

УДК 004.35, 004.42, 004.51

## **СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ ЗАЩИТ ТЕПЛЫХ МАГНИТОВ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ЗАЛЕ КОРПУСА 205**

**Блинов Николай Алексеевич<sup>1</sup>, Зорин Александр Геннадьевич<sup>2</sup>,  
Зорин Андрей Геннадьевич<sup>3</sup>, Кукушкин Анатолий Андреевич<sup>4</sup>,  
Тюпикова Татьяна Викторовна<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Начальник группы;

Объединенный институт ядерных исследований;

Россия, 141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6;

Старший инженер;

Государственный университет «Дубна»;

Россия, 141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, д. 19;

e-mail: nikolay.a.blinov@mail.ru.

<sup>2</sup>Ведущий программист;

ООО «Дискурс»;

Россия, 141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Моховая, д. 13;

e-mail: fergys321@mail.ru.

<sup>3</sup>Научный сотрудник;

Объединенный институт ядерных исследований;

Россия, 141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6;

e-mail: andrey.zorin@inbox.ru.

<sup>4</sup>Механик;

Объединенный институт ядерных исследований;

Россия, 141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6;

e-mail: kukushkin@dubna.ru.

<sup>5</sup>Ведущий инженер;

Объединенный институт ядерных исследований;

Россия, 141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6;

И. о. заведующего кафедрой цифровой экономики и управления;

Государственный университет «Дубна»;

Россия, 141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, д. 19;

e-mail: ttv\_2001@rambler.ru.

*В статье описана система сбора защит элементов магнитной оптики проводки пучка в корпусе 205 Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ.*

**Ключевые слова:** автоматизация эксперимента, магнитная оптика, электромагниты, защиты, Modbus, Codesys.

### **Для цитирования:**

Система сбора данных защит теплых магнитов в экспериментальном зале корпуса 205 / Н. А. Блинов, А. Г. Зорин, А. Г. Зорин, А. А. Кукушкин, Т. В. Тюпикова // Системный анализ в науке и образовании: сетевое научное издание. 2022. №4. С.8-14. URL: <https://sanse.ru/index.php/sanse/article/view/560>.

## THE SYSTEM OF ALARMS COLLECTING FROM WARM MAGNET INTO EXPERIMENTAL HALL OF BUILDING 205

**Blinov Nikolay A.<sup>1</sup>, Zorin Alexander G.<sup>2</sup>,  
Zorin Andrey G.<sup>3</sup>, Kukushkin Anatoliy A.<sup>4</sup>,  
Tyupikova Tatiana V.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Group director;  
Joint Institute for Nuclear Research;  
6 Joliot-Curie Str., Dubna, Moscow region, 141980, Russia;  
Senior engineer;  
Dubna State University;  
19 Universitetskaya Str., Dubna, Moscow region, 141980, Russia;  
e-mail: nikolay.a.blinov@mail.ru.

<sup>2</sup>Advanced programmer;  
LLC "Discourse";  
13 Mohovaya Str., Dubna, Moscow region, 141980, Russia;  
e-mail: fergys321@mail.ru.

<sup>3</sup>Researcher;  
Joint Institute for Nuclear Research;  
6 Joliot-Curie Str., Dubna, Moscow region, 141980, Russia;  
e-mail: andrey.zorin@inbox.ru.

<sup>4</sup>Mechanic;  
Joint Institute for Nuclear Research;  
6 Joliot-Curie Str., Dubna, Moscow region, 141980, Russia;  
e-mail: kukushkin@dubna.ru.

<sup>5</sup>Advanced engineer;  
Joint Institute for Nuclear Research;  
6 Joliot-Curie Str., Dubna, Moscow region, 141980, Russia;  
Acting chairman of department;  
Dubna State University;  
19 Universitetskaya Str., Dubna, Moscow region, 141980, Russia;  
e-mail: ttv\_2001@rambler.ru.

*In this article describing system of alarms collecting from magnetic optics elements of beam transmission in building 205 of Laboratory of High Energy Physics JINR.*

**Keywords:** automation of experiment; magnetic optics, electromagnet, fuse, Modbus, Codesys.

### **For citation:**

Blinov N. A., Zorin Alexander G., Zorin Andrey G., Kukushkin A. A., Tyupikova T. V. The system of alarms collecting from warm magnet into experimental hall of building 205. *System analysis in science and education*, 2022;(4):8-14(in Russ). Available from: <https://sanse.ru/index.php/sanse/article/view/560>.

