И. А. Гуцин, А. В. Дроботов

**УПРАВЛЕНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИМ ПОВОРОТНЫМ СТОЛОМ
НА ОСНОВЕ ПОКАЗАНИЙ ДАТЧИКА УГЛА ПОВОРОТА**

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: frylock3434@mail.ru

Исследована динамика перемещения планшайбы пневматического поворотного стола, приведено ее математическое описание, проверенное экспериментально. Предложена конструкция системы управления и алгоритм программы автоматического управления поворотным столом, основанный на анализе показаний датчика угла поворота в реальном времени.

Ключевые слова: поворотный стол, система автоматического управления, пневматика.

I. A. Guschin, A. V. Drobotov

**CONTROL OF THE PNEUMATIC ROTARY TABLE BASED
ON THE ANGLE SENSOR DATA**

Volgograd State Technical University

Faceplate movement dynamics of pneumatic rotary table is investigated and its mathematical description is given, which has been verified experimentally. Control system construction and the algorithm of the automatic control program for rotary table based on the analysis of angle sensor data in real time are proposed.

Keywords: rotary table, automatic control system, pneumatic.

Для автоматического перемещения изделий/деталей/заготовок при производственных операциях сборки, сортировки, комплектования целесообразно применять поворотные столы (ПС). Очень высокая точность при этом не тре-

буется, но нужна скорость и долговечность механизмов. Для этих задач разработаны ПС с пневматическим турбинным приводом, способные быстро перемещать массивные (свыше 0,1 кг) детали. В таких ПС воздушная прослойка,

разделяющая стационарные и подвижные элементы, обеспечивает высокую грузоподъемность, отсутствие сухого трения и плавность (отсутствие ударов) при перемещении. Но сложнопредсказуемый характер истечения воздуха приводит к трудностям управления такими ПС [2]. Простые алгоритмы (управление по времени или по координате) не дают приемлемых показателей точности остановки и/или времени поворота, что приводит к необходимости использования адаптивных алгоритмов управления.

Для управления автоматическим пневматическим ПС предложено использовать двухуровневую систему, показанную на рис. 1.

Рис. 1. Структурная схема системы управления

Нижний уровень – микропроцессорная система 6 автоматического управления ПС/ по заданию, сформированному верхним уровнем системы управления (персональный компьютер, рабочая станция) 5. Регулирование потоков сжатого воздуха осуществляется за счет пневмораспределителей 3. Получение значения изменения угла поворота подвижной части ПС происходит по средствам бесконтактного датчика угла поворота 2 (модель GCI0K.0411200). Взаимодействие различных физических уровней (пневмораспределителей 3, датчика угла поворота 2 и микропроцессорной системы 6) происходит за счет устройства сопряжения 4.

Такое решение позволяет переложить функции контроля перемещения на микропроцессорную систему, которая не будет занята другими операциями. Это снижает задержки в подаче управляющих импульсов и повышает точность считывания импульсов датчика угла поворота.

Верхний уровень системы управления передает на нижний уровень значение угла, на который нужно повернуться. После чего подается команда переключения пневмораспределителю подъема и фиксации, планшайба ПС поднимается на воздушной подушке и начинается разгон. Примерно на середине пути подается команда переключения пневмораспределителю поворота, который переключает подачу сжатого воздуха на сопло торможения. Незадолго до точки останова пневмораспределитель подъема и фиксации переключается, воздушная подушка исчезает и ПС фиксируется в этом положении [3]. Зависимость изменения скорости ω поворота планшайбы ПС показана на рис. 2.

Рис. 2. Изменение скорости поворота планшайбы ПС

Так как скорость истечения сжатого воздуха намного больше скорости вращения ПС, то ни его скорость, ни направление вращения, практически не влияют на ускорение подвижной части. Весьма незначительными силами трения в воздушной прослойке также можно пренебречь тогда ускорение можно считать постоянным при прочих равных параметрах [1]. Это подтверждается экспериментальными данными. В таком случае участок разгона и участок торможения должны быть равны. Следовательно, весь угол поворота планшайбы ПС $\phi_{\text{итог}}$ можно разделить на участок разгона $\phi_{\text{разг}}$, участок переключения пневмораспределителей $\phi_{\text{Пер.ПР}}$ и участок торможения $\phi_{\text{торм}}$ (выражение (1)).

