

ОПТИМИЗАЦИЯ АРБИТРАЖНЫХ СДЕЛОК БАНКА С ЦЕННЫМИ БУМАГАМИ

Болтян А.В., Писанец Э.В., Борель О.А. (каф. ТМ, ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

Одним из направлений деятельности коммерческих банков Украины являются операции с ценными бумагами, и в частности, с акциями акционерных обществ (АО). Причем, банки могут выступать на рынке ценных бумаг в качестве эмитента, посредника или инвестора [1]. Среди торговых операций банка как фондового посредника является арбитраж, т.е. получение дохода посредством купли-продажи ценных бумаг. Однако при выполнении таких операций банк всегда должен учитывать и тот риск, который является неотъемлемой частью рынка ценных бумаг, так называемый инвестиционный риск [2]. Это особенно важно в условиях современного рынка ценных бумаг Украины, характеризующегося низкой ликвидностью (или ее отсутствием) акций большинства эмитентов, образовавшихся в процессе приватизации. Поэтому вопросы оптимизации арбитражных сделок банков с ценными бумагами являются актуальными в настоящее время.

Рассмотрим один пример, который нередко встречается в практике. Допустим, что банк купил на внебиржевом рынке пакет акций АО “Х” 03.01.2000 г., заплатив за него 100 единиц. Данные акции не имеют активного рынка. В то же время банку известно, что интерес к этим акциям проявляет фирма “У” и готова их приобрести за $(100 + \Delta)$ единиц, где Δ – арбитражный доход банка. Однако стратегия фирмы “У” заключается в следующем. Предположительно в середине ноября 2000 г. пройдет общее собрание АО “Х”, на котором будут рассматриваться вопросы, стратегически важные для работы общества, в решении которых намерена участвовать фирма “У”. Следовательно, пакет акций, предлагаемый к продаже банком, фирма “У” готова приобрести только в конце октября 2000 г. Для подтверждения своих намерений фирма “У” готова 03.01.2000 г. сделать банку частичную предоплату, а оставшуюся часть суммы внести в конце октября 2000 г. Тогда же фирма сделает перерегистрацию акций на свое имя.

При данных условиях нам необходимо определить, чему должна быть равна величина частичной предоплаты (а), чтобы удовлетворить обе договаривающиеся стороны – покупателя и продавца.

Произведем расчет выгоды и потерь для каждой из сторон. Для банка выгода будет заключаться в следующем: использование полученной суммы (а) для размещения и получения дохода:

$$D_{\delta_1} = \frac{aNi}{366},$$

где N – число дней от момента заключения договора купли-продажи между банком и фирмой “У” до момента окончательного расчета (например, 31.10.2000 г.); i – средняя годовая процентная ставка стоимости денежных ресурсов на 2000 год (в соответствии, например, с [3] $i = 0,35$); 366 – число дней в году.

Согласно п.4.6 Положения о порядке расчета резерва на покрытие возможных убытков от операций с ценными бумагами, утвержденного Постановлением Правления Национального банка Украины от 30.12.99 г. №629, при наличии предоплаты банк не формирует резервы под обесценивание ценных бумаг. При этом банк оставляет “не связанную” резервом сумму вложений в акции, т.е. 100 единиц, и может также использовать ее для получения дохода

$$D_{\delta_2} = \frac{100Ni}{366}$$

В то же время, банк, недополучив сразу $(100 + \Delta - a)$ единиц, имеет на данной

операции недополученный доход $D_{\phi_3} = \frac{(100 + \Delta - a)Ni}{366}$

Потери банка также будут заключаться в наличии инфляции, что выражается в величине недополученного дохода

$$D_{\phi_4} = 100 + \Delta - a \frac{(100 + \Delta - a)}{1 + jN/366},$$

где j – ожидаемый средний годовой прирост инфляции. Например, по данным Интерфакс-Украина (на начало октября 2000 г.) $j = 0,27$.

Таким образом, выгода банка: $D_{\phi} = D_{\phi_1} + D_{\phi_2} - D_{\phi_3} - D_{\phi_4} > 0$. (1)

Для фирмы “Y”, наоборот, инфляционные процессы приводят к тому, что платить (по стоимости денег) в момент закрытия сделки надо будет меньше. А сэкономленные средства есть средства заработанные:

$$D_{\phi_1} = 100 + \Delta - a \frac{(100 + \Delta - a)}{1 + jN/366}$$

Часть суммы, которую фирма выплачивает банку в момент закрытия сделки, остается на всем промежутке времени (от 03.01 до 31.10.2000 г.) в ее распоряжении, т.е. может принести минимальный доход:

$$D_{\phi_{21}} = \frac{(100 + \Delta - a)iN}{366}$$

С другой стороны, сумма предоплаты (a), уплаченная фирмой, отвлечена из оборота, что приводит к упущенной выгоде

$$D_{\phi_3} = \frac{aNi}{366}$$

и эта часть суммы (из-за инфляции) стоит дороже, чем, если бы она была уплачена не 03.01.2000 г., а 31.10.2000 г.:

$$D_{\phi_4} = a - \frac{a}{1 + jN/366}$$

Тогда выгода фирмы $D_{\phi} = D_{\phi_1} + D_{\phi_2} - D_{\phi_3} - D_{\phi_4} > 0$. (2)

Из уравнений (1) и (2) необходимо, задавшись значениями i , j и зная N и Δ , определить величину (a), взаимно удовлетворяющую банк и фирму “Y”. Стратегия банка состоит в получении максимальной предоплаты, а стратегия фирмы – в уплате минимально возможной первичной предоплаты, что приводит к решению системы двух неравенств и определению интервальной (если таковая существует) оценки искомого параметра a .

Зная $N = 300$ дней; $i = 0,35$; $j = 0,27$ и приняв $\Delta = 20$ единиц, из уравнений (1) и (2) получим: $0,76 a > 27,38$; $0,94 a < 56,07$.

Тогда оптимальное значение (a) будет находиться на интервале (36,0 ; 60,0).

При расчете интервальной оценки величины (a) возможен учет различной стоимости денежных ресурсов для банка и фирмы.

Таким образом, предложенный вариант работы коммерческих банков по арбитражным сделкам с ценными бумагами позволяет определить финансовый результат сделки с учетом взаимной выгоды продавца (банка) и покупателя, а также рассчитать возможные параметры сделки.

Список литературы: 1. Ценные бумаги/ Под ред. В.И.Колесникова, В.С.Торкановского. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 416 с. 2. Болтян А.В. Проблемы управления инвестиционным риском в современных условиях и возможные пути их решения // Тезисы докладов и выступлений научно-практической конференции “Финансы, деньги, кредит: тенденции и перспективы развития”. – Донецк, 1999. – С. 23 – 26. 3. Сахно А. Валютная зависимость // Компаньон. - № 37 (189). – С. 32 – 33.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПАРАЛЛЕЛЬНО-КОНВЕЙЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ДОКУМЕНТОВ В СКАНЦЕНТРЕ

Вишняков Ю.М., Хашковский В.В. (каф. МОП ЭВМ, ТРТУ, г. Таганрог, Россия)

Расширение сферы применения средств вычислительной техники в свою очередь остро ставит вопрос о более активном использовании компьютерных форматов для хранения и передачи информации. В связи с этим особую актуальность приобрела проблема применения соответствующих программно-аппаратных комплексов и средств для обработки, хранения и обеспечения доступа к информации в электронном виде, а так же перевода информации с твердых носителей в компьютерные форматы.

Такой перевод осуществляется посредством последовательного применения технологий сканирования, обработки изображений и оптического распознавания текста. Таким образом, для эффективной работы требуется специальная организация программно-аппаратных ресурсов, людей, технологий, которая объединяется общим понятием «Сканцентр». Сканцентр включает быстрый документный сканер, станции сканирования, распознавания, верификации, объединенные в сеть, соответствующее программное обеспечение, специально подготовленный персонал.

Обработка документов в сканцентре происходит параллельно-конвейерным способом, при котором документ может проходить следующие этапы обработки: сканирование, сегментация, распознавание, верификация, экспорт. Их информативная характеристика приведена в таблице. 1.

Таблица 1.

Название	Режимы			
	Авто		Ручной	
		Кр. Об.		Кр. Об.
Сканирование	ДА	Sc ^A	ДА	Sc ^M
Предобработка	ДА	Q ^A	ДА	Q ^M
Сегментация	ДА	S ^A	ДА	S ^M
Распознавание	ДА	R ^A	НЕТ	R ^M
Верификация	НЕТ	V ^A	ДА	V ^M
Экспорт	ДА	E ^A	НЕТ	E ^M

Для реализации вычислительного процесса используется специальное программное обеспечение, поскольку стандартные средства способны обеспечить только совместную работу нескольких рабочих станции над одним пакетом распознавания. При этом автоматизация становится крайне ограниченной и существенная часть потенциально возможной функциональности теряется.

Кроме реализации приоритетного обслуживания необходимо использовать конвейерную обработку и оптимизацию обслуживания заявок таким образом, чтобы уменьшить общее время распознавания группы заявок (например, от одного заказчика). Для иллюстрации преимуществ конвейерной обработки и оптимизации рассмотрим следующий случай.

В качестве исходных условий положим, что имеются отсканированные изображения, сегментация производится автоматически, верификация не производится. Экспорт осуществляется полистно в текстовый формат, т.е. каждому входному изображению

после обработки будет соответствовать текстовый файл с распознанной информацией, заявка состоит из 4-х листов, имеются две станции распознавания с различной производительностью (случай станций распознавания с одинаковой производительностью не рассматривается ввиду его очевидности). Соотношение производительности станции приведено в таблице 2.

Таблица 2.

Этапы обработки	Станция 1	Станция 2
Сегментирование	5 сек.	5 сек.
Распознавание	100 сек.	50 сек.

Понятно, что в простейшем случае каждая станция распознавания самостоятельно производит все этапы обработки, переходя к следующему необработанному листу в заявке. Временем окончания обработки является момент завершения обработки последнего листа заявки. На рис. 1 представлена временная диаграмма, на которой ясно видно преимущество использования простой оптимизации.



Рис. 1. Временная диаграмма обработки заявок

Приведенные выше результаты свидетельствуют о необходимости не только использовать методы распараллеливания обработки заявок на различные станции распознавания, но так же использовать методы диспетчеризации заявок для уменьшения времени обработки. Здесь необходимо отметить следующую особенность обработки заявок. Представленные в таблице 1 параметры производительности станции распознавания необходимо рассматривать, как условные, поскольку в реальном режиме заранее невозможно определить время прохождения этапов обработки каждым из листов. То есть станция распознавания затрачивает разное время на обработку разных листов заявки. Статистические данные позволяют исходить из предположения о том, что для листов одной заявки времена обработки на этапах будут достаточно близкими по значению, но не равными. Это соотношение выражается следующей формулой:

$$\forall i, j \in \mathfrak{R}, \substack{i \neq j} |t_i - t_j| \leq \delta,$$

где \mathfrak{R} - множество, содержащее все листы данной заявки,

i, j – некоторые листы заявки,

t_i - время обработки i -го листа.

