

**Боиханов З.У.**

*Доцент (PhD)*

*Андижанский государственный технический институт*

**АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

*Аннотация: Для систем контроля и управления проектирование трансформатора тока, преобразующего трехфазные основные и высшие гармонические токи статора асинхронного двигателя в выходные напряжения, осуществляется в несколько этапов и осуществляется путем правильного выбора и расчета структуры и параметров деталей и элементов трансформатора.*

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

**Boihanov Z.U.**

*Associate Professor (PhD)*

*Andijan State Technical Institute*

**ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY INDICATORS OF  
ASYNCHRONOUS MOTORS**

*Abstract: For control and monitoring systems, the design of a current transformer that converts the three-phase fundamental and higher harmonic stator currents of an asynchronous motor into output voltages is carried out in several stages. This is achieved through the correct selection and calculation of the structure and parameters of the transformer's components and elements.*

*Keywords: Asynchronous motor, graphical model, magnetic process, output voltage, unbalanced quantities, reactive power, magnetic flux.*

Современные требования к системам управления и мониторинга электроприводов требуют повышения точности измерения энергетических параметров, включая гармонический состав токов и напряжений. В этой связи актуальной задачей является разработка эффективного токо-напряженческого преобразователя, позволяющего преобразовывать трехфазные токи статора асинхронного двигателя в соответствующие выходные напряжения.

На основе анализа структуры асинхронного двигателя, в качестве основных элементов преобразователя были рассмотрены:

1. **Статорные обмотки**, по которым протекают первичные токи — первый элемент преобразования;
2. **Магнитное ядро статора**, создающее магнитный поток под воздействием токов — второй элемент преобразования;
3. **Измерительные обмотки**, в которых за счёт пересечения магнитных потоков индуцируются выходные напряжения — третий элемент преобразования.

Такая последовательная трехзвенная структура обеспечивает эффективное преобразование энергетических величин без существенного вмешательства в конструкцию самого двигателя.

Для контроля и управления показателями эффективности асинхронного двигателя ( $\eta$ ,  $\cos\varphi$ ) используются сигналы, получаемые в виде выходных величин напряжения, преобразованных из трехфазных токов двигателя [1]. Данный преобразователь тока в напряжение отличается простой конструкцией и легкостью в изготовлении, при этом обеспечивает возможность непрерывного контроля и управления показателями эффективности двигателя посредством выходного сигнала [7].

На основе проведённых экспериментов было установлено, что преобразователь тока в напряжение состоит из:

- 2 — пазов статора,

- 3 — основных обмоток,
- 4 — дополнительных обмоток, размещённых между 5 — пазовыми панелями,
- все они соединены с 1 — общим магнитным сердечником. Кроме того, 6 — роторная часть электродвигателя, выполненная из стали, формирует по окружности зону нагрева под действием потерь на магнитное сопротивление ( рисунок - 1 ).

Измерительная обмотка размещена таким образом, что под воздействием основного и рассеянного магнитного потока, возникающего в статорной части, в ней формируется выходной сигнал в виде напряжения [].

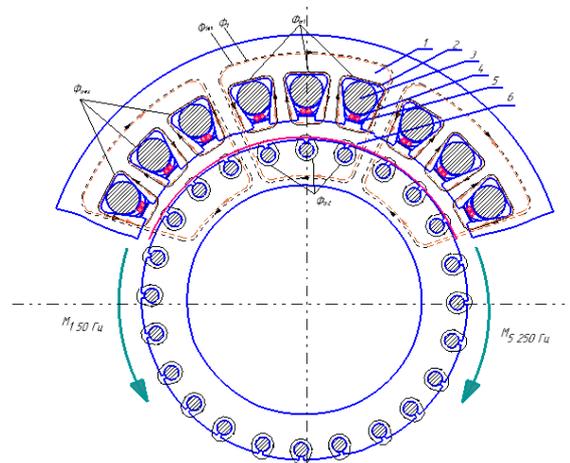


Рис-1, Расположение преобразователя трёхфазных основных и высших гармонических токов в напряжение в статорной части асинхронного двигателя и характер магнитных потоков.

В преобразователе, предназначенном для преобразования трёхфазных токов статора асинхронного двигателя, включая их основные и высшие гармонические составляющие, все элементы размещаются непосредственно в статорной части двигателя. Такое конструктивное решение позволяет эффективно использовать существующую магнитную систему двигателя без внесения существенных изменений в его конструкцию.

Основные и дополнительные измерительные обмотки размещаются в пазах статора, вблизи основных рабочих обмоток. Это обеспечивает тесную электромагнитную связь между токами, протекающими в основных обмотках, и измерительными обмотками. Магнитный поток, создаваемый первичными токами, проходит через общее магнитное ядро и частично захватывает измерительные обмотки. В результате этого взаимодействия в измерительных обмотках индуцируются напряжения, отражающие как основные, так и высшие гармонические составляющие токов.

В зависимости от характера нагрузки и условий работы двигателя, в магнитной системе формируются как **основные магнитные потоки**, определяющие передачу энергии, так и **рассеянные потоки**, являющиеся следствием гармонических и несимметричных компонентов. Эти потоки, проходя через зону размещения измерительных обмоток, обеспечивают генерацию информативного сигнала в виде переменного напряжения, который может быть использован для анализа энергоэффективности и гармонического состояния электропривода.

Такое расположение и взаимодействие магнитных потоков делает возможным реализацию непрерывного мониторинга показателей двигателя без необходимости внешнего вмешательства или сложных измерительных систем.

В электрических сетях 0,4 кВ искажение формы кривой напряжения под воздействием нелинейных электрических потребителей становится весьма заметным. Коэффициент несинусоидальности на кривой фазного напряжения может достигать 10–15%, что превышает требования стандарта ГОСТ 32144-2013. Спектр высших гармоник напряжения в основном исследуется по гармоникам 5-й, 7-й, 11-й и 13-й порядков. В качестве объекта исследования принимается воздействие высших гармоник 1-й, 3-й и 5-й порядков на асинхронный электродвигатель.

Магнитное поле. Каждая гармоника напряжения представляет собой магнитное поле в электродвигателе - частота вращения (1)

$$n_{1k} = \frac{60f_k}{P} = \frac{60f_1}{P} K = Kn_1$$

$n_1$  – синхронная угловая скорость двигателя, основная (первая гармоническая) скорость.

$k$  - число гармоник,  $P$  - число пар полюсов

$f_1$  — частота основной гармоники,  $f_k$  — частота  $k$ -й гармоники

$f_1 = 50$ Гц,  $f_k = kf_1$ .

Третья гармоника и другие тройные гармоники не учитываются, поскольку они создают пульсирующее поле.

Направление вращения магнитного поля, создаваемого высшей гармоникой тока, зависит от номера гармоники.

Разработанная структура токо-напряженческого преобразователя позволяет эффективно интегрировать систему контроля энергоэффективности в существующие конструкции асинхронных двигателей. В перспективе возможна реализация аналогичных подходов для других типов электрических машин и включение преобразователя в состав интеллектуальных систем мониторинга

#### **Использованные источники:**

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., Makhsudov 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>

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-  
s2.085067281218&origin=resultslist](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0.085067281218&origin=resultslist)