

УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТА

ГАЛУЗА А.А., ГАЛУЗА А.И., КУДЛЕНКО А.Д.,
СЛАТИН К.А., СМЕРНОВ М.М.

Предлагается простая, дешевая и достаточно универсальная схема автоматизации экспериментальных установок. Схема не критична к параметрам используемого компьютера, не требует сложного программного обеспечения.

Введение

В настоящее время ученые-экспериментаторы все чаще сталкиваются с проблемой не только полного физического, но и морального устаревания имеющегося оборудования. Покупка новых современных приборов - для большинства лабораторий дело практически нереальное. В то же время еще имеется большое количество приборов с хорошими метрологическими характеристиками. Характерно, что часто параметр «современность» прибора означает его автоматизацию в той или иной степени. В связи с этим для поддержания экспериментальной базы на должном уровне экспериментаторы вынуждены проводить автоматизацию оборудования своими силами и средствами.

Наш интерес к разработке систем автоматизации связан, прежде всего, с необходимостью автоматизировать измерения на серийном лазерном эллипсомере ЛЭФ-3М-1 — приборе для исследования оптических характеристик и структуры поверхности различных веществ [1].

Отечественная промышленность, а также промышленность стран ближнего зарубежья не выпускает автоматизированных приборов такого типа. Современные зарубежные аналоги (к ним относятся разработки фирм SOPRA, SENTECH и др.) имеют стоимость от ста до четырехсот тысяч долларов в зависимости от комплектации [2,3].

Практически все из сказанного выше относится не только к эллипсомеру ЛЭФ-3М-1, но и ко многим другим экспериментальным и промышленным установкам. В связи с этим необходимость такого рода разработок сомнений не вызывает.

Постановка задачи

Как правило, эксперимент заключается в измерении некоторого набора выходных величин как функции набора входных (например, в спектроскопии измеряется интенсивность излучения в зависимости от угла поворота диспергирующего элемента). Выходной величиной часто является напряжение, ток или она может быть к ним легко преобразована с помощью соответствующих датчиков (фотодетекторы, датчики Холла и т.д.). Входные параметры задаются в виде положения некоторых регуляторов, управляющих воздействием на

исследуемый или управляемый объект (барабан длин волн, положение клапанов и т.д.).

При такой схеме эксперимента автоматизация должна заключаться в следующем:

- 1) передача значений измеряемых величин в ЭВМ;
- 2) обработка полученных данных;
- 3) выдача команды на исполнительные механизмы (шаговые двигатели), изменяющие положения соответствующих регуляторов.

Предлагаемая схема позволяет легко и недорого решить (в рамках своих ограничений) задачу автоматизации различных экспериментальных установок, не связанных с регистрацией и управлением быстропротекающими процессами.

Общее описание схемы АСУ

При разработке схемы за основные свойства были приняты: надежность, простота, дешевизна, доступность элементов.

Общая схема автоматизированной установки изображена на рис. 1. В качестве исполнительных механизмов в цифровых системах управления наиболее логично использовать шаговые двигатели. Измерительным устройством может служить практически любой цифровой вольтметр (ЦВ), у которого имеется цифровой вывод информации. Устройство сопряжения - единственный нестандартный элемент системы. Оно состоит из двух независимых блоков - блок коммутации с вольтметром и блок управления двигателями. Подробнее эти блоки будут описаны ниже.

Наиболее простой канал связи ЭВМ с внешними устройствами — параллельный интерфейс. Именно его мы и использовали в нашей системе.

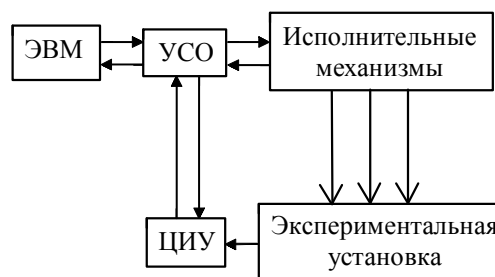


Рис.1. Общая схема АСУ: УСО — устройство сопряжения, ЦИУ — цифровое измерительное устройство

Блок коммутации с вольтметром

Использование ЦВ в режиме внешнего запуска в качестве измерительного устройства позволяет обходиться без дорогостоящего аналогово-цифрового преобразователя. В нашей схеме мы использовали прибор комбинированный цифровой Ш-300, который может работать в режиме вольтметра, амперметра и омметра. Конкретное измерительное устройство вносит свои особенности в используемую схему коммутации, которые, однако, носят частный характер.

