

СИСТЕМА СИНХРОНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ В БЫСТРОПРОТЕКАЮЩЕМ АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Башуров В.В., Гилев В.М., Звегинцев В.И., Шпак С.И.

*Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН,
Новосибирск, Россия, E-mail: gil@itam.nsc.ru*

В настоящей работе представлена система синхронизации, предназначенная для автоматизированного проведения быстропротекающих аэродинамических экспериментов, в том числе и связанных с горением. Система позволяет исследовать в импульсном режиме по заданной программе как сверх-, так и гиперзвуковые процессы, продолжительность которых по времени составляет величину от нескольких миллисекунд до секунд. Рассматриваются отдельные элементы системы, описывается разработанное программное обеспечение.

Введение. При проведении экспериментальных исследований высокоскоростных режимов обтекания летательных аппаратов в лабораторных условиях приходится сталкиваться с целым рядом проблем, связанных как с моделированием изучаемых явлений, так и с реализацией условий проведения эксперимента [1]. Одним из наиболее эффективных методов, позволяющих существенно снизить сложность аэродинамического эксперимента, является переход к кратковременным (импульсным) режимам испытаний, когда время измерительного цикла сокращается до нескольких секунд и даже долей секунды. Применение импульсных режимов испытаний позволяет получать параметры набегающего потока автомодельные натурным, а благодаря малым временам проведения эксперимента в корне решает проблемы теплозащиты моделей и измерительного оборудования, снижает стоимость проведения испытаний [2].

При выполнении испытаний в импульсном режиме необходимо наличие двух систем:

- а) системы управления экспериментом,
- б) быстродействующей системы измерения и регистрации.

Настоящая работа посвящена описанию системы синхронизации процессов в аэродинамическом эксперименте, которая позволяет осуществлять автоматическое управление экспериментом во времени. Рассматриваются вопросы организации испытаний моделей, как с горением, так и без горения. Такая направленность объясняется рядом обстоятельств:

1. При испытаниях режимы с горением должны быть возможно короче из соображений теплозащиты моделей. Поэтому применение импульсных режимов испытаний для такого типа экспериментов является насущной необходимостью.

2. Испытания могут проводиться в различных аэродинамических трубах (как кратковременного типа, так и обычного, периодического действия). Ориентация на импульсные режимы работы обеспечивает унификацию, как систем управления, так и измерительных комплексов для различных труб.

3. Испытания моделей с горением является актуальным и довольно сложными аэродинамическими испытаниями с большим количеством измеряемых и регулируемых параметров, поэтому разработка автоматического управления для таких экспериментов экономически оправдана.

4. Разработанная система синхронизации или её отдельные элементы могут применяться (и успешно применяются) в целом ряде других экспериментальных работ.

Блок синхронизации БС-2. Для управления экспериментом по заданной во времени программе в ИТПМ СО РАН в 70-х годах прошлого столетия был разработан и изготовлен пятиканальный блок синхронизации БС-2. Задачей блока синхронизации являлась подача по каждому из каналов в определённые моменты времени мощных электрических сигналов для питания различного рода исполнительных устройств [3]. Работа блока синхронизации обеспечивается чисто аппаратными средствами. При этом временные задержки обеспечивались за счёт специальных импульсных схемных решений (*RC*-цепочки, ключевые схемы, одновибраторы и т.п.).

Блок обеспечивает включение и выключение до 6 устройств в заданные с помощью переключателей моменты времени. В состав системы синхронизации входят: блок питания, блок счетный и до 6 блоков ключей. Блок счетный вырабатывал тактирующие импульсы (тики) с периодом от 1 мс до 1 сек, в зависимости от положения переключателя. Кроме того, он обеспечивал начало цикла от кнопки, либо от внешнего запуска.

Блок ключей (до 6 блоков в корпусе). Имеется три переключателя на 10 положений (от 0 до 9) времени включения и 3 таких же переключателя времени выключения (тики $\times 1$, $\times 10$, $\times 100$). С их помощью устанавливается время в тиках от 0 до 999. Кроме того, в блок ключей входят: реле с переключающим контактом, с коммутационной способностью ≈ 220 В, 5 А; мощный ключ, генерирующий импульс напряжением 300 В. Энергия импульса обеспечивается разрядом конденсатора емкостью 60 мкФ. По завершении разряда конденсатора потенциал на этом выходе держится на уровне 50 В с допустимым током до 2 А до времени выключения.

