

УДК 621.313

Зеленькевич А.И.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОТЫ
ТРАНСФОРМАТОРОВ С РАЗЛИЧНЫМИ СХЕМАМИ
СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК ПРИ ОДНОФАЗНОЙ
НЕСИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКЕ**

В работе представлены результаты экспериментальных исследований работы трансформаторов с различными схемами соединения обмоток при однофазной несимметричной нагрузке.

Ключевые слова: трансформатор, схема соединения обмоток, несимметрия токов и напряжений.

Несимметрия электрических нагрузок вызывает несимметрию напряжений. При этом трехфазные электроприемники питаются несимметричным напряжением, а однофазные - оказываются под повышенным или пониженным напряжением. Отклонение напряжения у электроприемников перегруженной фазы может превысить допустимое значение. При несимметричном режиме существенно ухудшаются условия работы как самих электроприемников, так и всех элементов сети, снижается надежность работы электрооборудования и системы электроснабжения в целом. В системах электроснабжения сельскохозяйственных потребителей автор рассматривает возможность использования для этого трансформаторов со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» ($Y/2Z_n$) [1, 2].

Проведенные теоретические исследования работы трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при несимметричной нагрузке, в том числе принцип компенсации симметричных составляющих нулевой последовательности [3] подтвердили, что снижение несимметрии напряжений происходит вследствие компенсации составляющих нулевой последовательности, а их остаточные значения обусловлены падениями напряжений от токов нулевой последовательности на активных сопротивлениях фаз вторичной обмотки. Также были проведены экспериментальные исследования подтверждающие способность трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» обеспечивать наиболее высокий уровень симметрии напряжений на его выводах, по сравнению с другими схемами, при несимметричном характере нагрузки. Рассматривался режим, когда ток в одной из фаз изменялся в пределах от 0 до I_n , а в двух других фазах был равен нулю.

Величины напряжений показаны в относительных единицах к соответствующим номинальным напряжения, а токов — к номинальным токам трансформаторов.

