

— на долгосрочную перспективу: полная реконструкция ХОС с поэтапной заменой холодильных установок новыми, работающими на экологически безопасных хладагентах и хладоносителях и обладающими более широкими возможностями по сравнению с существующими холодильными установками;

— на ближайшую перспективу:

— продолжение работ по экспериментальным исследованиям эксплуатационных характеристик теплообменного, компрессорного и регулирующего оборудования всех холодильных установок;

— проведение сравнительного анализа технического состояния холодильных установок на основании полученных расчетно-экспериментальных данных;

— усовершенствование программно-алгоритмического обеспечения для каждой холодильной установки с учетом эксплуатационных характеристик входящего в ее состав оборудования в целях оптимизации управления технологическим процессом конкретной холодильной установки;

— разработка ПО для автоматизации режимов работы с нулевой холодопроизводительностью и под нагрузкой [4];

— проектно-конструкторская проработка новой холодильной установки;

— проведение мероприятий по обеспечению надежной и эффективной эксплуатации существующих холодильных установок (экспериментальные исследования эксплуатационных характеристик теплообменного оборудования, оптимизация алгоритмов работы на основании результатов экспериментальных исследований, дальнейшая модернизация АСУТП).

Список литературы

1. Данилова Г.Н., Богданов С.Н., Иванов О.П., Медникова Н.М., Крамской Э.И. Теплообменные аппараты холодильных установок. Под ред. Даниловой Г.Н., Л., Машиностроение, 1986. 303 с.
2. Железный В.П., Жидков В.В. Эколого-энергетические аспекты внедрения альтернативных хладагентов в холодильной технике. Донецк: Донбасс. 1996. 144 с.
3. Гостев В.И. Проектирование нечетких регуляторов для систем автоматического регулирования. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2011. 416 с.
4. Джонс М. Тим Программирование искусственного интеллекта в приложениях. Москва, ДМК Пресс, 2013. 311 с.

Марков Юрий Степанович — канд. техн. наук, начальник отделения,

Гребенников Александр Васильевич — зам. начальника отделения,

Лепестихина Екатерина Геннадьевна — начальник сектора,

Меркулов Михаил Игоревич — инженер, Бурмистров Валерий Валерьевич — инженер НИЦ ЦИАМ —

филиал ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова».

Контактный телефон 8-(929)-648-72-97.

E-mail: merkulov.mihail.ciam@ro.ru

РАЗРАБОТКА СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ АСУТП КОМПЛЕКСА СТЕНДОВ Ц-16 В ОБЕСПЕЧЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

А.Р. Саев, А.А. Елтаренко, С.Е. Тарашев (ЦИАМ им. П.И. Баранова)

Описана АСУТП комплекса стендов Ц-16. Показана принципиальная возможность создания регулятора с цифровым управлением, с замкнутым контуром обратной связи через компьютер на базе аппаратуры ООО «Л КАРД» (при определенных ограничениях). За счет разделения и гальванической развязки цепей управления отсечными и регулирующими клапанами и исполнительной силовой части схемы управления как между собой, так и от стендового генератора значительно повысилась надежность управления и помехоустойчивость АСУТП.

Ключевые слова: АСУТП, синхронный сбор данных, гальваническая развязка, каналы цифрового управления.

В ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова» на стенде Ц16 В/К проведена модернизация программно-аппаратного обеспечения АСУТП, а на стенде Ц16 создана АСУТП, обеспечивающая проведение испытаний модельной камеры дожигания стендовой энергетической установки с твердым наполнителем по схеме с присоединенным трубопроводом и организацией предварительного огневого подогрева на стенде. В процессе запуска установки длительно в несколько секунд необходимо вывести огневой подогреватель на режим, осуществить воспламенение и рабочий процесс в камере сгорания экспериментального объекта по заданной циклограмме. Ранее существовавшая на стенде Ц16 В/К АСУТП была выполнена на базе устройств связи с объектом (УСО)

1992 г. выпуска. Эти УСО физически и морально устарели, не соответствовали возрастающим требованиям по точности, быстродействию, синхронизации сигналов управления и сбора экспериментальных данных и в связи с отсутствием устаревшей элементной базы стало неремонтопригодной.

На стенде Ц16 была поставлена задача создания стендовой АСУТП, которая позволит обеспечить работу установки по заданной циклограмме, содержащей циклы автоматического включения/выключения отсечных клапанов, регулирование расходов топливных компонентов по пяти контурам и осуществлять контроль и регистрацию параметров.