Система сбора данных собирает информацию со слотов корзин электроники защит теплых магнитов проводки пучка в корпусе 205 Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ и передает информацию на пульт дежурного. Система является узлом связи, носит информационный характер и позволяет наблюдать за состоянием магнитов и выполнить сброс защит дистанционно. Принципиальная схема системы приведена на рис. 1.

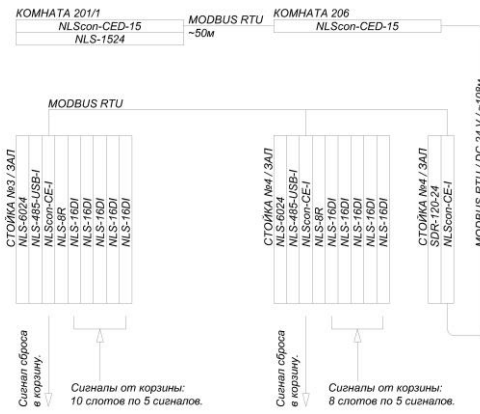


Рис. 1. Общая схема система сбора данных в стойках

Система собрана на оборудовании фирмы *RealLab!* города Таганрог с использованием блока питания фирмы *MeanWell* 120 Вт. Используемые контроллеры *NLScon-CE-I* и *NLScon-CED-15* были запрограммированы при помощи системы *Codesys v3.5 sp15 patch 5 / 64bit*, которая работает на процессорах с ядром *ARM Cortex™-A9*, интегрированным в кристалл *Nvidia Tegra APX* под управлением системы *Windows CE 7.00 Build 2806*. Блок питания *MeanWell SDR-120-24* был в наличии и обеспечил подходящий уровень запускающих токов и мощности на линии питания 2x23AWG / 24 вольт / 108 метров для панели *NLScon-CED-15*. Для запуска панели *NLScon-CED-15* на длинной линии использовались или два блока *NLS-6024* по 60 Вт/24 В, или один *MeanWell SDR-120-24* мощностью 120 Вт/24 В.

Сигналы защит элементов магнитной оптики приходят в корзины электроники как аналоговые сигналы. На этом этапе используется 24-х вольтовая логика. Корзины электроники выполняют три функции: формируется сигнал отключения питания элементов, размыкая сухой контакт, на простом аппаратном уровне при срабатывании защит, понижают напряжение до 3–5 вольт и передаются аналоговые сигналы на блоки *RealLab!*. На сегодняшний день можно не понижать напряжение, и данная функция сохранилась исторически.

Блоки *RealLab!* собирают все пять сигналов с каждого элемента. Производится обработка сигналов, вычисляется статус слотов и корзины электроники: включены или выключены. Схема передачи сигнала приведена на рис. 2.



Рис. 2. Общая схема сбора сигналов защит от отдельного магнита

На рис. 2 МТЗ – это максимальная токовая защита настраивается на источнике питания и сейчас заглушена. ЭКМ – защита по напору воды, сухой контакт, который подключен к механическому реле давления, настроенному на 5,5 атмосферы. КЗР – это ключ запрета: кроме элементов ЗСП-12 и СП-41 заглушены все входы. КЗР магнита ЗСП-12 подключен к концевикам входных дверей биозащиты, КЗР магнита СП-41 — это поворотный выключатель на самом элементе. ТК-20 — защита по температуре, пучок ртутных герконов ТК-20 с уставкой на 69 С<sup>0</sup>. АВ — агрегат включен, информационный сигнал работы элемента. Реализован одним или двумя герконами Г-2ЭМ, чувствительными к магнитному полю. Их точность сильно зависит от расположения в магнитном элементе. Как правило, начинают показывать работу агрегата после тока 400 ампер и отключаются при 300 А, отдельные элементы настроены на 200А.

Контроллер «*NLScon-CE-I*» опрашивает пять блоков «*NLS-16DI*», выполняет их программную обработку в «*Codesys*» и передает данные на шлюз двух стоек. Затем информация отправляется на сенсорные панели операторов «*NLScon-CED-15*».

