

разрешить противоречие:  $C = S = R = 0$ , то есть, задан режим хранения, но значения  $Q^t$  и  $\bar{Q}^t$  при этом неизвестны.

Возможным выходом из ситуации была бы первоначальная установка переключателей в определенное положение. Для корректной работы схемы можно установить с помощью клавиш «S», «C» и «R» на входах триггера уровни сигналов, соответствующие следующей комбинации:  $S = 1$  (контакт переключателя S в верхнем положении),  $C = 1$  (контакт переключателя C в верхнем положении) и  $R = 0$  (контакт переключателя R в нижнем положении). Однако данный вариант ограничивает возможность устанавливать любую начальную последовательность сигналов на входе в соответствии с таблицей истинности синхронного RS-триггера.

Решением указанной проблемы может быть установка триггера перед началом эксперимента в определённое состояние, например, логический 0. Для этого в схему необходимо ввести элемент «Time-Delay Switch» (реле времени) из группы компонентов «Basic» (рис. 2).

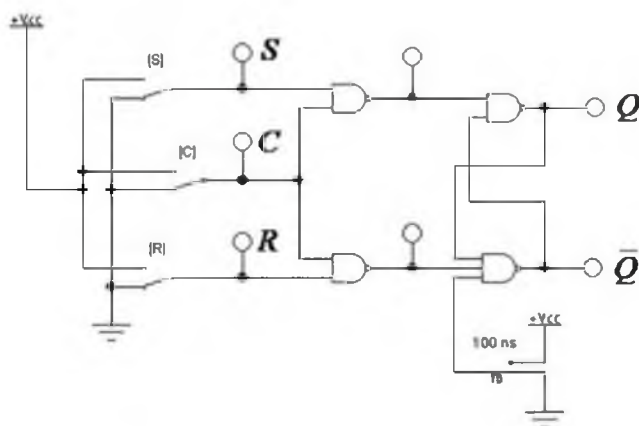


Рисунок 2 – Схема моделирования синхронного RS-триггера с установкой в начальное состояние

В момент запуска моделирования реле включается и подаёт на дополнительный вход статического элемента памяти логический 0, а через короткий промежуток времени, достаточный для предварительной установки триггера в начальное состояние, отключается и подаёт на этот же вход логическую 1. Таким образом, устраняется противоречие моделирования, и схема продолжает стабильно работать в соответствии с таблицей истинности.

Список использованных источников:

1. Воронцов, И. В. Схемотехника : метод. указания к лабораторным работам / И. В. Воронцов, В. П. Золотов. – Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2000. – 59 с.

УДК 621.892.2: 621.317.738

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ И ТАНГЕНСА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ МОТОРНОГО МАСЛА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

**Кузнецов А.А., д.т.н., проф., Джежора А.А., д.т.н., проф., Науменко А.М., к.т.н. доц.,  
Леонов В.В., ст. преп., Муравьев Б.О., студ.**  
Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь

**Реферат.** В статье приведены результаты исследования относительной диэлектрической проницаемости и тангенса диэлектрических потерь моторного масла от температуры и частоты электрического поля. Температура масла варьировалась в диапазоне от  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$ , частоты электрического поля от 500 Гц до 200 кГц. Измерения проводились с помощью измерителя иммитанса E7-20. В качестве измерительной ячейки использовался конденсатор с открытой областью пространства. Получены математические зависимости для калибровочных характеристик портативного измерителя импеданса, что позволит повысить точность и стабильность измерения степени износа моторных и промышленных масел.

Ключевые слова: электроемкостной преобразователь, относительная диэлектрическая проницаемость, измеритель иммитанса E7-20, адмиттанс.

Для обеспечения правильной работы, долговечности и надежности современного промышленного оборудования используются смазочные и технологические масла, смазочно-охлаждающие жидкости.

Все эти продукты должны быть максимально качественными и правильно подобранными для устройств, в том числе по параметрам вязкости. Задачей производителей данного ассортимента является улучшение свойств смазочных материалов. Это необходимое действие в связи с постоянным повышением требований современных технологий, а также международных норм и стандартов.

