

Автоматизированная система управления криостатированием приемных устройств РТ-32 «Холод»

© А. В. Исаенко, И. А. Рахимов, И. А. Поздняков

ИПА РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

В статье изложены результаты анализа существующих проблем в работе микрокриогенной системы радиотелескопа РТ-32 и предложены пути их решения.

Работа по созданию автоматизированной системы криостатирования приемных устройств РТ-32 проводилась поэтапно. На первом этапе были проведены стендовые испытания, на втором — макетные испытания разрабатываемой системы. Третьим и заключительным этапом стала опытная эксплуатация прототипа в составе действующей микрокриогенной системы на базе обсерватории «Светлое».

Разработка и внедрение автоматизированной системы управления криостатированием приемных устройств в обсерватории «Светлое» повышает уровень автономности и надежности микрокриогенной системы, а также дает возможность визуального отслеживания процесса криостатирования. В будущем планируется установить данную систему во всех обсерваториях комплекса «Квазар-КВО».

Ключевые слова: микрокриогенная система, криостатирование, РТ-32, программируемый логический контроллер, управление.

<https://doi.org/10.32876/AplAstron.47.23-30>

Введение

В обсерваториях комплекса «Квазар-КВО» [1] до сих пор используется система управления микрокриогенной системой (МКС) приемных устройств, разработанная еще в 80-х г. прошлого века (рис. 1).

Такая система не обеспечивает возможность дистанционного контроля и контроля над ситуациями, ведущими к дальнейшей приостановке эксплуатации приборов, при этом дежурный оператор остается в неведении о состоянии системы. Таким образом, существующая система управления МКС не обеспечивает современное, оперативное и безопасное управление.

Процесс криостатирования требует длительного времени подготовки. Сначала оператор должен подняться в надзеркальную кабину РТ-32, откакумировать криоблок, что занимает около 40–50 мин, затем — спуститься в компрессорную кабину и запустить криостатирование, отдельно включив микроохладитель и компрессорную установку, сообщив второму оператору о запуске, далее — снова подняться в надзеркальную кабину для контроля за вакуумированием, на это уходит еще 50–60 мин, и только после этого оператор возвращается на свое рабочее место.

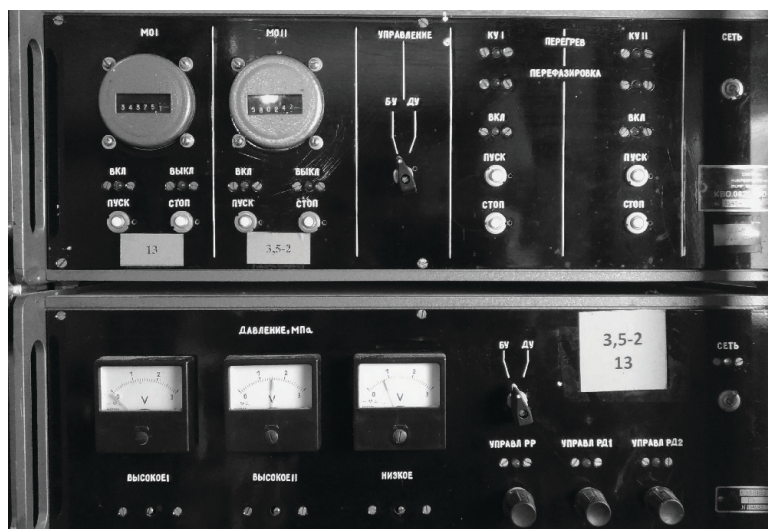


Рис. 1. Устаревшая панель управления МКС

Для оптимизации всех вышеописанных процессов на базе обсерватории «Светлое» разработана автоматизированная система управления криостатированием приемных устройств (АСУ КПУ) РТ-32 под названием «Холод». АСУ КПУ «Холод» выполнена на элементной базе отечественного производства. Ядром системы является программируемый логический контроллер (ПЛК) производства ООО «ОВЕН» (г. Москва). ПЛК данного производителя используются в обсерватории «Светлое» на протяжении пяти лет, обеспечивая ее работоспособность [1]. За это время контроллеры доказали свою надежность и эффективность.

