

Акционерное общество  
«Инженерно-технический центр «Континуум»

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС  
УСТРОЙСТВО СОПРЯЖЕНИЯ  
(Предобработчик 9-2)

Руководство оператора

КМБТ.108.002 Д2

Ярославль 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Перечень использованных в документе сокращений и терминов .....	4
2	Общие сведения.....	6
3	Технические характеристики .....	11
4	Основные сведения о функционировании комплекса.....	15
5	Описание выполнения основных операций с Предобработчиком.....	19
	Приложение А. Характеристики профиля «HVDC» .....	27
	Приложение Б. Сведения об операциях подготовки Предобработчика к использованию.....	29
	Приложение В. Описание записей (“records”) в файле «db» .....	32
	Приложение Г. Нормативные ссылки.....	36

Настоящий документ представляет собой версию 1.0 (от 13.11.2023 г.) руководства оператора на программно-аппаратный комплекс – устройство сопряжения и интеграции прецизионных широкополосных измерителей тока и напряжения с системой управления электропитанием сверхпроводящих магнитных катушек ИТЭР (Предобработчик).

Приведенные в документе сведения могут изменяться в связи с возможным выходом обновленных версий Предобработчика. Соответствующие изменения будут отражены в последующих версиях настоящего руководства.

Перед началом работы рекомендуется предварительно ознакомиться с основами функционирования Предобработчика. Основы функционирования Предобработчика, описаны в руководстве по эксплуатации (КМБТ.108.002 РЭ).

# 1 Перечень использованных в документе сокращений и терминов

## Перечень использованных сокращений:

ИТЭР (ITER)	–	International Thermonuclear Experimental Reactor (англ.) (проект международного экспериментального термоядерного реактора)
ОС	–	Операционная система
ПО	–	Программное обеспечение
APDU	–	Application Protocol Data Unit (eng., протокольный блок данных прикладного уровня (термин – в соотв. с IEC 61850-9-2))
API	–	Application Programming Interfaces (eng., «интерфейсы программирования приложений»)
AVG	–	«AVeraGe» (eng.), в данном документе под сокращением подразумевается характеристика «среднее (арифметическое) за период времени значение сигнала (тока или напряжения)»
CPU	–	«Central Processing Unit» (eng.), в терминологии FastController-ов ИТЭР – базовый вычислительный блок FastController-a
EPICS	–	«Experimental Physics and Industrial Control System» (eng.), система управления для экспериментальной физики и промышленности (программная среда для разработки и запуска распределенных систем управления для научных и экспериментальных установок, таких, как ускорители частиц, телескопы и других больших установок)
FCS	–	«Frame Check Sequence» (eng.), последовательность (бит) проверки фрейма (пакета) Ethernet (поле пакета Ethernet, содержащее строку бит, располагаемую в конце пакета, содержащее значение контрольной суммы данных пакета)
IOC	–	«Input/Output Controller» (eng., «контроллер ввода-вывода»), в терминологии EPICS (см. выше) – программное приложение EPICS, реализующее доступ к данным управления процессом с использованием механизма «записей» (“records”) EPICS

PX1e	–	«PCI eXtension for Instrumentation» (eng.), стандарт модульного измерительного оборудования
RHEL	–	«RedHat Enterprise Linux» (eng.) (дистрибутив операционной системы Linux компании Red Hat)
RMS	–	«Root-Mean Square» (eng., «среднеквадратическое значение»), величина действующего (среднеквадратического) значения сигнала тока или напряжения
SOF	–	«Start-Of-Frame Delimeter» (eng.), разделитель начала кадра (битовое поле пакета Ethernet, характеризующее начало пакета)
VLAN	–	«Virtual local area network» (eng.), виртуальная локальная сеть (в соотв. с IEEE 802.1Q)

### **Перечень использованных терминов:**

Комплекс измерений электрических параметров системы управления электропитанием сверхпроводящих магнитных катушек ИТЭР – Комплекс, включающий в себя совокупность высоковольтных измерительных датчиков напряжения и тока с цифровым выходом, обеспечивающих выполнение измерений тока и напряжения с преобразованием данных измерений в цифровой вид в системе электропитания сверхпроводящих магнитных катушек ИТЭР. Вышеуказанный комплекс обеспечивает предоставление необходимых данных измерений токов и напряжений в цифровом виде в систему управления электропитанием сверхпроводящих магнитных катушек ИТЭР.

Комплекс обработки данных (FastController) системы управления электропитанием сверхпроводящих магнитных катушек ИТЭР – Вычислительный комплекс, обеспечивающий в качестве одной из своих задач обработку данных измерений с датчиков тока и напряжения из состава комплекса измерений электрических параметров системы управления электропитанием сверхпроводящих магнитных катушек ИТЭР (см. выше) с целью обеспечения функции оперативного управления электропитанием сверхпроводящих магнитных катушек ИТЭР

Поток 9-2 – Упорядоченная последовательность Ethernet-пакетов, транслируемая между узлом-приемником и узлом-получателем в сети Ethernet, соответствующая стандарту IEC 61850-9-2 (либо спецификации IEC 61850-9-2 LE), характеризуемая уникальным идентификатором последовательности, содержащимся в поле MsvID/UsvID каждого из Ethernet-пакетов указанной последовательности

## **2 Общие сведения**

### **2.1 Назначение**

2.1.1 Предобработчик является встраиваемым компонентом, подключаемым последовательно в тракт, соединяющий FastController, либо иной персональный компьютер (ПК) со специализированным программным обеспечением обработчик данных, с датчиками тока и напряжения с цифровым выходом формата IEC 61850-9-2.

2.1.2 Основной функцией Предобработчика является приём и предварительная обработка цифровых коммуникационных потоков от измерительных датчиков с последующим предоставлением результатов этой обработки приложениям, выполняющимся на платформе персонального компьютера.

2.1.3 Предобработчик оснащается следующим набором специализированных интерфейсов:

- внешние коммуникационные интерфейсы (функциональная специализация – захват цифровых коммуникационных потоков в формате IEC 61850-9-2 из коммуникационной сети);

- внутренний коммуникационный интерфейс (функциональная специализация – взаимодействие с FastController).

2.1.4 Предобработчик обеспечивает обработку данных внешних цифровых потоков в формате IEC 61850-9-2, подаваемых на входы внешних коммуникационных интерфейсов Ethernet устройства, с передачей результатов обработки данных через внутренний коммуникационный интерфейс (PXIe) устройства на персональный компьютер.

2.1.5 Обработка данных, выполняемая Предобработчиком, включает выделение из принимаемых устройством цифровых потоков в формате IEC 61850-9-2 только «полезных» данных (в частности, только последовательностей мгновенных значений тока и/или напряжения с привязкой ко времени) и обработку «служебной» информации на базе собственных вычислительных ресурсов. При этом обеспечивается сокращение количества данных, передаваемых на ПК, а также обеспечивается разгрузка вычислительных ресурсов ПК вследствие исключения необходимости выполнения непосредственно в ПК вышеуказанной обработки данных.

2.1.6 Кроме того, в рамках обработки данных обеспечивается выполнение арифметических операций над данными (мгновенными значениями электрических величин) принимаемых цифровых потоков в формате IEC 61850-9-2 с передачей результатов выполнения указанных операций на ПК. В частности, обеспечивается формирование выходного «дифференциального» потока (т.е. потока, мгновенные значения которого являются разностью мгновенных значений двух цифровых потоков в формате IEC 61850-9-2), выполнение свёртки массивов мгновенных значений

(вычисление среднего (арифметического) значения сигнала тока / напряжения для соответствующего массива мгновенных значений) и др.

## **2.2 Состав программно-технических средств и окружения**

2.2.1 В состав Предобработчика входит следующий набор программно-аппаратных средств:

- Предобработчик, включающий в себя аппаратную часть в виде платы сопряжения (PXIe) и встраиваемое программное обеспечение (ВПО), функционирующее в составе вышеуказанного Предобработчика;

- комплект программного обеспечения (ПО) интеграции Предобработчика с операционной системой RedHat Linux (ОС Linux), включающий:

- 1) драйвер платы сопряжения для операционной системы RedHat Linux;

- 2) программную библиотеку (предоставляющую функции API) для доступа к модулю сопряжения из программных приложений ОС Linux.

