

УДК 520.24

Управление дифракционной решеткой в спектрографе телескопа БСТ-2 ФГБУН “КрАО РАН”

Д.Г. Семёнов, Г.А. Сунитца, А.С. Куценко, А.Р. Пулатов

ФГБУН “Крымская астрофизическая обсерватория РАН”, Научный, Крым, 298409
dmitry_s88@mail.ru

Поступила в редакцию 4 марта 2015 г.

Аннотация. Описана система управления дифракционной решеткой и индикации ее положения в спектрографе телескопа БСТ-2. Система работает как в ручном режиме, так и в автоматическом с помощью компьютера. Дискретность установки угла поворота решетки $1.72''$. Дано описание механических узлов и электронных блоков системы. Все элементы системы спроектированы и изготовлены в Лаборатории физики Солнца НИИ “КрАО”.

CONTROL SYSTEM OF A DIFFRACTION GRATING IN THE SPECTROGRAPH OF THE TELESCOPE BST-2 AT CRAO, *by D.G. Semyonov, G.A. Sunitsa, A.S. Kutsenko, A.R. Pulatov.* The control system of a diffraction grating and indication of its position in the spectrograph of the telescope BST-2 is described. The system is designed to be operated both manually and automatically by means of a computer. The accuracy of a grating rotation angle is $1.72''$. The description of mechanical parts and electronic components of the system is given. All the system components are designed and manufactured in the Solar Physics Laboratory of CrAO.

Ключевые слова: управление, автоматизация, дифракционная решетка

1 Введение

В Крымской астрофизической обсерватории на протяжении многих лет на башенном солнечном телескопе БСТ-2 ведутся работы, связанные с изучением процессов, происходящих на Солнце. Описание телескопа представлено в работе (Букач и др., 1990). Телескоп оснащен спектрографом, неотъемлемой частью которого является дифракционная решетка.

Для того, чтобы установить спектральную линию на фоточувствительную часть регистрирующего прибора, необходимо поворачивать дифракционную решетку (далее решетку) вокруг своей оси. До недавнего времени наблюдатель рукой поворачивал ось решетки при помощи рычага, жестко закрепленного на оси. Таким образом осуществлялась грубая установка. Для более точной установки использовался двигатель постоянного тока с редуктором. Наблюдатель, выбирая при помощи кнопок направление вращения двигателя, а соответственно, и перемещение спектра в ту или иную сторону, выполнял эту задачу. Так как двигатель постоянного тока инерционен, для выполнения вышеописанной операции необходимо было затратить немало времени, пока линия будет установлена в нужное место. Контроль установки осуществлялся с помощью оптической шкалы с точностью 0.1° .

Было принято решение модернизировать узел решетки с применением современной элементной базы для реализации возможности как ручного, так и автоматического управления с помощью компьютера. Индикация положения решетки должна осуществляться как при помощи ранее используемой оптической системы, так и со вновь изготовленной цифровой шкалой, а также сопровождаться выводом данных о положении решетки на монитор компьютера.

Была разработана система, позволяющая использовать для установки решетки ручной привод и программу управления решеткой с помощью компьютера. Дискретность установки угла поворота решетки составляет $1.72''$.

2 Блок-схема системы

На рис. 1 показана блок-схема системы управления решеткой. Рассмотрим взаимодействие ее блоков.

