



# ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ ПОСТРОЕНИЕ

FD

**Дата:**

**Версия исполнения:**

**J (P241) K (P242/3)**

**Версия программного обеспечения:**

**40**

**Схемы соединений:**

**10P241xx (xx = 01 to 02)**

**10P242xx (xx = 01)**

**10P243xx (xx = 01)**



# СОДЕРЖАНИЕ

(FD) 9-

<b>1.</b>	<b>КРАТКИЙ ОБЗОР СИСТЕМЫ РЕЛЕ</b>	<b>4</b>
<b>1.1</b>	<b>Краткий обзор аппаратной части</b>	<b>4</b>
1.1.1	Плата процессора	4
1.1.2	Входной модуль	4
1.1.3	Модуль питания	4
1.1.4	Плата ТД	4
1.1.5	Плата IRIG-B	4
1.1.6	Вторая плата с задним портом связи	4
<b>1.2</b>	<b>Краткий обзор программного обеспечения</b>	<b>5</b>
1.2.1	Операционная система в режиме реального времени	5
1.2.2	Программное обеспечение обслуживания системы	6
1.2.3	Основное программное обеспечение	6
1.2.4	Программное обеспечение защиты и управления	6
<b>1.2.5</b>	<b>Осциллограф</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>АППАРАТНЫЕ МОДУЛИ</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Плата процессора</b>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>Внутренние шины связи</b>	<b>7</b>
<b>2.3</b>	<b>Входной модуль</b>	<b>7</b>
2.3.1	Плата трансформаторов	7
2.3.2	Входная плата	8
<b>2.3.3</b>	<b>Универсальные оптоизолированные логические входы</b>	<b>9</b>
<b>2.4</b>	<b>Модуль питания (включая выходные реле)</b>	<b>9</b>
2.4.1	Плата источника питания (включая интерфейс связи EIA(RS)485)	9
2.4.2	Плата выходных реле	10
<b>2.5</b>	<b>Плата ТД</b>	<b>10</b>
<b>2.6</b>	<b>Плата IRIG-B</b>	<b>10</b>
<b>2.7</b>	<b>Вторая плата с задним портом связи</b>	<b>10</b>
<b>2.8</b>	<b>Плата входов-выходов токовой петли (CLIO)</b>	<b>11</b>

FD

<b>2.9</b>	<b>Механическая схема</b>	<b>13</b>
<b>3.</b>	<b>ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕЛЕ</b>	<b>14</b>
<b>3.1</b>	<b>Операционная система в режиме реального времени</b>	<b>14</b>
<b>3.2</b>	<b>Программное обеспечение обслуживания системы</b>	<b>14</b>
<b>3.3</b>	<b>Основное программное обеспечение</b>	<b>15</b>
3.3.1	Регистрация записей	15
3.3.2	База данных уставок	15
3.3.3	Интерфейс базы данных	15
<b>3.4</b>	<b>Программное обеспечение управления и защиты</b>	<b>15</b>
3.4.1	Краткий обзор – планирование защиты и управления	16
3.4.2	Обработка сигналов	16
<b>3.4.3</b>	<b>Частотная характеристика</b>	<b>16</b>
<b>3.4.4</b>	<b>Программируемая схемная логика</b>	<b>17</b>
<b>3.4.5</b>	<b>Интерфейс функциональных клавиш (только P242/3)</b>	<b>18</b>
3.4.6	Записи событий и повреждений	18
3.4.7	Осциллограф	18
<b>4.</b>	<b>САМОПРОВЕРКА И ДИАГНОСТИКА</b>	<b>19</b>
<b>4.1</b>	<b>Самоконтроль запуска</b>	<b>19</b>
4.1.1	Загрузка системы	19
4.1.2	Запуск программного обеспечения	19
4.1.3	Запуск и контроль основного программного обеспечения	20
<b>4.2</b>	<b>Непрерывный самоконтроль</b>	<b>20</b>

FD

## РИСУНКИ

Рисунок 1:	Модули реле и информационные потоки	5
Рисунок 2:	Основная входная плата	8
<b>Рисунок 3:</b>	<b>Второй задний порт связи</b>	<b>11</b>
<b>Рисунок 4:</b>	<b>Плата входов-выходов токовой петли</b>	<b>12</b>
Рисунок 5:	Структура программного обеспечения реле	14
<b>Рисунок 6:</b>	<b>Частотная характеристика</b>	<b>17</b>
<b>Рисунок 7:</b>	<b>Логика самопроверки при пуске</b>	<b>21</b>

**Рисунок 8:** Логика непрерывной самопроверки

22

## 1. КРАТКИЙ ОБЗОР СИСТЕМЫ РЕЛЕ

### 1.1 Краткий обзор аппаратной части

Аппаратные средства реле основаны на модульной конструкции, то есть реле состоит из нескольких модулей, которые выбираются из стандартного диапазона. Некоторые модули являются обязательными, в то время как другие – необязательными, в зависимости от требований пользователя.

Различные модули, которые могут присутствовать в реле, следующие:

#### 1.1.1 Плата процессора

Плата процессора исполняет все вычисления для реле и управляет действием всех других модулей в реле. Плата процессора также содержит и управляет интерфейсами пользователя (ЖКД, светодиоды, вспомогательная клавиатура и интерфейсы связи).

#### 1.1.2 Входной модуль

Входной модуль преобразует информацию, содержащуюся в сигналах аналоговых и цифровых входов, в формат, подходящий для обработки платой процессора. Стандартный входной модуль состоит из двух плат: платы трансформатора для обеспечения электрической изоляции и главной платы входов, которая обеспечивает аналого-цифровое преобразование и имеет изолированные цифровые входы.

#### 1.1.3 Модуль питания

Модуль питания обеспечивает питание всех других модулей реле на трех различных уровнях напряжения. Плата питания также обеспечивает электрическое соединение EIA(RS)485 для заднего порта связи. На второй плате модуль питания имеет реле, которые обеспечивают выходные контакты.

#### 1.1.4 Плата ТД

Эта дополнительная плата может использоваться для обработки сигналов до 10 температурных датчиков сопротивления (ТД) для измерения температуры обмотки и окружающей среды.

