

**КОНТРОЛЛЕРЫ ПРОГРАММИРУЕМЫЕ
ELICONT-100 И ELICONT-200**

Фирменное программное обеспечение контроллера Elicont-100 и Elicont-200
«El_firmware»

Описание программы
АДИГ.00049-01 13 01

Листов 13

Оглавление

1	Введение.....	3
2	Фирменное ПО контроллера	4
2.1	Ядро.....	4
2.2	Библиотека алгоритмов.....	4
2.3	Подсистема выполнения прикладной программы.....	5
2.4	Подсистема синхронизации времени.....	5
2.5	Сетевая подсистема	5
2.6	Подсистема связи с объектом.....	6
2.7	Подсистема обслуживания лицевой панели	6
2.8	Подсистема связи с дублером.....	6
2.9	Подсистема ошибок и событий	7
2.10	Подсистема аппаратного сторожа цикла	7
3	Самодиагностика и уровни отказов.....	8
3.1.1	Вычисление интегрального уровня отказа системы	8
3.1.2	Максимальный уровень отказа и готовность к работе	9
3.1.3	Настройки Процессора и вывод диагностической информации из модуля CP1XX.....	9
3.1.4	Меню Процессора	10
	Лист регистрации изменений	13

1 Введение

Содержание данного документа может изменяться без предварительного уведомления.

В связи с непрерывной работой по улучшению характеристик изделия, технические данные могут изменяться. Тем не менее, содержание документации регулярно отслеживается, и все корректировки вносятся в последующие издания.

Настоящее руководство описывает фирменное программное обеспечение «El_firmware» контроллера программируемого Elicont-100 и Elicont-200 (далее – Контроллер «El-100 / 200»), содержит сведения о его технических характеристиках, а также другие сведения, необходимые для правильной эксплуатации.

El-firmware - фирменное программное обеспечение контроллера программируемого «El-100 / 200», предназначенное для выполнения технологической программы контроллера, взаимодействия с устройствами ввода-вывода контроллера, а также для обеспечения сетевого взаимодействия контроллера с другими сетевыми абонентами в составе ПТК (АРМ и другими контроллерами) по промышленным протоколам связи.

2 Фирменное ПО контроллера

El_firmware – фирменное программное обеспечение контроллера EI-100 / 200. Входит в состав фирменных программных средств ПТК «СУРА».

В El_firmware входят следующие подсистемы контроллера:

- Ядро;
- Библиотека алгоритмов;
- Подсистема выполнения прикладной программы;
- Подсистема синхронизации времени;
- Сетевая подсистема;
- Подсистема связи с объектом;
- Подсистема обслуживания лицевой панели;
- Подсистема связи с дублером;
- Подсистема ошибок и событий;
- Подсистема аппаратного сторожа цикла.

2.1 Ядро

Ядро – это основной компонент фирменного ПО контроллера, который управляет остальными подсистемами контроллера и обеспечивает общую работоспособность контроллера как элемента ПТК «СУРА».

2.2 Библиотека алгоритмов

Библиотека алгоритмов содержит список алгоритмов, которые могут применяться при создании прикладной программы контроллера.

Алгоритмическая обработка сигналов предусматривает решение следующих задач:

- статическая и динамическая обработка аналоговых сигналов;
- автоматическое регулирование – локальное, каскадное, многосвязное, адаптивное (в том числе регулирование частоты и мощности исполнительных устройств);
- дискретное управление;
- аналоговое управление;
- цифровое управление;
- логическое шаговое управление;
- блокировки;
- противоаварийные защиты (в том числе защиты по повышению частоты).

Сигналы, полученные в результате алгоритмической обработки, могут использоваться не только для формирования выходных команд, но и передаваться другим контроллерам для последующей обработки.

Контроллер «EI-100 / 200» может обмениваться информацией с АРМ, получать от АРМ команды ручного управления и выполнять их, выдавать АРМ информацию о состоянии своих алгоритмов и регистрировать эту информацию в архиве.

Контроллер «EI-100 / 200» выполняет вышеперечисленные задачи под управлением пользовательской технологической программы, которая подготавливается средствами САПР из состава фирменного ПО. Программа состоит из множества алгоритмов, которые выбираются из библиотеки алгоритмов (библиотека входит в состав фирменного ПО) и соединяются друг с другом (конфигурируются) в соответствии с требованиями проекта автоматизации.

