

следующем виде [1]. В кавитационную полость проникают пары воды и растворенные газы. На этой стадии любой из присутствующих газов является активным компонентом, участвуя в передаче энергии возбуждения. При нормальном атмосферном давлении пузырьки, всплывая и выходя из кавитационной зоны, схлопываются, т.е. исчезают.

В условиях вакуумирования, т.е. растяжения масла, и при наличии в масле растворенных газов (паров воды, кислорода, азота, водорода и других газов), последние активно выделяются в пузырьки. Пузырьки приобретают способность к неограниченному росту и быстро всплывают на поверхность масла, где лопаются, а газы и пары воды уносятся через линию вакуумирования. Всплывающий поток пузырьков активно перемешивает масло и в зону кавитации поступают все новые порции масла. Таким образом, происходит активная дегазация трансформаторного масла с помощью кавитатора, который представляет собой стальную крыльчатку с острыми лепестками, закрепленную на оси предохранительного клапана шестеренчатого насоса.

При работе установки в летнее время или при отсутствии необходимости нагрева масла, можно не включать нагреватель и дегазацию трансформаторного масла производить без нагрева.

По имеющимся в установке приборам и средствам визуального наблюдения контролируют кавитацию и уровень масла (по смотровым окнам), остаточное давление в оболочке установки вакуумметр ВП2-У.

По требованиям технических регламентов на электрооборудование периодически в лабораториях проверяют качество трансформаторного масла после проведенной дегазации приборами [2]: массовая доля влаги – влагомер ВТМ-МК, относительной проницаемости ε и тангенса угла диэлектрических потерь $tg\delta$ – измеритель диэлектрических параметров трансформаторного масла Ш2-12ТМ, общее газосодержание – измеритель объемной доли газов в трансформаторном масле ИРКУТ. Такие проверки проводятся в процессе полного анализа трансформаторного масла при приближении одного или нескольких показателей качества масла к предельно допустимому значению, а также при ухудшении твердой изоляции или интенсивном старении масла с целью определения причин этих процессов. Анализ растворенных в масле газов служит для обнаружения дефектов отдельных конструктивных элементов и всей твердой изоляции электрооборудования.

Указанные выше приборы использовались при проведении экспериментов до и после дегазации трансформаторного масла. Забор трансформаторного масла для анализа производился пробоотборником «Элхром» [3], который представляет собой шприц объемом 20 мл с поршнем индивидуальной притирки с прецизионным трехходовым краном. Поршень шприца смазывается вакуумной смазкой, чтобы устранить попадание воздуха в систему. Перед проведением измерений приборы подготавливаются согласно руководству по эксплуатации.

В эксперименте по дегазации образца трансформаторного масла было получено шесть параллельных результатов измерений, по которым были рассчитаны средние значения физико-химических показателей, которые приведены в табл. 1

Таблица 1

Физико-химические показатели трансформаторного масла

№ п/п	Физико-химические показатели	До дегазации	После дегазации
1	Массовая доля влаги, г/т	38,8	4,6
2	Относительная проницаемость, ε	3,65	1,95
3	Тангенс угла диэлектрических потерь, $tg\delta$, %	6,41	2,45
4	Объемная доля газов, %	6,12	0,19

На основании результатов испытаний и проверки качества трансформаторного масла в составе маслonaполненного электрооборудования была разработана и аттестована методика измерений массовой доли влаги в трансформаторном масле, которая подтверждает качество масла после дегазации и обеспечивает получение резуль-

татов измерений массовой доли влаги с показателями точности приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Значения показателей повторяемости, воспроизводимости, правильности и точности массовой доли влаги в трансформаторном масле после дегазации

Область измерений массовой доли влаги в трансформаторном масле, млн ⁻¹ (г/т)	Показатель повторяемости (абсолютное среднее квадратическое отклонение повторяемости) σ_r , млн ⁻¹ (г/т)	Показатель воспроизводимости (абсолютное среднее квадратическое отклонение воспроизводимости) σ_R , млн ⁻¹ (г/т)	Показатель правильности (границы абсолютной систематической погрешности при вероятности $P = 0,95$) $\pm\Delta_c$, млн ⁻¹ (г/т)	Показатель точности (границы абсолютной погрешности при вероятности $P = 0,95$) $\pm\Delta$, млн ⁻¹ (г/т)
от 0 до 10,0	0,4	0,5	$\pm 1,1$	$\pm 2,5$

Из данных табл. 1 и 2 следует, что установка «ПАДУН» успешно справляется с доведением трансформаторного масла до кондиционного состояния, нормированного технической документацией для маслонаполненного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маргулис М.А. Основы звукохимии (химические реакции в акустических полях): Учебное пособие. М: «Высшая школа». 1984. 272 с.
2. Пирог В.П. и др. Аналитические средства контроля параметров трансформаторного масла // Приборы. 2007. № 5. С.12-14
3. Дарьян Л.А. Пробоотборники «Элхром» для хроматографического анализа газов, растворенных в трансформаторном масле // Методы и средства оценки состояния энергетического оборудования. Сборник трудов. 2000. Вып. 11. С. 234.