

УТВЕРЖДЕН
М21.00418-01 13 01-ЛУ

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛУЧ

Описание программы
М21.00418-01 13 01

Листов 18

Инв. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

2024



Аннотация

В настоящем документе приведено описание программного обеспечения ЛУЧ М21.00418-01 (далее – ПО ЛУЧ), предназначенного для работы в контроллерах программно-технического комплекса ЛУЧ, применяемого для построения АСУ ТП и АИИС КУЭ.

ПО ЛУЧ предназначено для обеспечения сбора, обработки, сохранения, преобразования и передачи данных в информационные системы.

Перечень сокращений и обозначений, принятых в документе, приведен в приложении А.

Перечень ссылочных документов приведен в приложении Б.



Содержание

1 Общие сведения.....	4
1.1 Программное обеспечение, необходимое для функционирования ПО ЛУЧ	4
1.2 Языки программирования, на которых написана программа	4
2 Функциональное назначение	4
2.1 Назначение ПО ЛУЧ	4
2.2 Функциональные ограничения.....	5
3 Описание логической структуры.....	5
3.1 Алгоритм запуска процессов программы	5
3.2 Структура программы с описанием функций составных частей.....	9
3.3 Архитектура директорий и файлов ПО ЛУЧ.....	11
3.4 Связи программы с другими программами	13
4 Используемые технические средства.....	13
4.1 Назначение и характеристики интерфейсов	13
4.2 Оперативные блокировки	14
5 Вызов и загрузка.....	5
6 Входные и выходные данные.....	15
Приложение А Перечень сокращений и обозначений.....	16
Приложение Б Перечень ссылочных документов.....	17



1 Общие сведения

1.1 Программное обеспечение, необходимое для функционирования ПО ЛУЧ

ПО ЛУЧ является прикладным, встроенным программным обеспечением устройств:

- «Устройство измерительное многофункциональное МИР КИР-01М» М13.013.00.000 (далее – КИР), которое выпускается в нескольких конструктивных исполнениях;

- Модуль процессорный МП-04 М09.004.00.000 (четыре исполнения: МП-04.00 М09.004.00.000, МП-04.01 М09.004.00.000-01, МП-04.02 М09.004.00.000-02, МП-04.03 М09.004.00.000-03), в составе контроллера МИР КТ-51М М07.111.00.000.

ПО ЛУЧ, в зависимости от аппаратного исполнения КИР, функционирует под управлением операционной системы Linux 2.6 и 4.14 промышленного контроллера на базе процессоров ARM, X86.

1.2 Языки программирования, на которых написана программа

ПО ЛУЧ реализовано на языке высокого уровня C++.

Компилятор для Linux 2.6.27.8: GCC (Sourcery CodeBench Lite 2014.05-29) 4.8.3 20140320.

Компилятор для Linux 4.14: GCC (Linaro GCC 7.4-2019.02) 7.4.1 20181213 [linaro-7.4-2019.02].

2 Функциональное назначение

2.1 Назначение ПО ЛУЧ

ПО ЛУЧ предназначено для выполнения следующих функций:

- измерение параметров электрической сети, в том числе показателей качества ЭЭ (далее – ПКЭ);
- определение состояния каналов дискретного ввода (ТС);
- управление состояниями каналов дискретного вывода (ТУ);
- формирование событий об изменении состояния сети и энергообъекта с ведением очередей и журналов событий, регистрация аварийных и переходных процессов в сети;
- регистрация мгновенных значений токов и напряжений, а также регистрация среднеквадратических значений токов и напряжений (осциллографирование);
- учет ЭЭ;
- обмен данными с устройством (сервером, контроллером, станцией) верхнего уровня управления (далее – верхний уровень управления);
- сбор данных с устройств РЗА, СЭЭ и других ИУ, подключенных по цифровым интерфейсам, в автоматическом режиме и по запросам верхнего уровня управления;
- обмен данными с модулями ввода-вывода МИР МВ-01 М14.021.00.000;
- отображение измеренных и вычисленных данных с помощью модулей индикации МИ120.1 и МИ120.3 ТУ 25-7504.213-2011;
- поддержка работы с операторскими панелями, например, WEINTEK;