Алгоритмы технологической программы выполняются циклически в потоках. В каждом процессоре может быть задано до трех потоков. Время цикла Тц каждого потока задается

пользователем, причем для каждого потока может быть задано свое время цикла. Это позволяет в рамках одного контроллера на фоне объемной задачи, для которой установлено относительно большое время цикла, выполнять компактную задачу с малым временем цикла, требующую высокого быстродействия. В частном случае все алгоритмы могут помещаться в один поток и выполняться с общим временем цикла.

2.3 Подсистема выполнения прикладной программы

Подсистема выполнения прикладной (технологической) программы (техпрограмма) подготавливает данные, необходимые для выполнения прикладной программы, выполняет прикладную программу, подготовленную пользователем, а также передает результаты выполнения прикладной программы другим, связанным с ней, подсистемам.

Техпрограмма состоит из нескольких потоков и дерева УВВ. Для каждого потока задана последовательность алгоблоков и набор связей между алгоблоками (а также между алгоблоками и узлами дерева УВВ).

Исполнение техпрограммы (последовательности алгоблоков) заключается в последовательном вызове функций библиотеки алгоритмов, соответствующих алгоблокам.

Все функции библиотеки алгоритмов имеют одну сигнатуру - они принимают указатель на входные данные и указатель на выходные данные:

- Входные данные - это набор указателей на входные сигналы алгоблока;
- Выходные данные - это набор указателей на выходные сигналы алгоблока.

Последовательность алгоблоков из исходной конфигурации однократно преобразуется в список структур для последующего максимально эффективного циклического исполнения. Элементы этого списка называются дескрипторами алгоблоков. В дескриптор входит указатель на функцию из библиотеки алгоритмов, указатель на входные данные и указатель на выходные данные. Также среда исполнения техпрограммы однократно подготавливает буфер, в котором будут содержаться входные и выходные данные всех алгоблоков. Этот буфер содержит не значения сигналов, а указатели на значения. Указатели из дескриптора алгоблоков ссылаются на фрагменты этого буфера. Ещё один буфер содержит значения всех сигналов. Указатели из буфера ссылаются на значения из буфера.

Такая структура позволяет не копировать значения с выходов алгоблоков на входы связанных алгоблоков, тем самым упрощается реализация среды исполнения и ускоряется исполнение техпрограммы.

2.4 Подсистема синхронизации времени

Подсистема синхронизации времени обеспечивает синхронизацию внутренних часов контроллера с указанным в настройках сервером единого времени.

Подсистема синхронизации времени представляет собой NTP-клиент, встроенный в прошивку контроллера. Она предназначена для синхронизации внутренних часов ПЛК с эталонным источником времени в сети.

NTP клиент в ПЛК работает циклично, отправляя запросы на сервер. Основной режим работы — это плавная подстройка. Система анализирует дрейф кварцевого генератора ПЛК и плавно ускоряет или замедляет ход часов, чтобы синхронизироваться с сервером. Это гарантирует монотонность времени (время никогда не идет назад), что критически важно для безаварийной работы технологических процессов.

2.5 Сетевая подсистема

Сетевая подсистема выполняет обмен информацией по сети с другими абонентами ПТК (АРМ и другими контроллерами).

Контроллер «ЕI-100 / 200» имеет интерфейсный канал связи с другими системами, отдельными устройствами и средствами представления информации АСУ ТП по системной сети Ethernet со стеком протоколов TCP/IP и спецификациями OPC UA (сервер/клиент), ГОСТ Р МЭК 60870-5-104-2004 (сервер/клиент).

Также Контроллер «E1-100 / 200» по контроллерной сети обеспечивает связь с интеллектуальным полевым оборудованием, поддерживающим протокол Modbus RTU (или Modbus TCP). Для интеграции по протоколу Modbus RTU (мастер) необходимо использовать модификацию процессора CP1XX / C32XX имеющую порты RS-485 на лицевой панели. Связь по протоколу Modbus TCP (клиент) поддерживается всеми модификациями процессора CP1XX / CP2XX.

