

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

---

№ 2 (2022)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
**Вестник Торайгыров университета**

**Энергетическая серия**  
выходит 4 раза в год

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания  
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация материалов в области электроэнергетики,  
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и  
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

**Подписной индекс – 76136**

<https://doi.org/10.48081/ZOCF4313>

---

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*  
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*  
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университете

<https://doi.org/10.48081/VKAK6934>

**\*А. М. Акаев<sup>1</sup>, Ж. Б. Исабеков<sup>2</sup>, Б. Б. Исабекова<sup>3</sup>,  
Е. Ж. Жумжуман<sup>4</sup>, А. Т. Абенцова<sup>5</sup>**

Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

## **МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ ВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ ОБОТКИ РОТОРА СИНХРОННОГО КОМПЕНСАТОРА НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА**

*Компенсация реактивной мощности является неотъемлемой частью в электрических сетях. Данный процесс происходит при помощи компенсирующих устройств, одной из которых является синхронный компенсатор. Релейная защита компенсирующего устройства также обязательна, как и защита иных электротехнических оборудований.*

*Отсутствие проверенных методов функциональной диагностики виткового замыкания в обмотках ротора синхронного компенсатора и возникновение таких повреждений в габаритных электротехнических оборудованиях приводит к большим экономическим затратам. В статье приведен поиск диагностических признаков возникновения короткого замыкания в обмотках ротора на основе вейвлет-анализа ЭДС на выходных данных датчика магнитного поля, установленного в синхронном кмпенсаторе. На базе непрерывного вейвлет-преобразования проведена оценка экспериментальных данных для получения графика во временной шкале, позволяющего выявлять локальные неоднородности исследуемого сигнала. Алгоритм тестировался на основании данных датчиков, которые установлены непосредственно на самом синхронном компенсаторе. На основании отклонения данных спектрограммы непрерывного вейвлет-преобразования сигнала от датчика рассеяния магнитного поля можно выявить наличие витковых замыканий в обмотке синхронного компенсатора. Предложенный метод обработки данных позволяет заблаговременно выявлять витковые замыкания а так же другие повреждения в оборудований.*

*Ключевые слова: Синхронный компенсатор, магнитный поток рассеяния, витковые замыкания ротора, интегральный вейвлет-спектр, дисперсия вейвлет-коэффициентов.*

## Введение

Синхронный компенсатор (СК) это конструктивно сложное электротехническое оборудование, и возникновение виткового замыкания (ВЗ) в обмотке ротора в больших СК диагностирование которых крайне сложно, приводит к большому экономическому ущербу предприятий. Сложность выявления ВЗ обуславливается отсутствием значительного тока короткого замыкания, отсутствием электрической дуги и незначительным падением напряжения. Крайне важно выбирать диагностические параметры на основе информации стандартных измерительных приборов, значения которых однозначно связаны с техническим состоянием межвитковой изоляции.

Одним из путей решения задачи построения функциональной диагностики ВЗ обмотки ротора, является разработка методов анализа симметрии магнитного поля в торцевой части машины на основе датчиков магнитного поля [1, 2].

## Материалы и методы

Для диагностирования СК на ВЗ необходимо выявить частотно временной спектр с установленного датчика. А также выделить из него величину изменения полученные от ВЗ. Наиболее эффективным методом получения частотно временного спектра является непрерывное вейвлет-преобразование при помощи которого можно выявить локальные неоднородности сигнала.

При цифровой обработке сигналов реализация непрерывного вейвлет-преобразования в строгой форме невозможна, поэтому следует рассматривать дискретизированное непрерывное вейвлет-преобразование.

Алгоритм может быть реализован параллельно и итерационно. Основной отличительной чертой данного алгоритма является разделение процесса вейвлет-преобразования на 2 этапа: подготовительный и основной [3-6].

На первом этапе выбирают шаг оцифровки данных ( $\Delta t$ ) и ограничение на максимальное количество отсчетов сигнала ( $n$ ). На данном этапе по следующей формуле вычисляют и сохраняют базисные коэффициенты :  $P_{i,j,k}$  :

$$P_{i,j,k} = \left\{ \frac{\Delta t}{\sqrt{a_j}} \Psi \left[ \frac{(i-k)\Delta t}{a_j} \right] \right\}, \quad 1$$

Где  $\Psi \left[ \frac{(i-k)\Delta t}{a_j} \right]$  некоторая функция с определенными свойствами, полученная из материнского вейвлета;  $i, j, k$  – индексы по времени  $t$ , по масштабу  $a$ , по сдвигу времени  $b$ .

