magneto-moving forces [6;10].

The controlled output voltage at the output of the two sensitive element of transducers is formulated as follows:

$$\frac{F_{\mu 111} - F_{\mu 121}}{R_{\mu 111}} + \frac{F_{\mu 111} - F_{\mu 211}}{R_{\mu 211}} + \frac{F_{\mu 111} - F_{\mu 311}}{R_{\mu 311}} = K_{IF} \cdot I_C$$

or

$$\left( \frac{1}{R_{\mu 111}} + \frac{1}{R_{\mu 211}} + \frac{1}{R_{\mu 311}} \right) \cdot F_{\mu 111} - \frac{1}{R_{\mu 111}} F_{\mu 121} - \frac{1}{R_{\mu 211}} F_{\mu 211} - \frac{1}{R_{\mu 311}} F_{\mu 311} = K_{IF} \cdot I_C$$

The voltage across the first ring of the controlled output voltage, which is the symmetrical magnitude of the reactive power of an induction motor, that is, from a single sensing element, is formed as follows [9].

$$U_{\square S} = K_{F\mu UC} \cdot W_{\square}(I_C U_{\square C}) \cdot K_{IF} \cdot I_S$$

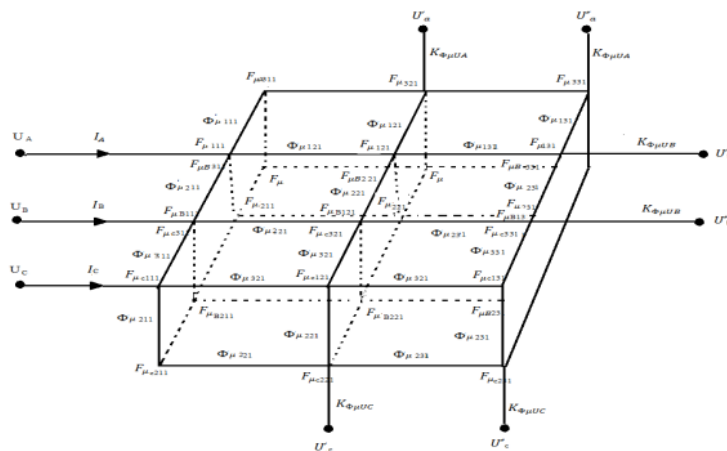
On the same basis we find the controlled output voltage in the second windings:

$$U_{\square \square S} = K_{F\mu UC} \cdot W_{\square \square}(I_C U_{\square \square C}) \cdot K_{IF} \cdot I_S$$

The asynchronous motor reactive power symmetrical magnitudes of the controlled output voltage are formed as a signal from two sensitive elements as follows:

$$U_S = U_{\square S} + U_{\square \square S} = K_{F\mu UC} (W_{\square}(I_C U_{\square C}) + W_{\square \square}(I_C U_{\square \square C})) \cdot K_{IF} \cdot I_S$$

It can be seen from these mathematical models that it is possible controlled output voltages by dividing the measuring sensitive elements of asynchronous motors into one and two rings.



Pic-7. A distributed parametric model of a three-phase six-sensing element controlled output voltage converter with symmetrical magnitudes of reactive power of an asynchronous motor.

**Results.** Controlled output voltages based on scattered parameter of graph model written as following:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{F_{\mu 111} - F_{\mu 121}}{R_{\mu 111}} + \frac{F_{\mu 111} - F_{\mu 211}}{R_{\mu 211}} + \frac{F_{\mu 111} - F_{\mu 311}}{R_{\mu 311}} = K_{IF} \cdot I_A \\ \frac{F_{\mu 111} - F_{\mu 121}}{R_{\mu 111}} + \frac{F_{\mu 111} - F_{\mu 211}}{R_{\mu 211}} + \frac{F_{\mu 111} - F_{\mu 311}}{R_{\mu 311}} = K_{IF} \cdot I_B \\ \frac{F_{\mu 111} - F_{\mu 121}}{R_{\mu 111}} + \frac{F_{\mu 111} - F_{\mu 211}}{R_{\mu 211}} + \frac{F_{\mu 111} - F_{\mu 311}}{R_{\mu 311}} = K_{IF} \cdot I_C \\ \left( \frac{1}{R_{\mu A111}} + \frac{1}{R_{\mu A211}} + \frac{1}{R_{\mu A311}} \right) + F_{\mu A111} - \frac{1}{R_{\mu A111}} F_{\mu a121} - \frac{1}{R_{\mu A211}} F_{\mu A211} - \\ - \frac{1}{R_{\mu A311}} F_{\mu A311} = \\ = K_{IF} \cdot I_A \\ \left( \frac{1}{R_{\mu B111}} + \frac{1}{R_{\mu B211}} + \frac{1}{R_{\mu B311}} \right) \cdot F_{\mu B111} - \frac{1}{R_{\mu B111}} F_{\mu B121} - \frac{1}{R_{\mu B211}} F_{\mu B211} - \\ - \frac{1}{R_{\mu B311}} F_{\mu B311} = \\ = K_{IF} \cdot I_B \\ \left( \frac{1}{R_{\mu C111}} + \frac{1}{R_{\mu C211}} + \frac{1}{R_{\mu C311}} \right) \cdot F_{\mu C111} - \frac{1}{R_{\mu C111}} F_{\mu C121} - \frac{1}{R_{\mu C211}} F_{\mu C211} - \\ - \frac{1}{R_{\mu C311}} F_{\mu C311} = \\ = K_{IF} \cdot I_C \end{array} \right.$$