- конфигурирование и работа по пользовательским алгоритмам локальной автоматики, в том числе, алгоритмам оперативной блокировки;
- индикация состояния и режимов работы КПП;
- ведение системного времени с синхронизацией от внешнего источника:
 - 1) сервер сбора данных по протоколу МЭК101/104;
 - 2) SNTP-сервер;
 - 3) радиочасы РЧ-01/РЧ-02 с RS485/RS232;
 - 4) радиочасы РЧ-02М с двумя Ethernet (SNTP);
 - 5) конфигуратор контроллера;
- синхронизация времени устройств РЗА, СЭЭ и других ИУ, подключенных по цифровым интерфейсам;
 - контроль собственной температуры;
 - установка и просмотр конфигурационных параметров удаленно по командам верхнего уровня управления или оперативно по месту установки.

2.2 Функциональные ограничения

ПО ЛУЧ предназначено для установки только в устройства производства ООО «НПО «МИР».

3 Описание логической структуры

3.1 Вызов и загрузка

Первоначальная установка ПО ЛУЧ в КПП осуществляется заводом-изготовителем (ООО «НПО «МИР»)) при производстве промышленного контроллера, в состав которого входит данное ПО.

Обновление ПО ЛУЧ осуществляется с помощью ККМ в виде дистрибутива.

Процесс загрузки системного ПО (Операционная система МИР, далее – ОС МИР) и прикладного ПО (ПО ЛУЧ) приведен на рисунке 3:

- Компьютерный загрузчик ОС U-boot при загрузке определяет необходимость запуска модуля тестового ПО и, если выполняется условие запуска тестового ПО, запускается сам модуль тестового ПО. Загрузчик U-boot включает в себя модули, которые выполняют следующие функции:
 - 1) Модуль тестового ПО (если выполнены условия запуска модуля тестового ПО) выполняет тесты оборудования и, в случае успешного прохождения тестов, формируется структура конфигурации оборудования, включающая серийный номер изделия и контрольную сумму, и записывается в память FRAM по фиксированному адресу с контрольной проверкой записанной информацией;
 - 2) Модуль настройки оборудования считывает структуру конфигурации из фиксированного адреса памяти FRAM, проверяет ее валидность (сигнатура), наличие завершающего параметра, CRC32 и др.), записывает копию в память NAND в зарезервированный для этого блок памяти, выполняет при необходимости конфигурирование ADE, определяет и изменяет состояние загрузки, суммирование накопленных данных;

- 3) Модуль обновления ПО, определяет необходимость обновления ПО, изменяет состояние загрузки и выполняет обновление ПО при необходимости обновления, выполняет перезагрузку изделия после обновления.
- Ядро Linux, которое считывает структуру конфигурации и подключает необходимые драйверы/модули в соответствии с полученной конфигурацией оборудования, запускает прикладное ПО;
 - Прикладное ПО ЛУЧ.

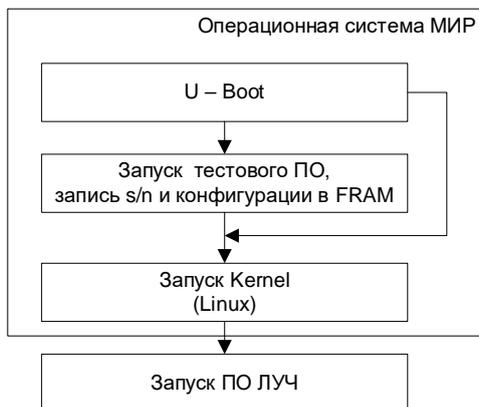


Рисунок 3



3.2 Алгоритм запуска процессов программы

Алгоритм запуска программ, входящих в состав ПО ЛУЧ, приведен на рисунке 1.

