

# ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МiCOM P443

Дата:	<b>8 сентября 2006</b>
Аппаратная версия:	К
Версия ПО:	51
Схемы подключения:	10P44303xx (xx= 01 и 03)
	10P44304xx (xx= 01 и 03)
	10P44305xx (xx= 01 и 03)
	10P44306xx (xx= 01 и 03)



# СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.-
<b>1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УСТРОЙСТВЕ ТЕРМИНАЛА</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Обзор аппаратного обеспечения</b>	<b>3</b>
1.1.1 Плата центрального процессора	3
1.1.2 Плата сопроцессора (с опцией оптоволоконного интерфейса InterMiCOM <sup>64</sup> )	3
1.1.3 Модуль аналоговых/дискретных входов	3
1.1.4 Модуль питания	3
1.1.5 Плата модулированного или демодулированного входа IRIG-B (опция)	3
1.1.6 Второй задний порт связи и EIA(RS)232 InterMiCOM <sup>64</sup> (опция)	3
1.1.7 Плата Ethernet	4
<b>1.2 Обзор программного обеспечения</b>	<b>5</b>
1.2.1 Операционная система реального времени	6
1.2.2 Программное обеспечение обслуживания системы	6
1.2.3 Основное программное обеспечение (платформы)	6
1.2.4 Программное обеспечение защиты и управления	6
1.2.5 Цифровой осциллограф	6
<b>2. АППАРАТНЫЕ МОДУЛИ</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Плата центрального процессора</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Плата сопроцессора</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Шины внутреннего обмена данными</b>	<b>7</b>
<b>2.4 Модуль входов</b>	<b>8</b>
2.4.1 Плата трансформаторов	8
2.4.2 Плата входов	8
2.4.3 Универсальные оптически изолированные логические входы	9
<b>2.5 Модуль питания (включая выходные реле)</b>	<b>10</b>
2.5.1 Плата источников питания (включая интерфейс связи EIA(RS)485)	10
2.5.2 Плата выходных реле	11
2.5.3 Плата с реле высокой коммутационной способностью	11
2.5.3.1 Применение контактов высокой коммутационной способности	12



<b>2.6</b>	<b>Плата IRIG-B (опция)</b>	<b>13</b>
<b>2.7</b>	<b>Второй задний порт связи</b>	<b>13</b>
<b>2.8</b>	<b>Плата Ethernet</b>	<b>14</b>
<b>2.9</b>	<b>Механическая конструкция</b>	<b>15</b>
<b>3.</b>	<b>ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ</b>	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>Операционная система реального времени</b>	<b>16</b>
<b>3.2</b>	<b>Программное обеспечене обслуживания системы</b>	<b>16</b>
<b>3.3</b>	<b>Основное программное обеспечение</b>	<b>17</b>
3.3.1	Регистрация записей	17
3.3.2	База данных уставок	17
3.3.3	Интерфейс базы данных	17
<b>3.4</b>	<b>Программное обеспечение защиты и управления</b>	<b>17</b>
3.4.1	Краткий обзор – планирование задач защиты и управления	18
3.4.2	Обработка сигналов	18
3.4.3	Цифровая фильтрация для функций основных защит	18
3.4.3.1	Фильтрация Фурье	19
3.4.4	Программируемая логическая схема	19
3.4.4.1	Текстовый идентификатор версии логической схемы	20
3.4.5	Регистрация событий	20
3.4.6	Цифровой осциллограф	20
3.4.7	Локатор места повреждения	21
<b>4.</b>	<b>СМОКОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ</b>	<b>22</b>
<b>4.1</b>	<b>Самоконтроль при включении питания</b>	<b>22</b>
4.1.1	Загрузка системы	22
4.1.2	Запуск программного обеспечения	22
4.1.3	Инициализация основного программного обеспечения и мониторинг	23
<b>4.2</b>	<b>Постоянный самоконтроль</b>	<b>23</b>

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УСТРОЙСТВЕ ТЕРМИНАЛА

### 1.1 Обзор аппаратного обеспечения

Оборудование релейной защиты спроектировано на модульной основе, т.е. устройство релейной защиты собирается из нескольких модулей стандартного типа. Некоторые модули являются обязательными, тогда как другие устанавливаются по требованию заказчика.

Устройства релейной защиты могут содержать следующие модули:

#### 1.1.1 Плата центрального процессора

На плате центрального процессора выполняются все вычисления в терминале и поддерживается управление всеми остальными модулями входящими в его состав. Кроме этого на данной плате установлены аппаратные средства интерфейса пользователя (ЖКД, светодиоды, клавиатура и интерфейс переднего порта локальной связи).

#### 1.1.2 Плата сопроцессора (с опцией оптоволоконного интерфейса InterMiCOM<sup>64</sup>)

Используется для обработки алгоритма дистанционной защиты и защиты сравнения направлений по приращениям параметров и связанных с ними каналов коммуникаций. На плате по заказу, за дополнительную плату, может быть установлены аппаратные средства оптических портов для передачи и приема сигналов по оптоволоконной линии связи, а также контроллер последовательного обмена данными телезащиты InterMiCOM<sup>64</sup>.

#### 1.1.3 Модуль аналоговых/дискретных входов

Модуль ввода преобразует информацию, получаемую по аналоговым и дискретным каналам, в формат пригодный для обработки поступающих данных на плате центрального процессора. Стандартный модуль ввода состоит из двух плат: Плата трансформаторов, обеспечивающая электрическую развязку и главная плата ввода, обеспечивающая аналого-цифровое преобразование и работу оптически изолированных дискретных логических входов. Кроме этого на главной плате ввода расположено память, хранящая настройки калибровки реле. На данной плате также расположены оптически изолированные входы ("opto") с программируемыми диапазонами напряжения срабатывания.

#### 1.1.4 Модуль питания

Модуль блока питания обеспечивает для всех остальных модулей устройства от источника питания с тремя уровнями напряжения. Блок питания также обеспечивает электрическое соединение для коммуникационного порта EIA(RS)485 расположенного на задней панели. На второй плате модуля блока питания расположена группа из нескольких выходных реле.

Кроме этого в модуле питания имеется источник постоянного напряжения 48В предназначенный для питания оптовходов реле (альтернативным источником питания оптовходов является аккумуляторная батарея подстанции).

#### 1.1.5 Плата модулированного или демодулированного входа IRIG-B (опция)

Данная плата может быть использована в том случае если имеется IRIG-B сигнал предназначенный для точной синхронизации внутренних часов терминала. Существует также опция данной платы включающая оптоволоконный задний порт связи который может быть использован только для подключения по интерфейсу IEC 60870.

#### 1.1.6 Второй задний порт связи и EIA(RS)232 InterMiCOM<sup>64</sup> (опция)

Второй задний порт связи, устанавливаемый по заказу, обычно используется для модемной связи с терминалом инженерами релейщиками или обслуживающим персоналом, если основной задний порт связи резервируется для связи с системой



управления объектом (SCADA). При этом может быть использован один из следующих видов связи: K-Bus, EIA (RS) 485 или EIA(RS)232. Данный порт обеспечивает полный доступ к уставкам и командам управления при помощи программного пакета MiCOM S1. Второй задний порт связи может быть также установлен на одной плате с интерфейсом IRIG-B.

#### 1.1.7 Плата Ethernet

Эта плата является обязательной для терминалов предназначенных для работы с использованием IEC 61850. Данная плата обеспечивает связь с сетью либо по медным проводникам либо по оптоволоконному каналу связи со скоростью 10Мбит/сек (только медь) или 100Мбит/сек. Имеется заказная опция данной платы имеющая также вход для подключения IRIG-B сигналов (модулированных или немодулированных). Плата IRIG-B упомянутая в п. 1.1.5, и плата IRIG-B со вторым задним портом связи, упомянутая в п. 1.1.6 являются взаимоисключающими опциями, поскольку обе используют слот 'A' в корпусе терминала.

Все модули подключены к параллельной шине данных и адресов, что обеспечивает возможность процессору получать и принимать информацию (данные) от требуемых модулей.

Кроме этого имеется шина последовательной передачи данных выборок сигналов от модуля входов к процессору. На рис. 1 показаны модули, установленные в терминале и потоки информации между ними.

