

УДК 621.3.042:534.642

**ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ
ПРИ ВИБРОДИАГНОСТИРОВАНИИ СИЛОВЫХ
МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

Ник. Вас. ГРУНТОВИЧ, Над. Вл. ГРУНТОВИЧ, Е. А. ЖУК
Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого
Гомель, Беларусь

Во время работы силовых маслонаполненных трансформаторов контролируются следующие параметры: физико-химические параметры масла, хроматографический контроль растворенных газов в масле, вибрация бака трансформатора, частичные разряды в баке, термография. Этот комплекс диагностических параметров позволяет с высокой достоверностью выявлять дефекты на ранней стадии их развития [1]. Проведенные исследования показали, что причины, вызывающие вибрацию бака трансформаторов могут быть: магнитострикционная вибрация (100...700 Гц); ослабление прессовки обмоток и магнитопровода (100...5000 Гц); повреждение шинок отвода 6...10 кВ в трансформаторах (800...1500 Гц); резонансные частоты при слабом закреплении внутренних шин (2000...4000 Гц); образование пузырьков при локальных перегревах (700...1500 Гц). Исследования показали, что вероятность локальных перегревов в трансформаторах – 0,26.

В табл. 1 представлены дефекты трансформаторов, выявленные по результатам хроматографического анализа газов, растворенных в масле за 1989–2014 гг. в Белорусской энергосистеме.

Табл. 1. Дефекты трансформаторов

Вид дефекта	Процент отказов от общего их количества, %
1. Электрические дефекты РПН	38,7
2. Механические повреждения РПН	5,37
3. Электрические частичные разряды	11,82
4. Возгорание шинных отводов	8,6
5. Дефекты термического характера	7,52
6. Дефекты масляной системы охлаждения	5,38
7. Повреждение стяжных шпилек	4,35
8. Переток масла из бака РПН в бак трансформатора	4,3
9. Обрыв и возгорание шинки заземления	3,23
10. Витковое замыкание в обмотках	3,22
11. Деформация обмотки	2,16
12. Образование короткозамкнутых контуров	2,15

Повреждение шинок отвода сопровождается повышенной вибрацией бака в верхней части, повышением температуры в этой области до 80 °С, а уровень частичных разрядов может достигать 200 пКл. Во время экспе-

риментов было установлено, что уже при температуре 140 °С начинается образование пузырьков. Этот процесс вызывает вибрацию бака трансформатора и хорошо регистрируется современными приборами. Точки измерения вибрации: днище бака, нижняя часть бака, средняя часть бака. Общее количество точек около 20. Принятая практика в Беларуси и России оценки динамической стойкости обмоток и магнитопровода по общему уровню в диапазоне 10...1000 Гц является недостоверной. Проведенные многочисленные измерения вибрации бака трансформаторов показали, что при минимальной вибрации в диапазоне до 1000 Гц амплитуда вибрации может быть критической в диапазоне 1200...5000 Гц [2]. В качестве иллюстрации приведены спектры вибрации автотрансформатора с наработкой 24 года (рис. 1, *а*) и вибрация новых автотрансформаторов китайского производства (рис. 1, *б*). Максимальная магнитоэстрикционная вибрация до 1000 Гц, как правило, составляет порядка 90 дБ (при $a_0 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$). В данном случае вибрация не превышает 75 дБ. Однако в частотном диапазоне свыше 2000 Гц уровень вибрации достигает на отдельных частотах 56 дБ при предельном значении 60 дБ. Режим загрузки автотрансформаторов переменный, в течение 1 ч он может изменяться несколько раз. В китайских автотрансформаторах, кроме повышенной вибрации, выделялся водород. Поэтому по спектру вибрации баков и уровню частичных разрядов была выявлена область слабого крепления шин внутри бака.

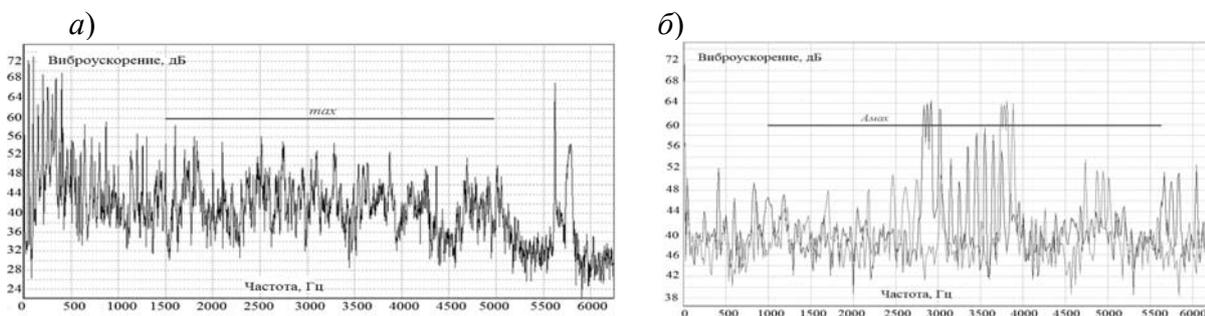


Рис. 1. Спектры вибрации автотрансформаторов: *а* – спектр вибрации АТ-1, середина, в зоне РПН фазы «В» (110 кВ); *б* – спектры вибрации днища баков двух новых китайских автотрансформаторов 110 кВ

Следовательно, для повышения достоверности выявления дефектов по спектру вибрации бака трансформатора частотный диапазон при измерении должен быть до 5000 Гц и больше.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Грунтович, Н. В.** Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие / Н. В. Грунтович. – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2019. – 271 с.: ил.
2. Vibration Diagnostics Of Power Equipment Before Commissioning / M. Hruntovich [et al.] // E3S Web of Conferences 178, 01031. – 2020. – Mode of access: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017801031> HSTED-2020.