

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

*Д. А. Семенов, аспирант, преподаватель кафедры «Электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства» ГОУ ВПО «Нижегородский государственный инженерно-экономический институт»*

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

**Ключевые слова.** Распределительные трансформаторы, регенерация, диагностика, мониторинг, адсорбент, старение изоляции, *tqđ*.

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 [4, 202]. РС оказывают большое влияние на устойчивость функционирования сельскохозяйственного производства. Большой частью РС построены по радиальной схеме с применением воздушных (ВЛ) и кабельных (КЛ) линий. В настоящее

время в эксплуатации находятся более 3 млн. км ВЛ (из них 220 тыс. км линий 110 кВ; 180 тыс. км 35 кВ; 1,2 млн. км 6-10 кВ; 1,4 млн. км 0,4 кВ). На селе установлено 16700 подстанций 35/6... 10 кВ, порядка 550 тыс. трансформаторных пунктов (ТП) 6... 10/0,4 кВ [2]. 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 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 2010 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 3 млн шт. с установленной мощностью более 350 млн кВт•А. 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 % от его первоначальной стоимости, на возмещение потерь холостого хода расходуется 260 р./кВт в год, короткого замыкания - 44 р./кВт в год [1].

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. Например, прибор корпорации «Энергомаш (Екатеринбург) - Уралэлектротяжмаш» ТМТ-1, 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; энергонезависимое 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 [7].

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 Р5026 или Р5026М [7, 234].

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, 11989. - 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. Приборы мониторинга силовых трансформаторов. <http://www.energyland.info/analytic-show-56370>
7. Серебряков, А. С. Трансформаторы. Учебное пособие. / А. С. Серебряков. - Княгинино: НГИЭИ, 2010. - 300 с.

8. 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.

9. 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.

### **THE INCREASING OF OPERATIOAL RELIABILITY OF THE SPREADING TRANSFORMATORS**

**D. A. Semenov**, the post-graduate student, the teacher of the chair «Electrification and automatization of agricultural production» the NGIEI

**Annotation.** Different methods of: increasing of operational reliability in the spreading nets are considered. The reasons of decreasing its exploitation date are analyzed.

**The keywords.** Spreading transformers, regeneration, diagnostics, monitoring, adsorbent, isolation growing old.