

## **18 Секция 5. Энергосберегающие технологии и альтернативная энергетика**

Как видно из рис. 3, самая плохая изоляция статорной обмотки – в двигателе ЗКНБ-Г.

### **Литература**

1. ГОСТ Р ИСО 20816-1–2021. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях // Электротехн. интернет-портал elec.ru. – Режим жоступа: <https://www.elec.ru/>. – Дата доступа: 09.09.2022.
2. Грунтович, Н. В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования : учеб. пособие / Н. В. Грунтович. – Минск : Новое издание ; М. : ИНФА-М, 2013. – 271 с. : ил. – (Высш. образование: Бакалавриат).

УДК 621.3.042:534.632

### **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ТОЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИЛОВЫХ МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

**Н. В. Грунтович, Е. А. Жук**

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

**Т. К. Жобборов, И. К. Исmoilов**

*Ферганский политехнический институт, Республика Узбекистан*

*Кратко изложены типовые ошибки при диагностировании силовых трансформаторов. Приведены рекомендации для повышения достоверности выявления дефектов при техническом диагностировании маслonaполненных трансформаторов с применением виброконтроля, хроматографии и частичных разрядов.*

**Ключевые слова:** динамическая стойкость, виброконтроль, хроматография, частичные разряды, термография, трансформаторы.

### **INCREASING THE RELIABILITY AND ACCURACY OF TECHNICAL DIAGNOSTICS OF POWER OIL FILLED TRANSFORMERS**

**M. V. Hruntovich, E. A. Zhuk**

*Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus*

**T. K. Zhobborov, I. K. Ismoilov**

*Fergana Polytechnic Institute, Republic of Uzbekistan*

*Typical errors in diagnosing power transformers are briefly outlined. Recommendations are given to improve the reliability of detection of defects in the technical diagnostics of oil-filled transformers using vibration control, chromatography and partial discharges.*

**Keywords:** dynamic resistance, vibrocontrol, chromatography, partial discharges, thermography, transformers.

Значительная часть силовых маслonaполненных трансформаторов отработала свой нормативный срок. Для повышения долговечности и безотказности трансформаторов необходимо совершенствовать теорию технической диагностики. Сложившаяся практика в Беларуси, России и Узбекистане оценивать динамическую стойкость обмоток и магнитопровода трансформаторов по общему уровню вибрации бака в диапазоне частот 10–1000 Гц не может обеспечить высокую достоверность

выявления дефектов. Выполненные многочисленные измерения вибрации трансформаторов на различных предприятиях показали, что вибрация бака может увеличиваться и до 5000 Гц при наличии различных дефектов.

В качестве иллюстрации приведены спектры вибрации автотрансформатора с нагрузкой 24 г. (рис. 1). Максимальная магнитоэлектрическая вибрация до 1000 Гц, как правило, составляет около 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 одного часа он может измениться несколько раз.

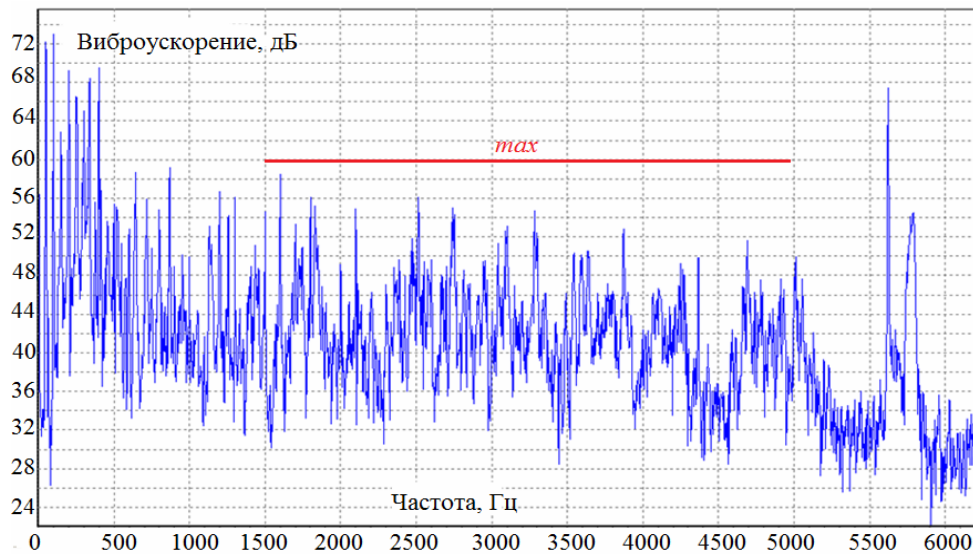


Рис. 1. Спектр вибрации автотрансформатора (середина, в зоне РПН фазы «В» (110 кВ)) в частотном диапазоне 5–1000 Гц

