

MiCOM P54x

Дифференциальная токовая защита линии

MiCOM P541, P542, P543, P544, P545 и P546

Описание аппаратных средств



P54xRU HW/G53

Описание аппаратных средств

MiCOM P54x

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УСТРОЙСТВЕ РЕЛЕ	5
1.1	Обзор аппаратных средств	5
1.1.1	Плата центрального процессора	5
1.1.2	Плата сопроцессора	5
1.1.3	Модуль ввода	5
1.1.4	Модуль блока питания	5
1.1.5	Второй задний порт связи	5
1.1.6	Плата Ethernet	6
1.2	Обзор программного обеспечения	7
1.2.1	Операционная система реального времени	7
1.2.2	ПО обслуживания системы	7
1.2.3	Основное программное обеспечение	7
1.2.4	Программное обеспечение защиты и управления	7
1.2.5	Цифровой осциллограф	7
2.	МОДУЛИ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ	8
2.1	Плата процессора	8
2.2	Плата сопроцессора	8
2.3	Шины внутреннего обмена данными	8
2.4	Модуль входов	9
2.4.1	Плата трансформаторов	9
2.4.2	Плата входов	9
2.4.3	Универсальные оптически изолированные логические входы	10
2.5	Блок питания (включая выходные реле)	11



2.5.1	Плата питания (включая интерфейс связи EIA(RS)485)	11
2.5.2	Плата выходных реле	12
2.6	Плата IRIG-B	12
2.7	Второй задний порт связи	12
2.8	Плата Ethernet	13
2.9	Механическая конструкция	13
<hr/>		
3.	ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	15
3.1	Операционная система реального времени	15
3.2	Программное обеспечение обслуживания системы	15
3.3	Основное программное обеспечение	16
3.3.1	Регистрация записей	16
3.3.2	База данных уставок	16
3.3.3	Интерфейс базы данных	16
3.4	Программное обеспечение защиты и управления	17
3.4.1	Краткий обзор – планирование выполнения задач защиты и управления	17
3.4.2	Обработка сигналов	17
3.4.3	Дифференциальная токовая защита – плата сопроцессора	18
3.4.4	Программируемая логика схемы	18
3.4.5	Запись событий и аварий	19
3.4.6	Цифровой осциллограф	19
3.4.7	Определение места повреждения (только в моделях P543, P544, P545 и P546)	19
<hr/>		
4.	САМОКОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ	20
4.1	Самоконтроль при включении питания	20
4.1.1	Загрузка системы	20
4.1.2	Запуск программного обеспечения	20
4.1.3	Инициализация основного программного обеспечения и мониторинг	21
4.2	Постоянный самоконтроль	21

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УСТРОЙСТВЕ РЕЛЕ

1.1 Обзор аппаратных средств

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 реле 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

Данная плата выполняет обработку алгоритма дифференциальной токовой защиты и относящихся к ней каналов связей. На данной плате установлены аппаратные средства приема и передачи оптических сигналов, а также последовательный контролер обработки данных каналов связи полуккомплектов дифференциальной токовой защиты.

1.1.3 Модуль ввода

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

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 с программируемыми диапазонами напряжения срабатывания.

1.1.4 Модуль блока 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 на задней панели EIA(RS)485. 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.

1.1.5 Второй задний порт связи

Второй задний порт связи, устанавливаемый по заказу, обычно используется для модемной связи инженерами релейщиками или обслуживающим персоналом, если основной задний порт связи резервируется для связи с системой управления объектом (SCADA). 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.

1.1.6 Плата Ethernet

Эта плата является обязательной для реле предназначенных для работы по UCA2.0. Данная плата обеспечивает связь с сетью либо по медным проводникам либо по оптоволоконному каналу связи со скоростью 10Мбит/сек или 100Мбит/сек. Данная плата, плата IRIG-B с вторым задним портом связи являются взаимоисключающими компонентами, поскольку обе используют слот 'А' в корпусе реле.

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 от модуля входов к процессору. На рис. 1 показаны модули установленные в реле и потоки информации между ними.

