

# Система управления электромеханизмами купола телескопа

Владимир Шитов, Николай Панков, Александр Беляев

Рассмотрен программно-аппаратный комплекс новой системы управления электромеханизмами купола зеркального телескопа им. Г.А. Шайна как подсистемы разрабатываемой комплексной автоматизированной системы. Сформулированы основные требования, предъявляемые к системе. Представлены некоторые результаты натурных испытаний.

## ВВЕДЕНИЕ

Зеркальный телескоп имени академика Г.А. Шайна (ЗТШ) – крупнейший оптический телескоп на Украине (диаметр главного зеркала 2,6 метра, рис. 1) – был построен Ленинградским оптико-механическим объединением для НИИ «Крымская астрофизическая обсерватория» в 1960 году [1]. ЗТШ – это универсальный инструмент для самых разнообразных астрофизических исследований. За полувековой срок службы на нём был получен целый ряд важных научных результатов.

Созданный в середине XX века, он был третьим телескопом в мире по раз-



Рис. 1. Башня ЗТШ (створки и забрало открыты)

меру главного зеркала и в техническом отношении являлся инструментом на уровне того времени. За прошедшие десятилетия регистрирующие и анализирующие приборы, установленные на телескопе, неоднократно обновлялись, что позволяет и сегодня успешно выполнять наблюдения на телескопе по ряду важнейших научных программ. Однако система управления телескопа, разработанная на основе электромеханических и электровакуумных компонентов, оставалась неизменной с момента создания. При проектировании новой автоматизированной системы управления (АСУ) основной задачей являлась максимальная автоматизация наблюдений на телескопе, что потребовало использования накопленного на сегодняшний день опыта автоматизации больших телескопов и промышленных процессов.

## Автоматизированная система управления ЗТШ

АСУ предназначена для управления работой, которую невозможно или неэффективно выполнять с необходимой скоростью и точностью без её применения. Кроме того, АСУ должна помочь принимать обоснованные решения в тех или иных ситуациях и сводить к минимуму опасность ошибочных действий персонала, а в идеале – и вовсе их предотвращать. Целесообразность внедрения АСУ определяется множеством факторов как экономического (например, энергоёмкость), так и технического (скорость принятия реше-

ний, повышение точности системы и т.п.) характера.

На основе анализа современного состояния в области автоматизации и предлагаемых промышленностью компонентов предложена структура новой автоматизированной системы управления ЗТШ. Она содержит большое число взаимосвязанных элементов, которые условно могут быть объединены в следующие одноуровневые подсистемы управления: рефлектором, положением диагонального зеркала, электромеханизмами купола, фокусировкой, фотогидом.

К настоящему времени разработана, изготовлена и внедрена система управления электромеханизмами купола (рис. 2), описанию которой и посвящена статья. Система предназначена для управления положением купола по произвольному закону в режиме регламентных работ, а также для управления положениями забрала и створок (закрыто, приоткрыто, открыто). В режиме синхронизации система ориентирует центр щели купола в направлении оптической оси трубы телескопа, при этом она превращается в систему автоматического управления.

## ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЗМАМИ КУПОЛА

Положение рефлектора измеряется с помощью датчиков часового угла и угла склонения. Поскольку рефлектор не имеет как таковых осей часового угла и

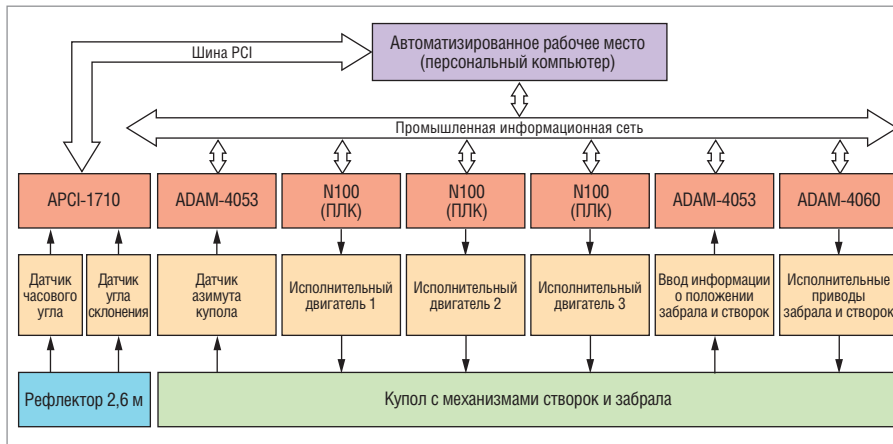


Рис. 2. Схема автоматизированной системы управления электромеханизмами купола

склонения, многооборотные абсолютные датчики установлены на осях червяков механизмов главного привода (коэффициент редукции 720). Дискрет датчика, приведённый к оси рефлектора, составляет 0,22 угловой секунды (точность старой системы управления в лучшем случае составляла 10 угловых секунд). В качестве датчиков использованы поворотные шифраторы AVM58 компании Pepperl+Fuchs [2, 3], работающие совместно с многофункциональной платой APCI-1710 фирмы ADDI-DATA [4], установленной на шине PCI управляющего компьютера. Информация о предельных положениях рефлектора вводится через модуль дискретного ввода ADAM-4053 компании Advantech [5, 6].

