

УДК 520.224.4

Возможности системы управления и панорамная поляриметрия на 2-м телескопе обсерватории на пике Терскол

Н.В. Карпов

Международный центр астрономических и медико-экологических исследований НАН Украины
karpov@mao.kiev.ua

Поступила в редакцию 24 октября 2011 г. Доклад на совещании Рабочей группы «Поляриметрия» в НИИ «КрАО» 19–20 апреля 2011 г.

Аннотация. Описаны возможности системы управления 2-метрового зеркального телескопа системы Ричи-Кретьена-куде, установленного в высокогорной обсерватории на пике Терскол. Приведены особенности системы, содействующие проведению качественных наблюдений. Для панорамной поляриметрии использовался двухканальный фокальный редуктор Института аэронауки Макса Планка (ФРГ). Кратко описана конструкция и работа поляриметра, приложен список объектов наблюдений и перечень ссылок на статьи, в которых содержатся результаты исследований.

POSSIBILITIES OF THE CONTROL SYSTEM AND IMAGING POLARIMETRY AT THE 2M-ZEISS-RCC TELESCOPE OF THE PEAK TERSKOL OBSERVATORY, *by N.V. Karpov*. The new Telescope Control System was developed for the 2m-Zeiss-RCC telescope at the Peak Terskol Observatory. The main features of TCS and its possibilities are presented. The Two-Channel Focal Reducer of the Max-Planck-Institute for Aeronomy was used for the imaging polarimetry. The construction of polarimeter and its operation are briefly described, the lists of observable objects and references to papers including results of polarimetric observations are given.

Ключевые слова: система управления телескопом, фокальный редуктор, панорамный поляриметр, наблюдения тел солнечной системы

1 Введение

Двухметровый зеркальный телескоп системы Ричи-Кретьена-куде фирмы Карл Цейс (Carl Zeiss) введен в действие в обсерватории на пике Терскол в 1994 г. С этого момента он был оснащен современными наблюдательными приборами, выполнено много интересных наблюдательных программ, в том числе и поляриметрических. Благодаря активному участию в международной кооперации астрономических исследований и высокогорному астроклимату 2-м телескоп сумел заслужить хорошую репутацию в астрономическом сообществе. В связи с этим представилась возможность обновить систему управления телескопа и улучшить технологию проведения на нем астрономических наблюдений.

Основные цели, которые были реализованы:

Возможности системы управления и панорамная поляриметрия...

- повышение надежности работы системы управления на основе промышленных элементов автоматизации широкого применения фирмы SIEMENS SIMATIC S7-300;
- повышение безопасности работы телескопа и комфорта управления;
- существенное улучшение позиционирования телескопа и сопровождения объектов наблюдения путем автоматической корректировки ошибок;
- управление телескопом через дистанционный доступ с любого компьютера локальной сети обсерватории или через Интернет;
- полный контроль доступа к телескопу, действий обслуживающего персонала, условий наблюдений и времени использования в наблюдениях.

Современная система управления 2-метрового телескопа обеспечивает:

- Службу времени с использованием внешнего NTP-сервера и расчет звездного времени из UTC.
- Автоматическое позиционирование купола на азимут трубы телескопа и сопровождение во время наблюдения.
- Абсолютную калибровку положений часовой оси и оси склонения.
- Автоматическую корректировку с учетом прецессии и нутации, годовой абберации.
- Автоматическую поправку за рефракцию в атмосфере с измерением давления, влажности и температуры.
- Автоматическую корректировку неточности направления на полярную ось.
- Автоматическую корректировку неточности нуль-пунктов часовой оси и оси склонения.
- Автоматический учет неперпендикулярности часовой оси и оси склонения, оси склонения и оптической оси главного зеркала, учет изгиба трубы и оси склонения.
- Непрерывный расчет корректировок при позиционировании на новые координаты и в процессе наблюдений.
- Офсетную установку телескопа и задание дифференциальных скоростей слежения по оси склонения и часовой оси для наблюдений объектов с собственным движением.
- Контроль движений таким образом, чтобы телескоп не попал под горизонтальное ограничение, дублированный контроль диапазонов движения для всех механизмов.
- Защиту точных механизмов всех сервоприводов путем ограничения максимальных ускорений и усилий торможения (регулирование максимального момента).
- Управление основными движениями телескопа, фокусировками, куполом при помощи ручных проводных пультов управления из любой аппаратной и платформы наблюдателя.