С помощью программного конвертора к Контроллеру «E1-100 / 200» может подключаться интеллектуальное полевое оборудование, поддерживающее информационный обмен по сторонним протоколам и их спецификациям.

2.6 Подсистема связи с объектом

Подсистема связи с объектом выполняет передачу данных от модулей ввода-вывода контроллера (а также от других интерфейсов связи контроллера) в подсистему выполнения прикладной программы контроллера, а также передачу результатов выполнения прикладной программы контроллера (сформированных команд управления) в модули ввода-вывода контроллера (а также в другие интерфейсы связи контроллера).

2.7 Подсистема обслуживания лицевой панели

Подсистема обслуживания лицевой панели контроллера передает в ядро и подсистему выполнения прикладной программы контроллера команды, подаваемые с помощью нажатия кнопок на лицевой панели контроллера, а также выводит информацию о работе ядра и подсистемы выполнения прикладной программы контроллера на экран контроллера.

2.8 Подсистема связи с дублиром

Подсистема связи с дублиром работает в случае работы контроллера в дублированном варианте и выполняет синхронизацию данных и прикладной программы между контроллерами, отслеживание состояния контроллеров дублиров и переключение активности при обнаружении соответствующих условий.

При резервировании Процессора методом его дублирования два одиночных процессора работают в паре, параллельно, с одной и той же техпрограммой в реальном времени с одинаковым временем цикла. При этом один Процессор активен, другой пассивен. Активный Процессор читает информацию от входных модулей УСО и записывает информацию в выходные модули УСО для выдачи ее объекту управления. Пассивный процессор только читает информацию от входных модулей УСО.

Помимо информации как активный, так и пассивный Процессоры, записывают в УСО свой статус (активный или пассивный) и читают из модулей УСО информацию об их статусе.

Процессор содержит средства самодиагностики, которые приписывают диагностированным ошибкам различный уровень отказа. Если отказы имеются в обоих Процессорах дублированной пары, активным становится Процессор с меньшим уровнем отказа.

Выбор активного процессора по результатам сравнения уровней отказов осуществляет специализированный узел «арбитр», реализованный в модуле PS102. На основании сигналов готовности, формируемых основным и резервным Процессорами, он решает, какой процессор будет активным (если Процессор готов управлять, он в каждом цикле выставляет «арбитру» признак своей готовности).

Каждый Процессор дублированной пары выводит на табло, размещенное на лицевой панели, информацию о своем состоянии (пассивен/активен).

В нормальных условиях активный и пассивный Процессоры обмениваются друг с другом своими состояниями. Активный сравнивает собственный уровень отказа с уровнем отказа пассивного и, если он превышает уровень отказа пассивного дольше программного тайм-аута, снимает сигнал готовности на входе узла «арбитр». В результате «арбитр» устанавливает режим активности ранее пассивному Процессору (если у него выставлен признак готовности), и в результате ранее активный Процессор становится пассивным, а пассивный – активным¹⁾. Для

выполнения требований безударности переключения в процессе работы пассивный Процессор один раз в начале цикла синхронизирует свое состояние с активным Процессором. Для синхронизации Процессоры информационно объединены по отдельному выделенному каналу связи с помощью специального сетевого кабеля, подключенного к разъемам «Redundancy».

Активный Процессор в цикле своей работы помимо получения информации об уровне отказа пассивного также получает информацию об идентификаторе его технологической программы. Активный Процессор посылает пассивному технологическую программу, если обнаружит ее несоответствие в пассивном. Технологическая программа передается от активного Процессора к пассивному в следующих случаях:

если у пассивного Процессора технологическая программа отсутствует, сбита или не соответствует технологической программе активного;

если в активный Процессор загружается новая технологическая программа.

Если технологические программы в активном и пассивном Процессорах совпадают, активный посылает оперативные данные пассивному. При этом все передаваемые данные делятся на две группы:

- периодически синхронизируемые;
- синхронизируемые по изменению.

Данные первой группы посылаются пассивному Процессору в каждом цикле того потока, в котором они обновляются. Максимальный период передачи периодически синхронизируемых данных не превышает трех циклов потока активного Процессора. В случае превышения указанного времени пассивный Процессор фиксирует ошибку устаревания данных и повышает свой уровень отказа.