Объект управления представляет собой вращающийся купол ЗТШ с расположенными на нём раздвижными створками и забралом. Масса купола составляет 240 тонн, диаметр – 22 м. Угол поворота купола в азимутальной плоскости ограничен конструкцией и может изменяться в пределах от  $-235$  до  $+315^\circ$ . Конструктивные особенности ЗТШ допускают максимальную величину рассогласования центра щели купола и продольной оси трубы рефлектора до  $5^\circ$ . Этим значением ограничивается максимально допустимая погрешность системы управления при синхронизации купола с рефлектором.

В качестве приводов купола использовались три исполнительных двигателя постоянного тока, управляемых от электромашинных усилителей и расположенных по окружности через  $120^\circ$  [1, 7]. В результате каждый из двигателей воспринимает треть общей нагрузки. Передача вращения от каждого из трёх электродвигателей к поверхности катания купола осуществляется через силовой редуктор, заканчивающийся

ведущим катком, обеспечивающим фрикционное соединение с поверхностью катания. Таким образом, двигатели установлены неподвижно на башне, а вращение купола осуществляется посредством трёх ведущих катков (рис. 3а). В качестве двигателей новой системы применены асинхронные электродвигатели общепромышленного типа АИР-112. Вместе с усилителями мощности (инверторы Hyundai N100) они обеспечивают параллельную работу двигателей (максимальная скорость вращения купола  $\Omega_{\max} = 2,4^\circ/\text{с}$ ). Программируемый логический контроллер (ПЛК) инвертора защищает двигатель от всех аварийных режимов, механических и электрических перегрузок. Для учёта инерционных свойств объекта управления в память ПЛК заносятся значения времени разгона и торможения двигателей.

Приводы забрала и створок работают фактически в релейном режиме (открыто/закрыто). Привод забрала предназначен для открывания забрала перед началом наблюдений или регламентных работ и закрывания его после завершения работ или наблюдений, а так-

же при вынужденном прекращении тех или иных работ из-за выпадения осадков. Условие обязательного закрывания забрала при выпадении осадков вызвало необходимость дублирования электродвигателя. При выходе из строя основного электродвигателя закрывание забрала происходит от резервного электродвигателя [7].

Приводы раздвижных створок предназначены для открывания и закрывания створок. Каждая из створок (левая и правая) имеет индивидуальный привод. Приводы забрала и створок со своими редукторами расположены на подвижной части купола (рис. 3б). Электрическая связь с неподвижной частью осуществляется через кабельную галерею. Информация о положении и состоянии механизмов купола от датчиков через устройство гальванической развязки поступает на модуль ввода дискретных сигналов ADAM-4053. Управление электроприводами осуществляется через модуль вывода дискретных сигналов ADAM-4060. Для согласования и гальванической развязки выходных сигналов модуля со схемой управления приводами разработана плата реле.

Измерение углового положения купола производится с помощью датчика азимута купола. Вследствие невысоких требований к точности в качестве датчика использован абсолютный шифратор EP50S8 фирмы Autonics [8]. Информация об угле поворота вала шифратора представляет собой 10-разрядный двоично-десятичный код. Вес младшего разряда равен  $0,35^\circ$ . Связь датчика с компьютером осуществляется через модуль ввода дискретных сигналов ADAM-4053. Так как полный угол поворота купола составляет  $550^\circ$ , а датчик однооборотный, необходим промежу-

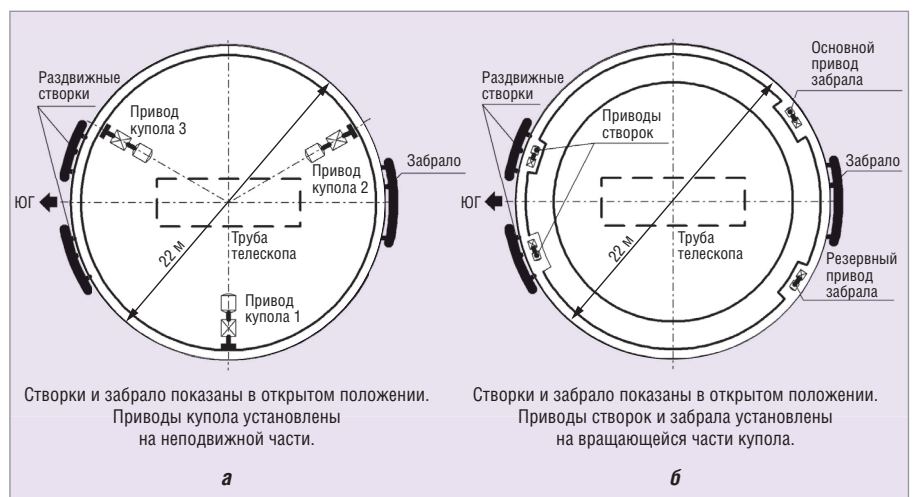


Рис. 3. Расположение электроприводов: а – привод купола; б – приводы забрала и створок

точный редуктор с передаточным числом не менее 1,53. В существующей конструкции связь шифратора с куполом осуществляется через цевочное зацепление и дополнительный понижающий редуктор. Общее передаточное отношение равно 1,71. Такая величина редукции позволит измерять угол поворота купола с дискретностью 0,6°. Этого вполне достаточно для уверенной синхронизации купола с рефлектором, что и подтвердили натурные испытания.

