

## Блок управления и контроля электропривода РТ-32 на основе программируемых логических контроллеров

© А. В. Исаенко, А. М. Шишкин

Институт прикладной астрономии РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

Радиотелескопы РТ-32 радиоинтерферометрического комплекса «Квазар-КВО» представляют собой сложные многоэлементные устройства. Функционирование РТ-32 в штатном режиме обеспечивается рядом подсистем, каждая из которых характеризуется набором измеряемых значений. Успешная эксплуатация радиотелескопа возможна только при согласованной работе этих подсистем, требующих непрерывного контроля их состояния и эффективного управления.

Электропривод антенной системы РТ-32 построен по двухскоростной многодвигательной схеме, в работе которой задействованы команды управления, квитанции выполнения команд и электрические параметры функционирования составных частей. С 2010 г. задачи управления электроприводом выполняет модернизированный БУК-М (блок управления и контроля модернизированный). Многолетняя эксплуатация РТ-32 выявила существенные недостатки БУК-М: ограниченное квитирование работы привода, отсутствие автоматизированной регистрации параметров электропривода, устаревание элементной базы. Такие параметры, как якорные токи, характеризующие вращающий момент двигателей и напряжения тахогенераторов, отражающие скорости вращения двигателей, являются наиболее важными для оценки состояния электропривода. Также на работу привода оказывают непосредственное влияние параметры электроснабжения и температурные условия эксплуатации.

Целью работы являются автоматизация управления электроприводом, сбор, отображение и хранение данных об электроприводе для последующей обработки этих данных. Задачи, решаемые в данной работе: обоснование выбора оборудования для автоматизации, внедрение распределённой системы контроля на базе программируемых контроллеров, интеграция системы с существующими компонентами управления радиотелескопом.

Система построена на базе промышленных решений российского производства — программируемых логических контроллерах (ПЛК) Овен. Номенклатура производимых комплектующих даёт широкие возможности по созданию комплексных распределённых систем измерения параметров электропривода. Аппаратная часть контроллеров имеет достаточную производительность для решения поставленных задач. Гибкие возможности программирования контроллеров позволят долгое время поддерживать систему в актуальном состоянии, а также добавлять новый функционал. Ядро системы сбора данных построено на связке программируемого логического контроллера ПЛК110 и сенсорного программируемого контроллера СПК110. В качестве устройств сбора параметров используются блоки аналогового и цифрового ввода данных. Для связи с разнесёнными в пространстве модулями используются цифровые интерфейсы Modbus-RTU и Modbus-TCP. На радиотелескопе РТ-32 используются и другие системы, управляемые ПЛК Овен. Построение системы на базе ПЛК позволило включить её в распределённую сеть управления и контроля всего радиотелескопа.

Предлагаемое аппаратно-программное решение обеспечивает эффективное управление электроприводом, оперативную оценку состояния электропривода радиотелескопа, позволяет прогнозировать возможные отклонения от заданного режима и сигнализировать о необходимых профилактических действиях. Такой подход будет способствовать реализации длительной безаварийной эксплуатации электропривода радиотелескопа.

**Ключевые слова:** Радиотелескоп РТ-32, программируемый логический контроллер, управление, электропривод, блок управления и контроля.

*Контакты для связи:* Исаенко Александр Валерьевич (isaenko@iaaras.ru), Шишкин Александр Михайлович (shishikin@iaaras.ru).

**Для цитирования:** Исаенко А. В., Шишкин А. М. Блок управления и контроля электропривода РТ-32 на основе программируемых логических контроллеров // Труды ИПА РАН. 2025. Вып. 73. С. 22–30.

<https://doi.org/10.32876/ApplAstron.73.22-30>

# Control and Monitoring Unit for the RT-32 Electric Drive Based on Programmable Logic Controllers

A. V. Isaenko, A. M. Shishikin

Institute of Applied Astronomy of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

## Abstract

The RT-32 radio telescopes of the Quasar-KVO radio interferometric complex are complex multi-component devices. The standard operation of the RT-32 is maintained by a set of subsystems, each characterized by measurable parameters. Successful functioning of the radio telescope requires coordinated operation of these subsystems, which necessitates continuous monitoring of their status and precise control.

The RT-32 antenna system's electric drive employs a dual-speed, multi-motor configuration, involving control commands, command execution acknowledgments, and electrical operating parameters of its components. Since 2010, the upgraded Control and Monitoring Unit (BUK-M) have managed drive control tasks. However, long-term operation of the RT-32 has revealed critical shortcomings in the BUK-M, including limited drive operation acknowledgment, lack of automated logging of drive parameters, and outdated hardware. Key parameters for assessing drive performance include armature currents (indicative of motor torque) and tachogenerator voltages (reflecting motor rotation speeds). Additionally, power supply parameters and operational temperature conditions directly influence drive behavior.

This work aims to automate electric drive control, data acquisition, visualization, and storage for subsequent analysis. Key objectives include rationale for automation equipment selection, implementation of a PLC-based distributed monitoring system, and integrating it with existing control infrastructure of the radio telescope.

The system employs Russian-made industrial programmable logic controllers (PLCs) from Owen. Their modular design enables scalable distributed measurement systems, while hardware specifications ensure sufficient processing capacity. Flexible programming capabilities allow long-term system adaptability and functional expansions. The data acquisition core combines the PLK110 logic controller and SPK110 sensor-programmable controller, supported by analog/digital input modules. Distributed modules communicate via Modbus-RTU and Modbus-TCP protocols. Compatibility with existing Owen PLCs at the RT-32 facility enabled integration into the telescope's broader distributed control and monitoring network.

