

Е.Е. ТОЛОКНОВА, студентка гр. ЭР6-231 (КузГТУ)  
Научный руководитель Т.Л. ДОЛГОПОЛ, старший преподаватель  
(КузГТУ)  
г. Кемерово

## РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ С СИММЕТРИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ (ТМГСУ)

В настоящее время одной из актуальных проблем, которая имеет первостепенное значение в мониторинге аварийных ситуаций и увеличении срока службы электрооборудования – это несимметрия напряжений.

Несимметрия напряжений – положение, при котором равенство между фазными и линейными напряжениями в трехфазной системе нарушается. Несимметрия напряжений характеризуется следующими показателями качества электроэнергии: коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности ( $K_{2U}$ ) и коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности ( $K_{0U}$ ).

Несимметрия происходит в электрической сети из-за неравномерного распределения нагрузки по трём фазам.[1] Это приводит к появлению напряжения нулевой последовательности и токов нулевой последовательности (уравнительных токов), которые обуславливают добавочные нагрузочные потери в обмотках трансформаторов и в линиях.

В четырехпроводных электрических сетях 0,38 кВ России и других стран СНГ в основном используются трансформаторы со схемой соединения обмоток "звезда-звезда с нулевым проводом" (У/Ун). Однако, экономически целесообразное использование доступно только при симметричной нагрузке фаз. В реальности, в сетях с большими удельными характеристиками однофазных нагрузок равномерность их подключения по времени в каждой фазе нарушается и потери электрической энергии в таких трансформаторах внезапно и стремительно возрастают. [2]

Для решения этой проблемы разрабатывают специальные симметрирующие устройства (СУ), которые преимущественно применяют при соединении обмоток трансформатора У/Ун.

Симметрирующее устройство представляет собой отдельную обмотку, которая уложена поверх обмоток высшего напряжения (ВН) трансформатора. Иначе говоря, это дополнительные индукционные катушки, расположенные на обмотках.

Обмотка симметрирующего устройства включается в рассечку нулевого провода трансформатора исходя из того, что при несимметричной нагрузке и появлении тока в нулевом проводе трансформатора, поток, со-

здаваемый симметрирующим устройством равный по величине и направленный в противоположном направлении, уравнивает действие потока нулевой последовательности, тем самым предотвращая перекося фазных напряжений (рисунок 1).

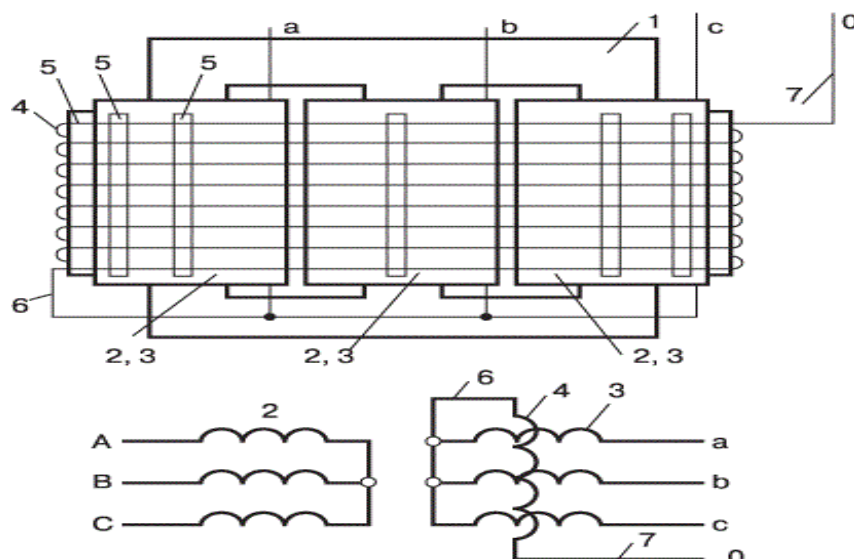


Рис. 1. Схема подсоединения обмотки симметрирующего устройства к обмоткам низшего напряжения