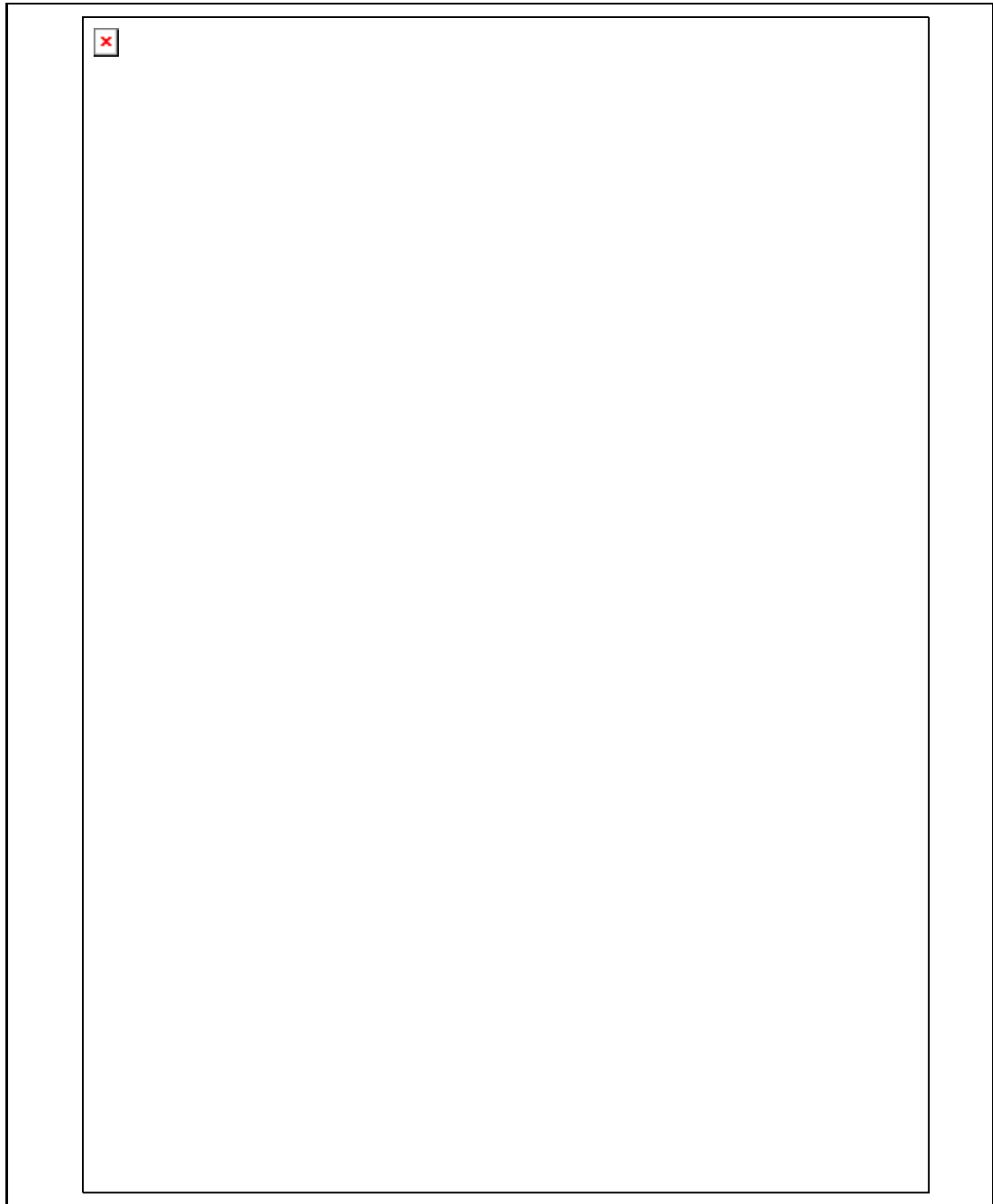
#### 1.1.5 Плата IRIG-B

Эта плата, которая является дополнительной, может использоваться там, где имеется сигнал IRIG-B, чтобы обеспечить точную привязку по времени для реле. На этой плате также имеется опция, чтобы определить волоконно-оптический задний порт связи.

Все модули связаны шиной параллельного обмена данными и адресами, которая позволяет плате процессора по требованию посылать и принимать информацию от других модулей. Имеется также отдельная шина последовательной передачи данных для передачи выборочных сведений со входного модуля на процессор. На рис. 1 показаны модули реле и поток информации между ними.

#### 1.1.6 Вторая плата с задним портом связи

Дополнительный второй задний порт предназначен для инженеров и операторов защит, которые организывают доступ по модему и коммутируемому каналу, в то время как главный порт занят передачей данных системы SCADA. Связь обеспечивается по одному из трех физических каналов: K-Bus, EIA(RS)485 или EIA(RS)232. Порт поддерживает полный локальный или удаленный доступ к средствам защиты и управления MiCOM S1. Второй задний порт также имеется благодаря встроенному входу IRIG-B.



**Рисунок 1: Модули реле и информационные потоки**

## 1.2 Краткий обзор программного обеспечения

Программное обеспечение для реле может быть концептуально разбито на четыре элемента: операционная система в режиме реального времени, программное обеспечение обслуживания системы, основное программное обеспечение и программное обеспечение защиты и управления. Эти четыре элемента неразличимы для пользователя и обрабатываются одним процессором. Различие между четырьмя частями программного обеспечения сделано только для объяснения здесь:

### 1.2.1 Операционная система в режиме реального времени

Операционная система реального времени используется для того, чтобы создать основу для работы различных частей программного обеспечения реле. В этом плане программное обеспечение разбито на задачи. Операционная система в режиме реального времени отвечает за выполнение этих задач так, что они выполняются в доступное время и в нужном порядке очередности. Операционная система также отвечает за обмен информацией в форме сообщений между задачами.

## 1.2.2 Программное обеспечение обслуживания системы

Программное обеспечение обслуживания системы обеспечивает управление аппаратными средствами реле нижнего уровня. Например, программное обеспечение обслуживания системы управляет начальной загрузкой программного обеспечения реле из энергонезависимой флеш-памяти ППЗУ при включении питания и обеспечивает программный драйвер для интерфейса пользователя через ЖКД, вспомогательную клавиатуру и последовательные порты связи. Программное обеспечение обслуживания системы обеспечивает интерфейс между управлением аппаратными средствами реле и остальным программным обеспечением реле.

## 1.2.3 Основное программное обеспечение

Основное программное обеспечение управляет уставками реле, интерфейсом пользователя и регистрацией событий, сигналов и повреждений, а также эксплуатационных сообщений. Все уставки реле сохраняются в базе данных реле, которая обеспечивает прямую совместимость со связью по протоколу Курьер. Для всех других интерфейсов (т.е. вспомогательной клавиатуры лицевой панели и интерфейса ЖКД, Modbus и МЭК60870-5-103) основное программное обеспечение преобразует информацию из базы данных в требуемый формат. Основное программное обеспечение уведомляет программное обеспечение защиты и управления обо всех изменениях уставок и записывает данные, как определено программным обеспечением защиты и управления.

## 1.2.4 Программное обеспечение защиты и управления

Программное обеспечение защиты и управления выполняет вычисления для всех алгоритмов защиты реле. Оно включает в себя обработку цифровых сигналов, например, фильтрацию Фурье, и вспомогательных задач, таких как осциллограф. Программное обеспечение защиты и управления взаимодействует с основным программным обеспечением в целях изменения уставок и выполнения записей, оно также взаимодействует с программным обеспечением обслуживания системы для получения выборочных данных и доступа к выходным реле и цифровым оптоизолированным входам.

## 1.2.5 Осциллограф

Аналоговые значения и логические сигналы из программного обеспечения управления и защиты передаются в программное обеспечение осциллографа. Основное программное обеспечение имеет интерфейс с осциллографом, чтобы позволить извлечение сохраненных осциллограмм.



## 2. АППАРАТНЫЕ МОДУЛИ

Реле имеет модульное аппаратное построение, где каждый модуль выполняет отдельную функцию в рамках действия реле. В этом разделе описывается функциональное действие различных аппаратных модулей.

### 2.1 Плата процессора

Реле основано на 32-разрядном процессоре цифрового сигнала (DSP) TMS320VC33 (пиковая скорость 150 МГц), с плавающей запятой, работающем с частотой синхронизации в два раза меньше указанной выше. Этот процессор исполняет все вычисления для реле, включая функции защиты, управления передачей данных и интерфейсы пользователя, включая работу ЖКД, вспомогательной клавиатуры и светодиодов.

Плата процессора расположена непосредственно позади лицевой панели реле, которая позволяет установить ЖКД и светодиоды на плате процессора рядом с портами связи лицевой панели. Среди них: 9-контактный D-соединитель для последовательной связи EIA(RS)232 (например, используя протоколы MiCOM S1 и Курьер) и 25-контактный D-соединитель испытательного порта реле для параллельной связи. Вся последовательная связь выполняется с помощью программируемой пользователем вентильной матрицы (FPGA).

Память, имеющаяся в плате основного процессора разбита на две категории, энергозависимую и энергонезависимую: энергозависимая память – это ООЗУ с быстрым доступом (состояние с нулевым временем ожидания), которое используется для хранения и выполнения программного обеспечения процессора, а также для хранения данных, необходимых при производстве вычислений процессора. Энергонезависимая память подразделена на 3 группы: 4 МБ флэш-памяти для энергозависимого долговременного хранения программного кода и текста вместе с уставками по умолчанию; 4 МБ ООЗУ с резервным питанием от батареи для хранения осциллограмм, записей событий и повреждений и эксплуатационных сообщений; и 64 кБ ЭП ППЗУ для хранения конфигурационных данных, включая существующие значения уставок.

### 2.2 Внутренние шины связи

Реле имеет две внутренних шины для передачи данных между различными модулями. Основная шина – это параллельное соединение, которое является частью 64-жильного ленточного кабеля. Ленточный кабель передает данные и сигналы адресной шины в дополнение к сигналам управления и всем линиям питания. Действие шины управляется платой основного процессора, которая работает как главный элемент, в то время как все другие модули в реле являются подчиненными.

Вторая шина – это последовательное соединение, которое используется исключительно для передачи цифровых значений выборок от входного модуля до платы основного процессора. Процессор DSP имеет встроенный последовательный порт, который используется для считывания выборочных данных с последовательной шины. Последовательная шина также обеспечивается 64-жильным ленточным кабелем.

