

УДК 621.313.333

https://doi.org/10.33619/2414-2948/91/59

## РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СИГНАЛОМ

©*Махсудов М. Т., Ph.D., Андижанский машиностроительный институт  
г. Андижан, Узбекистан, mohirbek2702@mail.ru*

## EXPANSION OF THE POSSIBILITIES OF PROVIDING THE CONTROL AND PROTECTION SYSTEM OF ASYNCHRONOUS MOTORS WITH AN ELECTRIC SIGNAL

©*Makhsudov M., Ph.D., Andijan Machine Building Institute,  
Andijan, Russia, mohirbek2702@mail.ru*

*Аннотация.* В этой статье представлено исследование измерительных обмоток, обеспечивающих качественный электрический сигнал для системы управления и защиты при обрыве фаз, возникающих в асинхронных двигателях. Величина токов статора асинхронного двигателя в виде вторичного напряжения предъявляет такие требования, как высокая чувствительность и высокая скорость изменения чувствительных элементов преобразователя, изолированность от первичной цепи, экономичность, малые размеры и вес, низкая стоимость. Рациональный выбор количества обмоток измерительного инструмента и размещения их на клиньях статора при получении нормированного выходного напряжения на трехфазных преобразователях тока системы защиты асинхронного двигателя осуществлялся рекомендованными методами. Чувствительный элемент преобразователя трехфазных токов статора асинхронного двигателя величину вид выходных напряжений дополняет функцию основы передачи информации в систему управления, контроля и защиты. Это преобразователь тока в напряжение является конструктивно простой и несложной в изготовлении технологией, позволяющей непрерывно изменять и измерять рабочее состояние асинхронного двигателя, систему контроля и защиты при подаче сигнала.

*Abstract.* This article presents a study of the measuring windings that provide a high-quality electrical signal for the control system and protection during the shoving of phases occurring in asynchronous motors. The magnitude of the asynchronous motor stator currents in the form of secondary voltage imposes such requirements as high sensitivity and high rate of change of the sensor elements of the converter, isolation from the primary circuit, efficiency, small size and weight, low cost. To meet these requirements, a three-phase sensitive control and reactive power control element of an asynchronous motor is placed in the space between the main windings and windings on the stator wedges and provides the normative value of the received output signals. At the same time, receiving a signal from a sensitive element that determines the symmetry of the three-phase primary currents of an asynchronous motor and disconnecting the current from a stator can expand the capabilities of this current converter and ensure a normal electrical value at the output, as well as the possibility of using these signals directly in the protection and control systems of an asynchronous motor. The rational choice of the number of windings of the measuring instrument and their placement on the stator wedges when obtaining a normalized output voltage on three-phase current converters of the asynchronous motor protection system was carried out by the recommended methods. The sensing element of the three-phase current converter of the asynchronous motor stator complements the function of the basis for transmitting information to

the control, monitoring and protection system. This current-to-voltage converter is a structurally simple and easy-to-manufacture technology that allows you to continuously change and measure the operating state of an asynchronous motor, control system and sew up when a signal is given.

*Ключевые слова:* асинхронный двигатель, преобразователь, чувствительный элемент, обмотка статора, выходное напряжение.

*Keywords:* asynchronous motor, converter, sensing element, stator winding, output voltage.

Представлено исследование измерительных обмоток, обеспечивающих качественный электрический сигнал для системы управления и защиты при обрыве фаз, возникающих в асинхронных двигателях (Рисунок 1). Для обеспечения этих требований трехфазный чувствительный элемент управления и управления реактивной мощностью асинхронного двигателя размещается в пространстве между основными обмотками и обмотками на клиньях статора и обеспечивает нормативное значение принимаемых выходных сигналов. При этом получение от чувствительного элемента сигнала, определяющего симметричность трехфазных первичных токов асинхронного двигателя и отключение тока от какого-либо статора, может расширить возможности этого преобразователя тока и обеспечить нормальную на выходе электрическую величину, а также возможность использования этих сигналов непосредственно в системах защиты и управления асинхронного двигателя. Измерительная обмотка установлена таким образом, что при воздействии на статор генерируемого основного и рассеивающего магнитных потоков с измерительной обмотки получалась величина выходного напряжения в виде напряжения [1-3].

