

Тентиев Ренат Бектурганович – Кыргызский
государственный технический университет

Молдобаева Тамина Рыскулбековна – Кыргызский
государственный технический университет

Оторова Сайрагуль Турсуновна – Нарынский
государственный университет

Казыбекова Бурул Асемидиновна – Нарынский
государственный университет

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С МАСЛЯНОЙ СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ

МУЗДАТУУ СИСТЕМАСЫ МАЙ МЕНЕН КАРАЛГАН КҮЧТҮК ТРАНСФОРМАТОРЛОР ҮЧҮН ДИАГНОСТИКАЛЫК ТУТУМ КУРУУ

CONSTRUCTION OF POWER TRANSFORMER DIAGNOSTICS SYSTEM WITH OIL COOLING SYSTEM

Аннотация: в статье рассмотрено построение системы диагностирования силовых трансформаторов, а также проанализованы принципы построения и функциональных возможностей экспертных систем, используемых для маслонаполненных трансформаторов на примере испытания вновь вводимого трансформатора типа ТДТН на подстанции «Молодогвардейская» ОАО «НЭСК».

Аннотация: Макалада күчтүк трансформаторду диагностикалоо тутумунун курулушу талкууланат, ошондой эле кайрадан ишке киргизилип жаткан “КУЭТ”ААКтын 110/35/10 кВ «Молодогвардейск» комок чордонунун ТДТН тибиндеги май толтурулган трансформаторун сыноо мисалында трансформаторлор үчүн колдонулган экспертик тутумдардын курулушунун принциптери жана функционалдык мүмкүнчүлүктөрү талданат.

Abstract: The paper examines the construction of power transformer diagnostics, as well as analyzes the principles of construction and functionality of expert systems used for oil-filled transformers on the example of testing a newly introduced transformer type TDTN on the substation "Molodogvardeyskaya" JSC "NESK".

Ключевые слова: система диагностирования, трансформатор с масляной системой охлаждения, хроматографический анализ, граничная концентрация, дефекты, ацетилен, водород, этилен, метан, концентрация газа.

Ачық сөздөр: диагностикалык тутум, муздатуучу системасы май менен каралған трансформатор, хроматографиялык анализ, чек аралық концентрациясы, кемтиктер, ацетилен, суутек, этилен, метан, газдың концентрациясы.

Key words: diagnostic system, oil-filled transformer, chromatographic analysis, boundary concentration, defects, acetylene, hydrogen, methane, gas concentration.

Отказы силовых маслонаполненных трансформаторов в особенности с напряжением 110 кВ и выше приводят к большим экономическим потерям, как на промышленных предприятиях, так и в энергосистеме страны. Капитальный ремонт трансформатора стоит 50–70 % от стоимости нового в зависимости от объема работ, а стоимость нового трансформатора по некоторым данным в среднем составляет 15–20 \$ США за 1 кВА с учетом мощности. Обеспечение эксплуатационной надежности трансформаторов в условиях, когда темпы старения значительно опережают темпы их замены, возможно за счет разработки новых технологий и практических методов оценки их технического состояния. Наиболее квалифицированное решение по повышению надежности трансформатора может быть получено с применением методов экспертных систем, разработки которых успешно ведутся как в Украине, России [1,2,3]. За последнее время разработаны ряд эффективных методов технического диагностирования трансформаторов как во время работы под нагрузкой (хроматография, тепловизионный контроль, физико-химический анализ масла, регистрация частичных разрядов, измерение вибрации бака трансформатора), так и после отключения трансформаторов от сети (измерение потерь $хх$ и Z_k , коэффициент поляризации, измерение омического сопротивления обмоток). В последнее время Δt_g вводов пытаются измерять во время работы в автоматическом режиме.

Ценность экспертных систем проявляется в нескольких аспектах:

- сбор, уточнение, кодирование и распространение экспертных знаний;
- решение проблем, сложность которых превышает человеческие возможности;
- решение проблем, требующих объема знаний, которого один человек не в состоянии охватить;
- решение проблем, для которых требуются экспертные знания из нескольких областей;
- сохранение наиболее уязвимой ценности коллектива – коллективных знаний и памяти.

Более 30 параметров должен контролировать эксплуатационный персонал, чтобы определить техническое состояние различных узлов, деталей и частей трансформатора [4]. Только анализ трансформаторного масла должен проводится по 13 критериям согласно Методическому указанию по подготовке и проведению хроматографического анализа газов, растворенных в масле силовых трансформаторов.

На рис. 1 представлена функциональная схема экспертной системы, разработанная группой специалистов под руководством профессора Н. В. Грунтовича.