### 2.3 Входной модуль

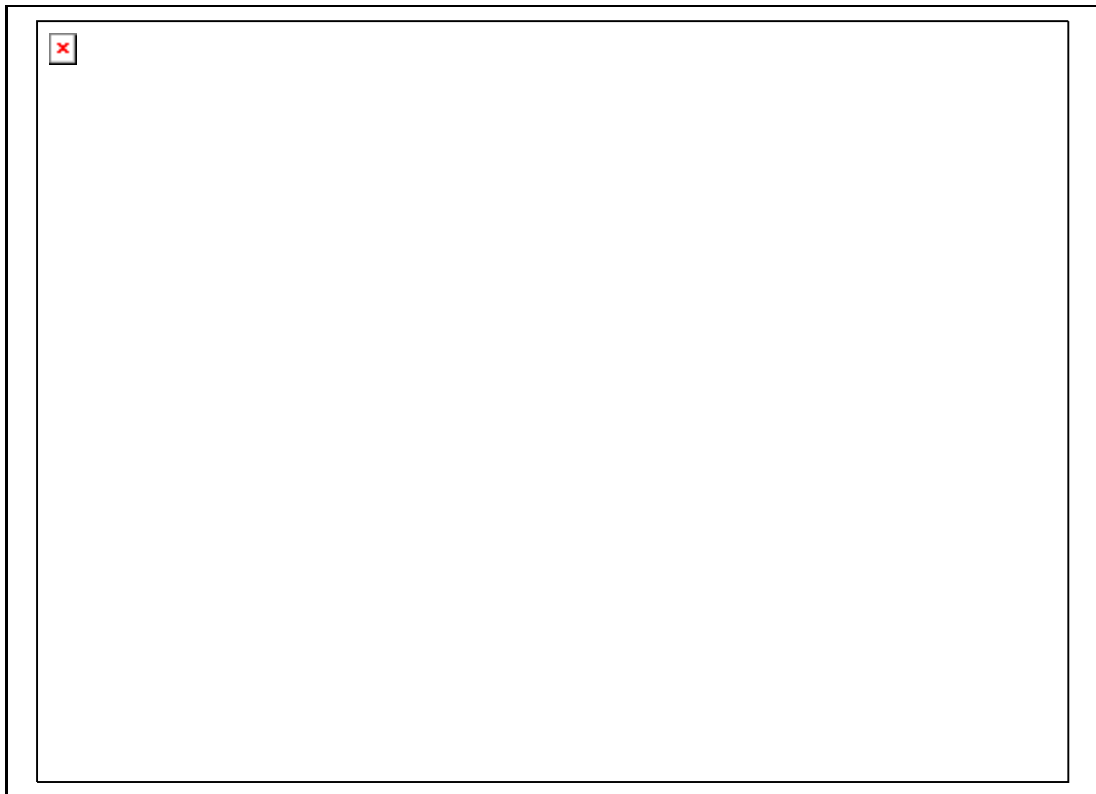
Входной модуль обеспечивает интерфейс между платой процессора реле и аналоговыми и цифровыми сигналами, поступающими в реле. Входной модуль реле P241/2 состоит из двух печатных плат; основной входной платы и платы трансформаторов. Это реле обеспечивает 3 входа напряжения и 4 токовых входа. Входной модуль реле P243 содержит дополнительную плату трансформаторов, имеющую 3 входа напряжения и 7 токовых входов.

#### 2.3.1 Плата трансформаторов

Стандартная плата трансформаторов имеет четыре трансформатора напряжения (ТН) и до пяти трансформаторов тока (ТТ). Дополнительная плата трансформаторов может добавить еще до четырех ТТ. Токовые входы имеют номинальный ток 1 А или 5 А (опции меню и проводки), а входы напряжения имеют номинальное напряжение 110 В. Трансформаторы используются для снижения токов и напряжений до уровня, соответствующего электронной схематехнике реле, для обеспечения эффективной изоляции между реле и энергосистемой. Схемы соединений вторичных обмоток трансформаторов тока и напряжения обеспечивают дифференциальные входные сигналы к основной входной плате, чтобы снизить шумы.

### 2.3.2 Входная плата

Основная входная плата показана на рисунке 2 как блок-схема. Она обеспечивает электрическую цепь для цифровых входных сигналов и аналого-цифрового преобразования аналоговых сигналов. Следовательно, она принимает дифференциальные аналоговые сигналы от ТТ и ТН на плате (платах) трансформаторов, конвертирует их в дискретные выборки и передает выборки на плату процессора по шине последовательной передачи данных. На входной плате аналоговые сигналы пропускаются через фильтр защиты от наложения спектров перед их мультиплексированием в элементарный сигнал аналого-цифрового преобразователя. А-Ц преобразователь обеспечивает разрешающую способность 16 бит и выходной поток последовательно поступающих данных. Цифровые входные сигналы на этой плате оптоизолированы, чтобы предотвратить чрезмерные напряжения на этих входах, вызывающие повреждение внутренней электрической схемы реле.



**Рисунок 2: Основная входная плата**

Схема, уплотняющая сигнал, предусматривает выборку 16 аналоговых каналов. Это позволяет организовать до 9 токовых входов и 4 входа напряжения. Используются 3 запасных канала, чтобы произвести выборку 3-х различных напряжений с целью непрерывной проверки работы мультиплексора и точности А-Ц преобразователя. Дискретизация поддерживается на уровне 24 выборки за цикл сигнала мощности при помощи логической управляющей цепи, которая контролируется функцией отслеживания частоты на плате основного процессора. Калибровочное ЭПГЗУ хранит в памяти калибровочные коэффициенты, которые используются платой процессора, чтобы корректировать любую амплитуду или погрешность фазы, возникшие вследствие работы трансформаторов и аналоговой электрической схемы.

Другая функция входной платы – чтение состояния сигналов, присутствующих на цифровых входах, и представление этого состояния шине параллельно поступающих данных для обработки. Входная плата содержит 8 оптических изоляторов для подключения к ним 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 48 В находится в задней части реле для питания цифровых оптовходов. Входная плата обеспечивает некоторую аппаратную фильтрацию цифровых сигналов, чтобы удалить нежелательный шум перед буферизацией сигналов для их чтения на шине параллельно передаваемых данных. В зависимости от своей модели реле может принять более 8 входных цифровых сигналов. Это достигается при помощи дополнительной опто-платы, которая предусматривает те же 8 изолированных цифровых входов, что и основная входная плата, но не содержит цепей для аналоговых сигналов, которые имеются на основной входной плате.

### 2.3.3 Универсальные оптоизолированные логические входы

Реле серии P24x оснащены универсальными оптоизолированными логическими входами. Эти входы могут быть запрограммированы в соответствии с номинальным напряжением аккумулятора в цепи, частью которой они являются. Это позволяет задавать различное напряжение для разных электрических цепей, например, сигнализация, отключение. Начиная с версии программного обеспечения C1.0 (40) и выше, входы могут также быть запрограммированы как "Стандартное значение 60%-80%" или "50%-70%" в целях обеспечения соответствия различным эксплуатационным ограничениям.

Уровни уставок приведены ниже:

Номинальное напряжение аккумулятора (В пост. тока)	Стандарт 60% - 80%		50% - 70%	
	Выключено (Логика 0) (В пост. тока)	Включено (Логика 1) (В пост. тока)	Выключено (Логика 0) (В пост. тока)	Включено (Логика 1) (В пост. тока)
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	>154

Это нижнее значение исключает быстрые срабатывания, которые могут произойти во время КЗ аккумулятора, когда паразитная емкость составляет до 50% от напряжения аккумулятора на входе.

Каждый опто-вход имеет выборочную фильтрацию, которую можно использовать. Это позволяет использовать предварительно настроенный фильтр  $\frac{1}{2}$  цикла, который делает вход невосприимчивым к наводкам по проводке: хотя данный метод и является безопасным, он может занимать много времени, особенно для телеотключения. Это можно изменить при помощи отключения  $\frac{1}{2}$  фильтроцикла, при этом необходимо учитывать один из следующих методов подавления помех переменного тока. Первый метод предусматривает использование двухполюсного переключения на входе, второй метод предусматривает использование экранированного витого кабеля на входном контуре.

## 2.4 Модуль питания (включая выходные реле)

Модуль питания содержит две печатных платы, одну - непосредственно для источника питания, 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.

### 2.4.1 Плата источника питания (включая интерфейс связи EIA(RS)485)

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

Диапазон напряжения постоянного тока	Диапазон напряжения переменного тока
24/48 В	Только напряжение постоянного тока
48/110 В	30/100 В (действ.)
110/250 В	100/240 В (действ.)

Таблица 1: Выбор источника питания

Выходы всех версий блока питания используются для того, чтобы подвести изолированные шины питания ко всем другим модулям в реле. В реле используются три уровня напряжения: 5,1 В для всех цифровых цепей,  $\pm 16$  В для аналоговой электроники, например, на входной плате, и 22 В для питания катушек выходных реле и платы ТД в случае его установки. Все напряжения питания, включая 0 В заземления, распределены по реле 64-жильным ленточным кабелем. Еще один уровень напряжения в блоке питания, это напряжение внутреннего источника 48 В. Оно подведено к зажимам сзади реле так, чтобы оно могло использоваться для управления оптически изолированными цифровыми входами.