Обмотка рассчитана на длительное протекание по ней номинального тока, другими словами - на полную номинальную однофазную нагрузку. [2] Несимметричная нагрузка фаз одно из обыденных явлений в бытовых и коммунальных сетях, что приводит к дополнительным потерям в ЛЭП. СУ уменьшает ток в нулевом проводе, выравнивая перекося фаз, таким образом уменьшая потери. За счет этого достигается экономия электроэнергии. [3]

Суточные измерения фазных напряжений для трансформаторов ТМ-250/10 и ТМГСУ-250/10, которые представлены пофазно в виде лепестковых диаграмм (рисунки 2,3,4), видно, что качество напряжения трансформатора ТМГСУ-250 существенно отличается улучшенными характеристиками. Разница в значениях фазных напряжений для трансформатора с симметрирующим устройством за сутки составляют не более 5 В, изменяясь в диапазоне от 223 В до 228 В.

А при использовании трансформатора типа ТМ изменения напряжения имеют гораздо больший диапазон и варьируются в промежутке от 188 В до 240 В. Следовательно, согласно приведенным диаграммам, можно сделать вывод, что применение трансформаторов с симметрирующим устройством, улучшает качество напряжения для потребителей электроэнергии, а это в свою очередь, не только уменьшает нагрузочные потери в трансформаторах из-за отсутствия токов нулевой последовательности, но и увеличивает срок службы электрооборудования.

