

УДК 532.513.1

Томашевский А.О., *науч. рук. Ночниченко И.В., к.т.н., ст. преподаватель*
НТУУ «КПИ» им. Игоря Сикорского,
e-mail: igor-nochnichenko@ua.fm

ТАРИРОВКА ДАТЧИКОВ ИСПОЛЬЗУЮЩИХ СТАНДАРТ ТОКОВОГО КОНТУРА 4-20 МА БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭТАЛОННЫХ УСТРОЙСТВ

В приборостроении тарировка датчиков является неотъемлемой частью создания точных устройств [1]. Чаще всего их тарировка осуществляется по эталонному образцу. Многие типы датчиков как правило тарируются на заводе с указанием степени точности датчика по которой можно вычислить погрешность измерений, то в случае с электронными датчиками как правило тарировку нужно производить самостоятельно или в специальных метрологических лабораториях.

Если речь идет о датчиках, не оснащенных собственным контроллером и программой управления для обработки данных, то ответственность за точность измерений такого датчика частично ложится на пользователя. От правильности метода подключения и настройки будет зависеть точность измерений. Для достижения нужной точности без потерь и при этом не имея ни стенда для тарировки и эталонных приборов был разработан данный метод [1].

В случае, когда необходимо подключить датчик с переменным выходным сигналом 4-20 мА к микроконтроллеру, но неизвестна разрядность и способ обработки данных которые выводит микроконтроллер недостаточно просто взять заявленный диапазон 1-5 В для расчетов. К тому же на практике, заявленный производителем диапазон может отличаться от реального.

Метод тарировки датчиков токового контура основан на следующих принципах: при каждом запуске датчика параметры электрической сети могут быть различны. Это значит, что при каждом запуске должны определяться минимальное и максимальное значения диапазона. Так как это довольно проблематично делать в процессе работы системы (мы же зачастую работаем в диапазоне, а не на его крайних значениях, иначе теряется весь смысл измерений) то это нужно сделать один раз при запуске система, на которой будет проводится измерения. Значит в программе должен быть предусмотрен блок, отвечающий за настройку и тарировку системы при ее первом запуске. В этом блоке программа должны запомнить крайние значения диапазона. Минимальное значение соответственно будет равняться начальной точке (нулю) измерений. Максимальное же значение сигнала будет соответствовать заявленному производителем максимальному значению интересующего нас параметра.

Далее идет блок пересчета полученного сигнала на нужную нам величину. Разница крайних значений диапазона, деленная на диапазон

искомого параметра, даст нам связь двух параметров для дальнейших расчетов. В дальнейшей работе системы программа должна считывать текущее значение сигнала датчика сравнивая его с ранее рассчитанным значением, это и даст нам нужную величину с частотой обновления заложенной в программе управления.

Разберем такую ситуацию на конкретном примере. Для измерения пульсации давления при гидродинамической кавитации необходимо использовать очень точные и чувствительные датчики давления. Для тарировки датчика давления была разработана схема стенда для исследования пульсаций давления при гидродинамической кавитации (рис.1). Проведений анализ способов измерений показал возможность использования принципа в токовом контуре 4-20 мА.

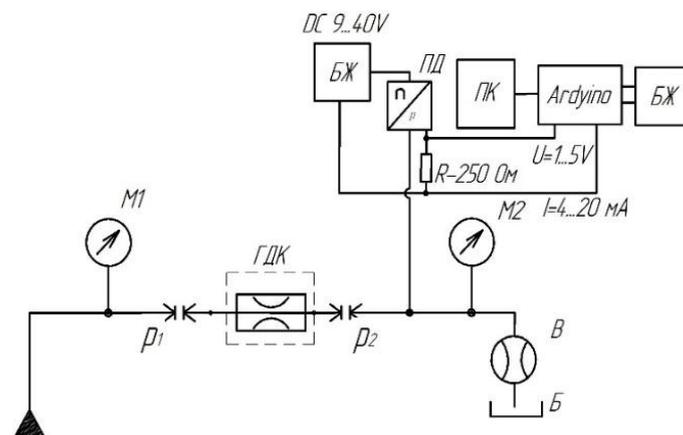


Рис.1. Принципиальная схема экспериментального стенда для исследования гидродинамической кавитации