Две других функции платы питания - интерфейс связи EIA(RS)485 и контакты контроля питания реле. Интерфейс EIA(RS)485 используется с задним портом связи для поддержания связи, используя один из протоколов: Курьер, Modbus или МЭК60870-5-103. EIA(RS)485 поддерживает полудуплексную связь и обеспечивает оптическую изоляцию последовательно передаваемых и получаемых данных. Вся внутренняя передача данных от панели питания проводится через плату выходных реле, соединенную с параллельной шиной.

Устройство контроля питания имеет два контакта выходных реле, один - нормально разомкнутый и один - нормально замкнутый, которые управляются платой процессора. Они установлены для того, чтобы указывать, что реле находится в исправном состоянии.

Плата источника питания имеет функцию ограничения бросков тока, что позволяет ограничить примерно до 10 А пиковый ток при бросках, возникающих при включении питания.

#### 2.4.2 Плата выходных реле

Существует 2 версии исполнения платы выходных реле. Одна из них имеет 7 реле, 3 нормально разомкнутых контактов и 4 переключающих контакта, вторая имеет 8 реле, 6 нормально разомкнутых контактов и 2 переключающих контакта.

Для моделей реле с индексом версии исполнения "А" доступны только платы с 7 выходными реле. Для аналогичных моделей реле с индексом версии исполнения "С" и выше при использовании плат с 7 выходными реле базовое количество выходных контактов было сохранено в целях обеспечения совместимости. Плата с 8 выходными реле используется только для новых моделей реле или существующих моделей, поставляемых в корпусах нового размера, она также может использоваться для организации дополнительных выходных контактов на существующих моделях с индексом версии исполнения "С" и выше.

Примечание: Буква индекса версии исполнения относится к версии аппаратного обеспечения.

Реле питаются напряжением 22 В от линии питания. Запись или чтение состояния реле выполняется с использованием шины параллельно передаваемых данных. В зависимости от модели реле оно может иметь более семи дополнительных выходных контактов с использованием до трех дополнительных плат реле. Каждая дополнительная плата реле дает еще 7 или 8 выходных реле.

#### 2.5 Плата ТД

Плата ТД (температурных датчиков) может поставляться по дополнительному заказу. Она используется для контроля показаний значений температуры, поступающих от вплоть до 10 ТД типа РТ100, каждый из которых соединен с помощью трехпроводного соединения. Плата питается от шины питания 22 В, которая используется для питания выходных реле. Плата ТД содержит два резервных канала, которые соединены с высокоустойчивыми резисторами для получения эталонных показаний. Последние используются для проверки работы платы ТД. Температурные данные считываются процессором по параллельной шине данных и используются для осуществления тепловой защиты обмоток генератора.

#### 2.6 Плата IRIG-B

Плата IRIG-B - дополнительная опция заказа, которая может быть установлена, чтобы обеспечить точную синхронизацию времени реле. Она может использоваться везде, где имеется сигнал IRIG-B. Сигнал IRIG-B соединен с платой через соединитель BNC сзади реле. Информация о времени используется для того, чтобы синхронизировать внутренние часы реального времени реле с точностью 1 мс. Внутренние часы используются для выставления меток времени событий, повреждений и осциллограмм.

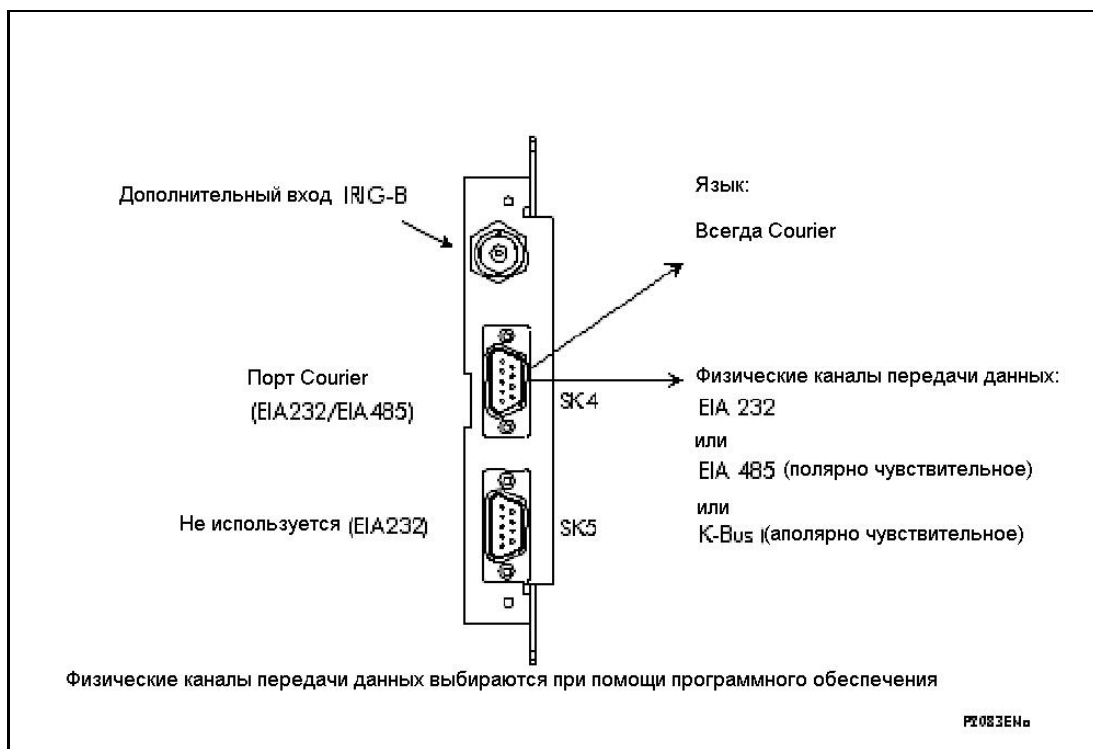
Плата IRIG-B может также быть снабжена волоконно-оптическим передатчиком / приемником, который может использоваться для заднего порта связи вместо электрического соединения EIA(RS)485.

#### 2.7 Вторая плата с задним портом связи

На реле с протоколом Courier, MODBUS или IEC60870-5-103 на первом заднем порте связи предусмотрена возможность выбора аппаратного обеспечения второго заднего порта связи, которая работает на языке Courier. Ее можно использовать по одному из трех физических каналов передачи данных: витая пара K-Bus (аполярно чувствительное), витая пара EIA(RS)485 (полярно чувствительное соединение) или EIA(RS)232.

Вторая плата с задним портом связи и плата IRIG-B являются взаимоисключающими, так как они используют один и тот же аппаратный слот. По этой причине вторая плата связи доступна в

двух вариантах. Одна имеет вход IRIG-B, а вторая не имеет. Физическое размещение второго заднего порта связи показано на Рисунке 3.



**Рисунок 3: Второй задний порт связи**

## 2.8 Плата входов-выходов токовой петли (CLIO)

Плату входов-выходов токовой петли (CLIO) можно заказать дополнительно. Плата CLIO питается от шинпровода 22 В, который используется, чтобы запитывать выходные реле.

Предусмотрено четыре аналоговых входа (либо входа токовой петли) для измерительных преобразователей с диапазонами силы тока 0-1 мА, 0-10 мА, 0-20 мА или 4-20 мА. Данные о токе на входе считываются процессором через параллельную шину обмена данными, который используется для снятия измерений с различных преобразователей, таких как устройство контроля вибрации монитор, тахометры и датчики-преобразователи давления.

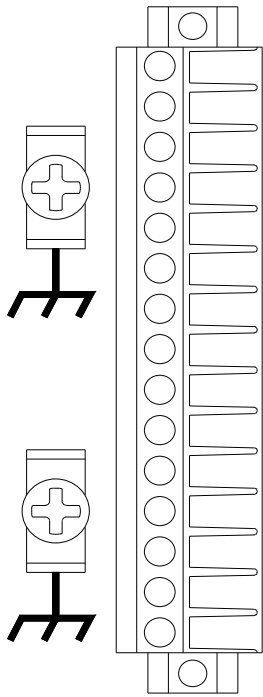
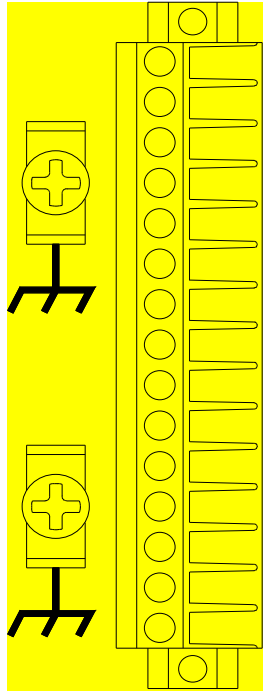
Для каждого из четырех входов токовой петли существует две отдельные входных цепи: 0-1 мА и 0-20 мА (также используется для входов измерительных преобразователей с диапазонами силы тока 0-10 мА и 4-20 мА). Фильтры зеркальных частот имеют номинальную частоту среза (точка 3 дБ) 23 Гц, что помогает снижать помехи в сети питания, возникающие из-за входящих сигналов. Предусмотрено четыре аналоговых выхода токовой петли с диапазонами силы тока 0-1 мА, 0-10 мА, 0-20 мА или 4-20 мА, при этом отпадает необходимость в использовании отдельных измерительных преобразователей. Они могут использоваться для того, чтобы обеспечивать питанием стандартные магнитоэлектрические амперметры для аналоговой индикации определенных измеряемых величин, или чтобы обеспечивать питанием систему SCADA, используя существующий аналоговый RTU (дистанционный терминал).

