

ЭЛЕКТРОЁМКОСТНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ В БАКАХ

Середнёв М. Н.¹, Хохлова А. Д.²

¹МОУ «Гимназия № 5», г. Юбилейный, Московская область, Россия

²Национальный исследовательский ядерный университет – Московский инженерно-физический институт (НИЯУ МИФИ), г. Москва, Россия

Известны механические системы контроля уровня жидкости в различных ёмкостях, основанные на поплавковом принципе действия. В строительстве такие системы применяют в схемах водоснабжения зданий и сооружений. Такие системы до сих пор широко применяются в автомобильной технике для контроля уровня топлива в баке. До недавнего времени эти системы применялись также в поплавковых камерах карбюраторов. Однако на подвижных объектах (самолётах и ракетах) применение этих систем затруднено из-за колебаний уровня жидкости. В принципе можно было бы создать многопоплавковые системы, но вряд ли это целесообразно: возрастает сложность, масса, уменьшается надёжность, усложняется обработка сигналов датчиков и т. д. В авиационной и ракетной технике поплавковые системы не способны работать из-за манёвров летательных аппаратов. В результате конструкторы вынуждены увеличивать гарантийные остатки топлива, которые не вырабатываются при решении целевой задачи, но обеспечивают надёжность выполнения задания и безопасность полёта.

Актуальной является задача разработки системы контроля уровня топлива с повышенной точностью, а главное с независимостью ориентации объекта (бака, баллона, ёмкости) в пространстве. Всем хорошо знакомо ложное срабатывание датчика уровня бензина в баке автомобиля из-за неровностей дорог, особенно в России. Знаком также сигнал предупреждения о скором опорожнении бака. Если сформулированная задача будет решена, то ложных срабатываний либо не будет совсем, либо они будут сведены к минимуму. Актуальность работы подтверждается падением ракеты-носителя «Протон» 5 декабря 2010 года из-за перезаправки топливом на 1 тонну, то есть из-за сбоя работы и организации системы заправки и контроля уровня топлива.

Для решения сформулированной задачи потребовалось провести сравнительный анализ существующих методов контроля уровня жидкости. После этого был выбран электроёмкостной метод, на основе измерения электроёмкости системы «топливо-бак». Однако электроёмкость конденсаторной системы очень сильно зависит от сторонних факторов. Например, ту же охранную сигнализацию автомобиля можно настроить на присутствие мухи в салоне. Дело в том, что основным звеном измерительной системы является тактовый генератор компьютера, процессора, контроллера или другой схемы. Тактовый генератор задаёт сигнал определённой частоты, под который подстраивается вся компьютерная периферия. Например, если в компьютере тактовый генератор задаёт частоту 2700МГц, то ничем её изменить уже нельзя, но всё оборудование настроено под неё как аппаратно (адаптерами и контроллерами), так и программно (драйверами). Метод работоспособен, но предлагается применять его по-другому, в предположении изменяемой частоты тактового генератора.

Новизна работы заключается в отказе от постоянства тактовой частоты генератора и к переходу к адаптивной системе контроля объёма топлива.

Метод решения задачи основан на изменении частоты тактового генератора. При таком подходе к решению задачи не система подстраивается под компьютер, а наоборот, компьютер настраивается на внешние условия.

Для практической проверки работоспособности предложенной системы была собрана электрическая схема с двумя мультивибраторами повышенной стабильности на микросхеме К155ЛА3, но задающие частоту конденсаторы были из неё исключены. Одновременно эта установка стала применяться в спецкурсе школьного лабораторного практикума в лабораторной работе «Изучение свойств RC-контура». Работа была дополнена макетами микросхем К155ЛН1 и К155ЛА3, которые использовались для

создания установки. Для защиты установки от перенапряжения и от обратной полярности применена стабилизирующая микросхема КА7805 и кремниевый диод соответственно. Свободные выводы конденсатора соединяются с электроёмкостным датчиком в баке. Выходной сигнал регистрируется осциллографом и частотомером. Очень хорошим для измерений оказался записывающий USB-осциллограф VM8020.

Сложность создания системы заключалась в разработке электроёмкостных датчиков-конденсаторов, электроёмкость которых изменяется при изменении уровня воды. Сначала была попытка оклеить изолированную ёмкость фольгой, но эффект оказался слабым. Лучшее на данный момент решение – пищевая фольга, заклеенная в файл. *Одна обкладка конденсатора – фольга в тонком полиэтиленовом файле, другая обкладка – вода, которая касается файла с другой стороны, но не касается фольги. Свободный разъём от конденсатора мультивибратора подключается к фольге и к воде в баке.* Стандартный файл с такой фольгой, помещённый в воду, имеет электроёмкость 0–50нФ в зависимости от глубины погружения. Справка: подстроечные конденсаторы редко превосходят электроёмкость 100пФ – в 500 раз меньше! Таких листов может быть несколько – электроёмкость возрастает, устраняя внешние помехи.

После создания датчиков была проведена тарировка системы «электроёмкость – частота мультивибратора» и «объём жидкости – частота». Построенные зависимости доказывают **работоспособность системы**.

Для визуальной регистрации уровня жидкости был собран усилитель по схеме с общим эмиттером и с С-фильтром на базовом входе. Электроёмкостной С-фильтр отсекает низкочастотные сигналы – большой объём жидкости. В этом отношении он играет роль датчика опорожнения бака, выдавая сигнал «мало топлива».

Для звуковой регистрации был собран делитель частоты, позволяющий связать уровень топлива в баке с частотой звукового сигнала, воспринимаемого слухом человека.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. Обычный частотомер может служить индикатором объёма топлива в баке, если он тарирован по схеме «объём-частота».
2. Тактовый генератор самостоятельно настраивается на текущий объём топлива, упрощая обработку выходного сигнала, например, С-фильтром или делителем частоты.
3. Созданные электроёмкостные датчики объёма топлива позволяют гарантированно ликвидировать внешние помехи.
4. Ориентация датчика не зависит от направления гравитации или инерции, как в случае поплавковых систем.
5. Дешевизна датчиков и системы не вызывает сомнений, потому что индикаторный прибор (частотомер) оказывается самым дорогим.

Нерешённые вопросы.

1. Как будет работать система в случае непроводящей жидкости? Опыты с бензином, керосином, маслами, даже с глицерином не проводились. А воду можно даже не подсаживать – её естественная электропроводность вполне достаточна для работы системы.
2. Как ориентировать системы датчиков для взаимодействия?