Библиотечка электротехника

Б. С. Зайцев
А. А. Николаев
В. Ф. Чесноков

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ПОСТ «ПВЗУ-Е» И ЕГО ДИАГНОСТИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСА «РЕТОМ-ВЧМ»

(Часть 1)

ПРИЛОЖЕНИЕ К ЖУРНАЛУ
ЭНЕРГЕТИК

Вниманию специалистов

Вышли в свет в 2011 году следующие выпуски

«Библиотечки электротехника»:

Хромченко Ф. А. **Расчет на прочность сварных соединений эксплуатирующихся трубопроводов ТЭС (справочные материалы)**

Захаров О. Г. **Источники питания для схем с цифровыми устройствами релейной защиты**

Самородов Ю. Н. **Риски повреждения турбогенераторов (части 1–2)**

Пупин В. М. **Устройства защиты от провалов напряжения**

Костюшко В. А. **Анализ расчетных и экспериментальных оценок потерь мощности на корону на воздушных линиях электропередачи переменного тока**

Арцишевский Я. Л., Задкова Е. А., Кузнецов Ю. П. **Техперевооружение релейной защиты и автоматики систем электроснабжения предприятий непрерывного производства**

Долгополов А. Г. **Релейная защита управляемых шунтирующих реакторов**

Беляков Ю. С. **Распределенные параметры в расчетах режимов электрических систем**

Подписку можно оформить в любом почтовом отделении связи по объединенному каталогу **«ПРЕССА РОССИИ». Том 1. Российские и зарубежные газеты и журналы**, а также в редакции.

Подписной индекс «Библиотечки электротехника» — *приложения к журналу «Энергетик»*

88983

Адрес редакции
журнала «Энергетик»:
115280, Москва, ул. Автозаводская, д. 14/23.
Телефон (495) 675-19-06.
E-mail: energetick@mail.ru

Библиотечка электротехника

Приложение к журналу «Энергетик»

Основана в июне 1998 г.

Выпуск 11 (155)

Б. С. Зайцев,
А. А. Николаев,
В. Ф. Чесноков

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ПОСТ «ПВЗУ-Е» И ЕГО ДИАГНОСТИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСА «РЕТОМ-ВЧМ»

(Часть 1)

Москва
НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик»
2011

УДК 621.316.925
ББК 31.27-005
312

Главный редактор журнала «Энергетик» А. Ф. ДЬЯКОВ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

«Библиотечки электротехника»

И. И. Батюк (*зам. председателя*), К. М. Антипов, Г. А. Безчастнов, А. Н. Жулев, В. А. Забегалов, Ф. Л. Коган, В. И. Кочкарев, Н. В. Лисицын, В. И. Пуляев, А. И. Таджибаев

Зайцев Б. С. и др.

312 Высокочастотный пост «ПВЗУ-Е» и его диагностика с применением комплекса «Ретом-ВЧм». Часть 1 / Б. С. Зайцев, А. А. Николаев, В. Ф. Чесноков. — М.: НТФ «Энергопрогресс», 2011. – 108 с.: ил. [Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик»; Вып. 11(155)].

Брошюра издается в двух частях.

В ч. 1 подробно рассмотрен высокочастотный пост ПВЗУ-Е, его технические данные, принцип работы и методы ее наладки.

В ч. 2 дано описание современного компьютерного комплекса «Ретом-ВЧм» и показано, как правильно его использовать во время настройки и проверки поста ПВЗУ-Е и всего высокочастотного тракта.

Для электромонтеров, занимающихся монтажом, наладкой и эксплуатацией релейной защиты сетей высокого напряжения.

ISSN 0013-7278 © НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик», 2011

Предисловие

Высокочастотные защиты являются основными быстродействующими защитами высоковольтных линий электропередачи напряжением 110 – 750 кВ. Особенностью их работы является передача аналоговых и дискретных сигналов по проводам этих же линий. Для этого при помощи высокочастотного передатчика эта информация преобразуется в сигнал высокой частоты (ВЧ), на который не влияет энергия, передаваемая по этой ЛЭП. На другом конце провода подключен приемник, который преобразовывает этот сигнал в исходное состояние.

Надежность работы ВЧ-каналов РЗ и ПА и их постоянная готовность зависят как от приемопередатчиков и присоединения (ВЧ-заградителей, конденсаторов связи, фильтров присоединения, ВЧ-кабеля и разделительных фильтров), так и аппаратуры защиты и противоаварийной автоматики.

Пост высокочастотной защиты универсальный (ПВЗУ) разрабатывался с учетом устранения недостатков, которые были найдены в ранее выпускаемой аппаратуре. Технические решения, принимаемые еще на стадии разработки аппаратуры, были направлены на достижение максимального соответствия важнейшим показателям качества: универсальность применения, удобство в эксплуатации, отсутствие необходимости пусконаладочных работ, помехоустойчивость и высокая надежность.

Необходимо отметить, что вся ранее выпускаемая высокочастотная аппаратура, требовала больших затрат на наладку и техническое обслуживание, так как была выполнена на дискретных элементах (схемы генератора, фильтры приемника), а для их проверки необходимо использовать большое количество различной измерительной техники.

В брошюре подробно рассмотрен высокочастотный пост ПВЗУ-Е, его технические данные, принцип работы и методы наладки с применением современного компьютерного комплекса «Ретом-ВЧм».

Все вопросы и замечания по книге
авторы просят направлять по адресу:
Чебоксары, НПП «Динамика»
или 115280, Москва,
ул. Автозаводская, 14/23.
Редакция журнала «Энергетик»

Авторы

ГЛАВА ПЕРВАЯ

Пост ПВЗУ-Е

1.1. ИСТОРИЯ ПОЯВЛЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ЗАЩИТ

Первый высокочастотный канал защиты был введен в работу в 1936 г. на ВЛ 110 кВ Кашира – Москва.

С 1948 г. производится отечественная аппаратура постов высокочастотных защит ПВЗ. Серийный выпуск аппаратуры ПВЗК (с кварцевой стабилизацией генератора) начинается с 1952 г. В это же время появляются отечественные элементы обработки присоединения ВЛ: заградители КЗ-500, фильтры присоединения ОФП-4.

С появлением ВЛ 400 кВ Урал – Средняя Волга – Центр разрабатывается специальная аппаратура ПВЗ-400, фильтры присоединения ФП-400, высокочастотные заградители ВЗ-2000-2.

В 1963 г. заканчивается разработка ВЧ-защит ДФЗП и НВЗП, и выпускается опытная партия аппаратуры. В этих типах защит релейная и высокочастотная части были объединены в единые конструкции с применение первых отечественных полупроводниковых приборов. Аппаратура имела первую автоматическую проверку каналов (АПК). Комплекты аппаратуры ДФЗП, установленные на Урале, показали высокую надежность, не требовали технических затрат, но, к сожалению, не нашли широкого применения.

В конце 1950-х годов появляется универсальный ламповый приемный передатчик ПВЗД, позволяющий работать на линиях длиной до 400 км.

Аппаратура ПВЗК и ПВЗД показала высокую надежность. На некоторых объектах работает до сегодняшнего дня.

В 1970 г. одесский завод «Нептун» начал выпуск ламповых приемопередатчиков УПЗ-70 взамен аппаратуры ПВЗК и ПВЗД. С начала 1980-х годов завод перешел на выпуск полупроводниковой аппаратуры АВЗК-80 с автоматическим контролем АК-80, который продолжался в течение 10 лет.

К началу 90-х годов в России находилось в эксплуатации несколько тысяч ламповых постов ПВЗК, УПЗ-70, ПВЗД, которые морально и физически устарели и требовали незамедлительной замены.

В 1991 г. в Екатеринбурге фирмой «Уралэнергосервис» совместно с заводом «Криптон» по инициативе ведущих специалистов служб РЗА уральских энергосистем началась разработка универсального высокочастотного поста для замены ранее выпускаемой аппаратуры: ПВЗК, ПВЗД, УПЗ-70, АВЗК-80.

Разработка аппаратуры ПВЗУ была закончена в 1993 г. В 1994 г. аппаратура прошла межведомственную комиссию (МВК).

Серийное производство началось 1995 г., до 2000 г. было выпущено около 1000 полукомплектов, которые установлены в России и за рубежом.

В 2000 г. предприятием «Уралэнергосервис» была закончена модернизация ПВЗУ и организован серийный выпуск аппаратуры ПВЗУ-Е, в которой переработаны схемы и конструкции блоков и плат. Конструктивно ПВЗУ-Е выполнен в 19-дюймовом корпусе (стандарт МЭК 297), применена современная элементная база.

Имеется исполнение ПВЗУ-Е, которое может работать как по ВЧ-каналу, так и по волоконно-оптической линии связи (ВОЛС).

1.2. НАЗНАЧЕНИЕ АППАРАТУРЫ ПВЗУ

Приемопередатчик предназначен для работы по высокочастотным каналам, ВЛ 110 – 750 кВ или по ВОЛС в комплекте с устройствами релейной защиты (РЗ), выполненными на базе:

- электромеханических реле — это диференциально-фазные и направленные токовые защиты (ДФЗ, НЗ);
- полупроводниковых элементов (ППЗ);
- цифровых терминалов (ЦВЧЗ).

Приемопередатчик выполняет следующие функции:

- передачу и прием сигналов защиты;

- автоматический контроль исправности канала связи и наличия запаса по затуханию ВЧ-сигнала;
- связь в режиме переговорного устройства между всеми пунктами ВЧ-канала в период наладки;
- сервисного устройства для наладки ВЧ-защит.

Предусматриваются следующие варианты работы:

- работа двух приемопередатчиков (прием, передача) на одной частоте;
- работа двух передатчиков в диапазоне частот 24 – 400 кГц на разных частотах приема и передачи с разносом частот 1,0 или 1,5 кГц, при этом каждый приемник настраивается на частоту дальнего передатчика;
- работа трех передатчиков на линии с отпайкой в диапазоне 24 – 400 кГц при разносе между частотами передачи 0,5 кГц, при этом каждый приемник настроен на среднюю частоту дальних передатчиков.

Приемопередатчик предназначен для круглосуточной работы в закрытых производственных помещениях.

1.3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Диапазон рабочих частот приемопередатчика — от 24 до 1000 кГц.

Приемопередатчик выполняется в шести исполнениях в зависимости от диапазона рабочих частот: 24 – 65; 66 – 120; 121 – 210; 211 – 400; 401 – 600 и 601 – 1000 кГц.

Рабочая частота стабилизирована кварцевым резонатором и выбирается с шагом 0,5 кГц в диапазоне частот 24 – 400 кГц и 1 кГц в диапазоне частот 401 – 1000 кГц.

Мощность ВЧ-колебаний в непрерывном режиме на выходе линейного фильтра на активную нагрузку (75±15) Ом при номинальном напряжении питания и в нормальных климатических условиях составляет, не менее:

- 27 Вт (45 дБ) в диапазоне рабочих частот от 24 до 400 кГц;
- 20 Вт (43 дБ) в диапазоне рабочих частот от 401 до 1000 кГц;
- 15 Вт (42 дБ) в диапазоне рабочих частот от 601 до 1000 кГц.

Входное сопротивление линейного входа ПВЗУ-Е на частоте приема при незапущенном передатчике — (75 ± 15) Ом.

Остаточное напряжение высокой частоты на выходе незапущенного передатчика, включенного на активную нагрузку (75 ± 15) Ом, составляет не более 10 мВ.

При работе приемопередатчика с релейно-контактными защитами обеспечиваются следующие виды управления передатчиком:

- пуск внешним изолированным размыкающим контактом, напряжение на контактах в разомкнутом состоянии — (24 ± 2,4) В (подается от приемопередатчика), входное сопротивление цепи — не менее 1 кОм;
- пуск с помощью контрольной кнопки «Пуск»;
- останов внешним изолированным замыкающим контактом. Останов имеет преимущество перед остальными видами управления передатчиком;
- безынерционный пуск от постоянного напряжения. Напряжение безынерционного пуска, при котором мощность ВЧ-колебаний на выходе линейного фильтра передатчика достигает максимального значения (напряжение полного пуска), регулируется в пределах от 3,5 до 5,5 В. Задержка безынерционного пуска после снятия напряжения безынерционного пуска составляет 0,3 — 1 с.

При работе приемопередатчика с полупроводниковыми защитами управление работой передатчика производится путем коммутации в логической части защиты цепи «Пуск ППЗ»:

- пуск выполняется при замыкании этой цепи накоротко или подаче на нее постоянного напряжения от 0 до 2 В, при этом ток, протекающий в цепи, не превышает 5 мА;
- останов выполняется при обрыве этой цепи, при этом напряжение на ней не превышает 15 В.

Чувствительность приемника составляет не более 80 мВ (–11 дБ) в нормальных климатических условиях и при номинальном напряжении электропитания.

При отсутствии ВЧ-сигнала на входе приемопередатчика на выходе приемника должен установиться:

- ток покоя, равный (20 + 2) мА при работе с ДФЗ. Предусмотрена возможность установки тока покоя (10 + 1) мА;
- ток покоя не более 0,1 мА при работе с ДЗ или НЗ.

При поступлении на линейный вход приемопередатчика непрерывного ВЧ-сигнала с частотой настройки приемника и уров-

нем, превышающим на 10 % номинальную чувствительность приемника, на выходе приемника должен установиться:

- ток приема с уровнем не более 0,1 мА при работе с ДФЗ;
- ток покоя с уровнем (20 ± 2) мА при работе с ДЗ и НЗ;
- логический уровень постоянного напряжения в пределах от 11 до 15 В при работе с ППЗ.

Избирательность приемника при воздействии одночастотной помехи, отстоящей от частоты приема:

- на 5 кГц — не менее 40 дБ;
- на 8 кГц — не менее 50 дБ;
- 12 кГц — не менее 60 дБ;
- более 12 кГц (но не менее 10 % частоты) — 70 дБ.

Полоса пропускания приемника по линейному входу на уровне 3 дБ составляет не менее 1,4 — 1,6 кГц.

При работе приемопередатчика на сближенных частотах разность значений затухания приемника на частотах передачи и приема, разнесенных на 1 кГц, составляет не менее 6 дБ.

Приемопередатчик допускает параллельную работу с устройством, частота которого отстоит от частоты приема на 10 % и более, но не менее 12 кГц.

Уровень паразитных излучений на выходе передатчика при номинальной выходной мощности на частотах, отстоящих от частоты передачи на 5, 9, 13 кГц, не превышает соответственно –12 дБ, –24 дБ, –34 дБ.

Приемопередатчик содержит упрощенное переговорное устройство (ПУ), предназначенное для наладочных работ. Переговорное устройство работает в режиме двустороннего симплекса. Оно не влияет на действие защиты, так как сигналы управления приемопередатчиком от защиты имеют приоритет. Органы управления ПУ находятся на лицевой панели блока сопряжения с защитой ВЛ (БС).

Обеспечивается автоматический контроль канала связи, образованного двумя или тремя приемопередатчиками. При действии пусковых цепей защиты, совпадающем по времени с действием автоматического контроля, ложная сигнализация отсутствует.

Контроль исправности канала связи проводится каждым приемопередатчиком периодически, с периодом повторения 4 ч при двухконцевой линии и 6 ч при трехконцевой линии.

Интервал между включениями контроля различными приемопередатчиками линии при нормальной периодичности составляет 2 ч, а при ускоренной — 20 или 1 мин.

Периодичность контроля на всех концах линии изменяется по команде, переданной с любого приемопередатчика.

Схема автоматического контроля обеспечивает обнаружение и сигнализацию следующих неисправностей:

- отсутствие сигнала от одного или нескольких передатчиков линии;
- ток выхода приемника при имитации работы ДФЗ имеет провалы длительностью, превышающей значение, заданное в градусах периода промышленной частоты;
- наличие помехи в канале связи;
- отсутствие напряжения манипуляции более 48 ч;
- отсутствие запаса по затуханию при приеме сигналов от одного или нескольких передатчиков линии.

Предусмотрена возможность отключения контроля напряжения манипуляции.

При обнаружении одного из признаков неисправности или предупреждения устройство автоматического контроля включает дополнительный цикл контроля, по результатам которого делает вывод о состоянии канала.

Если при дополнительном цикле контроля зафиксирован признак неисправности, то приемопередатчик, проводивший контроль, выполняет следующие действия:

- размыкает контакты реле автоматического вывода защиты из работы;
- замыкает цепь внешней сигнализации неисправности;
- выводит информацию о характере неисправности на табло;
- передает на дальние концы канала информацию о характере неисправности.

Если при дополнительном цикле контроля зафиксировано состояние, соответствующее сигнализации предупреждения, приемопередатчик, проводивший контроль:

- замыкает цепь внешней сигнализации предупреждения;
- выводит информацию о характере предупреждения на табло.

В приемопередатчике (при отсутствии АПК) предусмотрена возможность измерения тока и напряжения выхода ВЧ-передатчика, а также выходного тока приемника при работе с релей-

но-контактной защитой или выходного напряжения приемника при работе с полупроводниковой защитой. Изменения производит дежурный персонал при помощи встроенного индикатора.

В приемопередатчике предусмотрены выходы для осциллографирования сигналов в цепи контроля работы передатчиков (своего и дальнего) и в выходной цепи приемника.

Среднее время наработки на отказ — 20 000 ч. Среднее время восстановления приемопередатчика при наличии ЗИП — 30 мин. Средний срок службы приемопередатчика в условиях эксплуатации и хранения — 10 лет при соблюдении требований эксплуатационной документации. Масса приемопередатчика без тары, комплекта запасных частей, принадлежностей и документации — не более 17 кг.

1.4. УСТРОЙСТВО И РАБОТА

1.4.1. Структурная схема

С 2000 по 2008 г. в аппаратуре ПВЗУ-Е проводилась модернизация некоторых блоков для улучшения технических характеристик и повышения качества аппаратуры. Ниже приводятся структурные схемы разных вариантов исполнения по годам выпуска.

Пост состоит из следующих функциональных структур:

тракт передачи:

- ЛФ — линейный фильтр подключения усилителя к линии;
- УМ — усилитель мощности передатчика и схема согласования входного сопротивления приемника с сопротивлением кабеля.
- БС — блок сопряжения с защитой ВЛ;
- Ген.1 и Ген.2 — системы генераторов и синтеза частот;
- СЧ — синтезатор частот;
- ЦФС — блок цифровой фильтрации и синтеза ВЧ-сигналов;

тракт приема:

- ГСЧ — генератор синтеза частот;
- ПРМ — приемник;
- ЦПРМ — цифровой приемник;

управление:

- ПУ — пульт управления;
- ПРЦ — устройство автоматического контроля системы;
- ЦПР — центральный процессор;

схема электропитания:

- БП — блок питания;
- ПН — преобразователь напряжения.

Тракт приема. При приеме ВЧ-сигнал поступает с линии на вход ЛФ, который на рабочей частоте имеет входное сопротивление (75 ± 25) Ом, т. е. согласован с линией. При расстройке относительно рабочей частоты входное сопротивление ЛФ возрастает, за счет чего обеспечивается параллельная работа постов на различных частотах.

Далее сигнал с выхода ЛФ через часть обмотки выходного трансформатора усилителя мощности УМ поступает на вход блока ПРМ, который представляет собой супергетеродинный идентификатор с двойным преобразованием частоты. Первая промежуточная частота (ПЧ) равна 1222 кГц. Селекция по первой ПЧ осуществляется кварцевым фильтром с полосой пропускания 5 кГц. Промежуточная частота второго преобразования равна 17 кГц. Селекция сигнала по второй ПЧ осуществляется полосовым фильтром с полосой пропускания 1,5 кГц. Фильтр обеспечивает ослабление принимаемого сигнала собственного формирователя на 5 – 10 дБ при работе с разносом частот передачи и приема на 1,5 кГц, а также совместно с кварцевым фильтром обеспечивает избирательность идентификатора. Вход приемника имеет регулирование чувствительности на 30 дБ ступенями по 10 дБ и плавное в пределах каждой ступени.

Выходной сигнал второй ПЧ поступает на детектор. К выходу детектора подключены входы двух компараторов. Когда сигнал превышает пороги компараторов, компаратор с меньшим порогом вырабатывает сигнал «Основной», другой компаратор — сигнал «Грубо».

Распайка перемычек позволяет устанавливать соотношение между порогами, равное 6, 9, 12 дБ.

К выходу компаратора «Основной» подключены выходные устройства для работы с релейно-контактными и полупроводниковыми защитами — блок сопряжения. Выбор конкретного вида защиты осуществляется путем установки соответствующих перемычек в БС. А для работы с разными релейно-контактными защитами предусмотрена возможность плавного регулирования выходного тока.

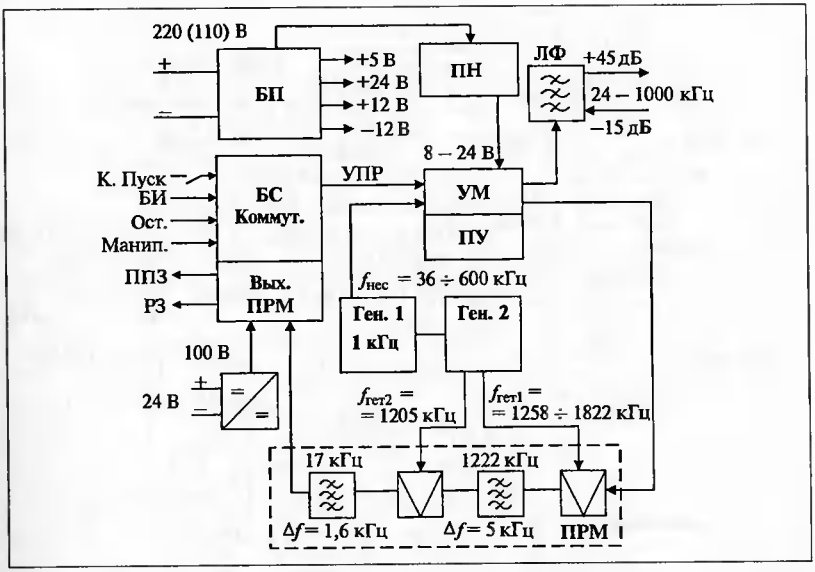


Рис. 1.1

С 2000 по 2002 г. супергетеродинный приемник выполнялся на дискретных элементах. Он имел структуру с двойным преобразованием частоты. Первый преобразователь выполнен с использованием кварцевого фильтра на 1222 кГц с полосой 5 кГц; а второй, выполненный на операционных усилителях, — на базе фильтра четвертого порядка с частотой 17 кГц и полосой 1,5 кГц (рис. 1.1).

В 2003 г. в супергетеродинном приемнике вместо второго фильтра на операционных усилителях применен коммутируемый фильтр с частотой коммутации 2410 кГц. Он работает также на частоте 17 кГц и имеет полосу 1,5 кГц (рис. 1.2).

С 2004 по 2005 г. супергетеродинный приемник выпускался с цифровым приемником и изменилась генераторная система Ген.1 и Ген.2 для получения другой несущей частоты (рис. 1.3).

В течение 2006 – 2007 г. супергетеродинный приемник выпускался с измененным цифровым приемником, а вместо двух генераторов для получения несущей частоты 24 – 1000 кГц с шагом 0,5 кГц стали применять блок СЧ (рис. 1.4).

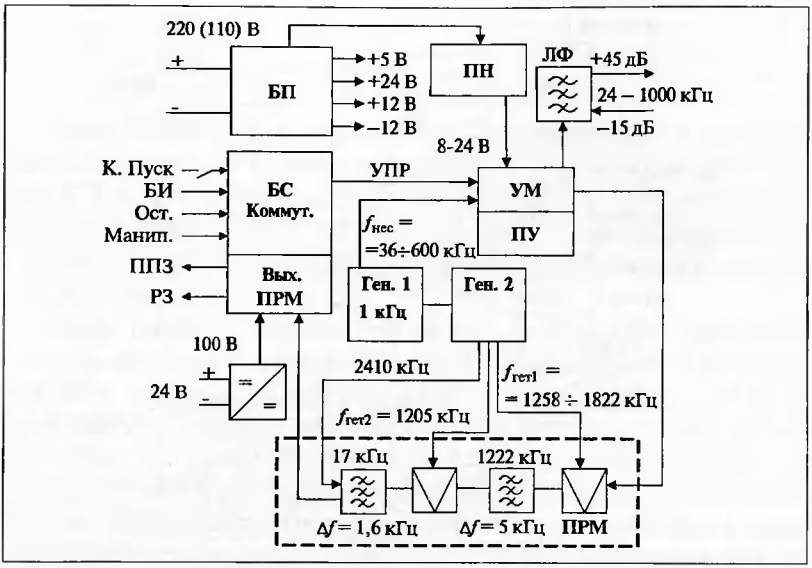

220 (110) В
+
-
БП
+5 В
+24 В
+12 В
–12 В
ПН
ЛФ
+45 дБ
24 – 1000 кГц
–15 дБ
8-24 В
К. Пуск
БИ
Ост.
Манип.
ППЗ
РЗ
БС
Коммут.
Вых.
ПРМ
УПР
УМ
ПУ
$f_{нес}$ =
=36÷600 кГц
Ген. 1
1 кГц
Ген. 2
100 В
24 В
2410 кГц
$f_{гет1}$ =
= 1258 ÷ 1822 кГц
$f_{гет2}$ = 1205 кГц
17 кГц
1222 кГц
Δf = 1,6 кГц
Δf = 5 кГц
ПРМ

Рис. 1.2

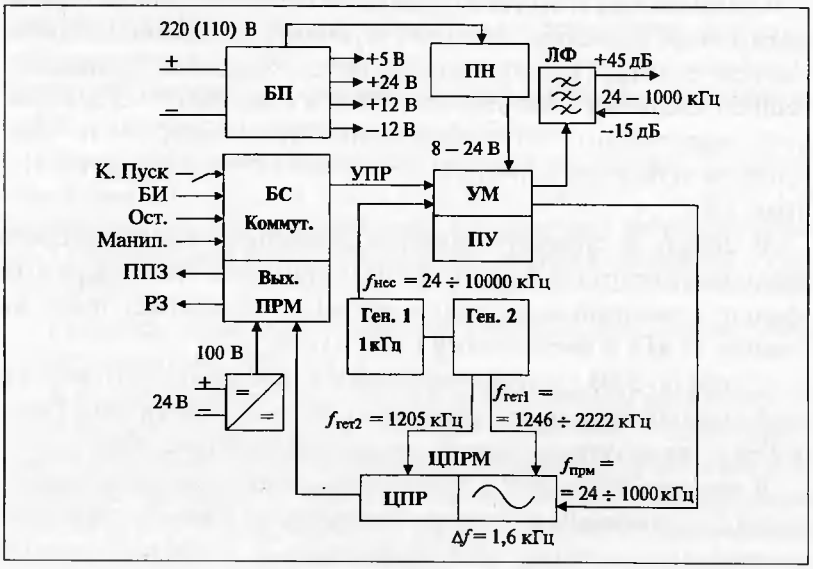

220 (110) В
+
–
БП
+5 В
+24 В
+12 В
–12 В
ПН
ЛФ
+45 дБ
24 – 1000 кГц
–15 дБ
8 – 24 В
К. Пуск
БИ
Ост.
Манип.
ППЗ
РЗ
БС
Коммут.
Вых.
ПРМ
УПР
УМ
ПУ
$f_{нес}$ = 24 ÷ 10000 кГц
Ген. 1
1кГц
Ген. 2
100 В
24 В
$f_{гет1}$ =
= 1246 ÷ 2222 кГц
$f_{гет2}$ = 1205 кГц
ЦПРМ
$f_{прм}$ =
= 24 ÷ 1000 кГц
ЦПР
Δf = 1,6 кГц