Рассмотрим тарировку датчика давления типа ДТС-16. Управление датчиком будет осуществляться с помощью микроконтроллера Arduino UNO (рис.1) и Arduino IDE. Датчик работает в токовом диапазоне 4-20 мА и диапазоне напряжений 9-40 В. Подключение производится по следующей схеме: плюс от источника питания подключается на плюсовой контакт датчика, с минуса датчика на контакт GND Arduino, с контакта Arduino A0 на минусовой контакт источника питания. Далее связать линию с минуса датчика на контакт GND Arduino с линией с контакта Arduino A0 на минусовой контакт источника питания через резистор 250 Ом. Так как номинала такого значения не существует, можно взять два резистора по 500 Ом и подключить их параллельно. При измерениях вольтметром напряжения на этом участке без подачи давления было установлено 0,978 Вольта, что означает что в расчетах использовать номинальные показатели датчика (1 - 5 Вольт) означает снижение точности.

Датчик работает в диапазоне от 0 до 16 атмосфер. Принцип работы аналоговых входов данного микроконтроллера основывается на измерении напряжения между используемым контактом An с заземлением GND. Была отмечена нестабильность показателей при многократных запусках, практически

с каждым запуском значения могут меняться. Из-за этого построение диапазона заранее становится невозможным.

В разделе программы `[void setup(){}]` отвечающую за одноразовую настройку параметров системы при первом запуске нужно прописать условия считывания данных с датчика. С помощью команды `[val = analogRead(A0);]` программа считывает минимальное значение диапазона устанавливая его в последующих расчетах как точку отсчета измерений. Далее нужна команда `[delay(20000);]` - задержка времени на 20 секунд, для того что бы оператор успел поднять давление в системе выше 16 атмосфер. Следующая после задержки команда это `[val2 = analogRead(A0);]` считывающая максимальное значение диапазона. Следующая команда также должна обязательно находиться в разделе настроек так как данный расчет должен производиться только один раз `[val3 = (val2 - val)/16;]`. Эта команда определяет действующий диапазон сигнала и определяет соотношение входного сигнала требуемому параметру путем деления на 16 (максимальное измеряемое датчиком давление - 16 атмосфер). Благодаря этому теперь в памяти программы имеется значение сигнала равное 1 бару давления.

Запуск микроконтроллера нужно производить до запуска насосов, для того что бы система зарегистрировала абсолютный ноль измерений. Сразу после запуска и появления на дисплее надписи "increase pressure to 16 atm or higher" нужно запустить насосы и поднять давление в системе не ниже отметки 16 атмосфер. На запуск и повышение давления программой выделено 20 секунд, если не успеть до этого времени тарировка датчика будет неправильной и придётся начинать все сначала. После окончания тарировки на дисплее появится информация о текущем значении давления (должно показывать 16 атмосфер). Микроконтроллер выключать нельзя, иначе из его памяти будут стерты полученные значения диапазона и тарировку придётся начинать заново. В принципе для перестройки гидравлической системы выключение микроконтроллера не требуется, так что большой помехи это создать не должно.

Далее в разделе `[void loop()]` который система будет повторять с заданной частотой необходимо задать поточное считывание данных с датчика. Делается это с помощью команды `[P = analogRead(analogS)- val;]`. В этой же команде одновременно рассчитывается разница с минимальным значением диапазона. И последняя необходимая команда для проведения расчетов это `[pressure = P/val3;]`, сравнивающая полученное ранее значение P с определенным шагом диапазона val3.

В ходе испытаний датчик показал хорошие результаты, в частности возможность измерения давления ниже 4 атмосфер с точностью до сотого знака после запятой, что с помощью механических манометров сделать не представляется возможным. Более того, в то время, когда манометр показывал нулевое давление, датчик улавливал изменение давления до 6 атмосфер, что указывает на присутствие у манометра серьезной зоны нечувствительности.