Создание автоматизированной системы управления криостатированием приемных устройств РТ-32

Состав системы «Холод»

Функциональная схема АСУ КПУ «Холод» представлена на рис. 2. В состав системы входят: модуль автоматизированной системы управления криостатированием приемных устройств РТ-32, датчики давления, температуры и света, компрессорные установки (КУ) и микроохладители (МО), датчики давления и температуры окружающего воздуха в компрессорной.

Система «Холод» расположена в помещении компрессорной кабины радиотелескопа (рис. 3) и собрана на базе шкафа S3D с монтажной платой 1200×800×300 мм. На плате размещены:

- ПЛК110–60.Р.М — главный центр системы;
- МВ110–8А — модуль ввода аналогового сигнала с датчиков температуры воздуха и КУ;
- МВ110–8АС — модуль ввода аналогового сигнала с датчиков давления КУ;

- МЭ110-3М и МЭ110-1М — модули ввода электрических параметров работы МО;
- МУ110-6У — модуль вывода аналогового сигнала управления регуляторами расхода (РР) и давления (РД);
- БП60Б и ДР-120 — блоки питания оборудования в щите;
- РКФ-3Ц — устройство контроля тока и напряжения 3-фазной сети КУ;
- средства защиты электросети: автоматические выключатели и плавкие предохранители;
- коммутационные устройства: промежуточные реле и контакторы;
- вентиляторы для охлаждения приборов и панели резисторов МО.

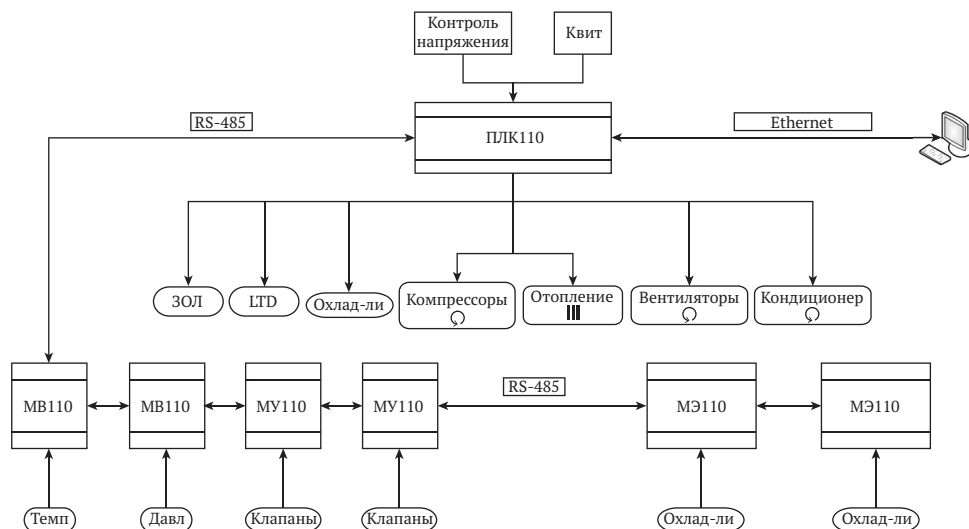


Рис. 2. Функциональная схема АСУ КПУ «Холод»

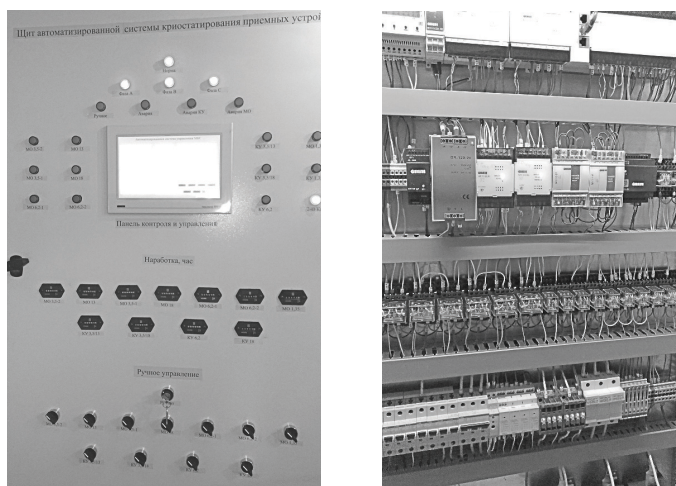


Рис. 3. Внешний вид и элементы системы АСУ КПУ «Холод»

На передней панели модуля расположены индикаторы работы устройств, сенсорная панель управления СП310 для местного управления и мониторинга параметров системы, счетчики наработки микроохладителей и компрессорных установок, а также переключатели полностью ручного управления МКС. На нижней панели щита расположены оригинальные разъемы подключения КУ и микроохладителей для быстрого перехода на прежнюю панель управления МКС в случае необходимости.