Рис. 1.3

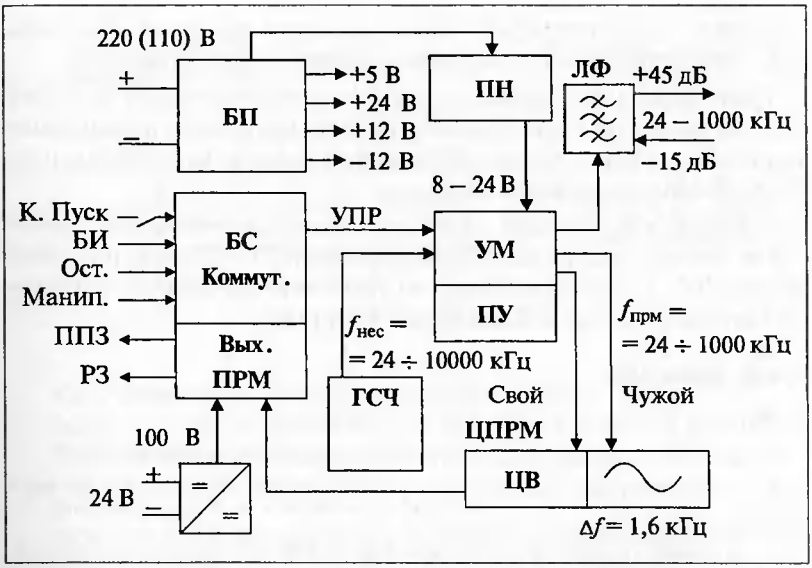

220 (110) В
+
–
БП
+5 В
+24 В
+12 В
–12 В
ПН
ЛФ
+45 дБ
24 – 1000 кГц
–15 дБ
8 – 24 В
К. Пуск
БИ
Ост.
Манип.
ППЗ
РЗ
БС
Коммут.
Вых.
ПРМ
УПР
УМ
ПУ
$f_{нес}$ =
= 24 ÷ 10000 кГц
ГСЧ
$f_{прм}$ =
= 24 ÷ 1000 кГц
Свой
Чужой
ЦПРМ
100 В
24 В
ЦВ
Δf = 1,6 кГц

Рис. 1.4

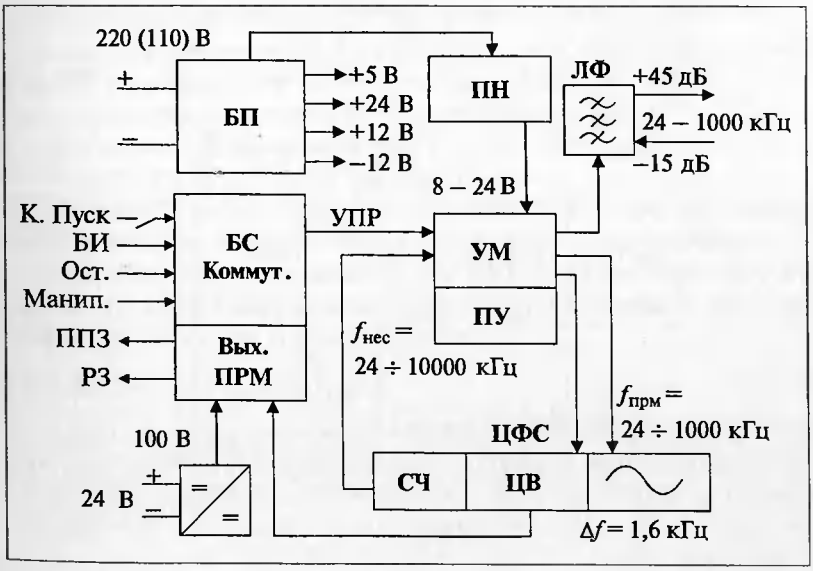

220 (110) В
+
–
БП
+5 В
+24 В
+12 В
–12 В
ПН
ЛФ
+45 дБ
24 – 1000 кГц
–15 дБ
8 – 24 В
К. Пуск
БИ
Ост.
Манип.
ППЗ
РЗ
БС
Коммут.
Вых.
ПРМ
УПР
УМ
ПУ
$f_{нес}$ =
24 ÷ 10000 кГц
$f_{прм}$ =
24 ÷ 1000 кГц
ЦФС
СЧ
ЦВ
100 В
24 В
Δf = 1,6 кГц

Рис. 1.5

В 2008 г. вместо генераторов и приемника внедрили блок цифровой фильтрации и синтеза ВЧ-сигналов — ЦФС (рис. 1.5).

Тракт передачи. Сигнал несущей частоты поступает от блока Ген. на вход УМ в виде прямоугольных импульсов формы «меандр». Этот сигнал управляется информацией, поступающей от БС со стороны релейной защиты.

В блоке УМ готовый сигнал усиливается широкополосным усилителем до уровня выходной мощности 20 – 27 Вт и поступает на вход ЛФ, который выделяет из этого сигнала первую гармонику. Сигнал с выхода ЛФ поступает в линию.

1.4.2. Блок ЛФ

Фильтр линейный (рис 1.6) предназначен:

- для выделения первой гармоники из сигнала блока УМ;
- обеспечения параллельной работы изделий на соседних частотах;
- защиты цепей, подключенных к ЛФ от перенапряжений, возникающих на линии;
- согласования УМ с линией.

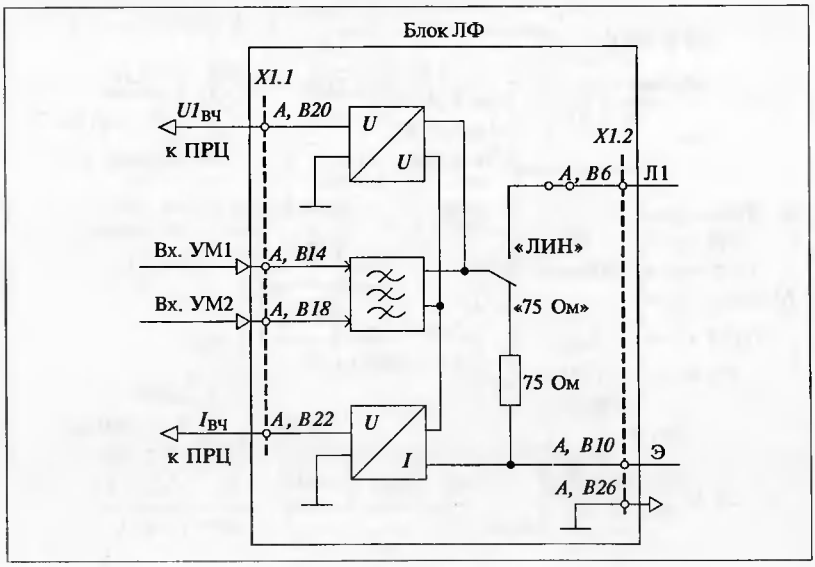


Рис 1.6

Таблица 1.1

Индуктивность контуров, мГн	Диапазон частот, кГц	Полоса пропускания на уровне 3дБ
10	24 – 85	(4 + 0,5 %) частоты настойки, но не менее 3,5 кГц
5	55 – 200	
1,8	120 – 280	
1,1	260 – 500	
0,5	450 – 700	
0,23	600 – 1000	

Характеристики фильтра приведены ниже:

Входное сопротивление, Ом . . . . . 75 + 15
Выходное сопротивление, Ом . . . . . 75 + 15
Рабочее затухание, дБ, не более 2
Вносимое затухание для параллельного канала
на частоте +10 % от края полосы, но не менее 12 кГц, дБ, не более 1

В зависимости от диапазона рабочих частот, ЛФ выпускается в шести исполнениях (табл. 1.1).

Линейный фильтр (см. приложение 1) построен по дифференциально-мостовой схеме и состоит из конденсаторов *C1**, *C2**, катушек индуктивности *L1*, *L2* и трансформаторов *T1*, *T2*. Настройка ЛФ на конкретную частоту осуществляется установкой соответствующей комбинации из числа конденсаторов *C1**, *C2**.

Согласующий трансформатор *T1* на входе фильтра обеспечивает входное сопротивление фильтра 75 Ом.

Линейный фильтр содержит элементы измерения параметров выходного тока и напряжения на входе приемопередатчика.

Нагрузочное сопротивление ЛФ 75 Ом, 36 Вт. При помощи этого сопротивления можно осуществлять проверку работоспособности усилителя мощности изделия.

1.4.3. Система генераторов

Система генераторов, состоящая из двух блоков: Ген.1 и Ген.2 (рис. 1.7), предназначена для формирования стабильных сигналов второго гетеродина приемника с частотой 1205 кГц, первого гетеродина приемника в диапазоне частот 1258 – 1822 кГц и сигнала несущей частоты передатчика в диапазоне частот 36 – 600 кГц. Кроме того, в системе генераторов формируется

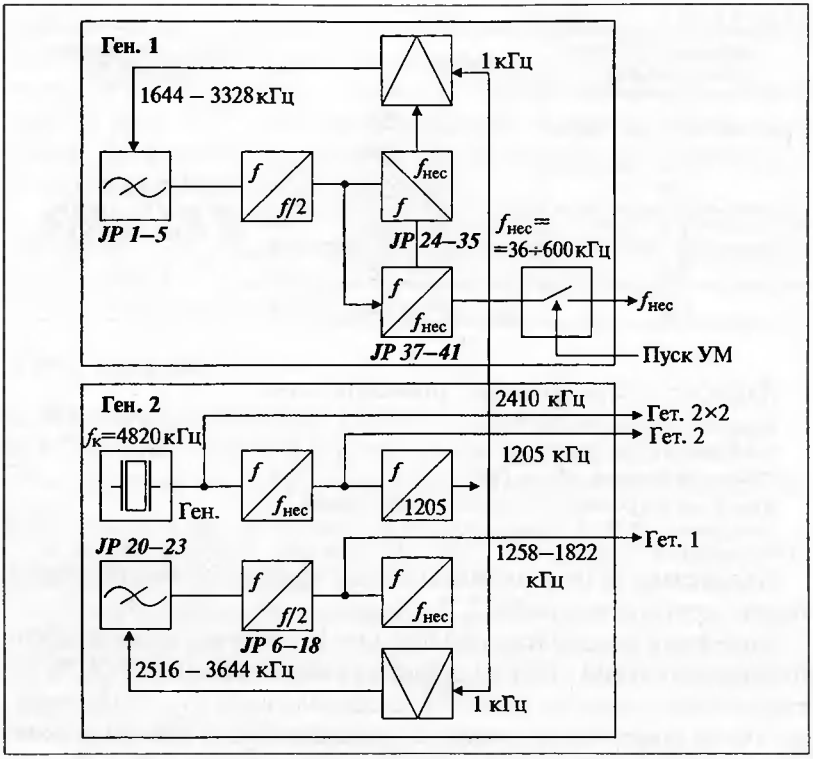


Рис. 1.7

вспомогательный сигнал удвоенной частоты первого гетеродина (2410 кГц).

Блок Ген.1 представляет собой генератор с фазовой автоподстройкой частоты (ФАПЧ) и оконечного делителя для получения нужного значения частоты несущей. Генератор ФАПЧ состоит из генератора управляемого напряжением (ГУН, рис. 1.8), делителя частоты (рис. 1.9), схемы сравнения частот с усилителем сигнала рассогласования.

Генератор управляемого напряжения выполнен на контуре *LC* с набором конденсаторов, подключаемых с помощью переключателей *JP1 – JP5*, регулируемым элементом является варикап. Диапазон перестройки частоты 1664 – 3328 кГц.

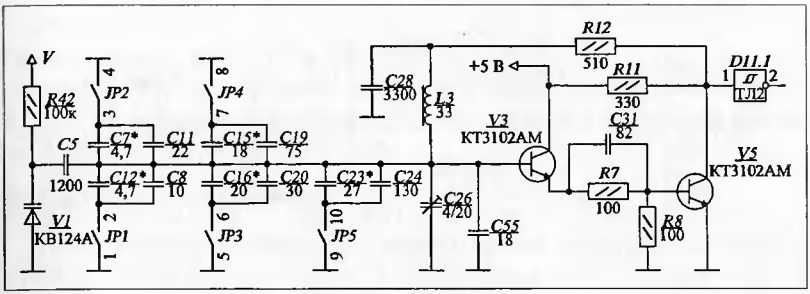


Рис. 1.8

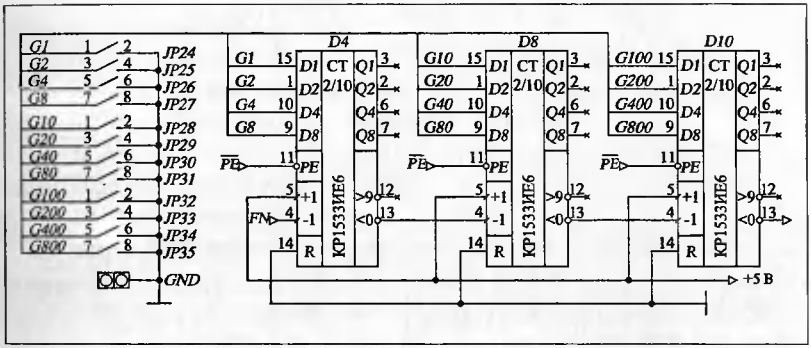


Рис. 1.9

С помощью переключателей *JP24 – JP35* (рис. 1.9) производится параллельная запись для задания необходимого коэффициента деления.

Схема сравнения частот происходит на фазовом детекторе, куда поступают две частоты: частота ГУН, поделенная до 1 кГц, и опорная частота кварцевого генератора 1 кГц с платы Ген.2.

Конечный делитель частоты (рис. 1.10) устанавливает переменный коэффициент деления с помощью переключателей *JP37 – JP41* для получения частоты несущей 36 – 600 кГц.

Коэффициент деления выбирается с помощью переключателей *JP37 – JP41.*

Блок Ген.2 представляет собой такой же генератор с ФАПЧ (рис. 1.11). Отличие заключается в том, что ГУН настраивается на

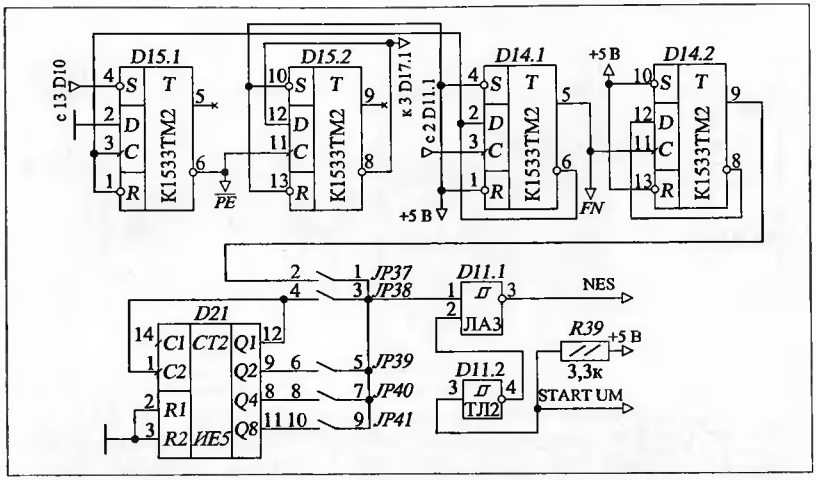


Рис. 1.10

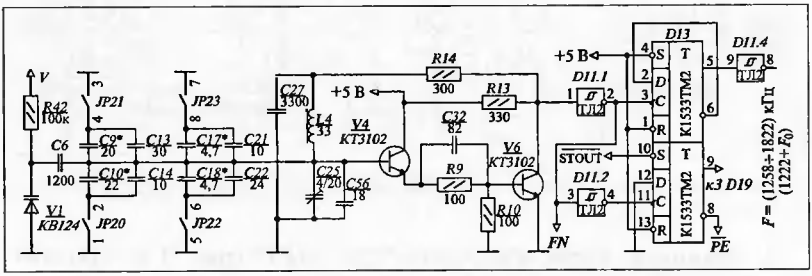


Рис. 1.11

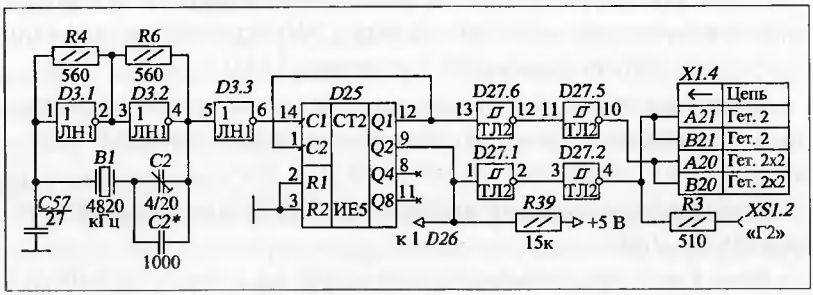


Рис. 1.12

диапазон частот 2516 – 3644 кГц и нет оконечного делителя частоты.

В блоке Ген.2 установлен кварцевый генератор на 4820 кГц для получения частоты второго гетеродина 1205 кГц и опорной частоты 1 кГц (рис. 1.12).

1.4.4. Схема блока СЧ

В блоке СЧ формируется сигнал несущей частоты в диапазоне от 24 до 1000 кГц. Шаг задания частоты — 1 Гц. Принцип работы блока заключается в прямом синтезе требуемой частоты из базовой — 24МГц.

На функциональной схеме (рис. 1.13) представлены следующие основные узлы:

- ДР — делительный регистр синтезатора частоты;
- ТГ — тактовый генератор частотой 24 МГц;
- CPU — управляющий микроконтроллер;
- ТСГ — тактовый стабильный генератор частотой 32768 Гц;
- ИЗМ — измеритель частоты;
- ЭТ — эталонный таймер.

Кроме того, в состав блока входят: удвоитель несущей частоты; микросхема программируемой логики; монитор питания; линейный стабилизатор напряжения +3,3 В, а также выходные элементы для гальванической развязки канала связи с внешним компьютером — буферный инвертор и оптроны (на функциональной схеме не показаны).

В этом блоке задание и контроль за текущей несущей частоте выполняется с помощью CPU. Вся необходимая информация в

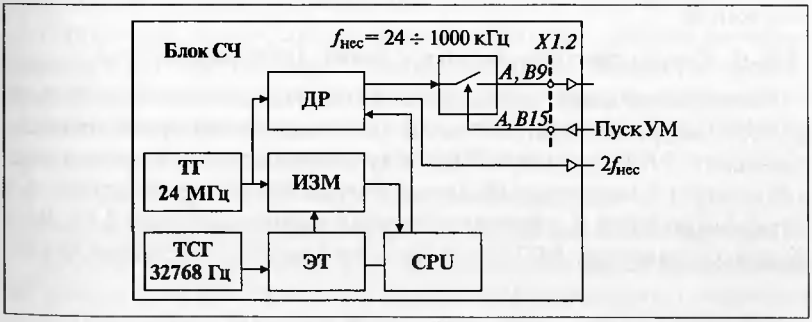


Рис.1.13

CPU передается из внешнего компьютера 1 раз при настройке. Для этого используется специальная программа, которая входит в комплект поставки устройства.

Частота несущей формируется с помощью цифрового синтезатора частоты. Для этого используется 32-разрядный делительный регистр, который делит опорную частоту 24 МГц с тактового генератора (ТГ) на определенный коэффициент деления $K_д$. Информация о необходимом коэффициенте (коде) деления в этот регистр поступает через последовательную шину данных от CPU. Этот код деления частоты хранится в энергонезависимой памяти.

Требуемый код деления частоты связан с формируемой частотой зависимостью:

$$K_д = 2^{32}(f/f_{ТГ}) = (2^{32}/f_{ТГ})f,$$

где $f_{ТГ}$ — частота тактового генератора; f — требуемая частота на выходе тактового генератора.

А так как выходная частота ТГ меняется (она зависит от температуры окружающей среды и от напряжения питания), то для стабилизации частоты несущей используется метод измерения ее с последующей коррекцией кода деления. Схема измерителя использует подсчет количества тиков (периодов) несущей за определенное время. Для создания эталонного интервала времени используется термостабилизированный генератор частоты 32768 Гц со стабильностью $\pm 2 \cdot 10^{-6}$ Гц. Измеритель передает информацию о текущей частоте несущей в микроконтроллер. Он обрабатывает ее, и если отклонение выше критической, то вычисляется новый код деления частоты и в делительный регистр вносится его новое значение.

1.4.5. Схема синтеза частот в блоке ЦФС приемника

Синусоидальный сигнал удвоенной несущей частоты формируется цифровым синтезатором частоты, с помощью буферного элемента *DD7** (триггера Шмидта) синусоидальный сигнал преобразуется в импульсный. Далее сигнал поступает на делитель с коэффициентом 2, расположенный в логическом узле 2 на *DD2*. С выхода делителя *DD2* сигнал несущей частоты поступает на узел

---

* Обозначения элементов приведены в соответствии с заводской документацией. Полная электрическая принципиальная схема устройства в книге не приводится.

логики формирования выходного ВЧ-сигнала ВЧ3, выполненный на *DD5*. Несущая ВЧ-частота поступает на выходной контакт *AB9* блока ЦФС через буферный элемент *DD4.2* в случае, если активен один из сигналов пуска: «Пуск», «Пуск АПК», «Ручной пуск», «Пуск ТЛФ». В ином случае на выходном контакте *AB9* блока формируется логический сигнал, соответствующий логической 1.

Код формируемой частоты загружается в синтезатор на этапе инициализации блока управляющим процессором. Отсчет выходного синусоидального сигнала формируется с частотой сигнала тактового генератора *DD5* вычислительного ядра (24,576 МГц). Для достижения температурной стабильности синтеза частоты несущего колебания порядка ±2 Гц в диапазоне температур от 0 до +45 °С применяется специальный алгоритм температурной компенсации частоты, учитывающей температурную нестабильность тактового генератора вычислительного ядра.

С помощью специального термически стабильного генератора *DD6* с частотой 32768 Гц алгоритмом формируются высокостабильные интервалы времени для измерения частоты тактового генератора вычислительного ядра. Значение измеренной частоты участвует в формуле расчета кода частоты, загружаемого в синтезатор частот. Измерение производится с периодом 250 мс. При отклонении частоты тактового генератора более чем на 20 Гц происходит пересчет кода частоты и перезагрузка его в синтезатор частот.

В том случае, если активен один из сигналов: «Пуск», «Пуск АПК», «Пуск ТЛФ» или ручной пуск, формируется сигнал «Пуск УМ» и разрешается формирование выходного ВЧ-сигнала.

С помощью схемы соблюдения приоритетов пусков, реализованной в логическом узле 2, управление формированием выходного ВЧ-сигнала от терминала защиты прерывает формирование ручного пуска, пуска автоматического контроля блока ПРЦ или пуска от модуля переговорного устройства.

Сигнал «Запрет АПК» сообщает вычислительному ядру об активности сигнала пуска от терминала защиты в данный момент.

Ручной пуск формируется при помощи нажатия клавиши «Пуск» на лицевой панели блока. Для формирования ручных манипулированных пусков в логическом узле 2 реализована схема модуляции выходного ВЧ-сигнала периодом тока промышлен-

ной частоты, передаваемой посредством сигнала «К. Ман.», поступающего с выхода БС.

Отклики выходных сигналов «К. Осн.», «Вых. ПРМ» и «К. Грубо» при пуске своего передатчика формируются с помощью специального алгоритма, вносящего в отклики задержки, отдельно по фронту и по спаду относительно суммарного сигнала пуска УМ. Данные задержки необходимы для компенсации задержек обработки принимаемого ВЧ-сигнала в комплексном цифровом фильтре подканала ВЧЗ.

Для обеспечения наладочной связи с удаленными постами блок ЦФС по команде оператора переводит УМ и ПН в режим автоматической модуляции, приводя сигналы «ПН $U/2$» и «Вкл. АМ» в активное состояние. Передача речи на удаленный пост производится при нажатии кнопки «Пуск» на лицевой панели блока, при этом внутри вычислительного ядра формируется сигнал «Пуск ТЛФ», поступаемый на схему приоритетов пусков в логическом узле 2.

1.4.6. Аналоговый блок приемника

Структурная схема дискретного модифицированного приемника (ПРМ) разработки 2003 г. представлена на рис. 1.14.

Блок ПРМ предназначен для выделения сигнала дальнего приемопередатчика из спектра сигналов и помех, принимаемых

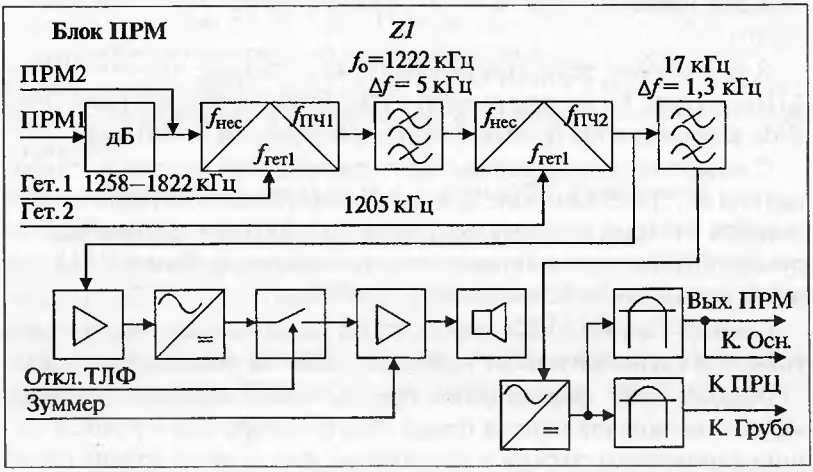


Рис. 1.14

по проводам воздушной линии электропередачи, а также для приема сигнала своего передатчика. В режиме переговорного устройства блок обеспечивает демодуляцию принимаемых речевых сигналов.

В состав блока входят:

- канал преобразования частот сигналов;
- канал второй промежуточной частоты;
- канал переговорного устройства.

В состав канала преобразования частот сигналов входят:

- узел защиты;
- переключатель сигналов «Свой/Чужой»;
- *LC*-фильтр нижних частот с частотой среза 0,8 МГц;
- усилитель ВЧ и инвертор;
- первый смеситель и детектор сигнала контроля ВЧ;
- усилитель сигнала контроля ВЧ;
- аттенюатор, имеющий ступени 10, 20, 30 дБ (*S1*, *S2*);
- эмиттерный повторитель;
- кварцевый фильтр (*Z1*);
- второй смеситель;
- полосовой фильтр.

Супергетеродинный приемник — с двойным преобразованием частоты и двумя фильтрами: в первом применен кварцевый фильтр на 1222 кГц, а во втором активный фильтр четвертого порядка на частоту 17 кГц.

Сигнал ВЧ (36 – 600 кГц) с входа ПРМ1 поступает на переключатель сигналов «Свой/Чужой». В зависимости от уровня управляющего сигнала, поступающего с контактов *X1:A, B27*, на выход переключателя проходит либо сигнал входного уровня (чужой), либо свой сигнал, ослабленный делителем *R18, R19*.

С выхода переключателя через *LC*-фильтр нижних частот с частотой среза 0,8 МГц сигнал поступает на усилитель ВЧ и инвертор. На входе элемента установлена одна ступень аттенюатора *S2.1* «20 дБ», т. е. при установке переключателя *S2.1* в положение «ON» происходит ослабление сигнала на 20 дБ.

Далее сигнал поступает на первый смеситель, в котором входной сигнал смешивается с сигналом первого гетеродина (1258 – 1822 кГц). Кроме того, с выхода синхронного детектора сигнал поступает на вывод X1:AB12 и далее в блок ПРЦ для контроля уровня сигнала ВЧ.

