

# **Библиотечка электротехника**

— приложение к журналу “Энергетик”

Основана в июне 1998 г.

Выпуск 8 (104)

***В. Ф. Александров***

***В. Г. Езерский***

***О. Г. Захаров***

***В. С. Малышев***

## **ЧАСТОТНАЯ РАЗГРУЗКА В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ**

Часть 1. Алгоритмы и устройства

Москва

НТФ “Энергопрогресс”, “Энергетик”

2007

УДК 621.316.925  
ББК 31.27-05  
А46

Главный редактор журнала “Энергетик” А. Ф. ДЬЯКОВ

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

“Библиотечки электротехника”

В. А. Семенов (*председатель*), И. И. Батюк (*зам. председателя*),  
Б. А. Алексеев, К. М. Антипов, Г. А. Безчастнов, А. Н. Жулев,  
В. А. Забегалов, В. Х. Ишкин, Ф. Л. Коган, В. И. Кочкарев,  
Н. В. Лисицын, Л. Г. Мамиконянц, Л. Ф. Плетнев, В. И. Пуляев,  
Ю. В. Усачев, М. А. Шабад

**Александров В. Ф., Езерский В. Г., Захаров О. Г., Мальшев В. С.**

А46 Частотная разгрузка в энергосистемах. Ч. 1. Алгоритмы и устройства. М.: НТФ “Энергопрогресс”, 2007. — 100 с. [Библиотечка электротехника, приложение к журналу “Энергетик”. Вып. 8 (104)].

Рассмотрены назначение и область применения устройств частотной разгрузки. Описаны стандартные алгоритмы разгрузки, реальные частотные аварии и результаты экспериментальных исследований. Рассмотрено использование устройств частотной разгрузки в энергосистемах, в том числе в асинхронных режимах и при синхронных качаниях.

Даны рекомендации по расчету уставок частотной разгрузки.

Описаны устройства частотной разгрузки, выпускаемые различными фирмами. На основе опыта эксплуатации и анализа характеристик различных устройств сформулированы современные требования к устройствам частотной разгрузки.

Предназначена для специалистов, занимающихся эксплуатацией, монтажом и проектированием релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем.

## Предисловие

С середины 90-х годов прошлого века в энергетике России началось широкомасштабное внедрение цифровой техники в релейной защите, противоаварийной автоматике, телеизмерениях и телеуправлении.

В это же время в энергосистемах стали внедрять цифровые устройства частотной разгрузки. При разработке первого такого устройства — блока микропроцессорного автоматической частотной разгрузки (БМАЧР) — главное внимание было уделено обеспечению абсолютной преемственности в части использования алгоритмов частотной разгрузки и совместимости с существовавшими системами аналогичного назначения. В техническом задании на его разработку, утвержденном в 1993 г. ЦДУ и РАО “ЕЭС России”, практически не ставилась задача резкого повышения метрологических характеристик и увеличения сервисных возможностей.

Однако огромные возможности, предоставляемые новой элементной базой и микропроцессорной техникой, позволили создать устройства частотной автоматики, в которых реализованы недоступные ранее функции. По многим параметрам и характеристикам эти устройства значительно превосходят западные аналоги, в чем есть немалая заслуга специалистов Центральной службы релейной защиты АО “Ленэнерго” [23] и аналогичных служб других энергосистем.

К настоящему времени известно большое число публикаций, а также выступлений на различных конференциях, посвященных цифровым устройствам релейной защиты. Тем не менее работ, в которых рассматриваются проблемы и достижения в области устройств частотной разгрузки и содержатся методические рекомендации по использованию возможностей, предоставляемых микропроцессорными устройствами частотной разгрузки, недостаточно.

За время, прошедшее с выпуска издания [48], существенно возросло количество и изменилась номенклатура цифровых устройств частотной разгрузки, находящихся в эксплуатации, расширился

круг специалистов, связанных с работой таких устройств в энергосистемах. В связи с этим возникли определенные трудности в адаптации персонала к новым устройствам, получению информации о характеристиках устройств, особенностям работы с ними.

В данном издании приведены описания устройств частотной разгрузки различных производителей, что, по мнению авторов, позволит получить адекватное представление о возможностях данного вида техники.

Широкое внедрение АСУ в энергосистемах обусловило введение глав, в которых рассмотрено подключение цифровых устройств к ПЭВМ и в АСУ, а также рассказано об интерфейсе цифровых устройств частотной разгрузки

В гл. 1 использованы материалы из [48, гл. 2), подвергшиеся небольшой правке.

Главы 2 и 3 написаны специально для данной брошюры О. Г. Захаровым.

Авторы признательны Ю. Н. Усачеву за оказанную им поддержку и конструктивное предложение по названию книги.

**Замечания и пожелания по брошюре  
просим направлять по адресу:  
115280, Москва, ул. Автозаводская, 14/23.  
Редакция журнала “Энергетик”.**

*Авторы*

## ГЛАВА ПЕРВАЯ

# Алгоритмы частотной разгрузки

### 1.1. ЧАСТОТНАЯ РАЗГРУЗКА АЧР-1

В известных работах [6, 7 и др.] частотной разгрузкой АЧР-1 принято называть такую разгрузку по частоте, когда отключение очереди нагрузки происходит по мере снижения частоты (иногда такую разгрузку называют *быстродействующей*).

Частотно-временная характеристика такой разгрузки показана на рис. 1.1, где линией *1* изображено изменение частоты  $f$  во времени при дефиците активной мощности в энергосистеме.

Срабатывание алгоритма АЧР-1 должно происходить при достижении контролируемой частотой значения  $F_{п\text{ АЧР-1}}$  — уставки пуска алгоритма АЧР-1. После достижения этого значения через некоторый промежуток времени  $T_{\text{АЧР-1}}$ , называемый *временем срабатывания*, происходит отключение соответствующей очереди нагрузки. Таким образом, устройство, реализующее функцию АЧР-1, должно содержать элементы, измеряющие текущее значение контролируемой частоты и сравнивающие его с заданной уставкой по частоте.

Рассматривая работу устройства частотной разгрузки в условиях дефицита активной мощности, необходимо обратить внимание еще на один параметр, характеризующий работу энергосистемы в этих условиях, — скорость изменения контролируемой частоты  $f_{\text{АЧР}}$ . На рис. 1.1 этот параметр показан в виде касательной  $f'_1$ , проведенной в точке перегиба линии *1*, характеризующей изменение частоты во времени.

Принципиально возможен и другой вариант снижения частоты, когда при потере питания со стороны системы напряжение в контролируемом узле поддерживается за счет подпитки от работающих в режиме “выбега” асинхронных двигателей. В этом случае изменение частоты происходит по линии *2* со скоростью  $f'_2 > f'_1$ .

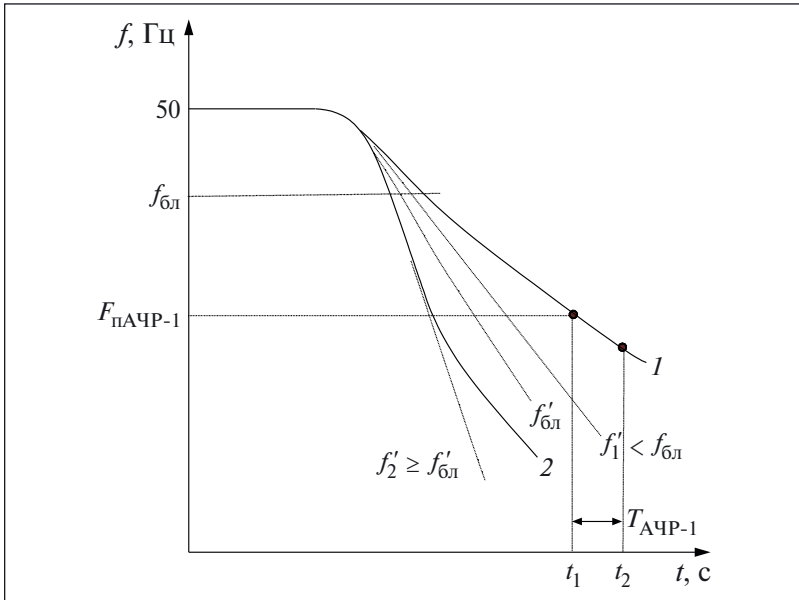


Рис. 1.1. Графики изменения частоты, характеризующие работу алгоритма АЧР-1

Чтобы не допустить излишних отключений нагрузки при потере питания, в алгоритм АЧР-1 необходимо ввести специальные элементы, которые должны учитывать скорость изменения частоты при формировании сигнала на отключение нагрузки и не производить отключений нагрузки в тех случаях, когда скорость изменения частоты превышает некоторое заранее установленное значение  $f'_2 > f'_{бл}$ .

Эти элементы должны обеспечивать:

- измерение скорости изменения частоты;
- сравнение текущего значения скорости с заранее заданной уставкой  $f'_{бл}$ .

Все сказанное позволяет составить обобщенную функциональную схему алгоритма АЧР-1 (рис. 1.2).

Контролируемое напряжение  $U_k$  поступает через разделительный и масштабирующий трансформатор  $T$  на входы двух измерительных элементов  $A1$  и  $A2$ , а текущие значения измеренных величин — на входы соответствующих пороговых элементов  $A3$  и  $A4$ .

В связи с тем что введение запрета на отключение нагрузки по скорости изменения частоты определяется характеристиками той или иной энергосистемы, в схеме предусмотрен функциональный

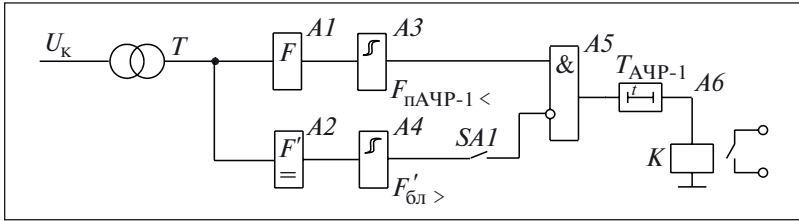


Рис. 1.2. Обобщенная функциональная схема алгоритма АЧР-1

блок, позволяющий исключить сигнал по скорости из алгоритма АЧР-1. На рис. 1.2 этот блок показан в виде ключа SA1.

Суммирование сигналов от пороговых элементов осуществляется по логической схеме И – НЕ элементом А5. Появление на выходе элемента А5 сигнала позволяет формировать команду на отключение очередной нагрузки, однако для исключения ложных срабатываний и недопущения излишних отключений нагрузки в функциональную схему алгоритма АЧР-1 включен элемент А6, обеспечивающий некоторый промежуток времени между моментом выполнения рассмотренных выше условий АЧР-1 и временем включения исполнительного реле К. Согласно действующим нормативным документам этот промежуток времени может изменяться от 0,15 до 0,3 с.

При настройке устройств частотной разгрузки для алгоритма АЧР-1 должны быть заданы:

- $F_{п\text{АЧР-1}}$  — частота пуска алгоритма (элемент А3);
- $T_{\text{АЧР-1}}$  — время срабатывания алгоритма (элемент А6);
- $F'_{бл}$  — скорость изменения частоты\*.

## 1.2. ЧАСТОТНАЯ РАЗГРУЗКА АЧР-2

Частотной разгрузкой АЧР-2 принято называть отключение нагрузки после достижения заданной уставки по частоте с некоторой, достаточно продолжительной, уставкой по времени срабатывания, или, как сказано в ПУЭ, отключение нагрузки по мере увеличения продолжительности существования пониженной частоты.

Частотная разгрузка АЧР-2 предназначена для восстановления значения частоты и недопущения работы генераторов при частоте ниже 49 Гц.

\* При замкнутом положении программного ключа SA1 (элемент А4) после достижения значения  $F'_{бл}$  работа алгоритма АЧР-1 блокируется.

Разгрузка по алгоритму АЧР-2 происходит при медленном снижении частоты после действия разгрузки по алгоритму АЧР-1 или зависании на уровне ниже 50 Гц.

Для предотвращения излишних отключений описание алгоритма АЧР-2 должно быть дополнено следующим условием: *нагрузка не должна отключаться, если до истечения промежутка времени  $T_{\text{АЧР-2}}$  значение контролируемой частоты станет равным частоте возврата алгоритма АЧР-2  $f_{\text{в АЧР-2}}$ .*

Графически это показано на рис. 1.3 в виде линии 1, отображающей процесс изменения частоты, соответствующий изложенному выше условию.

Линия 2 на этом же рисунке представляет такой процесс изменения контролируемой частоты, при котором ее значение до момента разгрузки  $t_3$  не успевает вернуться к  $f_{\text{в АЧР-2}}$ .

Функциональная схема рассмотренного алгоритма представлена на рис. 1.4.

В отличие от ранее рассмотренной схемы (см. рис. 1.2) здесь не предусмотрен контроль скорости изменения частоты, а излишние отключения нагрузки предотвращают большой выдержкой времени на срабатывание.

Для возврата алгоритма при восстановлении значения контролируемой частоты до заранее установленного значения  $F_{\text{в}}$  предусмотрен второй пороговый элемент А4, формирующий сигнал, поступающий на вход R триггера А8.

В соответствии с высказанными рекомендациями [6] в алгоритм АЧР-2 введен канал, формирующий сигнал на отключение нагрузки до завершения выдержки времени, задаваемой реле времени А10, если при наличии команды *Пуск АЧР-2* напряжение, поступающее на вход порогового элемента А5, станет ниже заранее заданной уставки.

В название алгоритма разгрузки, использующего информацию о значении напряжения, принято добавлять слова “с ускорением по напряжению” и обозначать как АЧР-Н.

Для исключения ложных срабатываний при кратковременных провалах напряжения и частоты в функциональной схеме предусмотрены элементы А6, А7 с фиксированным временем срабатывания.

При настройке устройств частотной разгрузки задают:

$F_{\text{п АЧР-2}} < -$  частоту пуска алгоритма (элемент А3);

$F_{\text{в АЧР-2}} > -$  частоту возврата алгоритма (элемент А4);

$T_{\text{АЧР-2}}$  — время срабатывания алгоритма (элемент А10);



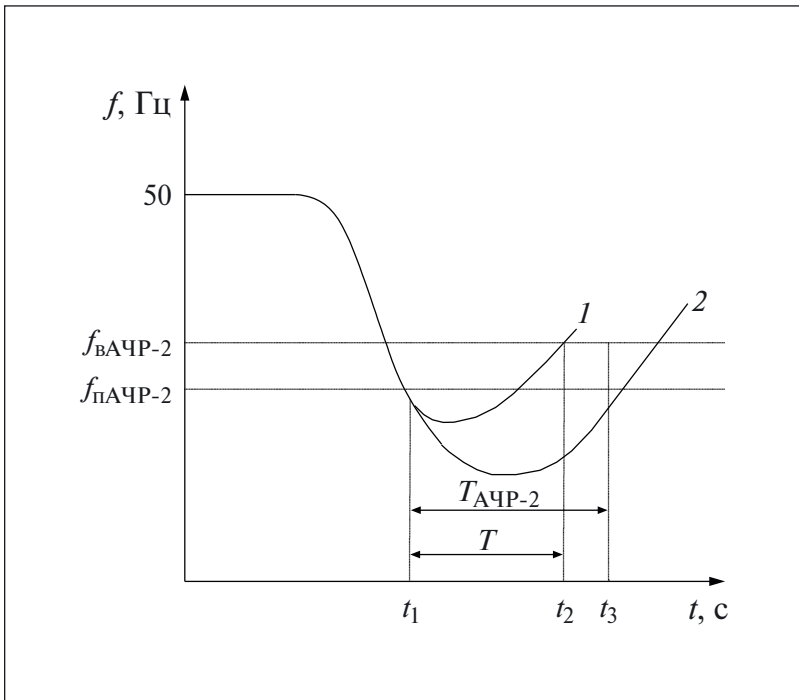


Рис. 1.3. Графики изменения частоты, характеризующие работу алгоритма АЧР-2

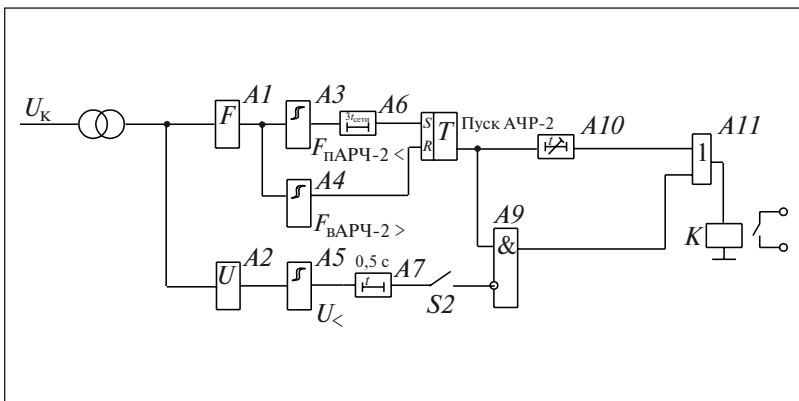


Рис. 1.4. Обобщенная функциональная схема алгоритма АЧР-2

$U_{<}$  — напряжение, при котором ускорение срабатывания алгоритма при замкнутом положении программного ключа  $S2$  происходит раньше момента времени, задаваемого элементом  $A10$ .

### 1.3. ЧАСТОТНАЯ РАЗГРУЗКА АЧР-С

Известно [4, 33], что использование алгоритма частотной разгрузки по скорости изменения частоты (АЧР-С) позволяет значительно улучшить работу энергосистем при больших дефицитах мощности, так как дает возможность отключать нагрузку с опережением, не допуская глубокого снижения частоты.

На рис. 1.5 графически представлен процесс работы данного алгоритма.

Горизонталь  $1$  соответствует верхней границе значения частоты  $f_{p\text{АЧР-С}}$ , начиная с которой разрешается действие алгоритма.

Наклонные линии  $2 - 4$  представляют собой графики изменений частоты  $f$  при скорости большей, равной и меньшей уставки  $F'_{уст}$  соответственно.

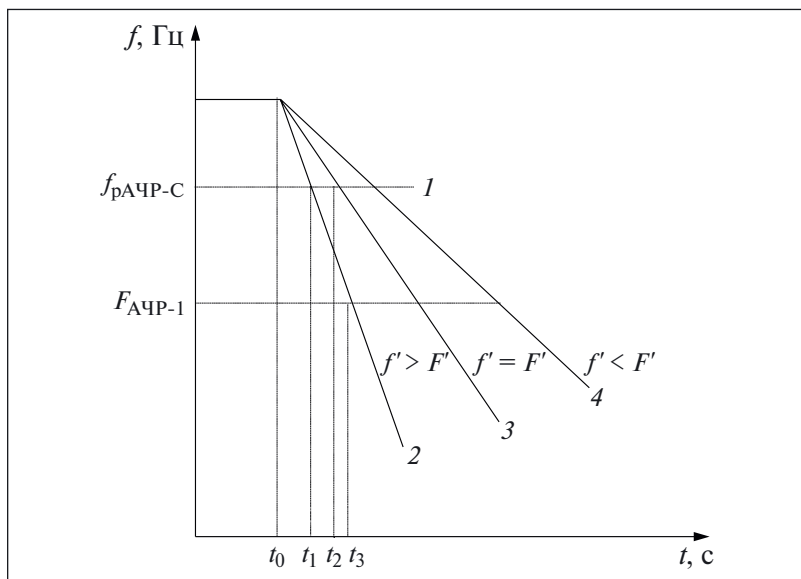


Рис. 1.5. Графики изменения частоты, характеризующие работу алгоритма АЧР-С

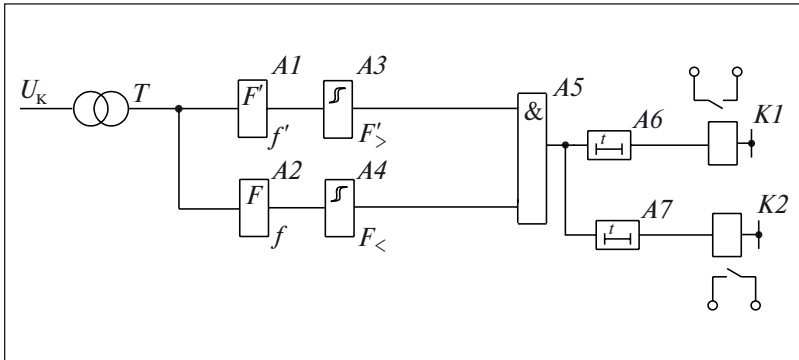


Рис. 1.6. Обобщенная функциональная схема алгоритма АЧР-С

Пуск алгоритма должен происходить при соблюдении двух условий:

- значение контролируемой частоты достигло максимально допустимого уровня  $f_{p \text{ АЧР-С}}$ ;
- скорость изменения частоты равна уставке  $F'_{\text{уст}}$ .

Для графика 3 эти условия выполняются в момент времени  $t_2$ . При фактической скорости изменения частоты, превышающей  $F'_{\text{уст}}$ , пуск алгоритма произойдет при том же значении частоты  $f_{p \text{ АЧР-С}}$  но ранее, в момент  $t_1$ .

Приведенным условиям соответствует обобщенная функциональная схема алгоритма АЧР-С, приведенная на рис. 1.6. Выходы измерительных элементов  $A1$  и  $A2$  соединены со входами соответствующих пороговых элементов  $A3$  и  $A4$ , а выполнение условий для пуска алгоритма контролирует элемент  $A5$ .

Для недопущения случайных отключений нагрузки при кратковременных срабатываниях пороговых элементов в функциональную схему введен элемент задержки  $A6$ . Значения  $F_{<}$  и время задержки являются фиксированными и не изменяются.

Для обеспечения нескольких очередей разгрузки по алгоритму АЧР-С функциональная схема может быть дополнена еще одним (см. реле  $K2$ ) или несколькими выходными реле и одним (см. элемент  $A7$ ) или несколькими элементами задержки, выдержка времени у которых превышает выдержку времени элемента  $A6$ .

При настройке устройств, реализующих алгоритм АЧР-С, необходимо задать уставку  $F'_{>}$ .

## 1.4. СОВМЕЩЕННАЯ ЧАСТОТНАЯ РАЗГРУЗКА

Для более рационального отключения очередей нагрузки предусматривают объединение действия всех рассмотренных ранее алгоритмов на один исполнительный орган (выходное реле) или, как принято говорить, совмещают в любом сочетании действие разных алгоритмов на одну и ту же ступень нагрузки.

Процесс работы такого алгоритма иллюстрирует рис. 1.7, на котором совмещены все три ранее рассмотренных графика изменения частоты, характеризующих работу алгоритмов АЧР-1, АЧР-2 и АЧР-С.

Если изменение контролируемой частоты в системе будет происходить по линии 3, когда  $f' > F'$ , то отключение нагрузки произойдет в момент времени  $t_1$ .

При изменении частоты по линии 2 запуск алгоритма АЧР-С не происходит из-за изменения частоты со скоростью, меньшей уставки срабатывания этого алгоритма. Однако при достижении частотой

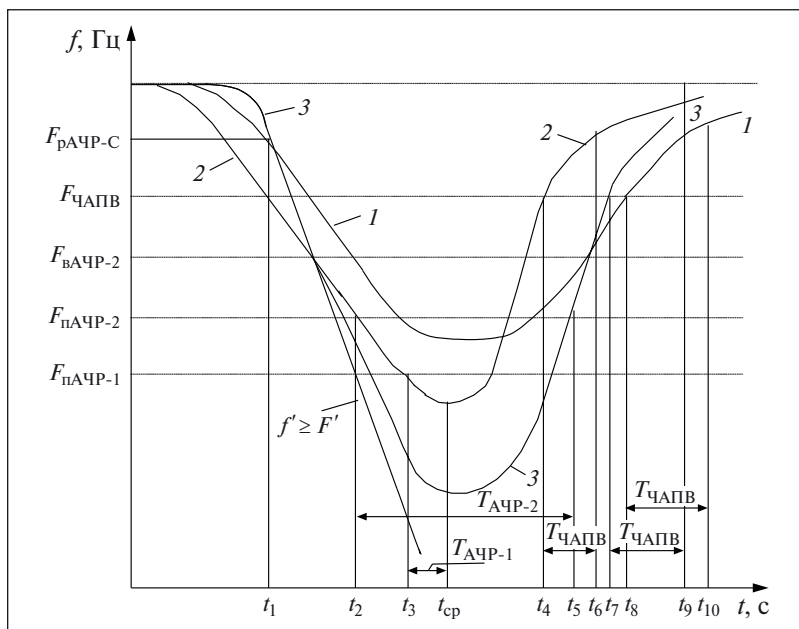


Рис. 1.7. Графики изменения частоты, характеризующие работу алгоритма совмещенной частотной разгрузки

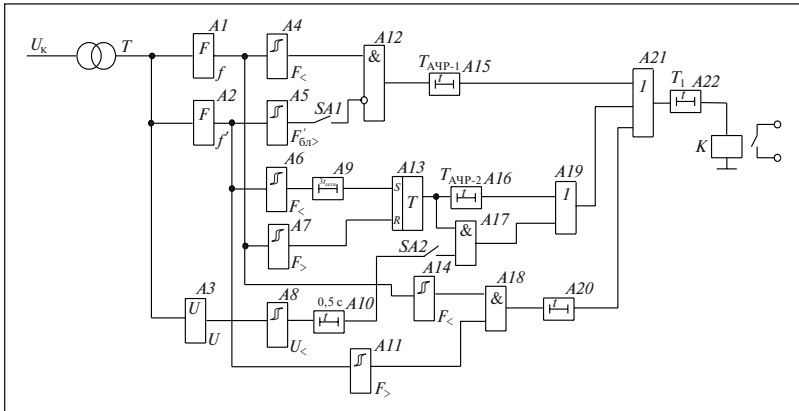


Рис. 1.8. Обобщенная функциональная схема алгоритма совмещенной частотной разгрузки

значения  $F'_{п\text{АЧР-1}}$  (момент  $t_3$ ) алгоритм АЧР-1 запускается. Через промежуток времени  $T_{\text{АЧР-1}}$  (момент срабатывания  $t_{\text{ср}}$ ) алгоритм АЧР-1 срабатывает и происходит отключение нагрузки.

Последний из рассматриваемых алгоритмов — АЧР-2 действует аналогично и, если значение контролируемой частоты не вернулось к  $F'_{в\text{АЧР-2}}$ , срабатывает в момент  $t_5$ .

Все сказанное позволяет представить обобщенную функциональную схему алгоритма *совмещенной частотной разгрузки*\* в виде, показанном на рис. 1.8. Фактически она представляет собой объединение ранее рассмотренных обобщенных функциональных схем отдельных алгоритмов.

При настройке устройств частотной разгрузки для алгоритма совмещенной частотной разгрузки задают:

$F'_{п\text{АЧР-1}}$  — частоту пуска алгоритма АЧР-1 (элемент А4);

$F'_{п\text{АЧР-2}}$  — частоту пуска алгоритма АЧР-2 (элемент А6);

$F'_{в\text{АЧР-2}}$  — частоту возврата алгоритма АЧР-2 (элемент А7);

$F'_{\text{бл}}$  — скорость изменения частоты, при достижении которой блокируется работа алгоритма АЧР-1 при замкнутом положении программного ключа SA1 (элемент А5);

$F'_{>}$  — скорость изменения частоты, при которой происходит запуск алгоритма АЧР-С (элемент А10)\*\*;

\* В литературе иногда используют термин *комбинированная частотная разгрузка*.

\*\* Значения  $F'_{<}$  (элемент А14) и время задержки (элемент А16) являются фиксированными и не изменяются.

$T_{\text{АЧР-1}}$  — время срабатывания алгоритма АЧР-1 (элемент  $A15$ );  
 $T_{\text{АЧР-2}}$  — время срабатывания алгоритма АЧР-2 (элемент  $A16$ );  
 $U_{<}$  — напряжение, при котором происходит ускорение срабатывания алгоритма АЧР-2 (раньше момента времени, задаваемого элементом  $A16$ ) при замкнутом положении программного ключа  $SA2$ .

## 1.5. ВКЛЮЧЕНИЕ НАГРУЗКИ ПО ЧАСТОТЕ (ЧАПВ)

В результате срабатывания алгоритмов частотной разгрузки происходит восстановление частоты (см. графики изменения частоты во времени, показанные рис. 1.7) до значения  $F_{\text{ЧАПВ}}$  (моменты времени  $t_4, t_7, t_8$  на рис. 1.7 для линий 2, 3 и 1 соответственно), что позволяет включить нагрузку, отключенную ранее по сигналам алгоритмов АЧР. Выполнение условий, позволяющих включить нагрузку, контролирует алгоритм включения нагрузки по частоте (ЧАПВ) (рис. 1.9)\*. Этот же алгоритм формирует соответствующие сигналы на включение нагрузки.