На втором этапе по формулам (2) и (3) вычисляют текущие значения НВП для момента времени ( $i\Delta t$ ).

$$W^0(a_j, b_k) = 0, \quad (2)$$

$$W^{i+1}(a_j, b_k) = W^i(a_j, b_k) + S(i\Delta t) \cdot P_{i,j,k}, \quad (3)$$

где  $S(i\Delta t)$  – оцифрованный с равномерным шагом анализируемый сигнал  $S(t)$ .

При поступлении очередного счета анализируемых данных в момент времени  $(i+1) \Delta t$  к уже рассчитанному массиву значений НВП добавляется только один слой значений, рассчитанных по формуле (3). Используется готовый на первичном этапе массив коэффициентов.  $P_{i,j,k}$ . Таким образом осуществляется итерационный процесс уточнения НВП который сокращает количество вычислений и время расчета.

Алгоритм вычисления дискретизированного непрерывного вейвлет-преобразования, представленный формулами (1–3), сходится к непрерывному вейвлет-преобразованию анализируемого сигнала  $S(t)$ :

$$W(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{+\infty} S(t) \cdot \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt.$$

Для удобного и надежного обнаружения локальных неоднородностей сигнала кроме непрерывного вейвлет-преобразования может понадобиться вычисление некоторых функций от НВП.

Можно представить алгоритм выявления ВЗ обмотки ротора СК в следующем виде:

Измерение сигнала  $S(t)$  и передача его в аналогово-цифровой преобразователь.

Аналогово-цифровое преобразование и получение дискретизированного сигнала  $S(i\Delta t)$  с шагом дискретизации  $\Delta t$ :

$$f_d = \frac{1}{\Delta t} \geq 2f_{max}.$$

где  $f_d$  частота дискретизации входного сигнала,  $f_{max}$  –максимальная частота.

НВП оцифрованного входного сигнала  $S(i\Delta t)$  и получение данных НВП  $w(a_j, b_k)$ , который состоит из двух этапов: подготовительного и основного. Подготовительный этап можно выполнить только один раз для электрической машины, а затем повторять только второй этап, который требует меньшее количество вычислений.

4. Вычисление интегрального вейвлет-спектра (ИВС) по полученному НВП:

$$w(\alpha_j) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [w(\alpha_j, b_k)]^2 \equiv w(j)$$

Вид анализируемых входных сигналов представлен на рисунок 1 (холостой ход) и рисунок 2 (нагруженные синхронные машины).

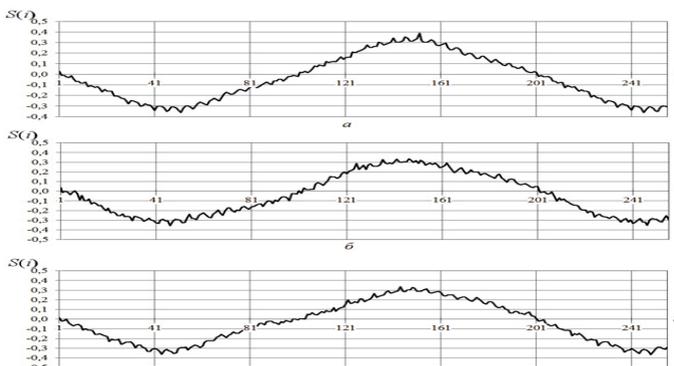


Рисунок 1 – Анализируемый сигнал: а) на холостом ходу без повреждений; с короткозамкнутыми витками обмотки; б) 4 %; в) 20 %

5 Определение по ИВС правильности выбора масштабов либо их коррекция и возврат.

6 Вычисление распределения дисперсии вейвлет коэффициентов по анализируемому промежутку времени:

$$w(b_k) = \frac{1}{j} \sum_{i=1}^j \left[ w(\alpha_j, b_k) - \frac{1}{j} \sum_{i=1}^j w(\alpha_j, b_k) \right] \equiv w(k)$$

7 Идентификация по распределению дисперсии вейвлет – коэффициентов неоднородных участков и анализ вейвлет-коэффициентов по всем масштабам на предмет отклонения от синусоиды.