Кроме того, контроль эксплуатационных свойств смазочных материалов дает множество преимуществ, таких как увеличение срока службы устройств, снижение их количества отказов, увеличение срока службы смазочных материалов и более легкий доступ к информации о техническом состоянии машин.

Сотрудниками кафедры автоматизации производственных процессов Витебского государственного технологического университета разработан макет портативного измерителя импеданса для диагностики степени износа моторного масла. Разработка устройства осуществлялась с использованием тестовых плат EVAL-AD5933EBZ и ESP-WROOM-32. Программа управления разработана в среде Arduino IDE, позволяет регулировать количество измерений, диапазон и шаг частоты сигнала. Обработанные данные передаются в виде HTML-файла по сети Wi-Fi.

Целью данной работы является исследования зависимости относительной диэлектрической проницаемости и тангенса диэлектрических потерь моторного масла от температуры. Так как для повышения точности измерений рекомендуется производить калибровку средств контроля, чтобы уменьшить влияния параметров окружающей среды на результат измерения. Полученные зависимости позволят повысить точность измерения степени износа моторного масла с помощью портативного измерителя импеданса.

Объектом исследования являлось синтетическое моторное масло Eni I-Sint 5W-30. Температура масла варьировалась в диапазоне от  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Измерения проводились с помощью лабораторного измерителя иммитанса E7-20 производства ОАО «МНИПИ» (Республика Беларусь). В качестве измерительной ячейки использовался конденсатор с открытой областью пространства, чертеж которого представлен на рисунке 1. Конденсатор находился в экранированной корпусе (экран Фарадея). Измерения проводились в диапазоне частот от 500 Гц до 200 кГц. Результаты измерения представлены на рисунках 2, 3.

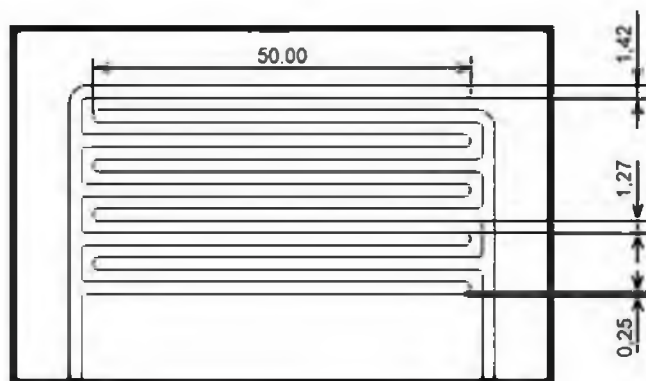


Рисунок 1 – Чертеж измерительного конденсатора

В результате эксперимента установлено, что относительная диэлектрическая проницаемость уменьшается с увеличением температуры. Отклонение относительной диэлектрической проницаемости увеличивается с увеличением частоты и не превышает 5 %. На частоте 1 кГц отклонение относительной диэлектрической проницаемости составило 0,55 %, на частоте 200 кГц 4,8 %. Полученные данные согласуются с результатами работы [1], по которым относительная диэлектрическая проницаемость увеличивалась при увеличении кинематической вязкости. В данном эксперименте при увеличении температуры кинематическая вязкость увеличивается.

При увеличении температуры наблюдается значительное увеличение тангенса диэлектрических потерь. При увеличении частоты значение тангенса диэлектрических потерь уменьшается.