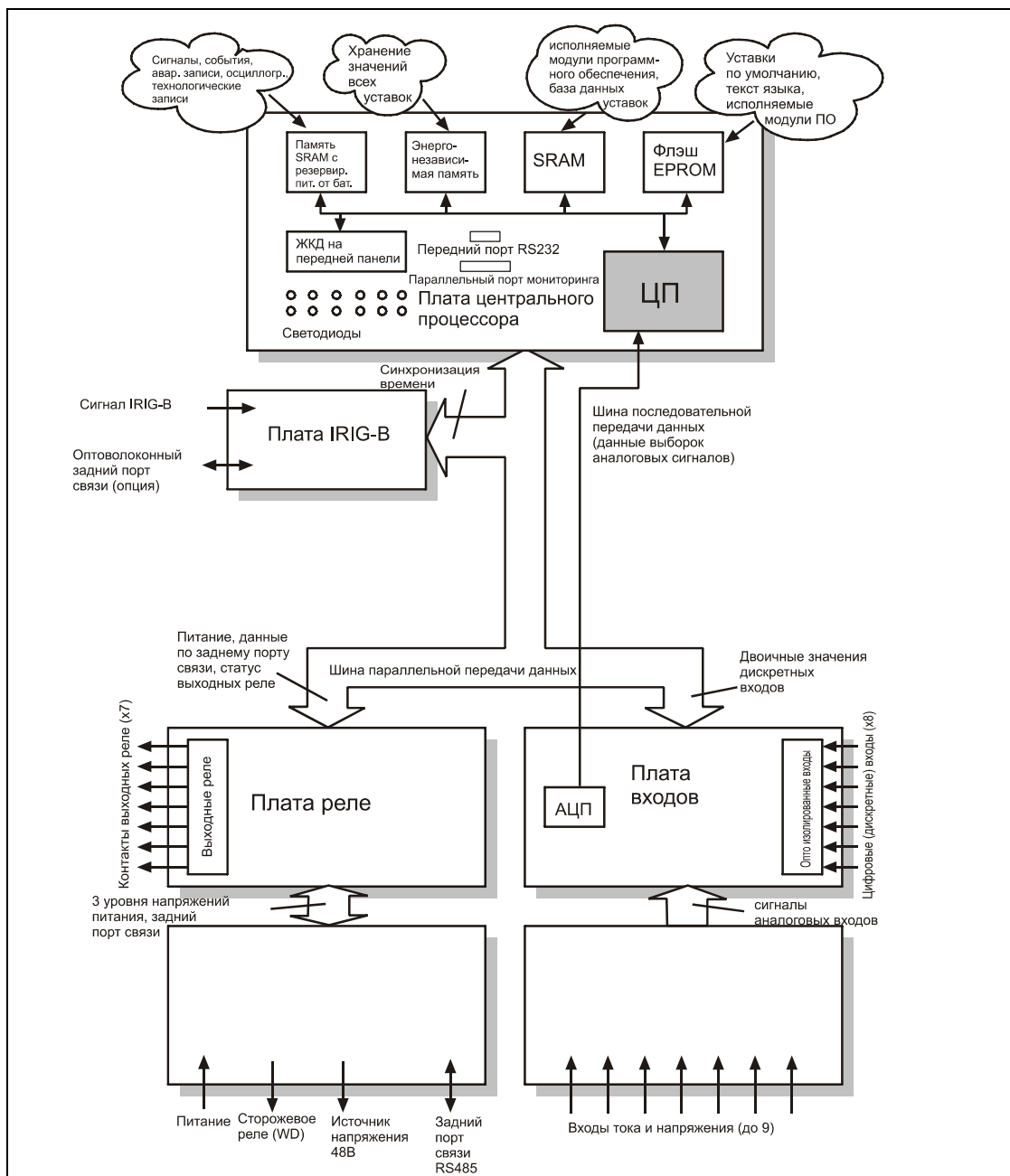


Рис. 1: Модули реле и потоки информации

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 ПО обслуживания системы

Программное обеспечение 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 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

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. интерфейс пользователя с передней панели и IEC 60870-5-103) 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 осциллографа. Программное обеспечение платформы взаимодействует с цифровым осциллографом для извлечения из реле сохраненных записей осциллограмм.

