

УДК 543.08:665.733

РАСЧЕТ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНА

Аниканов А.В., магистрант; Борисов А.А., доц., к.т.н., доц.
(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Октановое число – показатель, характеризующий детонационную стойкость топлива (способность топлива противостоять самовоспламенению при сжатии) для двигателей внутреннего сгорания. Если бензин воспламенится раньше положенного, то двигатель будет работать некорректно и не на полную мощность. При длительной эксплуатации двигателя на бензине с низким октановым числом возникают проблемы с его составными частями. Кроме того, несоответствие октанового числа для двигателя влечет за собой дополнительную детонацию. Приведенные положения обуславливают необходимость контроля октанового числа бензина на автозаправочных станциях для предупреждения махинаций с качеством бензина.

Из литературных источников установлено, что зависимость диэлектрической проницаемости от октанового числа описывается выражением [1]:

$$\varepsilon(A, T) = \frac{A}{X} \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20)), \quad (1)$$

где A – октановое число бензина;

X – коэффициент пропорциональности, определяемый экспериментально;

ε – диэлектрическая проницаемость бензина;

α – температурный коэффициент, равный $2,5 \cdot 10^{-2} 1/^\circ\text{C}$;

T – температура бензина.

Из выражения (1) следует, что погрешность измерения октанового числа будет определяться погрешностями измерения диэлектрической проницаемости и температуры (погрешность косвенного измерения):

$$\Delta A = 1.1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\partial A}{\partial \varepsilon} \cdot \Delta \varepsilon\right)^2 + \left(\frac{\partial A}{\partial T} \cdot \Delta T\right)^2}, \quad (2)$$

где $\partial A/\partial \varepsilon, \partial A/\partial T$ – частные производные по величинам, влияющим на результат определения диэлектрической проницаемости и температуры;

$\Delta \varepsilon, \Delta T$ – абсолютные погрешности прямых измерений диэлектрической проницаемости и температуры.

Определим частные производные по влияющим величинам:

$$\frac{\partial A}{\partial \varepsilon} = X \cdot \frac{1}{1 + \alpha \cdot (T - 20)};$$

$$\frac{\partial A}{\partial T} = - \frac{X \cdot a \cdot \varepsilon}{(1 + a \cdot (T - 20))^2}.$$

Для наихудших условий измерений (температура $T=35^\circ\text{C}$ и диэлектрическая проницаемость $\varepsilon=3.44$) частные производные равны

$$\frac{\partial A}{\partial \varepsilon} = 40 \cdot \frac{1}{1 + 2,5 \cdot 10^{-2} \cdot (35 - 20)} = 21,1;$$

$$\frac{\partial A}{\partial T} = - \frac{40 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2} \cdot 3.44}{(1 + 2,5 \cdot 10^{-2} \cdot (35 - 20))^2} = -1,81 \frac{1}{^\circ\text{C}}.$$

Абсолютная погрешность определения октанового числа, исходя из технического задания, составляет 1 отн. ед. Принимаем погрешность измерения температуры равной: $\Delta T = 0,2^\circ\text{C}$. Тогда зависимость погрешности определения октанового числа от погрешности измерения диэлектрической проницаемости имеет вид, представленный на рисунке 1.

Исходя из рисунка 1, для получения погрешности определения октанового числа равного 1 отн. ед. погрешность измерения диэлектрической проницаемости должна составлять $\Delta \varepsilon = 0,028$ отн.ед.

Оценим реальное значение абсолютной погрешности измерения диэлектрической проницаемости бензина, исходя из схемы измерительного канала. Основой измерительного канала является генератор синусоидального сигнала, собранный по схеме Клаппа [2]. Колебательный контур генератора схемы содержит активно-индуктивные элементы, параллельно одному из конденсаторов контура подключен емкостной датчик.

Значение диэлектрической проницаемости зависит от выходной частоты измерительного канала. На частоту оказывают влияние собственные емкости транзистора, входящего в состав генератора, а также возможные колебания уровня бензина в емкостном датчике.