Система управления 2-метрового телескопа непрерывно ведет базу данных, в которую входят:

- Ведение журнала наблюдений и регистрация работы с системой.
- Регистрация входа пользователей в систему.
- Регистрация важных команд (дата, время, команда).
- Регистрация сигналов тревоги (дата, время появления), описание ошибки, время ее завершения.
- Местное или дистанционное администрирование и диагностика системы.
- Регистрация подключений дополнительных компьютеров при помощи протокола связи ТСР/IP и управление телескопом при наблюдениях с помощью специализированных программ.
- Регистрация качества электропитания, давления, влажности, температуры.

2 Особенности системы управления

Для выполнения качественных наблюдений в фокусе Кассегрена система управления обеспечивает ряд дополнительных режимов работы 2-м телескопа. Способность выполнять поляризацию слабых объектов, повышать качество измерений при длительных экспозициях, измерять поляризацию движущихся объектов, таких как астероиды, кометы, спутники планет, появляется при гидировании телескопа с высокой точностью. Для поляриметрии тел солнечной системы необходима также точная установка положения ротатора телескопа. Важными являются возможности управления приборами и компьютерной обработки поступающих данных.

Телескоп оснащен контроллером, который устанавливается на позиционном подшипнике и служит многофункциональным устройством установки штатных приборов телескопа. В контроллер встроены офсетный гид, который работает в тех же условиях, что и основные приемники, и питается от главного зеркала телескопа. Цифровой офсетный гид с CCD-приемником позволяет избежать потерь наблюдательного времени, вызванных рядом причин. Время поиска подходящей звезды гидирования сокращается при использовании в наблюдениях каталога GUIDE 8 совместно с USNO 2.0. Алгоритм управления гидом составлен таким образом, чтобы рассчитывать астрономические координаты текущего положения призмы с учетом угла ротатора относительно центра поля телескопа. Также учитывается направление и запас хода гида до конечных ограничителей на все время заданной экспозиции в наблюдениях объектов с собственным движением. Диапазон звездных величин для качественного сопровождения объектов расширяется путем быстрого суммирования в участках ROI во время работы слежения (режим tracking).

Изображение попадает на CCD-приемник гида с помощью оптической системы, перемещающейся на каретках с микрометрическими винтами в фокальной плоскости фокуса Кассегрена. Гид имеет собственный узел фокусировки офсетного изображения в диапазоне 12 мм. Направляющее поле гида составляет 125 x 125 мм.

Выходной узел гида имеет механизм переключения поля зрения и позиционирования светофильтров. Основные параметры гида, измеренные по паре звезд MIZAR:

- Масштаб изображений 0.11 угл. сек на пиксел для камеры SBIG ST-7.
- Поле зрения офсетного гида составляет 11'.
- Число шагов на одну угл. сек по часовой оси – 154.10.
- Число шагов на одну угл. сек по склонению – 153.03.

Скорость движения программируется, вплоть до максимальной скорости 4000 шагов/сек (или до 10000 шагов/сек с плавным ускорением).

Управление ротатором осуществляется специальным серводвигателем с червячным приводом. Для точного отсчета положения позиционного подшипника установлен абсолютный датчик угловых перемещений фирмы Kubler типа 1024, а для контроля диапазона поворота и защиты кабелей от скручивания – датчики начального положения и концевые микровыключатели.

Положение ротатора отсчитывается с точностью 0.01 градуса и устанавливается в диапазоне от 0 до 180 градусов.

Положение ротатора учитывается при установке гида на звезду гидирования.

Двухметровый телескоп оснащен промышленным компьютером, установленным на трубе телескопа у фокуса Кассегрена. Такое размещение является оптимальным для обслуживания современных CCD-камер со скоростными интерфейсами и вспомогательного оборудования штатных наблюдательных приборов. Дополнительным преимуществом является повышение

Возможности системы управления и панорамная поляриметрия...