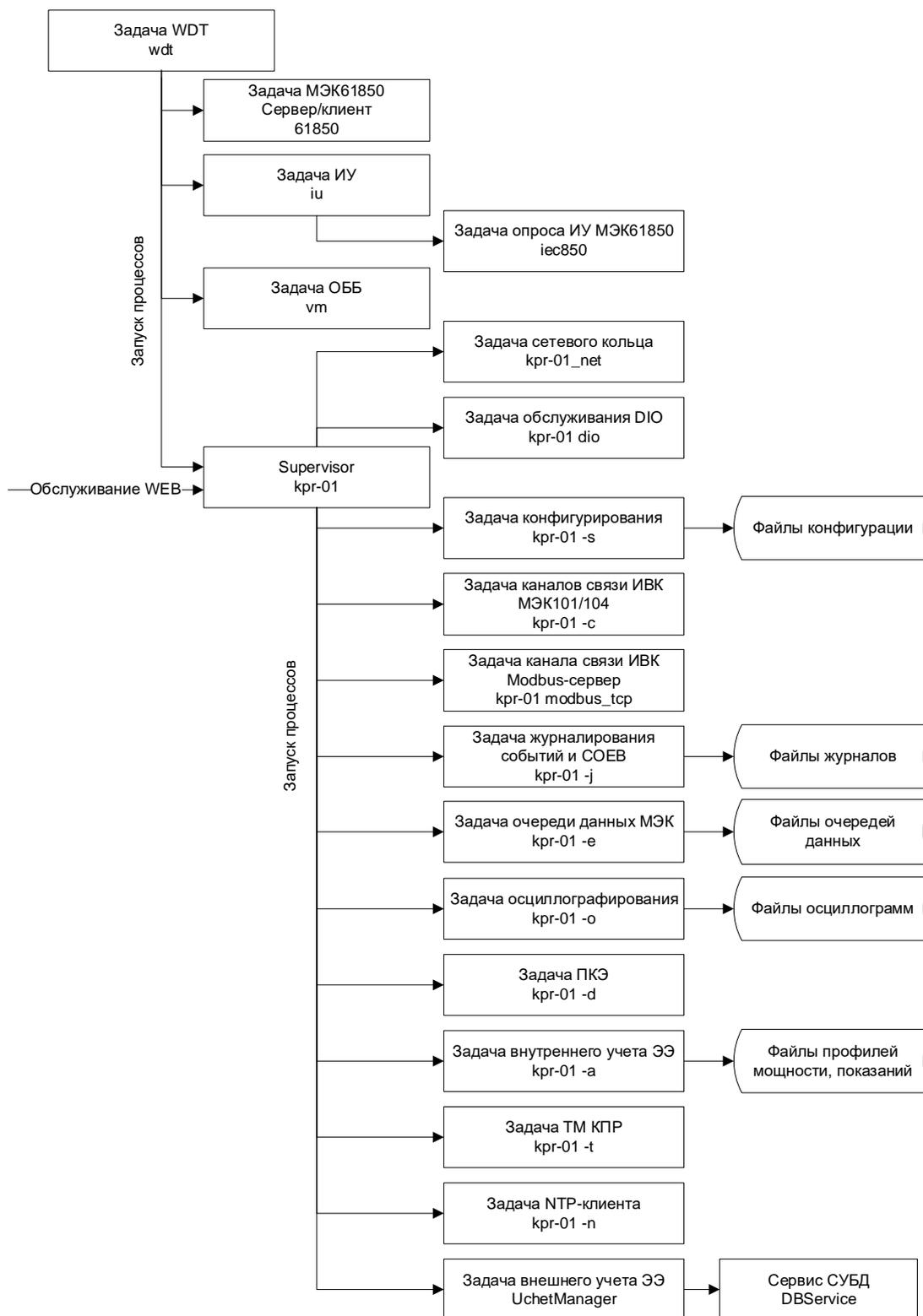


Рисунок 1



3.3 Структура программы с описанием функций составных частей

3.3.1 Задача WatchDog [wdt]:

- инициализация и обновление аппаратного сторожевого таймера WatchDog цифровой платы КПП;
- слежение за работоспособностью ПО, запуск и перезапуск прикладных программ.