Каждый из четырех выходов токовой петли предусматривает один выход с диапазоном силы тока 0-1 мА, один выход с диапазоном 0-20 мА и один общий возвратный канал. Соответствующее программное масштабирование значения, прописанного в плату, позволяет выходу 0-20 мА также обеспечивать силу тока в диапазонах 0-10 мА и 4-20 мА. В выходных цепях с токовой петлей рекомендуется использовать экранированные выводы. Номинальный период обновления выходов составляет 200 мс.

Все внешние соединения с платой входов-выходов токовой петли выполняются через один и тот же 15-позиционный входной-выходной разъем SL3.5/15/90F для облегченного режима работы, используемый на плате температурных датчиков RTD. Используют два таких разъема: один - для выходов токовой петли, а второй - для входов токовой петли.

Входные-выходные разъемы подходят для проводов с размером в диапазоне от 1/0,85 мм (0,57 мм<sup>2</sup>) до 1/1,38 мм (1,5 мм<sup>2</sup>) и их многопроводниковых аналогов. Рекомендуется использовать экранированные кабели. Концевые заделки экранов следует замыкать на заземление корпуса реле.

Между аналоговыми входами/выходами и землей, а также между аналоговыми входами и выходами предусмотрена основная изоляция (300 В). Однако, изоляция отсутствует между одним входом и другим входом или между одним выходом и другим выходом.

Соединение	Блок-контакты входов и выходов	Соединение
<p><b>Выходы</b></p> <p>Экранированный канал 1</p> <p>Экранированный канал 2</p> <p>Экранированный канал 3</p> <p>Экранированный канал 4</p>		<p>Канал 1: 0-10 / 0-20 / 4-20 мА</p> <p>Канал 1: 0-1 мА</p> <p>Общий возвратный канал 1</p> <p>Канал 2: 0-10 / 0-20 / 4-20 мА</p> <p>Канал 2: 0-1 мА</p> <p>Общий возвратный канал 2</p> <p>Канал 3: 0-10 / 0-20 / 4-20 мА</p> <p>Канал 3: 0-1 мА</p> <p>Общий возвратный канал 3</p> <p>Канал 4: 0-10 / 0-20 / 4-20 мА</p> <p>Канал 4: 0-1 мА</p> <p>Общий возвратный канал 4</p>
<p><b>Входы</b></p> <p>Экранированный канал 1</p> <p>Экранированный канал 2</p> <p>Экранированный канал 3</p> <p>Экранированный канал 4</p>		<p>Канал 1: 0-10 / 0-20 / 4-20 мА</p> <p>Канал 1: 0-1 мА</p> <p>Общий возвратный канал 1</p> <p>Канал 2: 0-10 / 0-20 / 4-20 мА</p> <p>Канал 2: 0-1 мА</p> <p>Общий возвратный канал 2</p> <p>Канал 3: 0-10 / 0-20 / 4-20 мА</p> <p>Канал 3: 0-1 мА</p> <p>Общий возвратный канал 3</p> <p>Канал 4: 0-10 / 0-20 / 4-20 мА</p> <p>Канал 4: 0-1 мА</p> <p>Общий возвратный канал 4</p>

**Рисунок 4: Плата входов-выходов токовой петли**

## 2.9 Механическая схема

Материал корпуса реле является обработанной начерно сталью, которая имеет проводящее покрытие из алюминия и цинка. Это обеспечивает хорошее заземление на всех соединениях и стыках, с низким полным сопротивлением заземления, что является существенным для работы при внешних помехах. Панели и модули используют стратегию многократного заземления для усиления невосприимчивости к внешним помехам и минимизации эффекта аппаратного шума. На платах используются заземляющие пластины, чтобы снизить полное сопротивление, и пружинные зажимы, чтобы заземлить металлоконструкцию модуля.

Клеммники тяжелого режима работы используются в тыльной части реле для соединений сигналов тока и напряжения. Клеммники среднего режима работы используются для цифровых логических входных сигналов, контактов выходных реле, источника питания и заднего порта связи. Соединитель BNC используется для сигнала IRIG-B, являющегося дополнительной опцией. 9-контактные и 25-контактные охватывающие D-соединители используются на лицевой стороне реле для передачи данных.

Внутри реле печатные платы соединяется штепселем с соединительными блоками сзади реле и могут быть удалены только с лицевой стороны реле. Соединительные блоки входов ТТ обеспечиваются внутренними закорачивающими соединениями внутри реле, которые будут автоматически закорачивать цепи трансформатора тока прежде, чем они разъединятся при удалении платы.

Лицевая панель состоит из мембранной вспомогательной клавиатуры с тактильными выпуклыми клавишами, ЖКД и 12 светодиодами, установленными на алюминиевой опорной пластине.



### 3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕЛЕ

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

Здесь подробно описывается два последних раздела: основное программное обеспечение и программное обеспечения управления и защиты, которые управляют функционированием реле. На Рисунке 5 показана структура программного обеспечения реле.

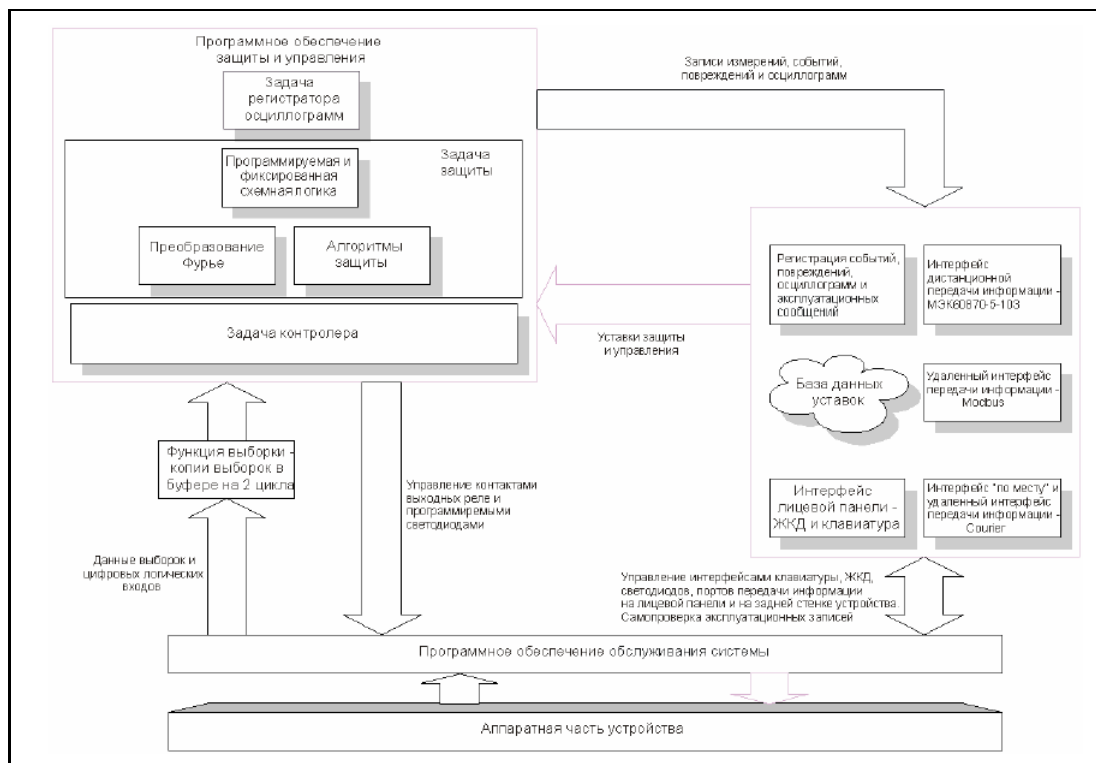


Рисунок 5: Структура программного обеспечения реле

#### 3.1 Операционная система в режиме 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 отвечает за управление связью между программными задачами с помощью сообщений операционной системы.