### Результаты исследования

Все данные реализовывались при помощи компьютерной программы. От датчика вычитываются значения трех сигналов для проверки алгоритма: без повреждения, с 4 % витками короткого замыкания и 20 % витками короткого замыкания. Было выбрано количество отсчетов входного сигнала, подлежащего анализу,  $N=256$ , количество масштабов  $M=16$  и шаг  $\Delta t=0,0001$  с. Исследования были проведены с нагрузкой и на холостом ходу

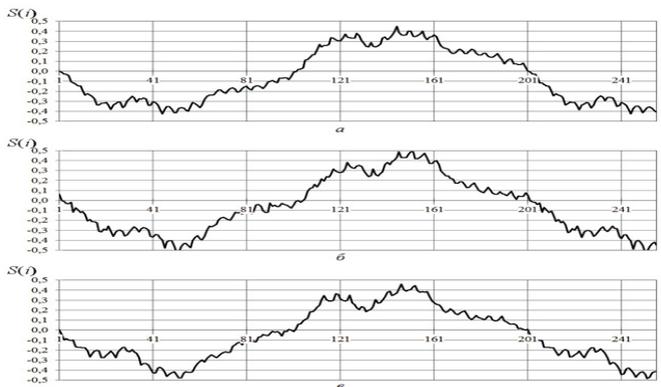


Рисунок 2 – Анализируемый сигнал: а) нагруженный, без повреждений; с короткозамкнутыми витками обмотки; б) 4 %; в) 20 %

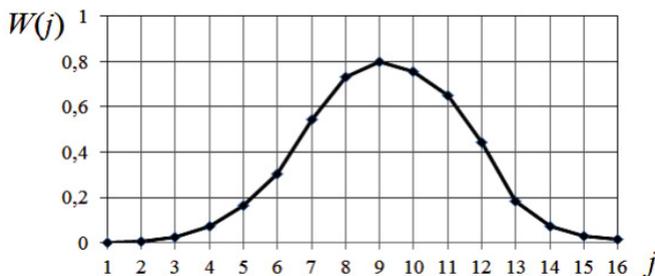


Рисунок 3 – Расчетный интегральный вейвлет-спектр анализируемых сигналов для синхронной машины на холостом ходу без повреждений

В качестве материнского вейвлета использовалась функция, известная под названием МНАТ, и описывается следующим уравнением:

$$\Psi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^3}} \left[ e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \cdot \left( 1 - \frac{x^2}{\sigma^2} \right) \right]$$

где  $x=(t-b)/a$ ;  $\sigma$  – величина при помощи которого изменяется масштаб с видом входного сигнала. Этот вейвлет сигнал имеет узкий энергетический спектр, а нулевой и первый моменты этого вейвлета равны нулю.

Вид расчетного интегрального вейвлет-спектра для рассматриваемых сигналов показан на рисунке 3. Для нагруженной машины и с короткозамкнутыми витками обмотки 4 и 20 % ИВС выглядел аналогично.

По форме интегрального вейвлет-спектра на рисунке 3, можно понять, что масштабирование и корректирование не требуются. Распределение ИВС по масштабам имеет четко выраженный максимум на 9-м масштабе, соответствующий основной гармонике анализируемого сигнала. Также можно увидеть, что масштабы 1, 2 и 15, 16 почти не дают вклада в ИВС и дальнейшее изменения корректировка не дадут дополнительных данных.

Расчетное распределение дисперсии вейвлет коэффициентов показан на рисунке 5. На рисунке можно заметить, что в нагруженном компенсаторе даже без витковых замыканий уже есть несимметричное распределение дисперсии вейвлет-коэффициентов. По этой причине отклонения от симметрии за счет витковых замыканий следует выявлять для генератора на холостом ходу. На масштабе 9 видно, что сигнал соответствует основной гармонике основного сигнала и отклонения от синусоиды не имеет. Масштабы 8 и 7 близки к основному. Значимые отклонения от синусоиды можно заметить для вейвлет-коэффициентов 6-го масштаба на рисунке 6.

Расчитанные распределения дисперсии волновых коэффициентов показаны на рисунке 4.