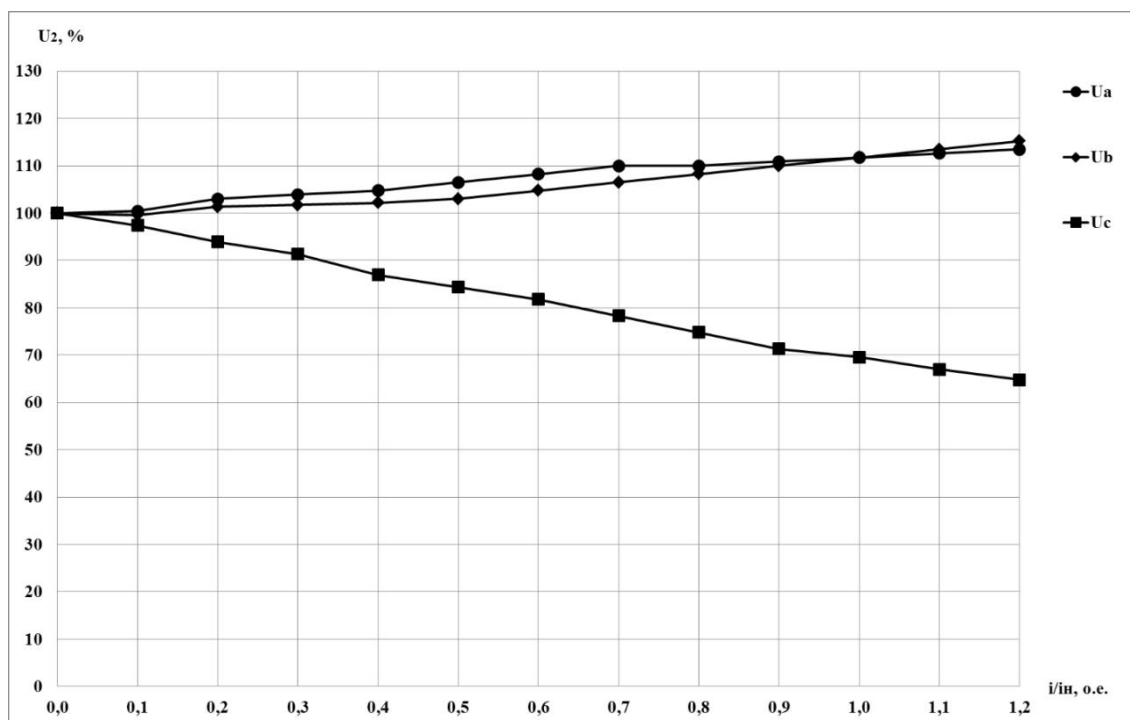


Рисунок 1 – Зависимость вторичных напряжений от тока нагрузки для трансформатора с схемой соединения обмоток «звезда-звезда с нулевым проводом» для режима $I_c = 0 \dots 1,0 I_n$, $I_a = I_b = 0$.

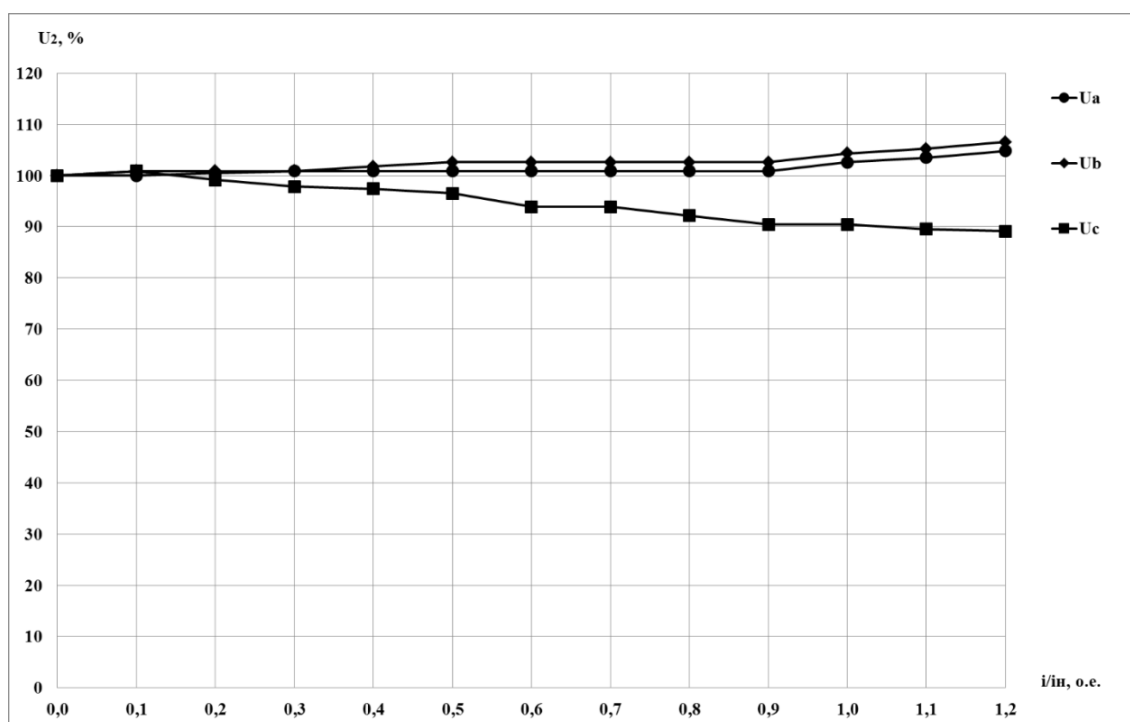


Рисунок 2 – Зависимость вторичных напряжений от тока нагрузки для трансформатора с схемой соединения обмоток «звезда-звезда с нулевым проводом с симметрирующим устройством» для режима $I_c = 0 \dots 1,0 I_n$, $I_a = I_b = 0$.