2. МОДУЛИ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ

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

2.1 Плата 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 реле, 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.

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 хранения программного кода, текста сообщений и текущих значений уставок, 2Мб SRAM с резервной батареей для хранения данных о нарушениях режима работы энергосистемы, регистрации событий, повреждений, данных технического обслуживания.

2.2 Плата сопроцессора

Вторая плата процессора используется в реле для обработки алгоритмов дифференциальной токовой защиты. 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 выборки 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 управляет связью (обменом данными) между различными реле входящими в систему дифференциальной защиты. Эта связь может поддерживаться по оптоволоконному каналу связи и следовательно на плате сопроцессора установлены аппаратные средства для приема и передачи оптических сигналов.

2.3 Шины внутреннего обмена данными

В реле 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 реле являются ведомыми устройствами.

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 реле и аналоговыми и дискретными сигналами, поступающими в реле. Модуль входов состоит из двух печатных плат; основная плата входов и плата трансформаторов. В моделях P541 и P542 имеется по четыре токовых входа. В моделях реле типа P543 и P545 имеется по четыре входа напряжения и по пять токовых входов. В P544 и P546 имеется по три входа напряжения и по девять токовых входов.

2.4.1 Плата трансформаторов

На плате трансформаторов может быть установлено до 4 входных трансформаторов напряжения и до 5 входных трансформаторов тока. К токовым входам реле могут быть подключены вторичные цепи ТТ с номинальными токами 1А или 5А (на соответствующие клеммы и при соответствующих уставках в меню реле). К входам напряжения подключаются вторичные цепи ТН номинального напряжения 110В.

Входные трансформаторы используются для снижения параметров входных сигналов до уровней приемлемых внутренней схемой реле, а также для обеспечения эффективной электрической изоляции между внутренними цепями реле и системой. 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 реле недопустимо высоким напряжением данных входов.