Данные второй группы обновляются только в том случае, если в них произошли какие-то изменения. На их передачу от активного Процессора пассивному не накладываются ограничения по времени. При нормальных условиях работы данные второй группы будут переданы пассивному Процессору и, при необходимости, еще раз повторены. Изменить данные второй группы можно только средствами САПР, поэтому описанная процедура будет сравнительно редкой.

2.9 Подсистема ошибок и событий

Подсистема ошибок и событий выполняет функцию перехвата и сбора ошибок и событий, происходящих как в процессе работы фирменного ПО контроллера, так и в процессе выполнения прикладной программы контроллера, а также передачу ошибок и событий в сетевую подсистему для дальнейшей записи в архив или вывода на экране АРМ.

2.10 Подсистема аппаратного сторожа цикла

Подсистема аппаратного сторожа цикла следит за работой всех остальных подсистем контроллера и в случае обнаружения зависания какой-либо подсистемы выполняет перезапуск данной подсистемы с целью восстановления ее работоспособности.

3 Самодиагностика и уровни отказов

Все подсистемы, работающие в составе фирменного ПО, могут находиться в одном из следующих состояний:

- исправна;
- частичный отказ;
- полная неработоспособность.

Для целей автоматической диагностики отказов и принятия решения о переходе на резервный Процессор (для исполнения Контроллера «El-100» с дублированными процессорными модулями) Ядро программы рассчитывает интегральный уровень отказа системы.

В таблице 1 перечислены подсистемы Процессора и указаны уровни формируемых ими отказов. Чем больше начальное значение диапазона уровней отказов подсистемы, тем выше её ранг, и тем более серьезными могут стать последствия отказа данной подсистемы.

Таблица 1 - Подсистемы Процессора и уровни отказа

Название подсистемы	Уровни отказа
Подсистема синхронизации времени	01 – 04
Сетевая подсистема	05 – 19
Подсистема связи с объектом	20 – 79
Подсистема выполнения технологической программы	80 – 89
Ядро	90 – 99
Подсистема обслуживания лицевой панели	Подсистема не влияет на интегральный уровень отказа
Подсистема связи с дублиром	
Подсистема ошибок и событий	
Подсистема аппаратного сторожа цикла	

3.1.1 Вычисление интегрального уровня отказа системы

Каждая подсистема может установить локальный уровень отказа. Нулевой уровень отказа означает, что подсистема полностью исправна. Ненулевой уровень означает, что подсистема отказала. При этом, чем больше значение локального уровня отказа подсистемы, тем более серьезные причины отказа подсистемы.

Пример - Повышение уровня отказа сетевой подсистемы. Если она теряет связь с архивом, то поднимает свой локальный уровень отказа до 1. Если она фиксирует отказ связи с тремя абонентами, локальный уровень отказа становится равным 3. Если отказывает сетевой интерфейс, локальный уровень отказа увеличивается до 10.

Таким же образом происходит увеличение уровней отказа и других подсистем Процессора.

Расчет интегрального уровня отказа системы выполнять следующим образом:

Среди всех отказавших подсистем отыскивается та, чей ранг максимален. К значению найденного ранга добавляется сумма локальных уровней отказа всех подсистем. Результат ограничивается рангом следующей подсистемы и не может стать равным или больше него.

Таким образом, если отказала подсистема связи с объектом (например, отказал канал УСО), и повысила локальный уровень отказа до 1, а также отказала связь с одним из абонентов и сетевая подсистема повысила свой локальный уровень отказа до 1, то результирующий уровень отказа будет равен:

$$\text{MIN} (\text{MAX} (05, 20) + 1 + 1, 79) = 22$$

Если применен резервированный Процессор и у Пассивного процессора сетевая подсистема исправна, то его уровень отказа будет равен $\text{MAX} (20) + 1 = 21$ (так как отказ канала УСО зафиксируют оба Процессора). Это может послужить основанием для переключения на резервный Процессор с меньшим уровнем отказа.

3.1.2 Максимальный уровень отказа и готовность к работе

Тот факт, что Интегральный уровень отказа не может стать больше ранга, заданного для наиболее критичной отказавшей подсистемы, позволяет локализовать неисправность в пределах одной подсистемы. Для приведенного выше примера это означает, что если у процессора откажет сетевой интерфейс и 10 каналов УСО, то его интегральный уровень отказа будет рассчитан так:

$$\text{MIN (MAX (05, 20) + 10 + 10, 79) = 40}$$

Таким образом, интегральный уровень отказа не превысит ранг подсистемы связи с объектом. Анализируя данное значение, можно сделать вывод, что есть отказы в подсистеме УСО, которым сопутствуют другие отказы в той же или других подсистемах. Это в свою очередь позволяет установить так называемый Максимальный уровень отказа для Процессора, после которого тот должен перестать формировать сигнал готовности. В этом случае в дублированном Процессоре произойдет переключение на резервный, если у него выставлен сигнал готовности.

3.1.3 Настройки Процессора и вывод диагностической информации из модуля CP1XX и CP2XX

На лицевой панели процессорного модуля CP1XX или CP2XX находятся:

- дисплей процессорного модуля;
- кнопки «ВЛЕВО», «ВПРАВО», «ВНИЗ», «ВВЕРХ» для перемещения по пунктам меню дисплея. Кнопки «ВЛЕВО» и «ВПРАВО» используются для перехода к разным подменю, кнопки «ВВЕРХ» и «ВНИЗ» – для перемещения по пунктам текущего меню;
- разъемы «Ethernet-1», «Ethernet-2», которые служат для подключения процессорного модуля к резервированной системной сети Ethernet;
- разъем «Redundancy» для синхронизации работы двух процессорных модулей при дублированном исполнении модуля CP1XX.

При работе процессорного модуля на экран дисплея выводится информация Главного окна, состоящая из трех строк следующего содержания:

- 1 строка - сетевой адрес контроллера в формате IPv4. Если сетевой адрес не настроен, появится надпись «НЕТ АДРЕСА»;
- 2 строка - статус Процессора и признак готовности. Статус может принимать следующие значения:

- 1) «ИНИЦИАЛ». Ядро процессора находится в процессе инициализации;
- 2) «РАБОТА». Процессор в режиме «Работа»;
- 3) «НАЛАДКА». Процессор в режиме «Наладка»;
- 4) «БЕЗОПАС». Процессор загружен в безопасном режиме.

Во 2-й строке так же выводится Признак готовности, который может принимать одно из двух значений:

- 1) «ГОТОВ». Процессор потенциально готов управлять;
 - 2) «НЕ ГОТОВ». Процессор не готов управлять. Если Процессор дублированный, это означает снятие признака готовности;
- 3 строка - вид процессора: «ОДИНОЧНЫЙ», «АКТИВНЫЙ», «ПАССИВНЫЙ».

В этой же строке выводятся два уровня отказа: текущий и заданный предельный. Если текущий уровень отказа равен или больше предельного, Процессор устанавливает признак «НЕ ГОТОВ» и, если он дублированный, отказывается от управления.

Пример одного из вариантов информации Главного окна дисплея приведен на рисунке 1.

Рисунок 1**3.1.4 Меню процессорного модуля**

Для перехода к меню процессорного модуля следует, находясь в Главном окне, нажать на кнопку «ВЛЕВО» или «ВПРАВО», в результате на дисплее откроется Главное меню Процессорного модуля, представленное на рисунке 2, которое имеет несколько уровней вложенности (подменю).

**(ГЛАВНОЕ МЕНЮ)
НАСТРОЙКИ
ИНФОРМАЦИЯ
ВОССТАНОВЛЕНИЕ**

Рисунок 2

Название текущего уровня меню отображается в 1 строке экрана в скобках.

Главное меню имеет три пункта:

- «НАСТРОЙКИ» - для установки сетевых параметров и параметров ядра процессорного модуля;
- «ИНФОРМАЦИЯ» - для вывода информации о текущих настройках процессорного модуля, версии ПО и платформе;
- «ВОССТАНОВЛЕНИЕ» - для восстановления прикладного ПО.

Каждый пункт Главного меню имеет несколько уровней вложенности (подменю).

В таблице 2 приведены название и функциональные назначения подменю для пункта «НАСТРОЙКИ», в таблице 3 – для пункта «ИНФОРМАЦИЯ», в таблице 4 – для пункта «ВОССТАНОВЛЕНИЕ».

Таблица 2 - Подменю пункта «Настройки» Главного меню

1-й уровень подменю	Функции 1-го уровня подменю	2-й уровень подменю	Функции 2-го уровня подменю	3-й уровень подменю	Функции 3-го уровня подменю	4-й уровень подменю
«СЕТЬ»	Установка и редактирование сетевых параметров контроллера	«АДРЕС»	Установка адреса контроллера	-	-	-
		«МАСКА СЕТИ»	Установка маски сети	-	-	-
		«ШЛЮЗ 1»	Установка адреса 1-го ШЛЮЗА	-	-	-
		«ШЛЮЗ 2»	Установка адреса 2-го ШЛЮЗА	-	-	-
		«СОХРАНИТЬ»	Сохранение введенных настроек	-	-	-
«ЯДРО»	Управление ядром процессора и изменение его настроек, которые нельзя выполнить удаленно	«УПРАВЛЕНИЕ»	Настройка основных режимов работы, вида сервера выполнения, быстрый перезапуск ядра	«В РАБОТУ»	Перевод в работу	Для подтверждения команды выбрать пункт «ВЫПОЛНИТЬ» и нажать кнопку «ВПРАВО», для отмены нажать кнопку «ВВЕРХ» или выбрать пункт «ОТМЕНИТЬ»
				«В НАЛАДКУ»	Перевод в наладку (Примеч. 1)	
				«СТАТЬ ОДИНОЧНЫМ»	Перевод в одиночный режим (Примеч. 2)	
				«СТАТЬ ДУБЛИРОВАННЫМ»	Перевод в дублированный режим (Примеч. 2)	
				«БЫСТРЫЙ ЗАПУСК»	Быстрый перезапуск ядра процессора без перезагрузки ОС (Примеч. 3)	
		«ТЕХПРОГРАММА»	-	«ОБНУЛИТЬ ТП»	Обнуление текущего технологического кода и последних сохраненных данных (Примеч. 4)	
				«СОХРАНИТЬ ДАННЫЕ»	Принудительное сохранение данных технологической программы для возможности последующего восстановления	
«СИСТЕМА»	Настройка системы	«УДАЛЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ»	Сервисная функция разработчика	-	-	-
Примечания 1 В режиме «Наладка» процессор снимает признак готовности и перестает формировать задания УСО. 2 При установке режима «Одиночный» или «Дублированный» технологическая программа обнуляется, поэтому в процессорного модуль следует заново загрузить технологическую программу. 3 Быстрый перезапуск имеет смысл для выхода из безопасного состояния и (или) после обнуления технологической программы. Быстрый перезапуск процессора происходит в течение гораздо меньшего времени, чем его полная аппаратная перезагрузка. 4 Обнуление технологической программы имеет смысл в тех случаях, если выполнение технологического кода приводит к зависанию или возникновению исключений. Обнуление обязательно также перед вводом в эксплуатацию процессорного модуля из состава ЗИП						

Таблица 3 - Подменю пункта «Информация» Главного меню

1-й уровень подменю	Функции 1-го уровня подменю
«СЕТЬ»	Информация по текущему адресу контроллера, маске сети и адресам шлюзов
«ЯДРО»	Зарезервировано
«ПО»	Версии текущего системного и прикладного ПО
«ПЛАТФОРМА»	Платформа процессорного модуля

Таблица 4 - Подменю пункта «Восстановление» Главного меню

1-й уровень подменю	Функции 1-го уровня подменю	2-й уровень подменю	Функции 2-го уровня подменю
«ЯДРО»	Сервисная функция разработчика	-	-
«ПРИКЛАДНОЕ ПО»	Восстановление прикладного ПО	«СИСТЕМНАЯ КОПИЯ»	Предыдущая сохраненная версия ПО
		«ПОСЛЕДНЯЯ КОПИЯ»	Последняя сохраненная версия ПО

Лист регистрации изменений

[illegible]