

СЕКЦИЯ 1. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИКЕ

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Калимбеков Р. Н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Повышение эксплуатационной надежности силовых трансформаторов (СТ) приобретает все большую актуальность в связи со старением парка трансформаторов и выработкой определенного стандартами минимального (25 лет) срока их службы. Поэтому актуальной задачей повышения надежности и качества работы электрических систем является оценка эксплуатационной надежности для учета ее при проектировании и совершенствовании системы технического обслуживания и ремонта трансформаторов. Применение системы планово-предупредительного ремонта (ППР) обусловлено усложнением электрооборудования. Усложняется электрооборудование – повышаются требования производителя к эксплуатации, что приводит к дополнительной нагрузке на ремонтный персонал. Характерной особенностью системы ППР является формальный учет времени работы электрооборудования, которая берется за основу при формировании ремонтных циклов, приводящая к появлению обманчивого представления относительно истинного состояния по износу электрооборудования в период эксплуатации. Одни группы узлов, деталей и сборочных единиц силового трансформатора выходят из строя до наступления плановых сроков ремонта, другие оказавшиеся в более выгодных условиях и полностью работоспособные, направляются на ремонт преждевременно, в соответствии с ППР. Что приводит к дополнительным затратам. Решение обозначенной проблемы является актуальной и представляет научный и практический интерес [1].

Оценка (прогнозирование) показателей надежности компонентов электронных устройств на этапе проектирования аппаратуры является важной задачей, потому что дает ответ на вопрос о целесообразности выбора того или иного компонента для использования его в составе электронного устройства с заданным уровнем надежности. Оценку эксплуатационной безотказности компонентов дают с использованием моделей прогнозирования. Важнейшим требованием, предъявляемым к моделям, является достоверность получаемых результатов. В настоящее время используемые в белорусской и российской промышленности модели прогнозирования надежности трансформаторов не учитывают их конструктивные особенности и геометрические размеры. Согласно [1] эксплуатационная интенсивность отказов типового трансформатора оценивается по формуле:

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\text{Б}} K_{\text{Р}} K_{\Sigma} K_{\text{ПР}}, \quad (1)$$

где $\lambda_{\text{Б}}$ – базовая интенсивность отказов конкретного вида намоточного изделия в составе трансформаторов (оцениваемая по результатам их испытаний на безотказность); $K_{\text{Р}}$ – коэффициент, зависящий от температурного режима и изоляционных свойств используемых в трансформаторе материалов; K_{Σ} – коэффициент, зависящий от эксплуатационных факторов; $K_{\text{ПР}}$ – коэффициент, отражающий уровень качества изделия (вид приемки). Формула (1) учитывает электрический режим и температуру обобщенно, не принимая во внимание конструктивные особенности трансформаторов. На основании (1) трансформаторы, имеющие различное количество обмоток либо различные геометрические размеры при

прочих одинаковых параметрах имеют одинаковый прогнозный уровень надежности, что явно не соответствует действительности. Таким образом, достоверность прогнозной оценки, выполняемой по модели (1), во многих случаях может оказаться недостаточной. Для более достоверной оценки эксплуатационной интенсивности отказов трансформаторов предлагается использовать следующую модель:

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_M K_{\Phi} K_{\Sigma} K_{ПР}, \quad (2)$$

где n – количество обмоток трансформатора; λ_M – базовая интенсивность отказов конкретного видамоточного изделия; K_{Φ} – коэффициент функционального назначения трансформатора. Предложенная модель позволяет получить результаты прогнозирования эксплуатационной безотказности трансформаторов, которые неплохо согласуются с испытаниями на надежность.

Наиболее часто повреждается витковая изоляция – 10 случаев (22%), причиной возникновения неисправности могут быть старение изоляции, постоянные перегрузки, динамические усилия при коротких замыканиях. Второе место среди причин повреждений занимают вводы – 8 случаев (17%), основные неисправности связаны с увлажнением и загрязнением изоляции негерметичных вводов, что приводит к развитию теплового и электрического пробоя изоляции ввода. Также неисправности связаны с отложением осадка на внутренней поверхности фарфора и на поверхности остова. Они адсорбируют влагу и загрязнения, в том числе металлосодержащие. И приводит к возникновению проводящих дорожек, развитию разрядов и пробоемасляного канала ввода. Также случаи течи масла из вводов через резиновые прокладки. Возможно вызванные дефектами монтажа, ремонта и эксплуатации. Что приводит к снижению давления масла, нарушению герметичности, попаданию влаги и воздуха во ввод. Третье место занимают по повреждаемости обмотки – 7 случаев (15%). Наиболее часто обмотки выходят из строя по причине плохих контактных соединений и витковых КЗ. Следующее место среди причин повреждения занимают недостатки переключающих устройств, которые начинаются с 14 лет эксплуатации. Максимальное количество повреждений переключающих устройств при 15-23 годов эксплуатации трансформаторов. Неисправности связаны с отсутствием контакта и оплавлением контактной поверхности. Дефекты проходной изоляции, бака, фильтров, радиаторов, неисправности системы охлаждения малочисленны, но не менее опасны. Не редко, трансформаторы отключаются в результате недостатков релейной защиты. В последнее время наблюдается возрастания таких отказов, что скорее всего связана с нехваткой квалифицированных релейщиков и большой текучкой кадров в группах РЗиА.