Для реализации параллельной сетевой обработки на нескольких станциях распознавания и определения очередности выбора листов на распознавание ввести вводится маршрутизатор. Работа маршрутизатора заключается в определении очередности обработки листов заявок, с тем, чтобы обеспечить равномерное продвижение заявок с равным приоритетом, и более быструю обработку высокоприоритетных заявок. Известные методы построения диспетчеров [1] предлагают использовать алгоритмы с абсолютными приоритетами, относительными приоритетами и др. Как показано в [2] такого рода алгоритмы могут приводить к случаям, когда при наличии в очереди высокоприоритетных заявок, заявки с более низкими приоритетами не обслуживаются. Таких ситуаций можно избегать, используя вероятностную диспетчеризацию, т.е. поставив в соответствие каждой заявке вероятность обслуживания. Однако, возникают случаи, когда общий характер вероятностной диспетчеризации нарушается, и происходят различного рода искажения в дисциплине обслуживания. Для компенсации воздействия динамических факторов, то есть факторов, действие которых изменяется во время обслуживания, вводится монитор статистических характеристик выходного потока. Совокупность станций распознавания, управление которыми осуществляется одним диспетчером, будем называть кластером распознавания. Поскольку станции распознавания могут добавляться в кластер и удаляться из него в произвольные моменты времени (например, после получения задания, по техническим причинам станция распознавания отключается), между диспетчером и каждой из станций реализуется синхронизационный канал. Данные по этому каналу передаются периодически и позволяют уведомлять диспетчер о состоянии станции распознавания.

Рассмотрим кратко работу вероятностного диспетчера. При появлении свободной станции распознавания диспетчер выбирает по случайному закону (в соответствии с распределением на входящих заявках P_1, P_2, \dots, P_n) очередной лист из заявки и передает его на распознавание. Одновременно передается ссылка на соответствующий шаблон для распознавания и признак операции, определяющий действия станции распознавания. Станция распознавания по окончании работы передает результат диспетчеру, который отмечает время окончания работы и фиксирует приблизительную производительность станции для данной заявки.

Для реализации такого диспетчера интервал $[L \dots N]$ разбивается на участки, пропорциональные значениям (P_1, P_2, \dots, P_n) , реализуется равномерно распределенная на интервале $[L \dots N]$ случайная величина и выбирается заявка, соответствующая номеру интервала, куда попала случайная величина. Мониторинг характеристик выходного потока дает возможность отследить задания, не попавшие на распознавание и, если их количество превосходит некоторую пороговую величину, изменить вероятностные характеристики диспетчера.

Список литературы: 1. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. Мир, М. 1979. 2. Маматов Ю.А. Организация работы мультипроцессорных СЦВМ с многоуровневой памятью // Дис на соискание ученой степени д-ра. техн. наук.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Волков Р.В. (каф. АПП, ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)

Нейросетевая парадигма системной идентификации автоматизированных технологических процессов интересна тем, что позволяет перейти на новые принципы адаптивного управления динамическими системами. Ассоциативно-эвристические возможности мозга при распознавание образов, самообучении и т.п. намного превосходят возможности современных «детерминистских» алгоритмов адаптации. Искусственные нейронные сети как существенно параллельно распределенные процессоры, обладающие способностью к сохранению и репрезентации опытного знания [1], могут в какой-то степени эмулировать мозговую деятельность, расширяя возможности и повышая эффективность управления. Решенная А.Н. Колмогоровым и В.И. Арнольдом 13 проблема Гильберта (любую непрерывную функцию n переменных можно получить с помощью операций сложения, умножения и суперпозиции из непрерывных функций одного переменного [1]) обосновывает использование искусственных нейронных сетей (ИНС) как универсальных аппроксиматоров неявных нелинейных функций, заданных только некоторым множеством значений своих аргументов [2]. Построение адаптивных систем управления часто включает как этап – идентификацию объекта управления, поэтому системная идентификация – перспективная область применения ИНС.

Рассмотрим задачу системной идентификации динамической модели двигателя постоянного тока с независимым возбуждением следующего вида:

$$\begin{cases} U_a = C_e \cdot F \cdot w + I_a \cdot R_a + L_a \frac{dI_a}{dt}, \\ C_M \cdot F \cdot I_a - M_c = J \frac{dw}{dt}, \\ U_f = R_f \cdot I_f + L_f \frac{dI_f}{dt}, \\ F = k \cdot I_f, \end{cases}$$

где U_a, U_f – напряжение якоря и напряжение возбуждения, I_a, I_f – ток якоря и ток возбуждения, F – магнитный поток, w – угловая скорость двигателя, C_M, C_e – конструктивные коэффициенты двигателя, M_c – момент сопротивления (нагрузки), J – момент инерции. Пусть $F = \text{const}$ (не рассматривается промежуток времени пуска двигателя). Синтезируем структуру идентифицирующей модели. Будем считать входом данного динамического объекта – напряжение якоря U_a , выходом – угловую скорость w , внешним возмущением – момент сопротивления M_c . Тогда структуру нейросетевой модели объекта можно представить в следующем виде – рис. 1, где w_0 – начальное значение угловой скорости. Задача ИНС – научиться вычислять отклонения угловой скорости и тока якоря через заданный промежуток времени на основе информации о текущем состоянии динамического объекта. На основе информации об отклонениях угловой скорости и тока якоря система будет иметь возможность вычислить текущие значения скорости и тока якоря в следующий дискретный момент времени.

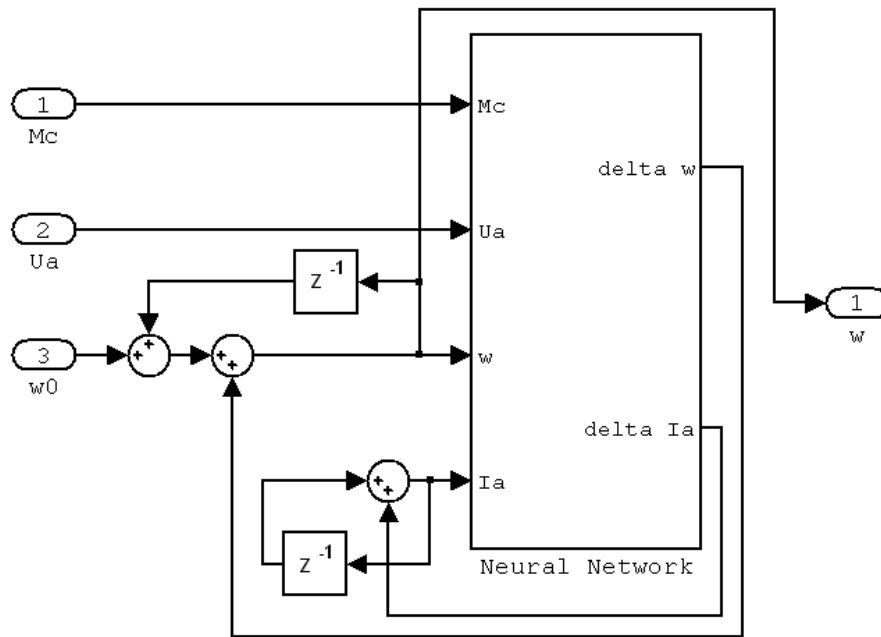


Рис. 1 Структура нейросетевой модели ДПТ с независимым возбуждением

Воспользуемся для идентификации двухслойной прямонаправленной нейросетью, состоящей из 9-ти сигмоидальных нейронов в скрытом слое (входной для нейросети) и двух адалинов в выходном слое. Адалины используются для масштабирования значений дискретных выходов скрытого слоя. Таким образом, ИНС содержит 4 входа и два выхода. На основе априорной информации о идентифицируемом объекте зададим следующее множество тренировочных шаблонов $\{P, T\}$:

Множество P – входы: $w = 0, 10, 20, \dots, 200 \text{ рад/с}$, $I_a = -50, -45, -40, \dots, 50 \text{ А}$, $U_a = 0, 30, 60, \dots, 300 \text{ В}$, $M_c = 0, 10, 20, \dots, 60 \text{ Н} \cdot \text{м}$, а также множество установившихся значений w и I_a , вычисляемых из уравнений статики на основе комбинации вариантов $U_a = 0, 30, 60, \dots, 300 \text{ В}$, $M_c = 0, 10, 20, \dots, 60 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Вычисляя все возможные комбинации данных параметров и численно решая систему дифференциальных уравнений, задающую идентифицируемый объект, для данных начальных условий получим множество выходов – T , состоящее из значений приращений w и I_a через промежуток времени равный 50 мс. Таким образом, число элементов множества тренировочных шаблонов равно 15000 и цель идентификации – "научить" нейросеть с минимальной ошибкой моделировать реакцию объекта.

При обучении нейросети с использованием ППП SNNS [4] за 200 циклов отработка ее тренировочных шаблонов осуществляется с ошибкой всего $|\varepsilon| < 10^{-3}$. Проведем тестирование построенной системы: ошибка отработки ступенчатых воздействий (по входу U_a) нейросетевой системы $|\varepsilon| < 4\%$ (рис. 2). На рис. 2 изображены переходный процесс $w(t)$ и ошибка отработки нейросетевой модели. Еще один тест отработки задающего воздействия (косинусоидальный сигнал с линейно нарастающей частотой) представлен на рис. 3 (реакция нейросети и объекта, и ошибка предсказания), при этом ошибка системы $|\varepsilon| < 0.4\%$. Следует отметить, что в множестве тренировочных шаблонов ошибка задания угловой скорости $|\varepsilon| = 5\%$, существуют аналогичные погрешно-

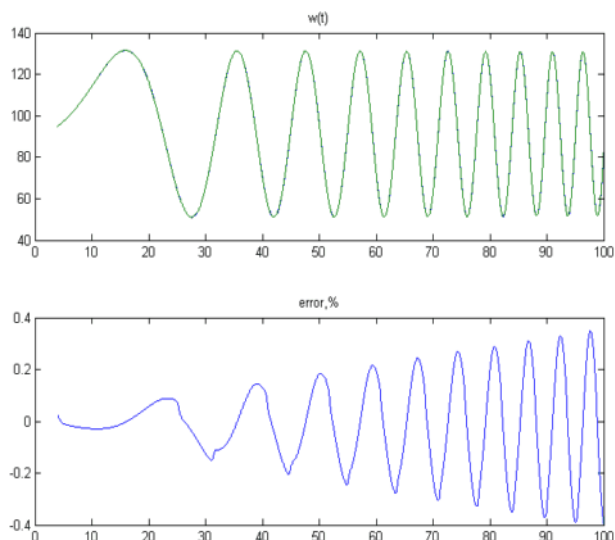
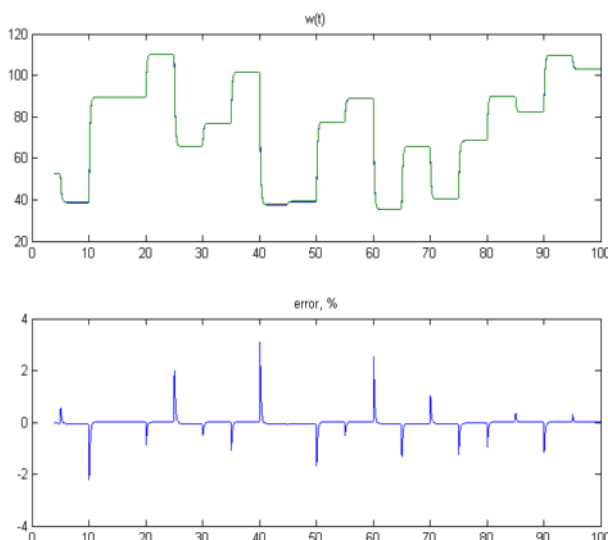


Рис.2. Отработка ступенчатых воздействий Рис. 3 Отработка синусоидальных воздействий

сти и в задании остальных переменных (для напряжения на якоре $|\varepsilon| = 10\%$), поэтому точность отработки задающих воздействий показывает, что произошел эффект обобщения (generalisation), т.е. корректное поведение ИНС при входных сигналах не предъявляемых ей на этапе обучения. Реакция ИНС показывает, что на некотором множестве тренировочных шаблонов, которые заданы с некоторой точностью, и небольшом числе циклов она "научилась" отрабатывать динамику поведения объекта, работая при этом как предсказатель.