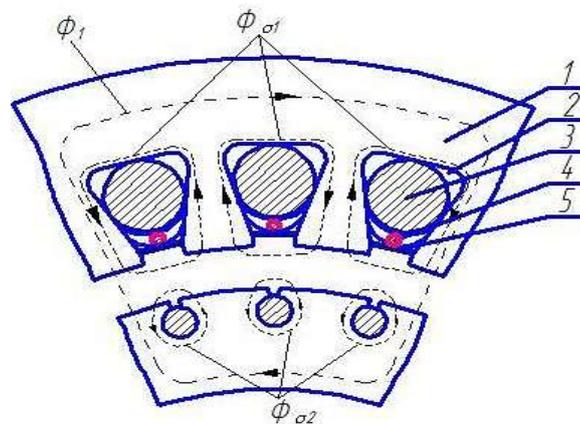


Рисунок 1. Расположение преобразователя тока в напряжение на пазу статора асинхронного двигателя и вид магнитных потоков

Величина выходных напряжений в измерительной обмотке подобрана таким образом, чтобы генерировать максимум 5В для измерительных приборов и систем управления соответственно. Представленный преобразователь тока спроектирован таким образом, чтобы иметь простую конструкцию, технологию и не требовать дополнительного магнитного сердечника [2, 4]. Статические характеристики преобразователя токов статора асинхронного двигателя во вторичное напряжение на основе физико-математических моделей, сформулированных по результатам исследований, основаны на модели магнитного сердечника статора и выполнены путем исследования процессов преобразования сигнала.

При анализе статических характеристик преобразователя токов статора асинхронного

двигателя, в выходной сигнал в виде напряжения требуется определить зависимость выходных напряжений от токов статора асинхронного двигателя, количества обмоток измерительного инструмента, а также параметров статорной системы [5 ,6].

Различие в изменении токов трехфазного статора асинхронного двигателя на выходные величины в виде вторичного напряжения можно использовать физико-технические эффекты. изолированный токопроводящий провод, полученный в качестве измерительного элемента, представляет собой деталь, которая обеспечивает линейную выходную характеристику, высокую точность и чувствительность преобразователя, обеспечивая преобразование токов статора в эффективное выходное напряжение. При этом размещение измерительных элементов между основными обмотками и обмотками на клиньях статора асинхронного двигателя обеспечивает формирование величины на выходе в виде напряжения. На основе графических моделей, обеспечивающих высокую формализованность и наглядность, трехфазные токи статора асинхронного двигателя определяют магнитные силы рассеяния  $f_{\sigma}$  в магнитном сердечнике (стержнях) статора, первичные трехфазные токи  $I_{\sigma}$  на основе магнитных токов рассеяния, пересекающих создаваемые ими чувствительные элементы  $f_{\sigma}$ . чик процесс преобразования во вторичные напряжения и модель структуры преобразователя статические характеристики преобразования токов соответствующего статора во вторичные составляющие напряжения определяются аналитическим выражением в виде [7]:

$$\begin{cases} U_{\text{вых.}\sigma 1} = K_{\Phi_{\sigma} U_{\text{чик}}} \Pi_{\sigma 1} (W(F_{\sigma 111}, F_{\sigma 121}) K_{I_1 F_{\sigma}} I_1 + W(F_{\sigma 213}, F_{\sigma 121}) K_{I_2 F_{\sigma}} I_2 + \\ + W(F_{\sigma 313}, F_{\sigma 121}) K_{I_3 F_{\sigma}} I_3; \\ U_{\text{вых.}\sigma 2} = K_{\Phi_{\sigma} U_{\text{чик}}} \Pi_{\sigma 2} (W(F_{\sigma 213}, F_{\sigma 223}) K_{I_2 F_{\sigma}} I_2 + W(F_{\sigma 111}, F_{\sigma 223}) K_{I_1 F_{\sigma}} I_1 + \\ + W(F_{\sigma 313}, F_{\sigma 223}) K_{I_3 F_{\sigma}} I_3; \\ U_{\text{вых.}\sigma 3} = K_{\Phi_{\sigma} U_{\text{чик}}} \Pi_{\sigma 3} (W(F_{\sigma 313}, F_{\sigma 323}) K_{I_3 F_{\sigma}} I_3 + W(F_{\sigma 111}, F_{\sigma 323}) K_{I_1 F_{\sigma}} I_1 + \\ + W(F_{\sigma 213}, F_{\sigma 323}) K_{I_2 F_{\sigma}} I_2. \end{cases} \quad (1)$$

