

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента на диссертационную работу Каландарова Хусейнджона Умаровича «Исследование работоспособности контактной системы трехфазных регуляторов напряжения под нагрузкой силовых трансформаторов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 - Электротехнические комплексы и системы**

### **Соответствие диссертации представленной научной специальности**

Предметом исследования диссертации являются алгоритмы автоматизированного определения работоспособности электротехнического комплекса «регулятор напряжения под нагрузкой – обмотка силового высоковольтного трансформатора (РПН-ОСВТ)», а также новый способ и устройство для осциллографирования токов трёхфазного РПН, подключённого к обмотке высокого напряжения (ВН) силового трансформатора по схеме треугольник, и рассматриваемого как самостоятельный технологический комплекс, обеспечивающий их эффективное и безопасное функционирование. Одновременно с этим в работе выполнена экономическая оценка эффективности разработанных алгоритмов автоматизированного определения работоспособности трёхфазных РПН силовых трансформаторов, что соответствует формуле специальности и п.2 и п.4 области исследования специальности.

Вышеуказанное подтверждает соответствие диссертации специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

### **Актуальность избранной темы диссертационного исследования**

Обеспечение надежного функционирования систем электроснабжения всегда рассматривалось как важнейшая задача электроэнергетической отрасли и государственной политики в аспекте энергетической безопасности страны. Из-за старения инфраструктуры систем генерации, передачи и распределения электроэнергии растет вероятность повреждений электротехнического электрооборудования и отказов, ведущих к крупным системным авариям и, соответственно, нарушению электроснабжения потребителей. Силовой трансформатор является одним из важнейших

элементов, определяющих надежность электроснабжения, однако по данным ПАО «ФСК ЕЭС» износ основных фондов трансформаторного оборудования составляет более половины. Проведенные в последние годы исследования показывают, что около 40 % аварий силовых трансформаторов связаны с нарушением работоспособности переключающих устройств - регуляторов напряжения под нагрузкой. Поэтому одним из эффективных путей поддержания эксплуатационной надежности силовых трансформаторов является организация эффективного контроля его состояния, а также состояния его комплектующих изделий, в том числе и РПН.

Следовательно, тема диссертационного исследования, направленная на исследование работоспособности контактной системы трехфазных регуляторов напряжения под нагрузкой силовых трансформаторов, является весьма актуальной и имеет научную и практическую значимость.

**Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и заключений** обеспечивается использованием основных законов электротехники и подтверждается апробацией результатов определения работоспособности контактной системы трёхфазных РПН, эксплуатируемых на силовых трансформаторах электростанций и подстанций Чувашской Республики, а также Согдийских электрических сетей Республики Таджикистан, а также широкой апробацией результатов исследования на Международных, Республиканских и Всероссийских научно-технических конференциях.

**Научная новизна положений, результатов и выводов,** сформулированных в диссертации, заключается в следующем:

1. Разработаны новый способ и устройство для снятия осциллограмм токов контактной системы трёхфазных РПН, подключенных к обмотке ВН силовых трансформаторов, собранных по схеме треугольник, отличающиеся от известных тем, что определение работоспособности контактной системы осуществляется без установки изолирующих прокладок между главными, дугогасительными и вспомогательными контактами на одной из фаз контактора.

2. Разработаны алгоритмы автоматизированного определения работоспособности контактной системы трехфазных РПН серии РС и типа SDV со вскрытием бака контактора и со сливом из него диэлектрической жидкости.

3. Разработан алгоритм автоматизированного определения работоспособности контактной системы трехфазных РПН серии РС без вскрытия бака контактора и без слива из него диэлектрической жидкости.

**Практическая ценность работы и реализация ее результатов** заключается в том что:

1. Разработано устройство для осциллографирования токов контактной системы трёхфазного РПН, подключённого к обмотке силового трансформатора по схеме треугольник без установки изолирующих прокладок между контактами контактора на одной из его фаз, которое позволяет существенно сократить время проведения измерений, снизить материальные и трудовые затраты, загрязнение окружающей среды.