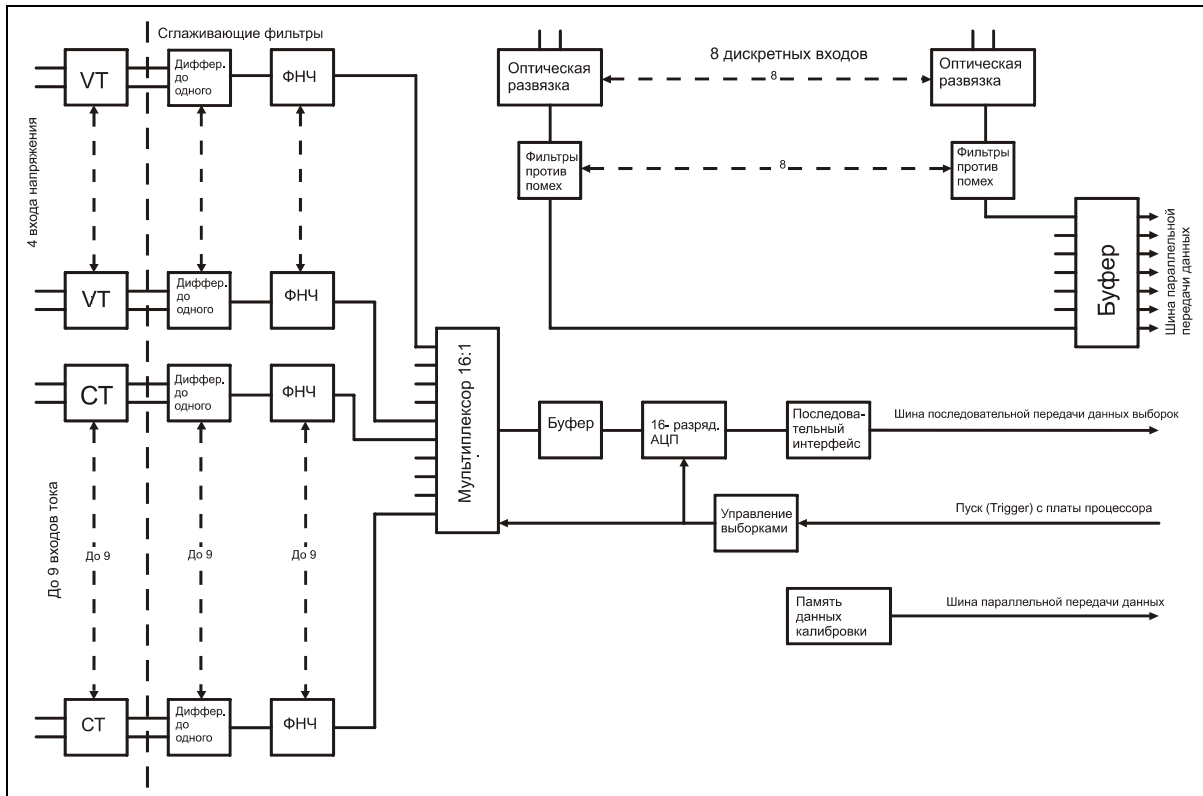


Рис. 2. Основная плата модуля входов

Система мультиплексирования сигналов обеспечивает обработку выборок 16 аналоговых каналов. Реле серии P540 имеют до 9 входов тока и 4 входа напряжения. 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 24 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. Внутренний источник питания 48В находится в задней части реле для питания цифровых оптовходов. 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 оптоплаты, которая предусматривает те же 8 изолированных цифровых 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

Реле серии P540 оснащены универсальными оптически изолированными 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 напряжения. Начиная с 30-й версии программного обеспечения, 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%	
	Несрабат. (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 входе достигающем 50% от номинального напряжения батареи. Каждый из оптовходов имеет дополнительную возможность фильтрации устанавливаемую с помощью задания соответствующей уставки. Ввод в действие $\frac{1}{2}$ 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 $\frac{1}{2}$ 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.

2.5 Блок питания (включая выходные реле)

Блок питания содержит две печатных платы, одну непосредственно для источника питания и другую для выходных реле. Плата источника питания также содержит аппаратные средства ввода и вывода для заднего порта связи, который обеспечивает интерфейс связи EIA(RS)485.

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

На реле может быть одна из трех различных конфигураций панели источника питания. Она определяется при заказе и зависит от характера питающего напряжения, подключенного к реле. Три опции приведены в таблице 1:

Напряжение постоянного тока	Напряжение переменного тока
24/54 В	Только постоянное напряжение
48/125 В	30/100 В
110/250 В	100/240 В

Таблица 1: Опции блоков питания

Выходы всех версий блока питания используются, чтобы подвести изолированные шины питания ко всем другим модулям в реле. В реле используются три уровня напряжения, 5.1В для всех цифровых цепей, ± 16 В для аналоговой электроники, например, на плате входов, и 22В 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 платой 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, Modbus или IEC 60870-5-103. 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

Панель выходных реле содержит семь реле, три с нормально разомкнутыми контактами и четыре реле с переключающимися контактами. Реле питаются напряжением 22 В. Запись или чтение состояния реле выполняется с использованием шины параллельно поступающих данных. В зависимости от модели реле можно иметь семь дополнительных выходных контактов, с использованием до трех дополнительных панелей реле.

2.6 Плата IRIG-B

Плата IRIG-B - опция заказа, которая может быть установлена, чтобы обеспечить точную синхронизацию времени для реле. Она может использоваться везде, где имеется сигнал IRIG-B. Сигнал IRIG-B соединен с платой через соединитель BNC сзади реле. Информация времени используется, чтобы синхронизировать внутренние часы реле в режиме реального времени с точностью 1 мс. Внутренние часы тогда используются для меток времени 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 IEC 60870).

2.7 Второй задний порт связи

Для реле 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. 3.