Быстродействие контроллера «*NLScon-CE-I*» ограничено только временем опросов пяти блоков сбора данных «*NLS-16DI*» и временем выполнения команды одним блоком реле «*NLS-8R*». Тем не менее, при осуществлении аварийного отключения система отстает от сигнала, выработанного на аппаратном уровне в корзине электроники, от 400 до 1400 мс, что в допуске отведенного времени отключения не более одной минуты. Исторически проверенным методом формирования команды аварийного отключения считается аппаратный уровень, поэтому он был выбран для отключения сигнала и формируется в корзинах электроники. Для передачи информации в качестве узла связи была выбрана система, собранная на блоках *RealLab!*.

При срабатывании одной из защит отключается источник питания. После срабатывания защит ошибка остается, зависает, и для дальнейшей работы ее необходимо сбросить вручную после устранения неполадок. Сброс происходит на панели оператора или с блока корзины электроники. Схема сброса представлена на рис. 3.



Рис. 3. Общая схема сброса защит для отдельного магнита

На рис. 4 приведен фрагмент логической схемы обработки сигнала от блоков «*NLS-16DI*», а именно – формирование переменной *wAnswer\_0* с информацией о конкретном магнитном элементе. Структура переменной *wAnswer\_0* следующая: 2 # (индикатор связи с блоком *NLS-16DI*) (индикатор связи со слотом корзины) (готов) (А.В.) (ТЕМП) (КЗР) (НАПОР) (МТЗ). Например:

Табл. 1. Примеры содержания переменной *wAnswer\_0*

Магнитный элемент полностью готов и выключен:	<i>wAnswer_0</i> =2#11101111;
Магнитный элемент полностью готов и включен:	<i>wAnswer_0</i> =2#11111111;
Сработали все защиты:	<i>wAnswer_0</i> =2#11000000;
Перегрев одной из ветвей магистрали охлаждения:	<i>wAnswer_0</i> =2#11000111;
Не хватает давления в системе охлаждения:	<i>wAnswer_0</i> =2#11001101;
Нет сигнала от слота корзины:	<i>wAnswer_0</i> =2#10000000;
Нет ответа от блока <i>NLS-16DI</i> :	<i>wAnswer_0</i> =2#00000000;

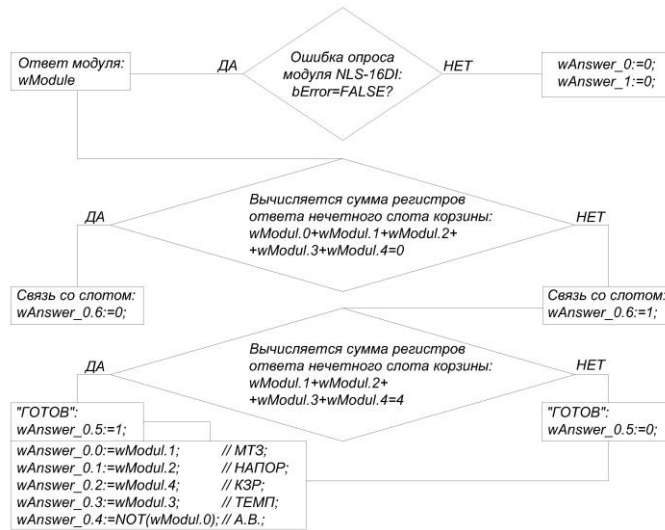


Рис. 4. Формирование переменной wAnswer\_0

Переменная *wMode* хранит в себе информацию о защитах двух элементов и в программе разбивается на две переменные: ответ от нечетного слота *wAnswer\_0* и ответ от четного слота *wAnswer\_1*. На шлюзе *NLSCon-CE-I* смотрите рис. 2: информация собирается в единый пакет и передается по протоколу *Modbus RTU* на панель оператора. Есть возможность передать пакет по протоколу *Modbus TCP*.

В панелях «*NLSCon-CED-15*» с системой *Codesys* реализован *web*-сервер, который позволяет дублировать содержимое панелей. К одной из них можно обратиться по адресу <http://159.93.117.220:8080/webvisu.htm> из внутренней сети ОИЯИ. Скриншот экрана и *web*-страницы представлен на рис. 5.