The proposed hardware-software solution ensures precise drive control, real-time performance assessment, predictive anomaly detection, and alerts for preventive maintenance. Such an approach enhances operational reliability and supports long-term failure-free operation.

**Keywords:** RT-32 radio telescope, programmable logic controller, control system, electric drive, control and monitoring unit.

*Contacts: Aleksandr V. Isaenko (isaenko@iaaras.ru), Aleksandr M. Shishikin (shishikin@iaaras.ru).*

**For citation:** Isaenko A. V., Shishikin A. M. Control and monitoring unit for the RT-32 electric drive based on programmable logic controllers // Transactions of IAA RAS. 2025. Vol. 73. P. 22–30.

<https://doi.org/10.32876/AplAstron.73.22-30>

## Введение

В обсерваториях комплекса «Квazar-KBO» основным инструментом проведения наблюдений являются полноповоротные прецизионные радиотелескопы с диаметром главного зеркала 32 м (РТ-32). Первый радиотелескоп был введен в эксплуатацию в 1999 г., последний — в 2005 г. (Финкельштейн, 2005). Радиотелескопы оснащены электромеханическими реверсивными приводами постоянного тока, обеспечивающими движение антенны по азимуту и углу места. В 2008 г. проведена крупная модернизация системы наведения радиотелескопа РТ-32, результатом которой стало появление рабочей станции контроля и управления (РСКУ) на базе промышленного компьютера и модернизированного блока управления и контроля (БУК-М) (Кайдановский, 2012). Однако длительный опыт эксплуатации РТ-32 выявил ряд существенных недостатков существующей систе-

мы, обусловленный ограниченными возможностями управления и контроля состояний: отсутствует контроль состояния электропривода, количество квитанций привода ограничивалось суммарными квитанциями включения привода и сигналами концевых ограничителей движения. Не реализован сбор электрических параметров электропривода, отсутствует система мониторинга и удаленной диспетчеризации. И один из самых важных недостатков — отсутствие системы оповещения оператора об отклонениях в работе электропривода от номинальных значений. Все перечисленные недостатки оказывали негативное влияние на работу электропривода, который мог эксплуатироваться в ненастроенном состоянии, что могло привести к сбоям в его работе.

Для регистрации электрических параметров электропривода, а также их последующего исследования, в 2019 г. в систему наведения была встроена система автоматизированного сбора дан-

ных (ССД) о компонентах электропривода, работающая на программируемых логических контроллерах. В неё были заложены возможности по управлению электроприводом. Все функции управления приводом РТ-32 были перенесены в систему автоматизированного сбора данных, а также добавлены новые функции контроля и управления. Таким образом, появился новый, современный, свободно программируемый, лишенный недостатков предшественника блок управления и контроля (БУК-М) на основе программируемых логических контроллеров — БУК-ПЛК. На данный момент все радиотелескопы РТ-32 комплекса «Квазар-КВО» оснащены новым БУК-ПЛК. В настоящей статье представлены основные характеристики и схемотехнические решения разработанного БУК-ПЛК.

### Требования, предъявляемые к модернизированному БУК-ПЛК

Модернизированный БУК-ПЛК должен выполнять все функции БУК-М: включение элементов электропривода, переключение скоростей, обеспечение безопасности при движении антенной системы (АС) радиотелескопа и др. Во время работы должен осуществляться непрерывный контроль за исправностью компонентов электропривода (ЭП). Работа в нештатном или неисправном состоянии (например, отказ тормоза двигателя или неисправность тахогенератора) должна быть исключена.

Блок должен обеспечить:

- замену ручного сбора аналоговых данных (якорные токи двигателей, напряжения тахогенераторов) цифровым высокочастотным измерением с использованием ПЛК и специализированных датчиков;

- ликвидацию субъективных погрешностей оценки параметров привода, связанных с человеческим фактором, и повышение точности регистрации параметров в условиях переменных динамических нагрузок на антенную систему радиотелескопа (реверсивные режимы, пусковые токи двигателей ЭП);

- непрерывный сбор данных о параметрах электропривода с частотой опроса  $f_s \geq 100$  Гц;

- интеграцию БУК-ПЛК в существующую инфраструктуру управления радиотелескопом через унифицированные интерфейсы (Modbus RTU/TCP, OPC UA), обеспечивающие синхронизацию с РСКУ;

- создание архива данных с целью возможности моделирования рабочих режимов ЭП, тестирования алгоритмов управления, оптимизации ресурса механических компонентов, выяснения причин возникновения нештатных ситуаций.

### Обоснование выбора элементной базы БУК-ПЛК

#### Ядро системы

Основные характеристики наиболее распространенных программируемых контроллеров представлены в таблице.

Сравнительный анализ ПЛК по ряду параметров показывает преимущество ОВЕН ПЛК110 перед импортными аналогами.

Производительность:

- ОВЕН ПЛК110 имеет самую высокую частоту центрального процессора (ЦП) (400 МГц), что критично для обработки данных с частотой 100 Гц.

Интерфейсы:

- Только Овен и Mitsubishi предоставляют 2 порта RS-485 без дополнительных модулей, кроме того, ОВЕН ПЛК110 имеет 2 порта RS-232.

- Allen Bradley требует покупки модулей для поддержки Modbus, что увеличивает стоимость.