Для исключения срабатывания алгоритма ЧАПВ при пониженном напряжении сети в обобщенную функциональную схему алгоритма должен быть введен элемент, контролирующий напряжение сети и дающий разрешение на включение нагрузки только при определенном значении  $U_{>}$ .

В обобщенной функциональной схеме алгоритма ЧАПВ (рис. 1.9) предусмотрен специальный ключ  $SA1$ , позволяющий дополнить данный алгоритм узлом контроля напряжения и тем самым учесть особенности работы энергосистемы.

\* Этот алгоритм принято называть “Автоматическое повторное включение нагрузки по частоте”, что не совсем точно.

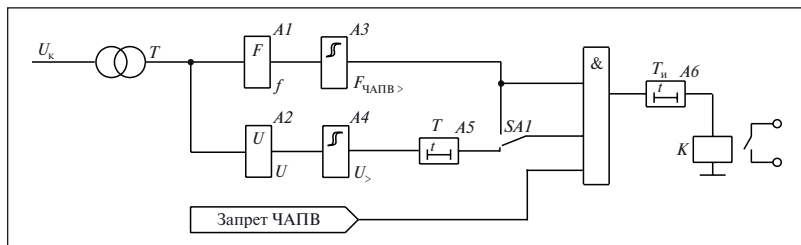


Рис. 1.9. Обобщенная функциональная схема алгоритма ЧАПВ

В функциональной схеме предусмотрено использование внешнего, не связанного с работой алгоритма, сигнала “Запрет ЧАПВ”, блокирующего работу алгоритма ЧАПВ.

При настройке работы алгоритма в реальных условиях необходимо задать следующие уставки:

$F_{\text{ЧАПВ}} >$  — по частоте запуска (возврата) алгоритма ЧАПВ (элемент А3);

$U_>$  — по напряжению разрешения срабатывания алгоритма ЧАПВ при нижнем положении контакта программного ключа SA1 (элемент А4);

$T$  — по выдержке времени алгоритма ЧАПВ (элемент А6).

Выдержка времени канала по напряжению (элемент А5) не регулируется и предназначена для устранения ложных срабатываний при кратковременных изменениях напряжения  $U_k$ .

## 1.6. ОГРАНИЧЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЧАСТОТЫ (АОПЧ)

Отделение избыточной по нагрузке энергосистемы или ее части, а также отключение значительной нагрузки приводит к повышению

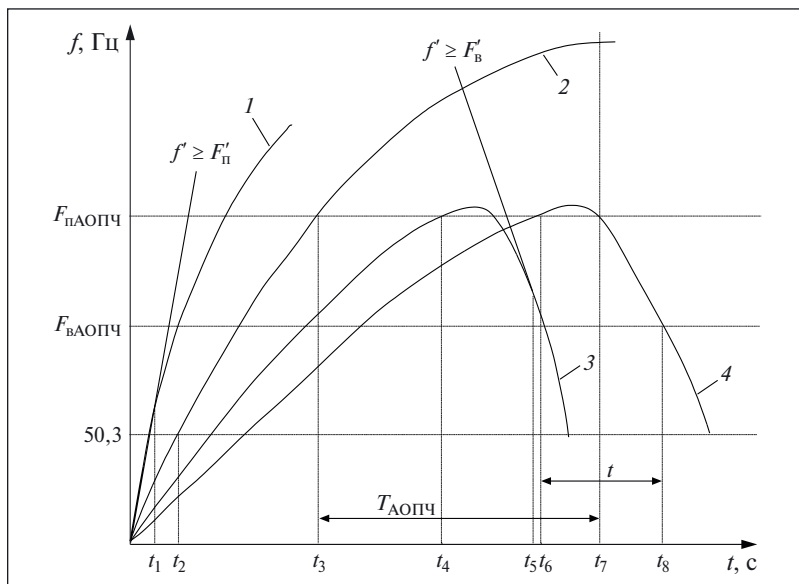


Рис. 1.10. Графики изменения частоты, характеризующие работу алгоритма АОПЧ

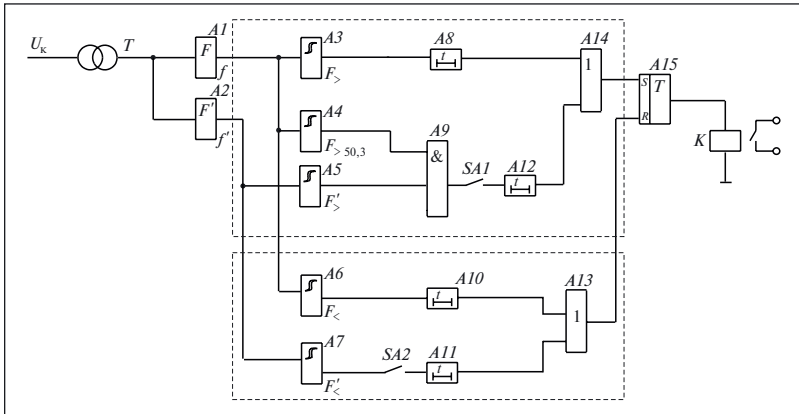


Рис. 1.11. Обобщенная функциональная схема алгоритма АОПЧ

частоты в энергосистеме. Вместе с генераторами ГЭС увеличивают частоту вращения и работающие параллельно с ними на общую сеть турбогенераторы, что представляет опасность для турбин, приводящих их во вращение. Срабатывание автоматов безопасности турбин часто не предотвращает увеличения частоты их вращения сверх допустимой, так как после прекращения подачи пара генераторы могут перейти в режим синхронного двигателя и начать вращать турбины с частотой, соответствующей частоте сети, задаваемой гидрогенераторами.

Пусть частота изменяется в соответствии с линией 2 (рис. 1.10), достигая значения  $F_{п\text{ АОПЧ}}$  в момент  $t_3$ , что приводит к пуску алгоритма ограничения повышения частоты. Если и дальше частота в энергосистеме будет повышаться, то после истечения выдержки времени  $T_{\text{АОПЧ}}$  в момент времени  $t_7$  алгоритм сформирует сигнал на исполнительный элемент для отключения генераторов электростанции.

Возможно и другое развитие событий. Частота  $f$ , изменяясь в соответствии с линией 4 на рис. 1.10, в момент времени  $t_6$  достигает значения  $F_{п\text{ АОПЧ}}$ , но через промежуток времени  $t < T_{\text{АОПЧ}}$  уменьшится до значения  $F_{в\text{ АОПЧ}}$  (момент времени  $t_8$ ), что должно привести к блокированию устройства, так как условие формирования сигнала исполнительного элемента с этого момента отсутствует.

Если учесть сказанное ранее о целесообразности контроля такого параметра энергосистемы, как скорость изменения частоты, то при составлении обобщенной функциональной схемы алгоритма АОПЧ необходимо рассмотреть еще два варианта изменения частоты (см. графики 1 и 3 на рис. 1.10).



Пусть при разгрузке частота в системе изменяется в соответствии с линией 1, тогда в момент времени  $t_1$  будет выполнено условие  $f' > F'_n$  и алгоритм АОПЧ должен подать сигнал на исполнительный орган. Можно представить и иной процесс изменения частоты — монотонное ее возрастание с небольшой скоростью до значения  $F_{n\text{АОПЧ}}$  (линия 3 на рис. 1.10, момент  $t_4$ ), когда запускается алгоритм АОПЧ, а затем быстрое снижение со скоростью  $f' > F'_в$ . В этом случае работу алгоритма необходимо остановить в момент времени  $t_5$ .

Обобщенная функциональная схема алгоритма АОПЧ, отвечающая рассмотренным условиям, приведена на рис. 1.11. В ней можно выделить две части — одна из них обеспечивает включение АОПЧ, а вторая — отключение.

Элементы, измеряющие частоту и скорость ее изменения, являются общими для этих частей, поэтому сигналы с их выходов поступают на все пороговые элементы (элементы А3 — А7) выделенных частей.

Для исключения ложных срабатываний алгоритма в обобщенную функциональную схему введены не только традиционные элементы временных задержек (А8, А10 — А12), но и пороговый элемент А4. Поэтому алгоритм не реагирует на скорость изменения частоты в тех случаях, когда абсолютное значение частоты, измеряемое этим элементом, меньше 50,3 Гц.

В схему введены ключи SA1 и SA2 для того, чтобы при необходимости можно было исключать из алгоритма АОПЧ канал по скорости изменения частоты.

При настройке этого алгоритма в реальных энергосистемах необходимо задать следующие уставки:

$F_{n\text{АОПЧ}}^{\text{вкл}}$  — по частоте пуска алгоритма АОПЧ (элемент А3);  
 $F_{n\text{АОПЧ}}^{\text{откл}}$  — по частоте пуска алгоритма АОПЧ (элемент А6);  
 $F'_>$  — по скорости увеличения частоты (элемент А5);  
 $F'_<$  — по скорости уменьшения частоты (элемент А7);  
 $T_{\text{вкл}}$  — по времени срабатывания алгоритма АОПЧ (элемент А8);  
 $T_{\text{откл}}$  — по времени срабатывания алгоритма АОПЧ (элемент А10).

Неизменяемые временные задержки, создаваемые элементами А11 и А12, предназначены для исключения случайных срабатываний алгоритма при кратковременных колебаниях скорости изменения частоты.

## ГЛАВА ВТОРАЯ

# Устройства частотной разгрузки

### 2.1. АППАРАТУРА ЧАСТОТНОЙ РАЗГРУЗКИ (АЧРМ\*)

Аппаратура частотной разгрузки серии АЧРМ предназначена для использования в цепях противоаварийной автоматики в качестве органа, реагирующего на изменение частоты в энергосистеме, и состоит из узла измерителя частоты (ИЧ), трех реле частотной разгрузки (АЧР-А, АЧР-В, АЧР-С), двух реле включения нагрузки по частоте (ЧАПВ-А, ЧАПВ-В), многофункционального реле  $D$  и узла логики (ЛОГ), обеспечивающего изменение характеристик перечисленных выше реле АЧР и ЧАПВ и изменение функций реле  $D$ .

Входной измеряемый сигнал с номинальным напряжением 100 В после преобразования в токовый сигнал поступает через логарифмирующий усилитель, фильтры низких (частота среза фильтра регулируются в диапазоне от 54 до 62 Гц) и высоких (частота среза регулируется от 39 до 45 Гц) частот на компаратор. С выхода компаратора прямоугольные импульсы с частотой входного измеряемого сигнала поступают на цифровое устройство, работа которого иллюстрируется диаграммой на рис. 2.1.

Работа измерителя начинается после поступления положительного фронта напряжения  $U_1$  в момент времени  $t_1$ . Предыдущие показания счетчика интервала обнуляются, и начинается счет импульсов частотой 1 МГц, генерируемых кварцевым генератором.

После отсчета интервала времени от момента времени  $t_1$  до момента времени  $t_2$  длительностью 16,386 мс (линия  $U_2$  на рис. 2.1) формируется сигнал, разрешающий работу счетчика периода АС

---

\* Описание составлено по техническому описанию, любезно предоставленному М. Г. Тяпкиным, и материалам, размещенным на странице [www.zk.ru/iva91/AchRM.html](http://www.zk.ru/iva91/AchRM.html).

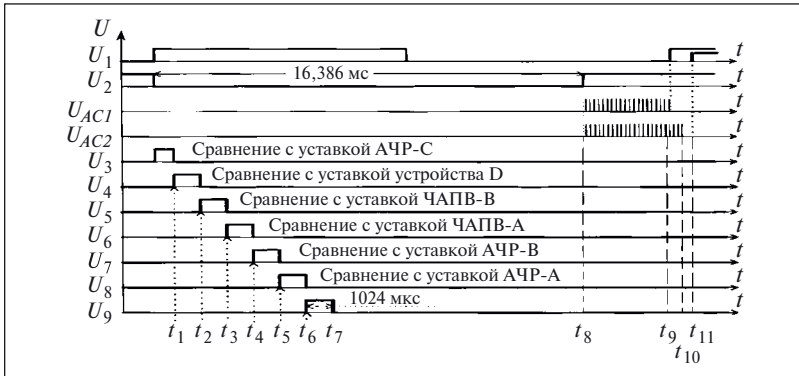


Рис. 2.1. Временная диаграмма работы измерителя частоты

(момент времени  $t_8$ ), на вход которого поступает тактовая частота 500 кГц. При появлении следующего положительного фронта напряжения  $U_1$  (момент времени  $t_9$ ) счетчик периода прекращает счет и на его выходах фиксируется количество импульсов частотой 500 кГц, поместившееся на интервале времени  $(t_9 - t_8)$ , равном разности периода измеряемой входной частоты  $f$  и фиксированному интервалу времени 16,386 мс.

Так счетчики работают тогда, когда частота  $f$  находится в диапазоне от 41,56 до 61,02 Гц.

При снижении частоты ниже 41,56 Гц работа счетчика блокируется после подсчета 3840 импульсов (момент времени  $t_{10}$  и линия  $U_{AC1}$  на рис. 2.1), т.е. все меньшие значения частоты воспринимаются равными 41,56 Гц.

Через 3 – 4 мс после появления положительного импульса  $U_1$  запускается распределитель импульсов узла ИЧ, и во время появления импульсов на выходе распределителя сравниваются числа, зафиксированные счетчиком, с уставками по частоте устройств АЧР, ЧАПВ и D (линии на рис. 2.1).

Реле частотной разгрузки АЧР-А (АЧР-В или АЧР-С) срабатывают (ср. с рис. 1.2) при уменьшении входной измеряемой частоты ниже уставки  $F_{АЧР-А}$  ( $F_{АЧР-В}$  или  $F_{АЧР-С}$ ) на время, превышающее уставку  $T_{АЧР-А}$  ( $T_{АЧР-В}$  или  $T_{АЧР-С}$ ).

Если же значение частоты по истечении промежутка времени  $T_{АЧР-А}$  ( $T_{АЧР-В}$  или  $T_{АЧР-С}$ ) станет больше уставки, то произойдет возврат (ср. с рис. 1.3) устройства АЧР-А (АЧР-В или АЧР-С).

Установив в узле ЛОГ соответствующие переключки, можно ввести условия запрета на срабатывание и возврат реле АЧР (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Условия работы реле АЧР, задаваемые перемычками в узле ЛОГ

Условия работы реле	АЧР-А	АЧР-В	АЧР-С
Уставки срабатывания по: частоте времени*	$F < F_{\text{АЧР-А}}$ $T_{\text{АЧР-А}}$	$F < F_{\text{АЧР-В}}$ $T_{\text{АЧР-В}}$	$F < F_{\text{АЧР-С}}$ $T_{\text{АЧР-С}}$
Запрет срабатывания* <sup>2</sup>	Внешний контакт (З или Р)		
	Реле скорости снижения частоты		
Возврат реле	Срабатывание ЧАПВ-А	Срабатывание ЧАПВ-А	
	Внешний контакт (З) <sup>*3</sup>		
	Переключатель “Возврат АЧР” <sup>***</sup>		
		Срабатывание ЧАПВ-В Срабатывание устройства D <sup>*4</sup>	

\* Значение входной измеряемой частоты ниже уставки по частоте на время, превышающее значение уставки по времени.

<sup>2</sup> З — замыкающий, Р — размыкающий контакты внешнего реле.

<sup>3</sup> Только при выполнении условия  $F > F_{\text{АЧР-А}}$ .

<sup>4</sup> При использовании многофункционального устройства D в качестве устройства ЧАПВ-С.

Устанавливая перемычки в узле ЛОГ, можно выбрать один из режимов работы выходных реле устройств частотной разгрузки:

- *непрерывный* (постоянный), когда контакт выходного реле замкнут до получения сигнала “Возврат” от внешнего контакта, переключателя “Возврат АЧР” или возврата от ЧАПВ\* (ср. с рис. 2.14, а);
- *импульсный*<sup>\*\*</sup>, когда контакт выходного реле замыкается на время около 3 с при срабатывании АЧР-А, АЧР-В, а также объединенных по схеме ИЛИ АЧР-А и АЧР-В.

Условия работы реле повторного включения нагрузки по частоте ЧАПВ задаются перемычками, устанавливаемыми в узле ЛОГ (табл. 2.2).

Реле ЧАПВ-А и ЧАПВ-В имеют отдельные контактные выходы.

Устройство D в зависимости от установленных в узле ЛОГ перемычек может выполнять одну из функций, приведенных в табл. 2.3, в которой реле скорости снижения частоты и скорости повышения частоты обозначены как РССЧ и РСПЧ.

\* Возврат от ЧАПВ-А (для реле АЧР-А), возврат от любого ЧАПВ для АЧР-В и АЧР-С.

\*\* Импульсный режим работы реле АЧР-С не предусмотрен.

Т а б л и ц а 2.2. Условья работы реле ЧАПВ, задаваемые перемычками в узле ЛОГ

Условия работы реле	ЧАПВ-А	ЧАПВ-В
Уставки срабатывания по: частоте времени*	$F > F_{\text{ЧАПВ-А}}$ $T_{\text{ЧАПВ-А}}$	$F > F_{\text{ЧАПВ-В}}$ $T_{\text{ЧАПВ-В}}$
Разрешение срабатывания	Сработало и не сброшено реле АЧР-А	
	Сработало и не сброшено реле АЧР-В	
	Сработали и не сброшены реле АЧР-А или АЧР-В	
	Сработало и не сброшено устройство $D^{**}$	
Возврат реле	Внешний контакт (З)	
	Счетчик времени очереди ЧАПВ-А	Счетчик времени очереди ЧАПВ-В

\* Значение входной измеряемой частоты выше уставки по частоте на время, превышающее значение уставки по времени.

\*\* При использовании устройства  $D$  в качестве устройства АЧР-С.

Т а б л и ц а 2.3. Функции, выполняемые устройством  $D$ , задаваемые перемычками в узле ЛОГ

Условия работы реле	РСПЧ	АЧР-D	ЧАПВ-С	РССЧ
Уставки срабатывания по: частоте времени	$F > F_D$ $T_D$	$F < F_D$ $T_D$	$F > F_D$ $T_D$	$F_D \leq F_{\text{АЧР-А}}$ $< T_D$
Запрет срабатывания	По изменению $F$			
Возврат реле	$F < F_D$	$F > F_D^*$	$F < F_D$	$F > F_D$
		$F > F_{\text{ЧАПВ-А}}$		$F > F_{\text{ЧАПВ-А}}$
		$U_{\text{вх}} <^{*2}$		
		$U_{\text{пит}} <^{*2}$		
		Внешний контакт (З) <sup>*3</sup>	Внешний контакт (З) <sup>*4</sup>	
Сброс реле		Внешний контакт (З)		

\* Ср. с алгоритмом АЧР-2 (рис. 1.3).

<sup>\*2</sup> Одновременно формируется выходной дискретный сигнал об уменьшении напряжения входного измеряемого сигнала  $U_{\text{вх}} <$  или выходного напряжения источника питания  $U_{\text{пит}} <$  ниже заданного порога.

<sup>\*3</sup> При увеличении входной частоты выше  $F_D$ .

<sup>\*4</sup> Вне зависимости от установленных перемычек.

Диапазон изменения уставок по частоте для всех реле и устройств  $D$ : от 41, 56 до 61,02 Гц с дискретностью 0,01 Гц.

Частота уставки, заданная перемычками на узле ЛОГ, определяется по формуле:

$$F = 500\,000 / (8193 + K). \quad (2.1)$$

Здесь 500 000 — тактовая частота 500 кГц;  $K$  — 12-разрядное число, устанавливаемое перемычками:

$$\begin{aligned} K = & (X_{7C} \cdot 2048) + (X_{iB} \cdot 1024) + (X_{iA} \cdot 512) + \\ & + (X_{j9} \cdot 256) + (X_{i8} \cdot 128) + (X_{i7} \cdot 64) + (X_{i6} \cdot 32) + \\ & + (X_{i5} \cdot 16) + (X_{i4} \cdot 8) + (X_{i3} \cdot 4) + (X_{i2} \cdot 2) + (X_{i1} \cdot 1), \end{aligned} \quad (2.2)$$

где  $X_{ij}$  —  $j$ -й разряд.

При снятой перемычке  $X_{ij} = 1$ , при установленной —  $X_{ij} = 0$ .

**Пример 2.1.** На соединителе сняты перемычки 3, 5, 6, 8, С. Остальные перемычки установлены. Вычисляем  $K$ :

$$\begin{aligned} K = & (1 \cdot 2048) + (0 \cdot 1024) + (0 \cdot 512) + (0 \cdot 256) + \\ & + (1 \cdot 128) + (0 \cdot 64) + (1 \cdot 32) + (1 \cdot 16) + \\ & + (0 \cdot 8) + (1 \cdot 4) + (0 \cdot 2) + (0 \cdot 1) = 2228; \end{aligned}$$

$$F = 500\,000 / (8193 + 2228) = 47,98004 \text{ Гц} \approx 48 \text{ Гц.}$$

**Пример 2.2.** Необходимо задать уставку, равную 49,20 Гц.

Находим  $K = (500\,000 / 49,20) - 8193 = 1969,6 \approx 1970$ .

Определяем коэффициенты  $X_{ij}$ :

$$\begin{aligned} 1970 = & (0 \cdot 2048) + (1 \cdot 1024) + (1 \cdot 512) + \\ & + (1 \cdot 256) + (1 \cdot 128) + (0 \cdot 64) + (1 \cdot 32) + \\ & + (1 \cdot 16) + (0 \cdot 8) + (0 \cdot 4) + (1 \cdot 2) + (0 \cdot 1). \end{aligned}$$

**Вывод.** На соединителе необходимо снять перемычки в разрядах  $B, A, 9, 8, 6, 5, 2$ . Остальные перемычки должны быть установлены.

Выдержка времени каждого из устройств задается также с помощью перемычек, устанавливаемых в узле ЛОГ, и может составлять:

а) от 3 до 257 периодов измеряемой частоты. Задание уставок по времени в этом диапазоне осуществляется с дискретностью 1 период измеряемой частоты. Значение уставки по времени в этом диапазоне вычисляется по формуле периодов измеряемой частоты:

$$t = K + 2, \quad (2.3)$$

где  $K$  — двоичное число, набираемое переключками на соединителе; 2 — число добавочных периодов;

б) от 0,5 до 127,5 с. Задание уставок в этом диапазоне осуществляется с дискретностью 0,5 с. Значение уставки по времени в этом диапазоне вычисляется по формуле, мс:

$$t = K \cdot 500; \quad (2.4)$$

в) от 90 до 2630 мс. Задание уставок в этом диапазоне осуществляется с дискретностью 10 мс. Значение уставки по времени в этом диапазоне вычисляется по формуле, мс:

$$t = 80 + (K \cdot 10), \quad (2.5)$$

где 80 — задержка срабатывания, обуславливаемая характеристиками ИЧ.

Необходимо обратить внимание, что при задании выдержки времени обязательно должна быть установлена хотя бы одна переключка.

На лицевой панели аппаратуры АЧРМ расположены следующие элементы:

- переключатель “Возврат АЧР”;
- переключатель “Сброс ИНД”;
- индикаторы, обеспечивающие информацию о:
  - работе выходного реле каждого из устройств в данный момент (постоянное свечение индикатора);
  - срабатывании выходного реле каждого из устройств в прошлом (мигающее свечение индикатора);
  - работе счетчика времени очередей ЧАПВ-А и ЧАПВ-В;
  - снижении напряжений входного измеряемого сигнала и источника питания.

Схема внешних подключений аппаратуры показана на рис. 2.2.

Модернизированное устройство АЧРМ-2 имеет два независимых гальванически развязанных входа измеряемых частот и шесть функциональных выходных реле с программируемыми функциями (ср. с частотными реле в устройстве БММРЧ).

В устройстве предусмотрены одно выходное реле сигнализации неисправностей с программируемыми функциями и шесть входов с программируемыми функциями, принимающих сигналы от внешних “сухих” контактов.

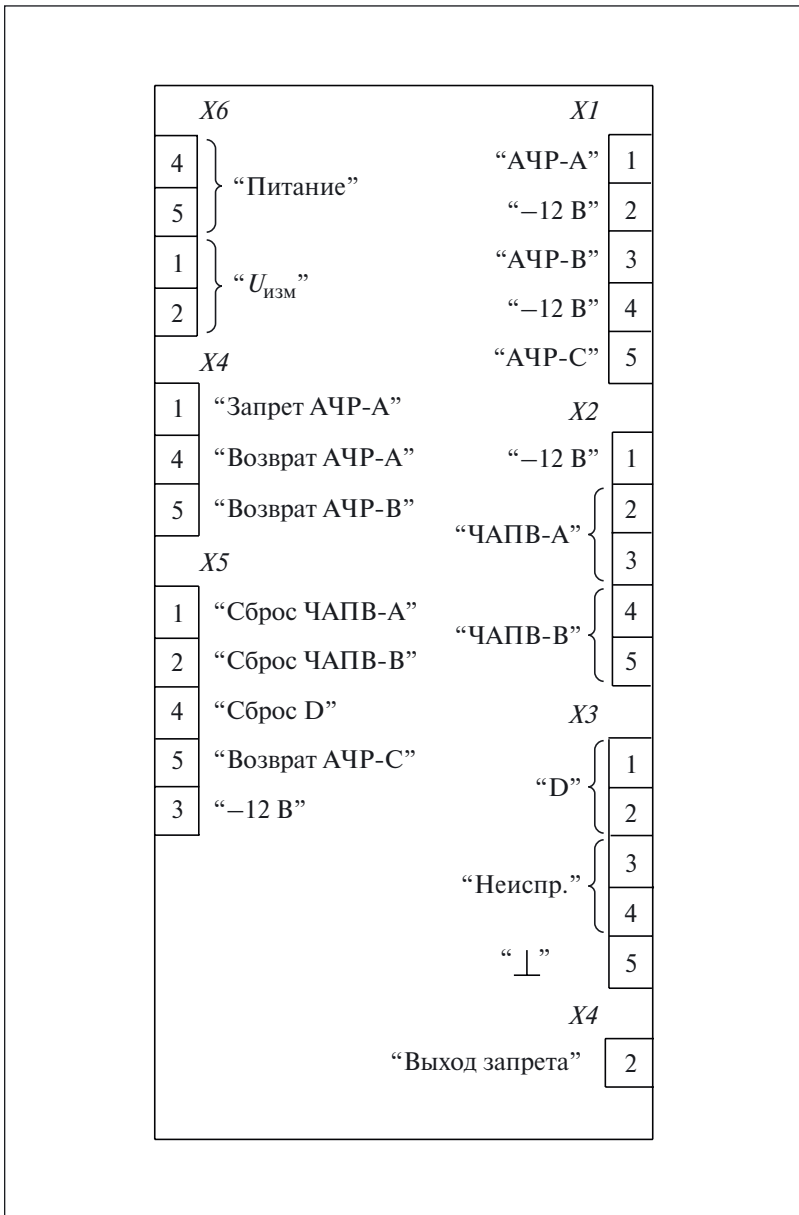


Рис. 2.2. Схема внешних подключений аппаратуры АЧРМ



Каждое из шести функциональных выходных реле может быть запрограммировано оператором на выполнение функций:

- АЧР (реле одноходовое, одноходовое с запретом срабатывания по сигналу, скорости снижения частоты или двухходовое);
- ЧАПВ (реле одно- или двухходовое);
- РССЧ (реле скорости снижения частоты);
- РСПЧ (реле скорости повышения частоты);
- РПЧ (реле повышения частоты);
- РРЧ (реле разности частот).

Диапазон задания уставок по частоте срабатывания для любого из функциональных выходных реле — от 45 до 55 Гц с дискретностью задания уставок 0,01 Гц.

Диапазон задания уставок по времени срабатывания устройств от 150 мс до 300 с с дискретностью 10 мс.

Длительность импульса срабатывания выходных реле при выборе импульсного режима работы — от 10 мс до 300 с, изменяемая с дискретностью 10 мс.

Уставки по скорости снижения частоты могут задаваться в диапазоне от 0,1 до 10 Гц/с с дискретностью 0,1 Гц/с.

Изменение уставок производится с помощью клавиатуры после ввода пароля.

Информация о текущем состоянии устройства, зарегистрированных неисправностях и других параметрах отображается на экране двухстрочного жидкокристаллического индикатора.

При замене программы могут быть реализованы дополнительные функции изделия или изменены имеющиеся. Замена программного обеспечения может производиться на месте эксплуатации с помощью персонального компьютера, подключаемого к устройству АЧРМ-2 по интерфейсу RS-232.

По интерфейсу RS-232 возможно изменение с помощью компьютера уставок и функций АЧРМ-2, считывание информации регистратора событий и т.п.

Регистратор событий, предусмотренный в АЧРМ-2, запоминает более 1000 событий (срабатывание функциональных устройств, пропадание питания и входных измеряемых сигналов) и фиксирует время совершения события.

В АЧРМ-2 предусмотрено подключение по интерфейсу RS-485 к локальной сети сбора информации на объекте для передачи данных.

