

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

Калимбеков Р.Н.

Научный руководитель: Муравлев О.П., д.т.н., профессор  
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30  
E-mail: rzabek92@gmail.com

## **PROGNOSTICATION OF RESOURCES DURING EXPLOITATION OF POWER TRANSFORMERS**

Kalimbekov R.N.

Research Manager: Professor Muravlev O.P.  
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 30, 634050  
E-mail: rzabek92@gmail.com

*Considered estimation of operating reliability and perfection of the system of technical service and repair of transformers. Analyzed defects and strong external affecting of transformers and their consequences. Considered probability of faultless work of power transformers.*

*Рассмотрены оценка эксплуатационной надежности и совершенствования системы технического обслуживания и ремонта трансформаторов. Проанализированы дефекты и сильные внешние воздействия на трансформаторы и их последствия. Рассмотрена вероятность безотказной работы силовых трансформаторов.*

Силовые трансформаторы являются в электрических сетях и системах основными элементами, определяющими надежность и экономичность их функционирования. Аварийные отключения или отказы в работе приводят к значительным убыткам. Стоимость одного силового трансформатора в среднем достигает 250 тыс. 1,5 млн. долл. США, а с демонтажем поврежденного трансформатора, транспортными расходами, с работами по восстановлению и монтажом нового достигает 2,5 млн.

На данный момент в Казахстане (как в прочем и в России) отработали свой нормативный срок службы в 25 лет (ГОСТ 11677 85) большая часть силовых трансформаторов. В связи с этим все большее значение приобретает проблема оценки возможности дальнейшей эксплуатации вырабатывающий свой нормативный ресурс оборудования и продления срока службы. Поэтому актуальной задачей повышения надежности и качества работы электрических систем является оценка эксплуатационной надежности для учета ее при проектировании и совершенствования 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. Анализ технического состояния электрооборудования в период эксплуатации производится с акцентом на благополучие механической составляющей, являющихся одной из составляющих силовых трансформаторов. В современных реалиях эксплуатации работоспособность силовых трансформаторов поддерживается только с помощью ППР, данная система не учитывает реальных условий эксплуатации, не увязаны ремонтные циклы с показателями надежности, имея сравнительно высокую трудоемкость технического обслуживания. 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, направляется на ремонт

преждевременно, в соответствии с ППР. Что приводит к дополнительным затратам.

Обеспечение надёжной, бесперебойной работы силовых трансформаторов необходимо, в первую очередь, для предотвращения аварийных последствий, таких как, пожары из за внутренних повреждений трансформатора или выбросы масла. Во избежание таких повреждений силовых трансформаторов необходимо усиление прочности бака, предотвращение растекания масла, автоматическое пожаротушение, соответствующее устройство мембран, быстродействующие защитные системы. Вопросы транспортабельности требуют тщательной проработки при подготовке к транспортировке и проектировании, так как силовые трансформаторы необходимо перевозить в собранном виде и транспортные габариты ограничены. Дабы не допустить появления дефектов, которые впоследствии могут привести к аварии.

На работу трансформатора влияют как аномальные режимы работы энергосистемы, так и сильные внешние воздействия. Перечислим основные воздействия и их последствия.

Коммутационные и грозовые перенапряжения приводящие к повреждениям главной и витковой изоляции при недостаточных запасах их электрической прочности. Повышения рабочего напряжения вызывающие перевозбуждение трансформаторов. Перевозбуждение магнитной системы приводит к повышенному нагреву не только сердечника, так и конструкционных стальных деталей, что опасно для изоляции соприкасающаяся с ними.

Токи короткого замыкания воздействующие ударными механическими воздействиями на обмотки. Опасное влияние со стороны сети является воздействие на трансформаторы токов коротких замыканий, вызывающих повреждения и деформацию обмоток при их динамической нестойкости.

При включении токи намагничивания, приводят к повреждению обмоток из за механических и электрических переходных процессов. Причиной броска тока намагничивания сердечника может быть включение силового трансформатора с сеть. Так, для трансформатора мощностью 1000 МВ А блока АЭС на мгновение по причине броска тока при включении на стороны ВН для генераторов создается режим форсировки возбуждения. Очень много зависит от конструкции сердечника, из-за остаточной в сердечнике трансформатора вызывает бросок тока при включении. Разрабатываются способы снижения и ликвидации бросков тока.

Перегрузка трансформатора по току. Так же на продолжительность службы силового трансформатора влияет по причине старения режим нагрузки.

В жаркое время года опасное влияние оказывает тепловое воздействие перегрузок, которые становятся причиной выхода из строя герметичных вводов ВН.

Наиболее нагретые верхние слои масла нагревают данные вводы в нижней части. В результате таких повреждений образуется желтый налет внутри крышки. 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 пробоем масляного 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 годах 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 РЗА.

При экспоненциальном законе распределения справедливы соотношения:

$$P(t) = e^{-\lambda t}; f(t) = \lambda e^{-\lambda t}; T_{cp} = 1/\lambda; \lambda = const.$$

График зависимости вероятности безотказной работы от времени  $P(t) = e^{-\lambda t}$  трансформаторов 110 кВ, изображенный на рисунке 1.

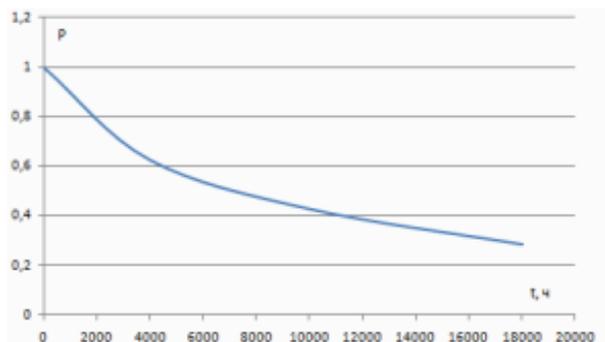


Рис. 1 - Вероятность безотказной работы трансформаторов

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 1. Следовательно, требует более тщательного обслуживания, проведения капитальных ремонтов или замены устаревшего оборудования, в случае нерентабельности дальнейшей эксплуатации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Савваитов Д.С., Тимашова Л.В. Техническое состояние основного оборудования подстанций и ВЛ, мероприятия по повышению надежности. // Электрические станции. – 2004. №8. - с. 18-20
2. Объем и нормы испытаний электрооборудования: / Под общ. ред. Б.А. Алексева, Ф.Л. Когана, Л.Г. Мамиконянца. – 6-е изм., с изм. и доп. РД 34.45-51.300-00. М.:Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. – 256 с.
3. Цирель Я.А., Поляков В.С. Эксплуатация силовых трансформаторов на электростанциях и в электросетях. - Электроатомиздат, 1985.-264 с.
4. Ведяшкин М. В. Моделирование эксплуатационной надежности крановых асинхронных двигателей: Автореф. дис. канд. тех. наук.- Красноярск, 2012.- 19 с.