

## ДАТЧИКИ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКИХ ДИЭЛЕКТРИКОВ

К. т. н. А. И. Кузьмич, Е. И. Радевич, к. т. н. В. А. Петрович,  
д. т. н. В. В. Баранов, В. Ю. Серенков

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Республика Беларусь, г. Минск  
itc2005@tut.by

*Приведены принципиальные подходы к разработке датчиков контроля характеристик жидких диэлектриков, применяемых в силовых агрегатах, в частности в двигателях железнодорожных тепловозов, в том числе, характеризующих уровень загрязненности моторных масел. Разработаны и кратко описаны различные варианты конструкций датчиков, а также полученные с их помощью результаты.*

*Ключевые слова: датчики измерений, диэлектрические потери, жидкие диэлектрики, частота измерений.*

Выбор метода диагностирования состояния силовых агрегатов по параметрам используемого масла базируется на том, что масла являются неотъемлемым компонентом узлов трения. В процессе эксплуатации происходит изменение свойств масла, что приводит к ухудшению мощностных характеристик силовых агрегатов и ускоренному износу их деталей.

Эти обстоятельства обуславливают 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 является использование емкостных ячеек, которые позволяют на различных частотах зондирующего сигнала получать отклик, содержащий конкретную информацию о диэлектрических потерях в жидких средах.

Нами разработаны различные варианты конструкции подобных датчиков.

В качестве контролируемого параметра масел как диэлектриков в настоящее время используется измерение тангенса угла диэлектрических потерь  $\tan \delta$ . Изменение показаний емкостного датчика при этом обусловлено изменением  $\tan \delta$ .

Ранее нами исследованы зависимости  $\tan \delta$  масла марки М14В2 с использованием конструкции конденсатора с плоскопараллельными никелевыми пластинами, помещенными в жидкую среду.

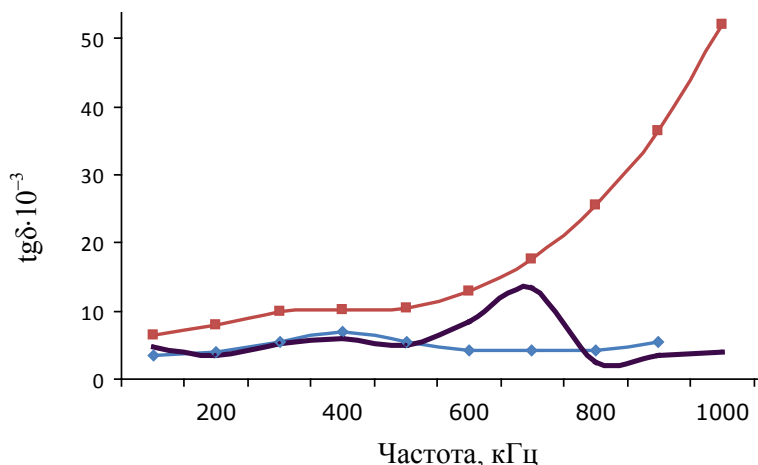
В настоящей работе использованы две новые разновидности конструкции датчиков:

- 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.

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  $Z$  замена масла затруднена. Вследствие повышенного сопротивления протекания масла, повышаются требования к жесткости конструкции датчика, а также возникает временная задержка при считывании показаний.

Предложенные в настоящей работе конструкции, каждая по своему, снимает вышеупомянутые недостатки, характерные данному датчику.

На рисунке представлены результаты регистрации величины  $\tan \delta$  масла М14В2 для всех трех конструкций датчиков от частоты зондирующего сигнала.



Зависимости величины диэлектрических потерь в масле М14В2 от частоты зондирующего сигнала, полученные датчиком со спиралевидной обкладкой (верхняя), датчиком с сетчатой обкладкой конденсаторной структуры (средняя) и конденсатором со сплошными обкладками (нижняя)

Кроме того, в отличие от данных работы [1], впервые представлены результаты исследований величины  $\text{tg}\delta$  в диапазоне частот 100 — 1000 кГц.

Из анализа данного рисунка можно сделать следующие выводы:

— в диапазоне частот 100 — 500 кГц показания от датчика с плоскопараллельными сплошными и сетчатыми обкладками практически идентичны и  $\text{tg}\delta$  находится на уровне  $(3—7) \cdot 10^{-3}$ ;

— для спиралевидного датчика численное значение  $\text{tg}\delta$  в среднем в два раза выше на частотах 100 — 500 кГц, а на более высоких частотах его чувствительность по сравнению с остальными возрастает на порядок величины.

Эксперимент проводили при комнатной температуре при эквивалентно одинаковом объеме исследуемого диэлектрика (0,5 мл) и расстоянии между обкладками емкостных датчиков. Разброс результатов измерений  $\text{tg}\delta$  масла, полученных от различных датчиков на одинаковых частотах, и монотонность поведения кривых для двух датчиков обусловлены неоднородностью электрических полей в различных видах датчиков; поэтому нами отдается предпочтение в пользу спиралевидного датчика, который также способствует проведению замеров с более высокой частотой между ними.

Таким образом, как результат работы, можно отметить, что спиралевидный коаксиальный емкостной датчик может быть использован для оценки характеристик жидких диэлектриков, в частности масла М14В2, при условии его работы на частотах свыше 300 кГц.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Батурля И.В., Кузьмич А.И., Баранов В.В. и др. Диэлектрические характеристики моторных масел для силовых агрегатов, измеряемые емкостными датчиками // Доклады БГУИР. — 2016. — № 3 (97). — С. 103—106.

Kuzmich A.I., Radevich E.I., Petrovich V.A., Baranov V.V., Serenkov V.Y.

#### Sensors for control of electro-physical properties of liquid dielectrics

*The paper presents the principal approaches to the development of sensors for monitoring the characteristics of liquid dielectrics used in power units, in particular, in engines of railway diesel locomotives, including the sensors characterizing the level of contamination of engine oils. The authors briefly describe various versions of the developed sensor design, as well as the results they allowed obtaining.*

*Keywords: measurement sensor, dielectric loss, liquid dielectrics, measurement frequency.*