

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ПО ПАРАМЕТРАМ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Казимов Ш.К.¹, Новрузова С.Я.², Бабаев Ш.З.³

¹Казимов Шамсадин Казымович - кандидат физико-математических наук, доцент;

²Новрузова Севиндж Ягубович – преподаватель;

³Бабаев Ширзад Зулфугарович – преподаватель,
кафедра электроэнергетики, архитектурно-инженерный факультет,
Нахчыванский государственный университет,
г. Нахчыван, Азербайджанская Республика

Аннотация: в целях повышения полезности трансформатора, а также улучшения качества трансформаторного масла в условиях эксплуатации упоминается, что оно способно добиться стойкости к окислению, очистки от маслонерастворимых отложений, кислот, воды и др. признаки износа. Обсуждаются использование трансформаторного масла в качестве дугогасящей среды в высоковольтных масляных выключателях и их работа. Также обсуждается выявление дефектов в процессе эксплуатации при очистке газов, растворенных в электроизоляционных маслах, методом хроматографического анализа. Кроме того, рассматриваются системы охлаждения, используемые для предотвращения нагрева трансформаторов в результате потерь мощности в сердечнике, обмотках и других конструктивных элементах в процессе преобразования энергии из одного напряжения в другое напряжение.

Ключевые слова: трансформаторное масло, осадок, кислоты, эксплуатация, газы

REDUCTION OF LOSSES ACCORDING TO THE PARAMETERS OF TRANSFORMER OIL

Kazimov Sh.K.¹, Novruzova S.Ya.², Babaev Sh.Z.³

¹Kazimov Shamsaddin Kazymovich - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor;

²Novruzova Sevinj Yagubovich - teacher;

³Babaev Shirzad Zulfugarovich - teacher,

DEPARTMENT OF ELECTRIC POWER ENGINEERING, FACULTY OF ARCHITECTURE AND ENGINEERING,
NAKHCHIVAN STATE UNIVERSITY,
NAKHCHIVAN, REPUBLIC OF AZERBAIJAN

Abstract: in order to increase the usefulness of the transformer, as well as to improve the quality of the transformer oil under operating conditions, it is mentioned that it is able to achieve resistance to oxidation, cleaning of oil-insoluble deposits, acids, water and other signs of wear. The use of transformer oil as an arc-extinguishing medium in high-voltage oil switches and their operation are discussed. Also, the detection of defects during operation is discussed with the purification of gases dissolved in insulating oils by the method of chromatographic analysis. In addition, cooling systems used to prevent heating of transformers as a result of power losses in the core, windings and other structural parts in the process of converting energy from one voltage to another voltage are discussed.

Keywords: transformer oil, sediment, acids, operation, gases.

УДК: 621

Масла, используемые в современной энергетике, в основном изолируются в трансформаторах и используются для охлаждения и зарядки устройств. Заливка масла в трансформаторы осуществляется в соответствии с государственными стандартами. Чтобы масло в трансформаторах было хорошего качества, оно должно соответствовать следующим условиям:

1. высокая стойкость к окислению (стабильность);
2. недостаток влаги;
3. наличие механической смеси
4. низкая температура замерзания

В трансформаторе масло в условиях высоких температур окисляется, образуются маслонерастворимый осадок (шлам), кислоты, вода, вещества с признаками старения [1]. Шлам оседает на поверхности внутренних элементов трансформатора, затрудняя теплообмен, нарушая электрическую изоляцию и может стать причиной аварии. Кислоты вызывают коррозию металлических частей аппарата и разрушение твердой изоляции. Наличие воды в масле снижает его электрическую прочность.

Основными показателями, характеризующими трансформаторное масло как диэлектрик, являются его электрическая прочность и диэлектрические потери. Электрическая прочность масла – это его сопротивление проколу. Этот показатель в основном зависит от наличия воды в масле [6]. Следы воды могут резко снизить прочность масла. Чтобы обеспечить прочность масла, перед заливкой оборудования его необходимо высушить.

