

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ТОПЛИВА В РЕЗЕРВУАРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЕМКОСТНОГО МЕТОДА**

Царенко Ю.В., Бобров В.П., Джежора А.А.

*ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси»,
г. Витебск, Беларусь, E-mail: labpt@vitebsk.by*

Важной задачей является измерение количества и качества моторного топлива. В настоящее время в автомобильной промышленности нашли применение емкостные датчики уровня топлива, конструктивно реализованные в виде коаксиальных труб, расположенных вертикально по всей высоте бака. Для свободного поступления топлива и воздуха в верхней и нижней частях датчика предусмотрены отверстия.

Существенным преимуществом емкостных датчиков уровня по сравнению с другими является отсутствие в датчике подвижных частей, высокая точность измерений, низкая стоимость. Для контроля уровня топлива в настоящее время используют однопараметровые датчики различных конструкций [1-4].

Работа датчика основана на линейной зависимости емкости коаксиального конденсатора от высоты уровня жидкого дизельного топлива. Емкость конденсатора определяется диэлектрической проницаемостью топлива, диэлектрической проницаемостью паров над уровнем топлива, высотой уровня топлива, геометрическими параметрами самого конденсатора. В связи с тем, что диэлектрическая проницаемость топлива зависит от сортности топлива, его температуры, наличия присадок, сторонних добавок, абсорбированной влаги, то погрешность измерения уровня топлива посредством коаксиального цилиндрического конденсатора может достигать до нескольких процентов.

Для решения ряда задач по учету топлива, например, в емкостях тепловозов, необходимо определение массы нефтепродукта, для чего необходимо определить значение средней плотности нефтепродукта в резервуаре.

Для решения этой задачи с помощью емкостного метода может быть использовано известное [5, 6] соотношение Клаузиуса-Моссотти между плотностью и диэлектрической проницаемостью, которое справедливо для неполярных диэлектрических веществ, к которым относятся нефтепродукты

$$\frac{\varepsilon - \mu}{\varepsilon + 2\rho} = \frac{4\pi\alpha N_a}{3}$$

где ε – диэлектрическая проницаемость вещества; μ – молекулярная масса вещества, ρ – плотность вещества, α – молекулярная поляризуемость вещества; N_a – число Авогадро. Принимая во внимание, что

$$\frac{4\pi\alpha N_a}{3\mu} = A$$

уравнение измерений плотности принимает вид:

$$\rho = \frac{\varepsilon - 1}{A\varepsilon + 2}$$

Под поляризуемостью вещества здесь понимается коэффициент α , связывающий напряжённость постоянного электрического поля \vec{E} , действующего на вещество, с дипольным моментом \vec{p} , образующимся под действием этого поля

$$\vec{p} = \alpha \vec{E}$$

Если поле во времени изменяется не быстро, то его действие способно вызывать смещения части, как с малой массой – электронов, так и с большой – ионов и атомов. Следовательно, в данном случае, поляризуемость включает в себя электронную, ионную и атомную поляризуемости.

Формулу записывают также в виде:

$$\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \times \frac{M}{\rho} = \frac{4\pi N_a \alpha}{3}$$

где M – молекулярная масса вещества, ρ – его плотность.

Массу нефтепродукта в резервуаре можно определить

$$m = V\rho,$$

где V – объем резервуара, ρ – плотности жидкости.

При заполнении емкостного датчика по высоте контролируемой средой происходит увеличение емкости относительно электрической емкости датчика в пустом резервуаре

$$C = C_L h \Delta\varepsilon,$$

где C_L – погонная (на единицу длины) электрическая емкость датчика, $\Delta\varepsilon$ – приращение диэлектрической проницаемости.

Две последние формулы математически идентичны, только используются разные переменные, в первой формуле плотности жидкости, а в последующей формуле – приращение диэлектрической проницаемости топлива. Плотность ρ пропорциональна приращению диэлектрической проницаемости $\Delta\varepsilon$, следовательно, приращение емкости датчика пропорционально общей массе топлива.

Как показано ниже, зависимости плотности и диэлектрической проницаемости от температуры носят несколько различный характер. Так, функции зависимости плотности $\rho(t)$ дизельного топлива от температуры t имеют следующий вид: 1) дизельное топливо зимнее – $\rho(t) = -0,00069t + 0,83200$, 2) дизельное топливо летнее – $\rho(t) = -0,00068t + 0,84058$.