С выхода первого смесителя сигнал через аттенюатор *S1.1* «15 дБ» и *S1.2* «30 дБ» поступает на эмиттерный повторитель. Он выполнен по симметричной схеме на транзисторах и предназначен для получения низкого выходного сопротивления, необходимого для обеспечения согласования с кварцевым фильтром *Z1*.

Сигнал первой промежуточной частоты $f_{ПЧ1}$ снимается с выхода эмиттерного повторителя, выделяется фильтром *Z1* и поступает на второй смеситель. Кварцевый фильтр (1222 кГц) обеспечивает подавление помех, отстроенных более чем на 2,5 кГц от частоты настройки.

Второй смеситель выполнен на микросхеме К174ПС1. Сигнал первой промежуточной частоты с фильтра *Z1* поступает на модулятор, который управляется сигналом второго гетеродина Гет.2 (частота 1205 кГц). Сигнал второй промежуточной частоты через переходной конденсатор *C21* поступает на вход фильтра второй промежуточной частоты (17 кГц). Этот полосовой фильтр 4-го порядка реализован на операционных усилителях и переключающих конденсаторах. В качестве тактовой частоты фильтра используется удвоенный сигнал второго гетеродина (2410 кГц).

Этот смеситель совместно с компаратором представляет собой синхронный детектор и предназначен для формирования сигнала канала переговорного устройства.

Сигнал с выхода фильтра через плавный аттенюатор *R29* сигнал поступает на усилитель, где вторая промежуточная частота усиливается и через детектор поступает на компараторы «Основной» и «Грубый». Потенциометр *R29* позволяет плавно регулировать чувствительность блока, уменьшая его дополнительно на 15 дБ.

Сигнал «Основной» через буферные элемент сигналы ТТЛ-уровня поступает в БС («Вых. ПРМ»), блок ПРЦ («К. Осн.») и на индикатор «Осн.», расположенный в блоке ПРМ.

Сигнал с выхода компаратора «Грубый» через буферные элементы сигналы ТТЛ-уровня поступает в блок ПРЦ («К. Грубо») и на индикатор «Грубо», расположенный на лицевой панели блока ПРМ.

Полоса пропускания блока от входа канала преобразования до выхода усилителя второй ПЧ составляет не менее 1500 Гц.

В состав канала переговорного устройства входят:

- низкочастотный фильтр;

- регулятор громкости (*R48*);
- схема управления;
- усилитель НЧ.

Низкочастотный фильтр выполнен на операционном усилителе. С его выхода низкочастотный сигнал через регулятор громкости (*R48*) поступает на схему управления.

Схема управления предназначена для устранения ВЧ-шума в громкоговорителе при работе в дежурном режиме приемопередатчика.

В зависимости от состояния управляющего сигнала «Откл. ТЛФ», на выход схемы управления поступает либо низкочастотный сигнал, либо сигнал звуковой сигнализации «Зуммер» от блока ПРЦ.

С выхода усилителя усиленный по мощности сигнал через разделительный конденсатор *C63* поступает на выход «ГД» блока ПРМ.

1.4.7. Цифровой приемник

Структурная схема цифрового приемника выпуска 2004 г. представлена на рис. 1.15. Он может применяться с генераторной системой Ген. 1 и Ген. 2 для получения частоты канала 36 – 600 кГц (см. рис. 1.3) или с синтезатором частоты СЧ для получения частоты канала 24 – 1000 кГц (см. рис. 1.4).

В состав блока входят:

- канал предварительной обработки;
- канал цифровой обработки;
- канал переговорного устройства;
- узел арбитражной логики.

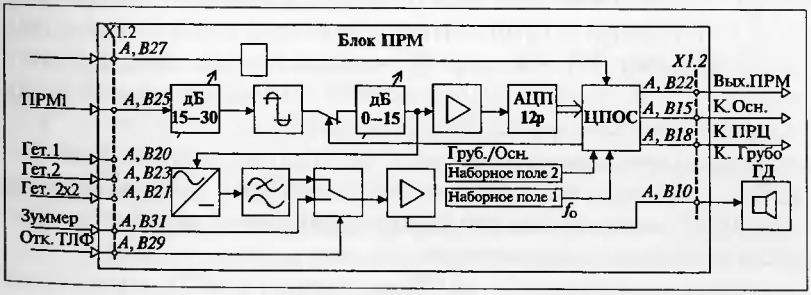


Рис. 1.15

В состав *канала предварительной обработки* входят:

- входной аттенюатор со ступенями: 15, 30 дБ (*SW5* и *SW6*);
- усилитель — ограничитель;
- переключатель сигналов Свой/Чужой;
- *LC*-фильтр нижних частот (ФНЧ) с частотой среза 1,5 МГц;
- аттенюатор плавной регулировки 15дБ (*R102, R29*);
- усилитель-повторитель.

В состав *канала цифровой обработки* входят:

АЦП с блоком программируемой логики;

- процессор обработки сигналов (ЦРОС) с ПЗУ;
- арбитражная логика;
- наборное поле переключателей настройки приемника (*SW1 – SW3*).

В состав *канала переговорного устройства* входят:

- усилитель регулятора громкости (*R48*);
- низкочастотный фильтр;
- схема управления;
- усилитель НЧ.

Сигнал ВЧ (частотой 24 – 1000 кГц) с входа *X1:A, B25* поступает на входной трехступенчатый аттенюатор: одна ступень имеет фиксированное затухание 10 дБ и ограничивает чувствительность приемника на уровне 74 мВ; две другие во включенном состоянии добавляют по 15 дБ.

Если сигнал «Свой/Чужой» (пуск УМ) равен логической 1 — «Чужой» (уровни ТТЛ), то ВЧ-сигнал с выхода переключателя поступает на ФНЧ, далее, через плавный аттенюатор 15 дБ (регулятор «Корр.» на лицевой панели) и цепь формирования постоянной составляющей с уровнем 2,5 В, на усилитель-повторитель. С его выхода сигнал подается на АЦП. Параметры фиксированного аттенюатора и ограничителя подобраны таким образом, что, когда на входе ЛФ действует ВЧ-сигнал уровнем действующего значения 37 В, на входе АЦП действует сигнал с размахом 5 В, что соответствует началу работы ограничителя.

Если сигнал «Свой/Чужой» (пуск УМ) равен логическому 0 — «Свой», то переключатель на время действия данного сигнала вход ФНЧ замыкает на ноль и канал цифровой обработки ведет «псевдоприем» своего сигнала.

Аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) производит оцифровку ВЧ-сигнала 12-разрядным кодом. Выборки сигнала

снимаются с частотой 1500 кГц и через предварительный буфер поступают в процессор обработки сигналов. Процессор обработки сигналов выполняет цифровую фильтрацию. Конечным результатом работы алгоритма являются логические сигналы: «К. Осн.», «Вых. ПРМ» и «К. Грубо» на выходе блока ПРМ. Сигналы «К. Осн.» и «К. Грубо» дублируются зажиганием светодиодов на лицевой панели блока ПРМ и используются блоком ПРЦ для автоматической проверки ВЧ-канала.

Арбитражная логика и блок программируемой логики обслуживают процессор обработки сигналов при начальной загрузке и выполняют вспомогательные функции при приеме и формировании логических сигналов.

Напряжение питания внешних цепей процессора обработки сигналов +3 В и напряжение питания ядра процессора обработки сигналов +2,5 В формируются из напряжения +5 В линейными стабилизаторами.

1.4.8. Блок сопряжения

Блок сопряжения предназначен для:

- принятия управляющих сигналов от защит всех типов;
- формирования сигналов управления передатчиком от защиты и устройства АПК;
- формирования выходных сигналов приемника;
- задания управляющих сигналов для схемы автоконтроля.

В БС выполнен контроль выходных цепей приемника; в плату процессора передается импульс тока приема.

Структурная схема БС показана на рис. 1.16.

Блок состоит из двух частей — схемы преобразования входных сигналов и схемы формирования выходных сигналов:

- преобразования входного управляющего сигнала «Пуск ППЗ/РЗ»;
- преобразования входного управляющего сигнала «Останов» (или «Запрет пуска»);
- преобразования входного сигнала манипуляции «Ман.»;
- преобразования входного сигнала безынерционного пуска «Пуск БИ»;
- выходного сигнала управления передатчиком;
- выходного сигнала управления тока выхода приемника РЗ и напряжения выхода приемника ППЗ;
- выходного сигнала управления автоконтролем;

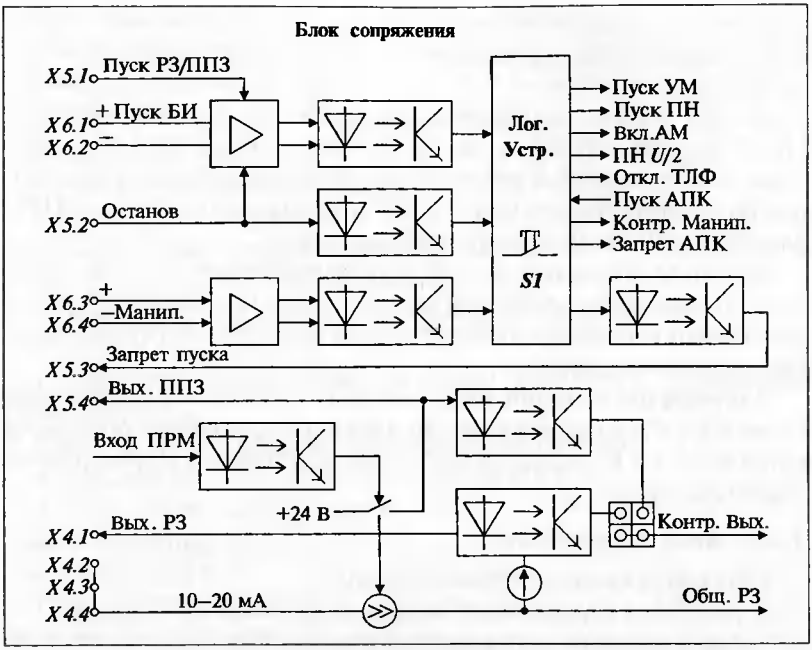


Рис. 1.16

- выходного сигнала управления переговорным устройством.

В блоке осуществлена гальваническая развязка управляющих сигналов защит с помощью оптопар.

В цепях манипуляции «Манип.» и «Пуск БИ» стоят усилители-компараторы и оптронная развязка. Также оптронная развязка выполнена по цепям управления, выхода приемника, цепей контроля и платы ПРЦ.

Через логическое устройство выполняется:

- управление («Пуск УМ»);
- осуществляется пониженный режим усилителя мощности;
- модуляция при организации связи;
- управления АПК;
- пуск, запрет и контроль манипуляции;
- приоритеты управления передатчика перед вспомогательными режимами АПК.

Преобразователь 24/100 В питает выходную цепь приемника для получения тока 10 – 20 мА для электромеханических релейных защит и уровня логических сигналов 13 – 15 В, для полупроводниковых защит.

1.4.9. Устройство автоматической проверки канала

Устройство автоматической проверки канала (автоконтроль) предназначено для проверки работоспособности ВЧ-канала связи при работе на двухконцевой или трехконцевой линиях электропередачи.

Автоматический контроль осуществляется с периодичностью повторения 1 раз в 4 ч при работе на двухконцевой линии или 1 раз в 6 ч при работе трехконцевой линии. Предусмотрена возможность изменения (только уменьшения) интервала времени периодичности проведения автоконтроля.

Устройство АПК осуществляет обнаружение и световую индикацию неисправностей, при этом замыкаются контакты внешней сигнализации неисправностей и размыкаются контакты, выводя защиту из работы.

Для анализа работы приемопередатчика на вход АПК поступают дискретные и аналоговые сигналы. Последние для цифрового анализа вначале проходят оцифровку при помощи специального АЦП, входящего в состав ПРЦ. Выходные логические сигналы АПК в основном предназначены для сообщения о неисправности и выводе приемопередатчика из работы. Ниже дан полный перечень сигналов АПК.

Входные дискретные сигналы:

- контроль основного приемника;
- контроль грубого приемника;
- сбой генератора;
- контроль манипуляции;
- запрет АПК;
- контроль передатчика;
- контроль выхода;
- вход телекоманды.

Цепи измерений на АЦП:

- напряжение выхода передатчика;
- напряжение выхода ВЧ;
- ток выхода ВЧ;
- напряжение выхода при симметричной схеме.

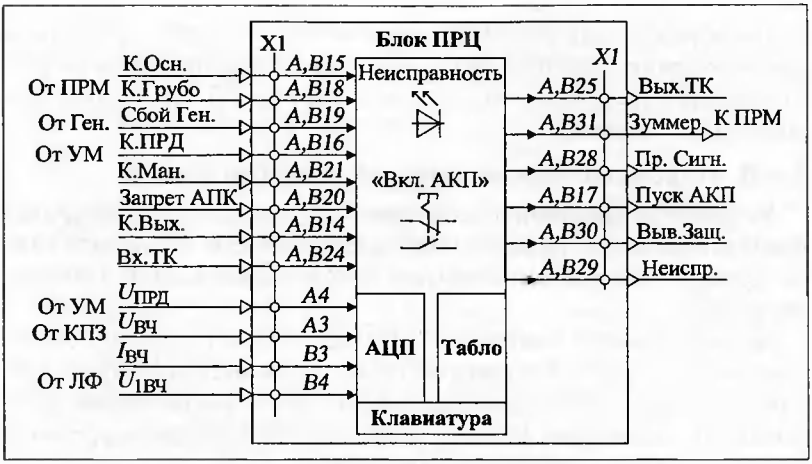


Рис. 1.17

Выходные цепи:

- выход телекоманды;
- зуммер;
- предупредительная сигнализация;
- аварийная сигнализация;
- вывод защиты;
- пуск АПК.

Функции контроля работоспособности основных узлов приемопередатчика реализованы аппаратно в блоке ПРЦ, функциональная схема которого представлена на рис. 1.17, а функции автоматической проверки канала реализуются программно-аппаратным путем.

При включении питания приемопередатчика блок ПРЦ вырабатывает на выходе «Пуск АПК» кодовую комбинацию вызова, в соответствии с которой манипулируется сигнал передатчика.

На всех концах линии связи, в том числе и на передающем, код вызова принимается приемниками, в результате чего происходит запуск соответствующих программных блоков, которые формируют сигналы-отклики. Отклики первого, второго и третьего комплектов представляют собой разнесенные во времени импульсы соответствующих комплектов.

Сигналы откликов анализирует устройство АПК — инициатор контроля. При приеме ответов всех приемопередатчиков канал связи считается исправным.

Отсутствие ответа от какого-либо приемопередатчика воспринимается как неисправность канала связи. Отсутствие сигнала на выходе «Грубо» воспринимается как увеличение затухания в линии.

В случае обнаружения неисправности при автоматической проверке канала связи производится повторная проверка через небольшой интервал времени и, если неисправность не подтвердилась, устройство АПК остается в штатном режиме работы.

Если при повторной проверке неисправность подтвердилась, то устройство АПК формирует сигнал «Вывод защ.», самоблокируется, не оказывая влияния на работу приемопередатчика до вмешательства оператора на любом из концов канала связи.

Вывод защиты из действия осуществляется автоматически. Если по результатам контроля канал признан неисправным, то при этом передатчик передает в линию кодовый сигнал, при приеме которого происходит вывод из действия защиты на всех концах линии.

При работе передатчика от сигналов защиты в БС вырабатывается сигнал «Запр. Пров.», который запрещает управление передатчиком от устройства АПК. По окончании действия сигнала «Запр. Пров.» система АПК возвращается в обычный режим работы.

1.4.10. Блок ПРЦ

Автоматическая проверка канала блоком ПРЦ обеспечивает следующие программно-аппаратные функции:

- поддерживает заданную периодичность проверок канала;
- управляя передатчиком поста, инициализирует процесс проверки;
- контролирует состояния выходов приемника и передатчика поста;
- отображает текстовую информацию на табло о состоянии канала в соответствии с результатами последней проверки;
- осуществляет звуковую и световую индикацию сигнализацию;
- формирует сигналы для внешних устройств;
- сохраняет краткий рапорт в энергонезависимой памяти в случае фиксации неисправности;

- в канале ведет отсчет и непрерывную индикацию реального времени;
- функции автоматической проверки канала приостанавливаются на время действия сигналов управления от терминалов защиты;
- производит измерение и индикацию уровня напряжения и тока выходного ВЧ-сигнала;
- производит запись осциллограмм состояний сигналов на выходах приемника и передатчика поста. Включение процесса записи производится автоматически:
  - при действии сигналов управления от ВЧ-защиты: «Пуск», «Останов», «Запрет проверки»;
  - при фиксации синхроимпульса команды автоконтроля в цепи выхода приемника, или по команде оператора ПЭВМ при тестировании ВЧ-поста и блока ПРЦ.

Блок ПРЦ под управлением оператора:

- выполняет измерение тока и напряжения на выходе ВЧ-поста;
- поддерживает режим настройки рабочих установок устройства АПК;
- в тестовых режимах:
  - формирует сигналы манипулятора и фазорегулятора;
  - поддерживает функции автономной проверки исправности реле сигнализации и цепей их управления, светодиодной индикации, звуковой сигнализации;
  - поддерживает режим связи с ПЭВМ (по RS-232), которая обеспечивает удобный интерфейс для работы с сервисными функциями;
  - просмотр и сохранение записанных осциллограмм.

Основные узлы блока ПРЦ (структурная схема — см. приложение 2):

- управляющий процессор;
- массив аналого-цифровых преобразователей;
- энергонезависимая память;
- астрономические часы;
- узел индикации и управления;
- формирователь выходных сигналов;
- драйвер последовательного порта (RS-232).

Управляющий процессор — это однокристальная ЭВМ, выполняющая алгоритмы:

- автоматического контроля канала;
- сервисных и тестовых функций;
- регистрации событий;
- записи осциллограмм пусков защиты.

Массив аналого-цифровых преобразователей состоит из шести каналов АЦП, встроенных в управляющий процессор.

На основной плате блока ПРЦ расположены элементы защиты входов АЦП от недопустимого отклонения (<0,0 V или >5,0 V).

Энергонезависимая память (flash) объемом 32 К предназначена для сохранения осциллограмм при пусках защиты и фиксации событий при автоматических проверках канала.

Астрономические часы — часы реального времени — отсчитывают год (0 – 99), месяц, дату, часы, минуты, секунды. Встроенный тактовый генератор часов стабилизирован кварцевым резонатором с частотой 32768 Гц. Связь с управляющим процессором осуществляется по последовательному каналу стандарта I^2C.

Текущее время устанавливается оператором с клавиатуры блока в режиме «Меню» или через внешний компьютер.

Узел индикации и управления состоит из:

- жидкокристаллического индикатора;
- клавиатуры;
- светодиода «Неиспр.»;
- тумблера «АПК-ВКЛ».

Они расположены на лицевой панели блока и представляют собой единый узел индикации и управления. Индикатор имеет табло в две строки по 16 символов (знакомест) и предназначен для отображения символьной информации. Клавиатура содержит шесть кнопок. Текущее состояние клавиш считывается управляющим процессором. Панель управления и индикации подключается к порту «Н» управляющего процессора через разъем *X4*.

Формирователь выходных сигналов. Регистр предназначен для формирования выходных сигнализирующих сигналов блока: «Неисправность», «Предупреждение», «Вывод защиты».

Выходной сигнал «ВА» («Зуммер») формируется управляющим процессором через буферный элемент.

Драйвер последовательного порта (*RS-232*) выполнен на оптронах *AV1*, *AV2* и организует схему внешнего порта *RS-232* с гальванической изоляцией от цепей аппарата.

Входные и выходные сигналы и цепи измерения:

- напряжение на выходе УМ;
- ток выхода передатчика на выходе ЛФ;
- напряжение на выходе ЛФ.

1.4.11. Схема электропитания

Блок электропитания (БП) предназначен для снабжения электроэнергией всех узлов схемы приемопередатчика.

Электропитание блока осуществляется от сети оперативного тока, собранной из зарядного устройства и аккумуляторной батареи с номинальным напряжением постоянного тока 220 В и с отклонением не более +20, –40 %. Уровень пульсаций не более 8 % на частоте пульсаций 150 Гц.

Блок питания имеет защиту от «переполюсовки» входного напряжения — ошибка в полярности подключения не приводит к выходу БП из строя.

Время выхода на режим БП от момента включения тумблера «Сеть» не превышает 1 с.

На входе БП допустимы кратковременные провалы до нулевого напряжения длительностью от 0,1 до 1 с. Кратковременные провалы напряжения на входе БП до 0,1 с не приводят к сбою в работе выходных напряжений. Время повторного включения БП после провала не превышает 0,1 с.

Выходные стабилизированные напряжения БП: +5 В, +12 В, –12 В, +24 В.

Выходные параметры БП приведены в табл. 1.2.

Блок питания рассчитан для эксплуатации при окружающей температуре от –25 до +70 °С и относительной влажности воздуха не более 75 %. Он обеспечивает суммарную выходную мощность по всем каналам не менее 30 Вт.

Структурная схема блока питания показана на рис. 1.18.

Схемотехнически БП представляет собой импульсный обратноходовой преобразователь напряжения, работающий на частоте 50 кГц. Работой источника питания управляет контроллер — микросхема VIPer100, которая вырабатывает сигналы широтно-импульсной модуляции (ШИМ), выполняет функции плавного запуска преобразователя, защиты БП и потребителя от перегрузок. В ее состав входит мощный ключ на полевом транзисторе, коммутирующий ток через первичную обмотку трансформатора *Т1*. Вы-

Таблица 1.2

Выходное напряжение, В	Диапазон изменения, В	Амплитуда пульсаций, мВ	Ток нагрузки, А
+24	+1,0	100	0,1 ÷ 0,5
+5	+0,15	100	0,5 ÷ 3,0
+12	+0,6	100	0,05 ÷ 0,3
–12	+0,6	100	0,05 ÷ 0,3

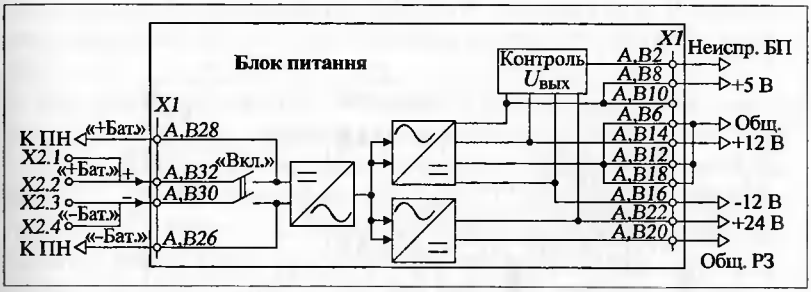


Рис. 1.18

прямители выходных напряжений подключены к соответствующим вторичным обмоткам *Т1*.

Работа БП контролируется специальной схемой и при наличии неисправности выводит сигнал «Неиспр. БП». При нормальной работе на этом выходе присутствует логическая 1 (напряжение 4 – 4,5 В), а при пропадании одного из выходных напряжений БП на этом выходе появляется сигнал аварии — логический 0 (напряжение, близкое к нулю).

1.4.12. Блок преобразователя напряжения

Питание выходного каскада передатчика осуществляется от отдельного источника, расположенного в блоке преобразователя напряжения (ПН), который из первичного входного напряжения 220 В создает требуемое напряжение для нормальной работы УМ передатчика.

Первичным источником является аккумуляторная батарея с номинальным напряжением 220 или 110 В.

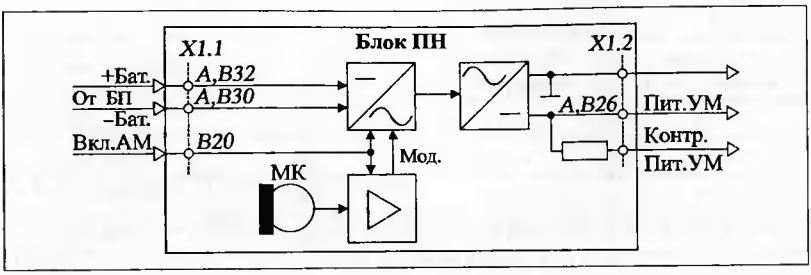


Рис. 1.19

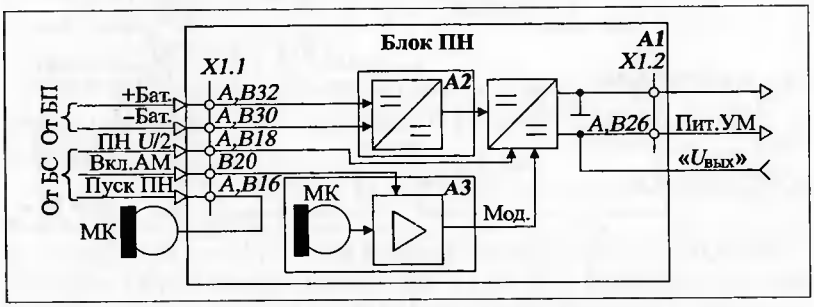


Рис. 1.20

Схема электропитания имеет защиту от перегрузки и коротких замыканий на выходах вторичных источников.

Старая и новая структурные схемы блока ПН показаны на рис. 1.19 и 1.20. Разница в них небольшая. В новой схеме можно использовать внешний микрофон, и в ней применен другой модуль в первичном преобразователе PS-65-27. Далее будем рассматривать новую схему.

Основные узлы блока ПН:

плата ПН (*A1*);

модуль PS-65-27 (*A2*);

плата МКУ (*A3*).

Блок ПН обеспечивает нормальную работу блока УМ при изменении напряжения первичного источника. Блок ПН представляет собой специализированный импульсный блок питания выходного каскада УМ с током нагрузки до 3 А. Он обеспечивает нормальную работу УМ передатчика в режиме АМ при изменени-

ях первичного напряжения в пределах от 120 до 370 В. Выходное напряжение может регулироваться в пределах от 8 до 24 В.

Блок ПН имеет две ступени снижения напряжения источника первичного питания. Каждая ступень построена по схеме понижающего стабилизатора с ШИМ. Обе ступени выполнены по схеме однотактного ШИМ-преобразователя с накопительным дросселем и прямым включением выпрямительного диода.

Первая ступень снижения напряжения источника первичного питания выполнена на модуле PS-65-27 и имеет на выходе фиксированное стабилизированное значение напряжения. Вторая ступень имеет на выходе регулируемое стабилизированное напряжение.

Выходное напряжение для питания УМ выставляется резистором *R2* «POW UM», расположенным на лицевой панели блока ПН.

В блоке ПН имеется схема амплитудной модуляции (АМ) выходного сигнала для передачи звука по ВЧ-каналу. Эта схема расположена на плате микрофонного усилителя (МКУ) и управляет уровнем выходного напряжения питания УМ.

На плате МКУ сигнал звуковой частоты от электретного микрофона МК поступает на микросхему SSM2166, которая содержит два усилительных каскада. Первый каскад имеет постоянный коэффициент усиления 20 дБ, а второй — динамически скорректированный коэффициент усиления 10 дБ.

При наличии входного сигнала «Вкл. АМ» эта микросхема включается, усиливает сигнал с микрофона и подает его на выходной каскад платы МКУ, собранный на микросхеме TL082, который служит для управления стабилизатором напряжения ПН.

Таким образом, при использовании приемопередатчика в качестве переговорного устройства (при установке перемычки в гнезда «Мод.» и «1» на лицевой панели БС) сигналы «*U*/2» и «АМ» низким уровнем напряжения поступают из БС в блок ПН, и выходное напряжение блока ПН, уменьшенное в 2 раза, изменяется низкочастотным сигналом с платы МКУ. При нажатии кнопки «Пуск» на лицевой панели БС выходной сигнал приемопередатчика будет иметь амплитудную модуляцию сигналом звуковой частоты.

