

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ТОПЛИВА В ЕМКОСТНЫХ ДАТЧИКАХ

А. А. ДЫДО, В. Т. КРУШЕВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
(г. Минск, Республика Беларусь)

Email: dydoanton00@gmail.com

**Аннотация.** Предложена схема определения уровня топлива без использования дополнительных микросхем. Разработана математическая модель определения уровня топлива.

**Abstract.** A scheme for determining the fuel level without the use of additional microcircuits is proposed. A mathematical model for determining fuel level has been developed.

### Введение

Сегодня важной задачей любого крупного промышленного предприятия является создание системы непрерывного мониторинга уровня топлива транспортных средств (ТС). Так как такие устройства необходимы в достаточно больших количествах, остро стоит вопрос понижения стоимости единичного устройства путем использования более эффективных схемотехнических решений и внедрения более гибких алгоритмов определения уровня топлива.

Емкостные уровнемеры строятся на основе конденсаторных преобразователей, изменяющих электрическую емкость в зависимости от степени погружения измерительного преобразователя в жидкость. Емкостные датчики могут применяться для непрерывного измерения уровня как электропроводных, так и неэлектропроводных жидкостей.

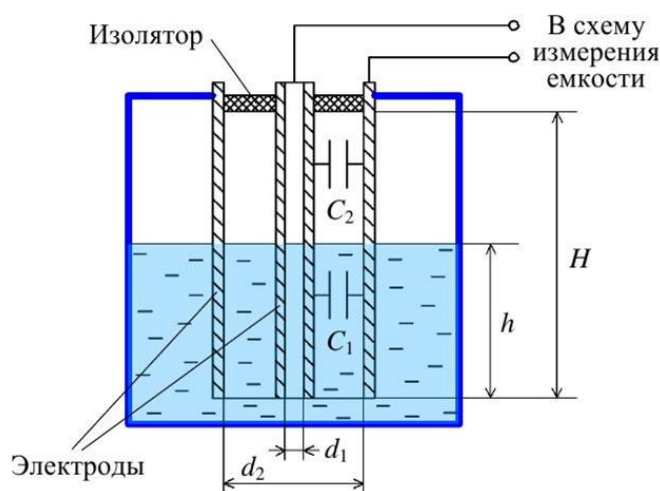


Рис. 1. Принцип действия емкостного датчика

Емкость цилиндрического конденсатора определяется формулой:

$$C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 H}{\ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)} \quad (1)$$

Для случая частично погруженной измерительной трубки в жидкость емкость определяется формулой:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_{ж}\epsilon_0 h}{\ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)} + \frac{2\pi\epsilon_{г}\epsilon_0 (H-h)}{\ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)}, \quad (2)$$

где  $\epsilon_{ж}$  – относительная диэлектрическая проницаемость жидкости, заполняющей бак ТС,

$\epsilon_{г}$  – относительная диэлектрическая проницаемость газа, заполняющего пространство измерительной трубки.

Таким образом, емкость измерительного элемента полностью определяется геометрическими размерами трубки и химическим составом жидкости и газа, заполняющего бак ТС. Следовательно, и уровень топлива ТС определяется теми же параметрами.

### Основная часть

Типовая схема включения измерительной трубки приведена на рисунке 1 ниже.  $C_1$  – измеряемая емкость, контрольная точка 3 – место подключения процессора.

