

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный
машиностроительный университет (МАМИ)»

Чебоксарский политехнический институт
(филиал) Университета машиностроения

К. Маркса ул., д. 54, Чебоксары, 428000, Россия
тел./факс: +7 8352 63-04-59, +7 8352 62-63-22
rektorat@polytech21.ru, www. polytech21.ru

17.11.2015 № 676/01-12

на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Директор



Агафонов А.В.

О Т З Ы В

ведущей организации на диссертацию **Мельниковой Ольги Сергеевны**
на тему «Диагностика главной изоляции силовых маслонаполненных
электроэнергетических трансформаторов по статистическому критерию
электрической прочности масла», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности
05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

Актуальность темы

Опыт эксплуатации силовых трансформаторов указывает на то, что основной причиной их отказа является повреждение внутренней маслосодержащей изоляции. При этом значительная часть этих повреждений приходится на главную изоляцию маслосодержащего типа в результате пробоя первого масляного канала вблизи обмотки высшего напряжения. Недостаточная электрическая прочность первого масляного канала и его пробой ведут к развитию ползущего разряда, возникновению внутренних коротких замыканий в силовых трансформаторах, часть из которых завершается взрывами и пожарами силовых трансформаторов.

В эксплуатации отмечается возрастание повреждаемости силовых трансформаторов с ростом их мощности и класса напряжения, наблюдается повышение их удельной повреждаемости с увеличением срока эксплуатации. При этом повреждения главной изоляции происходят как в период нормативного срока эксплуатации трансформатора, так и за его пределами. Такое положение обусловлено тем, что

имеются определённые недоработки при создании изоляционных конструкций при проектировании, а также при эксплуатации трансформаторов.

Увеличение мощности трансформатора и его номинального напряжения приводит к увеличению объёма масла в каналах главной изоляции и снижению их электрической прочности, что обусловлено статистическими закономерностями формирования пробоя трансформаторного масла, причём степень снижения электрической прочности масла с увеличением его объёма будет возрастать для масел, имеющих повышенный разброс пробивных напряжений. Однако в нормативных документах России и зарубежных стран не предусмотрен диагностический параметр, отражающий влияние разброса пробивного напряжения масла на статистические характеристики электрической прочности главной изоляции силовых трансформаторов с учётом их мощности.

В этих условиях становятся важными разработки новых подходов при диагностировании главной изоляции силовых маслonaполненных трансформаторов с применением диагностических статистических параметров электрической прочности масляных каналов главной изоляции трансформаторов на основе результатов эксплуатационных испытаний масла в маслопробойнике. Это позволит определять техническое состояние главной изоляции трансформаторов с учётом влияния их мощности и класса напряжения.

В силу этого тема диссертации является актуальной.

Цель работы

В диссертации поставлена и достигнута цель по разработке методов и средств расчёта диагностических статистических характеристик электрической прочности (СХЭП) масляных каналов трансформаторов и алгоритма диагностирования главной изоляции силовых трансформаторов с учётом влияния их мощности и класса напряжения по выбранному статистическому критерию электрической прочности масла на основе его эксплуатационных испытаний.

Значимость для науки и производства полученных автором результатов

Полученные диссертантом результаты являются реальным вкладом в развитие теории совершенствования методов и технических средств диагностирования главной изоляции силовых трансформаторов с применением статистических критериев электрической прочности масляных каналов изоляции.

Для организаций и специалистов, работающих в области повышения эффективности диагностирования главной изоляции силовых трансформаторов, теоретиче-

скую и практическую значимость представляют следующие результаты диссертационных исследований:

1. Диагностическая модель главной изоляции силовых маслонаполненных трансформаторов, включающая в себя методы, позволяющие определять СХЭП масла как диагностические параметры с учётом влияния мощности и класса напряжения трансформаторов.

2. Алгоритм диагностирования главной изоляции трансформаторов по предложенному статистическому критерию изменчивости пробивного напряжения масла в маслопробойнике на основе его эксплуатационных испытаний.