1.4.13. Плата преобразователя 24/100В

Плата преобразователя 24/100 В предназначена для преобразования входного напряжения 24 В в выходное напряжение 100 В

с номинальным током нагрузки 20 мА и является преобразователем напряжения *DC/DC*, построенным по обратноходовой схеме.

Работой платы преобразователя управляет специализированный контроллер UC3844, который выполняет ШИМ-управление.

Частота импульсов 50 кГц.

Входной фильтр помех предназначен для подавления импульсных и радиочастотных помех, присутствующих в первичной сети, а также для предотвращения прохождения в сеть питания импульсных помех, вызванных работой источника питания.

1.4.14. Блок усилителя мощности

Блок усилителя мощности (рис. 1.21) предназначен для усиления по мощности высокочастотного сигнала несущей частоты в режиме передачи, для согласования входного сопротивления приемопередатчика с линией в режиме приема.

Блок УМ содержит:

- схему управления выходным каскадом;
- выходной каскад;
- схему защиты от пропадания несущей частоты;
- схему формирования сигнала «К.ПРД»;
- схему коммутации входных сигналов приемника;
- согласующее устройство.

Схема формирования сигнала «К.ПРД» предназначена для выдачи в схему автоконтроля блока ПРЦ сигнала о наличии выходного напряжения УМ, которое поступает на детектор, где оно детектируется, ограничивается и подается в схему сравнения.

Светодиодный индикатор «ПРД» установлен на лицевой панели блока УМ.

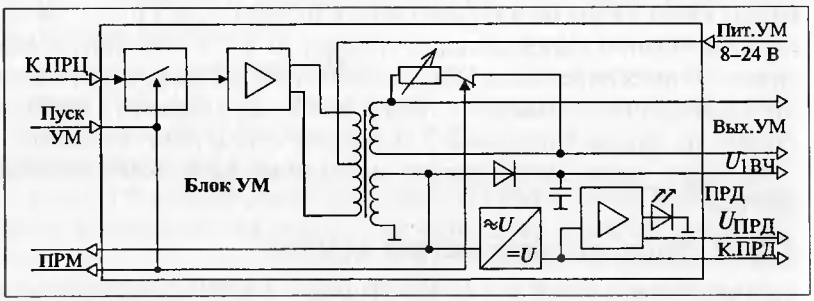


Рис. 1.21

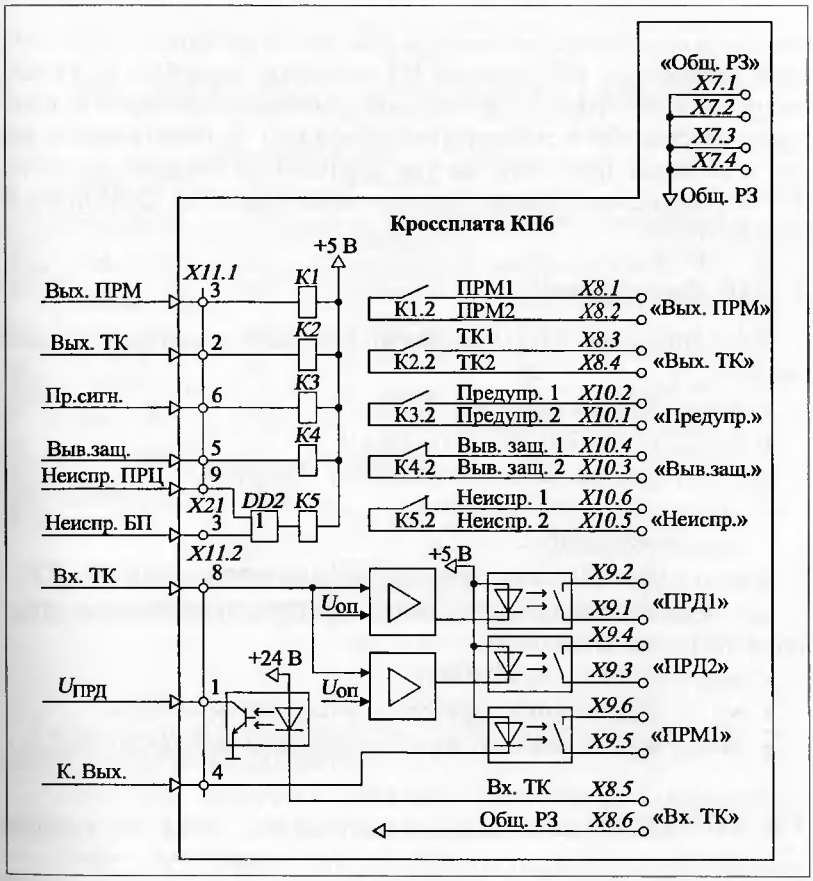


Рис. 1.22

Согласующее устройство предназначено для согласования входного сопротивления приемопередатчика с линией при незапущенном передатчике и со стороны линии его сопротивление около 75 Ом.

Несущая частота 24 – 1000 кГц с блоков Ген.1, Ген.2, СЧ или БФС поступает на вход УМ. При пуске усилителя мощности сигнал поступает на двухтактный усилитель, который питается напряжением 8 – 24 В с блока ПН. Нагрузкой усилителя является первичная обмотка трансформатора с двумя выходными обмотка-

ми. Одна из обмоток идет на вход линейного фильтра, вторая — на вход приемника. Напряжение ВЧ со второй полуобмотки детектируется и поступает на схему измерения напряжения ВЧ, контроль работы УМ и световую сигнализацию. В блоке имеется защита входных транзисторов при пропадании несущей частоты. Защита выходных транзисторов от перегруза и КЗ выполнена в блоке ПН.

1.4.15. Кроссплата

Кроссплата (рис. 1.22) содержит пять реле с выходными контактами:

- выход приемника «Вых. ПРМ»;
- выход телекоманды «Вых. ТК»;
- предупредительная сигнализация «Предупр.»;
- вывод защиты «Выв. защ.»;
- авария «Неиспр.».

Имеется гальванически развязанный вход телекоманды «Вх. ТК».

Для осциллографирования выведены три изолированных контакта твердотельных реле:

- выход приемника «ПРМ1»;
- выход передатчика с грубым компаратором «ПРД1»;
- выход передатчика с чувствительным компаратором «ПРД2».

1.5. БЛОК ЦФС

1.5.1. Структура

Блок ЦФС предназначен для приема и передачи сигналов защиты по ВЧ-каналу. Блок объединяет в своем составе приемную и передающие части.

Приемная часть предназначена для выделения полезного сигнала из спектра сигналов и помех, принимаемых в ВЧ-канале, а также формирования отклика на сигнал «Пуск» своего передатчика. В режиме переговорного устройства блок обеспечивает демодуляцию принимаемых АМ речевых сигналов.

Передающая часть — синтезатор частот — предназначена для формирования сигнала несущей частоты передатчика в диапазоне частот 24 – 1000 кГц.

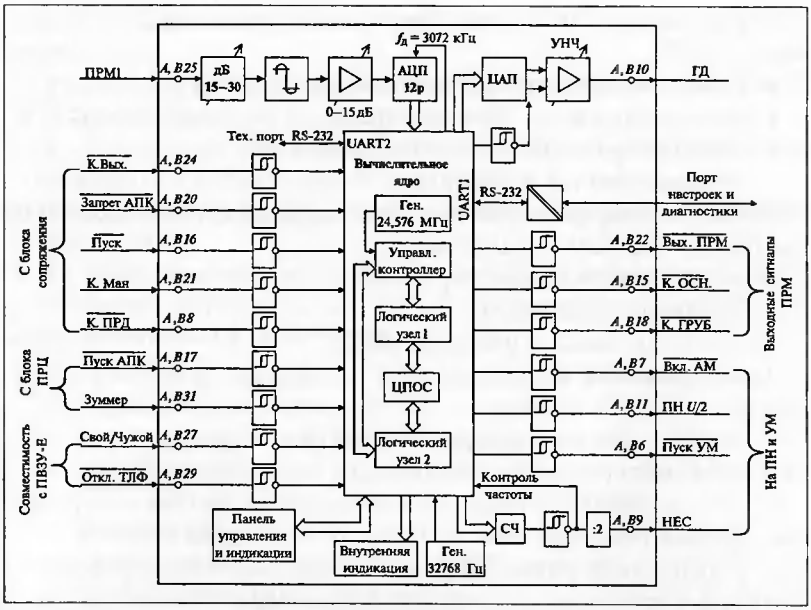


Рис.1.23

Вычислительное ядро является программируемым узлом и выполняет следующие алгоритмы:

- цифровой обработки входного ВЧ-сигнала и выделение входных сигналов — дискретных сигналов ВЧЗ и речи;
- цифрового синтеза сигнала ВЧЗ на передачу с учетом воздействия входных дискретных сигналов пусков;
- управления режимами работы УМ;
- реакции на сигналы пусков защиты, наладочных пусков и пусков от устройства АПК;
- соблюдения приоритетов пусков;
- измерения параметров входных контрольных сигналов;
- прочие служебные функции.

Структурная схема блока ЦФС показана на рис. 1.23.

В состав блока входят следующие функциональные узлы:

- вычислительное ядро;
- канал предварительной обработки входного ВЧ-сигнала, предназначенный для согласования входных цепей с АЦП;

- узел аналого-цифрового преобразования входного ВЧ-сигнала — АЦП;
- канал разговорного устройства — ЦАП и УНЧ;
- синтезатор частот для формирования несущей частоты СЧ;
- панель управления и индикации (ПУИ);
- узел внутренней индикации;
- Ген. — узел формирования тактовых импульсов (32768 Гц) для работы вычислительного ядра;
- порт настроек и мониторинга;
- технологический порт.

Рассмотрим каждый узел подробнее.

Вычислительное ядро отвечает за реализацию основных функций блока ЦФС и состоит из:

- сигнального процессора (ЦПОС);
- управляющего контроллера;
- 1-го логического узла;
- 2-го логического узла;
- узла питания вычислительного ядра;
- узла тактирования вычислительного ядра.

Сигнальный процессор выполняет цифровую первичную обработку сигналов (ЦПОС) и реализует алгоритмы цифровой фильтрации для приема сигналов ВЧЗ и речевых сигналов (см. приложение 3);

Управляющий процессор в основном управляет сигнальным процессором и осуществляет:

- контроль работоспособности ЦПОС;
- доступ к памяти программ и данных ЦПОС;
- загружает в него программу и основные параметры;
- обменивается и ним информацией и выводит на индикатор результаты цифровой обработки сигналов (ЦОС);
- загрузку кода частоты в синтезатор частот и реализацию алгоритма термокомпенсации;
- обслуживание ЖКИ и клавиатуры;
- программно-аппаратную поддержку порта настроек и диагностики.

В *логическом узле 1* реализованы:

- арбитражная логика доступа к памяти программ, памяти данных и ввода/вывода ЦПОС со стороны управляющего процессора через интерфейс связи;

• арбитражная логика внешней шины данных управляющего процессора;

• схема загрузки коэффициентов умножения частоты тактового генератора вычислительного ядра;

• делитель частоты задающего генератора для получения тактовой частоты управляющего процессора;

• схема измерения частоты тактового генератора вычислительного ядра;

• логика воздействия сигналов сброса от порта программирования управляющего процессора, от монитора питания и сторожевого таймера на вычислительное ядро;

• схема измерения провала в суммарном токе приема.

В *логическом узле 2* реализованы:

• арбитражная логика внешней шины данных ЦПОС;

• арбитражная логика управления конвейерного процесса поступления данных о входном ВЧ-сигнале в ЦПОС;

• входной циклический буфер конвейерного считывания данных с АЦП при обработке входного ВЧ-сигнала;

• логика соблюдения приоритетов пусков от защиты, ручного пуска, от ПРЦ (автоматический контроль), разговорного программно-аппаратного узла.

Узел питания вычислительного ядра состоит из линейных стабилизаторов напряжения питания: для ЦПОС это +3,3, +2, +5 В, а для логических узлов и управляющего процессора — +3,3 В. В нем же реализована схема формирования сигналов сброса по питанию.

Узел тактирования вычислительного ядра содержит генератор тактового сигнала на 24,576 МГц.

Для внутреннего отсчета времени и синхронизации работы всей схемы ЦФС используется генератор Ген. с частотой 32 768 Гц. На этом заканчивается перечень элементов вычислительного ядра.

Канал предварительной обработки входного ВЧ-сигнала предназначен для согласования входных уровней АЦП (0 – 5 В) с входными цепями аппарата и ограничивает спектр входного сигнала. Он состоит из:

• входного аттенюатора с фиксированными ступенями регулирования 15 и 30 дБ;

• защитного ограничителя;

- *LC*-фильтра нижних частот с частотой среза 1,5 МГц;
- повторителя-аттенюатора с плавным регулированием 15 дБ.

Узел 12-разрядного АЦП производит квантование по уровню (4096 уровней) и по времени (частота дискретизации — 3072 кГц) входной смеси ВЧ сигнала и шума. На выходе АЦП формируются 12-разрядные данные, которые поступают через схемы 2-го логического узла на вход в ЦПОС. Узел АЦП состоит из стабилизатора питания аналоговых узлов АЦП, генератора частоты дискретизации 3072 кГц, формирователя опорного сигнала АЦП и самого АЦП.

Канал разговорного устройства предназначен для восстановления выделенного речевого сигнала и его усиления при помощи усилителя низкой частоты (УНЧ). Также этот канал воспроизводит сигнала зуммера, формируемого блоком ПРЦ (звуковой сигнал неисправности, звуковой сигнал телефонного вызова). В состав канала входит цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), согласующий узел, предварительный каскад и УНЧ.

Синтезатор частот (СЧ) формирует на выходе блока сигнал несущей частоты, манипулированный сигналами пусков от защиты, автоматического контроля, ручного пуска, пуска от разговорного устройства. Точность формирования частоты ±2 Гц в диапазоне температур окружающей среды от 0 до +40 °С. Синтезатор частот состоит из:

- синтезатора прямого цифрового синтеза;
- элемента преобразования синусоидального сигнала в импульсный;
- делителя частоты (реализован в логическом узле 2);
- амплитудного манипулятора (реализован в логическом узле 2);
- алгоритма термокомпенсации (вычислительное ядро);
- генератора на 32 768 Гц;

Алгоритм компенсации отклонения частоты от температуры использует термокомпенсированный генератор частотой 32 768 Гц в качестве опорного, и при отклонении частоты более чем на 20 Гц производится пересчет кода деления частоты и перезагрузка его в синтезатор.

Панель управления и индикации (ПУИ) позволяет оператору:

- контролировать уровень сигнала или запас по затуханию на выходе цифрового фильтра канала приема сигналов ВЧЗ;

- контролировать результаты измерений в выходной цепи приемника ПВЗУ-Е;
- контролировать результаты измерения провала в цепи суммарного тока выхода;
- настраивать параметры ЦФС;
- управлять переговорным устройством;
- проводить сеансы наладочной связи с удаленными концами линии;
- проводить наладочные пуски;

Панель управления и индикации состоит из:

- порта подключения;
- жидкокристаллического индикатора;
- клавиатуры;
- блока светодиодной сигнализации.

Порт настроек и мониторинга позволяет оператору производить с помощью ПЭВМ настройку параметров блока и мониторинг режимов работы и состояний блока. Он состоит из узла гальванической развязки порта и разъема подключения к ПЭВМ на лицевой панели блока.

Технологический порт позволяет считать осциллограммы, снятые в определенных контрольных точках, для анализа результатов работы алгоритмов ЦОС ЦПОС.

Узел внутренней индикации предназначен только для настройки и ремонта блока ЦФС.

1.5.2. Описание работы блока ЦФС

Основные режимы работы блока:

- процесс инициализации;
- функции приема;
- функции передачи;
- работа оператора в «Меню» настроек и сервисных функций с клавиатуры блока или ПЭВМ.

Инициализация блока. При включении питания поста или при перезапуске ЦФС по срабатыванию сторожевого таймера (из-за перерыва питания или сбоя) автоматически производится начальная установка и самотестирование блока ЦФС. После успешной начальной установки и самотестирования внутренних узлов ЦФС на ЖКИ отображается порядковый номер версии программы и дата ее последней модификации. В это же время проводится чтение и проверка параметров из энергонезависимой памяти (ПЗУ) и

загрузка их в оперативную память (ОЗУ). В случае повреждения данных в энергонезависимой памяти (при считывании параметров из ПЗУ не совпадает контрольная сумма считанного блока) на ЖКИ отображается сообщение о сбое параметров в ПЗУ и производится установка этих параметров в значение «по умолчанию» с занесением их в ПЗУ блока ЦФС. Сам блок переходит в безопасное состояние, и при очередной проверке канала устройство определит данное состояние как «Неисправность».

Функция приема. Смесь сигнала и шума с выхода приемной обмотки усилителя мощности через контакты *A25, B25* разъема *X1* ЦФС подается на фиксированный аттенюатор (*R45, R42* с ослаблением 5 – 10 дБ). Далее через входной двухступенчатый аттенюатор (по 15 дБ каждая) сигнал подается на вход фильтра низкой частоты (ФНЧ). Он представляет собой *LC*-фильтр с полосой среза 1,5 МГц, который приводит спектр сигнала в соответствие с частотой дискретизации АЦП (3072 кГц). Между ступенчатым аттенюатором и фильтром установлен защитный диодный ограничитель входного ВЧ-сигнала.

Сигнал с выхода *LC*-фильтра поступает на повторитель-аттенюатор. Настройка затухания данного узла возможна при помощи переменного резистора *R31* в пределах 15 дБ. С его выхода сигнал подается на АЦП.

Параметры аттенюаторов и ограничителя подобраны таким образом, что, когда на входе ЛФ действует ВЧ-сигнал с уровнем 37 В (действующее значение), на входе АЦП присутствует сигнал с размахом 5 В, что соответствует началу работы ограничителя.

Ступенчатый аттенюатор состоит из двух звеньев, во включенном состоянии добавляющих по 15 дБ затухания каждое. Позиции переключателей для включения и выключения звена ступенчатого аттенюатора приведены в табл. 1.4.

Структурная схема алгоритма работы показана в приложении 3.

12-разрядный аналогово-цифровой преобразователь производит оцифровку ВЧ-сигнала с частотой квантования 3072 кГц. По-

Таблица 1.4

Переключатель	Звено аттенюатора включено	Звено аттенюатора выключено
1	ON	OFF
2	OFF	ON

лученные данные через предварительный буфер в логическом узле 2 поступают в процессор обработки сигналов.

Сигнальный процессор реализует алгоритм цифровой фильтрации и производит:

- преобразование частоты входного ВЧ-сигнала с помощью внутреннего комплексного гетеродина;
- фильтрацию комплексного сигнала в подканале приема сигналов ВЧЗ;
- фильтрацию комплексного сигнала в подканале приема речевого сигнала.

Уровень выходного сигнала подканала ВЧЗ считывается управляющим контроллером и отображается на ЖКИ. Данные речевого сигнала для восстановления поступают на ЦАП речевого канала и далее через предварительный усилитель на УНЧ.

Сигнал с выхода цифровых фильтров в подканале ВЧЗ поступает на блок компараторов: «К. Осн.», «Вых. ПРМ» и «К. Грубо». Конечным результатом обработки в подканале ВЧЗ являются логические сигналы с уровнями ТТЛ «К. Осн.», «Вых. ПРМ» и «К. Грубо» на выходе блока ЦФС. Сигналы «К. Осн.» и «К. Грубо» дублируются зажиганием светодиодов на лицевой панели блока ЦФС и используются блоком ПРЦ для автоматической проверки ВЧ-канала.

Шаг перестройки частоты цифровых гетеродинов равен 250 Гц в пределах от 0 до 1000 кГц.

Функция передачи. Синусоидальный сигнал удвоенной несущей частоты формируется цифровым синтезатором частоты, а с помощью буферного элемента на триггере Шмидта он преобразуется в импульсный. Далее импульсы делятся на два и подаются на узел формирования выходного сигнала ВЧЗ. Этот сигнал на выходных контактах *A, B9* блока ЦФС появляется только в случае активного сигнала пуска, в противном случае на этом выходе присутствует логическая 1.

Если активен один из сигналов пуска: «Пуск», «Пуск АПК», «ПН Пуск» или нажата кнопка «Пуск», то формируется сигнал «Пуск УМ», разрешающий работу ВЧ-передатчика. При этом команда управления «Пуск» от защиты имеет наивысший приоритет и отменяет все остальные команды пуска. Схема соблюдения приоритетов выполнена в логическом узле *2.* Сигнал «Запрет

АПК» сообщает об активности пусковых органов защиты и отменяет все команды управления передатчиком, кроме «Пуск».

При нажатии кнопки «Пуск» на лицевой панели блока и при наличии сигнала «К. Ман.» передатчик работает манипулированным сигналом. Сложение сигналов управления выполнено в логическом узле *2*.

При пуске своего передатчика сигналы выходных цепей «К. Осн.», «Вых. ПРМ» и «К. Грубо» формируются с учетом задержки по фронту и спаду относительно сигнала «Пуск УМ», равные задержкам обработки принимаемого ВЧ-сигнала в фильтре подканала ВЧЗ. На момент передачи выходной комплексный ВЧ-сигнал преобразователя частоты отключается от входа комплексного цифрового фильтра подканала ВЧЗ.

В режиме переговорного устройства блок ЦФС приводит сигналы «ПН *U*/2» и «Вкл. АМ» в активное состояние. При этом активное состояние цепей управления от защиты выключает режим переговорного устройства.

Специальные режимы. Измерения соотношения длительности импульса к длительности импульса плюс пауза тока приема поста, так называемые «провалы» в токе приема, выполняет логический узел *1*. Усредненный за 100 мс и пересчитанный в градусы результат измерения считывается управляющим процессором и отображается на ЖКИ.

Уровень с выхода комплексного цифрового фильтра подканала релейной защиты отображается на ЖКИ в линейном и в логарифмическом масштабах с приведением к уровню чувствительности основного приемника.

Звуковой сигнал зуммера, формируемый блоком ПРЦ, подается в канал речевого сигнала для его воспроизведения.

1.5.3. Работа оператора

В рабочем состоянии индикатор блока ЦФС позволяет вывести показания: измерителя «провалов», уровня напряжения на выходе приемника в вольтах или запаса по затуханию в децибеллах (на табло отображается результат измерения). Для переключения режима индикатора используется кнопка «→» («—»). Переключение производится по циклу.

Пуск аппарата в ручном режиме выполняется кнопкой «Пуск» («+»). При пуске включаются светодиоды «ПРД», «Осн.» и «Груб.» на лицевой панели блока.

При остановленном передатчике на индикаторе выведено «360°», если передатчик работает с непрерывным сигналом, то выведено «0°», при наличии манипуляции на индикаторе указывается значение от «0°» до «160°» в зависимости от уровня манипуляции.

Работа с меню блока ЦФС. Вход в раздел программы «Меню» блока ЦФС осуществляется с помощью нажатия на кнопку «↓».

Назначение кнопок и индикация сообщений при работе в меню:

- «↑» — выход из меню или подраздела меню;
- «↓» — вход в подраздел меню или переход к исполнению функции/задания индицируемого на табло;
- «Пуск»/«+» — в режиме голосовой связи является кнопкой для передачи сообщения / увеличение (изменение) параметра;
- «→»/«–» — перемещение к следующему пункту меню или следующему параметру / уменьшение (изменение) параметра.

Тексты надписей на табло могут содержать названия подкаталогов или сервисных функций, а также значения рабочих или изменяемых параметров.

Мерцающие надписи в левом верхнем углу индикатора обозначают заголовок подкаталога верхнего уровня меню или набор знаков «↓↑>+–», называемый навигатором, который обозначает кнопки активные в данный момент (символ «>», соответствует гравировке кнопки «→»). Эффект мерцания используется для указания знакомест, где возможно изменение значения отображаемого параметра.

После отпускания кнопки «Меню» происходит переход в верхний уровень каталога меню сервисных функций и настроек с указанием на подкаталог «Тест».

Немерцающая надпись в центре является заголовком подкаталога меню. Нажимая кнопку «→», можно последовательно просмотреть все заголовки каталогов верхнего уровня меню («Тесты», «ТЛФ устр-ва», «ПРСМ параметр», «Изм. параметр» по циклу). Выбрать и войти в любой из каталогов можно с помощью нажатия на кнопку «↓».

В процессе выбора и поиска необходимого подраздела меню, а также при работе и изменении сервисных функций при просмотре параметров, настройке и изменении параметров ЦФС и т. п., основные функции блока функционируют без изменений.

Длительность любого состояния в режиме управления сервисными функциями ограничено временем от 30 с до 3 мин, по окончании которого выполняется автоматический возврат к исходному состоянию.

Функция переговорного устройства. Двойное нажатие на кнопку «↑» позволяет осуществить быстрый вход в подпункт меню «ТЛФ устр-ва», используемый для наладочной связи между удаленными аппаратами.

При нажатии на кнопку «Пуск» выполняется переход в режим передачи речи.

При нажатии на кнопку «↓» входим в режим изменения громкости динамика в режиме связи. На экране появляются мерцающие значки «–+». Кнопками «+» и «–» можно изменить уровень громкости динамика от 0 до 99 %. В режиме регулировки громкости передача невозможна. Переход в режим возможности передачи осуществляется кнопкой «↓».

Выход из режима передачи речи в «Меню» происходит после нажатия кнопки «↑» из любого подкаталога (режим передачи или режим коррекции громкости).

Просмотр параметров блока ЦФС. Выбор каталога верхнего уровня «ПРСМ параметр» позволяет просмотреть параметры блока ЦФС:

- $F_{прм}$ — частота приема (частота комплексного цифрового гетеродина);
- $F_{нес}$ — частота передачи (несущая частота);
- $U_{осн}$ — порог компаратора основного приемника («К. Осн.»);
- $\$_{осн}$ — гистерезис компаратора основного приемника;
- $U_{грб}$ — порог компаратора грубого приемника («К. Грубо»);
- $\$_{грб}$ — гистерезис компаратора грубого приемника;
- $U_{вых}$ — порог компаратора приемника РЗ («Вых. ПРМ»);
- $\$_{вых}$ — гистерезис компаратора приемника РЗ;
- $dT_{фр}$ — задержка формирования отклика приемника на воздействие своего сигнала «Пуск УМ» (в градусах) по фронту;
- $dT_{сп}$ — задержка формирования отклика приемника на воздействие своего сигнала «Пуск УМ» (в градусах) по спаду;
- «Кн. Пуск» — задает тип защиты и влияет на кнопку «Пуск», расположенную на лицевой панели блока ЦФС;
- $T_{тк}$ — время формирования команды, выбирается из перечня: 0, 25, 50, 75 или 100 мс;

Таблица 1.5

Показатель	$f_{прм}$, Гц	$f_{нес}$, Гц	$U_{осн}$, мВ	$S_{осн}$, %	$U_{грб}$, мВ	$S_{грб}$, %	$U_{вых}$, мВ	$S_{вых}$, %	$dT_{фр}$, град.	$dT_{сп}$, град.
NUL	0	0	68	10	140	10	68	10	8	25
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAX	1000000	1000000	300	20	1000	20	300	20	20	100
STEP	250	1	1	1	1	1	1	1	1	1

- $T_{уд}$ — время удержания команды после ее окончания, задается в диапазоне от 0 до 1000 мс;
- *Passw* — изменение пароля доступа.

Нажимая кнопку «→», можно последовательно просмотреть все парметры блока ЦФС по кругу. Выход из режима просмотра параметров осуществляется с помощью кнопки «↑».

Изменение параметров блока ЦФС. Выбор заголовка «Изм. параметр» позволит зайти в режим изменения параметров блока ЦФС после ввода защитного пароля.