2. Разработаны алгоритмы автоматизированного определения работоспособности трёхфазных РПН серии РС и типа SDV, которые позволяют накапливать электротехническую информацию и обеспечивать надежное функционирование силовых трансформаторов, существенно облегчить и ускорить исследование работы контактной системы названных устройств.

3. Разработанный алгоритм автоматизированного определения работоспособности контактной системы трёхфазного РПН серии РС внедрен в Согдийских электрических сетях ОАХК «Барки Точик» Республики Таджикистан и в учебный процесс Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими.

**Анализ содержания работы и соответствие ее требованиям, предъявляемым диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук**

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, библиографического списка, включающего 134 источника и

трёх приложений. Работа изложена на 139 страницах, содержит 35 рисунков, 12 таблиц.

**Во введении** обоснована актуальность выбранной темы, сформулирована цель работы и вытекающие из нее задачи исследования, научная новизна и теоретическая значимость работы, методы исследования, представлена практическая ценность работы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, приведены сведения по апробации результатов работы и публикациям.

**В первой главе** выполнен обзор работ по теме диссертационного исследования, приведены сведения о конструкции переключающих устройств силовых трансформаторов, подробно рассмотрены трёхфазные РПН, подключённые к обмотке ВН силового трансформатора, соединённой по схеме звезда (РПН серии РС) и по схеме треугольник (РПН типа SDV). На основании анализа известных способов осциллографирования токов контактной системы трёхфазных РПН сделан вывод, что традиционные способы со сливом масла характеризуются высокими трудовыми и эксплуатационными затратами.

**Во второй главе** предложен новый способ осциллографирования токов трёхфазного РПН типа SDV1-630-41/41-W19 без установки изолирующих прокладок между подвижными и неподвижными главными, дугогасительными и вспомогательными контактами контактора на одной из его фаз. Разработанный способ дает возможность определить работоспособность контактной системы трёхфазного РПН со вскрытием бака и со сливом из него диэлектрической жидкости. Для разработки устройства осциллографирования токов контактной системы трёхфазного РПН, подключённого по схеме треугольник без установки изолирующих прокладок, использован цифровой осциллограф (ЦО), показаны преимущества применения разработанного устройства на практике.

**В третьей главе** разработаны алгоритмы автоматизированного определения работоспособности контактной системы трёхфазных РПН серии РС и типа SDV со вскрытием бака контактора и со сливом из него диэлектрической жидкости и для трёхфазных РПН серии РС – без вскрытия

бака контактора и без слива из него диэлектрической жидкости. Работа алгоритма основана на сравнении временных параметров процесса переключения контактов контактора, приведённые в типовых осциллограммах завода-изготовителя, с осциллограммами, полученными в результате испытания РПН во время текущей эксплуатации силового электрооборудования с помощью многоканального ЦО. Определение работоспособности контактной системы трёхфазных РПН предложено осуществлять путём проверки условий, указанных в разработанных алгоритмах.

**В четвертой главе** выполнено апробирование разработанных способов и алгоритмов определения работоспособности контактной системы исследуемых трёхфазных РПН при диагностировании переключающих устройств, эксплуатируемых на подстанциях электросетевых предприятий «Согдийские электрические сети» Республики Таджикистан и филиала ПАО «МРСК Волги» – «Чувашэнерго». Рассчитаны значения индуктивности рассеяния обмотки ВН по анализу осциллограмм токов трехфазного РПН серии РС соответственно на спадающем и нарастающем участках кривой, отличающиеся на 35 и 20% от значений индуктивности рассеяния, полученных с использованием метода напряжения короткого замыкания. Рассчитан экономический эффект от внедрения способа осциллографирования токов контактной системы и алгоритмов автоматизированного определения работоспособности трёхфазного РПН типа SDV и серии РС.

**В заключении** приводятся основные результаты и выводы по диссертационной работе.

**В приложениях** приведены база данных цифрового осциллографа, пример расчета индуктивности рассеяния высоковольтной обмотки силового трансформатора, а также акты внедрения результатов работы в Согдийских электрических сетях ОАХК «Барки Точик» Республики Таджикистан и в учебный процесс Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими.