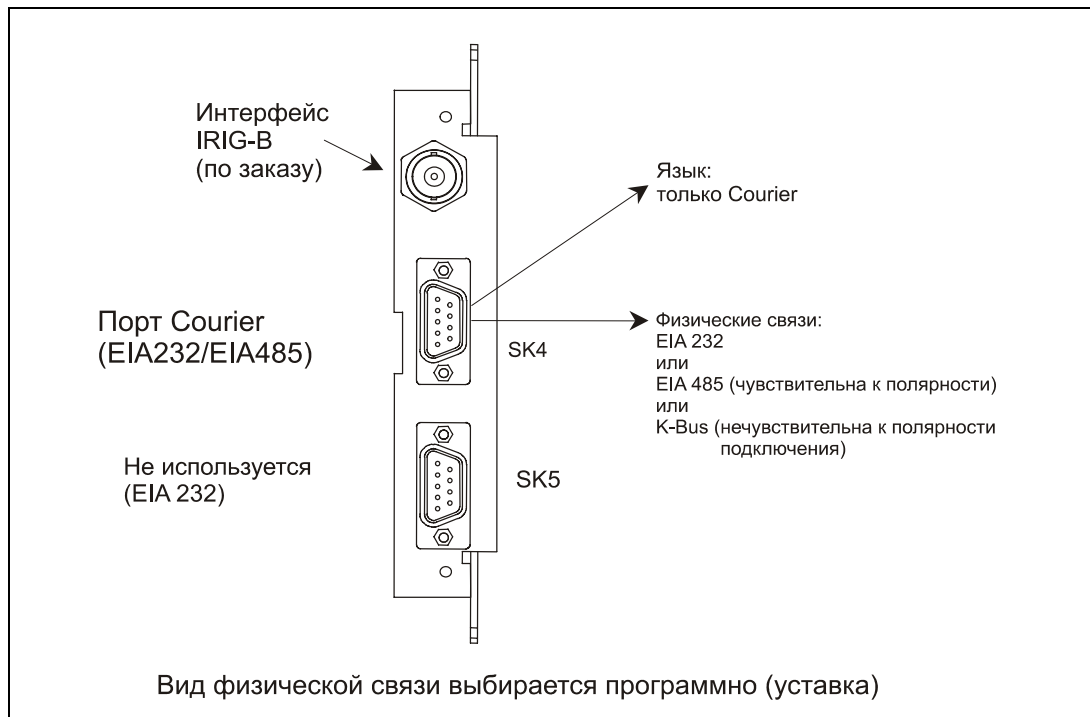


Рис. 3: Второй задний порт связи

2.8 Плата Ethernet

В настоящее время плата Ethernet доступна только для реле использующих для связи UCA2 и поддерживающих подключения к сети по типу:

- ⇒ 10BASE-T
- ⇒ 10BASE-FL
- ⇒ 100BASE-TX
- ⇒ 100BASE-FX

Для всех подключений базирующихся на подключении медных проводников используется соединитель типа RJ45. Для подключения по 10Мб оптоволоконному каналу используются соединители типа ST, а для подключения по 100Мб оптоволоконному каналу используются соединители типа SC.

На плате Ethernet установлен дополнительный процессор Motorola PPC и блок памяти, которые отвечают за работу всех функций относящихся к работе в сети, таких как TCP/IP/OSI поставляемых VxWorks и серверы UCA2/MMS поставляемых Sisco Incorporated. Кроме этого, в дополнительном блоке памяти записывается модель данных UCA2 поддерживаемая реле.

2.9 Механическая конструкция

Материалы корпуса реле 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 реле 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 D- соединители расположенные на передней панели реле используются для передачи данных.

Внутри реле печатные платы подключаются к разъемам на обратной стороне блоков зажимов и могут быть демонтированы только с передней стороны реле. Блоки зажимов для подключения цепей ТТ оснащены внутренними закорачивающими пластинами внутри реле, 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 4 показывает структуру программного обеспечения реле.