- программный драйвер Предобработчика для программной среды EPICS;

- комплект программных утилит настройки (конфигурирования) Предобработчиков для обеспечения настройки функционирования модуля сопряжения в программной среде EPICS.

2.2.2 Состав компонентов Предобработчика и его окружения, а также их размещение в программно-аппаратных комплексах показаны на рисунке 1.

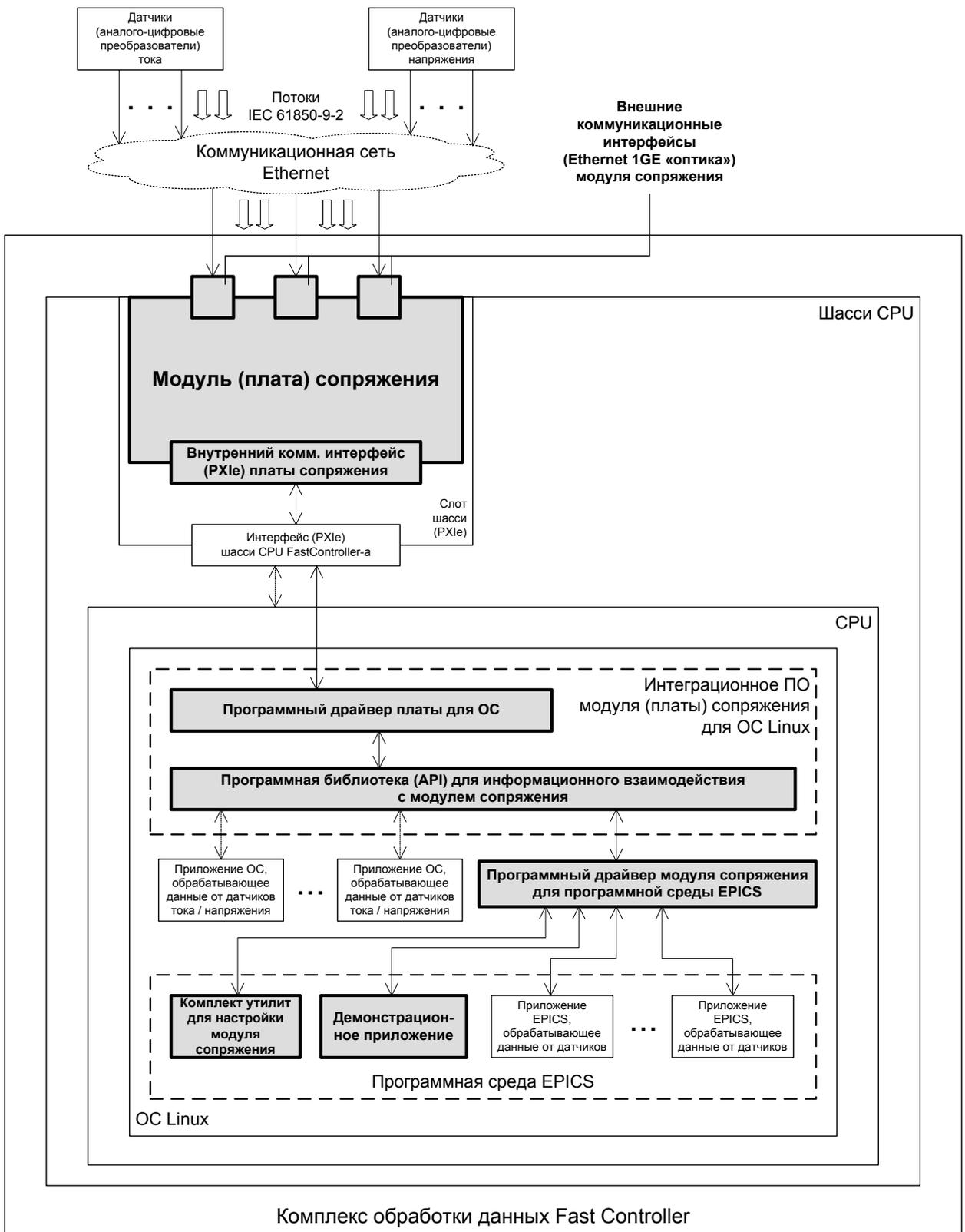


Рисунок 1 – Состав компонентов Предобработчика и его окружения, а также их размещение в программно-аппаратных комплексах

## **2.3 Описание Предобработчика**

2.3.1 Предобработчик, включающий в себя плату и встраиваемое ПО, обеспечивает обработку данных внешних потоков 9-2, подаваемых на входы внешних коммуникационных интерфейсов Ethernet Предобработчика, с передачей результатов обработки данных через внутренний коммуникационный интерфейс платы на ПК.

2.3.2 В рамках вышеуказанной обработки данных обеспечивается, в частности, выделение из принимаемых Предобработчиком потоков 9-2 только «полезных» данных (в частности, только последовательностей мгновенных значений тока или напряжения с привязкой ко времени) с отбрасыванием «служебной» информации. При этом обеспечивается сокращение более чем на порядок количества данных, передаваемых на ПК, а также разгрузка вычислительных ресурсов ПК вследствие исключения необходимости выполнения непосредственно в ПК вышеуказанной обработки данных.

2.3.3 Кроме того, в рамках вышеуказанной обработки данных обеспечивается выполнение арифметических операций над данными (мгновенные значения электрических величин) принимаемых потоков 9-2 с передачей результатов выполнения операций на FastController. В частности, обеспечивается формирование выходного «дифференциального» потока (т.е. потока, мгновенные значения которого являются разностью мгновенных значений двух потоков 9-2), выполнение свертки массивов мгновенных значений (напр., вычисление RMS сигнала для соответствующего массива мгновенных значений сигнала тока или напряжения) и т.п.

## **2.4 Описание драйверов ОС Linux**

2.4.1 Драйвер Предобработчика предназначен для обеспечения функционирования Предобработчика, установленного в ПК, в программной среде ОС RedHat Linux (x86\_64).

2.4.2 Поддерживаемая драйвером версия ОС Linux – ОС RedHat Enterprise Linux, версия 5.3 (RHEL 5.3).

2.4.3 Наличие указанного драйвера, установленного в ОС Linux ПК, является обязательным для обеспечения функционирования модуля сопряжения в составе ПК.

2.4.4 В частности, посредством вышеуказанного драйвера (корректно установленного в ОС Linux) обеспечивается «видимость» соответствующего Предобработчика в ОС Linux. В том числе, без указанного драйвера невозможна корректная работа с Предобработчиком из программной среды EPICS.

2.4.5 Указанный программный драйвер Предобработчика для ОС входит в поставку и поставляется на компакт-диске, либо ином электронном носителе.

## **2.5 Описание программной библиотеки (API)**

2.5.1 Программная библиотека, предоставляющая функции API для доступа к Предобработчику из ОС Linux, предоставляет прикладному ПО, функционирующему в среде ОС Linux, сервисы (API) для информационного взаимодействия с Предобработчиками.

2.5.2 Наличие на ПК указанной установленной библиотеки в ОС Linux является обязательным для обеспечения функционирования Предобработчика в программной среде EPICS.

*Примечание: Отсутствие указанной, установленной в ОС Linux, библиотеки приведет к неработоспособности Предобработчиков, подключенных к ПК, в программной среде EPICS, даже при условии корректно установленных в ОС Linux драйверов соответствующих Предобработчиков.*

2.5.3 Для всех Предобработчиков, одновременно подключенных к ПК (возможно подключение одновременно до 16-ти Предобработчиков в одно шасси PXIe) используется один и тот же экземпляр программной библиотеки (API), установленной в ОС Linux.

2.5.4 Указанная программная библиотека (API) входит в поставку Предобработчиков и поставляется на компакт-диске либо, ином электронном носителе.

## **2.6 Описание драйвера для программной среды EPICS**

2.6.1 Драйвер для программной среды EPICS Предобработчика обеспечивает интеграцию в программную среду EPICS данных измерений, получаемых Предобработчиком от первичных датчиков тока и напряжения в цифровом виде по протоколу IEC 61850-9-2.