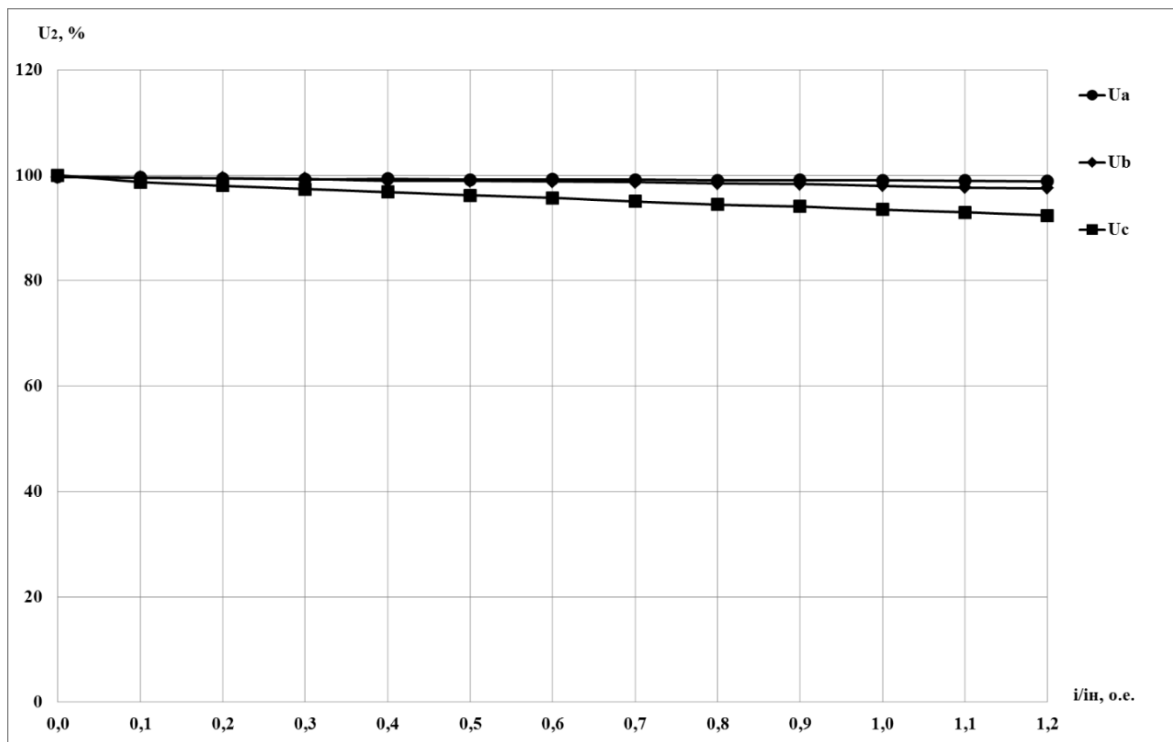


Рисунок 3 – Зависимость вторичных напряжений от тока нагрузки для трансформатора с схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» для режима $I_c = 0 \dots 1,0 I_n$, $I_a = I_b = 0$.

Как видно из рисунков 1-3 при увеличении однофазной нагрузки напряжение в нагружаемой фазе снижается для всех исследуемых схем соединений трансформатора. Напряжение в двух других фазах для схем соединений «звезда-звезда с нулевым проводом» и «звезда-звезда с нулевым проводом с симметрирующим устройством» возрастает, а для схемы «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» – снижается.

При номинальном значении однофазной нагрузки в фазе «С» величины вторичных напряжений трансформатора, в процентах от номинального значения, составляют для схемы соединений «звезда-звезда с нулевым проводом» $U_a=111,74\%$, $U_b=111,74\%$, $U_c=69,57\%$, «звезда-звезда с нулевым проводом с симметрирующим устройством» $U_a=102,61\%$, $U_b=104,35\%$, $U_c=90,43\%$, «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» $U_a=99,05\%$, $U_b=98,00\%$, $U_c=93,48\%$. Отклонение напряжения для схемы соединений «звезда-звезда с нулевым проводом» выходит за допустимые ГОСТ 32144-2019 пределы $\pm 10\%$, для схемы «звезда-звезда с нулевым проводом с симметрирующим устройством» находятся близко от предельных значений. Отклонения напряжений для схемы «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» не превышают $6,5\%$, что является наилучшим результатом для исследуемых схем.

