

этих данных вычисляется величина магнитного поля по трем осям. Запись в оперативное запоминающее устройство номера величины трех компонент магнитного поля происходит один раз в пять секунд. Программа обслуживания прерываний от таймера/счетчика также формирует коды для регистра телеметрии. Диапазон измерения магнитной индукции от -126 до 126 микроТесла.

Работа с персональным компьютером осуществляется через последовательный порт, работающий в стандарте RS – 232. Компьютер подключается к прибору при наземных испытаниях через специальный разъем, установленный на внешней поверхности спускаемого аппарата.

Контроллер распознает семь команд: выдать коды величины индукции магнитного поля, выдать состояние бортовых часов, выдать номер последней записанной страницы постоянной памяти, выдать состояние регистра телеметрии, выдать состояние последний байт, принятый последовательным портом, обнулить счетчик страниц постоянной памяти, выдать блок постоянной памяти. В байте команды четыре старших бита являются кодом команды, четыре младших – номером опрашиваемого датчика. Для работы с компьютером служит подпрограмма обслуживания прерывания от последовательного порта. Ее выполнение в любой момент может быть приостановлено прерыванием от первого таймера счетчика, имеющего высокий приоритет и выполняющего функцию формирователя временных интервалов.

Информация о магнитных полях внутри космического аппарата во время полета передается по телеметрическому каналу на землю, а также записывается в постоянное запоминающее устройство, в котором информация сохраняется даже при отключенном напряжении питания. На Земле можно считать информацию из ПЗУ через последовательный порт.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР КАЧЕСТВА ТРАНСФОРМАТОРНЫХ МАСЕЛ

Портнова И.В.

В энергетике остро стоит вопрос контроля качества используемых трансформаторных масел. В процессе эксплуатации маслонеполненного оборудования происходит старение трансформаторных масел, приводящее к снижению их электроизоляционных характеристик. Также при транспортировке, в процессе хранения и изменения внешних условий изоляционные свойства диэлектрических жидкостей могут измениться и не соответствовать стандарту. Контроль качества должен быть простым в исполнении и автоматизированным. Предлагаемый прибор предназначен

для автоматического контроля свойств изоляционных жидкостей по двум параметрам: тангенсу диэлектрических потерь и концентрации влаги.

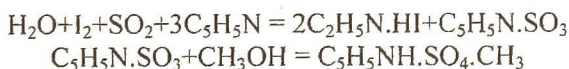
Значение тангенса угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta$ электроизоляционных материалов является основным критерием оценки их диэлектрических свойств, служит для определения степени старения. Это очень важно, потому что процесс старения ускоряет образования большого количества влаги в масле. При превышении допустимого предела микроконцентрации влаги в трансформаторных изоляционных маслах может произойти пробой изоляции высоковольтного оборудования.

Стандартным методом определения влагосодержания является метод Фишера, в основе которого лежат химические реакции взаимодействия воды с йодом. Концентрация влаги определяется по количеству йода, израсходованного на титрование. Международная электротехническая комиссия (МЭК) приняла данный метод в качестве стандарта для определения влаги в изоляционных жидкостях и бумажно-масляной изоляции.

Для создания автоматизированных измерителей наиболее перспективен кулонометрический метод, при котором йод генерируется электролитическим способом непосредственно в ячейке, а его количество определяется по величине заряда, израсходованного на электролиз.

Алгоритм определения влагосодержания в исследуемом веществе может быть представлен следующими этапами:

- Подготовка реактива к работе путем регулировки концентрации свободного йода таким образом, чтобы имелся небольшой его избыток;
 - Введение пробы исследуемого вещества, при этом проводимость резко падает;
- Титрование путем электролитической генерации йода, в процессе которого вода связывается в соответствии со следующим уравнением реакции:



Определение момента окончания титрования (восстановление начального значения проводимости).

Для титрования 1 моля воды требуется 1 моль йода, следовательно, концентрация воды в исследуемой жидкости может быть определена по закону Фарадея: для связывания 1 мг воды необходим заряд в 10.72 Кл. Таким образом, определяя время титрования при неизменном токе через генераторные электроды, можно установить концентрацию воды в исследуемой пробе. Конечная точка титрования определяется кондуктометрическим методом, то есть измерением проводимости.