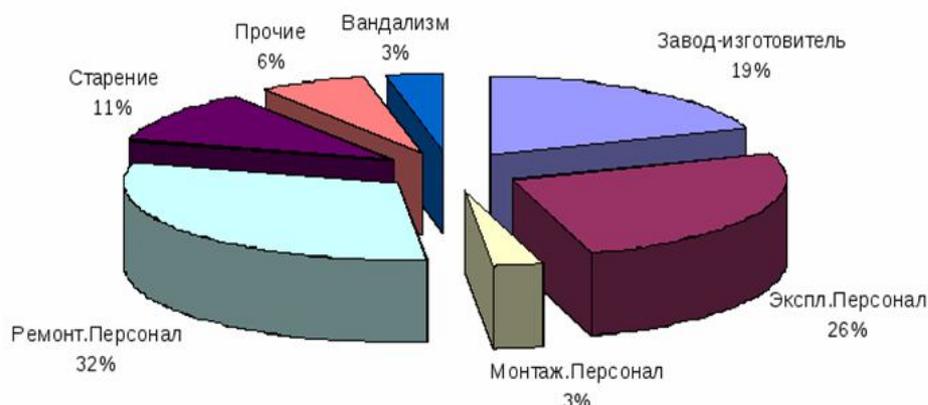


Рис. 1. Причины повреждения трансформатора

При экспоненциальном законе распределения справедливы соотношения:

$$P(t) = e^{-\lambda t}; f(t) = \lambda e^{-\lambda t}; T_{\text{ср}} = 1/\lambda; \lambda = \text{const.} [2],[3]$$

График зависимости вероятности безотказной работы от времени $P(t) = e^{-\lambda t}$

трансформаторов 110 кВ, изображенный на рисунке 2.

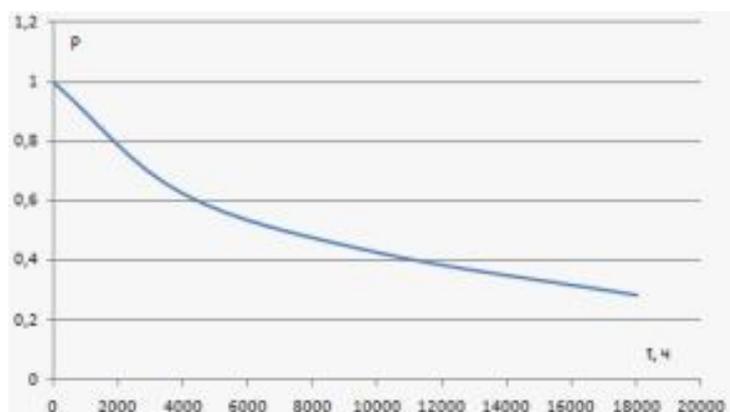


Рис. 2. Вероятность безотказной работы трансформаторов

Таким образом, можно сделать вывод о том, что с увеличением времени эксплуатации трансформаторов (находящиеся в работе более 25 лет), вероятность безотказной работы будет снижаться согласно кривой рисунка 2. Для увеличения срока службы трансформатора требуется более тщательное обслуживание, своевременное проведение капитальных ремонтов или замены устаревшего оборудования, в случае нерентабельности дальнейшей эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прытков, С.Ф. Надежность электрорадиоизделий, 2006: справочник / С.Ф.Прытков [и др.]. – М.: ФГУП «22 ЦНИИ МО РФ», 2008. – 641с.
2. Ведяшкин М. В. Моделирование эксплуатационной надежности крановых асинхронных двигателей: Автореф. дис. канд. тех. наук.- Красноярск, 2012.- 19 с.
3. Сулейманова Л. М. Повышение эксплуатационных ресурсов силовых трансформаторов при обеспечении электромагнитной совместимости по перенапряжениям: Автореф. дис. канд. тех. наук. – Самара, 2006. – 23 с.
4. Савваитов Д.С., Тимашова Л.В. Техническое состояние основного оборудования подстанций и ВЛ, мероприятия по повышению надежности.//Электрические станции. – 2004. №8.- с. 18-20
5. Цирель Я.А., Поляков В.С. Эксплуатация силовых трансформаторов на электростанциях и в электросетях.- Электроатомиздат, 1985.-264 с.