

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СООТНОШЕНИЯ ОСНОВНЫХ
РАЗМЕРОВ ТРАНСФОРМАТОРА СО СХЕМОЙ СОЕДИНЕНИЯ
ОБМОТОК «ЗВЕЗДА-ДВОЙНОЙ ЗИГЗАГ С НУЛЕВЫМ
ПРОВОДОМ» НА ПАРАМЕТРЫ МАГНИТОПРОВОДА**

Прищепов М.А., *д.т.н., доцент*

Зеленькевич А.И., *ст. преподаватель,*

Збродыга В.М., *к.т.н., доцент*

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

Трансформатор со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» [1] имеет нулевую группу соединений обмоток, обеспечивает синусоидальность кривой тока нагрузки и напряжения и обладает хорошими симметрирующими свойствами [2-5]. При использовании трансформатора в качестве силового для питания сельскохозяйственных потребителей его целесообразно выполнить с масляным охлаждением, так как это уменьшает габариты и повышает надежность его работы.

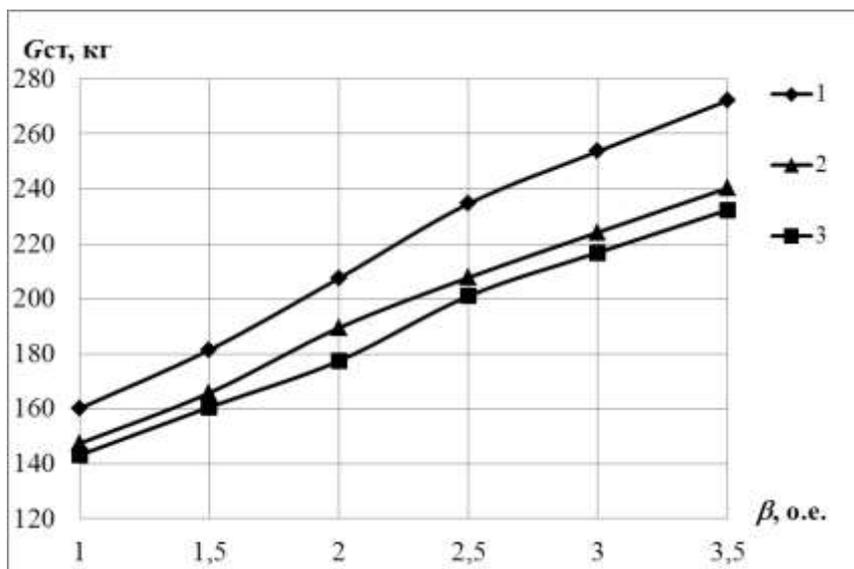
Загрузки магнитной и электрической систем должны находиться в пределах допустимых значений, которые установлены на основании имеющегося опыта конструирования, изготовления и эксплуатации трансформаторов [6-8].

Авторами разработана методика расчета, детальная блок-схема алгоритма и компьютерная программа определения технических (конструктивно-режимных) параметров трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом».

При разработке новой серии трансформаторов их необходимо получить наиболее энергоэффективными и экономичными. Решение этой задачи для каждого типа трансформатора требует рассмотрения большого числа вариантов расчета, отличающихся соотношением основных размеров, а также параметрами холостого хода и короткого замыкания. Соотношение основных размеров β оказывает значительное влияние не только на параметры трансформатора, но и определяет пропорции размеров трансформатора.