Надёжность:

- ОВЕН ПЛК110 работает в диапазоне  $-40^{\circ}\text{C} \dots +70^{\circ}\text{C}$ , имеет гарантированный срок службы 10 лет.

- Schneider Electric M221 также имеет широкий температурный диапазон  $(-25^{\circ}\text{C} \dots +60^{\circ}\text{C})$ .

Стоимость:

- ОВЕН ПЛК110 в 1.5–3 раза дешевле аналогов (50 000 руб против 75 000–120 000 руб).

- Встроенные интерфейсы исключают затраты на дополнительные модули.

Локализация:

- ОВЕН ПЛК110 производится в России (<https://owen.msk.ru/>), что упрощает логистику и ремонт.

Использование импортных аналогов (Siemens, Mitsubishi) увеличило бы бюджет проекта на 60–150 % без значимых преимуществ в функционале. Разработка велась в условиях санкций, поэтому лицензии на ПО ПЛК получить проблематично. Также немаловажную роль в выборе ПЛК сыграл существенный положительный опыт применения средств автоматизации Овен в обсерватории «Светлое» (Исаенко, 2016).

Чтобы разделить процессы управления, автоматизированного сбора данных, обеспечения безопасного заштыривания РТ-32, а также некоторые функции обеспечения климат-контроля подсистем электропривода (термостабилизации помещений ЭП, поддержания требуемой температуры датчиков отсчета координат), было принято решение

Таблица

Сравнение наиболее известных ПЛК

Параметр	ОВЕН ПЛК110	Siemens S7-1200	Allen Bradley Micro850	Mitsubishi FX5U	Schneider Electric M221
<i>Производительность</i>					
Частота ЦП, МГц	400	150	100	240	120
ОЗУ	28 кБ + 3 МБ (heap)	100 кБ	10 кБ	256 кБ	64 кБ
ПЗУ	6 МБ	4 МБ	2 МБ	8 МБ	3 МБ
<i>Интерфейсы</i>					
Modbus RTU/TCP	Да	Да (через TIA Portal)	Нет (требуется модули)	Да	Да
Ethernet	1 × 100 Base-T	1 × 100 Base-T	Нет	1 × 100 Base-T	1 × 100 Base-T
RS-485	2 порта	1 порт	1 порт	2 порта	1 порт
<i>Надёжность</i>					
Сертификация	ГОСТ Р, CE	CE, UL	CE, UL	CE, UL	CE, UL
Рабочая температура	−40°C... +70°C	0°C... +60°C	−20°C... +55°C	−10°C... +55°C	−25°C... +60°C
Защита от помех	EN 61000-6-2	EN 61000-6-2	EN 61000-6-2	EN 61000-6-2	EN 61000-6-2
<i>Стоимость</i>					
Базовый контроллер	50 000 руб	120 000 руб	90 000 руб	85 000 руб	75 000 руб
Модуль RS-485	Встроен	25 000 руб	20 000 руб	18 000 руб	22 000 руб
<i>Локализация</i>					
Производство	Россия	Германия	США	Япония	Франция
Сервисные центры в РФ	15+	10+	5+	8+	7+

установить отдельный контроллер. Такое решение позволило снизить нагрузку на главный ПЛК110 управления ЭП за счет снятия с него второстепенных задач. Кроме того, дополнительный контроллер должен обеспечивать связь между оператором и БУК-ПЛК (т. е. человеко-машинный интерфейс), а также являться средством отображения и управления БУК-ПЛК. Необходимыми для этого техническими характеристиками обладает СПК110 второго поколения от компании Овен (<https://owen.ru/product/spk1xx?ysclid=mc1lusn9rk264845877>).

*Периферийные устройства (модули ввода и измерители)*

— Модули MB110-8AC (ток якорей) и MB110-8A (температуры) производства компании Овен выбраны в качестве модулей ввода аналоговых сигналов датчиков тока и температур системы; выбор обусловлен выполнением требований скорости преобразования АЦП (для MB110-8AC период опроса датчиков не превышает  $5 \text{ мс} \pm 2 \%$ ) и полной совместимостью с ПЛК110;

— модули ICP CON ET-7217-10 выполняют функции ввода напряжений тахогенераторов; на выбор данного устройства повлиял его широкий функционал: 20 каналов измерения напряжений

( $\pm 10 \text{ В}$ ), разрядность АЦП 16 бит, период опроса по Modbus-TCP 100 мс;

— датчик тока линейный Honeywell CSLA1CF с диапазоном  $\pm 100 \text{ А}$  и погрешностью 0.5 %, адаптирован к биполярным сигналам постоянного тока;

— модули ввода и вывода сигналов, подключаемые по протоколам Modbus-RTU и Modbus-TCP, используются для организации управления, так как СПК110 не имеет дискретных входов и выходов;

— мультиметры Omix P99-MZ с протоколом обмена Modbus-RTU, позволяющие измерять напряжение, ток и частоту питающей 3-фазной сети, выбраны с целью регистрации параметров питания электропривода;

— датчики измерения температур воздуха среды и устройств отсчета координат представляют собой промышленные термометры сопротивления, подключенные по 3-проводной схеме;

— промежуточные электромагнитные и оптореле Finder, обеспечивающие гальваническую развязку сигналов управления и квитаний используются для защиты входов/выходов ПЛК110.

Состав оборудования БУК-ПЛК представлен на рис. 1.

