

ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗОВАННОГО СТЕНДА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДАТЧИКОВ

Захарян Р. Р., Мологорский А. А.

Аннотация

Целью данного исследования является разработка и испытания автоматизированного стенда для исследования показаний с датчиков (в конкретном случае датчиков воздушного давления) при помощи персонального компьютера. На практике прототип такого программно-аппаратного комплекса можно использовать для автоматизированных испытаний нескольких датчиков с последующим проведением компьютерного анализа результатов.

Ключевые слова

стенд, датчик, автоматизация, структура пакетов.

Статья посвящена актуальной проблеме разработки и создания стенда для проведения экспериментальных исследований датчиков давления. Результат подобных исследований интересен как для направления исследований любых датчиков давления, так и для учебного лабораторного процесса. И в том, и в другом случае речь идет о моделировании процессов, происходящих одновременно с несколькими датчиками в реальной среде. Тем более в автоматизированных испытаниях с подробной фиксацией и последующей обработкой полученных результатов.

Разработка велась в направлении исследования датчиков воздушного давления.

Рассмотрев все конструктивные и функциональные особенности компонентов стенда – была спроектирована его структурная схема:

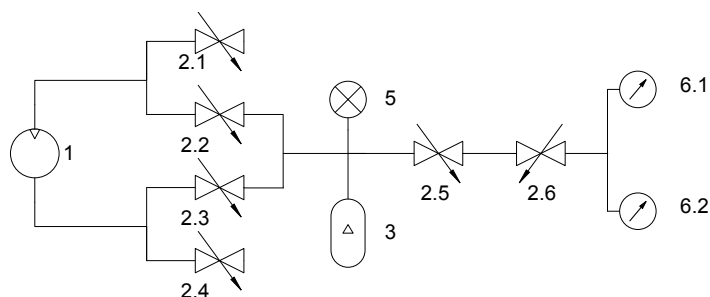


Рис. 1. Структурная схема стенда.

На рис.1 цифрами обозначены:

- 1- Компрессор;
- 2- Электромагнитные (ЭМ) клапаны;
- 3- Ресивер;
- 4- Контрольный датчик и мановакууметр;
- 5- Испытываемые датчики.

Реализация данной схемы позволяет не менять «полярность» компрессора 1 путем попарного включения ЭМ клапанов 2.1-2.4:

- 1) Открыты ЭМ клапаны 2.1 и 2.3, а ЭМ клапаны 2.2, 2.4 закрыты: воздух закачивается в систему - создается избыточное давление.
- 2) Открыты ЭМ клапаны 2.2, 2.4, ЭМ клапаны 2.1,2.3 закрыты: воздух выкачивается из системы – создается разрежение.

В процессе разработки было обнаружено, что конструктивно ЭМ клапаны могут работать, обеспечивая герметичность в документированном диапазоне, только в одном направлении, вследствие чего использовано 2 клапана (на рисунке обозначены 2.5 и 2.6), включенных последовательно, в взаимнообратном направлении.

Такое решение использовано ввиду того, что необходимо проводить исследования датчиков как разрежением, так и избыточным давлением.

Накачивание или выкачивание воздуха происходит в двух режимах реализуемых посредством ЭМ клапанов 2.5 и 2.6:

- 1) Постоянно открыт: происходит плавное изменение давления, как во всей системе, так и на испытываемых датчиках 6.1, 6.2.
- 2) Задается некоторый уровень давления, который проверяется по датчику 5, по достижении которого открывается клапан, и давление на испытываемых датчиках 6.1, 6.2 изменится скачкообразно.

Ресивер, в данной схеме, выполняет роль дополнительного объема системы для того, чтобы при испытаниях со скачкообразным изменением давления не происходило сильного снижения/возрастания (избыточное/разреженное состояния) общего давления.

Для того, чтобы по завершении эксперимента давление в системе выравнивалось с атмосферным открываются все клапаны.

Разработанная функциональная схема стенда представлена на рисунке 2.