Потери энергии в переменном электрическом поле характеризуют диэлектрические потери в трансформаторном масле. Эти потери объясняются поляризацией молекул нефти, атомов и ионов [5]. Диэлектрические потери оцениваются путем измерения тангенса угла электрических потерь $\text{tg}\delta$. Чем ниже $\text{Tg}\delta$, тем меньше диэлектрические потери в масле.

Таким образом, химические и электрические испытания трансформаторного масла позволяют оценить его состояние и выявить неисправности, возникающие в трансформаторе. Но при этих методах дефекты обнаруживаются уже после значительного развития очагов поражения. Именно по этой причине, несмотря на удовлетворительные результаты предыдущих испытаний, отказ оборудования часто происходит раньше времени проведения очередных профилактических испытаний.

Следует учитывать, что силовой и измерительный трансформатор, реактор и т.п. Дефекты, образующиеся при эксплуатации в высоковольтных маслонаполненных устройствах, часто слабо развиты [4]. Такие дефекты можно легко устранить, если они будут обнаружены на ранних стадиях их развития, тем самым вовремя предотвратив серьезные повреждения.

На первом этапе его формирования для обнаружения и диагностики дефекта используют метод хроматографического анализа газов, растворенных в электроизоляционных маслах.

Трансформаторные масла в полностью маслонаполненном оборудовании содержат только воздух (безвоздушные трансформаторы) и азот (когда масло защищено азотом) в виде растворенных газов. При любом тепловом КЗ выделяется небольшое количество газов в результате разложения масла или твердой изоляции, которая растворяется в масле. В маслах неисправных трансформаторов могут образовываться следующие газы: водород (H_2), углекислый газ (CO), углекислый газ (CO_2), метан (CH_4), этилен (C_2H_4), ацетилен (C_2H_2), этан (C_2H_6). При хроматографическом анализе трансформаторного масла определяют состав и количество растворенных газов, и на основании полученных результатов с определенной вероятностью прогнозируют, неисправен ли трансформатор, характер дефекта и в какой части трансформатора есть дефект [2]. Измеряя тангенс угла диэлектрических потерь трансформаторного масла, можно увеличить полезный коэффициент работы. Конструкция мерного стакана должна обеспечивать удобство его разборки, очистки и повторной сборки. После сборки электроды должны сохранить исходное положение. Материал тары должен быть устойчив к окислению, коррозии и другим химическим воздействиям. Обычно используются два типа контейнеров:

1. Цилиндрическая форма
2. Плоская форма

В этих контейнерах расстояние между электродами составляет 2 мм. Оба контейнера имеют три зажима. Один из зажимов подключен к измерительному, один к высоковольтному и один к защитному электроду. Расстояние между датчиком и высоковольтным электродом должно быть $2 \pm 0,1$ мм, таким же должно быть расстояние между датчиком и защитным электродом.

Пути повышения КПД трансформатора: Для обеспечения длительной работы трансформатора восстанавливают его регенерируемость удалением влаго- и мехпримесей, газов, кислых масел [2]. Для этого используются различные газоочистные устройства, оборудование и адсорбенты.

Очистка масла центробежным устройством: для удаления воды и механических примесей из масла используются специальные сепараторы и машины, работающие по принципу центробежной силы [7].

Масляная фильтрация: фильтры в основном изготавливаются из бумаги, картона или ткани. Масло в устройство нагнетается насосом с давлением 0,4-0,6 МПа.

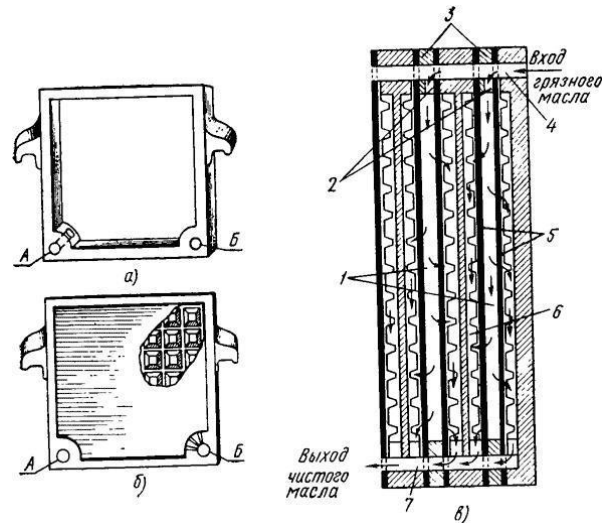


Рис. 1. а) Фильтрация рамы б) Фильтрация деталей в) Схема работы фильтра.