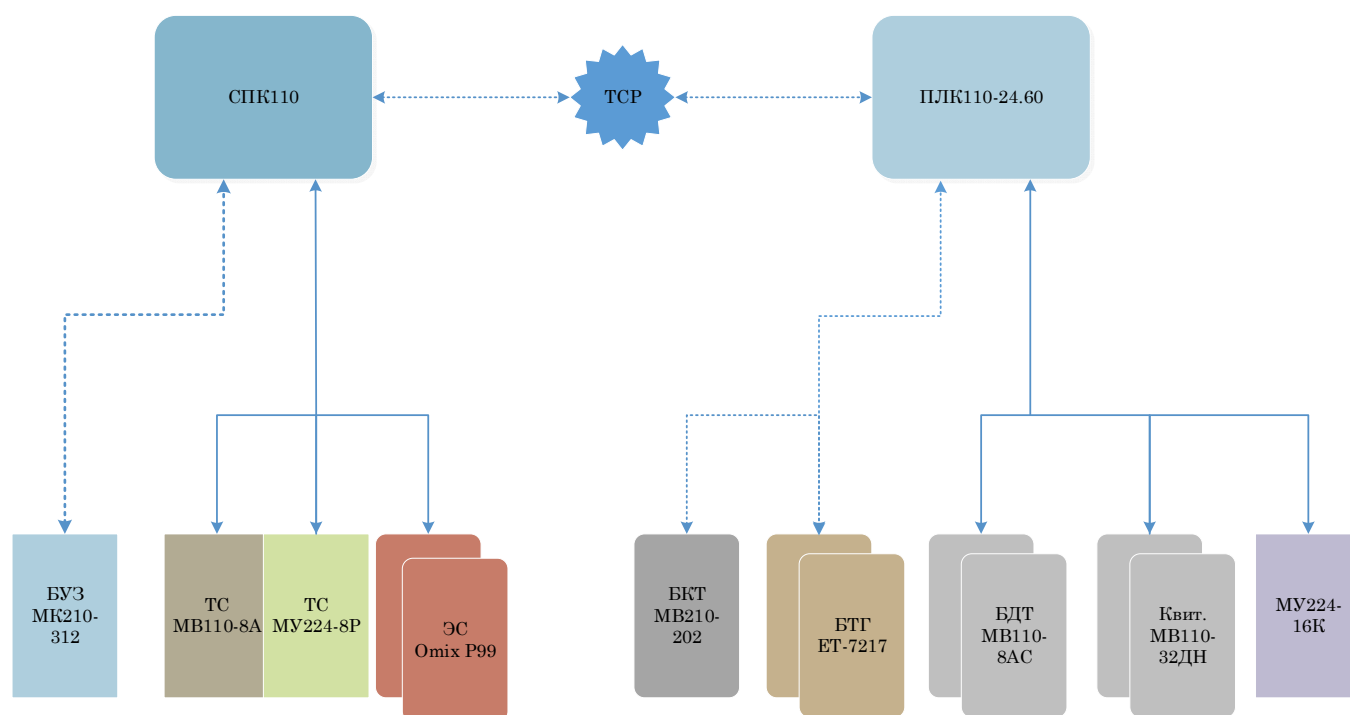


Рис. 1. Структурная схема БУК-ПЛК

### Описание работы БУК-ПЛК

Блок БУК-ПЛК предназначен для управления и контроля параметров движения антенны радиотелескопа РТ-32, обработки и хранения данных электропривода, обеспечения термостабилизации датчиков съема угловых координат и помещений электропривода антенны РТ-32. БУК-ПЛК работает в составе системы наведения радиотелескопа РТ-32 (рис. 2).

БУК-ПЛК выполнен как самостоятельное устройство, состоящее из стандартной 19"-стойки с расположенными в ней программируемыми контроллерами, модулями сбора квитанций, модулями вывода сигналов управления и отдельных блоков: блока датчиков тока (БДТ), блока тахогенераторов (БТГ) и блока контроля тормозов большой скорости (БКТ). БУК-ПЛК построен на основе двух программируемых логических контроллеров: ОВЕН ПЛК110-24.60.К-М и ОВЕН СПК110. ПЛК110 — ядро системы управления, главной задачей которого является управление приводом РТ-32 по командам РСКУ, отслеживание квитанций работы привода, а также контроль обратной связи по аналоговым сигналам тахогенераторов и датчиков тока якорных цепей привода. Команды от РСКУ могут поступать в БУК-ПЛК как с помощью дискретного сигнала, так и по каналу Ethernet протоколу Modbus TCP.

Алгоритм управления приводом можно описать следующим образом. ПЛК110 получает команду от РСКУ «Включить привод Азимут», если ПЛК110 не обнаружил отклонений в состоянии

«Готовность», то ПЛК110 включает последовательно возбуждение двигателей, отключает тормоза, включает магнитные пускатели и тиристорные преобразователи. На каждом этапе проверяется квитанция готовности включаемого оборудования. Успешно включив все элементы электропривода, ПЛК110 передает в РСКУ сообщение о готовности. Если во время движения РТ-32 ПЛК110 обнаруживает какие-либо аварийные отклонения в работе привода, то контроллер плавно останавливает привод и передает в РСКУ сообщение об аварийной остановке привода, дальнейшее включение привода невозможно до устранения причины остановки.

ПЛК110 в режиме реального времени отслеживает параметры работы двигателей привода по данным тахогенераторов и измерений токов якорных цепей. Полученные данные обрабатываются специальным алгоритмом на предмет отклонения от нормы. Также осуществляет постоянный мониторинг защитных автоматических выключателей привода и кнопок экстренной остановки движения РТ-32.