3.3.2 Задача МЭК61850 Сервер/клиент [61850]:

- функция приема/передачи GOOSE-сообщений;
- функция передачи MMS-сообщений.

3.3.3 Задача ИУ [iu]:

- сбор текущих данных и событий с внешних ИУ, подключенных через последовательный канал или локальную сеть;
- функция телеуправления/телерегулирования на внешних ИУ;
- функция сбора событий из журналов ИУ, чтение журналов и осциллограмм в виде файлов.

3.3.4 Задача опроса ИУ МЭК61850 [iec850]: выполняет опрос ИУ по протоколу МЭК-61850, работает совместно с задачей ИУ.

3.3.5 Задача ОББ [vm]:

- функция оперативной блокировки безопасности;
- задачи сбора поставляют данные для виртуальной машины задачи ОББ. Задача ОББ на основании уставок ОББ производит логические вычисления для выполнения функций энергетики по оперативным блокировкам.

3.3.6 Supervisor [kpr-01]: производит запуск всех основных задач сбора и каналов связи ИВК. Выполняет функции ИВКЭ. Инициализирует общую память SHM.

3.3.7 Задача сетевого кольца [kpr-01_net]: организация Ethernet-топологии подключения в кольцо между оборудованием ООО «НПО «МИР».

3.3.8 Задача обслуживания DIO [kpr-01 dio]: функция загрузки уставок DIO и перезапуск программы vm.

3.3.9 Задача конфигурирования [kpr-01 -s]: функция загрузки и обновления уставок КПП из/в файлы конфигурации.

3.3.10 Задача каналы связи ИВК МЭК101/104 [kpr-01 -c]: работа по протоколам МЭК101/104 с верхним уровнем. Контроллер выполняет роль сервера по протоколам МЭК101/104. Верхний уровень является клиентом.

3.3.11 Задача каналы связи ИВК Modbus-сервер [kpr-01 modbus_tcp]:

- работа по протоколам Modbus TCP с верхним уровнем;
- контроллер выполняет роль сервера по протоколам Modbus TCP. Верхний уровень является клиентом.

3.3.12 Задача журналирования событий и СОЕВ [kpr-01 -j]: журнал событий контроллера хранит массив архивных записей по событиям контроллера и/или подключенным устройствам. В него сохраняются:

- считанные события из журналов СЭЭ;



- события диагностики по неисправностям оборудования;
- события наличия/пропадания связи с оборудованием.

Журнал корректировок времени хранит массив архивных записей по выполненным корректировкам/установкам времени контроллера и/или подключенным устройствам. В журнал пишут события: задача внешнего учета ЭЭ, задача *Supervisor*, задача ИУ. В записях сохраняются:

- времена до и после корректировки времени устройства;
- расхождение времени устройства с контроллером и метка времени контроллера;
- дополнительные поля.

3.3.13 *Задача очереди данных МЭК [kpr-01 -e]* (далее – очередь каналов связи): очередь на каждый канал связи с центром, имеющая два приоритета данных: аварийный и нормальный. В аварийный приоритет должны попадать критические данные, либо данные указанные в уставках задачи как аварийные. В нормальный приоритет должны попасть все остальные данные. В очередь сохраняются:

- данные задачи ИУ, внешнего учета, ТМ, ОББ;
- события ИВКЭ.

3.3.14 *Задача осциллографирования [kpr-01 -o]*:

- сбор каналов измерений с ADE в реальном времени;
- фиксация осциллограмм и огибающих в файлы на диск по событию.

