

# 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  $\approx 220$  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.

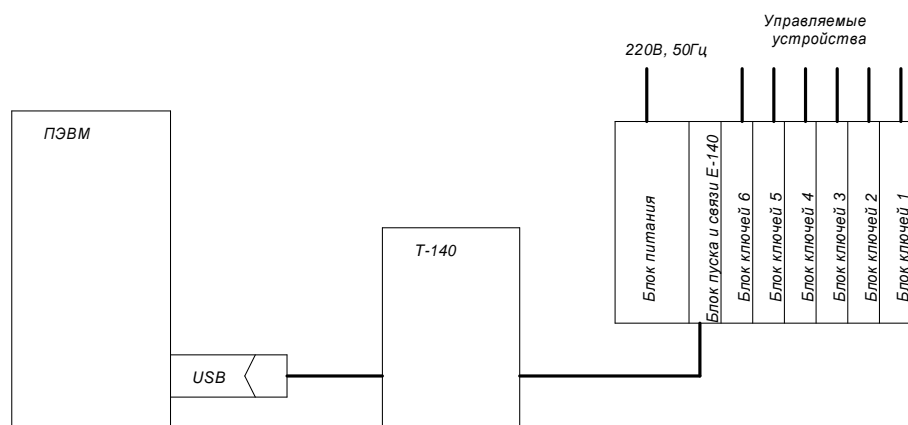


Рис. 1 Структурная схема устройства

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

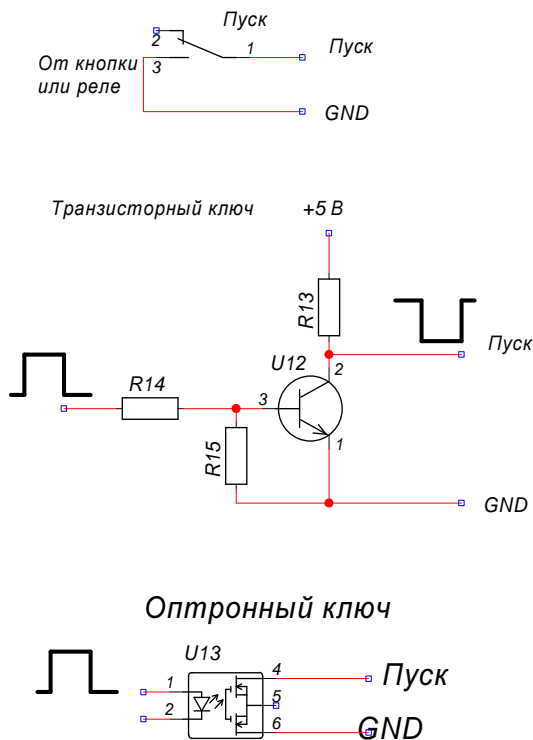


Рис. 2. Варианты схем запуска блока синхронизации от установки

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

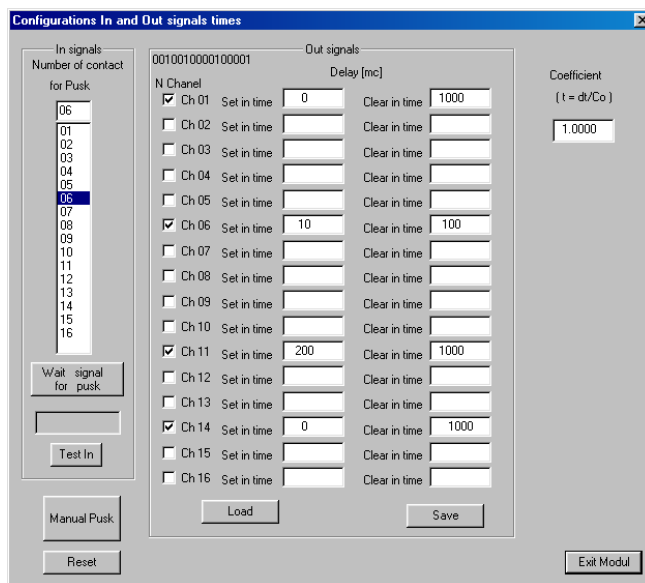


Рис. 3. Диалоговое окно программы

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.