Очистка масла с помощью цеолитового устройства: Цеолитовое устройство используется в современной энергетике для очистки трансформаторного масла. На рис. 1 показана фильтрация деталей. а-рама, б-пластина, А-щель для входа грязного масла, В- место выхода чистого масла. Так, для очистки его одностороннего молекулярного слоя фильтруется искусственный цеолит типа NaA.

Внутри рам образуются камеры 1 для неочищенного масла. Камеры щелями 2 в углах рам сообщаются с общим сквозным отверстием 4, в которое нагнетается грязное масло. Просочившись сквозь фильтровальную бумагу 5 камер, очищенное масло поступает к решеткам пластин 6. По канавкам пластин масло попадает в сквозное отверстие 7 и далее на выход из пресса [3].

Параллельное включение камер создает большую фильтрующую поверхность и увеличивает производительность пресса.

Регенерация кислого масла в процессе очистки: Данная установка очищает через 3-4 параллельных адсорбента (каждый содержит 50 кг цеолита). Диаметр цеолитового масла составляет менее 4/1 диаметра адсорбента, что приводит к регенерации кислого масла [5].

Дегазация трансформаторного масла: Структура дегазации состоит из удаления газа, образующегося в трансформаторном масле, и подачи нетоксичного воздуха.

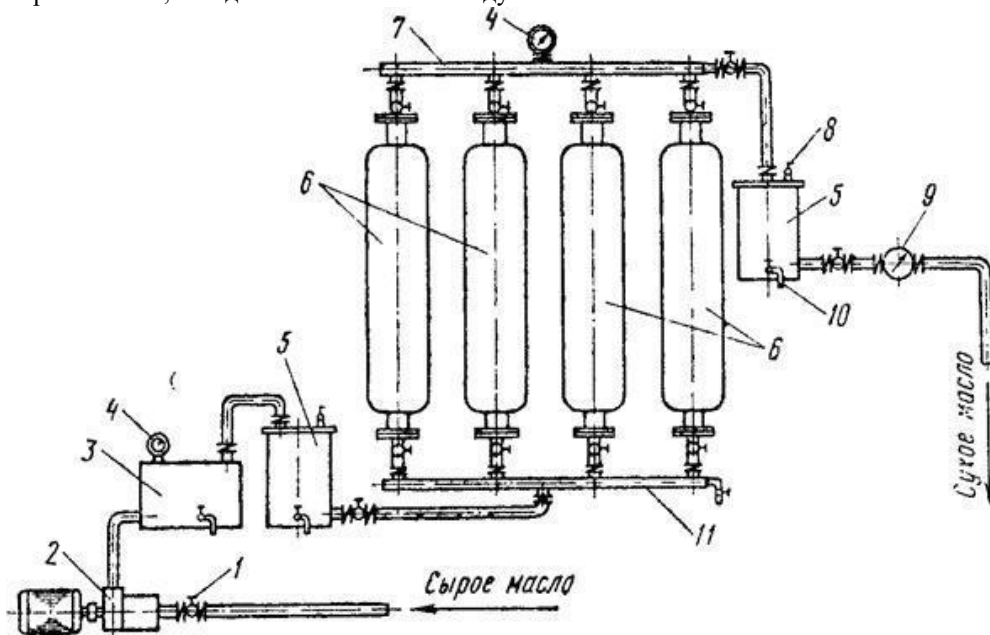


Рис. 2. Сушка масла устройством с цеолитовой структурой.

