

РАЗРАБОТКА АППАРАТУРЫ КОНТРОЛЯ И ПРОДУВКИ СИСТЕМЫ ПОЛНОГО И СТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ САМОЛЁТОВ

© 2021

Н. А. Зотин кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации авиационной техники;
Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва;
ZotinNA.eat@yandex.ru

Е. П. Лисман студент;
Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва;
Egor.lisman@yandex.ru

Рассмотрен вопрос автоматизации последовательного проведения работ по продувке и контролю системы полного и статического давления пассажирских самолётов. Предложена функциональная схема и принципиальные исполнения некоторых частей комбинированной аппаратуры, которая позволяет с высокой оперативностью проводить и чередовать указанные работы. На этапе контроля системы давление или разрежение в ней создаётся мановакуумной пневмоустановкой, в состав которой входят компрессор и набор электромагнитных кранов, позволяющих включать его в магистраль нагнетания или откачки. Величина создаваемого давления регулируется расходом в канале нагнетания/откачки и в канале сообщения с атмосферой. Имитация изменения температуры окружающей среды происходит за счёт обдува нагретым или охлаждённым воздухом датчиков температуры самолёта. Давление или разрежение в контролируемой системе создаётся по очереди, в каждой её магистрали. На этапе продувки источником давления является баллон сжатого азота. Газ под давлением проходит через приёмники системы и стравливается в атмосферу, вычищая загрязнения. После подключения предлагаемой комбинированной аппаратуры к системе полного и статического давления никаких ручных операций по монтажу и демонтажу соединительных шлангов между работами по контролю и продувке проводить не требуется. Сообщение каналов контролируемой системы с мановакуумной пневмоустановкой и источником сжатого азота выполняется электромагнитными кранами с дистанционным управлением, чем достигается сокращение продолжительности последовательного проведения работ по обслуживанию системы.

Техническое обслуживание летательных аппаратов; автоматизация процесса обслуживания; навигационная система самолёта

Цитирование: Зотин Н.А., Лисман Е.П. Разработка аппаратуры контроля и продувки системы полного и статического давления пассажирских самолётов // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2021. Т. 20, № 2. С. 36-44. DOI: 10.18287/2541-7533-2021-20-2-36-44

Введение

Система полного и статического давления (СПСД) самолёта совместно с его пилотажно-навигационным и приборным оборудованием обеспечивает экипаж данными, необходимыми для выполнения безопасного полёта.

Устранение последствий ошибок пилотирования самолёта, которые сопряжены с неисправностью данной системы, может быть достаточно дорогостоящим по сравнению с материальными затратами на периодическое обслуживание рассматриваемой системы, что делает актуальной задачу разработки и совершенствования методов и средств её технического обслуживания.

Для воздушных судов семейств рассмотренных самолётов [1 – 3] работы по обслуживанию СПСД в большинстве случаев включают в себя: визуальный осмотр её узлов и агрегатов, замену неисправных элементов, продувку приёмников полного и статического давления, контроль показаний потребителей системы, а именно измерителей и индикаторов барометрической высоты, приборной, калибровочной скорости летательного аппарата.

Продувка включает в себя работы по отстыковке приёмников от трубопроводов системы с последующим их включением в канал подачи воздуха или азота от наземной установки. Проходя через приёмники, газ под давлением обеспечивает удаление загрязнений.

При контроле показаний высоты и скорости в системе создаётся давление или разрежение аэродромным источником. Фактические значения, снятые оператором с приборов, сравниваются с табличными, которые соответствуют заданным давлениям с поправкой на температуру окружающего воздуха. Управление аэродромным источником давления/разряжения осуществляется из кабины по радиоканалу.

Постановка задачи

Как видно из описания процессов контроля и продувки они достаточно продолжительны, также следует отметить, что оба вида работ часто требуется проводить последовательно, так как погрешности показаний приборов могут быть сопряжены с загрязнением приёмников. В случае некачественно проведённой чистки или при серьёзных загрязнениях цикл контроль – продувка – контроль может повторяться несколько раз.

Недостатком такой технологии обслуживания является трудоёмкость многократного переподключения приёмников к баллону сжатого азота от каналов системы и обратно, а также их подстыковка к системе аэродромного источника давления/разряжения.

Для устранения указанного недостатка предлагается разработать комплексную аппаратуру для технического обслуживания СПСД, которая позволит оперативно осуществлять и чередовать указанные работы.

