

3. Режим доступа: https://studref.com/458879/tehnika/otsenka_vetroenergeticheskogo_potentsiala.
4. Режим доступа: <https://www.meteonova.ru/uv-index/28952-Kostanay.htm>.
5. Режим доступа: <https://www.betaenergy.ru/insolation/>.
6. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnye>.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СИЛОВЫХ МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПОВЫШАЕТ ДОСТОВЕРНОСТЬ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ДЕФЕКТОВ

И. К. Исмоилов, Д. А. Турсунов, Б. Т. Жабборов

Ферганский политехнический институт, Республика Узбекистан

Научный руководитель Т. К. Жабборов

Научный консультант Н. В. Грунтович

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Надежность и бесперебойность работы энергетической системы во многом зависит от работы силовых трансформаторов и автотрансформаторов. Для устойчивого развития экономики в Республике Узбекистан и ее энергетики в настоящем и будущем есть необходимость эксплуатации большого количества существующих силовых трансформаторов со значительным сроком службы. Как показывает анализ данных Ферганского предприятия территориальных электросетей, у работающих трансформаторов срок службы превышает нормативный срок в 1,5–2 раза (см. таблицу) [1]. Поэтому, учитывая эти условия, необходимо совершенствовать системы сервисного обслуживания и проводить диагностирование трансформаторов с большим сроком службы.

Силовые трансформаторы Ферганской энергосистемы Узбекистана по данным Ферганского предприятия электрических сетей, отработавших нормативный срок эксплуатации

Тип трансформаторов	Итого трансформаторов	Энергетические предприятия Узбекистана и количество трансформаторов		
		Фергана, тепловая паротурбинная электростанция	Андижан, тепловая паротурбинная электростанция	Наманган, тепловая паротурбинная электростанция
Трансформаторы напряжением 110 кВ	252	57	75	120
	100 %	22,61 %	29,76 %	47,61 %
Трансформаторы напряжением 220 кВ	267	62	80	123
	100 %	23,22 %	29,96 %	46,06 %
Парк блочных трансформаторов напряжением 110–220 кВ	14	7	3	4
	100 %	50 %	21,4 %	28,57 %
Парк силовых трансформаторов предприятий межсистемных сетей (Национальная электрическая сеть «Кыргызэнерго»)	6	1	3	2
	100 %	16,67 %	50 %	33,3 %

Как указано в публикациях [2]–[5], необходимые данные для решения задач стратегического планирования могут быть получены на основании рационального, своевременного, правильного диагностирования парка работающих трансформаторов с учетом имеющегося опыта их эксплуатации. Продление ресурса работы конкретного силового трансформатора осуществляется на основании проведения комплексного обследования. Это является, как известно, трудоемкой, наукоемкой и дорогостоящей процедурой, проведение которой связано с выполнением диагностических операций в соответствии с требованиями отраслевых документов.

Дифференциальная, комплексная техническая диагностика, в отличие от многопараметрической диагностики, предполагает проведение анализа одновременно двух и более измеренных независимых диагностических параметров. Типовым примером является выявление дефектов по хроматографическому анализу горючих газов в трансформаторном масле. Причем эта задача решается в несколько этапов. После выявления горючих газов в трансформаторном масле вычисляются отношения парных газов. Далее по численному значению трех пар горючих газов, по диагностическим таблицам определяются возможные дефекты. При совпадении дефекта по трем парным газам дефект считается истинным результатом. При совпадении дефекта по двум парным газам результат считается как неопределенность при выявлении дефекта. Но даже после такого анализа диагностических параметров не всегда можно получить достоверный результат. Специалистами международного Совета по большому электроэнергетическим системам (СИГРЭ) и российскими учеными давно доказано, что ни одна национальная методика не обеспечивает высокую достоверность при выявлении дефектов по хроматографическому анализу. Как известно, горючие газы выделяются при наличии локальных перегревов и частичных разрядов. Поэтому для повышения достоверности выявления дефектов крайне важно выполнить термографическое обследование трансформаторов и произвести регистрацию частичных разрядов.

В качестве второго примера комплексного диагностирования трансформаторов можно рассматривать вибродиагностирование бака трансформатора в диапазоне частот от 10 до 5000 Гц. На рис. 1 представлены результаты вибродиагностирования бака двух автотрансформаторов в днище бака.