1. Вентиль, 2. Насос, 3. Электронагреватель масла, 4. Манометры, 5. Фильтры, 6. Адсорберы, 7. Верхний коллектор, 8. Кран для спуска воздуха, 9. Объемный счетчик, 10. Кран для отбора проб и слива масла, 11. Нижний коллектор

Проверяется 10-ю кранами, чтобы определить очистку масла через фильтр. В процессе фильтрации используется для очистки трансформаторного масла от шлама, угля и ряда механических примесей.

В высоковольтных масляных выключателях в качестве дугогасительной среды используется трансформаторное масло. Высоковольтные масляные выключатели служат для размыкания и замыкания электрических цепей под нагрузкой в нормальных условиях эксплуатации и для автоматического размыкания в аварийных условиях и при коротких замыканиях [6]. Масляные выключатели – это устройства с трансформаторным маслом, как дугогасящая среда. При возникновении дуги между контактами в масле под воздействием высокой температуры масло превращается в газ (неионизируемый, 70% водорода). Давление газа быстро повышается до нескольких десятков атмосфер, что позволяет быстро погасить дугу.

В случае с масляными выключателями необходимо обращать внимание на уровень и цвет масла в его баке. Капитальный ремонт масляных выключателей производится каждые 3-4 года [2]. Если масляный выключатель сработал три раза, его следует немедленно отремонтировать. Если уровень масла в масляном выключателе ниже нормы, эксплуатировать его категорически запрещается.

Для того чтобы масляный выключатель работал в нормальном рабочем режиме, за ним необходимо правильно ухаживать. Необходимо предотвратить течь масла, долить масло, если цвет масла потемнел, или если оно открылось без короткого замыкания 3-4 раза, его следует капитально отремонтировать и заменить масло.

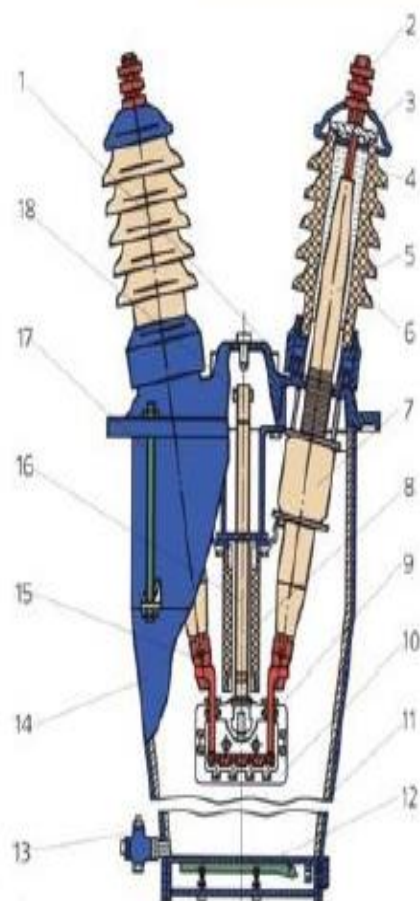


Рис. 3. Масляный выключатель высокого напряжения.

1-стальная крышка, 2-контактный вывод, 3-крышка, 4-морозостойкая мастика, 5-бакелитовая резьба, 6-вводная фарфоровая крышка, 7-трансформатор тока, 8-направленная резьба, 9-фиксированный контакт, 10-дугогасительная камера выключателя, 11-изоляция электрокардона, 12-масляный обогреватель, 13-дождевой кран, 14-полюсный бак, 15-вводная токоведущая шина, 16-бар, 17-крючковый штифт, 18-трансмиссионный механизм.