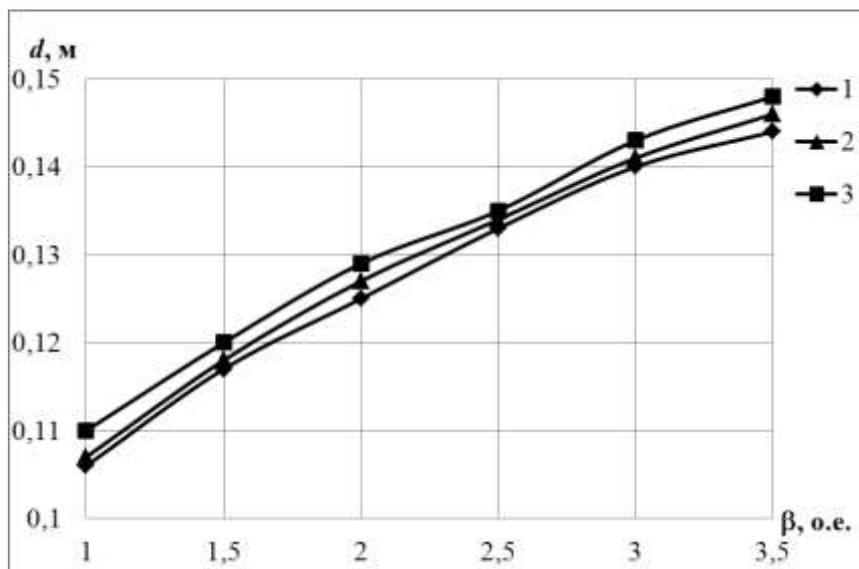
Для определения влияния соотношения основных размеров β на параметры магнитопровода трансформатора проведены расчеты трансформаторов различных мощностей. Расчеты выполнены на ЭВМ с использованием разработанной программы расчета в широком диапазоне изменения β . Проведены по два варианта расчета: первый – при неизменном значении магнитной индукции в стержнях магнитопровода $B_c=1,6$ Тл и различных значениях плотности тока в обмотках ($j=1,0; 2,0; 3,0$ А/мм²; второй – при неизменном значении

плотности тока в обмотках $j=2,5 \text{ А/мм}^2$ и различных значениях магнитной индукции в стержнях магнитопровода ($B_c=1,4; 1,6; 1,8 \text{ Тл}$). Результаты расчетов представлены в виде графиков для наиболее часто используемых в сельских сетях трансформаторов мощностью $100 \text{ кВ}\cdot\text{А}$. На рисунках 1–8 приведены зависимости веса стали $G_{ст}$, диаметра d и высоты стержней l_c магнитопровода, расстояния между стержнями S от β для трансформатора типа ТМГ 100/10 со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом».



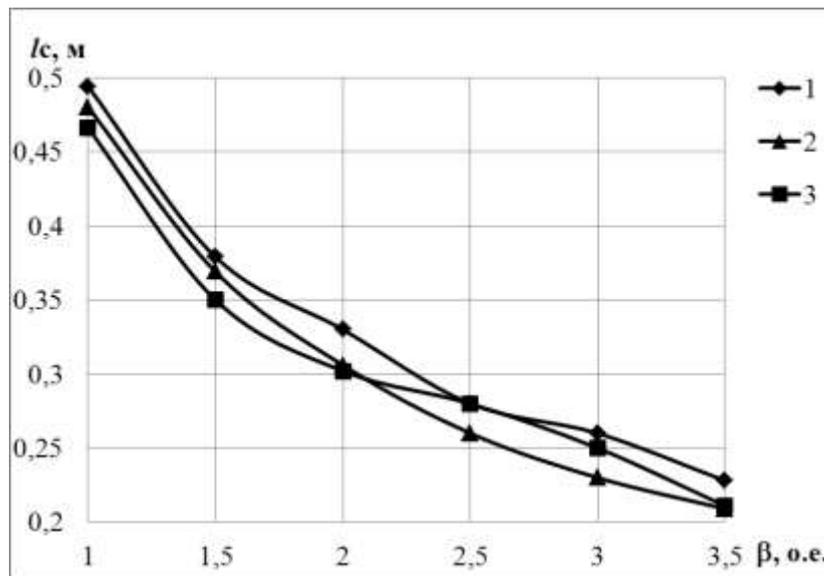
1 – G при $j = 1,0 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$; 2 – G при $j = 2,0 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$; 3 – G при $j = 3,0 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$

Рис. 1. Зависимости веса стали магнитопровода $G_{ст}=f(\beta)$ при $B_c=1,6 \text{ Тл}$ для трансформатора типа ТМГ-100/10