Проведенное исследование показывает перспективность применения парадигмы искусственных нейронных сетей к задачам управления. Функционирование ИНС, как предсказателя поведения объектов и систем, позволяет расширить ее применение не только в задачах системной идентификации, но и в задачах адаптивного управления, для выработки оптимального управляющего воздействия на основе информации о будущем поведении ОУ.

Список литературы: 1. Вороновский Г.К., и др. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности. – Х.: Основа, 1997, 112 с. 2. Заенцев И.В. Нейронные сети: основные модели. - ВГУ, 1999, 76 с. 3. Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики: Перцептрон и теория механизмов мозга. – М.:Мир, 1965. 480с. 4. Zell A. Stuttgart Neural Network Simulator User Manual. University of Stuttgart, 1995, 312 p. 5. Брускин Д.Э. Электрические машины. – М.: Высшая школа, 1987.

РАЗРАБОТКА ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ПОСОБИЯ ПО НАЛАДКЕ СВЕРЛИЛЬНОГО СТАНКА С ЧПУ НА ОСНОВЕ ВИДЕОСЪЕМКИ И ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

Гаврилов П.А.* (*каф. ТМ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина*)

Немаловажную роль в машиностроительной отрасли играет применение электронно-вычислительных машин. Уже сейчас ЭВМ осуществляют управление станками и даже целыми цехами, с их помощью разрабатываются технологические процессы, производственные планы они облегчают работу конструкторов, технологов и других технических работников, значительно сокращая время на изготовление продукции, вследствие чего снижается ее себестоимость и повышается экономическая эффективность производства.

Подготовка специалистов для данной отрасли также немыслима без применения ЭВМ, благодаря которым ускоряется процесс обучения и повышается уровень остаточных знаний. Современный специалист должен обладать умением работать с компьютерами, управлять их работой с помощью разработанных им программ и уметь использовать уже разработанные пакеты.

Применение современных методов разработок и использование готовых программных продуктов – вот цель рационального использования компьютеров. При определенной подготовке каждый человек может составить программу, облегчающую жизнь не только себе, но и другим людям.

Пакет программ Microsoft Office как нельзя более подходит для этих целей. Простота, удобство и наглядность получаемых продуктов, будь то электронные презентации PowerPoint или документы Word, таблица Excel или базы данных Access, приводят к тому, что компьютер все сильнее внедряется не только на производстве, но используется также студентами в учебном процессе.

Наладка автоматизированного оборудования с программным управлением является одним из ответственных этапов его эксплуатации. Качественно выполненная наладка приводит к повышению производительности труда и качества продукции, способствует долговечности оборудования.

Наладка – большой комплекс действий, направленных на подготовку как нового, так и находящегося в эксплуатации оборудования к работе и на поддержание его работоспособности.

Настройка – действия, присущие процессу подготовки находящегося в нормальном эксплуатационном состоянии оборудования к обработке заготовок. Таким образом, настройка станка на обработку заготовок это часть наладочных работ, а наладка, в свою очередь, – одна из важных составных частей эксплуатации оборудования.

При использовании станков с ЧПУ в мелкосерийном производстве важно достичь выполнения настройки за короткое время.

Настройка станка на обработку включает в себя подготовку и установку режущего инструмента и крепежной оснастки, размещение рабочих органов станка в исходном для работы положении, пробную обработку первой детали, внесение коррективов в положение инструментов и режимы обработки, исправление погрешностей и недочетов в управляющей программе.

* Статья выполнена под руководством доцента Коваленко В.И.

Для подготовки видеороликов использовалась видеокамера, специальный переходник камера - компьютер, MGI VideoWave – программа видео захвата, оцифровки картинок и видеоизображения.

Подготовка графической части осуществлялась в программе Microsoft Paint, поставляемой с операционной системой Microsoft Windows 9.x. Также были использованы программы Adobe Photoshop 5.5 с дополнениями (pluggins) для обработки фотографии станка, Visual Basic for Microsoft Office для создания управляющих кнопок и ссылок.

Разработка структуры и алгоритма создаваемого пакета велась по принципу скрещивающегося ветвления, т. к. этот алгоритм наиболее точно отвечал поставленной задаче. Переход к блокам пакета осуществляется по следующему принципу: «Основное меню» ↔ «Тема». Это позволило получить понятный интерфейс и сделать пакет удобным даже для пользователя, не знакомого с компьютерной техникой. Поэтому этот пакет может быть использован не только специалистом или преподавателем, но и обычным студентом, что немаловажно в учебном процессе для повторной проработки материала или закрепления знаний о нем.

В любой части программы предусмотрен выход в основное меню или возврат на предыдущий слайд, что было реализовано посредством вставки управляющих кнопок в слайды.

Запустив вышеуказанный программный пакет пусковым файлом start.bat, знакомятся с информацией о программе. Затем, попав в основное меню, благодаря простому интуитивному интерфейсу без труда можно изучить краткое содержание предлагаемого вашему вниманию материала и, щелчком левой кнопки мыши, выбрав необходимый пункт меню, приступить к его непосредственному изучению. После чего, ознакомившись, можно либо снова вернуться в меню, либо продолжить изучение следующей темы.

В пределах одной темы возможен повторный просмотр видео роликов нажатием левой кнопки мыши на соответствующем изображении, наглядно демонстрирующий происходящие процессы, описанные в текстовом сопровождении.

Также вы можете перейти к следующему слайду данной темы. Посредством управляющих кнопок можно перейти к рисункам, иллюстрирующим соответствующие пункты.

Главным достоинством применения видео роликов является полная реалистичность и детальность по сравнению с компьютерной анимацией.

При использовании данного метода студент может более тщательно изучить все этапы наладки, что позволяет лучше понять и усвоить сущность наладки сверлильного станка с ЧПУ и тем самым облегчить учебный процесс. При разработке демонстрационного пособия использована нижеприведенная литература [1–3]

Список литературы: 1. Марголит Р.Б. Эксплуатация и наладка станков с ЧПУ и ПР: учебное пособие для машиностроительных техникумов. М. Машиностроение, 1991, 272с. 2. Станок сверлильный с ЧПУ модели 2Р135Ф2. Руководство по эксплуатации. 3. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Бойко А.Н. «Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник», 2-е изд., перераб. и доп. М; Машиностроение, 1990, 512с.

СПЕКТРАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА МАШИН

Звонарев А.Г., Чашко М.В. (каф. ЭМиТОЭ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Работа посвящена автоматическому определению неисправностей при помощи компьютера. Актуальность ее обусловлена усложнением технических устройств, которое привело к необходимости использовать для диагностирования компьютерные технологии. Один из перспективных в настоящее время методов диагностирования - анализ спектральных «портретов» сигналов датчиков во время работы установки в реальном времени. Системы диагностики, основанные на этом методе, уже успешно применяются в различных отраслях [1]. В настоящей работе представлен пример их использования для диагностирования устройства по выходному параметру.

Спектр сигнала, полученного от каких-либо датчиков, зачастую более информативен с точки зрения диагностики, чем сам сигнал (рис. 1). Индивидуальные особенности

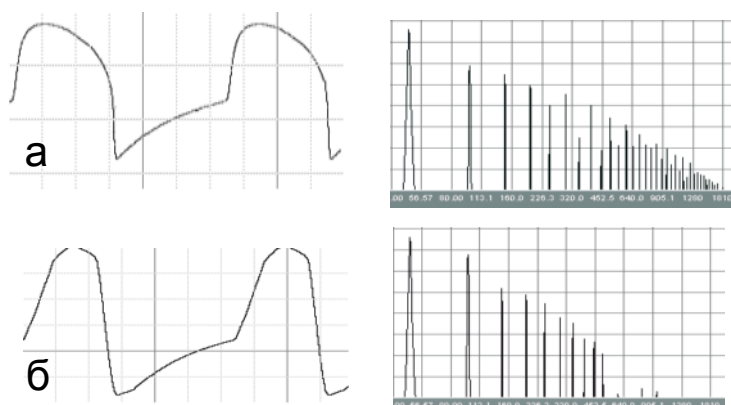


Рис. 1-Графики и спектры пульсаций напряжения на выходе датчика: а – в нормальном режиме, б - при нарушении режима

спектров различных сигналов легче выявить и использовать для анализа состояния установки.

Принцип работы устройства диагностирования - сравнение индивидуальных особенностей спектров сигналов рабочей установки с занесенными в базу данных спектрами, соответствующими различным режимам работы устройства или неисправностям.

Система состоит из аппаратной и программной составляющих (рис. 2).

Основу аппаратной части составляет высокоточный АЦП. В ходе экспериментов установлено, что для диагностирования с точностью не менее 95% достаточно 6-8 разрядов. Основное требование - частота дискретизации, определяемая характером исследуемых сигналов. Может быть использован АЦП с параметрами: максимальное входное напряжение 1В ;максимальная частота дискретизации 44 кГц, нелинейность 0.01%, дифференциальная нелинейность 0.0025 %.

Диагностирующая система работает следующим образом. Сигналы от одного или нескольких датчиков машины подаются через согласующие элементы на вход АЦП и после оцифровки анализируются программой диагностики. Программно осуществляется предварительная интерполяция и цифровая фильтрация сигнала, в цифровом виде он подается на программный анализатор спектра. Полученный спектр модулем логического анализа сравнивается сначала со спектром сигнала нормальной работы диагностируемого устройства. При этом анализируется не все спектры, а только их индивидуальные особенности (наличие определенных гармоник, отношение их амплитуд и т.д.), так как даже при нормальной работе устройства сигналы датчиков различны при разных режимах работы.

