

применим для магнитных, электрических и любых других полей.

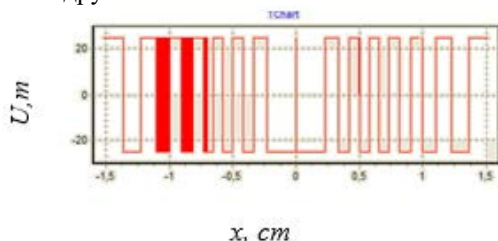


Рисунок 3 – Штрихкодированное распределение электрического напряжения

- Новиков, В.А., Кушнер, А.В., Шилов, А.В. Магнитографический контроль объектов при их намагничивании перемещаемым постоянным магнитом через магнитоноситель. Схемы намагничивания / В.А. Новиков, А.В. Кушнер, А.В. Шилов // Дефектоскопия. – 2010. – № 6. – С.30–35
- Грузинцев, А.А., Михайлов, С.П. Самосогласованный расчет магнитного поля для задач магнитной дефектоскопии. I. Исходная модель для расчета поля магнитной ленты, намагниченной от проводника с током. / А.А. Грузинцев, С.П. Михайлов // Дефектоскопия. – 2011. – № 2. – С.22–30.
- Суханов, Д.Я., Совпель, Е.С. Магнитоиндукционный интроскоп для дефектоскопии металлических

объектов / Д.Я. Суханов, Е.С. Совпель // Дефектоскопия. – 2015. – № 5. – С.56-62.

- Новиков, В.А., Шилов, А.В., Кушнер, А.В. Визуализация полей дефектов ферромагнитных объектов с помощью пленки “Flux-detector” / В.А. Новиков, А.В. Шилов, А.В. Кушнер // Контроль. Диагностика. – 2010. – № 5. – С. 18-22.
- Павлюченко, В.В., Дорошевич, Е.С. Одним импульсом / В.В. Павлюченко, Е.С. Дорошевич – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 174с.
- Павлюченко, В.В. Неразрушающий контроль объектов из электропроводящих материалов в импульсных магнитных полях / В.В. Павлюченко, Е.С.Дорошевич // Дефектоскопия. – 2010. – № 11. – С. 29-40.
- Павлюченко, В.В. Использование магнитного гистерезиса при контроле объектов из электропроводящих материалов в импульсных магнитных полях / В.В. Павлюченко, Е.С.Дорошевич // Дефектоскопия. – 2013. – № 6. – С. 53-68.
- Павлюченко, В.В. Расчет распределений остаточных магнитных полей при гистерезисной интерференции импульсного магнитного поля / В.В. Павлюченко, Е.С.Дорошевич, В.Л. Пивоваров // Дефектоскопия. – 2015. – №1. – С. 11-20.
- Фленов, М. Библия Delphi / М. Фленов, СПб: БХВ-Петербург, 2011, – 688с.

E-mail: es\_doroshevich@mail.ru

УДК 681.7.069.3

## ДАТЧИКИ КОНТРОЛЯ СВОЙСТВ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ

**Баранов В.В., Батурля И.В., Кузьмич А.И., Петрович В.А., Серенков В.Ю., Шахлевич Г.М.**

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь*

Методы диагностирования состояния силовых агрегатов по параметрам используемых масел базируется на том, что масла являются неотъемлемым компонентом узлов трения. Это обуславливает актуальность задачи разработки конструкции датчиков, способных контролировать эксплуатационные параметры жидких сред (масел) по зависящим от них электрофизическим характеристикам.

В настоящее время базовым подходом к созданию датчиков контроля характеристик жидких диэлектриков, в том числе масел, является использование емкостных ячеек, которые позволяют на различных частотах зондирующего сигнала получать отклик, содержащий конкретную информацию о диэлектрических потерях.

В качестве контролируемого параметра масел в настоящее время используется измерение тангенса угла потерь ( $\text{tg}\delta$ ).

Ранее нами исследованы зависимости  $\text{tg}\delta$  масла марки M14B2 с использованием конструкции конденсатора с плоскопараллельными никелевыми пластинами [1, 2].

В настоящей работе использованы дополнительно иные разновидности емкостных

датчиков (на рисунке 1 показаны в центре и справа):

– плоскопараллельный конденсатор, в качестве обкладок которого использовалась сетка с ячейкой  $1 \times 1$  мм. Сетка представляет собой стальной каркас, гальванически покрытый цинком;

– конденсатор с коаксиальными спиралевидными медными обкладками.