где  $\Phi_{\sigma}$  — магнитных потоков и  $U_{\text{вых.}\sigma}$  — коэффициент межцепочечной связи между выходными электрическими напряжениями. Исследование статических характеристик зависимости первичных токов асинхронного двигателя от вторичных напряжений на выходе на основе аналитического выражения преобразователя токов статора показало, что число обмоток измерительной обмотки является определяющим параметром при обеспечении требуемого значения выходного напряжения для систем управления и контроля реактивной мощности асинхронных двигателей. На величину токов статора асинхронного двигателя в виде вторичного напряжения к чувствительным элементам преобразователя предъявляются такие требования, как высокая чувствительность и скорость изменения, изолированность от первичной цепи, экономичность, малые размеры и вес, низкая стоимость. Для обеспечения этих требований целесообразно размещение трехфазного преобразователя тока управления и управления асинхронным двигателем в пространстве между основными обмотками и обмотками на клиньях статора чувствительного элемента. Преобразователи тока для систем управления и управления имеют возможности получения сигналов в виде напряжений с измерительных приборов, получение сигналов в виде выходных напряжений разного значения с измерительных обмоток асинхронного двигателя можно объяснить по Рисунку 2:

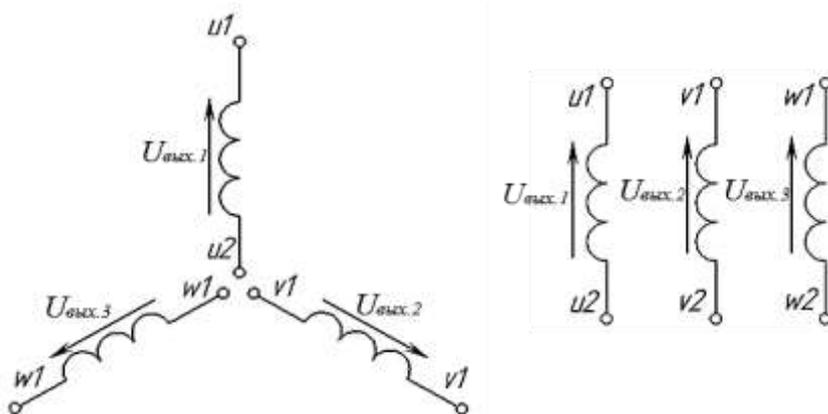


Рисунок 2. Положение выходных концов трехфазного преобразователя тока.

При раздельном приеме значения выходных напряжений измерительных приборов взаимно равны и различаются по фазе на  $120^{\circ}$  то есть:

$$U_{\text{вых.1}} = U_{\text{вых.2}} = U_{\text{вых.3}} = U_{\text{вых.}} \quad (2)$$

$$\begin{cases} U_{\text{вых.1}} = U_{\text{м}} \cdot \sin \omega t; \\ U_{\text{вых.2}} = U_{\text{м}} \cdot \sin(\omega t + 120^{\circ}); \\ U_{\text{вых.3}} = U_{\text{м}} \cdot \sin(\omega t - 120^{\circ}) \end{cases} \quad (3)$$

Исходя из выражений (2) и (3) и изменяя подключение выходов измерительных приборов из Рисунка 2, для управления и контроля подаются напряжения различной величины. Соединение выходов измерительных обмоток в виде звезды и векторная схема выходных напряжений приведены на Рисунке 3.