Разработанная экспертная система диагностирования трансформаторов согласно системе профессора В.Н.Грунтовича решает следующие задачи [1]:

- создание банка дефектов, признаков и выдача протоколов по результатам диагностирования;
- определение остаточного ресурса и аварийного состояния трансформатора по уровню вибрации;
- определение остаточного ресурса и аварийного состояния трансформатора по уровню частичных разрядов;
- определение остаточного ресурса и аварийного состояния трансформатора по результатам термографического обследования;
- определение остаточного ресурса и аварийного состояния вводов 110 кВ по комплексу параметров;

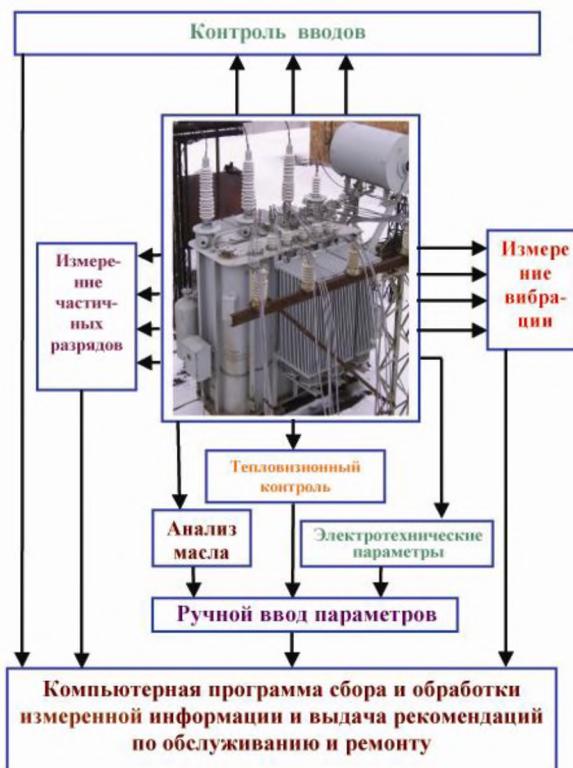


Рис. 1. Функциональная схема экспериментальной системы технического диагностирования трансформаторов с напряжением 110 кВ и выше согласно [1].

- определение остаточного ресурса и аварийного состояния трансформатора по концентрации газов, растворенных в масле;
- локализация дефектов в трансформаторе по результатам контроля электротехнических параметров;

В данной работе в качестве примера было взято испытания вновь вводимого трансформатора типа ТДТН-40000/110/35/10 на подстанции «Молодогвардейская» и сравнение полученных некоторых результатов с экспертной системой профессора В.Н. Грунтовича, при этом во время испытания значение температур показали следующие значения: $t_{возд.} = +12^{\circ}\text{C}$, $t_{по TC1} = +30^{\circ}\text{C}$, $t_{по TC2} = +24^{\circ}\text{C}$

1. Измерение холостого хода трансформатора при пониженном напряжении.

Возбуж. обмотка	Закор. вывода	U, В	I, А	W, Вт
ав	вс	405,0	0,1325	26,5
вс	са	405,0	0,16	32
са	ав	405,0	0,215	43

2. Сопротивление изоляции $R_{из}$, $\tg\delta$ обмоток.

$BH \rightarrow CH + HH + K$	R_{15} , МОм	R_{60} , МОм	$\tg\delta$	C_3 , pF
$CH \rightarrow BH + HH + K$	480	1100	0,356	15066
$HH \rightarrow BH + CH + K$	450	1150	0,404	22240
	550	1100	0,446	19805

Следует отметить, что сопротивление изоляции R_{60} , измеренное при монтаже и приведенное к температуре паспортного измерения (30°C), составило более 50% от величины, указанной в паспорте трансформатора. Значение $\tg\delta$ изоляции, приведенные к паспортной температуре меньше 1%, сравнение с паспортными значениями в данном случае не требуется.

3. Анализ масла из бака трансформатора.

Дата отбора	$U_{\text{пр.}}$, кВ	К.Ч. КОН/гр	твсп. $^{\circ}\text{C}$	Влагос. г/т	Mех. примеси %	$\text{tg}\delta$ %	В/раств. кислоты, КОН/гр
норма	35	0,25	125	30	13	15	0,014
09.11.	79	0,005	136	8	12	0,695	отсутствует

4. Хроматографический анализ растворенных в масле газов.

Концентрация растворенных в масле газов, ppm (мкл/л)						
H ₂	CH ₄	CO	CO ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₂
0,01	0,01	0,06	0,8	0,01	0,005	0,001
0,0069	0,0089	0,045	0,13	0,0014	0,0106	0,00006

Результаты анализа масла из бака трансформатора могут быть представлены в виде графиков виброакустических характеристик (рис. 2).