2.6.2 Указанный драйвер выполнен в виде программного приложения ОС Linux.

2.6.3 Драйвер для программной среды EPICS входит в поставку Предобработчика и поставляется на компакт-диске либо ином электронном носителе.

## **2.7 Описание комплекта утилит настройки (конфигурирования) Предобработчика для обеспечения функционирования в программной среде EPICS**

2.7.1 Комплект утилит настройки (конфигурирования) модуля сопряжения для настройки функционирования модуля сопряжения в программной среде EPICS входит в поставку комплекса и поставляется на компакт-диске либо, возможно, на другом информационном носителе.

### 3 Технические характеристики

#### 3.1 Конструктивные характеристики Предобработчика

3.1.1 Предобработчик выполнен на основе электронной платы в форм-факторе PXIe 3U, устанавливаемой в объединительную плату расширения шасси PXIe.

3.1.2 Предобработчик выполнен с внутренним коммуникационным интерфейсом PXIe – для связи (сопряжения) с ПК.

3.1.3 Предобработчик содержит в себе три внешних коммуникационных интерфейса Ethernet 1 Гбит/с («оптика») для подключения к цифровым выходам первичных датчиков измерения тока и напряжения (IEC 61850-9-2). Все три указанных интерфейса Ethernet соответствуют спецификации 1000BASE-SX и выполнены с разъемами для подключения («оптика») типа LC (в соотв. с IEC 61754-20).

3.1.4 Габариты, занимаемые платой в корпусе шасси – одно штатное место для установки одной платы расширения PXIe.

#### 3.2 Характеристики данных, принимаемых и транслируемых Предобработчика через внешние коммуникационные интерфейсы Ethernet

3.2.1 Характеристики принимаемых и поддерживаемых (распознаваемых) Предобработчиком входных потоков 9-2 от измерительных датчиков тока и напряжения приведены ниже в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики поддерживаемых (распознаваемых) Предобработчиком цифровых потоков формате IEC 61850-9-2

№	Тип профиля	Частота дискретизации <sup>1)</sup> , Гц	Количество и тип мгновенных значений в каждом срезе потока	«поASDU» (параметр потока 9-2) <sup>3)</sup>	Частота передачи фреймов, Гц <sup>4)</sup>	Спецификация протокола передачи
1	«92LE»	12 800	4 значения тока <sup>2)</sup> + 4 значения напряжения <sup>2)</sup>	8	1600	IEC 61850-9-2LE

№	Тип профиля	Частота дискретизации <sup>1)</sup> , Гц	Количество и тип мгновенных значений в каждом срезе потока	«поASDU» (параметр потока 9-2) <sup>3)</sup>	Частота передачи фреймов, Гц <sup>4)</sup>	Спецификация протокола передачи
2	«HVDC»	100 000	1 значение напряжения	1	100 000	IEC 61850-9-2 (Ed.1.0/2.0)– модифицированная спецификация <sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> Количество срезов мгновенных значений исходного аналогового сигнала измеряемой величины (тока или напряжения) в секунду

<sup>2)</sup> 3 фазы + нейтраль

<sup>3)</sup> Параметр цифрового потока в формате IEC 61850-9-2, представляющий собой количество срезов мгновенных значений, содержащихся в одном Ethernet-фрейме потока. Значение указанного параметра содержится в каждом из Ethernet-фреймов цифрового потока в формате IEC 61850-9-2 в соответствующем поле фрейма.

<sup>4)</sup> Указана номинальная частота передачи (приема устройством сопряжения) Ethernet-фреймов цифрового потока в формате IEC 61850-9-2. Фактическая частота передачи фреймов может отличаться от номинальной частоты. Отличие частоты передачи фреймов от номинальной может быть вызвано, например, дополнительными задержками фреймов в Ethernet-коммутаторах или дополнительной коммуникационной нагрузкой помимо данного цифрового потока в формате IEC 61850-9-2 (в т. ч., возможно, нагрузкой от других цифровых потоков в формате IEC 61850-9-2) в сети Ethernet. Допустимое отклонение фактической частоты передачи Ethernet-фреймов цифрового потока в формате IEC 61850-9-2 соответствующего профиля от номинальной определяется допустимой задержкой при передаче каждого отдельного фрейма указанного потока через коммуникационную сеть Ethernet. При этом устройство сопряжения обеспечивает корректную обработку данных входных цифровых потоков в формате IEC 61850-9-2, получаемых на вход внешних интерфейсов Ethernet устройства, при величине задержки отдельных фреймов в сети Ethernet до 10 миллисекунд.

<sup>5)</sup> Характеристики модифицированной спецификации IEC 61850-9-2 приведены в Приложении А к настоящему РО.

3.2.2 Предобработчик игнорирует при приеме на вход каждого из трех своих внешних интерфейсов Ethernet трафик, отличный от трафика указанного типа. При этом игнорируются, в том числе, потоки 9-2, соответствующие иным типам профиля.

3.2.3 В процессе своего функционирования Предобработчик не формирует никакого выходного трафика через каждый из своих 3-х внешних коммуникационных интерфейсов Ethernet.

3.2.4 Размер Ethernet-фреймов, подаваемых на вход каждого из трех интерфейсов Ethernet Предобработчика, должен составлять не более 1522 байта (с учетом преамбулы, поля SOF и FCS).

*Примечание: При нарушении указанного условия корректное функционирование Предобработчика не гарантируется.*

### **3.3 Характеристики коммуникационно-вычислительной производительности Предобработчика**

3.3.1 Предобработчик обеспечивает одновременную обработку данных до четырех входных потоков 9-2 типа «HVDC».

*Примечание 1: Обработка данных включает в себя разбор принимаемых потоков, передачу данных из потоков через внутренний коммуникационный интерфейс Предобработчика в ПК, а также, возможно, выполнение промежуточных математических операций над данными принимаемых и разбираемых потоков 9-2.*

*Примечание 2: Указанные четыре входных потока могут быть распределены для приема по всем трем внешним интерфейсам Ethernet Предобработчика (напр., два потока принимаются на один интерфейс Ethernet, два других потока – по одному на два других интерфейса Ethernet модуля), либо быть все поданы на один и тот же (из трех) внешних интерфейсов Ethernet модуля.*

3.3.2 Предобработчик обеспечивает одновременную обработку данных до двенадцати входных потоков 9-2 типа «92LE».

*Примечание 1: Обработка данных включает в себя разбор принимаемых потоков, передачу данных из потоков через внутренний коммуникационный интерфейс Предобработчика в ПК, а также, возможно, выполнение промежуточных математических операций над данными принимаемых и разбираемых потоков 9-2.*

*Примечание 2: Указанные 12 входных потока могут быть распределены для приема по всем трем внешним интерфейсам Ethernet Предобработчика (напр., шесть потоков принимаются на один интерфейс Ethernet, шесть других потоков – по три на два других интерфейса Ethernet Предобработчика), либо быть все поданы на один и тот же (из трех) внешних интерфейсов Ethernet.*

3.3.3 Предобработчик обеспечивает корректную обработку данных входных потоков 9-2 при максимальной коммуникационной загрузке входящим трафиком (т.е. до 1 Гбит/с) одновременно всех трех внешних коммуникационных интерфейсов Ethernet.

*Примечание: Данное ограничение выражает допустимый объем входного трафика по протоколу МЭК 61850-9-2, подаваемого на вход каждого из трех интерфейсов Ethernet, что исключает коммуникационно-вычислительную перегрузку Предобработчика входным трафиком по протоколу МЭК 61850-9-2. В данном случае, под входным трафиком по протоколу МЭК 61850-9-2 понимаются серии передаваемых по каналу Ethernet-фреймов, в теле каждого из которых в поле LENGTH/TYPE (в случае нетэгированного трафика, т.е. Ethernet-фреймы без префикса «QTag» согласно IEEE 802.3), либо в поле «MAC CLIENT LENGTH/TYPE» (в*

*случае тэгированного трафика, т.е. при наличии префикса «Qtag» в теле Ethernet-фрейма) содержится значение 0x88ВА (HEX), что соответствует фрейму потока 9-2 согласно спецификации IEC 61850-9-2. При этом допустимая частота передачи указанных фреймов на вход каждого из трех внешних интерфейсов Ethernet модуля сопряжения составляет не более 400 000 фреймов в секунду. При превышении указанной величины не гарантируется корректное функционирование модуля сопряжения ввиду чрезмерной коммуникационно-вычислительной перегрузки модуля, вызванной чрезмерным входным трафиком 9-2.*

## 4 Основные сведения о функционировании комплекса

### 4.1 Структура данных

4.1.1 В рамках Предобработчика используется две основных структуры данных:

- поток данных – элемент, характеризующий поток данных в формате Ethernet фреймов;
- измерительный канал – элемент, характеризующий вычисляемую величину, например ток фазы А, или разность напряжений фаз А от двух источников.

