

## РЕКОНСТРУКЦИЯ БТА

### ЗАМЕНА ПРИВОДА ЗЕНИТНОЙ ОСИ

Замена привода зенитной оси является вторым этапом и одновременно логическим продолжением начатых в 2000 г. работ по замене главных приводов 6-м телескопа. Первый этап состоял в замене азимутального привода телескопа (см. Отчет САО 1999–2000), который был завершен сотрудниками Обсерватории в 2001 г. Новый привод успешно прошел испытания в течение 12 месяцев опытной эксплуатации, о чем свидетельствует отсутствие каких либо замечаний или неисправностей. Применение сервоприводов типа MOVIDYN® SEW Eurodrive в азимутальном приводе позволило улучшить качественные и эксплуатационные характеристики всего телескопа.

Необходимость замены привода зенитной оси телескопа в основном была обусловлена теми же техническими проблемами, что и в случае с азимутальным. Средняя выработка механического ресурса для подвижных частей существующего электропривода к моменту замены уже достигала 80%. По результатам обследования технического состояния наибольшему износу подверглись коллекторные блоки электромеханических устройств и некоторые фрикционные соединения редуктора. Дальнейшая эксплуатация привода должна была неизбежно привести к резкому увеличению числа отказов и возникновению серьезных проблем по их устранению. К тому ж, динамические, регулировочные и эксплуатационные характеристики отработавшего ресурса привода уже не отвечали целому ряду технических требований, предъявляемых к архитектуре современных систем точного регулирования скорости.

Общий перечень проблем, связанных с дальнейшей эксплуатацией старого привода выглядит следующим образом.

- Невозможность дальнейшего обслуживания из-за отсутствия ЗИПа и прекращения промышленного выпуска отдельных компонентов существующего электропривода.
- Большой объем неэффективных трудозатрат на ремонт устаревшего оборудования и высокие квалификационные требования к обслуживающему персоналу.
- Большое энергопотребление из-за низкого коэффициента полезного действия устройств, приводящее к разогреву стойки телескопа и ухудшению качества получаемых изображений.
- Повышенные динамические нагрузки в узлах механических передач и опор телескопа при изменении режимов движения из-за неоптимального регулирования, которые являются причиной повышенного износа прецизионных соединений и приводят к появлению вынужденных осцилляций.

## UPGRADING OF BTA

### REPLACEMENT OF THE ZENITH AXIS DRIVE

The replacement of the zenith axis drive is the second step and, at the same time, logical continuation of the work on the replacement of the main drives of the 6 m telescope started in 2000. At the first stage the azimuth drive of the telescope was changed for a new one (see SAO Report of 1999–2000). This work was completed in 2001, and during the following 12 months of pilot operation the new drive did not show any shortcomings. The use of servo-drives of the type MOVIDYN® SEW Eurodrive in the azimuth drive improved the qualitative and performance data of the telescope in general.

The replacement of the zenith axis drive of the telescope was mainly necessitated by the same engineering problems as in the case of the azimuth drive. The average wear of the moving parts of the electric drive by the moment of replacement was 80%. The results of inspection showed that the collector units of the electromechanical devices and some friction joints of the reduction gear box got worn most of all. Further service of the drive was bound to cause a sharp increase in the number of failures and pose serious problems in trouble-shooting. Besides, the dynamical, adjusting and performance characteristics of the worn drive did not meet a whole number of requirements placed on the architecture of modern systems of precision speed adjustment.

The general list of problems arising in connection with further operation of the old drive is as follows.

- Impossibility of further servicing because of lack of the spare-parts kit and termination of commercial production of individual components of the existing electric drive.
- Great amount of inefficient man-hours on repairing the worn-out equipment and stringent requirement imposed on the servicing personnel.
- High power consumption due to the low efficiency of the devices causing heating of the pillar of the telescope and deterioration of the image quality.
- Increased dynamic loads in the units of mechanical gears and supports of the telescope on changing the movement conditions on account of the non-optimum adjustment, which bring about the wear of precision joints and result in the appearance of forced oscillations.

- Ограничение частотной характеристики сервопривода на уровне 1 Гц в режиме регулирования скорости не позволяет решать задачу адаптивной стабилизации трубы телескопа при воздействии на нее внешних метеорологических факторов.

- Шумы и вибрации, создаваемые исполнительным электроприводом в стойке телескопа, приводят к заметному ухудшению его качественных и точностных характеристик.

- Необходимость непрерывного обслуживания электромагнитной муфты и коллекторных блоков электродвигателей приводит к снижению надежности и ухудшению эксплуатационных характеристик телескопа.

- Отсутствие цифровых интерфейсов для связи с современными средствами автоматизации и вычислительной техники препятствуют модернизации системы управления телескопа и улучшению его характеристик.

Новый зенитный привод БТА имеет существенно больше различий со старым, чем азимутальный. Главной отличительной чертой новой версии зенитного привода является его одномоторность, реализованная за счет большого диапазона регулирования у сервопривода MOVIDYN® SEW Eurodrive. Для ее реализации пришлось частично изменить кинематическую схему редуктора, убрав из него неэффективные и ненадежные узлы. Построение подобной схемы со старой системой исполнительного привода было принципиально невозможно. Благодаря переходу на одномоторный вариант новый привод получился более эффективным, компактным и надежным. Сравнение характеристик привода зенитной оси до и после реконструкции показывает, что, помимо увеличения ресурса работы привода, повышения надежности и снижения тепловыделения во время его работы в несколько раз, удалось значительно повысить точность регулирования скорости движения телескопа и обеспечить более плавные разгонно-тормозные характеристики телескопа в режиме наведения. На рис. 6 показан вид экрана оператора с включенными панелями контроля привода зенитной оси.

*С.В. Драбек, В.С. Шергин, участки СЭК БТА*

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ 6-М ТЕЛЕСКОПА**

Существующая централизованная автоматизированная система управления 6-м телескопа (АСУ БТА) по своим архитектурным особенностям не позволяет обеспечить требуемые параметры даже с учетом модернизации, замены отдельных узлов и управляющей ЭВМ на более современные.

- Limitation of the frequency characteristic of the servo-drive at a level of 1 Hz in the mode of speed adjustment makes it impossible to perform the task of adaptive stabilization of the telescope tube under the action of external meteorological factors.

- Noises and vibrations created by the executive servomotor in the telescope pillar cause noticeable impairment of its qualitative and precision characteristics.

- Necessity for permanent maintenance of the electromagnetic clutch and collector units of the electromotors causes degradation of reliability and change for the worse of performance characteristics of the telescope.

- Lack of digital interfaces for the communication with updated automatization and computing facilities impedes the upgrading of the control system of the telescope and the improvement of its characteristics.

The new version of the BTA zenith drive, as compared to the old one, has a greater number of distinctions than it was the case with the azimuth drive. The main distinguishing feature of the new version of the zenith drive is that it has a single motor, which is implemented owing to the large range of adjustments in the MOVIDYN® SEW Eurodrive servo-drive. For this to be realized, we had to change partially the kinematics scheme of the reducer having removed from it inefficient and unreliable units. In principle, it was impossible with the old system of the executive drive. Due to changing to the single-motor version, the new drive proved to be more efficient, compact and reliable. Comparison of the performance characteristics of the zenith axis drive before and after the redesigning shows that apart from the increased service life of the drive, improved reliability of operation and reduction of heat liberation a few times, it was managed to appreciably improve the precision of adjusting the speed of the telescope movement under the condition of pointing. Fig. 6 shows the operator's display with the control panels of the zenith axis drive switched on.

*S.V. Drabek, V.S. Shergin, BTA maintenance service*

## **RECONSTRUCTION OF THE 6 M TELESCOPE'S CONTROL SYSTEM**

The existing centralized automated control system of the 6 m telescope (BTA ACS) does not ensure the required parameters even with allowance made for updating or replacement of individual units and the control computer by modern ones because of the architecture characteristic properties.

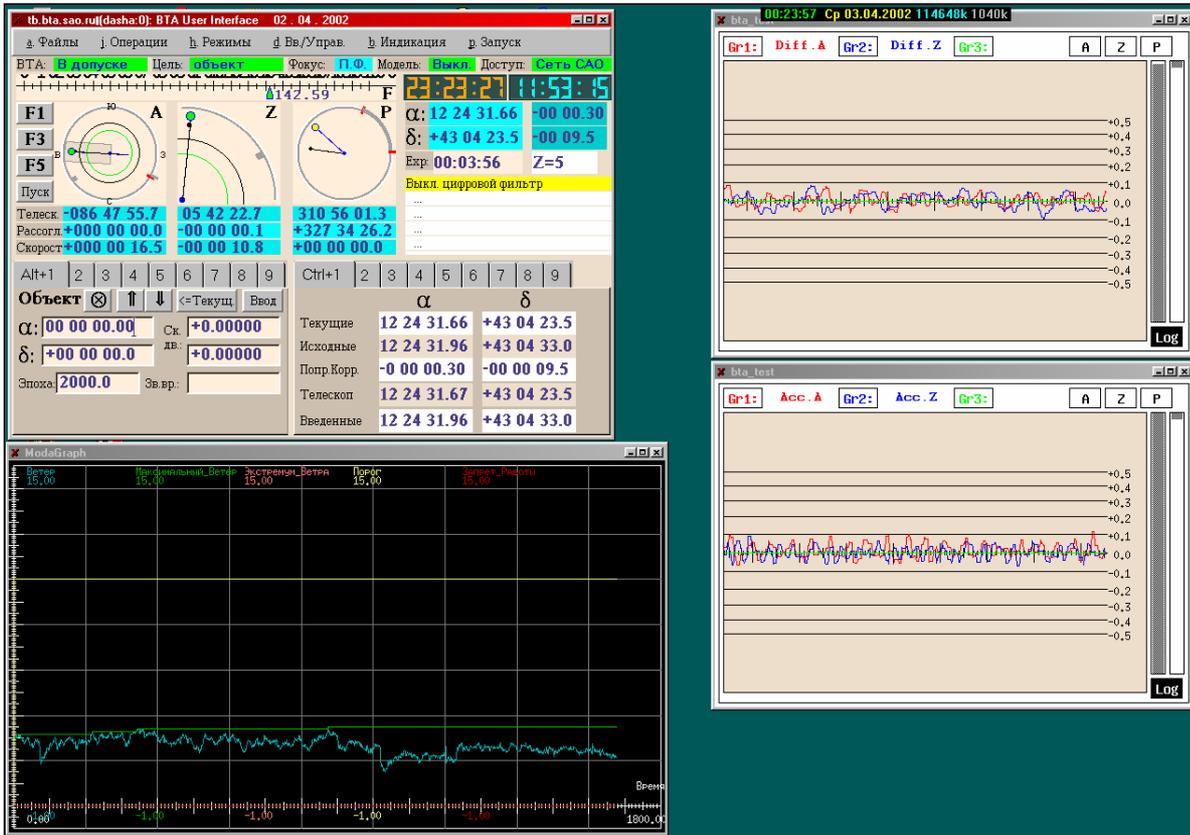


Рис. 6. Вид экрана оператора с включенными панелями контроля привода зенитной оси.

Fig.6. The operator's display with the control panels of the zenith axis drive switched on.

Решение проблемы заключается в полной реконструкции системы управления, т.е. замене на распределенную систему (PCY) с использованием программируемых сетевых контроллеров, размещенных в зонах исполнительных механизмов. Такое решение позволяет сократить большую часть кабельных коммуникаций, и в то же время допускает реконфигурацию и наращивание системы в соответствии с техническими и технологическими требованиями.

Общая структурная схема распределенной системы управления приведена на рис.7.

Основные этапы, выполненные к 2002 г.:

**1998г.** – Разработка общего технического задания на распределенную систему управления (ОТЗ PCY).

**1999г.** – Комплектация системы (оборудование / поставщики / технологии).

**2000г.** – Введена в эксплуатацию базовая версия SCADA системы (Supervisory Control And Data Acquisition System), обеспечивающая управление телескопом и взаимодействие с сетевыми приложениями графических интерфейсов оператора и наблюдателя.

– Осуществлен перевод на цифровые инверторы приводов маслостанции телескопа.

**2002г.** – Введен в опытную эксплуатацию 1-й узел PCY на азимутальной оси.

The problem can be solved by the total reconstruction of the control system, that is, by substitution of distributed system (DCS) with using programmable net controllers located in the zones of actuators. Such solution makes it possible to reduce largely cable communications and at the same time it enables re-configuration and building-up of the system to comply with specifications and process requirements.

The block diagram of the distributed control system is displayed in Fig.7.

The principal stages accomplished by 2002:

**1998** – Development of the general specification for the distributed control system.

**1999** – Integration of the system (equipment / suppliers / technology).

**2000** – The base version of the system SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition System) was put into operation to ensure control of the telescope and interaction with the net applications of the graphical interfaces of the operator and observer.

– A change-over to digital inverters of the oil station drives was completed.

**2002** – The first assembly of the DCS on the azimuth axis was placed into test service.

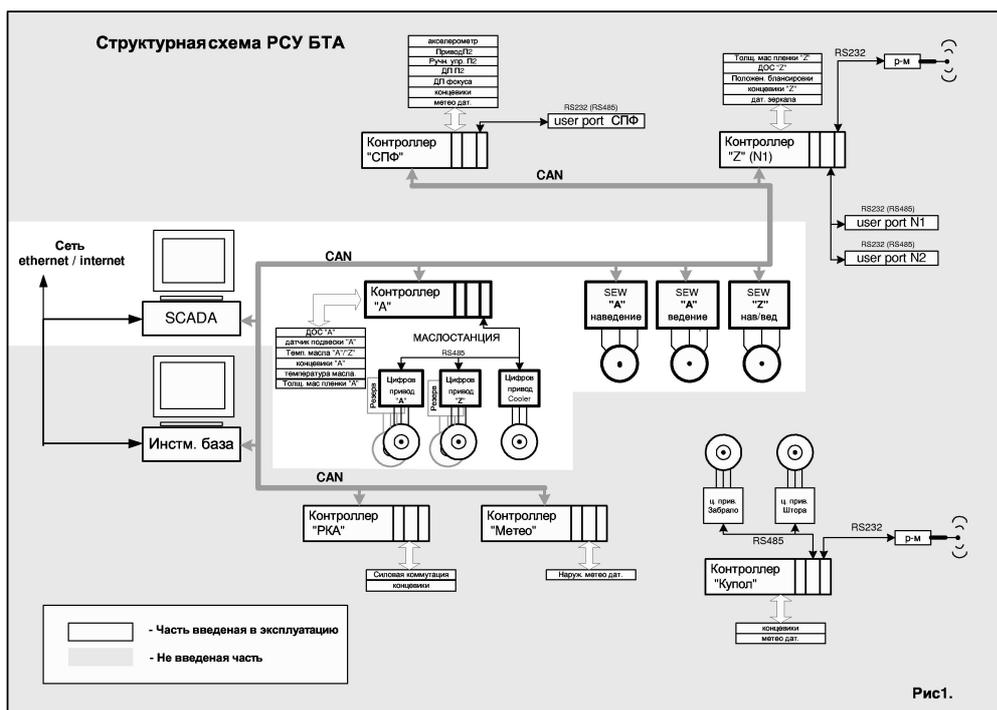


Рис. 7. Структурная схема распределенной системы управления.

Fig. 7. The block diagram of the distributed control system.

**Аппаратно-программная архитектура узла**

Первый узел PCU состоит из программируемого логического контроллера (ПЛК), комплектуемого модулями устройств сопряжения с объектом (УСО), и двух аппаратных контроллеров, обслуживающих датчики положения азимутальной оси телескопа. Аппаратные контроллеры связаны с ПЛК через модули УСО, туда же подается информация о состоянии концевых и блокирующих выключателей. Также в ПЛК вводится аналоговая информация с датчиков подвески привода, температуры и давления масла и других.

Связь ПЛК с управляющей ЭВМ осуществляется по последовательному интерфейсу CAN со скоростью 250 Кбит/с.

Программная часть контроллера состоит из операционной системы реального времени OS9, под управлением которой работают задачи по сбору и обработке данных. Задачи программируются на базе системы разработки проектов автоматизации ISAGRAF.

**Алгоритм управления**

Главная задача контроллера — передавать информацию в управляющую ЭВМ. В классических системах принято, что ЭВМ запрашивает информацию у узла и получает ее каждый раз после запроса. В нашем случае контроллер по своей инициативе отправляет данные в ЭВМ в соответствии с заданным алгоритмом, что снижает нагрузку общего для всех узлов канала связи (CAN).

**Hardware/software architecture of the assembly**

The DCS first assembly hardware consists of a programmable logical controller (PLC) furnished with the modules of the computer-process interface (CPI) and two hardware controllers servicing the position pickups of azimuth axis of the telescope. The hardware controllers are linked with the PLC by the CPI modules, the information about the state of the limit switches and lock-out circuit breakers is supplied there too. The analog information from the sensors of the drive suspension, oil temperature and pressure and others is also introduced into the PLC.

The communication of the PLC with the control computer is executed by the serial interface CAN at a rate of 250 kbite/s.

The software part of the controller incorporates the real time operation system OS9 that controls the data acquisition and reduction. The jobs are programmed on base of the system of projects automatization development of ISAGRAF.

**The control algorithm**

The main task of the controller is to send information to the control computer. It is adopted in classical systems that the computer requests the information from the assembly and receives it every time after request. In our case, the controller sends data to the computer on its initiative in accordance with the specified algorithm, which diminishes the loading of the communication channel (CAN) common to all the units.

Каждый тип данных, собираемых контроллером, требует своей частоты опроса и передачи их в ЭВМ. Например: координата азимута – 12 Гц, состояние конечных выключателей – 1 Гц, температура масла – 1 раз в 5 мин. Каждый тип данных считывается, если требуется, обрабатывается и отправляется в управляющую ЭВМ своей задачей. Каждая задача работает в своем таймерном цикле. Все задачи работают параллельно. Это вызывает некоторую девиацию частоты поступления данных в ЭВМ. Для данных, определяющих координаты телескопа, это недопустимо, поэтому при считывании координаты азимута одновременно к ней приклеивается метка времени. Это позволяет управляющей программе учитывать задержку при последующем расчете реальной координаты и скорости телескопа.

Хотя контроллер работает по жестко зашитой программе, управляющая ЭВМ может обратиться к нему и изменить режим работы, т.е. активизировать выборку каких-то данных или отключить ее.

#### Полевая шина

Все контроллеры объединены между собой и управляющей ЭВМ последовательным интерфейсом CAN. Для повышения эффективности канала передачи и совместимости с протоколом работы цифровых приводов, которые управляются по этой же шине, был разработан свой протокол транспортного уровня (4 уровень мод.OSI). Это, в конечном итоге, упростило процесс программирования интерфейсных процедур и обеспечило максимальную простоту и эффективность использования канала применительно к нашим требованиям.

*С.И. Синянский, участок АСУ СЭК БТА*

### МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС БТА

Одним из источников потерь наблюдательного времени на БТА является существенная тепловая инерция главного зеркала. В рамках программы по снижению этих потерь в 2001–2002 гг. выполнена модернизация метеоконкомплекса БТА, расширена сеть датчиков температуры главного зеркала БТА и подкупольного пространства, уточнена модель тепловых деформаций зеркала при изменении метеословий.

Система измерения и обработки метеопараметров включает в себя набор датчиков температуры, влажности, освещенности, скорости и направления ветра, подключенных к ЭВМ сбора Advantech Pentium III с помощью универсальных измерителей УКТ-38 и ТРМ 138, модуля согласования многоканального измерителя с ПК – АС-2, платы дискретного ввода-вывода с гальванической изоляцией PCL-730. Требования к измерению параметров, обеспечиваемые новым метеоконкомплексом:

Each type of data collected by the controller demands its frequency of inquiry and transmission of them to the computer. For instance, the azimuth coordinate demands 12 Hz, the state of the limit switches – 1 Hz, the oil temperature – 1 time in 5 minutes. Each type of data is read out if needed, processed and send to the control computer by its job. Each job operates in its timer cycle. All the jobs operate in parallel. This causes some deviation of the frequency of coming of data to the computer. For the data that determine the telescope coordinates this is not permissible, because of this, when reading out an azimuth the time label is attached to it simultaneously. This enables the control program to take account of the delay in subsequent calculation of the coordinate and of the telescope speed.

Although the controller operates under wired-in program, the control computer can call it and change the mode of operation, that is, activate the sampling of some data or turn it off.

#### The field bus

All the controllers are connected with one another and with the control computer by the serial interface CAN. To improve the efficiency of the transmission channels and the compatibility with the protocol of operation of the digital drives which are controlled under the same bus, a separate protocol of the transport level (level 4 of mod.OSI) was developed. In the end, this simplified the process of programming of interface procedures and ensured maximum simplicity and efficiency of using the channel as applied to our needs.

*S.I. Sinyansky, ACS of BTA MS.*

### THE BTA METEOROLOGICAL COMPLEX

One of the sources of observing time losses at BTA is the thermal inertia of the main mirror. Within the framework of the program for reduction of the losses, in 2001–2002 the BTA meteorological complex underwent updating, the number of temperature sensors of the main mirror and dome was increased, the model of thermal deformations of the main mirror caused by weather conditions was refined.

The system of measuring and processing meteoroparameters incorporates a set of temperature, humidity, illumination, wind, speed and direction sensors connected to the acquisition computer Advantech Pentium III with the aid of multipurpose meters UKT-38 and TPM 138, index of co-operation of the multichannel meter with a PC AS-2, of the card of discrete input-output with voltaic insulation PCL-730. The requirements placed upon the measurements of parameters ensured by the new meteor complex:

- температура воздуха атмосферы в диапазоне  $-20 \div +35^{\circ}\text{C}$  (абсолютная погрешность  $0.5^{\circ}\text{C}$ );
- давление воздуха атмосферы в диапазоне 580 – 620 мм рт. ст. (абсолютная погрешность 0.5 мм рт. ст.);
- скорость ветра в диапазоне 1 – 65 м/с (абсолютная погрешность – 5%) на высоте 10 м;
- направление ветра в диапазоне 0 –  $360^{\circ}$  (дискретность – 16 румбов);
- относительная влажность воздуха атмосферы в диапазоне 10 – 100%.

Для отображения хода измерений, архивизации и просмотра метеопараметров используется поставляемая в комплекте многоканального измерителя ТРМ-138 программа отображения хода технологического процесса OWEN Process Manager. В настоящее время в сети INTERNET в режиме реального времени помимо названных выше параметров доступны текущие значения температуры примерно в 10 точках главного зеркала. Это позволяет вести дальнейшие работы по активному охлаждению главного зеркала с целью его минимальных температурных деформаций.

*В.Н. Ерохин, участок АСУ СЭК БТА*

- the atmosphere air temperature in the range  $-20 \div +35^{\circ}\text{C}$  (the absolute error  $0.5^{\circ}\text{C}$ );
- the atmosphere air pressure in the range 580–620 mm Hg column (the absolute error 0.5 mm Hg column);
- the wind speed in the range 1 – 65 m/s (the absolute error – 5%) at the height of 10 m;
- the wind direction in the range 0 –  $360^{\circ}$  (discretion of 16 compass points);
- the relative atmosphere air humidity in the range 10–100%.

To represent the process of measurements, archiving and inspection of the meteo parameters, a program for the representation of the engineering process, OWEN Process Manager, supplied in the complete set of the multichannel meter TPM 138 is used. At the present time, apart from the above-mentioned parameters the current temperature values at about 10 points of the main mirror are accessible in the Internet on a real time basis. This allows further work to be done for cooling the main mirror to minimize its thermal deformations.

*V.N. Erokhin, ACS of BTA MS.*