**Дегтярев, Андрей Александрович. Автоматизированный контроль состояния трансформаторов тока высокого и сверхвысокого напряжения : диссертация ... кандидата технических наук : 05.14.02 / Дегтярев Андрей Александрович; [Место защиты: Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (Новочеркас. политехн. ин-т)].- Новочеркасск, 2011.- 223 с.: ил. РГБ ОД, 61 11-5/3225**

**Государственное образовательное учреждение**

**высшего профессионального образования**

**«Южно-Российский государственный технический университет**

**(Новочеркасский политехнический институт)»**

**На правах рукописи**

**ДЕГТЯРЕВ Андрей Александрович**

**УДК 621.314.2.015-52**

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ**

**ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА ВЫСОКОГО И**

**СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

**Специальность 05.14.02 - Электрические станции и электроэнергетические**

**системы**

**Новочеркасск-2011 год**

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

**ВВЕДЕНИЕ 5**

**1 АНАЛИЗ СПОСОБОВ КОНТРОЛЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

**ТОКА ВЫСОКОГО И СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ.. 12**

**1.1 Описание объекта исследований 12**

**1.2 Анализ причин повреждаемости трансформаторов тока 14**

**1.3 Методы контроля состояния изоляции трансформаторов тока 22**

**1.3.1 Электрические методы 23**

**1.3.2 Тепловизионный метод 32**

**1.3.3 Газовая хроматография 34**

**1.3.4 Акустический метод 37**

**1.4 Устройства контроля состояния трансформаторов тока под рабо¬чим напряжением 39**

**1.4.1 Устройства периодического контроля 40**

**1.4.2 Устройства автоматизированного контроля 40**

**1.5 Способы и устройства контроля правильности работы**

**трансформаторов тока ' 46**

**1.6 Выводы 51 „**

**2 АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ**

**АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА. . . 53**

**2.1 Аналитическая модель входных сигналов системы контроля**

**состояния изоляции трансформаторов тока при частичных разрядах 53**

**2.2 Чувствительность к частичным разрядам устройств, реализующих**

**неравновесно-компенсационный метод контроля состояния изоляции трансформаторов тока 61**

**2.3 Анализ помехоустойчивости системы контроля состояния изоля¬ции трансформаторов тока 72**

**з**

**2.4 Возможные причины ложных срабатываний устройств контроля состояния изоляции, реализующих неравновесно-**

**компенсационный метод 82**

**2.5 Выводы 93**

**3 РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ**

**КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА ВЫСОКОГО И**

**СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ: . 96**

**3.1 Общие требования, предъявляемые к современным**

**автоматизированным системам контроля состояния изоляции... . 96**

**3.2 Структурная схема автоматизированной системы контроля**

**состояния изоляции. . . . ............ 99**

**3.3 Предлагаемые способы контроля состояния изоляции трансформаторов тока высокого и сверхвысокого напряжения. . ... 102**

**3.3.1 Принцип обегающего контроля состояния изоляции**

**трансформаторов тока высокого и сверхвысокого напряжения. 102**

**3.3.2 Способ контроля состояния изоляции под рабочим напряжением**

**по параметрам частичных разрядов.... ..... .. ■. 105**

**3.4 Разработка'блоков автоматизированной:система?контроля состояния изоляции трансформаторов тока высокого и**

**сверхвысокого напряжения. . . . . .... .... ...... . ... 112**

**3.4.1 Выбор полосы,пропускания входных фильтров системы контроля**

**состояния изоляции трансформаторов тока: ..... 112**

**3.4.2 Разработка устройства присоединения к объекту контроля. 118**

**3.4.3 Разработка устройства групповой коммутационной сборки 125**

**3.4.4 Математическое моделирование канала аналоговой обработки**

**входных сигналов частичных разрядов. 131**

**3.4.5 Разработка алгоритма работы микропроцессорного блока**

**автоматизированной системы контроля изоляции. 140**

**3:4.6 Внедрение-результатов диссертационной работы. . . . . .. . . 145**

**3.5 Выводы 147**

**4 КОНТРОЛЬ НАСЫЩЕНИЯ МАГНИТОПРОВОДОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА ВЫСОКОГО И СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ 150**