#### 3.2 Программное обеспечение обслуживания системы

Как показано на рисунке 5, 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, оно также управляет начальной загрузкой процессора и загрузкой кода процессора в ООЗУ из энергонезависимой флэш-памяти ППЗУ 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 интерфейсом пользователя каждого из реле, т.е. интерфейсом лицевой панели и передними и задними портами связи, используя выбранный протокол связи (Курьер, MODBUS, МЭК60870-5-103).

#### 3.3.1 Регистрация записей

Имеется функция регистрации в журналах, чтобы сохранить все записи сигналов, событий, повреждений и эксплуатационных сообщений. Все эти записи регистрируются в ООЗУ с аварийным питанием от батареи, чтобы обеспечить энергонезависимый файл регистрации всего, что произошло. Реле "ведет" четыре журнала: каждый для 32 сигналов, 250 записей событий, 5 записей повреждений и 5 эксплуатационных сообщений. Журналы ведутся так, что самая старая запись записывается поверх самой последней. Функция регистрации в журналах может быть запущена программным обеспечением защиты или основным программным обеспечением.

Функция регистрации в журналах отвечает за регистрацию записи эксплуатационного сообщения в случае неисправностей реле, таких как ошибки, которые были обнаружены самим основным программным обеспечением, или ошибки, которые были обнаружены функцией программного обеспечения либо обслуживания системы, либо защиты. См. также пункт 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 защиту, осциллограф и уставки управления и обслуживания. Уставки содержатся в энергонезависимом ЭППЗУ. Управление основным программным обеспечением базы данных уставок включает гарантирование того, что только один интерфейс пользователя может изменять уставки базы данных в любой момент. Эта функциональная особенность используется для того, чтобы избежать конфликта между различными элементами программного обеспечения во время изменения уставок. Для изменения уставок защиты и уставок осциллографа основное программное обеспечение оперирует 'сверхоперативной' памятью в ООЗУ. Это позволяет выполнять изменения уставок элементов защиты, осциллографа и сохранять их в базе данных в ЭППЗУ в одно и то же время (см. также главу P24x/EN IT, где приведена информация по интерфейсу пользователя). Если изменение уставки воздействует на задачу защиты и управления, база данных предложит 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 позволить чтение и изменять действия. Основное программное обеспечение представляет данные в соответствующем формате для каждого интерфейса пользователя.

### 3.4 Программное обеспечение управления и защиты

Задача программного обеспечения защиты и управления ответственна за работу всех элементов защиты и функций измерения реле. Чтобы достичь этого, она должна иметь связь и с программным обеспечением обслуживания системы и с основным программным обеспечением, а также организовать собственные действия. Программное обеспечение защиты имеет приоритет над любой из программных задач в реле, чтобы обеспечивать самый быстрый возможный ответ защиты. Программное обеспечение защиты и управления имеет задачу контроля, которая управляет запуском задачи, и имеет дело с обменом сообщениями между задачей и основным программным обеспечением.

### 3.4.1 Краткий обзор – планирование защиты и управления

После запуска задача защиты и управления приостанавливается до тех пор, пока не будет достаточно выборок для ее работы. Сбор выборок управляется 'функцией выборок', которая вызывается программным обеспечением обслуживания системы и берет каждый набор новых выборок из входного блока и сохраняет их в двухтактном буфере. Программное обеспечение защиты и управления продолжает работу, когда число необработанных выборок в буфере достигает определенного числа. Для защиты генератора P342 и P343 задача защиты выполняется четыре раза за период, то есть после каждых 6 выборок при дискретизации в 24 выборки в период, используемой реле. Однако, элементы защиты разбиты на группы, так что каждый раз обрабатываются разные элементы, при этом каждый элемент обрабатывается по крайней мере один раз в период. Программное обеспечение защиты и управления снова приостанавливается, когда закончена вся обработка набора выборок. Это позволяет выполнение других программных задач.

### 3.4.2 Обработка сигналов

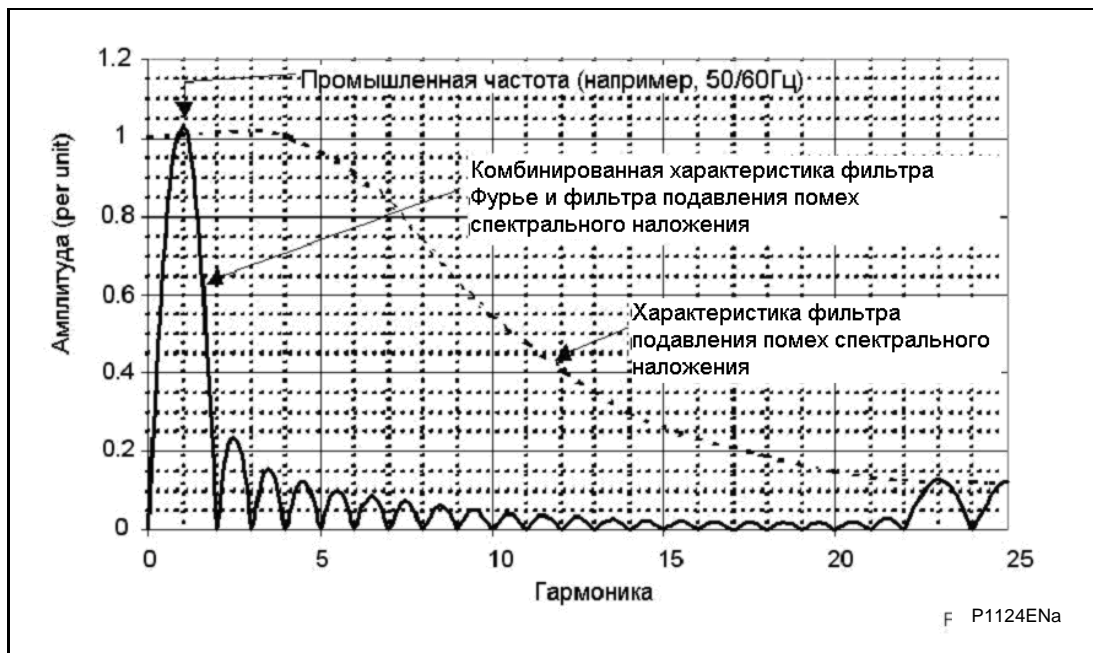
Функция выборок обеспечивает фильтрацию цифровых входных сигналов от оптоизоляторов и коррекцию по частоте аналоговых сигналов. Цифровые входы сверены с их предыдущими значениями в течение половины периода. Следовательно, изменение состояния одного из входов должно поддерживаться по крайней мере половину периода прежде, чем оно зарегистрируется программным обеспечением управления и защиты.

Коррекция по частоте аналоговых входных сигналов достигается методом Фурье, который применяется к одному из входных сигналов, и работает, обнаруживая изменение фазового угла измеренного сигнала. Используется расчетное значение частоты, чтобы изменить дискретизацию, используемую входным блоком, для достижения постоянного уровня дискретизации 24 выборок в период. Значение частоты также сохраняется для использования задачей управления и защиты.

Когда задача защиты и управления перезапущена функцией выборок, она вычисляет члены ряда Фурье для аналоговых сигналов. Члены ряда Фурье рассчитаны, используя однопериодное дискретное преобразование Фурье (DFT) на 24 выборки. DFT всегда вычисляется, используя прошлый период выборок из буфера с 2 тактами, то есть, используются самые современные данные. DFT, используемое таким образом, извлекает основную составляющую промышленной частоты из сигнала и воспроизводит величину и фазовый угол основной гармоники в формате прямоугольных составляющих. DFT обеспечивает точное измерение компонента основной частоты, и эффективную фильтрацию гармонических частот и шума. Выполнение этого достигнуто в сочетании с входным блоком реле, который обеспечивает аппаратную фильтрацию паразитных сигналов для уменьшения частот выше половины дискретизации и коррекцию по частоте для поддержания дискретизации 24 выборок в период. Члены ряда Фурье входных сигналов тока и напряжения сохраняются в памяти так, чтобы к ним имели доступ все алгоритмы элементов защиты. Выборки из входного модуля также используются в необработанной форме осциллографом для регистрации формы волны и вычисления истинных действующих значений тока, напряжения и мощности для целей измерения.

### 3.4.3 Частотная характеристика

За исключением среднеквадратических измерений (действующих значений) все другие измерения и функции защиты основываются на первой гармонике, выведенной Фурье. Первая гармоника выделяется путем использования дискретного преобразования Фурье (ДФФ) с выборкой 24 образцов. Это обеспечивает оптимальное подавление гармоник для частот вплоть до 23-й гармоники. 23-я гармоника является первой доминирующей гармоникой, которая не ослабляется фильтром Фурье. Ее также называют "Ложная частота". Однако ложная частота ослабляется приблизительно на 85% при помощи дополнительного аналогового фильтра подавления помех спектрального наложения (фильтр нижних частот). Комбинированное влияние фильтра подавления помех спектрального наложения и фильтра Фурье показано на рисунке ниже:



**Рисунок 6: Частотная характеристика**

Для промышленных частот, отличающихся от выбранной номинальной частоты, ослабления гармоник до нулевой амплитуды не происходит. При незначительных отклонениях в  $\pm 1$  Гц это не представляет проблемы, но, если учитывать более значительные отклонения, проблема устраняется путем дополнительного использования отслеживания по частоте.