3.3.15 *Задача ПКЭ [kpr-01 -d]*:

- расчет периодических гармонических составляющих ЭЭ;
- расчет отклонений напряжения и частоты, несинусоидальности, симметричных составляющих, провалов и перенапряжений;
- формирование отчетов по ПКЭ.

3.3.16 *Задача внутреннего учета ЭЭ [kpr-01 -a]*:

- функция внутреннего учета ЭЭ самим прибором КПП-01М посредством встроенного измерителя ADE;
- функция ведения профиля мощности, профиля показаний суточных/месячных.

3.3.17 *Задача ТМ КПП [kpr-01 -t]*:

- опрос текущих/усредненных и других измерений из встроенного измерителя ADE;
- расчет среднеквадратичных гармонических составляющих ЭЭ;
- опрос внутренних ТС КПП;
- управление внутренними ТУ КПП.

3.3.18 *Задача NTP-клиента [kpr-01 -n]*: функция синхронизации времени по протоколам SNTP.

3.3.19 *Задача внешнего учета ЭЭ [UchetManager]*:

- функция сбора данных профилей мощности, показаний суточных/месячных, журналов событий СЭЭ из подключенных ИВК;
- функция синхронизации времени СЭЭ по времени КПП;
- функция работы по протоколам обмена ИВК:
 - 1) DLMS/COSEM;
 - 2) СПОДЭС;

- 3) протокол Меркурий;
- 4) протокол DLMS МИР С-01/03;
- 5) другие.

3.3.20 Сервис СУБД [DBService]:

- функция работы с СУБД SQLite;
- функция предоставления API для взаимодействия с БД;

Схема взаимодействия программ, входящих в состав ПО ЛУЧ (рисунок 2).

