

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОЕМКОСТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С ОХРАННЫМ ЭЛЕКТРОДОМ

**Джежора А.А., д.т.н., проф., Науменко А.М., к.т.н. доц.,
Леонов В.В.**

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрена конструкция и характеристики накладного и зеркально-симметричного электроемкостных преобразователей с охранным электродом. В результате проведенных исследований установлено, что зеркально-симметричные электроемкостные преобразователи имеют более высокую чувствительность к изменению диэлектрической проницаемости за счет экранирования силовых линий, проходящих через подложку, создающих паразитную емкость. Разработанную конструкцию электроемкостные преобразователи с охранным электродом целесообразно использовать в системах мониторинга качества промышленных масел.

Ключевые слова: электроемкостной преобразователь, относительная диэлектрическая проницаемость, гидравлическое масло, измеритель иммитанса Е7-20.

Гидропривод текстильных машин является основным механизмом, обеспечивающим выполнение заданных функций машины. От эффективности работы гидропривода зависит производительность технологической линии. Поэтому вопросы управления надежностью гидропривода машин являются актуальными.

Известно, что около 70 % отказов гидравлических систем возникают из-за качества гидравлической жидкости. Причем 40 % этих отказов имеют непосредственное отношение к эксплуатационным качествам гидравлических масел, а 60 % отказов связаны с чистотой масел.

Контроль фактического состояния рабочей жидкости является эффективным методом повышения надежности и экономичности использования гидропривода.

Целью данной работы является оценка возможности применения электроемкостных преобразователей с охранным электродом для контроля качества гидравлического масла.

Объектами исследования являются накладной и зеркально-симметричный электроемкостной преобразователь с охранным электродом, конструкция которых представлена на рисунке 1.

Накладной конденсатор содержит обкладку, на которой с одной стороны расположена система параллельных друг другу ленточных электродов (высокопотенциальных 1 и низкопотенциальных 3), лежащих в одной плоскости на поверхности плоской подложки 4. Зеркально-симметричный конденсатор содержит на обкладке две системы параллельных друг другу ленточных электродов аналогичной конструкции, расположенных зеркально. Рабочая емкость создается силовыми линиями 5, проходящими от высокопотенциальных электродов 1 к низкопотенциальным электродам 3. Охранный электрод 2 экранирует часть силовых линий 7 проходящих через подложку 4, создающих паразитную емкость. Накладной конденсатор имеет более высокое значение паразитной емкости, так как часть силовых линий 6 проходит через подложку. Конструкция системы ленточных электродов представлена на рисунке 2. Ширина высокопотенциального, низкопотенциального, охранного электродов равна 2,5 мм.

Для изготовления датчиков использовался фольгированный стеклотекстолит марки FR-4 толщиной 2 мм, диэлектрической проницаемостью при частоте 1 МГц не более 4,5, тангенсом угла диэлектрических потерь при частоте 1 МГц не более 0,017, толщиной медной фольги 0,35 мкм.

Изготовление датчиков осуществлялось путем химического травления раствором хлорного железа (FeCl_3). Нанесение маски осуществлялось методом фотолитографии.

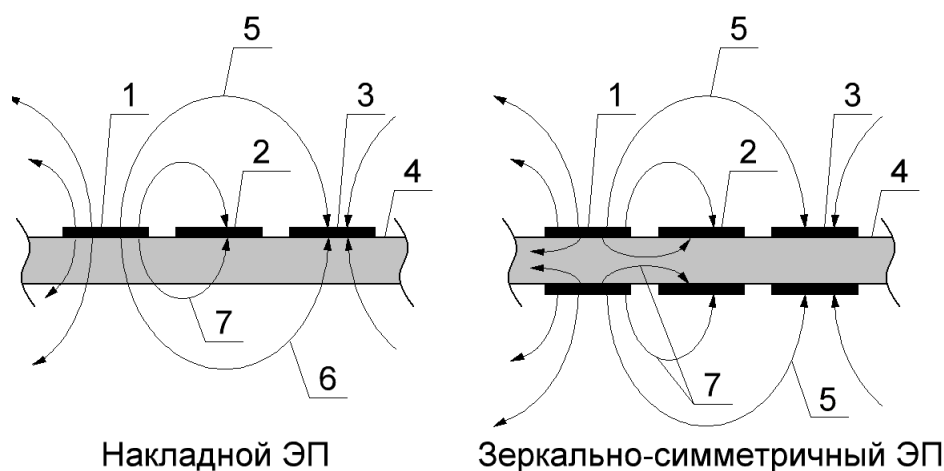


Рисунок 1 – Конструкция накладного и зеркально-симметричного электроемкостного преобразователя с охранным электродом

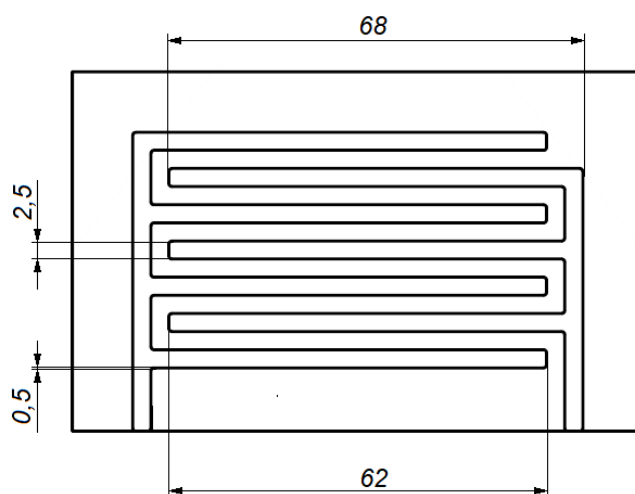


Рисунок 2 – Конструкция ленточных электродов

Измерение геометрических размеров электроемкостных преобразователей проводилось с использованием оптического микроскопа Альтами CM0745.