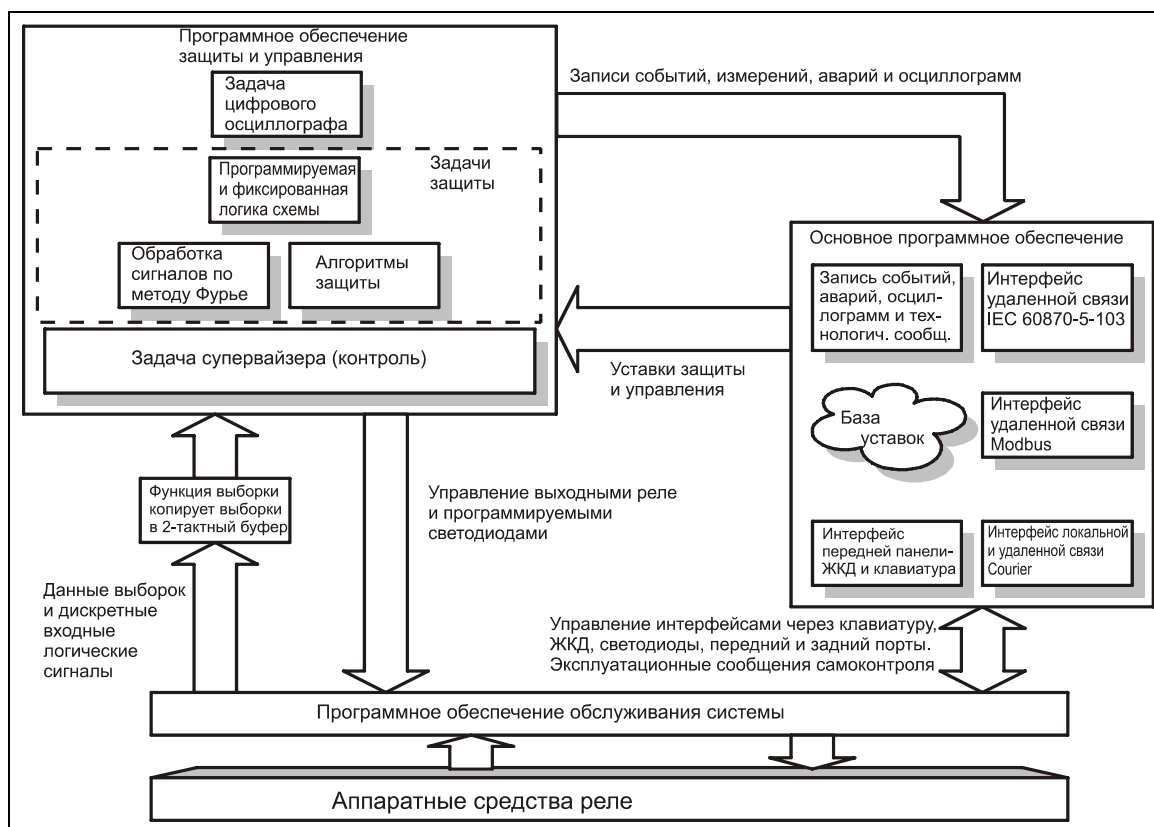


Рис. 4: Структура программного обеспечения реле

3.1 Операционная система реального времени

Программное обеспечение разбито на три основные 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 4, программное обеспечение обслуживания системы обеспечивает интерфейс между аппаратными средствами реле 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.

3.3 Основное программное обеспечение

Основное программное обеспечение имеет три основных функции:

- Управление регистрацией записей, генерируемых программным обеспечением защиты, включая записи событий и повреждений и эксплуатационные сообщения.
- Сохранение и обслуживание базы данных всех уставок реле в энергонезависимой памяти.
- Обеспечение внутреннего интерфейса между базой данных уставок и каждым из интерфейсов пользователя, т.е., интерфейсом лицевой панели и передними и задними портами связи, используя выбранный протокол связи был (Courier, Modbus, IEC60870-5-103, DNP3.0, UCA2).