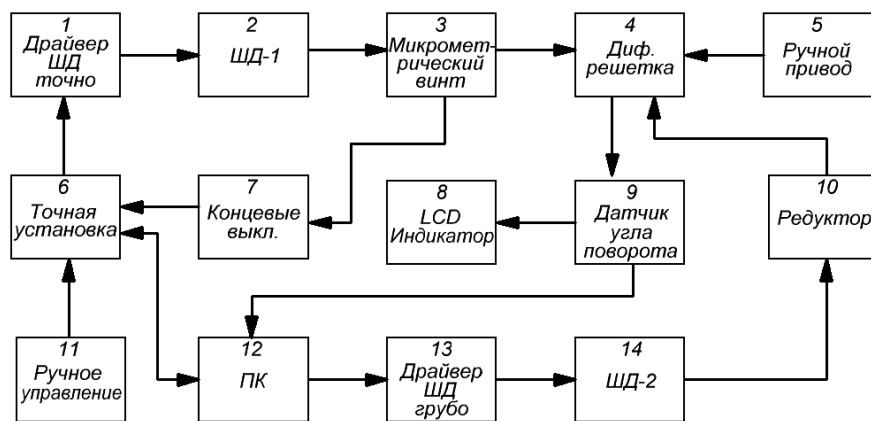


Рис. 1. Блок-схема управления решеткой

При работе в ручном режиме управления кнопками с блока ручного управления (блок 11 на рис. 1) выбираем направление вращения решетки. Далее номера блоков на рис. 1 приведены в скобках. В блоке точной установки (блок 6) генерируются импульсы с заданным вручную периодом с (блока 11) и подаются в блок драйвера шагового двигателя (блок 1). Здесь они усиливаются и поступают на шаговый двигатель ШД-1 (блок 2) (Емельянов, Шилин, 2005). Двигатель вращает вал микрометрического винта (блок 3), который в свою очередь воздействует на рычаг, жестко прикрепленный к оси решетки. Так как ход микрометрического винта ограничен, в крайних положениях установлены концевые выключатели (блок 7). Они предотвращают прохождение импульсов с блока точной установки (блок 6) на драйвер ШД (блок 1) в крайних положениях винта.

При работе в автоматическом режиме импульсы с заданным периодом и количеством передаются с компьютера (блок 12) в блок точной установки (блок 6). С него же в компьютер поступает информация о состоянии концевых выключателей. С помощью компьютера (блок 12) решетку можно установить грубо (не точно). Импульсы с компьютера (блок 12) поступают в блок драйвера ШД грубо (блок 13). Здесь они формируются и усиливаются. Под их воздействием вращается шаговый двигатель ШД-2 (блок 14) и через редуктор (блок 10) поворачивает решетку (блок 4). Грубо устанавливать решетку можно и воздействием руки на рычаг, жестко связанный с осью решетки (блок 5). Для визуального контроля положения решетки на ней закреплен датчик угла поворота (блок 9). С датчика сигнал поступает на LCD-индикатор (блок 8), установленный на передней панели управления спектрографа, а также на компьютер (блок 12).

3 Механические узлы системы

На рис. 2 показана схема механической части управления решеткой. Оправа решетки закреплена на вертикальной оси, установленной на двух скользящих, верхнем и нижнем опорном подшипниках. К этой оси также крепятся три вида ее привода. Рассмотрим их работу более детально. Ручной привод (блок 5) – это рычаг, непосредственно закрепленный на оси. Наблюдатель с его помощью может рукой грубо установить решетку с точностью 0.1° . С такой же точностью ее можно установить с помощью компьютера (блок 12) через шаговый двигатель (блок 14), который связан с осью через шестеренчатую передачу. Контролировать положение решетки можно при помощи оптической шкалы, расположенной возле опорного подшипника, окуляр которой выведен на пульт управления спектрографом, или электронного LCD-индикатора (блок 8), а также на экране компьютера (блок 12).