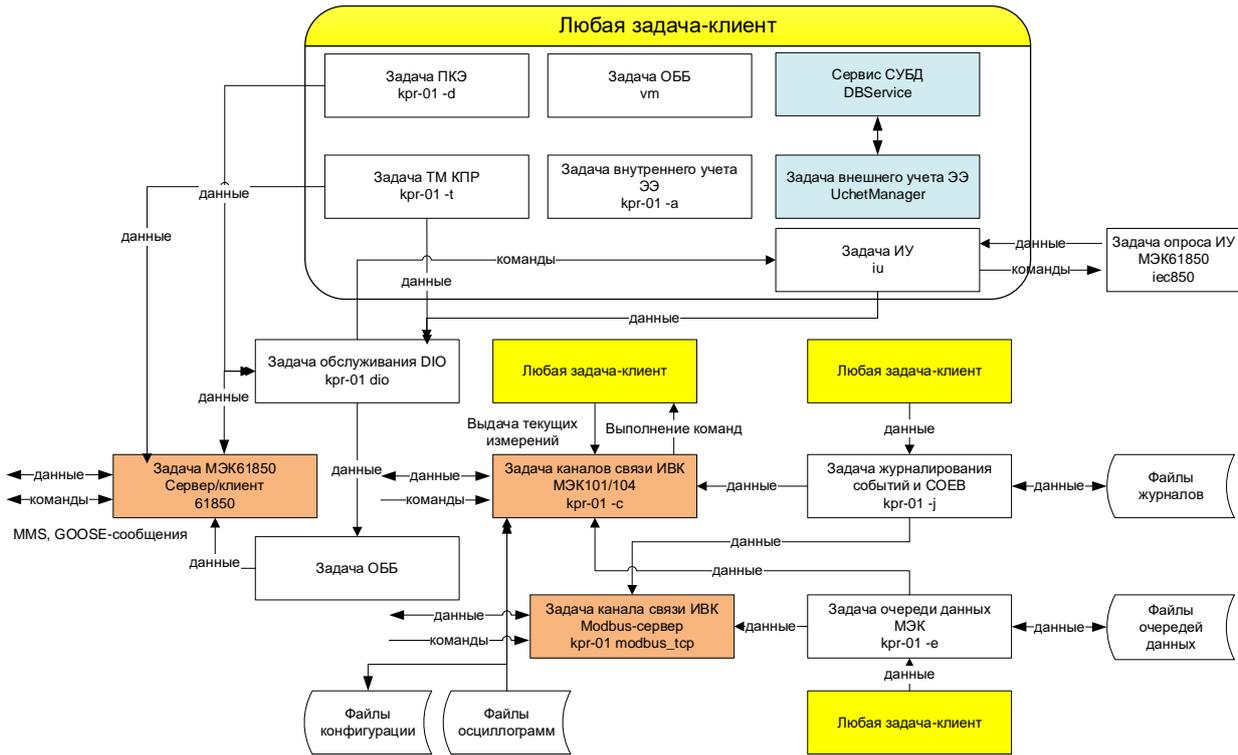


Рисунок 2

■ – протокол обмена для внешних процессов (взаимодействие КПП между собой может быть как по протоколу МЭК 101/104, так и по протоколу МЭК 61850).

■ – задача внешнего учета ЭЭ, работающая с ИВК.

3.4 Архитектура директорий и файлов ПО ЛУЧ

Описание иерархии директорий и файлов ПО ЛУЧ приведено в таблице 1.

Таблица 1

Директория	Что содержит
/KPR/	Все прикладное ПО (за исключением библиотек)
/KPR/61131/	Уставки ОББ
/KPR/BASE/	Уставки и данные
/KPR/BASE/61850/	Уставки МЭК-61850
/KPR/BASE/ARCH/	Архивные данные учета



Директория	Что содержит
/KPR/BASE/BACKUP/	Резервные копии конфигурации и исполняемых файлов
/KPR/BASE/CFG/	Конфигурационные файлы для всех задач, кроме тех, у которых отдельная папка
/KPR/BASE/ComTrade/	Осциллограммы в формате COMTRADE
/KPR/BASE/EVENT/	Очереди событий
/KPR/BASE/JRN/	Журналы событий и синхронизации времени
/KPR/BASE/OSC/	Осциллограммы в проприетарном формате
/KPR/UPDATE/	Временная папка для обновлений прошивки
/KPR/logs/	Лог-файлы, которые должны сохраняться при перезагрузках
/KPR/sets/	Уставки задачи ИУ
/KPR/sav/	Сохраненные состояния для задачи ИУ
/KPR/tmp/	Временные файлы для задачи ИУ
/KPR/www/	Директории и файлы для web-интерфейса

Описание файлов в директории /KPR/ приведено в таблице 2.

Таблица 2

Файл	Описание	Зависимости
61850	Сервер протокола МЭК-61850 (MMS, GOOSE)	
cgi_scripts.html	Скрипты для web-интерфейса КПП	
DBService	Менеджер БД учета ЭЭ	UchetManager
DBService.sql	Схема БД учета ЭЭ	DBService
diag_srv	Утилита диагностики	
enlog.ini	Настройка логирования для задач	
ident	Утилита получения информации о контроллере	
iec61131_cc	Компилятор уставок для ОББ	
iec850	Клиент для опроса ИУ по протоколу МЭК-61850	
iu	Задача опроса ИУ	
kpr-01	Основное приложение контроллера. Запускает все остальные процессы	Обязательно расположение в /KPR/ Запускается в стартовом скрипте /etc/rc.d/rcS
kpr-01_net	Сервис организации сетевого кольца v2.0	
ray	Обработчик данных с задачи ИУ (пороги, отклонения и т.п.)	
sets_converter	Конвертер из конфигурации, хранимой в предыдущем формате	
UchetManager	Менеджер задач учета	



Файл	Описание	Зависимости
<i>uncompress</i>	Распаковка сжатых файлов уставок (используется задачей ИУ)	
<i>uchet_state.sql</i>	Схема базы состояния задачи учета ЭЭ	
<i>vm</i>	Виртуальная машина для вычисления логики ОББ	
<i>wdt</i>	Контроль процессов прикладного ПО, перезапуск в случае зависаний	

Описание файлов в директории */usr/lib/* приведено в таблице 3.