Из графика видно, что зависимость емкости датчика от температуры дизельного топлива в интервале 10–50°C носит линейный характер (рис.1). С ростом температуры топлива емкость полностью заполненного датчика падает.

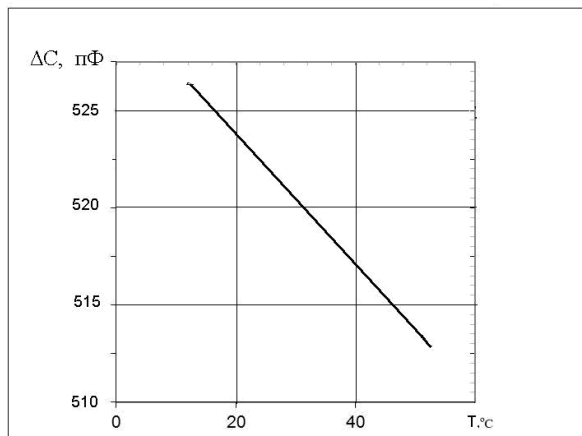


Рисунок 1 – Зависимость емкости датчика от температуры дизельного топлива

С ростом температуры изменяется не только диэлектрическая проницаемость топлива, но и плотность топлива. Коэффициент линейного расширения дизельного топлива β зависит от многих факторов. Если бы приращения диэлектрических проницаемостей жидкости было строго пропорционально их плотностям, то приращение емкости датчика было бы пропорционально общей массе продукта в резервуаре при неизвестных значениях уровня, плотности жидкости и плотности пара.

Практически физические принципы работы средств измерения и фактические характеристики не всегда точно совпадают. Для получения высокой точности измерения необходимо компенсировать влияние различных факторов на точность измерений.

Из уравнения Клаузиуса-Моссоти можем записать выражение для ρ в зависимости от ε

$$\rho = \frac{3\Delta\epsilon M}{(\Delta\epsilon + 3)4\pi N_a \alpha}$$

где $\Delta\epsilon = \epsilon - 1$ – приращение диэлектрической проницаемости.

Зависимость плотности от приращения диэлектрической проницаемости нелинейная вследствие наличия в знаменателе выражения $(\Delta\epsilon + 3)$.

Для компенсации погрешности от этой нелинейности вводится температурная коррекция при вычислении плотности.

Масса M нефтепродукта в резервуаре рассчитывается по формуле:

$$M = \frac{S_{cp} \Delta C \rho_0 (1 + \beta t)}{C_l (\epsilon - 1)}$$

где S_{cp} – средняя площадь сечения резервуара; ΔC – приращение емкости датчика; ρ_0 , ϵ_0 – плотность и диэлектрическая проницаемость нефтепродукта при температуре 0°C ; t – температура продукта; β – коэффициент температурной коррекции плотности нефтепродукта; C_l – погонная емкость датчика.

Предлагаемый метод определения массы нефтепродукта в резервуаре прост в реализации, поскольку в данном случае не требуется определение средней плотности нефтепродукта.

Список литературы:

1. Атаянц Б.А., Пещенко А.Н., Северин И.Д. Контроль уровня сжиженных углеводородных газов с помощью емкостных приборов// Газовая промышленность. - 1997.-№ 6.- С.25-28.
2. Джежора, А. А. Емкостные преобразователи и методы их расчета / А. А. Джежора. – Минск: РУП «Издат. дом «Белорусская наука», 2008. – 305 с.
3. Скворцов, Б.В. Импульсные методы измерений количества и качества жидких углеводородных топлив / Б.В. Скворцов, С.А. Борминский. – Самара: СНЦ РАН, 2010. – 220 с.
4. Скворцов, Б.В. Приборы и системы контроля качества нефтепродуктов /Б.В. Скворцов, Н.Е. Конюхов, В.Н. Астапов. - М.: Энергоатомиздат, 2000. – 226 с.
5. Викторов В.А., Лункин Б.В., Совлуков А.С. Высокочастотный метод измерения неэлектрических величин. М. Наука, 1978. -280 с.
6. Luo C.C., Miller R.C. Densities and dielectric constants for some LPG components and mixtures at cryogenic and standard temperatures. Cryogenics.-1981. -Vol. 21. Feb. - P. 85-93.