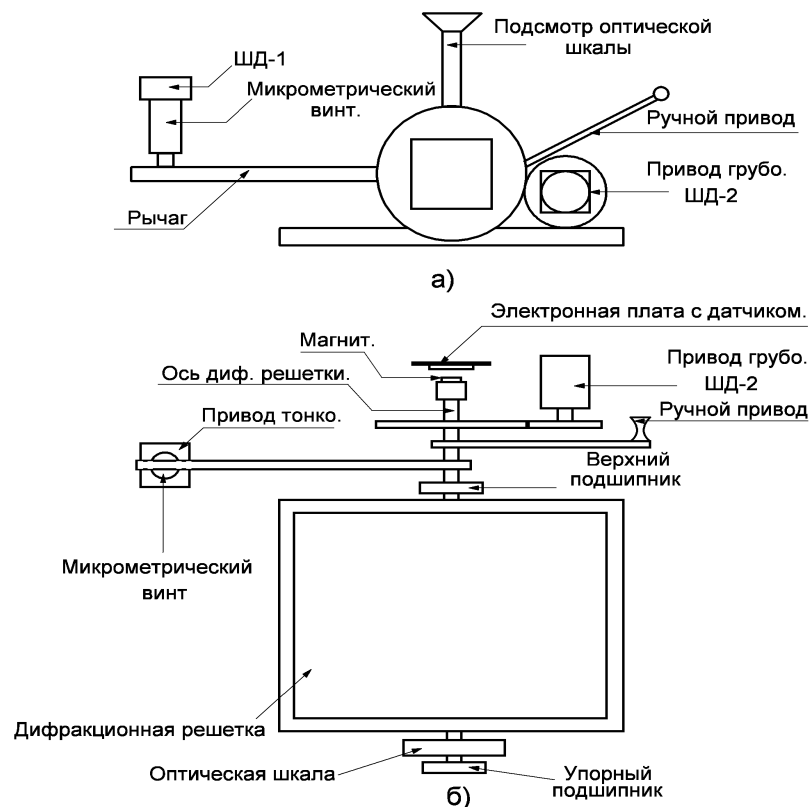


Рис. 2. Механическая часть решетки: а) вид сверху, б) вид сбоку

Для более точной установки используется шаговый двигатель ШД-1 (блок 2), у которого единичный шаг равен повороту вала на 1.8° , соответственно один оборот вала двигателя равен 200 шагам. Он вращает микрометрический винт, один оборот которого переместит в осевом направлении винт на 0.5 мм. Ценен этот механизм тем, что он преобразует вращательное движение двигателя в поступательное винта и, что особенно важно, не имеет люфта. Микрометрический винт воздействует на рычаг длиной 300 мм, который жестко закреплен на оси решетки. Таким образом, один шаг двигателя изменит положение решетки на $1.72''$.

4 Электронные схемы системы

Электронный блок точной установки решетки состоит из двух плат – платы контроллера и платы внешних соединений соответственно (рис. 3 и рис. 4).