АСУТП выполнена на базе аппаратуры производства ООО «Л-КАРД» (Москва) и включает управля-

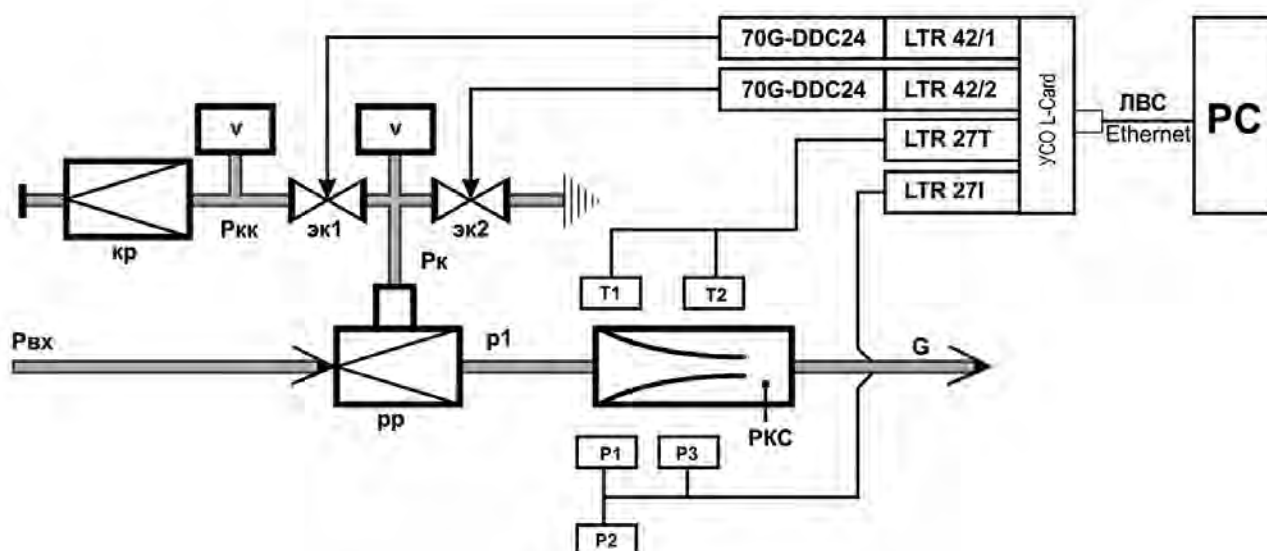


Рис. 1. Схема контура регулирования топливными компонентами, где КР – командный редуктор, Рк – командное давление, ЭК1, ЭК2 – регулирующие электромагнитные клапаны, V – демпфирующие емкости, РР – расходный редуктор, РКС – расходомерное критическое сопло, PC – персональный компьютер, LTR42 – модуль цифрового управления, 70G-DDC-24 – модуль гальванической развязки, LTR27T – модуль измерения температур, LTR27I – модуль измерения давлений, ЛВС – локальная вычислительная сеть

ющий крейт LTR-EU-16-1, укомплектованный модулями LTR11, LTR27, LTR41, LTR42, LTR 51. Схема управления подачей и отсечкой топливных компонентов (рис. 1) выполнена на базе пневмоэлектроклапанов ПЭКДД и бистабильных реле 288-380 производства компании WAGO. Подсистема вывода цифровых сигналов выполнена на базе модуля вывода дискретных сигналов с поканальной гальваноразвязкой LTR 42. Время включения — 5 мс. Максимальный ток замкнутого состояния — $\leq \pm 70$ мА. Максимальное допустимое напряжение разомкнутого состояния — $\leq \pm 250$ В. Модуль LTR 42 поддерживает дополнительные функции синхронизации сбора данных по внешним синхросигналам. Опторелейным выходом LTR 42 является оптореле типа CPC1035N. Для развязки цепей регулирующих клапанов (ток потребления — 2 А) и выходных цепей оптореле CPC1035N применен модуль коммутации цепей постоянного тока типа 70-ODC24 производства фирмы GRAYHIL, имеющий входной ток — 9 мА, выходной — до 3,5 А.

Для обеспечения возможности цифрового управления с использованием модулей LTR42 была проведена модернизация специального ПО «СПРУТ/W» разработки ФГУП «ЦИАМ им. П. И. Баранова» [1]. Целью модернизации явилась разработка и отладка программного модуля USERLTRDLL, с помощью которого в процессе регистрации замеренных и расчетных параметров на частоте 100 Гц в каждом такте производится обработка замеренных параметров, расчет, выдача и регистрация управляющих команд на модули LTR42. В крейтовой системе LTR обеспечивается возможность синхронизированного сбора и передачи информации в ПК со всех модулей, входящих в состав крейта по секундным меткам [2].