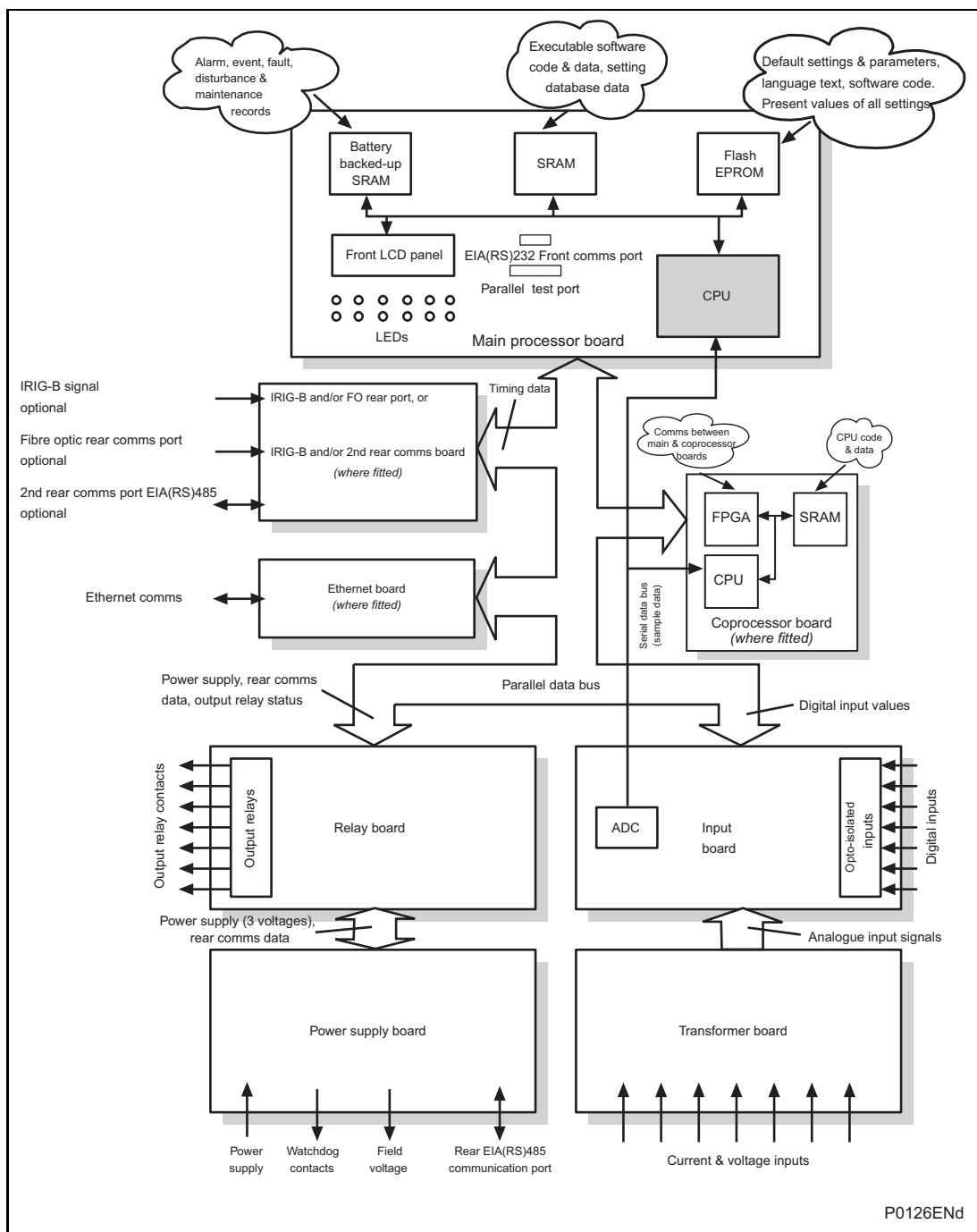


Рис 1: Модули терминала и потоки информации

### 1.2 Обзор программного обеспечения

Программное обеспечение реле концептуально может быть разделено на четыре блока: операционная система реального времени, ПО обслуживания системы (или ПО системного сервиса, основное ПО (или ПО платформы) и ПО защиты и управления. Эти четыре элемента не различимы для пользователя и все обрабатываются одной платой центрального процессора. Объяснение различия между четырьмя блоками программного обеспечения в зависимости от назначения приведено ниже.

### 1.2.1 Операционная система реального времени

Операционная система реального времени используется для обеспечения среды работы различных блоков программного обеспечения реле. Для этого программное обеспечение разбито на задачи.

Операционная система реального времени отвечает за очередность обработки этих задач таким образом, чтобы они выполнялись в пределах доступного интервала времени и порядке их приоритета. Операционная система также отвечает за обмен информацией между выполняемыми задачами в форме сообщений.

### 1.2.2 Программное обеспечение обслуживания системы

Программное обеспечения обслуживания системы обеспечивает первый (низкий) уровень управления аппаратными средствами реле. Например, ПО обслуживания системы контролирует загрузку программного обеспечения реле из энергонезависимой флэш EPROM при включении питания реле, а также обеспечивает программное обеспечение драйверов интерфейса пользователя по ЖКД (LCD) и клавиатуре или по последовательному порту связи. ПО обслуживания системы также обеспечивает уровень интерфейса между управлением аппаратными средствами реле и остальным программным обеспечением реле.

### 1.2.3 Основное программное обеспечение (платформы)

Основное программное обеспечение управляет уставками реле, интерфейсами пользователя и записью (регистрацией) событий, аварий и технологических сообщений. Все уставки реле хранятся в базе данных реле, что обеспечивает прямую совместимость со связью по протоколу Courier. Для всех других интерфейсов (т.е. клавиатура и ЖКД на передней панели, IEC 60870-5-103, DNP3.0 и IEC 61850) основное программное обеспечение конвертирует информацию из базы данных в требуемый формат. Кроме этого, основное программное обеспечение извещает ПО защиты и управления обо всех изменениях уставок и регистрирует данные как специфицировано программным обеспечением защиты и управления.

### 1.2.4 Программное обеспечение защиты и управления

Программное обеспечение функций защиты и управления выполняет вычисления (обработку) всех алгоритмов защит интегрированных в реле. Сюда входит такая обработка дискретных сигналов как фильтрация по методу Фурье и вспомогательные задачи, такие как измерения. ПО функций защиты и управления взаимодействует с основным программным обеспечением в части изменения уставок и регистрации записей, а также с ПО обслуживания системы в части сбора данных выборок уставок и доступа к управлению выходным реле и данных оптически изолированных входов.

### 1.2.5 Цифровой осциллограф

Значения аналоговых сигналов и данные статуса логических сигналов передаются из программного обеспечения защиты и управления в ПО цифрового регистратора переходных процессов (осциллографа). Программное обеспечение платформы взаимодействует с цифровым осциллографом для извлечения из реле сохраненных записей осциллограмм.



## 2. АППАРАТНЫЕ МОДУЛИ

Терминал защиты базируется на модульной структуре аппаратных средств, в которой каждый модуль выполняет в нем свою функцию. В данном разделе приводится описание работы различных модулей аппаратного обеспечения терминала.

### 2.1 Плата центрального процессора

Плата центрального процессора выполнена на основе 32-битного процессора цифровой обработки сигналов (DSP) с плавающей запятой типа TMS320VC33-150 МГц работающего с половиной этой частоты. Центральный процессор выполняет все вычисления для терминала, включая функции защиты, управление данными каналов связи и интерфейсами пользователя включая работу ЖКД, клавиатуры и светодиодов.

Плата процессора расположена непосредственно под передней панелью, что позволяет установить непосредственно на ней жидкокристаллический индикатор, светодиодные индикаторы, а также порты связи передней панели. Последовательный порт RS232 (используемый, например, для связи с использованием ПО MiCOM S1 и протокола Courier) имеет 9-контактный разъем типа D, а параллельный порт, предназначенный для тестирования и загрузки программного обеспечения в устройство защиты - 25-контактный разъем типа D. Обмен данными через последовательные порты связи обеспечивается двухканальным контроллером последовательного доступа (FPGA).

Память главной платы процессора делится на энергозависимую и энергонезависимую память: Энергозависимая память SRAM быстрого доступа (с нулевым временем ожидания), которая используется для хранения и выполнения команд процессора, а также хранения данных при вычислениях процессора. Энергонезависимая память делится на две группы: 4 Мб флэш-памяти для энергонезависимого хранения программного кода, текста сообщений и текущих значений уставок, 2 Мб SRAM с резервной батареей для хранения данных о нарушениях режима работы энергосистемы (осциллограммы), регистрация событий, аварий и данных технологических сообщений.

### 2.2 Плата сопроцессора

Вторая плата процессора используется в терминале для обработки алгоритмов дистанционной защиты и защиты сравнения направлений определенных по приращению параметров. На второй плате используется процессор того же типа что и на основной плате (центральный процессор). Вторая плата процессора имеет высокоскоростной доступ (нулевой время ожидания) к SRAM необходимый как для работы программ, так и для хранения данных. Эта память доступна с платы центрального процессора по шине параллельной передачи данных. Кроме этого данная шина при включении питания реле используется для загрузки программного обеспечения второго процессора из памяти расположенной на плате центрального процессора. Дальнейшая связь между двумя платами процессоров достигается с помощью прерываний и SRAM общего пользования. Данные выборок сигналов, передаваемые по последовательной шине, поступают на плату сопроцессора через последовательный порт установленный на данной плате, по аналогии с платой центрального процессора.

Плата сопроцессора также обеспечивает работу телезащиты выполненной на базе InterMiCOM<sup>64</sup>. Обмен сигналами выполняется по оптоволоконной линии связи подключенной к терминалу при помощи соединителей BFOC 2.5 – ST расположенными с задней стороны корпуса терминала. Кроме этого на плате располагаются модули для передачи и приема оптических сигналов по оптоволоконной линии связи. При этом обеспечиваются один или два канала коммуникации, каждый из которых включает пару оптических волокон для приема (Rx) и передачи (Tx) оптических сигналов. Каналы, если установлены в качестве заказанной опции, именуются как Ch1 (Кан.1) и Ch2 (Кан.2).