4.1.2 Общая структура данных и их взаимодействия показаны на рисунке 2.

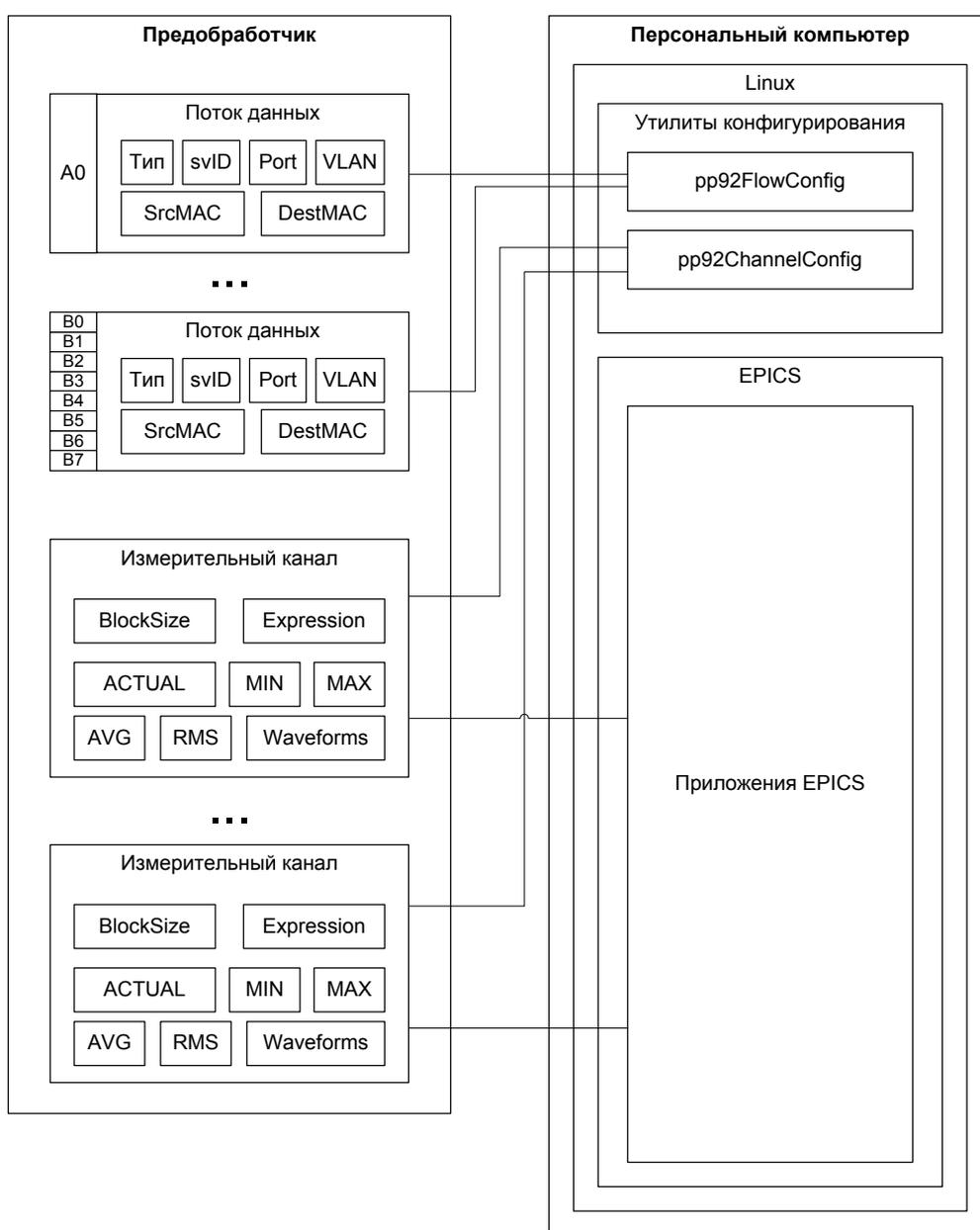


Рисунок 2 – Общая структура данных

## 4.2 Поток данных

4.2.1 При конфигурировании потоков данных Предобработчика предусматривается возможность настроить до 26 потоков данных, именуемых буквами латинского алфавита от 'A' до 'Z'.

4.2.2 В каждом потоке данных может передаваться до 8 физических величин, для потоков типа «92LE» (4 тока и 4 напряжения) и 1 физическая величина для потока типа «HVDC». Физические величины в пределах потока данных нумеруются цифрами от 0 до 7 в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Обозначение физических величин

Тип потока	Физическая величина	Обозначение в Предобработчике
HVDC	Напряжение	0
92LE	Ток фазы А	0
92LE	Ток фазы В	1
92LE	Ток фазы С	2
92LE	Ток нейтрали	3
92LE	Напряжение фазы А	4
92LE	Напряжение фазы В	5
92LE	Напряжение фазы С	6
92LE	Напряжение нейтрали	7

4.2.3 В рамках Предобработчика конкретная физическая величина определяется совокупностью обозначения потока и обозначения физической величины в потоке. Например, напряжение может обозначаться как А0, ток фазы В – С1.

4.2.4 При конфигурировании поток данных конфигурируется по следующим параметрам:

- тип канала – параметр, принимающий значение «HVDC» или «92LE»;
- svID – идентификатор потока данных IEC 61850-9-2, передаваемый в каждом Ethernet фрейме;
- Port – номер коммуникационного интерфейса Предобработчика;
- VLAN – идентификатор виртуальной сети, используемой в технологии разделения Ethernet трафика;
- SrcMAC – MAC адрес Ethernet устройства–источника данных;
- DestMAC – MAC адрес Ethernet устройства–приемника данных.

Данный параметр может содержать как индивидуальный MAC адрес Предобработчика, так и широковещательный или групповой MAC адрес.

### 4.3 Измерительные каналы

4.3.1 Измерительные каналы характеризуют вычисляемую величину, которая определяется синтаксическим выражением, содержащим обозначение конкретных физических величин в потоке и знаков арифметических операций.

4.3.2 Предобработчик обеспечивает работу до 64 отдельных измерительных каналов.

4.3.3 При конфигурировании измерительного канала указываются следующие параметры:

- BlockSize – количество мгновенных значений, используемых для расчета интегральных значений;
- Expression – синтаксическое выражение, характеризующее измерительный канал.

4.3.4 Параметр BlockSize имеет значительное влияние на вычислительную нагрузку. Не рекомендуется указание данного параметра для данных, связанных с потоком типа:

- «HVDC», меньше 50;
- «92LE», меньше 8.

4.3.5 Параметр BlockSize не должен превышать для потока типа:

- «HVDC» значения 2 000;
- «92LE» значения 256.

4.3.6 Параметр Expression текстовой строкой, содержащей арифметическое выражение над конкретными физическими параметрами потока данных. В одном выражении допускается использовать данные от потоков одного типа. Максимально допустимая длина параметра Expression составляет 256 символов.

4.3.7 В арифметическом выражении параметра Expression допускается применять круглые скобки для обозначения порядка выполнения арифметических операций.

4.3.8 В параметре Expression допускается применять следующие арифметические операции:

- + (плюс) – сложение двух значений из потока данных;
- - (минус) – вычитание двух значений из потока данных;
- \* (звездочка) – умножение двух значений из потока данных, либо умножение значения из потока данных на константу;
- / (слэш) – деление двух значений из потока данных, либо деления значения из потока данных на константу;
- % (процент) остаток от деления, деления значения из потока данных на константу;
- ^ (карет) возведение в фиксированную степень значения из потока данных.