Хроматографический контроль горючих газов в масле целесообразно выполнять по двум и более разным методикам [1]. Если хроматография показывает, что в трансформаторе возможны дуговые разряды и локальный перегрев с температурой 700–900 °С, то в обязательном порядке нужно выполнить термографическое обследование трансформатора и измерить частичные разряды в баке и в высоковольтных вводах. Как показали исследования, при дуговых разрядах масло в трансформаторе горит локально в зоне дуги, при этом результаты хроматографии показывают локальный перегрев. Причем термографическое обследование трансформатора целесообразно выполнять не только с земли, но и люльки автомобиля или крыши здания. Необходимо измерять  $\text{tg}\delta$  изоляции обмоток 6–10 кВ мостом Р-5026. При этом  $\text{tg}\delta$  не должен увеличиваться. Выполнять подобные измерения обмоток и вводов 110–220 кВ нецелесообразно, так как полученный результат будет недостоверным. К сожалению, такие измерения в электрических сетях Беларуси выполняются регулярно.

Для оценки технического состояния высоковольтных вводов необходимо измерять частичные разряды стационарной системой или переносным зондом М4202 (Lemke-5) и тщательно провести температурное обследование. При разности температурного поля на вводах 10–15 °С необходимо организовать температурный мониторинг и контролировать частичные разряды переносным зондом.

## **20 Секция 5. Энергосберегающие технологии и альтернативная энергетика**

Проведенные исследования показали, что существует 10 факторов, которые могут вызывать частичные разряды [3]:

1. Образование пузырьков масла при локальных перегревах и кипении масла.
2. Образование пузырьков масла при кавитации во время работы масляного насоса.
3. Возникновение полости в бумажной изоляции, обусловленное вибрацией при длительной эксплуатации трансформаторов и потерей динамической стойкости обмоток.
4. Появление механических примесей на узлах трансформатора и в масле в результате вибрации, при повышенной кислотности масла, после локальных перегревов.
5. На границе раздела двух сред (масло – узлы трансформаторов).
6. Локальное повышение вибрации при плохих контактных соединениях.
7. Концентрация электрических зарядов на заостренных деталях металлических узлов трансформаторов.
8. Увлажнение бумажной изоляции.
9. Воздействие солнечного электромагнитного излучения. По этой причине в Белорусской энергосистеме за последние 10 лет трансформаторы напряжения повреждались дважды.
10. Локальное повышение направленного электрического поля из-за электронизации масла во время работы маслонасосов.

С увеличением срока службы увеличивается вероятность возникновения электрической дуги внутри трансформатора. Применяемая токовая отсечка и дифференциальная защита не защищают трансформатор от электрической дуги внутри трансформатора. Во время лабораторных исследований было установлена зависимость между уровнем частичных разрядов и током утечки в шине заземления.

Было обследовано более 20 силовых трансформаторов. Установлена строгая закономерность между уровнем частичных разрядов и током утечки в шинах заземления. Поэтому для прогнозирования и предупреждения образования электрической дуги внутри трансформатора целесообразно контролировать ток утечки. При наличии тока утечки величиной в 50 А целесообразно провести физико-химическое испытание трансформаторного масла и измерение частичных разрядов в баке трансформатора. При регистрации частичных разрядов в баке 600–800 пКл и при загрязнении масла целесообразно выполнить регенерацию трансформаторного масла.

### **Л и т е р а т у р а**

1. Грунтович, Н. В. Типовые ошибки при техническом диагностировании силовых маслонеполненных трансформаторов / Н. В. Грунтович, Н. В. Грунтович, Е. А. Жук // Вестн. Казан. гос. энергет. ун-та. 2021. – Т. 13. – № 4 (52). – С. 28–36.
2. Грунтович, Н. В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования : учеб. пособие / Н. В. Грунтович. – Минск : Новое издание ; М. : ИНФА-М, 2013. – 271 с. – (Высш. образование: Бакалавриат).
3. Грунтович, Н. В. Закономерности образования внутренней электрической дуги в силовых маслонеполненных трансформаторах / Н. В. Грунтович, Н. В. Грунтович // Энергет. стратегия. – 2022. – № 1 (85). – С. 21–24.