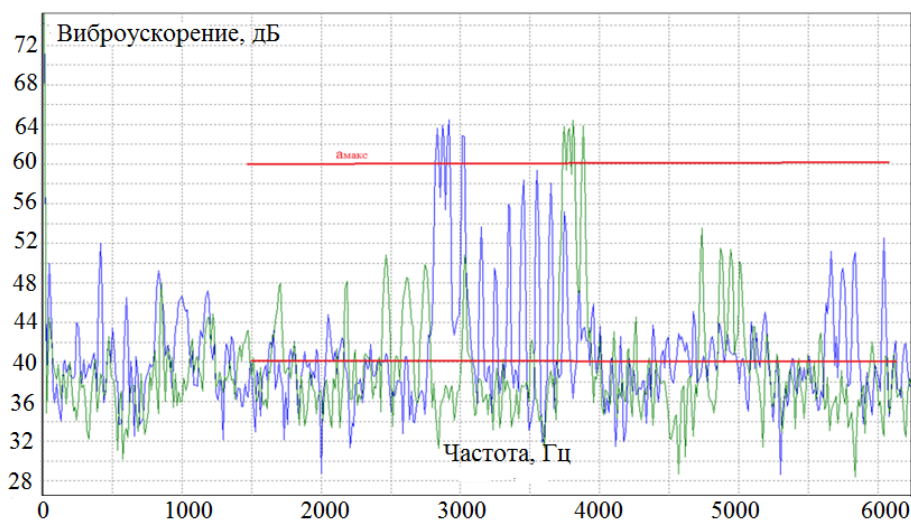


Рис. 1. Сравнение уровней вибрации в днище бака двух автотрансформаторов: зеленый – АТ № 1; синий – АТ № 2

В данном случае выявляются дефекты по уровню амплитуды вибрации на информационных частотах. В диапазоне вибрации бака трансформатора до 1000 Гц амплитуда вибрации ниже критической ($A_{кр} = 90$ Дб). На частоте вибрации 3000 и 4000 Гц двух автотрансформаторов амплитуда вибрации предельная. Как показали дальнейшие результаты, причиной повышенной вибрации двух автотрансформаторов является некачественный внутренний монтаж. Так как в автотрансформаторах было зарегистрировано выделение водорода, соответственно, дополнительно было выполнено измерение уровня частичных разрядов. По уровню частичных разрядов и амплитуде вибрации бака была определена область дефектного монтажа внутри бака трансформатора.

В настоящее время научной группой Ферганского политехнического института совместно с научной группой ГГТУ им. П. О. Сухого под руководством д-ра техн. наук, проф. Н. В. Грунтовича ведется разработка методики комплексного технического диагностирования силовых маслонаполненных трансформаторов. Целью исследования является повышение достоверности при определении дефектов в процессе эксплуатации силовых маслонаполненных трансформаторов за счет контроля и анализа одновременного изменения определенной группы диагностических параметров при комплексном техническом диагностировании. Научная идея заключается в увеличении срока службы, снижении числа внезапных отказов силовых трансформаторов во время эксплуатации на основе разрабатываемой теории вибродиагностирования динамической стойкости обмоток, магнитопровода в диапазоне 50–5000 Гц и повышения качества диагностирования по хроматографии горючих газов за счет применения различных методов анализа горючих газов и увеличения числа диагностических параметров при одновременном измерении их значений.

Литература

1. Жабборов, Т. К. Анализ проблемы надежности силовых трансформаторов в энергосистемах Республики Узбекистан / Т. К. Жабборов, И. К. Исмоилов // Стратегия и тактика развития производственно-хозяйственных систем : сб. науч. трудов / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Гомел. обл. о-во «Знание» ; под ред. Н. В. Сычевой. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – С. 173–178.
2. Грунтович, Н. В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования : учеб. пособие / Н. В. Грунтович. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 271 с.
3. Анализ проблемных вопросов эксплуатации маслонаполненных трансформаторов / Н. В. Грунтович [и др.] // Энергия и Менеджмент, 2017. – № 3 (96). – С. 2–6.
4. Грунтович, Н. В. Экспертные системы управления энергоэффективностью и энергетической безопасностью / Н. В. Грунтович // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. – 2014. – № 4. – С. 16.
5. Грунтович, Н. В. Комплексное техническое диагностирование электротехнического оборудования – основа системы ремонтов «по состоянию» / Н. В. Грунтович, Н. И. Грачек // Горный журнал. – 2003. – № 7. – С. 67–69.
6. Грунтович, Н. В. Типовые ошибки при вибродиагностировании энергетического оборудования / Н. В. Грунтович, А. А. Алферов, П. М. Колесников // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2010. – № 1 (40). – С. 72–81.
7. Грунтович, Н. В. Компьютерные системы технического диагностирования маслонаполненных трансформаторов / Н. В. Грунтович, И. В. Петров, П. М. Колесников // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2013. – № 4 (55). – С. 94–99.
8. Грунтович, Н. В. Закономерности образования внутренней электрической дуги в силовых маслонаполненных трансформаторах / Н. В. Грунтович, Н. В. Грунтович // Энергетическая стратегия. – 2022. – № 1 (85). – С. 21–24.