

УСТРОЙСТВО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Введение. Эксплуатационная надежность электрических машин, в частности асинхронных двигателей, во многом зависит от качества и надежности системы электроснабжения, которые, в свою очередь, зависят от надежности силовых трансформаторов потребительских подстанций. Их выход из строя наносит сельскохозяйственному производству дополнительные убытки из-за вынужденного простоя целого ряда технологически связанного оборудования, незапланированных ремонтов. Причинами такого состояния являются специфические условия работы силовых трансформаторов, к которым, в частности, относятся неравномерная нагрузка в фазах, неравномерный график нагрузки, колебание температуры и влажности окружающей среды, большая протяженность линий электропередачи и экономические условия, в связи с которыми почти 70 % силового оборудования выработало свой ресурс. Существующие формы обслуживания силовых трансформаторов в агропромышленном комплексе не обеспечивают достаточную их эксплуатационную надежность, потому что не предусматривают анализ текущих эксплуатационных режимов работы трансформаторов [1].

Одним из наиболее эффективных и результативных путей повышения надежности, безопасности работы, снижения текущих и эксплуатационных затрат на обслуживание и ремонт силовых трансформаторов сельских потребительских подстанций является переоснащение и реконструкция электрических сетей с применением современных устройств защиты, автоматики, аппаратуры диагностирования [2].

Для оценки технического состояния и своевременной профилактики силовых трансформаторов необходимо иметь непрерывную, достоверную информацию как о текущем состоянии, так и о динамике изменения эксплуатационных характеристик силового трансформатора (температуры обмоток, суммарном тепловом износе изоляции). Поэтому обоснование конструкции устройства функционального диагностирования силового трансформатора потребительских подстанций является актуальным.

Постановка задачи. В статье поставлена задача на основе анализа режимов работы силового трансформатора при эксплуатационных воздействиях разработать устройство функционального диагностирования, которое позволит непрерывно контролировать, запоминать и отслеживать необходимые рабочие параметры (температуру обмоток фаз, остаточный срок службы) в процессе эксплуатации трансформатора без отключения его от сети на базе математической модели тепловых процессов в силовом трансформаторе.

Материалы исследования. Учитывая специфику эксплуатационных воздействий и режимов работы силового трансформатора сельских потребительских подстанций, а также результаты теоретических и экспериментальных исследований тепловых процессов в них [3, 4] разработана структурная схема устройства диагностирования эксплуатационных режимов работы трансформатора (рис.1).

Предложенное устройство позволит определять текущую температуру обмоток по текущей температуре

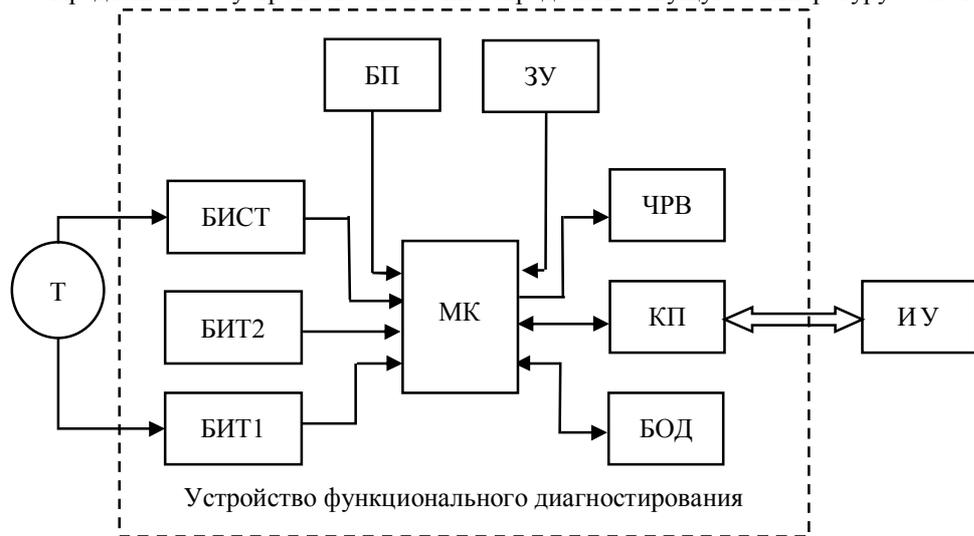


Рис. 1. Структурная схема цифрового устройства диагностирования:

Т – силовой трансформатор; БИСТ – блок измерения силы тока нагрузки; БИТ1 – блок измерения температуры масла; БИТ2 – блок измерения температуры окружающей среды; МК – микроконтроллер; БП – блок питания; ЗУ – запоминающее устройство; ЧРВ – часы реального времени; КП – коммуникационный порт; БОД – блок обмена данными; ИУ – интерфейсное устройство

масла с учетом кратности сил тока в фазах силового трансформатора и суммарный тепловой расход ресурса изоляции при данных условиях. Для реализации предложенного метода диагностирования использован однокристалльный микроконтроллер (МК), который выполняет функции расчета текущих температур обмоток фаз контролируемого трансформатора и суммарного расхода ресурса изоляции на базе математической модели тепловых процессов в данном трансформаторе, формирования выходных сигналов, а также сохранения постоянных ба-

зовых параметров математической модели тепловых процессов, обслуживания периферийных устройств, которые подключены к МК.