### 2.3 Шины внутреннего обмена данными

В терминале имеется две внутренние шины обмена данными между различными модулями. Основная шина представляет связь для параллельной передачи данных,

частью данной шины является 64 жильный ленточный кабель. По гибкому кабелю передаются данные, адреса сигналов в дополнение к сигналам управления, а также все линии питания. Работа шины управляется платой центрального процессора, который выступает в роли ведущего устройства, а все модули в терминале являются ведомыми устройствами.

Вторая шина последовательной связи используется исключительно для передачи значений выборок сигналов преобразованных в цифровую форму от модуля входов к плате центрального процессора. DSP (процессор цифровой обработки сигналов) процессор имеет встроенный последовательный порт, который используется для чтения данных выборок, получаемых по шине последовательной связи. Последовательная шина также выполнена с помощью 64 жильного ленточного кабеля.

## 2.4 Модуль входов

Модуль входов обеспечивает связь между платой процессора и аналоговыми и дискретными сигналами, поступающими в терминал. Модуль входов состоит из двух печатных плат; основная плата входов и плата трансформаторов. В модуле входов реле P443 имеется четыре входа напряжения и пять токовых входов.

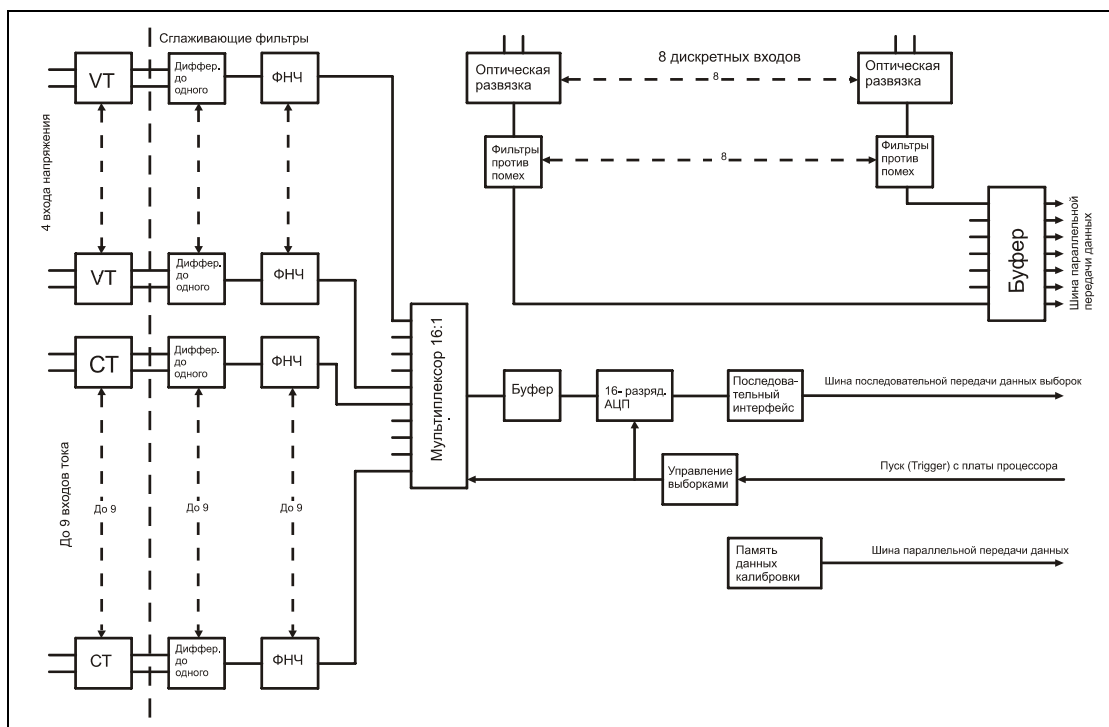
### 2.4.1 Плата трансформаторов

К токовым входам терминала могут быть подключены вторичные цепи ТТ с номинальными токами 1А или 5А (на соответствующие клеммы и при соответствующих уставках в меню терминала). К входам напряжения подключаются вторичные цепи ТН номинального напряжения 100/110/115/120В.

Входные трансформаторы используются для снижения параметров входных сигналов до уровней приемлемых внутренней схемой терминала, а также для обеспечения эффективной электрической изоляции между внутренними цепями терминала и сетью. Организация схемы подключения вторичных цепей ТТ и ТН обеспечивает дифференциальный входной сигнал для снижения влияния помех на основную плату модуля входов.

### 2.4.2 Плата входов

Функциональная схема основной платы модуля входов показана на Рис. 2. Плата обеспечивает схему для приема дискретных сигналов и аналого-цифровое преобразование входных аналоговых сигналов. Таким образом, она принимает дифференцированные аналоговые сигналы с платы (плат) входных ТТ и ТН, конвертирует их в цифровой формат и передает данные выборок на плату процессора по шине последовательной передачи данных. Аналоговые сигналы, поступающие на плату входов, проходят через специальные сглаживающие фильтры прежде чем через мультиплексор попасть на единственный чип АЦП. Аналого-цифровой преобразователь имеет разрешение в 16-разрядов и последовательный выход данных. Дискретные входные сигналы, поступающие в модуль входов, имеют оптическую развязку на данной плате, для предотвращения повреждения внутренних цепей терминала недопустимо высоким напряжением данных входов.



**Рис 2:** Основная плата модуля входов

Три оставшихся канала используются для выборок трех различных опорных напряжений с целью обеспечения постоянной проверки работы мультиплексора и точности работы аналого-цифрового преобразователя. Частота выборок сигнала установлена на уровне 48 выборок за период промышленной частоты с обеспечением логической цепи контроля управляемой функцией контроля частоты в системе, на плате основного (центрального) процессора.

В энергонезависимой памяти хранятся коэффициенты, записанные туда при калибровке реле. Эти коэффициенты используются платой процессора для корректировки погрешности входных трансформаторов при измерении амплитуды или фазы аналоговых сигналов.

Другая функция платы входов – чтение состояния сигналов, присутствующих на цифровых вводах и представление их шине параллельно поступающих данных для обработки. Плата входов содержит 8 оптических входов для подключения до восьми цифровых входных сигналов. Оптоизоляторы используются с цифровыми сигналами так же, как трансформаторы с аналоговыми сигналами; для изоляции электроники реле от энергосистемы. Плата входов обеспечивает некоторую фильтрацию цифровых сигналов аппаратных средств, чтобы удалить нежелательный шум перед буферизацией сигналов для чтения на шине параллельно поступающих данных. В зависимости от модели реле больше, чем 8 входных цифровых сигналов могут быть приняты реле. Это достигнуто при помощи дополнительной платы оптовходов, которая предусматривает те же 8 изолированных дискретных входов, что и основная плата входов, но не содержит никаких цепей для аналоговых сигналов, которые имеются на основной плате входов.

#### 2.4.3 Универсальные оптически изолированные логические входы

Терминалы P443 оснащены универсальными оптически изолированными логическими входами, которые могут программироваться на номинальное напряжение батареи от которой они будут питаться, т.е. возможно питание различных цепей (сигнализации, отключения и т.п.) от различных источников питания. Кроме этого, они могут программироваться на напряжения срабатывания/возврата как 'Standard 60% - 80%' (Стандартное 60%-80%) или '50% - 70%' для удовлетворения различных требований пользователя.

При этом пороговые уровни напряжения будут следующими:

Номинальное напряжение, В	Standard 60% - 80%		50% - 70%	
	Несрабатывание (лог. 0), В=	Срабатывание (лог. 1), В=	Несрабат. (лог. 0), В=	Срабатывание (лог. 1), В=
24/27	<16.2	>19.2	<12.0	>16.8
30/34	<20.4	>24.0	<15.0	>21.0
48/54	<32.4	>38.4	<24.0	>33.6
110/125	<75.0	>88.0	<55.0	>77.0
220/250	<150.0	>176.0	<110.0	>154.0

Повышенный уровень напряжения срабатывания предотвращает срабатывание оптовхода при замыканиях в сети постоянного тока, при котором возможно появления напряжения на оптовходе достигающем 50% от номинального напряжения батареи.

Каждый из оптовходов имеет дополнительную возможность фильтрации устанавливаемую с помощью задания соответствующей уставки. Ввод в действие ½ периодного фильтра делает оптовход нечувствительным к воздействию кратковременных помех наводимых на соединительных проводниках. Несмотря на то, что этот метод повышает защиту от помех, он в то же время замедляет реакцию оптовхода на появление сигнала, что может быть неприемлемым, например, для цепей телеотключения. Для исключения замедления ½ периодный фильтр данного входа может быть выведен, однако при этом необходимо воспользоваться одним из следующих методов описанных далее, для повышения помехоустойчивости входа. Первый метод заключается в коммутации обоих входов оптовхода, второй метод заключается в использовании экранированного кабеля для сигналов подводимых к оптовходам.