3.3.1 Регистрация записей

Функция регистрации используется для того, чтобы сохранять все записи сигналов, событий, аварий и эксплуатационных сообщений. Все эти записи регистрируются в ООЗУ (SRAM) с аварийным питанием от батареи, чтобы обеспечить энергонезависимый файл регистрации всего, что произошло. Реле поддерживает четыре записи: каждая для 32 сигналов, 512 записей событий, 5 записей аварий и 5 эксплуатационных сообщений. Записи выполняются так, что самая старая запись замещается самой новой. Функция регистрации может быть запущена программным обеспечением защиты или основным программным обеспечением. Кроме этого данная функция отвечает за регистрацию записей эксплуатационного сообщения в случае обнаружения неисправности реле. Данное сообщение содержит ошибки, которые были обнаружены непосредственно основным программным обеспечением или ошибку, которая обнаружена функцией программного обеспечения либо обслуживания системы, либо программным обеспечением защиты. См. также раздел о контроле и диагностике далее в этой главе.

3.3.2 База данных уставок

База данных уставок содержит все уставки и данные для реле, включая уставки функций защиты, осциллографа и уставки управления и конфигурации. Уставки содержатся в энергонезависимом ЭППЗУ. Управление основным программным обеспечением базы данных уставок включает ответственность за то, чтобы только один интерфейс пользователя мог изменять уставки базы данных в любой момент. Эта особенность используется, чтобы избежать конфликта между различными частями программного обеспечения во время изменения уставок. Для изменения уставок защиты и уставок осциллографа основное программное обеспечение оперирует 'сверхоперативной' памятью в ООЗУ (SRAM). Это позволяет выполнять множество изменений уставок элементов защиты, осциллографа и сохранить в базе данных в ЭППЗУ. (См. также главу 1 по интерфейсу пользователя). Если изменение уставки воздействует на задачу защиты и управления, база данных рекомендует новые значения.

3.3.3 Интерфейс базы данных

Другой функцией основного программного обеспечения является осуществление внутреннего интерфейса реле между базой данных и каждым из интерфейсов пользователя реле. База данных уставок и измерений должна быть доступна от всех

интерфейсов пользователя реле, чтобы для чтения и редактирования. Основное программное обеспечение представляет данные в формате, соответствующем для каждого интерфейса пользователя.

3.4 Программное обеспечение защиты и управления

Программное обеспечение защиты и управления отвечает за работу всех элементов защиты и функций измерения реле. Для этого, оно должно иметь связь как с программным обеспечением обслуживания системы так и с основным программным обеспечением, а также организовать собственные действия. Программное обеспечение защиты имеет приоритет над любой из программных задач в реле, чтобы обеспечивать максимально быструю реакцию защиты. Программное обеспечение защиты и управления также выполняет задачу контроля, которая управляет запуском задачи, а также управляет обменом сообщениями между задачей и основным программным обеспечением.

3.4.1 Краткий обзор – планирование выполнения задач защиты и управления

После запуска 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 четыре раза за один период, что соответствует частоте передачи сообщений с данными в системе дифференциальной защиты. 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 двухтактном буфере. 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. Статус (логическое состояние) дискретных входов сопоставляется с их предыдущими значениями каждые полпериода. Следовательно, изменение состояния одного из входов должно сохраняться неизменным, по крайней мере, половину периода промышленной частоты прежде, чем оно регистрируется программным обеспечением управления и защиты.

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 24 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) на 24 выборки. DFT всегда вычисляется, используя прошлый период выборок из 2-тактного 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 24 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 Дифференциальная токовая защита – плата сопроцессора

Все вычисления алгоритмов дифференциальной токовой защиты и обработка протоколов связи связанных с ней выполняются на плате сопроцессора. Дифференциальная защита, выполненная на реле установленных по концам линии базируется на постоянном обмене сообщениями с данными четыре раза за период частоты сети. Для этого плата сопроцессора берет с платы входов данные выборки взятых с частотой 24 выборки за период (с коррекцией по фактической частоте сети) и конвертирует их в выборки с частотой 8 выборок за период номинальной частоты сети (т.е. без коррекции дискретизации выборок по фактической частоте сети). Сопроцессор выполняет преобразования Фурье выборок с фиксированной частотой после каждой очередной выборки используя при этом данные за один период. В результате восемь раз за период получаются данные о величине тока, которые используются в алгоритме дифференциальной защиты и передаются на реле удаленного конца линии при помощи протокола связи HDLC.