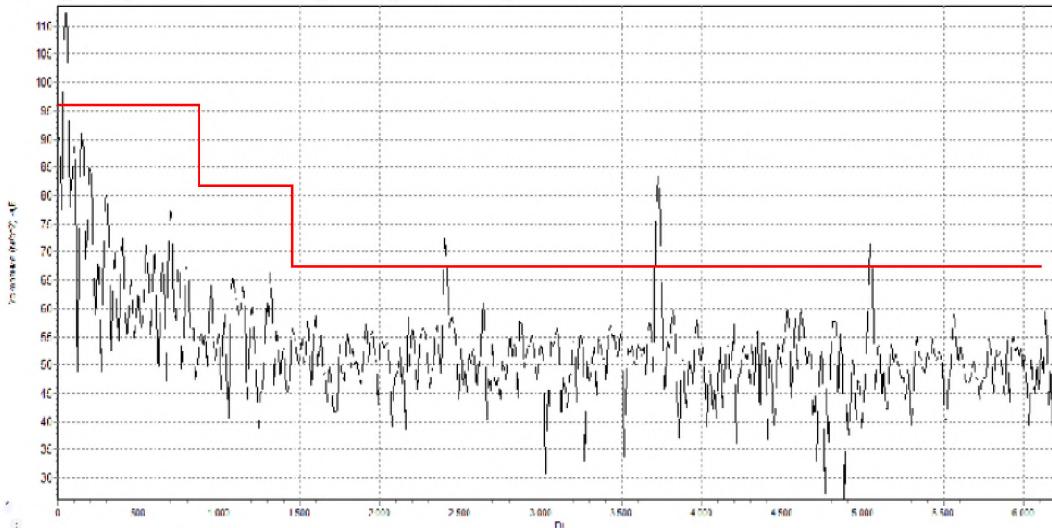


Рис. 2. Виброакустическая характеристика трансформатора.

Хроматографический анализ газа может быть представлен в виде графиков (рис. 3).

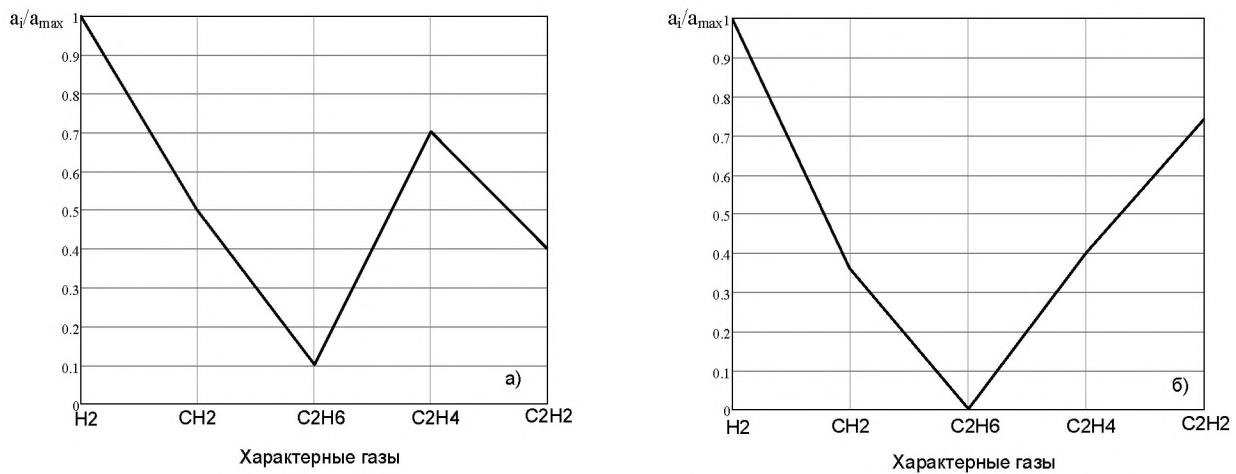


Рис. 3. Хроматографический анализ газов, вызванных: а – искрением; б – дугой.

Заключение: Экспертные системы позволяют сохранять и формализовать большой объем знаний экспертов, которые можно использовать как для практического диагностирования, так и для обучения специалистов по эксплуатации трансформаторов.

Данные испытаний приводимые в работе соответствуют требованиям норм, что в дальнейшем трансформатор типа ТДТН на подстанции 110/35/10 кВ «Молодогвардейская» может быть эксплуатирована согласно с экспертной системой профессора В.Н.Грунтовича.

Согласно [1] эксплуатация трансформаторов следует, что стационарными системами контроля должны быть системы диагностирования вводов и интегральная оценка горючих газов, а все остальные системы могут быть мобильными и устанавливаться для мониторинга предотвращения аварийных ситуаций.

Список использованной литературы:

1. Грунтович Н.В. Компьютерные системы технического диагностирования маслонаполненных трансформаторов / Н.В. Грунтович, И.В. Петров, П.М. Колесников // Электротехника и энергетика. – 2013. – № 3.
2. Агопян, Г. Е. Основные принципы системы технической диагностики маслонаполненного электрооборудования высокого напряжения / Г. Е. Акопян, В.В. Смекалов, и др. // Электрические станции. – 1991. – № 3.
3. Бедерак, Я. С. Построение систем мониторинга силовых трансформаторов / Я. С. Бедерак, Ю. Л. Богатырев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://silovoytransformator.ru>.
4. Гавриленко А.В., Долин, А.П., Методика вибрационного обследования силовых трансформаторов, 2004.