Для ввода пароля используются кнопки:

«+» — увеличение подсвеченного разряда цифры-пароля;

«—» — перемещение к следующему разряду цифры-пароля;

«↓» — подтверждение ввода пароля, при правильном пароле — заход в режим изменения параметров блока, при неправильном — выход в меню;

«↑» — выход в меню.

При изменении любого из параметров при выходе произойдет запрос на подтверждение сохранения параметров в энергонезависимую память блока ЦФС.

При отказе сохранения все измененные параметры примут значения, которые были до захода в режим изменения параметров.

Основные параметры блока сведены в табл. 1.5, где приняты следующие обозначения:

NUL — значение «по умолчанию» при выпуске блока из производства;

MIN — минимальное значение параметра;

MAX — максимальное значение параметра;

STEP — шаг изменения параметра.

ГЛАВА ВТОРАЯ

Автоматическая проверка канала

2.1. ОСНОВНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ БЛОКА ПРЦ

Основными режимами работы программно-аппаратного блока автоматической проверки канала (АПК) являются:

- первичная загрузка, или «инициализация»;
- режим «Контроль канала»;
- режим «Запрет проверки»;
- режим «Тест»;
- режим управления настройками и сервисными функциями через встроенную систему «Меню».

При включении питания поста, а также при любом перезапуске процессора, например по срабатыванию сторожевого таймера или из-за перерыва питания или включения тумблера «АПК вкл.», автоматически производится начальная установка и самотестирование внутренних узлов блока ПРЦ. Если все прошло успешно, то на ЖКИ отображается порядковый номер версии программы и дата ее последней модификации. В это же время проводится считывание параметров устройства из энергонезависимой памяти. В случае повреждения параметров в памяти (например, не совпадает контрольная сумма хотя бы одного из считанных блоков параметров) на ЖКИ в течение 2 с отображается сообщение о сбое параметров АПК и далее высвечивается приглашение к вводу информации по сбившемуся блоку параметров.

При включенном тумблере «АПК вкл.» блок ПРЦ работает в режиме «Контроль канала». Выходные сигналы блока ПРЦ «Выв. Защиты», «Предупреждение» и «Неисправность АК» устанавливаются в активное состояние, при этом замыкаются контак-

ты соответствующих реле. На индикаторе отображается текущее время и название режима.

Если кнопку «Пуск» удерживать в нажатом состоянии более 1 с, то на ЖКИ выводится информация о текущих значениях уровней тока и напряжения на выходе передатчика.

При пусках релейной защиты сигнал «Запрет АПК» переводится в активное состояние, а на ЖКИ выводится сообщение о пуске защиты и уровень сигнала на выходе поста. В это же время осуществляется запись осциллограммы сигналов на входах блока.

Время записи осциллограммы определяется длительностью сигнала пуска защиты. Одновременно через определенный интервал времени опрашивается состояние входных дискретных сигналов: «К. ПРД», «К. Осн.», «К. Грубо», «К. Вых», «К. Ман.», «Запрет АПК» и «Пуск», и пишется в ОЗУ управляющего процессора. По окончании записи, этот массив данных перезаписывается в энергонезависимую память в виде готового файла, который сопровождается датой и временем пуска защиты. Просмотр записанных осциллограмм выполняется с помощью специализированной программы на внешнем компьютере.

При выключенном тумблере «АПК вкл.» блок ПРЦ переходит в режим «Запрет проверки». На индикаторе отображается текущее время и название режима. При этом цепь управления «Пуск АПК» программно отключается от алгоритмов контроля канала и тестовых алгоритмов, что делает невозможным управление передатчиком поста от блока ПРЦ. Сигналы на выходах блока ПРЦ «Предупреждение», «Неисправность АК» переходят в неактивное состояние, размыкаются контакты реле сигнализации предупреждения и неисправности и гаснет светодиод «Неиспр.» на лицевой панели блока ПРЦ.

В обоих режимах «Контроль канала» и «Запрет проверки» имеется возможность работать в меню. Только в режиме «Контроль канала» блокируется доступ оператора к сервисным функциям дистанционного пуска и тесту. Недоступными становятся команды: «Пров.», «Вызов ТЛФ», «Н/У», «Дистанционный пуск», «Тест».

2.2. ФОРМАТ КОМАНДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЦ

Команда в зависимости от типа протокола состоит из импульсов определенной длительности (рис. 2.1).

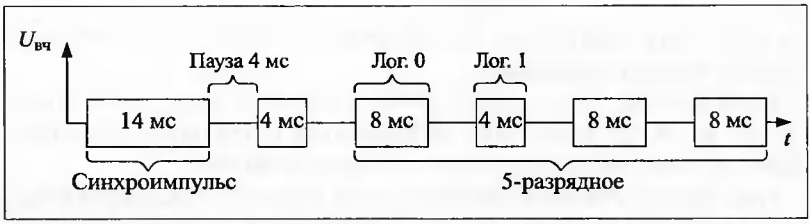


Рис. 2.1

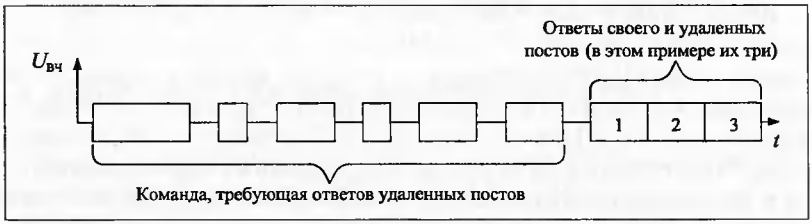


Рис. 2.1

Команда начинается с синхроимпульса, который по длительности отличается от остальных импульсов. Все импульсы в команде разделены паузами. Время каждой паузы — 4 мс. За синхроимпульсом следует последовательность из пяти импульсов, обозначающих код команды. Длительности импульсов, входящих в код команды, имеют два значения — 4 и 8 мс, соответствующие логическим 1 и 0. Распознавание принятого импульса производится по его длительности с определенными допусками. Короткие (ме-

Таблица 2.1

Параметр	Протокол «стандартный – быстрый»	Протокол «стандартный – медленный»
Синхроимпульс, мс	14	32
Пауза, мс	4	20
Импульс логический 0, мс	8	20
Импульс логический 1, мс	4	10
Импульс ответа, мс	10	60
Пауза ответа, мс	0	0

Таблица 2.2

Тип команды	Код команды	Назначение
Пуск неманипулированным сигналом поста № 1	00000	Дистанционное управление передатчиками
Пуск неманипулированным сигналом поста № 2	00001	
Пуск неманипулированным сигналом поста № 3	00010	
Пуск манипулированным сигналом поста № 1	00011	
Пуск манипулированным сигналом поста № 2	00100	
Пуск манипулированным сигналом поста № 3	00101	
Пуск всех постов манипулированным сигналом	00110	
Пост № 1 обнаружил помеху	01000	Сообщение инициатора проверки всем постам канала
Пост № 2 обнаружил помеху	01001	
Пост № 3 обнаружил помеху	01010	
Пост № 1 не получил ответа	01011	
Пост № 2 не получил ответа	01100	
Пост № 3 не получил ответа	01101	
Неисправность ДФЗ у поста № 1	01110	
Неисправность ДФЗ у поста № 2	01111	
Неисправность ДФЗ у поста № 3	10000	
Телефонный вызов	10001	Передача звукового сигнала
Вызов к тесту ДФЗ	10010	Команды автоматического контроля канала
Внеочередная проверка канала	10011	
Очередная проверка канала	10100	
Ввод защиты	10101	
Нормальный цикл таймера	10110	Изменение периодичности АПК
Ускоренный цикл таймера	10111	
Неисправность цепи выхода ПРМ у поста № 1	11000	Сообщение инициатора проверки всем постам канала
Неисправность цепи выхода ПРМ у поста № 2	11001	
Неисправность цепи выхода ПРМ у поста № 3	11010	
Быстрый цикл таймера (отладочный режим)	11011	Изменение периодичности АПК

нее 1 мс) импульсы и просечки игнорируются. Длительная (например, более 20 мс для протокола «стандартный — быстрый») пауза устанавливает подпрограмму распознавания кода команды в начало.

Если в параметрах был разрешен признак четности, то появляется шестой импульс, который определяется состоянием первых пяти импульсов. Признак четности предназначен для снижения вероятности неправильного приема команды в условиях высокого уровня помех.

Команды, которые требуют ответа удаленных постов (например, «Проверка канала в ручном режиме», «Проверка канала в автоматическом режиме» и т. д.), имеют тот же формат, но по окончании через паузу следуют ответы всех постов в порядке, соответствующем номерам, в том числе и поста, пославшего в канал данную команду (рис. 2.2).

Параметры отдельных импульсов даны в табл. 2.1, а в табл. 2.2 показан полный список используемых команд.

2.3. РЕЖИМ «КОНТРОЛЬ КАНАЛА»

При включении тумблера «АПК вкл.» (а также при восстановлении питания +5 В блока ПРЦ, в случае если тумблер находится во включенном положении) происходит аппаратный сброс управляющего процессора и работа блока начинается с процесса инициализации, после чего блок переходит в режим «Контроль канала».

В данном режиме:

- производится непрерывный контроль изменения состояний уровней логических сигналов во входных цепях блока;
- по длительности импульсов сигнала «К. Осн.» на входе блока (с уровнем лог. «0») распознаются коды команд автоматического контроля;
- включается запись осциллограмм состояний логических сигналов на входах ПРЦ («К. ПРД», «К. Осн.», «К. Грубо», «К. Вых.», «К. Ман.», «Запрет АПК», «Пуск») при действии сигналов управления: «Пуск», «Би-пуск», «Останов», «Запрет проверки» или при наличии команды автоматического контроля;
- поддерживается работа программного таймера периодичности проведения проверок, по действию которого начинается проверка канала;

• обеспечивается пуск передатчика поста по инициативе программы или оператора последовательностью импульсов кода команды автоматического контроля [сигнал с уровнем лог. «0» в цепи управления («Пуск АПК») усилителем мощности поста];

• по результатам проверки состояния ВЧ-канала формируются сообщения на ЖКИ, а также управляющие воздействия на выходные реле сигнализации («Предупреждение», «Неисправность») и управления защитой («Выв. защиты»), светодиод «Неиспр.» лицевой панели блока и аварийный звуковой сигнал «Зуммер»;

• при пусках РЗА на ЖКИ выводится сообщение о пуске защиты и уровень напряжения на выходе ВЧ-передатчика поста.

2.4. ПОРЯДОК АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПРОВЕРКИ

При включении режима «Контроль канала» блок ПРЦ, управляя передатчиком, посылает в канал код команды «Внеочередная проверка», тем самым инициализируя процесс проверки канала. Эта команда синхронизирует работу подпрограмм проверки всех постов в этом канале. В процессе проверки канала каждый пост отвечает инициатору, включая свой передатчик в определенные интервалы времени. Отвечают все, но принимает решение о состоянии канала — исправен или неисправен — только пост – инициатор проверки. Длительность проверки составляет от 0,3 до 2,5 с и зависит от типа используемого протокола и других параметров АПК, а также от вида неисправности канала.

Если в результате проверки зафиксирована неисправность, то блок ПРЦ переходит в состояние «Неисправность», при этом останавливает работу программы АПК, включает внешнюю сигнализацию и выводит на табло индикатора соответствующую информацию. Следующая проверка может произойти только по команде оператора (с любого из постов).

При успешной проверке канала на всех постах:

• произойдет начальная установка таймеров периодичности проверок. Периодичность имеет специальный сдвиг по времени, в соответствии с назначенным посту номером. Таким образом, все последующие проверки канала будут производиться автоматически, через равные интервалы времени поочередно каждым постом;

- на табло ЖКИ отобразится состояние таймера периодичности проверок (время, остающееся до очередной проверки — часы, минуты, секунды) и показания часов реального времени (часы, минуты);
- на табло ЖКИ появятся сообщения: защита введена, нормальная периодичность проверок, напряжение манипуляции подано.

2.5. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПРОВЕРОК, «ОЧЕРЕДНАЯ ПРОВЕРКА» КАНАЛА

Таймер периодичности проверок канала — программный, с обратным отсчетом времени (посекундное вычитание).

Начальная установка таймеров проверки происходит одновременно на всех постах канала при успешном завершении внеочередной проверки канала или при смене периодичности проверок по команде оператора (нажатие кнопки «Н/У»).

При обнулении (срабатывании) таймера пост начинает (инициирует) процесс проверки, посылая в канал код команды «Очередная проверка». Если проверка успешна, то пост — инициатор проверки переустановит только свой таймер (установит время, загружаемое при начальной установке в таймер последнего по номеру поста), а остальные продолжат отсчет. Инициатором следующей проверки станет аппарат с наименьшим временем на табло.

В процессе начальной установки каждый пост загружает в таймер проверки значение времени, определенное его номером.

При успешном завершении очередной проверки пост-инициатор загружает в таймер проверки соответствующее значение времени.

В случае обнаружения неисправности в канале пост-инициатор устанавливает в свой таймер время до повторной проверки (период повтора).

Если в положенный момент времени от поста-инициатора не поступили команда «Ввод защиты» или сообщение о неисправности канала, остальные посты переустанавливают таймеры в очередь на встречную проверку.

2.6. ПРОВЕРКА КАНАЛА ДЛЯ ПОСТА-ИНИЦИАТОРА (ВЕДУЩЕГО)

Стадии процесса проверки канала:

- тестирование на наличие помех в линии;
- вызов всех постов на линии при проверке канала по уровню ответных сигналов (нормальный, пониженный, отсутствует) и исправности цепи входа приемника;
- вызов всех постов на линии при проверке ДФЗ с контролем ответов о готовности;
- одновременный пуск всех постов канала манипулированным сигналом — «тест ДФЗ»;
- синхронизация таймеров периодичности (передача кода интервала);
- ввод защиты.

При нормальном прохождении проверки все стадии идут последовательно.

При обнаружении неисправности в первой стадии блок ПРЦ, подождав немного, начинает повторную проверку первой стадии. Если число контрольных проверок исчерпано, то фиксируется неисправность. Выдержка времени для повторной проверки и число повторов задается параметрами автоматического контроля.

При отсутствии ответов в ходе второй или третьей стадии производится попытка повтора этой стадии. Если число попыток исчерпано, то блок ПРЦ начинает повторную проверку с первой стадии. По окончании попыток по первой стадии фиксирует неисправность.

Длительность стадии проверки линии на помеху задается в «Установке параметров АПК» (см. параметр «Интервал помехи»). Если за время теста на помеху по входу «К. Осн.» было отмечено наличие сигнала, суммарная продолжительность которого превысила 1/16 длительности тестирования, то фиксируется неисправность.

На стадии вызова инициатор выдает в канал одну из команд: «Очередная проверка» — 10100 (рис. 2.3) или «Внеочередная проверка» — 10011, после чего удаленные посты отвечают на вызов каждый в свое время в зависимости от номера аппарата.

В течение интервалов времени, отведенных для ответов, инициатор контролирует цепи «К. Осн.» и «К. Грубо». Отсутствие ответа какого-либо поста в цепи «К. Осн.» фиксируется как неис-

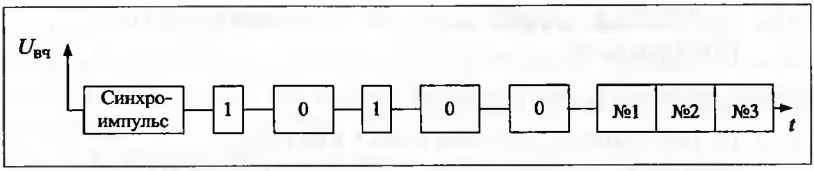


Рис.2.3

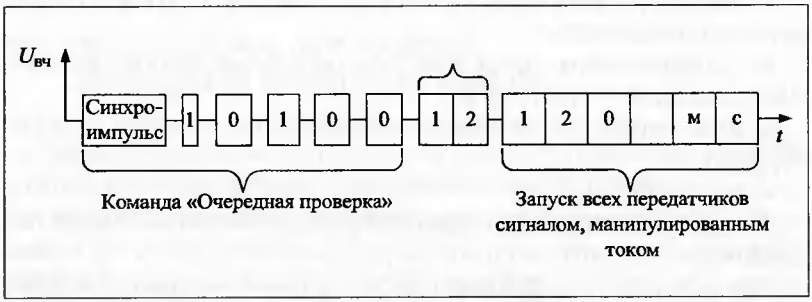


Рис.2.4

правность канала, а в цепи «К. Грубо» — как предупреждение об увеличившемся затухании. Во время интервала, соответствующего номеру инициатора, последний запускает свой передатчик.

Контроль цепи выхода производится по уровню сигнала «К. Вых.» в период наличия последнего сигнала и молчания.

На стадии теста ДФЗ инициатор выдает в канал команду «Проверка ДФЗ», после чего все аппараты отвечают на приглашение к проверке ДФЗ (рис. 2.4). По окончании ответов всех постов происходит их одновременный пуск манипулированным сигналом. Синхронизация пуска происходит по окончанию команды. При одновременном запуске постов сигналом, манипулированным током нагрузки ВЛ (от панели ДФЗ), ВЧ-сигнал должен быть непрерывен, а ток выхода приемника равен нулю. При появлении в ВЧ-сигнале провалов недопустимой длительности блок ПРЦ повторяет команду, выходит на повтор проверки или фиксирует неисправность.

После успешного завершения всех предыдущих стадий в канал выдаются команды синхронизации (только в случае внеочередной проверки) и «Ввод защиты».

В случае фиксации неисправности канала вместо команд синхронизации и «Ввод защиты» пост – инициатор проверки передает команду-сообщение о виде обнаруженной неисправности.

2.7. ПРОВЕРКА КАНАЛА ДЛЯ ОТВЕЧАЮЩЕГО (ВЕДОМОГО) ПОСТА

Блок ПРЦ, приняв внешнюю команду, отвечает инициатору импульсом готовности, для этого он, используя свой передатчик, выполняет определенный набор действий:

- по команде «Внеочередная проверка канала» отвечает инициатору и выполняет начальную установку таймера периодичности проверок;
- по команде «Очередная проверка канала» отвечает инициатору и выполняет синхронизацию таймера периодичности проверок (сброс накопленной ошибки из-за разницы хода часов);
- по команде «Вызов к тесту ДФЗ» отвечает инициатору и (после всех ответов) запускает передатчик манипулированным сигналом на 120 мс;
- по команде «Ввод защиты» ведомый пост:
  - замыкает контакт реле управления вводом (выводом) защиты;
  - выключает звуковую сигнализацию;
  - размыкает контакт реле сигнализации «Неисправность»;
  - размыкает контакт реле сигнализации «Предупреждение»;
  - делает сброс повтора проверки, если находился на стадии ожидания повтора проверки;
  - посылает код команды «Внеочередная проверка» (начинает свою проверку), если до этого он стоял на неисправности.

Если получена команда-сообщение о виде обнаруженной неисправности, то блок ПРЦ переходит в состояние «Неисправность». И если в положенный момент времени от поста-инициатора не поступили или команда «Ввод защиты», или сообщение о неисправности канала, то блок ПРЦ ведомого поста через некоторое время сам начинает встречную проверку, посылая команду «Внеочередная проверка».

2.8. КОМАНДА «ВНЕОЧЕРЕДНАЯ ПРОВЕРКА» КАНАЛА

Эта команда формируется блоком ПРЦ:

- при восстановлении питания поста;

- при включении тумблера «АПК вкл.»;
- при нажатии кнопки «Пров.»;
- при перезапуске процессора;
- при перепроверке канала из состояния «Неисправность»;
- при запуске встречной проверки.

Фиксация неисправности, обнаруженной в ходе внеочередной проверки, происходит сразу, без повторов проверки.

После успешной внеочередной проверки на всех концах канала происходит начальная установка таймера периодичности проверки. Время, установленное на таймере, зависит от команды, определяющей период проверки: «Нормальный», «Ускоренный» или «Беглый». Данная команда подается перед командой «Ввод защиты».

2.9. СОСТОЯНИЕ «НЕИСПРАВНОСТЬ»

Блок ПРЦ переходит в состояние «Неисправность» при фиксации неисправности, обнаруженной в процессе проверки канала. Фиксация неисправности, обнаруженной в ходе внеочередной проверки, происходит сразу, без повторов проверки, а при очередной проверке, только после подтверждения повторными проверками.

При переходе в состояние «Неисправность» блок ПРЦ:

- выдает соответствующее сообщение на индикатор;
- выключает сигнал «Выв. защиты» (размыкает контакт реле «Вывод защиты»);
- включает сигнал «Неисправность АК» (замыкает контакт реле сигнализации «Неиспр.»);
- записывает информацию о неисправности в долговременную память;
- выдает информацию о неисправности в канал, на удаленные посты;
- останавливает таймер и тем самым прекращает автоматическую проверку канала.

Нажатием кнопки «Пров.» на любом из постов оператор может возобновить работу устройств АПК. Если проверка окажется успешной, то блок ПРЦ, который зафиксировал неисправность в ходе предыдущей проверки, произведет повторную проверку (если кнопка была нажата на другом посту).

Индикация на табло блока ПРЦ — инициатора проверки фиксирует неисправность на стадии тестирования канала на помеху.

На табло блока ПРЦ, принявшего команду-рапорт:

- о фиксации помехи;
- неисправности ВЧ-канала, вида «нет сигнала-отклика»;
- неисправности ДФЗ;
- неисправности выходной цепи приемника,

в нижней строке на индикаторе выводится номер того аппарата, который обнаружил помеху или неисправность и послал команду-рапорт.

На табло блока ПРЦ — инициатора проверки, при фиксации неисправности на стадии контроля прохождения ВЧ-сигналов в нижней строке после фразы «Не слышу» выведены номера постов, чей ответ не был принят инициатором проверки. Это возможно, если:

- нет сигнала-отклика от отдельно взятого аппарата;
- нет сигналов-откликов от всех удаленных постов;
- нет сигналов-откликов всех постов канала, в том числе и своего.

На табло блока ПРЦ, проверяющего ВЧ-сигнал на стадии тестирования ДФЗ, при наличии просечек в нижней строке выводится максимальное значение провала тока приемника (в градусах) при пуске всех постов манипулированным сигналом (120 мс).

Состояние «Предупреждение» фиксируется блоком ПРЦ до момента следующей успешной проверки канала:

- при увеличении затухания в канале;
- при отсутствии манипуляции более установленного времени;
- при появлении помехи в периоды между автоматическими проверками канала.

При переходе в это состояние выдается сигнал «Предупреждение» путем замыкания контактов соответствующего сигнального реле. Сигнал формируется в момент фиксации данного состояния и длится 10 с. При этом еще и подается прерывистый звуковой сигнал. На табло индикатора выводится соответствующее сообщение. Рапорт о предупреждении сохраняется в энергонезависимой памяти, в стеке аварий. Работа самого устройства при этой автоматической проверке продолжается как при исправном канале.

Предупреждение «Отсутствие манипуляции» возникает при отсутствии переключений логических уровней «0» и «1» в цепи контроля манипуляции больше времени, заданного параметром «Время без манипул.» (оно задается в пределах от 1 ч до 255 ч). Это

возможно при малых токах нагрузки ВЛ или неисправности органа манипуляции.

При вводе параметра «Время без манипул.», равного нулю, контроль на отсутствие манипуляции не производится. Выводится информация с предупреждением об отсутствии манипуляции больше 48 ч (на табло в нижнем правом углу появляется мигающая надпись «>48»).

Предупреждение «Статистическая помеха» возникает, когда суммарная длительность импульсов, не являющихся командами или пусками РЗ, превысит значение, заданное параметром «Порог по помехе». После каждой успешной проверки канала регистр накопления шумовых импульсов обнуляется. При вводе нулевого параметра в пункте «Порог по помехе», контроль на помеху не производится.

Предупреждения о «Статистической помехе» появляются на табло в нижнем правом углу — мигает надпись «Пом».

Индикация сигнала предупреждения «Увеличение затухания в канале» фиксируется на стадии контроля прохождения ВЧ-сигналов в канале по входной цепи «К. Грубо».

2.10. ТЕСТОВЫЙ РЕЖИМ

В тестовый режим ПРЦ переходит автоматически при входе в любую из тестовых функций после ввода текущего пароля доступа за исключением функции измерителя контрольных точек.

Тестовый режим позволяет оператору провести более глубокую автономную проверку целостности и работоспособности основных узлов поста и ПРЦ. При этом:

- контроль канала не производится;
- реле сигнализации переключаются в зависимости от выполняемых оператором тестовых функций;
- управление передатчиком по цепи «Пуск АПК» осуществляется в зависимости от выполняемых оператором тестовых функций.

В тестовом режиме доступны следующие функции:

- измерения контрольных точек;
- самотестирование;
- проверка манипулирующего генератора;
- проверка фазорегулятора;
- проверка выходных реле.

Внимание! *Выход из тестового режима возможен только через выключение и последующее включение питания поста.*

2.11. РАБОТА ОПЕРАТОРА С КЛАВИАТУРОЙ

В режиме контроля канала нажатием кнопок «Пров.», «Вызов», «Н/У», «Тест», «Стек», «Меню» на табло вызывается соответствующая надпись. Команда выполняется после отпускания кнопки.

«Пров.» — внеочередная проверка канала устройством АПК с фиксацией неисправности без повторной проверки.

«Вызов» — сигнал телефонного вызова (три коротких звуковых импульса) звучит на всех пунктах канала. При двойном нажатии на кнопку «Вызов» происходит вход в подменю «Дистанционные пуски». При выходе из данного подпункта меню производится внеочередная проверка канала и блок переходит в режим «Контроль канала».

«Н/У» — переключение периодичности проверок канала: нормально — 2 ч, ускоренно — 20 мин и бегло — 2 с (двукратное нажатие кнопки «Н/У»). Эти команды меняют режим периодичности проверок на всех аппаратах канала одновременно.

«Тест» — прямой вход в подменю использования тестовых функций. При выходе из данного подпункта меню производится внеочередная проверка канала и блок сразу переходит в основной режим. При двойном нажатии на кнопку «Тест» производится тестовая проверка, после которой аппарат переходит в режим проверки канала с двухсекундной периодичностью.

«Стек» — прямой вход в одноименный пункт меню для просмотра записей в ОЗУ (последняя проверка) и Flash (интервалы тока ПРМ и ПРД, неисправности АПК). При выходе из данного подпункта меню производится внеочередная проверка канала и блок переходит в режим «Контроль канала».

«Меню» — вход в режим настроек и управления сервисными функциями устройства АПК.

2.12. НАЗНАЧЕНИЕ КНОПОК И ИНДИКАЦИЯ СООБЩЕНИЙ ПРИ РАБОТЕ В «МЕНЮ»

В меню назначение всех кнопок соответствуют дополнительным надписям:

«+» — увеличение (изменение) параметра;

«–» — уменьшение (изменение) параметра;

«←» — возвращение к предыдущему пункту меню или предыдущему параметру;

«→» — переход к следующему пункту меню или следующему параметру;

«↑» — выход из меню или из подраздела меню;

«↓» — вход в подраздел меню или переход к исполнению функции/задания, индицируемого на табло.

Тексты надписей на табло при работе оператора в меню могут содержать названия подкаталогов или сервисных функций, а также значения рабочих или изменяемых параметров.

Мерцающие надписи в левом верхнем углу индикатора обозначают заголовок подкаталога верхнего уровня меню или набор знаков «↓>+–», называемый навигатором, который обозначает кнопки, активные в данный момент (символы «<», «>», соответствуют гравировке кнопок «←» и «→»). Эффект мерцания используется также для указания знакомест, где возможно изменение значения отображаемого параметра устройства АПК.

После отпускания кнопки «Меню» происходит переход в верхний уровень каталога меню сервисных функций и настроек с указанием на подкаталог «Тест».