Этапы создания системы «Холод»

На первом этапе были определены основные параметры и алгоритм работы прежней системы с определением ее недостатков. Было проведено моделирование штатных ситуаций. Полученные данные легли в основу дальнейшего создания плана алгоритмизации и разработки макета.

Второй этап включал в себя проверку прежних основных режимов работы на новом макете, где центром управления был ПЛК150–220А.М [2], с подключением датчиков давления и температуры. Также были определены новые требования к системе: оперативность (быстрое реагирование на возникающие ситуации), надежность (использование промышленного ПЛК), автономность (отсутствие участия оператора).

Третий этап — сборка щита управления с описанными выше устройствами. После сборки щита начались работы по настройке всех приборов для работы в системе и написание программного кода. После окончательной настройки уже готовое изделие было подключено к технологической МКС и испытано во всех штатных и нештатных режимах в течение длительного времени. Завершился этап макетных испытаний после установки АСУ КПУ «Холод» в компрессорную кабину РТ-32.

Началом заключительного четвертого этапа стало подключение АСУ КПУ «Холод» ко всем рабочим МКС РТ-32 и ввод в опытную эксплуатацию. Также потребовалось внести доработки в компрессорные установки: установить термометры сопротивления ТСП50М для получения данных о температуре КУ и интегрировать в гелиевые выходы преобразователи давления ПД100 для измерения давления гелия.

Функционирование системы

Главная задача АСУ КПУ — автоматическое, бесперебойное, исключающее нештатные ситуации и перегрузки функционирование микрокриогенной системы приемных устройств РТ-32.

Кроме основной задачи АСУ КПУ выполняет поддержание требуемой температуры в помещении с помощью средств вентиляции, кондиционера и радиаторов отопления; также по сигналу датчика света система включает и отключает подсветку РТ-32 (LED) и огни ЗОЛ (заградительные огни лампы), как показано на схеме (рис. 2).

Режимы работы системы «Холод»

В системе реализованы три основных режима работы:

— автоматический;

- ручной с сенсорной панели управления СП310;
- полностью ручной.

Автоматический режим предусматривает полностью автоматизированный режим работы: задача оператора — отдать сигнал о начале криостатирования необходимого приемного устройства. Далее автоматизированная вакуумная система [3] выполняет вакуумирование и передает сигнал для запуска в АСУ КПУ, которая запускает микроохладитель и компрессорную установку, таким образом, криостатирование происходит автоматически. Во время работы система регулярно анализирует параметры работоспособности и при отклонении какого-либо параметра немедленно выводит соответствующую информацию для оператора, предотвращая отказ техники.

Режим ручного управления с сенсорной панели СП310 (Рис. 4) обеспечивает ручное управление МКС путем нажатия соответствующих кнопок на экране. Для доступа к экрану ручного управления необходимо ввести пароль. В этом режиме запуск и остановка охладителей выполняется оператором, но система также, отслеживая все параметры, не допускает ошибок и сбоев.