Объединение компонентов системы управления в единую схему реализовано на основе промышленной информационной сети. Использован наиболее распространённый тип сетевой топологии – общая шина [9, 10]. Её основные преимущества – простота и дешевизна, лёгкость переконфигурирования. Общая шина не боится отключения или подключения устройств во время работы. Применение такого интерфейса позволило увеличить помехоустойчивость системы и значительно упростить кабельную сеть. Общая шина хорошо подходит для распределённых объектов (трассы, соединяющие компоненты системы в башне телескопа, достигают 100 метров, а общая длина сети приближается к 1 километру). Она легко модифицируется в топологию звезды. Также естественным образом происходит добавление новых устройств, количество которых практически неограниченно. С «электрической» точки зрения этот интерфейс выполнен по стандарту RS-485 [11]. В качестве среды передачи данных и для подводки питания к узлам и компонентам применён кабель фирмы Belden [12].

### КОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЗМАМИ КУПОЛА

Элементы системы управления по конструктивному и функциональному обрамлениям расположены в шести территориально разнесённых шкафах. Информационная сеть системы последовательно обходит все программно-управляемые компоненты системы (рис. 4).

Управляющий компьютер вместе с дисплеем, клавиатурой и мышью образуют автоматизированное рабочее место в помещении центрального пульта управления (ЦПУ). В шкафу PC (Box1), расположенном в непосредственной близости от компьютера, размещены преобразователь интерфейса RS-232/RS-485, модуль питания периферийных

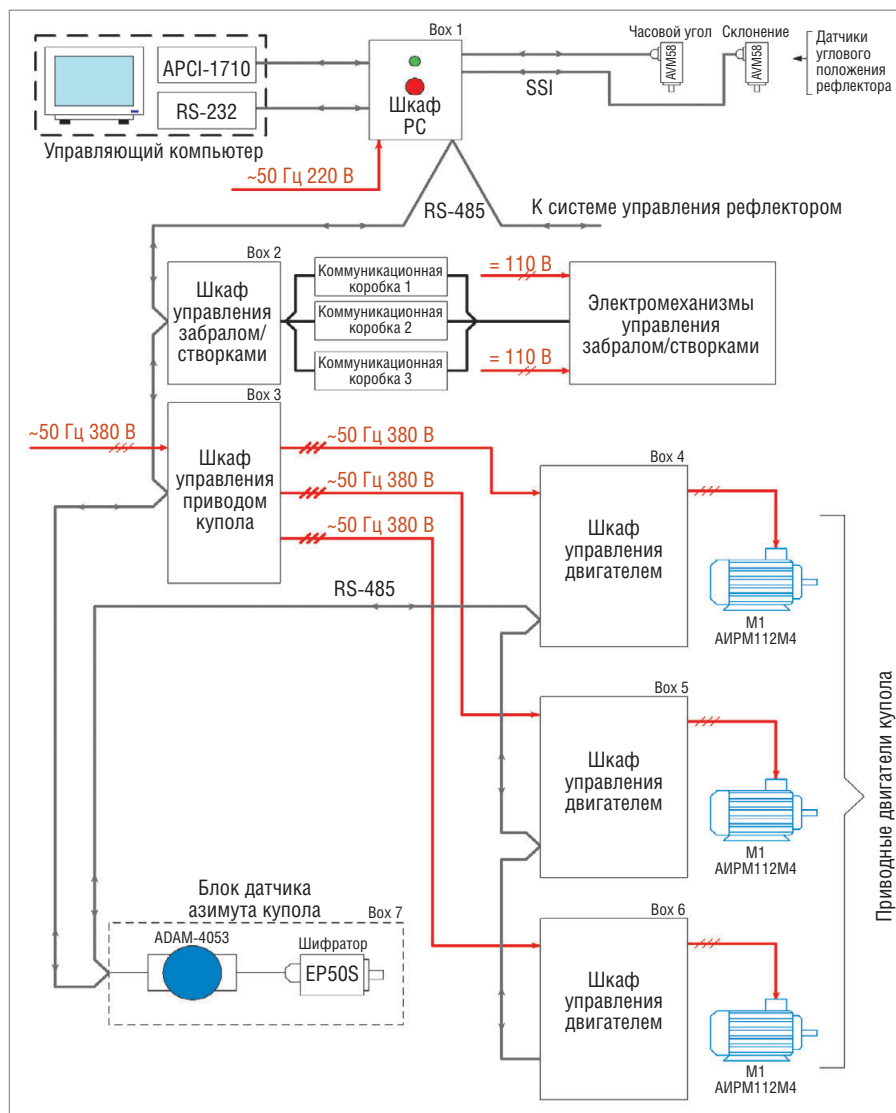


Рис. 4. Топология схемы управления механизмами купола

элементов, информационная шина SSI датчиков AVM58 углового положения рефлектора и две кнопки включения и выключения всей системы. От этого шкафа информационная сеть образует два луча: к системе управления рефлектором и к системе управления электромеханизмами купола. Первым сетевым устройством на пути к системе управления электромеханизмами купола является шкаф управления забралом/створками (Box2), расположенный тоже в помещении ЦПУ. Размещённые в нём компоненты через коммутационные коробки управляют приводами забрала и створок.