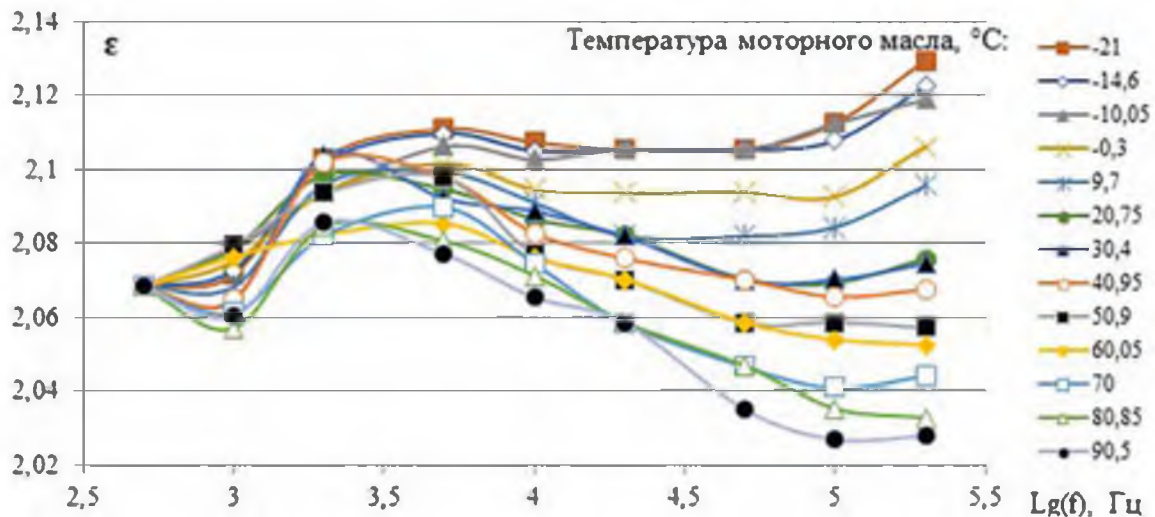


Рисунок 2 – Зависимость относительной диэлектрической проницаемости от температуры

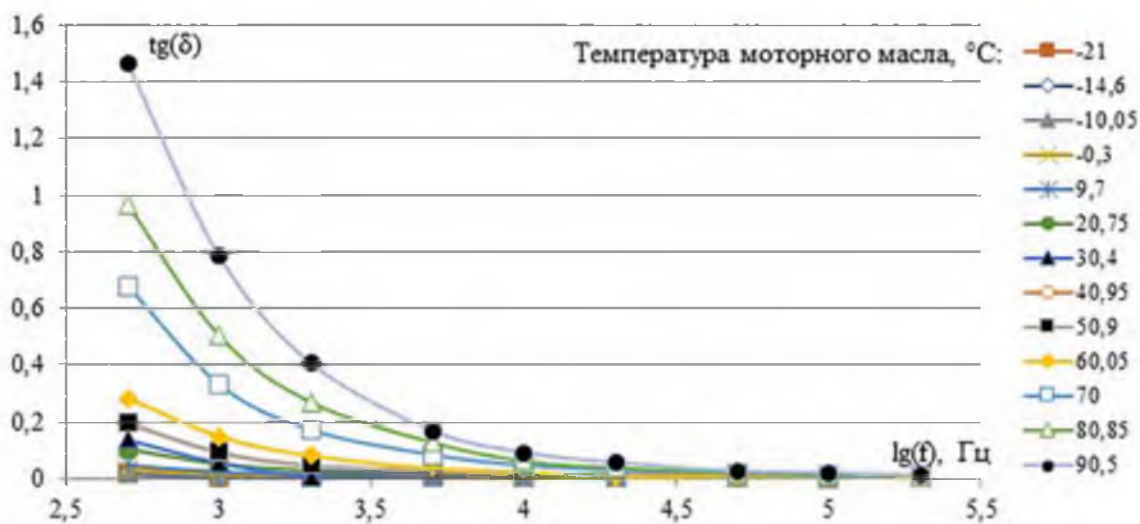


Рисунок 3 – Зависимость тангенса диэлектрических потерь от температуры моторного масла

В результате обработки экспериментальных данных с помощью программного пакета для статистического анализа Statistica 7.0 получены следующие математические модели относительной диэлектрической проницаемости  $\varepsilon(t, f)$  и тангенса диэлектрических потерь:

$$\varepsilon(t, f) = \varepsilon_0(f) * (1 - K * \Delta t * \Delta \lg(f)), (R^2 = 0,953); \quad (1)$$