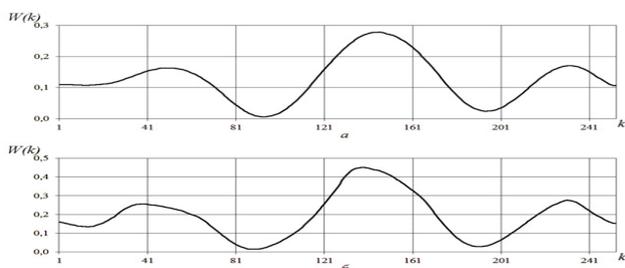


Рисунок 4 – Распределение дисперсии вейвлет-коэффициентов: а) на холостом ходу без повреждений; б) нагруженный без повреждений

Как видно из рисунка, нагруженная синхронная машина имеет асимметричное распределение дисперсии волновых коэффициентов, даже если нет коротких замыканий. Следовательно, необходимо выявлять отклонение от симметрии из-за короткого замыкания для синхронной машины на холостом ходу. Масштаб 9 соответствует основной гармонике основного сигнала и не отклоняется. Значительные отклонения от синусоиды обнаружены для вейвлет коэффициентов масштаба 6 (рисунок 5).

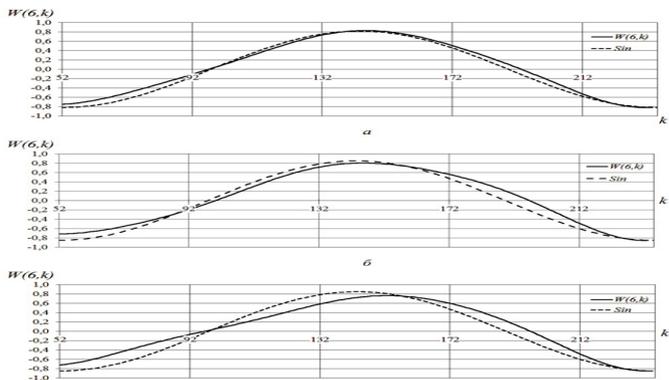


Рисунок 5 – Отклонение вейвлет-коэффициентов 6-го масштаба от синусоиды: а) на холостом ходу без повреждений; б) с замыканием 4 % витков обмотки ротора; в) с замыканием 20 % витков обмотки ротора

В совокупном выражении относительная сумма модуля отклонения вейвлет коэффициентов 6-го масштаба от синусоиды для синхронных машин составила 11, 16 и 25 % соответственно: без повреждений, с 4 и 20 % витками короткого замыкания. Согласно этим данным, на основе предложенного алгоритма очень реально обнаружить короткие замыкания обмотки ротора синхронного компенсатора во время холостого хода.

### Выводы

Разработан алгоритм использования непрерывного вейвлет преобразования от датчика магнитного поля, расположенного в торцевой части синхронного компенсатора, для определения короткого замыкания ротора.

Индикация наличия витковых коротких замыканий была определена на основе отклонения спектрограммы непрерывного вейвлет-преобразования сигнала с датчика магнитного поля рассеяния от первоначальной, полученной для синхронной машины без повреждений.

Установлено, что дополнительно для синхронной машины на холостом ходу следует в качестве признака наличия витковых замыканий использовать отклонение от синусоиды вейвлет-коэффициентов масштабов, близких к масштабу основной гармонике.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Устройство защиты синхронной электрической машины от витковых и двойных на землю замыканий в обмотке ротора: пат. 22450 (KZ). № 2008/1073.1, заявл. 29.09.2008; опубл. 15.04.2010, Бюл. № 5. – 4 с.

2 **Полищук, В. И.** Построение защиты от виткового замыкания в обмотке ротора синхронного генератора на основе индукционного датчика магнитного поля рассеяния // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – № 4. – С. 57–61.

3 Устройство для вычисления дискретизированного непрерывного вейвлет-преобразования : пат. 2437147 РФ, МПК G 06 F 17/14. № 2010127068/08; заявл. 01.07.2010; опубл. 20.12.2011, Бюл. № 35. – 9 с.

4 **Хамухин, А. А.** Математическая модель ячейки однородной структуры для вычисления непрерывного вейвлет-преобразования // Проблемы информатики. – 2011. – № 5. – С. 87–93.

5 **Хамухин, А. А.** Применение ячеек однородной структуры для вычисления непрерывного вейвлет-преобразования // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317. – № 5. – С. 149–153.

6 **Хамухин, А. А.** О параллельном вычислении непрерывного вейвлет-преобразования в задаче обнаружения узкополосных шумовых гидроакустических сигналов на основе интегрального вейвлет-спектра // Техническая акустика. Электрон. журн. – 2012. – № 5. [Электронный ресурс]. – URL : <http://ejta.org/ru/khamukhin1> (Дата обращения: 20.06.2013).

7 **Хамухин, А. А.** Итерационный алгоритм вычисления дискретизированного непрерывного вейвлет-преобразования // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2013. – № 3. – С. 9–13. Поступила 21.10.2013 г.