Размеры накладного электроемкостного преобразователя с охранным электродом:

- средняя ширина электродов $2,351 \pm 0,052$ мм;
- среднее расстояние между электродами $0,665 \pm 0,039$ мм.

Размеры зеркально-симметричного электроемкостного преобразователя с охранным электродом:

- средняя ширина электродов (верхняя обкладка) $2,431 \pm 0,051$ мм;
- средняя ширина электродов (нижняя обкладка) $2,368 \pm 0,068$ мм;
- среднее расстояние между электродами (верхняя обкладка) $0,568 \pm 0,030$ мм;
- среднее расстояние между электродами (нижняя обкладка) $0,639 \pm 0,062$ мм.

Средняя длина электродов для исследованных электроемкостных преобразователей составила $62,0 \pm 0,1$ мм.

Для оценки рабочих характеристик электроемкостных преобразователей проведено измерение емкости и диэлектрических потерь в диапазоне от 500 Гц до 500 кГц с использованием измерителя иммитанса Е7-20. При измерении исходной емкости электроемкостные преобразователи были окружены воздухом и не контактировали с диэлектрическими жидкостями. При оценке чувствительности электроемкостные преобразователи погружались в цилиндрический сосуд диаметром 6 см, высотой 10 см, заполненный гидравлическим маслом марки Esso Nuto H 46. Процесс измерения осуществлялся при условиях: температура составила 21 °С, влажность 48 %.

На основании проведенных измерений рассчитана относительная диэлектрическая проницаемость:

$$\varepsilon_o = \frac{C_{изм}}{C_0}, \quad (1)$$

где $C_{изм}$ – емкость электроемкостного преобразователя, помещенного в исследуемую жидкость, пФ; C_0 – емкость электроемкостного преобразователя в воздухе, пФ.

Результаты расчетов показаны на рисунке 3.

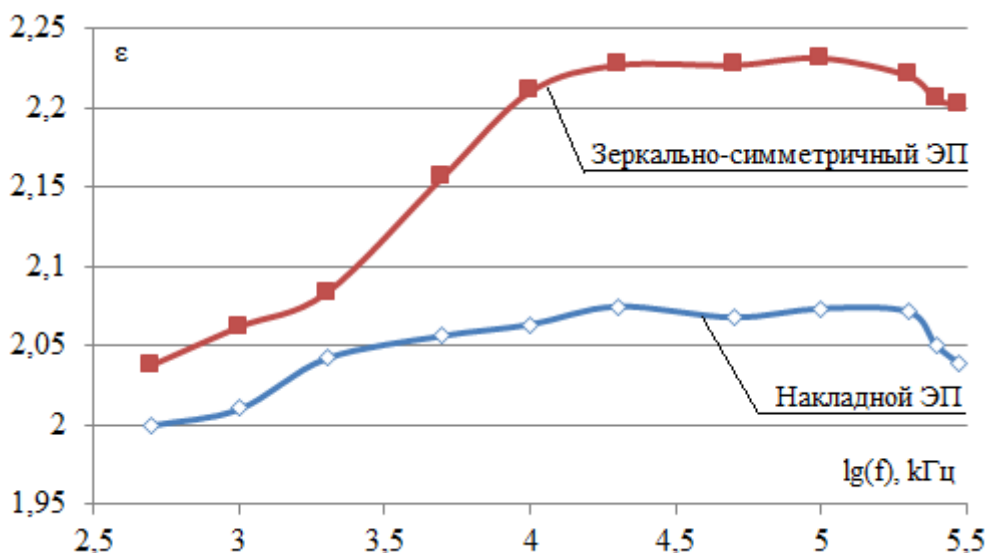


Рисунок 3 – Зависимость диэлектрической проницаемости от частоты электрического поля

Емкость в воздухе накладного электроемкостного преобразователя составила $0,739 \pm 0,050$ пФ, тангенс диэлектрических потерь $0,04 \pm 0,005$ на частоте 100 кГц. Емкость в воздухе зеркально-симметричного электроемкостного преобразователя составила $0,660 \pm 0,048$ пФ, тангенс диэлектрических потерь $0,06 \pm 0,005$.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, накладной и зеркально-симметричный электроемкостные преобразователи с охранным электродом имеют близкие характеристики рабочей емкости. Зеркально-симметричные электроемкостные преобразователи имеют более высокую чувствительность к изменению диэлектрической проницаемости за счет экранирования силовых линий, проходящих через подложку, создающих паразитную емкость. Разработанную конструкцию электроемкостные преобразователи с охранным электродом целесообразно использовать в системах мониторинга качества промышленных масел.