4.3.9 Каждый измерительный канал предоставляет следующий набор данных:

- ACTUAL – текущее мгновенное значение;
- MIN – минимальное значение, полученное на наборе данных длиной BlockSize;
- MAX – максимальное значение, полученное на наборе данных длиной BlockSize;
- AVG – среднее арифметическое, полученное на наборе данных длиной BlockSize;
- RMS – среднее квадратичное, полученное на наборе данных длиной BlockSize;
- WaveForm – набор мгновенных значений длиной BlockSize.

## 5 Описание выполнения основных операций с Предобработчиком

### 5.1 Общие сведения

5.1.1 В данном разделе описано выполнение основных операций с Предобработчиком, включая:

- обеспечение доступа в программной среде EPICS к результатам обработки данных внешних потоков 9-2 в Предобработчике;
- выполнение настройки внутренних измерительных каналов Предобработчика;
- просмотр текущих результатов обработки данных, выполняемой Предобработчиком (включая просмотр текущих значений интегральных величин, а также просмотр текущей осциллограммы сигнала).

5.1.2 Для выполнения операций с Предобработчиком, описанных в настоящем разделе, необходимо, чтобы на ПК, на котором планируется выполнение соответствующих операций, в ОС Linux функционировала программная среда EPICS.

5.1.3 Для выполнения с Предобработчиком операций, приведенных в настоящем разделе, необходимо, чтобы соответствующий Предобработчик был корректно установлен в слот шасси PXIe, и на ПК было установлено соответствующее программное обеспечение (включая драйвер платы для ОС, программную библиотеку (API) и драйвер EPICS).

Вышеуказанные операции входят в состав необходимых операций по подготовке комплекса сопряжения к использованию. Описание порядка выполнения и требований к выполнению операций по подготовке комплекса к использованию приведены в Приложении Б настоящего руководства.

5.1.4 Для выполнения с Предобработчиком основных операций, приведенных в настоящем разделе руководства, необходимо, чтобы на ПК в ОС Linux был запущен драйвер EPICS (IOC). Драйвер выполнен в виде приложения ОС Linux, запускаемого из командной строки ОС.

*Примечание: При запуске драйвера EPICS (IOC) автоматически выполняется стартовый пакетный файл (скрипт) «st.cmd» драйвера. Указанный файл обеспечивает запуск инициализации в памяти ПК необходимых структур данных для работы с Предобработчиком из программной среды EPICS. Структура, описывающая состав основных необходимых к выполнению команд при запуске драйвера EPICS (в частности, выполняемых в файле «st.cmd»), приведена ниже.*

*# Структура файла «st.cmd»*

```
# Register all support components  
dbLoadDatabase "dbd/demo.dbd"
```

```
demo_registerRecordDeviceDriver(pdbbase)
```

```
# Load record instances
```

```
dbLoadRecords "db/dbSubExample.db"
```

```
# Запуск iocCore
```

```
iocInit
```

## 5.2 Конфигурирование Предобработчика

5.2.1 После запуска драйвера EPICS (ИОС) необходимо выполнить инициализацию в программной среде EPICS подключенных в текущий момент к ПК Предобработчиков. Указанная операция выполняется посредством программной утилиты *pp92Config* из прилагаемого комплекта утилит настройки (конфигурирования).

5.2.2 Синтаксис выполнения команды инициализации подключенного к ПК Предобработчика в программной среде EPICS:

```
pp92Config <Num> "<Linux_device_name>"
```

где:

– ***<Num>*** – задаваемый номер Предобработчика в программной среде EPICS, уникальный для данного ПК;

– ***<Linux\_device\_name>*** – имя устройства соответствующего Предобработчика в ОС Linux.

*Примечание: Имена в ОС Linux Предобработчиков, подключенных к ПК (при условии, что для каждой из них в ОС Linux установлен и функционирует свой экземпляр драйвера Предобработчика для ОС), имеют вид: «/dev/pp92\_0», «/dev/pp92\_1», «/dev/pp92\_2», ..., «/dev/pp92\_14», «/dev/pp92\_15» (всего допускается подключение к одному FastController-у до 16 Предобработчиков).*

Указанную операцию рекомендуется выполнить для всех подключенных в текущий момент к ПК Предобработчиков.

*Примечание 1: Синтаксис выполнения соответствующих команд для инициализации устройств (модулей сопряжения) может иметь, например, следующий вид:*

```
pp92Config 0 "/dev/pp92_0"
```

```
pp92Config 1 "/dev/pp92_1"
```

```
...
```

```
pp92Config 14 "/dev/pp92_14"
```

```
pp92Config 15 "/dev/pp92_15"
```

*Примечание 2: Для облегчения выполнения операций с Предобработчиками рекомендуется обеспечить выполнение инициализации подключенных плат посредством запуска пакетного файла ОС Linux. При этом вышеуказанные команды инициализации следует записать в пакетный (исполняемый) файл ОС, который затем следует запускать на исполнение всякий раз перед выполнением операций с Предобработчиком из программной среды EPICS (в частности, непосредственно сразу после запуска драйвера EPICS в ОС Linux).*

5.2.3 После инициализации подключенных Предобработчиков следует выполнить их конфигурирование в программной среде EPICS.

*Примечание: Указанное конфигурирование выполняется посредством утилит командной строки ОС Linux `pp92ConfigFlow` и `pp92ConfigChannel`, входящих в комплект утилит настройки (конфигурирования). Данные утилиты обеспечивают выполнение конфигурирование приёма потоков 9-2 и измерительных каналов в Предобработчике. Поскольку для конфигурирования каждого потока 9-2 или измерительного канала необходимо запускать утилиту конфигурирования, рекомендуется оформить выполнение операций конфигурирования потоков и каналов на Предобработчиках в виде исполняемого файла ОС Linux (скрипта).*

### **5.3 Конфигурирование потока данных**

5.3.1 Настройка отдельного потока данных 9-2 в выбранном Предобработчике выполняется программной утилитой (приложением ОС Linux) `pp92ConfigFlow`, входящей в прилагаемый комплект утилит настройки (конфигурирования).

5.3.2 Настройка каждого потока 9-2 включает в себя настройку:

- тип потока – «92LE» либо «HVDC»;
- SvID потока;
- номер физического порта;
- номер VLAN;
- MAC-адрес источника;
- MAC-адрес приёмника.

5.3.3 Синтаксис выполнения команды конфигурирования потока данных:

```
pp92ConfigFlow <CardNum> <ChnID> <Profile> <SvID>  
<PortNum> <VLAN> <SrcMAC> <DstMAC>
```

где:

- **<CardNum>** – номер Предобработчика, подключенного к ПК (от 0 до 15) (номер, присвоенный ранее Предобработчику командой `pp92Config`);
- **<ChnID>** – код потока 9-2; Буква английского алфавита от А до Z;
- **<Profile>** – тип потока «92LE», либо «HVDC»;
- **<SvID>** – идентификатор потока;

- **<PortNum>** – номер физического порта; 0 – любой физический порт модуля;
- **<VLAN>** – номер VLAN; 0 – любой VLAN;
- **<SrcMAC>** – MAC-адрес источника потока 9-2. Значение «00:00:00:00:00:00» – приём потоков с любым адресом источника;
- **<DstMAC>** – MAC-адрес приемника потока 9-2. Значение «00:00:00:00:00:00» – приём потоков с любым адресом приёмника.

*Пример ввода команды для настройки потока 9-2:*

```
pp92ConfigFlow 0 «A» «HVDC» «HVDCMU0001» 0 0
«00:00:00:00:00:00» «00:00:00:00:00:00»
```

## 5.4 Конфигурирование измерительного канала

5.4.1 Настройка отдельного измерительного канала в выбранном Предобработчике выполняется программной утилитой (приложением ОС Linux) *pp92ConfigChannel*, входящей в прилагаемый комплект утилит настройки (конфигурирования).

5.4.2 Настройка каждого отдельного измерительного канала включает в себя настройку:

- величина «окна» отсчетов;
- арифметическое выражение.

