

# СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ УСТАНОВКОЙ НА БАЗЕ СЕРИЙНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

*А. Н. Старов, А. В. Андронов*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

## Введение

В данном докладе рассматривается разработка системы управления центробежной установкой для воспроизведения постоянных линейных ускорений, выполненной на базе серийных измерительных приборов. Система предназначена для автоматизации процесса управления режимами работы центробежной установки, имеет обратную связь и возможность контроля текущего значения ускорения в реальном масштабе времени. Данная система реализована на базе серийных измерительных приборов, что позволяет использовать ее при управлении любыми типами центробежных установок. Приборы объединяются в измерительный комплекс при помощи интерфейсов GPIB (КОП) или RS232c.

## Актуальность работы

При разработке приборов контроля параметров движения большую роль играет их экспериментальная отработка. Для таких приборов, как акселерометры, необходимой операцией является определение и контроль характеристики преобразования, другие типы приборов требуется проверять на влияние воздействующего линейного ускорения. Исследования сопровождаются большим количеством экспериментов на центробежной установке. Разрабатываемая система поможет повысить достоверность проводимых экспериментов, снизить время и исключить возможные ошибки оператора.

## Постановка задачи

Основной задачей является разработка системы управления, осуществляющей задание и контроль режимов работы центробежной установки. Система должна обеспечивать реализацию следующих функциональных возможностей:

- 1) автоматический расчет частот задающего генератора для воспроизведения заданных линейных ускорений;
- 2) контроль достижения установкой заданного значения линейного ускорения, выдача информационного сообщения;
- 3) учет особенностей конкретной центробежной установки;

4) возможность ручного и автоматического (по программе) задания требуемого ускорения;

5) возможность экстренной остановки установки в любой момент времени.

## Аппаратные требования системы

Разрабатываемая система должна реализовывать требуемые функции при помощи стандартных серийно выпускаемых измерительных приборов, подключенных к управляющей ПЭВМ. Из таких приборов используются задающий генератор и контрольный частотомер.

Генератор используется для задания частоты, чтобы получить необходимое ускорение. В рассматриваемой системе в качестве генератора используется ГЗ-122. При необходимости данный генератор может быть заменен на любой аналогичный по точностным характеристикам.

Для реализации обратной связи используется частотомер, считывающий показания с датчика обратной связи центрифуги. По данным показаниям определяется текущее состояние системы. Основным параметром, определяющим точность частотомера, является погрешность опорного генератора. Для наших целей подходят частотомеры с погрешностью опорного генератора не хуже  $1 \cdot 10^{-6}$ . В настоящее время на российском рынке представлен большой перечень частотомеров, включенных в Госреестр СИ. Для реализации нашей системы выбран частотомер ЧЗ-85/3. Для интеграции его в создаваемую систему применяется интерфейс RS-232c.

Приборы подключаются к управляющей ПЭВМ при помощи GPIB (КОП) или RS232c интерфейсов. ПО системы имеет настраиваемые параметры, позволяющие использовать его с любыми видами центробежных установок. Также имеется возможность замены приборов на аналогичные других типов и фирм-производителей.

Серийно выпускаемые приборы обладают высокой точностью и проходят ежегодную метрологическую аттестацию, что гарантирует метрологические характеристики системы.

Взаимодействие системы с приборами осуществляется посредством библиотеки виртуальных образов измерительных приборов, разработанной в отделе 0616. В настоящий момент библиотека поддерживает 8 различных типов генераторов и 9 различных

типов частотомеров. На рис. 1 представлен образ генератора ГЗ-122, на рис. 2 представлен образ контрольного частотомера.