Системы охлаждения трансформаторов: В процессе преобразования энергии одного напряжения в другое, в трансформаторах происходят потери мощности в сердечнике, обмотках и других конструктивных деталях, что вызывает их нагрев [4]. Согласно техническим нормам превышение температуры деталей конструкции нормируется за счет температуры окружающей охлаждающей среды и не допускается превышать следующих значений: обмотки $+65^{\circ}\text{C}$, поверхности сердечника и других элементов конструкции $+75^{\circ}\text{C}$, верхняя поверхность масла 55°C . При этом нормируемая температура окружающей среды принимается равной $+20^{\circ}\text{C}$ [3]. По правилам технической эксплуатации электроустановок температура масла в наиболее нагреваемой части на верхней поверхности трансформаторов, работающих с номинальной нагрузкой, должна превышать 95°C . По условиям охлаждения трансформаторы конструктивно изготавливают двух типов: сухие и масляные [1].

Основными способами охлаждения трансформаторов являются:

- 1) естественное воздушное охлаждение;
- 2) естественное охлаждение масла;
- 3) продувка натуральным маслом и искусственным воздухом;
- 4) искусственное водомасляное охлаждение;
- 5) искусственное воздушно-масляное охлаждение.

При естественном масляном охлаждении масло, используемое для отвода тепла, также играет роль изоляции [1]. При получении тепла маслом процесс происходит следующим образом. Масло нагревается непосредственно нагретой поверхностью катушки и магнитопровода и поднимается вверх, где встречается с более холодным маслом, немного охлаждается, затем стекает по охлаждающим трубкам вниз, отдавая свое тепло окружающему воздуху через поверхность труб [4]. Вместо охлажденного масла поднимается свеженагретое масло. Таким образом, в баке трансформатора происходит постоянная естественная циркуляция масла.

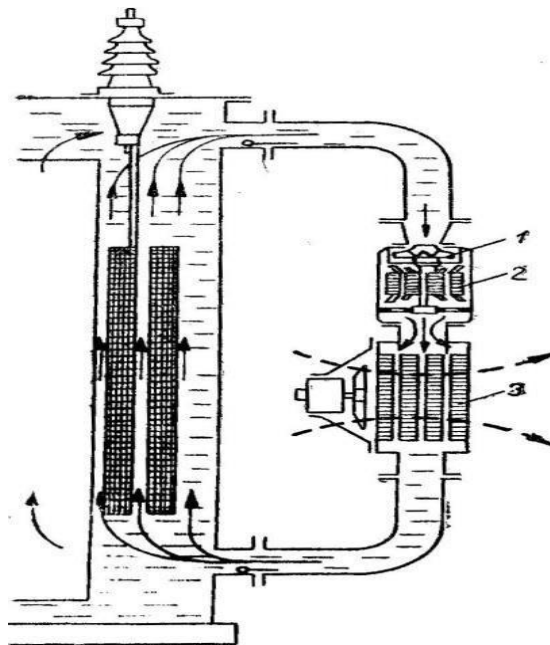


Рис. 4. Схема циркуляции масла в трансформаторе.
1. Двигатель, 2. Насос, 3. Холодильник.

Трансформаторы с естественным масляным охлаждением с искусственным обдувом воздухом являются наиболее крупными и мощными трансформаторами. При ограниченности места установки трансформатора применяют принудительную циркуляцию масла с водяным или воздушным охлаждением. Поскольку в этих условиях теплообмен очень интенсивен, трансформаторы делают более компактными и с относительно небольшой поверхностью охлаждения.

Список литературы / References

1. *Липкин Б.Ю.* Электроснабжение промышленных предприятий и объектов. Баку, 1985 год.
2. *Мамедов С.З., Багиров Н.М., Салманов Б.З.* Электрическая часть электростанций (учебник) Гянджа-2014.
3. *З.И. Худяков* Ремонт трансформаторов Москва Высшая школа 1982.
4. *Техника высоких напряжений.* М.: Энергия, 1976. – 487 с. о Г.С. СПб.: Энергоатомиздат - 2003. – 608 с.
5. *Тиняков Н.А., Степанчук К.Ф.* Техника высоких напряжений. Минск: Высшая школа, 1971-328 с.
6. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для вузов. Пост..
7. Электротехника и электрооборудование Общий курс под общей редакцией проф. П.П. Ястребова Москва -1993.