Сопроцессор также управляет командами прерываний по линиям связи и переконфигурацией реле инициированной реле удаленного конца линии. обмен данными между сопроцессором и платой центрального процессора выполняется при помощи памяти общего доступа установленной на плате сопроцессора. В то время как центральный процессор обращается к данной памяти, обращения сопроцессора приостанавливаются. После того как коды сопроцессора будут скопированы на плату при инициализации (включение питания), основной поток информации между двумя платами состоит из информации об изменениях уставок, команд центрального процессора, измерений дифференциальной защиты и выходных данных.

3.4.4 Программируемая логика схемы

Назначение программируемой логики схемы (PSL) - это позволить пользователю реле конфигурировать индивидуальную схему защиты, удовлетворяющую их собственному специфическому применению. Это достигается с помощью программируемых логических элементов и реле времени.

Вход к PSL - любая комбинация состояния цифровых входных сигналов от оптоизоляторов на плате входов, логических выходов элементов защиты, например, пуски 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 собственный проект логики схемы. Поскольку PSL может иметь достаточно сложную конфигурацию, ее построение выполняется при помощи персонального компьютера и программного пакета MiCOM S1.

3.4.5 Запись событий и аварий

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 8 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 Определение места повреждения (только в моделях P543, P544, P545 и P546)

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. САМОКОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Реле 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, реле способно обнаружить и сообщить о возникшей проблеме и попытаться устранить ее, выполняя перезагрузку. Это приводит к выведению реле из работы на короткий промежуток времени, что сигнализируется погасанием светодиода 'Исправно' (Healthy) на передней панели реле и срабатыванием реле контроля исправного состояния (изменение положения контактов сторожевого реле WD). Если перезагрузка программного обеспечения будет не в состоянии устранить проблему, то реле 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, реле попытается сохранить эксплуатационное сообщение 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 реле загружается, например, при включении питания, и, во-вторых, непрерывная работа самопроверки, которая проверяет выполнение критических функций реле, пока оно в работе.

4.1 Самоконтроль при включении питания

Самоконтроль, который выполняется при включении реле, занимает несколько секунд, в течение которых защита не работает. На это указывает светодиод 'Исправно' на передней стороне реле, который загорится, когда реле пройдет все испытания и начнет работать. Если проверка обнаружит проблему, реле останется выведенным из эксплуатации, пока вручную не будет введено в рабочее состояние после устранения неисправности.

При включении питания выполняются следующие действия:

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 реле 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;
- ⇒ проверка сохранности (передачи без искажений) кодов сопроцессора с помощью контрольной суммы перед загрузкой их в сопроцессор;
- ⇒ проверка требуемого количества корректно работающих каналов связи дифференциальной защиты.

Если в результате данных проверок обнаружится ошибка в результате которой плата сопроцессора остается выведенной из работы, реле остается работать с другими функциями защиты которые обеспечиваются работой платы основного процессора.

4.1.3 Инициализация основного программного обеспечения и мониторинг

При запуске основного программного обеспечения реле 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 реле вводится в действие и защита начинает работу.

4.2 Постоянный самоконтроль

Когда реле находится в работе, оно непрерывно проверяет действие критических частей аппаратных средств и программного обеспечения. Проверка выполняется программным обеспечением обслуживания системы (см. раздел о программном обеспечении реле 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 панели 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 реле, 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 реле продолжает работу. Однако, если проблемы обнаружены в любой другой области, реле инициирует отключение и перезагрузку. При выполнении процедуры перезапуска, которая занимает до 5 секунд, функции защиты не работают, но полный перезапуск реле, 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 реле перезапуститься, то есть, перезапуск не устранил проблему, то реле выведет себя из эксплуатации. Это указывается погасанием светодиода 'Исправно' на передней панели реле и срабатыванием сторожевого реле (WD) контроля исправности устройства.