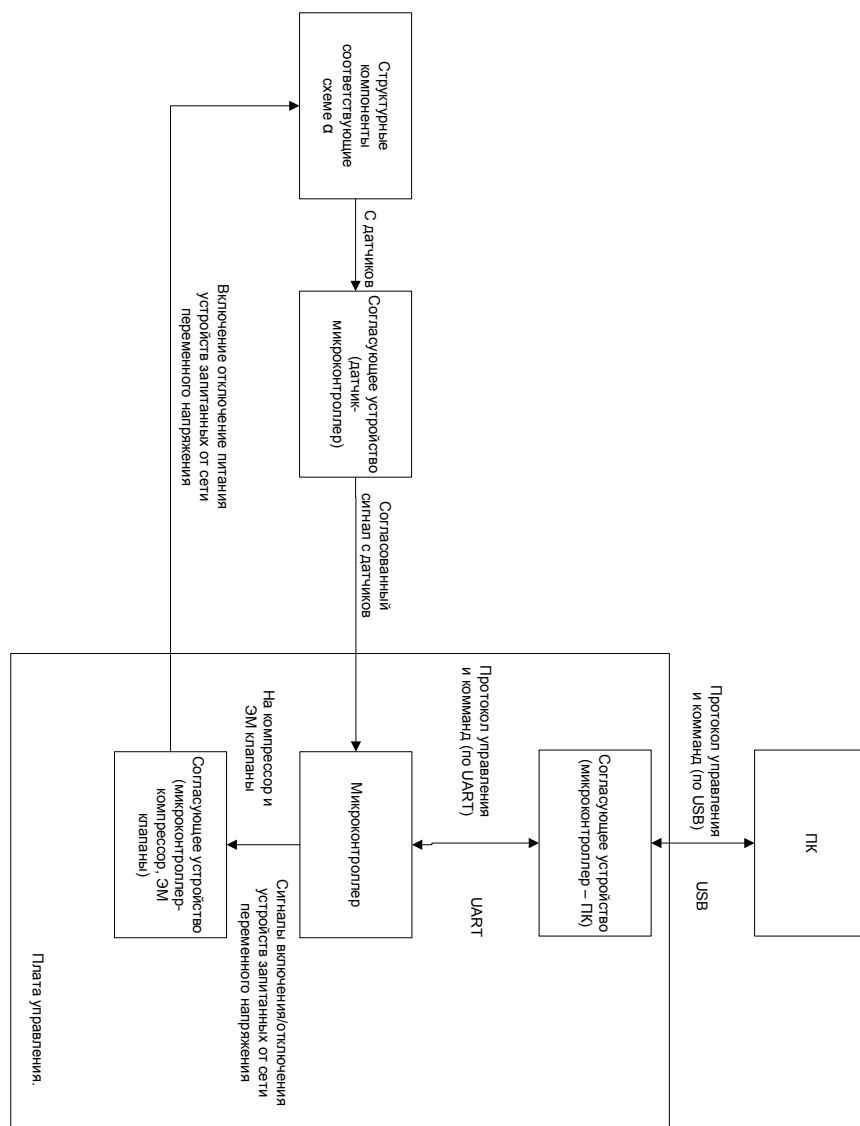


Рис.2. Функциональная схема стенда.

Для упрощения тестового экземпляра стенда было использовано два испытуемых и один контрольный преобразователь давления. Их основой является тензочувствительный элемент. Это четыре идентичных пьезорезистора, имплантированных в канавки, вытравленные на поверхности кремниевой мембраны и соединенных по мостовой схеме Уитстона. Внешнее давление вызывает деформацию мембраны, что приводит к разбалансировке моста. Значение создаваемого напряжения рассогласования (полезный сигнал) прямо пропорционально приложенному давлению.(1). Выходной сигнал с датчиков аналоговый (по напряжению) и преобразуется в цифровой вид встроенным в микроконтроллер АЦП.

Исследуемые датчики являются готовыми Low cost — решениями, основанными на использовании чувствительных элементов с защитой силиконовым гелем. Один из них термокомпенсирован и имеет встроенную схему усиления. Второй не имеет ни того ни другого.