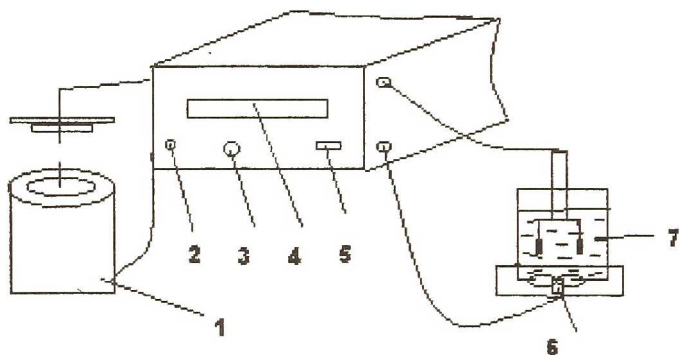


Рисунок 1 - 1-ячейка для измерения $\text{tg } \delta$; 2-тумблер включения питания; 3-переключатель режимов работы; 4 - ЖК дисплей; 5 - кнопка "Пуск"; 6 - магнитная мешалка; 7- электрохимическая ячейка

Анализ производится в электролитической ячейке, состоящей из двух отделений: катодного и анодного, разделенных пористой перегородкой. В измерительное анодное отделение, представляющее собой стеклянную колбу, помещают электролит. Электролит представляет собой смесь растворов SO_3 в пиридине и йода в метаноле. Для кондуктометрического метода требуются индикаторные электроды, гальванически не связанные с генераторными, с помощью которых определяется проводимость раствора.

Электронный измеритель проводимости представляет собой высокочувствительный цифровой прибор, позволяющий измерять проводимость жидких диэлектриков. Для определения проводимости применен амперометрический метод, заключающийся в измерении тока через электролит при постоянном напряжении между электродами.

Для стабилизации тока проводимости показания прибора регистрируют через 5 минут после подачи напряжения к ячейке. На результаты измерения заметное влияние оказывает время нахождения проб масел при температурах более 80°C . Это, возможно, связано с ускорением при таких температурах химических процессов старения в эксплуатационных маслах.

Точность метода зависит от различных факторов, перечислим главные из них:

- Воздействие атмосферной влаги, искажающей результаты титрования,
- Нестабильность тока титрования.

Токи утечки в изолирующих цепях, в результате чего неточно определяется момент окончания титрования.

- Посторонние электрохимические реакции.

Для исключения посторонних источников влаги применяются следующие меры: герметизация электролитической ячейки и применение осушителей (силикагеля и других гигроскопичных веществ), введение пробы шприцом путем прокалывания диафрагмы из эластичной резины, коррекция результатов измерения путем вычитания "фоновое" значения, предварительная стабилизация раствора.

Для обеспечения постоянства тока титрования применяется источник стабильного тока, обеспечивающий нестабильность менее 1%. При чрезмерном загрязнении генераторных электродов и невозможности поддержания требуемой величины тока автоматическая система выдает предупреждающее сообщение. При его получении рекомендуется сменить раствор и прокипятить электроды в азотной кислоте.

Токи утечки возникают вследствие недостаточного сопротивления изоляции между генераторными и индикаторными электродами, а также другими цепями анализатора. Для уменьшения их влияния применяется оптронная развязка в цепях управления источником тока, и предъявляются повышенные требования к качеству печатного монтажа и изоляции обмоток силового трансформатора.

Применение описанных мер позволяет снизить погрешность определения влагосодержания до величины 5-10%.

С помощью предлагаемого анализатора можно определять также тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta$, для чего служит отдельная ячейка, подключаемая к разъему блока электроники. Сначала определяется емкость и $\operatorname{tg} \delta$ пустой ячейки. После этого ее заполняют испытываемым маслом, помещают в термостат, нагретый до температуры испытаний, и подсоединяют к электрической схеме. При достижении ячейкой температуры испытаний производят измерение $\operatorname{tg} \delta$.

Для применения автоматического анализатора качества жидких диэлектриков на практике не требуются сложные приспособления и оборудование, специальные технологические процессы. Автоматическое определение конечной точки титрования существенно облегчает процесс анализа и уменьшает вероятность ошибки. Данный прибор позволяет производить постоянный контроль качества трансформаторных масел, что уменьшает риск аварийных ситуаций на предприятиях. Анализатор содержит встроенное энергонезависимое запоминающее устройство, позволяющее накапливать результаты анализа, а затем, с помощью интерфейса с компьютером, передавать результаты анализа для обработки и распечатки.