- Терминалы P443 аппаратной версии А или С имеют по 16 оптовходов
- Терминалы P443 аппаратной версии В или D имеют по 24 оптовхода

## 2.5 Модуль питания (включая выходные реле)

Модуль питания состоит из двух плат, одна плата используется для формирования источников напряжения, а вторая используется для установки нескольких выходных реле. Кроме этого на плате источников питания находятся аппаратные средства входа и выхода заднего порта связи обеспечивающие связь по интерфейсу EIA(RS)485.

### 2.5.1 Плата источников питания (включая интерфейс связи EIA(RS)485)

Терминал может быть оснащен одной из трех плат источников питания. Требуемая опция указывается на стадии заказа и определяется уровнем напряжения источника используемого для питания терминала (реле). В приведенной ниже таблице приведены возможные варианты:

Номинальный диапазон напряжения при питании от источника постоянного тока	Номинальный диапазон напряжения при питании от источника переменного тока
24/54 В	Питание только от источника постоянного напряжения
48/125 В	30/100 В (эфф.)
110/250 В	100/240 В (эфф.)

Выходы всех версий блока питания используются, чтобы подвести изолированные шины питания ко всем другим модулям в реле. В реле используются три уровня напряжения, 5,1 В для всех цифровых цепей, ±16 В для аналоговой электроники, например, на плате входов, и 22 В для питания катушек выходных реле.

Все напряжения питания, включая 0В заземления, распределены по реле 64-жильным ленточным кабелем. Еще один уровень напряжения, имеющийся в блоке питания, это напряжение внутреннего источника 48 В. Оно подведено к зажимам сзади реле так, чтобы оно могло использоваться для управления оптически изолированными дискретными входами.

Две других функции обеспечиваемой платой источников питания - интерфейс связи EIA(RS)485 и контакты сторожевого реле (WD). Интерфейс EIA(RS)485 используется с задним портом связи для поддержания связи, используя один из протоколов: Courier, IEC 60870-5-103 или DNP3.0. EIA(RS)485 поддерживает полудуплексную связь и обеспечивает оптическую изоляцию передаваемых и получаемых последовательных данных. Вся внутренняя передача данных от платы модуля питания проводится через плату выходных реле, соединенную с шиной параллельной передачи данных.

Реле контроля исправности (сторожевое реле WD) имеет два выходных контакта; один нормально разомкнутый и один нормально замкнутый, которые управляются платой процессора. Они предназначены, чтобы указывать, что реле находится в исправном состоянии.

Плата модуля питания имеет устройство ограничения броска тока, что позволяет ограничить пиковое значение тока на уровне 10А в момент включения питания реле.

### 2.5.2 Плата выходных реле

Плата выходных реле содержит семь реле, из них три реле с нормально разомкнутыми контактами и четыре реле с переключающимися контактами. Реле приводятся в сработанное состояние напряжением 22 В. Запись или чтение состояния выходных реле выполняется с использованием шины параллельно поступающих данных. В зависимости от модели терминала можно обеспечить семь дополнительных выходных контактов (реле), путем использования до трех дополнительных плат выходных реле.

### 2.5.3 Плата с реле высокой коммутационной способностью

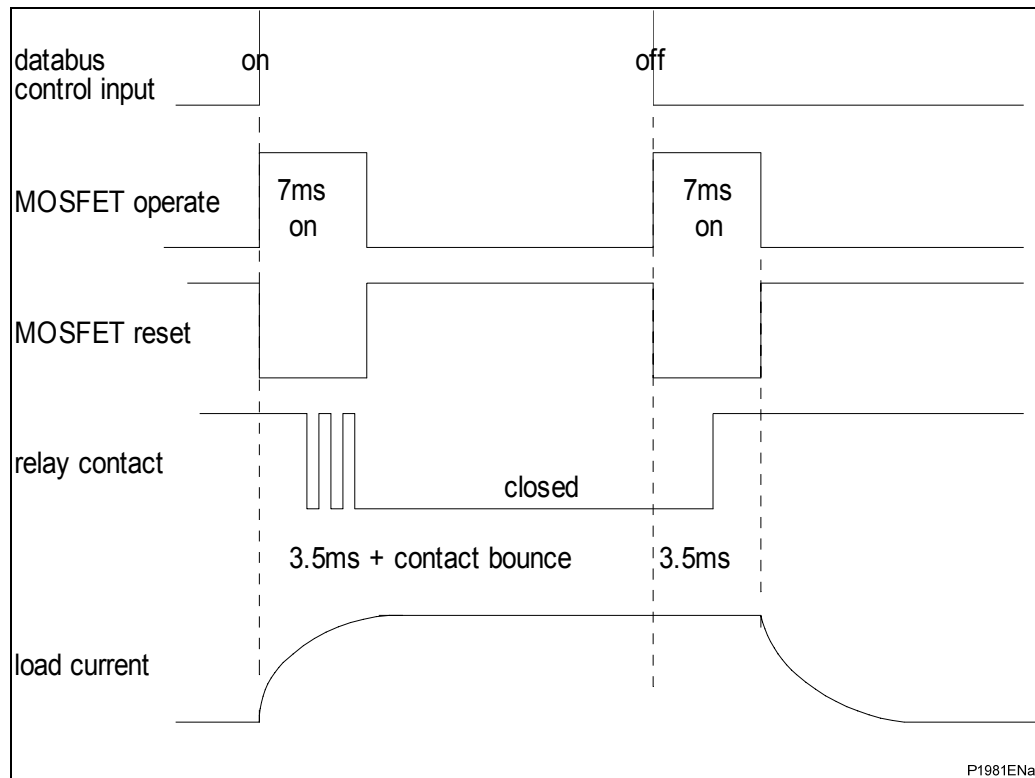
Одна плата с выходами высокой коммутационной способности состоит из четырех нормально разомкнутых выходных контактов (реле). Организация таких плат в P443 заключается в следующем:

- Терминал P443 аппаратной версии «С» имеет одну плату выходов с высокой коммутационной способностью, что в общей сложности составляет 16 стандартных реле и 4 выхода с высокой коммутационной способностью.
- Терминал P443 аппаратной версии «D» имеет две платы выходов с высокой коммутационной способностью, что в общей сложности составляет 16 стандартных реле и 8 выходов с высокой коммутационной способностью

На данной плате устанавливаются гибриды состоящий из твердотельного статического устройства MOSFET с параллельными выходными контактами высокой коммутационной способности. Устройство MOSFET шунтировано варистором для защиты при разрыве цепи с большой индуктивной нагрузкой, т.к. энергия, запасенная в индуктивности, при размыкании цепи ведет к образованию высокого напряжения обратной полярности, которое может повредить MOSFET.

При поступлении команды управления на срабатывание данного дискретного выхода, контакт миниатюрного выходного реле замыкается одновременно со срабатыванием твердотельного элемента (SSD). Контакт миниатюрного выходного реле замыкается за время порядка 3,5мс, предназначен для пропуска длительно протекающего тока нагрузки, в то время как время твердотельный элемент обеспечивает быстрое действие работы выходной цепи и замыкает цепь за время не более 0,2мс а затем отключается через 7,5мс. При возврате команды управления дискретным входом, твердотельный элемент вновь включается на 7,5мс. Контакты миниатюрного выходного реле размыкаются за время порядка 3,5мс, т.е. до отключения твердотельного элемента, который используется для разрыва цепи нагрузки. При этом твердотельный элемент поглощает энергию выделяющуюся при отключении индуктивной нагрузки и таким образом ограничивает коммутационный бросок напряжения. Данная конструкция контактов предназначена только для коммутации цепи постоянного тока. Поскольку

твердотельный элемент включается очень быстро (менее 0.2мс), использование выходов с высокой коммутационной способностью имеет еще одно преимущество в использовании, а именно быстродействие.



**Рис 3:** Работа контактов высокой коммутационной способности

### 2.5.3.1 Применение контактов высокой коммутационной способности

#### 1) Эффективный инжиниринг схем

В традиционных схемах повышение коммутационной способности выходных цепей достигается использованием внешних промежуточных реле. Вместо использования внешних реле отключения с повышенной коммутационной способностью, например типа MVAJ, теперь можно использовать терминал MiCOM оснащенный выходами высокой коммутационной способности, что позволяет сократить объем пространства занимаемый на панели (в шкафу), т.е. на той же панели можно разместить больше аппаратуры.

#### 2) Наличие (доступность) вспомогательных контактов коммутационного оборудования

Общей практикой является использование вспомогательного контакта 52a (повторитель включенного положения выключателя) для размыкания цепи соленоида отключения при включении выключателя, что снижает требование к коммутационной способности выходных контактов терминала защиты. Однако в некоторых случаях, например при выполнении реконструкции существующей подстанции, упомянутые вспомогательные контакты могут либо отсутствовать либо оказаться ненадежными. В этом случае контакты с высокой коммутационной способностью могут быть использованы для разрыва цепи отключения при включении выключателя.