Шкаф управления приводом купола (Box3) расположен в подкупольном помещении башни. Его назначение – контроль перегрузок и управление подачей силового питания к шкафам управления двигателями. Эти шкафы (Box4, Box5, Box6) с установленными в них инверторами и тормозными устройствами размещены каждый непо-

средственно около своего двигателя (M1, M2, M3).

Там же установлен блок датчика азимута купола (Box7), содержащий шифратор, модуль ADAM-4053 и дополнительный редуктор.

### ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РЕФЛЕКТОРА И КУПОЛА

Направления осей вращения купола и рефлектора ЗТШ совпадают с направлениями осей в горизонтальной (азимутальной) и экваториальной системах координат соответственно. Для управления куполом важна только одна значимая координата – азимут. В связи с этим для решения задачи синхронизации купола с рефлектором необходим перевод координат рефлектора из экваториальной системы координат в азимутальную систему координат. Этот переход совершается в соответствии со следующими известными уравнениями [13, 14]:

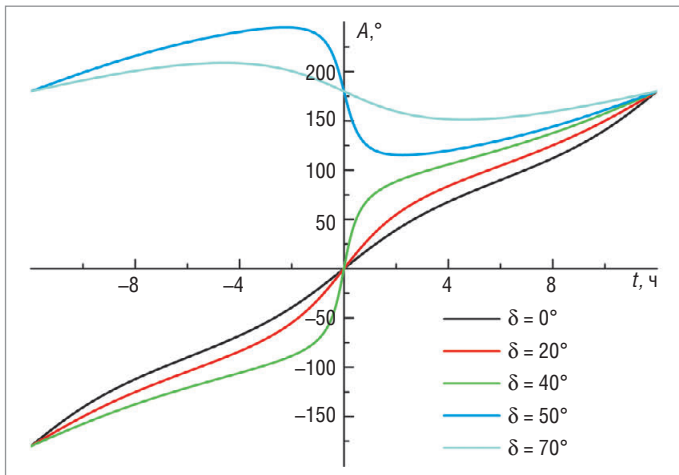


Рис. 5. Зависимость азимута  $A$  от часового угла  $t$  для объектов с разными склонениями  $\delta$

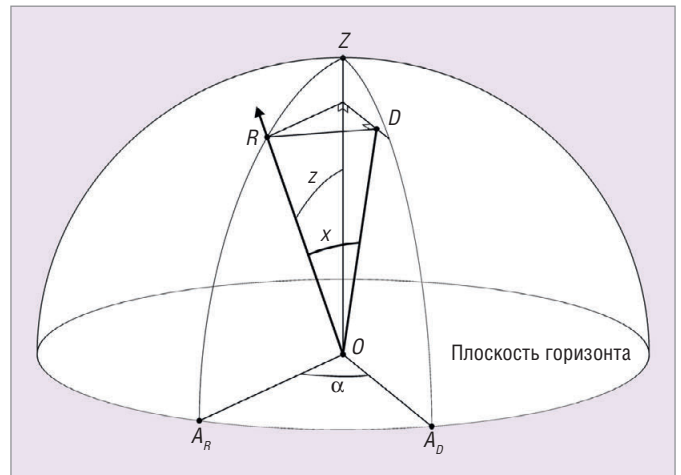


Рис. 6. Взаимное расположение оптической оси рефлектора и щели купола

$\operatorname{tg}(A) = \sin(t) / (\cos(t) \sin(\varphi) - \operatorname{tg}(\delta) \times \cos(\varphi))$ ,  
 $\cos(z) = \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \times \cos(t)$ ,  
 где  $A, z$  – азимут и зенитное расстояние;  
 $t, \delta$  – часовой угол и склонение;  
 $\varphi$  – широта места установки телескопа.  
 По этим уравнениям построены зависимости азимута от часового угла (рис. 5) для объектов с различными склонениями для широты Крымской астрофизической обсерватории (44,728°).

Теоретически азимут может изменяться в пределах от  $-180$  до  $+270$ °, что укладывается в физические пределы угла поворота купола.  
 В плоскости горизонта интересующая нас погрешность будет равна разности азимутов рефлектора  $A_R$  и купола  $A_D$  (рис. 6: здесь  $O$  – точка расположения наблюдателя,  $OZ$  – направление на зенит). В общем случае она является углом между оптической осью рефлектора  $OR$  и плоскостью середины щели ку-

пола ( $OZDA_D$ ). Назовём этот угол  $x$  ошибкой по направлению.  
 Из рис. 6 видно, что ошибка по направлению является более информативной, так как фактически указывает на отклонение купола от оптической оси рефлектора, а не от её проекции на горизонт, причём  
 $\sin(x) = \sin(z) \sin(\alpha)$ ,  
 где  $x$  – ошибка по направлению ( $\angle ROD$ ),  $z$  – зенитное расстояние рефлектора,  $\alpha$  – разность азимутов рефлектора и купола.