5.4.3 Синтаксис выполнения команды конфигурирования измерительного канала:

```
pp92ConfigChannel <CardNum> <ChnNum> <BlockSize>  
«<Expression>»
```

где:

- **<CardNum>** – номер Предобработчика, подключенного к ПК (от 0 до 15) (номер, присвоенный ранее Предобработчику командой *pp92Config*);
- **<ChnNum>** – номер измерительного канала в выбранном модуле сопряжения (значение – от 0 до 63);
- **<BlockSize>** – величина «окна» отсчетов; 0 – значение по умолчанию, зависящее от типа потока;
- **<Expression>** – текстовая запись математической формулы с использованием констант, данных потоков, функций, знаков арифметических операций и круглых скобок.

5.4.4 Примеры синтаксиса поля Expression:

- *pp92ConfigChannel 0 0 0 «A0»* – пример ввода команды для настройки измерительного канала первой измеряемой величины первого потока 9-2;
- *pp92ConfigChannel 0 1 0 «A0\*1.4142136»* – пример ввода команды для настройки измерительного канала, являющегося произведением первой измеряемой величины первого потока 9-2 и константного множителя;

– *pp92ConfigChannel 0 2 0 «A0+B0»* – пример ввода команды для настройки измерительного канала, являющегося суммой первых измеряемых величин двух первых потоков 9-2.

## 5.5 Обеспечение доступа к текущим результатам обработки данных в Предобработчике из программной среды EPICS

5.5.1 Для доступа к результатам обработки данных потоков 9-2, обрабатываемых Предобработчиком, в программной среде EPICS обеспечивается поддержка следующих типов записей (“records”):

– “ai” (“analog input”) – формат предоставления усредненной аналоговой величины (усреднение осуществляется модулем сопряжения) – среднеквадратического значения сигнала канала на заданном временном окне (RMS) или среднего (арифметического) значения сигнала канала на заданном временном окне (AVG), (MIN), (MAX), (ACTUAL);

– “waveform” – формат предоставления наборов мгновенных значений.

5.5.2 Записи типа RMS сигнала (тип “ai”) описываются следующим образом:

```
record(ai, “card<CardNum>:ch<ChnNum>:rms”)
{
  field(... (описания различных полей)...
  field(SCAN, «I/O Intr»)
  field(... (продолжение описаний полей)...
}
```

где:

– *<CardNum>* – номер Предобработчика, подключенного к ПК (от 0 до 15) (номер, установленный Предобработчику командой *pp92Config*);

– *<ChnNum>* – номер измерительного канала в Предобработчике (от 0 до 63).

*Примечание 1: Вышеуказанное описание для каждой записи типа RMS сигнала задается в файле «dbSubExample.db», расположенном в папке драйвера EPICS (IOC) на жестком диске в подпапке «db» (таким образом, полный путь к указанному файлу из папки драйвера EPICS на жестком диске – «db/dbSubExample.db»).*

*Более подробное описание записей типа RMS сигнала (с описанием отдельных полей записей) и требований к построению описаний записей (в случае, если у пользователя имеется необходимость, например, в изменении описаний полей отдельных записей) приведено в Приложении В.*

*Примечание 2: Соответствующая запись типа RMS сигнала (в частности, в файле «db/dbSubExample.db» в папке драйвера EPICS) может иметь, например, следующий вид:*

```
record(ai, “card0:ch0:rms”) { ... field(SCAN, ...) ... }
```

5.5.3 Записи типа текущее среднее значение (AVG) сигнала соответствующего канала (тип “ai”) описываются следующим образом:

```
record(ai, “card<CardNum>:ch<ChnNum>:avg”)
{
  field(... (описания различных полей)...
  field(SCAN, «I/O Intr»)
  field(... (продолжение описаний полей)...
}
```

где:

- **<CardNum>** – номер Предобработчика, подключенного к ПК (от 0 до 15) (номер, установленный Предобработчику командой *pp92Config*);
- **<ChnNum>** – номер измерительного канала в Предобработчике (от 0 до 63).

*Примечание:* Соответствующая запись в файле «db/dbSubExample.db» может иметь, например, следующий вид:

```
record(ai, “card0:ch0:avg”) { ... field(SCAN, ...) ... }
```

*Полное описание соответствующих записей и требований к построению описаний записей приведена в Приложении В.*

5.5.4 Записи типа текущее максимальное значение (MAX) сигнала соответствующего канала (тип “ai”) описываются следующим образом:

```
record(ai, “card<CardNum>:ch<ChnNum>:max”)
{
  field(... (описания различных полей)...
  field(SCAN, «I/O Intr»)
  field(... (продолжение описаний полей)...
}
```

где:

- **<CardNum>** – номер Предобработчика, подключенного к ПК (от 0 до 15) (номер, установленный Предобработчику командой *pp92Config*);
- **<ChnNum>** – номер измерительного канала в Предобработчике (от 0 до 63).

*Примечание:* Соответствующая запись в файле «db/dbSubExample.db» может иметь, например, следующий вид:

```
record(ai, “card0:ch0:max”) { ... field(SCAN, ...) ... }
```

*Полное описание соответствующих записей и требований к построению описаний записей – см. Приложение В.*

5.5.5 Записи типа текущее минимальное значение (MIN) сигнала соответствующего канала (тип “ai”) описываются следующим образом:

```

record(ai, "card<CardNum>:ch<ChnNum>:min")
{
  field(... (описания различных полей)...
  field(SCAN, «I/O Intr»)
  field(... (продолжение описаний полей)...
}

```

где:

- **<CardNum>** – номер Предобработчика, подключенного к ПК (от 0 до 15) (номер, установленный Предобработчику командой *pp92Config*);
- **<ChnNum>** – номер измерительного канала в Предобработчике (от 0 до 63).

*Примечание: Соответствующая запись в файле «db/dbSubExample.db» может иметь, например, следующий вид:*

```

record(ai, "card0:ch0:min") { ... field(SCAN, ...) ... }

```

*Полное описание соответствующих записей и требований к построению описаний записей – см. Приложение В.*

5.5.6 Записи типа мгновенное значение (ACTUAL) сигнала соответствующего канала (тип "ai") описываются следующим образом:

```

record(ai, "card<CardNum>:ch<ChnNum>:actual")
{
  field(... (описания различных полей)...
  field(SCAN, «I/O Intr»)
  field(... (продолжение описаний полей)...
}

```

где:

- **<CardNum>** – номер Предобработчика, подключенного к ПК (от 0 до 15) (номер, установленный Предобработчику командой *pp92Config*);
- **<ChnNum>** – номер измерительного канала в Предобработчике (от 0 до 63).

*Примечание: Соответствующая запись в файле «db/dbSubExample.db» может иметь, например, следующий вид:*

```

record(ai, "card0:ch0:actual") { ... field(SCAN, ...) ... }

```

*Полное описание соответствующих записей и требований к построению описаний записей – см. Приложение В.*

5.5.7 Записи типа текущая осциллограмма сигнала для соответствующего канала (тип “*waveform*”) описываются следующим образом:

```
record(waveform, “card<CardNum>:ch<ChnNum>:waveform”)
{
  field(... (описания различных полей)...
  field(SCAN, ...)
  field(... (продолжение описаний полей)...
}
```

где:

- **<CardNum>** – номер Предобработчика, подключенного к ПК (от 0 до 15) (номер, установленный Предобработчику командой *pp92Config*);
- **<ChnNum>** – номер измерительного канала в Предобработчике (от 0 до 63).

*Примечание:* Соответствующая запись в файле «*db/dbSubExample.db*» может иметь, например, следующий вид:

```
record(ai, «demo:card0:ch0:waveform») { ... }
```

Полное описание соответствующих записей и требований к построению описаний записей типа “*waveform*” – см. Приложение В.

## Приложение А. Характеристики профиля «HVDC»

А.1 В настоящем приложении приведено описание спецификации профиля «HVDC» потока 9-2, поддерживаемого Предобработчиком.