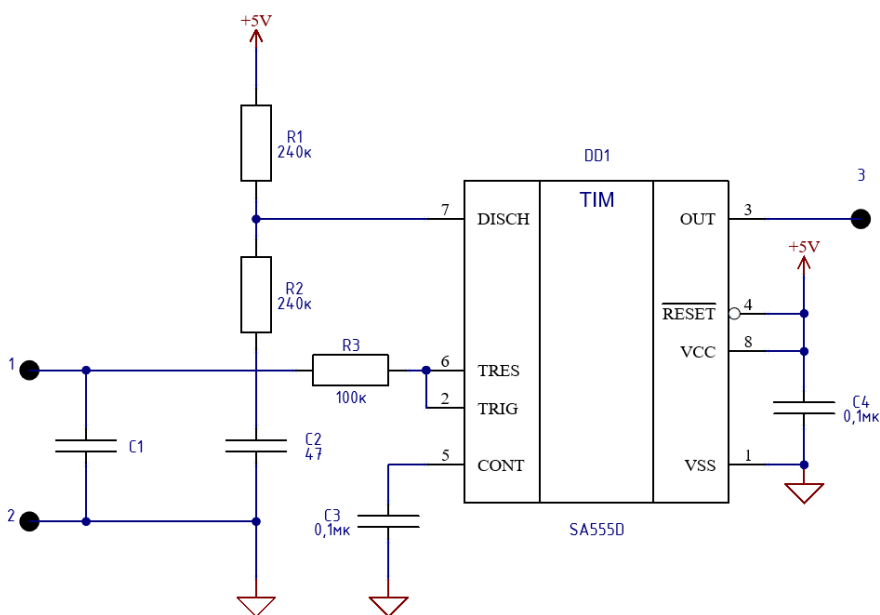


Рис. 2. Типовая схема включения измерительной трубки

Предлагаемая схема включения измерительной трубки приведена на рисунке 2 ниже.  $C_1$  – измеряемая емкость, контрольная точка 1 – выход процессора, генерирующего прямоугольные импульсы, 2 – вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

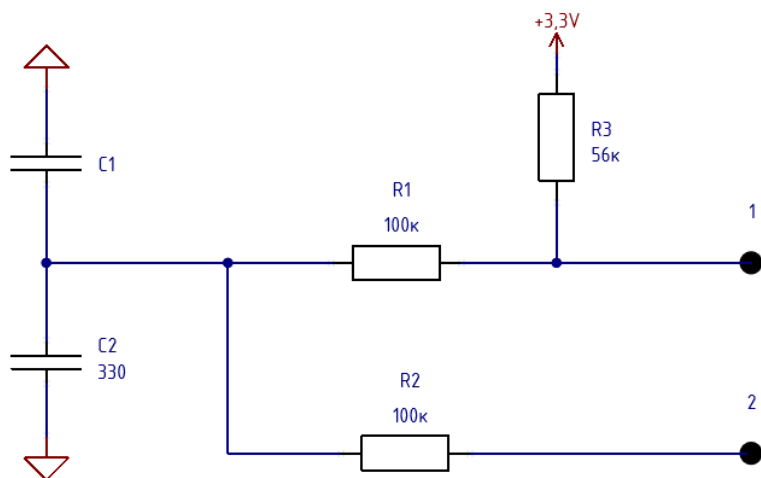


Рис. 3. Предлагаемая схема включения измерительной трубки

В данном случае будет использован способ определения напряжения на выходе  $RC$ -цепи, включающей переменный конденсатор в виде измерительной трубки. На вход измеряемой цепи подается сигнал прямоугольных импульсов, длительность и скважность которых управляется источником сигнала. Постоянная времени исследуемой цепи определяется формулой,

$$\tau = R(C_1 + C_2), \quad (3)$$

где  $C_1$  – переменная емкость измеряемой трубки.

Для определения напряжения на выходе  $RC$ -цепи воспользуемся формулой,

$$u(\tau) = U_1 + (U_0 - U_1)e^{-\frac{T}{\tau}}, \quad (4)$$

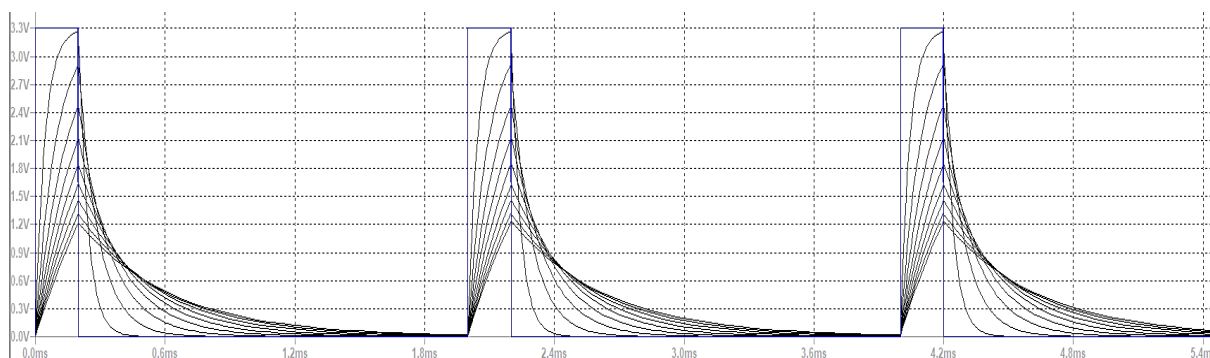
где  $U_1$  – напряжение импульсов, генерируемые источником сигнала,

$U_0 = 0$  В,

$T$  – длительность импульса высокого уровня, генерируемого источником сигнала.

