

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНА

Аниканов А. В., магистрант; Лыков А. Г., ст. преп.

(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.

Используя формулу (1), определим пределы изменения диэлектрической проницаемости бензина при изменении октанового числа в диапазоне от 80 до 100 и температуры от -10°C до $+35^\circ\text{C}$. Полученные результаты представлены на рисунке 1.

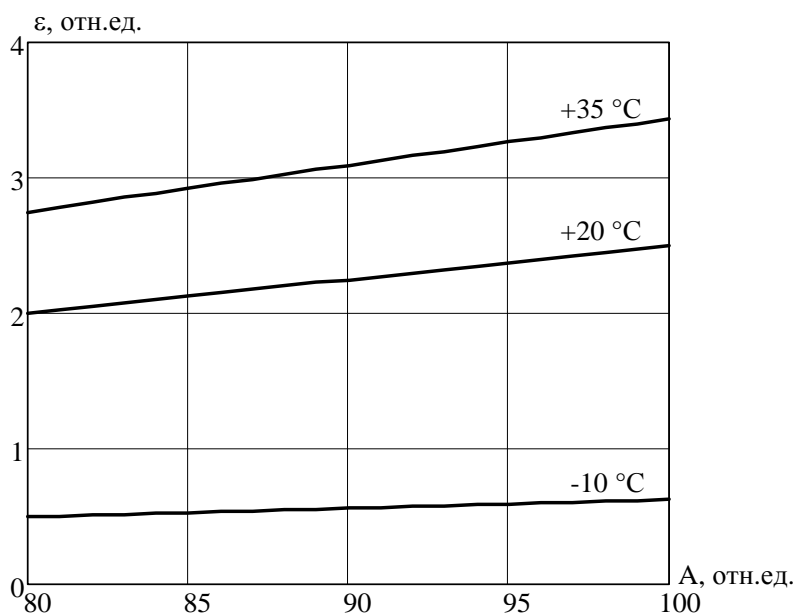


Рисунок 1 – Зависимость диэлектрической проницаемости от октанового числа и температуры

Из рисунка 1 следует, что диэлектрическая проницаемость бензина в рабочих условиях эксплуатации изменяется в диапазоне от 0.5 до 3.43.

Для измерения диэлектрической проницаемости бензина предлагается использовать емкостной датчик цилиндрической формы, габаритные размеры которого представлены на рисунке 2.

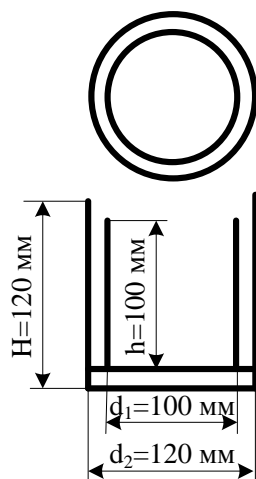


Рисунок 2 – Внешний вид и габаритные размеры емкостного датчика

Высота внутреннего цилиндра делается меньше наружного для предупреждения переливания бензина через край датчика и повышения его чувствительности. В этом случае рабочая высота емкостного датчика будет равна $h = 100$ мм.

Определим пределы изменения емкости датчика при изменении диэлектрической проницаемости от 0.5 до 3.43. Для этого воспользуемся зависимостью вида:

$$C_d(\varepsilon) = 2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{h}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}, \quad (2)$$

где ε – диэлектрическая проницаемость;

ε_0 – электрическая постоянная, равная $8,854185 \cdot 10^{-12}$ Ф/м;

r_1, r_2 – радиус наружного и внутреннего электродов;

h – рабочая высота емкостного датчика.

Графическое представление зависимости емкости от диэлектрической проницаемости бензина представлена на рисунке 3.