На вход ЭВМ из вольтметра подается результат измерения в виде шестнадцатиразрядного параллельного двоично-десятичного (BCD) кода (сигналы 11С - 48С), биты «Sign» (знак результата) и «Out» (переполнение разрядной сетки), а также шестизначный код режима измерений. Всего 24 бита.

При использовании параллельного интерфейса возникает проблема его ограниченной разрядности (12 выходных сигналов и 5 входных). Добавление еще одного порта также не решает проблему. Выходом является использование параллельно-последовательного преобразователя (ППП) в качестве блока коммутации компьютера с вольтметром. Схема этого блока приведена на рис. 2.

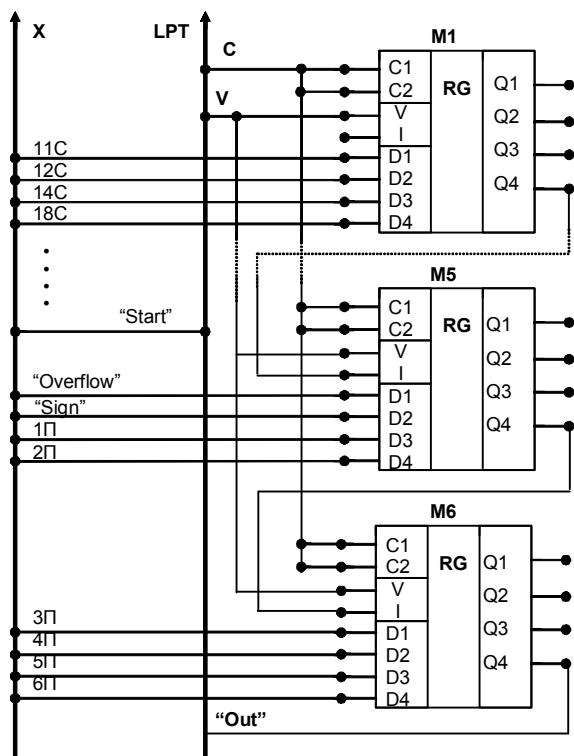


Рис. 2. Принципиальная схема блока коммутации компьютера и вольтметра

Для управления вольтметром и ППП из компьютера выводится сигнал внешнего запуска вольтметра «Start», сигнал V режима работы ППП и тактовый импульс С управления ППП.

При сигнале V = «1» по тактовому импульсу С этот код загружается в 4 сдвиговых регистра, связанных последовательно между собой [4]. При V = «0» по импульсу С происходит сдвиг загруженного кода на один разряд и считывание с выхода D₄ последнего регистра последовательного кода через параллельный порт в компьютер (сигнал Out). Запуск цикла измерений вольтметра осуществляется сигналом «Start».

Таким образом, эта схема позволила уменьшить количество необходимых сигналов с 25 (24 входа и 1 выход) до 6 (3 входа и 3 выхода), что дало возможность использовать только один порт компьютера.

Следует обратить внимание, что замена Ш-300 на любой другой подходящий цифровой прибор не повлечет за собой никаких изменений схемы, кроме изменения разводки разъемов и, возможно, некоторых изменений в программном обеспечении.

Блок коммутации с двигателями

В качестве исполнительных механизмов нами были использованы шаговые двигатели с 4 обмотками. Для управления *n* такими двигателями нужно иметь 4*n* выходных сигналов. При количестве двигателей большем, чем один, мы опять сталкиваемся с ограниченной разрядностью порта. Для решения этой проблемы используется блок управления, схема которого приведена на рис. 3.