Таблица 3

Файл	Основное назначение	Зависимости от файлов и расположения
<i>libmercury.so</i>	Драйвер протокола счётчиков Меркурий	UchetManager
<i>libmircl23.so</i>	Драйвер протокола счётчиков МИР С-01, 02, 03	UchetManager
<i>libmircl457.so</i>	Драйвер протокола счётчиков МИР С-04, 05, 07	UchetManager
<i>libsqlite_wrap.so</i>	Библиотека SQLite3	

3.5 Связи программы с другими программами

Задание конфигурации КПП производится с помощью:

- программы КОНФИГУРАТОР КПП-01 М11.00321-02 (далее – ККПП).
- программы КОНФИГУРАТОР КОНТРОЛЛЕРОВ МИР М10.00291-03 (далее – КKM)

приведен в [1];

- программы СЕРВЕР ОМЬ М18.00397-01 (далее – ОРС-сервер) – уставки по каналам связи КПП;

- web-браузера – просмотр текущих данных и параметров конфигурации КПП (только конфигурация каналов связи).

Связь с общесистемным ПО осуществляется посредством интерфейсов:

- Ethernet;
- RS-232;
- RS-485.

4 Используемые технические средства

4.1 Назначение и характеристики интерфейсов

Интерфейсы RS-485 предназначены для обмена данными с верхним уровнем управления, а также для подключения ИУ сторонних производителей.

Интерфейсы работают независимо друг от друга. Поддерживаются следующие протоколы передачи данных: ГОСТ Р МЭК 60870-5-101, MODBUS RTU, а также протоколы обмена с ИУ, список которых приведен в [2]. Тип используемого протокола задается при конфигурировании, независимо для каждого интерфейса RS-485.



Интерфейсы Ethernet предназначены для обмена данными с верхним уровнем управления, для просмотра и задания конфигурации КПП, а также для подключения ИУ сторонних производителей. Для обмена данными по интерфейсу Ethernet могут использоваться протоколы обмена ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 и протокол «цифровой подстанции» МЭК 61850-8, а также протоколы обмена с ИУ, список которых приведен в [2].

При работе КПП по протоколу МЭК 61850-8 в рамках подстанционной шины обеспечивается обмен данными следующих форматов:

- обмен данными по протоколу MMS (сервер, клиент);
- публикация GOOSE-сообщений (до 16);
- подписка на GOOSE-сообщения (до 16).

Возможность публикации и подписки на широковещательные GOOSE-сообщения позволяют КПП обмениваться информацией о состоянии коммутационного оборудования на энергообъекте, что позволяет реализовывать, в частности, оперативные блокировки управления коммутационными аппаратами. В состав GOOSE-сообщений может быть включена информация о состоянии каналов ТС и результатах измерений не только непосредственно от КПП, но и информация, полученная от модулей ввода-вывода МВ-01 и других ИУ, подключенных к КПП по цифровым интерфейсам.

Интерфейс CAN предназначен для синхронизации запуска осциллографирования и синхронизации времени между всеми КПП, объединенными данным интерфейсом.

Интерфейс RS-232 предназначен для обмена данными с верхним уровнем управления, а также для подключения ИУ сторонних производителей. Поддерживаются следующие протоколы передачи данных: ГОСТ Р МЭК 60870-5-101, MODBUS RTU, а также протоколы обмена с ИУ, список которых приведен в [1]. Тип используемого протокола задается при конфигурировании.

Для подключения к КПП СЭЭ и ИУ дополнительно к интерфейсам Ethernet и RS-485 возможно расширение интерфейсов с помощью каналообразующего оборудования, например, модема-коммуникатора МИР МК-01 М12.027.00.000. При использовании модема-коммуникатора МИР МК-01 КПП-01М обеспечивает обмен данными по интерфейсам PLC и Zigbee с автоматическим формированием сети (mesh-сеть), автоматическим поиском и опросом новых ИУ, а также по интерфейсу GSM.