где  $\varepsilon_0(f)$  – зависимость  $\varepsilon$  от частоты при заданной температуре  $t_0$ ;  $K = 0,0002$  – коэффициент преобразования,  $1/(\text{°K} * \text{Гц})$ ;  $\Delta t = t - t_0$  – разность температур,  $\text{°K}$ ;  $\Delta \lg(f) = \lg(f) - \lg(f_0)$  – разность десятичных логарифмов частоты измерения,  $\text{Гц}$ .

$$\text{tg}\delta(t, f) = (a_1 * f^2 - a_2 * t + a_3) / (\lg(f) - a_4), (R^2 = 0,925); \quad (2)$$

где  $a_1, a_2, a_3, a_4$  – коэффициенты регрессии;  $a_1 = 0,00004$   $1/(\text{°K}^2)$ ;  $a_2 = 0,02221$   $1/\text{°K}$ ;  $a_3 = 3,11480$ ;  $a_4 = 2,50355$ .

Так как коэффициенты детерминации  $R^2 > 0,9$ , то разработанные модели можно считать адекватными.

В результате проведенных исследований, получены зависимости для калибровочных характеристик портативного измерителя импеданса. Дополнительная калибровка устройства позволит повысить точность и стабильность измерения степени износа моторных и промышленных масел.

1. Науменко, А. М. Исследование относительной диэлектрической проницаемости моторного масла с использованием портативного измерителя импеданса / А. М. Науменко [и др.] // Инновации текстиле, одежде, обуви (ICTAI-2022) = International conference on textile and apparel innovation (ICTAI 2022) : материалы докладов международной научно-технической конференции, Витебск, 23–24 ноября 2022 / ВГТУ. – Витебск, 2022. – С. 109–112.

УДК 677.056.666

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ КАРЕТКИ

**Борисов Е.А., студ., Новиков Ю.В., к.т.н., доц.**  
 Витебский государственный технологический университет,  
 г. Витебск, Республика Беларусь

**Реферат.** В статье рассмотрен расчет механизма позиционирования каретки. Определено требуемое усилие системы электропривода. Проверочный расчет винтового механизма позиционирования. Проведена экспериментальная оценка сил позиционирования каретки многоигольного вышивального полуавтомата.

**Ключевые слова:** механизм позиционирования, ходовой винт, момент вращения, шаговый привод, позиция каретки, точность позиционирования, сила позиционирования.

Выполнено теоретическое исследование силового напряжения, действующего на винтовую передачу, что является одним из важных параметров в процессе работы механизма позиционирования каретки.

Кинематическая схема механизм позиционирования каретки представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Кинематическая схема механизма позиционирования

Опоры винтов на двух жестких подшипниках качения, раздвинутых на некоторое расстояние друг от друга, приближаются к заделке. Частота вращения винтов не должна превышать 85 % критической частоты.

Проверочный расчет винтовой передачи механизма позиционирования каретки вышивального полуавтомата ПВ-1-5.

Износостойкость передачи обеспечивается, если среднее давление в резьбе не превышает допустимое

$$p = \frac{F}{(\pi d_2 h z)} \leq [p]$$

где  $F$  – расчетная осевая сила действующая на винт  $d_2$  – средний диаметр резьбы;  $h$  – рабочая высота профиля;  $z$  – число витков резьбы на высоте гайки  $H$ . Рабочая высота профиля круглой резьбы принята как для метрической 0,54P, где  $P$  – шаг резьбы. Число витков резьбы на высоте гайки  $H$

$$z = H / P.$$

Допускаемое давление в резьбе  $[p]$  для пар: закаленная сталь – бронза 10...15 МПа.

$$p = \frac{60}{(3,14 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 6,66)} = 0,028 \text{ Па} \leq [p] = 10 \text{ МПа}.$$