# РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА НА ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

**Юсупов Дилмурод Турдалиевич**
***Институт проблем энергетики Академии наук Республики Узбекистан***
***PhD, с.н.с.,***
***E-mail: dilmurod85@list.ru***
**Носиров Асрорбек Исмоилжон угли**
***Базовый докторант (PhD)***
***E-mail: asrorbeknosirov6210@gmail.com***

**Аннотация:** В статье приведены результаты испытания трансформаторного масла на основные параметры: электрическая прочность, температура вспышки, влагосодержание и содержание механических примесей. Для испытания была взята проб масла силового трансформатора ТДНС 35/10 кВ. Испытание проводилось на специальной электротехнической лаборатории. Результаты испытания показали, что трансформаторное масло соответствует основным требованиям и пригодно к эксплуатацию согласно нормативному документу RH 34-301-633:2011.

**Ключевые слова:** испытание, трансоформаторное масло, осноные параметры, электрическая прочность, температура вспышки, влагосодержание, содержание механических примесей.

**Abstract:** This article presents the results of transformer oil testing for key parameters: dielectric strength, flash point, moisture content, and mechanical impurity content. A sample of oil from a 35/10 kV TDNS power transformer was taken for testing. The testing was conducted in a dedicated electrical laboratory. The test results showed that the transformer oil meets the key requirements and is suitable for use in accordance with RH 34-301-633:2011.

**Key words:** testing, transformer oil, main parameters, electrical strength, flash point, moisture content, content of mechanical impurities.

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada transformator moyining asosiy parametrlarini, jumladan dielektrik mustahkamlik, chaqnash harorati, namlik miqdori hamda mexanik aralashmalar miqdorini aniqlash bo‘yicha o‘tkazilgan sinov natijalari keltirilgan. Sinovlar o‘tkazish uchun 35/10 kV kuchlanishli TDNS turidagi kuch transformatoridan moy namunasi olingan. Tajribalar maxsus elektrotexnik laboratoriya sharoitida amalga oshirilgan. Olingan natijalar transformator moyining amaldagi asosiy talablarga to‘liq javob berishini hamda RH 34-301-633:2011 me’yoriy hujjat talablariga muvofiq ekspluatatsiyaga yaroqli ekanligini ko‘rsatgan.

**Kalit so‘zlar:** sinovlar, transformator moyi, asosiy parametrlar, dielektrik mustahkamlik, chaqnash harorati, namlik miqdori, mexanik aralashmalar miqdori.



ISSN 3030-3907

## Введение

Силовые трансформаторы являются одними из ключевых элементов электроэнергетических систем, обеспечивающих надежную передачу и распределение электрической энергии. Их бесперебойная и долговременная эксплуатация в значительной степени определяется техническим состоянием изоляционной системы, важнейшим компонентом которой является трансформаторное масло [9-10]. Жидкая изоляция выполняет одновременно несколько критически важных функций: электрическую изоляцию токоведущих частей, отвод тепла от активных элементов трансформатора, а также защиту металлических и изоляционных материалов от процессов окисления и старения. В процессе эксплуатации под воздействием электрических, тепловых, механических и химических факторов свойства трансформаторного масла постепенно ухудшаются. Повышение влагосодержания, снижение диэлектрической прочности, образование механических примесей и продуктов окисления могут привести к развитию внутренних дефектов, ускоренному старению твердой изоляции и, в конечном итоге, к аварийному выходу трансформатора из строя [11-15]. По данным анализа эксплуатационной статистики, значительная доля отказов силовых трансформаторов связана именно с ухудшением качества трансформаторного масла. В связи с этим своевременный контроль и диагностика основных параметров трансформаторного масла являются одной из приоритетных задач современной энергетики. Регулярные лабораторные испытания позволяют объективно оценить техническое состояние жидкой изоляции, выявить начальные стадии деградации и принять обоснованные решения по дальнейшей эксплуатации оборудования [16-18]. Особую актуальность данные вопросы приобретают для трансформаторов, работающих в условиях повышенных нагрузок и нестабильных режимов электроснабжения [1-2].

Целью настоящего исследования является проведение испытаний трансформаторного масла по основным эксплуатационно значимым параметрам — диэлектрической прочности, температуре вспышки, влагосодержанию и содержанию механических примесей — с последующей оценкой его пригодности к дальнейшей эксплуатации в соответствии с действующими нормативными требованиями.