8 **Новожилов, А. Н., Акаев, А. М., Новожилов, Т. А., Волгина, Е. М.** Обзор защит от витковых замыканий в синхронных машинах // Вестник ПГУ (Энергетическая серия). – Павлодар, 2014. – № 3. – С. 262–268.

9 **Неболюбов, Ю. Е.** К вопросу о релейной защите синхронных компенсаторов. – 113–117 с.

10 **Силаева, Т. А., Назаров, Ю. Г.** Способ защиты синхронных генераторов от витковых замыканий в обмотке статора. – Электричество, 1975. – № 4. – С. 12–16.

## REFERENCES

1 *Ustrojstvo zashchity sinhronnoj elektricheskoy mashiny ot vitkovykh i dvojnykh na zemlyu zamykanij v obmotke rotora [Device for protection of a synchronous electric machine against coil and double earth faults in the rotor winding]: Pat. 22450 (KZ). No. 2008/1073.1, Appl. 09/29/2008; publ. 04/15/2010, Bull. No. 5. – 4 p.*

2 **Polishchuk, V. I.** Postroenie zashchity ot vitkovogo zamykaniya v obmotke rotora sinhronnogo generatora na osnove indukcionnogo datchika magnitnogo

polya rasseyaniya [Construction of protection against coil circuit in the rotor winding of a synchronous generator based on an inductive sensor of a magnetic stray field]// Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. – 2012. – T. 321. – No. 4. – P. 57 – 61.

3 Ustrojstvo dlya vychisleniya diskretizirovannogo nepreryvnogo vejvlet-preobrazovaniya [Device for computing the discretized continuous wavelet transform]: Pat. 2437147 RF, IPC G 06 F 17/14. No. 2010127068/08; dec. 07/01/2010; publ. 20.12.2011, Bull. No. 35. – 9 p.

4 **Hamuhin, A. A.** Matematicheskaya model' yachejki odnorodnoj struktury dlya vychisleniya nepreryvnogo vejvlet-preobrazovaniya [Mathematical model of a cell of homogeneous structure for calculating the continuous wavelet transform]// Problems of informatics. – 2011. – No. 5. – P. 87–93.

5 **Hamuhin, A. A.** Primenenie yacheek odnorodnoj struktury dlya vychisleniya nepreryvnogo vejvlet-preobrazovaniya [Application of cells of homogeneous structure to calculate the continuous wavelet transform]// Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. – 2010. – T. 317. – No. 5. – P. 149 – 153.

6 **Hamuhin, A. A.** O parallel'nom vychislenii nepreryvnogo vejvlet-preobrazovaniya v zadache obnaruzheniya uzkopolsnyh shumovyh gidroakusticheskikh signalov na osnove integral'nogo vejvlet-spektra [On parallel computation of a continuous wavelet transform in the problem of detecting narrow-band noisy hydroacoustic signals based on the integral wavelet spectrum]// Technical acoustics. Electron. magazine 2012. No. 5. [Electronic resource] – URL: <http://ejta.org/ru/khamukhin1> (date of access: 06/20/2013).

7 **Hamuhin, A. A.** Iteracionnyj algoritm vychisleniya diskretizirovannogo nepreryvnogo vejvlet-preobrazovaniya [Iterative Algorithm for Calculating Discretized Continuous Wavelet Transform] // Bulletin of computer and information technologies. – 2013. – No. 3. – P. 9–13. Received October 21, 2013

8 **Novozhilov, A. N., Akaev, A. M., Novozhilov, T. A., Volgina, E. M.** Obzor zaschit vitkovich zamikanii v sinchronnyh machinah [Overview of coil fault protection in synchronous machines] // Bulletin of PSU (Energy Series). – Pavlodar, 2014. – No. 3. – P. 262–268.

9 **Nebolubov, U. E. K** voprosu o releynoi zashite sinchronnyh kompensatorov [On the issue of relay protection of synchronous compensators].– 113–117 p.

10 **Silaeva, T. A.,** Nazarov, Y. G. Sposob zaschity sinhronnyh generatorov ot vitkovykh zamykanii v obmotke statora [Method of protection of synchronous generators from coil short circuits in the stator winding]. – Elektrichestvo, 1975. – No. 4. – P. 12–16.

Материал поступил в редакцию 13.06.22.

