

Маньяма Тумайни Маньяма

Томск политехнический университет, Томск

Научный руководитель: Тутов Иван Андреевич, старший преподаватель

ИССЛЕДОВАНИЕ ЁМКОСТНОГО УРОВНЕМЕРА

Аннотация

В данной статье рассматривается принцип работы и устройство емкостных уровнемеров. Сначала анализируются предыдущие конструкции, а затем предлагается новая конструкция цилиндрического емкостного уровнемера, который будет работать за счет расчета времени заряда конденсатора с помощью встроенного компаратора микроконтроллера STM32. Прототип будет полезен в будущем для создания емкостных уровнемеров, которые можно использовать в промышленных условиях.

Ключевые слова: емкостный уровнемер, компаратор, микроконтроллер.

Введение

В настоящее время в различных отраслях промышленности нашли применение различные способы измерения уровня жидкости в резервуаре. Емкостные уровнемеры обеспечивают абсолютное измерение уровня воды, в отличие от других типов датчиков, они имеют быструю скорость реакции и хорошую линейность. Целью работы является исследованием и разработкой емкостного уровнемера. Для реализации данной цели необходимо решить следующие задачи: обзор конструкций ёмкостных уровнемеров, создание макета установки определения ёмкости зонда по методу измерения времени разряда-заряда. После проведения исследования результаты будут представлены в виде графиков, а в заключении будут подведены основные итоги, показана целесообразность проекта, а также обсуждены перспективы будущих исследований.

Обзор емкостных уровнемеров

В некоторых работах [1] при разработке датчиков глубины использовались параллельные пластинчатые конденсаторы. Такая конструкция интуитивно понятна, но имеет много недостатков, поскольку параллельные пластины не изолированы, поэтому жидкость должна быть абсолютно непроводящей, иначе это негативно повлияет на результаты измерений.

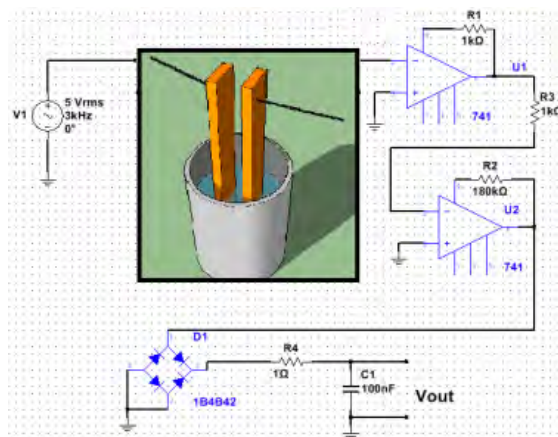


Рис. 1. Схематическое изображение датчика и интеграции устройств

Принцип работы

Принцип действия емкостного уровнемера основан на зависимости электрической емкости чувствительного элемента от уровня жидкости. Когда цилиндрический конденсатор погружается в воду, его емкость изменяется из-за разницы в диэлектрических свойствах воздуха и воды. С увеличением емкости увеличивается и время ее зарядки, которое определяется постоянной времени. Постоянная времени конденсатора, подключенного последовательно к резистору, также известная как постоянная времени RC, представляет собой произведение сопротивления (R) и емкости (C). Это показатель того, как быстро конденсатор заряжается или разряжается через резистор.

Формула:

$$\tau = R * C$$

где τ – постоянная времени в секундах.

R – сопротивление в омах.

C – емкость в фарадах.

Конструкция предлагаемого емкостного уровнемера

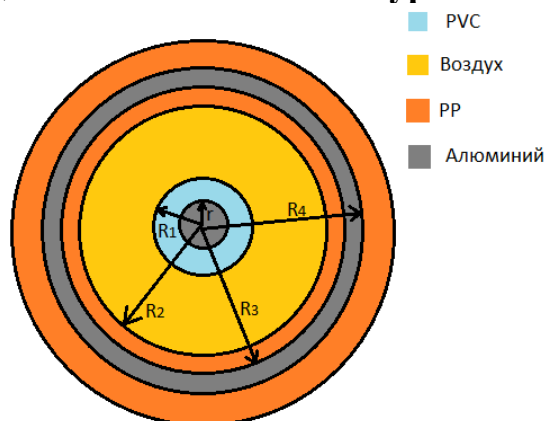


Рис 2. Конструкция предлагаемого емкостного уровнемера

Предлагаемый датчик глубины будет представлять собой цилиндрический конденсатор, изготовленный из полипропиленовой трубы со слоем алюминия в середине стенок трубы, с проводником, имеющим слой поливинилхлорида в качестве изоляции, проходящим через середину трубы.