Зависимости коэффициентов несимметрии напряжений вторичной стороны от токов нагрузки для принятых режимов, для каждой из исследованных схем приведены на рисунках 4 и 5, из которых видно, что рост несимметрии нагрузки вызывает увеличение коэффициентов несимметрии напряжений.

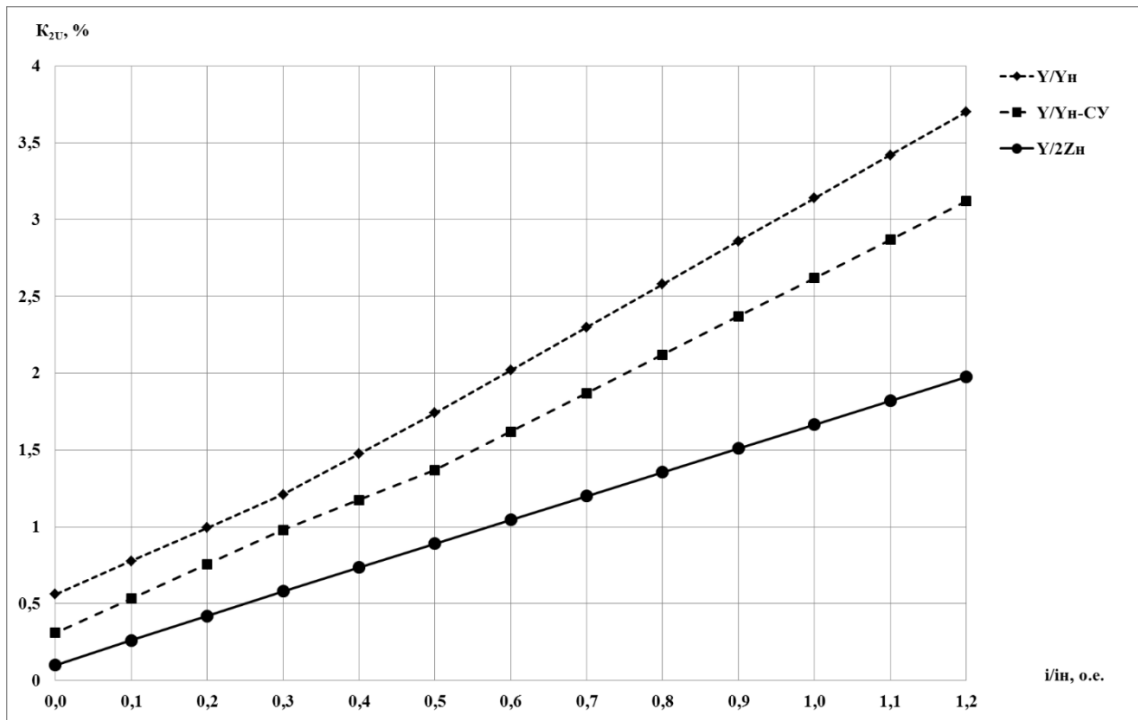


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности от тока нагрузки для трансформаторов с различными схемами соединения обмоток для режима $I_c=0 \dots 1,0I_n$, $I_a=I_b=0$.