Немерцающая надпись в центре является заголовком подкаталога меню. Нажимая кнопки «→» или «←», можно последовательно просмотреть все заголовки подкаталогов верхнего уровня. Это: «Тест», «Стеки», «Пуск дистанционный», «Установка часов» и т. д. по кругу. Выбрать любой из них можно нажатием на кнопку «↓».

Длительность любого состояния в режиме управления сервисными функциями ограничено таймером (задается в параметрах от 15 с до 3 мин), обеспечивающим автоматический возврат к режиму контроля канала.

2.13. ОТДЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МЕНЮ

Установка часов реального времени. Выбор заголовка «Установка часов» позволит произвести настройку текущего астрономического времени. Кнопками «←» или «→» следует перемещать мерцающие знакоместа по полю индикатора, а кнопками «+» или «–» — изменять соответствующий параметр.

Формат отображения текущего времени и даты — чч.мм.сс дд.мм.гггг.

Реальность вводимого значения по каждому параметру проверяется (с учетом месяца и високосного года). Обнуление секунд производится кнопками «–» или «+». Сохранение назначаемых параметров в микросхеме часов реального времени происходит автоматически в процессе ввода.

Выход из этого режима производится нажатием кнопки «↑».

Тестовые функции. Подкаталог «Тест» содержит следующие заголовки:

- измерения контрольных точек;
- самотестирование;
- манипулирующий генератор;
- фазорегулятор;
- тест выходных реле.

Перебор заголовков производится кнопками «←» или «→», а включение функции на исполнение производится кнопкой «↓».

Вход в тестовые функции осуществляется только после ввода пароля. Исключение составляет только функция измерения контрольных точек.

После получения оператором доступа к тестовым функциям ПРЦ переключается в тестовый режим работы, кроме функции измерения контрольных точек, при этом выход из теста возможен только путем сброса питания.

Измерения в контрольных точках. В данном режиме на индикатор выводятся текущие значения уровней:

«$U_{вч}$» — напряжения ВЧ-сигнала в линии (измеряется в периоды работы своего передатчика);

«$U_{вч(уд)}$» — напряжения ВЧ-сигнала в линии (измеряется в периоды, когда свой передатчик остановлен);

«$I_{вых}$» — ток выхода передатчика;

Перебор контрольных точек производится кнопками «←» и «→», а выход из режима измерений — «↑».

Самотестирование. В процессе исполнения данной функции производится проверка исправности поста и цепей подключения к защите. Включение данной функции производится после ввода пароля доступа. После включения функции на экране кратковременно (на 3 с) появляется текущее время — это проводится проверка работы часов. Далее последовательно в каждой контроли-

руемой цепи проверяется соответствие уровней логических сигналов состоянию передатчика (работает/остановлен). Переход от теста к тесту происходит автоматически.

Если блок ПРЦ неисправностей не обнаружит, то на индикаторе появится соответствующее сообщение.

Манипулирующий генератор. Данная функция позволяет проверить работу передающего и приемного тракта ВЧ-поста манипулированным сигналом при отсутствии сигнала на входе «Ман.». Включение данной функции производится после ввода пароля доступа. Блок ПРЦ формирует сигнал «Пуск АПК» (в виде меандра), которым манипулируется сигнал ВЧ-передатчика.

Частоты сигнала и период в цепи «Пуск АПК» отображаются на табло индикатора и могут выбираться из определенного списка (50 Гц, 100 Гц, 125 Гц, 200 Гц, 250 Гц, 333 Гц, 500 Гц, 1000 Гц) оператором с клавиатуры блока ПРЦ.

Выход из данного режима — по нажатию кнопки «↑» или автоматически — по таймеру (3 мин).

Фазорегулятор (функция для настройки уставки угла блокировки ДФЗ). Данная функция может быть включена только при наличии сигнала манипуляции (служит в качестве опорного сигнала) на входе «Ман. ВЧ-поста».

При запуске функции блок ПРЦ вырабатывает сигнал управления передатчиком «Пуск АПК», равный по частоте и скважности сигналу «К. Ман.», обеспечивая возможность регулировки фазы сигнала «Пуск АПК» с шагом 2° относительно сигнала манипуляции. На индикаторе постоянно отображается угол сдвига фаз. Сигнал управления «Пуск» (от кнопки на блоке БС — сигнал манипуляции) и сигнал «Пуск АПК» (от блока ПРЦ — сигнал фазорегулятора), одновременно управляя передатчиком ВЧ-поста, имитируют работу двух аппаратов в канале при снятии фазной характеристики защиты. Таким образом, существует возможность проверки и настройки органа сравнения фаз (уставок угла блокировки ДФЗ) до начала работ на ВЧ-канале. В органе манипуляции ДФЗ в ходе опыта должен протекать током полной манипуляции.

Выход из режима фазорегулятора обеспечивается кнопкой «↑» или автоматически — по таймеру (3 мин). При попытке запустить данную функцию в отсутствие сигнала манипуляции будет выдано сообщение об этом.

Изменение фазы кнопками «–» и «+» в диапазоне от 0° до 358° по циклу.

Тестирование выходных сигналов. Данная функция предназначена для автономной проверки цепей управления выходными реле сигнализации и самих реле, проверки цепей управления светодиодной индикации и канала формирования звукового сигнала обнаружения неисправности, телефонного вызова.

Стеки. Подкаталог меню «Стеки» предназначен для демонстрации записей в долговременной и оперативной памяти блока ПРЦ.

Подкаталог меню «Стек» (войти — «↓») содержит (переход к следующему — «←» или «→») следующие сектора записей:

- «Записи событий АПК» — рапорты о неисправностях ВЧ-канала, зафиксированных устройством АПК, события включения/выключения тумблера «АПК вкл», произошедшие пуски защиты, рестарты ПРЦ;
- «Зап. парам. последн. пров-ки» — провал в токе приема, зафиксированный в последней проверке при совместном пуске в стадии проверки ДФЗ.

Выбор записи для просмотра осуществляется кнопкой «↓» во время индикации на табло ее заголовка в виде даты и времени регистрации события (осциллограммы или рапорта о неисправности).

Выход из данного подкаталога осуществляется последовательным нажатием на кнопку «↑» или автоматически (по таймеру).

Записи событий АПК. Запись событий производится при фиксации неисправности и предупреждений в ходе проверки канала, а также по приходу команды — рапорта о неисправности от удаленных постов. В энергонезависимой памяти фиксируются: дата/время обнаружения и признак неисправности.

Запись событий производится при смене режима работы ПРЦ, рестарте питания блока, переводе ПРЦ в тестовый режим. В энергонезависимой памяти фиксируются: дата/время обнаружения события и рапорт о типе события.

При выборе данного сектора записей на индикаторе отображается номер, время и дата фиксации последней неисправности, а также ее наименование. Переход к следующей записи производится кнопкой «←» (или «→» — к предыдущей). Просмотр записи возможен после нажатия кнопки «↓», а выход из режима индикации записи осуществляется кнопкой «↑».

Запись последней проверки. Запись данных происходит при одновременном пуске аппаратов канала в ходе последней проверки ДФЗ, запись производится по результатам измерения среднего значения провала в токе приема и отображается в градусах.

Если функция проверки ДФЗ отключена, то в данном разделе будет отражаться нулевое значение.

Дистанционные пуски. Данный подкаталог меню предназначен для дистанционного пуска постоянным или манипулированным сигналом любого из постов канала или всех постов одновременно.

Войти в подкаталог «Дистанционные пуски» можно через меню (используя курсор-кнопки) или двойным нажатием кнопки «Вызов» (прямой доступ).

Обеспечиваются следующие варианты дистанционных пусков (просмотр списка осуществляется кнопками «←» и «→»):

- Пуск аппарата № 1 неманип. сигн.;
- Пуск аппарата № 2 неманип. сигн.;
- Пуск аппарата № 3 неманип. сигн.;
- Пуск аппарата № 1 манипул. сигн.;
- Пуск аппарата № 2 манипул. сигн.;
- Пуск аппарата № 3 манипул. сигн.;
- Пуск всех манипул. сигн.

Если нажать кнопку «↓» при индикации соответствующего заголовка, в канал выдается команда (см. перечень) автоконтроля. Пуск производится на 15 с. Возможно досрочное прекращение пуска при нажатии кнопки «↑» на запущенном приемопередатчике.

На индикатор блока ПРЦ запущенного поста выводятся показания вольтметра.

Если манипуляция отсутствует, то команды пуска манипулированным сигналом исполняются сплошным ВЧ-сигналом.

Установка параметров АПК. При выпуске поста из производства все параметры устройства АПК установлены «по умолчанию» и, в общем случае, настройки не требуют.

Этот подкаталог меню предназначен для проверки и настройки (в случае необходимости) параметров автоконтроля.

Настраиваются следующие параметры:

- допустимое время перезапуска (с);
- количество аппаратов в линии;
- номер аппарата в линии;

- протокол обмена;
- время без манипуляции (ч);
- допустимые провалы (град.);
- порог по помехе (с);
- интервал помехи (мс);
- контроль $I_{вых}$;
- тип автоконтроля;
- адрес локальной сети.

Выбор изменяемого параметра производится кнопками «←» или «→» (движение по кругу).

Изменение любого параметра, в том числе текстового («Протокол», «Тип автокон.»), производится кнопками «–» или «+».

«Допустимое время перезапуска» — параметр, определяющий логику работы алгоритма сигнализации о рестарте ПРЦ или кратковременной потере питания на интервал времени меньше определенного данным параметром.

«Количество аппаратов в линии» (число постов в ВЧ-канале) может быть назначено от 2 до 3.

«Номер аппарата в линии» — порядковый номер поста для начальной установки таймера периодичности проверок. В ВЧ-канале не должно быть постов с одинаковыми номерами (неизбежны конфликты проверок). Номер поста не может быть больше количества аппаратов в линии.

«Протокол обмена» — этот параметр позволяет включить в работу устройство АПК в одном канале с постами предшествующих версий, а также видоизменить протокол обмена с учетом местных условий.

Возможны следующие варианты:

- «ПВЗ-90» — протокол для работы в канале с ПВЗ-90М;
- «заводской до 250» — протокол для работы в канале с ПВЗУ (номера 1 ÷ 250) с платой ПРЦ на процессоре 1801;
- «заводской от 250» — протокол для работы в канале с ПВЗУ (номера от 250) с платой ПРЦ на процессоре 1801;
- «стандарт. – быстр.» — стандартный протокол для связи с ПВЗУ-М и ПВЗУ-Е;
- «стандарт. – медл.» — стандартный протокол для связи с ПВЗУ-М и ПВЗУ-Е, удлиненные импульсы данного протокола позволяют стабильно работать в плохой помеховой обстановке.

При необходимости изменить признак четности следует нажать кнопку «+».

Для сохранения параметров нажать и одновременно отпустить кнопки «←», «→». Если на табло кратковременно высветилось сообщение «Сохранение», то запись произошла, если такого сообщения не последовало, то следует повторить команду записи, стремясь к одновременности отпускания кнопок.

Параметры протокола в этой части должны быть идентичными на всех постах ВЧ-канала.

«Время без манипул. (ч)» — если манипуляция будет отсутствовать больше времени, заданного этим параметром, то будет сформирован сигнал предупреждения. На индикаторе, в правом нижнем углу, появится значение параметра.

Параметр задается дискретно (с шагом 1 ч). Рекомендуемое значение — 48 ч.

При установке этого параметра на ноль контроль отсутствия манипуляции не производится.

«Допуст. провалы (град.)» — этот параметр задает порог по уровню тока выхода приемника, порождаемого просечками ВЧ-сигнала, при одновременном пуске передатчиков манипулированным сигналом в ходе проверки ДФЗ.

Порог задается дискретно в градусах (с шагом 2). Рекомендуемое значение — 20.

При установке параметра равным нулю контроль величины просечек не производится.

«Порог по помехе (с)» — по выходу основного приемника ПРЦ производит накопление длительностей помеховых импульсов, не являющихся собственными или чужими командами или пусками от РЗ.

После каждой успешной проверки канала регистр накопления шумовых импульсов обнуляется. Если порог по шумам окажется превышенным, то сработает сигнал предупреждения.

Значение порога по помехе вводится в секундах (шаг установки — 1 с), диапазон параметра — 0 ÷ 255. При нулевом значении порога контроль статистической помехи не производится.

«Интервал помехи (мс)» — параметр, регламентирующий длительность тестирования канала на помеху в процессе проверки канала. Значение вводится в миллисекундах, диапазон 0 ÷ 200, изменение с шагом 20 мс.

«Контроль $I_{вых}$» — в данной версии программы параметр не задействован, необходимо выставить значение «прямой сигнал».

«Тип автоконтроля» — возможны следующие значения данного параметра:

- «Тревожный» — повторные проверки не производятся, повторов команд в процессе проверки нет;
- «Нормальный» — производятся две повторные проверки, один повтор команды в процессе проверки;
- «Спокойный» — производятся три повторные проверки, три повтора команды в процессе проверки;

Заводская установка параметра — «Нормальный».

«Адрес локальной сети» — параметр, необходимый для идентификации блока ПРЦ, как опрашиваемого контролируемого пункта через локальную сеть энергообъекта по определенному адресу. Изменение отредактированных параметров АПК осуществляется при выходе из пункта установки параметров АПК. При этом на ЖКИ высвечивается диалоговое окно.

Нажатие на кнопку «+» приводит к высвечиванию окна приглашения ввести текущий пароль доступа. Если пароль введен верно, то инициируется процесс записи массива отредактированных параметров в энергонезависимую память и их немедленного применения, иначе сохранения не производится. Далее происходит выход из режима в меню.

Нажатием на кнопку «↑» оператор может отказаться от сохранения измененного массива параметров АПК в энергонезависимой памяти и выйти из режима в меню.

Калибровка АЦП. Выбрать пункт меню «Коэф. АЦП» и войти в него. Ввести пароль доступа.

Далее необходимо выполнить девять шагов (с указаниями) для осуществления калибровки АЦП. Переход к следующему шагу осуществляется при помощи нажатия на кнопку «↓».

1-й шаг: переключить переключатель «Лин/75 Ом» на лицевой панели блока ЛФ в положение 75 Ом.

2-й шаг: включить режим АМ модуляции — перевести сигнал $U/2$, включающий режим пониженной мощности в активное состояние (снизить уровень сигнала в 2 раза).

3-й шаг: измерить с помощью вольтметра уровень выходного сигнала и ввести его в указанное поле с точностью до десятков милливольт (переключение между дробной и целой частями возмож-

но вести с помощью кнопок «←» и «→», значения редактируются при помощи кнопок «+» и «–»).

4-й шаг: выключить режим АМ модуляции, т. е. снять сигнал *U*/2, включающий режим.

5-й шаг: измерить уровень выходного сигнала и ввести его в указанное поле.

6-й шаг: подать входной сигнал на вход ЛФ с уровнем 0,15 В.

7-й шаг: измерить уровень входного сигнала и ввести его в указанное поле.

8-й шаг: подать входной сигнал на вход ЛФ с уровнем 1,10 В.

9-й шаг: Измерить уровень входного сигнала и ввести его в указанное поле.

Ввод пароля доступа. С помощью кнопок «←», «→» возможно выбрать редактируемый разряд вводимой кодовой комбинации. Изменение разряда осуществляется кнопками «+», «–».

После ввода кода пароля необходимо нажать кнопку «↓». Если пароль введен верно, то произойдет сохранение отредактированных параметров АПК либо вход в выбранную тестовую функцию; иначе отредактированные параметры АПК не будут сохранены, вход в выбранную тестовую функцию не последует. Код текущего пароля хранится в энергонезависимой памяти.

Возможно также пользоваться единым кодом пароля доступа: 3582.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

Наладка и техническое обслуживание ПВЗУ-Е

3.1. ПРОВЕРКА АППАРАТУРЫ ПВЗУ-Е

Перед установкой необходимо пост ПВЗУ-Е освободить от упаковки, убедиться в отсутствии повреждений корпуса, снять заднюю крышку и проверить состояние клеммных колодок. Проверить наличие технической документации (паспорт, техническое описание, принципиальные и монтажные схемы), ремонтной платы, согласующего трансформатора и ЗИП.

Измерить сопротивление изоляции следующих цепей: *X2* (*1*, *2*, *3*, *4*) *X10* (*1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*) по отношению к корпусу мегомметром 1000 В. Сопротивление изоляции должно быть не менее 10 МОм.

Заземлить ПВЗУ-Е через специальный болт заземления.

Переключателем «Лин/75 Ом», расположенным на лицевой панели ЛФ, выход передатчика нагрузить на 75 Ом.

В зависимости от типа защиты, на клеммы *X4.1 — X4.2* установить резистор 600 или 3200 Ом. Установить перемычку между клеммами *X5.1 — X7.1*.

В зависимости от напряжения питания ПВЗУ-Е и типа защиты должны быть установлены перемычки согласно табл. 3.1 и 3.2.

Для питания приемопередатчика от батареи 110 В используют блок ПН УСК.102.030.00-04, при этом перемычки устанавливают в соответствии с табл. 3.1, а также блок БП-КС КСК.435111.050, в котором перерезают печатный проводник между выводами трансформатора *2* и *5*, а затем соединяют перемычкой вывод *2* трансформатора *T1* с точкой *A*.

Включенные переключатели и устанавливаемые перемычки в блоке БС в зависимости от типа защиты приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.1

Напряжение питания, В	220	110
Перемычки ПН	*П7 – П8*	*П7 – П6, П5 – П8, П3 – П4*

Таблица 3.2

Тип защиты	Включенные переключатели	Устанавливаемые перемычки
ДФЗ	*JP1, JP2, (JP3), JP4, JP6*	*1 – 2, 3 – 4, 5 – 6, 7 – 8, 16 – 17*
НЗ	*JP3, JP6*	*1 – 2, 3 – 4, 5 – 6, 7 – 8, 16 – 17*
ППЗ	*JP3, JP5*	*1 – 4, 2 – 3, 5 – 8, 6 – 7, 16 – 17*
ШЭ2607 (ЭКРА)	*JP3, JP5*	*1 – 4, 2 – 3, 5 – 6, 7 – 8, 15 – 16*

Проверить рабочее состояние ПВЗУ-Е. Отключить тумблер АПК. Включить выключатель на лицевой панели блока питания. В выключателе загорается светодиод. Проверить показания измерительного прибора: для ДФЗ — 20 мА, для направленной защиты — 0 мА, для ППЗ — 0 В.

Проверить в гнездах БП выходные напряжения стабилизаторов (5 В; +12 В; –12 В; +24 В). Измерить частоту передатчика в гнездах блока СЧ на лицевой панели. Нажать кнопку «Пуск» в блоке БС. Измерительный прибор покажет 0 для ДФЗ, 20 мА для направленной защиты и 15 В для ППЗ. При этом загорятся светодиоды «УМ», «Осн.», «Груб.». Отжать кнопку «Пуск». Включить тумблер «АПК».

3.2. НАСТРОЙКА ЛИНЕЙНОГО ФИЛЬТРА

Для проверки характеристик линейного фильтра сначала следует собрать схему, а при необходимости выполнить ее настройку на другие частоты. В диапазоне 36 – 600 кГц фильтр имеет пять поддиапазонов.

Схема проверки линейного фильтра показана на рис. 3.1.

Затухание линейного фильтра на частоте передачи должно быть меньше 2 дБ. Затухание определяется по формуле, дБ:

$$a = 20\lg \frac{U_1}{2U_2}.$$

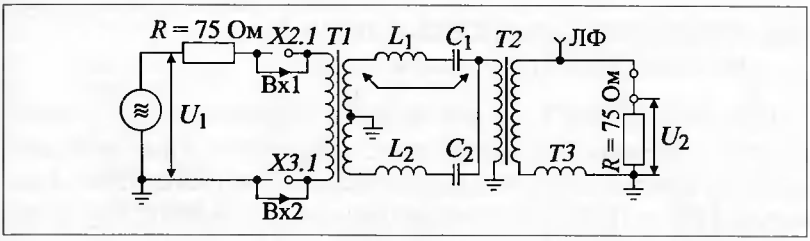


Рис. 3.1

При неудовлетворительных результатах измерения производят настройку контуров на частоты, указанные в табл. 3.6. Настройка производится по минимальному напряжению на выходе фильтра, один из контуров которого закорочен.

Линейный фильтр имеет пять (иногда шесть) поддиапазонов, поэтому при настройке на другой диапазон необходима замена индуктивностей и трансформаторов. Определяют полосу пропускания фильтра на уровне 3 дБ от рабочего затухания. Полоса пропускания должна быть не менее 3 кГц, но не более 4 % частоты настройки фильтра. Подстройка фильтра производится следующим образом: контура L_1, C_1; L_2, C_2 по очереди исключаются из работы путем установки перемычки. Второй контур подстраивается подбором конденсаторов типа КУ-15 на граничную частоту передатчика. Аналогично проверяется другой контур. Чем уже полоса пропускания фильтра, тем больше затухание, и наоборот. После подстройки контуров снова снимаются характеристики затухания и полосы пропускания. Затем линейный фильтр устанавливают в корпус ПВЗУ-Е.

Устанавливают необходимую мощность передатчика ПВЗУ-Е. Максимальная мощность передатчика +45 дБ требуется только на длинных линиях с большим затуханием канала. В остальных случаях желательно, чтобы мощность передатчика оставалась номинальной, особенно на каналах, работающих с полупроводниковыми защитами. Пониженная мощность необходима на коротких ВЛ для устранения биений частот своего и дальнего сигналов. Понижение мощности производится путем снижения питающего напряжения от блока ПН с 24 до 8 В. Плавная регулировка снижения напряжения производится на лицевой панели блока ПН.

Далее производят калибровку усилителя мощности и напряжения входа.

3.3. ГЕНЕРАТОРНАЯ СИСТЕМА ПВЗУ-Е НА ПЛАТАХ Ген.1 И Ген.2

Для перестройки несущей частоты передатчика $f_{нес}$ и перестройки приемника на другую частоту $f_{гет1}$ необходимо измерить частоту первого гетеродина $f_{гет1}$, которая может находиться в диапазоне 1258 – 1822 кГц, в гнездах блока «Ген.1» и измерить частоту второго гетеродина $f_{гет2}$ — 1205 кГц.

Для изменения частоты первого гетеродина (перестройка приемника на другую частоту) и частоты канала (несущей) необходимо произвести расчет и установку перемычек, выбор диапазона в ГУН и установку перемычки коэффициента деления счетчиков.

Расчет необходимых перемычек, определяющих частоту первого гетеродина и несущую частоту, можно выполнить по следующей методике:

- определить значение частоты первого гетеродина по формуле, кГц:

$$f_{гет1} = f_0 + 1222,$$

где f_0 — несущая частота;

- для частоты $f_{гет1}$ наличие перемычек можно определить по табл. 3.3. Здесь и далее знак + обозначает положение переключателя в состоянии «ON»;
- определить константу, которую необходимо записать в делитель для получения нужного коэффициента деления, по формуле:

$$C = 2f_{гет1} - 1,$$

где $f_{гет1}$ — значение частоты первого гетеродина приемника, кГц;

- выбрать из табл. 3.4 те слагаемые, которые в сумме дают значение константы *C*. Определить переключатели, которые не соответствуют слагаемым значения константы *C*.

Пример расчета установки переключателя в положение «ON» при частоте приема $f_0 = 61{,}5$ кГц:

а) определяем частоту первого гетеродина приемника:

$$f_{гет1} = f_0 + 1222 = 61{,}5 + 1222 = 1283{,}5 \text{ кГц};$$

б) по табл. 3.3 находим, что следует установить перемычку *JP23*;

Таблица 3.3

Частота первого гетеродина, кГц	Переключатели			
	20	21	22	23
1742 – 1825				
1642 – 1742				+
1555 – 1642			+	
1500 – 1555			+	+
1400 – 1450		+		+
1350 – 1400		+	+	
1300 – 350		+	+	+
1280 – 1300	+			
1235 – 280	+			+

Таблица 3.4

Значение слагаемого	Переключатель *JP*	Значение слагаемого	Переключатель *JP*
1	*6*	80	*13*
2	*7*	100	*14*
4	*8*	200	*15*
8	*9*	400	*16*
10	*10*	800	*17*
20	*11*	1000	*18*
40	*12*	2000	Постоянная

в) определяем константу C:

$$C = 2f_{\text{гет1}} - 1 = 2 \cdot 1283{,}5 - 1 = 2566;$$

г) раскладываем значение константы на слагаемые, указанные в табл. 3.4:

$$C = 2566 = 2000 + 400 + 100 + 40 + 20 + 4 + 2;$$

д) по табл. 3.4 находим, что следует установить перемычки: *JP6, JP9, JP10, JP13, JP15, JP17, JP18.*

Таблица 3.5

Несущая частота, кГц	Коэффициент деления n_2	Переключатели				
		37	38	39	40	41
416 – 600	2	+				
208 – 416	4		+			
104 – 208	8			+		
52 – 104	16				+	
36 – 2	32					+

Расчет перемычек, определяющих частоту несущей, можно выполнить по следующей методике:

- по табл. 3.5 определить коэффициент деления n_2 оконечного делителя канала несущей частоты и установку положения переключателя «ON»;
- определить коэффициент n_1 делителя по формуле:

$$n_1 = n_2 \cdot f_0/2,$$

где n_2 — коэффициент, определенный по табл. 3.5; f_0 –несущая частота, кГц;

- по найденному значению n_1 по табл. 3.6 определить необходимые перемычки, которые следует установить при выборе поддиапазонов несущей частоты;
- определить константу, которую необходимо записать в делитель для получения коэффициента деления n_1 по формуле:

$$C_1 = n_1 - 1;$$

- из табл. 3.7 выбрать те слагаемые, которые в сумме дают значение константы C_1. Определить перемычки, которые не соответствуют слагаемым значения константы C_1.

Пример расчета установки перемычек при частоте передачи $f_0 = 61{,}5$ кГц:

а) по табл. 3.5 определяем n_2 и перемычки для частоты 61,5 кГц:

$$n_2 = 16;$$

Таблица 3.6

Диапазон частоты	Перемычки				
	1	*2*	*3*	*4*	*5*
784 – 832					
750 – 784	+				
715 – 750		+			
695 – 715	+	+			
670 – 695			+		
650 – 670	+		+		
624 – 650		+	+		
615 – 624	+	+	+		
590 – 615				+	
580 – 590	+			+	
566 – 580		+		+	
556 – 566	+	+		+	
544 – 556			+	+	
532 – 544	+		+	+	
520 – 532		+	+	+	
516 – 520	+	+	+	+	
509 – 516					+
500 – 509	+				+
490 – 500		+			+
484 – 490	+	+			+
476 – 484			+		+
468 – 476	+		+		+
460 – 468		+	+		+
454 – 460	+	+	+		+
448 – 454				+	+
442 – 448	+			+	+
435 – 442		+		+	+
431 – 435	+	+		+	+
426 – 431			+	+	+
420 – 426	+		+	+	+
415 – 420		+	+	+	+

Таблица 3.7

Значение слагаемых	Переключатели *JP*	Значение слагаемых	Переключатели *JP*
1	*24*	80	*31*
2	*25*	100	*32*
4	*26*	200	*33*
8	*27*	400	*34*
10	*28*	800	*35*
20	*29*	1000	
40	*30*		

б) по табл. 3.6 определяем коэффициент n_1:

$$n_1 = n_2 \cdot f_0/2 = 16 \cdot 61{,}5/2 = 492;$$

в) устанавливаем перемычки *JP2, JP5*;

г) рассчитываем константу C_1:

$$C_1 = n_1 - 1 = 492 - 1 = 491;$$

д) разложим значение C_1 на слагаемые, указанные в табл. 3.7:

$$C_1 = 491 = 400 + 80 + 10 + 1;$$

е) устанавливаем перемычки *JP25, JP26, JP27, JP29, JP30, JP32, JP33, JP35*;

ж) определяем коэффициент деления $n_2 = 16$;

з) устанавливаем положение переключателя *JP40* «ON».