Рис. 1. Образ генератора ГЗ-122

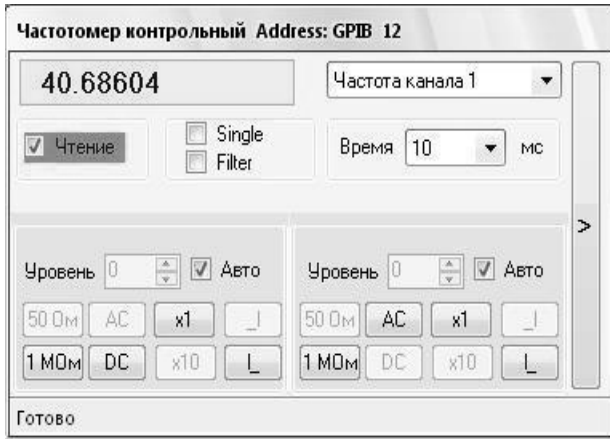


Рис. 2. Образ контрольного частотомера

### Описание системы

Система управления состоит из двух модулей: аппаратного и программного. Аппаратный модуль включает в себя задающий генератор, контрольный частотомер и управляющую ПЭВМ. Программный модуль состоит из прикладной программы, написанной на языке программирования С#, которая осуществляет взаимодействие пользователя и аппаратной части системы. Главное окно системы представлено на рис. 3.

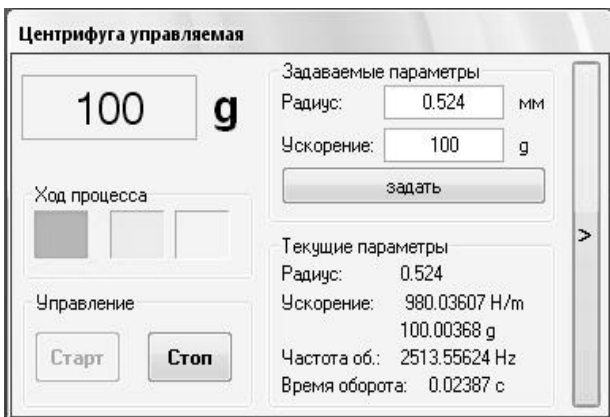


Рис. 3. Главное окно системы

Установка для воспроизведения постоянных линейных ускорений представляет собой комплекс, состоящий из электромеханической системы – центрифуги, которая как правило, располагается в отдельном боксе, пульта управления и силового блока управления.

Электромеханическая система предназначена для воспроизведения постоянных линейных ускорений. Это достигается посредством вращения балки с установочными платформами с помощью электродвигателя. Задание требуемых параметров вращения осуществляется с управляющей ПЭВМ при помощи задающего генератора. За обеспечение режимов функционирования электропривода отвечает силовой блок. Общая схема системы приведена на рис. 4.



Рис. 4. Общая схема системы

Система контроля задает скорость вращения центрифуги, соответствующую требуемому ускорению, и информирует оператора о выходе центрифуги на режим. Необходимое ускорение можно задавать вручную во время работы центрифуги или текстовым файлом, который содержит последовательность ускорений.

Частота синхросигнала, подаваемого на пульт управления центрифугой для задания требуемого ускорения, вычисляется программой по общей формуле, подходящей для всех типов центрифуг и обеспечивающей необходимую точность задания ускорения.

Формула для получения ускорения

$$a = w^2 R_p, \quad (1)$$

где  $a$  – требуемое линейное ускорение;  $w$  – угловая скорость вращения;  $R_p$  – реальное расстояние от центра стола до центра масс исследуемого объекта.

Зная, что

$$w = 2\pi f, \quad (2)$$

получаем

$$a = (2\pi f)^2 R_p. \quad (3)$$

Следовательно

$$f = K \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{Rp}}, \quad (4)$$

где  $K$  – коэффициент пересчета, определяется параметрами центрифуги.



Рис. 5. Функциональная схема системы

В данном выражении  $Rp = R + \Delta R$ ,  $R$  определяет расстояние от оси вращения центрифуги до центра масс исследуемого объекта и имеет свою погрешность задания, которая происходит от погрешности измерения данного расстояния.  $\Delta R$  определяет приращение радиуса в зависимости от скорости вращения. Это приращение измеряется с помощью датчиков, расположенных в корпусе центрифуги. При малых воспроизводимых ускорениях изменение радиуса принимается равным нулю. В дальнейшем, при достижении больших ускорений система отслеживает этот параметр и использует его при анализе. Так как значение  $Rp$  изменяется, то изменяется и частота задающего генератора для необходимого ускорения.

Для того чтобы отследить достижение заданного ускорения, система считывает показания с контрольного частотомера и анализирует их.

