

Повышение Эксплуатационной Надежности Распределительных Трансформаторов

Д. Р. Хусенов¹

Аннотация: Рассмотрены различные способы повышения надежности распределительных трансформаторов в распределительных сетях и проанализированы причины снижения их срока службы.

Ключевые слова: Распределительные трансформаторы, регенерация, диагностика, мониторинг, адсорбент, старение изоляции, tqδ.

Введение

Наиболее важными аппаратами системы электроснабжения объектов агропромышленного комплекса в распределительных сетях (РС) являются

трансформаторы. Это связано с тем, что ко всем производственным, коммунальным и бытовым сельскохозяйственным потребителям электроэнергия доставляется непосредственно по распределительным электрическим сетям. Распределительные сети на напряжение 10 - 0,38 кВ представляют собой наиболее разветвленную и протяженную часть в электросетевой системе и являются важным звеном в инфраструктуре агропромышленного комплекса РС оказывают большое влияние на устойчивость функционирования сельскохозяйственного производства. Большой частью РС построены по радиальной схеме с применением воздушных (ВЛ) и кабельных (КЛ) линий.

На период 1 января 2023 года состояние электрических сетей, находящихся в активе АО «Региональные электрические сети» республика Узбекистан:

- Общая протяженность линий электропередачи напряжением 04-110 кВ (270 266,2 км) в том числе, 110 кВ – 15 379,2 км; 35 кВ – 13 492,3 км; 10 кВ – 88 211,0 км; 6 кВ – 14 079,2 км; 0,4 кВ – 139 104,5 км;
- Общее количество трансформаторных пунктов (95 789 шт.) в том числе, до 10/0,4 кВ - 78 291 шт., 6/0,4-160 кВ - 17 498 шт;
- Общее количество трансформаторных подстанций (1 788 ед.),
- в том числе, 110 кВ – 715 ед.; 35 кВ – 1 073 ед.
- Общее количество потребителей электрической энергии по Республике Узбекистан составляет:
 - юридические лица - 388,3 тыс.;
 - физические лица (население) - 7,8 млн. ед.

Главная особенность электроснабжения сельскохозяйственных потребителей заключается в том, что электроэнергию надо подводить к большому числу сравнительно маломощных объектов на большой территории. В результате протяженность сетей в расчете на единицу мощности потребителей во много раз превышает эту величину в других отраслях народного

¹ Ассистент преподаватель кафедры «Электромеханика и технологии» Бухарский инженерно-технологический институт



хозяйства. А стоимость электроснабжения потребителей в сельской местности составляет 75 % от общей стоимости электрификации, включая стоимость машин [5].

Повышение надежности электроснабжения сельского хозяйства способствует увеличению качества и количества произведенной сельскохозяйственной продукции. Из прогноза совершенствования систем электроснабжения села до 2030 года электрические сети должны обеспечивать[3]:

- адаптацию к изменяющимся нагрузкам; минимум затрат на эксплуатацию и обслуживание линий путем снижения аварийности;
- электрическую и экологическую безопасность применением надежной аппаратуры, устройств релейной защиты и автоматики [2];
- совершенствование систем учета электроэнергии, автоматизированного контроля и управления сбытом электроэнергии;
- экономическую эффективность распределения и подачи электроэнергии при минимуме ее потерь в сетях;
- техническую и технологическую восприимчивость к автоматизации и телемеханизации.