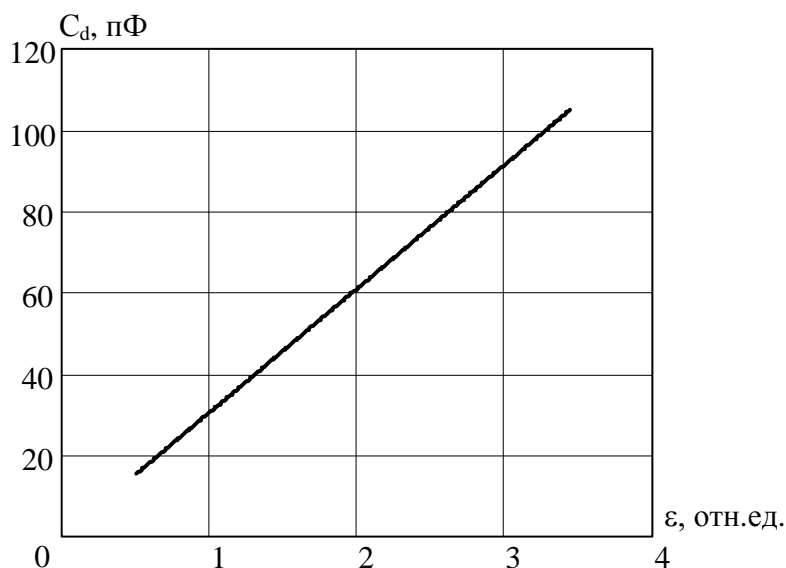


Рисунок 3 – Зависимость емкости датчика от диэлектрической проницаемости

Из рисунка 3 следует, что при изменении диэлектрической проницаемости от 0.5 до 3.43, емкость датчика изменяется в диапазоне от 15.3 пФ до 104.9 пФ.

Включаем емкостной датчик в состав генератора синусоидального сигнала, собранный по схеме Клаппа (рис. 4) [2]. При изменении диэлектрической проницаемости бензина изменяется емкость датчика и, соответственно, изменяется частота выходного сигнала генератора, которая является информационным параметром.

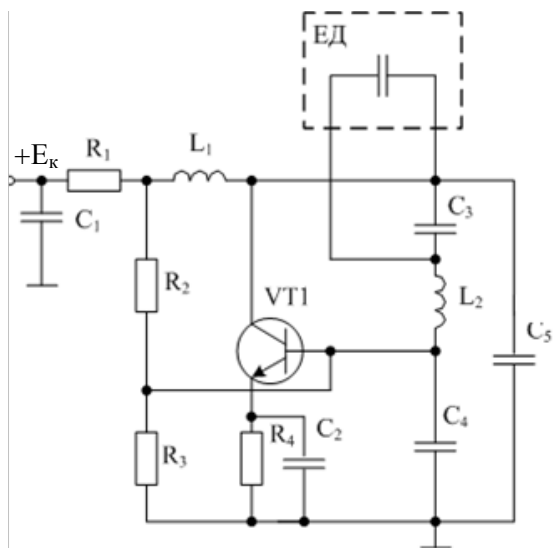


Рисунок 4 – Принципиальная схема автогенератора

В отличие от классической схемы генератора с емкостной “трехточкой” в данной схеме последовательно с индуктивностью контура включается дополнительный конденсатор C_3 . Общая емкость контура C_k при этом становится меньше, чем при двух конденсаторах. Для сохранения той же частоты колебаний необходимо увеличить индуктивность контура L_k .

В результате получается контур с большим характеристическим сопротивлением. Данный контур, при сохранении тех же потерь, обладает большой добротностью, а, следовательно, и лучшими эталонными свойствами. Это способствует повышению стабильности частот генерируемых колебаний. Кроме того, включение конденсатора C_3 уменьшает коэффициент подключения транзистора к контуру. Этим снижается дестабилизирующее влияние параметров контура на частоту генератора [2].

Для уменьшения массо-габаритных показателей генератора и повышения его чувствительности к изменению диэлектрической проницаемости бензина, а, соответственно, и октанового числа бензина, номинальное значение частоты выбираем в районе 5 МГц.

