

МЕТОДИКА АНАЛИЗА И КОНТРОЛЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ КОНТАКТОВ ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИХ УСТРОЙСТВ В ПРОЦЕССЕ МНОГОКРАТНЫХ КОММУТАЦИЙ

Введение. В современном электроаппаратостроении для снижения аварийности и повышения эффективности электротехнологий особую актуальность принимают вопросы контроля контактов переключающих устройств. Основными факторами, влияющими на контактное сопротивление, являются изменения состояния и формы контактирующих поверхностей во время работы [1, 3]. Эти факторы приводят к изменению контактного сопротивления в образовании эрозии и слоя диэлектрических пленок от окислов продуктов термического разложения сжигающей среды. Изменение макро- и микропрофилей контактных поверхностей в результате их износа также приводит к перераспределению точек контактов и снижению усилия замыкания контактов.

Постановка задачи. Задача исследований состоит в классификации вероятностных параметров, влияющих на изменение сопротивления контактов, и разработке специализированного устройства его контроля и анализа на основании прогнозирующего алгоритма.

Материалы исследования. К существующим средствам и методам измерения сопротивления и температуры в свете поставленной задачи выдвигаются специальные требования, касающиеся точности измерения. Основной, обеспечивающей точность измерений, являются эталоны и образцовые средства измерений, информация о

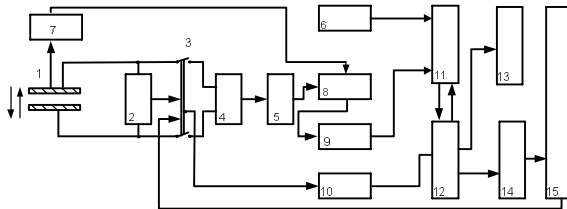


Рис. 1. Блок-схема устройства автоматизированного анализа переходного сопротивления контактов

посредственного измерения сопротивления; 5 – блок систематизации информации о текущем сопротивлении контактов; 6 – библиотека опорных и нормативных параметров; 7 – измеритель температуры; 8 – блок приведения сопротивления к температуре 20° С; 9 – блок анализа вероятностных характеристик сопротивления; 10 – счетный блок количества коммутаций; 11 – блок алгоритмов приведения переходного сопротивления; 12 – блок вероятностного анализа сопротивления в зависимости от количества переключений; 13 – монитор или ЦПУ; 14 – блок индикации команд оперативному персоналу коммутирующего устройства; 15 – блок блокировки контактора.

Работа специализированного устройства поясняется следующей комбинацией операций: в момент замыкания контактов (1) контролирующий блок падения напряжения (2) дает команду на срабатывание контактора (3). При этом подключаются блоки измерений и анализа информации о текущем состоянии сопротивления контактов. В блоке (4) осуществляется непосредственное измерение сопротивления контактов, информация о котором в нормируемом и систематизированном виде сохраняется в блоке 5. В блоке 6 хранится нормативно-техническая и опорная информация. Информация из измерителя температуры (7) подается на блок приведения текущего сопротивления (8) к температуре 20° С. Затем преобразованная информация подается на блок анализа вероятностных характеристик сопротивления (9). На блок 11 также подается информация о нормируемых параметрах, вероятностных характеристик сопротивления и количестве коммутаций. В блоке вероятностного анализа сопротивления в зависимости от количества коммутаций осуществляется прогнозирование сопротивления и резерв его последующих коммутаций. Текущее сопротивление и возможный резерв коммутаций отражается на мониторе (13) и пульте оперативного персонала подстанции (14). При наличии

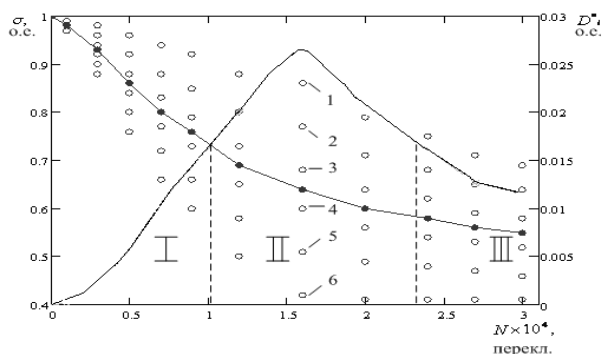


Рис.2. Экспериментальные значения сопротивления (○), его математическое ожидание (●) и дисперсия (-) при различных значениях коэффициента несинусоидальности ($k_f = 4,0; 6,3; 9,5; 13,5; 22,0; 31,7$) т. 1,2,3,4, 5, 6

которых может содержаться в микропроцессорных схемах, структурированных в измерительных комплексах. В настоящей работе предложена методика анализа сопротивления контактов переключающих устройств с целью прогноза аварийных ситуаций. Структурная схема разработанного специализированного устройства представлена на рис.1. На нем приняты следующие обозначения: 1 – контролируемый объект; 2 – устройство подключения измерительных средств; 3 – контактор; 4 – устройство непосредственного измерения сопротивления; 5 – блок систематизации информации о текущем сопротивлении контактов; 6 – библиотека опорных и нормативных параметров; 7 – измеритель температуры; 8 – блок приведения сопротивления к температуре 20° С; 9 – блок анализа вероятностных характеристик сопротивления; 10 – счетный блок количества коммутаций; 11 – блок алгоритмов приведения переходного сопротивления; 12 – блок вероятностного анализа сопротивления в зависимости от количества переключений; 13 – монитор или ЦПУ; 14 – блок индикации команд оперативному персоналу коммутирующего устройства; 15 – блок блокировки контактора.

