

## ЁМКОСТНЫЙ УРОВНЕМЕР ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Н.А. Афанасьев, А.В. Власов  
 Научный руководитель: И.А. Тутов  
 Томский политехнический университет  
 naa14@tpu.ru

### Введение

В настоящее время в различных отраслях промышленности нашли применение различные способы измерения уровня. К наиболее распространённым из них относятся следующие: поплавковые, буйковые, гидростатические, кондуктометрические, ёмкостные, ультразвуковые и акустические, радиоизотопные.

Существует необходимость контролировать уровень воды в ёмкости в учебных целях. При этом требуется, чтобы устройство было недорогим, компактным и нестандартным. Среди представленных выше типов уровнемеров больше всего для удовлетворения такой потребности подходят поплавковый, кондуктометрический и ёмкостный способы измерения уровня. Так как нужно отслеживать абсолютную высоту текущего уровня, то кондуктометрический уровнемер не подойдет, так как он имеет дискретный выходной сигнал. Поплавковому уровнемеру присущи такие недостатки, как низкая точность показаний и сравнительно малый срок службы из-за воздействия среды на механическую часть. Таким образом, принято решение разработать ёмкостный уровнемер своими руками.

Датчики уровня такого типа обладают следующими достоинствами. Во-первых, они достаточно надёжны и долговечны, так как лишены подвижных элементов. Во-вторых, достаточно просты в установке и эксплуатации. В-третьих, такие устройства отличаются невысокой стоимостью и могут быть легко изготовлены самостоятельно.

К недостаткам данного типа измерения уровня следует отнести высокую чувствительность к наводкам и внешним помехам, необходимость погружения части устройства в жидкость. В дополнение, система является инертной.

### Принцип работы

Принцип действия ёмкостного уровнемера основан на зависимости электрической ёмкости чувствительного элемента от уровня жидкости. Конструктивно ёмкостные чувствительные элементы выполняются в виде соосно расположенных цилиндрических электродов или параллельно размещённых плоских электродов.

На рисунке 1 представлена схема устройства ёмкостного уровнемера, выполненного в виде параллельно расположенных плоских электродов 1 и 2. Преобразователь погружен в резервуар 3, в котором измеряется уровень жидкости.

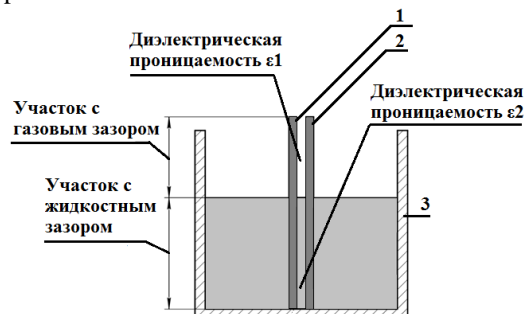


Рис. 1. Общая схема устройства

Если известна диэлектрическая проницаемость жидкости, то можно составить следующее равенство:

$$C = C_1 + C_2 = \varepsilon_1 \cdot G_1 + \varepsilon_2 \cdot G_2, \quad (1)$$

где  $C$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  – общая ёмкость конденсатора, ёмкости участков конденсатора с газовым и жидкостными зазорами соответственно;  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$  – диэлектрические проницаемости газовой и жидкой среды соответственно;  $G_1$ ,  $G_2$  – геометрический коэффициент участков конденсатора с газовым и жидкостными зазорами.

При изменении уровня жидкости величина суммарной ёмкости конденсатора также изменится. Если конденсатор включен в электрическую цепь, то не составляет труда отследить изменение ёмкости.

### Описание устройства

Ёмкостный уровнемер образуют мультивибратор, детектор, фильтр низких частот и управляемый напряжением источник тока. Принципиальная электрическая схема устройства представлена на рисунке 2.

Мультивибратор включает в себя: элементы DD1.1-DD1.3, резистор R2 и конденсатор C1. После включения питания какой-то из логических элементов автоколебательного мультивибратора быстрее других примет одно из двух возможных состояний и тем самым повлияет на состояние остальных компонентов. Пусть элемент DD1.2 первым оказался в единичном состоянии. Сигнал с его выхода через незаряженный конденсатор C1 передается на вход элемента DD1.1, в результате чего эти элементы DD1.1 и DD1.3 устанавливаются в нулевое состояние.

Такое состояние устройства неустойчиво, так как напряжение на входе DD1.1 в это время постепенно уменьшается по мере зарядки конденсатора C1 через резистор R2 и выходную цепь DD1.3.