Рис. 5. Скриншот экрана сенсорной панели оператора и web-страницы



Рис. 6. Рабочее место дежурного в комнате 201/1. На фотографии два монитора: справа монитор элементов магнитной оптики в зале 205 корпуса, слева — элементы в старом измерительном павильоне

Блоки системы и система в целом показали себя достаточно устойчивыми к ощутимым перепадам напряжения и круглосуточно смогли проработать уже больше четырех месяцев без поломок при внешнем питании ~200–240 В с внешними электромагнитными помехами.

Основа собранной системы – электронные блоки, которые заменили релейную схему и высвободили место для возможного нового оборудования. Горячая замена блоков упростила процедуру поиска и устранения неисправностей, что бывает критично для обслуживания магнитной оптики при непрерывной работе ускорителя. Функции блоков *RealLab!*, предусмотренные на физическом уровне, и набор библиотек *Codesys* позволяют подключиться практически к любому вспомогательному оборудованию, которое может быть задействовано в проводке пучка. На сегодняшний день система получилась гибкой и выносливой, что уже используется. Например, была задействована возможность, не прерывая работу системы в целом, добавить функцию считывания данных с контроллера *Siemens Simatic S7-1200* о состоянии вакуума на четырех участках ионопровода проводки пучка в 205 корпусе и передавать их во внешнюю сеть, рис. 7.

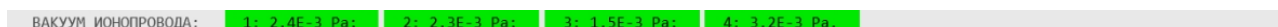


Рис. 7. Вакуум ионопровода

Отдельная благодарность Карпинскому Виктору Николаевичу и Арёфьеву Сергею Александровичу за поставленные производственные задачи, Мельникову Денису Геннадьевичу и Турманову Андрею Викторовичу и их помощникам за целеустремленную организацию сети интернет, службе поддержки ООО «НИЛ АП» за консультации в сфере высоких технологий, Ершову Александру Михайловичу и группе Нефедьева Сергея Ивановича за плодотворное тестирование системы.

## Список источников

1. Материалы для скачивания // *RealLab!* Российское оборудование и системы промышленной автоматизации : [сайт]. ООО НИЛ АП, 1989-2022. – URL : <https://www.reallab.ru/buyers/download>.
2. Книги, патенты, статьи // *RealLab!* Российское оборудование и системы промышленной автоматизации : [сайт]. – ООО НИЛ АП, 1989-2022. – URL : <https://www.reallab.ru/about/articles/?ysclid=lagj2ssgkm690046754>.
3. Петров И. CoDeSys 3.0 – новый уровень инструментов программирования ПЛК / СТА. – 2005. – №2. – С. 74–76.
4. Петров И. Язык ST для C–программиста / МКА. – 2006.
5. Денисенко В. В. Протоколы и сети Modbus и Modbus TCP / СТА. – 2010 – №4. – С. 90–94.

6. Денисенко В. В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. М.: Горячая линия-Телеком, 2013. – 606 с. – ISBN 978-5-9912-0060-8.
7. Контрольно-измерительные приборы ОВЕН: датчики, контроллеры, регуляторы, измерители, блоки питания и терморегулятор : [веб-сайт]. – Москва: ООО ОВЕН, 1991-2023. – Рекомендации производителя для графического интерфейса с использованием кириллицы. – URL: <https://owen.ru/>.
8. CODESYS Group : [веб-сайт]. – CODESYS GmbH, 2022. – URL: <https://www.codesys.com>.
9. The Modbus Organization : [веб-сайт]. – Modbus Organization, Inc, 2005-2022. – URL: <https://modbus.org>.
10. Хабр : [сайт]. – Habr, 2006–2022. URL: <https://habr.com>.
11. Группа приборостроительных компаний Энергия –Источник и ИТеК ББМВ : [веб-сайт]. – Челябинск: Энергия-Источник, 2010-2022. – Рекомендации по разводке сетей и согласованию сигналов rs-485. – URL: <https://eni-bbmw.ru/ru/>.
12. Просто о Modbus RTU с подробным описанием и примерами // IPC2U : [сайт]. – IPC2U, 1990-2022. – Дата публикации: 23.06.2016. – URL: <https://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/modbus-rtu>.
13. Подробное, простое описание протокола Modbus TCP с примерами команд // IPC2U : [сайт]. – IPC2U, 1990-2022. – Дата публикации: 28.07.2016. – URL: <https://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/modbus-rtu>.