

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего профессионального образования**  
**«Казанский государственный энергетический университет»**  
**(ФГБОУ ВПО «КГЭУ»)**  
**г. Казань**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВПО «КГЭУ»

Э.В. Шамсутдинов

25.02.2016 г.

### **ОТЗЫВ**

**ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Казанский государственный энергетический университет» на диссертацию Каландарова Хусейнджона Умаровича «Исследование работоспособности контактной системы трехфазных регуляторов напряжения под нагрузкой силовых трансформаторов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы**

**Актуальность исследования.** Практически все трансформаторы напряжением 35 кВ и выше (за исключением блочных трансформаторов на электростанциях) оборудованы устройствами регулирования напряжения под нагрузкой (РПН), которые необходимы для стабилизации напряжения у потребителей при изменении их нагрузки. В последнее время к ним добавились трансформаторы напряжением 6 – 10 кВ, также оснащенные устройствами РПН, что подчеркивает актуальность задачи обеспечения потребителей электроэнергией как промышленных, так и бытовых, напряжением надлежащего качества.

Для промышленных потребителей с непрерывным технологическим циклом производства график нагрузки относительно равномерный и число срабатываний РПН за сутки может не превышать одного или полутора

десятков. Для остальных нагрузок это число может доходить до нескольких десятков, что обуславливает необходимость как обеспечения высокой технологической надежности данного устройства на стадии его изготовления, так и необходимость текущего контроля за его состоянием в процессе эксплуатации.

Особенностью трансформаторов в отличие от вращающихся электрических машин является его статичность, т.е. отсутствие движущихся частей, что в целом гарантирует его надежную работу на длительных сроках. В то же время присутствие коммутационных аппаратов в составе РПН требует особого внимания, т.к. именно они являются «слабым звеном» рассматриваемой электрической машины. Размещенные внутри бака трансформатора контакторы РПН находятся под высоким потенциалом и исключают возможность их мониторинга во время работы трансформатора. В то же время и при отключении трансформатора важно обеспечить оперативность диагностики. В рецензируемой работе предложены способы решения этой задачи как за счет упрощения диагностики РПН при сливе масла из трансформатора, так и без слива.

**Новизна исследований и полученных результатов, выводов, рекомендаций, сформулированных в диссертации.** В диссертации обоснован новый способ диагностирования состояния контактной системы РПН трансформаторов, обмотка высшего напряжения которых соединена по схеме «треугольник». Отличительной особенностью предложенного способа является подключение к источнику постоянного напряжения к общему потенциалу совместно вводов двух фаз обмотки высшего напряжения трансформатора. Тем самым исключено влияние одной фазы на токи коммутации РПН двух других фаз, для чего общепринятым решением является введение в контактную систему РПН изолирующих прокладок. Отсутствие изолирующих прокладок в предложенном соискателем методе оценки работоспособности контактной системы РПН повышает надежность последующей работы РПН и убыстряет процесс проведения измерений.

Для автоматизированной оценки состояния контактной системы РПН в диссертации разработаны новые алгоритмы обработки полученных результатов снятия время-токовых диаграмм как для схем соединения обмоток высшего напряжения «треугольник», так и «звезда с нулем», в случае вскрытия бака контактора и слива из него трансформаторного масла. Алгоритмы реализуют методику сопоставления результатов измерений на каждом этапе работы контакторов с типовой осциллограммой. Такой прием

позволяет быстро выявить возможные дефекты контактной системы на любой стадии коммутационных процессов.

Для трансформаторов со схемой соединения обмотки высшего напряжения «звезда с нулем» новым направлением диагностики состояния РПН является предложенный в диссертации алгоритм оценки измерений коммутационных характеристик РПН без вскрытия бака контактора и слива трансформаторного масла. Более сложное задание исходной информации по постоянным времени переходных процессов, требующее предварительных испытаний, в дальнейшем оправдывается оперативностью текущей диагностики. Предложенный в диссертации учет влияния положения контактов РПН на постоянные времени позволяет повысить точность диагностики.

Выводы и рекомендации по использованию метода оценки работоспособности РПН при исключении из опыта изолирующих прокладок достаточно обоснованы и подкрепляются приложенными результатами натурных экспериментов в виде пофазных осциллограмм токов к контактной системе с их взаимной синхронизацией во времени.

Предложенные алгоритмы также достаточно обоснованы и логически связаны с типовыми осциллограммами работы контакторов.

Выводы по экономической эффективности мониторинга работоспособности РПН заранее очевидны, хотя и опираются в работе на подробную калькуляцию трудозатрат.