Предусмотрена возможность синхронизации времени АЧРМ-2 по интерфейсу IRIG.

## 2.2. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ БЛОК БМАЧР

Блок БМАЧР стал одним из первых цифровых устройств, серийно выпускаемых в России. Блок разработан в НТЦ “Механотроника” совместно со специалистами Рижского технического университета (проф. Н. С. Гуров) для применения в системах частотной разгрузки. Внешний вид лицевой панели устройства приведен на рис. 2.3.

В данном устройстве впервые в отечественной практике был реализован принцип программирования параметров устройства частотной автоматики для нужд конкретного объекта с целью аварийной разгрузки энергосистемы, причем доступ к устройству для изменения уставок можно получить только после введения пароля. Цифровая техника позволила не только отображать значения уставок на дисплее устройства, но и организовать пакетный принцип задания и хранения ставок.



Рис. 2.3. Внешний вид блока БМАЧР

Таблица 2.4. **Пакетное задание уставок**

Обозначение уставки	Значение уставки для пакета:	
	1	2
$F_{\text{АЧР-1}}$ , Гц	47,0	46,0
$F_{\text{ЧАПВ}}$ , Гц	49,5	49,9
$T_{\text{ЧАПВ-1}}$ , с	1	2
$T_{\text{ЧАПВ-2}}$ , с	2	3
$T_{\text{ЧАПВ-С}}$ , с	3	4
$s_{\text{бл}}^*$ , Гц/с	0,7	9,5
$s_{\text{ср}}^*$ , Гц/с	2,0	3,0

\* Скорость изменения частоты.

В устройстве БМАЧР предусмотрены задание двух независимых пакетов уставок (табл. 2.4) и централизованный, по внешнему сигналу (на рис. 2.4 соединитель “4” ХТ2), переход с одного пакета на другой.

Конструктивно блок БМАЧР состоит из трех модулей — управления, питания и выходных реле, пульта. Модуль управления оснащен процессором и выполняет такие функции:

- контролирует уровень входного напряжения и выдает сигнал о достижении нижнего уровня ( $0,4U_{\text{НОМ}}$ ) на дисплеи (контролируемое напряжение поступает на контакты соединителя “3” ХТ1);
- измеряет частоту и скорость изменения частоты в сети;
- реализует перечисленные выше алгоритмы работы устройства;
- обеспечивает изменение и хранение уставок\*;
- обеспечивает блокирование работы блока БМАЧР (прекращение работы всех алгоритмов) после поступления команды “Блок. 1” на контакты 3, 4 соединителя ХТ2;
- управляет работой выходных реле, контакты которых выведены на соединители “1” Х2 и “2” Х3;
- осуществляет программную поддержку работы клавиатуры и индикаторов блока.

Модуль питания и выходных реле обеспечивает питанием блок и его элементы, содержит сетевые фильтры, обеспечивающие подавление высокочастотных и импульсных помех, поступающих из контролируемой сети и сети оперативного напряжения.

\* Переход с первого на второй пакет уставок происходит после подачи сигнала “ПР2” на контакты 1, 2 соединителя “2” ХТ2.

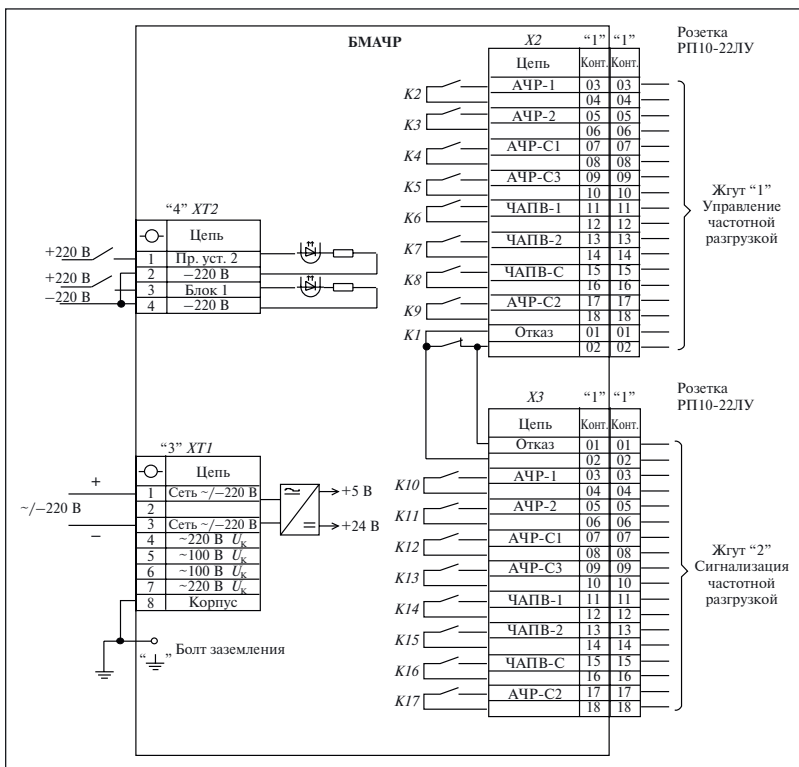


Рис. 2.4. Схема внешних подключений устройства типа БМАЧР

Модуль пульта содержит восьмисегментные индикаторы, светодиоды и кнопки управления.

При применении дисплеев из нескольких знаков приходится использовать специальные таблицы, объясняющие значения символов, индицируемых на дисплее в каждом из режимов. В частности, в блоке БМАЧР предусмотрены три разных режима для индикации:

- работа;
- чтение и ввод уставок;
- самотестирование.

В режиме “Работа” вариант сообщения создается четырьмя восьмисегментными индикаторами и светодиодом (табл. 2.5).

Для индикации в других режимах используются только восьмисегментные индикаторы (табл. 2.6).

Таблица 2.5. Примеры индикации в режиме “Работа”

Позиция индикатора				Светодиод	Расшифровка
1	2	3	4		
				Не горит	Нормальная работа, пакет уставок 1
				Не горит	Нормальная работа, пакет уставок 2
				Горит	Сработал алгоритм АЧР-С1
				Горит	Сработали алгоритмы АЧР-С1 и АЧР-С2
				Горит	Сработали алгоритмы АЧР-С1, АЧР-С2, АЧР-С3

Таблица 2.6. Примеры индикации в режиме “Чтение и ввод уставок”

Позиция индикатора				Расшифровка
1	2	3	4	
				Мигающий знак разрешает ввод пароля. Работа всех алгоритмов блокируется
				Ввод пароля осуществляется изменением знаков, отображаемых на позициях 2, 3 и 4 индикатора на рис. 2.3 слева направо
				Ввод или просмотр уставок для программы уставок 1
				Ввод или просмотр уставок для программы уставок 2

Уставки в меню блока БМАЧР закодированы следующими цифрами (индицируются на первой позиции дисплея):

*группа уставок по частоте*

- 0 — уставка срабатывания алгоритма АЧР-1;
- 1 — то же, запуска (возврата) алгоритма ЧАПВ;
- 2 — то же, запуска алгоритма разгрузки АЧР-2;
- 3 — то же, возврата алгоритма разгрузки АЧР-2;

*группа уставок по времени*

- 4 — уставка задержки срабатывания алгоритма АЧР-2;
- 5 — то же, алгоритма ЧАПВ для нагрузки, отключенной АЧР-1;
- 6 — то же, алгоритма ЧАПВ для нагрузки, отключенной АЧР-2;
- 7 — то же, алгоритма ЧАПВ для нагрузки, отключенной АЧР-С1;

*группа уставок по скорости изменения частоты*

- 8 — уставка блокирования запуска алгоритма АЧР-1;
- 9 — то же, срабатывания алгоритма АЧР-С.

Индикаторы, расположенные на следующих позициях дисплея в режиме “Чтение и ввод уставок”, отображают трехзначное число, причем второй — десятки, третий — единицы, а четвертый — десятые доли числа.

При проверке срабатывания реле, которое производится в этом же режиме, используется только индикатор на третьей позиции, отображающий номер проверяемого реле.

В блоке предусмотрен постоянный непрерывный контроль исправности узлов и работоспособности всего блока в течение всего времени его работы с выдачей сигнала “Отказ” во внешние цепи (контакты 1 и 2 соединителей “1” X2 и “2” X3 на рис. 2.4).

Сигнал “Отказ” формируется и при переходе блока в режим изменения уставок.

















Результаты контроля исправности индицируются на экране дисплея. В табл. 2.7 приведены несколько примеров индикации по результатам контроля.

В устройстве предусмотрены следующие алгоритмы разгрузки:

- АЧР-1 с изменяемыми уставками по частоте срабатывания и блокированием по скорости снижения частоты;
- АЧР-2 с изменяемыми уставками по частоте запуска и возврата, а также по времени срабатывания;
- АЧР-С с изменяемой уставкой по скорости срабатывания и тремя очередями срабатывания;
- ЧАПВ с общей для всех алгоритмов разгрузки уставкой по частоте запуска и возврата и независимо изменяемыми уставками по времени включения нагрузки, отключенной по алгоритмам АЧР-1 (ЧАПВ-1), АЧР-2 (ЧАПВ-2) и АЧР-С1 (ЧАПВ-С1).

Для алгоритма АЧР-1 возможно задание уставки срабатывания по частоте от 45 до 50 Гц с дискретностью 0,1 Гц без выдержки времени. Запуск алгоритма АЧР-1 может быть заблокирован введением

Таблица 2.7. Примеры индикации в режиме “Самотестирование”

Позиция индикатора				Расшифровка
1	2	3	4	
				Мигающий знак при нарушении уставок. Работа всех алгоритмов блокируется
				Ошибка в тесте таймера и времязадающих цепей
				Входное контролируемое напряжение меньше $0,4U_{НОМ}$
				Неисправность памяти хранения уставок

уставки по скорости изменения частоты, выбираемой из диапазона 0 – 10 Гц/с и задаваемой с дискретностью 0,1 Гц/с. Повторное действие алгоритма АЧР-1 при возникновении условий его запуска блокируется до срабатывания алгоритма ЧАПВ-1, исключая таким образом подачу сигналов на отключение уже отключенной нагрузки. При срабатывании алгоритма АЧР-1 замыкаются контакты выходных электромеханических реле (на рис. 2.4 контакты 3, 4 соединителей “1” Х2 и “2” Х3).

Контакты этих реле, а также реле, управляемых другими алгоритмами разгрузки (АЧР-2 и АЧР-С), замыкаются на время  $2,0 \pm 0,5$  с и могут использоваться для управления нагрузкой и сигнализации.

Для алгоритма АЧР-2 предусмотрено раздельное задание уставок по частоте запуска и срабатывания из диапазона 45 – 50 Гц с дискретностью 0,1 Гц. Одновременно возможно задание уставки срабатывания алгоритма АЧР-2 по времени от 0 до 120 с (дискретность 1 с). Если после запуска алгоритма АЧР-2 частота сети превышает значение уставки возврата, работа алгоритма прекращается, т.е. происходит возврат.

Повторное действие алгоритма АЧР-2 при возникновении условий его запуска блокируется до срабатывания алгоритма ЧАПВ-2. Контакты электромеханических реле, управляемых этим алгоритмом выведены на контакты 5, 6 соединителей “1” и “2” (см. рис. 2.4).

В алгоритме АЧР-С предусмотрены три очереди срабатывания, управляющие тремя разными выходными реле (контакты 7 и 8, 9 и 10, 17 и 18 соединителей “1” и “2” на рис. 2.4).

Для срабатывания этих очередей условия пуска алгоритма должны сохраняться в течение 3 (АЧР-С1), 18 (АЧР-С2) или 33 (АЧР-С3) периодов частоты контролируемой сети подряд.

Уставка запуска этого алгоритма может быть выбрана из диапазона 0 – 10 Гц/с с дискретностью 0,1 Гц/с. Если после срабатывания первой очереди (АЧР-С1) скорость изменения частоты, соответствующая заданной уставке, не сохранится в течение 18 или 33 периодов подряд, то срабатывание второй (АЧР-С2) или третьей (АЧР-С3) очереди не произойдет. Повторное действие алгоритма АЧР-С при возникновении условий его запуска блокируется до срабатывания алгоритма ЧАПВ-С1, т.е. до подключения ранее отключенной нагрузки.

В алгоритме ЧАПВ предусмотрена единая уставка по частоте запуска и срабатывания, выбираемая из диапазона 49 – 50 Гц с дискретностью 0,1 Гц.

Для правильной работы блока необходимо, чтобы уставка запуска алгоритма ЧАПВ была больше уставок запуска алгоритмов АЧР-1

и АЧР-2. Включение нагрузки по алгоритму ЧАПВ после ее отключения в результате действия алгоритмов АЧР-1, АЧР-2, АЧР-С1 может происходить с различными, задаваемыми независимо друг от друга выдержками времени. В любом случае главным условием подключения нагрузки является повышение частоты контролируемой сети выше уставки соответствующего алгоритма ЧАПВ и сохранения этого значения в течение промежутка времени, превышающего уставку срабатывания ЧАПВ для подключения соответствующей очереди.

Значение выдержки времени выбирается из диапазона 0 – 120 с и может быть задано с дискретностью 1 с.

Контакты реле замыкаются на время  $5,0 \pm 0,5$  с (импульсный режим работы, ср. с рис. 2.14).

К недостаткам блока можно отнести:

- невозможность подключения внешнего компьютера;
- отсутствие связи с АСУ;
- отсутствие контроля напряжения при работе алгоритмов разгрузки и ЧАПВ;
- отсутствие запоминания информации об изменении входных и выходных сигналов, срабатывании алгоритмов;
- отсутствие индикации текущего значения частоты.

В настоящее время в эксплуатации находится более 500 блоков БМАЧР. По опубликованным данным [8] отказов блоков этого типа не было зарегистрировано.

### **2.3. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ МОДУЛИ SPAF 340**

Реле частоты типа SPAF 340\* подключается к трансформаторам напряжения защищаемой секции шин и состоит из одного модуля — комбинированного модуля частоты и измерения скорости частоты SPCF 1D15. Модуль реле состоит из четырех ступеней разгрузки и ступени восстановления, получающих сигнал от общего измерителя частоты (рис. 2.5), т.е. и в данном устройстве использованы модули разного функционального назначения (ср. с устройствами АЧРМ и БММРЧ).

Измерение частоты основано на измерении промежутка времени между прохождением сигнала через нуль. Канал измерения частоты снабжен полосовым фильтром для подавления гармоник измеряемого сигнала (рис. 2.6).

---

\* Описание составлено на основе рекламных материалов “ABB Реле-Чебоксары”.



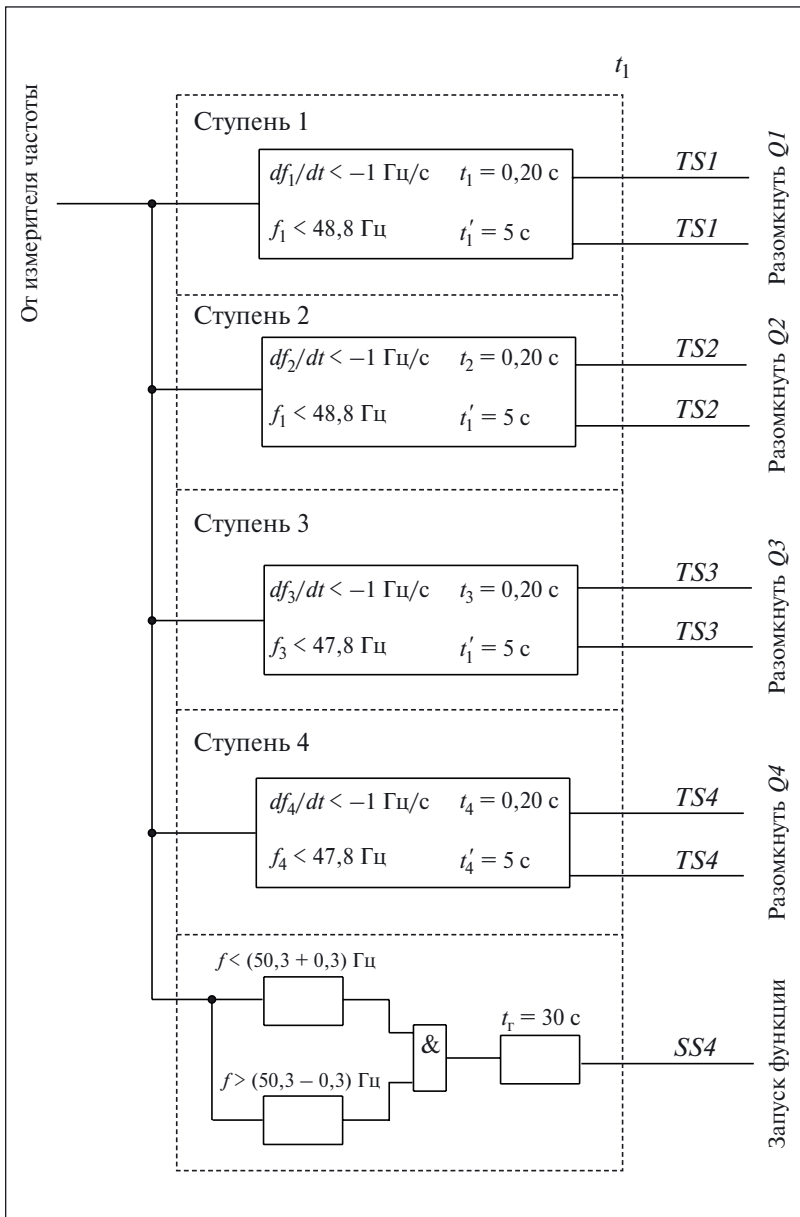


Рис. 2.5. Структурная схема модуля реле SPCF 1D15

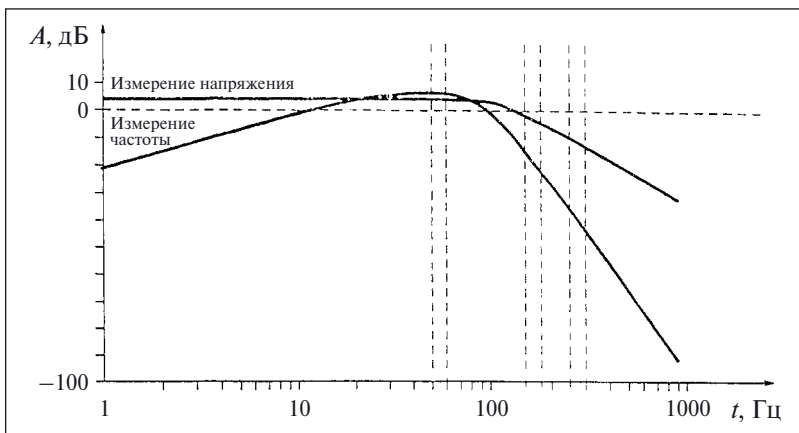


Рис. 2.6. Частотные характеристики входных фильтров модуля SPCF 1D15

Измерение частоты производится косвенно, по результатам измерения промежутка времени между прохождением сигнала через нуль. Значение частоты рассчитывается как среднее значение на интервале, длина которого выбирается пользователем. Для определения частоты может быть выбрано от 3 до 20 таких циклов (табл. 2.8), что влияет на время срабатывания реле. Однако при любом количестве циклов время срабатывания модуля не может быть менее 100 мс.

Расчет скорости изменения частоты производится по двум последовательным значениям частоты, определенным не менее чем через три цикла.

Таблица 2.8. Диапазоны изменения уставок модуля SPCF 1D15

Показатель	Диапазон	Уставки для ступеней*			
		1	2	3	4
Частота $f$ , Гц	30,00 – 65,00	50,0			
Количество циклов измерения	3 – 20	6			
Напряжение $U_c/U_{ном}$	0,3 – 0,9	0,6			
Скорость изменения частоты, Гц/с	$\pm (0,2 - 10)$	1,0			
Частота пуска, Гц	25,00 ÷ 70,00	51,0	49,0	48,0	47,0
Время срабатывания $t$ , с	0,1 – 120	0,5	1,0	20,0	1,0
Время срабатывания $t'$ , с	0,1 – 120	0,15			

\* Даны значения заводских уставок реле.

Введение в алгоритм срабатывания реле канала по скорости изменения частоты увеличивает минимальное время срабатывания реле до 150 мс.

Каждая ступень разгрузки может реагировать как на понижение, так и на повышение частоты (функция  $f$ ). Значение уставки пуска не может быть равным номинальной частоте сети. Сразу после достижения частотой значения уставки ступень реле запускается и на экране дисплея появляется информация в виде кода запуска (табл. 2.9).

Значения уставок ступеней реле индицируются тремя крайними цифрами на экране дисплея (рис. 2.7).

В модуле SPCF 1D15 предусмотрены задание, хранение и выбор одного из двух пакетов уставок — основного или вспомогательного (ср. с устройством БМАЧР, табл. 2.4). Задание уставок и переключение с одного пакета на другой могут быть выполнены с помощью клавиш на лицевой панели по последовательному каналу связи и любым внешним сигналом управления. В последнем случае переход с одного пакета уставок на другой не может быть выполнен по последовательному каналу связи или с помощью клавиш на лицевой панели.

Каждой ступени присвоен индивидуальный код пуска и отключения в виде цифры на экране дисплея (см. табл. 2.9). Индикатор срабатывания *TRIP*, общий для всех ступеней, размещен в правом нижнем углу лицевой панели. После подачи реле сигнала на отключение нагрузки индикатор *TRIP* остается включенным, а код срабатывания по-прежнему индицируется на экране. Их показания должны быть сброшены отдельно.

Таблица 2.9. Расшифровка кодов срабатывания модуля SPCF 1D15

Код	Символ	Комментарии
1	Stage 1 Start	Запуск ступени 1
2	Stage 1 Trip	Отключение ступени 1
3	Stage 2 Start	Запуск ступени 2
4	Stage 2 Trip	Отключение ступени 2
5	Stage 3 Start	Запуск ступени 3
6	Stage 3 Trip	Отключение ступени 3
7	Stage 4 Start	Запуск ступени 4
8	Stage 4 Trip	Отключение ступени 4
9	Rec. Due	Функция восстановления активна, таймер работает
A	Rec. Over	Срабатывание функции восстановления

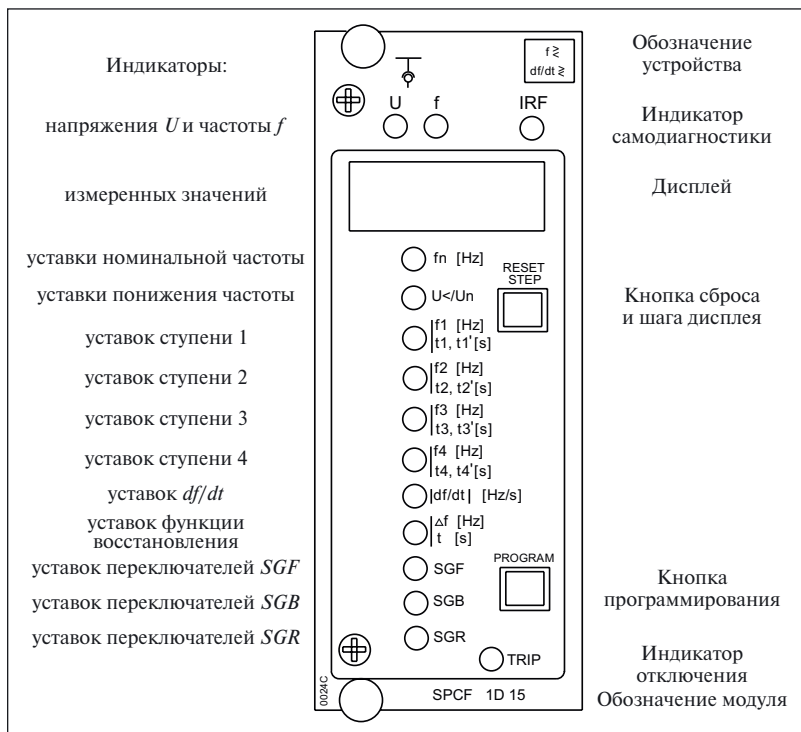


Рис. 2.7. Лицевая панель модуля SPCF 1D15

Цифры, обозначающие код запуска, гаснут после сброса ступени разгрузки. Если ступень реле подает сигнал отключения до сброса сигнализации, то цифры, обозначающие код запуска, начинают показывать код отключения.

Сброс индикаторов срабатывания производится с помощью клавиш на лицевой панели, сигналом управления или по последовательному каналу связи.

Функция скорости изменения частоты  $df/dt$  (производная по частоте) предусмотрена в каждой ступени модуля и может быть использована как отдельно, так и совместно с функцией  $f$ . Когда функция  $df/dt$  используется отдельно, ступень запускается сразу после того, как абсолютное значение скорости изменения частоты становится больше уставки ступени. Одновременно с этим на экране дисплея появляется информация о запуске в виде цифрового кода.

Когда функция  $df/dt$  используется совместно с функцией  $f$ , ступень запускается при одновременном выполнении критериев срабатывания обеих функций. В частности, когда ступень разгрузки реагирует на повышение частоты, знак функции  $df/dt$  должен быть положительным для того, чтобы при достижении абсолютным значением скорости изменения частоты уставки можно было запустить функцию  $df/dt$ . Если же ступень реагирует на понижение частоты, знак функции  $df/dt$  должен быть отрицательным.

Если ступень реле реагирует на понижение частоты, в алгоритме ее работы может быть предусмотрено ускорение по снижению напряжения.

Диапазон уставок по напряжению указан в табл. 2.8. Канал измерения напряжения снабжен фильтром нижних частот.

Выполнение всех заранее определенных условий срабатывания ступени формирует сигнал на запуск реле времени. По истечении выдержки времени реле выдает сигнал на отключение нагрузки, который может быть подключен к любому выходному реле.

Кроме четырех ступеней разгрузки в модуле предусмотрена функция восстановления, аналогичная алгоритму ЧАПВ. Она формирует сигнал после того, как после выполнения разгрузки значение частоты восстанавливается и сохраняется в течение заданного промежутка времени.

Для функции восстановления (ЧАПВ) уставку по частоте  $f_r$  выбирают из диапазона  $0,1 - 10$  Гц\*.

В модуле SPCF 1D15 предусмотрено два способа формирования выходных сигналов — длительный и импульсный (ср. с рис. 2.14).

В первом случае выходной сигнал присутствует до тех пор, пока сохраняются условия срабатывания ступени разгрузки. Во втором случае длительность выходного сигнала ограничена заранее задаваемым промежутком времени. Действующая в данный момент уставка обозначается светодиодом перед ее символом на лицевой панели.

Задание конфигурации каждой из четырех ступеней производится с помощью переключателей (программных ключей). Если в алгоритме работы ступени предусмотрено использование только сигнала по частоте, замыкается контакт переключателя  $SGF1/1$  (рис. 2.8). В этом случае на вход логического элемента И поступает только сигнал от порогового элемента частоты  $f$ .

При замыкании контакта  $SGF1/2$  на вход этого элемента поступает логическая сумма сигналов от пороговых элементов частоты  $f$  и

---

\* Заводское значение уставки по этому параметру равно 0,2 Гц, а по времени срабатывания — 10 мин (см. табл. 2.2).

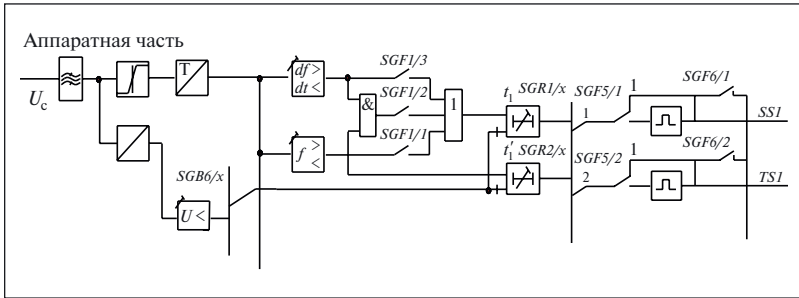


Рис. 2.8. Фрагмент функциональной схемы ступени для модуля SPCF 1D15

скорости изменения частоты  $df/dt$ . И, наконец, при замыкании контакта  $SGF1/3$  на вход этого же элемента поступает только сигнал от порогового элемента скорости изменения частоты  $df/dt$ .

Сигнал ускорения по напряжению формируется специальным элементом  $U_{<}$  и поступает на первые входы каждого из реле времени  $t$  и  $t'$ . На второй вход реле времени  $t$  поступает сигнал от логического элемента И. Сигнал от порогового элемента  $f$  поступает на второй вход реле времени  $t'$ .

Режим срабатывания выходных сигналов  $SS1$  и  $TS1$  для приведенной ступени модуля SPCF 1D15 задается переключателями  $SGF5$ . Если контакт переключателя находится в положении 1 (верхнее на рис. 2.8), на выход подается сигнал управления все время, пока сохраняются условия срабатывания ступени.