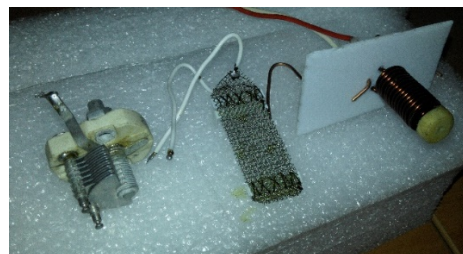


Рисунок 1 – Общий вид датчиков

Недостаток ранее использованного датчика – анизотропия скорости смены диэлектрической среды (масла) между сплошными обкладками в процессе измерения относительно осей координат обкладок. По осям  $X$ ,  $Y$  смена масла проблем не вызывает, а по оси  $Z$ , перпендикулярной

плоскости  $X-Y$ , замена масла затруднена. Вследствие повышенного сопротивления протекания масла, повышаются требования к жесткости конструкции датчика, а также возникает временная задержка при считывании показаний. Для снятия затруднений проточности масел по трем пространственным осям  $X-Y-Z$  существенные преимущества имеет сетчатый и в большей степени спиралевидный датчики.

Измерения  $\text{tg}\delta$  проводили с использованием прибора Е7-25, производства Республики Беларусь (МНИПИ). Прибор позволяет регистрировать значения  $\text{tg}\delta$  при величине измерительного синусоидального сигнала 700 мВ и 40 мВ, а также величины эквивалентных сопротивлений и емкостей для последовательных и параллельных вариантов их соединения.

В диапазоне частот 25 Гц – 1 кГц значения  $\text{tg}\delta$  находятся в пределах 0,25 – 0,025 и убывают с ростом частоты обратно пропорционально.

Характерно, что численные значения  $\text{tg}\delta$  для всех использованных конструкций датчиков отличаются друг от друга не более, чем на 5 %.

Полученные результаты, по нашему мнению, связаны со следующим.

В общем случае величина заряда, накопленного в конденсаторе, может быть отображена следующим образом:

$$Q = CU = \varepsilon_0 \varepsilon \int EdS. \quad (1)$$

Формальное определение величины тока в цепи отображается таким образом:

$$I = U/R = \sigma \int EdS. \quad (2)$$

Разделив (1) на (2), получим

$$RC = \varepsilon_0 \varepsilon / \sigma. \quad (3)$$

Произведение  $RC$  входит в формулу для определения величины  $\text{tg}\delta$  и, как видно из (3), никак не связано с геометрическими размерами датчиков, а определяется лишь диэлектрической проницаемостью ( $\varepsilon$ ) и электропроводимостью ( $\sigma$ ) масла. Незначительные отличия показаний датчиков связаны с краевыми эффектами, которые в вышеприведенных формулах не учитываются.

1. Батурля И.В., Кузьмич А.И., Баранов В.В., Петрович В.А., Серенков В.Ю., Завацкий С.А., Фоменко Н.К., Ковальчук Н.С. Диэлектрические характеристики моторных масел для силовых агрегатов, измеряемые емкостными датчиками // Доклады БГУИР. – 2016, № 3 (97). – С. 103–106.
2. Кузьмич А.И., Радевич Е.И., Петрович В.А., Баранов В.В., Серенков В.Ю. Датчики контроля электрофизических свойств жидких диэлектриков // МНПК «Современные информационные и электронные технологии», 22–26 мая 2017. – Одесса, Украина.

УДК 621.382

## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С ФОТОПРИЕМНИКОМ КОМПЕНСАЦИОННОГО ТИПА

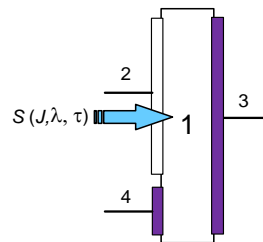
Воробей Р.И.<sup>1</sup>, Гусев О.К.<sup>1</sup>, Жуковский П.<sup>2</sup>, Опеляк М.<sup>2</sup>, Свистун А.И.<sup>1</sup>, Тявловский К.Л.<sup>1</sup>, Буйневич М.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup> Люблинский технический университет, Люблин, Польша

Многие измерительные преобразователи выполняются на основе микроконтроллеров со встроенными или внешними модулями аналого-цифрового преобразования (АЦП). Системы дистанционного контроля и диагностики широко используют различные фотоэлектрические преобразователи. Многофункциональные одноэлементные фотоприемники (ФП) с двумя потенциальными барьерами [1], образованные двумя встречно включенными диодами Шоттки и разделенные длинной базой (рисунок 1), позволяют измерять не только интенсивность монохроматического оптического излучения, но и его длину волны [2, 3].

Измерение при этом производится компенсационным способом – измеряемое значение длины волны соответствует величине компенсирующего напряжения  $U_D$ , прикладываемого к фотоприемнику, по достижению условия равенства нулю выходного тока  $j$  (рисунок 2).



- 1 – полупроводник; 2 – полупрозрачный контакт Шоттки; 3 – тыльный контакт Шоттки;
- 4 – управляющий электрод

Рисунок 1 – Структура одноэлементного двухбарьерного фотоприемника

Общий алгоритм измерения интенсивности и длины волны оптического излучения [2], использующий компенсационные способы измерения, описан применительно к аналоговым средствам измерения. Аналого-цифровой измерительный преобразователь характеристик оптического излучения по параметрам: интенсивность и длина