Кроме этого разрабатываемая аппаратура должна позволять имитировать изменение температуры окружающего воздуха, что обеспечит выполнение контроля показаний потребителей системы в более широком диапазоне внешних эксплуатационных условий.

Разработка функциональной схемы системы контроля и продувки

Функциональная схема комплексной аппаратуры контроля и продувки представлена на рис. 1.

В задачи представленной аппаратуры входят:

- создание давления или разрежения в каналах статического и полного давлений с целью контроля показаний потребителей системы;
- продувка приёмников воздушного давления сжатым азотом;
- имитация изменения температуры окружающей среды для учета её при проведении контроля.

Источником давления (разрежения) при контроле системы является мановакуумная пневматическая установка; при продувке системы – подсоединённый через газовый редуктор баллон сжатого азота.

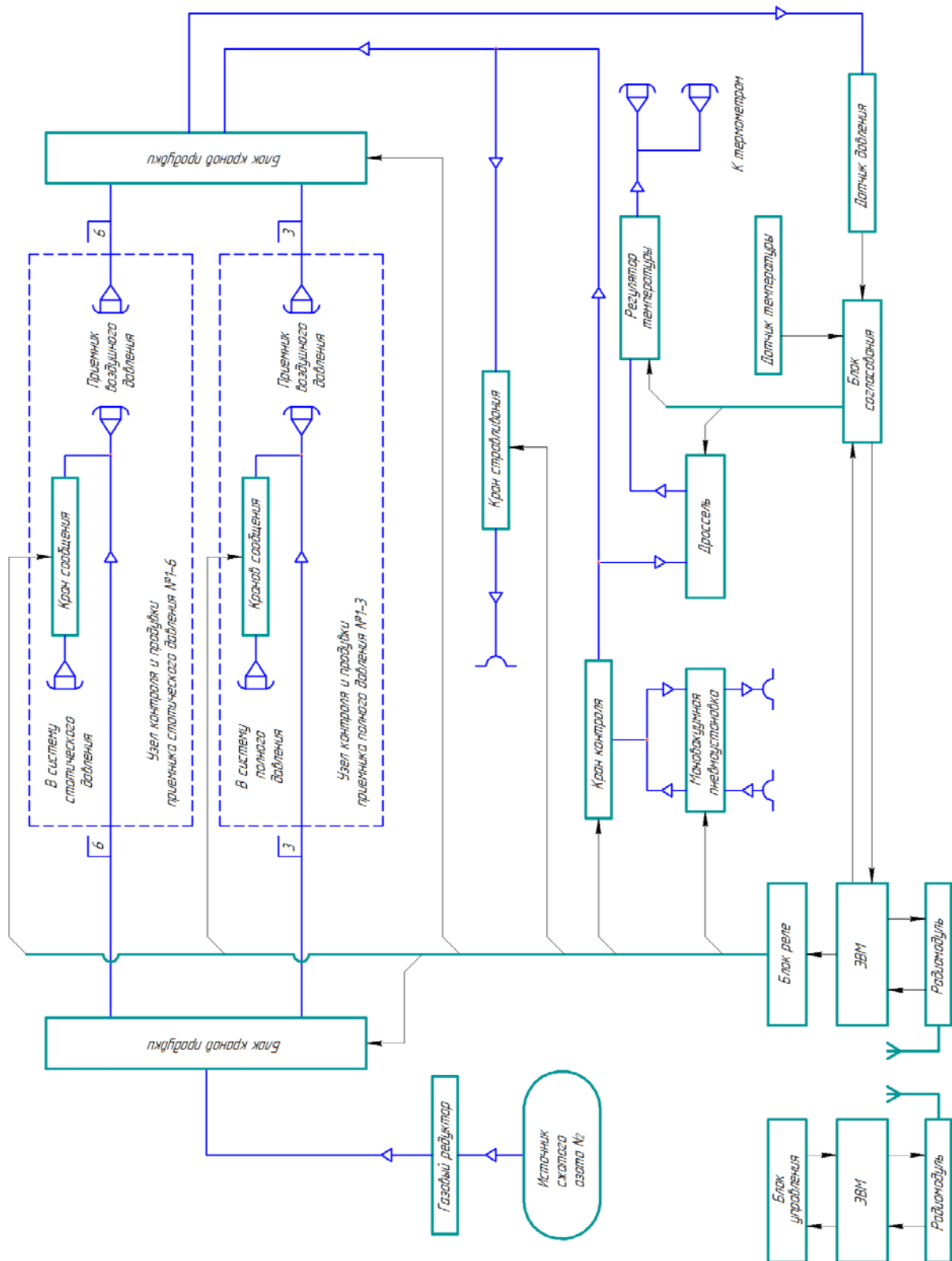


Рис. 1. Функциональная схема комплексной аппаратуры контроля и продувки

В процессе контроля величина создаваемого давления определяется положением шаровых заслонок кранов контроля и стравливания и контролируется соответствующим датчиком.

Давление создаётся в магистралях поочерёдно за счёт их последовательной изоляции от пневмоустановки и атмосферы правым блоком кранов продувки после создания в каждом канале требуемого значения давления. После приёмника воздух поступает через открытый кран сообщения в СПСД. В этом режиме работы левый блок кранов продувки закрыт. Открытие и закрытие кранов, а также выбор режима работы пневмоустановки (нагнетание или откачка воздуха) осуществляется дистанционно за счёт срабатывания реле по командам вычислителя (ЭВМ).

Измеренные датчиком значения создаваемого давления поступают в ЭВМ аппаратуры контроля и продувки, где формируются теоретические значения контролируемых параметров, выводимые оператору в процессе проверки. Данные, рассчитанные в ЭВМ, сравниваются с показаниями приборов в кабине самолёта оператором.

