

На сегодняшний день ведутся работы по исследованию амплитудно-фазовых частотных характеристик снятых с модели энергосистемы на комплексе RTDS, по критерию Найквиста.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Петроченков А.Б., канд. техн. Наук, Кавалеров Б.В., канд. техн. наук, Математическое моделирование газотурбинных мини-электростанций и мини-энергосистем, журнал электро 6/2010, стр.19-23
2. Программно – аппаратный симулятор реального времени RTDS, учебное пособие, версия RSCAD 4.0, 87 с.

Научный руководитель: Ю.В. Хрущев, д.т.н., профессор каф. ЭСиЭ ЭНИН ТПУ.

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Д.С. Кунулеков
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭКМ

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[1].

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[2].

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 конструктивных 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.

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. [3].

Проанализируем повреждаемость силовых трансформаторов 110 кВ ТЭЦ-3 АО «Павлодарэнерго» и ТЭЦ-1 ОАО «АЛЮМИНИЙ КАЗАХСТАНА», г. Павлодара за 2009-2011 годы. В результате наблюдений за двухлетний период получено сорок пять значений наработок до отказа трансформаторов.

Распределение повреждений в зависимости от места повреждения (узла/системы) трансформатора, приведено в таблице.

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 загрязне-

ния, 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.

Табл. 1. Распределение повреждений

Поврежденный узел	Количество	%
Междуфазная изоляция	2	4,45
Обмотки и изоляция (из-за динамических усилий)	7	15,55
Витковая изоляция	10	22,23
Переключатели ответвлений	6	13,33
Активная сталь	1	2,23
Вводы	8	17,77
Отводы	1	2,23
Токоведущие части	3	6,66
Бак	3	6,66
Радиаторы	1	2,23
Прочие	3	6,66
Итого	45	100

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. Хотя такая тенденция характерна для всего обслуживающего персонала ТЭЦ-1 и ТЭЦ-3.

Проанализировав собранные данные определим вероятность безотказной работы трансформаторов 110 кВ ТЭЦ-3 АО «Павлодар-

энерго» и ТЭЦ-1 ОАО «АЛЮМИНИЙ КАЗАХСТАНА», г. Павлодара за двухлетний период. Времени $t_i = 4000, 10000, 18000$ ч, если интенсивность отказов $\lambda = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$. Закон распределения отказов экспоненциальный.

При экспоненциальном законе распределения справедливы соотношения:

$$P(t) = e^{-\lambda t}; f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\lambda}; \lambda = \text{const}$$

Отсюда

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\lambda} = \frac{10^4}{2,4} = 4166 \text{ ч};$$

$$P(4000) = \exp\left[-\frac{4000}{4166}\right] = e^{-0,96} = 0,625$$

$$P(10000) = \exp\left[-\frac{10000}{4166}\right] = e^{-2,4} = 0,427$$

$$P(18000) = \exp\left[-\frac{18000}{4166}\right] = e^{-4,32} = 0,284$$

В результате полученных расчетных данных строим график зависимости вероятности безотказной работы от времени $P(t) = e^{-\lambda t}$ трансформаторов 110 кВ, изображенный на рис. 1.

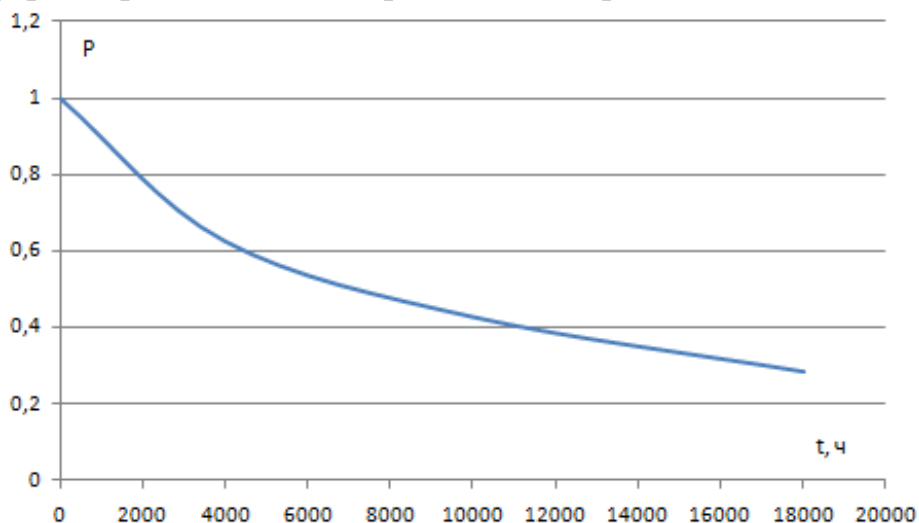


Рис. 1. Вероятность безотказной работы трансформаторов
Заключение

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

ЛИТЕРАТУРА:

1. Чупак Т. М. Прогнозирование технического состояния силовых маслонаполненных трансформаторов дис. канд. тех. наук. – Красноярск, 2007. – 196 с.
2. Аль Хамри Саид Сейф Сабир Исследование дефектов в силовых трансформаторах и разработка мероприятий по повышению эффективности их диагностирования: дис. канд. тех. наук. – Ивана, 2005. – 152 с.
3. Ярославкина Е. Е. Информационно-измерительная система стендовых испытаний силовых трансформаторов в режимах холостого хода и короткого замыкания: дис. канд. тех. наук. – Самара, 2010. – 168 с.

Научный руководитель: О.П. Муравлев, д.т.н., профессор каф. ЭКМ ЭНИИ ТПУ.

LIMITATION OF CURRENT SINGLE PHASE GROUND FAULT

R.S. Fediuk

Far Eastern Federal University, Military Training Center

Single-phase ground faults are the prevailing type of damage in the electrical medium voltage of 6-10 kV (75...90% of total electrical defects), which are accompanied by an arc that could cause a fire and destroy the current conductors in a short circuit, which is why single-phase fault may switch to two-or three-phase.

To ensure the greatest possible reliability of the network it is necessary to short-circuit current was so small that for a sufficiently long time (time needed to search for and eliminate damage) could be dispensed without disabling customers.

The RMS value of fault current is declining rapidly to a slight stabilized value, if grounded neutral point of the electric network to ground via throttle reactor, the inductive reactance at the frequency where the voltage source feeding the power grid, equal to the resistance at this frequency, the total capacity of all three phases of the mains relative to the ground.

The objective of this article is to improve a set of indicators of a device to limit the current single-phase ground short-circuit in an electrical network, while providing:

- reducing of weight, power and noise control unit, increasing its performance and efficiency;