На основании анализа содержания можно заключить, что в целом в работе достаточно полно освещены все научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации. Диссертационная работа по своему объему и структуре является полноценной и завершенной научно-квалифицированной работой. Полученные в диссертации выводы достаточно обоснованы, а результаты являются новыми. Диссертация оформлена в соответствии с установленными требованиями.

#### **Апробация работы и подтверждение опубликованных основных положений и выводов**

Основные положения диссертации опубликованы в открытой печати, докладывались и обсуждались на Международных, Республиканских и Всероссийских научно-технических конференциях. По теме диссертации опубликовано 14 печатных работ, в том числе пять работ - в изданиях, в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК. Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

#### **Основные замечания по диссертационной работе**

1. В работе представлено большое количество экспериментальных данных, снятых с помощью разработанных способов осциллографирования токов контактной системы РПН (главы 2, 3, 4 – осциллограммы токов трехфазных РПН типа SDV и серии РС). Однако, в диссертации не приводятся протоколы проверки переключающих устройств, не выполнена оценка погрешности измерений и, исходя из этого, достоверность выводов и рекомендаций требует дополнительных обоснований.

2. В работе разработаны алгоритмы автоматизированного определения работоспособности контактной системы трехфазных РПН типа SDV (производства Германии) и серии РС (производства Болгарии), где используются временные характеристики типовых осциллограмм для конкретных переключающих устройств. Не ясно, возможно ли применение разработанных алгоритмов для РПН других производителей, если известно,

что переключающие устройства имеют различные типовые осциллограммы и соответственно временные характеристики?

3. В тексте диссертации приведены разработанное устройство осциллографирования токов контактной системы трёхфазного РПН (глава 2) и результаты осциллографирования, полученных с помощью разработанных способов и алгоритмов, (глава 4), но не указаны перечень приборов и приспособлений, используемых при осциллографировании, не приведены требуемые технические характеристики многоканального цифрового осциллографа.

4. Не корректно составлена система уравнений (4.1), описывающая исходное состояние РПН (эквивалентная схема замещения приведена на рисунке 4.6). В системе уравнений следовало бы указать индуктивности рассеяния основных обмоток  $L_{осн}$ .

5. При расчете коэффициента экономической эффективности (глава 4, п.4.3) при определении экономии или прибыли не учтены затраты на приборы и приспособления, используемые при внедрении разработанных методов контроля РПН.

6 В работе имеются стилистические неточности и погрешности: например, расшифрованы не все обозначения временных параметров контакторов и постоянных времени  $\tau$ , которые вводятся в алгоритм автоматизированного определения работоспособности контактной системы РПН (рисунки 3.2, 3.4, 3.7).

Однако, сделанные замечания не снижают ценности диссертационного исследования.

### **Общее заключение**

На основании анализа рассмотренных материалов диссертационной работы следует заключить актуальность рассмотренной проблемы, научную новизну, практическую ценность, достоверность и достаточную обоснованность полученных результатов.

Таким образом, с учетом изложенного выше считаю, что представленная на отзыв диссертация Каландарова Хусейджона Умаровича

направлена на решение важной научно-практической задачи – исследованию работоспособности контактной системы трехфазных РПН силовых трансформаторов, подключенных к обмотке по схеме звезда и треугольник путем осциллографирования их контакторов.

Диссертационная работа «Исследование работоспособности контактной системы трехфазных регуляторов напряжения под нагрузкой силовых трансформаторов» является законченной научно-квалификационной работой и удовлетворяет требованиям «О порядке присуждения научных степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук (п.9) ВАК РФ, и соответствует указанной научной специальности, а ее автор, Каландаров Хусейнджон Умарович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электрические комплексы и системы.

Официальный оппонент,

доктор технических наук, профессор,

заведующий кафедрой

«Электроснабжение и электротехника»

Тольяттинского государственного университета

\_\_\_\_\_/ Вахнина Вера Васильевна/

445667, РФ, Самарская обл., г. Тольятти,  
ул. Белорусская, 14,  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Тольяттинский  
государственный университет»  
Тел. раб./факс 8 (8482) 54-63-11  
E-mail: V.Vahnina@tltsu.ru