3. Новая испытательная ячейка, обеспечивающая повышение эффективности определения диагностических статистических характеристик пробивного напряжения масла в маслопробойнике;

4. Программы расчёта на ЭВМ статистических диагностических параметров трансформаторного масла, реализующие предложенную диагностическую модель главной изоляции трансформаторов.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Для использования в научно-исследовательских учреждениях, генерирующих и сетевых компаниях электроэнергетики, занимающихся исследованием, разработкой и применением в эксплуатации методов и технических средств диагностики главной изоляции силовых трансформаторов, а также в учебном процессе электроэнергетических специальностей вузов рекомендуются следующие результаты исследований, полученные в диссертации:

– метод и программа расчёта на ЭВМ СХЭП масляных каналов главной изоляции силовых трансформаторов как диагностических параметров с учётом влияния их мощности и класса напряжений;

– метод и программа расчёта на ЭВМ диагностических статистических характеристик пробивных напряжений трансформаторного масла в маслопробойнике с применением трёхпараметрического распределения Гнеденко-Вейбулла;

– алгоритм диагностирования главной изоляции силовых трансформаторов с применением статистического критерия изменчивости пробивного напряжения масла в маслопробойнике;

– новая испытательная ячейки маслопробойника с эффективной системой перемешивания масла.

Научная новизна

Научная новизна работы сформулирована автором в следующих тезисах:

1. Разработана диагностическая модель главной изоляции силовых маслонаполненных трансформаторов, включающая в себя методы, позволяющие определять СХЭП масла как диагностические параметры с применением трёхпараметрического распределения Гнеденко-Вейбулла и учитывающая:

- влияние объёма масла и неоднородности электрического поля;
- влияние мощности и класса напряжения силовых трансформаторов;
- малый объём экспериментальной выборки при определении диагностических статистических параметров по результатам эксплуатационных испытаний масла в маслопробойнике.

2. Для диагностирования главной изоляции силовых трансформаторов в эксплуатации на основе анализа результатов выполненного вычислительного эксперимента предложен статистический критерий изменчивости пробивного напряжения масла в маслопробойнике $K_{и,ц} = U_0/U_n$ и определены условия выбора его предельных значений $K_{и,ц,пр}$ с учётом влияния мощности и класса напряжения трансформаторов.

3. Разработан алгоритм диагностирования главной изоляции трансформаторов по статистическому критерию изменчивости пробивного напряжения масла в маслопробойнике $K_{и,ц}$. С применением этого алгоритма и результатов эксплуатационных испытаний в маслопробойнике для действующих трансформаторов класса 110 кВ мощностью 2,5 – 125 МВА определены предельные значения коэффициента изменчивости $K_{и,ц,пр} = (U_0/U_n)_{пр}$, которые уменьшаются при увеличении мощности трансформатора.

4. На основе результатов выполненного диагностирования главной изоляции силовых трансформаторов по предложенному алгоритму и данным эксплуатационных испытаний масла определена степень соответствия изоляции действующих трансформаторов класса 110 кВ различной мощности предъявляемым требованиям по статистическому критерию изменчивости пробивного напряжения масла в маслопробойнике.

5. Разработана новая испытательная ячейка (патент РФ № 2507524, приоритет от 17.07.12), обеспечивающая повышение эффективности определения диагностических статистических характеристик пробивного напряжения масла в маслопробойнике.

Сформулированные автором положения научной новизны обоснованы и следуют из материалов исследований, изложенных в диссертации. Они представляют собой новые научные результаты, позволяющие повысить эффективность диагностирования главной изоляции силовых трансформаторов в эксплуатации.

Обоснованность и достоверность результатов работы обеспечивается применением известных физических методов исследования свойств жидких диэлектриков, методов математического и статистического определения характеристик электрической прочности электроизоляционных масел как параметров диагностической модели главной изоляции трансформаторов, использованием результатов эксплуатационных испытаний, экспериментальных данных других авторов и полученных в работе, совпадением расчётных и экспериментальных результатов.

Практическая ценность

Автором выдвинуты следующие практически значимые положения:

1. Разработанный метод и программа расчёта на ЭВМ СХЭП масляных каналов главной изоляции силовых трансформаторов как диагностических параметров с учётом влияния их мощности и класса напряжений.