При прочистке приёмников давлений краны продувки сообщают баллон сжатого газа через приёмники и кран стравливания с атмосферой. Газовый редуктор открыт, а краны сообщения и кран контроля при этом полностью закрыты. Приёмники прочищаются от грязи, пыли и прочих частиц по очереди.

Имитация температуры осуществляется обдувом датчиков самолёта нагретым или охлаждённым в регуляторе воздухом, отобранном от канала пневмоустановки. Расход воздуха через регулятор температуры определяется положением шаровых заслонок кранов контроля, стравливания и дросселя канала имитации температуры.

Управление аппаратурой осуществляется дистанционно через радиомодули для возможности проведения работ из кабины самолёта. Радиомодули работают на частоте 868 МГц, что обеспечивает хорошую проходимость сигналов через корпус летательного аппарата.

Приведённая схема обеспечивает контроль и продувку девяти магистралей (трёх – полного давления и шести – статического), а также имитацию температуры для случая двух установленных на борту термометров наружного воздуха. В общем количество используемых в установке каналов нагнетания, стравливания и обдува зависит от модели эксплуатируемого самолёта, но для унификации предлагаемого оборудования число узлов подключения может быть взято исходя из максимально возможных требований. При этом в процессе обслуживания лишние каналы нагнетания и стравливания будут закрыты кранами, а каналы обдува термометров – заглушками.

Принципиальное исполнение некоторых узлов системы контроля и продувки

Схема мановакуумной пневмоустановки показана на рис. 2. Установка обеспечивает создание давления и разрежения в системе, что позволяет имитировать изменение высоты и скорости. Часть нагнетаемого установкой воздуха отбирается для обдува датчиков температуры самолёта.

Установка включает в себя: компрессор КМ, четыре электромагнитных крана Р1, Р2, Р3, Р4 с обмотками управления Y1, Y2, Y3, Y4 соответственно и твердотельные реле DA1, DA2, DA3, DA4. На рисунке показана обмотка управления и реле только для одного крана, исполнение остальных аналогично.