качества получаемых результатов и расширение возможностей управления телескопом в процессе наблюдений. Промышленный компьютер Voxer AEC-7450 с набором программ и драйверов астрономического назначения, подключенный к локальной сети через Wi-Fi, имеет

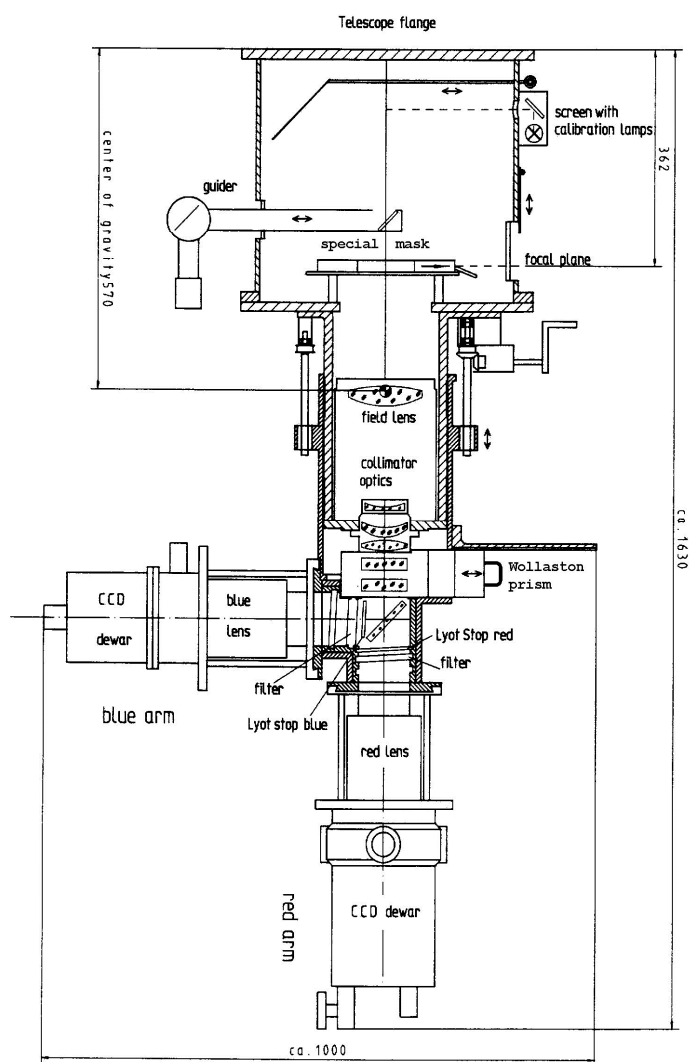


Рис. 1. Общая схема двухканального фокального редуктора 2-м телескопа в режиме панорамного поляриметра

средства удаленного доступа и управления через UltraVNC и работоспособен в диапазоне температур от -40 до $+80^{\circ}\text{C}$. Во время наблюдений к компьютеру подключают камеры CCD – SBIG ST-4 (COM-порт) для работы офсетного гида контроллера телескопа, SBIG ST-7 (LPT-порт) или SBIG ST-6 для поддержки наблюдений широкоугольным искателем, SBIG STX-402 (USB-порт) для наблюдения и гидирования с искателем телескопа, Fly PL 4301 (USB-порт) или APOGEE 47+ (Ethernet-порт) как основные камеры штатных фотометров. Для запуска и оптимального использования компьютера система управления телескопа дополнена

элементами программного включения, обеспечивает его электропитание и имеет входы для подачи гидирующих сигналов в систему движения телескопа.

3 Двухканальный редуктор – поляриметр

Фокальный редуктор – четырехлучевой панорамный поляриметр использовался в наблюдениях на 2-м телескопе в обсерватории на пике Терскол с 1996 г. по 2003 г. по кооперативной программе с Институтом астрономии Макса Планка (Йокерс и др., 2000). Активное участие в проектировании, изготовлении инструмента, разработке методики наблюдений и обработки измерений приняли проф. Клаус Йокерс, Н.Н. Киселев и др. (Гейер и др., 1996). Фокальный редуктор уменьшает фокусное расстояние телескопа в 2.86 раза.