При переключении контакта в нижнее положение длительность выходного сигнала ограничивается временем, задаваемым выходным импульсным элементом.

## 2.4. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ БЛОКИ БМАЧР-М

Новая серия блоков частотной разгрузки, названная БМАЧР-М (рис. 2.9), отличается наличием нескольких исполнений как по набору алгоритмов, так и по способу формирования выходного сигнала.

Один из блоков этой серии (БМАЧР-М1А) выполнен так, что может заменять блоки БМАЧР в электроустановках без внесения изменений в схему подключения. В блоках новой серии предусмотрен контроль уровня напряжения в сети при работе алгоритмов АЧР и ЧАПВ, расширен диапазон контролируемой частоты, введена светодиодная сигнализация о срабатывании каналов разгрузки и про-



Рис. 2.9. Внешний вид блока БМАЧР-М

падании оперативного питания, предусмотрена индикация на дисплее текущего значения частоты сети. Введены каналы связи блока с ПЭВМ и АСУ.

В верхней части лицевой панели устройства типа БМАЧР-М (см. рис. 2.9) расположен буквенно-цифровой дисплей из шести восьмисегментных индикаторов, что позволяет, сохранив простоту и невысокую цену блока, значительно расширить возможности интерактивного диалога. Ниже дисплея находятся соединитель *RxTx* для подключения ПЭВМ, шесть светодиодных индикаторов и четыре клавиши для навигации по меню.

Зеленый светодиод с обозначением *РАБОТА* сигнализирует о нормальной работе блока, а мигающим светом дублирует сигнал

“Отказ”. Для сигнализации о переходе на работу со вторым пакетом уставок (см. табл. 2.4) используется индикатор *ПР.2*. Остальные четыре светодиода на лицевой панели блока сигнализируют о пуске частотного реле блока по одному из алгоритмов разгрузки АЧР или по алгоритму ЧАПВ.

На индикаторе отображается значение частоты сети в дежурном режиме, а при настройке блока — значения и условные обозначения уставок. Во всех новых устройствах контролируются и индицируются на дисплее значения частоты от 35 до 65 Гц.

В связи с увеличением количества уставок в блоках БМАЧР-М их кодировка производится двумя цифрами на первых двух индикаторах, имеющих красный цвет символа и отделенных от других индикаторов интервалом.

Символы на других индикаторах имеют зеленый цвет. Клавиатура блока имеет четыре клавиши. Схема подключения блока БМАЧР-М1А приведена на рис. 2.10.

На приведенной схеме показано, что к использовавшемуся ранее сигналу блокирования работы алгоритмов (*Блок. 1*, соединитель “2” на рис. 2.10) введен дискретный входной сигнал “Пуск ЧАПВ”, обеспечивающий формирование выходного сигнала на подключение ранее отключенной нагрузки. Соединитель *RxTx* обеспечивает подключение ПЭВМ, а соединитель *D-SUB9* — подключение блока в АСУ в качестве подсистемы нижнего уровня.

Как и в блоке БМАЧР, в модернизированном блоке предусмотрено четыре фиксированных алгоритма:

- АЧР-1 (с возможностью блокирования работы алгоритма по скорости снижения частоты);
- АЧР-2 (с выдержкой времени на срабатывание и уставками по частоте запуска и возврата);
- АЧР-С (с тремя очередями разгрузки);
- ЧАПВ (раздельные каналы для включения нагрузки, отключенной по алгоритмам АЧР-1, АЧР-2 и АЧР-С).

Сигналы на отключение и включение нагрузки формируются различными выходными электромеханическими реле.

В дополнение к этому предусмотрена модификация блока БМАЧР-М1Б, отличающаяся тем, что сигналы на отключение нагрузки (разгрузку) по алгоритмам АЧР и подключение нагрузки по алгоритмам ЧАПВ формируются одним и тем же бистабильным электромеханическим реле.

Если в блоке БМАЧР длительность выходных сигналов не могла быть изменена, то во всех модернизированных блоках предусмотрено программное задание длительности выходных сигналов АЧР и



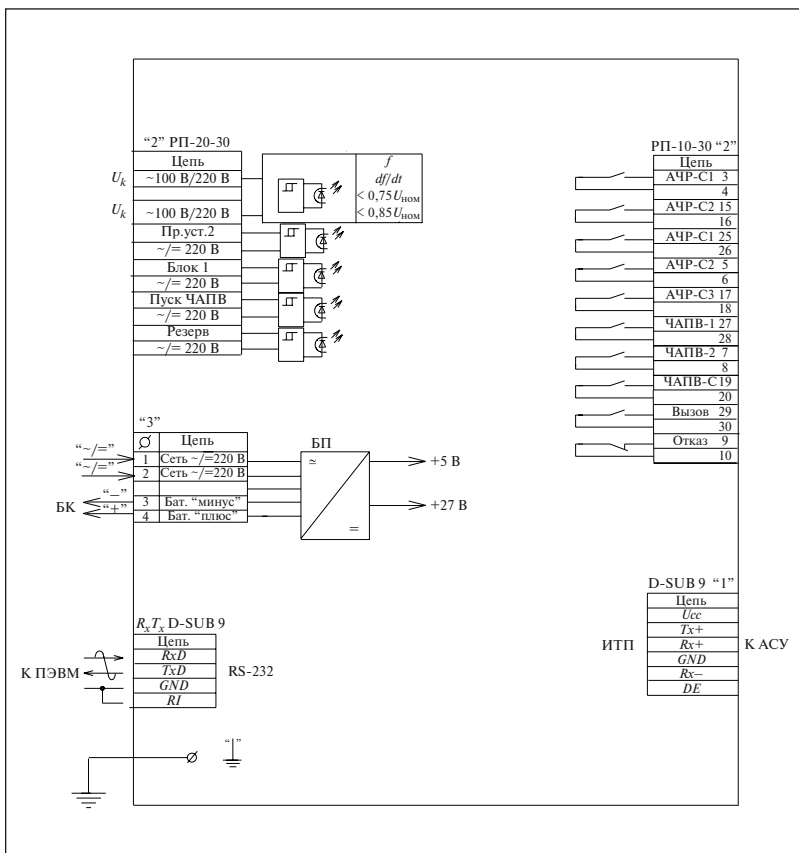


Рис. 2.10. Схема внешних подключений устройств типа БМАЧР-М1А

ЧАПВ. Схемой устройства предусмотрено введение в алгоритмы разгрузки канала контроля напряжения с фиксированной уставкой  $0,75 U_{НОМ}$ , а в алгоритм ЧАПВ — с уставкой  $0,85 U_{НОМ}$ .

Схема подключения другого варианта устройства — БМАЧР-М2 приведена на рис. 2.11.

Отличие этого блока от блока БМАЧР-М1 состоит в том, что каждый из четырех каналов разгрузки может быть путем изменения уставок по частоте и времени перепрограммирован на выполнение как алгоритма АЧР-1 (с блокированием по скорости снижения частоты), так и алгоритма АЧР-2. Сигналы на отключение нагрузки

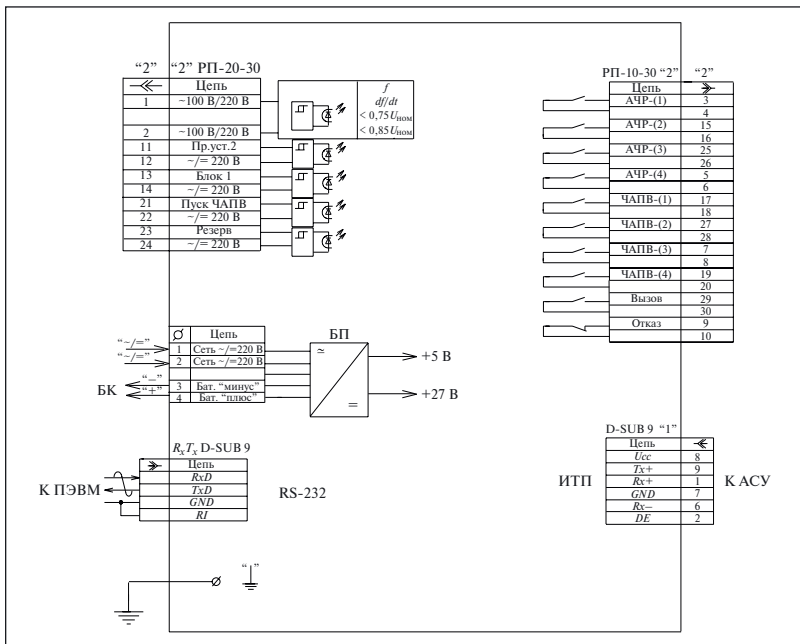


Рис. 2.11. Схема внешних подключений устройств типа БМАЧР-М2А

(разгрузку) и включение нагрузки формируются разными выходными электромеханическими реле.

Предусмотрена модификация блока БМАЧР-М2Б, в котором сигналы на отключение и включение нагрузки формируются одним и тем же бистабильным электромеханическим реле.

В устройствах БМАЧР-М1 и БМАЧР-М2 обеспечено задание уставок запуска алгоритмов разгрузки в диапазоне от 45 до 50 Гц с дискретностью 0,01 Гц. Частота возврата алгоритма АЧР-2 может быть выбрана из диапазона 46 – 50 Гц с такой же дискретностью.

Диапазон изменения уставок для алгоритма ЧАПВ расширен и составляет 47 – 50 Гц. Задать эту уставку можно с дискретностью 0,01 Гц. Расширен в 2 раза по сравнению с БМАЧР и диапазон уставок по скорости изменения частоты. Теперь можно выбрать уставку по этому параметру от 0,1 до 20 Гц/с с дискретностью 0,01 Гц.

Опыт эксплуатации устройств типа БМАЧР показал, что нет необходимости расширять диапазон уставок по времени срабатывания. Поэтому в новых устройствах изменена только дискретность

задания времени (0,1 с вместо 1,0 с), а диапазон уставок оставлен прежним — от 0,1 до 120 с.

Выключение любого из алгоритмов производится при программировании путем задания нулевых значений уставок.

Все модернизированные устройства снабжены журналом событий, в котором регистрируется и хранится информация о 256 последних событиях — максимальных и минимальных значениях частоты, пуске и срабатывании частотных реле, изменении входных и выходных сигналов, пропадании и появлении контролируемого напряжения.

## 2.5. МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УСТРОЙСТВО “СИРИУС-АЧР”

Устройство “Сириус-АЧР”<sup>\*</sup> предназначено для формирования сигналов отключения фидеров при падении частоты в системе ниже предельно допустимой, а также последующего включения отключившихся фидеров после ликвидации аварии и повышения частоты. В устройстве можно выделить следующие структурные части (рис. 2.12):

- *БТН* — блок трансформаторов напряжения;
- *ЦП* — микропроцессорный контроллер с АЦП и входным коммутатором;
- *ПВх* — плата оптронной развязки с восемью входами и блоком питания;
- *Пвых* — модуль выходных реле;
- лицевую панель с жидкокристаллическим (ЖК) дисплеем, клавиатурой и светодиодными индикаторами (см. рис. 2.16).

На первичные обмотки трансформаторов напряжения в БТН поступают входные напряжения от основной  $U_{\text{осн}}$  и контрольной  $U_{\text{контр}}$  секций. Со вторичных обмоток трансформаторов преобразованные сигналы поступают на входные фильтры, подавляющие высшие гармонические составляющие и шумовые помехи, и далее — на вход коммутатора (*ЦП* на рис. 2.12).

Специальная схема формирует из входных напряжений прямоугольные импульсы, по фронтам которых в аналого-цифровом преобразователе для измерения частоты сети измеряется временной

---

<sup>\*</sup> Описание устройства составлено по материалам, представленным на сайте [www.gza.ru](http://www.gza.ru), и по рекламному проспекту ЗАО “Радиус-Автоматика”.

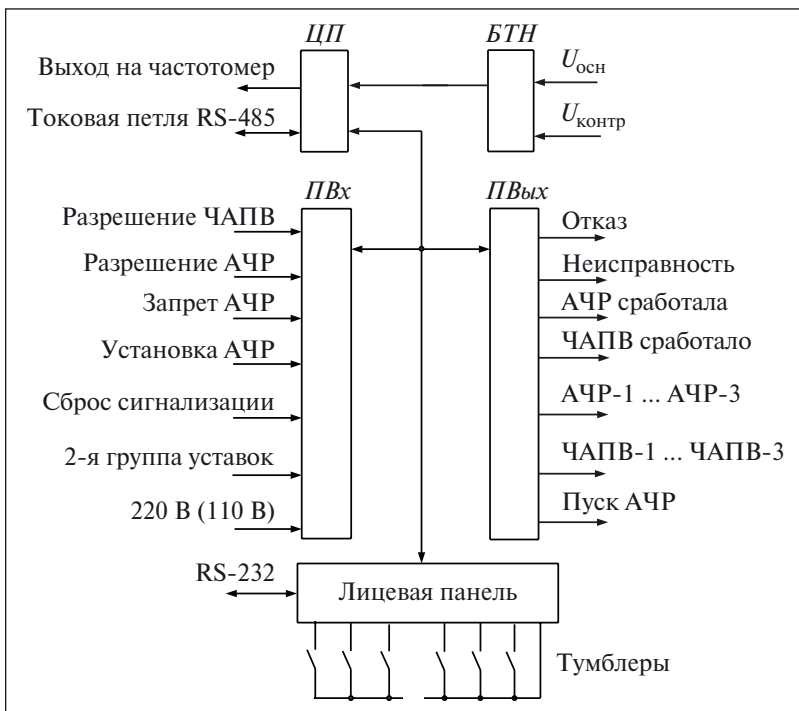


Рис. 2.12. Структурная схема устройства “Сириус-АЧР”

интервал периода. В аналого-цифровом преобразователе входные аналоговые сигналы преобразуются в цифровую форму.

Второй, дополнительный (контрольный), канал измерения частоты и напряжения, предусмотрен для предотвращения ложных отключений нагрузки. На него подается сигнал  $U_{\text{контр}}$  от другой секции шин подстанции.

Работа АЧР разрешается только в случае снижения частоты контрольного канала ниже значения уставки. Уставка частоты контрольного канала выбирается больше значения наибольшей уставки рабочего канала.

Для предотвращения неправильного измерения частоты в устройстве “Сириус-АЧР” предусмотрен канал измерения напряжения и сравнения его с уставками. При уменьшении напряжения ниже значений уставок работа алгоритмов АЧР и ЧАПВ блокируется.

Уставки по напряжению для работы алгоритмов АЧР и ЧАПВ используются и для работы контрольного канала.

Алгоритм АЧР-1 при превышении скоростью изменения частоты заранее заданной уставки блокируется (сигнал *Запрет АЧР-1 по  $dF/dT$*  на рис. 2.13), что исключает срабатывание устройства при подпитке энергосистемы работающими в режиме выбега асинхронными двигателями.

О назначении тумблеров, расположенных на лицевой панели устройства, будет рассказано ниже.

Выходы устройства могут работать в одном из режимов:

- *непрерывном*, когда сигнал АЧР на разгрузку выдается от момента срабатывания алгоритма АЧР до момента срабатывания алгоритма ЧАПВ (рис. 2.14, а);
- *импульсном*, когда формируются отдельные выходные сигналы как для алгоритма АЧР, так и для алгоритма ЧАПВ каждой очереди (рис. 2.14, б).

В устройстве “Сириус-АЧР” предусмотрены три одинаковые очереди частотного реле АЧР (АЧР-1, АЧР-2, АЧР-3) с двумя кате-

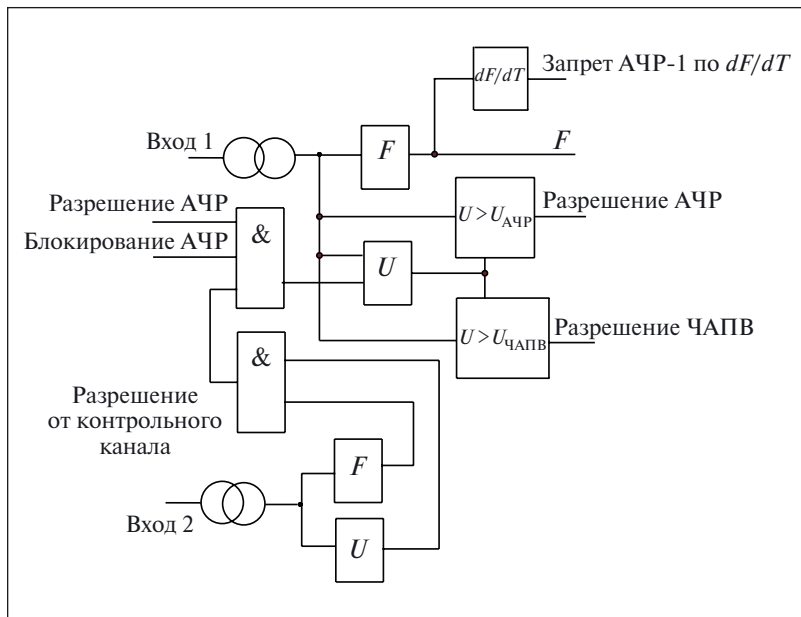


Рис. 2.13. Структурная схема измерительной части устройства “Сириус-АЧР”

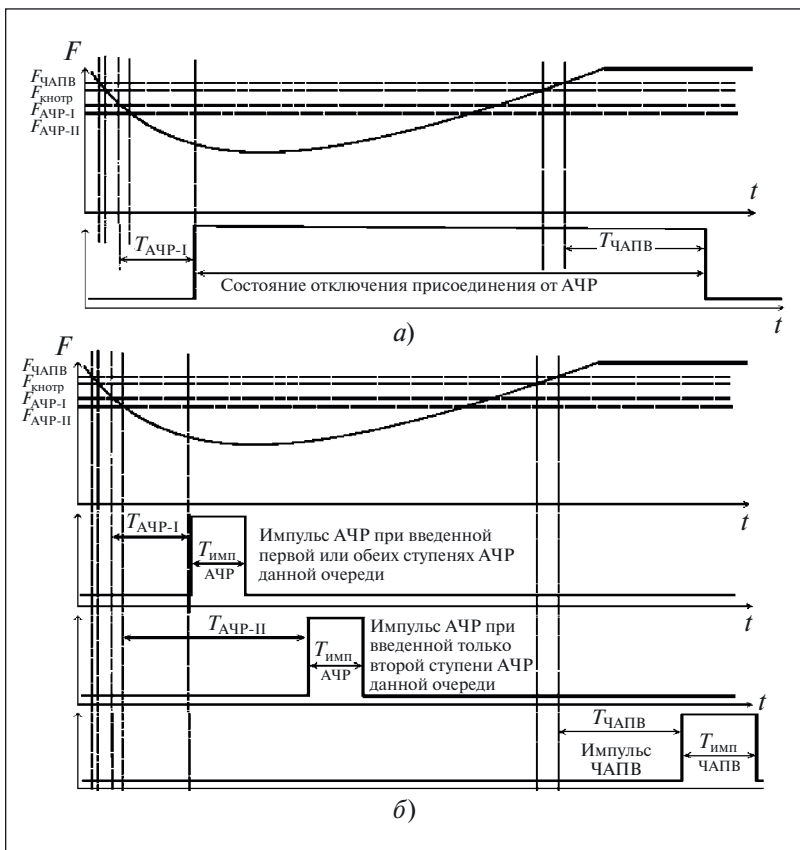


Рис. 2.14. Диаграммы для непрерывного (а) и импульсного (б) способов выдачи команды управления

горяими разгрузками (АЧР-I и АЧР-II), работающими на одно общее выходное реле (совмещенная АЧР-II).

Фрагменты функциональных схем частотного реле для непрерывного и импульсного режимов представлены на рис. 2.15. В непрерывном режиме выходные реле каналов ЧАПВ не используются. На пороговые элементы (уставки  $F_{АЧР-I}$ ,  $F_{АЧР-II}$  и  $F_{ЧАПВ}$ ) каждого частотного реле поступает измеренное значение частоты. Для АЧР-I схемой предусмотрено задание уставок по частоте срабатывания и времени срабатывания, а для АЧР-II дополнительно к этому предусмотрено также задание уставки по частоте возврата.

Такой подход позволяет не допускать излишних отключений нагрузки в том случае, когда до истечения времени уставки  $T_{\text{АЧР-II}}$  значение частоты станет выше уставки  $F_{\text{ВАЧР-II}}$ , т.е. прекратится снижение частоты.

Обратное включение отключенной ранее нагрузки после восстановления частоты в каждой очереди производится по сигналу алгоритма ЧАПВ.

Программные ключи (уставки “Функция АЧР-I”, “Функция АЧР-II” и “Функция ЧАПВ” на рис. 2.15) позволяют вывести из работы по отдельности реле АЧР-I, АЧР-II или ЧАПВ. Шесть тумблеров (по два на каждую очередь) для отключения функции ЧАПВ (см.

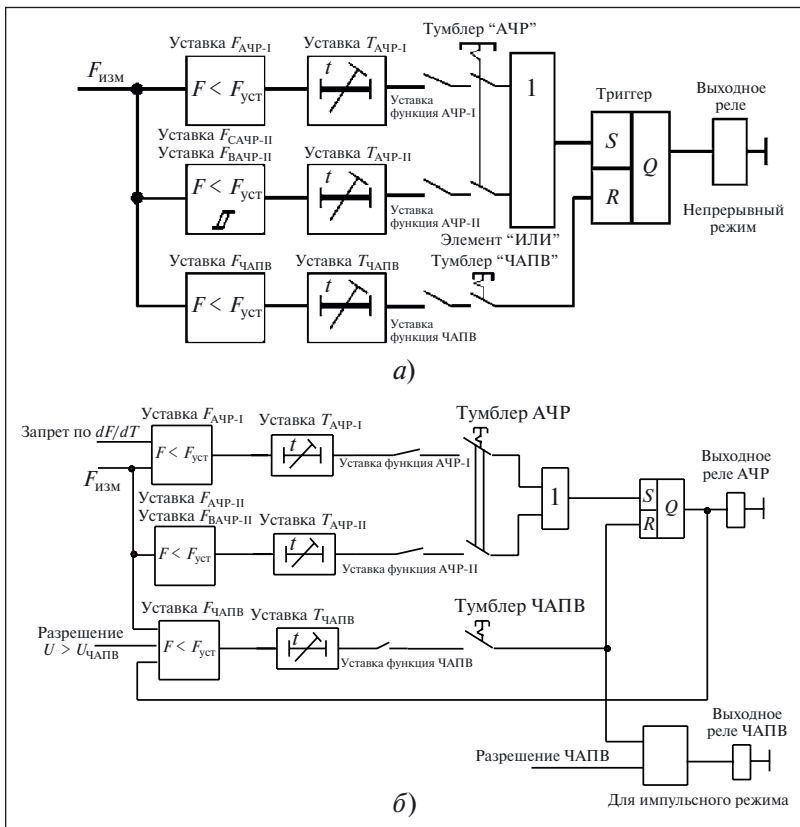


Рис. 2.15. Фрагменты функциональных схем частотного реле для непрерывного (а) и импульсного (б) режимов

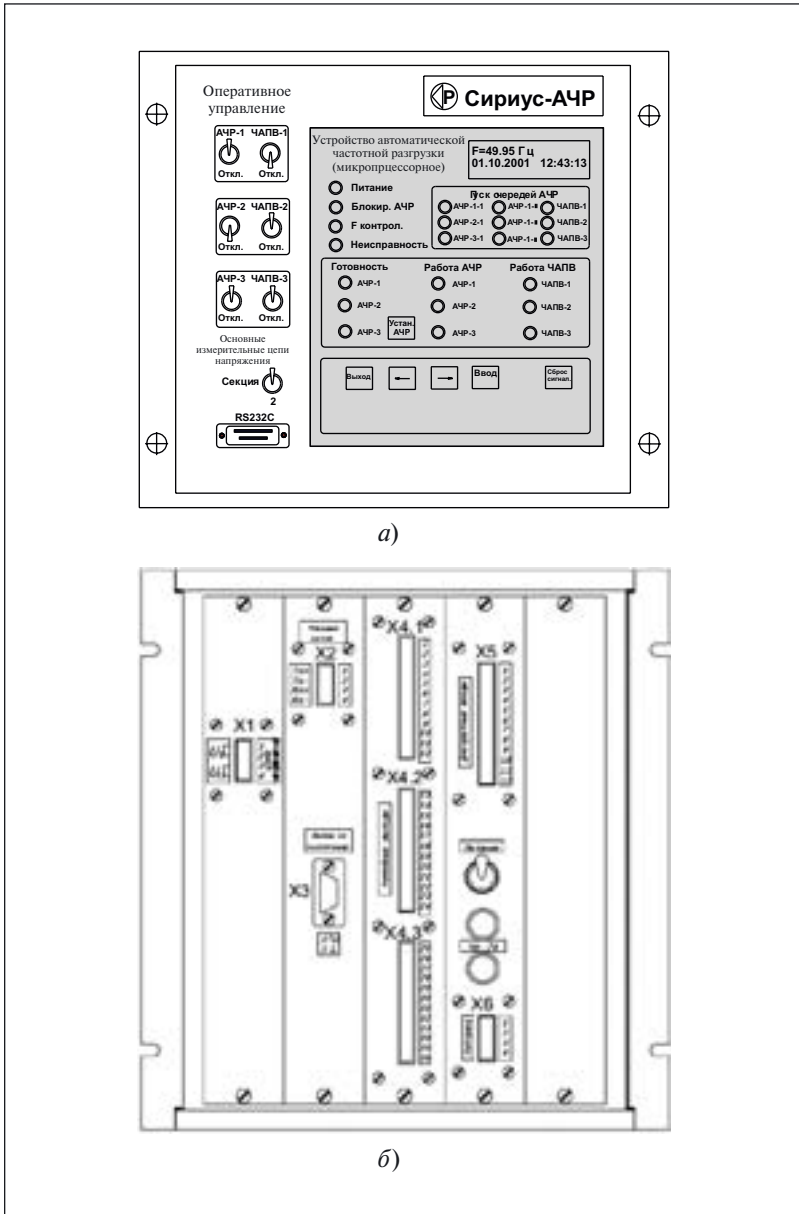


Рис. 2.16. Лицевая панель (а) и вид сзади (б) устройства “Сириус-АЧР”



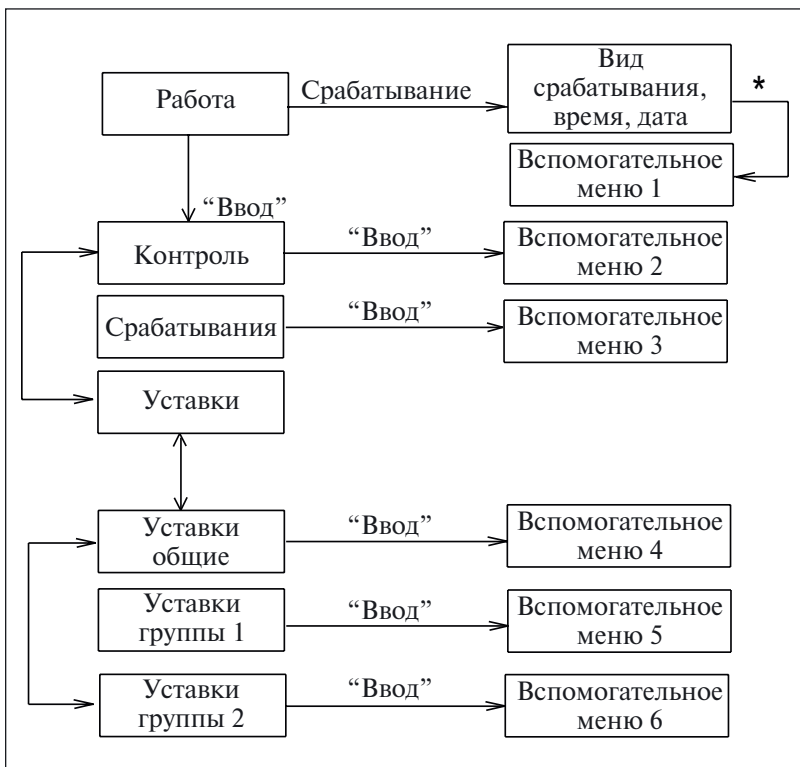


Рис. 2.17. Главное многоуровневое меню устройства “Сириус-АЧР”

тумблер “ЧАПВ”) и совместного отключения функции частотной разгрузки (см. тумблер “АЧР” на рис. 2.15) установлены на лицевой панели устройства “Сириус-АЧР” (рис. 2.16, см. также рис. 2.12). По своей функции тумблеры аналогичны программным ключам. Какие-либо механические блокировки, исключающие случайное изменение положения тумблеров на лицевой панели, отсутствуют.

При включении питания устройство переходит в режим “Работа” и на его дисплее индицируются время, дата, частота и напряжение основной секции.

Выбор основной секции производится переключателем “Секция”, расположенным на лицевой панели устройства. Второй вход устройства при этом переключается на выполнении функции контрольной секции. При повреждении одного из измерительных каналов устройство выдает сигнал неисправности, выполнение устрой-

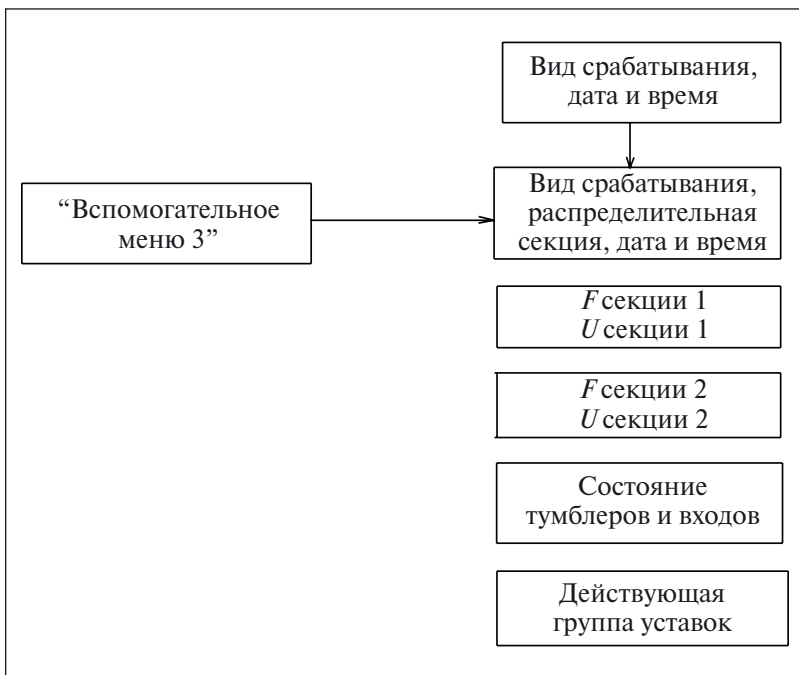


Рис. 2.18. “Вспомогательное меню 1” устройства “Сириус-АЧР”

ством алгоритмов АЧР и ЧАПВ блокируется, а исправный канал автоматически вводится в работу. Время выявления такой ситуации и переключения каналов составляет около 10 с. При наличии неисправности включается светодиод “Неисправность”, а на дисплей выводится подробная расшифровка ее причины.

В нормальном режиме работы на дисплее индицируется измеренное значение частоты, а также текущее время и дата. Светодиоды на лицевой панели сигнализируют о наличии питания, пуске очередей разгрузки, работе алгоритмов АЧР, ЧАПВ и др. С задней стороны устройства (рис. 2.16, б) расположены тумблер “Питание” и соединители для подключения внешних цепей.

Управление устройством “Сириус-АЧР” осуществляется с помощью клавиатуры, расположенной на лицевой панели, в соответствии с многоуровневым меню (рис. 2.17). Переход из кадров основного меню в кадры вспомогательных меню происходит при нажатии кнопки “Ввод”. Знаком \* отмечены переходы между кадрами меню, осуществляемые при нажатии на любую кнопку клавиатуры. Пере-

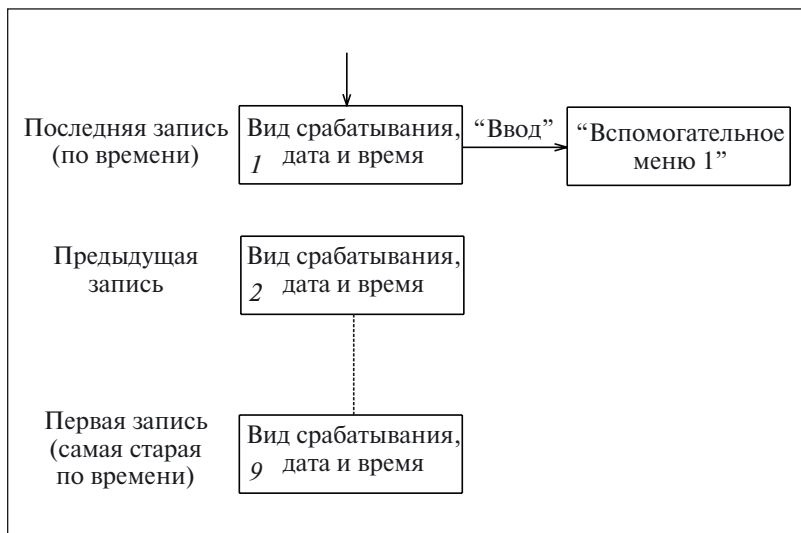


Рис. 2.19. “Вспомогательное меню 3” устройства “Сириус-АЧР”

ходы между остальными кадрами меню, показанными на всех приведенных ниже рисунках, выполняются с помощью кнопок “→” (“Вправо”) и “←” (“Влево”). Если в течение 5 мин не будет нажата любая из кнопок клавиатуры, устройство автоматически переходит в режим “Работа”, когда на экране дисплея отображаются время, дата, частота и напряжение на основной секции.

При срабатывании устройства на экране дисплея появляется информация о виде срабатывания, дате и времени (см. рис. 2.16). При нажатии на любую из кнопок клавиатуры переходят во “Вспомогательное меню 1” (рис. 2.18), где отображена информация о последнем срабатывании.

Выполняя действия, указанные в главном меню (см. рис. 2.17), можно перейти в кадр “Срабатывания”. Из этого кадра после нажатия на кнопку “Ввод” переходят во “Вспомогательное меню 3” для получения информации по девяти предыдущим срабатываниям (рис. 2.19).

При следующем срабатывании устройства “Сириус-АЧР” информация перезаписывается и самая старая по времени запись стирается.

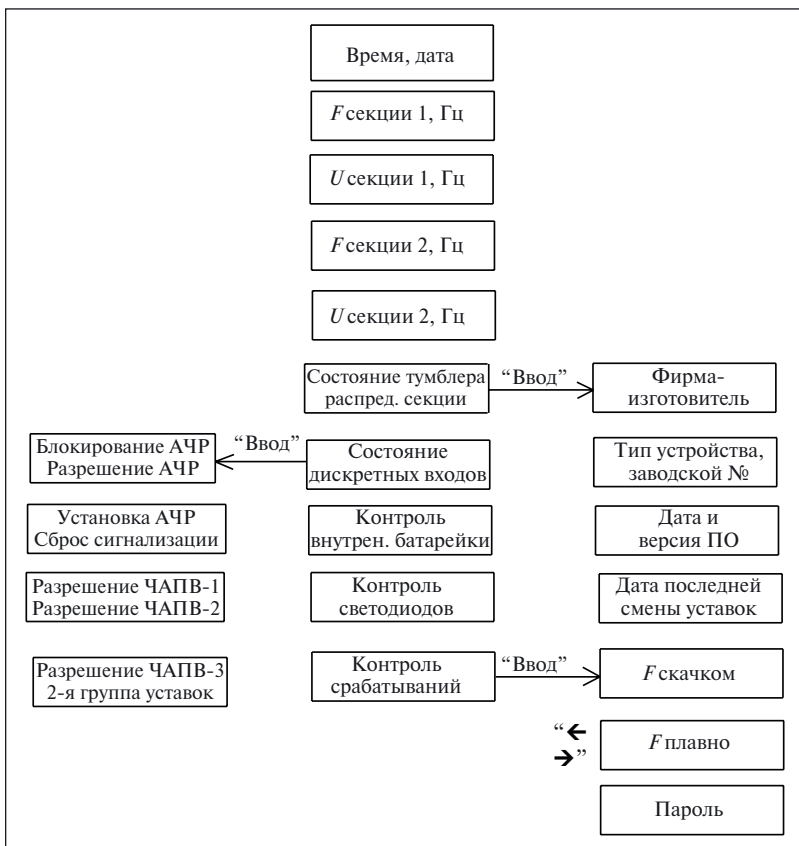


Рис. 2.20. “Вспомогательное меню 2” устройства “Сирius-АЧР”

Перейдя в кадр “Контроль” и нажав кнопку “Ввод”, пользователь получает доступ к информации, отображаемой в кадрах “Вспомогательного меню 2” (рис. 2.20):

- частота, измеренная каждым каналом;
- напряжение, измеренное каждым каналом;
- текущее время и дата;
- положение тумблеров управления;
- состояние дискретных входов и др.

Дополнительно на экране дисплея указывается, какая из секций с помощью тумблера “Секция” выбрана основной, а какая — контрольной.

При входе во “Вспомогательное меню 2” устройство “Сириус-АЧР” контролирует напряжение и частоту сети и готово выполнять частотную разгрузку только до введения пароля.

В кадре “Состояние дискретных входов” на каждой из позиций (знакомест), отмеченной знаком “X”, отображается наличие (“1”) или отсутствие (“0”) сигнала на входах устройства “Сириус-АЧР”.

В кадре “Состояние тумблера распределительной секции” на экран дисплея вместо знака “X” выводится информация о включенном (“1”) или отключенном (“0”) состоянии тумблеров, расположенных на лицевой панели.

Подключение тумблера к основной или резервной секции отображается знаком “0” или “1” на соответствующем знакоместе экрана дисплея.

В связи с ограниченными возможностями отображения информации на дисплее соответствие входов и выходов позициям дисплея отображается в руководстве по эксплуатации для всех микропроцессорных устройств (табл. 2.10).

В кадре “Контроль внутренней батарейки” (см. рис. 2.20) отображается информация о состоянии батарейки или о необходимости ее замены. Разряд батарейки приводит к потере накопленной информации и сбоям встроенных часов и календаря только при отключении оперативного питания.

На сохранность уставок и работоспособность устройства состояние батарейки не влияет.

Т а б л и ц а 2.10. **Отображение на экране дисплея состояний входов и выходов**

Входы							Выходы							
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
“АЧР-1”	“ЧАПВ-1”	“АЧР-2”	“ЧАПВ-2”	“АЧР-3”	“ЧАПВ-3”	“0” — 1-я секция, “1” — 2-я секция	“Блокирование АЧР”	“Разрешение АЧР”	“Установка АЧР”	“Сброс сигнализации”	“Разрешение ЧАПВ-1”	“Разрешение ЧАПВ-2”	“Разрешение ЧАПВ-3”	“Вторая группа уставок”

Проверка работоспособности всех светодиодов, установленных на лицевой панели устройства, производится при переходе в кадр *“Контроль светодиодов”*. После нажатия кнопки *“Ввод”* начинают мигать все светодиоды.

При переходе в кадр меню *“Контроль срабатываний”* возможна полная проверка функционирования устройства на месте его установки или в лабораторных условиях.

Для того чтобы при проверке функционирования устройства не произошло отключения потребителей, необходимо ввести пароль и отсоединить выходные исполнительные цепи *“АЧР”* и *“ЧАПВ”*. О работе устройства в данном режиме информирует реле *“Сигнализация”*, а на экран дисплея выводится информация о необходимости отключения выходных реле.

Для удобства проверки устройства на месте установки в него встроен цифровой генератор частоты, к выходу которого может быть подключен эталонный частотомер. К внутренним цепям устройства генератор подключается в тестовом режиме, когда становится возможной проверка всех уставок по частоте и времени реле, а также правильность измерения частоты.

Контроль порогов срабатывания ступеней по частоте производится при плавном изменении частоты с шагом 0,05 Гц. Для измерения временных параметров срабатывания ступеней частоту изменяют скачком — от номинального значения, равного 50 Гц, к заданному значению и обратно — от заданного значения к номинальному.

Информация о срабатывании устройства в тестовом режиме записывается в память устройства, но при этом значения напряжений секций 1 и 2 приравниваются нулю.

Из режима *“Контроль срабатываний”* выходят после двухкратного нажатия на кнопку *“Ввод”*, после чего устройство начинает контролировать частоту сети. Для быстрого перехода устройства в рабочий режим следует последовательно нажать кнопки *“Сброс”* и *“Установка АЧР”*.

Из кадра *“Уставки”* главного меню (см. рис. 2.17), нажав кнопку *“Ввод”*, а затем используя кнопки *“Вправо”* и *“Влево”*, можно перейти в один из кадров *“Уставки общие”*, *“Уставки группы 1”*, *“Уставки группы 2”*.

В этих и связанных с ними кадрах вспомогательных меню возможно просматривать заданные уставки (без изменения их значений) или изменять значения уставок после ввода пароля. Навигация по кадрам меню для просмотра уставок осуществляется с помощью кнопок *“Вправо”* и *“Влево”*.

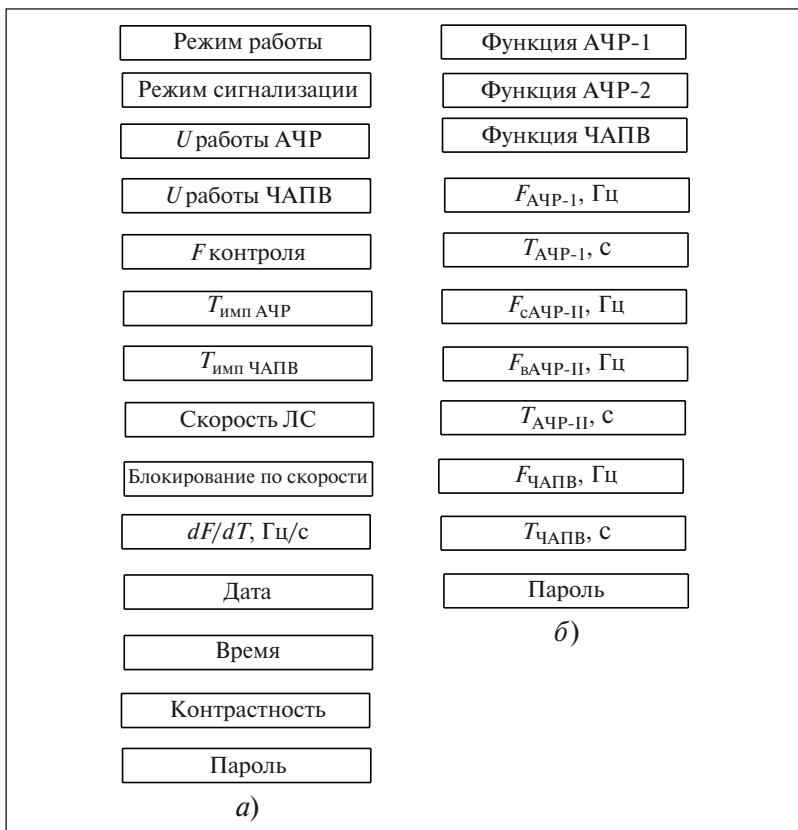


Рис. 2.21. “Вспомогательное меню 4” (а) и “Вспомогательное меню 5” (б) устройства “Сириус-АЧР”

Перейдя из кадра “Общие уставки” с помощью кнопки “Ввод”, оказываются во “Вспомогательном меню 4”, где отображена информация о конфигурации устройства и общих для обеих групп уставках (рис. 2.21, а).

В кадрах меню “Уставки группы 1” и “Уставки группы 2” после нажатия кнопки “Ввод” переходят во “Вспомогательные меню 5” (или “Вспомогательное меню б”), где можно просматривать уставки для каждой из трех очередей отдельно (рис. 2.21, б). Вводить уставки для разных групп возможно только при наличии соответствующего внешнего сигнала и после введения пароля. Дата и время, отобража-

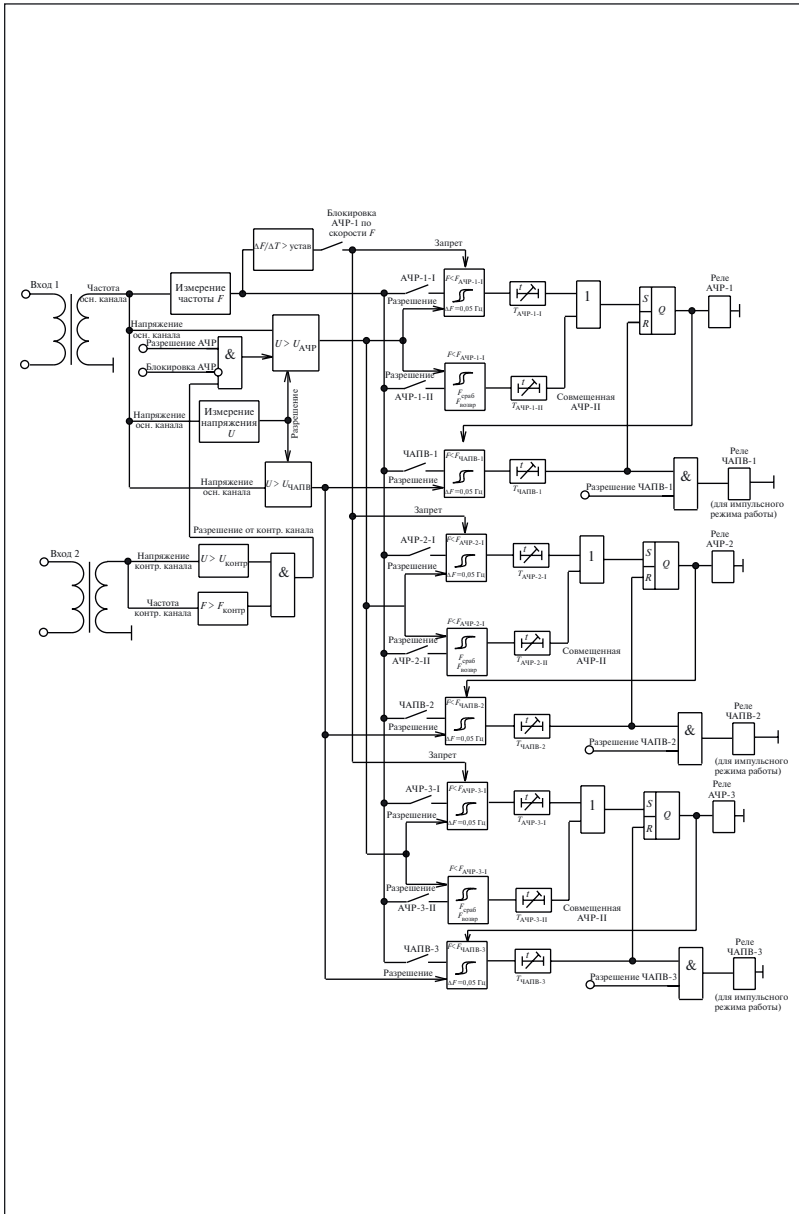


Рис. 2.22. Функциональная схема устройства “Сириус-АЧР”



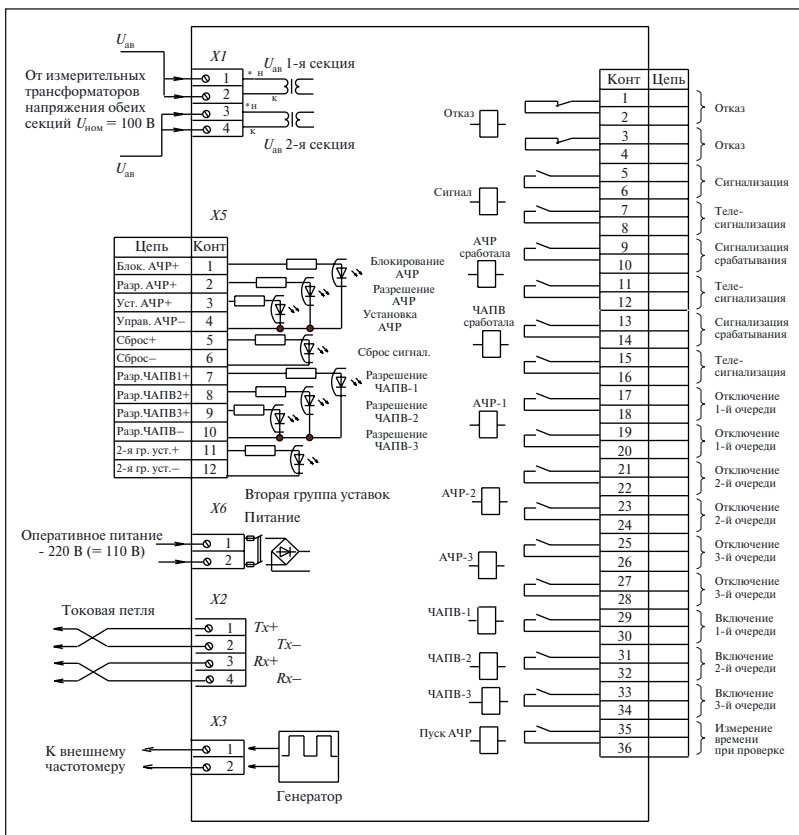


Рис. 2.23. Схема внешних подключений устройства “Сириус-АЧР”

емые на экране дисплея, а также контрастность изображения могут быть изменены без введения пароля.

Всю информацию, содержащуюся в памяти устройства, можно передать по линии связи АСУ или в ПЭВМ, подключаемую к соединителю на лицевой панели устройства (соединитель RS-232C на рис. 2.16). По линии связи со скоростью, задаваемой при программировании устройства (кадр “Скорость ЛС” на рис. 2.21, а), можно не только передавать информацию, но и изменять уставки устройства.

Функциональная схема устройства “Сириус-АЧР” показана на рис. 2.22, а схема его подключения к внешним цепям — на рис. 2.23.

## 2.6. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ БЛОКИ БММРЧ

В основу рассматриваемых блоков положено изобретение, защищенное патентом [9]. Функциональная часть, обеспечивающая измерение частоты, напряжения, скорости изменения частоты, работает следующим образом. На вход устройства (рис. 2.24) поступает контролируемое напряжение  $U$ , которое преобразуется в масштабирующем усилителе  $A1$  и с его выхода поступает на вход аналого-цифрового преобразователя  $A2$  и первый вход блока сравнения  $A3$ .

Для измерения напряжения используется аналого-цифровой преобразователь  $A2$  с регулируемой частотой дискретизации, причем для сокращения объема вычислений измеряется средневыпрямленное значение напряжения и преобразуется в действующее значение. Частота дискретизации преобразователя  $A2$  подстраивается 1 раз за полупериод по результатам измерения длительности таким образом, что за один период производится  $2M$  отсчетов.

В каждый момент времени в регистрах памяти  $A6$  и  $A7$  хранятся:  $M$  отсчетов за предыдущий и  $M$  — за текущий полупериоды. По окончании каждого полупериода производится вычисление средневыпрямленного значения напряжения по скользящему интервалу (учи-

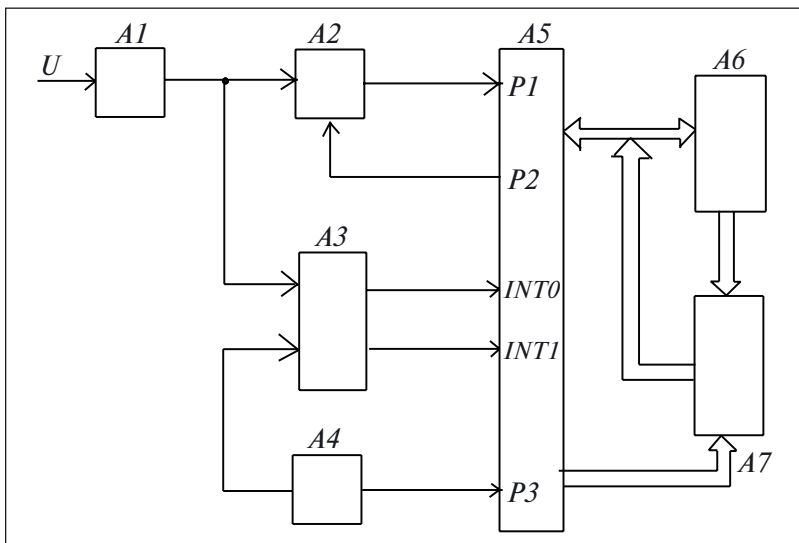


Рис. 2.24. Структурная схема микропроцессорного устройства БММРЧ

тываются данные измерений как за предыдущий, так и за текущий полупериоды) согласно:

$$U_i = k_\phi \frac{1}{2M} \sum_{m=1}^{2M} |U_{abc m}^i|, \quad (2.6)$$

где  $U_i$  — текущая оценка действующего значения напряжения;  $k_\phi = (\pi/2)\sqrt{2}$  — коэффициент формы;  $M$  — количество отсчетов АЦП  $A2$  за период;  $U_{abc m}^i$  —  $m$ -й отсчет напряжения.

Частота сигнала измеряется по сумме длительностей четного и нечетного полупериодов напряжения. Цифровой код с выхода преобразователя  $A2$  поступает в микропроцессор  $A5$ , на другие входы которого поступают сигналы от блока сравнения  $A3$  в виде последовательности прямоугольных импульсов с частотой контролируемого напряжения. Таким образом, из исходного сигнала формируется бинарный сигнал (меандр), переключающий между собой два канала измерения временных сигналов (таймеров микропроцессора  $INT0$  и  $INT1$ ). Один таймер измеряет длительность нечетного, а второй — четного полупериода. Каждый переход контролируемого напряжения через нуль активирует включение одного из таймеров, остановку счета второго таймера и считывание значения. Такая реализация позволяет правильно обработать возможные колебания управляющего сигнала в зоне перехода контролируемого напряжения через нуль.

В каждый момент времени в памяти микропроцессора хранится  $N$  оценок длительности полупериодов в отсчетах таймера. Текущая оценка частоты сигнала вычисляется 1 раз за период по формуле

$$F_i^T = \frac{T_k}{T_1 + T_{i-1}}, \quad (2.7)$$

где  $F_i^T$  — текущая оценка частоты;  $T_i$  — длительность текущего полупериода;  $T_{i-1}$  — длительность предыдущего полупериода;  $T_k$  — длительность квантования.

Скорость изменения частоты  $S(t)$  вычисляется как первая производная частоты сигнала по времени методом численного дифференцирования по формуле

$$S(t) = F'(\Delta t) = \frac{\Delta F}{\Delta t} + \dots, \quad (2.8)$$

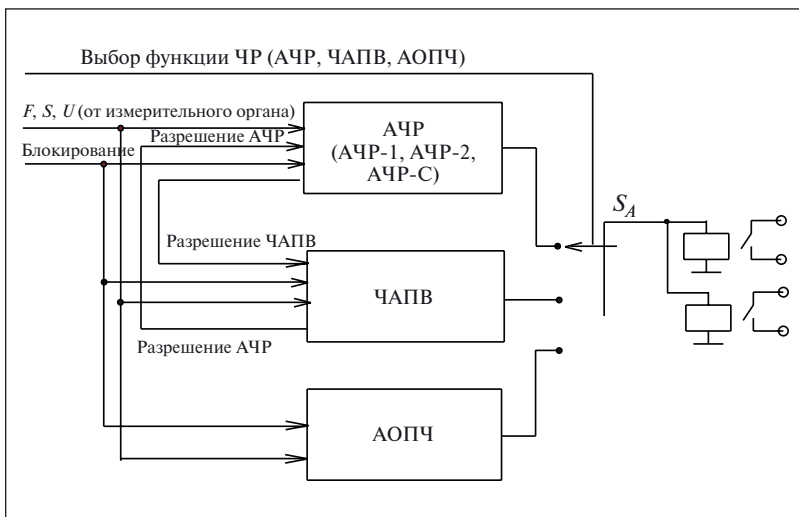


Рис. 2.25. Структурная схема частотного реле устройства БММРЧ-А

где  $\Delta F$  — приращение частоты;  $\Delta t$  — промежуток времени.

Информация об измеренных значениях частоты  $F$ , скорости ее изменения  $S$ , напряжении  $U$  поступает на входы модулей частотных реле.

Основой устройств БММРЧ являются несколько (четыре или восемь в зависимости от модификации) модулей частотных реле, получающих входные сигналы от общего измерительного преобразователя и формирующих сигнал в соответствии с одним из задаваемых при программировании алгоритмов частотной автоматики. Частотное реле выдает сигнал в обмотку выходного электромеханического реле.

В блоках типа БММРЧ-А, выходные реле которого работают **в импульсном режиме** в соответствии с рис. 2.3, б, каждый из модулей частотного реле можно путем программирования настроить на выполнение одного из алгоритмов:

- разгрузки (АЧР-1, АЧР-2 или АЧР-С) — верхнее положение программного ключа, изображенного условно в виде переключателя  $SA$  (рис. 2.25);
- ЧАПВ — среднее положение переключателя  $SA$ ;
- АОПЧ — нижнее положение переключателя  $SA$ .

При этом управление выходными электромеханическим реле каждого из модулей возможно только по одному из алгоритмов.

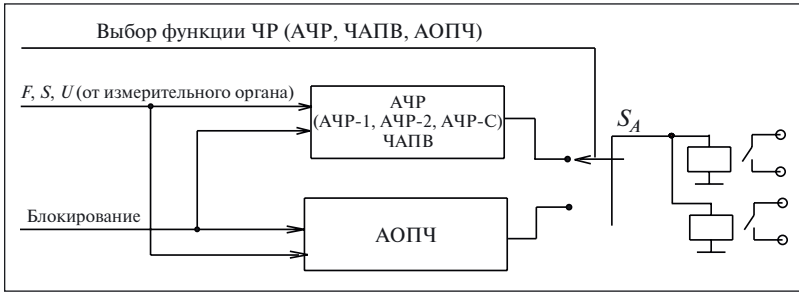


Рис. 2.26. Структурная схема частотного реле устройства БММРЧ-Б

Отличие модулей частотных реле устройств типа БММРЧ-Б, выходные реле которого работают *в непрерывном режиме* в соответствии с рис. 2.3, а, заключается в том, что алгоритмы разгрузки объединены с алгоритмом ЧАПВ.

Алгоритм АОПЧ в этой модификации устройства выполнен отдельно. Выбор алгоритмов (АЧР, ЧАПВ или АОПЧ) осуществляется аналогично, с помощью программного ключа  $S_A$  (рис. 2.26).

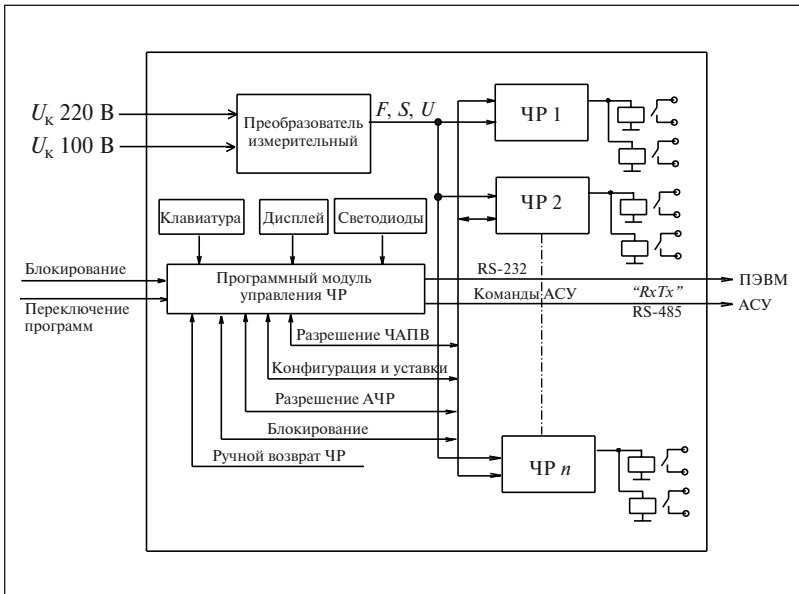


Рис. 2.27. Структурная схема устройства БММРЧ

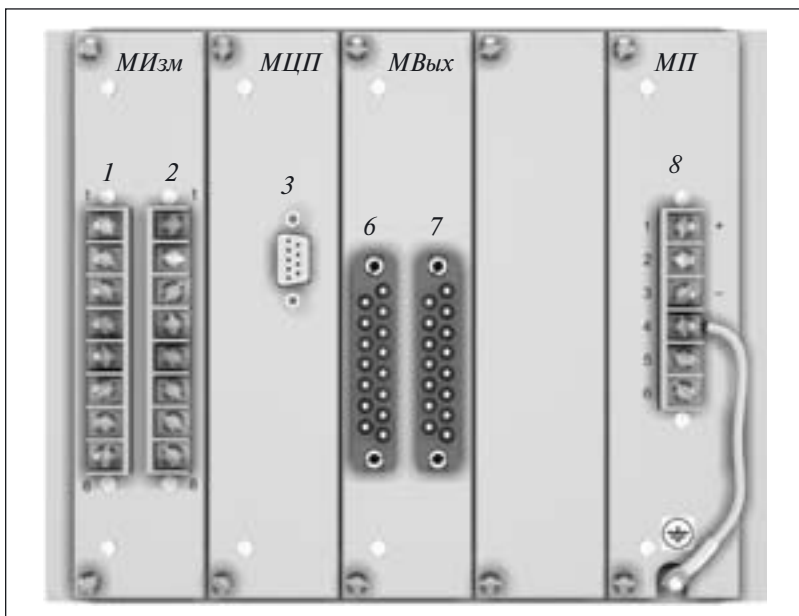


Рис. 2.28. Расположение модулей в блоке БММРЧ

Выходными электромеханическими реле каждого модуля по-прежнему можно управлять только по одному из двух алгоритмов.

Взаимодействие между частями устройства осуществляется с помощью программного модуля управления, обеспечивающего частотные реле, клавиатуру, светодиоды сигнализации, дисплей, систему АСУ и внешнюю ПЭВМ необходимой информацией и программами работы (рис. 2.27).

Конструктивно все устройство разделено на несколько съемных функциональных модулей (рис. 2.28):

- модуль измерения *МИзм*, обеспечивающий измерение напряжения, частоты, скорости изменения частоты и прием входных дискретных сигналов. Подключение внешних цепей производится к соединителям *1* и *2*;
- модуль центрального процессора *МЦП*, производящий обработку поступающей информации, формирующий команды управления и сигнализации, обрабатывающий информацию для отображения ее на дисплее, управляющий *ЧР* и др. На лицевой панели этого модуля установлен соединитель *3* для подключения блока в АСУ;

- модуль выходных сигналов *МВых*, управляющий работой установленных в нем электромеханических выходных реле. При четырех выходных реле их контакты выведены на соединители 6 и 7. При восьми выходных реле в корпус блока устанавливается второй модуль *МВых*;

- модуль управления и индикации *МУИ*, управляющий работой дисплея, светодиодов, клавиатуры (на рис. 2.28 не показан);

- модуль питания *МП*, обеспечивающий все модули блока напряжением постоянного тока требуемых значений. К соединителю 8 подключаются напряжение оперативного питания и внешний накопитель энергии.

Съемные функциональные модули электрически соединены через специальный монтажный модуль, установленный внутри устройства (на рис. 2.28 не показан). Связь между всеми функциональными модулями осуществляется по последовательному каналу.

По сравнению с блоками типа БМАЧР в данном блоке увеличено количество внешних блокирующих сигналов до трех, введен алгоритм АОПЧ, позволяющий формировать сигналы на отключение генератора или регулирование частоты его вращения, предусмотрено цифровая регистрация (осциллографирование) параметров частотной аварии и многие другие функции.

Диапазоны и дискретность задания уставок для всех алгоритмов разгрузки АЧР и алгоритма ЧАПВ в блоке БММРЧ аналогичны приведенным выше для блоков БМАЧР-М.

В связи с другой логикой работы (алгоритм начинает работать при повышении частоты контролируемой сети) уставка по частоте пуска и возврата алгоритма АОПЧ может быть выбрана из диапазона 50,0 – 53,0 Гц. Дискретность задания этой уставки — 0,1 Гц.

Для частотного реле, работающего по алгоритму АОПЧ, можно выбрать один из видов выходного сигнала электромеханического реле:

- однократный импульс продолжительностью от 0,05 до 99,99 с;
- серия импульсов продолжительностью от 0,05 до 99,99 с, интервал между которыми можно задать из диапазона 0,1 – 99,99 с.

Дискретность изменения временных параметров выходного сигнала частотного реле, работающего по алгоритму АОПЧ, — 0,01 с.

В связи с тем что при повышении и понижении частоты алгоритм АОПЧ должен действовать различно, в устройстве предусмотрены определение знака скорости изменения частоты и возможность введения ускорения действия алгоритма по этому фактору.

Для ускорения действия алгоритма АОПЧ по скорости снижения частоты уставка по этому параметру может быть выбрана из диапа-



Рис. 2.29. Лицевая панель устройства БММРЧ

зона от  $-0,1$  до  $-20,0$  Гц/с. Для ускорения действия алгоритма по скорости повышения частоты уставка может быть выбрана из диапазона  $0,1 - 20,0$  Гц/с. Дискретность задания этих уставок —  $0,1$  Гц/с.

Вся информация, содержащаяся в памяти устройства БММРЧ, сгруппирована в кадрах двухуровневого меню, отображаемых на экране дисплея (рис. 2.29). Помимо дисплея на лицевой панели расположены светодиодные индикаторы, клавиатура для управления работой устройства и навигации по кадрам меню, соединитель *RxTx* для подключения ПЭВМ.

Для выведения на дисплей начального кадра основного меню (табл. 2.11) достаточно нажать любую клавишу на лицевой панели.

Кадры главного и вспомогательных меню листают с помощью кнопок “↑” (“Вверх”) и “↓” (“Вниз”). Этими же кнопками пользуются для увеличения или уменьшения цифры при вводе числовых значений, а также для перехода к следующему или предыдущему элементу при выборе уставок или характеристик из списка значений.



Таблица 2.11. Основное меню устройства БММРЧ

Кадр	Примечания
000 ПАРАМЕТРЫ СЕТИ ДД. ММ. ГГ. ЧЧ:ММ:СС	Текущие даты и время обозначаются двумя цифрами: ДД — день, ММ — месяц, ГГ — год, ЧЧ — часы, ММ — минуты, СС — секунды
100 АВАРИИ	Параметры аварийных событий отображаются в кадрах “101” — “102”
1N0 ПУСК N ДД. ММ. ГГ. ЧЧ:ММ:СС	Информация о дате и времени пуска реле N в кадрах меню “111” — “185”
190 ЖУРНАЛ СОБЫТИЙ ДД. ММ. ГГ. ЧЧ:ММ:СС	Информация о дате и времени очистки журнала событий. Доступ к кадрам “191” — “194”
200 НАКОПИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	Информация о количестве пусков, срабатываний и возвратов по каждому из выходных реле, сброс накопительной информации
300 КОНФИГУРАЦИЯ И УСТАВКИ	Ввод пароля в кадре “301”
3N0 КОНФИГУРАЦИЯ И УСТАВКИ РЕЛЕ N	Просмотр и изменение (после ввода пароля) уставок и конфигурации в кадрах 3N0
390 ПАРАМЕТРЫ БЛОКА	Просмотр и изменение (после ввода пароля) параметров блока
400 ТЕСТ	Просмотр результатов самодиагностики блока. После ввода пароля — тестирование узлов и элементов блока
500 РЕГУЛИРОВКА КОНТРАСТНОСТИ	Регулировка контрастности клавишами “Вправо” и “Влево”

С помощью кнопок “←” (“Влево”) и “→” (“Вправо”) перемещают курсор в кадре. В кадре меню “500” “Регулировка контрастности” изменяют контрастность изображения на экране дисплея.

С помощью кнопки “⬠” (“Ввод”) переходят из главного меню во вспомогательные и включают тесты блока в режиме “Тест”. Эту же кнопку используют при вводе:

- пароля;
- уставок;
- конфигурации;
- даты;
- времени и т.п.

Кнопка “//” (“Сброс”) используется для:

- перехода в начальный кадр в основном меню;
- выхода из вспомогательного меню в основное;

- отмены записи изменений, введенных оператором во вспомогательных меню (до нажатия кнопки “Ввод”);
- выключения тестов во вспомогательном меню “Тест”.

При одновременном нажатии на кнопки “ $\diamond$ ” (“Квитирование”) и “Сброс” происходит отключение всех индикаторов “1” – “8” (для блока БММРЧ с восемью реле) или “1” – “4” (для блока БММРЧ с четырьмя реле), сигнализирующих о срабатывании частотных реле.

Ручной возврат частотных реле (принудительная выдача команды ЧАПВ) происходит при одновременном нажатии на кнопки “Квитирование” и “Ввод”.

На экране дисплея блока информация о текущем времени и дате воспроизводится в начальном кадре “000” основного меню. Из этого и всех других кадров основного меню (кроме кадра “500”), нажав клавишу “Ввод”, переходят в кадры вспомогательных меню. Например, из кадра “000” переходя в кадр “010”, где становится возможным получение информации о текущем значении измеряемых параметров — напряжении и частоте, а также о действующей программе уставок:

010 СЕТЬ	ПРХ
U = YYY В	F = ZZ,ZZ Гц

1. ПРХ — номер программы уставок (X = 1 или 2).
2. Текущие значения измеряемых величин — напряжения U(YYY) и частоты F(ZZ, ZZ).

На лицевой панели блока типа БММРЧ (см. рис. 2.29) расположен светодиод “Пуск” желтого цвета, который постоянно светится при пуске одного или нескольких частотных реле по алгоритму разгрузки и мигает при пуске одного или нескольких частотных реле по алгоритму ЧАПВ или АОПЧ. После срабатывания частотного реле этот светодиод гаснет. Не горит он и при отсутствии пуска по любому из алгоритмов.

В памяти блока информация об аварийном процессе (в том числе и о срабатывании светодиода) будет записана, а узнать об этом можно, ознакомившись с кадрами вспомогательных меню “Аварии”. Для этого из кадра “100” основного меню после нажатия клавиши “Ввод” переходят в кадр “101” вспомогательного меню. В зависимости от содержащейся в памяти блока информации на дисплее может быть индицирована одна из трех надписей:

101 ОСЦИЛЛОГРАММ НЕТ
----------------------

В памяти блока отсутствует запись хотя бы одной частотной аварии.

101 ОСЦИЛЛОГРАММА НЕ РЕГИСТРИРУЕТСЯ
-------------------------------------

Происходит запись частотной аварии (в этом случае желтый светодиод на лицевой панели будет светиться).

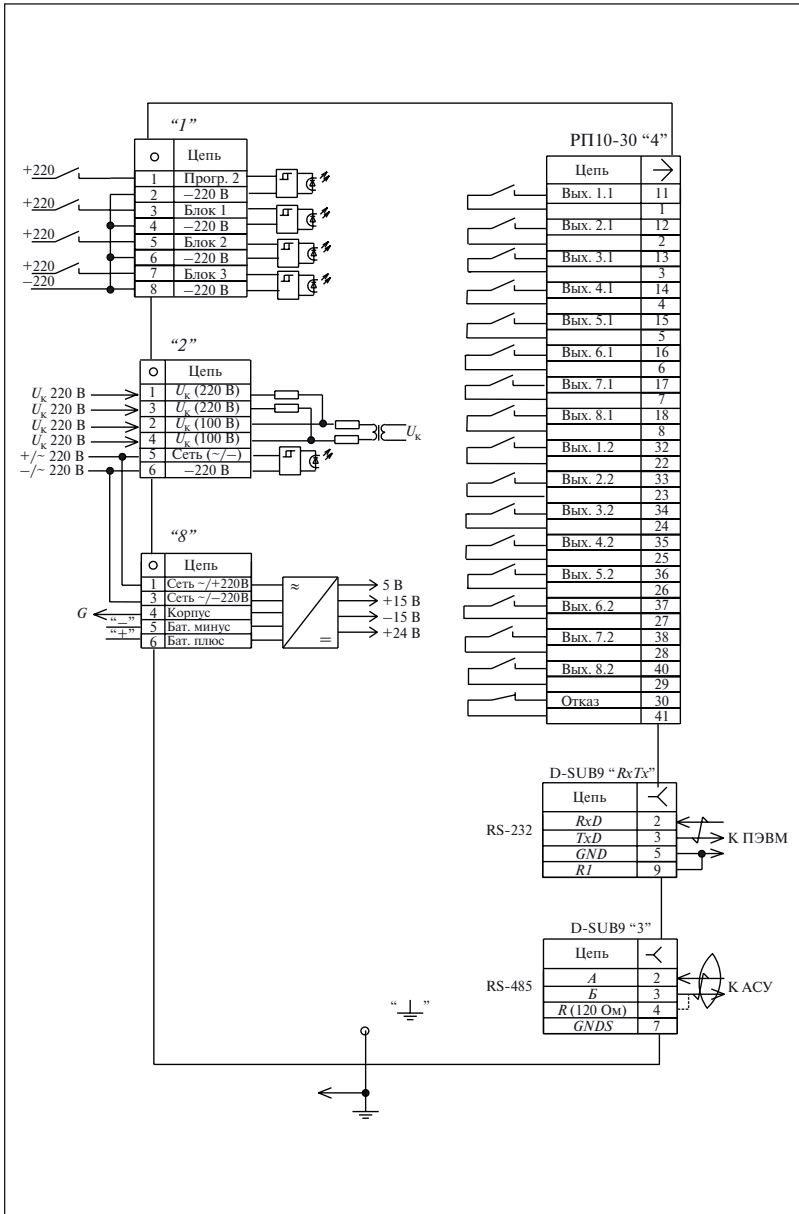


Рис. 2.30. Схема внешних подключений блока БМРЧ-А с восемью реле

Во всех случаях на месте знака  $N$  индицируется порядковый номер последней по времени цифровой записи частотной аварии, для краткости называемой не совсем точно *осциллограммой*.

Пусть на экране дисплея индицируется надпись “*Осциллограмма 5. 10.12.06. 14.48.21*”. Это означает, что в памяти блока содержится запись пяти частотных аварий, а запись пятой из них была начата 10 декабря 2006 г. в 14 ч 48 мин 21 с. Непосредственно на дисплее никакой другой информации не содержится, но, подключив ПЭВМ к соединителю  $RxTx$  или включив устройство БММРЧ в систему АСУ, можно получить доступ к массиву данных, записанных во время частотной аварии (см. гл. 3).

Схема внешних подключений блока БММРЧ приведена на рис. 2.30.

## 2.7. РЕЛЕ ЧАСТОТЫ MICOM P-940\*

Реле частоты MiCOM P-940 содержит четыре частотные защиты с независимыми измерительными органами, обеспечивающими контроль:

- повышения частоты;
- понижения частоты;
- скорости изменения частоты;
- средней скорости изменения частоты;
- повышения напряжения;
- понижения напряжения.

Защита от понижения частоты работает с выдержкой времени, задаваемой пользователем (алгоритм АЧР-2). Отсчет выдержки времени начинается с момента, когда значение частоты становится ниже уставки. Если после истечения выдержки времени значение частоты остается ниже уставки, реле MiCOM P-940 формирует сигнал на отключение нагрузки.

Алгоритм АЧР-С обеспечивает ускоренное отключение нагрузки при быстром снижении частоты в течение заданной выдержки времени.

---

\* Описание составлено по рекламным материалам.

Контроль средней скорости изменения частоты удобен при наличии в системе потребителей большой мощности (например, синхронных или асинхронных электродвигателей) или при переключении большой нагрузки. В этих случаях срабатывание защит по частоте даже с учетом скорости изменения частоты могло бы привести к излишним отключениям нагрузки.

При контроле средней скорости изменения частоты отключение нагрузки происходит не в моменты наибольших скоростей изменения частоты, а по результатам измерений в начале и в конце заданного промежутка времени  $\Delta t$  (рис. 2.31).

Защита по напряжению имеет две независимые ступени, причем одной из них можно задать обратнoзависимую характеристику. При пониженном значении напряжения блокируются все ступени отключения и подключения нагрузки (алгоритмы АЧР и ЧАПВ).

Реле частоты может быть использовано и для защиты генератора от работы при повышенной и/или пониженной частоте (см. § 1.6). Однако, в отличие от устройств БММРЧ, в рассматриваемом реле не предусматривается активного воздействия на регулятор частоты генератора. Вместо этого реле МiСОМ Р-940 по результатам контроля времени работы генератора при пониженных и повышенных значениях частоты формирует сигнал, отключающий генератор от нагрузки.

При работе реле в качестве защиты генератора пользователь задает от одного до четырех частотных диапазонов, которые могут быть объединены или использоваться раздельно (рис. 2.32). Другие элементы могут использоваться для выполнения алгоритмов АЧР и ЧАПВ.

В реле предусмотрена возможность задания четырех групп уставок частотной защиты, что позволяет задавать различные режимы его работы.

На лицевой панели реле расположены двухстрочный жидкокристаллический дисплей 1, четыре светодиода 7 с фиксированными функциями и восемь светодиодов 2, функции которых программируются пользователем.

Клавиатура 4 предназначена для навигации по меню, а клавиши 3 “Прочтено” и “Очистить” — для просмотра и подтверждения сообщений. На поднимающейся верхней крышке 8 указано название изделия, а под ней — номер модели и заводской номер изделия.

Под крышкой 6 расположены соединитель для подключения ПЭВМ по интерфейсу RS-232, аккумуляторный отсек и порт загрузки. В отличие от многих других реле частотной разгрузки в данном реле предусмотрена установка пломбы 5. Значение уставки по час-

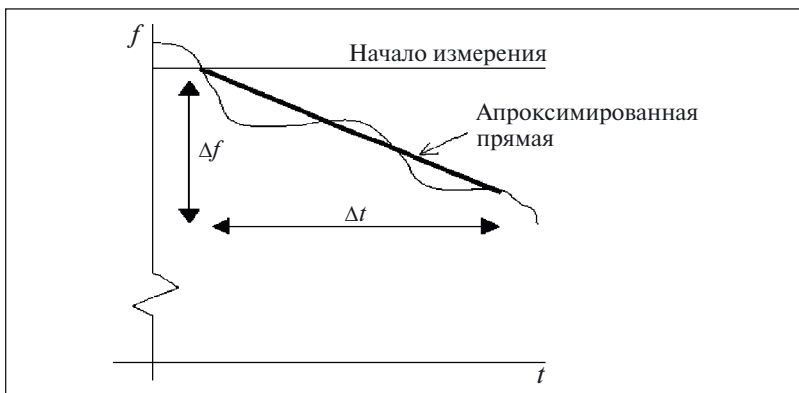


Рис. 2.31. Контроль частоты  $F$  и средней скорости ее изменения  $S = dF/dt$

тоте может быть выбрано из диапазона от 40 до 70 Гц, а выдержки времени — от 0 до 100 с. Для скорости изменения частоты может быть задана уставка в диапазоне от  $-10$  до  $+10$  Гц/с при выдержке времени от 0 до 100 с.

Контроль средней скорости изменения частоты может производиться в диапазоне частот от 40 до 790 Гц на интервале времени от 0,02 до 2 с. Разность частот на этом интервале может быть от 0,2 до 10 Гц.

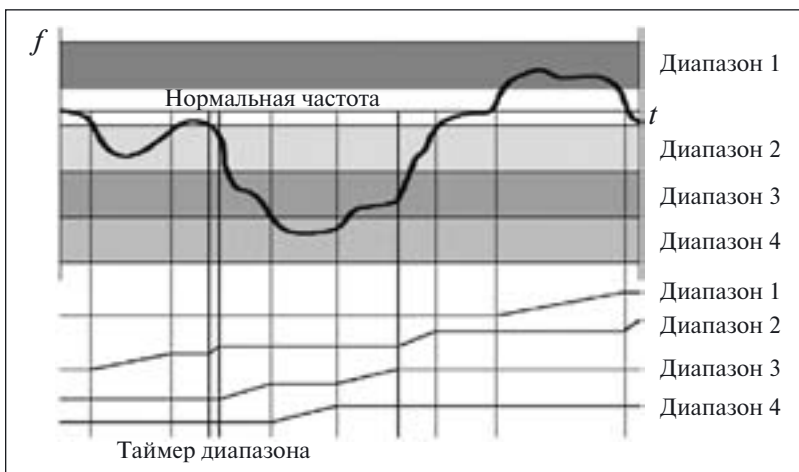


Рис. 2.32. Распределение диапазонов контроля частоты

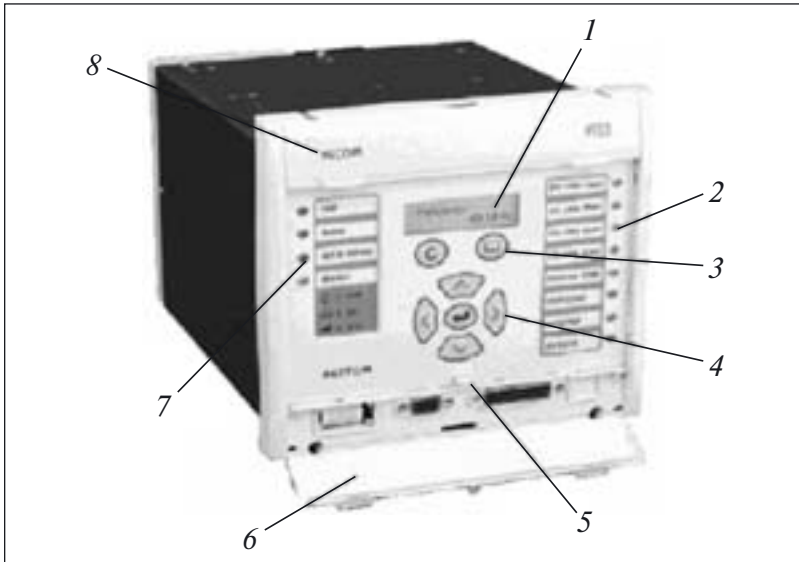


Рис. 2.33. Лицевая панель реле частоты MiCOM P-940

Значение уставки алгоритма ЧАПВ по частоте может быть выбрано из диапазона от 40 до 70 Гц при выдержке времени от 1 до 7200 с.

Для аварийной защиты генератора границы каждого из четырех диапазонов могут быть выбраны в пределах от 40 до 70 Гц, а выдержка времени — от 0 до 240 мин.

## Интерфейс цифровых устройств частотной разгрузки

### 3.1. ПОДКЛЮЧЕНИЕ К ПЭВМ И В АСУ

В автоматизированных системах управления и для обеспечения работы цифровых устройств частотной разгрузки с ПЭВМ используют различные стандартные и специальные интерфейсы [10].

В цифровых устройствах частотной разгрузки, выпускаемых НТЦ “Механотроника”, предусмотрены два соединителя —  $RxTx$  (соединители  $X1$  на рис. 3.1, *а* и *б*), расположенный на лицевой панели (см. рис. 2.9 и 2.29), для подключения ПЭВМ по физическому интерфейсу RS-232, и “3” (соединитель  $X2$  на рис. 3.1, *а*), расположенный на панели модуля центрального процессора (см. рис. 2.28), для подключения к АСУ по физическому интерфейсу RS-485.

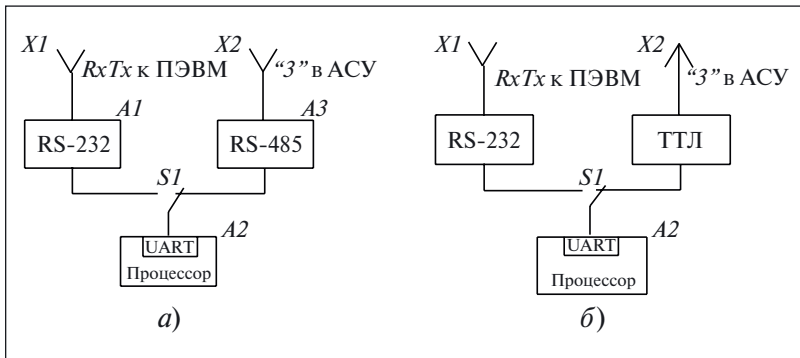


Рис. 3.1. Организация каналов связи с АСУ и ПЭВМ для витой пары (*а*) и для волоконно-оптической линии связи (*б*)



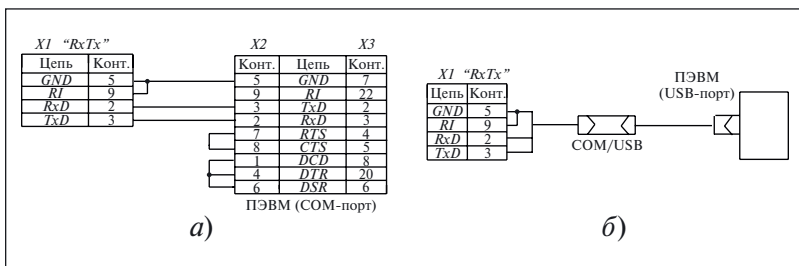


Рис. 3.2. Подключение цифрового устройства частотной разгрузки к COM-порту (а) и USB-порту (б) ПЭВМ

В центральном процессоре цифрового устройства частотной разгрузки предусмотрен последовательный порт *UART* (в русской транскрипции УАПП — универсальный асинхронный приемопередатчик), посредством которого информация из центрального процессора передается через программный ключ *S1* либо на микросхему *A3*, либо (при подключении кабеля к соединителю *X1*) на микросхему *A1*.

Для подключения ПЭВМ может использоваться розетка типа D-Sub с 9 (*X2*) или 25 (*X3*) контактами (рис. 3.2, а), но в любом случае на соединителе, подключенном к ПЭВМ, должна быть установлена перемычка между контактами 5 и 9. Наличие этой перемычки дает информацию для переключения ключа *S1* (см. рис. 3.1) в положение, обеспечивающее передачу информации от порта *UART* центрального процессора на соединитель *RxTx*.

В столбце “Контакт” под обозначением *X2* (см. рис. 3.2, а) дана нумерация контактов для соединителя с 9 контактами, а в столбце “Контакт” под обозначением *X3* — для соединителя с 25 контактами. При использовании ПЭВМ, имеющих только USB-порты, следует применять переходник COM-USB (рис. 3.2, б).

Подключение и отключение устройств частотной разгрузки к ПЭВМ можно производить, не выключая их оперативное питание, но при этом обязательно следует отключить питание ПЭВМ и принять меры для защиты соединителя *RxTx* от воздействия статического электричества.

В устройствах частотной разгрузки других производителей, например ОАО “Радиус-Автоматика”, подключение ПЭВМ по интерфейсу RS-232 может производиться с помощью жгутов, схема кото-

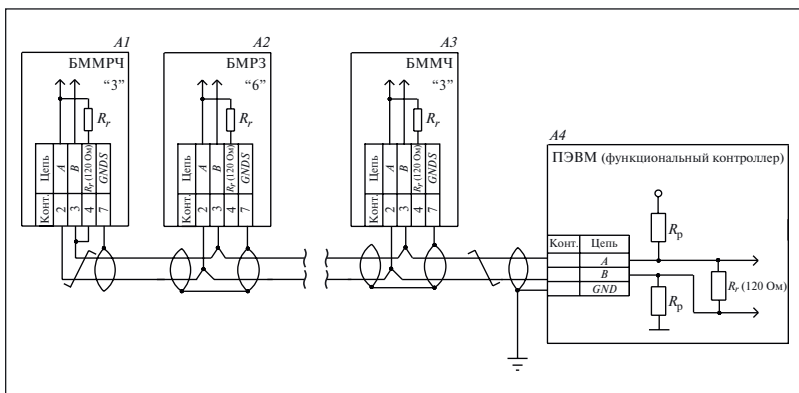


Рис. 3.3. Пример сети на витой экранированной паре проводов

рых отличается от приведенной на рис. 3.2, а только отсутствием перемычки между контактами 5 и 9 соединителя. Интерфейс RS-232 относится к группе *двухточечных* интерфейсов, соединяющих между собой два устройства.

Для соединения нескольких устройств цифровой релейной защиты и автоматики используют другой вид интерфейсов — *многоточечные*. В зависимости от исполнения в блоке частотной разгрузки производства НТЦ “Механотроника” может применяться один из следующих многоточечных интерфейсов:

- гальванически изолированный RS-485 для передачи информации по экранированной витой паре проводов (см. рис. 3.1, а);
- интерфейс с уровнями ТТЛ для подключения внешнего электронно-оптического преобразователя ПЭО-ТТЛ (на рис. 3.1, б не показан) для передачи информации по волоконно-оптическим кабелям.

При использовании витой экранированной пары проводов цифровые устройства подключают по схеме, показанной на рис. 3.3. В приведенной схеме, где витая экранированная пара выполняет роль шины (иногда такую линию связи называют *моноканальной*), можно использовать не более 31 цифрового блока и одну ПЭВМ или функциональный контроллер. Передаваемая цифровым блоком релейной защиты и автоматики информация распространяется по шине в обе стороны от места его подключения. ПЭВМ (функциональный

контроллер) должна иметь порт RS-485 либо подключаться к сети через конвертер RS-232/RS-485.

В двух устройствах, расположенных на концах сети (устройства А1 и А4 на рис. 3.3), необходимо подключить согласующие резисторы  $R_r$ . Подключение резистора  $R_r$  в блоке осуществляется установкой перемычки между контактами 3 и 4 в ответной части соединителя “3”.

При использовании ФК производства НТЦ “Механотроника” согласование осуществляется с помощью резистора, входящего в схему ФК, в ПЭВМ с портом RS-485 согласующий резистор должен находиться в плате порта.

Требуемые характеристики линии связи обеспечиваются при использовании экранированной витой пары проводов со следующими характеристиками:

- номинальное волновое сопротивление — 120 Ом;
- погонное сопротивление — 150 Ом/км (не более);
- погонная емкость — 56 пФ/м (не более).

Максимальная длина канала связи интерфейса RS-485 определяется характеристиками экранированной витой пары и скоростью передачи данных и составляет от 500 до 1200 м.

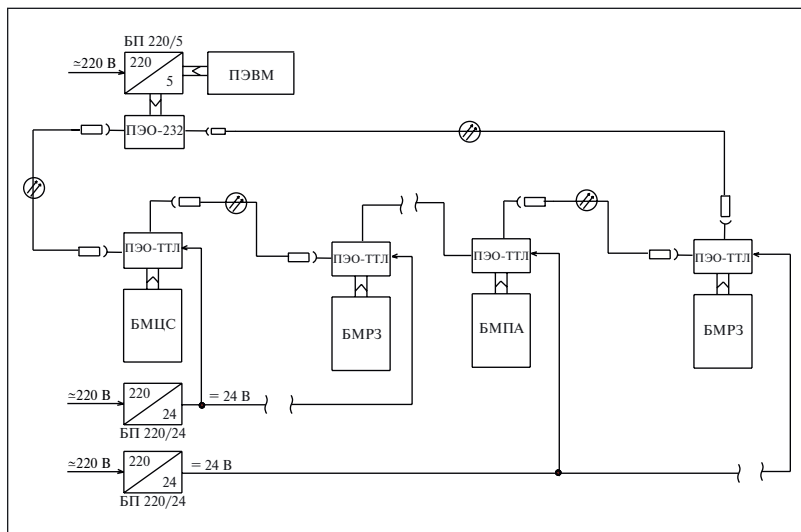


Рис. 3.4. Пример сети на волоконно-оптическом кабеле

При использовании волоконно-оптических кабелей цифровые устройства подключаются по схеме “кольцо”, приведенной на рис. 3.4. В одном кольце могут находиться не более 99 цифровых устройств и одна ПЭВМ (функциональный контроллер).

ПЭВМ или функциональный контроллер подключается к ВОЛС с помощью электронно-оптических преобразователей ПЭО-232, обеспечивающих преобразование оптических сигналов, передаваемых по волоконно-оптическому кабелю, в сигналы интерфейса RS-232.

Питание всех преобразователей осуществляется от внешних преобразователей — БП 220/24 и БП 220/5, которые для обеспечения надежной работы сети должны получать питание от источника, не зависящего от оперативного питания цифровых устройств.

Передаваемая цифровым устройством релейной защиты информация распространяется по кольцу только в одном направлении. Требуемые характеристики линии связи обеспечиваются при использовании волоконно-оптического кабеля с многомодовым волокном и имеющим следующие параметры:

- диаметр — 62,5/125 мкм;
- погонное затухание — 3 дБ/км (не более).

В этом случае максимальное расстояние между соседними преобразователями составляет не более 2 км. При необходимости увеличения дальности связи по интерфейсу RS-485 следует использовать

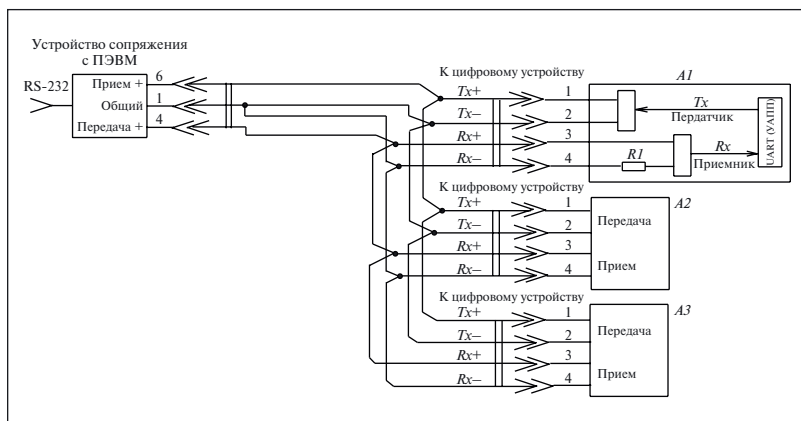


Рис. 3.5. Подключение к ПЭВМ цифровых устройств с интерфейсом “токовая петля”

повторитель интерфейса RS-485, а для волоконно-оптической линии связи — преобразователь-повторитель ПЭО-П.

В некоторых цифровых устройствах частотной разгрузки применяют другие *многоточечные* интерфейсы, например такие, как “токовая петля”. В этом случае цифровые устройства релейной защиты и автоматики подключены с помощью жгута к специальному устройству сопряжения с ПЭВМ [32] (рис. 3.5).

Устройство сопряжения выдает сигнал амплитудой 12 В. Токоограничивающие резисторы  $R1$  стоят в устройствах. На одну петлю можно подключать до 20 терминалов. Ток, генерируемый устройством сопряжения, зависит от количества подключенных устройств.

Интерфейс “токовая петля” для представления сигнала использует не напряжение, а ток в двухпроводной линии, соединяющей приемник и передатчик. Логической единице (состоянию “*Включено*”) соответствует протекание тока 20 мА в приемнике устройства, а логическому нулю — отсутствие тока. Обрыв линии обнаруживается по присутствию постоянного логического нуля.

Сети, связывающие два или более объектов, могут работать в одном из режимов — *широковещательном* или *абонентском*.

При работе в первом режиме по сети передается сообщение, предназначенное для всех подключенных устройств. Во втором режиме по сети передается сообщение, предназначенное для конкретного устройства (абонента), имеющего *сетевой адрес*, позволяющий отличить одно устройство от другого. Кроме этого, для нормальной работы сети необходимо устанавливать значение скорости обмена данными. Задание скорости обмена данными и сетевого адреса происходит во многих устройствах одинаково. Например, для задания скорости передачи данных в устройстве “Сириус-АЧР” необходимо из начального кадра главного меню “Работа” (см. рис. 2.17), нажав кнопку “Ввод”, перейти в кадр “Контроль”. После этого с помощью кнопок “Влево” или “Вправо” перемещаются в кадр “Уставки”, а нажав кнопку “Ввод” — в кадр “Уставки общие”. Перемещаясь по кадрам вспомогательного меню 4 (см. рис. 2.21, а), переходят в кадр “Скорость ЛС”:

Скорость ЛС	Скорость обмена данными выбирается из ряда 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19 200 и одинакова для интерфейсов RS-232 и “токовой петли”.
-------------	---

В некоторых исполнениях устройств ОАО “Радиус-Автоматика” используется протокол “*Старт*”, в котором адрес задается изгото-

вителем и соответствует заводскому номеру устройства. Если же в устройстве применен протокол MODBUS, то задание адреса происходит аналогично описанному ниже для устройств НТЦ “Мехатроника”, в которых предусмотрено задание “заводских” уставок для скорости обмена (9600) и сетевого адреса (3).

Проверить и изменить указанные “заводские” значения можно, обратившись к соответствующим кадрам меню. Из начального кадра основного меню “000” (см. табл. 2.11) с помощью кнопок “Вверх” (“Вниз”) перемещаются в кадр “300”. Нажав кнопку “Ввод”, переходят во вспомогательное меню “Конфигурации и уставки” и, перечислявая кадры с помощью кнопок “Вверх” (“Вниз”), оказываются в кадре “392”.

392 АСУ : АДРЕС XX MODBUS YYYYY БОД	Параметры связи с АСУ и ПЭВМ: XX — от 01 до 99. Скорость обмена YYYYY — 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19 200, 38 400, 57 600.
--	---

Скорость обмена и сетевой адрес одинаковые как для канала связи с ПЭВМ (см. соединитель “RxTx” на рис. 3.1), так и для канала связи с АСУ (см. соединитель “3”). Они устанавливаются только с пульта блока и не могут быть изменены по каналу связи с АСУ или ПЭВМ.

После подключения устройства к ПЭВМ или к АСУ необходимо настроить связь с устройством. К персональному компьютеру, рабо-

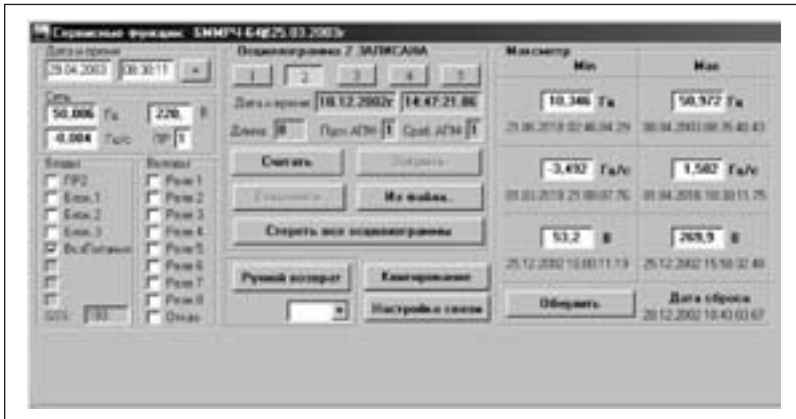


Рис. 3.6. Главное окно “Сервисные функции БММРЧ”

тающему с цифровым устройством, предъявляются следующие системные требования:

- IBM совместимый компьютер (не ниже 486DX-40);
- Windows 9X/NT/2000;
- SVGA совместимый видеоадаптер;
- клавиатура, манипулятор “мышь”;
- свободное место на жестком диске не менее 2 Мб;
- свободный COM-порт или USB-порт.

При работе с устройствами НТЦ “Механотроника” запускают на компьютере программу “Реле-Монитор”, открывают главное окно “Сервисные функции” и наблюдают на экране компьютера изображение, приведенное на рис. 3.6.

Главное окно содержит следующие области (в скобках продублировано содержание информации, приведенной на рис. 3.6):

- *наименование* интерфейса (Сервисные функции) и модификации блока с указанием количества частотных реле (БМРЧ-Б4) и даты выпуска программного обеспечения (25.03.2003);

- *даты* (29.04.2003) и *времени* (08.30.11);

- *сети* (50,006 Гц, 220 В, — 0,004 Гц/с), где указан также номер пакета уставок (Пр1);

- *входов*, где в окнах знаком ✓ указываются переход на второй пакет уставок (Пр2), наличие сигналов блокирования (Блок 1, Блок 2 или Блок 1, Блок 2, Блок 3 — в зависимости от типа блока), включение питания блока (“Вкл. питания”);

- *выходов*, где указывается срабатывание частотных реле и реле “Отказ”;

- *осциллограмм*;
- *максиметра*.

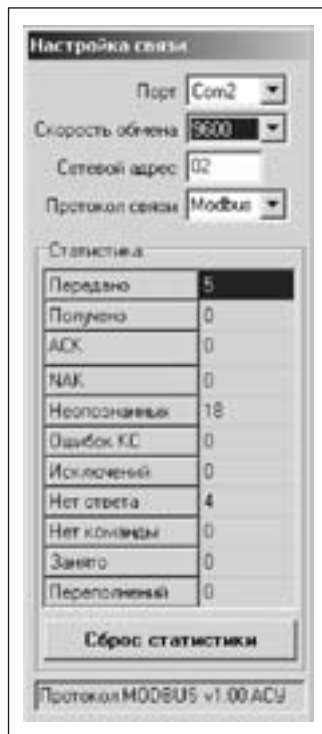


Рис. 3.7. Выпадающее окно “Настройка связи”

Для настройки связи необходимо активировать кнопку “*Настройка связи*”, подведя к ней курсор и щелкнув левой кнопкой мыши. После этого на экране компьютера появляется выпадающее меню, показанное на рис. 3.7.

В окне “*Настройка связи*” необходимо установить те параметры связи с АСУ и ПЭВМ, которые были заданы ранее в кадре “392” при управлении устройством с лицевой панели.

На экране компьютера (см. рис. 3.6) информация о дате и времени воспроизводится непрерывно. Для синхронизации времени блока и времени компьютера достаточно нажать на клавишу, расположенную в этой области окна и обозначенную символом = (равно).

Протокол MODBUS, используемый в интерфейсах устройств производства НТЦ “Механотроника”, реализует способ организации связи “*Ведущий – Ведомый*” (*Master – Slave*). В качестве “Ведущего” (Master) всегда выступает ПЭВМ (функциональный контроллер), который координирует передачу информации остальными устройствами.

При таком способе организации связи цифровые блоки релейной защиты и автоматики являются “Ведомыми” (Slave) и не могут быть инициаторами обмена информацией с “Ведущим”.

От “Ведущего” к “Ведомому” по каналу связи с АСУ или ПЭВМ передаются запросы:

- о текущих электрических параметрах защищаемого объекта (дистанционные измерения);
- о значениях входных и выходных дискретных сигналов устройства;
- о срабатывании частотных реле;
- о текущих значениях параметров настройки устройства (уставок и программных ключей);
- о параметрах аварийных событий;
- на передачу накопительной информации;
- на передачу осциллограмм;
- о текущем времени внутренних часов устройства;
- о результатах самодиагностики.

От “Ведущего” к “Ведомому” по каналу связи с АСУ или ПЭВМ передаются команды:

- дистанционного управления защищаемым объектом;
- квитирования сигнализации;



- изменения параметров настройки устройства (уставок и программных ключей);

- стирания памяти параметров аварийных событий;
- стирания памяти накопительной информации;
- установки времени и даты, синхронизации часов.

От “Ведомого” к “Ведущему” передается информация, содержащая ответы на запросы “Ведущего”, перечисленные выше.

Возможность включения цифровых устройств в систему АСУ позволяет внедрить систему информационного контроля, которая использует цифровые устройства релейной защиты и автоматики для непрерывного телеизмерения следующих параметров:

- генерируемой мощности  $P_{г.тек}$ ;
- перетоков активной мощности по линиям связи  $P_{л.св}$ ;
- суммарной активной нагрузки линий, соответствующих очередей разгрузки  $P_{Ачр}$ .

С 1995 г. такая система действует в ОАО “Ленэнерго”.

## 3.2. ДИАЛОГ С ЦИФРОВЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

Цифровые устройства частотной разгрузки имеют два варианта управления:

- *местный* — с лицевой панели устройства, когда используются встроенные клавиатура и дисплей;
- *дистанционный* — с использованием линии связи, с помощью ПЭВМ или АРМ системы АСУ (удаленный доступ).

Как правило, задать скорость связи и адрес устройства в системе АСУ и изменить яркость свечения дисплея (см. кадр “500” в табл. 2.11), цифровых устройств можно только в режиме местного управления.

В большинстве цифровых устройств частотной разгрузки прочесть осциллограммы процессов частотных аварий можно только в дистанционном режиме.

Дистанционное управление отличается прежде всего тем, что обеспечивает значительно более удобный диалог с устройством, позволяет сделать доступной практически всю информацию о работе и состоянии устройства, а также производить с помощью программ, установленных на ПЭВМ или АРМ, анализ полученной от устройства информации.



Рис. 3.8. Вкладка “Сеть” программы “MT Реле-Монитор”

В основном меню блока БММРЧ информация о параметрах сети выводится в кадре “000” “Параметры сети” (см. табл. 2.11 и комментариев к ней).

При удаленном доступе к блоку на вкладке “Сеть” программы “MT Реле-Монитор” (рис. 3.8) дополнительно выводится информация о состоянии:

- индикаторов на лицевой панели (см. изображения светодиодов 1 – 8 на поле под надписью “Индикация”);
- входов и выходов.

В правом верхнем углу вкладки “Сеть” отображены системное время (11.11.05) и дата (16.01.07), а также время (11.11.16) и дата (16.01.07), генерируемые часами и календарем блока. Здесь же помещена клавиша, обозначенная знаком “=”, нажатие на которую приводит к синхронизации времени блока с временем системы.

В верхней части вкладки помещена информация об адресе блока в сети (03) и его типе (БММРЧ-А-04).

В левой части вкладки выделено поле “Сеть”, на котором размещены окна с информацией о текущих значениях частоты ( $F = 49,99$  Гц), скорости изменения частоты ( $V = 0,000$  Гц/с), напряжения ( $U = 102,6$  В). Кстати, информация о скорости изменения

частоты недоступна пользователю при управлении блоком с лицевой панели.

Над полем “*Сеть*” расположены окно, в котором можно задать номер частотного реле (на рис. 3.8 обозначено аббревиатурой АПМ), и клавиша “*Возврат*”, нажатием на которую возвращают сработавшее реле в исходное положение. Рядом расположено окно, в котором приводится информация о пуске и срабатывании реле. Информация о наличии записей частотных аварий отражается изменением цвета поля “*Диаграмма*”. Квитирование сигнализации выполняется одноименной кнопкой, расположенной в низу вкладки.

Пользователю предоставлено два вида управления интерфейсом — *мышью* и *клавиатурой*. В зависимости от текущих условий некоторые кнопки могут быть недоступны, что обозначается стандартным для компьютеров способом — утопленным шрифтом.

Информацию об аварийных событиях пользователь может получить в кадрах вспомогательного меню “*Аварии*” (см. табл. 2.11 и комментариев к ней).

В комментариях к табл. 2.11 рассказано о том, как получить информацию об аварийных событиях на дисплее устройства. При удаленном доступе для этого надо открыть вкладку “*Аварии*”, в верхней части которой (рис. 3.9) можно получить информацию о дате (16.01.07) и времени (09:41:28) сброса аварии, дате (16.01.07) и времени (10:22:14.91) пуска, дате (16.01.07) и времени (10:22:14.92) срабатывания, дате и времени возврата. Для получения этой информации на экране дисплея потребуются обращаться к другим вспомогательным меню, например меню “*Пуск*” (см. табл. 2.11).

В верхней части вспомогательной вкладки “*Аналог*” (рис. 3.10, а) для каждой из аварий можно получить информацию о значениях напряжения, частоты и скорости изменения частоты в момент пуска,



Рис. 3.9. Временная информация об аварии на вкладке “*Авария*” программы “*MT Реле-Монитор*”

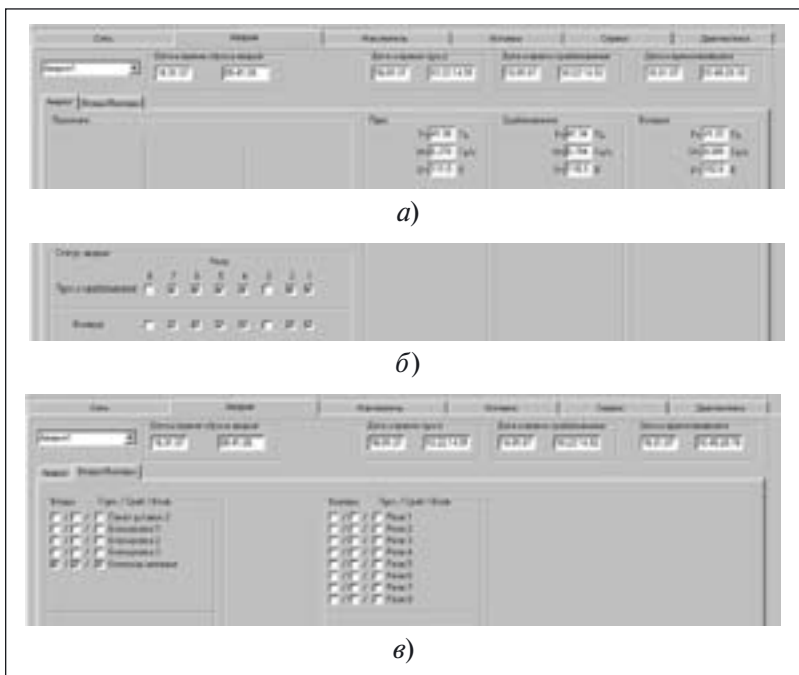


Рис. 3.10. Вспомогательные вкладки “Аналог” (а, б) и “Входы/выходы” (в) программы “MT Реле-Монитор”

срабатывания или возврата реле, а в нижней части (рис. 3.10, б) знаком ✓ в соответствующих окошках отмечены пуски и срабатывания реле.

В первых по времени разработках цифровых устройствах частотной разгрузки, не имеющих удаленного доступа, например БМАЧР, информация о пусках алгоритмов разгрузки, а тем более о возвратах была недоступна.

О срабатывании алгоритмов сигнализировал один из индикаторов (загорались одна, две или три горизонтальные полосы). Уточнить вид сработавшего алгоритма помогают другие индикаторы и светодиод (см. табл. 2.5).

Фактически здесь нельзя говорить о каком-либо меню, точнее называть такое информирование оператора *специальной сигнализацией*.

Обратившись же к вспомогательной вкладке “Входы/выходы” (рис. 3.10, *в*), получают информацию о состоянии входов и выходов отдельно для пусков, срабатываний и возвратов для каждой из частотных аварий.

В блоках БММРЧ, после срабатывания частотного реле и до получения сигнала ЧАПВ на включение отключенной нагрузки, на лицевой панели (см. рис. 2.29) начинает мигать один из четырех или восьми (в зависимости от исполнения блока) красных светодиодов, соответствующий сработавшему частотному реле. После получения команды на подключение отключенной ранее нагрузки этот светодиод горит постоянно. Отключается этот светодиод либо после нажатия клавиши “Квитирование” на лицевой панели блока, либо после получения команды на квитирование по последовательному каналу связи (см. кнопку “Квитирование” на рис. 3.8).

При отсутствии пусков частотных реле в кадре “1N0”вспомогательного меню “Пуск”формируется такая запись:

1N0 ПУСК N АВАРИИ НЕТ
--------------------------

*N* — номер частотного реле.

Одновременно с записью осциллограммы аварийного процесса в памяти блока БММРЧ фиксируется информация о пусках, срабатываниях и возвратах частотных реле, которая отображается в соответствующих кадрах вспомогательного меню следующим образом:

1N0 ПУСК N ДД. ММ. ГГ ЧЧ:ММ: СС: ДМ
--

Дата и время пуска частотного реле *N* (дискретность 10 мс).

1N1 ПУСК N F = ZZ. ZZ Гц S = ± VV. V Гц/с U = YYY В
--

Параметры сети в момент пуска частотного реле *N*:  $F = 30,00 \div 55,00$  Гц;  
 $S = -20,0 \div +20,0$  Гц/с;  $U = 000 \div 286$  В.

1N2 СРАБАТЫВАНИЕ N ДД. ММ. ГГ ЧЧ:ММ:СС. ДМ
---

Дата и время срабатывания частотного реле *N* (дискретность 10 мс).

1N3 СРАБ N F = ZZ. ZZ Гц S = ± VV. V Гц/с U = YYY В
--

Параметры сети в момент срабатывания частотного реле *N*:  $F = 30,00 \div 55,00$  Гц;  
 $S = -20,0 \div +20,0$  Гц/с;  $U = 000 \div 264$  В

Информация о параметрах сети при пусках, срабатываниях и возвратах частотных реле отображается, как мы уже знаем, на вкладке “Аналог” (см. рис. 3.10, *а*). Если после пуска частотного реле до истечения времени выдержки произошел его возврат, становятся до-



Рис. 3.11. Вкладка “Накопитель” программы “MT Реле-Монитор”

ступными кадры меню, в которых можно получить следующую информацию:

$1N4$ ВОЗВРАТ $N$ ДД. ММ. ГГ ЧЧ:ММ : СС. ДМ	Дата и время возврата частотного реле $N$ $DM = 00 \div 99$ — десятки миллисекунд.
--	---

$1N5$ ВОЗВРАТ $N F = ZZ. ZZ$ Гц $S = \pm VV. V$ Гц/с $U = YYY$ В	Параметры сети в момент возврата частотного реле $N F = 30,00 \div 55,00$ Гц; $S = -20,0 \div +20,0$ Гц/с; $U = 000 \div 264$ В
---	--

Если же возврата реле не было, то информацию о пусках и срабатываниях частотных реле можно получить в кадрах вспомогательного меню “Накопительная информация”.

В цифровых устройствах частотной разгрузки **накопительной** принято называть информацию о количестве пусков, срабатываний и возвратов частотных реле без указания иных параметров — времени, частоты, напряжения и др.

Начальным для рассматриваемого вспомогательного меню в блоках типа БММРЧ является кадр “200” основного меню (см. табл. 2.11). Информацию о работе частотных реле можно прочесть в кадрах “210” – “2N0”. При переходе в кадр “290” и одновременном нажатии на клавиши “Квитирование” и “Ввод” очищают память устройства от данной информации:

2N0 Реле N  
П/С/В XXXX / XXXX / XXXX

N — номер частотного реле,  
XXXX = 0000 ÷ 9999, П — пуск,  
С — срабатывание, В — возврат.

290 СБРОС НАКОПИТ ИНФОР  
ДД. ММ. ГГ ЧЧ. ММ:СС

Дата и время последнего сброса накопительной информации.

При местном управлении блока очистку памяти от информации о пусках, срабатывании и возвратах реле производят одновременно с очисткой памяти осциллограмм в кадре “102”.

При дистанционном управлении информация из счетчиков событий, которая отображается в кадрах “1N0”, “1N2”, “1N5”, выводится на экран ПЭВМ во вкладке “Накопитель” (рис. 3.11).

На этой же вкладке размещена информация о максимальных и минимальных значениях параметров сети (так называемый *Максиметр*), дате и времени их фиксации. Эта информация не может быть получена на экране дисплея при местном управлении блоком.

Сброс показаний *Максиметра* является одним из многих событий, которые фиксируются в памяти блока. Информация о них доступна как при местном, так и при дистанционном управлении. Обычно в памяти блока фиксируются такие события (по иному — ведется *журнал событий*):

- включение или выключение блока;
- пуски и срабатывания частотных реле;
- пропадание или восстановление контролируемого напряжения;
- значения параметров контролируемой сети;
- состояния входов и выходов блока в указанные моменты времени и т.п.

Журнал событий фактически представляет собой компьютерную версию документации, оформляемой персоналом релейной службы.

Ведение журнала событий позволяет получить информацию не только о происшедших событиях, но и о дате и времени сброса информации с указанием места (пульт или АСУ), из которого был произведен сброс информации.

Информация из журнала событий выводится на экран дисплея в зашифрованной форме. Каждый из производителей цифровых устройств использует свою систему шифровки. Например, в устройстве БММРЧ приняты такие обозначения некоторых сигналов:

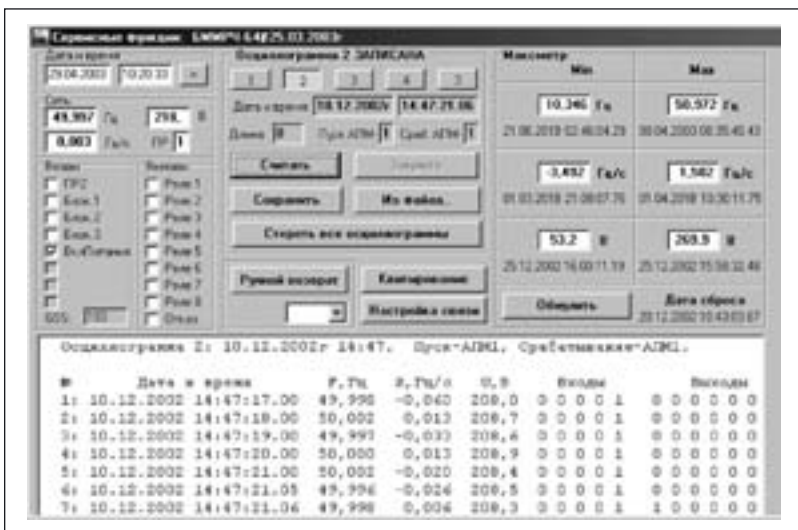


Рис. 3.12. Окно с фрагментом осциллограммы

- ВКЛ. ПИТАНИЯ — Включение или отключение питания блока.
- ОТКЛ. ПИТАНИЯ
- ПУСК N: алг — Начало отсчета выдержки времени.
- СРАБ N: алг — Замыкание контактов выходного электромеханического реле.
- НЕТ СИГНАЛА — Отсутствие контролируемого напряжения.
- СИГН. В ДИАП. — Контролируемое напряжение в рабочем диапазоне.
- RS X — Режим канала связи (X = локальный или сетевой).
- СБР. МАКС. АСУ — Сброс показаний максиметра по АСУ.
- ОЧ. ЖУРН. АСУ — Очистка журнала событий по АСУ.

Вместо знаков “алг” на экране дисплея индицируются условные обозначения алгоритмов АЧР1, АЧР2, АЧРН-2, АЧР-С, ЧАПВ, АОПЧ, ВАОПЧ (возврат алгоритма АОПЧ), ВАОПЧС (возврат алгоритма АОПЧ по скорости изменения частоты).

Из начального кадра “190” вспомогательного меню “Журнал событий” переходят в кадр “191”, а затем в остальные кадры вспомогательного меню:

191	ОЧИСТКА ЖУРНАЛА ПАРОЛЬ XXX	Ввод пароля при необходимости очистки журнала событий.
-----	-------------------------------	--



192 ЖУРНАЛ ПУСТ	Отсутствие информации в журнале событий.
192 ZZZ WWW ДД. ММ. ГГ ЧЧ. ММ.СС. ДС	ZZZ — номер события от 001 до 255, WWW — условное обозначение события.
193 СЕТЬ F = ZZ, ZZ Гц S = ± VV, V Гц/с U = YYY В	Значения параметров сети в момент события.
194 Д ВХОДЫ XXXX ВЫХОДЫ XXXXXXXX	X — состояние входов и выходов: 0 — выключен, 1 — включен.

События в кадре “192” журнала нумеруются в убывающем порядке — последнее событие имеет номер “001”. Если при выборе события в кадре “192” клавиша “Вверх” (“Вниз”) удерживается более 1 с, скорость перелистывания кадров журнала увеличивается.

Для исключения случайного, несанкционированного удаления информации из памяти журнала событий в устройстве использована стандартная для цифровой техники система санкционированного доступа, когда пользователю для выполнения определенных действий необходимо перед этим ввести определенный набор символов (пароль) в кадре “191”.

Таблица 3.1. Предыстория аварийного процесса

Точка	Дата	Время	$f$ , Гц	$f'$ , Гц/с	$U$ , В	Входы	Выходы
1	12.11.02	12.28.39.13	50,003	0,206	97,0	00001	0000000
2	12.11.02	12.28.40.13	50,002	0,006	97,1	00001	0000000
3	12.11.02	12.28.41.13	50,001	0,000	97,2	00001	0000000
4	12.11.02	12.28.42.13	49,544	-0,681	72,4	00001	0000000
5	12.11.02	12.28.43.13	49,273	-0,111	98,2	00001	0000000
6	12.11.02	12.28.43.58	48,863	-2,065	68,6	00001	0000000

Таблица 3.2. Начальный участок осциллограммы

Точка	Дата	Время	$f$ , Гц	$f'$ , Гц/с	$U$ , В	Входы	Выходы
7	12.11.02	12.28.48.50	48,325	-4,261	51,4	000001	00001000
8	12.11.02	12.28.49.10	48,568	1,733	60,7	000001	00001000
9	12.11.02	12.28.49.23	48,776	3,681	72,7	000001	00001000
10	12.11.02	12.28.49.58	48,538	-2,548	71,8	000001	00000000
11	12.11.02	12.28.49.91	48,294	-3,746	62,3	000001	00000000
12	12.11.02	12.28.50.56	48,036	-5,047	55,7	000001	00000000
13	12.11.02	12.28.50.69	47,786	-6,192	50,8	000001	00000000

Таблица 3.3. Конечный участок осциллограммы

Точка	Дата	Время	$f$ , Гц	$f'$ , Гц/с	$U$ , В	Входы	Выходы
75	12.11.02	12.29.01.63	49,891	0,179	91,7	00001	00000000
76	12.11.02	12.29.01.64	49,581	0,019	92,3	00001	00000000
77	12.11.02	12.29.01.79	49,961	0,232	93,8	00001	00000000
78	12.11.02	12.29.01.81	49,603	0,013	94,6	00001	00000000
79	12.11.02	12.29.12.45	50,001	-0,026	98,2	00001	01000000

При отсутствии записей в памяти журнала событий надпись “Журнал пуст” будет индцироваться в кадре “192” как при правильно, так и при неправильно набранном пароле.

Убедиться в том, что очистка журнала произведена именно в данный момент, можно, если вернуться в кадр “190”, где записываются дата и время ввода правильного пароля.

Информация о наличии осциллограммы фиксируется не только в кадрах вспомогательного меню “Аварии”, но и на вкладке “Сервисные функции”.

В средней части рис. 3.12, в области осциллограмм, расположено пять кнопок с номерами от 1 до 5, соответствующих номерам записей частотных аварий.

Для определения наличия или отсутствия записи частотной аварии в памяти блока достаточно подвести указатель мыши к кнопке с номером и щелкнуть левой клавишей. На рис. 3.12 показано, что кнопка 2 изменила внешний вид, а сверху появилась надпись: “Осциллограмма 2 записана”. Одновременно в соответствующих окнах на экране компьютера появилась информация о дате и времени записи и ее длине, выраженной в количестве записанных точек (об этом будет сказано ниже).

В памяти блока осциллограмма записана как последовательность событий, представленных в виде последовательности точек. Каждая точка содержит такую информацию о частотной аварии:

- дату и время;
- значения следующих параметров:
  - частоты  $f$ ;
  - напряжения  $U$ ;
  - скорости изменения частоты  $f'$ ;
- состояние дискретных входов и выходов.

При записи любой частотной аварии первые пять точек, записанные с интервалом в 1 с, содержат информацию о предыстории аварийного процесса (табл. 3.1).

Команда на запоминание информации о предыстории процесса формируется после пуска частотного реле одновременно с записью информации для этого момента (точка 6 в табл. 3.1).

Следующая точка (точка 7 в табл. 3.2) была записана в 12.28.48.50, через 4,92 с после пуска частотного реле, в момент его срабатывания.

В период между моментами пуска и срабатывания реле записей не производится (по определению условия, приведшие к пуску частотного реле, должны сохраняться до момента его срабатывания). При нарушении условий пуска частотная авария считается несостоявшейся.

Кроме этого, следует учитывать наличие значительных (40 с и более) выдержек времени для отдельных ступеней разгрузки. Поэтому после срабатывания частотного реле запись параметров производится не через фиксированные отрезки времени, а в следующие моменты частотной аварии:

- изменения частоты на  $\pm 0,2$  Гц, начиная с момента срабатывания алгоритма разгрузки до момента выдачи сигнала ЧАПВ;
- выдачи сигнала ЧАПВ или подачи команды *“Ручной возврат”* после отключения нагрузки.

Такой подход позволяет значительно уменьшить объем памяти, необходимой для записи процесса реальной частотной аварии.

Данные табл. 3.2 показывают, что в точках 7, 8 и 9 состояние выходного реле не изменялось. Это позволяет утверждать, что контакты выходного реле были замкнуты не менее 33 мс. За это время частота изменилась дважды: она увеличилась сначала на 0,243 Гц, а затем — на 0,204 Гц. Следующее изменение частоты на 0,228 Гц произошло в 12.28.49.58.

Для иллюстрации приведем последние пять точек рассматриваемой осциллограммы, закончившейся после выдачи сигнала ЧАПВ (табл. 3.3).

Вся осциллограмма состоит из 79 точек, а продолжительность процесса частотной аварии составила практически 24,87 с. В промежутке времени от 7-й до 78-й точки происходили изменения частоты, но ни одно частотное реле разгрузки больше не срабатывало.

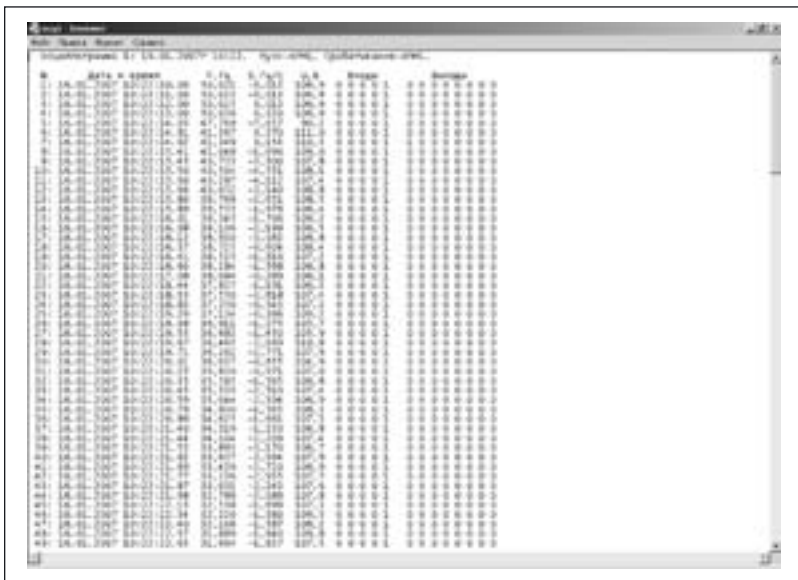


Рис. 3.13. Осциллограмма, сохраненная в памяти ПЭВМ

В момент времени 12.29.12.45 поступил сигнал ЧАПВ. Частотная авария закончилась при частоте 50,001 Гц и скорости ее изменения – 0,026 Гц/с.

Частотные аварии отличаются значительной продолжительностью, что требует либо увеличения объема памяти, либо ограничения продолжительности записи. В блоках БММРЧ длина каждой осциллограммы ограничена 256 точками, но не реальным временем.

В блоках частотной разгрузки других типов частотные аварии записываются так же, как процессы короткого замыкания, с разрешением 1 мс и ограничены по продолжительности.

В любых устройствах объем памяти, отведенной для записи осциллограмм, ограничен, поэтому после записи определенного числа частотных аварий память осциллограмм необходимо очистить с пульта оператора или по последовательному каналу связи. В противном случае последующие частотные аварии не будут регистрироваться.

Для создания библиотеки осциллограмм целесообразно перед очисткой памяти по последовательному каналу связи передать содержащуюся в памяти информацию в АСУ или в память ПЭВМ.

Для выполнения этой операции в окне (см. рис. 3.12) предусмотрена клавиша “Сохранить”. При нажатии этой клавиши программа обращается к памяти ПЭВМ и записывает в нее выбранную осциллограмму. С помощью кнопки “Из файла” можно вызвать из памяти ПЭВМ записанную ранее осциллограмму, которая сохраняется в текстовом виде (на рис. 3.13 показана начальная часть осциллограммы до точки 49, всего же эта осциллограмма содержит 220 точек).

Для очистки памяти при управлении непосредственно с лицевой панели блока следует перейти в кадр “102” вспомогательного меню и с помощью клавиш “Квитирование” и “Ввод” стереть записанные осциллограммы. После этого в кадре “102” будут индцироваться дата и время очистки памяти. В окне программы “Сервисные функции БММРЧ” для этого предусмотрена клавиша “Стереть все осциллограммы” (см. рис. 3.12).

Преимущества удаленного доступа особенно заметны при настройке цифрового блока частотной разгрузки, когда необходимо вводить несколько десятков уставок различных алгоритмов и конфигурации для каждой из программ. Например, для задания характеристик алгоритма АЧР в блоке БММРЧ-А после ввода пароля надо перейти в кадр “3N1” и выбрать из соответствующего списка для  $N$ -го реле функции, блокирующие вход, и контр-реле. Место на дисплее, где помещены надписи из списков, обозначено на рисунке знаком  $\square$ :

3N1 Реле $N$ $\square$	$N$ — номер частотного реле, (Функции) = АЧР, АОПЧ, НЕТ БЛ. ВХ: = 1,2,3, НЕТ, К/реле: = $2 \div 8$ , НЕТ.
БЛ. ВХ: $\square$ К/реле: $\square$	

В качестве контр-реле (реле, которое будет включаться при срабатывании алгоритма ЧАПВ) может быть выбрано любое другое реле, кроме того, которому заданы алгоритмы АЧР или АОПЧ (см. рис. 2.14, б и 2.25).

После этого переходят в кадр “3N2” и для реле  $N$  задают характеристики алгоритма АЧР1 для программы уставок “Pr1”:

3N2.1 АЧР1 $F = ZZ, Z \text{ Гц}$ $T = RR T_{пп} S > = VV, V \text{ Гц/с}$	$F = 45,0 \div 50,0 \text{ Гц}$ (частота пуска алгоритма АЧР1). $T = (6 \div 99) T_{пп}$ (время выдержки в полупериодах частоты сети). $S \geq -00,1 \div 20,0 \text{ Гц/с}$ (скорость изменения частоты).
---	---



Рис. 3.14. Вспомогательная вкладка “Конфигурация АПМ”

Аналогичные действия необходимо повторить для всех восьми реле и двух программ уставок “Пр1” (в кадрах меню “3NX.1”) и “Пр2” (в кадрах “3NX.2”).

Выполнив эти действия, можно перейти к записи введенных уставок, после чего в кадре “301” автоматически установятся дата и время новых значений конфигураций и уставок.

В цифровых устройствах производства НТЦ “Механотроника” предусмотрен контроль введенных значений уставок и конфигурации, поэтому при попытке введения новых значений, выходящих за допустимые пределы, на экране дисплея появится такой кадр:

УСТАВКА XX РЕЛЕ N ВНЕ ДИАПАЗОНА	XX = 00 ÷ 99 — номер уставки, N — номер реле.
------------------------------------	---

Обозначение уставок в виде условного номера вызвана невозможностью выведения более подробной информации на экран дисплея. Например, в блоке БММРЧ числом 11 обозначена уставка по частоте пуска АЧР1 для первой программы уставок Пр1, а числом 51 — такая же уставка для программы уставок Пр2.

При использовании удаленного доступа пользователь получает возможность более простого изменения уставок и конфигурации. Войдя во вкладку “Уставки”, открывают вспомогательную вкладку “Номер АПМ”, вводят номер частотного реле. После этого можно переходить во вспомогательную вкладку “Конфигурация АПМ”, где задают соответствующие характеристики для соответствующего частотного реле (рис. 3.14).

Аналогичным образом задают характеристики во вспомогательных вкладках “Конфигурация АЧР-ЧАПВ”, “Конфигурация АОПЧ”.

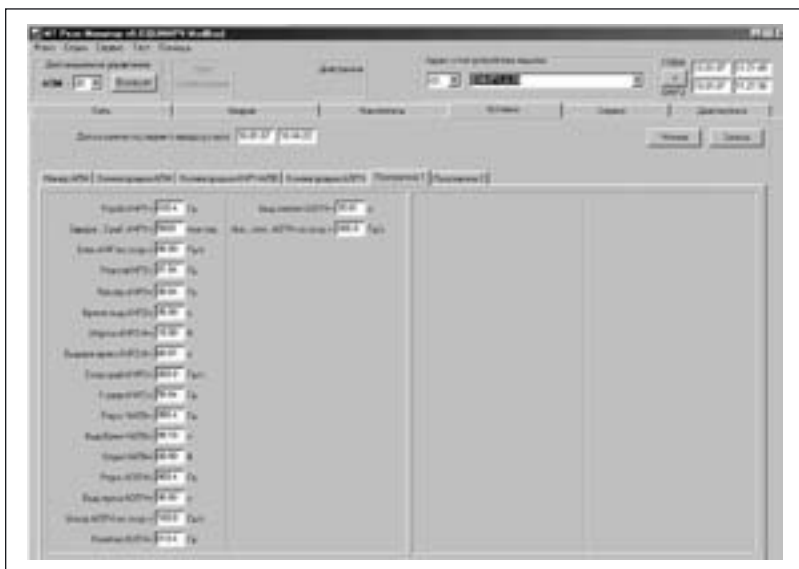


Рис. 3.15. Вспомогательная вкладка “Программа 1”

Уставки для программы “*Pr1*” задают во вспомогательной вкладке “Программа 1” (рис. 3.15), а для программы “*Pr2*” — во вкладке “Программа 2”.

Запись введенных уставок производится при нажатии кнопки “Запись”. При использовании удаленного доступа можно вводить значения уставок не только заданием цифр с клавиатуры ПЭВМ, но и записью из файла. Все это позволяет практически исключить ошибки при задании уставок и конфигурации цифрового блока.

## Список литературы

1. **ГОСТ 13109-97.** Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. **Правила** устройства электроустановок. 6-е изд. М.: Главгосэнергонадзор России, 1998.
3. **Технические** правила организации в ЕЭС России автоматического ограничения снижения частоты при аварийном дефиците активной мощности (автоматическая частотная разгрузка) // Стандарт ОАО “СО-ЦДУ ЕЭС”, 2004.
4. **Гуров Н. С., Харитончик В.** Микропроцессорные устройства частотной автоматики // Электрические станции. 1999. № 7.
5. **Методические** указания по автоматической частотной разгрузке (АЧР). Решение № Э-21/71.
6. **Павлов Г. М., Меркурьев А. Г., Шаргин Ю. М.** Автоматическая частотная разгрузка в энергетических системах // Электричество. 1999. № 1. С. 23.
7. **Рабинович Р. С.** К анализу действия устройств, реагирующих на скорость изменения частоты при асинхронных режимах и синхронных качаниях в энергосистеме // Сб. науч. трудов ВНИИЭ “Исследования в области устойчивости энергосистем и противоаварийной автоматики”. М.: Энергоатомиздат, 1986. С. 35 – 41.
8. **Портнов А.** Особенности национальной релейной защиты // Энергетик Петербурга. 2003. № 7(69). С. 5.
9. **Микропроцессорное** многофункциональное устройство реле частоты: Патент на изобретение № 2171475. Приоритет от 17.05.2000 / С. В. Езерский, А. В. Мирон, В. И. Потапенко.
10. **Мячев А. А.** Интерфейсы средств вычислительной техники: Справочник. М.: Радио и связь, 1993.
11. **Рабинович Р. С.** Автоматическая частотная разгрузка. М.: Энергоатомиздат, 1989.
12. **Экспериментальные** исследования режимов энергосистем. М.: Энергоатомиздат, 1985.
13. **Анализ** опыта эксплуатации автоматической частотной разгрузки в энергосистемах СССР // Электричество. 1978. № 7. С. 3 – 8.



14. **РД 34.35.310-97.** Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем. М.: ОРГРЭС, 1997.
15. **Калужный А. Х.** Повышение эффективности работы автоматической частотной разгрузки // Электрические станции. 1995. № 2.
16. **Современное** состояние автоматической частотной разгрузки и пути ее совершенствования // Электрические станции. 2001. № 12. С. 31 – 39.
17. **Современное** состояние автоматической частотной разгрузки энергосистем и пути ее совершенствования // Электрические станции. 2002. № 2.
18. **Способ** автоматической ликвидации асинхронного режима: Заявка на изобретение № 2003104363/20/0044558 от 13.02.2003 / В. Ф. Александров, В. С. Малышев, Г. П. Федоров.
19. **Определение** частотных статических и динамических характеристик энергосистем: Информационное письмо № Ц-3. М.: ТО МЭС, 1950.
20. **Басс Э. И., Дорогунцев В. Г.** Релейная защита электроэнергетических систем. М.: Изд-во МЭИ, 2002.
21. **Гайснер А. Д.** Анализ опыта эксплуатации автоматической частотной разгрузки в энергосистемах России // Энергетик. 2002. № 8. С. 21.
22. **Гондуров С. А., Захаров О. Г.** Требования к оперативному питанию цифровых устройств релейной защиты и автоматики // Энергия и менеджмент. 2005. Сентябрь – октябрь.
23. **ГОСТ 24278-89.** Установки турбинные паровые стационарные для привода электрических генераторов ТЭС.
24. **ГОСТ Р 51317.4.11-99 (МЭК 61000-4-11-94).** Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к динамическим изменениям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний.
25. **Дьяков А. Ф., Овчаренко Н. И.** Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. М.: Изд-во МЭИ, 2000.
26. **Езерский В. Г.** Цифровые устройства релейной защиты и автоматики электрооборудования сетей 0,4 – 110 кВ // Энергетик. 2001. № 3. С. 30.
27. **Захаров О. Г.** Дефекты в электрооборудовании: поиск и устранение. Л.: Лениздат, 1989.
28. **Захаров О. Г.** Схема централизованной световой сигнализации с обобщенным звуковым сигналом // Судостроение. 1970. № 9. С. 37.
29. **Источник** питания комбинированный: Патент на изобретение № 2216844. Приоритет от 26.07.2001 / С. В. Езерский, А. В. Миrows, В. И. Потапенко, Ю. А. Алексеев.
30. **Микропроцессорное** релейное устройство импульсной сигнализации: Патент на изобретение № 2195707. Приоритет от 07.03.2000 / С. В. Езерский, А. В. Миrows, В. И. Потапенко.

31. **Лабок О. П.** Сигнализация на электроподстанциях. М.: Энергия, 1973.
32. **Применение** и техническое обслуживание микропроцессорных устройств на электростанциях и в электросетях. Ч. 2: Устройства релейной защиты и автоматики распределительных электрических сетей / Сост. А. П. Кузнецов. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001.
33. **Способ** автоматической частотной разгрузки энергосистемы: Патент на изобретение № 2153751. Приоритет от 12.10.1998 / В. Ф. Александров, В. Л. Невельский.
34. **Сборник** руководящих материалов Главтехуправления Минэнерго СССР. М.: ОРГРЭС, 1992.
35. **Теплосчетчики** и интерфейс RS232 // [www.teplotpunkt.ru/articles/0030\\_adl\\_232.html](http://www.teplotpunkt.ru/articles/0030_adl_232.html).
36. **Требования** по выполнению условий электромагнитной совместимости на объектах электроэнергетики: Методические указания. М.: НТФ “Энергопрогресс”, 2005. [Библиотека электротехника, приложение к журналу “Энергетик”; Вып. 10 (82)].
37. **Фигурнов Е. П., Жарков Ю. И., Петрова Т. Е.** Релейная защита сетей тягового электроснабжения переменного тока. М.: Маршрут, 2006.
38. **Чернобровов Н. В., Семенов В. А.** Релейная защита энергетических систем. М.: Энергоатомиздат. 1998.
39. **Шабад М. А., Левуш Е. В.** Изучение цифровых реле на персональном компьютере. Спб.: Минтопэнерго РФ. Петербургский энергетический институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов, 1997.
40. **Шабад М. А.** Об учете работы релейной защиты // Энергетик. 2002. № 7. С. 9.
41. **Правила** технического обслуживания устройств релейной защиты и электроавтоматики электрических сетей 0,4 – 35 кВ. РД-153-34.3-35.613-00. М.: Российское акционерное общество энергетики и электрификации “ЕЭС России”. Департамент научно-технической политики и развития, 2001.
42. **Правила** технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110 – 750 кВ. РД 34.35.617-89. М.: Служба передового опыта ПО “Союзтехэнерго”, 1989.
43. **Определение** регулирующего эффекта комплексной нагрузки по частоте и напряжению. М.: ОРГРЭС, 1973.
44. **Инструкция** по наладке и проверке реле частоты РЧ-1. М.: СПО ОРГРЭС, 1976.
45. **Информационное письмо** № ИП-08-97(Э) “О внедрении в эксплуатацию микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики типа БМРЗ и БМАЧР”. М.: РАО “ЕЭС России”, 1997.
46. **Захаров О. Г.** Словарь-справочник по настройке судового электрооборудования. Л.: Судостроение, 1987.

## Содержание

### Часть 1

Предисловие . . . . .	3
<b>ГЛАВА ПЕРВАЯ. Алгоритмы частотной разгрузки . . . . .</b>	<b>5</b>
1.1. Частотная разгрузка АЧР-1. . . . .	5
1.2. Частотная разгрузка АЧР-2. . . . .	7
1.3. Частотная разгрузка АЧР-С. . . . .	10
1.4. Совмещенная частотная разгрузка . . . . .	12
1.5. Включение нагрузки по частоте (ЧАПВ). . . . .	14
1.6. Ограничение повышения частоты (АОПЧ) . . . . .	15
<b>ГЛАВА ВТОРАЯ. Устройства частотной разгрузки . . . . .</b>	<b>18</b>
2.1. Аппаратура частотной разгрузки (АЧРМ) . . . . .	18
2.2. Микропроцессорный блок БМАЧР . . . . .	26
2.3. Микропроцессорные модули SРАF 340 . . . . .	32
2.4. Микропроцессорные блоки БМАЧР-М . . . . .	38
2.5. Микропроцессорное устройство “Сириус-АЧР” . . . . .	43
2.6. Микропроцессорные блоки БММРЧ . . . . .	58
2.7. Реле частоты MiCOM Р-940. . . . .	68
<b>ГЛАВА ТРЕТЬЯ. Интерфейс цифровых устройств частотной разгрузки . . . . .</b>	<b>72</b>
3.1. Подключение к ПЭВМ и в АСУ . . . . .	72
3.2. Диалог с цифровыми устройствами . . . . .	81
Список литературы. . . . .	96

## **Библиотечка электротехника**

*Приложение к производственно-массовому журналу “Энергетик”*

**АЛЕКСАНДРОВ ВИКТОР ФЕДОРОВИЧ**

**ЕЗЕРСКИЙ ВЛАДИМИР ГЕОРГИЕВИЧ**

**ЗАХАРОВ ОЛЕГ ГЕОРГИЕВИЧ**

**МАЛЫШЕВ ВИКТОР СЕРГЕЕВИЧ**

**Частотная разгрузка в энергосистемах**

Часть I. Алгоритмы и устройства

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

115280, Москва, ул. Автозаводская, 14/23

Телефоны: (495) 675-19-06, тел. 675-00-23 доб. 22-47; факс: 234-74-21

---

Научный редактор **А. М. Александров**

Редакторы: **Л. Л. Жданова, Н. В. Ольшанская**

Худож.-техн. редактор **Т. Ю. Андреева**

Корректор **Е. П. Севостьянова**

---

Сдано в набор 10.07.07. Подписано в печать 22.08.07.

Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печать офсетная.

Печ. л. 6,25. Заказ БЭТ/08(104)-2007

Макет выполнен издательством “Фолиум”: 127238, Москва, Дмитровское ш., 58.

Отпечатано типографией издательства “Фолиум”: 127238, Москва, Дмитровское ш., 58.