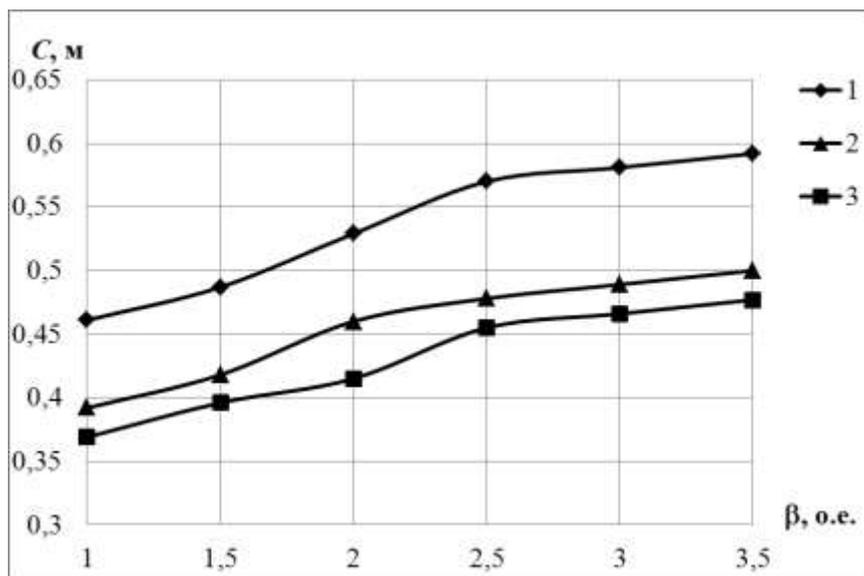
1 – d при $j = 1,0 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$; 2 – d при $j = 2,0 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$; 3 – d при $j = 3,0 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$

Рис. 2. Зависимости диаметра стержней магнитопровода $d=f(\beta)$ при $B_c=1,6 \text{ Тл}$ для трансформатора типа ТМГ-100/10



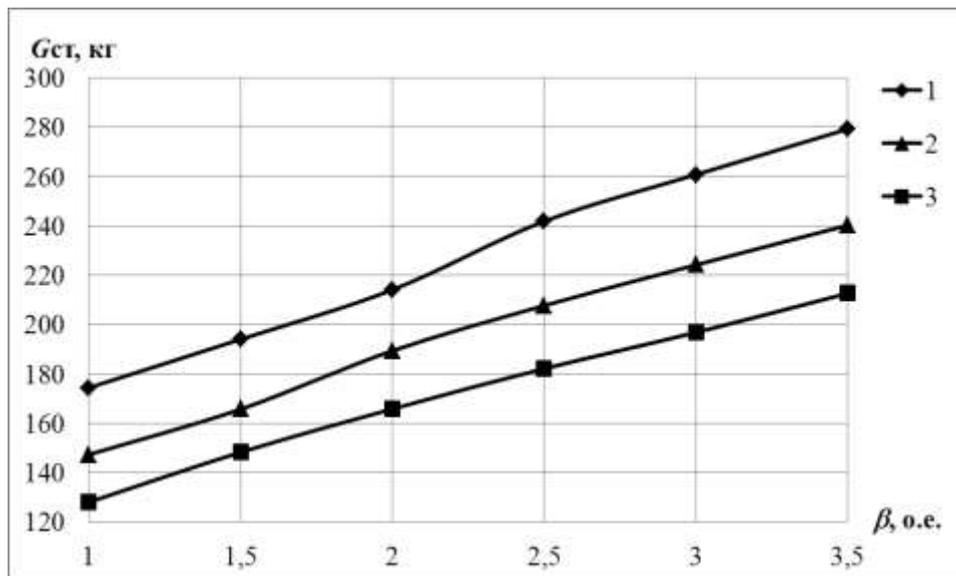
1 – l_c при $j = 1,0 \frac{A}{mm^2}$; 2 – l_c при $j = 2,0 \frac{A}{mm^2}$; 3 – l_c при $j = 3,0 \frac{A}{mm^2}$

Рис. 3. Зависимости длины стержней магнитопровода $l_c=f(\beta)$ при $B_c=1,6$ Тл для трансформатора типа ТМГ-100/10