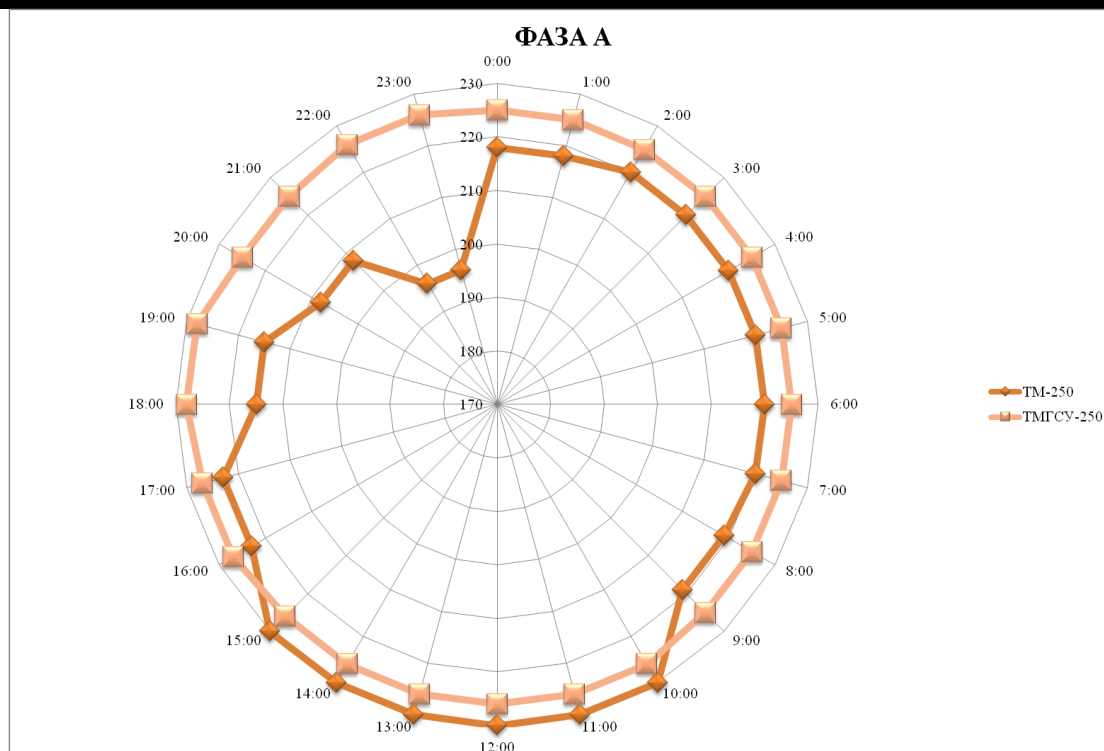


Рис. 2. Мониторинг показателей напряжения фазы А

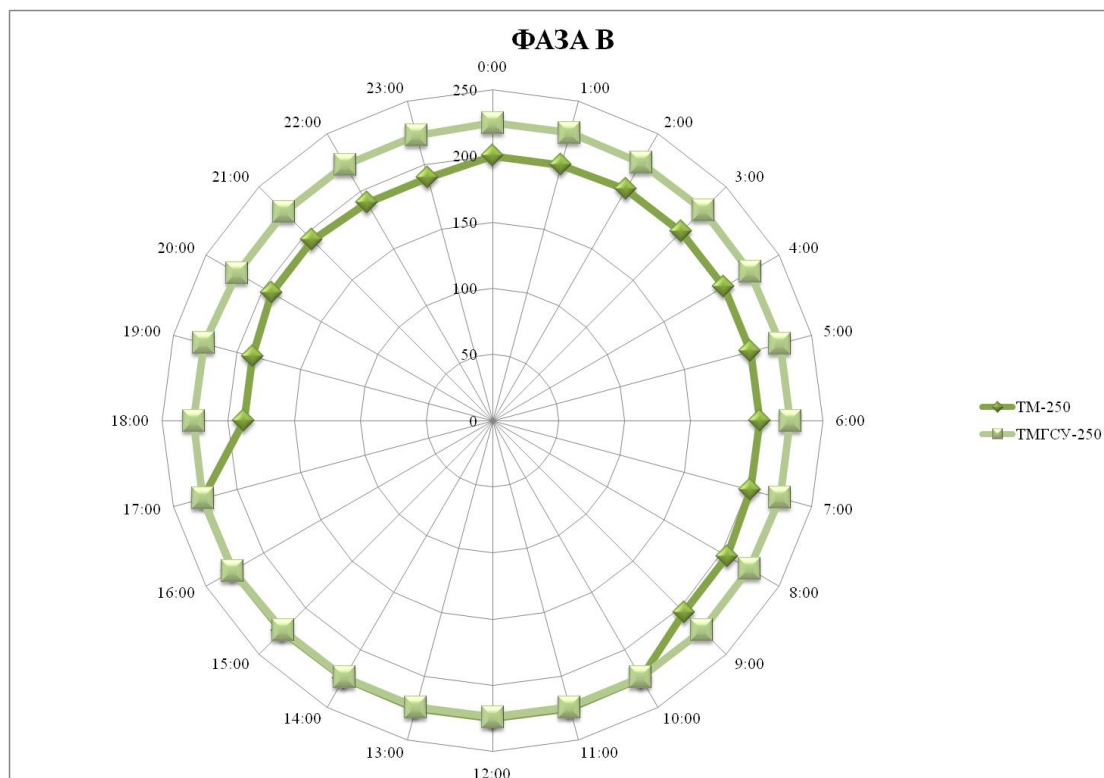


Рис. 3. Мониторинг показателей напряжения фазы В

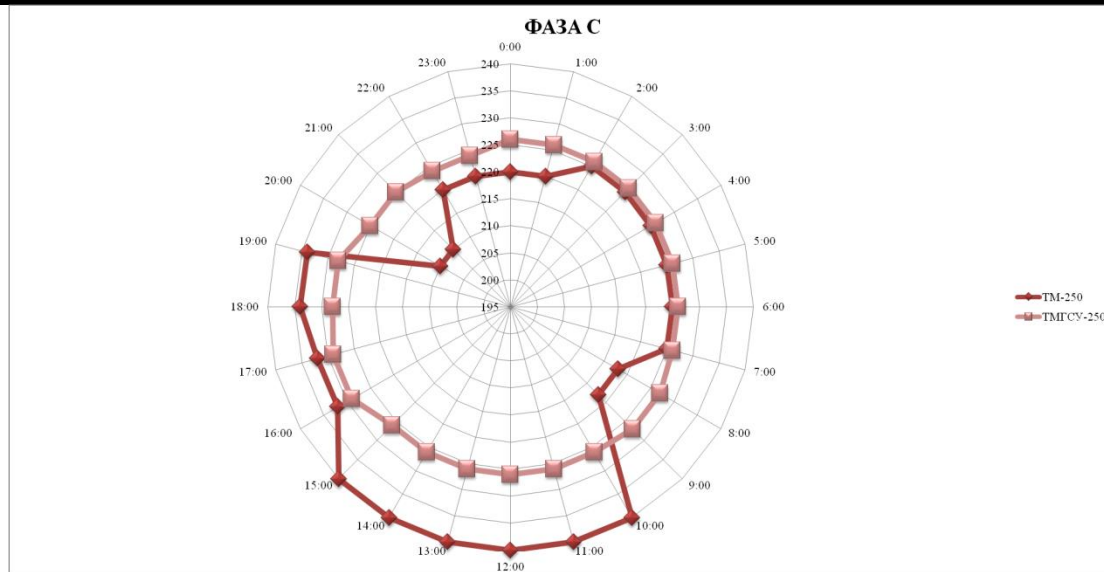


Рис. 4. Мониторинг показателей напряжения фазы С

Исследования, посвященные данной теме, показывают, что использование трансформатора ТМГСУ мощностью 250 кВА при уравнительном токе, составляющем  $0,25 \cdot I_n$ , позволяет сэкономить свыше 6000 кВт·ч электрической энергии в год по сравнению с использованием других трансформаторов в качестве источников питания несимметричной нагрузки. К уменьшению дополнительных потерь электроэнергии в обмотках трансформатора, обусловленных несимметрией нагрузки фаз, приводит использование в качестве источников питания распределительных трансформаторов со схемой соединения обмоток «звезда-зигзаг с выведенной нейтралью». Но использование трансформаторов типа ТМГСУ-250/10 позволяет ежегодно экономить на 800 кВт·ч электроэнергии больше, чем при использовании схемы «зигзаг». [3]

Трансформаторы ТМГСУ экономически целесообразно и эффективно использовать не только в бытовых системах электроснабжения, но и в качестве источников питания сельскохозяйственных объектов и на небольших предприятиях с целью уменьшения нагрузочных потерь и повышения качества электроэнергии.