В дополнение можно сказать, что настроить несущую частоту возможно несколькими вариантами (чем ниже частота, тем больше вариантов). В качестве примера в табл. 3.8 показано четыре варианта настройки (I, II, III, IV) частоты $f_{нес} = 87$ кГц.

После произведенных переключений желательно тестером проверить, что включенный переключатель (*JP*) действительно замкнул цепь.

Далее измеряем тестером напряжение в контрольной точке *U*. Если напряжение более 8 В, то следует уменьшать подключенную емкость в контуре ГУН, а если оно меньше 2 В, то ее необходимо уве-

личить с помощью *JP1* (≈15 пФ); *JP2* (≈27 пФ); *JP3* (≈50 пФ); *JP4* (≈95 пФ); *JP5* (≈160 пФ).

Если напряжение в контрольной точке находится в пределах от 2 до 8 В, то следует проверить полосу захвата петли ФАПЧ, для чего необходимо провернуть вокруг оси регулятор подстроечного конденсатора C_{26}. Напряжение должно плавно изменяться от 2 до 8 В. После этого установить напряжение в этом месте равным 4 – 4,5 В.

Если при вращении регулятора C_{26} не удается достигнуть одного из пределов (2 или 8 В), то следует продолжить ступенчатую регулировку конденсатора C^* при помощи *JP1 – JP5*.

В этом месте хотелось отметить, что наиболее частой причиной сбоев работы устройства АПК является качание несущей частоты или частоты гетеродинов при разрыве петли обратной связи ФАПЧ. Признаком устойчивой генерации является практическое отсутствие изменения частоты в контрольных гнездах (не более ±1 Гц по показаниям частотомера) при регулировании несущей частоты. Признаком наличия качания частоты являются скачки частоты на 10 Гц и более, а в контрольной точке *U* возникает переменная составляющая.

Таблица 3.8

№ варианта	Варианты коэффициентов оконечного делителя N (*JP* замкнут)	Расчет коэффициентов предварительного делителя $m = f_{нес}n - 1$	Установка коэффициентов m предварительного делителя с помощью (*JP24 – 35*)													
			сотни				десятки				единицы					
			JP35	*JP34*	*JP 33*	*JP32*	*JP31*	*JP30*	*JP29*	*JP28*	*JP27*	*JP26*	*JP25*	*JP24*
			8	4	2	1	8	4	2	1	8	4	2	1
I	1 (*JP37*)	87·1 – 1 = 086					+					+	+	
II	2 (*JP38*)	87·2 – 1 = 173				+		+	+	+			+	+
III	4 (*JP39*)	87·4 – 1 = 347			+	+		+				+	+	+
IV	8 (*JP40*)	87·8 – 1 = 695		+	+		+			+		+		+

3.4. ПЕРЕСТРОЙКА ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА НА ОПРЕДЕЛЕННУЮ ЧАСТОТУ

Для настройки приемника на нужную частоту необходимо набрать двоичный код частоты на наборном поле *SW1* (переключатели с *1* по *11*). Логическая 1 соответствует положению «ON». Шаг настройки приемника — 500 Гц.

Пример. В табл. 3.9 приведено положение переключателей для настройки приемника на частоту 175,5 кГц.

$$f_{\text{прм}} = 175{,}5 \text{ кГц} = (128 + 32 + 8 + 4 + 2 + 1 + 0{,}5) \text{ кГц}.$$

Для настройки компаратора «Грубо» используются переключатели *SW3*. В табл. 3.10 приведены положения переключателей для различных отношений порогов срабатывания компараторов «Грубо» и «Основной».

3.5. НАСТРОЙКА ПРИЕМНИКА БЛОКА ЦФС

Кроме частоты настройки работа приемника характеризуется чувствительностью, избирательностью и запасом по затуханию.

Чувствительность приемника — это напряжение ВЧ-сигнала на входе приемника, при котором происходит изменение состояния выходной части приемника (изменение тока приема НЗ, ДФЗ) и изменение логических уровней 0 или 1 для полупроводниковых защит.

Таблица 3.9

№ переключателя *SW1*	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Положение	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	ON
Вес, кГц	–	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	0,5

Таблица 3.10

Переключатель *SW3*	Уровень изменения порога, дБ			
	6	10	12	15
1	OFF	OFF	ON	ON
2	OFF	ON	OFF	ON

Чувствительность приемника выбирается из двух условий:

- уровень чувствительности «основного» приемника должен быть выше уровня селективной помехи ВЧ-канала на 6 – 9 дБ;
- уровень чувствительности «грубого» приемника должен быть ниже приходящего сигнала на 8 – 15 дБ (запас по перекрываемому затуханию).

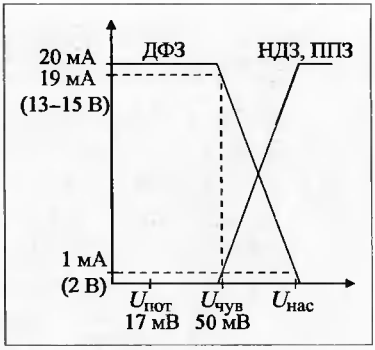


Рис. 3.2

Избирательность приемника характеризует невосприимчивость приемника к радиосигналам на соседних радиочастотах. Чем выше численное значение, тем лучше помехозащищенность, следовательно, выше дальность связи при наличии электромагнитных помех. Избирательность приемника ПВЗУЕ для разных способов применения показана на рис. 3.2.

Запас по перекрываемому затуханию — есть отношение принимаемого ВЧ-сигнала к напряжению чувствительности. Запас определяется как:

$$A_{зап} = 8 \text{ дБ} + a_{гол},$$

где $a_{гол}$ — дополнительное затухание, обусловленное обледенением линии, обычно принимаемое равным 5 дБ.

Для определения чувствительности и избирательности приемника необходимо собрать схему испытаний в соответствии с рис. 3.3.

Испытания проводятся в следующем порядке. Вначале измеряют входное сопротивление ПВЗУ-Е на частоте приема и частотах параллельно работающей аппаратуры:

$$Z_{вх} = \frac{U_2}{U_1 - U_2} \cdot 75.$$

При этом входное сопротивление на частоте приема должно быть равно 75 ± 25 Ом. Оно регулируется резисторами *R14, R15.*

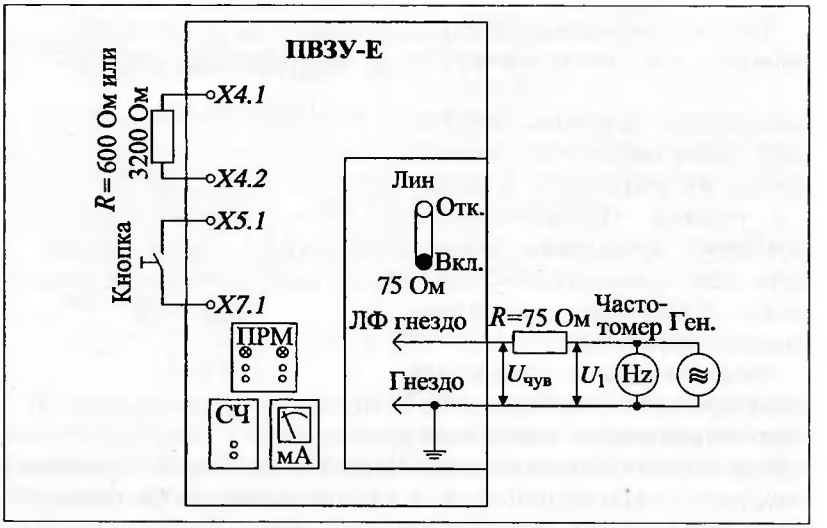


Рис. 3.3

Далее устанавливают необходимую чувствительность приемника: для супергетеродинного приемника при помощи переключателей *S1*, *S2* и резистора *R29*; для цифрового приемника — переключателями *SW5*, *SW6* и резистором *R29*; для цифрового приемника ЦФС — переключателями *SW1*, *SW2* и резистором *R29*.

Затем устанавливают чувствительность «грубого» приемника на 4 – 8 дБ выше чувствительности «основного» приемника. Установку выполняют регулировкой резистора по загоранию светодиода.

3.6. НАСТРОЙКА ПРИЕМНИКА ЦФС

Перед настройкой приемника проводим проверку индикации на лицевой панели:

- светодиод «Осн.» погашен;
- светодиод «Груб.» погашен;
- фон индикатора светится ровным зеленым цветом;
- надпись на индикаторе «Провалы:»;
- нижняя строка «360 эл°»;
- при нажатии на кнопку «Пуск» и «+» должны гореть светодиоды «Осн.» и «Груб.»;

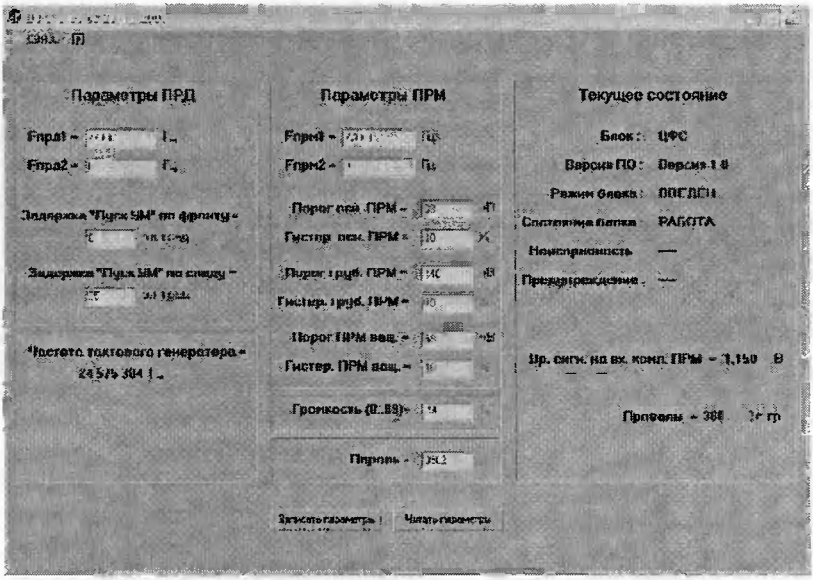


Рис. 3.4

- при нажатии на кнопку «>» и «–» надпись на индикаторе изменится, сначала на «$U_{\text{прм}}$» «0.000 В», при следующем нажатии — на «$U_{\text{прм}}$» «–36,6 дБ», при следующем нажатии вернется в исходное состояние «Провалы:» «360 эл°»;
- при нажатии на кнопку «↓» заходим в меню блока ЦФС, причем при удержании ее нажатой надпись на индикаторе изменится на «Меню»;
- при двойном нажатии на кнопку «↑» заходим в режим голосовой связи, на индикаторе «громк. 25 %» появится надпись «Слушай», при удержании кнопок «Пуск» и «+» должны гореть светодиоды «Осн.», «Груб.», на индикаторе будет надпись «Говори». Для выхода из этого режима и переходе в исходное состояние следует однократно нажать на кнопку «↑».

Далее необходимо при помощи интерфейса RS-232 связать блок ЦФС с ПЭВМ и запустить программу prmlink.exe. Наличие зеленого индикатора в окне программы около надписи «Связь» (рис. 3.4) обозначает, что связь с блоком ЦФС установлена. Если индикатор красного цвета, то проверьте соединение кабеля

интерфейса RS-232 и настройку драйвера последовательного канала.

При работающей связи в окне программы будет отображаться текущее состояние блока ЦФС, а при нажатии на кнопку «Читать параметры», они считаются из внутренней памяти блока и отобразятся в соответствующих полях.

Теперь можно настроить эти параметры. Наиболее удобный способ — это применение внешнего компьютера с программы. Для изменения параметра необходимо ввести в соответствующие окна нужные значения и нажать кнопку «Записать параметры».

В качестве резервного варианта имеется возможность провести настройку при помощи клавиатуры на передней панели блока ЦФС. Для этого вызываем «Меню», нажимая кнопку «↓», далее, нажимая кнопку «>», переходим в пункт меню «Изм.» «Параметры» и вводим пароль. Значение параметра изменяется кнопками «+» и «—». Для подтверждения значения параметра используется кнопка «↓», при этом выполняется переход к отображению следующего параметра. И так далее, по кругу.

3.7. ПРОВЕРКА ПРИЕМНИКА ЦФС

Порядок проверки предварительного тракта приема и тракта цифровой обработки:

а) настроить приемник на частоту приема;

б) вывести оба звена ступенчатого аттенюатора;

в) от генератора на вход приемника подать сигнал частотой настройки приемника до загорания светодиодов на лицевой панели;

г) изменяя положение регулятора плавного аттенюатора, убедиться в изменении уровня сигнала на выходе АЦП;

д) ввести по очереди звенья ступенчатого аттенюатора. Убедиться в работе загрубления чувствительности на 15 дБ (введено 1 звено) и на 30 дБ (введено 2 звена);

е) увеличить уровень сигнала на 3дБ относительно уровня чувствительности и измерить полосу пропускания ПРМ. Полоса пропускания должна быть примерно 1,5 кГц. Края полосы пропускания фиксируются по зажиганию светодиода «Осн.» на лицевой панели блока ПРМ.

Порядок проверки формирования несущей частоты:

а) настроить блок на несущую частоту;

Таблица 3.11.

Напряжение входа	Кратность входного сигнала относительно $U_{чув}$							
	0,5	1	2	3	5	7	9	10
$U_{вх}$								
Вх 1, Вх 2 ЛФ								
XS2 ПРМ								
Показания прибора, В								
Показания прибора, дБ								

б) нажать и удерживать на лицевой панели блока ЦФС кнопку «Пуск»;

в) с помощью частотомера проконтролировать формирование несущей частоты в контрольной точке «$F_{нес}$»;

г) снять амплитудную характеристику тракта приема. Для этого на вход приемника подается сигнал частотой, равной частоте приема, а напряжение изменяется через 100 мВ от $0{,}5U_{чув}$ до $10U_{чув}$. Напряжение по тракту приема снимается в зависимости от типа приемника и заносятся в табл. 3.11.

Нахождение полосы пропускания. Определить полосу пропускания приемника (рис. 3.5) можно следующим образом. Подать на вход приемника сигнал частотой приема на уровне чувствительности приемника. Затем увеличить входной сигнал в 1,4 раза и, поддерживая постоянным напряжение входа, изменяя частоту вправо и влево от частоты настройки приемника, определить две точки, при которых ток приема находится в диапазоне 4 – 8 мА. Чувствительность можно определить и по загоранию светодиода «Осн.». На рис. 3.5 f_1 и f_2 — границы полосы приема.

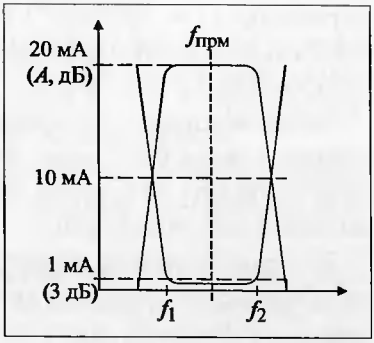


Рис. 3.5

Определение избирательности приемника. Избирательность приемника определяется при подаче максимально возможного напряжения от генератора (от 1 до 20 В) на вход приемника. При изменении частоты находятся

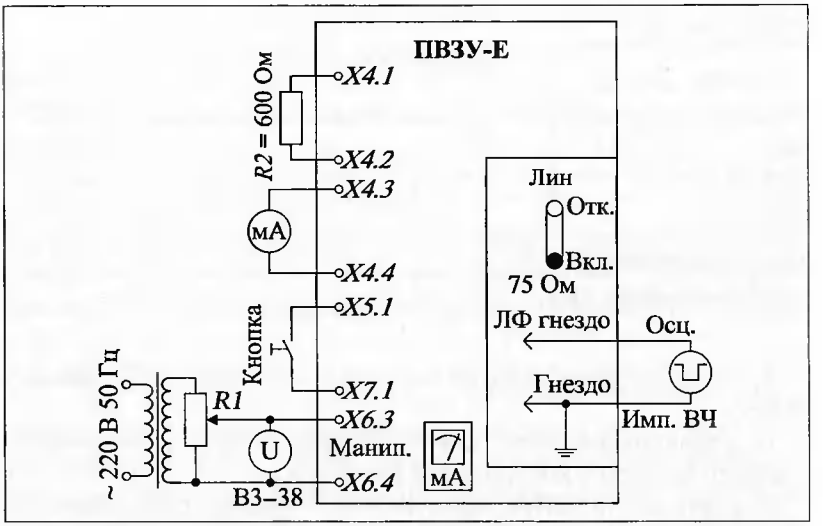


Рис. 3.6

две точки, при которых ток приема находится в диапазоне 4 – 8 мА (или 8 – 15 В для ППЗ).

Обязательно следует снять частотную характеристику в полосе ±4 кГц от частоты приема.

Снятие манипуляционной характеристики. Для этого в соответствии с рис. 3.6 собирается схема проверки. Через разделительный трансформатор на вход *X6.3* и *X6.4* подается напряжение 50 Гц, регулируемое от 0 до 100 В. Между клеммами *X4.3* и *X4.4* снимается перемычка «Ток приема» и подключается амперметр класса 0,5 магнитоэлектрической системы. К клеммам «75 Ом» и «Земля» подключается осциллограф.

Затем нажимают на наладочную кнопку (*X5.1* – *X7.1*). Ток приема должен быть равен «0». На экране осциллографа должен присутствовать ВЧ-сигнал на выходе передатчика, который не должен иметь модуляций.

На трансформатор подается напряжение 220 В. Изменяя напряжение на входе манипулятора от 1 до 100 В, измеряют показания тока приема. На осциллографе должен быть манипулированный сигнал.

Таблица 3.12

$U_{ман}$, В	1	3	5	7	9	12	25	100
$I_{прм}$, мА	0	—	—	8,2 – 8,4	—	—	—	9 – 9,2
φ, град.	360	—	—	150	—	—	—	165

В табл. 3.12 заносят показания приборов и рассчитанный угол импульсов тока приема. Угол импульсов рассчитывается по формуле:

$$\varphi = (I_{прм}/I_{пок})\cdot 360°,$$

где $I_{прм}$ — ток приемника при наличии манипуляции; $I_{пок}$ — ток приемника в отсутствии манипуляции.

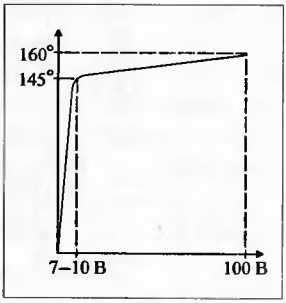


Рис. 3.7

В табл. 3.12 заносят показания приборов и результаты расчетов.

Напряжение полной манипуляции — есть напряжение, при котором ширина импульсов приемника на 15° меньше своего максимального значения и должно находиться в пределах 7 – 10 В. График показан на рис. 3.7.

Ширина импульсов тока приема должна быть 160 – 165° при напряжении манипуляции 100 В. Регулировку чувствительности манипуляции производят подбором сопротивления резистора R_2 (см рис. 3.6).

Снятие характеристики безынерционного пуска. Для этого в соответствии с рис. 3.8 собирают схему проверки.

На клеммы *X6.1* и *X6.2* подают напряжение постоянного тока от 3 до 6 В и при помощи потенциометра *R1* устанавливают напряжение безынерционного пуска в пределах 4 – 4,5 В. Регулируя резистор *R6* в блоке БС, добиваются пуска передатчика.

С клемм *X6.1* и *X6.2* снимают напряжение безынерционного пуска и по осциллографу наблюдают задержку ВЧ-сигнала в течение 0,5 – 1 с.

Проверка функции останова передатчика. Производят пуск передатчика. Затем с клеммы *X7.1* на клемму *X5.2* подают логический «0». На выходе «ЛФ» измеряют напряжение ВЧ-сигнала, которое не должно превышать 10 мВ.

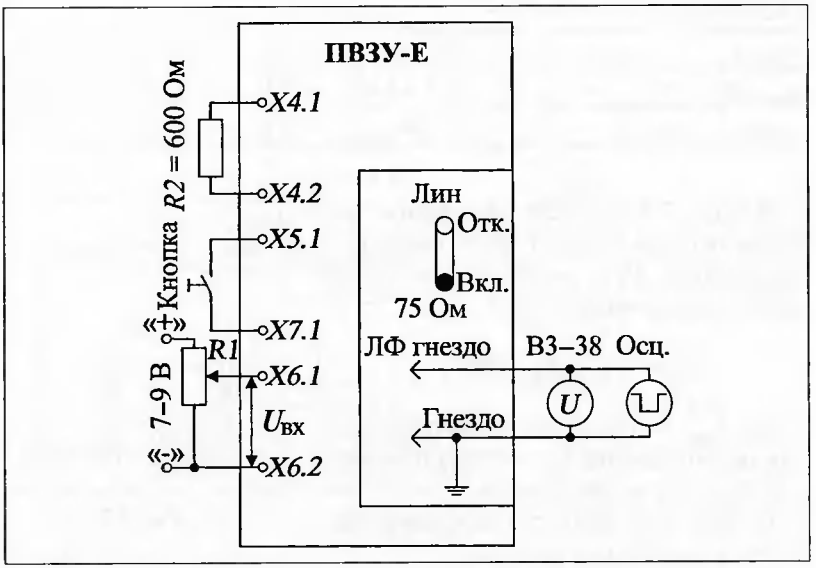

ПВЗУ-Е
X4.1
X4.2
X5.1
X7.1
X6.1
X6.2
R2 = 600 Ом
Кнопка
«+»
«-»
7–9 В
R1
$U_{вх}$
Лин
Отк.
Вкл.
75 Ом
ЛФ гнездо
Гнездо
В3–38
Осц.
U

Рис 3.8

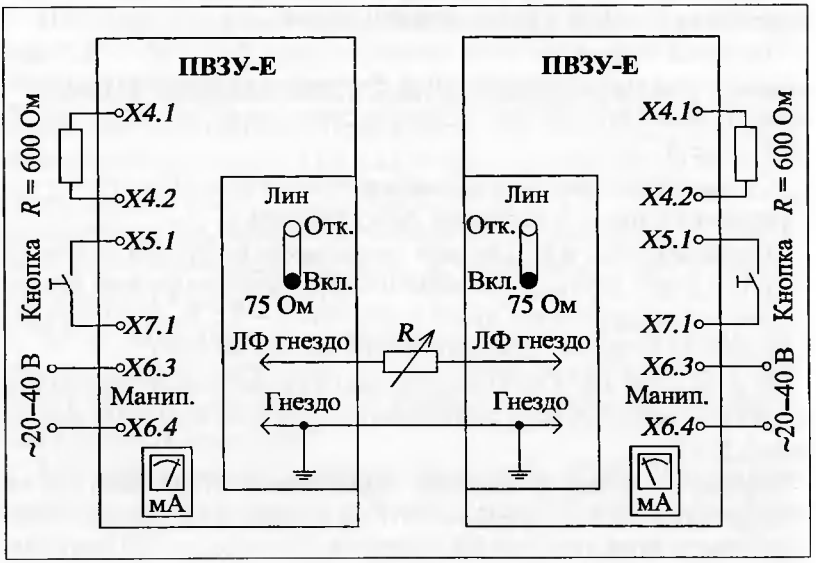

ПВЗУ-Е
ПВЗУ-Е
X4.1
X4.2
X5.1
X7.1
X6.3
X6.4
R = 600 Ом
Кнопка
~20–40 В
Манип.
Лин
Отк.
Вкл.
75 Ом
ЛФ гнездо
Гнездо
R
мА

Рис. 3.9

3.8. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ДВУХ АППАРАТОВ ПВЗУ-Е

Поскольку ВЧ-канал связи организуется при помощи двух постов, расположенных по концам линии, то перед установкой поста и подключением линии к защите желательно проверить совместную работу постов. Для этого можно использовать схему испытаний, показанную на рис. 3.9.

Приемопередатчики нагружены на 75 Ом. Между ними для имитации затухания установлен переменный резистор связи сопротивлением 1 – 2 кОм. На цепи манипуляции с обеих сторон необходимо подать переменное напряжение в диапазоне 20 – 40 В с возможностью изменения угла между этими напряжениями. В цепи пуска установлены кнопки для аварийной записи ВЧ-импульсов и тока приема.

Эта проверка позволяет оценить правильность настройки всего комплекса, в том числе функции АПК, запись аварийных режимов, работу предупредительной и аварийной сигнализации, работу сервисных функций, а также запись и чтение осциллограмм.

3.9. СХЕМЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ

Приемопередатчик ПВЗУ-Е может работать со всеми видами устройств высокочастотной защиты линий электропередачи напряжением от 110 до 750 кВ. Это электромеханическая защита ДФЗ-201, полупроводниковые панели ПДЭ2802 и ПДЭ2003, а также современные микропроцессорные устройства, как отечественного, так и импортного производства.

Схемы подключения к этим защитам представлены в табл. 3.13 – 3.15.

На блоке сопряжения БС приемопередатчика устанавливаются перемычки *1 – 4, 2 – 3, 5 – 6* и *7 – 8, 15 – 16*. Переключатели *JP3*, *JP5* устанавливаются во включенное состояние (положение «ON»). Для подключения стрелочного индикатора на кроссплате разъемов КП2 переключатели *S1.3*, *S1.4* устанавливаются в положение «ON».

Приемопередатчик ПВЗУ-Е подключается к шкафу питания в соответствии с табл. 3.15.

Примерная схема подключения двух приемопередатчиков по концам линии показана на рис. 3.10.

Внимание! *При параллельно работающих ВЧ-аппаратах (связь, ПА), установленных в разных ОПУ, для исключения их ложной работы от наведенного потенциала, между ними устанавливается разделительный конденсатор емкостью 10 – 30 нФ на рабочее напряжение не ниже 3 кВ.*

Таблица 3.13

Схема подключения к полупроводниковым защитам

		Тип защиты	
		ПДЭ2802	ПДЭ2003
ПРМ ППЗ	*X5:4*	*A1 XT4:38*	*XT:17*
Общ. РЗ	*X7:1*	*A1 XT3:27*	*XT:16*
Пуск ППЗ/РЗ	*X5:1*	*A1 XT4:37*	*XT:14*
Останов/запрет	*X5:2*	*A1 XT4:36*	*XT:20*
Запрос пуска (блокируемый пуск)	*X5:3*	*A1 XT4:33*	*XT:15*
Вых ПРМ* (контактный выход)	*X8:1*		
	X8:2		
Выв. Защ. 1	*X10:3*	*SA3:8*	*XT:18*
Выв. Защ. 2	*X10:4*	*A1:23*	*XT:19*
Сигнал неисправности	*X10:5*	*A1:32*	*XT:10*
	X10:6	*A1:27*	*XT:11*
Предупредительная сигнализация	*X10:1*		
	X10:2		

* Если для работы защиты необходим контактный выход ПРМ, то выход ПРМ ППЗ не используется, а защита подключается к «Вых. ПРМ».