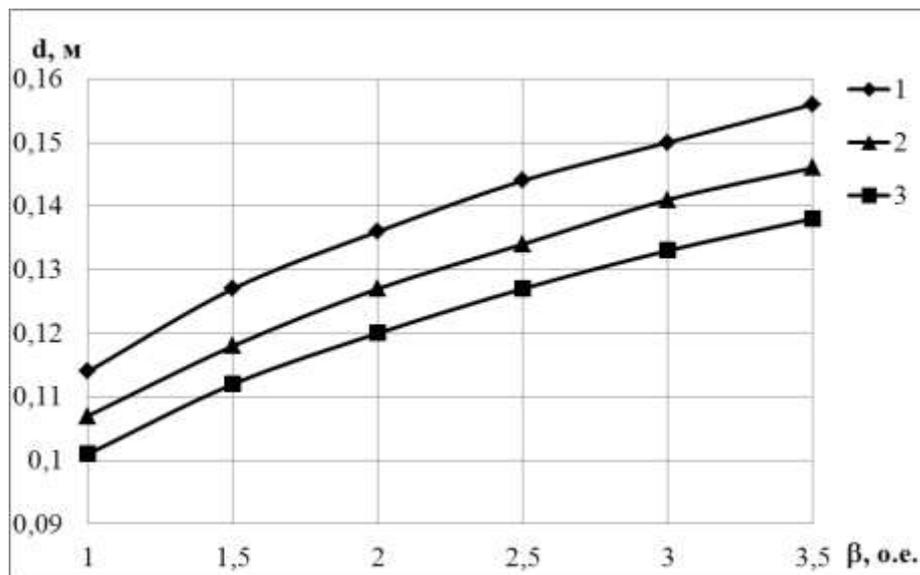
1 – C при $j = 1,0 \frac{A}{mm^2}$; 2 – C при $j = 2,0 \frac{A}{mm^2}$; 3 – C при $j = 3,0 \frac{A}{mm^2}$

Рис. 4. Зависимости расстояния между стержнями магнитопровода $C=f(\beta)$ при $B_c=1,6$ Тл для трансформатора типа ТМГ-100/10



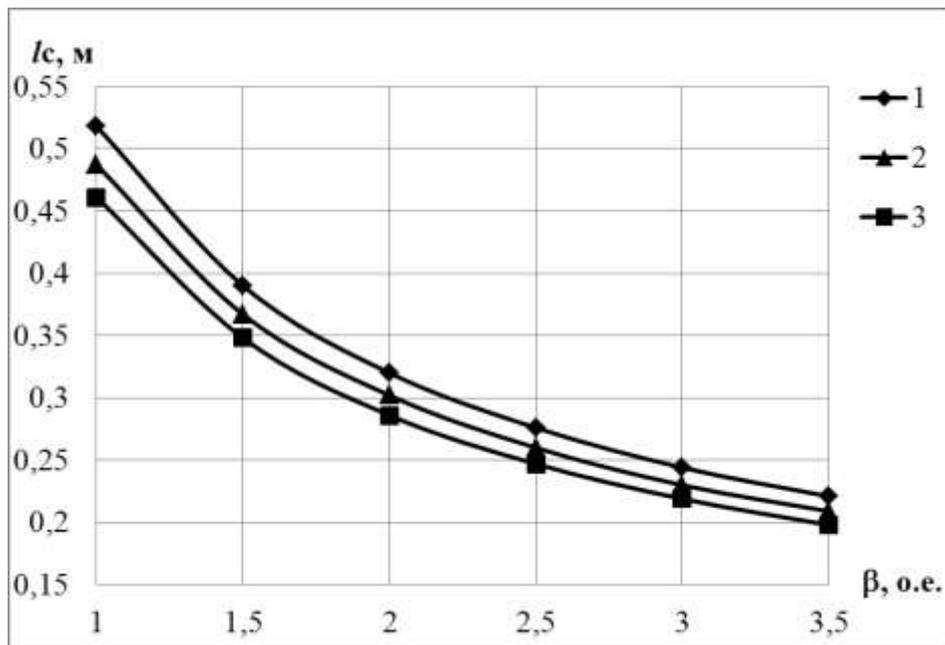
1 – $G_{ст}$ при $B_c = 1,4$ Тл; 2 – $G_{ст}$ при $B_c = 1,6$ Тл; 3 – $G_{ст}$ при $B_c = 1,8$ Тл

Рис. 5. Зависимости веса стали магнитопровода $G_{ст}=f(\beta)$ при $j=2,5$ А/мм² для трансформатора типа ТМГ-100/10