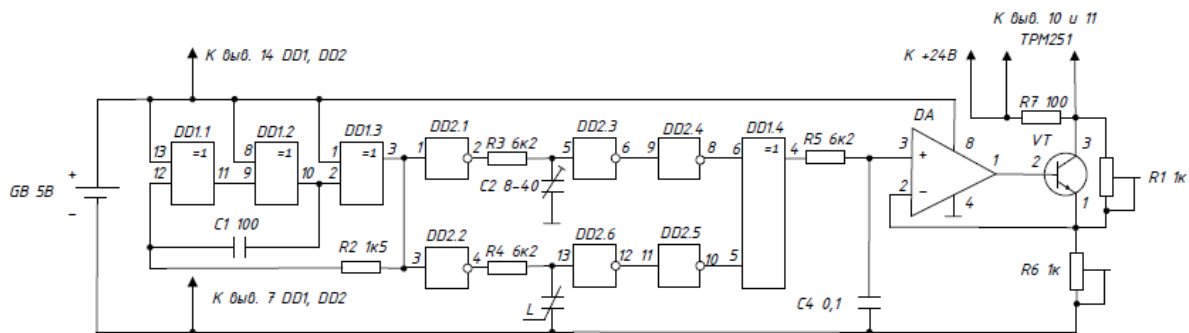


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема устройства

Как только напряжение на входе элемента DD1.1 станет равным пороговому, этот элемент переключится в единичное состояние, а элемент DD1.2 – в нулевое. Теперь конденсатор C1 начнет перезаряжаться через выход DD1.2 и резистор R2 с выхода элемента DD1.3. Вскоре напряжение на входе первого элемента мультивибратора превысит пороговое и все элементы переключатся в противоположные состояния. Так формируются импульсы на выходе мультивибратора.

Сигнал от мультивибратора идет двумя равнозначными путями, с точки зрения импульсных задержек, которые сходятся на элементе DD1.4. Если импульсы на этот элемент придут точно синхронно, то на выходе никаких колебаний не возникнет. Иначе возникают разностные импульсы, скважность которых пропорциональна этому расхождению, то есть, применительно к данному устройству, емкости измерительного конденсатора C3. Емкость конденсатора C3, в свою очередь, зависит от глубины его погружения в воду.

На выходе устройства стоит простейший фильтр, который сглаживает высокочастотные пульсации до приемлемого уровня. В результате чего на выходе образуется аналоговый сигнал определенной величины. На рис. 3 представлена временная диаграмма работы детектора.

Значение тока, несущего информацию о некоторой физической величине, не зависит от сопротивления линии связи, что позволяет исключить ее влияние. Поэтому для связи с другими устройствами необходимо осуществить преобразование из полученного напряжения в унифицированный токовый сигнал 4-20 мА.

#### Калибровка

Настройка устройства осуществляется двумя подстроечными резисторами R1 и R6, а также подстроечным конденсатором C2.

Во-первых, устанавливается одинаковая начальная задержка импульсов (равенство емкостей) по обоим каналам с помощью подстроечного конденсатора C2 при минимальном уровне воды.

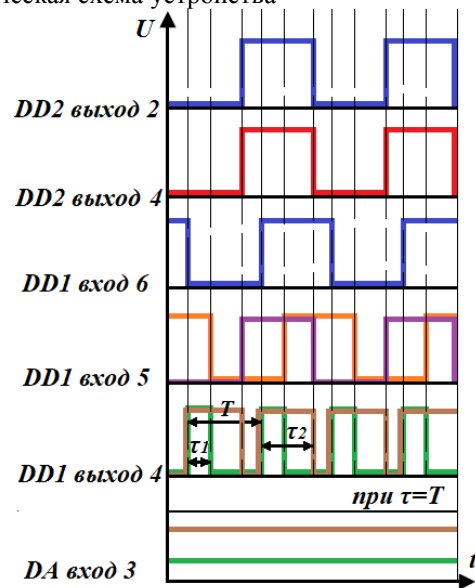


Рис. 3. Временная диаграмма работы детектора

Во-вторых, настраиваются нижний 4 мА и верхний 20 мА пределы токового сигнала. Ограничение снизу регулируется с помощью шунтирующего резистора R1, а сверху – резистором R6.

#### Заключение

В ходе данной работы был разработан емкостной уровнемер, который позволяет определить абсолютную величину уровня. При этом выходным сигналом устройства является унифицированный токовый сигнал 4-20 мА, который передается на TPM251. В результате чего, на экране TPM251 отображается фактическая величина уровня в емкости.

#### Список использованных источников

1. Борисов В.Г., Партин А.С. Практикум радиолюбителя по цифровой технике. М.: Патриот, «Символ-Р», 1991. – 144 с.
2. Дэвид М. Харрис и Сара Л. Харрис. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера, 2013. – 1621 с.
3. Курганов В.В. Элементы и устройства систем управления: учебное пособие. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 202 с.