При значительных отклонениях в спектре выдается предварительное сообщение о нарушении режима работы устройства и проводится его детальный анализ, в результате которого точно, вплоть до отдельного элемента, локализуется неисправность.

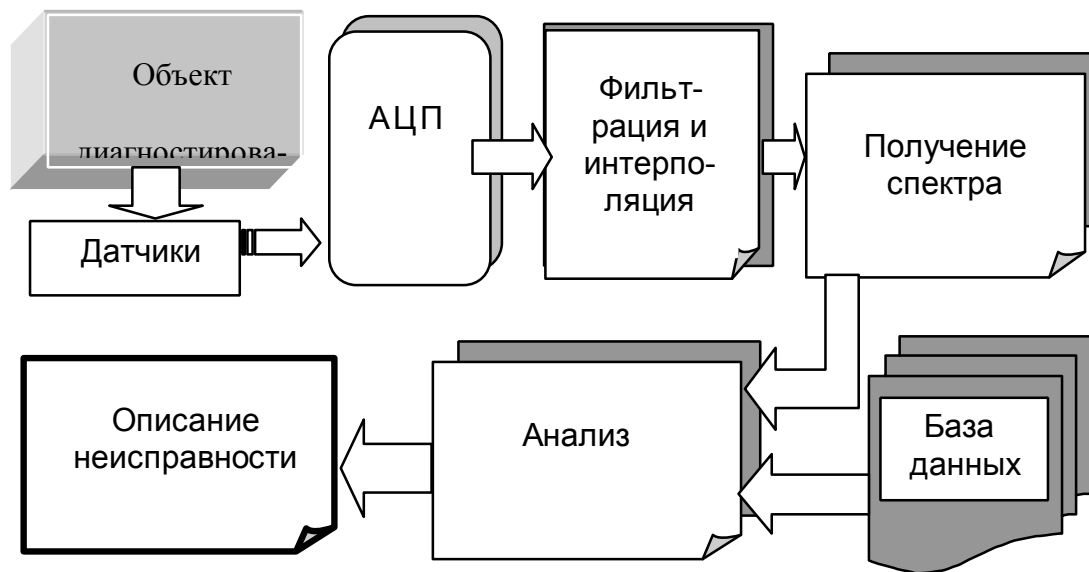


Рис. 2. Структура устройства диагностирования.

Диагностирование реализовано при помощи специализированного программного обеспечения. Анализ осуществляется в реальном времени, что позволяет быстро и качественно локализовать неисправность или нарушение режимов работы.

Программная часть включает в себя несколько взаимосвязанных модулей:

1. модуль получения оцифрованного сигнала с минимальной погрешностью, составной частью которого является алгоритм интерполяции при помощи полинома Лагранжа по 6 узлам [1], [2] позволяющий восстановить форму сигнала с частотой вплоть до 22 кГц;
2. модуль цифровых фильтров и спектрального анализа, реализующий получение спектров с достаточной скоростью и точностью;
3. модуль базы данных;
4. модуль логического анализа, осуществляющий сравнение полученного спектра со спектрами в базе данных.

Алгоритмы работы модулей 1,3,4 достаточно известны, поэтому ограничимся рассмотрением особенностей и характеристик модуля 2, так как они являются основными для системы диагностики.

Принцип получения спектральной плотности амплитуд основан на применении быстрого преобразования Фурье (FFT) [4], для определения амплитуд частотных составляющих и последующей интерполяции для получения непрерывного спектра. В программе предусмотрены различные способы интерполяции и отображения полученного спектра амплитуд, что позволяет работать с множеством различных сигналов и значительно расширить сферу ее применения в зависимости от особенностей сигналов. Так, например, тип отображения Triangular дает высокую точность при работе со спектральными составляющими большой амплитуды, но составляющие с малой амплитудой обычно сильно искажены. С другой стороны, Blackmann имеет малую точность, но вносит минимальные искажения в форму спектра.

График спектральной плотности, получаемый таким методом, дискретен, и количество точек преобразования играет важную роль для последующего анализа. Как известно, быстрое преобразование Фурье требует $m = 2^n$ точек преобразования. Это число выбирается исходя из частоты дискретизации АЦП и особенностей исследуемого сигнала исходя из следующих соображений: если сигнал является гармоническим или полигармоническим, то количество точек преобразования

$$m = 1 + 1.5 f_{\max} / f_1, \quad (1)$$

где f_{\max} - максимальная частота дискретизации АЦП, Гц;

f_1 - частота первой гармоники сигнала, Гц.

Для остальных сигналов

$$m \geq 1 + 1.5 f_{\max} / \Delta f, \quad (2)$$

где $\Delta f \geq \min(f_k - f_{k-1})$ - разность между частотами двух смежных спектральных составляющих сигнала, необходимая для их разделения.

Программа предусматривает до $1,6 \cdot 10^4$ точек преобразования для диапазона 0...22 кГц. Это позволяет получить дискретность спектра по частоте до 0.4 Гц при времени преобразования около 0.4 с. Последующие анализ и сравнение длятся в общей сложности не более 0.5 с., так что система гарантированно получает результат диагностики менее чем за 1 секунду, что позволяет с достаточной скоростью следить за исправностью устройства.

База данных содержит спектральные «портреты» сигналов, соответствующие различным режимам работы диагностируемого устройства или его неисправностям. Если динамика работы диагностируемого устройства известна, то возможна программная эмуляция его неисправностей при помощи известных программных продуктов [3]. Такая методика показала себя эффективной: расчетные спектры отличались от реальных не более чем на 10%. Если динамика работы диагностируемого устройства не известна, необходимо создание базы данных в эксперименте. В данной работе были применены и расчетный, и экспериментальный методы создания базы данных.

Программа реализована на компьютере. Предусмотрен выбор объекта диагностирования, несколько режимов (настройка, анализ, база данных, диагностика), контроль диагностируемого сигнала, представление его спектра. Программа автоматически делает вывод о наличии неисправности и указывает неисправный элемент.

Описанная программа была отлажена и опробована для диагностирования источника питания, содержащего штатный набор функциональных звеньев. Испытания показали возможность локализации неисправности с вероятностью около 95%. В ходе диагностики реального устройства система позволяла обнаруживать более 40 различных типов неисправностей и нарушений режимов работы, непосредственно определяя с точностью до 95% вышедшие из строя элементы. При множественных неисправностях и наличии посторонних источников шума в 60% случаев система реагировала адекватно.

В ы в о д – представленное выше устройство работоспособно в качестве реального прототипа для диагностики. С применением компьютерных технологий возможно принципиально новое диагностирование в реальном времени при высокой эффективности и универсальности.

Список литературы: 1. Чаплыга В.М., Спиченко Ю.М., Данилов В.Э. Микропроцессорный определитель мест разгерметизации. //Методы и микропроцессорные средства Цифрового преобразования и обработки сигналов/Сборник тезисов докладов конференции. Рига. 1991. Т.1 С.384-386. 2. Mathcad 2000. Signal Processing Function Pack. 3. Electronik Workbench EDA v 5.1. Interactive Image Technologies LTD, 1996. 4. <http://m-v-a.newmail.ru/soft/os.htm>.

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Костенич В.В. (АПП, ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, РФ)

Электропривод – один из наиболее ответственных элементов в большинстве технических систем и технологических процессов. Гибкость и предметная ориентированность программных средств решения задач оперативного моделирования его динамики при использовании различных двигателей и регуляторов значительно повышает эффективность научно-исследовательских работ в этой области. Поэтому в данной работе поставлена и решена задача создания программного модуля, со следующими возможностями:

- моделирование двигателя постоянного тока с различными собственными параметрами;
- моделирование электропривода с произвольно заданным регулятором и различными отрицательными обратными связями;
- построение графиков переходных процессов и фазовых портретов;
- анализ, масштабирование и перенос графической информации в другие приложения;
- сохранение полученных данных в численном виде для передачи их другим математическим приложениям.

Программный продукт представлен в виде исполняемого модуля privod.exe в комплекте с конфигурационными файлами и файлами помощи. Модуль работает в среде операционной системы Windows 32-bit и выглядит как стандартное Windows-приложение, обладая всеми характерными для такого приложения особенностями графического интерфейса. Благодаря этому работа с модулем не требует программирования исходной модели системы. Оно осуществляется заданием численных параметров и аналитических выражений.

Программа построена на базе интегрированной среды разработки Borland Builder C++ 5.0 с использованием некоторых модулей и компонентов, поставляемых в данной среде. Программа обладает мультиоконным интерфейсом. В каждом окне можно либо задать какие-либо установки программы или параметры модели, либо просмотреть результаты моделирования.

Моделирование ДПТ осуществляется полной системой ДУ:

$$\begin{cases} \dot{\varphi} = \omega \\ \dot{\omega} = \frac{1}{J} (cF(i_{\varepsilon})i_z - M_c) \\ \dot{i}_я = \frac{1}{L_я} (U_я - i_z R_я - cF(i_{\varepsilon})\omega) \\ \dot{i}_{\varepsilon} = \frac{1}{L_{\varepsilon}} (U_{\varepsilon} - i_{\varepsilon} R_{\varepsilon}) \end{cases}$$

где φ - угол поворота вала; ω - его скорость; J – момент инерции ротора; c - постоянная двигателя; F – магнитный поток; $i_я$ и i_{ε} - токи якоря и возбуждения; M_c – момент сопротивления; $L_я$ и L_{ε} - индуктивности цепей якоря и возбуждения; $U_я$ и U_{ε} – входные напряжения этих цепей; $R_я$ и R_{ε} – их активные сопротивления.

Параметры двигателя задаются в специальном окне (рисунок 1) в виде чисел или

Параметры модели

Введите параметры двигателя

Управляющее воздействие $U(t)$:

По каналу якоря (U_a): 100

По каналу возбуждения (U_b): 200

Параметры двигателя (численные константы):

Общее сопротивление в цепи якоря R_a, Ω_m : 10

Сопротивление возбуждения R_b, Ω_m : 1000

Коэффициент механической характеристики C : 200

Индуктивность якоря $L_a, Гн$: 0,1

Индуктивность катушки возбуждения $L_b, Гн$: 1,5

Момент инерции якоря J : 0,00028

Возмущающее воздействие $M_s(t)$

Момент сопротивления $M_c, Н*м$: 0,536

Выберите один из стандартных наборов параметров:

model1

Сохранить Загрузить Очистить базу

Принять Отменить

Рис. 1. Окно ввода параметров ДПТ

Параметры регулятора

Способ задания ММ регулятора

☒ С помощью ПФ

☐ С помощью системы ДУ

ПФ регулятора

$$\frac{0 \cdot p^3 + 0 \cdot p^2 + 0 \cdot p^1 + 1 \cdot p^0}{0 \cdot p^3 + 0 \cdot p^2 + 0 \cdot p^1 + 1 \cdot p^0}$$

Система ДУ

ПЧ	Уравнения для ПС (для x1-x3 регулятора)
x1' =	0

y = x1

Принять Отменить

Рис. 2. Окно ввода параметров регулятора.

