

Усовершенствование оценки АРГ по критериям предельно-допустимых значений концентраций газов и скорости их роста

Пельмский В.Л.¹, Бузаев В.В.¹, Давиденко И.В.², Моисейченков А.Н.², Овчинников К.В.²

¹ – ПАО «Россети», ² – Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина

Статья описывает систему оценки результатов анализа растворенных газов (АРГ) по критериям допустимых (ДЗ) и предельно-допустимых значений (ПДЗ) концентраций газов и скоростей их роста. Система разработана в 2017 г. в качестве стандарта организации на массиве эксплуатационных данных трансформаторов 35-220 кВ РФ. Сейчас данная система проходит тестирование в АО «Тюменьэнерго» и в дальнейшем планируется к использованию в качестве национального стандарта.

Известно, что критерий регламентированных значений концентраций газов делит парк трансформаторов на «исправные» и «с вероятностью развития дефекта». Он используется во всех международных и национальных стандартах. Однако типичные концентрации газов различных стандартов отличаются не только значениями, но и факторами, по которым они дифференцированы.

Для исследования степени влияния факторов на результаты АРГ использовался дисперсионный анализ. Цель исследования - построить систему оценки АРГ, разбив трансформаторы на однородные группы. В анализе участвовали следующие факторы: класса напряжения, мощность, тип защиты масла, марка масла, тип системы охлаждения, типа РПН, срок эксплуатации трансформатора.

ДЗ концентраций газов и их трендов показывает границу, разделяющую исправные трансформаторы и работоспособные с вероятностью развития повреждения.

ПДЗ концентраций газов и их трендов это граница, выявляющая трансформаторы с высокой вероятностью отказа.

Объем выборки результатов АРГ составила для трансформаторов 35 кВ - 23020, 110 кВ - 113890, 220 кВ – 10510 измерений.

Проведенные исследования показали, что все изученные факторы влияния: класс напряжения, мощность, тип защиты масла, марка масла, типа системы охлаждения, срока эксплуатации трансформатора, тип РПН, в той или иной мере оказывают влияние на результаты АРГ. Однако, степень этого влияния, выраженная отношением остаточной и межгрупповой дисперсиями $F_{дисп.ан.}$, - разная (от 1,5 до 478). Наиболее значимыми факторами оказались:

- для всех газов – класс напряжения;
- для всех газов – вид системы защиты масла;
- для водорода и метана – масла, изготовленные по технологии гидрокрекинга (ГК, Nytro 10X, Nytro 11GX и т.п), при сроке эксплуатации до 5 лет;
- для СО и СО₂ – мощность и срок эксплуатации два независимых фактора, поэтому необходимо учитывать оба;
- для ацетилена - наличие переключающего устройства типа RS-3, RS-4.

По итогам дисперсионного анализа были рассчитаны ДЗ и ПДЗ концентраций газов для силовых трансформаторов 35-220 кВ в соответствии с выше приведенными выводами, которая приводится в статье.

Далее исследовалась динамика изменения концентраций газов, выраженная относительной и абсолютной скоростями роста. Критерий скорости роста газов отражает скорость развития повреждения и позволяет оценить степень опасности дефекта. В статье кратко описана методика статистического анализа скоростей, с учетом условий их достоверного определения. Обоснован вывод о предпочтении использования значений абсолютных скоростей роста газов по сравнению с относительными значениями скоростей.

По итогам исследования скоростей роста с помощью дисперсионного анализа названы конструктивные особенности трансформаторов, оказывающие наибольшее влияние на скорость образования газов, которые необходимо учитывать при интерпретации результатов АРГ. С учетом результатов дисперсионного анализа предложены ДЗ и ПДЗ абсолютных скоростей роста концентраций газов для силовых трансформаторов 35-220 кВ.

Разработан алгоритм определения периодичности следующего измерения АРГ и необходимых операций технического обслуживания или ремонта, в зависимости от оценки результата АРГ. На основании определения технического состояния трансформатора по сочетанию концентраций газов и скоростей их роста, превысивших свои ДЗ и ПДЗ (21 вариант) предлагается 9 различных вариантов действий, включающих формулы расчета интервала отбора проб и содержание операций технического обслуживания и ремонта.

Предложенная система оценки результатов АРГ, учитывающая конструктивные особенности трансформатора и срок его эксплуатации, снижает ошибки «недосмотра» и «перестраховки» при диагностировании оборудования, повышает точность расчетов индекса технического состояния трансформатора. Разработанный алгоритм определения требуемой периодичности контроля АРГ и необходимых операций технического обслуживания помогает персоналу принять правильное решение по дальнейшей эксплуатации трансформатора.