Для формирования размаха по напряжению на входе АЦП необходимо, чтобы постоянная времени  $RC$ -цепи находилась в диапазоне  $0,5T < \tau < 4T$ . При таком соотношении постоянной времени и длительности импульса будет достигнут оптимальный размах по напряжению на входе АЦП. Для задания такого режима работы схемы используется конденсатор  $C_2$ .

Ниже приведены результаты моделирования предлагаемой схемы включения измерительной трубки. Моделирование произведено в программе LTspice. Синим цветом изображена форма генерируемых импульсов, черным – напряжение на выходе цепи для типовых значений емкости измерительной трубки.



**Рис. 4.** Зависимость напряжения на выходе исследуемой цепи от времени для некоторых значений емкости  $C_1$

Зависимость емкости измерительной трубки от ее высоты погружения в топливо можно представить в виде:

$$C(h) = kh + b, \quad (5)$$

Таким образом, принимая во внимание формулы (2), (4) и (5), существует однозначная связь между напряжением на входе АЦП и определяемым уровнем топлива ТС. Коэффициенты в формуле (5) зависят от размеров измерительной трубки, требуемой для конкретного вида ТС, и могут быть определены в процессе калибровки и тарировки датчика.

Зависимость измеряемого уровня топлива от напряжения заряда исследуемой цепи имеет вид:

$$h(u) = \frac{-T}{kR \ln\left(\frac{u-U_1}{U_0-U_1}\right)} - \frac{b}{k'} \quad (6)$$

При экспериментальной установке значений коэффициентов  $k$  и  $b$  в формуле (6), график зависимости может иметь вид, показанный на рисунке ниже.

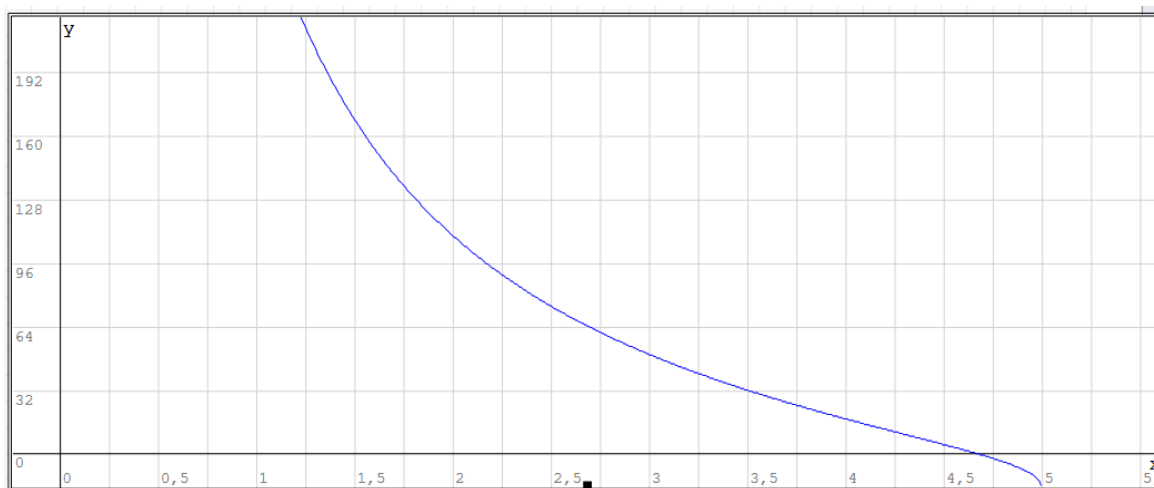


Рис. 5. График зависимости уровня топлива от напряжения на выходе исследуемой цепи

Таким образом, для предлагаемой схемы включения измерительной трубки, уровень топлива транспортного средства однозначно определяется номиналами компонентов схемы, параметрами испытательного сигнала и измеренным напряжением на выходе исследуемой цепи.

Стоит отметить, что для полного разряда  $RC$ -цепи, скважность генерируемых прямоугольных импульсов должна быть порядка 10. При использовании данной схемы совместно с алгоритмом усреднения измерений за последние  $N$  импульсов может быть достигнута точность измерений порядка 1-2%.

### Заключение

Согласно приведенным графикам, предложенная схема может быть использована в целях снижения затрат на производство датчика путем уменьшения количества компонентов схемы и снижения затрат на разработку устройства путем гибкого подстраивания параметров испытательного импульсного сигнала, что позволяет использовать схему с различными видами и формами измерительной трубки.

### Список использованных источников

1. В. Б. Топильский. Схемотехника измерительных устройств. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 232 с.:
2. Иоссель Ю.Я., Кочанов Э.С., Струнский М.Г. Расчет электрической емкости. — Л.: Энергоиздат. Денингр. отд. 1981. - 288 с.