выражений от времени “ t ”. Регулятор может быть подключен в контур САР по одному из двух каналов: якоря и возбуждения. Допускается две формы задания ММ регулятора: передаточной функцией и системой ДУ в форме Коши. Для задания модели регулятора необходимо вызвать отдельно окно ввода параметров регулятора (рисунок 2), где переключателем способа можно выбрать форму задания и вводом коэффициентов ПФ регулятора (или математических выражений правых частей уравнений) задать его математическую модель. Данные, полученные в этом окне, будут считаны в процессе моделирования переходных процессов и включены в модель всей системы. Кроме того, при моделировании учитывается обратная связь, ее характер и коэффициент передачи. Они задаются в отдельном окне, вызываемом, как и другие выше перечисленные окна из главного меню программы.

Пример использования прикладного модуля приведен на рисунке 3. Здесь в качестве объекта моделирования выступил двигатель на 240 В мощностью 5 л.с.

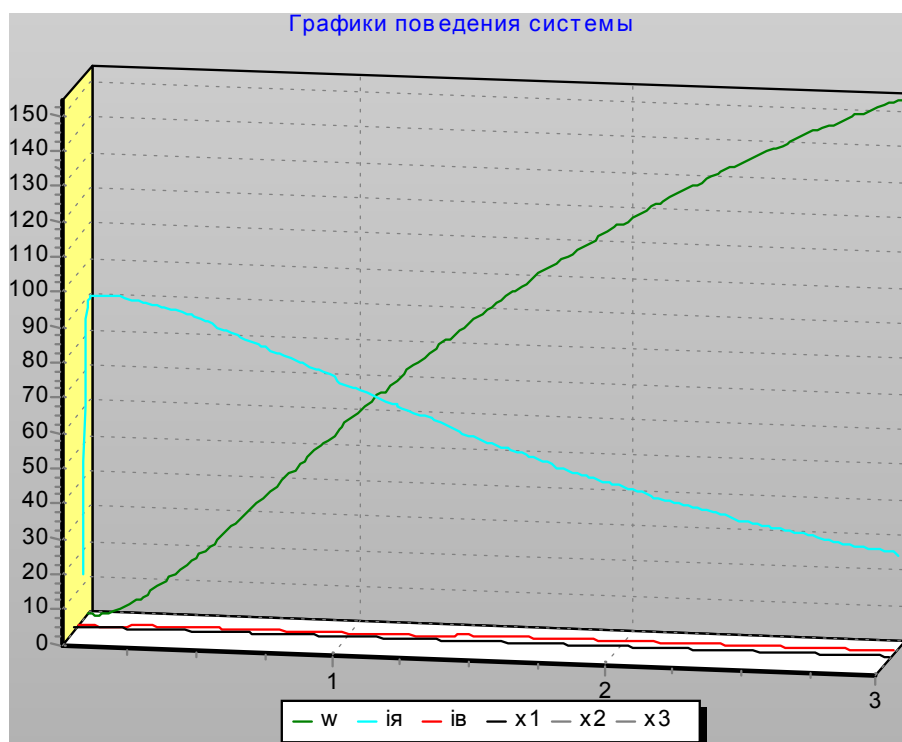


Рис. 3. Пример построения ПП в двигателе

Разработанный модуль используется в настоящее время в учебном процессе кафедры АПП ДГТУ и может применяться в научных исследованиях. Практика работы с ним показала перспективность создания подобных предметно ориентированных не громоздких, быстродействующих и гибких в использовании программных средств. Это стало возможным благодаря появлению операционных сред, подобных Windows, и языков визуального программирования.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АУДИОКОНФЕРЕНЦСВЯЗИ

Кульбацкий А.Ю. (каф. МОП ЭВМ, ТРТУ, г. Таганрог, Россия)

Конференцсвязь – одна из наиболее интенсивно развивающихся областей современных информационных технологий, связанная с обменом между несколькими пользователями мультимедийной информацией (аудио и видеосигналы, обмен файлами, электронная доска).

К преимуществам систем данного класса можно отнести возможность организации общения территориально удаленных абонентов, дешевизна данного вида связи по сравнению, например, с видеотелефонией, возможность обмена разного рода данными, совместная работа с документами и приложениями, возможность защиты передаваемой информации и т. д.

Разрабатываемая система конференцсвязи ориентирована на использование в IP-сетях с коммутацией пакетов, отличительной особенностью которых является негарантированная доставка передаваемых данных. В то же время при передаче аудио и видео данных в реальном времени нельзя использовать протоколы, которые бы обеспечивали высокое качество передачи данных, т. к. время на повторное получение поврежденных или утерянных пакетов слишком велико. Поэтому при разработке данной системы решались проблемы, связанные с потерями или искажениями передаваемых пакетов, нарушением порядка получения пакетов на приемной стороне, сжатием передаваемого сигнала, управлением скоростью передаваемого сигнала, адаптацией ее к изменяющейся пропускной способности канала передачи данных, защитой передаваемой информации и т. д. Однако одной из основных задач при разработке системы конференцсвязи является выбор схемы компрессии передаваемых аудиосигналов. Для подобных приложений основными критериями выбора кодера кроме степени сжатия является его быстродействие, так как при многоточечной конференции приходится обрабатывать несколько потоков аудиоданных одновременно. Кроме того важна оригинальность алгоритмов и возможность простой защиты информации на их основе.

Поэтому в качестве базовых алгоритмов аудиокомпрессии были выбраны модифицированные алгоритмы дельта-преобразований второго порядка, оптимизированных по точности и быстродействию.

Сжатие достигается за счет замены полноразрядных отсчетов входного сигнала, однобитными значениями кванта модуляции. Суть используемого метода сжатия звукового сигнала состоит в разбиении входного сигнала на окна определенной длины, и адаптации веса кванта модуляции и коэффициента компандирования для каждого окна.

Данные алгоритмы отличаются высоким быстродействием, высоким коэффициентом сжатия, передаваемого сигнала (выходной сигнал требует скорости передачи от 9,6 Кбит/с.), при приемлемом качестве звучания восстановленного сигнала.

В кодеке реализованы алгоритмы адаптации качества передаваемого сигнала, к пропускной способности канала передачи данных. При передаче сигнала через определенные

промежутки времени, передающие стороны обмениваются информацией о количестве потерянных пакетов данных.

На основе этих данных принимается решение об изменении качества передаваемого сигнала. Если потери превышают 5 – 10 %, то качества передаваемого сигнала уменьшается, при этом повышается коэффициент сжатия, иначе качества сигнала или остается, или улучшается, при этом коэффициент сжатия уменьшается. В отличие от большинства существующих систем конференцсвязи, для изменения качества передаваемого сигнала не требуется алгоритмического изменения алгоритма кодирования, или использования нескольких алгоритмов.

Надо отметить, что данные алгоритмы кодирования легко позволяют обеспечить защиту передаваемой информации. Изменение одного бита, передаваемой информации, ведет к потере всей информационной части сигнала.

Система конференцсвязи разработана с учетом Рекомендаций ITU-T H.323 и может работать в конфигурации как с выделенным сервером, так и без него.

При первом случае все потоки информации и управления проходят через сервер, на котором запускается менеджер управления, берущий на себя управление сеансом данной конференции. В его функции входит рассылка приглашений возможным участникам конференции, контроль доступа к конференции (по паролю или по приоритетам пользователей), контроль качества передаваемого сигнала для каждого отдельного пользователя, контроль информации о пользователях, микширование сигналов, обработка и конвертирование сигналов с разными алгоритмами кодирования и т.д.

На сервере могут быть организованы группы пользователей. Это сделано для разграничения доступа к различным функциям системы конференцсвязи.

Во втором варианте функции сервера реализуются программным обеспечением участников конференции. Это позволяет организовывать конференции любой конфигурации, в отличие от первого варианта, но имеет свои недостатки в виде усложнения алгоритмов управления потоками данных и защиты от несанкционированного доступа к ресурсам системы.

Планируется, что данная система будет значительно дешевле известных аналогов (за счет ее программной реализации и использования собственных оригинальных алгоритмов компрессии аудиосигналов).

В настоящее время завершается реализация системы без выделенного сервера. Проект находится в стадии отладки. Ведутся также работы по организации видеоконференцсвязи с видеокомпрессией на основе оригинальных быстродействующих алгоритмов дельта-преобразований второго порядка.

Разрабатываемая система аудиоконференцсвязи является полностью программной, не требует специализированного аппаратного обеспечения и ориентирована в первую очередь на использование в локальных и корпоративных сетях для организации совещаний, конференций и т.п. Основные моменты будут использованы и при разработке системы конференцсвязи для использования в глобальных сетях.

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ МНОГОТОПЛИВНЫХ ДВС

Ладоша Е.Н. (каф. АПП, ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)

В данной работе предлагается автоматизированная система (АС) компьютерного моделирования рабочего процесса в ДВС *ENGINE*, представляющая дешевую альтернативу технологии детального моделирования внутрицилиндровых процессов [1]. Основная идея, использованная при создании АС, состоит в том, что несколько частных информационно-математических моделей (ИММ) интегрируются в единый имитационный комплекс на уровне программной реализации.

АС *ENGINE* реализована в двух вариантах - исследовательском и учебном. Исследовательская версия АС объединяет три ИММ, предложенные в [2], - *газодинамическую*, *кинетическую* и *термодинамическую*, а также информационно-справочную систему. В состав учебной версии входят наиболее простая и наглядная термодинамическая модель рабочего процесса, модель термохимического анализа продуктов сгорания и модули поддержки обучения.

Исследовательская версия АС включает: 1) базу данных (БД) по существующим конструкциям; 2) модуль термодинамического анализа; 3) модуль детального моделирования химии горения топливо-воздушного заряда; 4) модуль расчета газодинамики горения; 5) модуль ввода-вывода, интегрированную в символьно-графический интерфейс пользователя. Структурная схема АС *ENGINE* приведена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема исследовательской версии АС *ENGINE*

В базе данных хранятся технические характеристики существующих ДВС; для внесения дополнений и изменений в БД в составе АС *ENGINE* имеется соответствующая СУБД. Предполагается использование БД на ранних этапах разработки новых конструкций при первичном выборе технических решений разрабатываемого двигателя. Таковыми являются: компоновочная схема, рабочий объем цилиндров и их число, частота вращения коленвала и др. Внесение в конструкцию необходимых уточнений и/или изменений осуществляются при помощи вышеперечисленных аналитических средств АС - модулей термодинамического, химико-кинетического и газодинамического анализа.

Модуль *термодинамического анализа* является программной реализацией классического энергетического анализа рабочего цикла поршневых машин по методике [2].

Модуль *химической кинетики* реализует оригинальную методику имитационного моделирования горения в ДВС, справедливую в большей или меньшей степени для любых поршневых двигателей и углеводородных топлив.

Ядро модуля *газодинамики горения* составляет нульмерная математическая модель динамики-смещения-горения топливного факела в двигателе с любым - как внешним, так и внутренним смесеобразованием. Модуль хорошо приспособлен для моделирования рабочего процесса в ДВС с воспламенением от сжатия и инжекторным впрыском, где заряд особенно неоднороден по составу и температуре, и правомочность применения ИММ химической кинетики может оспариваться.