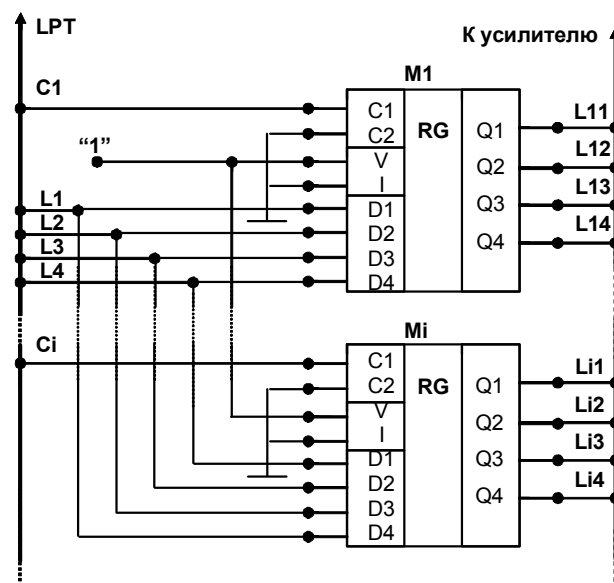


Рис. 3. Принципиальная схема формирователя сигналов для управления обмотками двигателей

В этом блоке используются *n* 4-разрядных регистра (микросхемы M_i) в режиме загрузки и хранения параллельного кода [4]. Обмотки L_{1i}, L_{2i}, L_{3i}, L_{4i} *i*-го двигателя управляются сигналами с выходов регистра M_i (*i*=1, 2, ..., *n*). Загрузка данных из компьютера в регистры (сигналы L₁, L₂, L₃, L₄) осуществляется по синхроимпульсам C_i.

Основное преимущество настоящей схемы в том, что независимо от количества двигателей для управления ими используются только 4 выхода параллельного порта (сигналы L₁...L₄) и по одному синхроимпульсу С для каждого из двигателей. Это осуществляется за счет того, что хотя сигналы L₁...L₄ подаются на входы всех регистров, загружаются они только теми, на которые были поданы синхроимпульсы.

Перед тем, как попасть непосредственно на обмотки, сигналы усиливаются схемой, приведенной на рис. 4.

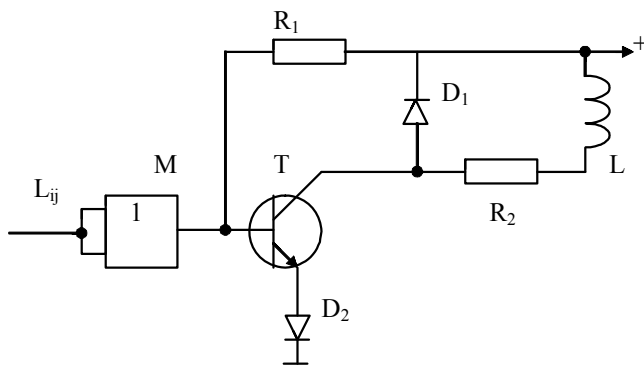


Рис.4. Принципиальная схема усилителя сигнала для одной обмотки двигателя: М - микросхема 2И с открытым коллектором; L_{ij} — сигнал на j -ю обмотку i -го двигателя; L — обмотка. Выбор конкретных элементов и номиналов Т, D_1 , D_2 , R_1 , R_2 определяется электрическими параметрами двигателей

Еще одно преимущество приведенной схемы состоит в том, что она легко позволяет программно реализовать любой режим управления двигателями (симметричный или асимметричный)[5].

Управление установкой

Управление установкой осуществляется программой, которая может быть написана на любом языке, который допускает работу с портами ввода-вывода. Один цикл работы программы состоит из трех шагов: 1) считывание показаний вольтметра; 2) обработка полученных данных; 3) выдача очередной команды на двигатель. Операции 1 и 3 основаны на работе с портами параллельного интерфейса. Генерация какого-либо импульса означает изменение соответствующего разряда с логического «0» на «1» (в случае инверсной логики — наоборот) на время τ , соответствующее длительности сигнала и определяемое программной задержкой. Длительность задержки τ выбирается так, чтобы ее хватило для срабатывания микросхем. Поскольку «узким местом» по быстродействию является механическая часть, τ следует выбирать не слишком малым (порядка 10 мс и более).