$$\phi_{\text{итог}} = \phi_{\text{разг}} + \phi_{\text{Пер.ПР}} + \phi_{\text{торм}}. \quad (1)$$

$$\phi = (\omega_{\text{Тек}} + \varepsilon_{\text{Тек}} \cdot t_{\text{Пер.ПР}}) \cdot (t_{\text{Тек}} + t_{\text{Пер.ПР}}) - (\varepsilon_{\text{Разг}} \cdot (t_{\text{Тек}} + t_{\text{Пер.ПР}})^2) / 2, \quad (3)$$

где $\varepsilon_{\text{Разг}}$ – ускорение планшайбы ПС на этапе разгона.

С учетом выражений (1..3) расчеты можно описать выражением (4).

$$\begin{aligned} \phi_{\text{итог}} = & \phi_{\text{Тек}} + \omega_{\text{Тек}} \cdot t_{\text{Пер.ПР}} + (\varepsilon_{\text{Тек}} \cdot t_{\text{Пер.ПР}}^2) / 2 + \\ & + (\omega_{\text{Тек}} + \varepsilon_{\text{Тек}} \cdot t_{\text{Пер.ПР}}) \cdot (t_{\text{Тек}} + t_{\text{Пер.ПР}}) - (\varepsilon_{\text{Разг}} \cdot (t_{\text{Тек}} + t_{\text{Пер.ПР}})^2) / 2, \end{aligned} \quad (4)$$

$\phi_{\text{разг}}$ должно быть приблизительно равно $\phi_{\text{торм}}$, а $\phi_{\text{Пер.ПР}}$ можно оценить выражением 2.

$$\phi_{\text{Пер.ПР}} = \omega_{\text{Тек}} \cdot t_{\text{Пер.ПР}} + \frac{\varepsilon_{\text{Тек}} \cdot t_{\text{Пер.ПР}}^2}{2}, \quad (2)$$

где $\omega_{\text{Тек}}$ – текущая скорость вращения планшайбы ПС; $\varepsilon_{\text{Тек}}$ – ее текущее ускорение; $t_{\text{Пер.ПР}}$ – время переключения пневмораспределителей.

Значение $t_{\text{Пер.ПР}}$ рассчитывается во время начала вращения планшайбы ПС, от подачи команды начала вращения до прихода первого импульса датчика угла поворота. Данный параметр имеет величину порядка 80 мс, что достаточно много и этим значением нельзя пренебречь.

Расчет участка торможения $\phi_{\text{торм}}$ осуществляется по выражению (3).

Рис. 3. Диаграмма состояний алгоритма управления ПС с обратной связью по датчику угла поворота

Текущее ускорение $\varepsilon_{\text{Тек}}$ планшайбы ПС может измениться из-за воздействия внешних факторов (изменение нагрузки на поворотный стол, колебания давления питания и т.п.), поэтому оно постоянно пересчитывается (при каждом получении показания датчика угла поворота) и определяется угол $\phi_{\text{итог}}$, на который по-

вернется ПС при текущей динамике планшайбы. И как только расчетный угол $\phi_{\text{итог}}$ становится равным заданному углу поворота, подается команда фиксации планшайбы ПС.

В соответствии с данным алгоритмом разработана программа управления ПС. Проведена проверка точности и скорости поворота на углы

30°, 45°, 90° и 180°. Результаты показали точность позиционирования, достигаемой данной системой управления, в пределах 1°. По отношению к простой СУ быстродействие повысилось.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дроботов, А. В.* Динамика перемещения планшайбы переналаживаемого поворотного стола со струйным приводом / А. В. Дроботов, М. Г. Кристаль // Сборка в машино-

строении, приборостроении. – 2010. – № 5. – С. 8–11.

2. *Дроботов, А. В.* Особенности управления работой струйных поворотных устройств / А. В. Дроботов, М. Г. Кристаль // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2010. – № 3. – С. 13–16.

3. *Стегачев, Е. В.* Имитационная модель динамики поворота подвижной части поворотного стола на основе воздушной прослойки и пневматического турбинного привода / Е. В. Стегачев, В. Э. Байков // Вестник науки и образования. – 2015. – № 4 (6). – С. 41–44.