Сбор информации о текущем состоянии силового трансформатора осуществляется блоками измерения сил тока в фазах – БИСТ, температуры верхних слоёв масла – БИТ1, температуры окружающей среды – БИТ2. Преобразованные сигналы с блоков измерения подаются на вход МК для дальнейшего формирования выходных сигналов о текущих значениях контролируемых параметров эксплуатационных режимов работы трансформатора. Устройство диагностирования позволяет накапливать и архивировать информацию о параметрах эксплуатационных режимов работы силового трансформатора в запоминающем устройстве (ЗУ). Для фиксации контролируемых параметров и аварийных ситуаций во времени предусмотрены часы реального времени (ЧРВ), которые позволяют получить информацию о состоянии трансформатора в режиме реального времени. Собранные информация о режимах эксплуатации трансформатора с блока обмена данными БОД передается диспетчеру. Обеспечивает передачу GSM/GPRS модем со встроенным считывателем SIM карты. Также сбор данных и настройку устройства возможно осуществлять через коммуникационный порт (КП), к которому подключается интерфейсное устройство (ИУ). В качестве последнего может выступать персональный компьютер, мобильный телефон или другое устройство, имеющее интерфейс RS-232. Универсальный импульсный блок питания обеспечивает стабилизированное напряжение – пять вольт.

Алгоритм функционирования устройства диагностирования эксплуатационных режимов работы силового трансформатора определяется в большей степени не схемным решением, а программным обеспечением микроконтроллера, так как он является основным элементом данного устройства.

Процесс формирования выходных параметров состоит из нескольких этапов, выполняемых МК: измерение сил токов в фазах трансформатора; измерение температуры масла; расчет температур обмоток фаз; расчет суммарного теплового износа изоляции при данных условиях, сохранение данных об эксплуатационном режиме в ЗУ, передача собранной информации диспетчеру через БОД. Параллельно основному циклу МК может выполнять операции по корректировке базовых параметров математической модели тепловых процессов устройства диагностирования; вывод и снятие информации, которая хранится в ЗУ, через интерфейсное устройство.

Формирование выходных параметров, значения температур обмоток и суммарный тепловой износ изоляции в каждой фазе носит циклический характер. Частота дискретизации выходных сигналов зависит от скорости изменения переменного сигнала и должна быть в два раза больше его частоты [5]. Так, для силового трансформатора ТМ-160/10 период дискретизации составляет 300 секунд.

Применение GSM/GPRS модуля позволит диспетчеру произвести прием и отображение оперативной информации о контролируемом трансформаторе, а также запись в базу данных и просмотр всей информации, которая поступила на диспетчерский пункт за отчетный период. Поступившая информация позволит оценить текущее техническое состояние трансформатора и при необходимости сформулировать рекомендации по дальнейшему обслуживанию.

Выводы:

1. Предложенное устройство функционального диагностирования позволяет непрерывно контролировать температуру обмоток фаз силового трансформатора и суммарный тепловой износ изоляции без отключений его от сети, а также получать и передавать информацию о контролируемых параметрах на диспетчерский пункт в режиме реального времени.
2. В данном устройстве предусмотрены отладки алгоритма диагностирования, изменения базовых данных математической модели тепловых процессов, изменения программы управления периферийными блоками, что позволяет применять его для силовых трансформаторов любой мощности, а также изменять количество параметров диагностирования и конфигурацию периферийных блоков.
3. Исследования и производственные испытания устройства диагностирования режимов работы силового трансформатора показали, что вероятность безотказной работы устройства составляет 0,986; интенсивность отказов устройства – $45,03 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$; среднее время безотказной работы – 22207 ч.

Литература.

1. Єрмолаєв С.О., Мунтян В.О., Яковлев В.Ф. Експлуатація енергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК: Підручник / За ред. С.О.Єрмолаєва. – К.: Мета, 2003. – 543 с.
2. Кириленко О.В., Денисюк С.П. Науково-технічне забезпечення функціонування електроенергетики України // Паливо-енергетичний комплекс України в контексті глобальних енергетичних перетворень. – К.: УЕЗ, 2004. - 468с.
3. Безменнікова Л.М. Математична модель діагностування функціонального стану силових трансформаторів сільських підстанцій // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України / Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені П.Василенка. - Випуск 43. – том 1. -Харків, 2006.- С.197-201.
4. Овчаров В.В., Безменнікова Л.М. Аналітичне дослідження залежності температури обмоток силового трансформатора у функції температури масла і кратності сили струму // Праці / Таврійська державна агротехнічна академія. - Випуск 32. –Мелітополь, 2005.- С.39-43.
5. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. – СПб.: Питер, 2005. -336 с.