**Целью исследования** является испытания транформаторного масла на основные параметры: электрическая прочность, температура вспышки, влагосодержание и содержание механических примесей.

## Материалы и методы исследования



ISSN 3030-3907

Для испытания была взято трансформаторное масло, основные параметры, которые приведены на таблицах 1 и 2. Объектом исследования являлось трансформаторное масло, отобранное из силового трансформатора типа ТДНС напряжением 35/10 кВ. Отбор пробы осуществлялся в соответствии с установленными требованиями нормативных документов с целью обеспечения репрезентативности и достоверности результатов испытаний.

**Таблица-1**

**Общая информация о трансформаторах и условия испытаний**

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Идентификация объекта | Трансформатор |
| 2. | Тип, модель | ТДНС |
| 3. | Мощность | 10 000 |
| 4. | Номинальное напряжения | 35/10 |
| 5. | Причина испытаний | После доливки |
| 6. | Место проведения испытаний | Специальная электротехническая лаборатория |
| 7. | Температура | 15° С |

Испытания проводились в условиях специализированной электротехнической лаборатории при контролируемых температурных условиях. В ходе исследования определялись основные параметры трансформаторного масла, наиболее полно характеризующие его техническое состояние. Диэлектрическая прочность масла определялась методом измерения пробивного напряжения с использованием измерительного прибора TOR-80 производства компании MEGGER. Испытания проводились в строгом соответствии с требованиями стандартов ГОСТ 6581–75 [3] и ГОСТ 7822–75 [4], регламентирующих методику проведения измерений и условия испытаний. Температура вспышки трансформаторного масла определялась с применением прибора HZBS-3 производства компании MEGGER в соответствии с требованиями стандартов ГОСТ 4333–2014 [5] и ГОСТ 982–80 [6]. Данный параметр является важным показателем термической стабильности масла и его пожаробезопасности при эксплуатации.

Определение влагосодержания и содержания механических примесей осуществлялось с использованием измерительного прибора HZWS-2 на основе методик, установленных в нормативных документах ГОСТ 24614–81 [7] и ГОСТ 6581–75 [3]. Влагосодержание масла является одним из ключевых факторов, влияющих на диэлектрическую прочность и скорость старения



ISSN 3030-3907

изоляционной системы трансформатора. Полученные экспериментальные данные были систематизированы и сопоставлены с нормативными значениями, приведенными в действующих стандартах и руководящих документах.

**Таблица-2**

**Значения, указанные в нормативных документах [2-6]**

| № | Наименование определения | Норма |
|---|---|---|
| 1. | Электрическая прочность | 40 кВ |
| 2. | Температура вспышки | 130 ° С |
| 3. | Влагосодержание | 10 г/т |
| 4. | Содержание механических примесей | Отсутст. |

**Полученные результаты и их обсуждения**

Испытание проводилось на специальной электротехнической лаборатории. На основании применения вышеуказанных лабораторных измерительных приборов и соблюдения требований соответствующих стандартов ГОСТ были получены экспериментальные результаты, представленные в таблице 3. В результате проведенных лабораторных испытаний были получены значения основных параметров трансформаторного масла, представленные в таблице 3. Анализ полученных данных показал, что значение диэлектрической прочности масла составляет 43,8 кВ, что превышает минимально допустимое нормативное значение. Данный результат свидетельствует о хорошем электрическом состоянии жидкой изоляции и отсутствии критических факторов, способствующих электрическому пробою. Температура вспышки масла составила 135 °С, что также превышает нормативное значение, установленное стандартами. Это указывает на достаточную термическую устойчивость масла и его соответствие требованиям пожарной безопасности при эксплуатации трансформатора в штатных режимах. Влагосодержание трансформаторного масла по результатам испытаний составило 9,9 г/т, что не превышает предельно допустимых значений. Низкое влагосодержание является положительным фактором, поскольку наличие воды в масле существенно снижает диэлектрическую прочность и ускоряет процессы старения твердой изоляции. Механические примеси в исследуемой пробе масла не обнаружены, что свидетельствует об удовлетворительном состоянии фильтрации и отсутствии интенсивных процессов разрушения изоляционных материалов. В совокупности полученные результаты подтверждают, что трансформаторное масло находится в работоспособном состоянии и может использоваться для дальнейшей эксплуатации без проведения дополнительных восстановительных мероприятий.