#### 3) Отказ выключателя

Техника использования вспомогательных контактов (52a) описана ранее. Однако в случае отказа (зависание) выключателя или отказа его вспомогательных контактов (залипание), работа схемы нарушается. При отключения повреждения смежными выключателями вся нагрузка на разрыв цепи отключения отказавшего выключателя (при возврате защит) ложится на выходные контакты связанного с ним терминала защиты, которое, в общем случае, не рассчитано на разрыв большого тока нагрузки. В этом случае контакты с высокой коммутационной способностью в MiCOM могут быть использованы для разрыва цепи соленоида отключения при отказе выключателя или



его вспомогательных контактов, что предотвратит повреждение контактов выходных реле терминала защиты.

#### 4) Пуск телезащиты

Контакты высокой коммутационной способности обеспечивают высокое быстродействие при замыкании коммутируемой цепи. Кроме сокращения времени отключения от защиты, это может быть использовано для ускорения пуска схемы телеотключения. Это позволяет ускорить время работы схем телеотключения разрешающей или блокирующей логики, а также схемы передачи сигнала прямого телеотключения.

### 2.6 Плата IRIG-B (опция)

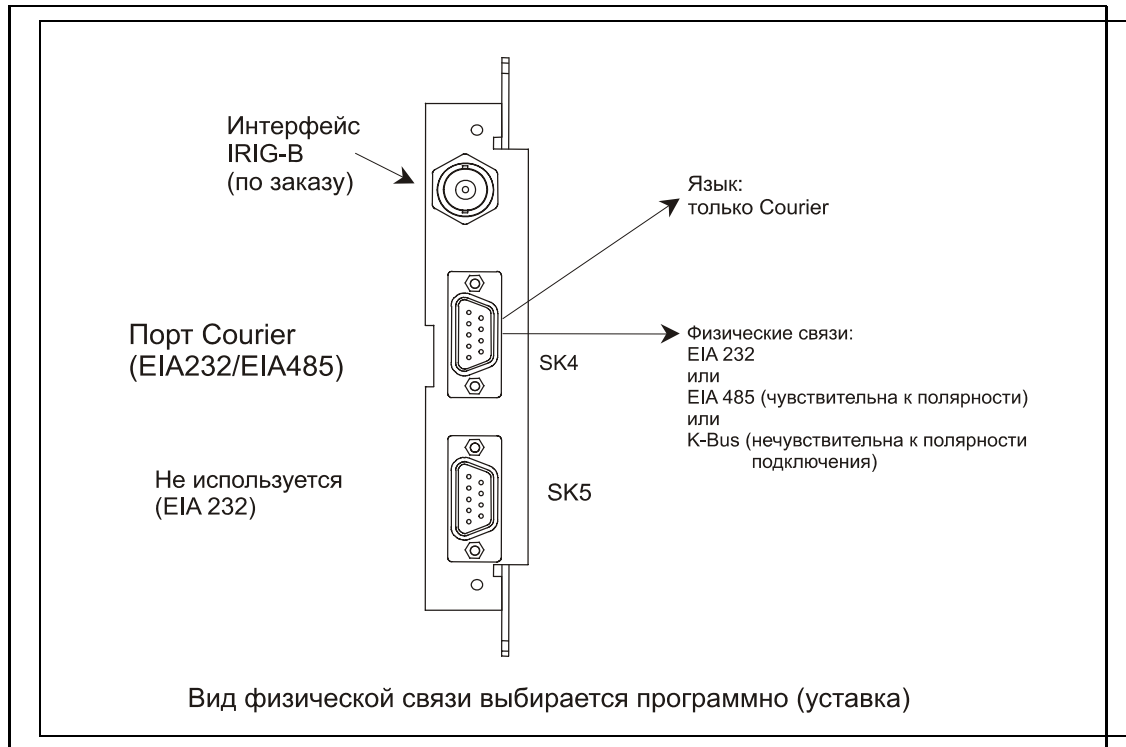
Плата IRIG-B - опция заказа, которая может быть установлена, чтобы обеспечить точную синхронизацию времени для терминала. Сигнал IRIG-B соединен с платой через соединитель BNC расположенный на задней стенке корпуса терминала. Информация времени используется, чтобы синхронизировать внутренние часы реле в режиме реального времени с точностью 1 мс. Внутренние часы используются для присвоения меток времени при записи событий, повреждений и осциллограмм.

Плата IRIG-B может также быть снабжена волоконно-оптическим передатчиком/приемником, который может использоваться для заднего порта связи вместо электрического соединения EIA(RS)485 (только для протокола IEC 60870).

### 2.7 Второй задний порт связи

Для терминалов, работающих по протоколам первого заднего порта Courier, Modbus, IEC60870-5-103 или DNP3 существует опция для заказа второго заднего порта связи использующего язык Courier. Данный порт может быть подключен по одному из следующих вариантов физической связи: витая пара K-Bus (нечувствительна к полярности подключения), витая пара EIA(RS)485 (чувствительна к полярности подключения) или EIA(RS)232.

Платы связи второго заднего порта связи и плата IRIG-B являются взаимоисключающими опциями, поскольку они используют один и тот же слот для установки в корпусе реле. По этой причине существуют две опции заказа платы второго заднего порта связи. Это плата только с задним портом связи или плата с задним портом связи и интерфейсом IRIG-B. Физическое расположение платы второго заднего порта связи показано на Рис. 4.



**Рис 4:** Второй задний порт связи (опция заказа)

## 2.8 Плата Ethernet

Устанавливаемая по заказу плата Ethernet (ZN0049) имеет три варианта поддерживающие использование интерфейса IEC 61850:

- 100 Мбит/с Оптоволокно + 10/100 Мбит/с Медь
- 100 Мбит/с Оптоволокно + 10/100 Мбит/с Медь + модулированный IRIG-B
- 100 Мбит/с Оптоволокно + 10/100 Мбит/с Медь + не модулированный IRIG-B

Данная плата устанавливается в гнезде (слоте) А, которое используется для коммуникационных плат, устанавливаемых по заказу (в качестве опций). Каждая плата Ethernet имеет свой уникальный аппаратный адрес (MAC), используемый для связи Ethernet. Данный адрес печатается с задней стороны платы, рядом с разъемом подключения Ethernet.

Для подключения к 100 Мбит/с оптоволоконному порту используется соединитель типа ST® и многомодовый оптоволоконный кабель 1300нм.

Для электрических подключений по меди используются соединители типа RJ45. При подключении к Ethernet по медным проводникам важно использовать кабели связи представляющие экранированную витую пару (Shielded Twisted Pair – STP) или фольгированную витую пару (Foil Twisted Pair – FTP), для защиты связи IEC 61850 от влияния электромагнитных помех. Соединитель (разъем) RJ45 на каждом конце кабеля должен быть экранирован. При этом экран кабеля подключается к экрану разъема RJ45, таким образом, чтобы экран был заземлен через корпус терминала (реле). Как кабель, так и соединитель RJ45 на каждом конце кабеля должны быть как минимум Категории 5, согласно требований стандарта IEC 61850. Кроме этого рекомендуется, чтобы каждый медный кабель, используемый для подключения по стандарту IEC 61850 имел длину не более 3 метров и не выходил за пределы одного шкафа/панели.

При использовании соединения IEC 61850 через плату Ethernet, задний порт EIA(RS)485 и передний порт EIA(RS)232 остаются доступными для одновременного использования, при этом оба порта используют язык Courier.

Физическое расположение платы Ethernet показано на Рис. 5.



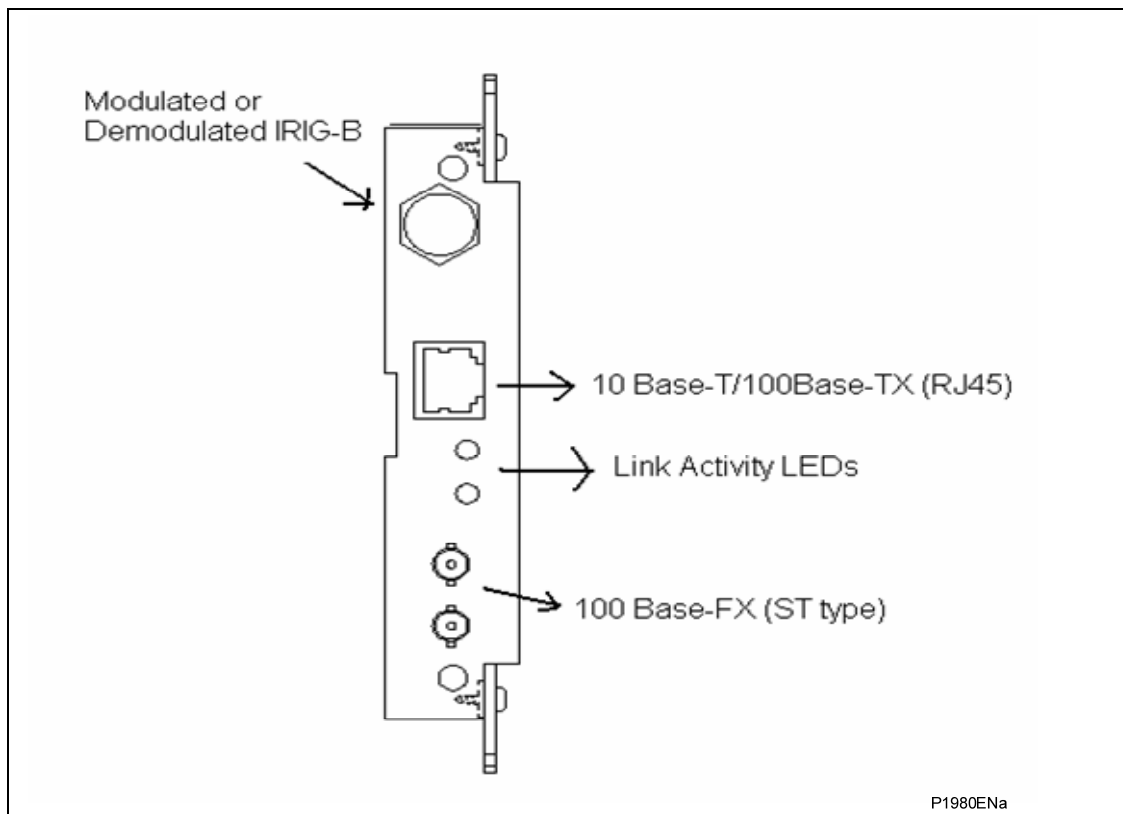


Рис 5: Плата Ethernet (опция)