Подсистема *ввода-вывода* реализована с использованием как символьных, так и графических возможностей IBM-совместимых ПК, что делает ее доступной и удобной в эксплуатации широким кругом исследователей-двигателистов и инженеров-конструкторов.

Оболочка АС и пользовательский интерфейс запрограммированы с использованием системы Delphi, а расчетные модули подсистем - алгоритмического языка Фортран. При составлении и компиляции программного кода АС предусмотрено ее функционирование на любых IBM-совместимых ПК; в этой ситуации единственным машинно-зависимым элементом остается время отклика системы на запросы пользователя.

Имитационные возможности исследовательского варианта АС позволяют решать с ее помощью разнообразные прикладные задачи, в частности, оптимизации рабочего процесса ДВС, диагностики, факторного анализа и важностного ранжирования протекающих процессов, применения альтернативных топлив и снижения токсичности ОГ. Для этих целей служит совокупность вычисляемых показателей - интегральных, мгновенных и экстремальных, определенных в [2].

На основе вычисляемых АС данных можно, во первых, определить адекватность различных частных ИММ горения в ДВС конкретному исследуемому процессу, во вторых, спланировать при необходимости гибридный технико-математический эксперимент, и наконец, рассчитать все необходимые интегральные характеристики цикла - КПД, удельный расход топлива и др.

Учебная версия АС *ENGINE* имеет унифицированную блочно-модульную структуру (см. рис. 2), основными элементами которой являются: главный управляющий модуль (ГУМ), СИМ, модуль тестирования (МТ), расчетный модуль (РМ), модуль графической визуализации (МГ) и генератор отчетов (ГО).

Адаптация изначально исследовательского пакета *ENGINE* для использования в учебном процессе вуза преследует следующие цели: 1) ознакомить студентов с современными технологиями инженерного компьютерного моделирования на типовых задачах из выбранной ими области специализации (в данном случае - теплоэнергетики); 2) выработать и закрепить навыки проведения индивидуального и группового численного эксперимента; 3) научить составлять практические рекомендации, формулировать технические требования и выявлять общие закономерности в отношении моделируемых технических систем по результатам компьютерного моделирования; 4) развить способность эффективно получать, усваивать, перерабатывать информацию, а также систематизировать и сохранять вновь полученные данные при помощи компьютерных систем; 5) практически исследовать влияние ряда факторов, характеризующих организацию рабочего процесса в ДВС, на его экономико-экологические показатели; 6) самостоятельно сформулировать выводы о путях и способах оптимизации рабочего процесса ДВС в части экономичности и экологичности.

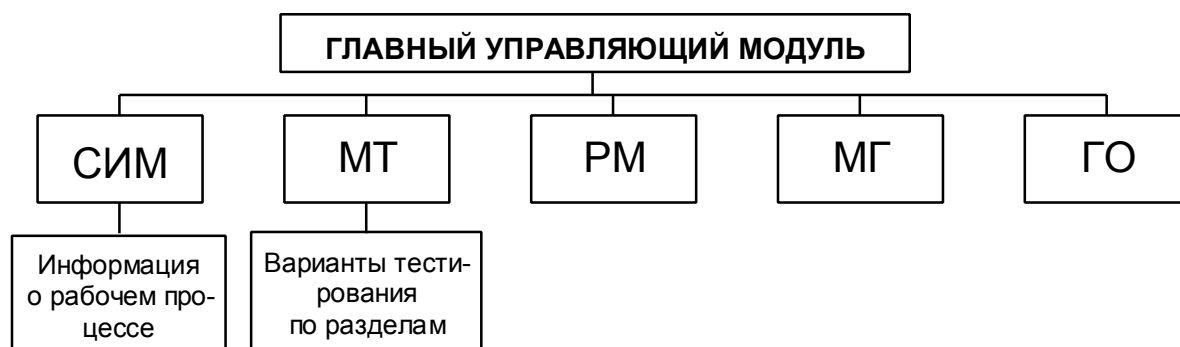


Рис. 2. Структурная схема AC ENGINE, адаптированной для лабораторного практикума технического университета

Назначение ГУМ - осуществлять взаимодействие всех модулей и порождаемых ими событий со стандартными модулями и событиями *Windows* в части выполнения формулируемых заданий.

СИМ предназначен для хранения и выдачи по требованию теоретической информации в предметной области конкретной лабораторной работы, использованных в программе расчетных методик, других справочных данных.

Назначение МТ - облегчить преподавателю контроль знаний: для правильного ответа на все предлагаемые в рамках МТ вопросы достаточно активно усвоить материал, предоставляемый СИМ, а успешное прохождение тестирования служит допуском к расчетной части работы.

В РМ объединены вычислительные алгоритмы и процедуры ввода-вывода.

МГ предназначен для отображения результатов вычислений в удобном для восприятия виде. В состав данного модуля включены также средства сохранения графических объектов в форме битовых карт, позволяющие получать твердые копии без привлечения дополнительных программных средств *Windows*.

Функцией ГО отчетов является компоновка результатов выполнения всех этапов лабораторно-расчетной работы в форме протокола-отчета с оценкой предварительной подготовленности обучаемого по результатам тестирования.

При выполнении вычислений исходные данные и результаты проведенных ранее расчетов могут считываться из пользовательской БД, а также сохраняться в ней. Это облегчают проведение численного эксперимента.

AC ENGINE внедрена в научные исследования и учебный процесс кафедры "Охрана труда и окружающей среды" Донского государственного технического университета: с ее помощью получен ряд результатов, важных для целей повышения экологичности и экономичности наземных транспортных средств, а также улучшены демонстрационные возможности практических занятий.

Список литературы: 1. Los Alamos Code Supports Diesel Engine Design Tests // Signal (USA). 1995. V. 49. № 6. P. 25. 2. Яценко О.В., Загороднюк В.Т. Компьютерное моделирование задач прикладной физико-химической динамики. - Ростов н/Д.: СКНЦ ВШ, 2001. - 199 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ОБЩЕЙ ДЛЯ МНОГОИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ НАЛАДКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Лобко А.А., Коваленко В.И. (каф ТМ, ДонНТУ, г.Донецк)

Одним из наиболее производительных методов обработки является использование многоинструментальных наладок, что сокращает время на изготовление детали. Особенностью указанного метода применительно к токарной обработке является необходимость определения общей для всей наладки частоты вращения шпинделя. Ввиду актуальности указанного вопроса расчетом многоинструментальных наладок исследователи занимаются в течение длительного времени [1, 2].

Для определения частоты вращения шпинделя, общей для наладки инструментов, используются различные методики, например [2]. В соответствии с общепринятой методикой частота вращения шпинделя определяется из условия обеспечения наибольшей производительности с использованием аналитических зависимостей.

По методике [2] вычисляется экономически обоснованная, общая для наладки, частота вращения шпинделя. В результате изучения данного вопроса была разработана программа, реализующая алгоритм с учетом вышеуказанной методики.

Рассмотрим алгоритм определения экономически обоснованной (общей для наладки) частоты вращения шпинделя, использованный в программе.

Для выполнения расчета необходимо иметь схему обработки детали с использованием многоинструментальной наладки, а также конструктивно-технологические характеристики обрабатываемых поверхностей: диаметры и длины поверхностей, значения глубин резания, характеристики инструментального материала (значения μ), нормативные стойкости режущих инструментов и прочее.

Расчет общей для наладки частоты вращения шпинделя для случая $\mu = \text{const}$ выполняется программой в следующей последовательности (пункты 1 – 5 выполняют для каждого i -го инструмента наладки; остальные пункты расчета относятся к наладке в целом).

- 1) Определяют частоту вращения шпинделя, соответствующую скорости V_{100} (V_{100} – скорость резания, которая соответствует стойкости инструмента, равной 100 мин.):

$$n_{100i} = \frac{1000 \cdot V_{100i}}{\pi \cdot D_i}; \quad (1)$$

где D_i – диаметр обрабатываемой поверхности.

- 2) Пропорциональный износу инструмента (при V_{100i}) расчетный коэффициент:

$$W_{100i} = \left(\frac{1000}{n_{100i}} \right)^{\mu}. \quad (2)$$

3) Коэффициент резания:

$$\lambda_i = \frac{L_{rezi}}{L_{cyn}}; \quad (3)$$

где L_{rezi} – длина резания i – го инструмента;
 L_{cyn} – ход суппорта.

4) Фактическое время обработки каждой из поверхностей:

$$t_{rezi} = T_{ni} \cdot \lambda_i; \quad (4)$$

где T_{ni} – нормативная стойкость.

5) Фактическое значение коэффициента, пропорционального износу инструмента:

$$W_i = W_{100i} \cdot \frac{t_{rezi}}{100}. \quad (5)$$

6) После вычисления вышеприведенных параметров определяют коэффициент, пропорциональный суммарному износу всех инструментов наладки:

$$W_{\Sigma\mu} = \sum_{i=1}^n W_i, \quad (6)$$

где n – количество инструментов в наладке.

7) Вычисляют общую для наладки частоту вращения шпинделя:

$$n_{общ.} = \frac{1000}{(W_{\Sigma\mu})^{1/\mu}}. \quad (7)$$

Разработанная программа (на языке программирования Delphi5), позволяет выполнять расчет общей для инструментальной наладки частоты вращения шпинделя $n_{общ}$ с одинаковыми характеристиками инструментального материала.

Список литературы: 1. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник/ В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с. 2. Темчин Г.И. Многоинструментные наладки. Теория и расчет. Машгиз. М.: 1963 – 544с.

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Нечепоренко Н.А., Чашко М.В. (каф. ЭМиТОЭ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Работа посвящена использованию персонального компьютера (ПК) в метрологии. Актуальность темы обусловлена сокращением времени, необходимого для производства измерений и обработки измерительной информации, повышением точности измерений, удобством хранения и использования результатов измерений, которые предоставляет ПК.

Компьютер дает возможность выполнять измерения одной величины, совместные измерения, наблюдать и фиксировать изменение величины во времени – «осциллографирование» [1]. Цель статьи – представить устройства и способы измерений с помощью ПК.

Схема компьютерного измерения одной величины показана на рис. 1.