**Значимость для науки и производства полученных соискателем результатов.** Соискателем разработаны алгоритмы автоматизированной оценки состояния контактной системы РПН трансформаторов с различными схемами соединения обмоток, что ускоряет процесс оценки и делает его независимым от субъекта мониторинга, тем самым повышая достоверность выводов. Исключение изолирующих прокладок из условий экспериментов ускоряет сам процесс выполнения опытов и снижает риск их попадания в бак. Оперативность оценки состояния контактной системы РПН без разбора бака РПН и слива масла при организации базы данных по постоянным времени переходных процессов для всей шкалы номинальных мощностей трансформаторов принципиально повышается в сравнении с имеющимися на сегодняшний день методами и может проводиться на большинстве подстанций в ночные часы, когда один из трансформаторов отключен по условиям снижения потерь электроэнергии.

**Конкретные рекомендации по использованию результатов диссертационной работы.** Результаты диссертации целесообразно использовать во всех электросетевых компаниях страны, в ведении которых находится эксплуатация силовых трансформаторов, таких как Федеральная сетевая компания, в региональных компаниях, например, ПОА «Сетевая компания», г. Казань, в промышленных компаниях, на балансе которых находятся электрические сети 35 – 110 кВ, таких как ПАО «Татнефть», ПАО «Башнеть» и других, на промышленных предприятиях, где имеются главные понизительные подстанции 35 – 110 кВ. Целесообразно продолжить работу в научно-исследовательских коллективах по уточнению влияния положения РПН на результаты измерений работоспособности контактной системы РПН, используемые для оценки смещения фазных обмоток.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. Соискатель ошибочно отождествляет фазную индуктивность с индуктивностью рассеяния (гл. 4). Записанные им уравнения баланса напряжений для каждой фазы однозначно показывают, что рассматриваемая индуктивность учитывает электромагнитное взаимодействие всех трех фаз.

2. Приведенные численные значения индуктивного сопротивления не дают основания для достоверной оценки деформации обмотки, т.к. разброс в значениях сопротивления находится на уровне 10 %.

3. Представленные материалы не дают ответа, почему необходимо использовать именно трехканальный источник напряжения. Т.к. по описанию экспериментов внутреннее сопротивление каждого канала принимается одинаковое, то точно также мог бы использоваться одноканальный источник напряжения, на «плюсовом» выводе которого на общей шине выполняется коммутация всех необходимых проводов.

4. Участок кривой I, рис. 4.7 (в автореферате – рис. 14) относится к установившемуся режиму после включения трансформатора, поэтому некорректно связывать с ним дифференциальное уравнение (4.1), тем более не учитывающее бросок тока намагничивания.

5. Из описания алгоритмов проверки контактной системы РПН не следует, как именно технически может быть обеспечена её требуемая настройка и возможна ли она в принципе. Т.е. какие факторы свидетельствуют о достаточности просто регулирования, а какие – о необходимости ремонтных работ (замене) контактной системы?

6. В целом автореферат отражает содержание диссертационной работы. Но четвертое положение, вынесенное на защиту, в автореферате раскрыто недостаточно полно.

**Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям.** Представленное исследование выполнено на актуальную тему по оценке работоспособности контактной системы РПН силовых трансформаторов, содержит новые технические решения с соответствующими обоснованиями, их достоверность доказана результатами натуральных экспериментов на действующих трансформаторах, результаты диссертации имеют непосредственное практическое значение.

Диссертация соискателя соответствует заявленной специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Таким образом, диссертация Каландарова Хусейнджона Умаровича «Исследование работоспособности контактной системы трехфазных регуляторов напряжения под нагрузкой силовых трансформаторов» является законченной научно-квалифицированной работой, которая по актуальности, объёму, уровню исполнения и научной новизне отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Министерства образования и науки РФ, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Диссертационная работа и автореферат диссертации Каландарова Хусейнджона Умаровича, а также отзыв обсуждены на заседании кафедры электроэнергетических систем и сетей федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Казанский государственный энергетический университет», протокол № 12 от 22.02.2016 г.

Заведующий кафедрой  
электроэнергетических систем и сетей  
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный  
энергетический университет»  
д.ф.-м.н., проф.

Козлов Владимир Константинович

ФГБОУ ВПО «КГЭУ»  
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51  
(843) 519-42-02, 562-43-25  
[kgeu@kgeu.ru](mailto:kgeu@kgeu.ru)

Козлова В.К.  
5