2. Разработанный метод и программа расчёта на ЭВМ диагностических статистических характеристик пробивных напряжений трансформаторного масла в маслопробойнике с применением трёхпараметрического распределения Гнеденко-Вейбулла.

3. Полученные предельные значения статистического критерия изменчивости пробивного напряжения масла в маслопробойнике для трансформаторов 110 кВ различной мощности, предназначенные для диагностики главной изоляции трансформаторов.

4. Разработанный алгоритм диагностирования главной изоляции силовых трансформаторов с применением статистического критерия изменчивости пробивного напряжения масла в маслопробойнике и учётом влияния их мощности и класса напряжения по результатам эксплуатационных испытаний масла в маслопробойнике.

5. Новая испытательная ячейка, обеспечивающая повышение эффективности диагностирования статистических характеристик пробивного напряжения масла в маслопробойнике.

Разработанные автором методы и программы расчёта на ЭВМ СХЭП масляных каналов главной изоляции, статистических характеристик пробивных напряжений трансформаторного масла в маслопробойнике, полученные предельные значения статистического критерия изменчивости пробивного напряжения масла в маслопробойнике, алгоритм диагностирования изоляции и предложенная испытательная ячейка в комплексе могут быть использованы для диагностирования главной изоляции трансформаторов с учётом влияния их мощности.

Научные и практические результаты работы внедрены в Главном управлении ОАО «ТГК-2» по Ярославской области, в Филиале «Ивановские ПГУ» ОАО «Интер РАО–Электрогенерация», в учебный процесс ИГЭУ.

Вопросы и замечания по диссертации

1. Может ли разработанная статистическая диагностическая модель главной изоляции силовых трансформаторов использоваться для оценки статистических диагностических параметров другого маслonaполненного оборудования?

2. Для системного накопления и анализа предложенных диагностических статистических характеристик электрической прочности эксплуатационных масел в энергетических предприятиях следовало бы разработать дополнительную к традиционной форму протокола испытаний.

3. Может ли предложенная измерительная ячейка применяться для определения пробивного напряжения электроизоляционных жидкостей с повышенной вязкостью?

4. Как вписывается в разработанную статистическую диагностическую модель главной изоляции трансформаторов случай, встречающийся в практике эксплуатационных испытаний, когда все шесть значений пробивных напряжений масла в маслопробойнике имеют одинаковые значения?

Указанные замечания не снижают теоретической и практической ценности выполненной работы.

Заключение по работе

Диссертация Мельниковой Ольги Сергеевны «Диагностика главной изоляции силовых маслonaполненных электроэнергетических трансформаторов по статистическому критерию электрической прочности масла» является законченной научно-квалификационной работой, в которой на достаточно высоком научно-техническом уровне решается важная народно-хозяйственная задача по повышению надёжности работы силовых маслonaполненных электроэнергетических трансформаторов.

Диссертационная работа соответствует формуле и области исследования паспорта специальности 05.14.02–«Электрические станции и электроэнергетические системы».

Диссертация удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней (утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Мельникова Ольга Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени канди-

дата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Диссертационная работа и отзыв на неё обсуждены и одобрены на заседании кафедры «Электрических систем, физики и математики» Чебоксарского политехнического института (филиала) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)» от «11» ноября 2015 г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой «Электрических систем, физики и математики» Чебоксарского политехнического института (филиала) ФГБОУ ВО «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)»

К.Т.Н., доцент,
тел 8 919 666 37 48,
e-mail:sergymariel@yandex.ru

Сергей Васильевич
Венедиктов

Профессор кафедры «Электрических систем, физики и математики» Чебоксарского политехнического института (филиала) ФГБОУ ВО «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)»

Д.Т.Н., доцент,
тел 8 903 345 85 40,
e-mail: mikheevga@rambler.ru

Георгий Михайлович
Михеев



Заведующий кафедрой
(должность)
С. В. Венедиктов
(И.О. Фамилия)

[Signature]
(И.О. Фамилия)



Профессор Г. М. Михеев
(И.О. Фамилия)

[Signature]
(И.О. Фамилия)