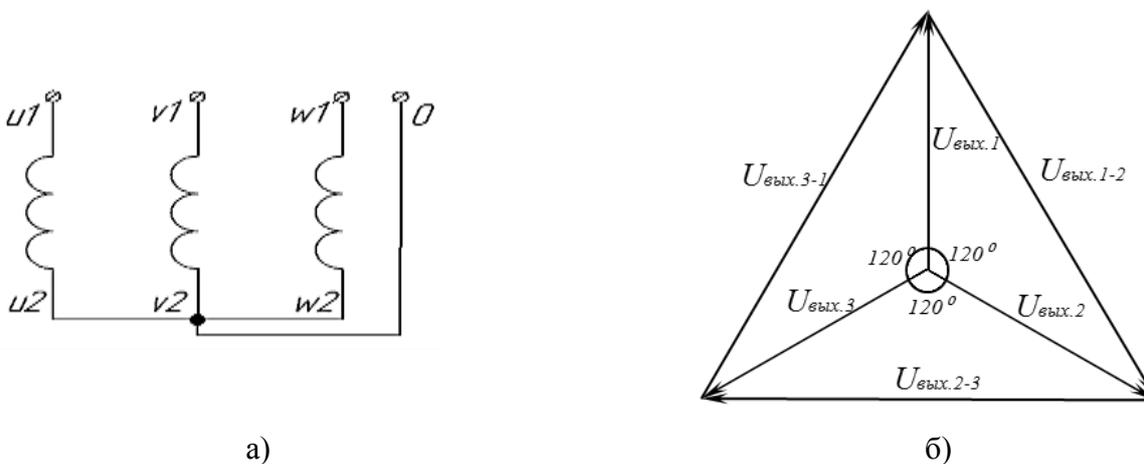


Рисунок 3. Соединение выходов измерительных обмоток в виде звезды (а) и векторной диаграммы выходных напряжений (б)

При подключении асинхронного двигателя к трехфазному симметричному источнику напряжения с измерительных обмоток получается два напряжения, величина которых отличается  $\sqrt{3}$ :

$$\begin{cases} U_{\text{вых.1-0}} = U_{\text{вых.2-0}} = U_{\text{вых.3-0}} = U_{\text{вых.}}; \\ U_{\text{вых.1-2}} = U_{\text{вых.2-3}} = U_{\text{вых.3-1}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{вых.}} \end{cases} \quad (4)$$

Выходы измерительных обмоток последовательно соединяют между собой соответственно, получая выходное напряжение на концах w1-u2 (Рисунок 3).

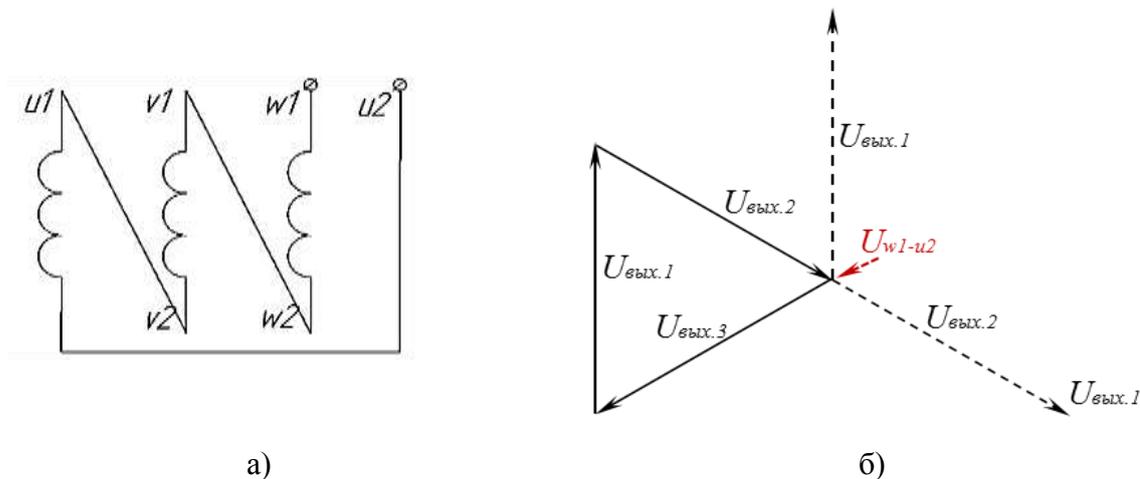


Рисунок 3. Выходы измерительных обмоток представляют собой последовательную схему подключения (а) и векторную диаграмму выходных напряжений (б).

Выходные напряжения, симметричные от измерительных обмоток, получают, если значения напряжений и токов в каждой фазной обмотке асинхронного двигателя взаимно равны и отличаются по вектору на 120. Когда выходы измерительной обмотки подключены, как показано на Рисунке 3, напряжение  $u_{w1-u2}$  на выходе  $U_{w1-u2}$  равно нулю:

$$U_{w1-u2} = U_{u1-u2} + U_{v1-v2} + U_{w1-w2} = 0 \quad (5)$$

В асинхронных двигателях, питаемых от трехфазной ЭСС, потеря какой-либо одной фазы является обычным явлением, в связи, с чем актуально обеспечение современных систем управления требуемыми управляющими сигналами [2].

