

расчетов по компьютерной программе BusEF, разработанной на кафедре «Электрические станции», которая позволяет получить точные численные решения уравнений динамики проводов при КЗ. Расчет показал, что погрешность при расчетах второго максимума тяжений $T_{2\max}$ не превышает 30%, что является допустимой погрешностью для упрощенных методов расчета динамики проводов при КЗ. Чтобы повысить точность расчетов $T_{3\max}$ вводится

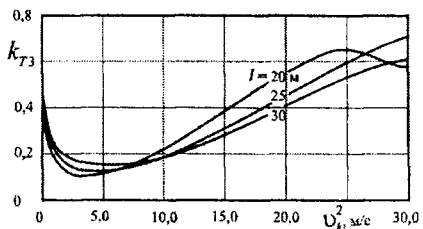


Рисунок 1 – Уточняющие коэффициенты для провода АС-185/29

поправочный коэффициент k_{T3} .

В результате работы были получены модифицированные формулы для определения максимальных тяжений, возникающих в проводах на двух стадиях их движения в режиме короткого замыкания. Проведенные сравнительные расчеты показали, что

упрощенная методика, разработанная на кафедре «Электрические станции», дает хорошие результаты, которые подтверждаются опытными данными и точными численными расчетами.

Литература

1. Сергей И.И., Андрукевич А.П., Пономаренко Е.Г. Упрощенный расчет максимальных тяжений проводов на двух стадиях их движения при коротком замыкании. – // Энергетика ... (Изв. высш. учеб. заведений и энергообъед. СНГ). – 2006. – № 6.
2. Сергей И.И., Пономаренко Е.Г., Саммур Ваиль Махмуд Упрощенный метод расчета сближения проводов с учетом конструктивных элементов распределительных устройств при двухфазном коротком замыкании. – // Энергетика ... (Изв. высш. учеб. заведений и энергообъед. СНГ). – 2004. – № 2.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ СИЛОВЫХ МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

А.П. Сердешнов, Г.Г. Усов (БГАТУ) Минск

В настоящее время в Белорусской энергосистеме находится в эксплуатации почти 69 тысяч трансформаторных подстанций и распределительных пунктов

напряжением 6 – 10/0,4 кВ общей установленной мощностью 13860 МВА. Установлено, что подавляющее большинство, а это 75% составляют комплектные трансформаторные подстанции производства Минского электроремонтного завода им. В.И. Козлова. На них установлены в основном масляные двухобмоточные трансформаторы [1].

В ближайшие годы около 70% электросетевого оборудования, имеющегося в энергосистемах Республики Беларусь, отработает свой нормативный срок службы [1]. Большинство подстанций построено в 1960-1980 гг, физический износ достиг 65...70%. Это касается и силовых масляных трансформаторов с высшим напряжением 6-10 кВ мощностью до 630 кВА [2].

При выходе из строя силовых трансформаторов в сельских электрических сетях потребителям наносится значительный урон, как за счет недоотпуска электроэнергии, так и вследствие порчи сельскохозяйственной продукции. Значителен также срок устранения отказов.

Проведенные исследования условий эксплуатации трансформаторов сельских ТП показали несоответствие норм эксплуатации, во многих случаях.

Проанализировав повреждения трансформаторов поступившие на ремонтный завод «Белэнергоремналадка» (г. Минск) выяснилось, что часто встречающейся причиной отказов трансформаторов является пробой изоляции обмоток [4]. В свою очередь причины пробоев объясняются увлажнением, и связанным с этим ускоренным старением изоляции обмоток. Обслуживающий персонал эффективно не может влиять на уменьшение числа повреждений связанных с увлажнением изоляции наиболее многочисленной группы трансформаторов.

Чтобы повысить надежность электроснабжения сельскохозяйственных потребителей требуется совершенствовать методы эксплуатации силовых масляных трансформаторов I-II габаритов сельских ТП, что будет способствовать комплексному устранению многих негативных последствий в трансформаторах.

Главные компоненты изоляции силовых трансформаторов – трансформаторное масло и бумажная изоляция. Одна из причин увлажнения сухой волокнистой изоляции, погруженной в масло, происходит в результате увлажнения масла, которое соприкасается с окружающим воздухом, содержащим влагу. Количество поглощенной воды в масле заметно изменяется в зависимости от температуры (таблица 1) [3]. По этой причине на

электроремонтный завод г. Минска поступило 80% трансформаторов от общего числа отказавших [4].

Таблица 1 – Количество поглощенной воды в масле в зависимости от температуры

Температура масла, °С	12	20	30	40	50	60	80
Количество поглощенной воды, %	0,003	0,0044	0,0067	0,0101	0,0149	0,0213	0,0412

Причины пробоев объясняются, в основном, переувлажнением и связанным с этим ускоренным старением изоляции обмоток. Причем чем выше содержание влаги, тем интенсивнее идет процесс старения. И если при содержании влаги в твердой изоляции трансформатора, равном 2% от сухого веса, старение происходит в 10 раз быстрее, чем при влагосодержании 0,3%, при влагосодержании 4% в 45 раз быстрее [4].

Контроль изоляции трансформаторов, находящихся в эксплуатации на сельских потребительских подстанциях, осуществляется традиционными методами: измерением ее параметров (сопротивления, тангенса угла диэлектрических потерь и др.) и испытанием трансформаторного масла в объеме, установленном ПТЭ.

Анализ результатов собранного материала позволяет сделать заключение, что в силовых трансформаторах сельских ТП происходит систематическое ухудшение состояния изоляции и многие из них подходят к критическому сроку эксплуатации или уже находятся в нем. При этом все они могут быть поделены на две основные группы:

- трансформаторы, в которых нет развития повреждения (они составляют большинство);
- трансформаторы, в которых есть основания предполагать наличие развивающегося повреждения (их число, в среднем, составляет около 20-23%).

Проведенные замеры параметров изоляции силовых масляных трансформаторов данной группы дают возможность считать, что, как правило, развития в них повреждений связано в первую очередь с повышением содержания влаги в твердой изоляции [4]. Эксплуатационная надежность масляных трансформаторов напряжением 10 кВ может быть повышена путем проведения профилактической сушки увлажненных обмоток твердой изоляции.

При производстве и монтаже трансформаторов сушка является важнейшим техническим процессом. Она имеет целью удаления влаги из твердой изоляции

трансформаторов, состоящей в основном из важнейших материалов (картон, бумага), для обеспечения более высокой электрической прочности изделия. Для высушенного и пропитанного трансформаторным маслом электрокартона толщиной 2 мм необходимо пробивное напряжение переменного тока порядка 80 кВ. Если картон полностью высушен, т.е. содержание влаги в нем равно нулю, но он не пропитан маслом, его пробивное напряжение ниже чем пропитанного, в три раза и составляет около 24 кВ.

В настоящее время разработано немало способов сушки твердой изоляции активной части силовых трансформаторов. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Наибольшее применение в сельской электрификации получили: потерями короткого замыкания, потерями в собственном баке, потерями от токов нулевой последовательности.

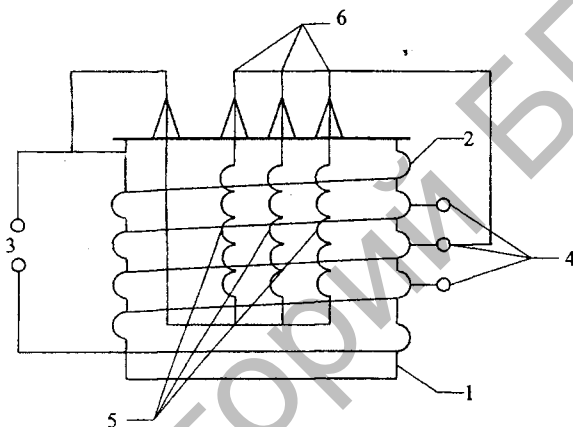


Рисунок 1 – Схема сушки изоляции силовых масляных трансформатора комбинированным методом:

1 – бак трансформатора; 2 - намагничивающая обмотка; 3 - источника стандартного напряжения переменного тока; 4 – отпайки; 5 - обмотки трансформатора; 6 - выводы обмоток трансформатора.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработан новый метод сушки твердой изоляции силовых масляных трансформаторов [5]. Он является удачной комбинацией всех трех наиболее используемых в производстве методов. Данный метод соединяет положительные стороны наиболее используемых методов удаления влаги из твердой изоляции

трансформаторов. Предлагается использовать комбинированный метод сушки изоляции силовых масляных трансформаторов. При котором на бак трансформатора наматывается намагничивающая обмотка, питающаяся от источника стандартного напряжения переменного тока, от отпайки необходимое нестандартное напряжение подается на одну из обмоток трансформатора, включенных по схеме нулевой последовательности, через выводы обмоток трансформатора.

Комбинированный метод дает возможность получить высококачественную сушку, значительно сократив время сушки, расход электроэнергии, исключить необходимость в дополнительных устройствах питания с нестандартным напряжением. Может применяться на месте установки трансформатора, в мелких ремонтных мастерских, и на электротехнических заводах при изготовлении трансформаторов.

Выводы

Для повышения эксплуатационной надежности силовых масляных трансформаторов в сельских электрических сетях необходимо создать научно обоснованную систему технического обслуживания и текущего ремонта, для предотвращения выхода из строя трансформаторов. При этом необходимо учитывать две основные оценивающие группы параметров трансформаторов:

- выявлять трансформаторы с возможными дефектами, которые необходимо взять под усиленный (расширенный) контроль;
- своевременно выводить трансформаторы из работы для устранения дефектов.

С помощью эффективной системы контроля трансформаторов и проведения эффективной профилактической сушки твердой изоляции комбинированным методом, в жестко установленные сроки, можно перейти на более экономическое обслуживание по фактическому состоянию и существенно повысить надежность работы силовых масляных трансформаторов в сельских ТП, обеспечив возможность продолжения эксплуатации трансформаторов, срок службы которых на сегодня близок к нормативному или превышает его.

Литература

1. Концепция развития электрических сетей. – Мн., 2001.
2. М.А. Короткевич. Основные направления совершенствования эксплуатации электрических сетей. – Мн.: ЗАО Техноперспектива, 2003.

3. Л.М. Рыбаков. Увлажнение и старение изоляции силовых трансформаторов сельских распределительных сетей // МЭСХ – 1975. -№12.
4. А.П. Сердешнов., Г.Г. Усов. Сушка твердой изоляции силовых трансформаторов комбинированным методом // Агропанорама. – 2000. -№6.
5. Патент 2156 РБ. Способ удаления влаги из твердой изоляции трансформаторов / А.П. Сердешнов., Г.Г. Усов и др. -№2 (17). – С. 14.

НИЗКОВОЛЬТНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ С КОМБИНИРОВАННЫМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ

Сердешнов А.П., Янукович Г.И. (БГАТУ) г. Минск

В настоящее время отходящие линии низковольтных электрических сетей выполняются только в трехфазном исполнении. Причиной этого является то, что электроснабжение потребителей в этих сетях, как правило, осуществляется от подстанций с трансформаторами имеющих схему соединения обмоток «звезда-звезда-нуль» (Y/Yn). Они же крайне чувствительны к несимметрии нагрузки. Так, например, при неравномерной нагрузке фаз у них имеет место смещение нулевой точки, обуславливающей резкое искажение системы фазных напряжений. Указанное, в свою очередь, часто создает отклонение этих напряжений (ΔU), уже на низковольтных вводах трансформатора выше значений допустимых ГОСТ на качество электрической энергии [1]. Как известно, в конце линий ΔU значительно выше. Так, по данным проведенных нами исследований вместо положенных $\pm 5\%$ эта величина может достигать, при среднестатистической несимметрии нагрузки на фидере, до 12-14%, при глубокой (отсутствие нагрузки на одной или двух фазах) до 25-30%. Кроме того, резко возрастают потери электрической энергии в сети, ухудшаются условия обеспечения техники безопасности и многие другие показатели.

Вместе с тем, к настоящему времени коллективом ученых кафедры электроснабжения в сельском хозяйстве Белорусского государственного аграрного технического университета (проф. Янукович Г.И., доценты Шевчик Н.Е. и Протосовицкий И.В.), под руководством профессора Сердешнова А.П. разработана новая схема соединения обмоток трансформатора «звезда-звезда-нуль» с симметрирующим устройством (Y/YnCY) [2, 3]. Она включает в себя дополнительные компенсирующие витки, которые в виде бандажа укладываются поверх обмоток высшего напряжения. Такой трансформатор полностью снимает проблему искажения фазных напряжений при