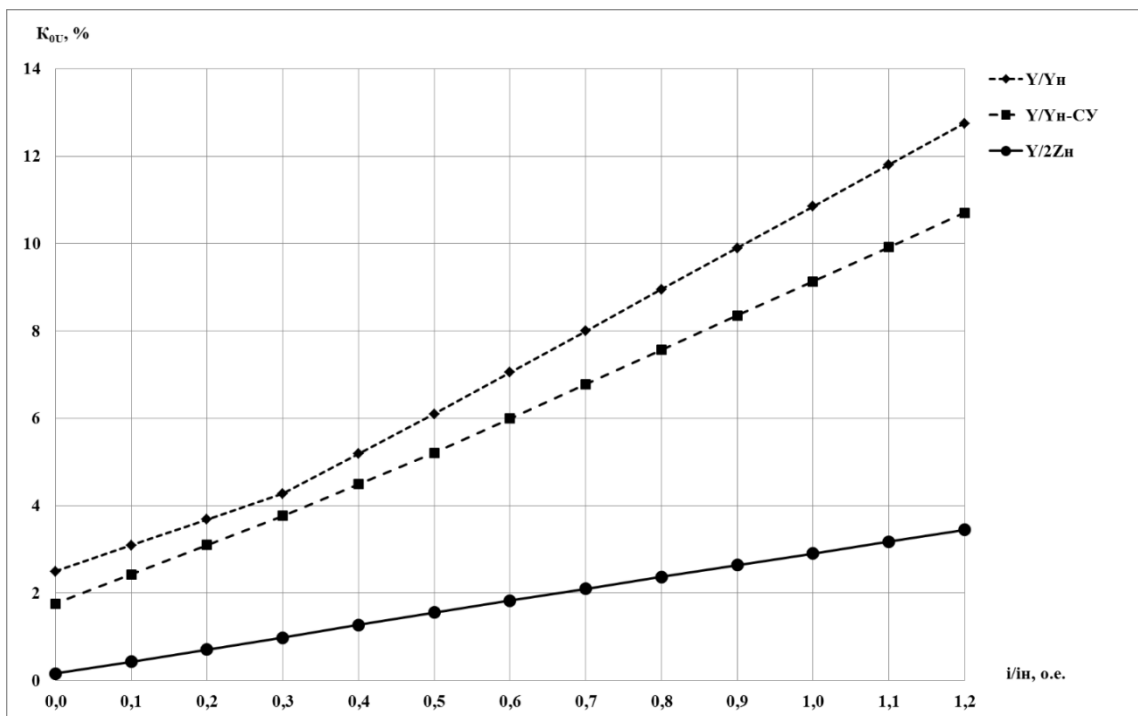


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности от тока нагрузки для трансформаторов с различными схемами соединения обмоток для режима $I_c=0 \dots 1,0I_n$, $I_a=I_b=0$.

При номинальном значении нагрузки коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности для схемы соединений «звезда-звезда с нулевым проводом» равен 3,14%, для схемы «звезда-звезда с нулевым проводом с симметрирующим устройством» 2,62%, для схемы «звезда-

двойной зигзаг с нулевым проводом» равен 1,67%. Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности для схемы соединений «звезда-звезда с нулевым проводом» равен 10,85%, для схемы «звезда-звезда с нулевым проводом с симметрирующим устройством» 9,14%, для схемы «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» равен 2,91%.

Заключение

Экспериментальные исследования подтвердили теоретические выводы, что схема соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом», обеспечивает более высокий уровень симметрии вторичных напряжений даже при глубокой несимметрии нагрузки.

При номинальном значении однофазной нагрузки отклонения вторичных напряжений не превышают 6,5%, коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности не превышает 1,67%, коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности не превышает 2,91%. Данная схема соединения обмоток может успешно применяться в электроустановках сельскохозяйственных потребителей при несимметрии нагрузки для повышения качества напряжения.

Список использованных источников:

1. Патент №16008 Трехфазный симметрирующий трансформатор с четной группой соединения обмоток: / А.И. Зеленкевич, В.М. Збродыга; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» - № а 20100121; заявл. 2010.02.01; опубл. 30.06.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 3. – С. 180-181.
2. Прищепов, М.А. Особенности преобразования электрической энергии в трансформаторе со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» / М.А. Прищепов, В.М. Збродыга, А.И. Зеленкевич // Агропанорама. – 2017. – № 5. – С. 16-25.
3. Прищепов, М.А. Работа трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при несимметричной нагрузке / М.А. Прищепов, В.М. Збродыга, А.И. Зеленкевич // Агропанорама. – 2018. – № 6. – С. 25-31.

УДК 330.620

Куптлеова К.Т.

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г.Уральск, Республика Казахстан

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ОСНОВА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

В статье рассматриваются основные направления развития энергетического комплекса Казахстана, который оказывает прямое воздействие на становление и укрепление экономической безопасности государства. Делается вывод о том, что обеспечение энергетической безопасности тесно связано с экономической защитой личности, общества и государства в целом.

Ключевые слова: энергетическая стратегия, энергетическая безопасность, энергетические ресурсы, энергокризис, энергоэффективность.