

(ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2019, pp. 1-6. doi: 10.1109/ICISCT47635.2019.9011981. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9011981&isnumber=9011814>.

7. Махсудов М.Т., Исследование электромагнитных преобразователей тока в напряжение. [Текст] / З.У. Бойхонов // Бюллетень науки и практики. Научный журнал. Россия, г.Нижевартовск, 2018. Т.4. №3. С. 150–154.
8. Махсудов М.Т. Электромагнитные преобразователи тока для управления источниками реактивной мощности [Текст] / М.А. Анарбаев, И.Х. Сиддиқов // Universum: Технические науки: электрон.научн. журн. 2019. № 3(60). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/7095>.

УДК 621.398

Каримжонов Дилёрбек Дониёрбек угли, PhD,
Андижанский машиностроительный институт
E-mail: dilyorkarimjonov@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ ТОКОВ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Упоминается генерация несинусоидальных токов, влияющих на реактивную мощность асинхронного двигателя, и их влияние на режимы работы асинхронного двигателя. Даны сведения о видах и описаниях токов высших гармоник, образующих несинусоидальные токи, возникающие в асинхронном двигателе. Результаты исследования были сформированы на основе практических и теоретических данных.

Ключевые слова: Асинхронный двигатель, несинусоидальный ток, магнитный поток, высшие гармоники, реактивная мощность, коэффициент мощности.

Karimzhanov Dilerbek Donierbek ugli, PhD,
Andijan Engineering Institute

INVESTIGATION OF NON-SINUSOIDAL REACTIVE POWER CURRENTS OF ASYNCHRONOUS MOTORS

The generation of non-sinusoidal currents affecting the reactive power of an asynchronous motor and their effect on the operating modes of an asynchronous motor is mentioned. Information is given on the types and descriptions of currents of higher harmonics forming non-sinusoidal currents arising in an asynchronous motor. The results of the study were formed on the basis of practical and theoretical data.

Key words: Asynchronous motor, non-sinusoidal current, magnetic flux, higher harmonics, reactive power, power factor.

Введение: Асинхронные двигатели являются основными потребителями электроэнергии, они предназначены для работы при симметричном и синусоидальном напряжении, но из-за подключения различных нагрузок к системе электроснабжения и ряда неисправностей, возникающих в асинхронных двигателях, появляются симметричные и несинусоидальные токи. В асинхронных двигателях и оказывают негативное влияние на режимы работы асинхронного двигателя [1].

Рассмотрены формирование, виды и негативные последствия несимметричных токов, вызванных различными воздействиями при работе асинхронного двигателя. В

статоре асинхронного двигателя симметричные обмотки расположены под углом 120° друг к другу, при подаче напряжения на эти обмотки в каждой фазе возникают соответствующие магнитные токи в зависимости от величины напряжения (рис. 1) [2].

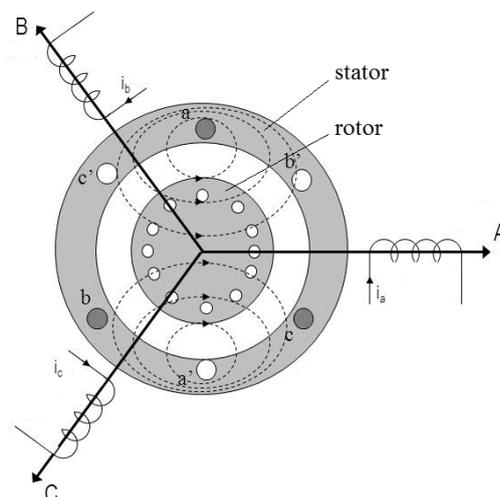


Рис. 1. Принципиальная схема трехфазного асинхронного двигателя.

Актуальность и задача. Анализ несинусоидальных токов в асинхронных двигателях. В трехфазных асинхронных двигателях несинусоидальные токи возникают из-за высоких гармонических токов, генерируемых в статоре. Образование токов высоких гармоник у потребителей электрической энергии на предприятиях нежелательно, что приводит к ухудшению технико-экономических показателей электротехнических устройств [3-6].

В асинхронных двигателях токи высоких гармоник образуются вследствие следующих эффектов:

- Повышенная нагрузка асинхронного двигателя
- Малая мощность трансформатора питания асинхронного двигателя
- Длина кабеля питания асинхронного двигателя
- Управление асинхронными двигателями через устройства, состоящие из полупроводниковых элементов.
- Неисправности в электромагнитной системе асинхронного двигателя
- Неисправности в механической системе асинхронного двигателя
- Несимметрия вращающихся частей асинхронного двигателя.
- Работа асинхронных двигателей в сети с различными несимметричными нагрузками

По вышеуказанным причинам несинусоидальные токи вызывают в асинхронных двигателях следующие негативные последствия:

- Снижает коэффициент активной мощности
- Приводит к уменьшению крутящего момента асинхронного двигателя.
- Асинхронный двигатель вызывает перегрев
- Влияет на компенсацию реактивной мощности и пусковые конденсаторы.
- Влияет на изоляцию обмоток статора асинхронного двигателя.
- Увеличивает погрешность счетчиков определения активной и реактивной энергии асинхронных двигателей.