## 2.9 Механическая конструкция

Материалы корпуса терминала созданы из предварительно обработанной стали, имеющей проводящее покрытие из алюминия и цинка. Это обеспечивает хорошее заземление во всех соединениях, с низким полным сопротивлением заземления, что является существенным для работы при внешних помехах. Панели и модули используют стратегию многократного заземления для повышения иммунитета к внешним помехам и минимизации влияния шума в канале. На панелях используются заземляющие пластины, чтобы снизить полное сопротивление, и клипсы, чтобы заземлить металлоконструкцию модуля.

Блоки зажимов высокой нагрузочной способности расположенные на задней стенке корпуса терминала используются для подключения к реле вторичных цепей трансформаторов тока и напряжения. Блоки зажимов средней нагрузочной способности используются для подключения дискретных логических входных сигналов, контактов выходных реле, цепей питания и заднего порта связи. Соединитель BNC используется для подключения сигнала IRIG-B (устанавливается по заказу). 9-контактные и 25-контактные розеточные соединители типа D расположенные на передней панели реле используются для передачи данных.

Внутри терминала печатные платы подключаются к разъемам на обратной стороне блоков зажимов и могут быть демонтированы только с передней стороны терминала. Блоки зажимов для подключения цепей ТТ оснащены внутренними закорачивающими пластинами внутри корпуса, которые будут автоматически закорачивать цепи трансформаторов тока прежде, чем они разъединятся при демонтаже блока зажимов или печатной платы из корпуса реле.

Лицевая панель состоит из мембранной вспомогательной клавиатуры с осязательными клавишами, ЖКД и 12 светодиодами, установленными на алюминиевой опорной плите.

### 3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программное обеспечение реле было представлено в кратком обзоре реле в начале этой главы. Программное обеспечение может рассматриваться, как состоящее из четырех разделов:

- Операционная система в режиме реального времени
- Программное обеспечение обслуживания системы
- Основное программное обеспечение
- Программное обеспечение защиты и управления

Этот раздел описывает подробно два последних, основное программное обеспечение и программного обеспечения управления и защиты, которые управляют функциональным режимом реле между ними. Рисунок 6 показывает структуру программного обеспечения реле.

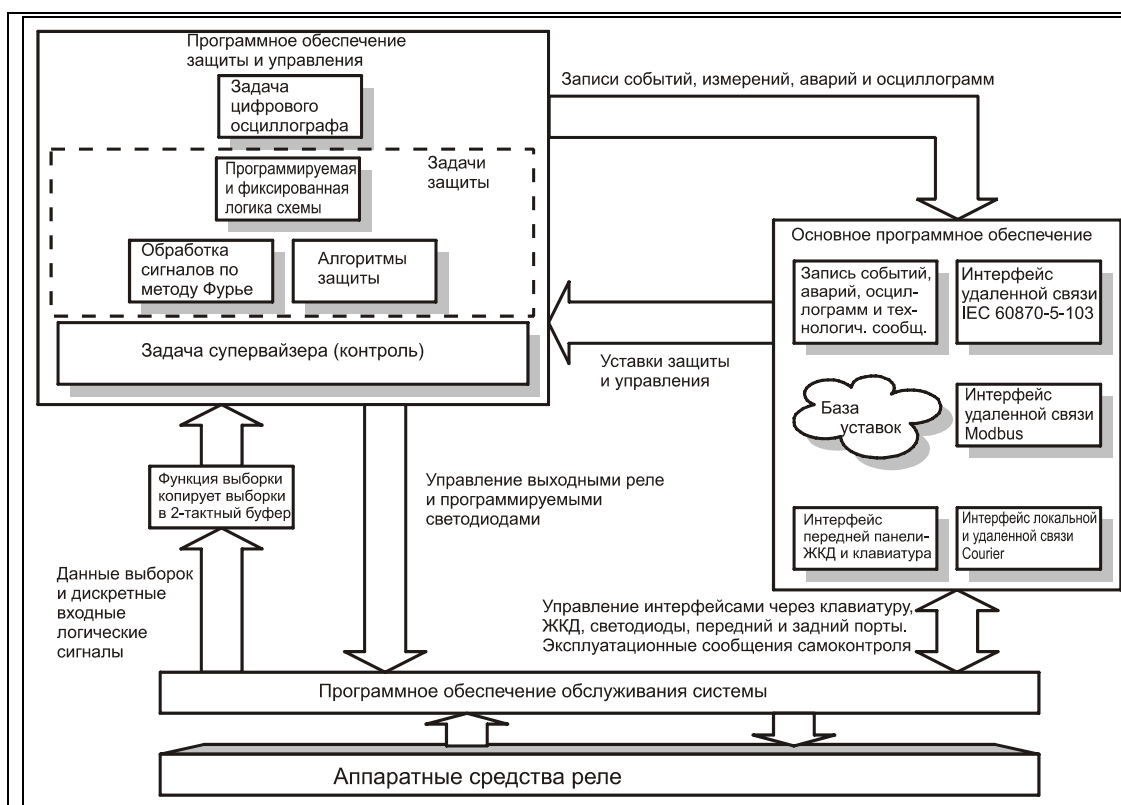


Рис 6: Структура программного обеспечения терминала

#### 3.1 Операционная система реального времени

Программное обеспечение разбито на задачи; операционная система используется в режиме реального времени, чтобы обеспечить обработку задач в доступное время и в желательном порядке очередности. Операционная система также ответственна за управление связью между программными задачами с помощью сообщений операционной системы.

#### 3.2 Программное обеспечение обслуживания системы

Как показано на рисунке 6, программное обеспечение обслуживания системы обеспечивает интерфейс между аппаратными средствами терминала и функциональными возможностями высшего уровня основного программного обеспечения и программного обеспечения управления и защиты. Например, программное обеспечение обслуживания системы обеспечивает драйверы для элементов типа ЖКД, вспомогательной клавиатуры и портов удаленной связи и управляет начальной загрузкой процессора и загрузкой кода процессора в ООЗУ (SRAM) из энергонезависимой флэш-памяти ППЗУ (EPROM) при включении.



управляет запуском задачи, а также управляет обменом сообщениями между задачей и основным программным обеспечением.

#### 3.4.1 Краткий обзор – планирование задач защиты и управления

После запуска (включения питания терминала) задача защиты и управления приостанавливается до тех пор, пока не будет пуска сопроцессора по прерыванию.

В том случае если плата сопроцессора не выполнит прерывания, выполнение задачи функции защиты автоматически возобновляется после получения данных шести выборок аналоговых сигналов. При нормальной работе выполнение задачи возобновляется сопроцессором 16 раз за один период.

Сбор выборок на основной плате процессора управляется 'функцией выборок', которая вызывается программным обеспечением обслуживания системы и берет каждый набор новых выборок из блока входов и сохраняет их в буфере двух периодов промышленной частоты. Эти выборки одновременно сохраняются платой сопроцессора.

#### 3.4.2 Обработка сигналов

Функция выборок обеспечивает фильтрацию дискретных входных сигналов поступающих от оптоизоляторов и отслеживание частоты сети для сохранения одинакового количества выборок аналоговых сигналов за период промышленной частоты.

Слежение за частотой сети для сбора выборок аналоговых входных сигналов выполняется по методу алгоритма Фурье, который применяется к одному из входных сигналов, и работает, обнаруживая изменение фазового угла измеренного сигнала. Рассчитанное значение частоты, используется для того, чтобы изменить дискретизацию, используемую входным блоком, для достижения постоянного уровня дискретизации 48 выборок за период частоты сети. Значение частоты также сохраняется для использования задачей управления и защиты.