Определения ёмкости зонда по методу измерения времени разряда-заряда

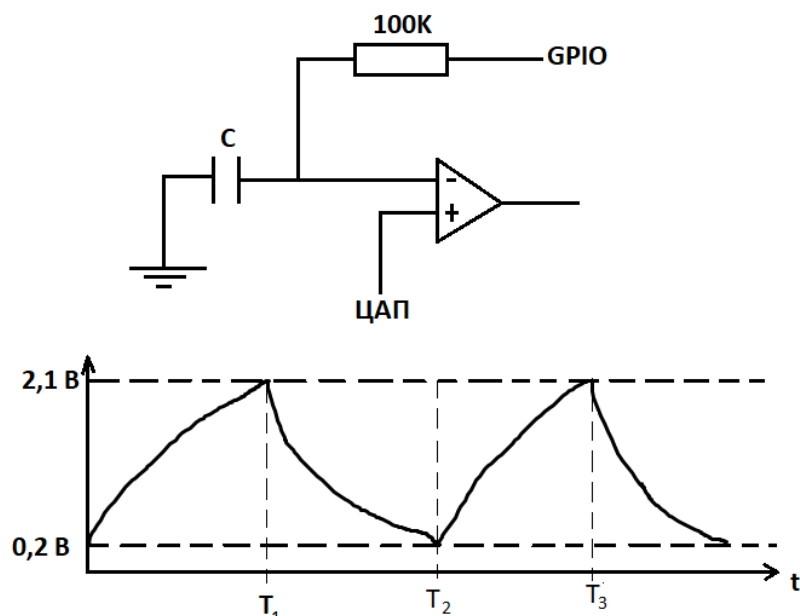


Рис. 3. Схема подключения конденсатора к компаратору и график разряда заряда

Для определения времени заряда конденсатора используется микроконтроллер со встроенным компаратором. Один из выводов: GPIO микроконтроллера будет подключен как выход и будет переключаться в зависимости от выхода компаратора. Не инвертирующий вход компаратора будет внутренне подключен к цифро-аналоговому преобразователю, а инвертирующий вход – к конденсатору, поэтому при переключении GPIO конденсатор будет многократно заряжаться и разряжаться, а время заряда и разряда будет измеряться с помощью встроенных таймеров микроконтроллера и усредняться для получения точного измерения времени.

Результаты

На графике показано зависимость времени заряда датчика от глубины погружения.

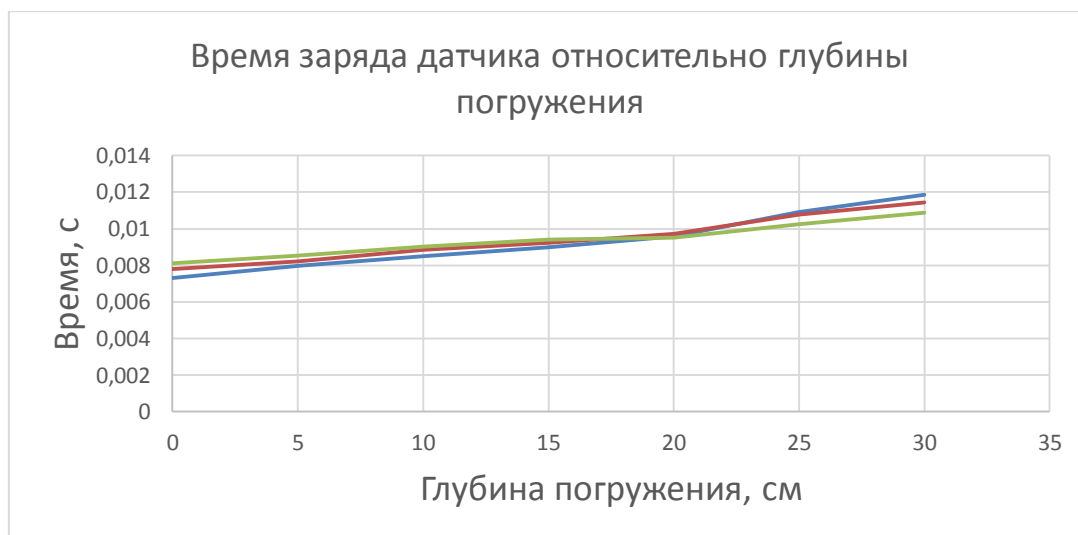


Рис. 4. График время заряда датчика относительно глубины погружения

Из графика видно, что с увеличением глубины воды увеличивается время заряда конденсатора и, следовательно, емкость. Это соответствует ожиданиям и формулам. Кроме того, зависимость линейна, что облегчает расчет коэффициентов для преобразования емкости в глубину.

Заключение

Проанализированы существующие конструкции ёмкостных уровнемеров, создан макет установки определения ёмкости зонда по методу измерения времени разряда-заряда. В ближайшем будущем запланировано создание макета установки определения ёмкости посредством прямого определения резонанса по АЧХ в LC контуре при росте и уменьшении частоты.

Список литературы

1. Qurthobi A. et al 2016 J. Phys.: Conf. Ser. 776 012118
2. Магазинникова А.Л. Основы цифровой обработки сигналов / А.Л. Магазинникова. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 132 с. – ISBN 978-5-507-48636-6. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/359951>
3. STMicroelectronics. STM32F10xxx Reference Manual (RM0090). – www.st.com, 2021.