Формула для получения достигнутого ускорения

$$a = \frac{1}{K^2} 4\pi^2 f^2 Rp. \quad (5)$$

### Алгоритм работы

Система может работать как в автоматическом, так и в ручном режиме, т. е. требуемые ускорения можно задавать в ходе работы непосредственно ввода их значения в окно системы или задать список ускорений из текстового файла.

Получая значение требуемого ускорения, система, используя все параметры эксперимента, вычисляет необходимую частоту и передает ее задающему генератору. В период выхода установки на заданное ускорение, система считывает данные с контрольного частотомера и датчиков положения, расположенных в корпусе центрифуги. Если необходимо, система делает перерасчет частоты и передает новые данные на генератор. После того как требуемое ускорение достигнуто, т. е. частоты задающего генератора и контрольного частотомера совпадают, система выдает сообщение о синхронизации. Данное сообщение означает, что исследуемый объект находится в требуемом состоянии и можно производить измерение выходного сигнала. Аппаратная часть системы обеспечивает поддержание установившегося режима до получения команды на изменение режима. Такая команда может быть отдана оператором вручную либо по сигналу из внешней программы. Система поддерживает специализированный набор команд, обеспечивающий внешнее управление, что позволяет организовать автоматический проход по заданному списку ускорений с фиксацией значений выходного сигнала на каждом значении ускорения либо с выдержкой требуемого временного интервала.

Кроме планового завершения работы по окончании списка воспроизводимых ускорений, система имеет возможность немедленного завершения эксперимента и выдачи команды на остановку ЦБУ в любой момент времени. Для этого необходимо нажать соответствующую кнопку на панели управления системы.

### Взаимодействие системы с внешними программами

Система управления полностью взаимодействует с внешними программами, т. е. она имеет возможность отправлять сообщения и принимать команды. Благодаря этому появляется возможность включать систему в состав более сложного испытательного комплекса. Набор команд, интерпретируемых системой, позволяет выполнить следующие функции:

- задание списка значений ускорений, перемещение по этому списку;
- задание конкретного значения ускорения;

- запуск и остановка центрифуги;
- задание параметров задающего генератора;
- задание параметров выполнения эксперимента.

В свою очередь система может выдавать пользователю ряд сообщений о состоянии:

- эксперимент начат;
- эксперимент закончен;
- ошибка выполнения эксперимента;
- выход центрифуги на заданный уровень.

Все это позволяет включать систему в более сложные программные модули.

### Заключение

Разработка данной системы позволила автоматизировать процесс работы с центробежной установкой для воспроизведения постоянных линейных ускорений. Для автоматизации процесса используются серийные измерительные приборы.

В данный момент система широко применяется при разработке перспективных приборов. Система понятна и проста в управлении, поэтому тратится незначительное время для обучения персонала для работы с ней. Система имеет защиту от неверных действий оператора.

В дальнейшем система будет пополняться новыми приборами и возможностью задания большего числа параметров для более точной настройки.

1. Прайс Д., Гандэрлой М. Visual C# .NET. Полное руководство / Пер. с англ. К.: ВЕК+, СПб.: КОРОНА принт, К.: НТИ, М.: Энтроп, 2004.

2. Рихтер Дж. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 2.0 на языке C#. Мастер-класс: Пер. с англ. 2-е изд., исправ. М.: Изд-во «Русская редакция», СПб.: Питер, 2007.

3. Шилдт Г. Полный справочник по C#: Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2004.

4. Троелсен Э. C# и платформа .NET. Библиотека программиста. СПб.: Питер, 2004.

5. Евтихийев Н. Н., Купершмидт Я. А., Папуловский В. Ф., Скугоров В. Н. Измерение электрических и неэлектрических величин: Учеб. пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1990.

6. ГОСТ 26.003-80. Система интерфейса для измерительных устройств с байт-последовательным, бит-последовательным обменом информации.

7. Андрущук В. В. Цифровые системы измерения параметров движения механизмов в машиностроении. СПб.: Политехника, 1992.

8. Зайдель А. Н. Ошибки измерений физических величин: Учеб. пособие. СПб.: Лань, 2009.

9. Браславский Д. А., Логунов С. С., Пельпор Д. С. Авиационные приборы и автоматы. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1978.