#### Список литературы:

1. «Несимметрия напряжения» [Электронный ресурс]. – URL: [https://edu.ggpek.by/pluginfile.php?file=%2F28327%2Fmod\\_resource%2Fcontent%2F1%2FНесимметрия%20напряжения.pdf](https://edu.ggpek.by/pluginfile.php?file=%2F28327%2Fmod_resource%2Fcontent%2F1%2FНесимметрия%20напряжения.pdf) (дата обращения: 05.10.2025).
2. «ТМГСУ-ТМГ с симметрирующим устройством» [Электронный ресурс]. – URL: <https://enetra.pro/articles/tmgsu-tmg-s-simmetriruyushchim-ustroystvo-tvom/?ysclid=mgz2zd6hz8931613743> (дата обращения: 09.10.2025).

---

3. «Применение силовых трансформаторов ТМГСУ и ТМГ12 – кратчайший путь к энергосбережению» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.eprussia.ru/epr/159/12160.htm> (дата обращения: 14.10.2025).

4. «Трансформаторы тмг, тмгмш, тмгсу классов напряжения до 15 кВ. Руководство по эксплуатации» [Электронный ресурс]. – URL: <https://metzby.ru/wp-content/uploads/2019/03/ВИЕЛ.672133.003-РЭ-ТМГ-ТМГМШ-ТМГСУ-до-15-кВ.pdf> (дата обращения: 20.10.2025).

Информация об авторах:

Толокнова Елизавета Евгеньевна, ст. группы ЭРб-231, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [elizaveta-toloknova@mail.ru](mailto:elizaveta-toloknova@mail.ru)

Долгопол Татьяна Леонидовна, старший преподаватель, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [tdolgopol@yandex.ru](mailto:tdolgopol@yandex.ru)