В разработанном ПО начало сбора данных с LTR модулей ввода (АЦП) не привязано к «секундной метке» или к метке «старт». Таким образом, положение текущего пакета данных на временной оси можно оценить относительно секундных меток с точностью до периода сбора данных по соответствующему каналу. Так как

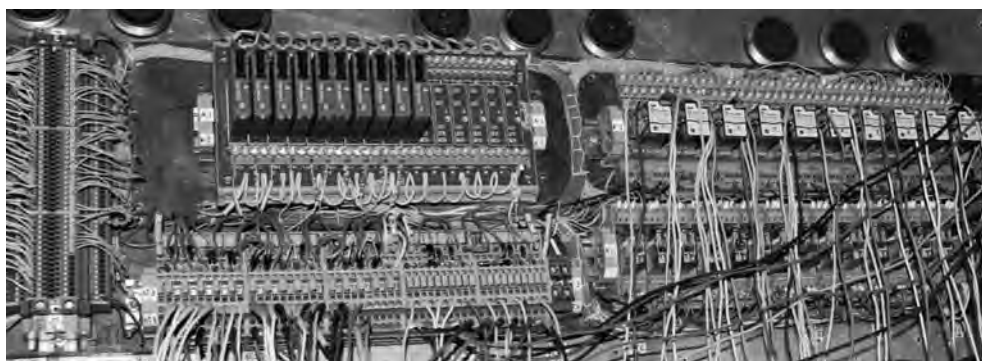


Рис. 2. Монтажная панель в шкафу управления

при запуске ПО все модули ввода в крейте инициализируются на работу с частотой 100 Гц, то точность синхронизации данных в функции крейтового (полученного по секундным меткам и тактам работы модуля LTR11 в крейте) времени составит $\pm 0,01$ с, что вполне достаточно для задач, решаемых при испытаниях на стенде.

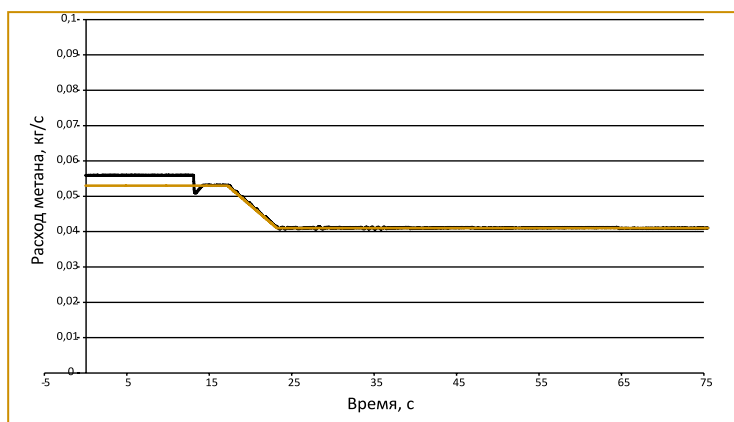


Рис. 3. Результаты проверки расхода метана, где коричневая кривая - заданный расход, черная - реальный расход метана

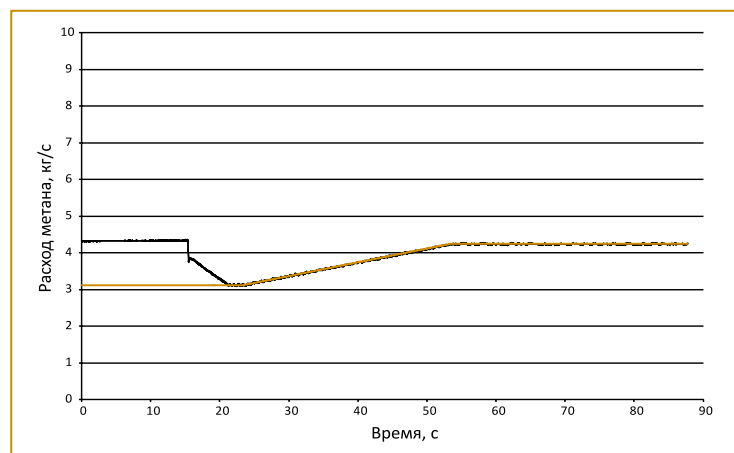


Рис. 4. Результаты проверки расхода кислорода, где коричневая кривая - заданный расход, черная - реальный расход кислорода