\*А. М. Акаев<sup>1</sup>, Ж. Б. Исабеков<sup>2</sup>, Б. Б. Исабекова<sup>3</sup>, Е. Ж. Жумжуман<sup>4</sup>,  
А. Т. Абенова<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.  
Материал баспаға 13.06.22 түсті.

## **ВЕЙВЛЕТ-ТАЛДАУ НЕГІЗІНДЕ СИНХРОНДЫ КОМПЕНСАТОР РОТОРЫ ОРАМАСЫНЫҢ ОРАМДЫҚ ҚЫСҚА ТҰЙЫҚТАЛУЫН АНЫҚТАУ ӘДІСІ**

*Реактивті қуатты қарымталау электр желілерінің ажырамас бөлігі болып табылады. Бұл процесс қарымталағыш құрылғылардың көмегімен жүзеге асады, олардың бірі синхронды қарымталағыш болып табылады. Компенсациялық құрылғының релейлік қорғанысы басқа электр жабдықтарын қорғау сияқты міндетті болып табылады.*

*Синхронды қарымталағыш роторының орамасындағы қысқа тұйықталудың функционалды диагностикалаудың дәлелденген әдістерінің болмауы және үлкен генераторларда мұндай зақымданудың пайда болуы үлкен экономикалық шығындарға әкеледі. Мақалада генераторға орнатылған магнит өрісі сенсорының шығысындағы ЭҚК вейвлет-талдауы негізінде ротор орамасындағы қысқа тұйықталудың диагностикалық белгісін іздеу берілген. Үздіксіз вейвлет-түрлендіру негізінде талданатын сигнал арқылы генератордағы орамааралық қысқа тұйықталуды анықтауға мүмкіндік беретін уақыт шкаласының спектріне эксперименттік талдау жасалды. Алгоритм тікелей синхронды қарымталағыштың өзінде орнатылған сенсорлардың мәліметтер негізінде сыналды. Магнит өрісі сенсорының мәліметтеріне сай үздіксіз толқындық вейвлет-түрлендіру спектрограмма негізінде синхронды қарымталағыш орамасында орамааралық қысқа тұйықталудың болуын анықтауға болады. Ұсынылған деректерді оңдеу әдісі орамааралық қысқа тұйықталуды уақтылы анықтауға мүмкіндік береді.*

*Кілтті сөздер: синхронды генератор роторы, магниттік шашырау ағыны, ротордың орамдық тұйықталуы, интегралдық вейвлет-спектр, вейвлет-коэффициенттердің дисперсиясы.*

\*А. М. Ақаев<sup>1</sup>, Ж. Б. Исабеков<sup>2</sup>, Б. Б. Исабекова<sup>3</sup>, Е. Ж. Жұмжуман<sup>4</sup>,  
А. Т. Абенова<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Material received on 13.06.22

## **METHOD FOR DETECTING WINDING CLOSURES OF THE ROTOR WINDING OF A SYNCHRONOUS COMPENSATOR BASED ON WAVELET ANALYSIS**

*Reactive power compensation is an integral part in electrical networks. This process occurs with the help of compensating devices, one of which is a synchronous compensator. Relay protection of the compensating device is also mandatory, as is the protection of other electrical equipment.*

*The absence of proven methods of functional diagnostics of a winding circuit in the rotor winding of a synchronous compensator and the occurrence of such damage in large generators leads to great economic damage. The article presents a search for a diagnostic sign of the occurrence of a short circuit of the rotor winding based on a wavelet analysis of the EMF at the output of a magnetic field sensor installed in the end part of the generator. Based on the continuous wavelet transform, an analysis of experimental data was carried out to obtain a spectrum in a time scale that allows detecting local inhomogeneities of the analyzed signal. The algorithm was tested on the basis of sensor data, which are installed directly on the synchronous compensator itself. Based on the deviation of the spectrogram data of the continuous wavelet transform of the signal from the magnetic field scattering sensor, it is possible to detect the presence of loop closures in the winding of the synchronous compensator. The proposed method of data processing makes it possible to detect loop closures in a timely manner.*

*Keywords: Synchronous compensator rotor, scattering magnetic flux, rotor winding closures, integral wavelet spectrum, dispersion of wavelet coefficients.*

Теруге 13.06.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2022 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

16,6 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.88. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3958

Сдано в набор 13.06.2022 г. Подписано в печать 30.06.2022 г.

Электронное издание

16,6 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.71. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3958

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[www.vestnik-energy.tou.edu.kz](http://www.vestnik-energy.tou.edu.kz)