



Рис. 2. Временные диаграммы

Литература

1. Котельников В.А. Импульсы с наименьшей энергией в спектре за пределами заданной полосы //Радиотехника и электроника. – 1997. – Т. 42. – № 4. – С. 436-441.

НЕДОСТАТКИ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО НАГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ СИЛОВЫХ МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Ю.А. Рунов, Д.И. Зализный

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь

Силовые масляные трансформаторы – наиболее дорогостоящие элементы в системе электроснабжения. Поэтому их неэффективное использование ведет к существенным экономическим затратам. И в настоящее время установленная мощность силовых трансформаторов используется чрезвычайно низко: в каждой ступени трансформации на один киловатт передаваемой мощности приходится 1,5 – 3,0 кВА трансформаторной мощности. Причин этому много. Уже на стадии проектирования электроснабжения объекта выбор мощности трансформаторов трансформаторных подстанций делается с «запасом» 15 – 30 %, и способствует этому многочисленность и разнообразие нормативно-технических документов (ПУЭ различных изданий, разнообразные инструкции и т.д.), плохо согласованных между собой и нередко противоречащих друг другу.

Например, в ПУЭ-4 за 1965 год было сказано, что при аварийных режимах трансформатор можно перегружать на 40 % на время максимумов общей суточной продолжительностью не более 6 часов и не более 5 суток. Такое указание напрямую противоречит основным документам по нагрузочной способности силовых трансформаторов (ГОСТ 14209 – 85 и МЭК 354), где перегрузки трансформаторов строго определены в зависимости от температуры охлаждающей среды и графиков загрузки. Поэтому данное указание было исключено из ПУЭ-6. Тем не менее, на это следу-

ет обратить внимание, так как многочисленные проектные организации, разработчики устройств релейной защиты и автоматики и др. продолжают использовать это правило в своей практике. До сих пор это правило содержится в учебниках и учебных пособиях по электроснабжению, электрическим сетям и другим учебным дисциплинам. Подобных примеров можно привести достаточно много.

Причиной всей этой неразберихи является неопределенность назначения и места ГОСТ 14209 – 85, который должен быть основой при решении вопросов допустимых нагрузок силовых масляных трансформаторов. Срок действия указанного ГОСТ был установлен до 1. 07. 90, и в настоящее время существует настоятельная необходимость его существенной переработки и усовершенствования.

ГОСТ 14209 – 85 громоздок, содержит большое количество таблиц, которые в настоящее время могут быть исключены и заменены аналитическими зависимостями, а предлагаемая методика расчета нагрузочной способности плохо адаптирована для инженеров и содержит внутренние противоречия, а, зачастую, и принципиально ошибочные и неприемлемые указания. Одно из таких указаний – использование эквивалентного прямоугольного двухступенчатого графика загрузки, в который преобразуют исходный многоступенчатый график. Данный закон преобразования имеет место в теории электрических машин и основан на методе эквивалентных токов, но он справедлив для стационарных процессов, тогда как в силовых трансформаторах температуры нестационарны из-за большой тепловой инерционности трансформаторного масла. Поэтому положение об эквивалентном графике загрузки не имеет математического обоснования и должно быть исключено из ГОСТ. Чтобы в этом убедиться, достаточно построить кривые для температуры наиболее нагретой точки (ННТ) обмотки для произвольного многоступенчатого графика загрузки и для преобразованного двухступенчатого. Такие же рассуждения можно привести и для положения об эквивалентной температуре охлаждающей среды.

Но и методика вычисления температуры ННТ по многоступенчатому графику загрузки также имеет существенные недостатки. Чтобы выявить эти недостатки были проведены теоретические исследования тепловых процессов в масляных трансформаторах, где была рассмотрена тепловая модель трансформатора как системы трех нагреваемых однородных тел. После решения системы дифференциальных уравнений, описывающих названную модель, были рассчитаны тепловые параметры трансформаторов 10/0,4 кВ и выяснено, что все трансформаторы данного класса можно заменить одним расчетным с усредненными параметрами. Полученные результаты можно считать как образец для проверки методики ГОСТ, так как в их основе лежит та же цифровая диаграмма распределения температур в трансформаторе по высоте бака, та же, что и принятая в ГОСТ. По результатам исследований были сделаны следующие выводы:

1. Ошибочно считать, что температура ННТ обмотки включает в себя только такие составляющие, как температура охлаждающей среды, превышение температуры масла над охлаждающей средой и превышение температуры ННТ обмотки над температурой масла, так как реально сказывается еще и влияние магнитопровода.
2. В расчетных соотношениях ГОСТ не учтено, что потери холостого хода трансформатора не зависят от нагрузки, и составляющую температуры от потерь холостого хода необходимо прибавлять к температуре ННТ отдельно.

3. В ГОСТ отсутствует инженерная методика для расчета теплового износа изоляции, который определяет нагрузочную способность трансформатора при систематических нагрузках.
4. В ГОСТ предписывается определять нагрузочную способность трансформаторов классов напряжения выше 110 кВ по тем же таблицам и зависимостям, что и для трансформаторов с напряжением 110 кВ и ниже, приняв при этом температуру охлаждающей среды на 20 °С выше фактической. Это волюнтаристское решение, суть которого состоит в запасе по нагрузочной способности в 16 – 18 %, а, следовательно, в заведомо заложенном существенном недоиспользовании ресурсов трансформаторов.
5. В ГОСТ приведена формально цифровая диаграмма тепловых параметров трансформаторов для номинального режима без указания их числовых значений. В таком виде цифровая диаграмма в ГОСТ потеряла смысл.