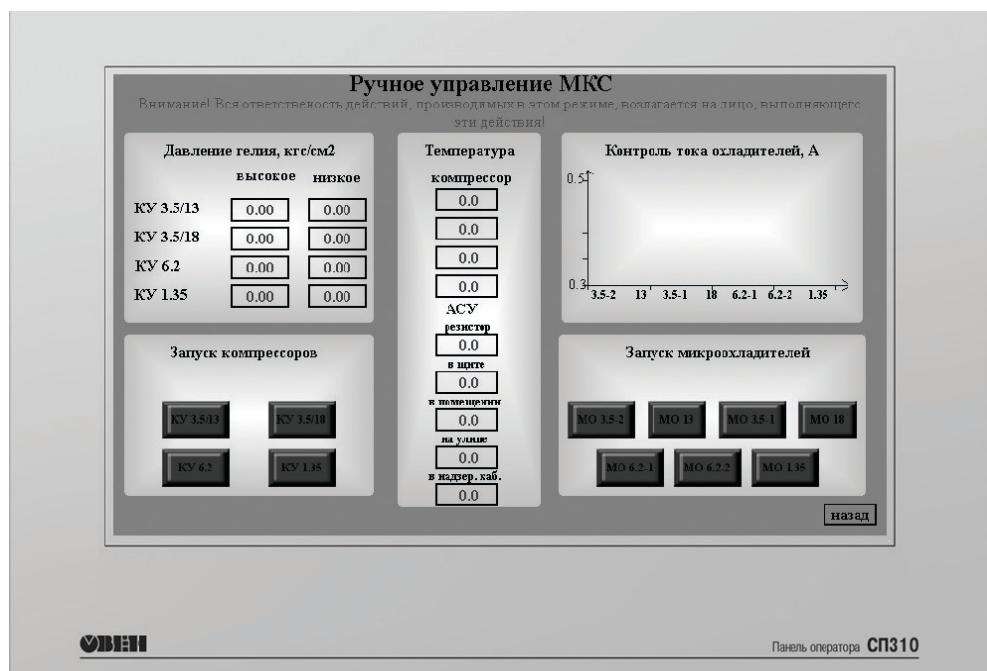


Рис. 4. Сенсорная панель управления СП310

Полностью ручной режим управления активируется поворотом ключа «авто/ручное» на передней панели щита АСУ КПУ. После этого ПЛК переходит в режим ручного управления, т. е. перестает участвовать в процессе управления: доступно лишь отображение температуры и давления. Никакой защиты, кроме невозможности запуска компрессорной установки без микроохладителя, не предусмотрено. Данный режим предназначен только для аварийных ситуаций, связанных с отказом ПЛК.

Программное обеспечение управления и контроля АСУ КПУ «Холод»

Для управления и отображения параметров было разработано отдельное окно в общем программном обеспечении диспетчеризации «Simple SCADA» [1]. Окно криостатирования (рис. 5) схематично отображает основные функциональные элементы криостатирования: вакуумные насосы, клапаны и вакуумные трубопроводы, криоблоки приемных устройств, гелиевые трубопроводы и компрессорные установки.

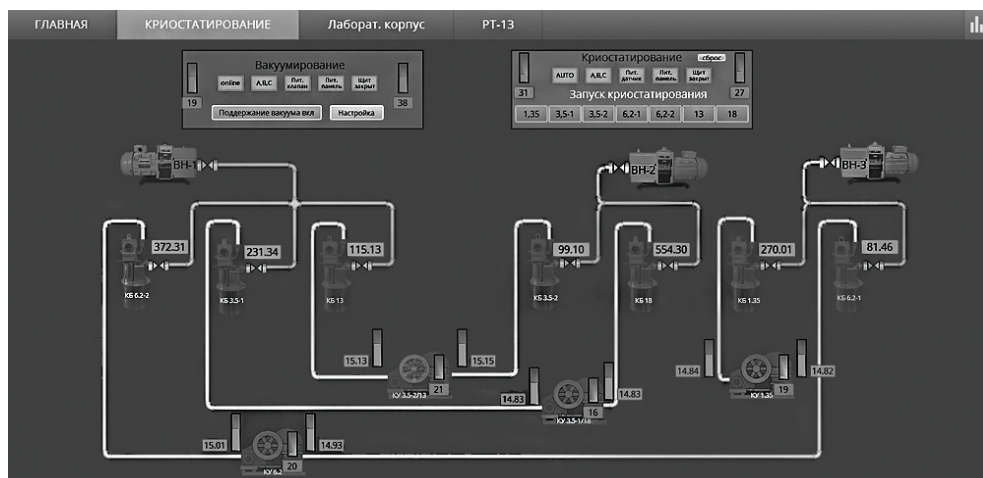


Рис. 5. Окно управления криостатированием

У каждого элемента управления расположены индикаторы, отображающие необходимые параметры: уровень вакуума в криоблоке, высокое и низкое давление гелия, температура компрессорной установки. Имеется панель управления: вакуумирование и криостатирование. На эту панель выводится состояние соответствующих систем (температура воздуха в помещениях и внутри шкафов управления, наличие питающих напряжений, режим работы, состояние вскрытия шкафов) и кнопки управления. Как только возникает какая-либо нештатная ситуация, мгновенно происходит вывод сообщения об этом. В целом дизайн окна понятен оператору без дополнительных пояснений.