На рис. 1 приведена общая схема решения прибора. После линзового коллиматора в параллельном пучке устанавливается склейка из четырех призм Волластона, а в фокальную плоскость специальная маска, которая позволяет одновременно получать изображение объекта и фона. Все четыре призмы собраны параллельно одна к другой с точностью лучше $\lambda/4$. Полученный параллельный пучок делится на два канала цветовым делителем. Фильтры и другие компоненты могут быть помещены в красные и синие параллельные лучи позади цветового делителя. Два отдельных объектива с фокальной длиной 140 мм, один для синего спектрального диапазона (355–500 нм) и другой для красного спектрального диапазона (420–700 нм и более с дополнительной подстройкой) отображают лучи на двух отдельных чипах CCD-светодиодов в азотных криостатах. При формате CCD Photometrics 561 x 512 пикселей размера 27 мкм 1 пиксель соответствует 1.00 угловой секунде. Сменный цветовой делитель отражает свет в диапазоне 355–450 нм, 355–500 нм и 355–520 нм, а пропускает излучение с длиной волны более 500 нм, 570 нм или 580 нм соответственно. Поле для поляриметрии составляет 1.3 x 1.3 угловые минуты.

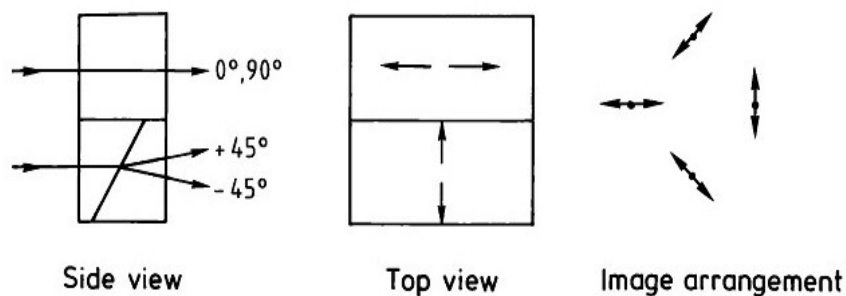


Рис. 2. Оптическая схема размещения направлений поляризации в изображении

Принцип расщепления изображения показан на рис. 2. Измерение основано на одновременной регистрации четырех изображений объекта с направлениями поляризации 0° , 45° , 90° и 135° . Возможность получения одновременных отсчетов является преимуществом при наблюдениях быстроменяющихся объектов, таких, например, как кометы. Преимущество поляриметра – отсутствие движущихся частей. С другой стороны используется только половина входного потока для определения каждого параметра Стокса и достижение точности лучше 1 % является тяжелой задачей для астрономических объектов малой яркости.

Возможности системы управления и панорамная поляриметрия...

На рис. 3 приведен пример кадра наблюдений кометы, который получен на CCD-камере Photometrics AT200. Формат изображения 561 x 512 пикселей (добавлены столбцы по 25 пикселей с каждой стороны кадра для определения BIAS).

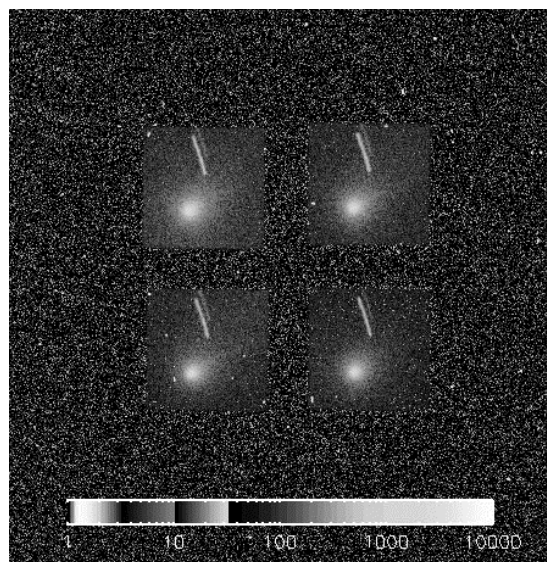


Рис. 3. Пример изображения объекта (комета) на кадре CCD-камеры Photometrics, один пиксел соответствует 1 угл.сек, формат 561 x 512

4 Объекты и результаты

Результаты, полученные на Терсколе вошли в Database of Comet Polarimetry: Analysis and Some Results (EMP 2006).