Емкостной датчик подключается параллельно конденсатору C_3 , в этом случае общая емкость контура будет равна:

$$C_k(C_d) = \frac{1}{\frac{1}{C_3 + C_d} + \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}}. \quad (3)$$

Зависимость частоты выходного сигнала генератора от диэлектрической проницаемости описывается выражением:

$$f(\varepsilon) = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L_k \cdot \frac{1}{\frac{1}{C_3 + 2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{h}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} + \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}}}}}. \quad (4)$$

Графическое представление зависимости частоты выходного сигнала генератора от диэлектрической проницаемости представлено на рисунке 5.

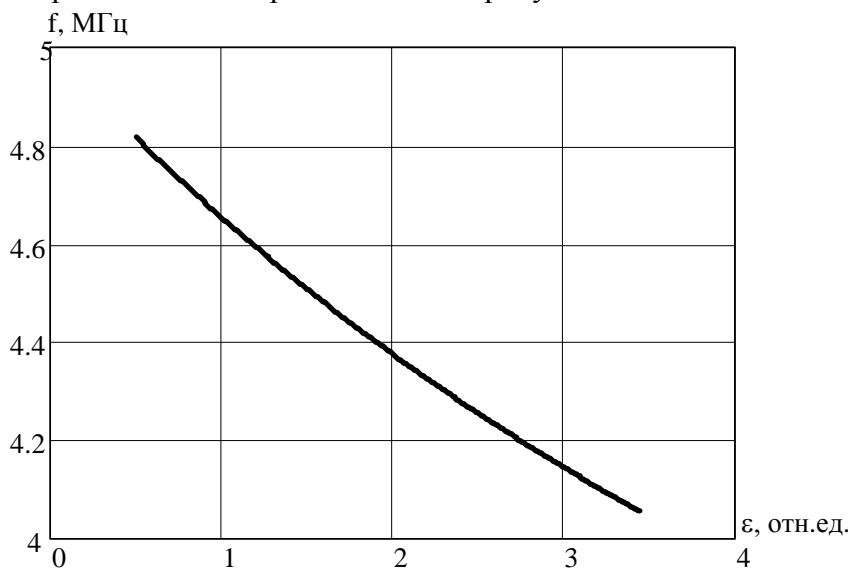


Рисунок 5 – Зависимость частоты выходного сигнала генератора от диэлектрической проницаемости

Из рисунка 5 следует, что при изменении диэлектрической проницаемости в диапазоне от 0.5 до 3.43 частота выходного сигнала генератора синусоидального сигнала изменяется от 4.82 МГц до 4.06 МГц по нелинейному закону.

Для дальнейшей обработки сигнала в цифровой части электронного устройства необходимо преобразовать синусоидальный сигнал в прямоугольные импульсы с помощью компаратора. При значении амплитуды выходного сигнала генератора меньше уровня логической единицы, необходимо предварительно усилить синусоидальный сигнал перед подачей на компаратор.

Используя выражения (1) и (4) получим математическую модель электронного устройства определения октанового числа бензина, созданного на базе емкостного датчика цилиндрической формы и включенного в колебательный контур генератора синусоидального сигнала, собранного по схеме Клаппа:

$$A(f, T) = \frac{X}{[1 + \alpha \cdot (T - 20)] \cdot 2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{h}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}} \cdot \left(\frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot L_k - \frac{1}{C_1} - \frac{1}{C_2}} - C_3 \right) \quad (5)$$

Таким образом, величина и точность определения октанового числа будет зависеть от величины и точности измерения частоты выходного сигнала генератора и температуры образца бензина.

Перечень ссылок

1. Пат. 2231780 РФ, МПК (2000.01) G01N 27/22, G01N 33/22. Способ определения октанового числа бензина / А. И. Кавтарадзе. – № 2002131395/28 ; заявл. 22.11.2002 ; опубл. 27.06.2004, Бюл. №18.

2. Волховский Я. Модифицированный генератор Клаппа с низкими искажениями [Электронный ресурс] / Ян Волховский // PROMPLACE : сайт. – Режим доступа: http://promplace.ru/article_single.php?arc=25. – Загл. с экрана.