**4.1 Требования к правильности трансформации трансформаторов то¬ка в установившемся и переходном режиме 150**

**4.2 Анализ методов расчета процессов в трансформаторах тока в**

**установившемся и переходном режиме 154**

**4.3 Анализ методов восстановления основной гармоники сигнала**

**трансформатора тока в режиме насыщения 161**

**4.4 Восстановление основной гармоники первичного тока в зоне на¬сыщения магнитопровода трансформатора тока 166**

**4.5 Выводы 182**

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ 184**

**ЛИТЕРАТУРА 186**

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1 200**

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2 223**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе изложены научно-обоснованные техниче­ские разработки, обеспечивающие решение важных прикладных задач. Ос­новные научные выводы и практические результаты можно сформулировать в следующем виде.

1. Установлено, что при исследовании чувствительности к частичным разрядам устройств, реализующих неравновесно-компенсационный метод (НКМ), допустимо не учитывать влияние токов дозаряда емкости изоляции объекта контроля Сх от емкости других элементов РУ. Указанные токи пре­небрежимо малы и не оказывают влияния на значение у (относительное из­менение тока через изоляцию объекта, вызванное дефектом).
2. На основании результатов исследования усовершенствованных ма­тематических моделей процессов, протекающих в изоляции объекта при ЧР, установлены критерии чувствительности к частичным разрядам устройств контроля состояния изоляции ТТ, реализующих НКМ.
3. С помощью математического моделирования и аналитических ис­следований показано, что для обеспечения минимального влияния помех на информационный сигнал при передаче его от устройства присоединения к объекту в систему контроля состояния изоляции целесообразно заземлять ра­диокабель только в коробках выводов ТТ. При этом более предпочтительным является способ передачи информационного сигнала, когда ток утечки фазы непосредственно подается в систему контроля состояния изоляции.
4. Предложены два алгоритма отстройки от влияния напряжения нуле­вой последовательности в первичной электрической сети на работу автома­тизированной системы контроля состояния изоляции, основанной на НКМ, заключающиеся в использовании объекта сравнения и измерении полных проводимостей изоляции фаз.
5. Предложен способ контроля в условиях эксплуатации под рабочим напряжением состояния бумажно-масляной изоляции конденсаторного типа группы трехфазных электротехнических объектов по параметрам частичных разрядов, заключающийся в измерении среднего тока и частоты следования импульсов частичных разрядов для каждой фазы в течение заданных интер­валов времени и поочередном сравнении полученных результатов в одно­именных фазах всех электротехнических объектов между собой и с заданны­ми значениями.
6. Разработаны: структурная схема автоматизированной системы кон­троля состояния изоляции, позволяющая независимо или совместно исполь­зовать НКМ и метод контроля по характеристикам ЧР; принципиальная схе­ма устройства присоединения к объекту контроля, обеспечивающая защиту измерительных цепей системы контроля от импульсных перенапряжений и предусматривающая автоматическое заземление измерительной обкладки объекта контроля в случае обрыва в цепи передачи информационного сигна­ла в систему контроля; математическая модель канала аналоговой обработки входных сигналов ЧР и проведен анализ переходных процессов в указанном канале; детальный алгоритм и программа на языке программирования С для микропроцессорного блока АСКИ, реализующего НКМ.
7. Изготовлены образцы автоматизированной системы контроля со­стояния изоляции АСКИ КТУ-5, выполняющей контроль состояния бумаж­но-масляной и твердой изоляции трансформаторов тока и вводов силовых трансформаторов напряжением 110 кВ и выше по НКМ и внешнего пульта для съема информации о работе АСКИ. Два образца АСКИ КТУ-5 внедрены в ООО «ЛУКОЙЛ-Кубаньэнерго» для контроля состояния изоляции вводов блочных трансформаторов ЗТ и 4Т.
8. Обоснована целесообразность автоматизированного контроля элек­тромагнитных характеристик ТТ и предложены три алгоритма восстановле­ния периодической составляющей первичного тока ТТ в зоне насыщения магнитопровода при наличии в первичном токе апериодической и периоди­ческой составляющей основной частоты, базирующиеся на замене кривой намагничивания СХН и заключающиеся в учете вторичного тока на участке насыщения магнитопровода.