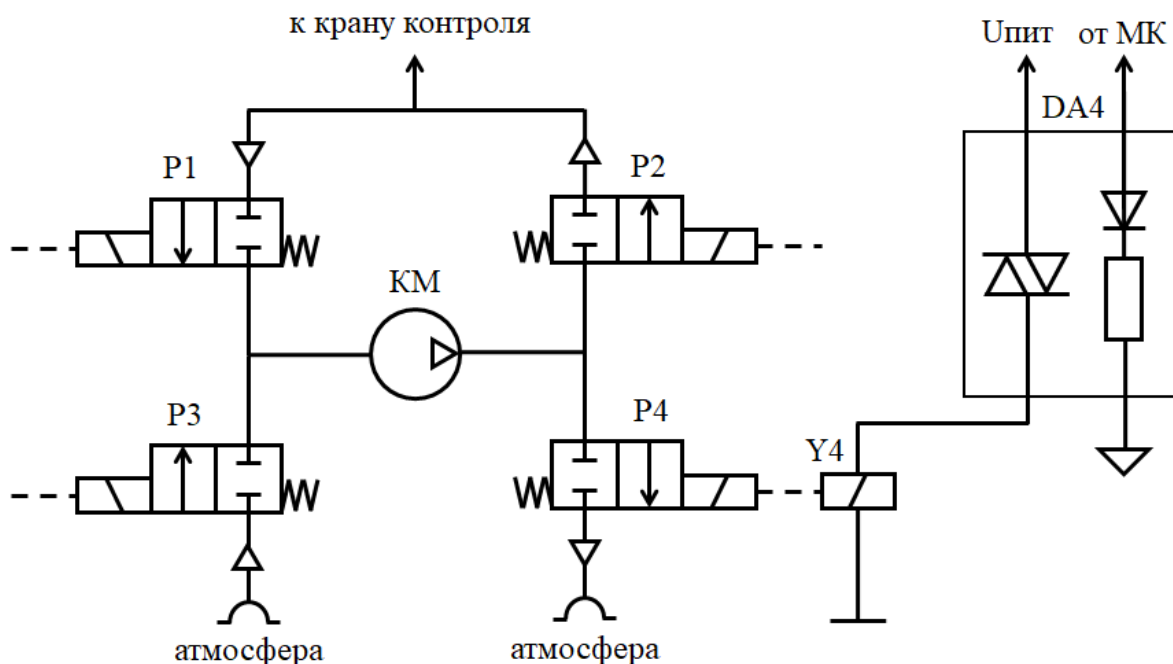


Рис. 2. Принципиальная схема мановакуумной пневмоустановки

Твёрдотельные реле управляются по командам от микроконтроллера (МК), который составляет основу вычислителя. При срабатывании реле DA1 и DA4 замыкаются цепи питания обмоток Y1 и Y4, краны P1 и P4 открываются и установка начинает откачивать воздух из системы. При срабатывании реле DA2 и DA3 замыкаются цепи питания обмоток Y2 и Y3, краны P2 и P3 открываются и установка начинает создавать давление.

Краны контроля и стравливания предназначены для регулирования значения давления, задаваемого в каналах СПСД. Схема соединения кранов и дросселя отбора воздуха в канал имитации температуры представлена на рис. 3.