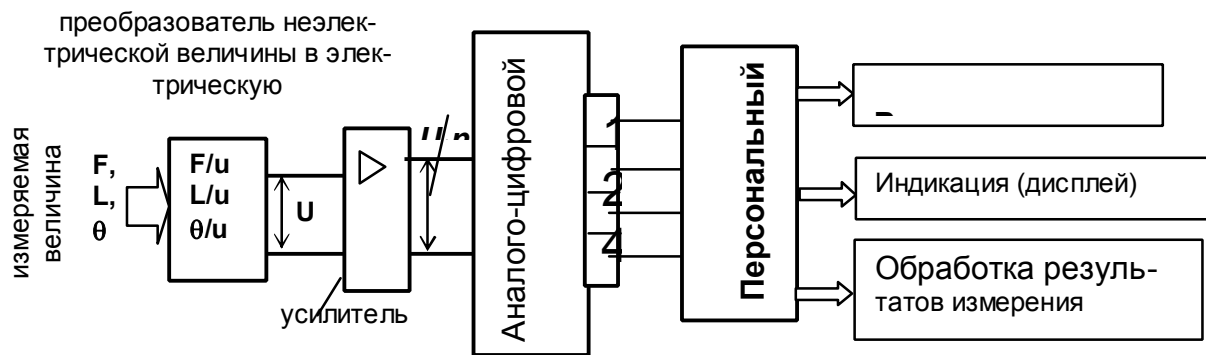


Рис. 1. Схема прямого измерения.

Измеряемая величина (сила, деформация, температура) преобразовывается в напряжение (электрический ток). Напряжение подключается к усилителю, который пропорционально увеличивает его до значения, допустимого для аналого-цифрового преобразователя (АЦП). АЦП преобразует его в код (совокупность единиц и нулей) и передает в компьютер. ПК по заданной программе выводит значение в десятичном виде на дисплей, в запоминающее устройство, выполняет анализ (спектральный состав, максимальные значения и т.д.) и определяет метрологические параметры (доверительный интервал, погрешности и пр.).

Метрологические особенности этой технологии в наличии специфических погрешностей – усилителя, погрешностей квантования и дискретности АЦП. Погрешность, вносимая усилителем, определяется допуском резисторов, из которых он изготовлен. Очевидно, что применение резисторов с допуском 5% исключает возможность получить класс точности 1,0 или лучше.

Погрешность квантования определяется разрядностью АЦП и классом эталона, который в нем использован для сравнения. Восьмиразрядный АЦП способен формировать 256 значений (2^8), что при диапазоне измерения 5 В дает значение кванта ≈ 20 мВ, которое и является аддитивной погрешностью АЦП. Для получения приемлемой относительной погрешности измерения усилитель следует настраивать так, чтобы максимально возможное значение измеряемой величины было возможно ближе к верхнему пределу диапазона АЦП. Но во всяком случае относительная погрешность не может быть меньше 0,4%. АЦП с 12 разрядами может снизить аддитивную погрешность при

эталонном напряжении 5 В до 1мВ и обеспечить относительную погрешность 0,02%.

Разрядность АЦП необходимо соотносить с точностью его источника эталонного напряжения. В качестве эталона применяется стабилитрон с термокомпенсацией кремниевым диодом, включенным в прямом направлении: температурные коэффициенты диода и стабилитрона одинаковы, но противоположны по знаку. Стабильность такого эталона составляет 1 – 5%, что для большинства инженерных применений приемлемо. Однако, для более точных измерений известны источники опорного напряжения с точностью 0,1%.

Динамическую погрешность измерения определяет частота переключений АЦП. Если x – измеряемая величина, то абсолютная погрешность дискретности

$$\Delta x = \frac{\partial x}{\partial t} \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где Δt – длительность цикла измерения, с.

Удобно оценить, какую наибольшую частоту сигнала способен измерить АЦП с заданной точностью. Для этого принимается $x = a \cdot \sin 2\pi f_x t$, $\Delta t = 1/f_d$, следовательно, $\Delta x = (2\pi f_x / f_d) A \cos 2\pi f_x t$, что при $\cos 2\pi f_x t = 1$ дает $\Delta x = 2\pi A f_x / f_d$, а относительная погрешность

$$\delta = \frac{\Delta x}{x} = 2\pi \frac{f_x}{f_d}, \quad (2)$$

где f_x и f_d – частота измеряемого сигнала и частота дискретизации АЦП.

Из формулы (2) может быть найдена наибольшая частота сигнала, который измеряется, или минимальная частота дискретизации, с которой должен работать АЦП для измерения сигнала заданной частоты – при допустимой погрешности δ . Например, применение в качестве АЦП звуковой карты компьютера обеспечивает измерение сигнала, изменяющегося не быстрее 100 В/мс.

ПК может быть приспособлен для совместных измерений – косвенного измерения одной величины или измерения нескольких величин. Такие измерения могут быть необходимы при определении зависимости между величинами. Схема представлена на рис. 2. Используются два АЦП, подключенные к двум портам ПК. Исследуемый элемент (на схеме резистор) подключается к источнику напряжения (тока) необходимой мощности. Ток измеряется посредством шунта, напряжение посредством делителя. АЦП преобразует падение напряжения на шунте и нормированное напряжение на резисторе в цифровой код и вводит в ПК. Процессор ПК производит математические операции и выводит результат

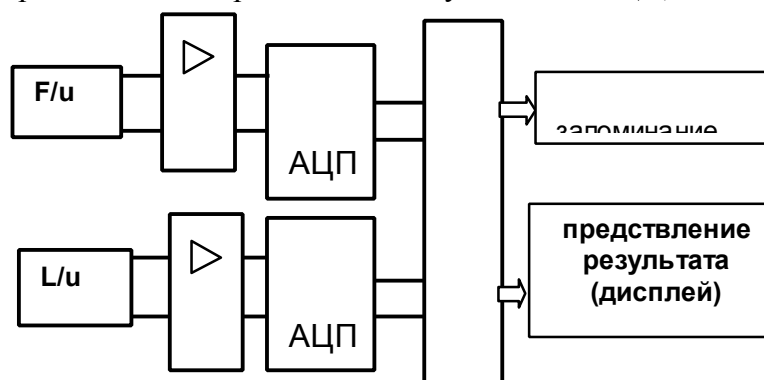


Рис. 2. Схема совместного измерения.

в десятичном виде на дисплей, либо запоминает.

Компьютером можно измерить, представить и регистрировать изменяющиеся сигналы в реальном времени. «Осциллограмма» получается на экране дисплея применением одного АЦП с помощью соответствующей программы. Исполь-

зование двух АЦП позволяет режим работы $Y(X)$ - развертку одного параметра в функции другого. Кроме того, можно имитировать короткое послесвечение (штатное для большинства осциллографов), длительное послесвечение (для которого без применения ПК необходим специальный осциллограф), и режим «ждущей синхронизации». Специфической погрешностью является отсутствие в осциллограмме составляющих сигнала, имеющих частоту, большую половины частоты дискретизации АЦП (в соответствии с теоремой Котельникова).

Программное обеспечение компьютерных измерений складывается из трех частей: драйвера АЦП, программы обработки результата измерения и программы вывода. Первая зависит от устройства и либо поставляется фирмой-изготовителем АЦП, либо составляется пользователем применительно к изготовленному самостоятельно устройству. Вторая и третья части могут быть взяты на сервере [2] либо также составлены пользователем.

Ниже представлены некоторые средства измерения механических величин.

Измерение силы тензометрическим датчиком (ТД). Сила F деформирует стальную деталь, вместе с ней растягивается (сжимается) ТД, изменяется его сопротивление, появляется напряжение на выходе моста из резисторов, в который включен ТД ($\Delta R \rightarrow U$).

Измерение силы струнным датчиком. Генератор импульсами заставляет колебаться струну, частотомер измеряет частоту свободных колебаний струны, которая зависит от силы, с которой струна натянута.

Измерение момента сил вращающейся, например, электрической, машины. Используются то, что момент ротора равен моменту статора, а тот пропорционален разнице сил на опорах. Измеряя силы, можно измерить момент.

Для измерения ускорения измеряется сила, с которой известная масса действует на датчик при ускорении.

Измерение скорости производится электрической машиной, работающей в режиме генератора, или интегрированием ускорения.

Измерение перемещения (s) может быть выполнено непосредственно датчиком перемещений или интегрированием скорости (v) или ускорения (a) $s = \int v dt$, $s = \int \int a dt$. Интегрирование дает результат с меньшей погрешностью, чем прямое измерение или дифференцирование.

В качестве датчика перемещений или расстояния порядка миллиметров при компьютерных измерениях применяется трансформаторные преобразователи. Принцип действия их в том, что магнитный поток, созданный одной из обмоток на магнитопроводе, индуцирует в другой обмотке ЭДС, которая измеряется. Значение ЭДС зависит от воздушного зазора между подвижной и неподвижной частями магнитопровода. Эти преобразователи легко согласуются с измерительным прибором и источником питания путем подбора витков.

Вывод. Применение компьютерных технологий дает возможность измерить механические величины в реальном времени и с запоминанием при высокой эффективности и универсальности.

Список литературы: 1. Гёлль П. Как превратить персональный компьютер в измерительный комплекс: Пер. с франц.- М.: ДМК, 1999.-144 с. 2. www.dmk.ru

РАЗРАБОТКА ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ПОСОБИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕХМЕРНОГО ОБЪЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Онуфриенко А.А.* (*каф. ТМ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина*)

Сегодня уже смело можно утверждать, что информационные технологии заняли одно из лидирующих областей нашей жизни. Компьютеры проникли глубоко во все отрасли науки, образования, промышленности и многие другие сферы человеческой деятельности. В данной статье мы рассмотрим, каким образом можно использовать компьютерные разработки в процессе обучения.

В основу разработки данного материала был положен принцип наглядности. Человек получает и перерабатывает наибольшее количество информации (около 80%) через зрение. Этот фактор явился одним из основополагающих при разработке представленного методического пособия.

Сейчас студенты ДонНТУ имеют возможность слушать телелекций. Это обычно ряд телевизоров, соединенных с телекамерой, находящейся над демонстрационным столом, расположенным возле преподавателя. Преподаватель имеет возможность показывать рисунки, выполненные на бумаге или пленке и давать пояснения к ним, не занимаясь рутинным вырисовыванием их на доске. Но если присоединить последовательно или параллельно телекамере компьютер, то уже появляется возможность не только демонстрировать рисунки, выполненные на нем, но и показывать видеофрагменты, анимацию, прослушивать звуковые записи, в той или иной мере иллюстрирующие излагаемый материал. При этом лекции становятся намного более динамичными, насыщенными и интересными.

Исходя из вышеизложенного был предложен и реализован метод подготовки дополнительных лекционных методических материалов, который отвечает требованию максимальной наглядности и простоты восприятия. При этом было учтено, что не всякий человек имеет навыки работы с компьютерами, и пособие было реализовано по принципу интуитивности, то есть все необходимые подсказки, что и когда необходимо сделать, чтобы получить желаемый результат, приведены прямо в программе.

Демонстрационное пособие было выполнено в программе MS PowerPoint пакета Microsoft Office 2000. Для запуска программы не требуется иметь установленный на компьютер MS PowerPoint, то есть программа независима и в связи с этим является гибкой. Системные требования к компьютеру невелики: 486DX100 или Pentium, 1Mb видеопамати, 16Mb ОЗУ, ОС Windows 9x или NT, примерно 40Mb дискового пространства или CD-ROM.

* Работа выполнена под руководством доцента Коваленко В.И.