С 1996 г. на 2-м телескопе наблюдали и исследовали поляризацию для таких объектов:

Астероиды – 2100 Ra-Shalom (Киселев и др., 1999а,б), 44 Nysa (Розенбуш и др., 2009), 64 Angelina (Йокерс и др., 2005), NEA 33342 1998 WT24 (Киселев и др., 2002).

Кометы – 21P/GIACOBINI-ZINNER (Киселев и др., 2000а,б), C/1996 Q1 (Tabur) (Киселев и др., 2001), C/2000 WM 1 (Linear) (Бонев и др., 2008), C/1999 J3 (LINEAR), C/1998 U5 (LINEAR), C/1995 O1 (Hale-Ворр) (Йокерс и др., 1997), 46P/ Wirtanen (Йокерс и др., 1998), C/1999 H1 (Lee), Borelli.

Как видно из приведенного перечня ссылок, часть наблюдений была выполнена в успешном сотрудничестве с НИИ «Крымская астрофизическая обсерватория».

В настоящее время реализуется проект по совместному изготовлению двух новых поляриметров, один из которых предназначен для установки на 2-м телескопе обсерватории на пике Терскол в качестве штатного прибора. Создание новых поляриметров позволит расширить возможности синхронных наблюдений и сотрудничества обсерватории на пике Терскол с НИИ «КрАО» в астрономических исследованиях.

Литература

- Бонев и др. (Bonev T., Jockers K., Karpov N.) // *Icarus*. 2008. V. 197. Issue 1. P. 183.
- Гейер и др. (Geyer E.H., Jockers K., Kiselev N.N., Chernova G.P.) // *Astrophys. Space Sci.* 1996. V. 239. P. 259.
- Йокерс и др. (Jockers K., Rosenbush V.K., Bonev T., Credner T.) // *Earth, Moon, and Planets*. 1997. V. 78. № 1–3. P. 373.
- Йокерс и др. (Jockers K., Credner T., Bonev T.) // *Astron. Astrophys.* 1998. V. 335. L56.
- Йокерс и др. (Jockers K. et al.) // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies. Suppl. Ser.* 2000. № 3. P. 13.
- Йокерс и др. (Jockers K., Rosenbush V.K., Kiselev N.N., Shakhovskoj N.M., Efimov Yu.S., Shevchenko V.G.) // *Icarus*. 2005. V. 178. P. 222.
- Киселев Н.Н., Розенбуш В.К., Йокерс К. // *Астрон. вестник*. 1999а. Т. 33. № 3. С. 222.
- Киселев и др. (Kiselev N.N., Rosenbush V.K., Jockers K.) // *Icarus*. 1999б. V. 140. P. 464.
- Киселев и др. (Kiselev N.N., Jockers K., Rosenbush V.K.) // *Earth, Moon, and Planets*. 2000а. V. 82–83. P. 141.
- Киселев и др. (Kiselev N.N., Jockers K., Rosenbush V.K., et al.) // *Planet. Space Sci.* 2000б. V. 48. P. 1005.
- Киселев Н.Н., Йокерс К., Розенбуш В.К., Корсун П.П. // *Астрон. вестник*. 2001. Т. 35. № 6. С. 531.
- Киселев и др. (Kiselev N.N., Rosenbush V. K., Jockers K., Velichko F.P., et al.) // *Proc. of conf. “Asteroids, Comets, Meteors 2002”* / Ed. B. Warmbein. ESA SP-500. 2002. P. 887.
- Розенбуш и др. (Rosenbush V.K., Shevchenko V.G., Kiselev N.N., Sergeev A.V., Shakhovskoy N.M., Velichko F.P., Kolesnikov S.V., Karpov N.V.) // *Icarus*. 2009. V. 201. Issue 2. P. 655.