Таблица 3.14

Схема подключения к ДФЗ-201

		Клеммы соединены между собой
РЗ изм1	*X4:3*	
РЗ изм2	*X4:4*	
РЗ Вых.1	*X4:1*	орган сравнения фаз
РЗ Вых.2	*X4:2*	орган сравнения фаз
МАН +	*X6:3*	орган манипуляции
МАН-	*X6:4*	орган манипуляции

Таблица 3.15

Схема подключения ПВЗУЕ к шкафу защит ШЭ2607 031/081

ШЭ2607 031				ПВЗУ-Е (с зав. № 261)	
Сигнал	Цепи терминала	Цепи шкафа	Цепи блока П1500	Сигнал	Цепь
Контакт АК		Адрес 1 +220 В (*X187*)		Защ. 1	*X10.3*
	X2:5	Адрес 2 (*X188*)		Защ. 2	*X10.4*
ВЧ-приемник	*X4:1*	Адрес 3	«+15 В» *X2:8*		
	X4:2	Адрес 4	—	ПРМ ППЗ	*X5.4*
Неисправность ПП	—	Адрес 6 +220 В (X187)	—	Неиспр. 1	*X10.6*
	X3:3	Адрес 5		Неиспр. 2	*X10.5*
Пуск ВЧ-передатчика от ПРД	*X5:13*	Адрес 7	«+15 В» *X2:7*		
	X5:14	Адрес 8	—	Запрос пуска	*X5.3*
Пуск ВЧ-передатчика	*X7:11*	Адрес 11	—	Пуск ППЗ	*X5.1*
	X7:12	Адрес 12	«Общ» *X2:2*	—	—
Блокировка пуска АК	*X7:13*	Адрес 13	—	Запрет пуска	*X5.2*
	X7:14	Адрес 14	«Общ» *X2:3*	—	—
Осциллограмма «Ток УМ»	—	Адрес 21 (*X54*)	—	ПРД осц.	*X9.2*
	—	Адрес 22 (*X55*)	—	О. ПРД	*X9.1*
Осциллограмма «Прием ВЧ»	—	Адрес 23 (*X193*)	—	ПРМ осц.	*X9.6*
	—	Адрес 24 (*X194*)	—	О. ПРМ	*X9.5*
+АККУМ	+ЕС	Адрес 17 (*X58*)	—	+БАТ	*X2.1*
–АККУМ	–ЕС	Адрес 18 (*X61*)	—	–БАТ	*X2.4*
	—	—	«Общ» *X2:1*	Общ. РЗ	*X7.1 – X7.4*

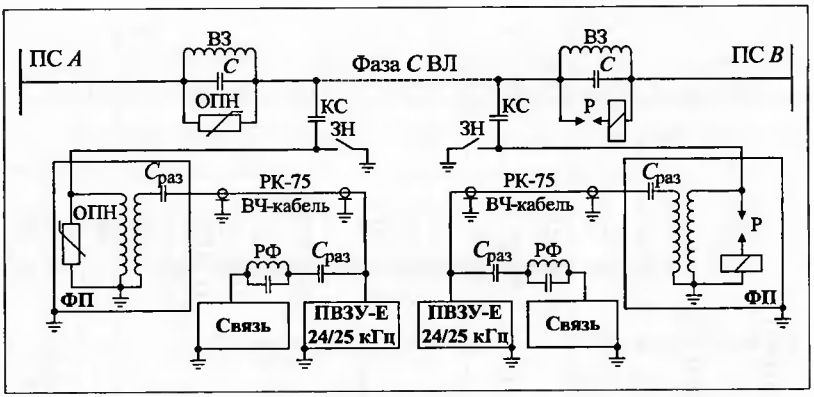


Рис. 3.10

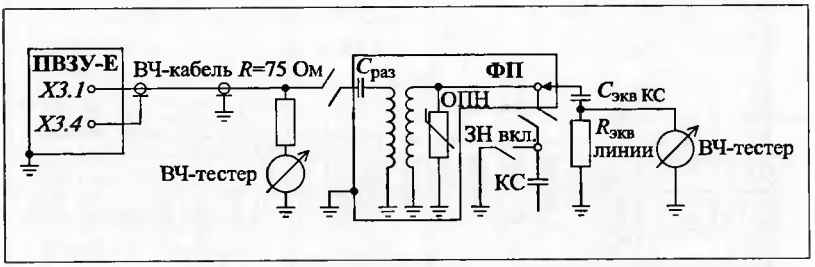


Рис. 3.11

3.10. КОМПЛЕКСНАЯ ПРОВЕРКА ПЕРЕД ВКЛЮЧЕНИЕМ

После установки и подключения приемопередатчика к защите необходимо провести его комплексную проверку.

Для этого необходимо установить переключатель на лицевой панели блока ЛФ в положение «75 Ом»; установить перемычку «Мод»; включить выключатель на лицевой панели блока БП. К выходу громкоговорителя подключить вольтметр, подать сигнал в диапазоне частот от 400 до 600 Гц. На экране осциллографа появится модулированный сигнал; снять перемычку «Мод» и выключить питание аппарата.

Изменение глубины модуляции выполняется с помощью переменного резистора *R3* на плате ПН и переменного резистора *R11*

на плате МКУ блока ПН (для доступа к ним необходимо подключить блок через ремонтный кабель). Глубину модуляции необходимо отрегулировать так, чтобы при подаче в микрофон сигнала голосом нормальной громкости отсутствовала так называемая «перемодуляция», т. е. уровень огибающей сигнала на экране осциллографа не должен достигать нуля.

Перед подключением кабеля к приемопередатчику кабель необходимо проверить на целостность. Для этого его следует прозвонить омметром и испытать его изоляцию мегомметром с напряжением до 2,5 кВ. Кроме того необходимо измерить его общее активное сопротивление, для чего на другом конце центральную жилу кабеля соединяют с экраном.

Подключение выхода ПВЗУ-Е на кабель осуществляется установкой переключателя на лицевой панели в положение «ЛФ — линия».

Далее проводится измерение выходной мощности передатчика на линию. Для этого измеряется напряжение на выходе передатчика, нагруженного на резистор R (рис. 3.11). Ток измеряется встроенным в пост амперметром.

Определяем затухание канала. Для этого запускается ПВЗУ-Е с одной стороны и измеряется выходная мощность:

$$P_{\text{пер}} = U_{\text{вых}} I_{\text{вых}}.$$

На приемном конце измеряется приходящий сигнал $U_{\text{прм}}$ на нагрузке 75 Ом. Для этого у поста на другом конце линии перемычка «ЛФ» устанавливается в положение «75 Ом». Тогда мощность на прием:

$$P_{\text{прм}} = \frac{U_{\text{прм}}^2}{75}.$$

Затухание канала рассчитывается по формуле, дБ:

$$A_{\text{кан}} = 10\lg \frac{P_{\text{пер}}}{P_{\text{прм}}} = 10\lg \frac{U_{\text{вых}} I_{\text{вых}} 75}{U_{\text{прм}}^2}.$$

Если уровень наведенного напряжения на входе приемопередатчика более 1 В, то затухание канала можно рассчитать по формуле, дБ:

$$A_{\text{кан}} = 10\lg \frac{75UI}{U_{\text{сиг}}^2 - U_{\text{пом}}^2},$$

где $U_{сиг}$ — напряжение приходящего сигнала; $U_{пом}$ — напряжение помехи.

Если напряжение помехи от соседних каналов больше напряжения сигнала, то затухание канала и запас по перекрываемому затуханию, дБ, определяется либо за «ЛФ» гнезда *Гн3*, *Гн4* блока УМ, либо на входе блока *Вых. Гн3*, *Гн4*:

$$A_{кан} = 10\lg \frac{75UI}{U^2_{экв}}.$$

Оно сравнивается с напряжением, взятым из амплитудной характеристики приемника при напряжении входа, равном измеренному напряжению.

Запас по перекрываемому затуханию определяется по формуле, дБ:

$$A_{зап} = 20\lg \frac{U_{прм}}{U_{чув}}.$$

При этом напряжение приема $U_{пр}$ может контролироваться в любой точке тракта или на входе приемника. Минимальный запас должен быть не менее 10 дБ.

Проверяется уставка сигнализации запаса по перекрываемому затуханию, которая должна срабатывать при снижении входного сигнала в 2 раза (до 6 дБ).

В конце проверяется взаимодействие поста с релейной панелью: пуск, останов, безынерционный пуск, манипуляция, фазная характеристика, действие сигнализации при неисправности ВЧ поста ПВЗУ.

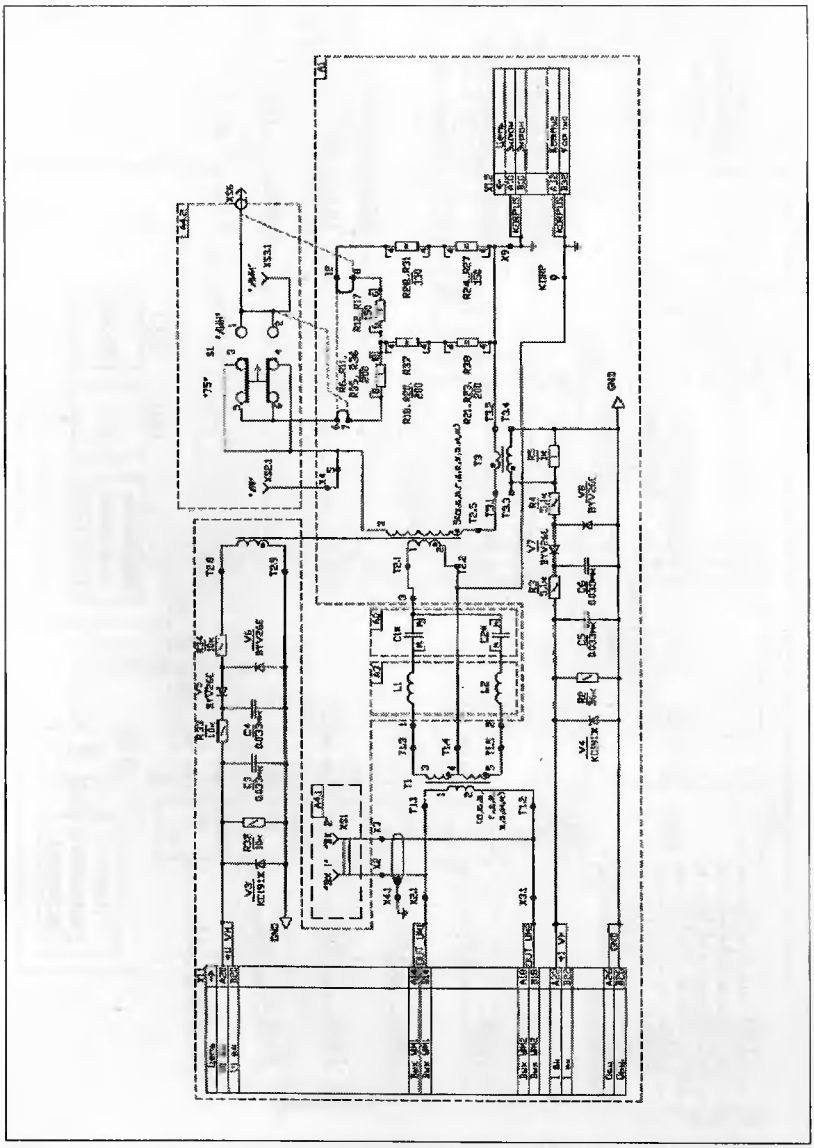
3.11. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПВЗУ-Е

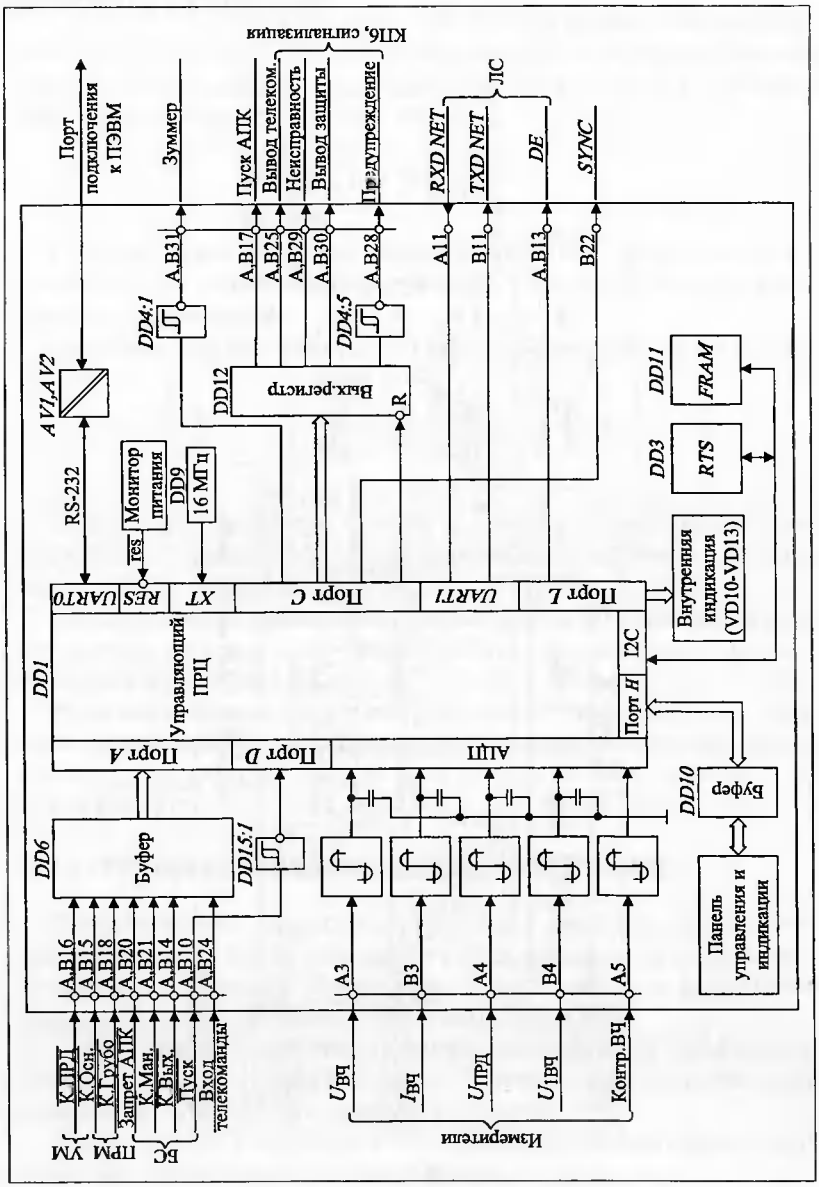
В течение срока гарантии, но не более 1 года с момента включения аппаратуры ПВЗУ-Е в работу, обнаруженные неисправности устраняются фирмой «Уралэнергосервис» либо с ее разрешения персоналом эксплуатационной организации.

После первого года эксплуатации производится профилактический контроль в объеме наладки. Обычно время его проведения совмещают со временем проверки защиты.

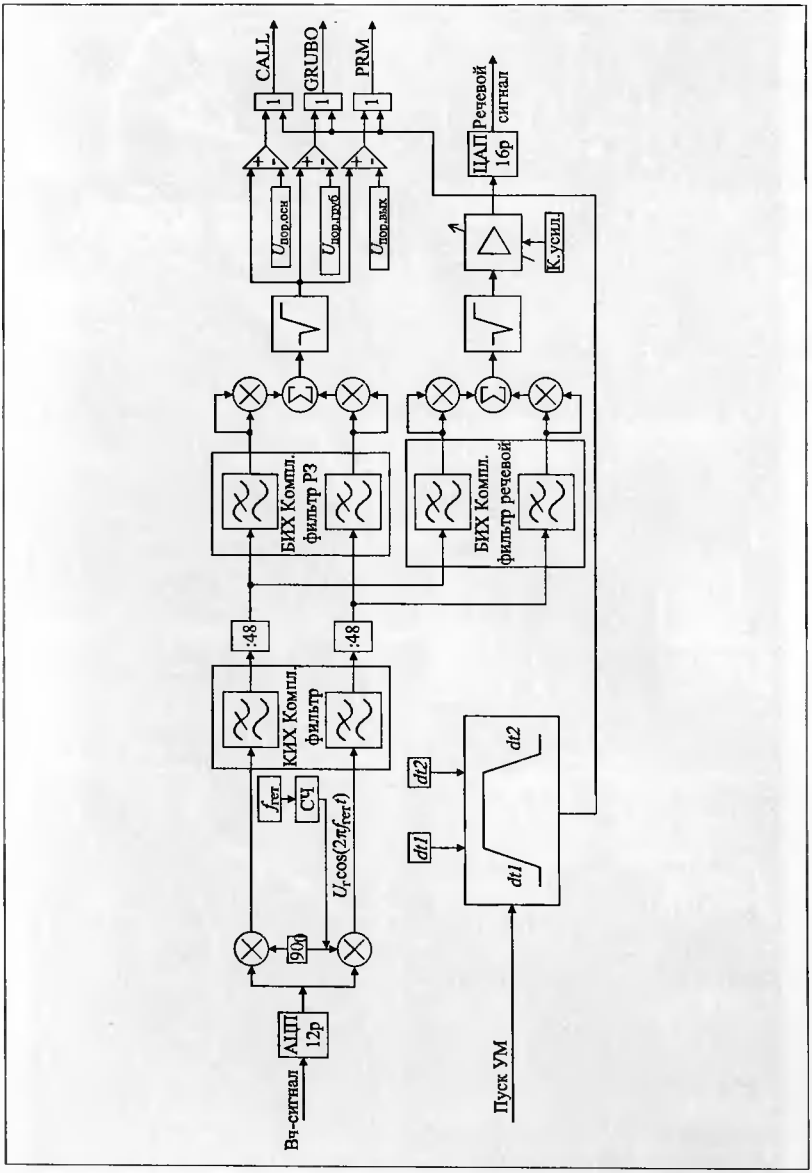
Последующее техническое обслуживание производится в соответствии с графиком проверки защиты.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ЛИНЕЙНОГО ФИЛЬТРА

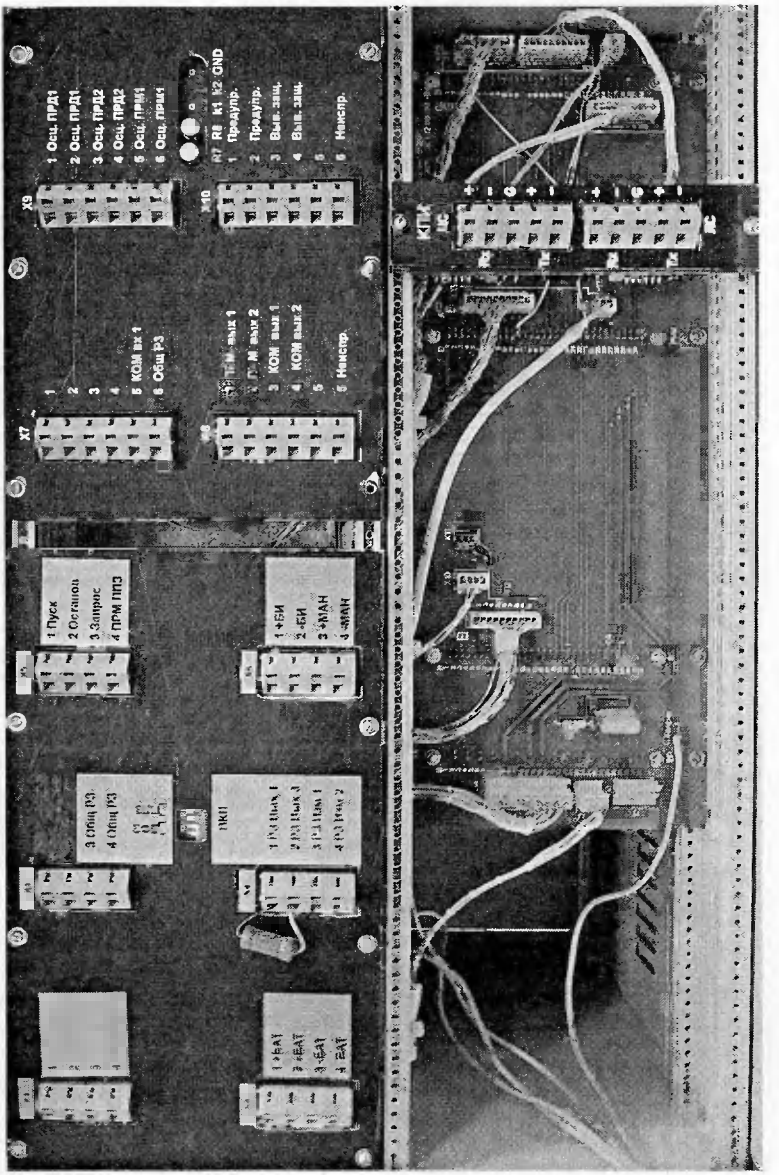



КПб, сигнализация
Порт подключения к ПЭВМ
Зуммер
Пуск АПК
Вывод телеком.
Неисправность
Вывод защиты
Предупреждение
RXD NET
TXD NET
DE
SYNC
ЛС
A1
B1
A,B13
B22
A,B31
A,B17
A,B25
A,B29
A,B30
A,B28
DD4:1
DD4:5
DD12
Выкл.регистр
R
AV1,AV2
RS-232
Монитор питания
DD9
16 МГц
tes
RES
XT
UART0
Порт C
UART1
Порт L
DD1
Управляющий ПРЦ
I2C
Порт H
АЦП
Порт D
Порт A
Внутренняя индикация (VD10-VD13)
DD11
FRAM
DD3
RTS
DD10
Буфер
DD15:1
DD6
Панель управления и индикации
A,B16
A,B15
A,B18
A,B20
A,B21
A,B14
A,B10
A,B24
A3
B3
A4
B4
A5
К ПРД
К Осн.
К Рубеж
Запрет АПК
К Маг.
К Вых.
Пуск
Вход телекоманды
Контр.ВЧ
Измерители
УМ
ПРМ
БС

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА АЛГОРИТМА ЦФС



ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ВНЕШНИЙ ВИД ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКА СО СТОРОНЫ КЛЕММНИКА



Список литературы

1. **Пост** высокочастотных защит универсальный: Руководство по эксплуатации. УСК.102.000.00РЭ. Екатеринбург: ООО «Уралэнергосервис». 2004.
2. **Приемопередатчик** высокочастотных защит универсальный: Руководство по эксплуатации. УСК.102.000.00РЭ. Екатеринбург: ООО «Уралэнергосервис», 2005.
3. **Приемопередатчик** высокочастотных защит универсальный: Руководство по эксплуатации. УСК.102.000.00РЭ. Екатеринбург: ООО «Уралэнергосервис», 2008.
4. **Приемопередатчик** высокочастотных защит универсальный универсальный: Альбомы схем и перечень элементов. Екатеринбург: ООО «Уралэнергосервис», 2008.
5. **Устройство** автоматической проверки канала для ВЧ-поста типа ПВЗУ-Е: Руководсвтво по эксплуатации. УСК.102.080.00РЭ. Екатеринбург: ООО «Уралэнергосервис», 2005.

Содержание

Предисловие 3

ГЛАВА ПЕРВАЯ. **Пост ПВЗУ-Е** 5
1.1. История появления высокочастотных защит 5
1.2. Назначение аппаратуры ПВЗУ 6
1.3. Технические данные 7
1.4. Устройство и работа 11
1.4.1. Структурная схема 11
1.4.2. Блок ЛФ 16
1.4.3. Система генераторов 17
1.4.4. Схема блока СЧ 21
1.4.5. Схема синтеза частот в блоке ЦФС приемника 22
1.4.6. Аналоговый блок приемника 24
1.4.7. Цифровой приемник 27
1.4.8. Блок сопряжения 29
1.4.9. Устройство автоматической проверки канала 31
1.4.10. Блок ПРЦ 33
1.4.11. Схема электропитания 36
1.4.12. Блок преобразователя напряжения 37
1.4.13. Плата преобразователя 24/100 В 39
1.4.14. Блок усилителя мощности 40
1.4.15. Кроссплата 42
1.5. Блок ЦФС 42
1.5.1. Структура 42
1.5.2. Описание работы блока ЦФС 47
1.5.3. Работа оператора 50

ГЛАВА ВТОРАЯ. **Автоматическая проверка канала** 54
2.1. Основные режимы работы блока ПРЦ 54
2.2. Формат команды управления ПРЦ 55
2.3. Режим «Контроль канала» 58
2.4. Порядок автоматической проверки 59
2.5. Периодичность проверок, «Очередная проверка» канала . . 60
2.6. Проверка канала для поста-инициатора (ведущего) 61
2.7. Проверка канала для отвечающего (ведомого) поста 63
2.8. Команда «Внеочередная проверка» канала 63
2.9. Состояние «Неисправность» 64
2.10. Тестовый режим 66

2.11. Работа оператора с клавиатурой 67
2.12. Назначение кнопок и индикация сообщений при работе в «Меню» 67
2.13. Отдельные элементы меню 68

ГЛАВА ТРЕТЬЯ. **Наладка и техническое обслуживание ПВЗУ-Е** . . 77
3.1. Проверка аппаратуры ПВЗУ-Е 77
3.2. Настройка линейного фильтра 78
3.3. Генераторная система ПВЗУ-Е на платах Ген.1 и Ген.2 . . 80
3.4. Перестройка цифрового приемника на определенную частоту 86
3.5. Настройка приемника блока ЦФС 86
3.6. Настройка приемника ЦФС 88
3.7. Проверка приемника ЦФС. 90
3.8. Предварительная проверка двух аппаратов ПВЗУ-Е 95
3.9. Схемы подключения 95
3.10. Комплексная проверка перед включением 98
3.11. Техническое обслуживание ПВЗУ-Е. 100

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Принципиальная электрическая схема линейного фильтра 101

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.Структурная схема блока АПК. 102

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Структурная схема алгоритма ЦФС 103

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Внешний вид приемопередатчика со стороны клеммника 104

Список литературы 105

Библиотечка электротехника
Приложение к производственно-массовому журналу «Энергетик»

ЗАЙЦЕВ БОРИС СЕРГЕЕВИЧ
НИКОЛАЕВ АЛЕКСАНДР АНАТОЛЬЕВИЧ
ЧЕСНОКОВ ВАЛЕНТИН ФЕДОРОВИЧ

Высокочастотный пост «ПВЗУ-Е» и его диагностика с применением комплекса «Ретом-ВЧм» (Часть 1)

АДРЕС РЕДАКЦИИ:
115280, Москва, ул. Автозаводская, 14/23
Тел. (495) 675-19-06, тел./факс 234-74-21

Редакторы: **Л. Л. Жданова, Н. В. Ольшанская**
Худож.-техн. редактор **Т. Ю. Андреева**

Сдано в набор 17.10.11. Подписано в печать 25.11.11.
Формат 60×84 1/16. Печать офсетная.
Печ. л. 6,75. Заказ БЭТ/11(155)-2011.

Макет выполнен издательством «Фолиум»: 127238, Москва, Дмитровское ш., 58.

Отпечатано типографией издательства «Фолиум»: 127238, Москва, Дмитровское ш., 58.

Журнал «Энергетика за рубежом»

Приложение к журналу «Энергетик»

Подписывайтесь на специальное приложение к журналу «Энергетик» — **«Энергетика за рубежом»**. Это приложение выходит **один раз в два месяца.**

Журнал «Энергетика за рубежом» знакомит читателей с важнейшими проблемами современной зарубежной электроэнергетики:

— *развитие и надежность энергосистем и энергообъединений;*
— *особенности и новшества экономических и рыночных отношений в электроэнергетике;*
— *опыт внедрения прогрессивных технологий в энергетическое производство;*
— *модернизация и реконструкция (перемаркировка) оборудования электростанций, электрических и тепловых сетей;*
— *распространение нетрадиционных и возобновляемых источников энергии;*
— *энергосбережение, рациональное расходование топлива и экологические аспекты энергетики.*

Подписку можно оформить в любом почтовом отделении связи по объединенному каталогу **«ПРЕССА РОССИИ». Том 1. Российские и зарубежные газеты и журналы.**

Подписной индекс журнала «Энергетика за рубежом» — *приложения к журналу «Энергетик»*

87261

Высокочастотные защиты —
основные быстродействующие защиты
высоковольтных линий электропередачи 110 – 750 кВ