Распределительные трансформаторы мощностью 25 - 630 кВ•А напряжением 6 - 10 кВ - наиболее массовая серия из производимых и эксплуатируемых трансформаторов. Объем их составляет более 97 577 шт. Производство и эксплуатация этих трансформаторов требует значительных материальных и трудовых затрат, любое снижение затрат дает существенную экономию в народном хозяйстве. Так, ежегодно затраты на обслуживание одного распределительного трансформатора традиционной конструкции составляют 7-8 %. В целом от потерь в магнитопроводах теряется 4 % производимой в стране электроэнергии, причем значительная часть потерь приходится на распределительные трансформаторы. Снижение затрат на производство и эксплуатацию трансформаторов является основной задачей изготовителей, для решения которой необходимо:

- снизить расход активных материалов при использовании наиболее эффективной магнитной системы;
- снизить материалоемкость при применении гофрированных баков;
- повысить надежность трансформаторов;
- исследовать реальные условия эксплуатации трансформаторов;
- привести в соответствие реальные условия эксплуатации и технические требования на изделие.

Для решения этих вопросов выбран метод функционально-стоимостного анализа [1].

В связи с вышеизложенным, повышение надежности распределительных трансформаторов является главной задачей для качественного электроснабжения различных потребителей. Поэтому далее мы рассмотрим основные пути повышения надежной работы трансформаторов и причины снижения срока эксплуатации.

На сегодня наиболее эффективным средством повышения надежности работы трансформаторного оборудования является внедрение методов и средств оперативной диагностики. Т.е. применение приборов мониторинга масляных трансформаторов. "Чирчикский трансформаторный завод", который позволяет:

- контролировать температуру верхних слоев масла трансформатора;
- определять максимальные и минимальные значения температуры за контролируемый период (день, неделю, месяц и год);



- задавать систему охлаждения (Д, Д Ц, Ц или М);
- сигнализировать о возникновении нештатных ситуаций при превышении уставок по температуре;
- нергонезависимое хранение всех контролируемых параметров; выдавать всю перечисленную информацию по интерфейсу в систему АСУ ТП;
- а также точно контролировать температурные режимы, влияющие на срок службы трансформатора [6].

При этом контролируя ток нагрузки и температуру масла, по известной схеме теплового моделирования определяется температура наиболее нагретой точки (ННТ) обмотки. Знание температуры ННТ позволяет рассчитывать остаточный ресурс трансформатора [7].

Обследования, проведенные на ремонтных предприятиях [5], показывают, что основными причинами выхода из строя трансформаторов 6... 10/0,4 кВ является разрушение обмотки высокого напряжения и выгорание шпилек крепления низковольтных выводов. Обмотка высокого напряжения может выйти из строя либо из-за плохой защиты от перенапряжений, либо от перегрузки.

Низковольтные вводы разрушаются только из-за перегрузок. Защитой ТП, а соответственно, продления его срока службы является надежность работы релейных защит распределительных сетей, сокращение времени отключения аварийных участков линий 10 и 35 кВ, что снижает масштабы разрушений и снижает затраты на эксплуатацию и обслуживание линий, автоматического секционирования распределительных сетей 10 кВ [9].

Применение средств секционирования существенно улучшает технико-экономические показатели электроснабжения сельского хозяйства, сокращает недоотпуск электроэнергии потребителям и значительно сокращает трудозатраты на отыскание повреждений [5].

Для отвода тепла от обмоток и магнитопровода к стенкам бака применяют трансформаторное масло, которое повышает электрическую прочность изоляции.

При работе в трансформаторе масло постепенно стареет, при этом увеличивается вязкость масла и ухудшаются его электроизоляционные свойства. Скорость старения возрастает при повышенной температуре, при доступе воздуха и особенно при соприкосновении с озоном. Чтобы восстановить свойства масла применяют регенерацию [8].

Для непрерывного процесса регенерации масла в работающем трансформаторе, он снабжается термосифонным фильтром с адсорбентом. Также рекомендуется добавление к трансформаторному маслу ингибиторов (антиокислительных присадок) которые замедляют его старение, что позволяет увеличить срок эксплуатации масла и дает большой экономический эффект [10].

При длительных сроках эксплуатации основной причиной электрического старения являются частичные разряды (ЧР), которые представляют собой локальные пробой ослабленных участков высоковольтной изоляции.

К резкому росту числа ЧР могут привести увлажнение и нагрев изоляции, соответственно, снижается срок службы.

