

УДК 621.314

**Современные комплексные системы диагностики
электрооборудования электростанций.
Аппаратура для диагностики трансформаторов**

А.В. Темичева, магистрант гр. ЭПм-181, I курс
Научный руководитель: Захарова А.Г., д.т.н., профессор
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

В последние годы в России заметно увеличились нагрузки на электро-энергетическое оборудование, что связано с развитием промышленности и увеличением потребления электроэнергии. В то же время эксплуатация большинства силовых трансформаторов, являющихся наиболее важным и дорогостоящим оборудованием электроэнергетики, происходит с превышением расчетного срока службы. Так, еще в начале 2000-х годов примерно 50% - 60% всего парка силовых трансформаторов в России занимало оборудование с превышением назначенного ресурса. В настоящее время ситуация существенно не изменилась даже несмотря на то, что постоянно выделяются средства на обновление парка энергетического оборудования [1, 2].

Наряду с этим, многие специалисты придерживаются мнения, что нецелесообразно менять трансформатор по истечении его назначенного ресурса, так как велика вероятность того, что при условии работы оборудования на нагрузках, не превышающих номинальных значений, состояние его твердой изоляции, являющейся основным параметром, определяющим реальный срок службы трансформатора, останется удовлетворительным [3].

Несмотря на это, для обеспечения требуемого уровня надежности энергосистемы особое внимание следует уделить контролю технического состояния оборудования, исчерпавшего назначенный ресурс, которое подлежит дальнейшей эксплуатации. Таким образом, на современном этапе развития энергетики наблюдается интенсивное развитие методов диагностики трансформаторного оборудования с тенденцией выбора эффективных методов оценки состояния без отключения оборудования от сети.

В настоящей статье представлены современные методы, применяемые при диагностике трансформаторов, а также сравнительные характеристики некоторых из них.

В блок-схеме, представленной на рисунке 1, перечислены дефекты, возникающие в трансформаторах, а в таблице 1 дан ряд основных диагностических свойств трансформаторов разных мощностей.

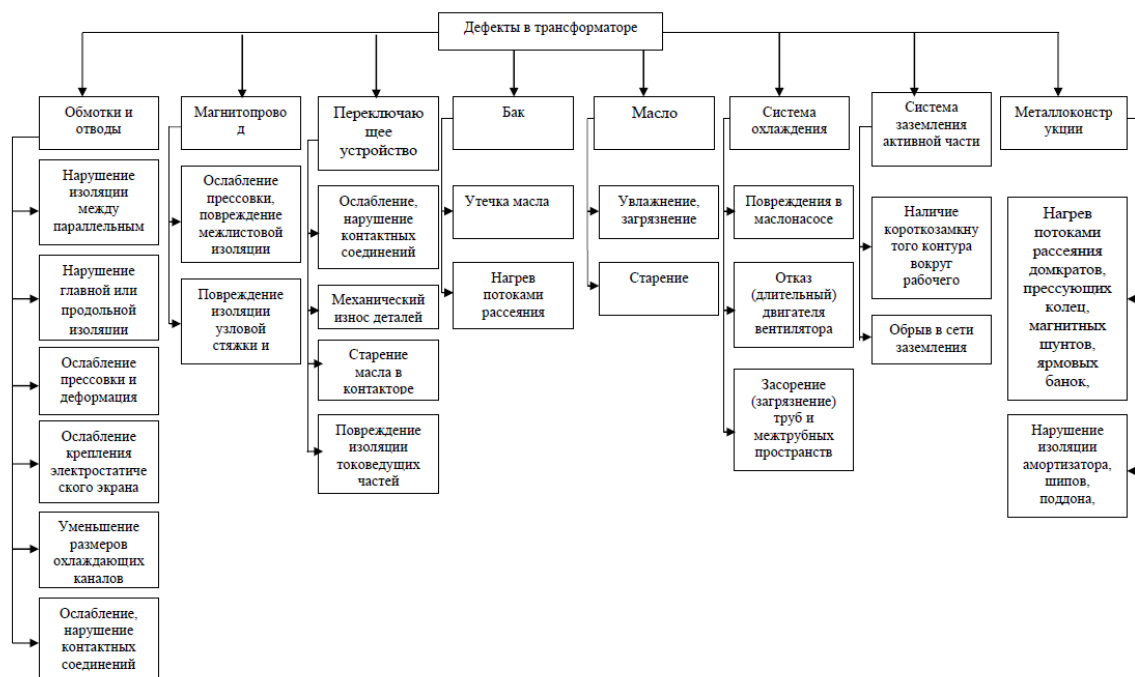


Рисунок 1 – Дефекты в трансформаторах

Таблица 1- Перечень основных диагностических свойств трансформаторов

№ п/п	Диагностическая подсистема	Мощность трансформатора, МВА		
		менее 40	от 40 до 120	более 120
1	Мониторинг параметров высоковольтных вводов трансформатора	да	да	да
2	Мониторинг частичных разрядов во вводах и главной изоляции	да	да	да
3	Мониторинг тепловых режимов работы трансформатора	да	да	да
4	Мониторинг технологических параметров работы трансформатора	-	да	да
5	Мониторинг влажности и растворенных газов в масле трансформатора	-	да	да
6	Мониторинг состояния РПН трансформатора	-	-	да
7	Система контроля формы обмоток после протекания сквозных токов короткого замыкания	-	-	да

Из таблицы 1 видно, что только трансформаторы мощностью более 120 МВА обладают наибольшим спектром диагностических свойств, что позволяет поддерживать требуемый уровень надежности оборудования. Под действием избыточных нагрузок в системе изоляции трансформаторов вырабатываются газы, которые растворяются в масле. Анализ растворенных в масле газов признан как один из наилучших способов раннего обнаружения развивающихся неисправностей.