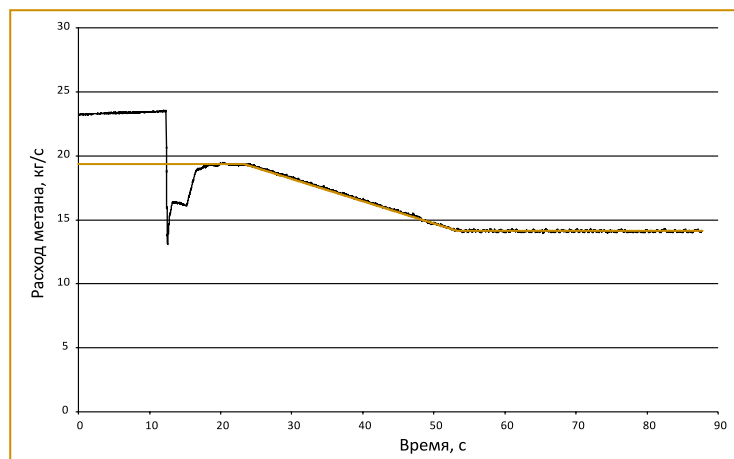


Рис. 5. Результаты проверки расхода воздуха, где коричневая кривая - заданный расход, черная - реальный расход воздуха

При наладке каналов цифрового управления через управляющий компьютер, то есть в контуре «LTR11-ПК-LTR42» была проведена оценка полосы пропускания канала, реализованного на модуле LTR42. Исходя из его технических характеристик, время включения канала модуля ≤ 5 мс (при этом вре-

мя включения оптореле CPC 1035N, на базе которых и организован опторелейный выход модуля LTR42, составляет 2 мс). Таким образом, полоса пропускания канала модуля LTR42 должна быть не ниже 200 Гц. Для проверки этого в программе пользователя USERDLLTR, вызываемой с частотой 100 Гц, для выдачи команд по одному из выходов модуля LTR42 был организован меандр, путем выдачи «0» и «1» поочередно в каждом такте. Экспериментально было показано, что при выдаче чередующихся команд с частотой 100 Гц, они не принимались и не исполнялись модулем LTR42. Кроме того, при выдаче команд на LTR42 с частотой 1 Гц все выданные команды исполнялись, но был выявлен фазовый сдвиг начала исполнения команды порядка 5...7 тактов (50...70 мс).

Контроль исполнения команды проводился путем опроса одного из каналов модуля LTR41, к которому был подключен источник 5 В через выходные контакты оптореле модуля LTR42. Таким образом, временная задержка исполнения команды составила 50...70 мс, то есть полоса пропускания канала цифрового управления составляет порядка 15...20 Гц. Максимальная частота, с которой LTR42 надежно обрабатывает чередующиеся команды при работе через компьютер, составляет 15 Гц.

Полученные экспериментальные результаты объясняются следующими особенностями фирменного ПО контроллера крейта. В LTR не существует механизма синхронизации процесса вывода на модуль LTR42 относительно процесса ввода в LTR11. Таким образом, LTR42 не обеспечивает синхронный вывод данных. В LTR явно негарантировано время доставки данных от АЦП в компьютер, а также от компьютера на модуль LTR42, осуществляющий вывод данных.

Результаты эксперимента показали принципиальную возможность решения задачи на комплексе стендов Ц16 на аппаратуре LTR со следующими ограничениями. Сбор данных осуществлять на частотах ≤ 100 Гц; синхронизацию сбора данных производить по единым секундным меткам и тактам модуля LTR11 в крейте, точность синхронизации $\pm 0,01$ с; выдачу команд на LTR42 производить в асинхронном режиме на частотах ≤ 15 Гц, при этом фазовый сдвиг составит 0,07 с. Имея в виду, что постоянная времени механической и газодинамической частей регуляторов составляет порядка 0,3...0,5 с для решения задач регулирования и управления отсечными клапанами на комплексе стендов Ц16 такие ограничения вполне приемлемы.

Однако для решения задач жесткого реального времени контур управления необходимо осущес-

Работа должна быть испытанием, а испытания должны доставлять удовольствие.

Парри Пейдж

твлять не через компьютер, а через контроллер Blackfin крейта.

Как следует из рис. 1, при выдаче команды по каналу LTR42/1 открывается регулирующий клапан ЭК1 и воздух из командного редуктора поступает на вход расходного редуктора, увеличивая давление P1 топливного компонента на входе РКС. Это вызывает увеличение расхода G топлива, который измеряется датчиками давления P1, P2, P3 и температуры T1, T2 и замыкает контур обратной связи в регуляторе.