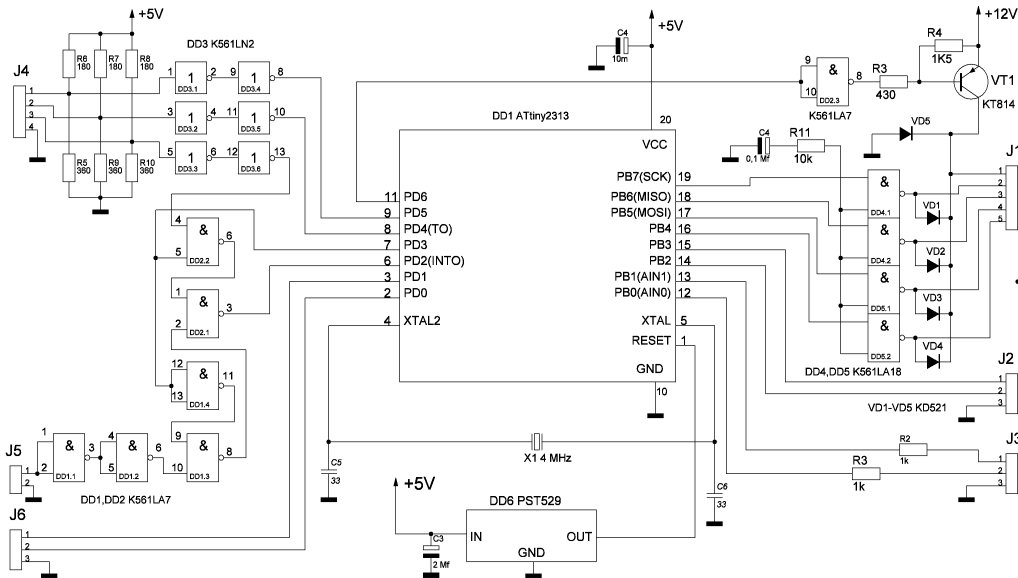


Рис. 3. Принципиальная схема платы контроллера

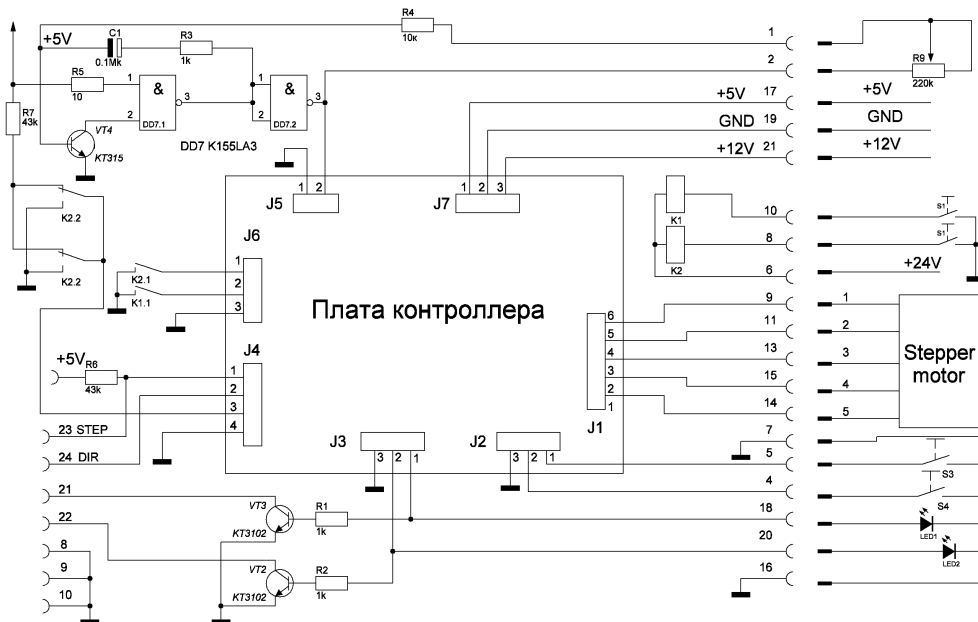


Рис. 4. Принципиальная схема внешних соединений

Основа первой платы (рис. 3) – микроконтроллер Attiny2313. Он представляет собой программируемую микросхему, которая принимает, обрабатывает и выдает команды согласно алгоритму, заложенному в программе.

На разъем J4 поступают управляющие импульсы по кабелю витой пары. Для согласования волнового сопротивления кабеля и входов элементов микросхемы DD3 K561ЛН2 установлены три цепочки на резисторах R5-R10. На контакт 1 разъема J4 поступают импульсы, количество которых определяет, на сколько шагов должен повернуться вал двигателя, а период следования импульсов задает скорость вращения. На контакт 2 J4 поступает сигнал, управляющий направлением вращения двигателя. При подаче логического нуля на контакт 3 этого же разъема обмен информацией с компьютером прекращается, и система работает в ручном режиме. Когда замкнута кнопка S1 или S2, подается питание на реле K1 или K2. Своими контактами K1.2 или K2.2 переключают режим на ручной. Контакты K2.1 и K1.1 этих реле выбирают направление вращения шагового двигателя через разъем J6.

На разъем J5 поступают импульсы, количество которых соответствует шагам, сделанным двигателем. Эти импульсы приходят с генератора, собранного на микросхеме DD7. Период следования импульсов изменяется переменным резистором R9, выведенным на переднюю панель пульта управления. Этим изменяется скорость вращения вала двигателя. Как уже отмечалось выше, диапазон перемещения штока микрометрического винта равен 25 мм, поэтому в крайних рабочих его положениях установлены концевые выключатели. Контроллер DD0 опрашивает их состояние через разъем J2. Если сработал один из них, блокируется дальнейшее прохождение импульсов вращения шагового двигателя в эту сторону и через разъем J3 выдается информация о состоянии концевых выключателей на индикаторе. Индикаторы (светодиоды LED1 и LED2) расположены на центральном пульте управления. Так же через VT3 и VT2 информация о положении концевых выключателей поступает в управляющий компьютер. Сформированная контроллером последовательность импульсов для шагового двигателя поступает на драйвер, собранный на микросхеме K155ЛА18 DD4 и DD5, выходы которой нагружены непосредственно на обмотки шагового двигателя. Обмотки зашунтированы диодами VD1-VD4, чтобы микросхемы DD4 и DD5 не вышли из строя. Если двигатель в течение десяти секунд не вращается, во избежание излишнего выделения тепла, контроллер через элемент микросхемы DD2.3 прикрывает транзистор VT1. Таким образом, на обмотки двигателя подается пониженное (удерживающее) напряжение, достаточное только, чтобы он не провернулся самопроизвольно.

Микросхема DD6 PST529 используется для установки контроллера в исходное состояние при подаче на него питания.

При управлении решеткой грубо сигнал с компьютера подается на четырехфазный драйвер LINISTERPER, который мы применили для совместной работы с шаговым двигателем. Когда двигатель ШД-2 не вращается, напряжение, питающее его, автоматически отключается. Таким образом, двигатель с редуктором растормаживают ось решетки и не влияют на работу двух других приводов на ось.

5 Точность индикации поворота решетки

На телескопе БСТ-2 до недавнего времени использовалась только оптическая система контроля положения решетки. Было решено разработать блок, который позволит улучшить точность отсчета с дальнейшей визуализацией на цифровом индикаторе и сопряжением с компьютером. Основным элементом этого блока есть датчик угла поворота (ДУП), с помощью которого можно получить данные о положении решетки. Выбранный датчик должен отвечать следующим требованиям: иметь достаточно высокое разрешение, в нашем случае позволить установить решетку с точностью не хуже 0.1° , быть малогабаритным и с небольшим выделением тепла.

Выбор пал на датчик AS5048A¹, который представляет собой 14-разрядный бесконтактный магнитный энкодер. Его принцип действия основан на эффекте Холла. Абсолютные значения измененного угла передаются в управляющий микроконтроллер в форме ШИМ-сигнала с точностью 12 бит, а также по интерфейсу SPI с точностью 14 бит. Для этого датчика не нужно после каждого включения искать реперную точку. После того, как устройство установлено на рабочее место, нулевое положение записывается в AS5048A с компьютера только один раз простой командой по интерфейсу SPI, без использования специальных программирующих устройств.