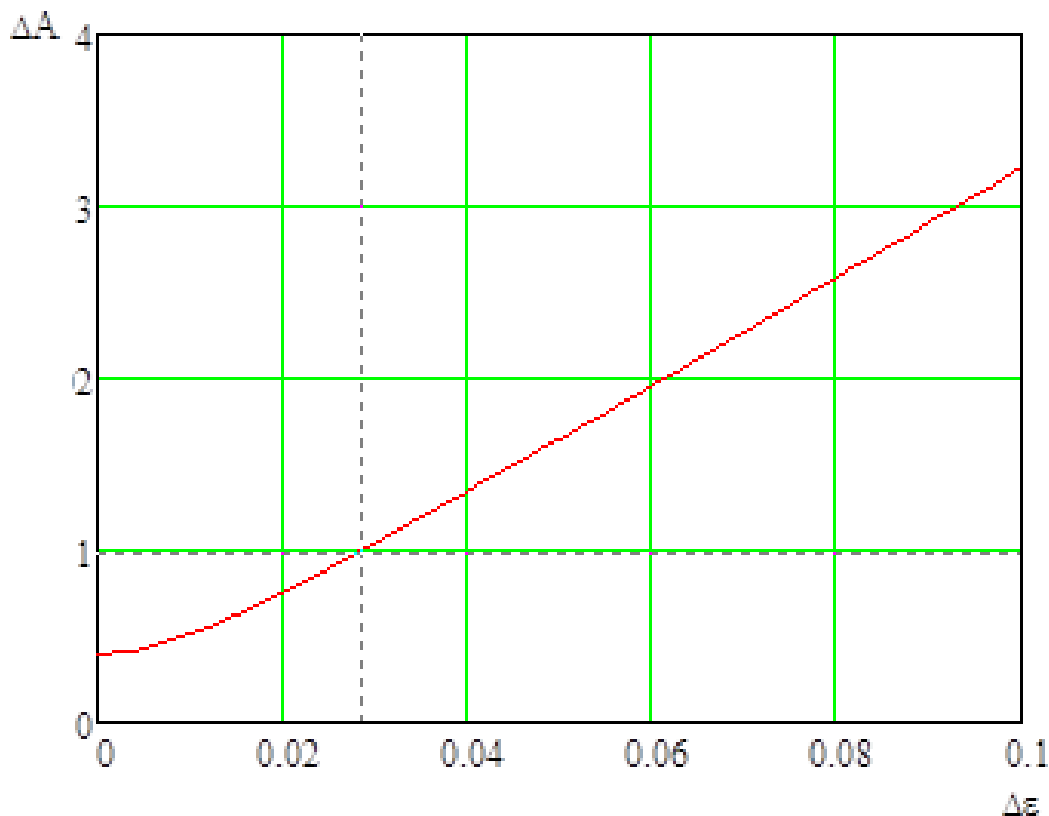


Рисунок 1 – Зависимость погрешности определения октанового числа от погрешности измерения диэлектрической проницаемости

Оценим влияние собственных емкостей транзистора на результат измерения диэлектрической проницаемости. Для этого используем зависимость вида:

$$\varepsilon = \frac{\frac{1}{Lk \cdot (2 \cdot \pi \cdot f)^2 - \frac{1}{C1} - \frac{1}{C2}} - C3}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{L}{\ln\left(\frac{r2}{r1}\right)}}. \quad (3)$$

Возможные колебания емкостей транзистора $C_{тр}$ лежат в диапазоне от 0 до 7 пФ и оказывают влияние на величины емкостей $C1$ и $C2$. Тогда погрешность измерения диэлектрической проницаемости будет равна:

$$\Delta\varepsilon_{тр} = \varepsilon(C_{тр} = 7 \text{ пФ}) - \varepsilon(C_{тр} = 0) = \frac{\frac{1}{Lk \cdot (2 \cdot \pi \cdot f)^2 - \frac{1}{C1 + C_{тр}} - \frac{1}{C2 + C_{тр}}} - C3}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{L}{\ln\left(\frac{r2}{r1}\right)}} - \frac{\frac{1}{Lk \cdot (2 \cdot \pi \cdot f)^2 - \frac{1}{C1} - \frac{1}{C2}} - C3}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{L}{\ln\left(\frac{r2}{r1}\right)}} = 0.001.$$

Оценим погрешность измерения диэлектрической проницаемости от колебания уровня бензина в емкостном датчике. Зависимость емкости датчика от уровня заполнения бензина представлена следующей формулой:

$$C_{дат}(\varepsilon) = \frac{1}{2 \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot r2}{2 \cdot r1}\right)} \cdot (L + (\varepsilon - 1) \cdot (L - \Delta L)). \quad (4)$$

Допустимое изменение уровня бензина в датчике составляет 1 мм. Тогда из формулы (4) следует, что допустимое изменение емкости датчика составляет 0,67 пФ, что в свою очередь дает изменение частоты выходного сигнала равное: $\Delta f = 0,004$ МГц.

Подставляя полученные значения в формулу (3) получаем, что погрешность измерения диэлектрической проницаемости от колебаний уровня бензина в датчике составляет $\Delta\varepsilon_{кол} = 0,019$ отн.ед.

Основная абсолютная погрешность канала измерения диэлектрической проницаемости, исходя из выражения (1), будет равна:

$$\Delta\varepsilon = 1.1 \cdot \sqrt{(\Delta\varepsilon_{тр})^2 + (\Delta\varepsilon_{кол})^2} = 1.1 \cdot \sqrt{(0,001)^2 + (0,019)^2} = 0,021.$$

Таким образом, полученное значение абсолютной погрешности диэлектрической проницаемости меньше требуемого значения, что свидетельствует о соответствии разработанного канала заданным техническим требованиям.

Перечень ссылок

1. Пат. 2231780 РФ, МПК G 01 N 27 / 22, G 01 N 33 / 22. Способ определения октанового числа бензина / А. И. Кавтарадзе; Кавтарадзе Альберт Иванович (Ru). – заявл. 22.11.2002; опубл. 27.06.2004.

2. Модифицированный генератор Клаппа с низкими искажениями [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://promplace.ru/article_single.php?arc=25 – Дата доступа : май 2016. – Загл. с экрана.