СПК110 является функциональным расширением ПЛК110 и выполняет следующие задачи. Основная задача — формирование интерфейса пользователя БУК-ПЛК, кроме этого, СПК110 управляет механизмом заштыривания угломестного привода, осуществляет мониторинг качества питающего напряжения, термостабилизацию датчиков угла (индуктосинов) с точностью не хуже 1°C,



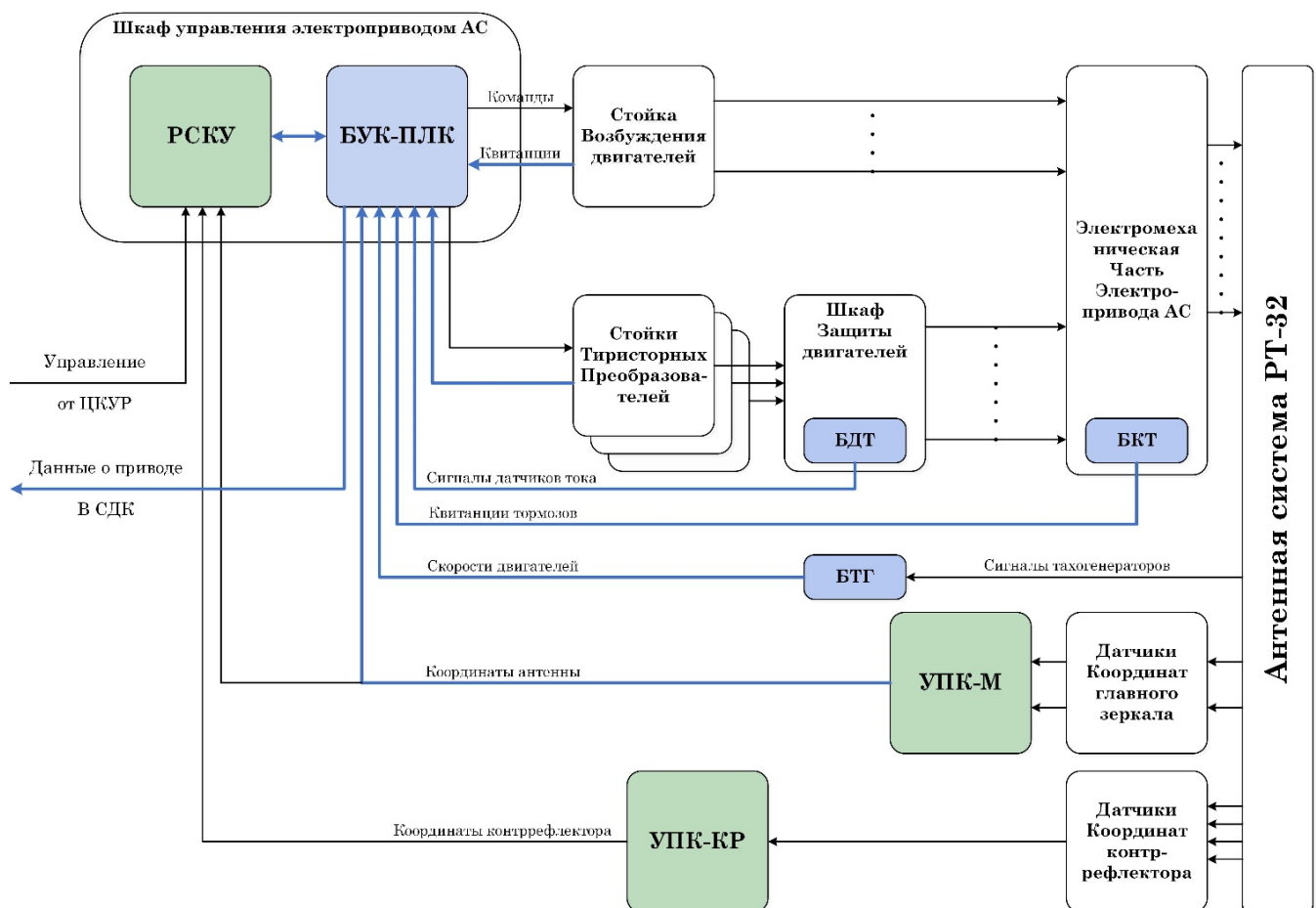


Рис. 2. Схема системы наведения радиотелескопа РТ-32

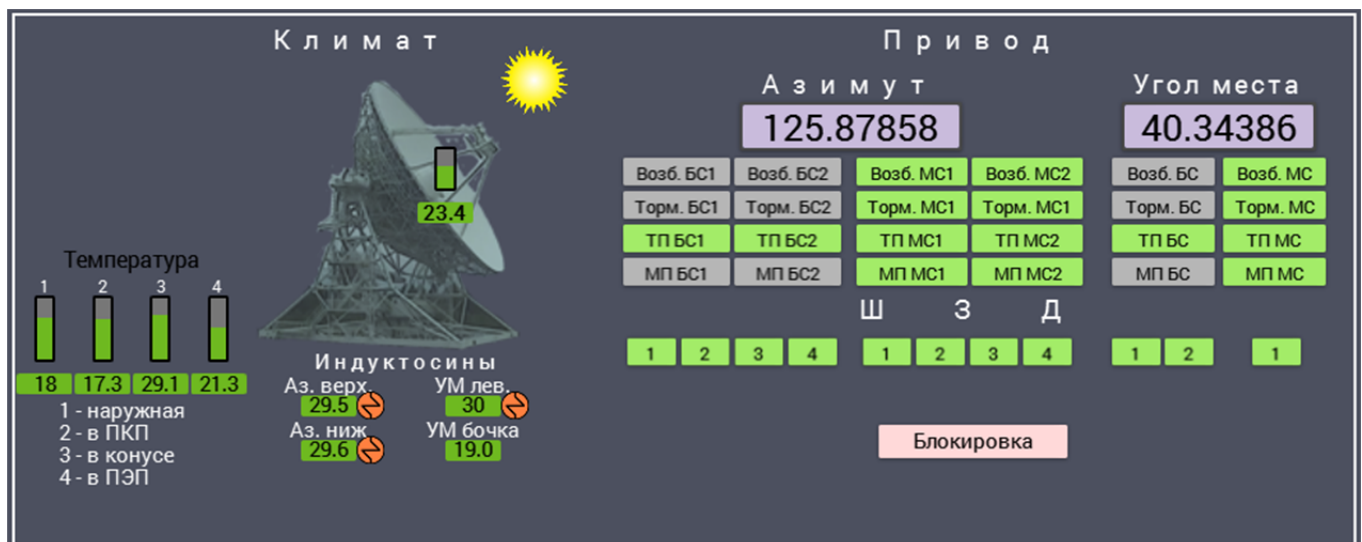


Рис. 3. Часть интерфейса системы диспетчеризации и контроля обсерватории, отображающая АС РТ-32