Заключение

Внедрение автоматизированной системы управления криостатированием приемных устройств обеспечивает оперативное и стабильное выполнение заданной последовательности операций, связанных с вакуумированием и криостатированием криоблоков. При этом:

— исключается человеческий фактор, снижается до минимума или исключается вероятность отказов микрохладителей и компрессорных установок (за счет контроля параметров работы), уменьшается время выхода на режим работы приемного устройства (отсутствует период начального вакуу-

мирования). Как следствие, существенно снижается нагрузка на операторов дежурной смены — нет необходимости ходить в компрессорную кабину для запуска МКС.

— Исключаются случаи запуска неисправной или неготовой к эксплуатации МКС и работы компрессорной установки без микроохладителя.

— Появляется автоматическое напоминание о необходимости заправить компрессорную установку гелием, провести техническое обслуживание системы.

— Ведется постоянный контроль параметров климата в компрессорной кабине, поддерживается необходимый уровень температуры воздуха в компрессорной кабине.

— Удаленное управление регуляторами расхода и давления помогает на ранних стадиях намораживания микроохладителя избежать заклинивания последнего.

— Организован круглосуточный мониторинг и архивирование параметров системы.

Система прошла 5 ч макетных испытаний и уже пройдено более 800 ч бесперебойной опытной эксплуатации на рабочей МКС.

Опытная эксплуатация показала снижение времени криостатирования с 5 ч до 3.5 ч с освобождением минимум 1.5 ч антенного времени. Исчезла необходимость статического положения радиотелескопа во время криостатирования: РТ-32 может свободно перемещаться по углу места и азимуту.

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

Л и т е р а т у р а

1. Shuygina N., Ivanov D., Ipatov A., Gayazov I., Marshalov D., Melnikov A., Kurdubov S., Vasilyev M., Ilin G., Skurikhina E., Surkis I., Mardyshkin V., Mikhailov A., Salnikov A., Vytnov A., Rakhimov I., Dyakov A., Olifirov V. Russian VLBI network “Quasar”: Current status and outlook // *Geodesy and Geodynamics*. — 2018. — doi: 10.1016/j.geog.2018.09.008.

2. Исаенко А. В., Рахимов И. А., Тарасов В. А. Автоматизированный комплекс контроля и управления объектов и систем жизнеобеспечения обсерватории «Светлое» // Труды ИПА РАН. — СПб.: ИПА РАН, 2016. — Вып. 37. — С. 76–85.

3. Поздняков И. А., Исаенко А. В., Рахимов И. А., Мардышкин В. В. Автоматизация вакуумной системы радиотелескопа РТ-32 // Тезисы докладов Всероссийской радиоастрономической конференции (ВРК-2018) — СПб.: ИПА РАН, 2018. — С. 73.

“Kholod” Automated Control System for Cryostatting RT-32 Receivers

A. V. Isaenko, I. A. Rakhimov, I. A. Pozdnyakov

The article presents the results of the analysis of existing problems in the operation of the micro cryogenic system of the RT-32 radio telescope and suggests ways to solve them.

The work on the creation of an automated system for cryostatting RT-32 receivers was carried out in several stages. At the first and second stages, the bench and mock-up tests of the developed system were performed. The third and final stage was the pilot operation of the prototype as a part of the existing micro cryogenic system based on the “Svetloe” observatory. The development and implementation of the automated control system for cryostatization of receivers at the “Svetloe” observatory increases the level of autonomy and reliability of the micro cryogenic system. It also enables visual tracking of the cryostat process. The automated control system for cryostatization of receivers has been developed and implemented at the “Svetloe” Observatory. In the future it is planned to install the system in all observatories of the “Quasar” VLBI network.

Keywords: micro cryogenic system, cryostat, RT-32, programmable logic controller, control.