А.2 Спецификация профиля «HVDC» потока 9-2, принимаемого Предобработчиком, в целом соответствует спецификации потока 9-2 по стандарту IEC 61850-9-2 (версий 1.0 или 2.0 указанного стандарта) с ограничениями и отличиями от указанной стандартизированной спецификации, описанными далее в пп. А.3, А.4.

А.3 Для обеспечения передачи потока 9-2 с повышенной частотой дискретизации 100 000 Гц размер значения поля SmpCnt в составе APDU Ethernet-фреймов потока 9-2, соответствующего профилю «HVDC», расширен до 4 байт (приведен к типу INT32U).

*Примечание: Изначально – в стандартной спецификации IEC 61850-9-2 – размер поля SmpCnt в APDU Ethernet-фреймов потока 9-2 ограничен 2-мя байтами (тип значения – INT16U), что ограничивает частоту дискретизации передаваемого потока 9-2 величиной не более 65536 Гц.*

При этом регламент изменения значения поля SmpCnt в APDU Ethernet-фреймов потока 9-2 сохранен в соответствии со спецификацией IEC 61850-9-2, в частности:

- значение SmpCnt увеличивается на 1 с каждым следующим отсчетом мгновенных значений;
- значение SmpCnt устанавливается в 0 (обнуляется) для мгновенного значения, момент времени среза (аналогового сигнала) которого совпадает с границей секунд точного астрономического времени.

*Примечание: Таким образом, значение SmpCnt в Ethernet-фреймах потока 9-2, соответствующих профилю «HVDC», принимает последовательные значения в диапазоне от 0 до 99 999.*

А.4 В одном отсчете мгновенных значений в Ethernet-фрейме потока 9-2, соответствующего профилю «HVDC» (т.е. в поле ASDU Ethernet-фрейма указанного потока), может передаваться только одно мгновенное значение (предполагаемый тип значения – измеряемое напряжение). Указанное значение, передаваемое в поле ASDU Ethernet-фрейма, должно иметь тип SAV (Sampled Value) в соотв. со спецификацией IEC 61850-7-3 и содержать в себе только два атрибута данных (в соотв. с IEC 61850-7-3):

- “instMag” (тип значения – “AnalogueValue”) – содержит в себе только целочисленный вариант значения (“i”) (тип значения – INT32); при этом предполагается, что  $sVC.scaleFactor = 0,01$ ,  $sVC.offset = 0$ ;
- “q” (тип “Quality” в соотв. с IEC 61850-7-3), закодированный в соответствии со спецификацией IEC 61850-8-1 (см. пункт 8.2 спецификации IEC 61850-8-1) как 32-битная строка.

*Примечание: Сам атрибут данных “sVC” (с полями “scaleFactor и “offset”) не должен передаваться дополнительным атрибутом в мгновенном*

значении (типа SAV) в ASDU Ethernet-фрейма потока 9-2, соответствующего профилю «HVDC». В связи с этим, значения “scaleFactor” и “offset” должны устанавливаться как указано выше (scaleFactor = 0,01, offset = 0); при этом фактическая (целевая) величина мгновенного значения измеряемого напряжения в вольтах должна вычисляться (на основании значения, передаваемого в “instMag”) по формуле:

$$U_1^{inst} = (instMag \cdot i) \times scaleFactor + offset .$$

## **Приложение Б. Сведения об операциях подготовки Предобработчика к использованию**

### **Б.1 Состав операций по подготовке комплекса к использованию**

Операции подготовки комплекса сопряжения к использованию включают в себя:

- 1) Установку Предобработчика в свободный слот шасси PXIe.
- 2) Установку программного обеспечения, включающего в себя:
  - интеграционное ПО Предобработчика для ОС Linux, включая драйвер ОС и программную библиотеку (API) для доступа к Предобработчику из приложений ОС Linux;
  - интеграционное ПО Предобработчика для программной среды EPICS (приложения под ОС Linux, обеспечивающего функции драйвера Предобработчика для программной среды EPICS);
  - комплекта утилит настройки (конфигурирования) модуля сопряжения и демонстрационного приложения для программной среды EPICS;
- 3) Подключение источников потоков 9-2 (датчиков тока и/или напряжения с цифровым выходом IEC 61850-9-2) к внешним интерфейсам Ethernet Предобработчика.

### **Б.2 Установка Предобработчика в шасси PXIe**

#### **Б.2.1 Меры предосторожности**

При работе с Предобработчиком при установке и извлечении платы из шасси следует оберегать модуль от воздействия сильных электростатических разрядов ввиду возможного повреждения электронных компонентов.

При работе с также следует избегать касания руками контактов разъемов, а также отдельных электронных компонентов, размещенных на плате Предобработчика и имеющих металлическую оболочку.

#### **Б.2.2 Порядок установки**

Для выполнения установки Предобработчика в корпус шасси PXIe необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- 1) Обесточить (отключить электропитание) шасси PXIe.
- 2) Выбрать свободный слот типа PXIe в шасси для установки Предобработчика.
- 3) При необходимости, снять заглушку со слота шасси.
- 4) Перед взятием Предобработчика руками с целью установки его в корпус шасси PXIe предварительно снять статическое электричество с рук (например, касанием заземленной конструкции, либо применением антистатического браслета) во избежание возможного повреждения в результате воздействия сильного электростатического разряда.

5) Вставить Преобразовчик в слот шасси на полную глубину до полного сопряжения разъема внутреннего коммуникационного интерфейса Преобразовчика с соответствующими разъемом интерфейса шасси. Для выполнения сопряжения разъемов усилие, прилагаемое к Преобразовчику, должно быть минимальным.

6) Зафиксировать Преобразовчик в слоте шасси PXIe (двумя винтами на лицевой панели).

7) Подать питание на шасси PXIe.

*Примечание: В случае необходимости извлечения Преобразовчика из корпуса шасси PXIe также следует предварительно обесточить (отключить питание) шасси. При этом перед извлечением Преобразовчика из корпуса шасси следует также предварительно снять статическое электричество с рук (например, касанием заземленной конструкции, либо применением антистатического браслета) во избежание возможного повреждения электроники в результате воздействия сильного электростатического разряда.*

### **Б.3 Установка программного обеспечения**

Для установки программного обеспечения, включающего в себя:

- программный драйвер Преобразовчика для ОС Linux;
  - программную библиотеку (API) для доступа к Преобразовчику из приложений ОС Linux;
  - драйвер Преобразовчика для программной среды EPICS;
  - комплект утилит настройки для программной среды EPICS;
- необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- 1) Скопировать папку с компонентами программного обеспечения из состава поставки в выбранную папку в операционной системе Linux (далее папка с ПО);
- 2) Установить драйвера платы сопряжения из подпапки `pcidrv` папки с ПО. В данной подпапке выполнить следующую команду:

```
sudo rpm -i pp92-1.5.0-1.el6.noarch.rpm
```

Драйвер будет автоматически установлен в систему и запущен.

- 3) Если ранее в ОС уже был установлен драйвер Преобразовчика, то перед установкой нового драйвера необходимо удалить старый командой:

```
sudo rpm -e pp92
```

- 4) Установить программную библиотеку сопряжения со средой EPICS. Для этого из папки с ПО выполнить команду:

```
make
```

Установка программной библиотеки сопряжения со средой EPICS будет выполнена автоматически.

#### **Б.4 Подключение источников потоков 9-2 к внешним интерфейсам Ethernet Предобработчика**

Подключить Ethernet-кабели от источников потоков 9-2 к соответствующим внешним коммуникационным интерфейсам Ethernet (одному, двум или трем) Предобработчика.

Внешние источники потоков 9-2 могут быть подключены к внешним Ethernet-интерфейсам Предобработчика как прямыми Ethernet-кабелями («оптика»), так и посредством медиа-конвертеров (например, конвертеров типа «медь-оптика»). Допускается также подключение посредством Ethernet-коммутаторов.