термостабилизацию помещения электроприводов, ввод значений температур контура управления и окружающей среды, а также синхронизацию времени БУК-ПЛК по NTP.

Все данные БУК-ПЛК отсылаются в систему диспетчеризации и контроля обсерватории (рис. 3). Архивирование данных в системе диспетчеризации и контроля реализовано с помощью базы данных MySQL.

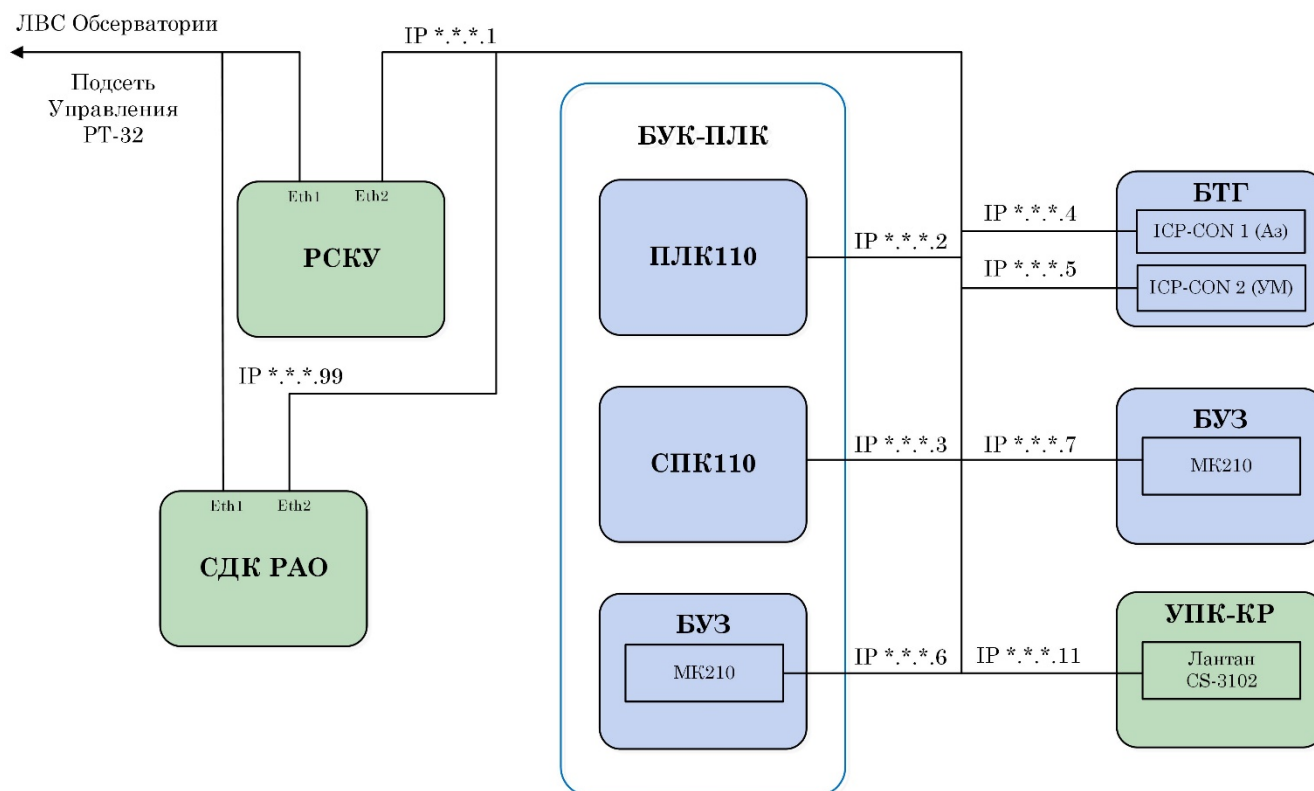


Рис. 4. Схема Ethernet подсети системы наведения радиотелескопа РТ-32

### Внедрение в обсерваториях комплекса Квazar-КВО

В процессе внедрения первоначальный проект БУК-ПЛК претерпел изменения, направленные на улучшение интеграции в систему наведения и улучшение безопасности при работе электропривода. Основные изменения приведены ниже.