Когда задача защиты и управления перезапущена функцией выборок, она вычисляет компоненты ряда Фурье для аналоговых сигналов. Компоненты ряда Фурье рассчитаны, используя однопериодное дискретное преобразование Фурье (DFT) при 48 выборках за период промышленной частоты. DFT всегда вычисляется, используя прошлый период выборок из 2-периодного буфера, то есть, используются самые последние данные. Преобразование Фурье, используемое таким образом, извлекает первую гармонику промышленной частоты сигнала и выдает величину и фазу основной гармоники в формате прямоугольных координат. DFT обеспечивает точное измерение компонента основной частоты, и эффективную фильтрацию гармонических частот и шума. Это достигнуто в сочетании с модулем входов реле, который обеспечивает аппаратную фильтрацию паразитных сигналов для подавления частот двукратно превышающих частоту выборок и отслеживание частоты сети для поддержания дискретизации 48 выборок в период. Данные преобразования Фурье входных сигналов тока и напряжения сохраняются в памяти так, чтобы к ним имели доступ все алгоритмы элементов защиты. Выборки сигналов, поступающие из модуля входов, также используются в необработанной форме осциллографом для регистрации формы сигнала и вычисления действующих значений тока, напряжения и мощности для целей измерения.

#### 3.4.3 Цифровая фильтрация для функций основных защит

Вся обработка алгоритма дистанционной защиты и защиты сравнения направлений определенных по приращениям параметров выполняется на плате сопроцессора.

Входные сигналы токов и напряжения поступающие в дистанционную защиты используют те же фильтры (FIR) что используются для дифференциально-фазной защиты. При этом P443 использует комбинацию из  $\frac{1}{4}$  периодного фильтра использующего 12 коэффициентов,  $\frac{1}{2}$  периодного фильтра использующего 24 коэффициента и одного однопериодного фильтра использующего 48 коэффициентов. В терминале используется интеллектуальный (адаптивный) режим автоматического переключения между используемыми фильтрами для достижения оптимального баланса между отстройкой и быстродействием. Следует отметить, что органы защиты

сами используют дополнительную фильтрацию, например используемую счетчиками формирования команды отключения.

На Рисунке 7 показана частотная реакция (характеристика) фильтров с 12 (1/4 периодный - Quarter), 24 (1/2 периодный - Half) и 48 коэффициентами (1 периодный - Full). Усиление дано по отношению к основной гармонике частоты сети.

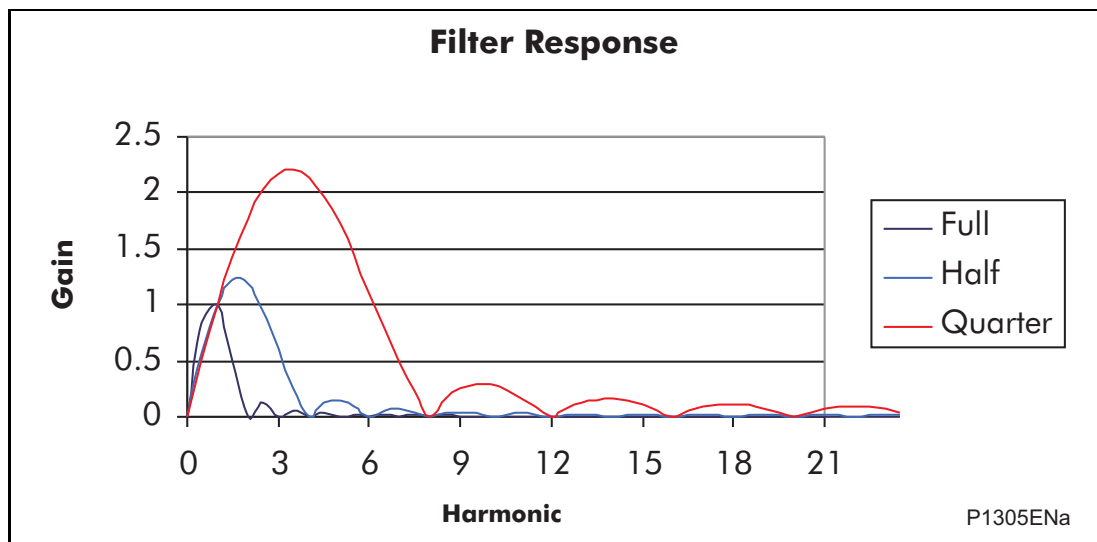


Рис 7: Частотные характеристики фильтров

#### 3.4.3.1 Фильтрация Фурье

Все функции резервных защит и функция измерения используют однопериодную фильтрацию Фурье для выделения составляющей основной гармоники. Эта фильтрация выполняется на плате основного процессора.

#### 3.4.4 Программируемая логическая схема

Назначение программируемой логики схемы (PSL) - это позволить пользователю терминала конфигурировать индивидуальную схему защиты, удовлетворяющую их собственному специфическому применению. Для достижения большей гибкости в применении логическая схема задается для каждой из групп уставок.

Вход к PSL - любая комбинация состояния цифровых входных сигналов от оптоизоляторов на плате входов, логических выходов элементов защиты, например, пуска защит или действия на отключение и выходов фиксированной логики схемы. Фиксированная логика схемы обеспечивает стандартные функции защиты. PSL непосредственно состоит из программных логических элементов и таймеров. Логические элементы могут быть запрограммированы для выполнения ряда различных логических функций и могут охватывать любое число входов. Таймеры используются, чтобы создать программируемую выдержку времени, или/и, чтобы создать режим для логических выходов, например, создать импульс фиксированной продолжительности на выходе, независимо от длины импульса на входе. Выходы PSL - это светодиоды на передней панели реле и контакты выходных реле.

Выполнение PSL логики управляется событиями; логика обрабатывается всякий раз, когда изменяется любой из входов, например, в результате изменения состояния одного из дискретных входных сигналов или формирование сигнала отключения от одного из элементов защиты. При этом, обрабатывается только часть PSL логики, на которую воздействует конкретное изменение входа. Это сокращает время обработки, которое требуется для обработки PSL. Программное обеспечение защиты и управления в каждом цикле своей работы обновляет таймеры логической схемы и проверяет наличие изменений во входных сигналах PSL.

Эта система обеспечивает гибкость для пользователя в создании его собственного проекта логической схемы. Поскольку PSL может иметь достаточно сложную конфигурацию, ее построение выполняется при помощи персонального компьютера и программного пакета MiCOM S1.

#### 3.4.4.1 Текстовый идентификатор версии логической схемы

При загрузке в терминал файла логической схемы (PSL) при помощи программного пакета MiCOM S1, пользователь помимо указания номера группы уставок для которой будет использоваться данная схема может дополнительно ввести примечание состоящее из 32 символов, служащее для описания причины изменения логической схемы. Данная текстовая информация может быть выведена на индикацию на ЖКД в ячейке меню 'PSL DATA' (Данные ПСЛ) 'Grp1/2/3/4 PSL Ref'. Кроме этого в ячейке 'Date/Time' and 'Grp 1/2/3/4 PSL ID' может быть выведена на индикацию информация о Дате/Времени и совпадении контрольной суммы для каждого файла программируемой схемы логики - ПСЛ (PSL) каждой из групп уставок.

Данные идентификации версии ПСЛ могут быть использованы для контроля за вносимыми изменениями в логику терминала.

Описание логической схемы установленной на заводе названной как "Default PSL" (схема по умолчанию), за которым следует номер модели, например, "Default PSL P443?????0уу0?" со ссылкой на версию программного обеспечения, например 52. Данная информация одинакова для всех четырех групп уставок (поскольку для всех четырех групп на заводе устанавливается одна и та же версия логической схемы). Поскольку дисплей передней панели терминала отображает только 16 символов (в нижней строке), необходимо используя клавиши прокрутки, пролистать экранные записи для просмотра всех 32 символов текстовой идентификации версии ПСЛ.

Датой и временем, относящимся к логической схеме, установленной на заводе-изготовителе, являются дата и время загрузки EEPROM с цифрового носителя информации (flash).

Примечание: Информация колонки меню PSL DATA (ДАННЫЕ ПСЛ) может быть выведена на индикацию на дисплее передней панели терминала или по протоколу связи Courier.

#### 3.4.5 Регистрация событий

Изменение состояния любого дискретного входного или выходного сигнала элемента защиты генерирует запись события. Когда это случается, задача защиты и управления посылает сообщение задаче супервизора (общего контроля) указать, что присутствует событие для обработки, и записывает данные события в быстрый буфер в ООЗУ (SRAM), который управляется задачей супервизора. Когда задача супервизора принимает сообщение о событии или регистрации аварии, она дает команду основному программному обеспечению создать соответствующую запись в ООЗУ с резервным питанием от встроенной литиевой батареи. Операция регистрации записи в ООЗУ с резервным питанием от батареи занимает больше времени, чем запись в буфер супервизора. Это означает, что программное обеспечение защиты не приостанавливается, ожидая регистрации записи основным программным обеспечением. Однако, в редком случае, когда создано большое количество записей для регистрации за короткий промежуток времени, возможно, что некоторые будут потеряны, если буфер супервизоров заполнится прежде, чем основное программное обеспечение создаст записи в ООЗУ с резервным питанием от батареи. Если это произошло, тогда регистрируется событие, чтобы указать эту потерю информации.

