

УДК 621.317.39.084.2

## ИНДИКАТОР КАЧЕСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ МАСЕЛ

А. А. ДЖЕЖОРА, В. А. ЖИЗНЕВСКИЙ, Ю. А. ЗАВАЦКИЙ

Витебский государственный технологический университет

Витебск, Беларусь

В промышленности масла играют важную роль. Они используются в качестве смазки и напрямую влияют на надежность машин и механизмов. В электроэнергетике трансформаторные масла используют как изоляторы высоковольтного оборудования, трансформаторов. Работа гидравлических систем напрямую зависит от качества гидравлических жидкостей. В пищевой промышленности растительные масла влияют на здоровье потребителей. В силу разных причин с течением времени масла неизбежно деградируют, теряют свои свойства и характеристики. Эти ухудшения связаны с увеличением кислотности, повышением температуры (обычно наивысшей рабочей температурой масла считают 95 °С), воздействием света, соприкосновением с катализаторами старения масел (медь, железо, свинец), влажностью воздуха и др.

Экспериментально установлено, что такое старение вызывает изменение проводимости и диэлектрической проницаемости. Следующим шагом на пути к непосредственному определению начала деградации масла является разработка температурно-независимого, точного и надежного емкостного чувствительного индикатора, выполненного по

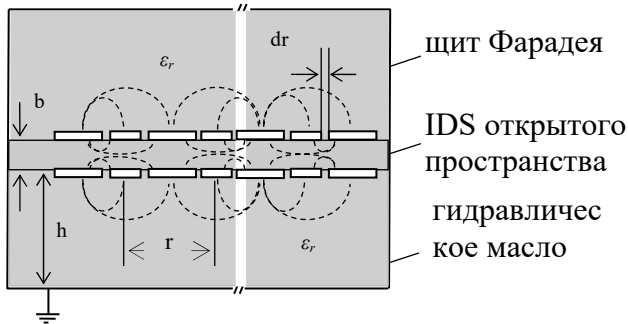


Рис. 1. Зеркально симметричные IDS открытого пространства со щитом Фарадея

технологиям изготовления печатных плат не ниже четвертого класса точности на одной подложке с низким температурным коэффициентом расширения, не адсорбирующим масла. Для этого были разработаны зеркально-симметричные гребенчатые диэлектromетрические сенсоры (interdigitated dielectrometry sensors (IDS), выполненные на стеклотекстолите FR-4 (рис. 1). Эти ячейки служат для определения параметров масла, таких как относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_r$ , проводимость или тангенс угла потерь  $tg\delta$ . Известно, что действующие стандарты, с учетом ГОСТ 6581–75, определяют процедуру измерения  $\epsilon_r$  для контроля состояния масел. Также известно, что значение  $\epsilon_r$  масел увеличивается с увеличением времени обслуживания. Таким образом, измерения  $\epsilon_r$  позволяют определять деградацию масел в реальном режиме времени и осуществлять их мониторинг.

Однако такой процесс определения качества масел является трудо-

емким и не всегда возможным. Для его реализации требуются очень точные и чувствительные приборы, плоскопараллельные конденсаторные ячейки (Maxwell). Сами лаборатории должны обеспечивать защиту от внешних электромагнитных воздействий. Для устранения этих неудобств и были разработаны зеркально-симметричные IDS, созданы их математические модели. Они позволили провести обоснованный выбор конструкций и параметров сенсоров открытого типа, определить метрологические характеристики измерительных устройств, решить вопрос технической осуществимости рассматриваемых задач. Численные расчеты были проведены в среде MAPLE. На рис. 2 представлены результаты моделирования для определения оптимальных размеров сенсора.

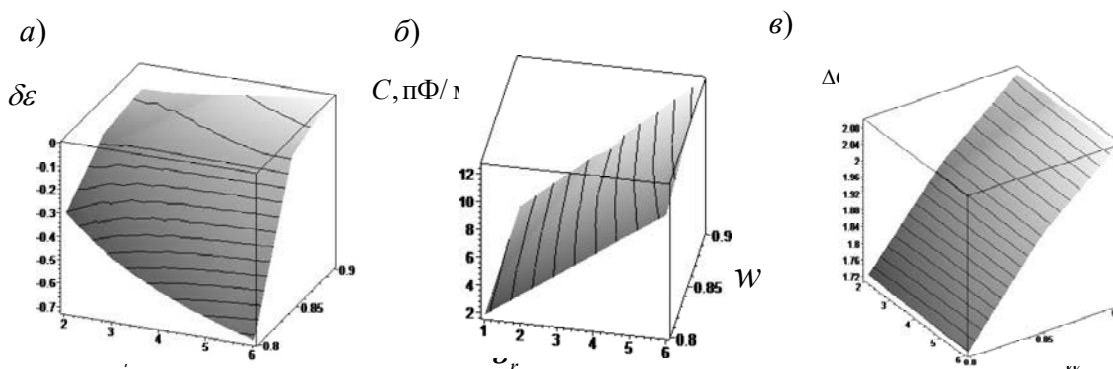


Рис. 2. Зависимости относительной ошибки  $\delta\epsilon_r, \%$  (а), емкости на единицу длины электродов  $C$ , пФ/м (б), и чувствительности  $\Delta C / \Delta\epsilon_r$ , пФ/м (в), для IDS открытого пространства со щитом Фарадея от величины  $\epsilon_r$  и металлизации сенсора  $W$  при  $r/b=10$ ,  $h/r=5$

Измерения значений относительной диэлектрической проницаемости  $\epsilon_r$  для новых масел на частоте 500 Гц посредством иммитанса E7-20 дали следующий результат:

- гидравлическое масло марки Esso Nuto H 46 –  $\epsilon_r = 2,045$ ;
- промышленное масло марки И-40А –  $\epsilon_r = 2,1$ ; ЭКС-А –  $\epsilon_r = 2,125$ .

Для отработанных, старых масел значения диэлектрической проницаемости  $\epsilon_r$  на частоте 500 Гц:

- гидравлическое масло марки Esso Nuto H 46 –  $\epsilon_r = 2,09$ ;
- промышленное масло марки И-40А –  $\epsilon_r = 2,25$ .

Установлено: в течение срока службы масел увеличение  $\epsilon_r$  составляет от +5 до +10 %.

Зеркально-симметричные сенсоры IDS обладают рядом достоинств. Во-первых, позволяют определять  $\epsilon_r$  согласно классическому выражению для плоского конденсатора Maxwell, во-вторых, за счет охранных электродов и щита Фарадея снизить отношение сигнал–шум, убрать паразитные емкости, в-третьих, минимизировать размеры индикаторов качества масел и осуществить удаленный мониторинг.