Поэтому для повышения надежности трансформаторов должно уделяться особое внимание контролю состояния изоляции и ее сушке.

Существуют различные методы контроля, такие как контроль изоляции с использованием явления абсорбции, контроль изоляции по емкостным характеристикам, контроль изоляции по величине тангенса угла диэлектрических потерь $tq\delta$, контроль изоляции по интенсивности частичных разрядов и по результатам газохроматографического анализа проб масла. Описание всех методов приведено в [7]. Измерение $tq\delta$ при частоте 50 Гц является одним из наиболее



распространенных методов контроля изоляции электрооборудования высокого напряжения, поскольку распределительные дефекты (увлажнение, ионизация газовых включений) вызывают увеличение диэлектрических потерь. Измерение значения $tq\delta$ дает представление о качестве изоляции, а характер изменения $tq\delta$ при периодических измерениях позволяет судить об ухудшении свойств изоляции.

Величину $tq\delta$ измеряют с помощью моста переменного тока P5026 или P5026M [9].

Для ограничения теплового старения и обеспечения требуемого срока службы изоляционной конструкции, для отдельных видов изоляции устанавливаются в соответствии с ГОСТ и рекомендациями международной электротехнической комиссии (МЭК) наибольшие допустимые рабочие температуры.

Чтобы своевременно выявить развивающиеся дефекты и не допускать внезапных пробоев электрической изоляции, свойства ее в процессе эксплуатации периодически проверяют. Для этого производят периодический контроль и испытания изоляции, а в случае необходимости - ее ремонт. Эти мероприятия обеспечивают поддержание необходимой степени надежности электрооборудования в процессе эксплуатации. Периодический контроль трансформаторного оборудования необходим и для обеспечения выбора очередности его замены.

Список литературы:

1. Бормосов, В. А. Перспективы и состояние разработок распределительных трансформаторов массовых серий. / В. А. Бормосов М. Н. Костоусова, А. Ф. Петренко, Н. Е.Смольская. <http://www.transform.ru/articles/html/03project/a000001.article>
2. Колягин, К. К. Моделирование аналоговых и цифровых реле с учетом насыщения трансформаторов тока. Повышение эффективности работы энергосистем: Труды ИГЭУ. Вып.5. Под ред. В. А. Шуина, М. Ш. Мисриханова.- М.: Энергоатомиздат, 2002. 520 с. 395-409.
3. Кузнецов, А. П. Определение мест повреждения на воздушных линиях электропередачи. М.: Энергоатомиздат, 1989. - 94 с.
4. Овчинников, В. В. Защита электрических сетей 0,4...35 кВ. Часть 11 М.: НТФ «Энергопресс», 2002. - 64 с.
5. Попов, Н. Ф. Повышение надежности электроснабжения сельского хозяйства путем совершенствования релейных защит от аварийных режимов в сетях 0,38...35 кВ. Диссертация на соискание ученой степени доктор техн. наук. Кострома, 2006.- 76 с.
6. Серебряков, А. С. Трансформаторы. Учебное пособие. / А. С. Серебряков. - Княгинино: НГИЭИ, 2010. - 300 с.
7. Семенов, Д. А. Измерение абсорбционных параметров силовых трансформаторов. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня рождения д.т.н. А.С. Серебрякова. - Княгинино: НГИЭИ, 2009. - 216 с.
8. Троценко, А. А. Вопросы использования теории релейных устройств для логического анализа и синтеза релейной защиты электрических систем. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. Свердловск, 1973.- 59 с.
9. KHusenov D. R. Calculation and reduction of power and energy waste in electrical networks. PEDAGOGS journali
10. Хусенов Д.Р. Музаффаров Ф. Ф. Кичик кувватли, энергия самарадор шамол турбиналари кўрсаткичлари тахлили. ИННОВАЦИЙ НОВОГО ВЕКА