## ЗАЩИЩЁННЫЕ НОУТБУКИ PANASONIC

ДЛЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ, НАЛАДОЧНЫХ И ДРУГИХ ИНЖЕНЕРНЫХ РАБОТ  
 В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ, НА ПРОИЗВОДСТВЕ И ТРАНСПОРТЕ



	CF-19	CF-31	CF-53	CF-U1
процессор	Core i5	Core i5	Core i5	Atom Z530
набор микросхем	Intel QM67	Intel QM67	Intel QM67	Intel System Controller Hub
дисплей	10,4"	13,1"	14"	5,6"
степень защиты	IP65	IP65	—	IP65
масса	2,3 кг	3,72 кг	2,65 кг	1,06 кг
время работы от батарей	до 9 ч	до 13,5 ч	до 10 ч	до 9 ч

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ PANASONIC



Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В ходе всестороннего анализа эксплуатационных потребностей, учитывая необходимость обеспечить высокую надёжность системы управления, сформулирован ряд требований к программному обеспечению (ПО):

- 1) возможность работы в полностью автоматическом режиме;
- 2) независимое ручное и автоматизированное управление куполом, забралом, створками;
- 3) предоставление оператору всей необходимой информации как для наведения рефлектора, так и для контроля состояния системы в целом и отдельных её составляющих;
- 4) исключение действий оператора, которые могли бы привести к аварийной ситуации;
- 5) запуск программы управления через систему аутентификации пользователей с индивидуальными правами доступа;
- 6) запись в журнал всех действий оператора, сбор статистики по эксплуатации системы для выявления возможных скрытых программных ошибок, неверных действий оператора, отказов системы при авариях и пр.

Для создания ПО были применены платформа Microsoft .Net Framework 4.0 и основной для неё язык программирования – С#. Для построения графического интерфейса использовался пакет Windows Presentation Foundation. В целом это дало возможность за сравнительно короткие сроки создать отказоустойчивую и одновременно достаточно быструю программную среду с легко осваиваемым интерфейсом пользователя. Копия экрана дисплея управляющего компьютера, сделанная при неинициализированном оборудовании, но дающая общее представление о средствах пользовательского интерфейса, представлена на рис. 7.

Как видно, рабочая область экрана разделена на несколько функциональных частей. Сверху расположены элементы управления самой программой и информационные поля.

1. Кнопка «Закрывать» – завершение работы. Эта кнопка доступна только при неработающем алгоритме управления.
2. Переключатель «Автомат/Ручной» – переключение режимов работы. Фактически в первом режиме система

управления становится автоматической, а во втором – автоматизированной. Переключатель доступен тоже только при отключённом алгоритме управления.

3. Кнопка «ПУСК» – собственно запуск алгоритма управления. После запуска алгоритма она превращается в кнопку «ОСТАНОВ» для его завершения. Данная кнопка, как и переключатель «Автомат/Ручной», может быть недоступна, если программная среда не обнаружила оборудования, необходимого для работы.
4. Области для вывода информации о текущей дате/времени, по юлианскому календарю, местном звёздном времени [14], произошедших нештатных ситуациях, а также для отображения контекстной справочной информации. Дата/время – это фактически системное время ПК, день по юлианскому календарю и местное звёздное время рассчитываются на основе даты/времени и долготы расположения ЗТШ. Эта информация доступна в любой момент времени.

При нажатии кнопки «ПУСК» программа проводит инициализацию все-

# Уменьшение объёма,

сокращение затрат и повышение эффективности

с применением новейших технологий

в создании DC/DC-преобразователей

**XP** XP Power

**DC/DC-преобразователи средней и повышенной мощности**



### Серия ICH 50–150 Вт

- Диапазоны входных напряжений: стандартный (2:1) и широкий (4:1)
- КПД до 90%
- Диапазон рабочих температур –40...+100°C
- Одноканальные модели с выходными напряжениями от 2,5 до 24 В
- Габариты (Ш×Г×В): 61×57,9×12,7 мм



### Серия IFH 200 Вт

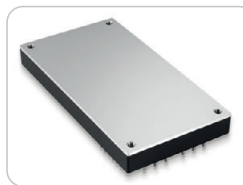
- Диапазон входных напряжений стандартный (2:1)
- КПД до 90%
- Диапазон рабочих температур –40...+100°C
- Одноканальные модели с выходными напряжениями от 2,5 до 48 В
- Габариты (Ш×Г×В): 61×116,8×13,2 мм



### Серия QSB 75–350 Вт

- Диапазоны входных напряжений: стандартный (2:1) и широкий (4:1)
- КПД до 92,5%
- Диапазон рабочих температур –40...+100°C
- Высокая удельная мощность

- Отвод тепла через основание корпуса
- Одноканальные модели с выходными напряжениями от 3,3 до 28 В
- Габариты (Ш×Г×В): 36,8×57,9×12,7 мм; 61×57,9×13,2 мм (QSB150-350)



### Серия QSB600 600 Вт

- Диапазон входных напряжений стандартный (2:1)
- КПД до 92%
- Диапазон рабочих температур –40...+100°C
- Высокая удельная мощность

- Отвод тепла через основание корпуса
- Одноканальные модели с выходными напряжениями от 12 до 32 В
- Габариты (Ш×Г×В): 61×116,8×12,7 мм (формат Full Brick Package)

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XP POWER

**PROSOFT**®

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



Реклама

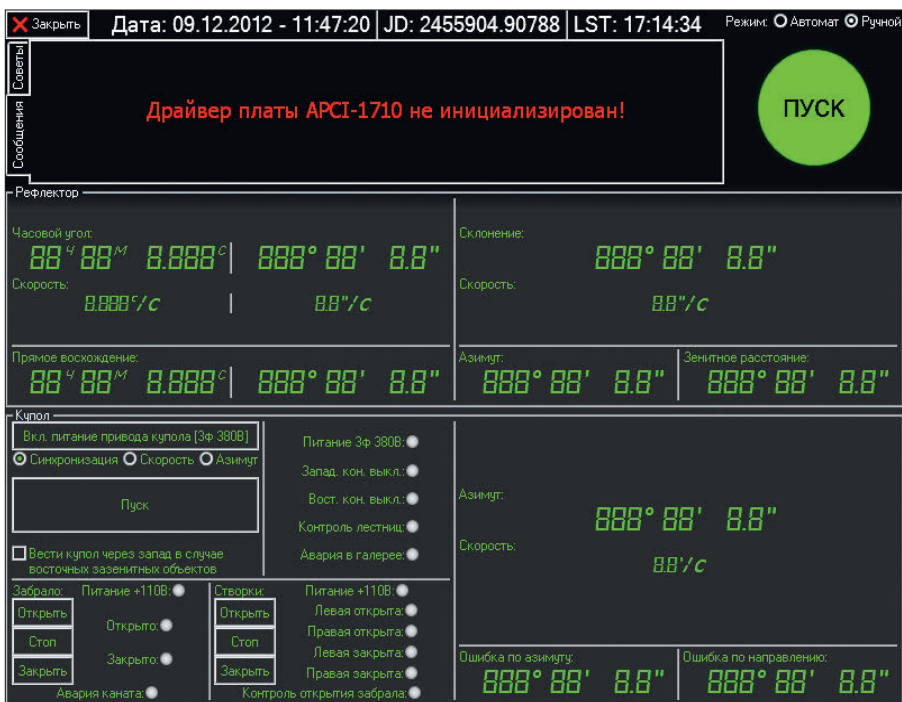


Рис. 7. Графический интерфейс пользователя программного обеспечения системы управления

го оборудования контура управления, а в случае автоматической работы ещё открывает забрало, а затем и створки, после чего начинает синхронизировать купол с рефлектором. После нажатия кнопки «ОСТАНОВ» на все эле-

менты системы подаётся команда останова, а в автоматическом режиме сначала закрываются створки и забрало. На каждом этапе ведётся проверка на возникновение ошибочных или аварийных состояний, и в случае по-

явления таковых проводятся попытка экстренного завершения всех процессов и отмена запуска алгоритма управления.

Ниже на экране расположены области, доступные только после успешного запуска алгоритма управления. Первая из них предназначена для вывода информации о текущем положении и скорости рефлектора. Информация представлена в трёх сферических системах координат: первой и второй экваториальной и горизонтальной топоцентрической. При этом часовой угол, соответствующая скорость и прямое восхождение отображаются как в градусной, так и в часовой мере.

Вторая область содержит органы управления куполом, забралом и створками, которые доступны только в ручном режиме алгоритма. Там же находятся индикаторы питания и индикаторы состояний системы, в том числе и аварийные. Справа выводится информация о величине угла поворота купола и об ошибке управления в двух вариантах — по азимуту, что является разностью между азимутами рефлектора и купола, и по направлению.




**Грандиозная надежность.  
Любая задача выполнима!**

**Компоненты для гражданского и военного применения**



Поворотные переключатели • Промышленные клавиатуры • Механические и оптические энкодеры • Джойстики • Кнопочные переключатели

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ GRAYHILL**



**АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА**  
Тел.: (495) 232-2522 • факс: (495) 234-0640 • info@prochip.ru • www.prochip.ru



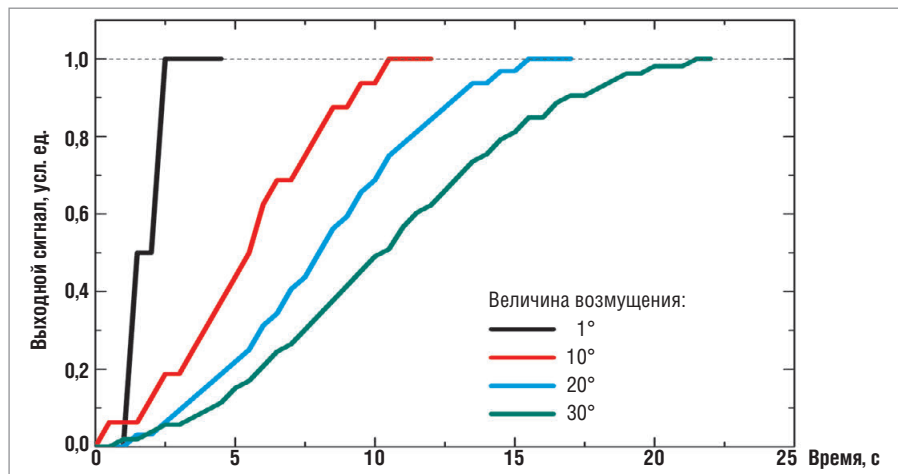


Рис. 8. Переходные процессы в нелинейной системе управления

Для забрала и створок органы управления позволяют задавать направление движения (открыть или закрыть) и остановку в любом положении. Для купола предусмотрены три режима работы, которые становятся доступными только после подачи питания на его приводы. Первый режим – «Синхронизация» – предназначен для совмещения середины щели купола с оптической осью рефлектора, что соответствует автоматическому режиму алгоритма управления. Второй режим – «Скорость» – служит для поворота купола на неопределённый угол, но с заданной скоростью. Третий режим – «Азимут» – используется для поворота купола на заданный угол с максимально возможной скоростью.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

На рис. 8 приведены результаты измерений переходных характеристик системы. Измерялась реакция системы на различные величины (от 1 до 30°) ступенчатых входных возмущений. По оси ординат отложена величина выходного сигнала в условных единицах (нормированная относительно входного воздействия). Время отработки системой ступенчатого возмущения зависит от величины возмущения. Характер этой зависимости указывает на нелинейность системы. Экспоненциальная форма переходных процессов говорит об устойчивости системы в целом.

Область зенита является самой сложной для синхронного движения купола и рефлектора. Это объясняется тем, что азимутальная скорость рефлектора стремится к бесконечности в точке зенита

(см. рис. 5 для объектов с величиной склонения, равной широте места установки телескопа). Купол, имея конечную скорость вращения (см. скорость купола на рис. 9), отстаёт от рефлектора. Это вызывает рассогласование центра щели купола и продольной оси трубы рефлектора в плоскости горизонта на величину, значительно превышающую 5° (см. погрешность по азимуту на рис. 9). Однако погрешность по направлению (рис. 6) значительно меньше и не превышает максимально допустимую погрешность синхронизации (см. погрешность по направлению на рис. 9).



**ADVANTECH**

Enabling an Intelligent Planet

### Серии EKI-1500, EKI-1200

- Два порта Ethernet 10/100Base-TX с функцией резервирования
- Преобразование Modbus RTU/ASCII в Modbus TCP (серия EKI-1200)
- Режимы: виртуальный COM-порт, сервер/клиент TCP и UDP, Serial Tunnel
- Множественный доступ к COM-портам
- Автоматическое восстановление соединения
- Скорость передачи до 926,1 кбит/с
- Защита портов от электростатического разряда до 15 кВ постоянного тока



**EKI-1521**  
1 порт RS-232/422/485



**EKI-1222**  
Шлюз Modbus RTU/ASCII в Modbus TCP



**EKI-1524**  
4 порта RS-232/422/485

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ ADVANTECH

**PROSOFT**<sup>®</sup>

Тел.: (495) 234-0636 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



Реклама

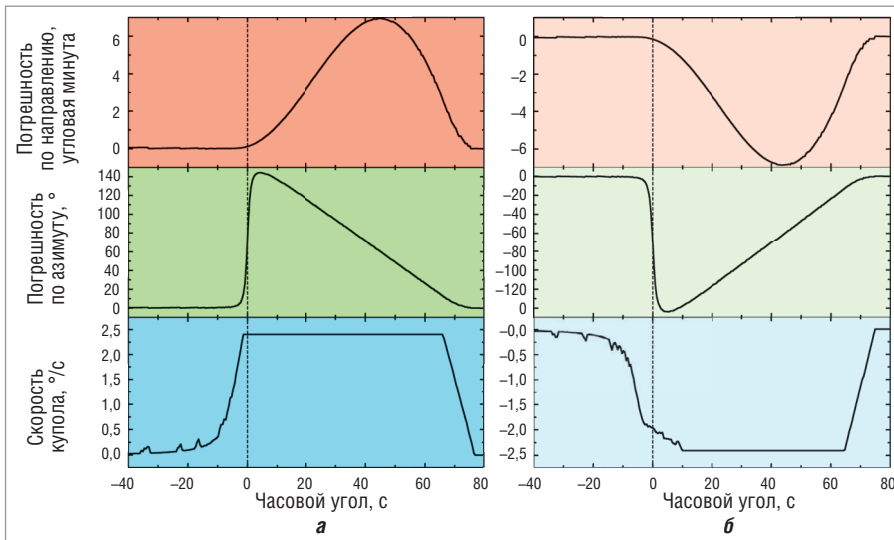


Рис. 9. Погрешности системы управления положением купола в режиме синхронизации при наблюдениях в области зенита (в момент кульминации зенитное расстояние не превышало 9 угловых секунд): при  $\delta < \varphi$  (а) и при  $\delta > \varphi$  (б)

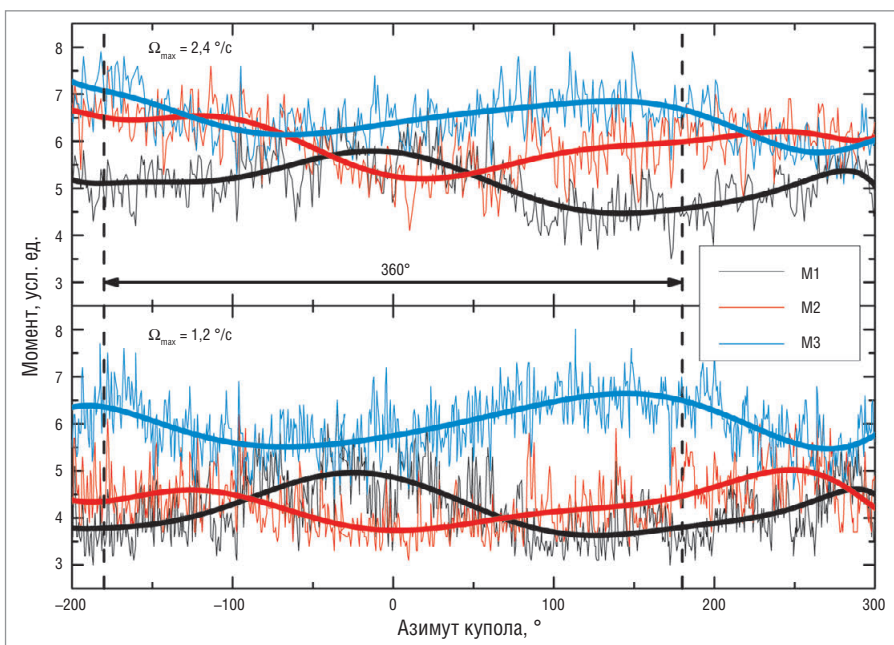


Рис. 10. Изменение моментов нагрузки приводных двигателей при полном повороте купола

Это позволяет иметь непрерывный ряд наблюдений для любых объектов.

Широкий спектр возможностей новой системы позволяет контролировать и фиксировать различные параметры в процессе эксплуатации телескопа, в том числе и не связанные напрямую с наблюдениями. Сюда можно отнести учёт времени работы, контроль питающих напряжений, перерывы в энергоснабжении, температурные режимы работы и многое другое. В качестве примера на рис. 10 приведены диаграммы моментов нагрузки электродвигателей привода купола во всём диапазоне углов поворота. Характер этих диаграмм позволяет оценить состояние конструкции поворотного устройства, качество его регулировки и изменения во время эксплуатации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная структура автоматизированной системы управления телескопом позволяет провести работы по замене старой системы поэтапно, практически без потерь наблюдательного времени. Испытания первой из внедрённых подсистем АСУ ЗТШ – системы управления электромеханизмами купола – подтвердили правильность принципов, заложенных в её основу. Система управления обеспечивает выполнение всех поставленных задач: синхронизации купола с рефлектором, сокращения времени смены наблюдаемых объектов, значительного уменьшения энергопотребления. Она также сводит к минимуму опасность ошибочных действий персонала. Система экс-

плуатируется с июня 2010 года без сбоев. ●

## ЛИТЕРАТУРА

1. Иоаннисиани Б.К., Тамбовский Г.А., Коншин В.М. 2,6-метровый зеркальный телескоп им. акад. Г.А. Шайна // Изв. КраО. – 1976. – Т. LV. – С. 208–223.
2. Жданкин В. Абсолютные датчики углового положения с интерфейсом SSI // Современные технологии автоматизации. – 2004. – № 1. – С. 48–57.
3. Multiturn absolute encoder AVM58-H [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.pepperl-fuchs.com/global/en/classid\\_363.htm?view=productdetails&prodid=45332](http://www.pepperl-fuchs.com/global/en/classid_363.htm?view=productdetails&prodid=45332).
4. APCI-1710: Multifunction counter board, encoder, incremental counter, timer/counter, SSI, PWM [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://addidata.com/encoder-incremental-counter-timercounter-ssi-pwm/>.
5. Локотков А. Устройства связи с объектом. Модули фирмы Advantech // Современные технологии автоматизации. – 1997. – № 2. – С. 32–44.
6. ADAM-4053. 16-ch Digital Input Module [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.advantech.com/products/ADAM-4053/mod\\_A182A318-9A09-40B9-9F3C-9A21717F074B.aspx](http://www.advantech.com/products/ADAM-4053/mod_A182A318-9A09-40B9-9F3C-9A21717F074B.aspx).
7. Техническое описание электроприводов механизмов купола. – М. : ВНИИЭМ, 1960.
8. EP50S Series [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.autonics.com/products/products\\_detail.php?catecode=01/06/02&db\\_uid=54](http://www.autonics.com/products/products_detail.php?catecode=01/06/02&db_uid=54).
9. Локотков А. Интерфейсы последовательной передачи данных. Стандарты EIA RS-422A/RS-485 // Современные технологии автоматизации. – 1997. – № 3. – С. 110–119.
10. Гусев С. Краткий экскурс в историю промышленных сетей // Современные технологии автоматизации. – 2000. – № 4. – С. 78–84.
11. Guidelines for Proper Wiring of an RS-485 (TIA/EIA-485-A) Network [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/AN763.pdf>.
12. Detailed Specifications & Technical Data. 9504 Multi-Conductor – Computer Cable for EIA RS-232 Applications [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.belden.com/techdatas/metric/9504.pdf>.
13. Михельсон Н.Н. Оптические телескопы. Теория и конструкция. – М. : Наука, 1976.
14. Meeus J. Astronomical Algorithms. – Richmond : Willmann-Bell, Inc., 1991.

E-mail: [shytov@mail.ru](mailto:shytov@mail.ru)