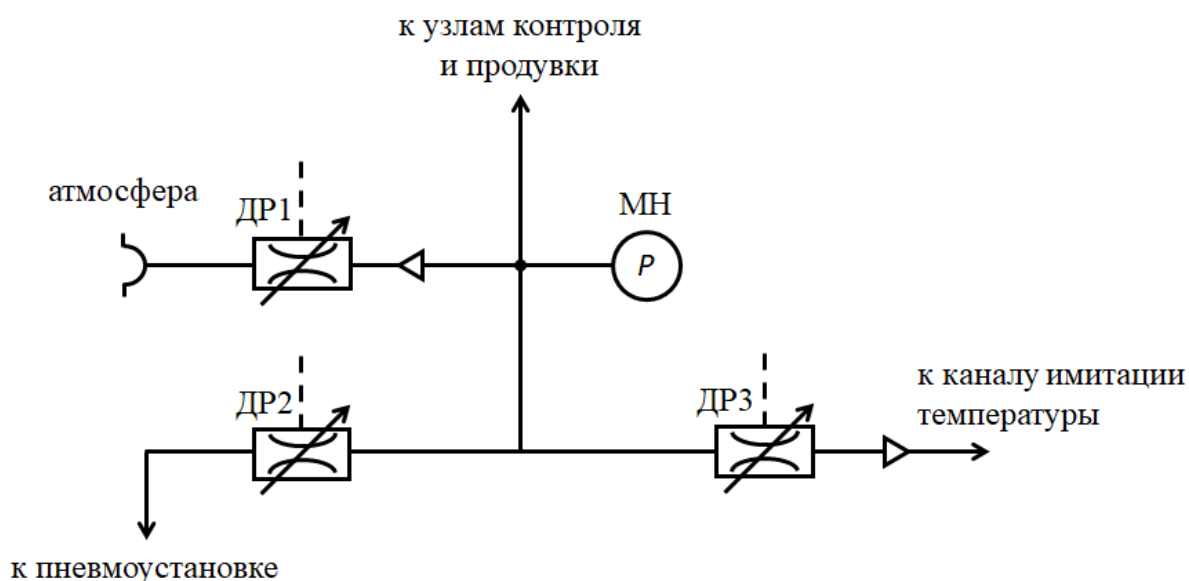


Рис. 3. Схема соединения кранов

Промежуточные положения заслонок кранов стравливания ДР1 и контроля ДР2 определяют установившееся значение давления в узлах контроля и продувки, а следовательно и в каналах СПСД. Контроль значения давления для обратной связи при управлении заслонками осуществляется датчиком МН. Значения с датчика передаются в вычислитель. Дроссель ДР3 обеспечивает незначительный отбор воздуха в канал имитации температуры и пренебрежимо мало влияет на величину давления.

Схемы управления кранами и дросселем аналогичны и представлены на рис. 4.

Смена направления вращения якоря электродвигателя М обеспечивается изменением полярности питающего его напряжения $U_{пит}$ за счёт парного замыкания реле DA1, DA2 и DA3, DA4. При срабатывании по команде микроконтроллера реле DA1 и DA2 электродвигатель крана начинает прямое вращение. При срабатывании DA3 и DA4 – обратное. Величина открытия заслонки крана или дросселя ДР зависит от времени вращения электродвигателя.

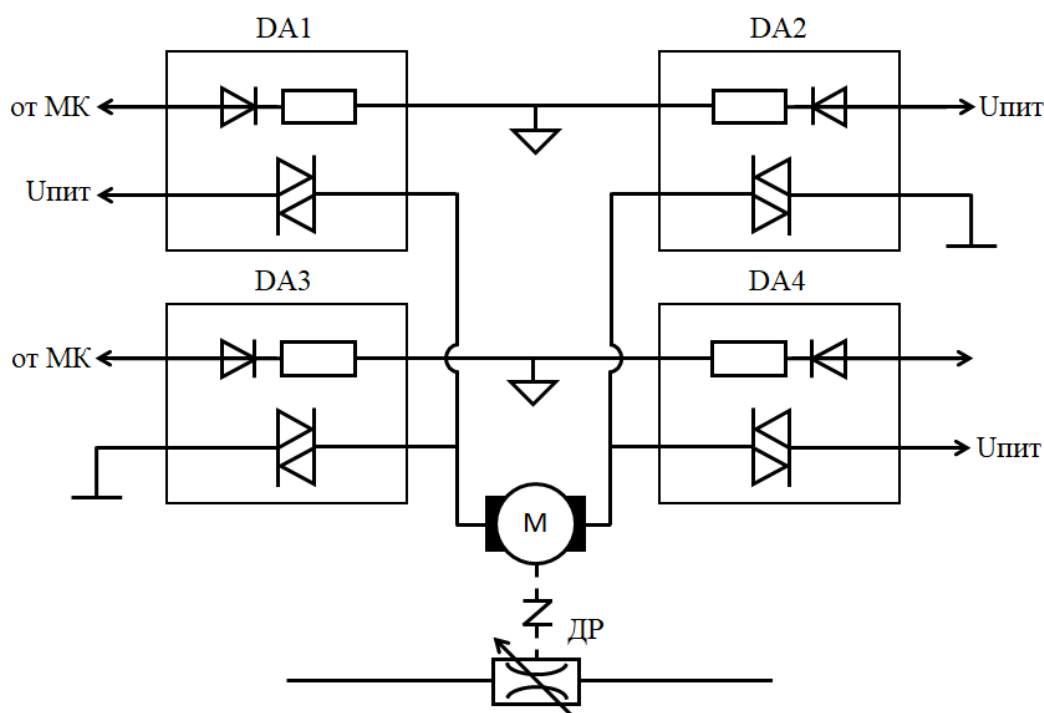


Рис. 4. Принципиальная схема управления кранами

Схема узла контроля и продувки показана на рис. 5. Узел совместно с блоками кранов обеспечивает создание давления или разрежения в канале СПСД самолёта, а также продувку приёмника давления азотом. Аппаратура включает в себя девять узлов – по числу приёмников давлений. Кран сообщения Р1 относится к узлу контроля и продувки, кран Р2 – к левому блоку кранов продувки (см. рис. 1), Р3 – к правому. Замыкание цепей питания обмоток управления Y1, Y2, Y3 кранов происходит при срабатывании реле DA1, DA2, DA3 по командам микроконтроллера. На рис. 5 показана обмотка управления и реле только для одного крана, исполнение остальных аналогично.