Значения датчика и манометра начали сравниваться на значении 9 атмосфер, что также свидетельствует об излишне резком повышении давления у манометра с нуля до 9 атмосфер, в то время как у датчика фиксировалось плавное повышение значений, что означает недостоверность показателей манометра до отметки в 9 атмосфер.

В целом использование датчика давления на принципе токового контура дает возможность построения зависимостей давления от температуры расхода, давления с пульсацией и т.д. с огромным количеством точек и хорошей чувствительностью. В результате эксперимента была получена зависимость давления от времени проведения эксперимента. Зависимость построен на более чем 1200 точек данных за 28 минут измерений (рис.2). Это позволило получить и зафиксировать пульсаций давления при исследовании гидродинамической кавитации в сопле Лавалья [2].

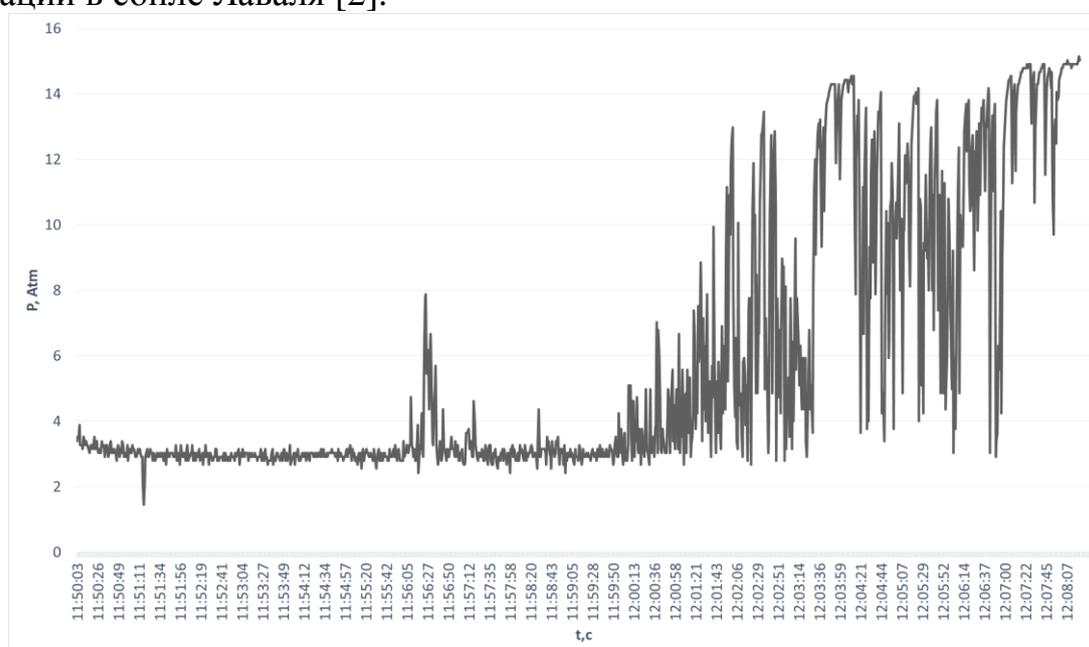


Рис. 2. Зависимость давления от времени при наблюдении гидродинамической кавитации в сопле Лавалья

Экспериментальные результаты показывают возможность применения данного метода для тарировки датчиков основанных на принципе токового контура и возможность получать высокоточные данные с частотой, ограниченной только возможностями управляющего контроллера.

Список использованной литературы:

1. <http://automation-system.ru> – сайт посвященный автоматическим системам управления в производстве.
2. Томашевский А.О. Экспериментальное исследование гидродинамической кавитации /Томашевский А.О., Ночниченко И.В. // II Международная научно техническая конференция «Гидро-и пневмоприводы машин» – Винница, 2016 – с. 203-205.