¹ <http://ams.com/eng/Products/Position-Sensors/Magnetic-Rotary-Position-Sensors/AS5048A>

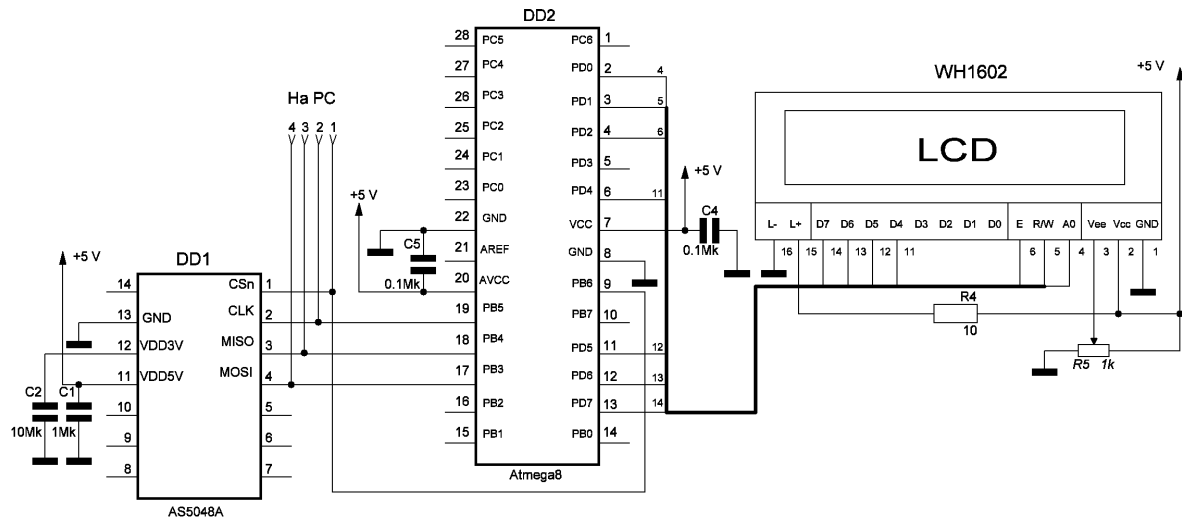


Рис. 5. Схема индикации положения решетки

Мы закрепили магнит и датчик в верхней части решетки (см. рис. 2). На торце вала в дюралюминиевой оправе толщиной 8 мм установлен магнит, так как в область магнита радиусом 5–8 мм ферромагнетики вносить не рекомендуется, а ось решетки в нашем случае стальная. Над магнитом на расстоянии 1.5 мм закреплена плата с микросхемой – датчиком AS4048A. Для облегчения совмещения центра магнита с центром датчика, над последним закреплена тefлоновая направляющая втулка.

На рис. 5 показана принципиальная схема индикации положения решетки. Сигнал с микросхемы датчика DD1 по шине SPI передается на вход микроконтроллера Atmega8 (DD2) с разрядностью 14 бит. Программная линеаризация и усреднение, осуществляемые микроконтроллером, при условии выполнения всех требований по механике, упомянутых выше, позволяют достигнуть точности угловых измерений 0.05° . Это для нашего случая является вполне приемлемым. С выхода микросхемы DD2 информация поступает на цифровой LCD-индикатор WH1602 (двухстрочный, шестнадцатисимвольный), который расположен на центральном пульте управления, в удобном для наблюдателя месте. Так же с выхода микросхемы DD1 информация о положении решетки передается и в компьютер.

6 Заключение

Созданная система позволила управлять решеткой как в ручном режиме, так и при помощи компьютера. Дискретность установки решетки равна $1.72''$. Точность измерения положения решетки улучшена в два раза и достигла 0.05° . Процесс съема информации о положении решетки в спектрографе телескопа БСТ-2 автоматизирован.

Используя современную элементную базу, микроконтроллеры, энкодеры, LCD-индикаторы, SMD-монтаж элементов, удалось изготовить компактные, малогабаритные электронные блоки, излучающие минимум тепла в спектрографе телескопа, и существенно увеличить время наработки на отказ аппаратуры.

Литература

- Букач А.Б., Дидковский Л.В., Степанян Н.Н., Суница Г.А., Щербакова З.А. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1990. Т. 82. С. 172.
Емельянов А.В., Шилин А.Н. // Шаговые двигатели: Учебное пособие. Волгоград: ВолгГТУ. 2005.