#### Цифровой интерфейс взаимодействия РСКУ и БУК-ПЛК

Обмен данными между БУК-ПЛК и РСКУ происходит по интерфейсу Ethernet. Скорость физического канала 100 Мбит/с, способ соединения — кабель витая пара (cat 5Е). Организована изолированная подсеть системы наведения радиотелескопа РТ-32 (рис. 4). Реализация протокола Modbus поверх TCP/IP, для передачи данных используется Ethernet. РСКУ в режиме Master, БУК-ПЛК — в режиме Slave, РСКУ инициализирует запросы к БУК-ПЛК (100 запросов в сек). На ПЛК созданы регистры для обмена с РСКУ, запись в регистры происходит каждые 2 мс.

#### Синхронизация времени

Новые функции БУК-ПЛК, такие как регистрация и хранение данных электропривода, протоколирование ошибок требуют поддерживать точность внутренних часов контроллеров на высоком уровне. Для этого реализована процедура синхронизации, при которой РСКУ получает точ-

ное время от NTP сервера обсерватории и записывает их в регистры контроллера БУК-ПЛК.

#### Система контроля работоспособности тормозов большой скорости

В 2023 г. радиотелескоп РТ-32 в обсерватории «Светлое» был оснащен системой контроля работы тормозов большой скорости — блоком контроля тормозов (БКТ) — которая состоит из модуля дискретного ввода Овен MB210-202, бесконтактных индуктивных датчиков климатического исполнения и кабельных линий, передающих сигналы от датчиков к модулю. Модуль MB210-202 установлен в шкафу ШС-2, в котором расположены места соединений всех контрольных кабелей электропривода. Связь БКТ и БУК-ПЛК осуществляется по каналу Ethernet, протокол обмена — Modbus TCP. Отличительной особенностью БКТ является непосредственный контроль отпускания/срабатывания тормозов большой скорости с помощью индуктивных датчиков, установленных на механизмах тормозов БС РТ-32. БКТ продемонстрировал свою надежность и стабильность работы в любой сезон.

#### Расширенные диагностические функции

В БУК-ПЛК реализован режим ручного включения электропривода РТ-32. Причем включать/отключать элементы электропривода, такие как блок управления тормозом (часть системы

управления приводом), блок источника тока (часть системы управления приводом), магнитный пускатель (силовой элемент включения питания привода) можно разделить, т. е. по одному блоку, при этом управление от РСКУ блокируется. Реализованный режим работы существенно снижает время диагностики неисправностей, возникающих во время работы ЭП РТ-32.

Для точного выявления неисправностей электропривода имеется возможность имитации квитанций. А это значит, что в случае необходимости можно игнорировать квитанции элементов электропривода. Программно отключаемая квитанция также позволяет сократить время диагностики неисправностей. Программная имитация квитанций электропривода — крайняя мера, используемая при диагностических работах, поэтому на главной странице СПК выводится сообщение о включенной программной имитации квитанций, также производится соответствующая запись в лог-файл.

#### *Обеспечение безопасности при работе электропривода*

Концевые ограничители движения служат для предотвращения аварийных ситуаций, связанных с нештатным движением АС РТ-32. В БУК-ПЛК организованы программные и аппаратные ограничения зоны движения АС РТ-32. Программные «концевики» ограничивают движение антенны после получения квитанции о наезде на концевой выключатель, далее отключается движение АС и передается соответствующая квитанция в РСКУ.

При срабатывании аппаратных концевых ограничителей (невозвратных концевых ограничителей) происходит снятие управляющего напряжения якорей двигателей путем отключения промежуточного реле, управляющего тиристорным преобразователем и магнитным пускателем. Движение антенны в этом случае невозможно. Сообщения о срабатывании концевых выключателей записываются в лог-файл системы.

БУК-ПЛК оснащен 8 адресными кнопками аварийной остановки. Они расположены: непосредственно в шкафу управления электропривода антенны (РТ-32), в помещении кабельной петли, на лестницах (АЗ-1, АЗ-3, угломестный сектор), у калитки перед трапом в подзеркальную кабину, в подзеркальной и надзеркальной кабинах. Кроме этого, дополнительно имеется датчик открытия двери на зеркало. При нажатии на кнопки аварийной остановки в шкафу управления и ПКП, происходит полная блокировка движения антенны. Остальные блокируют движения по соответствующим осям Аз и УМ.

Для обеспечения дополнительных мер безопасности движения РТ-32 выполнен монтаж световых и звуковых оповещателей движения. Звуко-

вые оповещатели заранее (примерно за 10 с до начала движения антенны) подают 3 звуковых сигнала. Световые (мигалки) сигнализируют о движении антенны: 1 вспышка в течение 5 с на малой скорости и 3 вспышки в течение 1 с на высокой скорости.

Для продления ресурса механических составляющих электропривода в алгоритме управления предусмотрены два типа аварийных остановок: остановка по причине аварии и остановка по причине срабатывания невозвратных концевых ограничителей или при нажатии кнопки аварийной остановки. Остановка привода по причине аварии происходит плавно: сначала снимается напряжения с якорных цепей электродвигателей, затем напряжение возбуждения, после этого антенна продолжает движение по инерции до полной остановки (на большой скорости до 10 с). Мгновенная остановка выполняется только в критических ситуациях, когда любое движение антенны может привести к механическому повреждению элементов или кабелей РТ-32 (в случае наезда на невозвратные концевые ограничители, нажатия кнопки аварийной остановки).

