

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

М. А. Прищепов, В. М. Збродыга, А. И. Зеленкевич

**СНИЖЕНИЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ
И НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЙ
В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ
ПРИМЕНЕНИЕМ ТРЕХФАЗНЫХ
ТРАНСФОРМАТОРОВ
СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ СХЕМАМИ
СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК**

Минск
БГАТУ
2023

Прищепов, М. А. Снижение несинусоидальности и несимметрии напряжений в сельских электрических сетях применением трехфазных трансформаторов со специальными схемами соединения обмоток / М. А. Прищепов, В. М. Збродыга, А. И. Зеленькевич. – Минск : БГАТУ, 2023. – 292 с. : ил. – ISBN 978-985-25-0224-5.

В монографии рассмотрено влияние несимметрии и несинусоидальности напряжений на работу элементов электрической системы, проведен анализ преимуществ и недостатков различных способов и технических средств их снижения применительно к сельским электрическим сетям. Рассмотрен процесс преобразования электрической энергии в трехфазных трансформаторах со специальными схемами соединения обмоток «звезда–двойной зигзаг с нулевым проводом» и «звезда–треугольник с зигзагом», проведены теоретические и экспериментальные исследования работы трансформаторов при несимметричном и нелинейном характере нагрузки. На основании разработанных методик расчета и оптимизации конструктивных параметров и технических характеристик трансформаторов со специальными схемами соединения обмоток проведено исследование влияния их конструктивных параметров на технические характеристики, выполнена технико-экономическая оптимизация. Проведена оценка экономической эффективности.

Для научных работников, аспирантов и инженерно-технического персонала, занимающихся вопросами повышения качества напряжения в электрических сетях.

Табл. 3. Ил. 92. Библиогр.: 188 назв.

Рекомендовано к изданию научно-техническим советом учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (протокол № 8 от 7 декабря 2022 г.)

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Электрические системы»
Белорусского национального
технического университета *М. А. Короткевич*;
кандидат технических наук, доцент,
заместитель директора по научной работе и проектированию
РНПУП «Институт энергетики НАН Беларуси» *Н. Е. Шевчик*;
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры автоматизации
производственных процессов и электротехники
УО «Белорусский государственный
технологический университет» *О. И. Александров*

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
Глава 1. ВЛИЯНИЕ НЕСИММЕТРИИ И НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ НА РАБОТУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СПОСОБЫ ИХ СНИЖЕНИЯ	
1.1. Влияние несимметрии и несинусоидальности напряжения на работу электрооборудования	13
1.2. Способы и технические средства снижения несимметрии и несинусоидальности напряжения.....	21
1.3. Преобразование электрической энергии в трехфазном трансформаторе со схемой соединения обмоток «звезда–двойной зигзаг с нулевым проводом».....	28
1.4. Преобразование электрической энергии в трехфазном трансформаторе со схемой соединения обмоток «звезда–треугольник с зигзагом».....	46
1.5. Область применения трансформаторов со специальными схемами соединения обмоток.....	60
Глава 2. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ТРЕХФАЗНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ СХЕМАМИ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК ПРИ НЕСИММЕТРИЧНОМ ХАРАКТЕРЕ НАГРУЗКИ	
2.1. Теоретические исследования работы трехфазного силового трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда–двойной зигзаг с нулевым проводом» при несимметричном характере нагрузки.....	74
2.2. Теоретические исследования работы трехфазного трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда–треугольник с зигзагом» при несимметричном характере нагрузки	88
2.3. Экспериментальные исследования способности трехфазного силового трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда–двойной зигзаг с нулевым	

проводом» обеспечивать при несимметричном характере нагрузки качество напряжения.....	101
2.4. Экспериментальные исследования способности трехфазного трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда–треугольник с зигзагом» обеспечивать при несимметричном характере нагрузки качество напряжения.....	108

Глава 3. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ТРЕХФАЗНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ СХЕМАМИ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК ПРИ НЕЛИНЕЙНОМ ХАРАКТЕРЕ НАГРУЗКИ

3.1. Теоретические исследования трехфазного силового трансформатора со схемой обмоток «звезда–двойной зигзаг с нулевым проводом» при работе на нагрузку нелинейного характера	116
3.2. Теоретические исследования трехфазного специального трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда–треугольник с зигзагом» при работе на нагрузку нелинейного характера	140
3.3. Экспериментальные исследования способности трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда–двойной зигзаг с нулевым проводом» обеспечивать качество напряжения при нелинейном характере нагрузки.....	159
3.4. Экспериментальные исследования способности трехфазного трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда–треугольник с зигзагом» обеспечивать качество напряжения при нелинейном характере нагрузки.....	174

Глава 4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСФОРМАТОРА

4.1. Конструкция трансформатора.....	184
4.2. Методики расчета конструктивных параметров и технических характеристик трехфазных трансформаторов со специальными схемами соединения обмоток.....	188

4.3. Исследования влияния конструктивных параметров трехфазных трансформаторов со специальными схемами соединения обмоток на их технические характеристики	221
4.4. Обоснование целевой функции, критерия и разработка алгоритма технико-экономической оптимизации конструктивных параметров и технических характеристик трехфазных трансформаторов со специальными схемами соединения обмоток	243
4.5. Результаты технико-экономической оптимизации конструктивных параметров и технических характеристик трехфазных трансформаторов со специальными схемами соединения обмоток	250
4.6. Оценка экономической эффективности снижения несинусоидальности и несимметрии напряжений применением трехфазных трансформаторов со специальными схемами соединения обмоток	260
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	271

Научное издание

Прищепов Михаил Александрович,
Збродьга Владимир Михайлович,
Зеленькевич Александр Иосифович

СНИЖЕНИЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ
И НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЙ
В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ
ПРИМЕНЕНИЕМ ТРЕХФАЗНЫХ
ТРАНСФОРМАТОРОВ
СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ СХЕМАМИ
СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК

Ответственный за выпуск *И. С. Крук*
Редактор *Д. А. Значёнок*
Корректор *Д. А. Значёнок*
Компьютерная верстка *Д. А. Пекарского, Д. А. Значёнок*
Дизайн обложки *А. А. Покало*

Подписано в печать 16.10.2023. Формат 60×84^{1/16}.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 16,97. Уч.-изд. л. 13,27. Тираж 100 экз. Заказ 284.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр-т Независимости, 99–1, 220012, Минск.