Блок синхронизации БС-2-140. За время, прошедшее с момента изготовления блока БС-2, переключатели выработали свой ресурс и уже не обеспечивали надежный контакт. В

связи с этим встал вопрос о полной замене всех переключателей (всего 38 штук, включая и те, что на блоке счетном).

В качестве альтернативного варианта была рассмотрена возможность использования существующих ключей в совокупности с модулем ввода/вывода E-140 (русская фирма "L-CARD"), управляемом ПЭВМ через интерфейс USB. В этом случае, задавая в программе времена работы ключей, при запуске процесса, через двоичные выходы E-140 осуществляется их включение и выключение. Кроме того через ПЭВМ реализовываются два варианта запуска: ручной и от ПЭВМ.

Структурная схема устройства приведена на рис. 1.

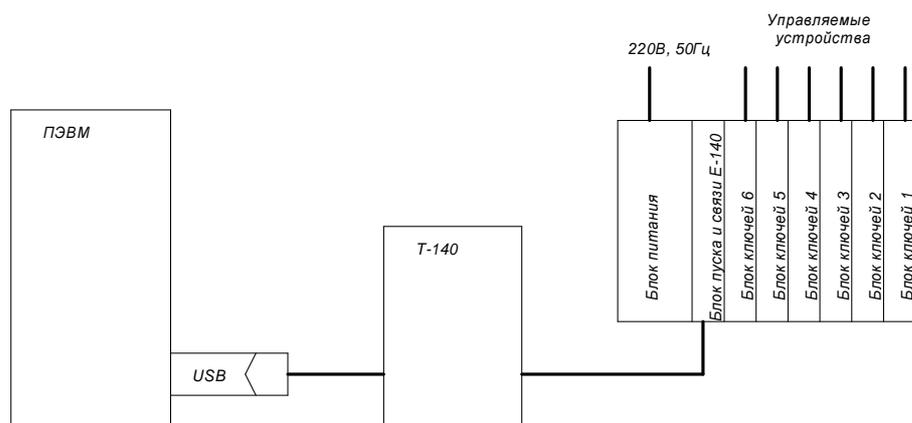


Рис. 1 Структурная схема устройства

В состав устройства входят:

- ПЭВМ;
- Модуль E-140;
- Каркас БС-2 с доработками до БС-2-140 в составе блока питания, блока пуска и связи с E-140 и 6 блоков ключей.

Модуль E-140 по цепям связи с каркасом имеет оптронную гальваническую развязку. Сигналы управления от ПЭВМ поступают в Блок пуска и связи и далее через оптроны поступают на Блоки ключей.

На рис. 2 приведены варианты формирования сигнала "Пуск", который используется при запуске аппаратуры.

Программное обеспечение. Программа работы с модулем E-140 основана на библиотечных функциях, поставляемых разработчиками. При этом используются только каналы ввода и вывода. Блок, связанный с АЦП, не используется.

Программа написана на языке C++ с использованием пакета DevStudio версии 6.0 и позволяет задавать последовательность включения и отключения каналов цифровых выходов с заданными задержками времени на каждый канал. Отработка сценария производится или

непосредственно по нажатию кнопки <Manual Push>, или по приходу импульса на задаваемый входной канал модуля. Сценарий пуска можно сохранить в виде файла на внешнем носителе с последующей загрузкой его в память ЭВМ. Также можно прочесть состояние цифровых входов (кнопка <Test in>).