Так, генерация сигнала для внешнего запуска вольтметра осуществляется следующим программным фрагментом на языке программирования «Си»:

```
// установка длительности задержки
unsigned tau = 10;
//формирование переднего фронта импульса
outportb(0x37a, 1<<3);
//формирование вершины импульса
delay(tau);
//формирование среза импульса
outportb(0x37a, 0);
```

Считывание очередного бита данных из ППП выполняет следующий фрагмент:

```
//считывание байта данных из порта и выделение
из него нужного бита
unsigned char out = inportb(0x379) & 0x80;
```

Эти программные фрагменты приведены, чтобы показать принципиальные моменты управления системой, а не продемонстрировать «высокий» стиль программирования.

Распределение сигналов по разрядам портов может быть практически произвольным, но мы остановились на распределении, представленном в таблице.

Порт	Разряд	Сигнал	Вход/выход
0x378	0	V	Выход
	1	L1	
	2	L2	
	3	L3	
	4	L4	
0x379	7	Out	Вход
	6	Ovr	
	5	Sign	
0x37A	0	C1	Выход
	1	C2	
	2	C3	
	3	Start	
	4	C	

Следует особо отметить, что предложенная система автоматизации является достаточно универсальным средством коммутации компьютера с экспериментальной установкой и может быть использована в других областях эксперимента.

Заключение

Описанная выше схема АСУ была успешно применена для автоматизации нуля-эллипсометра ЛЭФ-3М-1, который применяется для измерения оптических характеристик поверхности различных материалов.

Основной физический принцип, на котором основана работа прибора, — изменение состояния поляризации излучения при отражении от поверхности [6]. Состояние поляризации излучения, падающего на образец, задается поворотом поляризатора (П) и компенсатора (К). Состояние поляризации после отражения от образца определяется с помощью анализатора (А). Регистрируемой величиной является интенсивность излучения (I) после анализатора. Цель эксперимента — регистрация зависимости $I(P, K, A)$ и определение координат ее минимума.

При реализации АСУ для вращения А, П и К были выбраны шаговые двигатели с 4 обмотками ДИР-1Б. Двигатели крепятся к эллипсометру специальными съемными кронштейнами, их монтаж не требует разборки прибора.

Интенсивность излучения регистрировалась фотоэлектронным умножителем, ток которого измерялся с помощью цифрового вольтметра Ш-300.

Помимо аппаратной части было разработано программное обеспечение, управляющее экспериментом, а также осуществляющее сбор, хранение и обработку экспериментальных результатов.

Разработанная система автоматизации позволила не только упростить и ускорить работу экспериментатора, но и улучшить метрологические характеристики установки. Детальный анализ точности измерений приведен в работе [7].

Таким образом, разработана и реализована универсальная и легко модифицируемая система автоматизации эксперимента, которая может быть реализована без больших финансовых затрат.

Авторы благодарны профессору А.И.Беляевой за постановку задачи и полезные обсуждения в ходе выполнения работы.

Литература: 1. Беляева А.И., Гребенник Т.Г., Насненко В.А. и др. // ПТЭ. 1997. №4. С.102-108. 2. Stehle J.-L. SOPRA: New developments in SE. 3rd Int. Conf. on Spectroscopic Ellipsometry, Vienna, 2003. P.42. 3. Gruska B., Peters S., Richter U, Wielsch U. SENTECH Instruments – Fast, accurate, and easy to operate spectroscopic ellipsometers. 3rd Int. Conf. on Spectroscopic Ellipsometry, Vienna, 2003. P.23. 4. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. Л.: Энергоатомиздат, 1988. 264 с. 5. Брандина Е.П., Леонтьев В.В., Пусина Т.Ю. Шаговые электродвигатели. Л.: СЗПИ, 1986. 96 с. 6. Аззам Р., Башара Н. Эллипсометрия и поляризованный свет. М.: Мир, 1981. 584 с. 7. Галуза А.А., Кудленко А.Д., Слатин К.А. и др. // ПТЭ. 2003. № 4. С.98-101.

УДК 517.9

СТАБИЛИЗАЦИЯ СТОХАСТИЧЕСКОЙ МЕРЫ ПРИ ЕЕ ЛОКАЛЬНЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ

ДИКАРЕВ В.А., ЯЛОВЕГА И.Г.