Вызывает неисправность коммутационных аппаратов в системе защиты асинхронного двигателя.

Влияние токов высоких гармоник, возникающих в асинхронных двигателях, на асинхронные двигатели следующее:

Влияние нулевой последовательности и даже гармоник на основной магнитный поток трехфазного асинхронного двигателя практически отсутствует, в основном 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25, 29, 31... высшие нечетные гармоники оказывают отрицательное влияние. Моменты в соответствующем направлении, вызванные несинусоидальными токами, определялись выражением $6n+1$, а моменты в противоположном направлении — выражением $6n-1$ [10].

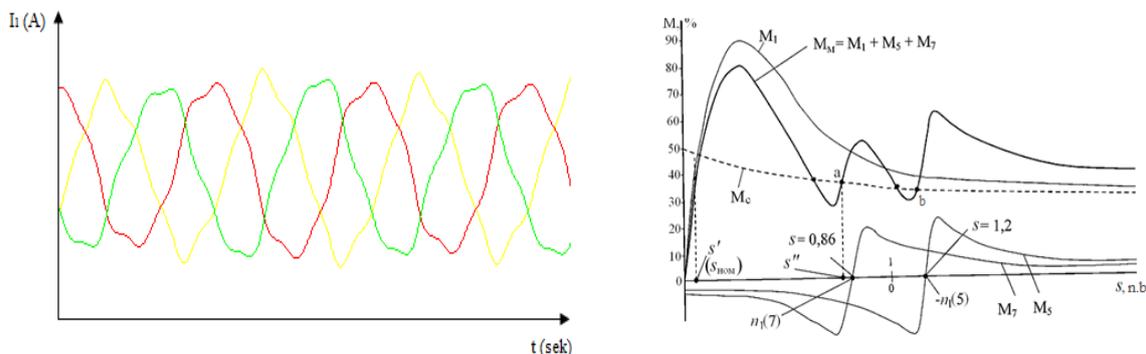


Рис. 3. Механическое описание трехфазного асинхронного двигателя под действием токов несинусоидальной формы.

Коэффициент скольжения, создаваемый высшими гармониками, соответствующими направлению электромагнитного поля асинхронного двигателя, определяется следующим образом:

$$s_{6n+1} = \frac{\omega_{6n+1} - \omega_r}{\omega_{6n+1}} = 1 - \frac{\omega_r}{\omega_{6n+1}} \quad (1)$$

Коэффициент скольжения асинхронного двигателя, создаваемого высокими гармониками, противоположными направлению электромагнитного поля, определяется следующим образом:

$$s_{6n-1} = \frac{-\omega_{6n-1} - \omega_r}{-\omega_{6n-1}} = 1 + \frac{\omega_r}{\omega_{6n-1}} \quad (2)$$

где s_{6n+1} – коэффициент скольжения, создаваемый высшими гармониками в соответствующем направлении (1),

s_{6n-1} – коэффициент скольжения, создаваемый высшими гармониками в обратном направлении (2).

Крутящие моменты в противоположном направлении приводят к уменьшению основного электромагнитного момента и приведены ниже:

$$\sum M = M_{main} + \sum_{n=1}^N M_{m.(6n+1)} - \sum_{n=1}^N M_{q.(6n-1)} \quad (3)$$

$$M_{m.(6n+1)} = \frac{3R_r (U_{1m.(6n+1)})^2}{s_{m.(6n+1)} \left\{ \left(\frac{R_r}{s_{m.(6n+1)}} \right)^2 + X_r^2 \right\}} \frac{1}{\omega_{(6n+1)}} \quad (4)$$

$$M_{q.(6n-1)} = \frac{3R_r (U_{1q.(6n-1)})^2}{s_{q.(6n-1)} \left\{ \left(\frac{R_r}{s_{q.(6n-1)}} \right)^2 + X_r^2 \right\}} \left(-\frac{1}{\omega_{(6n-1)}} \right) \quad (5)$$

где M_{main} – основной электромагнитный момент асинхронного двигателя, $M_{m.(6n+1)}$ – электромагнитный момент, создаваемый высшими гармониками в соответствующей

последовательности (4), $M_{m,(6n-1)}$ – электромагнитный момент, создаваемый высшими гармониками. гармоники в обратной последовательности (5).