Анализ широко применяемых асинхронных двигателей показывает, что размещение измерительной обмотки на клиньях статора с числом обмоток 1-2 обеспечивает требуемое напряжение 5В для систем управления и защиты.

#### Список литературы:

1. Махсудов М. Т., Анарбаев М. А., Сиддигов И. Х. Электромагнитные преобразователи тока для управления источниками реактивной мощности // Universum: технические науки. 2019. №3(60). С. 58-61.
2. Кабышев А. В. Компенсация реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий. Томск, 2012. 234 с.
3. Сиддигов И. Х., Азимов А. Р., Ахмедов Т. Моделирование и исследование устройств контроля электромеханических систем на основе информационно–энергетической модели // Вестник ТашГТУ. 2002. №2. С. 47–54.
4. Amirov S. F., Babanazarova N. K., Yuldashev N. R. A study on dynamic characteristics of a new remote transformer current converter without compensating capacitor // Chemical Technology, Control and Management. 2021. V. 2021. №3. P. 32-40. <https://doi.org/10.51346/tstu-02.21.3-77-0017>
5. Сиддигов И. Х., Лежнина Ю. А., Хонтураев И. М., Махсудов М. Т., Абдумаликов А. А. Исследование показателей надежности и вероятности работоспособности датчиков контроля и управления энергопотреблением // Инженерно-строительный вестник Прикаспия.

2020. №1 (31). С. 74-78.

6. Kawamura T., Haginomori E., Goda Y., Nakamoto T. Recent developments on high current measurement using current shunt // *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*. 2007. V. 2. №5. P. 516-522. <https://doi.org/10.1002/tee.20203>

7. Siddikov I. K., Abdulaev A. K., Bobojanov M. K. Perfection and development of sensor controls and measuring transducers on a basis of information-energetics model // *WCIS—2002. Collection of the works. II-World conf. 2002*. P. 310-315.

*References:*

1. Махсудов, М. Т., Анарбаев, М. А., & Сиддиков, И. Х. (2019). Электромагнитные преобразователи тока для управления источниками реактивной мощности. *Universum: технические науки*, (3 (60)), 58-61. (in Russian).

2. Kabyshev, A. V. (2012). *Kompensatsiya reaktivnoi moshchnosti v elektroustanovkakh promyshlennykh predpriyatii*. Tomsk. (in Russian).

3. Siddikov, I. Kh., Azimov, A. R., & Akhmedov, T. (2002). Modelirovanie i issledovanie ustroystv kontrolya elektromekhanicheskikh sistem na osnove informatsionno-energeticheskoi modeli. *Vestnik TashGTU*, (2), 47-54. (in Russian).

4. Amirov, S. F., Babanazarova, N. K., & Yuldashev, N. R. (2021). A study on dynamic characteristics of a new remote transformer current converter without compensating capacitor. *Chemical Technology, Control and Management*, 2021(3), 32-40. <https://doi.org/10.51346/tstu-02.21.3-77-0017>

5. Siddikov, I. Kh., Lezhnina, Yu. A., Khonturaev, I. M., Maksudov, M. T., & Abdumalikov, A. A. (2020). Issledovanie pokazatelei nadezhnosti i veroyatnosti rabotosposobnosti datchikov kontrolya i upravleniya energopotrebleniem. *Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya*, (1 (31)), 74-78.

6. Kawamura, T., Haginomori, E., Goda, Y., & Nakamoto, T. (2007). Recent developments on high current measurement using current shunt. *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 2(5), 516-522. <https://doi.org/10.1002/tee.20203>

7. Siddikov, I. K., Abdulaev, A. K., & Bobojanov, M. K. (2002). Perfection and development of sensor controls and measuring transducers on a basis of information-energetics model. In *WCIS—2002. Collection of the works. II-World conf.* (pp. 310-315).

Работа поступила  
в редакцию 23.04.2023 г.

Принята к публикации  
30.04.2023 г.

*Ссылка для цитирования:*

Махсудов М. Т. Расширение возможностей обеспечения системы управления и защиты асинхронных двигателей электрическим сигналом // Бюллетень науки и практики. 2023. Т. 9. №6. С. 492-497. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/91/59>

*Cite as (APA):*

Makhsudov, M. (2023). Expansion of the Possibilities of Providing the Control and Protection System of Asynchronous Motors With an Electric Signal. *Bulletin of Science and Practice*, 9(6), 492-497. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/91/59>