В качестве контрольного датчика использован готовый преобразователь давления в герметичном металлическом корпусе, с разделительной диафрагмой из нержавеющей стали, передающей давление измеряемой среды посредством кремнийорганической жидкости. Контрольный датчик также не имеет встроенного усилителя. Он был разработан отдельно в виде устройства согласования по уровню. Схема согласования представляет собой два операционных усилителя с постоянным коэффициентом усиления, характерным для каждого из датчиков. Измерительные усилители реализованы на одной микросхеме КР1401УД2А-четверенный операционный усилитель.

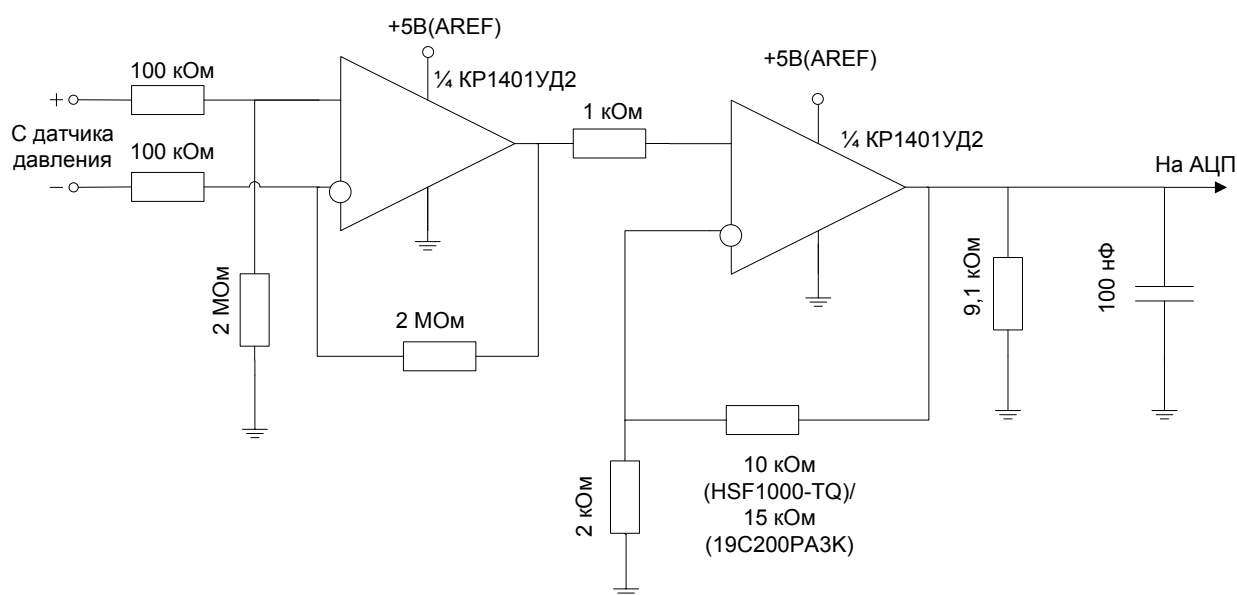


Рис. 3. Электрическая схема устройства согласующего датчики без усилителя с АЦП микроконтроллера.

Очень важно заметить, что при проведении экспериментальных исследований на датчиках с использованием усилителя наблюдались наводки, предположительно обусловленные синфазными токами и емкостными и индуктивными связями в проводах. Для снижения уровня помех в выходной сигнал с датчиков по отрицательной обратной связи был введен сигнал обратный помехе.

В качестве контрольного измерителя использован Мановакууметр МВПЗ-УУ2.

В качестве воздушного компрессора был выбран Мотор-компрессор Атлант С-К120. Компрессор заправлен минеральным маслом и предназначен для работы с хладоном R-12 или заменяющим его смесевым хладоном. Ввиду конструктивных и функциональных особенностей хладогенных систем, масла, заправляемые в компрессоры, хорошо абсорбируют влагу.

В случае со стендом это не приемлемо, так как может привести к коррозии, окислению и, в итоге, к выходу из строя всей пневматической системы, а значит и всего стенда. Исходя из всего вышесказанного, в процессе проектирования заводское минеральное масло было заменено на полусинтетическое автомобильное, превосходящее его по всем характеристикам и наиболее

подходящее для поставленной задачи. Новое масло соответствует требованиям ГОСТ Р 51634-2000 и ТУ 0253-033-72073499-2010. Установлено идущее в комплекте пускозащитное реле РКТ-2 и пусковой конденсатор 400 В, 6 мкФ.