Рассмотрены формирование, виды и негативные последствия несимметричных токов, вызванных различными воздействиями при работе асинхронного двигателя. В статоре асинхронного двигателя симметричные обмотки расположены под углом 120° друг к другу, при подаче напряжения на эти обмотки в каждой фазе возникают соответствующие магнитные токи в зависимости от величины напряжения (рис. 1) [2].

Величина суммарных гармонических искажений несинусоидальных токов, генерируемых в асинхронном двигателе, определяется следующим образом и выражается в %:

$$THD_I = \sqrt{\sum_{n=2}^N \left(\frac{I_k}{I_1}\right)^2} \quad (6)$$

В трехфазных асинхронных двигателях высокие гармонические токи приводят к снижению коэффициента мощности, который приведен ниже:

$$\cos \varphi_I = \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1 + (THD_I)^2}} \quad (7)$$

В трехфазных асинхронных двигателях из-за воздействия высоких гармоник происходит увеличение электрических и электромагнитных потерь мощности и снижение механической мощности. Активная мощность, возникающая в результате токов высших гармоник, приведена ниже:

$$P_{out} = (1 - s_1)P_1 - \sum (1 - s_{6n-1})P_{6n-1} + \sum (1 - s_{6n+1})P_{6n+1} \quad (8)$$

Полезный коэффициент заполнения, обусловленный высокими гармоническими токами, приведен ниже:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{(1 - s_1)P_1 - \sum (1 - s_{6n-1})P_{6n-1} + \sum (1 - s_{6n+1})P_{6n+1}}{P_1 - \sum P_{6n-1} + \sum P_{6n+1}} \quad (9)$$

где P_{out} – активная мощность, вырабатываемая валом асинхронного двигателя (7), P_{in} – активная мощность, потребляемая асинхронным двигателем из сети.

Заключения: Поскольку величина симметричного и несинусоидального токов в асинхронном двигателе напрямую зависит от величины реактивной мощности, важно определить и проанализировать возникновение симметричных и несинусоидальных токов реактивной мощности в асинхронном двигателе и их негативное влияние на режимы работы асинхронного двигателя. Анализ показывает, что за счет уменьшения количества токов высших гармоник, генерируемых в статоре асинхронного двигателя, можно повысить коэффициент активной мощности, предотвратить перегрев асинхронного двигателя, обеспечить эффективную работу потребителей электроэнергии в электрической сети. путем фильтрации токов высоких гармоник.

Литература:

1. Siddikov, I. K., Boikhonov, Z. U., & Karimjonov, D. D. (2020). Elements And Devices For Monitoring And Control of Energy Efficiency. The American Journal of Engineering and Technology (ISSN-2689-0984).
2. Kh, S. I., Makhsudov, M. T., & Karimjonov, D. D. (2022). Research of static characteristics of three-phase current sensors for control and monitoring of asynchronous motor filter-compensation devices. New intelligence technology: Past, Present and Future, 213-216.
3. Karimjonov, D. D. (2023). Study of characteristics of three-phase electromagnetic current transducers for filter-compensation devices of asynchronous motor reactive power. International Journal of Innovations in Engineering, Research and Technology.

4. IKh, S., Makhsudov, M. T., & Karimjonov, D. D. (2022). Method of determination of stator current and power factor based on asynchronous motor three-phase current sensor. *Chemical Technology Control and Management*, 2, 30-38.
 5. Siddikov, I. K., & Karimjonov, D. D. (2022). Research of the effect of rotor parameters on the output signal of an asynchronous motor three-phase current transducers. Ministry of higher and secondary specialized education of the republic of Uzbekistan andijan machine-building institute, scientific and technical journal machine building, 139-146.
 6. IKh, S., Makhsudov, M. T., & Karimjonov, D. D. (2022). Electromagnetic current converters for control of reactive power sources. *Scientific and Technical Journal Machine Building*, 3, 103-110.
 7. Karimjonov, D. D., Siddikov, I. X., Azamov, S. S., & Uzakov, R. (2023, March). Study on determination of an asynchronous motor's reactive power by the current-to-voltage converter. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1142, No. 1, p. 012023). IOP Publishing.
 8. Абдуллаев, М., & Каримжонов, Д. Д. У. (2023). Исследование динамических характеристик трехфазных электромагнитных преобразователей тока фильтр-компенсационного устройства реактивной мощности асинхронного двигателя. *Universum: технические науки*, (2-5 (107)), 5-11.
 9. Siddikov, I. K., Doniyorbek o'g'li, D. K., & Abdigapirov, A. A. (2023). Research of three-phases current's transducers of filter-compensation devices for control reactive power's consumption of asynchronous motor. *Chemical Technology, Control and Management*, 2023(1), 35-45.
 10. ДД Каримжонов. Тўқ ўзгарткич сигнали асосида асинхрон моторни назорат қилиш ва бошқариш. *Фарғона политехника институти илмий-техника журнали* 25 ((ISSN 2181-7200)), 85-90
-