При использовании отслеживания по частоте частота отбора аналого-цифрового преобразования автоматически настраивается, чтобы соответствовать применяемому сигналу. При отсутствии сигнала, подходящего для амплитуды, частота отбора устанавливается на выбранную номинальную частоту по умолчанию ( $F_n$ ). Если сигнал присутствует и находится в диапазоне отслеживания (от 45 до 65 Гц), реле захватывает сигнал, и измеряемая частота совпадает с промышленной частотой, как обозначено на схеме выше. Результирующие выходы для гармоник вплоть до 23-й являются нулевыми. Реле выполняет отслеживание по частоте для напряжения или тока в порядке  $V_A/V_B/V_C/I_A/I_B/I_C$  вплоть до 10%  $V_n$  для напряжения и 5%  $I_n$  для тока.

#### 3.4.4 Программируемая схемная логика

Цель программируемой схемной логики (PSL) состоит в том, чтобы позволить пользователю устройства конфигурировать индивидуальную схему защиты для ее адаптации к данному конкретному случаю. Это достигнуто с помощью программируемых логических шлюзов и таймеров задержки.

Входом в PSL является любая комбинация состояния цифровых входных сигналов от опто-разделителей на плате входов. PSL также используется для назначения функций опто-входов и выходных контактов, выходов элементов защиты, например, пуск и срабатывание защиты, и выходы фиксированной схемной логики защиты. Фиксированная схемная логика обеспечивает стандартные схемы защиты устройства. Сама PSL состоит из программируемых логических шлюзов и таймеров. Логические шлюзы могут быть запрограммированы для выполнения диапазона различных логических функций и могут воспринимать любое количество входных сигналов. Таймеры используются для создания программируемой выдержки, и/или управления логическими выходами, например, они создают импульс с фиксированной продолжительностью на выходе независимо от длительности импульса на входе. Выходами схемы логики являются светодиодные индикаторы на лицевой панели устройства и выходные контакты в тыльной части.

Выполнение схемы логики носит случайный характер; логика обрабатывает всякий раз, когда изменяется любой из ее входов, например, в результате изменения одного из сигналов цифрового входа или срабатывании выхода элемента защиты. К тому же, обрабатывается только часть схемы логики, на которую воздействует произошедшее изменение специфического входа. Это уменьшает длительность времени обработки, которое используется схемной логикой. Даже при крупных, сложных схемах PSL время срабатывания реле не увеличится.

Эта система обеспечивает пользователю гибкость в создании его собственной схемы логики. Однако, это также означает, что схема логики может быть сконфигурирована в очень сложную систему, которая внедряется через программное обеспечение MiCOM S1 при помощи ПК.

### 3.4.5 Интерфейс функциональных клавиш (только P242/3)

10 функциональных клавиш напрямую взаимодействуют с логикой PSL в качестве цифровых входных сигналов, их обработка основывается на выполнении операций логикой PSL при наличии какого-либо события. Однако, изменение состояния распознается только в случае, когда нажатие клавиши в среднем длится более 200 мс. Время для регистрации изменения состояния зависит от того, когда было выполнено нажатие клавиши - в начале или в конце цикла задачи защиты, с учетом дополнительного времени аппаратного и программного сканирования. Нажатие функциональной клавиши может обеспечить "защелку" (режим тумблера) или выходной сигнал только при нажатии клавиши (нормальный режим), что зависит от внесенной программы, и может быть сконфигурировано в соответствии с требованиями индивидуальной защитной схемы. Сигнал "защелкнутого" состояния для каждой функциональной клавиши записан в ПЗУ и считывается из ПЗУ при запитывании реле, восстанавливая, таким образом, состояние функциональной клавиши после подачи питания в случае, если питание реле было случайно потеряно.

### 3.4.6 Записи событий и повреждений

Изменение в любом цифровом входном или выходном сигнале элемента защиты приводит к созданию записи события. Когда это случается, задача защиты и управления посылает сообщение задаче супервизора указать, что присутствует событие для обработки, и записывает данные события в быстрый буфер в ООЗУ, который управляется задачей супервизора. Когда задача супервизора принимает сообщение о событии или регистрации повреждения, она дает команду основному программному обеспечению создать соответствующий файл в ООЗУ с аварийным питанием от батареи. Операция регистрации записи в ООЗУ с аварийным питанием от батареи более медленная, чем буфер супервизоров. 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 файл в ООЗУ с аварийным питанием от батареи. Если это произошло, тогда регистрируется событие, чтобы указать эту потерю информации.

Эксплуатационные записи создаются подобным образом, при этом задача супервизора дает указание основному программному обеспечению сделать запись, когда она получает сообщение об эксплуатационной записи. Однако, существует возможность включения эксплуатационной записи вследствие возникновения критической ошибки в реле, в случае чего сохранение в памяти эксплуатационной записи может стать невозможным в зависимости от характера проблемы. Обратитесь также к главе, посвященной самоконтролю и диагностике, в данном документе.

### 3.4.7 Осциллограф

Осциллограф работает как отдельная задача управления и защиты. Он может делать запись формы волны для 8 аналоговых каналов и значений 32 дискретных сигналов. Время регистрации выбирается пользователем до максимум 10 секунд. Осциллограф снабжается данными задачей защиты и управления один раз за период. Осциллограф представляет данные, которые он получает на осциллограмме требуемой длины. Сжатые осциллограммы могут быть декомпрессированы MiCOM S1, который может также сохранять данные в формате COMTRADE, таким образом, позволяя использование других пакетов для просмотра зарегистрированных данных.

## 4. САМОПРОВЕРКА И ДИАГНОСТИКА

Реле включает множество функций самоконтроля, чтобы проверить действие аппаратных средств и программного обеспечения, когда они в работе. Они включены так, чтобы, если возникнет ошибка или неисправность аппаратных средствах или программном обеспечении реле, реле было способно обнаружить и указать проблему и попытаться устранить ее, выполняя перезагрузку. Это приводит к выведению реле из работы на короткий промежуток времени, которое указывается погасанием светодиода 'Исправно' на передней панели реле и срабатыванием контрольного контакта сзади реле. Если перегрузка будет не в состоянии устранить проблему, то реле выведет себя из работы. Это снова будет обозначено контрольным контактом и светодиодом.

Если проблема обнаружена функциями самоконтроля, реле попытается сохранить эксплуатационное сообщение в ООЗУ с аварийным питанием от батареи, чтобы уведомить пользователя о характере проблемы.

Самоконтроль реализован в двух ступенях: во-первых, полная диагностическая проверка, которая выполняется, когда реле загружается, например, при включении питанием, и, во-вторых, непрерывная работа самопроверки, которая проверяет выполнение критических функций реле, пока оно в работе.

### 4.1 Самоконтроль запуска

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.

Действия, которые выполняются при запуске, следующие:

#### 4.1.1 Загрузка системы

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

#### 4.1.2 Запуск программного обеспечения

Процесс инициации включает действия запуска регистраций 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 батареи
- Целостность ООЗУ с аварийным питанием от батареи, которое используется для сохранения записей событий и повреждений и осциллограмм
- Уровень напряжения дополнительного внутреннего источника напряжения, который используется для питания оптоизолированных входов
- Действие контроллера ЖКД
- Срабатывание контрольного реле

При завершении программы инициации задача супервизора начинает процесс запуска основного программного обеспечения.



### 4.1.3 Запуск и контроль основного программного обеспечения

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

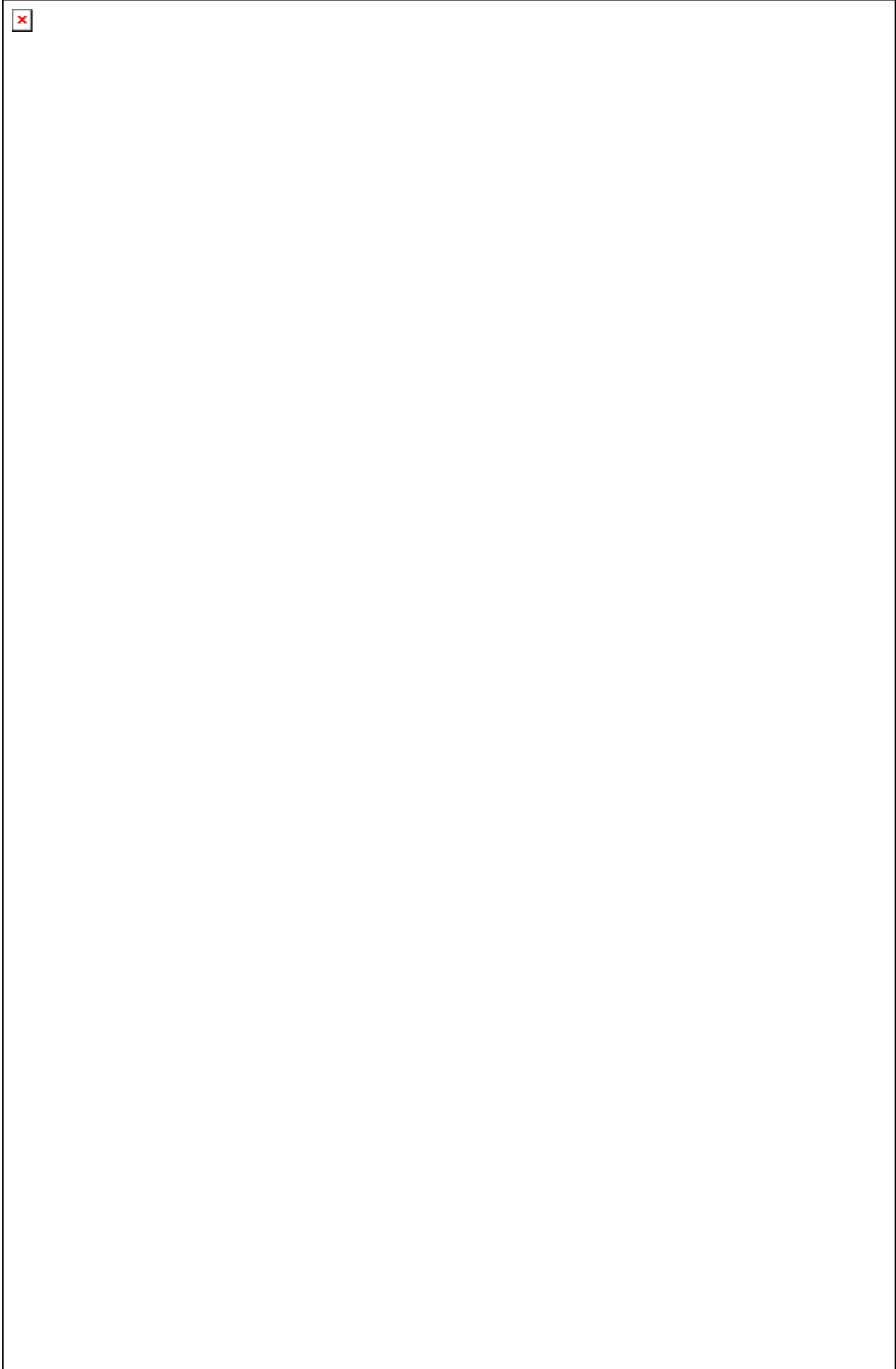
При успешном завершении всех этих испытаний реле вводится в действие и защита начинает работу.

## 4.2 Непрерывный 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. Функции, которые проверяются, следующие:

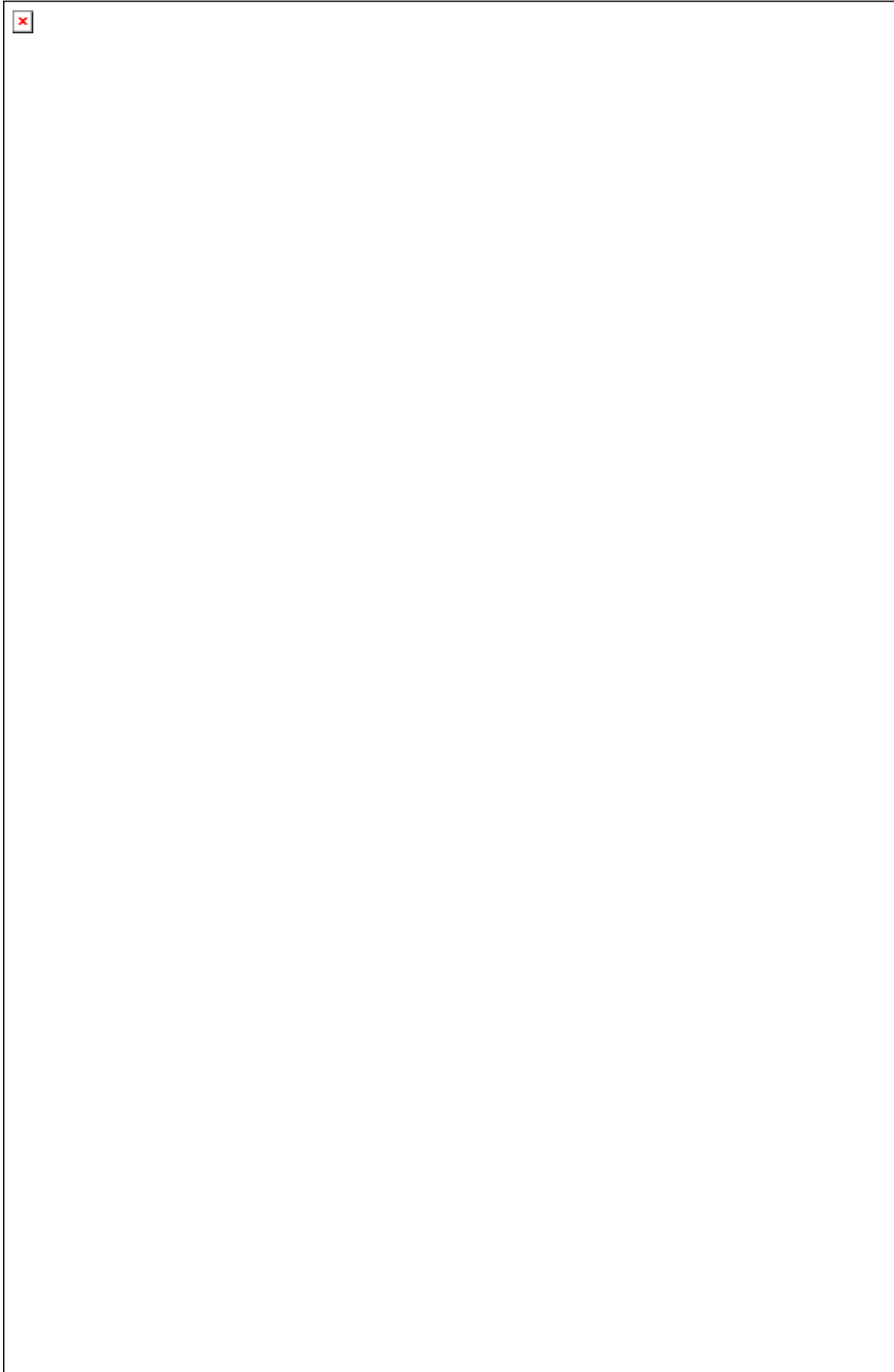
- Флэш-память ЭП ПЗУ, содержащая весь программный код и текст языка, проверяются контрольной суммой
- Код и постоянные данные, содержащиеся в ООЗУ, проверяются по соответствующим данным во флэш-памяти ЭП ПЗУ, чтобы проверить нарушение целостности данных
- ООЗУ, содержащее все данные, кроме кода и постоянных данных, проверяется контрольной суммой
- ЭП ПЗУ, содержащие значения уставок, проверяется контрольной суммой
- Состояние батареи
- Уровень напряжения внутреннего источника питания
- Целостность данных ввода/вывода цифрового сигнала из оптоизолированных входов и контактов реле проверяются каждый раз функцией сбора данных. Работа системы сбора аналоговых данных непрерывно проверяется функцией сбора данных посредством выборки соответствующих напряжений
- Работа блока ТД проверяется по показаниям температуры резисторов по двум резервным каналам ТД
- Работа панели IRIG-B, если она установлена, проверяется программным обеспечением, которое читает время и дату на панели
- Производится проверка правильной работы платы CLIO, если таковая имеется

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 с питанием от батареи. Если проблема с состоянием батареи, блока ТД или платой IRIG-B, то реле продолжит работу. Однако, если проблемы обнаружены в любой другой области, реле инициирует отключение и перезагрузку. Это приведет к периоду до 5 секунд, когда защита не работает, но полный перезапуск реле, включая все инициализации, должен устранить большинство проблем, которые могут возникнуть. 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 стороне реле и срабатыванием контрольного контакта.



**FD**

**Рисунок 7: Логика самопроверки при пуске**



FD

**Рисунок 8: Логика непрерывной самопроверки**