Для данного стенда выбраны две модели электромагнитных (ЭМ) клапанов:

1. Клапан RFS 2W2115GXV прямого действия. Нормально закрытый. Сердечник соленоида механически соединен с диском и непосредственно открывает или закрывает проходное отверстие при включении или выключении соленоида. Работа клапана не зависит от давления в трубопроводе или скорости потока, и клапан будет работать от нуля до максимального рабочего давления.

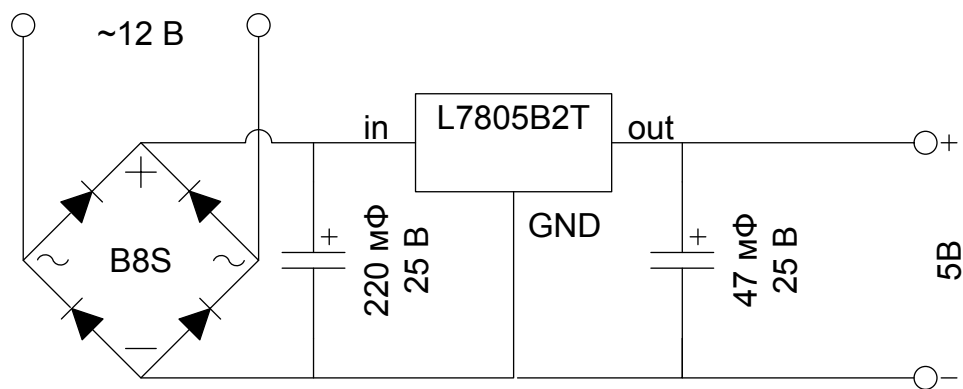
2. Клапан TSV 5531 прямого действия, нормально закрытый.

Цепь питания стенда состоит из двух частей: Блока питания и модуля, расположенного на плате управления.

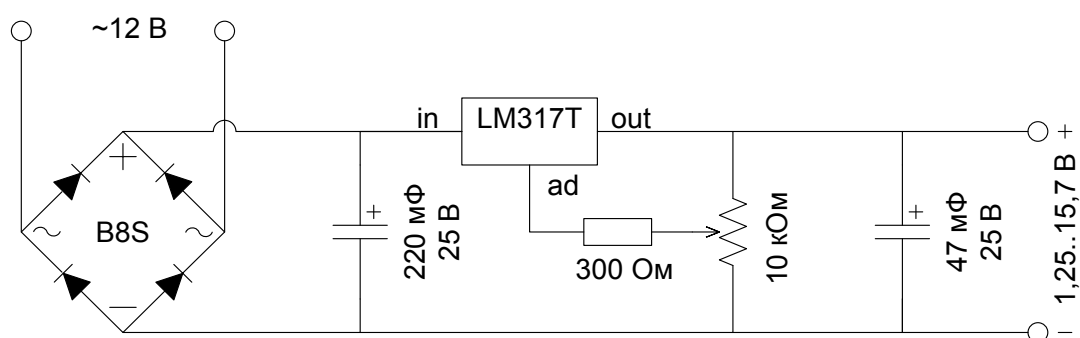
Блок питания представляет собой полу-кожух на котором установлены:

- Внешний разъем для подключения сетевого кабеля питания(220 в, 50 Гц)
- фильтр сетевых помех;
- предохранительный блок с возможностью замены предохранителя извне;
- тумблер включения/отключения со световой индикацией;
- тороидальный понижающий трансформатор с четырьмя одинаковыми вторичными обмотками (12В переменного напряжения и 0,833 А максимального потребляемого тока) изолированный и закрепленный при помощи пластиковых хомутов;
- внешний разъем USB, подключаемый к плате внутренним разъемом
- колодка общего провода 220 В, 50Гц;
- колодка общего заземления
- восьмипроводный разъем типа «мама» для подключения выходных напряжений с трансформатора к питающей части платы управления (вынесенный на провода разъем типа «папа»);
- четырехпроводный разъем типа «мама» для подключения управляющего провода 220 В, 50 Гц к согласующей части платы управления(вынесенный на провода разъем типа «папа»).

В питающей части платы управления установлены 4 выпрямителя (диодные мосты В8S рассчитанные на максимальное входное напряжение 800В и ток потребления нагрузки 0,5А), 5 стабилизирующих по напряжению схем, четыре из которых имеют регулируемый выходной диапазон (1,25 В – 15,7 В), а у пятой не регулируемый выход номиналом в 5 В и она питает микроконтроллер (Vcc).



а



б

Рис. 4. Электрическая схема стабилизаторов напряжения: а) - с выходом 5В; б) - с регулируемым диапазоном напряжений на выходе.

Из четырех источников питания:

- один не задействован, и является резервным;
- второй питает микроконтроллер (задает V_{CC}), индикаторы, схему согласования с ПК и остальную обвязку МК.)
- третий отрегулирован на значение 4,97 В и задает AREF микроконтроллера, а так же от него запитаны датчик МРХН6250А6U [1] и согласующий усилитель для двух других датчиков;
- четвертый отрегулирован на значение 5 В и является источником питания для датчика HSF1000-TQ [1];
- пятый отрегулирован на значение 10 В и питает датчик 19C200PA3K [1].

Для согласования стенда и ПК был использован микроконтроллер FT232BM [2] и разработан протокол приема и передачи данных. Структурно один пакет протокола состоит из трехбайтового заголовка, одного или двух байт описывающих тип команды и нескольких байт данных. Длина одного пакета в зависимости от его назначения варьируется от 6-ти до 55 байт. Вне зависимости от команды заголовки всегда одинаковы и меняются только в случае изменения

направления передачи данных. Заголовок состоит из трех байт, в которые «записаны» прописные латинские буквы, а именно их ASCII коды. Рассмотрим структуру пакетов в двух случаях:

Таблица 1. Стенд принимает пакеты. Заголовок MAI.

Командный айт	Длина, байт	Назначение пакета	Структура пакета
112	11	Запрос с ПК о готовности	В 7-ми байтах данных содержатся 7 нулей.
110	11	Команда задающая параметры и иницирующая начало подготовки к исследованию.	Байты: 5 и 6 :старший и младший разряды значения начального давления; 7 и 8: старший и младший разряды значения конечного давления; 9 и 10: старший и младший разряды значения параметра количества опросов датчиков(если два нуля то по умолчанию 200); 11: значение параметра частоты опроса датчиков.
118	11	Команда «пневмоудар»	В 7-ми байтах данных содержатся 7 нулей.
111	11	Команда задает параметры и является сигналом к началу исследования без пневмоудара»	Байты: 5 и 6 :старший и младший разряды значения начального давления; 7 и 8: старший и младший разряды значения конечного давления; 9 и 10: старший и младший разряды значения параметра количества опросов датчиков(если два нуля то по умолчанию 200); 11: значение параметра частоты опроса датчиков.
108	11	Команда считывания последнего исследования из памяти.	В 7-ми байтах данных содержатся 7 нулей.
г115	11	Команда СТОП. Прерывание исследования и возврат в состояние готовности.	В 7-ми байтах данных содержатся 7 нулей.
114	11	Чтение из EEPROM параметров для режима без использования ПК	В 7-ми байтах данных содержатся 7 нулей.
119	11	Запись в EEPROM новых параметров для режима без использования ПК.	Байты: 5 и 6 :старший и младший разряды значения минимально возможного давления в исследуемом диапазоне; 7 и 8: старший и младший разряды значения максимально возможного давления в исследуемом диапазоне; 9: значение параметра частоты опроса датчиков при режиме без использования К. 10 и 11: два нуля.

Таблица 2. Стенд управляет пакеты. Заголовок IAM.

Командный байт	Длина, байт	Назначение пакета	Структура пакета
112	8	Подтверждение готовности стенда. Отправляется всегда в режиме ожидания.	Байты: 5 и 6: старший и младший разряды значения давления установленного на стенде тензиомером; 7 и 8: старший и младший разряды значения абсолютного давления в пневмотракте(контрольный датчик – 19С200РА3К);
110	13	Команда отправляется время подготовки к исследованию и сообщает значение абсолютного давления в пневмотракте.	Байты: 5 и 6 :старший и младший разряды значения начального давления; 7 и 8: старший и младший разряды значения конечного давления; 9 и 10: старший и младший разряды значения параметра количества опросов датчиков; 11: значение параметра частоты опроса датчиков. 12 и 13: старший и младший разряды значения абсолютного давления в пневмотракте(контрольный датчик – 19С200РА3К);
118	6	Команда сообщающая о том что был произведен пневмоудар	Байты: 5: 111 («о»); 6: 117 («к»)
Два: 118 и 119	14	Аналог команды 110 только отправляется во время исследования с пневмоударом.	Байты: 6 и 7 :старший и младший разряды значения начального давления; 8 и 9: старший и младший разряды значения конечного давления; 10 и 11: старший и младший разряды значения параметра количества опросов датчиков; 12: значение параметра частоты опроса датчиков. 13 и 14: старший и младший разряды значения абсолютного давления в пневмотракте(контрольный датчик – 19С200РА3К);
111	55	Команда передает данные исследования со всех датчиков.(10 опросов каждого датчика)	Байты: 5 и 6 :старший и младший разряды значения начального давления; 7 и 8: старший и младший разряды значения конечного давления; 9 и 10: старший и младший разряды значения параметра количества опросов датчиков(если два нуля то по умолчанию 200); 11: значение параметра частоты опроса датчиков.

			12 и 13: старший и младший байт значения адреса в массива передаваемых данных (по сути номер пакета изменяющийся с интервалом 10); 14,18,22,26,30,34,38,42,46,50: младшие биты значений давления для контрольного датчика 19C200PA3K в 10-ти опросах; 15,19,23,27,31,35,39,43,47,51: аналогично для датчика HSF1000-TQ; 16,20,24,28,32,36,40,44,48,52: аналогично для датчика MPXH6250A6U; 17,21,25,29,33,37,41,45,49,52: два старших бита нули, затем, в убывании по старшинству, по два бита старшего разряда значения абсолютного давления для датчиков 19C200PA3K, HSF1000-TQ, MPXH6250A6U соответственно.
108	55	То же самое что и предыдущая с одним лишь отличием: передаются данные последнего проведенного опроса ПК исследования.	Аналогично предыдущему пакету.
115	4	Сообщение о прерывании исследования с кнопки на плате управления.	Байты данных отсутствуют.
114	9	Отправляет параметры для режима без использования ПК записанные в EPROM	В 7-ми байтах данных содержатся 7 нулей.
119	6	Сообщает об успешности или ошибке записи в EPROM новых данных для режима без использования ПК.	Байты если запись успешна: 5: 111 («о»); 6: 117 («к»); Байты если записать по какойто причине не удалось или произошла ошибка: 5: 101 («е»); 6: 114 («г»).

Таблица 2.(продолжение).

Выводы

В результате проведенных исследований был разработан автоматизированный программно-аппаратный комплекс для автоматизированного испытания датчиков давления. На основе такого рода концепции возможно разработать комплекс для исследований датчиков любого назначения и типа. Так же в данном конкретном случае в результате испытаний проведенных с конкретными датчиками давления появилась возможность функционально исключить температурную погрешность у датчиков без температурной компенсации.

Библиография

- 1) Дж.Фрайден; Современные датчики. Справочник; изд-во Техносфера; Москва; 2005 г.; 592 с.
- 3) Future devices international ltd, FT232BM - USB UART ICs,
<http://www.ftdichip.com/Products/ICs/FT232BM.htm>, HTTP, 10.02.2012

Сведения об авторах

Захарян Рамаз Рафаэлович, доцент Московского авиационного института (национального исследовательского университета), к.т.н.

МАИ, Волоколамское ш., 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993;

тел.: (499) 158-43-46; (499) 158-42-16, e-mail: ra_scb@mai.ru

Мологорский Алан Абдулбакиевич, студент Московского авиационного института (национального исследовательского университета).

Ленинградское ш., д. 45, корп.3, кв. 268, Москва, 125167;

тел.: +7-905-566-95-58; e-mail: duiesel@gmail.com