Рассматривается задача о стабилизации стохастической меры при ее локальных возмущениях, сильных или малых. Приводятся основные допущения, которые дают возможность стабилизировать систему.

1. Введение

В последние десятилетия теория марковских процессов все чаще используется при исследовании многих прикладных задач. С ее помощью изучаются математические модели экономики, биологии, генетики и техники. Прикладной интерес представляют процессы с изменяющимися во времени характеристиками, в частности задачи о стабилизации основных характеристик таких процессов с помощью соответствующим образом выбранных возмущений [1,2]. Особый интерес представляют задачи о стабилизации распределений процесса при возмущении отдельных его частей (фрагментов). Такой способ стабилизации, как правило, связан с минимальными энергозатратами, кроме того, стабилизация процесса за счет возмущений его фрагментов часто достигается в процессах, протекающих в естественных условиях.

2. Постановка задачи

Рассмотрим задачу о стабилизации процесса при его локальных возмущениях для случая, когда фазовое пространство является континуальным. В [2] было

Поступила в редколлегию 03.09.2003

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф. Мамалуй А.А.

Галуза Алексей Анатольевич, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры ПО ЭВМ ХНУРЭ. Научные интересы: оптика, математическое и компьютерное моделирование физических процессов. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 702-14-46. E-mail: Galuza@kpi.kharkov.ua

Галуза Анатолий Иванович, младший научный сотрудник ФТИНТ. Научные интересы: оптика, физика твердого тела. Адрес: Украина, 61003, Харьков, пр. Ленина, 47, тел. 30-85-03. E-mail: Galuza@ilt.kharkov.ua

Кудленко Анна Дмитриевна, студентка НТУ «ХПИ». Научные интересы: математическое моделирование. Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21, тел. 40-06-20. E-mail: Dima@muzzyy.concom.kharkov.ua.

Слатин Кирилл Александрович, студент НТУ «ХПИ». Научные интересы: математическое моделирование. Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21, тел. 40-06-20. E-mail: kirill_slatin@ukr.net.

Смирнов Михаил Михайлович, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник кафедры ДПМ НТУ «ХПИ». Научные интересы: механика твердого тела. Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21, тел. 40-06-20. E-mail: Smirnov@kpi.kharkov.ua

показано, что при многократных возмущениях фрагментов, определенным образом согласованных между собой, вероятности состояний процесса либо принимают предельные значения, либо локализируются вблизи них. Любой из этих случаев называется стабилизацией [2]. Основными условиями, которые приводят к фокусировке, являются быстро изменяющиеся во времени факторы, вызывающие сильные возмущения основных характеристик процесса. В этой работе рассматриваются не только сильные возмущения, но и малые. Фазовым пространством Ω исследуемого процесса считаем произвольную поверхность из \mathfrak{R}^n , например из \mathfrak{R}^3 . На Ω задана σ -алгебра, элементами которой являются события. Процесс Π рассматривается на промежутке $[s_0, t_0)$, $t_0 \leq \infty$. Предполагается, что если промежуток $[t', t''] \subset [s_0, t_0)$ не содержит возмущений, то процесс Π является на нем однородным.

Исследуем подробнее случай $t_0 = \infty$. Считаем, что множество всех возмущений $(\Delta\Pi)_i$ процесса Π на $[s_0, \infty)$ счетно. Обозначим через $[t_i, \tau_i]$ промежутки времени, на которых действуют $(\Delta\Pi)_i$, а через Π_i – процессы, которые $(\Delta\Pi)_i$ порождают. Пусть Ω_i – фазовые пространства Π_i . Предполагаем, что все Ω_i являются областями, τ_i – точками фокусировки процессов Π_i на Ω_i . Случайные величины $(\Delta\Pi)_i$ ($i = 1, 2, \dots$) предполагаются независимыми. Индикаторные функции множеств Ω_i обозначим через $I(\Omega_i)$. Положим $\Omega_{ij} = \Omega_i \cap \Omega_j$. Считаем, что на Ω задана стохастическая мера [3] с ортогональными значениями $\eta(\Omega_i, t)$, $\Omega_i \subset \Omega$. В этом