Based on these formulas, can write the controlled output voltages of each phase of asynchronous motors as follows:

$$\left\{ \begin{array}{l} U_a = U_{\square a} + U_{\square\square a} = K_{F\mu UA} (W_{\square}(I_A, U_{\square A}) + W_{\square\square}(I_A, U_{\square\square A})) \cdot K_{IF} \cdot I_A \\ U_B = U_{\square b} + U_{\square\square b} = K_{F\mu UB} (W_{\square}(I_B, U_{\square B}) + W_{\square\square}(I_B, U_{\square\square B})) \cdot K_{IF} \cdot I_B \\ U_s = U_{\square s} + U_{\square\square s} = K_{F\mu UC} (W_{\square}(I_C, U_{\square C}) + W_{\square\square}(I_C, U_{\square\square C})) \cdot K_{IF} \cdot I_C \end{array} \right.$$

**Conclusion.** In the process of supplying electricity of asynchronous motor from the nets, taking into account various external and internal parameters, the symmetrical magnitudes of reactive power consumed are expressed for each phase current.

The magnetic processes in the stator windings of an induction motor can be clearly seen using a combined parametric model of currents consumed in all phases of e output voltage transducers, which control the symmetrical magnitudes of reactive power of the asynchronous motor.

#### Literature:

1. Siddikov I. Kh., Boikhonov Z. U., Karimjonov D. D. Elements And Devices For Monitoring And Control of Energy Efficiency. The American Journal of Engineering and Technology (ISSN – 2689-0984) Published: September 29, 2020 | Pages: 136-148.
2. Siddikov I. Kh., Boikhonov Z. U., Makhudov M. T., Uzaqov. R. Features productions reactive power on systems electrical supply with renewable sources energies. Academicia: an international multidisciplinary research journal vol. 10, issue 6, June 2020 Pages: 292-29
3. Махсудов М. Т., Бойхонов З. У. Исследование электромагнитных преобразователей тока в напряжение // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №3. С. 150-154. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/mahsudov> (дата обращения 15.03.2018)
4. Эгамов, Д. А. Эффективность применения «переносного АВР-0,4 кВ» для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей / Д. А. Эгамов, Р. Узаков, З. У. Боихонов // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XIX Междунар. науч.-техн. конф. студентов,

- аспирантов и молодых ученых, Гомель, 25–26 апр. 2019 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – С. 250-253.
5. Эгамов Д. А., Узаков Р., Бойхонов З. У Способы обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей, имеющих одну систему шин 6-10 кВ и два независимых источника питания 6-10 кВ // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №3. С. 155-159. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/egamov-uzakov> (дата обращения 15.03.2018).
  6. Сиддиков И. Х., Махсудов М. Т., Боиханов З. У. угли, Схема замещения и анализ работы асинхронного двигателя при потреблении реактивной мощности. Главный энергетик №7 2021. 2021;7.
  7. Махсудов М.Т., Анарбаев М.А., Сиддиков И.Х. Электромагнитные преобразователи тока для управления источниками реактивной мощности // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. 2019. № 3(60). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/7095>
  8. I.Kh. Siddikov, A.B.Abubakirov, A.A. Yuldashev, G.Z. Babaxova, I.M. Xonturaev, N.N. Mirzoev. «Methodology of calculation of techno-economic indices of application of sources of reactive power». European science review, Scientific journal. No 1–2. Austria, Vienna. 2018. 248-251 p.
  9. I.Petrova, V. Zaripova, Yu. Lezhnina, I.Kh.Siddikov. Automated system for synthesis of sensors for smart cities. XXII International Scientific Conference on Advanced In Civil engineering “construction the formation of living environment”, Tashkent, Uzbekistan, 18-21 April, 2019 E3S Web of Conferences eISSN: 2267-1242. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0.085067281218&origin=resultslist>
  10. Сиддиков И. Х., Анарбаев М. А., Махсудов М. Т. Преобразователи сигнала величины тока для систем управления источниками реактивной мощности // Инженерно- строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2018. № 1 (23). С. 53–56.
  11. Siddikov I. Kh., Khakimov M. Kh., Anarbaev M., Bedritskiy I. M. Research of the electromagnetic transducers of the primary current to secondary voltage // Science and Education. Materials of the II International Research and practice conference. Vol. I, Publishing office of «Vela Verlag Waldkraiburg», Munich. Germany. December. 18–19. 2012. P. 222–225.
  12. Siddikov I.K., Sattarov Kh.A., Khujamatov Kh.E., Dekhkonov O.R. Agzamova M. Modeling of Magnetic Circuits of Electromagnetic Transducers of the Three-phases Current //2018 14th International Scientific - Technical Conference On Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (Apeie) Proceedings. In 8 Volume Part 5 Novosibirsk 2018
-