## Приложение В. Описание записей (“records”) в файле «db»

### В.1 Записи типов RMS, AVG, MIN, MAX, ACTUAL сигнала в выбранном канале модуля сопряжения

В.1.1 Описания записей типа RMS сигнала (тип записи “ai” в EPICS IOC), приведенные в файле «db/dbSubExample.db» (в папке драйвера EPICS), имеют нижеследующий формат с соответствующими описаниями полей:

```
record(ai, “card<CardNum>:ch<ChnNum>:rms”)
{
  field(DESC, “PP92 Card <CardNum> Channel <ChnNum> Block
RMS”)
  field(DTYP, “PP92-AI”)
  field(INP, “@card<CardNum>.ch<ChnNum>.rms”)
  field(SCAN, “I/O Intr”)
}
```

где:

- *<CardNum>* – номер Предобработчика, подключенного к ПК (от 0 до 15) (номер, установленный Предобработчику командой *pp92Config*);
- *<ChnNum>* – номер измерительного канала в Предобработчике (от 0 до 63).

Соответственно, аналогичный формат в файле «db/dbSubExample.db» имеют описания записей типа AVG (среднее за период времени значение) сигнала (тип записи “ai” в EPICS IOC), MIN (минимальное за период времени значение) сигнала (тип записи “ai” в EPICS IOC), MAX (максимальное за период времени значение) сигнала (тип записи “ai” в EPICS IOC), ACTUAL (мгновенное значение) сигнала (тип записи “ai” в EPICS IOC):

```
record(ai, “card<CardNum>:ch<ChnNum>:avg”)
{
  field(DESC, “PP92 Card <CardNum> Channel <ChnNum> Block
Average”)
  field(DTYP, “PP92-AI”)
  field(INP, “@card<CardNum>.ch<ChnNum>.avg”)
  field(SCAN, “I/O Intr”)
}
record(ai, “card<CardNum>:ch<ChnNum>:min”)
{
  field(DESC, “PP92 Card <CardNum> Channel <ChnNum> Block
Minimum”)
  field(DTYP, “PP92-AI”)
}
```

```

    field(INP, "@card<CardNum>.ch<ChnNum>.min")
    field(SCAN, "I/O Intr")
}
record(ai, "card<CardNum>:ch<ChnNum>:max")
{
    field(DESC, "PP92 Card <CardNum> Channel <ChnNum> Block
Maximum")
    field(DTYP, "PP92-AI")
    field(INP, "@card<CardNum>.ch<ChnNum>.max")
    field(SCAN, "I/O Intr")
}

```

Ниже приведены конкретные примеры описаний записей RMS, AVG, MIN и MAX в файле «db/dbSubExample.db», соответствующие вышеуказанным форматам:

```

record(ai, "card0:ch0:rms")
{
    field(DESC, "PP92 Card 0 Channel 0 Block RMS")
    field(DTYP, "PP92-AI")
    field(INP, "@card0.ch0.rms")
    field(SCAN, "I/O Intr")
}
record(ai, "card0:ch0:avg")
{
    field(DESC, "PP92 Card 0 Channel 0 Block Average")
    field(DTYP, "PP92-AI")
    field(INP, "@card0.ch0.avg")
    field(SCAN, "I/O Intr")
}
record(ai, "card0:ch0:min")
{
    field(DESC, "PP92 Card 0 Channel 0 Block Minimum")
    field(DTYP, "PP92-AI")
    field(INP, "@card0.ch0.min")
    field(SCAN, "I/O Intr")
}
record(ai, "card0:ch0:max")
{

```

```

    field(DESC, "PP92 Card 0 Channel 0 Block Maximum")
    field(DTYP, "PP92-AI")
    field(INP, "@card0.ch0.max")
    field(SCAN, "I/O Intr")
}

```

В.1.2 При необходимости, пользователем могут быть изменены в описании отдельных записей типов RMS, AVG, MIN, MAX или ACTUAL сигнала (в файле «db/dbSubExample.db») следующие поля:

- идентификатор записи – в строке “record(ai, <идентификатор записи>)” – с тем ограничением, что указанный идентификатор записи должен оставаться уникальным в рамках программной среды EPICS, при этом в идентификаторе записи рекомендуется сохранять уникальные номера Предобработчика (<CardNum>) и номера канала (<ChnNum>);
- текстовое описание записи (поле «DESC»).

Прочие значения полей записей типов RMS или AVG сигнала (в файле «db/dbSubExample.db») изменять не рекомендуется.

### **ВНИМАНИЕ!**

**Запрещено изменять значения полей «DTYP» и «INP», т.к. это приведет к неработоспособности соответствующих записей (в частности, в указанные записи не будут передаваться текущие значения RMS/AVG/MIN/MAX сигналов из соответствующих каналов модуля сопряжения).**

## **В.2 Записи типа “waveform” (текущая осциллограмма) сигнала в выбранном канале модуля сопряжения**

В.2.1 Описания записей типа текущая осциллограмма сигнала (тип записи “waveform” в EPICS IOC), приведенные в файле «db/dbSubExample.db» (в папке драйвера EPICS), имеют нижеследующий формат с соответствующими описаниями полей:

```

record(waveform, "card<CardNum>:wf< ChnNum >")
{
    field(DESC, "PP92 Card <CardNum> Waveform < ChnNum >")
    field(DTYP, "PP92-WF")
    field(INP, "@card<CardNum>.ch<ChnNum>")
    field(SCAN, "I/O Intr")
    field(NELM, "2000")
    field(FTVL, "FLOAT")
}

```

где:

- *<CardNum>* – номер Предобработчика, подключенного к ПК (от 0 до 15) (номер, установленный Предобработчику командой *pp92Config*);
- *<ChnNum>* – номер измерительного канала в Предобработчике (от 0 до 63).

Ниже приведен пример описания записи типа «текущая осциллограмма сигнала» (“*waveform*”) в файле «*db/dbSubExample.db*», соответствующей вышеуказанному формату:

```
record(waveform, “card0:wf0”)
{
  field(DESC, “PP92 Card 0 Channel 0 Waveform”)
  field(DTYP, “PP92-WF”)
  field(INP, “@card0.ch0”)
  field(SCAN, “I/O Intr”)
  field(NELM, “2000”)
  field(FTVL, “FLOAT”)
}
```

В.2.2 При необходимости, пользователем могут быть изменены в описании отдельных записей типа “*waveform* ”(в файле «*db/dbSubExample.db*») следующие поля:

- идентификатор записи – в строке “*record(ai, <идентификатор записи>)*” – с тем ограничением, что указанный идентификатор записи должен оставаться уникальным в рамках программной среды EPICS, при этом в идентификаторе записи рекомендуется сохранять уникальные номера Предобработчика (*<CardNum>*) и номера канала (*<ChnNum>*);
- текстовое описание записи (поле «DESC»);
- количество мгновенных значений в массиве (поле «NELM»).

Прочие значения полей записей типа “*waveform*” (в файле «*db/dbSubExample.db*») изменять не рекомендуется.

### **ВНИМАНИЕ!**

**Запрещено изменять значения полей «DTYP» и «INP», т.к. это приведет к неработоспособности соответствующих записей (в частности, в указанные записи не будут передаваться текущие осциллограммы сигналов из соответствующих каналов модуля сопряжения).**

## Приложение Г. Нормативные ссылки

Обозначение (номер) документа	Наименование документа
IEC 61754-20:2012	Fibre optic interconnecting devices and passive components - Fibre optic connector interfaces - Part 20: Type LC connector family
IEC 61850-7-3 Ed.1.0 (2003-05)	Communication networks and systems in substations – Part 7-3: Basic communication structure for substation and feeder equipment – Common data classes
IEC 61850-8-1 Ed.1.0 (2004-05-25)	Communication networks and systems in substations – Part 8-1: Specific Communication Service Mapping (SCSM) – Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3
IEC 61850-9-2 Ed.2.0 (2011-09)	Communication networks and systems for power utility automation – Part 9-2: Specific communication service mapping (SCSM) – Sampled values over ISO/IEC 8802-3
IEC 61850-9-2 Ed.1.0 (2004-04)	Communication networks and systems in substations – Part 9-2: Specific communication service mapping (SCSM) – Sampled values over ISO/IEC 8802-3
IEC 61850-9-2 LE	Implementation Guideline for Digital Interface to Instrument Transformers using IEC 61850-9-2 (UCA International Users Group, 05-08-2005)
IEEE 802.1Q-2005	IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Virtual Bridged Local Area Networks
IEEE 802.3-2005	IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements. Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications