

Акционерное общество
«Инженерно-технический центр «Континуум»»

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

Руководство оператора

КМБТ.108.002 Д2

Ярославль 2024

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.....	20
	Приложение А. Характеристики профиля «HVDC»	26
	Приложение Б. Сведения об операциях подготовки Предобработчика к использованию.....	28
	Приложение В. Нормативные ссылки.....	30

Настоящий документ представляет собой версию 1.1 (от 31.01.2024 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
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)
PXIe	–	«PCI eXtension for Instrumentation» (eng.), стандарт модульного измерительного оборудования
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 Astra Linux, включающий:

1) драйвер платы сопряжения для операционной системы Astra Linux;

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

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

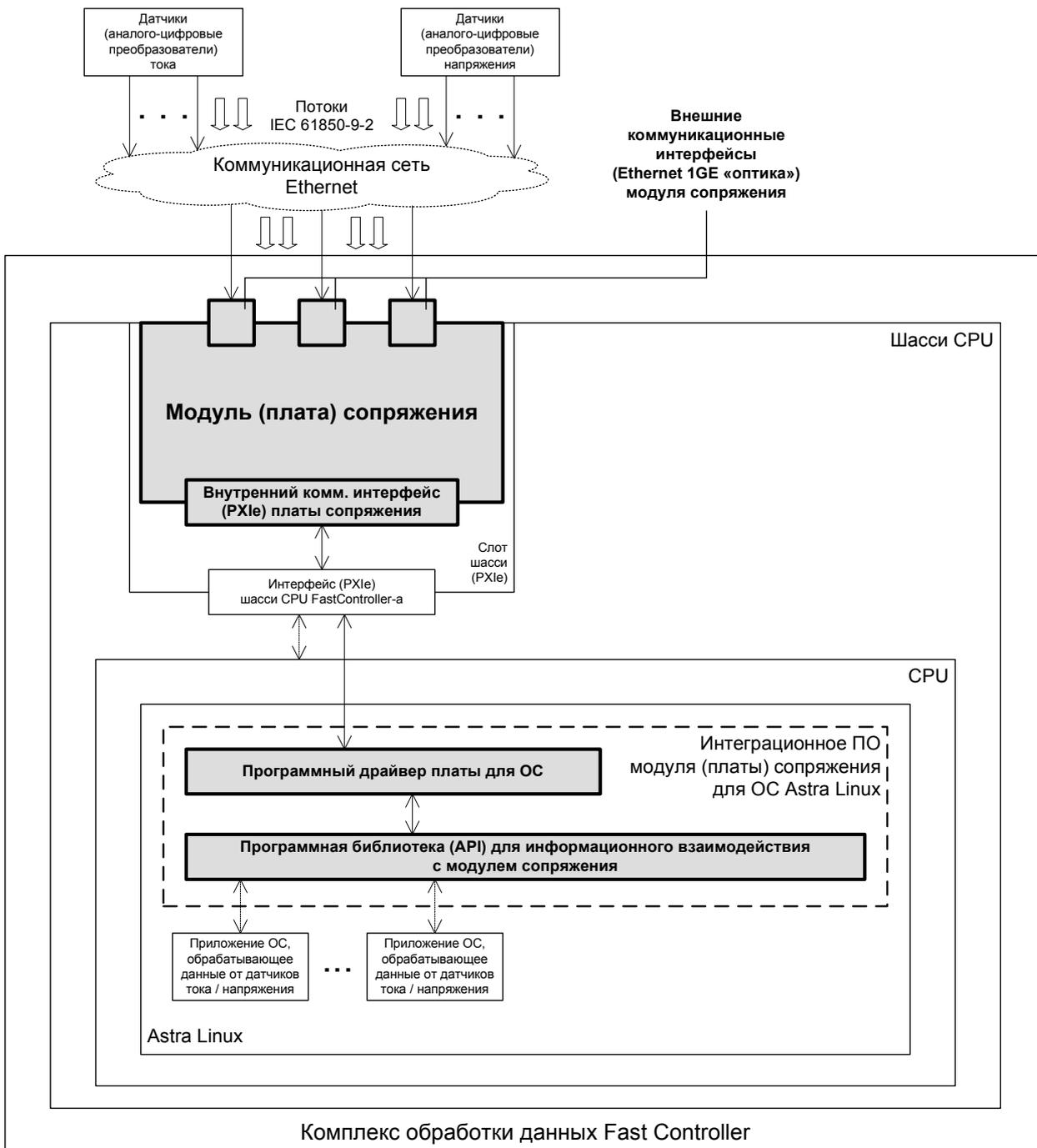


Рисунок 1 – Состав компонентов Предобработчика и его окружения, а также их размещение в программно-аппаратных комплексах

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 Astra Linux

2.4.1 Драйвер Предобработчика предназначен для обеспечения функционирования Предобработчика, установленного в ПК, в программной среде ОС Astra Linux.

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

2.4.3 В частности, посредством вышеуказанного драйвера (корректно установленного в ОС Astra Linux) обеспечивается «видимость» соответствующего Предобработчика в ОС Astra Linux.

2.4.4 Указанный программный драйвер Предобработчика для ОС Astra Linux 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 Astra Linux, сервисы (API) для информационного взаимодействия с Предобработчиками.

2.5.2 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 Astra Linux.

2.5.3 Указанная программная библиотека (API) входит в поставку Предобработчиков и поставляется на компакт-диске либо, ином электронном 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 ¹⁾ , Гц	Количество и тип мгновенных значений в каждом срезе потока	«поASDU» (параметр потока 9-2) ³⁾	Частота передачи фреймов, Гц ⁴⁾	Спецификация протокола передачи
1	«92LE»	12 800	4 значения тока ²⁾ + + 4 значения напряжения ²⁾	8	1600	IEC 61850-9-2LE

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

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

²⁾ 3 фазы + нейтраль

³⁾ 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.

⁴⁾ 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.

⁵⁾ 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 0x88BA (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.

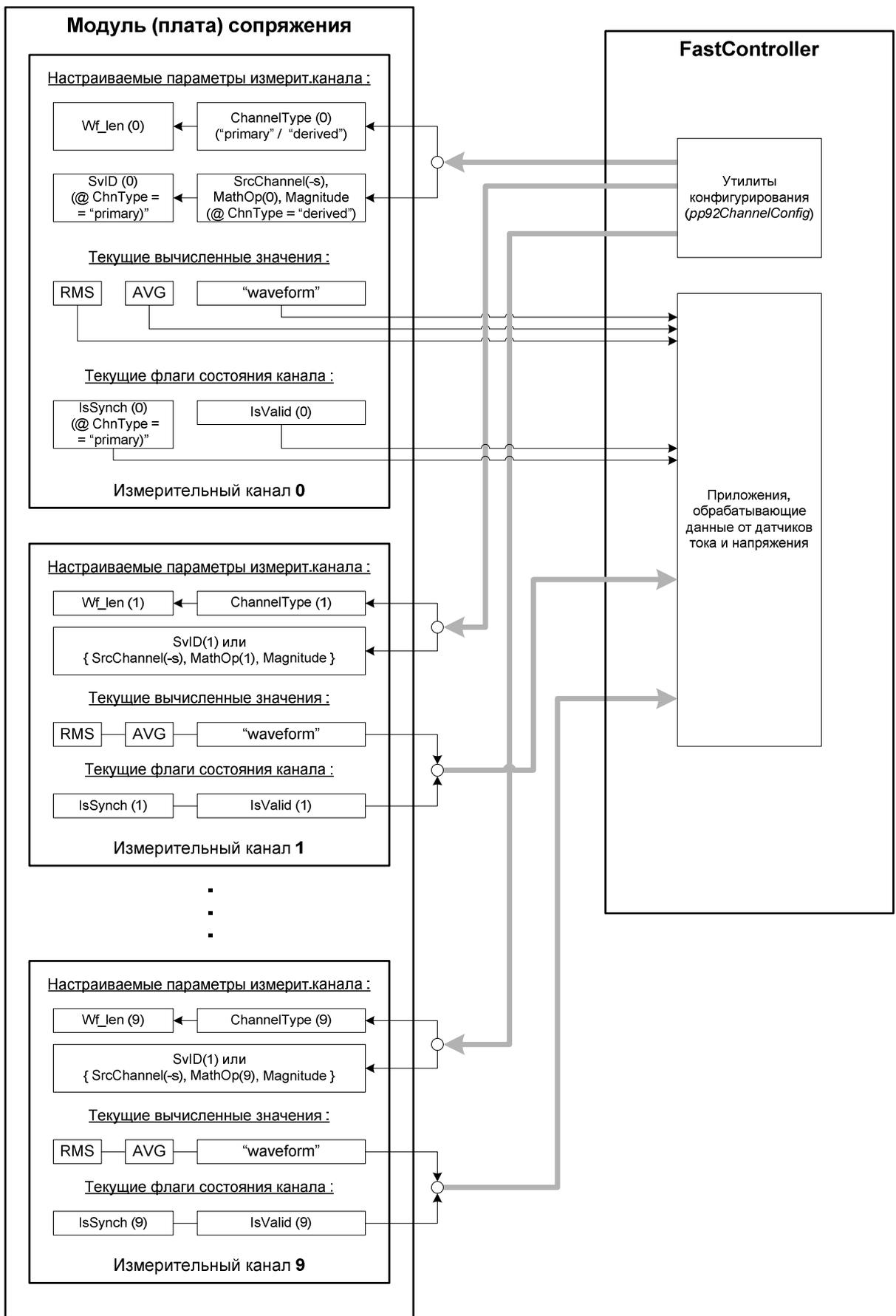


Рисунок 2 – Общая структура данных

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 ОС Astra Linux 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 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 Astra Linux, программную библиотеку (API)).

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.

5.2 Конфигурирование Предобработчика

5.2.1 После запуска ОС необходимо выполнить инициализацию 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:

pp92Config <Num> “<Linux_device_name>”

где:

- ***<Num>*** – задаваемый номер Предобработчика, уникальный для данного ПК;
- ***<Linux_device_name>*** – имя устройства соответствующего Предобработчика в ОС Astra 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.

5.2.3 После инициализации подключенных Предобработчиков следует выполнить их конфигурирование.

Примечание: Указанное конфигурирование выполняется посредством утилит командной строки ОС Astra 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 Astra Linux (скрипта).

5.3 Конфигурирование потока данных

5.3.1 Настройка отдельного потока данных 9-2 в выбранном Предобработчике выполняется программной утилитой (приложением ОС Astra 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 «А» «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 Astra 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

5.5.1 Для доступа к результатам обработки данных потоков 9-2, обрабатываемых Предобработчиком, 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).

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).

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).

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).

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).

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).

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 Astra Linux, включая драйвер ОС Astra Linux и программную библиотеку (API) для доступа к Предобработчику из приложений ОС Astra Linux;
- 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 Предобработчик в слот шасси на полную глубину до полного сопряжения разъема внутреннего коммуникационного интерфейса Предобработчика с соответствующими разъемом интерфейса шасси. Для выполнения сопряжения разъемов усилие, прилагаемое к Предобработчику, должно быть минимальным.

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

7) Подать питание на шасси PXIe.

Примечание: В случае необходимости извлечения Преобработчика из корпуса шасси PXIe также следует предварительно обесточить (отключить питание) шасси. При этом перед извлечением Предобработчика 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 Предобработчика для ОС Astra Linux;
- программную библиотеку (API) для доступа к Предобработчику из приложений ОС Astra Linux;

необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- 1) Скопировать папку с компонентами программного обеспечения из состава поставки в выбранную папку в операционной системе ОС Astra 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 Astra Linux уже был установлен драйвер Предобработчика, то перед установкой нового драйвера необходимо удалить старый командой:

`sudo rpm -e pp92`

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. 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