При создании давления в канале СПСД кран Р2 закрыт, краны Р1 и Р3 открыты, через них нагнетается воздух от мановакуумной пневмоустановки через кран контроля. В случае создания разрежения воздух через Р1 и Р3 откачивается. Как только давление достигнет заданного значения, краны Р1 и Р3 закрываются, что изолирует от пневмоустановки и атмосферы канал СПСД, сохраняя в нём установленное давление. Таким образом, давление поочерёдно задаётся в каждом канале, что позволяет устанавливать разные значения полного и статического давления.

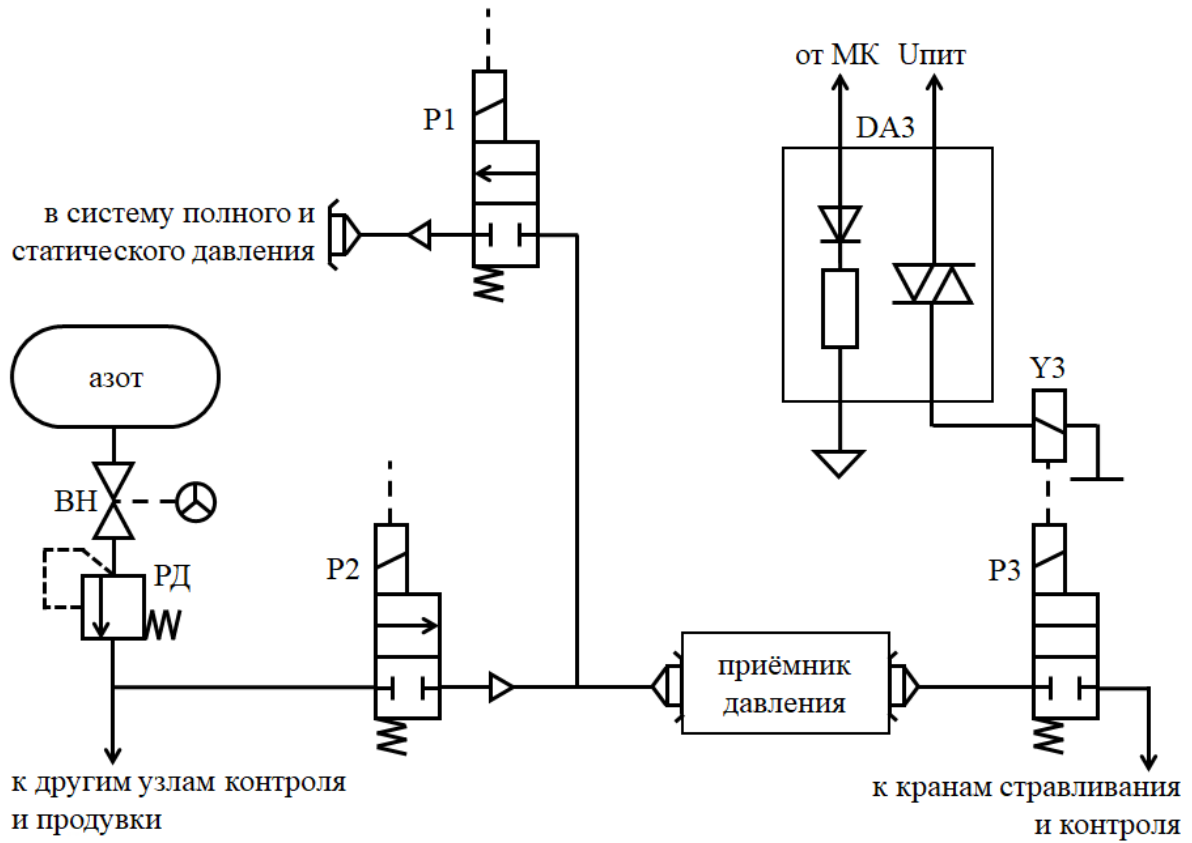


Рис. 5. Принципиальная схема узла контроля и продувки

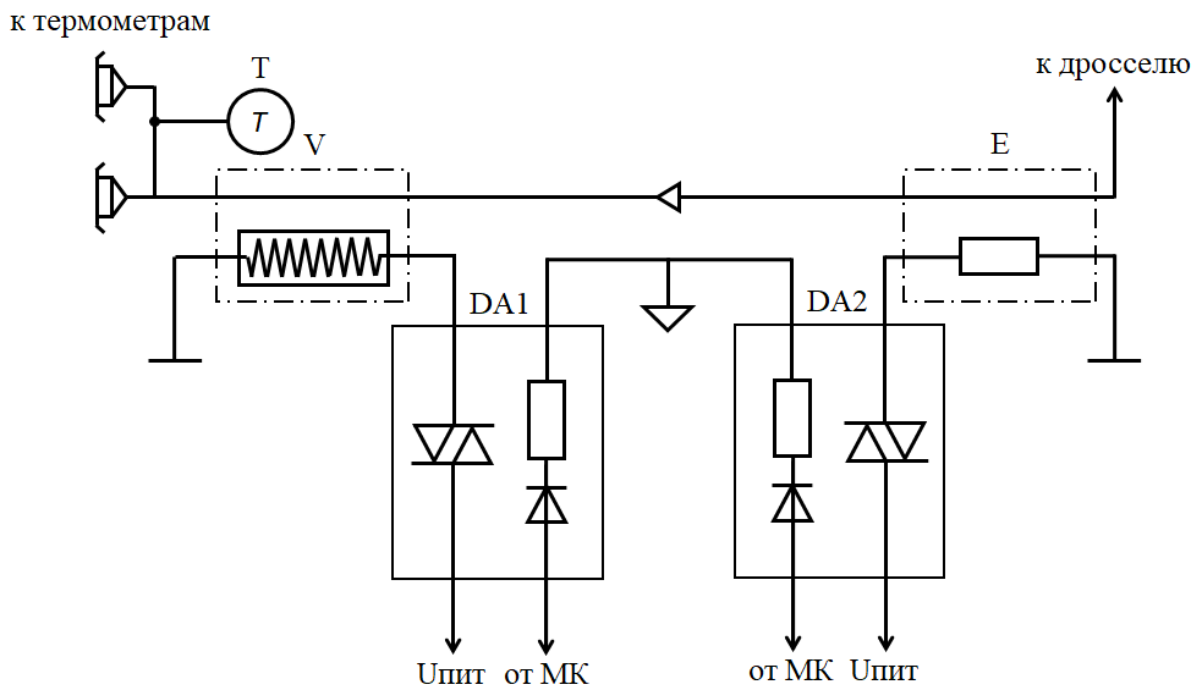


Рис. 6. Принципиальная схема канала имитации температуры

При продувке приёмника давления кран сообщения P1 закрыт, краны P2, P3 и ВН открыты. Открытие вентиля выполняется вручную. Азот из баллона под давлением проходит через редуктор РД, P2, приёмник давления P3 и поступает в атмосферу через кран стравливания. В результате приёмник прочищается.

Канал имитации температуры показан на рис. 6. Канал предназначен для обдува двух датчиков температуры наружного воздуха самолёта нагретым или охлаждённым воздухом, за счёт чего происходит имитация изменений условий окружающей среды, которые учитываются при расчёте высоты и приборной скорости в бортовом вычислителе самолёта.

Канал включает в себя холодильник V на элементах Пельтье и терморезистивный нагреватель E, одновременная работа которых не предусмотрена. Задание температуры осуществляется периодическим замыканием твёрдотельными реле DA1 и DA2 цепей питания холодильника или нагревателя. Соотношение временных интервалов, на которых цепь замкнута и разомкнута, определяет задаваемую температуру рабочей поверхности устройств, а следовательно и воздуха, проходящего через них. Определение значений задаваемой температуры и передача их в вычислитель для формирования им команд на реле осуществляется термометром T.

Питание элементов схемы. Узел управления, включающий в себя одноимённый блок, вычислитель и радиомодуль, питается от аккумуляторной батареи +5В. Остальная, исполнительная часть аппаратуры, подключается к аэродромному источнику электропитания +27В. Для получения необходимых величин напряжений питания кранов, холодильника и нагревателя использованы DC/DC преобразователи и операционные усилители.

Согласование уровней и видов входных и выходных информационных сигналов реализовано через операционные усилители и аналого-цифровые преобразователи.

Выводы

В данной статье описана разработанная аппаратура для проведения технического обслуживания системы полного и статического давления пассажирских самолётов, которая позволяет оперативно проводить и комбинировать процессы продувки приёмников системы и контроля её потребителей. Приведены функциональная схема аппаратуры и принципиальные схемные решения следующих задач:

- раздельного задания и поддержания давления в каналах СПСД;
- использования одного компрессора и блока электромагнитных кранов для создания как давления, так и разрежения в системе;
- имитации изменения температуры окружающей среды за счёт обдува датчиков самолёта подогретым или охлаждённым воздухом.

Практическая значимость работы заключается в повышении эффективности технологического процесса технического обслуживания СПСД за счёт сокращения продолжительности и трудоёмкости последовательного проведения работ по её прочистке и контролю правильности показаний приборов воздушно-скоростных параметров и барометрической высоты.

Научная новизна заключена в предложении использовать комбинированную аппаратуру, которая позволит ускорить и рационализировать технологический процесс технического обслуживания рассмотренной системы, а также повысить объективность результатов наземного контроля бортовой аппаратуры определения воздушно-скоростных параметров и барометрической высоты за счёт имитации изменения температуры наружного воздуха.

Библиографический список

1. Самолёт Ан-140. Руководство по технической эксплуатации. Книга 4. Оборудование автоматического управления полётом. Пилотажно-навигационное оборудование. Киев: АНТК «Антонов», 1997. 334 с.
2. Airbus A320. Maintenance manual AMM. Chapter 34 – navigation. AIRBUS S.A.S., 2005. 1884 p.
3. Boeing 737. Maintenance manual AMM. Chapter 34 – navigation. Boeing, 2007. 329 p.

DESIGNING OF CONTROL AND EXPULSION EQUIPMENT FOR THE PITOT-STATIC SYSTEM OF PASSENGER AIRPLANES

© 2021

N. A. Zotin Candidate of Science (Engineering), Assistant Professor of the Department of Aircraft Maintenance;
Samara National Research University, Samara, Russian Federation;
ZotinNA.eat@yandex.ru

E. P. Lisman Undergraduate Student;
Samara National Research University, Samara, Russian Federation;
Egor.lisman@yandex.ru

The article discusses the issue of automating the serial process of bleeding and control of the pitot-static system of passenger airplanes. A functional diagram and basic design of some parts of the combined equipment are proposed. This equipment makes it possible to alternate the above-mentioned operations with great effectiveness. At the system control stage, the pressure or vacuum in it is created by a pressure-vacuum pneumatic unit. This pneumatic unit consists of a compressor and a set of electromagnetic valves that allow the compressor to be connected to the pumping or scavenging line. The value of the generated pressure is regulated by the flow rate in the pressure/scavenging channel and in the venting channel. Simulation of changes in ambient temperature is achieved due to blowing heated or cooled air over the temperature sensors of the aircraft. Pressure or vacuum in the controlled system is created in turn, in each of its lines. At the expulsion stage, a compressed-nitrogen cylinder acts as the pressure source. The pressurized gas passes through the pitot and is released into the atmosphere, cleaning out the contaminations. No manual operations are required for installing and removing connection hoses after connecting the proposed combined equipment to the pitot-static system. Remote-controlled electromagnetic valves connect the channels of the controlled system to the pressure-vacuum pneumatic unit and the source of compressed nitrogen. This reduces the duration of successive operations for the system's maintenance.

Aircraft maintenance; automation of maintenance process; aircraft navigation system

Citation: Zotin N.A., Lisman E.P. Designing of control and expulsion equipment for the pitot-static system of passenger airplanes. *Vestnik of Samara University. Aerospace and Mechanical Engineering*. 2021. V. 20, no. 2. P. 36-44.
DOI: 10.18287/2541-7533-2021-20-2-36-44

References

1. An-140 maintenance manual. Book 4. Automatic flight control equipment. Flight and navigation equipment. Kiev: Antonov State Enterprise Publ., 1997. 334 p.
2. Airbus A320. Maintenance manual AMM. Chapter 34 – navigation. AIRBUS S.A.S., 2005. 1884 p.
3. Boeing 737. Maintenance manual AMM. Chapter 34 – navigation. Boeing., 2007. 329 p.