4.2 Оперативные блокировки

Применение протокола обмена МЭК 61850-8 позволяет использовать КПП для организации оперативных блокировок безопасности при управлении коммутационными аппаратами на энергообъектах.

Команды могут передаваться непосредственно от КПП или через модули ввода-вывода МИР МВ-01, подключенные по цифровым интерфейсам.

Обмен данными между КПП, участвующими в оперативной блокировке, производится по протоколу МЭК 61850-1. Для работы алгоритма оперативной блокировки в каждом КПП должна быть настроена публикация GOOSE-сообщений с заданным набором параметров о состоянии каналов, контролируемых данным КПП, и настроена подписка на GOOSE-сообщения от других присоединений, задействованных в алгоритме блокировки.

Конфигурирование системы оперативной блокировки и программирование алгоритмов управления выполняется с использованием ККПП.



5 Входные и выходные данные

Данные для КПП могут быть как входными, так и выходными в зависимости от схемы подключения или от конфигурации КПП.

КПП (в зависимости от кода исполнения) предназначен для приема данных:

- управление состояниями каналов дискретного вывода (ТУ);
- уставки;
- телерегулировки.

КПП (в зависимости от кода исполнения) выдает данные:

- параметров электрической сети, в том числе ПКЭ;
- состояния каналов дискретного ввода (ТС);
- событий об изменении состояния сети и энергообъекта с ведением очередей и журналов событий, регистрация аварийных и переходных процессов в сети;
 - мгновенных значений токов и напряжений, а также среднеквадратических значений токов и напряжений (осциллографирование);
 - данных внутреннего и внешнего учета ЭЭ;
 - данных устройств РЗА, счетчиков ЭЭ и других ИУ, подключенных по цифровым интерфейсам, в автоматическом режиме и по запросам верхнего уровня управления;
 - данных с модулей ввода-вывода МИР МВ-01 М14.021.00.000;
 - значений собственной температуры;
 - данных конфигурации и уставок (по запросу);
 - файлов осциллограмм и огибающих (по запросу);
 - файлов журналов (по запросу): ПКЭ, событий контроллера, корректировок времени, ИВКЭ;
 - данных внутреннего учета ЭЭ измерителя КПП;
 - данных внешнего учета ЭЭ ИВК (с внешних СЭЭ). Выходными данными ПО ЛУЧ также являются журналы событий, полученные с ИВК.



Приложение А

Перечень сокращений и обозначений

АИИС КУЭ – автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии.

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическими процессами.

БД – база данных.

ИУ – интеллектуальное устройство.

ИВК – Информационно-вычислительный комплекс.

ИВКЭ – Информационно-вычислительный комплекс электроустановки.

ОББ – оперативная блокировка безопасности.

ОС – операционная система.

ПКЭ – показатели качества электроэнергии.

ПО – программное обеспечение.

РЗА – релейная защита и автоматика.

СОЕВ – система обеспечения единства времени.

СУБД – система управления базами данных.

СЭЭ – счетчик электроэнергии.

ТМ – телемеханика.

ТС – телесигнализация.

ТУ – телеуправление.

ЭЭ – электрической энергии.

API (Application Programming Interface) – программный интерфейс приложения.

SHM – Разделяемая память (англ. Shared memory) является самым быстрым средством обмена данными между процессами.

SNTP (Simple Network Time Protocol) – протокол синхронизации времени по компьютерной сети. Является упрощённой реализацией протокола NTP.



Приложение Б

Перечень ссылочных документов

- 1 М13.013.00.000 РЭ «Устройство измерительное многофункциональное МИР КТР-01М. Руководство по эксплуатации».
- 2 М10.00291-03 31 01 «Программа КОНФИГУРАТОР КОНТРОЛЛЕРОВ МИР. Описание применения».