#### 3.4.6 Цифровой осциллограф

Осциллограф работает как отдельная задача от задач управления и защиты. Он может делать запись формы сигнала для 12 аналоговых каналов и значений 32 дискретных сигналов. Максимальное время регистрации, устанавливаемое пользователем, составляет 10 секунд. Данные для осциллографа поставляются задачей защиты и управления один раз за период. Осциллограф представляет полученные данные, в виде записи осциллограммы требуемой продолжительности. Запись осциллограммы может быть прочитана из реле с помощью программного пакета MiCOM S1. При этом выполняется сохранение файла в формате COMTRADE, что предоставляет возможность пользователю просмотра осциллограммы не только с помощью MiCOM S1 но и другими прикладными программами.

### 3.4.7 Локатор места повреждения

Задача локатора места повреждения линии также отделена от задачи управления и защиты. Локатор местоположения КЗ запускается задачей защиты и управления, когда обнаружено повреждение. Локатор места повреждения линии использует для расчетов буфер аналоговых входных сигналов объемом в 12 периодов и выдает расчетное местоположение повреждения в задачу защиты и управления, которая в свою очередь включает его в запись регистрации аварии (повреждения). Когда регистрация повреждения завершена (то есть, содержит место повреждения), задача защиты и управления может посылать сообщение задаче супервизора записать регистрацию повреждения.



## 4. СМОКОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Терминал включает множество функций самоконтроля, чтобы проверить действие аппаратных средств и программного обеспечения, когда они в работе. Если возникает неисправность аппаратных средств или ошибка при работе программного обеспечения, терминал способен обнаружить и сообщить о возникшей проблеме и попытаться устранить ее самостоятельно путем выполнения перезагрузки программного обеспечения. Это ведет к кратковременному выводу терминала из, что сигнализируется погасанием светодиода 'Исправно' (Healthy) на передней панели терминала и срабатыванием реле контроля исправного состояния (изменение положения контактов сторожевого реле WD). Если перезагрузка программного обеспечения будет не в состоянии устранить проблему, то терминал защиты останется постоянно выведенным из работы (до устранения неисправности). Состояние неисправности индицируется погасанием светодиода 'Исправно' (Healthy), загоранием светодиода "Неисправность" ('Warning') и контактами сторожевого реле WD.

Если проблема обнаружена функциями самоконтроля, терминал выполняет попытку сохранения эксплуатационного сообщения в ООЗУ (SRAM) с резервным питанием от встроенной литиевой батареи, чтобы уведомить пользователя о характере проблемы.

Самоконтроль реализован в двух стадиях: во-первых, полная диагностическая проверка, которая выполняется, когда терминал загружается, например, при включении питания, и, во-вторых, непрерывная работа самопроверки, которая проверяет выполнение критических функций терминала, пока он в работе.

### 4.1 Самоконтроль при включении питания

Самоконтроль, который выполняется при включении терминала, занимает несколько секунд, в течение которых защита не заблокирована. На это указывает светодиод 'Исправно' на передней панели терминала, который загорится, лишь после того, как терминал успешно пройдет все проверки и не начнет исполнять возложенные на него функции защиты. Если проверка обнаружит проблему, терминал останется выведенным из работы, пока вручную не будет введен в работу, после устранения неисправности.

При включении питания выполняются операции из следующего списка:

#### 4.1.1 Загрузка системы

Целостность флэш-памяти ЭППЗУ (EPROM) проверяется использованием контрольной суммы прежде, чем программный код и данные, сохраненные в ней, будут скопированы в ООЗУ (SRAM) для обработки процессором. Когда копия сделана, тогда данные, содержащиеся в ООЗУ (SRAM), сравниваются с данными во флэш-памяти ЭППЗУ (EPROM), чтобы гарантировать, что они одинаковы, и что никакие ошибки не произошли в передаче данных из флэш-памяти ЭППЗУ (EPROM) в ООЗУ (SRAM). Тогда вызывается точка ввода программного кода в ООЗУ (SRAM), которая является кодом запуска реле.

#### 4.1.2 Запуск программного обеспечения

Процесс инициации включает действия запуска регистров и прерываний процессора, пуск контрольных таймеров (используемых аппаратными средствами, чтобы определить, выполняется ли еще программное обеспечение), запуск операционной системы в режиме реального времени и создание и запуск задачи супервизора. В процессе инициации терминал проверяет:

- ⇒ состояние встроенной литиевой батареи;
- ⇒ целостность ООЗУ (SRAM) с резервным питанием от батареи, которое используется для сохранения записей событий, аварий и осциллограмм;
- ⇒ уровень напряжения дополнительного внутреннего источника напряжения (48В), который используется для питания оптически изолированных входов;
- ⇒ работу контроллера ЖКД;



⇒ работу сторожевого реле (WD).

При завершении программы инициации задача супервизора начинает процесс запуска основного программного обеспечения. При пуске сопроцессора выполняются следующие проверки:

- ⇒ проверка наличия и адекватной реакции платы сопроцессора;
- ⇒ проверка оперативной памяти (SRAM) платы сопроцессора тестовым набором (таблицей) битов, прежде чем коды сопроцессора будут переданы (взяты) из флэш-памяти EPROM;

Если в результате данных проверок обнаружится ошибка в результате которой плата сопроцессора остается выведенной из работы, терминал остается работать с другими функциями защиты которые поддерживаются платой основного процессора.

#### 4.1.3 Инициализация основного программного обеспечения и мониторинг

При запуске основного программного обеспечения терминал проверяет целостность данных, содержащихся в энергонезависимом ЭП ПЗУ с помощью контрольной суммы, работу часов реального времени, и работу платы интерфейса IRIG-B, если она установлена. Завершающая выполняемая проверка касается ввода и вывода данных; проверки присутствия и исправности платы входов и проверки системы сбора аналоговых данных путем осуществления выборки соответствующего напряжения.

При успешном завершении всех этих испытаний терминал вновь вводится в действие и защита начинает работу.

## 4.2 Постоянный самоконтроль

Когда терминал находится в работе, он непрерывно проверяет действие наиболее важных аппаратных компонентов и программного обеспечения. Проверка выполняется программным обеспечением обслуживания системы (см. раздел о программном обеспечении терминала ранее в этой главе) и результаты сообщаются основному программному обеспечению. При этом проверяются следующие функции:

- ⇒ Флэш-память ЭП ПЗУ (EPROM), содержащая весь программный код и текст языка проверяются контрольной суммой.
- ⇒ Код и постоянные данные, содержащиеся в ООЗУ (SRAM) проверяются по соответствующим данным во флэш-памяти ЭП ПЗУ (EPROM), чтобы проверить нарушение целостности данных.
- ⇒ ООЗУ (SRAM), содержащее все данные, кроме кода и постоянных данных, проверяется контрольной суммой.
- ⇒ Энергонезависимое ЭП ПЗУ (EPROM), содержащие значения уставок проверяется контрольной суммой всякий раз, когда идет обращение за данными.
- ⇒ Состояние встроенной батареи.
- ⇒ Уровень напряжения внутреннего источника питания (48В).
- ⇒ Целостность данных ввода/вывода дискретных логических сигналов по оптически изолированным входам и контактам выходных реле проверяются функцией сбора данных в каждом цикле. Работа системы сбора аналоговых данных непрерывно проверяется функцией сбора данных посредством выборки базовых напряжений.
- ⇒ Работа панели сопроцессора, включая ООЗУ (SRAM) и коды, реакция платы на изменения уставок, некорректный прием данных, неисправность каналов связи и общего устройства контроля для подтверждения постоянной и корректной работы программного обеспечения платы.
- ⇒ Работа платы IRIG-B, если она установлена, проверяется программным обеспечением, которое постоянно считывает время и дату с платы синхронизации времени.



- ⇒ Работа платы Ethernet, если она установлена, проверяется программным обеспечением платы центрального процессора. Если плата Ethernet перестает отвечать на запросы, генерируется сообщение сигнализации и плата перезагружается для попытки устранения сбоя в работе.

В маловероятном случае, когда одна из проверок обнаруживает ошибку в подсистемах терминала, это сообщается основному программному обеспечению, и оно попытается записать эксплуатационное сообщение в ООЗУ (SRAM) с резервным питанием от батареи. Если обнаруживается проблема с состоянием батареи или панелью IRIG-B, то терминал сохраняет полную работоспособность функций защиты. Однако, если проблемы обнаружены в любой другой области, терминал инициирует отключение и выполняет перезагрузку программного обеспечения. При выполнении процедуры перезапуска, которая занимает до 5 секунд, функции защиты не работают, но полный перезапуск терминала, включая все инициализации, должен устранить большинство проблем, которые могут возникнуть при сбоях в работе программного обеспечения. Как описано выше, неотъемлемая часть процедуры запуска - полная диагностическая самопроверка. Если она обнаруживает ту же самую проблему, которая заставила терминал перезапуститься, т.е., перезапуск не устранил проблему, то терминал выведет себя из эксплуатации. Это указывается погасанием светодиода 'Исправно' (Healthy) на передней панели терминала и срабатыванием сторожевого реле (WD) контроля исправности устройства.