Одной из важных функций безопасности при эксплуатации радиотелескопа является обеспечение неподвижности антенной системы при воздействии чрезмерных ветровых нагрузок. Для этого служит система фиксации угломестного механизма перемещения специальными штырями. С внедрением БУК-ПЛК система управления заштыривания была перенесена из блока ручного заштыривания БУЗ в контроллер СПК. Такая реализация позволит реализовать процедуру автоматического заштыривания, например, по команде от центрального компьютера управления, что упростит действия оператора в экстремальной ситуации.

#### **Заключение**

В статье представлены результаты разработки и внедрения блока управления и контроля БУК-ПЛК электропривода радиотелескопа РТ-32 на базе программируемых логических контроллеров российского производства. Основной целью работы стала автоматизация управления ЭП радиотелескопа, а также сбор, визуализация и хранение данных о параметрах ЭП для последующего анализа.

Внедрение нового блока управления электропривода радиотелескопа РТ-32 стало важным шагом в модернизации процесса управления критически важных подсистем. Автоматизация измерения параметров, таких как якорные токи двигателей, напряжения тахогенераторов, температурные и электрические показатели, позволила устранить ключевые недостатки предыдущей системы, основанной на ручных измерениях. Использование программируемых логических контроллеров оте-



чественной компании Овен обеспечило высокую производительность, надёжность и совместимость с существующей инфраструктурой системы управления ЭП, а также снизило затраты на интеграцию и обслуживание.

Система демонстрирует частоту опроса данных до 100 Гц. Реализация распределённой сети на базе интерфейсов Modbus RTU/TCP обеспечила синхронизацию с рабочими станциями контроля и управления и блоком управления БУК-ПЛК, создав единое информационное пространство для слаженного управления и анализа данных.

Ключевым достижением стало внедрение алгоритмов управления, обработки сигналов в реальном времени, которые позволяют оперативно выявлять аномалии в работе ЭП, такие как перегрузки двигателей, дисбаланс скоростей вращения двигателей, аварийные ситуации с электропитанием. В результате открываются возможности для прогнозирования отказов и перехода от постремонта к профилактическому обслуживанию, что существенно повышает надёжность системы ЭП.

Архивация данных обеспечивает базу для дальнейшего моделирования рабочих режимов, оптимизации ресурса механических компонентов и тестирования новых алгоритмов управления. Визуализация параметров на сенсорном контроллере СПК110 и удалённый мониторинг позволяет принимать своевременные решения оператором и существенно упрощают техническое обслуживание.

Использование отечественных компонентов (ПЛК110, МВ110-8АС) в сочетании с лучшим импортным оборудованием (Honeywell CSLA1CF, ICP CON ET-7217-10) продемонстрировало гибкость подхода и устойчивость к внешним ограничениям. Система успешно функционирует в климатических условиях обсерваторий, включая широкий температурный диапазон и высокую влажность.

Таким образом, реализованная с помощью БУК-ПЛК система управления электроприводом не только решает текущие задачи контроля и управления электроприводом, но и закладывает основу для дальнейшего совершенствования систем ЭП радиотелескопа, обеспечивая их соответствие современным стандартам надёжности и автоматизации.

### *Ключевые результаты работы*

Замена устаревшей системы БУК-М на современное решение, лишенное недостатков: отсутствия автоматизированного сбора данных, ограниченного квитирования и устаревшей элементной базы.

Интеграция системы в существующую инфраструктуру радиотелескопа через стандартизированные протоколы (Modbus RTU/TCP, OPC UA), что обеспечило синхронизацию с рабочими станциями управления и создание единого информационного пространства.

Реализация расширенных функций безопасности: контроль тормозов, аварийной остановки движения АС радиотелескопа, формирование программных и аппаратных ограничителей движения, световая и звуковая сигнализация — все эти меры минимизируют риск аварий и повышают надёжность эксплуатации ЭП АС РТ-32.

Автоматизация диагностики и логирования ошибок, включая прогнозирование критических состояний (аномальные токи, рассогласование скоростей), позволяет своевременно проводить профилактические работы.

Предложенное решение продемонстрировало свою эффективность в условиях реальной эксплуатации, обеспечив длительную безаварийную работу радиотелескопов РТ-32. Использование отечественных технологий не только снизило зависимость от импортных аналогов, но и упростило техническую поддержку и адаптацию системы к условиям работы.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП/УНУ «Радиоинтерферометрический комплекс «Квазар-КВО».

### **Литература**

- Финкельштейн А. М., Ипатов А. В., Кайдановский М. Н. и др. Радиоинтерферометрическая сеть «Квазар-КВО» — базовая система фундаментального координатно-временного обеспечения // Труды ИПА РАН, 2005. Вып. 13. С. 104–138.
- Кайдановский М. Н., Белоусов Н. Ю., Быков В. Ю. и др. Система наведения радиотелескопа РТ-32 // Приборы и техника эксперимента. 2012. № 3. С. 63–74.
- Исаенко А. В., Рахимов И. А., Тарасов В. А. Автоматизированный комплекс контроля и управления объектов и систем жизнеобеспечения обсерватории «Светлое» // Труды ИПА РАН. 2016. Вып. 37 С. 76–85.