Работа специализированного устройства поясняется следующей комбинацией операций: в момент замыкания контактов (1) контролирующий блок падения напряжения (2) дает команду на срабатывание контактора (3). При этом подключаются блоки измерений и анализа информации о текущем состоянии сопротивления контактов. В блоке (4) осуществляется непосредственное измерение сопротивления контактов, информация о котором в нормируемом и систематизированном виде сохраняется в блоке 5. В блоке 6 хранится нормативно-техническая и опорная информация. Информация из измерителя температуры (7) подается на блок приведения текущего сопротивления (8) к температуре 20° С. Затем преобразованная информация подается на блок анализа вероятностных характеристик сопротивления (9). На блок 11 также подается информация о нормируемых параметрах, вероятностных характеристик сопротивления и количестве коммутаций. В блоке вероятностного анализа сопротивления в зависимости от количества коммутаций осуществляется прогнозирование сопротивления и резерв его последующих коммутаций. Текущее сопротивление и возможный резерв коммутаций отражается на мониторе (13) и пульте оперативного персонала подстанции (14). При наличии

команды о блокировке переключающего устройства его дальнейшая эксплуатация может быть причиной аварии другого электрооборудования и в значительной степени силовых трансформаторов.

Основным элементом устройства является блок анализа вероятностных характеристик сопротивления (9). В его основе используется систематизированные экспериментальные исследования и соответствующие методики [3]. В процессе исследований измерялись: ток, напряжение, электропроводность контактирующих поверхностей в контакторе в зависимости от количества коммутаций при шести фиксированных значениях несинусоидальности тока 4,0; 6,3; 9,5; 13,5; 22,0; 31,7 %. Поскольку переходное сопротивление и характер электро-термических процессов в зависимости от испытательных режимов изменялся по случайному закону, то обработка результатов экспериментальных данных выполнялась с использованием вероятностно-статистического анализа: математического ожидания и дисперсии.

Математическое ожидание и дисперсия электропроводности контактирующих поверхностей на основе экспериментальных данных в зависимости от количества переключений приведены на рис.2. Они отражают вероятностный характер зависимости сопротивления от количества переключений и резкопеременного характера тока. Поэтому при обработке результатов экспериментальных данных используем параметры статистического анализа, такие как математическое ожидание, дисперсия и плотность распределения вероятности. Математическое ожидание m_i^* сопротивления контактирующих поверхностей в зависимости от количества переключений рассчитывается по следующему выражению:

$$\bar{\sigma}_{(k_f)}^* = \sum_{i=1}^n \sigma_i(k_f) \cdot n^{-1}, \quad (1)$$

где k_f - соответствующий коэффициент несинусоидальности тока;

n - общее количество опытов в исследуемом сечении;

$\sigma_i(k_f)$ - сопротивление контактирующих поверхностей при i -й несинусоидальности тока.

Дисперсия $D_{\sigma_i(k_f)}^*$ сопротивления контактирующих поверхностей осуществляется с учетом поправочного коэффициента Бесселя по следующей формуле:

$$D_{\sigma_i(k_f)}^* = \sum_{i=1}^n (\sigma_i(k_f) - m_i^*)^2 \cdot (n-1)^{-1}. \quad (2)$$

В начальной стадии испытаний (область I на рис.2) контактирующие поверхности под воздействием электро-термических процессов изнашиваются в меньшей степени. При дальнейшей эксплуатации влияние электро-термических процессов на износ контактов существенно возрастает (область II на рис.2). Однако при достижении определенного уровня износа это влияние начинает уменьшаться (область III на рис.2). Дальнейшая эксплуатация переключающего устройства приводит к ускоренному износу и формированию предпосылок аварийной ситуации не только РПН, но и трансформаторного оборудования с последующим снижением эффективности работы промышленного предприятия. Из рис. 2 видно, что плотность распределения вероятности сопротивления подчиняется равномерному закону. Это позволяет оценить количество значений сопротивления, которые попадают в соответствующие интервалы.

Вывод. Предложена методика анализа и контроля сопротивления контактов переключающих устройств, которая осуществляется на основании прогноза его вероятностных параметров в зависимости от количества коммутаций. Ее реализация в специализированном устройстве позволяет предполагать аварии и уточнять межремонтные периоды электрооборудования.

Литература.

1. Таев И.С. Электрические контакты и дугогасительные устройства аппаратов низкого напряжения – М., Энергоатомиздат, 1973. – 424 с.
2. Розанов Ю.К. Электрические и электронные аппараты. – М., Информэлектро, 2001. – 410 с.
3. Зиновкин В.В., Волкова О.Г., Карпенко В.В. Исследование электро-термических процессов в контактах переключающих устройств при резкопеременной нагрузке // Электротехника та електроенергетика. - 2007. - №1. – С. 52-57.
4. Зиновкин В.В., Волкова О.Г., Карпенко В.В., Зиновкин М.В. Вероятностный анализ электропроводности контактов переключающих устройств при резкопеременных режимах // Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологий, Тольятти: ТГУ. – 2007. – Ч. 1. – С. 110-113.