ISSN 3030-3907

**Таблица-3**

**Результаты проведенных измерений**

| № | Наименование определения | Результаты испытания |
|---|---|---|
| 1. | Электрическая прочность | 43,8 кВ |
| 2. | Температура вспышки | 135 ° С |
| 3. | Влагосодержание | 9,9 г/т |
| 4. | Содержание механических примесей | Отсустст. |

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных лабораторных испытаний и анализа полученных результатов установлено, что трансформаторное масло, отобранное из силового трансформатора типа ТДНС 35/10 кВ, соответствует требованиям действующих нормативных документов по основным эксплуатационным параметрам. Значения диэлектрической прочности, температуры вспышки, влагосодержания и содержания механических примесей находятся в допустимых пределах и обеспечивают надежную работу изоляционной системы трансформатора. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения комплексного лабораторного контроля параметров трансформаторного масла для оценки технического состояния силовых трансформаторов. Регулярное проведение подобных испытаний позволяет своевременно выявлять начальные признаки деградации жидкой изоляции, повышать надежность электроэнергетического оборудования и снижать вероятность аварийных отказов. В целом, исследуемое трансформаторное масло признано пригодным к дальнейшей эксплуатации в соответствии с требованиями руководящего документа RH 34-301-633:2011 [8], что подтверждает эффективность применяемых методов диагностики и контроля.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко В.Е., Щапов П.Ф., Шутенко О. В. «Повышение эффективности эксплуатационного измерительного контроля трансформаторных масел». Монография. – Харьков.: «ХПИ», 2007. – 452 с.

2. Yusupov D.T., Muminov A.B., Nosirov A.I., Berdiev U.T., and Kutbidinov O.M., “Development of an algorithm of processes for cleaning power transformer oil in a circulatory way,” in 15th International Conference on Thermal Engineering: Theory and Applications, ICTEA 2024.

3. ГОСТ 6581–75. Нефтепродукты. Методы определения содержания воды. - М.: Издательство стандартов, 1975.

4. ГОСТ 7822–75. Масла трансформаторные. Методы испытаний. - М.: Издательство стандартов, 1975.



ISSN 3030-3907

5. ГОСТ 4333–2014. Нефтепродукты. Методы определения температуры вспышки и воспламенения. - М.: Стандартинформ, 2014.
6. ГОСТ 982–80. Масла трансформаторные. Технические условия. - М.: Издательство стандартов, 1980.
7. ГОСТ 24614–81. Масла трансформаторные. Методы определения содержания воды. - М.: Издательство стандартов, 1981.
8. Руководящий документ RH 34-301-633:2011. Инструкция. Эксплуатация трансформаторных масел. – Т: Узбекэнерго, – 2011. – 98 с.
10. Попов Г.В., Диагностика силовых трансформаторов, Москва: Энергоатомиздат, 2011.
11. Алексеев Б.А., Методы и средства диагностики трансформаторов, Москва: Энергия, 2010.
12. Ежков О.Н., Старение целлюлозной изоляции силовых трансформаторов, Силовая Электроника, 2013.
13. Holmgren B., Sorption and Desorption Processes in Transformer Insulation, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, 2008.
14. Karlsson A., Water Activity and Water Content in Transformer Oil–Paper Insulation, KTH, 2001.
15. Kachler A. J. and Tenbohlen S., Transformer Insulation Moisture and Its Effects, IEEE Electrical Insulation Magazine, vol. 29, no. 5, 2013.
16. Koch M. and Blennow J., Moisture in Transformer Insulation – A Review, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, vol. 20, no. 3, 2013.
17. Karandaev A.S., Yachikov I.M., Radionov A.A., Liubimov I.V., Druzhinin N.N., Khramshina E.A., “Fuzzy Algorithms for Diagnosis of Furnace Transformer Insulation Condition.” Energies, 2022.
18. Levin V.M., Yahya A.A., Boyarova D.A., “Predicting the technical condition of the power transformer using fuzzy logic and dissolved gas analysis method.” International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), 2022.
19. Alawode K.O., Olowolafe F., “Fuzzy Logic and Decision Tree Models for Dissolved Gas Analysis in Power Transformer Fault Diagnosis.” Adeleke University Journal of Engineering and Technology, 2023.


ISSN 3030-3907