Общий вид монтажной панели в шкафу управления представлен на рис. 2.

На рис. 3...5 представлены переходные функции подсистем управления расходом метана, кислорода и воздуха, характеризующие отработку заданного воздействия, которое изменяется по линейному закону.

На участке, соответствующем установившемуся режиму работы (интервалы времени: 23,5...70,0 с — для рис. 3; 53,0...85,0 с — для рис. 4; 53,0...85,0 с — рис. 5), указанные подсистемы управления устойчивы и обеспечивают следующие погрешности регулирования относительно заданного значения:

$\pm 0,9\%$ — по расходу метана;

$\pm 0,7\%$ — по расходу кислорода;

$\pm 0,9\%$ — по расходу воздуха, что соответствует требуемым $\pm 1\%$.

На линейном участке переходной функции (интервалы времени: 17,0...23,0 с — для рис. 3; 23,7...53,0 с — для рис. 4; 23,7...53,0 с — для рис. 5), указанные подсистемы управления устойчивы и обеспечивают следующие динамические погрешности регулирования относительно заданного значения:

$\pm 2\%$ — по расходу метана;

$\pm 0,8\%$ — по расходу кислорода;

$\pm 2\%$ — по расходу воздуха, что удовлетворяет требованиям эксперимента в настоящее время.

Следует отметить, что в результате проделанной работы:

— значительно повысилась надежность управления и помехоустойчивость АСУТП за счет разделения и гальванической развязки цепей управления отсечными и регулирующими клапанами и исполнительной силовой части схемы управления как между собой, так и от стендового генератора 27 В;

— обеспечена полная независимость автоматического и ручного режимов работы АСУТП, что исключает поступление несанкционированных сигналов через пульт ручного управления при функционировании АСУТП стенда в автоматическом режиме;

— удалось минимизировать время монтажа и наладки АСУТП и уложиться в жесткие сроки подготовки стенда к испытаниям;

— в заданные сроки обеспечена экспериментальная апробация генератора высокоэнтальпийных воздушных потоков (ГВВП). Получены характеристики рабочего процесса в ГВВП и рабочего тела, имитирующего атмосферный воздух для заданных чисел Маха полета.

Полученные данные и разработанная экспериментальная установка могут использоваться для обеспечения испытаний камеры сгорания по схеме присоединенного воздухопровода (ПВП) с заданными температурами на входе в экспериментальный объект.

Список литературы

1. Елтаренко А.А. Программное обеспечение системы комплексной автоматизации стендовых испытаний авиадвигателей и их узлов // Автоматизация в промышленности. 2010. №6.
2. Гарманов А.В. Подключение измерительных приборов. На примере продукции фирмы L-Card. М. L-Card. 2003. 41 с.

Саев Александр Романович — начальник сектора,

Елтаренко Алексей Алексеевич — канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник,

Тарашев Сергей Евгеньевич — ведущий инженер ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова".

Контактный телефон (495) 552-48-62.

E-mail: privalov@rtc.ciam.ru

В ЦИАМ появились новые возможности по проведению испытаний на пожароустойчивость компонентов авиационных двигателей и воздушных судов

В Научно-исследовательском центре Центрального института авиационного моторостроения введено в эксплуатацию новое оборудование для проведения испытаний на пожароустойчивость компонентов двигателей, а также фрагментов самолетов и вертолетов.

Для аккредитованной испытательной лаборатории ЦИАМ были закуплены две керосиновые горелки нового поколения с комплектом калибровочного оборудования компании Govmark Organization, Inc. (США) — одного из мировых лидеров в области производства оборудования для проведения испытаний на пожароустойчивость. Уникальное оборудование, не имеющее аналогов в России, позволит лаборатории огневых испытаний ЦИАМ наиболее полно имитировать воздействие пожара на ис-

пытываемый объект. Данные модификации горелок обеспечивают проведение огневых испытаний большинства компонентов авиационной техники, требующих стабильного стандартного пламени, в соответствии с авиационными правилами и рекомендательными циркулярами AP MAK, EASA, FAA.

Лаборатория огневых испытаний ЦИАМ аккредитована Авиационным Регистром МАК и Росстандартом на проведение огневых испытаний компонентов двигателя, силовой установки и воздушного судна. Лаборатория выполнила более 100 огневых испытаний. Среди испытанных образцов — компоненты двигателей SaM146, ПС-90А2, АЛ-55И, ВК-2500П, ТВ7-117В, элементы конструкции самолета Sukhoi Superjet 100, вертолета Ка-62 и др.

[Http://www.ciam.ru](http://www.ciam.ru)