В качестве базового материала были изготовлены анимационные видеоролики, реализованные в программе 3D STUDIO MAX 3. При их визуализации была использована конвертация в формат MPEG2, так как большинство компьютеров способно воспроизвести без потерь в качестве и скорости проигрывания данный формат компрессии видеофайлов. Это обусловлено тем, что еще далеко не все учебные заведения оснащены мощными современными компьютерами, позволяющими проигрывать более совершенные форматы компрессии. И хотя размер файлов, содержащих анимационные ролики, получился несколько большим, чем при использовании, например, формата MPEG4, но зато пособие получилось более универсальным, что также немаловажно.

Также универсальность пособия обеспечивается тем, что с помощью программы MS PowerPoint можно при необходимости откорректировать любой элемент пособия, как то: управляющие кнопки, подсказывающие надписи, интерфейс пособия и прочее. Также можно изменить порядок загрузки тематических экранов, с помощью которых организовано пособие, вставить другие анимационные ролики. Это позволяет полностью организовать демонстрацию по своему вкусу и в соответствии со своими желаниями.

В качестве примера был выбран станок модели 16Б16Т1 с системой ЧПУ «Электроника НЦ31-01». Был продемонстрирован процесс подготовки станка на обработку детали и пример ввода управляющей программы в систему ЧПУ.

Для запуска пособия необходимо запустить файл start.bat с компакт-диска или с жесткого диска из папки, в которой находится демонстрационное пособие.

После загрузки пособия появляется главное меню с кнопками, на которых находится название разделов, загружающихся по нажатию на них. Пособие организовано в виде отдельных тематических экранов. На каждом из экранов предусмотрены кнопки возврата в меню, выхода из пособия и другие вспомогательные управляющие элементы. В процессе демонстрации анимационных роликов их можно в любой момент остановить или запустить заново на показ при помощи нажатия левой клавиши мышки, предварительно наведя ее указатель на анимационный ролик.

Достоинством применения анимационных роликов является их наглядность, возможность изменения и редактирования при наличии исходных файлов, сравнительно с видеосъемкой небольшой их размер и более высокое качество изображения.

Использование данного метода позволяет более наглядно продемонстрировать и помогает студенту глубже усвоить излагаемый материал, абстрактное представление которого не всегда истинно.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИНТЕЗА ЛИНЕЙНО-КВАДРАТИЧНОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДАМИ УНИВЕРСАЛЬНОГО РЕЛЬСОБАЛОЧНОГО ПРОКАТНОГО СТАНА

Рафиков Г.Ш., Тимонов А.В. (каф. АТ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Современные рельсобалочные прокатные станы предназначены для прокатки различных широко применяемых профилей – тавровых профилей, рельсов, широкополочных балок, швеллеров. Желаемая форма выдавливается из заготовки двумя парами цилиндрических валков (по одной на каждую из геометрических осей), которые перемещаются с помощью гидравлических приводов [1].

Цель управления – обеспечить постоянство толщины проката по осям x и y в пределах заданных допусков. Отклонения в толщине профиля могут быть вызваны двумя причинами:

- 1) вариацией толщины и твердости заготовки;
- 2) наличием эксцентриситета прокатных валков.

Для того чтобы уменьшить влияние этих возмущений, необходимо регулировать величину зазора за счет введения контура обратной связи. Поскольку зазор между валками измерить сложно [2], то вместо измерения толщины профиля измеряется сила нажатия валков.

На основе этих допущений можно построить следующую структурную схему для модели процесса прокатки по каждой оси (рис. 1).

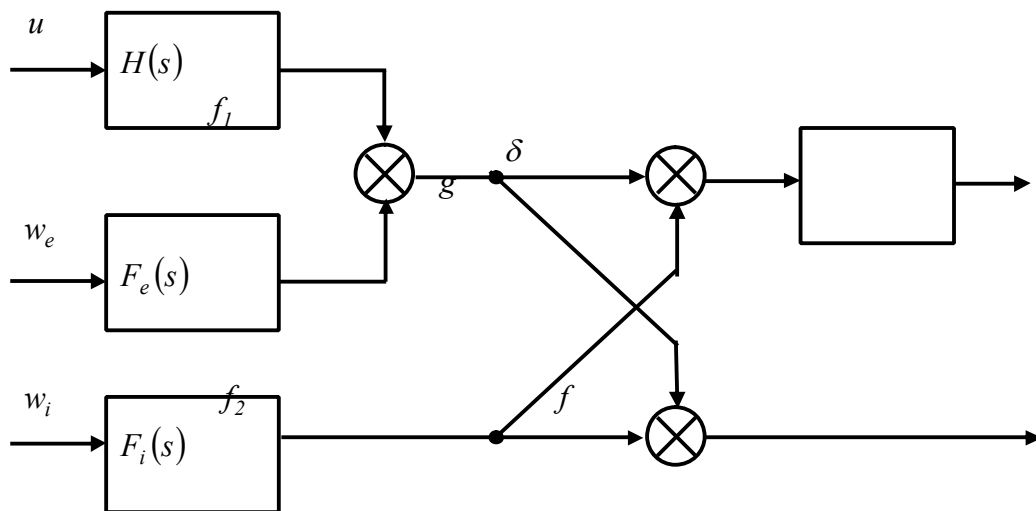


Рисунок 1 – Структурная схема процесса прокатки по каждой координатной оси x и y

Здесь u – управление, δ – отклонение величины зазора от номинальной, f – отклонение силы нажатия валков от номинальной, g – коэффициент передачи, w_e , w_i – “белые” шумы, имитирующие возмущения, $H(s)$ – передаточная функция гидропривода.

Обращаясь к рис. 1, отметим следующее:

- 1) выходы f_1 и f_2 характеризуют отклонения силы нажатия валков от номинальных значений;

- 2) увеличение силы, развиваемое гидравлическим приводом, или силы, вызванной эксцентриситетом валков, приводит к уменьшению зазора между валками;
- 3) увеличение толщины заготовки увеличивает этот зазор.

Как правило, физические системы, над которыми должно осуществляться управление, трудно рассматривать как детерминированные, поскольку измерениям доступны лишь искаженные шумом некоторые переменные их состояния. Таким образом более реалистичными моделями таких систем в задачах управления являются модели, содержащие случайные процессы. При таких моделях требуется принимать решение или определять управление на основе результатов измерений, полученных в прошлом. В этом случае обе операции – оценивание состояния и управление – могут быть включены в единый процесс выбора решения [3]. Линейно-квадратичная гауссовская задача является одним из частных случаев этой общей задачи.

Для решения данной задачи задается математическая модель в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} \dot{\bar{x}}(t) = A(t)\bar{x}(t) + B(t)\bar{u}(t) + G(t)\bar{w}(t); \\ \bar{z}(t) = C(t)\bar{x}(t) + \bar{v}(t), \end{cases}$$

где $\bar{x}(t)$ – вектор переменных состояния размерности $(n \times 1)$;

$\bar{u}(t)$ – вектор управляющих воздействий размерности $(m \times 1)$;

$\bar{w}(t)$ – вектор входных возмущений размерности $(k \times 1)$;

$\bar{z}(t)$ – наблюдаемый вектор выходных переменных размерности $(r \times 1)$;

$\bar{v}(t)$ – вектор шумов измерений размерности $(r \times 1)$;

$A(t)$ – матрица коэффициентов переменных состояния размерности $(n \times n)$;

$B(t)$ – матрица коэффициентов управляющих воздействий размерности $(n \times m)$;

$G(t)$ – матрица коэффициентов входных возмущений размерности $(n \times k)$;

$C(t)$ – матрица измерений выходных величин размерности $(r \times n)$.

Так как при управлении приводами прокатного стана необходимо обеспечить заданную точность толщины прокатываемого профиля, расходуя при этом минимум энергии, то автоматическая система управления будет оптимизироваться по точности и расходу энергии [4]. Таким образом, критерий оптимальности для синтеза автоматического регулятора системы управления прокатным станом будет иметь вид:

$$J = \int_0^{t_f} [\bar{x}^T(t)Q\bar{x}(t) + \bar{u}^T(t)R\bar{u}(t)]dt, \quad (1)$$

где Q – симметричная положительно полуопределенная матрица весовых коэффициентов размерности $(n \times n)$;

R – симметричная положительно определенная матрица весовых коэффициентов размерности $(m \times m)$.

Первое слагаемое критерия характеризует точность работы системы, второе слагаемое – затраты энергии на управление. Выбирая соответствующим образом матрицы Q и R , можно получить компромиссное решение между точностью и быстродействием рассматриваемой динамической системы.

Задача оптимизации состоит в том, чтобы найти совокупность векторов управляющих воздействий, обеспечивающих минимум критерия вида (1):

$$\bar{u}(t) = -K\hat{x}(t),$$

где K – матрица коэффициентов оптимального управления размерности $(m \times n)$;

$\hat{x}(t)$ – оценка вектора переменных состояния системы, которая может быть получена с помощью фильтра Калмана [3], описываемого уравнениями

$$\begin{cases} \dot{\hat{x}}(t) = A\hat{x}(t) + Bu(t) + L(\bar{y}(t) - C\hat{x}(t)); \\ \begin{bmatrix} \bar{y}_v(t) \\ \hat{x}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C \\ I \end{bmatrix} \hat{x}(t) + H\bar{w}(t) + \bar{v}(t), \end{cases}$$

где L – матрица коэффициентов обратных связей, определяемая на основе решения алгебраического матричного уравнения Риккати

$$A^T P + PA - PBRB^T P + Q = 0.$$

где P – симметричная положительно определенная матрица размерности $(n \times n)$. Решая это уравнение с помощью принципа максимума Понтрягина [4], получаем

$$K(t) = R^{-1}(t)B^T(t)P(t)$$

На основании полученных в аналитической форме оптимальных алгоритмов управления разработано прикладное программное обеспечение для автоматизации аналитического конструирования линейно-квадратичных регуляторов, применяемых при управления приводами рельсобалочного прокатного стана. С целью улучшения качества управления произведен синтез многомерного регулятора для полной системы с учетом влияния перекрестных связей. Полученный регулятор по точности работы явно превосходит регулятор, полученный без учета взаимовлияния процессов по осям x и y . Уровень отклонений толщины проката при использовании многомерного регулятора сопоставим с отклонениями, полученными для одномерных систем. Результаты, полученные при экспериментальном моделировании, подтверждают правильность полученных алгоритмов синтеза линейно-квадратичных регуляторов и иллюстрируют значительные преимущества прямого синтеза многомерных регуляторов.

Список литературы: 1. АСУ ТП современных балочных прокатных станов / Под ред. Б.Б. Тимофеева и В.И. Попельнуха. – М.: Металлургия, 1984. – 152 с. 2. Файнберг Ю.М. Автоматизация непрерывных станов горячей прокатки – М.: Металлургия, 1963. – 375 с. 3. Сейдж Э.П., Уайт Ч.С. Оптимальное управление системами: Пер. с англ./ Под ред. Б.Р. Левина. – М.: Радио и связь, 1982. – 392 с. 4. Куропаткин П.В. Оптимальные и адаптивные системы. – М.: Высш. шк., 1980. – 287 с.