Варианты схем пуска от установки

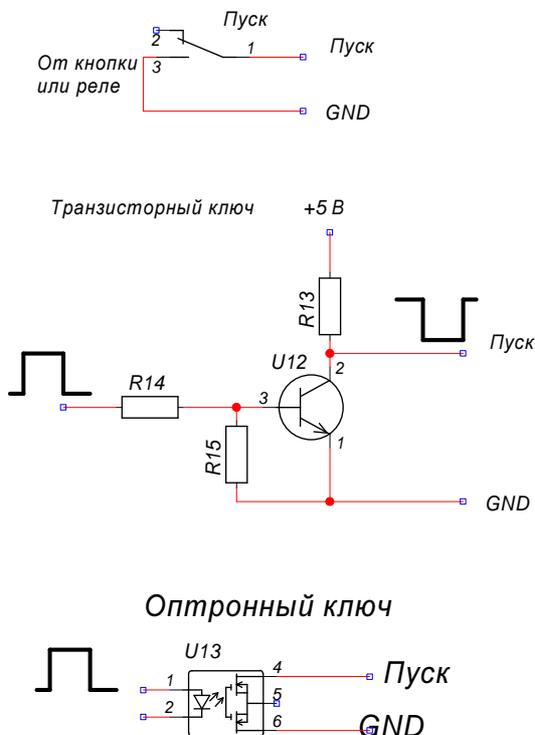


Рис. 2. Варианты схем запуска блока синхронизации от установки

Рабочее диалоговое окно программы приведено на рис. 3. С помощью его проходит все общение пользователя с программой.

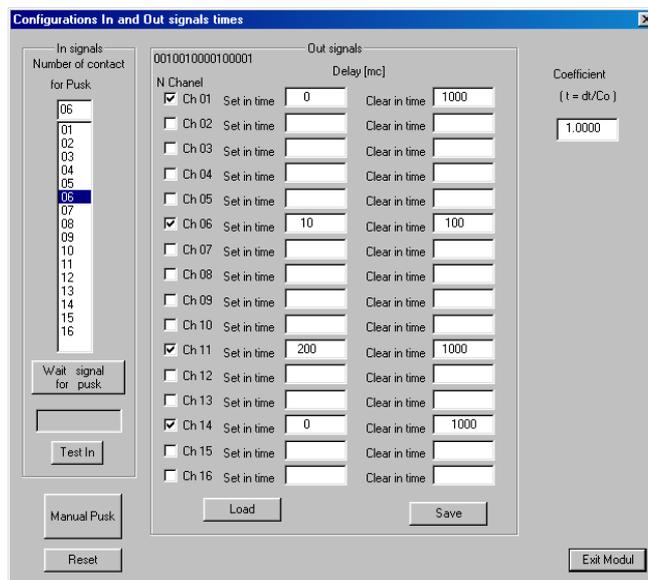


Рис. 3. Диалоговое окно программы

По нажатию кнопок <Wait signals for Push> или <Manual Push> запускается таймер с временем прерывания 10 тиков. Так как длительность тика зависит от частоты основного процессора ЭВМ, то предусмотрен поправочный коэффициент для достижения необходимой точности задания задержек по времени.

Заключение. Таким образом, в данной работе представлен блок синхронизации, который был разработан для создания системы управления аэродинамическим экспериментом. Система позволяет проводить разнообразные эксперименты за время от десятков миллисекунд до сотен секунд. Для работы с системой реализован «дружественный» программный интерфейс.

Разработанный синхронизатор может применяться в составе автоматизированных систем сбора данных, используемых при проведении различных экспериментальных исследований. Широкое применение средства синхронизации могут найти в ВУЗах для обучения студентов, а также при проведении лабораторных и исследовательских работ.

Работа по созданию системы синхронизации проводилась при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ № 12-07-00548-а). Разработанная система синхронизации используется при выполнении работ по гранту РФФИ № 12-08-00565-а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Мачехина Г.Н., Хвостов Н.И.** Аэродинамические трубы для исследований при больших числах Re // Обзоры ЦАГИ. – 1971. – № 353.
- 2. Затолока В.В.** Импульсные аэродинамические трубы. – Новосибирск: Наука, 1978. – 141 с.
- 3. Звегинцев В.И., Николаев Б.В., Ярославцев М.И.** Система синхронизации процессов в быстропротекающем аэродинамическом эксперименте, в частности, в импульсной трубе. // Физическая газодинамика. – Новосибирск: ИТПМ СО АН СССР, 1976. – С. 214–217.