Далее рассмотрим виды диагностического оборудования для мониторинга влажности и растворенных газов в масле трансформатора мощностью от 40 до 120 МВА.

Для примера возьмем оборудование трех разных производителей, таких, как MINITRANS «Kelman», Callisto «Morgan Schaffer» и HYDRAN «General Electric». Каждый из этих приборов обеспечивает непрерывный контроль концентрации растворенных газов и влаги в масле, что позволяет предупредить персонал в режиме реального времени о появлении и развитии дефекта в трансформаторе. В таблице 2 представлена сравнительная характеристика вышеуказанного оборудования.

Таблица 2. Сравнительная характеристика оборудования для мониторинга влажности и растворенных газов в масле трансформатора

№	Технические спецификации	MINITRANS «Kelman» [4]	Callisto «Morgan Schaffer» [5]	HYDRAN «General Electric» [6]
1	Технология измерения растворенных газов (H_2 и CO^1) в масле	Измерительная оптоакустическая ячейка с встроенными электрохимическим датчиком	Запатентованная Morgan Schaffer технология измерительной ячейки	Датчик с топливным элементом
2	Технология извлечения газа	Внутреннее извлечение методом равновесного пара	Погруженные в масло фторопластовые капилляры	Газопроницаемая мембрана, контактирующая с трансформаторным изолирующим маслом, протекающим в наполненном коллекторе
3	Диапазон измерений	H_2 : 5-5000 ppm CO^1 : 10-50000 ppm C_2H_2 -3-50000 ppm	H_2 : 2-50,00 ppm CO^1 : 25-100,000 ppm	0-2000 ppm (объем/объем, эквивалент H_2)
4	Точность измерений	$\pm 10\%$ или \pm нижний предел обнаружения	H_2 : большее из значений ± 5 ppm или $\pm 5\%$ CO^1 : большее из значений ± 25 ppm или $\pm 15\%$	$\pm 10\%$ от показаний $\pm 25\%$ ppm (эквивалент H_2)
5	Технология измерения растворенной воды (H_2O) в масле	-	Погруженный в масло сенсорный датчик относительного насыщения (ОН)	Тонкопленочный емкостной датчик, погруженный в минеральное изолирующее масло, находящееся в заполненном коллекторе
6	Диапазон измерений	H_2O – 0-100% отн. влажности (в ppm)	2 ppm - насыщение, 2-100%-ОН	0-100 % отн. влажности
7	Точность измерений	$\pm 10\%$ или \pm нижний предел обнаружения	± 3 ppm или $\pm 3\%$ -ОН	$\pm 2\%$ отн. влажности

№	Технические спецификации	MINITRANS «Kelman» [4]	Callisto «Morgan Schaffer» [5]	HYDRAN «General Electric» [6]
8	Диапазон рабочих температур	-35 до 55°C	-40 до 55°C	-40 до 55°C
9	Рабочая температура масла	-10 до 100°C	-40 до 120 °C	-40 до 105 °C
10	Выдерживаемое давление масла	Вакуум 300 кПА	Полный вакуум – 40 psi	0-700 кПА
11	Отбор пробы масла	Дискретный отбор проб без усреднения	Наружный порт для быстрого подключения с принадлежностями для отбора проб	Отверстие для внешнего отбора проб с помощью стеклянного шприца с люэровским запорным краном

Как видно из табл. 2 характеристики представленного оборудования находятся в одном диапазоне. При подборе оборудования данного типа возможна ориентация на его ценовую категорию.

Таким образом, оборудование всех указанных выше производителей, в равной степени может быть использовано для диагностики состояния трансформаторов, эксплуатируемых в различных условиях.

Список литературы

1. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций : учебное пособие / А. И. Хальясмаа [и др.]. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. — 64 с
2. Оценка технического состояния силовых трансформаторов по результатам традиционных испытаний и измерений : учебно-методическое пособие / И.В. Давиденко.— Екатеринбург : УрФУ, 2015.— 96 с.
3. Кормильцин Г.С. Диагностика технологического оборудования: учебное пособие/ Кормильцин Г.С., Воробьев А.М., Промтов М.А. -Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2012
4. Kelman MINITRANS : [Электронный ресурс] URL : <http://www.gegridsolutions.com> (Дата обращения: 20.03.2019)
5. Callisto «Morgan Schaffer» : [Электронный ресурс] URL : <https://www.morganschaffer.com> (Дата обращения: 20.03.2019)
6. HYDRAN «General Electric» : [Электронный ресурс] URL : <https://www.ge.com/ru> (Дата обращения: 20.03.2019)