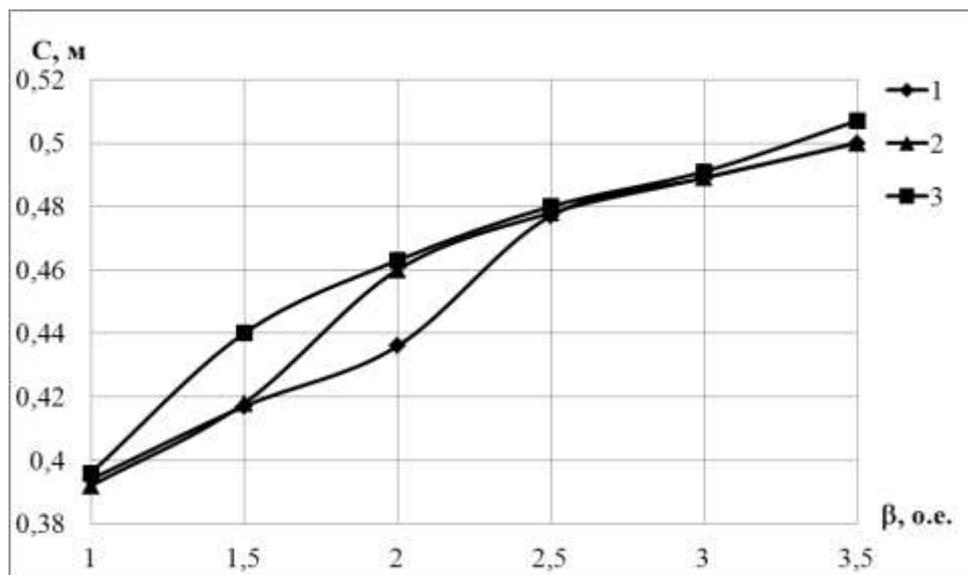
1 – d при $B_c = 1,4$ Тл; 2 – d при $B_c = 1,6$ Тл; 3 – d при $B_c = 1,8$ Тл

Рис. 6. Зависимости диаметра стержней магнитопровода $d=f(\beta)$ при $j=2,5$ А/мм² для трансформатора типа ТМГ-100/10



1 – l_c при $B_c = 1,4$ Тл; 2 – l_c при $B_c = 1,6$ Тл; 3 – l_c при $B_c = 1,8$ Тл

Рис. 7. Зависимости длины стержней магнитопровода $l_c=f(\beta)$ при $j=2,5$ А/мм² для трансформатора типа ТМГ-100/10



1 – C при $B_c = 1,4$ Тл; 2 – C при $B_c = 1,6$ Тл; 3 – C при $B_c = 1,8$ Тл

Рис. 8. Зависимости расстояния между стержнями магнитопровода $C=f(\beta)$ при $j=2,5$ А/мм² для трансформатора типа ТМГ-100/10

Вывод. Увеличение β ведет к снижению массы стали в стержнях, но увеличению массы стали в ярах и общей массы стали магнитопровода трансформатора. Увеличение магнитной индукции при неизменных значениях β снижает массу стали в стержнях, ярах и общую массу стали. Увеличение плотности токов в обмотках при неизменных значениях β снижает массу стали в ярах и общую массу стали.

С ростом β диаметр стержней и расстояние между осями соседних стержней увеличивается, а высота стержней снижается. Увеличение магнитной индукции при неизменных значениях β снижает диаметр стержней, расстояние между осями соседних стержней и высоту стержней, если не учитывать влияние каналов охлаждения. Увеличение плотности токов в обмотках при неизменных значениях β снижает расстояние между осями соседних стержней и высоту стержней, а диаметр стержней при этом увеличивается.

Список литературы

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., Збродыга В.М., Зеленкевич А.И. Особенности преобразования электрической энергии в трансформаторе со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом. Агропанорама. 2017. № 5. С. 16-25.
3. Прищепов М.А., Збродыга В.М., Зеленкевич А.И. Работа трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при несимметричной нагрузке. Агропанорама. – 2018. № 6. С. 25-31.
4. Прищепов М.А., Збродыга В.М., Зеленкевич А.И. Экспериментальные исследования работы трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при несимметричной нагрузке. Агропанорама. 2019. № 5. – С. 38-41.
5. Зеленкевич А.И., Прищепов М.А., Збродыга В.М. Конструктивное исполнение трансформатора «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: материалы VII Национальной научно-практической конференции, РФ, Саратов / ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. Саратов, 2020. С. 19-22.
6. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов: учебное. 5-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1986. 528 с.
7. Васютинский С.Б. Вопросы теории и расчета трансформаторов. Л.: Энергия, 1970. 432 с.
8. Петров, Г.Н. Электрические машины. Ч.1. М.: Энергия, 1974. 240 с.